RN70

KRC-93H-J03

발전소 구조물의 방수에 관한 연구
(발전소 본관 건물을 중심으로)

A Study on the Water-Proof of Structures in Electric Power Plants

RECEIVED
AUG 0 6 1996
OSTI

1995. 7.

MASTER

전력연구원

DISTRIBUTION OF THIS DOCUMENT IS UNLIMITED
FOREIGN SALES PROHIBITED RB.

〈주　　의〉

1. 이 보고서는 전력연구원에서 시행한 연구보고서 입니다.
2. 이 보고서 내용을 대외적으로 발표하거나 활용, 인용 및 복사할 때는 전력연구원의 사전 승인을 받아야 합니다.

KRC-93H-J03

발전소 구조물의 방수에 관한 연구
(발전소 본관 건물을 중심으로)

A Study on the Water-Proof of Structures in Electric Power Plants

1995. 7.

전력연구원

DISCLAIMER

Portions of this document may be illegible in electronic image products. Images are produced from the best available original document.

제 출 문

한국전력공사장 귀하

본 보고서를 "발전소 구조물의 방수에 관한 연구(발전소 본관 건물을 중심으로)" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1995. 7. 25

전 력 연 구 원

구조재료연구팀장 공 수 룡
선 임 연 구 원 권 기 주
선 임 연 구 원 김 우 범
선 임 연 구 원 김 종 학
연 구 원 조 용 기
연 구 원 정 원 섭
과장(제2건설처) 유 영 후 외 6인

자 문 위 원

서울산업대학교 건축설계학과
교 수 오 상 근

한국건설기술연구원

책임연구원 이 장 화
연 구 원 김 긍 환
〃 민 병 렬
〃 김 수 암
〃 이 교 선
〃 조 동 우
〃 배 규 웅
〃 나 혜 숙
〃 유 인 균
〃 김 성 욱
연구보조원 이 문 환
〃 허 병 욱
〃 이 강 희
〃 이 세 현
〃 장 재 호
〃 강 재 식

요 약 문

1. 제 목

발전소 구조물의 방수에 관한 연구 (발전소 본관 건물을 중심으로)

2. 연구개발기간 : 1993. 7. 26 ~ 1995. 7. 25 (총 24 개월)

3. 연구개발 목적 및 필요성

발전소 구조물이 점점 다양화되고 복잡해짐에 따라 신공법, 신재료 및 새로운 시공관리기법의 개발 및 도입이 활발히 추진되고 있는 실정이다. 한편, 한번 시공이 되고나면 하자발생시 완벽한 보수가 어렵고, 많은 보수공사비가 소요되는 방수공사에 대하여는 발전소 구조물의 종류별, 특성별, 현장여건별 시공법이나 하자발생시의 연구개발 및 지침제정은 거의 전무한 실정으로 설계시 현장여건과 구조물의 특성에 맞는 방수재료 및 시공법의 선정에 많은 어려움을 겪고 있으며, 또한 누수사고 보수시에도 기존의 재료나 시공법 등에 대한 분석 없이 기존의 재료나 시공법을 적용함으로써 재차 누수사고의 발생을 초래하고 있는 실정이다.

이와 같은 문제의 반복발생은 그동안 누수자체의 문제성은 거론되었으나, 근본적인 시공상의 개선에는 관심을 두지 못했고, 우리나라 방수 시공업자의 질적향상이나 그것을 지도·개선할 만한 연구기관의 부재로 재래식 공법과 경험에만 의존해 왔다.

발전소 구조물에서의 누수사고의 발생은 안전사고의 위험을 가중시키고, 보수작업 등에 의한 전력공급의 중단은 경제적 손실과 많은 불편을 초래하게 되

며, 침투수에 의해 철근 등이 부식될 경우에는 콘크리트 구조물 등에 균열의 발생을 가중시켜 구조물의 안전에도 큰 문제점을 발생하게 된다.

따라서 본 연구에서는 발전소 구조물의 특성조사, 기 시공된 발전소 구조물의 방수재료 및 공법조사, 시판 방수재료 조사, 방수성능 조사, 누수사고 원인 등의 분석을 통하여 부위별, 현장여건별로 적정 방수재료의 선정 및 시공법의 제시와 누수사고 발생시의 적정 보수방법을 제시하고자 한다.

4. 연구개발 내용 및 범위

본 연구에 포함된 연구내용과 범위를 보고서에 구성된 순서대로 요약 정리하면 다음과 같이 정리할 수 있다.

제 1 장 서 론

연구의 필요성, 배경, 목표, 흐름 등의 서론적인 내용을 수록하였다.

제 2 장 방수공법 및 재료 분석

1. 방수공법의 분류

방수공법 종류의 분류는 방수재료의 종류에 의한 분류방법이 일반적이다. 그러나 본연구에서는 방수관련기술자가 방수공사를 수행할 때 사용목적에 부합한 방수공법을 선택하는데 도움을 주기 위하여 방수부위의 처리목적, 시공시의 열처리, 방수층의 위치별, 시공장소 및 구조물 종류, 방수층의 형태별로 분류하였다.

가. 처리목적에 의한 분류

구체 전면에 대해 처리하는 전면적 방수로서 접착, 융착, 점착, 뿜칠, 도포공법이 여기에 해당하며 구체의 결함부분만을 처리하는 국부적 방수에는 주입, 충

전, 도포공법이 해당한다.

나. 열처리에 의한 분류

아스팔트 콤파운드를 녹여서 펠트와 병행, 적층하는 공법 및 시트의 표면을 녹여서 붙이는 열공법과 상온상태의 방수재료를 접착제를 사용하는 냉공법(상온공법)을 분류,정리하였다.

다. 방수층의 위치에 의한 분류

방수층을 구체의 어느 부분에 위치시키는가에 따라 분류하는 방법으로 외방수, 내방수, 이중벽방수, 구체방수와 관통부, 단말부 등의 지엽적인 부분을 처리하는 공법을 분류 수록하였다.

라. 시공장소에 의한 분류

발전소 구조물의 방수시공 부위를 수직부, 수평부, 배수부로 나누어 위치별로 방수체계를 분류하였다.

마. 방수형태에 의한 분류

방수층을 형성하는 방법을 불투수막, 투수저감층, 기타 상세처리부로 방수공법을 분류하였다.

바. 방수재료에 의한 분류

방수공법을 분류하는 기본적인 방법으로 크게 대분하여 아스팔트계, 모르터 혼화제, 고분자 화합물, 기타 특수재료로 방수공법을 분류하였다.

사. 방수층의 고정방법에 의한 분류

멤브레인 방수를 구체에 고정시키는 방법을 밀착, 부분절연, 부분접착, 연속접착, 기계적 고정 등으로, 주로 방수층과 바탕층의 사이의 공간을 두는가에 따라 방수공법을 분류하였다.

이상은 방수공법을 여러 가지 분류방법에 따라 공법을 편의상 분류한 것이고 이

어지는 내용들은 건축공사 표준시방서의 방수재료 분류법에 따라 각각의 방수재료의 특성들에 대하여 정리한 것이다.

2. 멤브레인 방수

구체에 일정한 불투수막을 구성하여 방수효과를 얻는 방수방법으로 방수공법 중에서 가장 일반적이고 널리 적용된다. 이 방수공법에는 아스팔트 방수, 개량아스팔트 방수, 시트 방수, 도막 방수, 복합 방수 등이 속하며 이 절에서는 이들 방수공법의 특징과 적용성 등을 기술하였다.

가. 아스팔트 방수

용융 아스팔트를 펠트, 루핑 등과 여러층 겹쳐 바르는 공법으로 아스팔트의 장·단점, 종류, 접착방법, 적용구법 등을 상세하게 설명하였다.

나. 개량아스팔트 방수

아스팔트 방수재료의 취급상의 어려움과 성분상의 단점을 보완한, 아스팔트에 폴리머제를 혼합하여 시트로 만든 방수재료이다. 여기에서는 개량 아스팔트의 특징, 성능 및 관련재료에 대하여 기술하였다.

다. 시트 방수

합성고무와 합성수지를 주원료로 하여 성형한 단일막 형태의 방수재료로 신축흡수력과 취급이 간편한 이점이 있다. 장·단점, 종류, 적용구법 등을 수록하였다.

라. 도막 방수

도료상의 방수제를 바탕면에 도포하여 상당한 두께의 방수피막을 형성하는 방수공법이다. 재료의 특징, 종류, 적용구법 등을 수록하였다.

마. 복합 방수

여러 방수재료를 복합시켜 재료상호간의 결점을 보완하여 우수한 방수성능을

형성한다. 복합재료의 구성과 적용성에 대하여 기술하였다.

3. 침투성 방수

침투성 방수는 콘크리트 바탕체의 투수성에 절대적 영향을 미치는 모세관 공극을 방수혼화제를 콘크리트 배합시에 혼입하거나 타설 후 표면에 도포하여 콘크리트 속의 공극에 침투하면서 반응하도록 하여 구체의 수밀성을 향상시켜 방수성능을 발휘하도록 하는 방수공법이다. 여기서는 침투방수의 원리와 특징, 방수제의 종류 등에 대하여 기술하였다.

4. 금속판 방수

스테인레스를 비롯한 내부식성 금속판을 봉합용접하여 구체의 방수필요 부위를 한겹 입혀서 처리하는 공법이다. 여기서는 금속판 방수 사용재료의 특징, 적용구법 등에 대하여 기술하였다.

5. 기타 방수

앞의 방수외 벤토나이트. 시멘트액체, 발수제, 금속 산화물, FRP의 특징, 종류, 적용구법 등을 여기에 수록하였다.

6. 실링재

실링재는 방수층을 구성하는 주 재료는 아니지만 사용되는 부위는 다양하다. 현실적으로 방수공사 또는 보수공사 현장에서 실링재를 무분별하게 사용하고 있다. 본 연구에서는 비록 실링재에 의존하는 방수구법의 구성은 원칙적으로 지향하고 있지만 필요에 따라 사용이 요구될 때 실링재의 종류와 분류에 따라 정확히 가려서 사용될 수 있도록 실링재의 종류별 특징과 적용부위에 대하여 상세하게 기술하여

실무자가 올바르게 사용할 수 있는 근거를 마련하였다.

7. 방수재의 품질기준

방수재료의 종류별로 요구되는 KS, 또는 JIS 품질규격의 소재를 표시하므로써 해당 방수관련자가 찾아 볼 수 있도록 제시하였다.

제 3 장 발전소 구조물의 방수관련 특성

이 3장에서는 일반 구조물과 달리 발전소 구조물이 지니고 있는 구조적, 환경적 특성을 도면, 현장조사 및 관련자료를 조사 · 분석하여 발전소 구조물에 적합한 방수공 · 구법을 선정하는 기본방향을 설정하는 연구과정으로서 크게 지상부(벽체, 지붕 및 옥상)와 지하부로 나누어 분석하였다.

지상부는 발전소 본관 구조물 중 가장 일반건물과 차이가 많고 복잡한 방수구조로 구성된 터빈 건물을 주대상으로 선정하였으며 지하부는 원자력 발전소의 텐던 갤러리와 화력발전소의 케이블 룸을 주대상 구조물 및 부위로 구조적 특성을 분석하였다. 또 많은 발전소들이 강가나 해안가 주로 위치하고 있으므로 하안이나 해안의 환경적 특성에 대하여 주 분석의 초점을 맞추었다.

1. 구조적 특성

구조적 특성은 옥상 평면부의 경우 대단히 넓은 공간으로 구성되어 있으며, 바탕층은 데크 플레이트 위에 경량 콘크리트 층으로 형성되어서 외기의 영향과 진동 등의 열화요인이 쉽게 작용하며, 수직부는 대부분 철골조에 Siding 판넬을 부착시킴으로써 바람의 영향을 받기 쉬운 구조로 되어 있으며, 각종 설비나 관통배관 등으로 누수취약부인 단말부가 많은, 방수에 불리한 요소가 많은 것으로 요약할 수 있다.

발전소 구조물의 지하부는 지하수위가 해수면의 영향으로 내륙에 위치한 구조물에 비하여 높으며 지하심도가 깊어서 높은 수압을 항상 받고 있으며, 건설부지가 넓기 때문에 계절별 지하수위의 변동이 상대적으로 심하고, 일반구조물에서는 볼 수 없는 지하구체 관통배관이 많으며, 구체가 상당한 두께를 가진 매스 구조물의 특성이 있다.

2. 환경적 특성

해안 및 강가에 위치하게 되는 입지적 제 조건들로 인하여 지상부에서는 일사량, 바람, 염분 등의 영향이 강하며 내부 천정부가 고온상태를 유지하므로써 방수층의 열화를 촉진시키며 옥상부의 추가설비 설치로 인위적인 방수층 손상이 빈번하게 발생한다. 지하부는 해수위 구조물의 바닥면 Level의 상관관계와 조수간만의 차이, 터파기로 인한 지하수위 변동 등으로 지하수의 이동이 많은 환경적 특성이 있다.

이상의 구조적·환경적 특성을 여러 영향요인 별로 분석하여 수록하였다.

제 4 장 발전소 구조물의 방수실태조사

본장에서는 발전소의 방수현장을 직접 아래의 과정을 통하여 실태를 조사·분석하였다.

1. 조사개요

93년 11월부터 94년 2월 사이에 울진, 고리, 월성, 영광 원자력발전소와 보령, 삼천포 화력발전소를 일차 현장조사를 하고 필요에 따라 특정 부위별로 정밀조사를 실시하였다. 조사에 포함된 주요내용은 부위별 방수체계, 방수체계의 특징 및 문제점 파악, 누수실태조사, 방수결함 유형, 지하 누수현장의 계절별 추이변화 등과 같다.

2. 발전소별 방수실태조사

일정한 형식에 따라 항목별로 앞의 6군데 발전소의 방수실태를 조사·기록하고 분석에 필요한 도면과 현장관리자의 방수이력과 문제점을 청취 기록했으며, 사진으로 분석 자료를 마련했다. 또한 이를 각 발전소별로 정리하여 보고서에 수록하였다.

3. 방수결함 발생유형 및 요인 분석

앞의 실태조사를 근거로 공통적인 방수결함을 분석하여 전체적인 발전소 구조물의 방수체계 개선의 방향을 설정하였으며 발전소별 독특한 누수형태는 부분적 보수처리안을 마련하는 기초자료로 활용하였다.

제 5 장 적정 방수재료 및 공·구법 선정방법

기존의 발전소 구조물에 사용되고 있는 방수재료와 적용방수구법은 발전소 구조물의 형태나 주변의 환경조건에 적합하지 않도록 적용된 것도 있으므로 발전소 구조물의 방수시공에 적합한 재료의 선정과 충분한 성능발휘를 할 수 있도록 그에 맞는 적합한 공법 및 구법의 채용이 요구된다.

본장에서는 발전소 구조물에 적합한 방수공·구법을 선정하는 일련의 과정을 기술하였다.

1. 지상부의 방수공·구법 선정

지상부는 옥상평면부를 주 방수체계로 구성하고 있다. 이 옥상 평면부의 방수 공·구법 선정과정은 먼저 건물의 중요도 추정, 현장의 기후조건, 구조바탕의 조건 등의 사항을 방수설계시 검토하고 방수재료를 결정한 다음, 표준 방수공법과 표준 방수구법을 정리 검토하고 전체적인 방수구법을 평가한 다음, 입지·환경적 조건에

따라 방수구법을 선정하고 이를 다시 설계조건에 따라 방수구법을 선정한다. 다음 단계로 접착공법을 결정하고 관련재료를 선정한다. 이상의 일련의 과장을 각 절별로 자세하게 설명하고 있으며 (그림 1)과 같이 흐름도로 정리할 수 있다.

2. 지하부의 방수공·구법 선정

지상부의 방수공·구법 선정이 여러 제조건들의 다양성으로 인해 복잡한 반면 지하부는 제조건들이 상대적으로 간소한 편이다.

지하부는 먼저 지하방수에 요구되는 성능을 검토하고 지하방수 구법 선정시 고려사항을 확인한 다음, 분류된 지하방수 공법별로 구조적, 환경적 조건에 적합하도록 적용성을 검토한 다음, 발전소 구조물의 적정방수 공·구법을 선정한다.

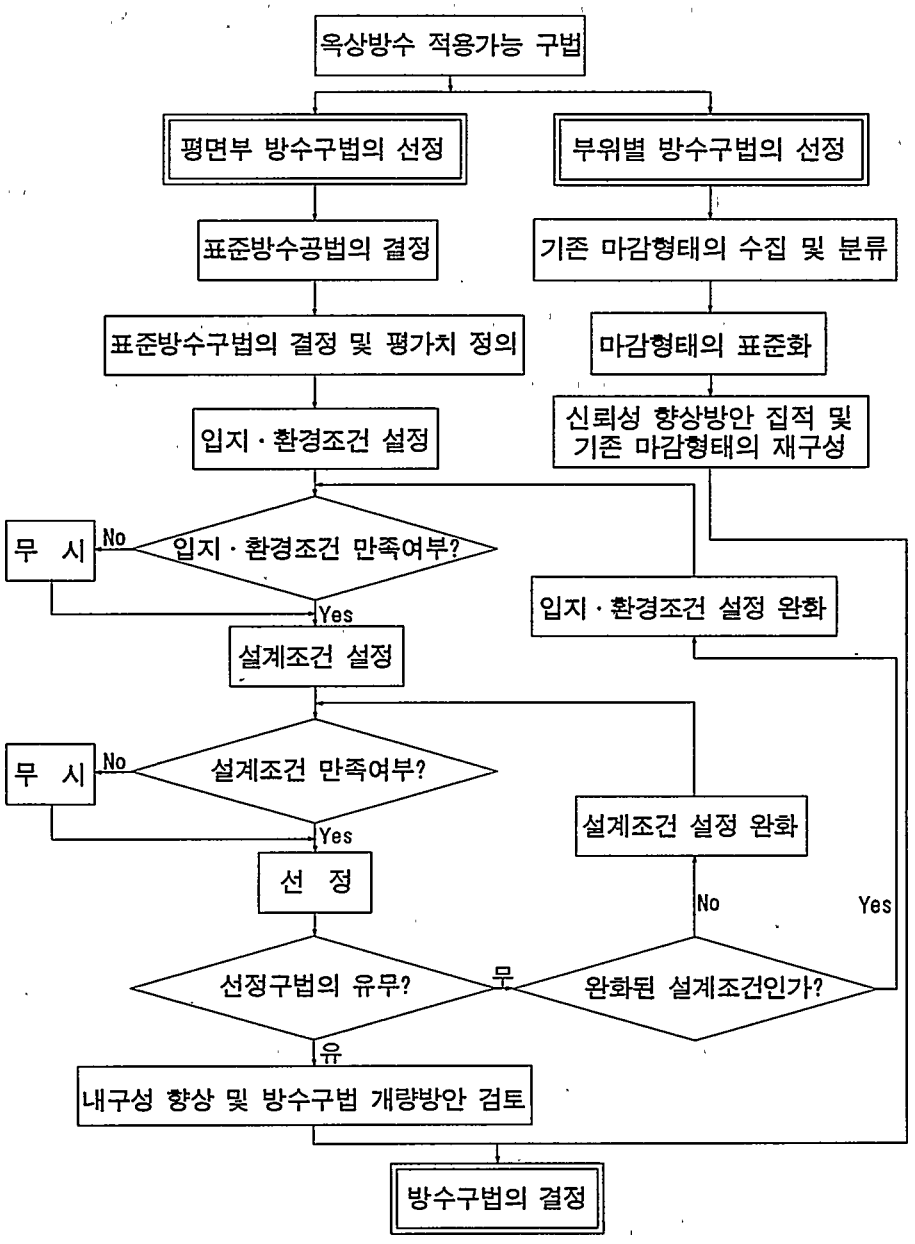
지하방수의 적정 공·구법을 선정하는 과정을 흐름도로 나타낸 것이 (그림 2)이다.

지상, 지하의 주방수 공·구법을 선정하는 일련의 과정을 거친 후 이에 따르는 기타 상세부를 처리하는 구법을 각각의 부위별로 장의 후반에 수록하였다.

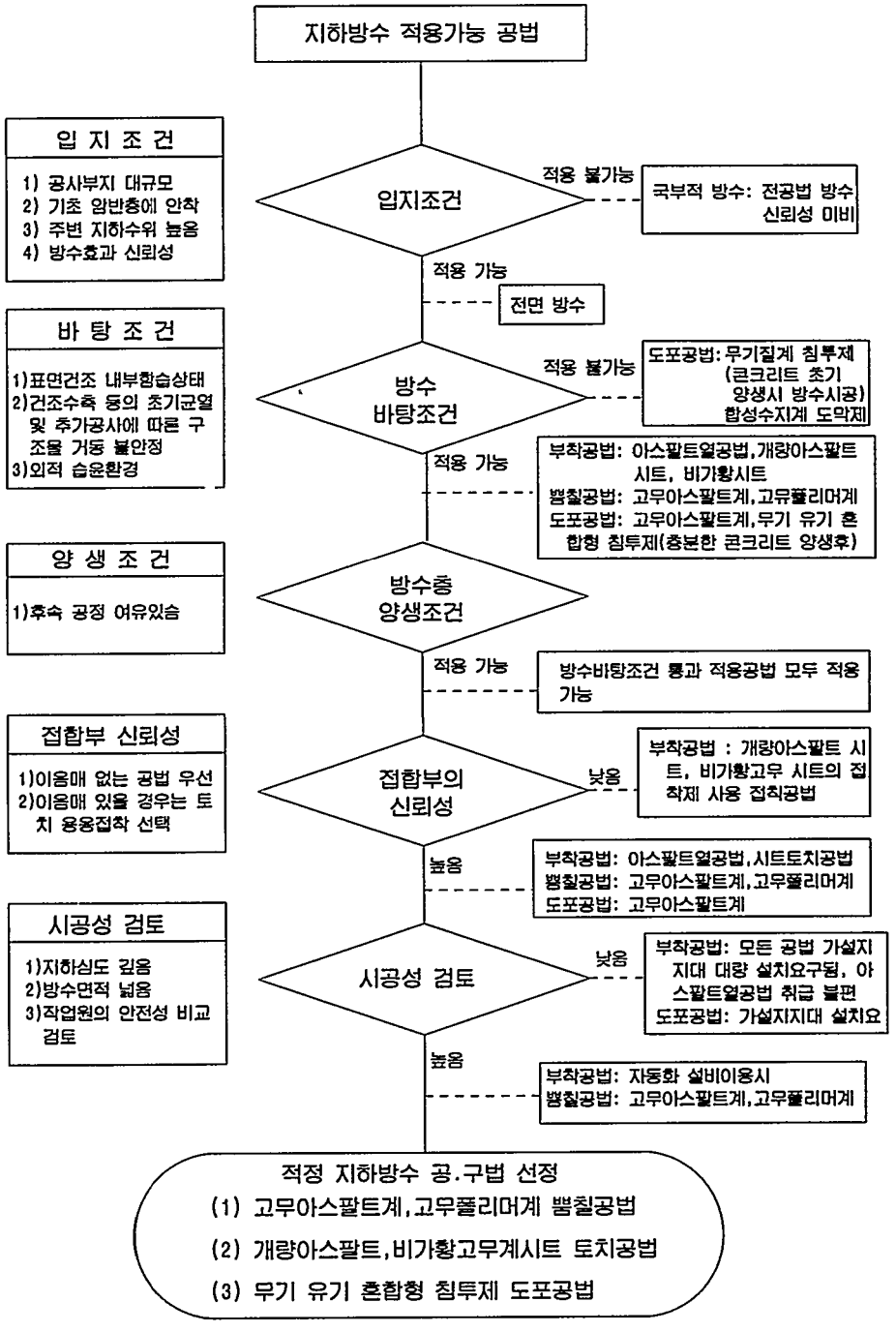
제 6 장 방수 성능시험

발전소 구조물의 방수실태조사, 구조적 환경적 특성의 분석을 통하여 적정 방수재료 및 공·구법 선정에서 조사연구된 발전소 방수 적용 부위별 방수체계의 적용성 및 효율성을 검토하고 방수체계의 개선 방향을 제안하기 위하여 성능시험을 실시하였다.

성능시험은 재료의 기본 물성에 관련된 시험은 생략하고 방수부위별 주성능시험을 범위로 한정하여 실시했다.



(그림 1) 옥상 평면부 주 방수구법 선정 흐름도



(그림 2) 지하 주방수 공·구법 선정 흐름도

1. 촉진 열 열화시험

시험온도를 상승시키거나 가혹한 열적환경을 제공하여 옥상방수재료로 적용 가능성이 있는 방수재료간의 상대적인 열적 성능을 비교·평가하였다.

2. 탈기 및 들뜸시험

방수층의 기능손실 중에서 가장 큰 요인인 들뜸현상과 탈기구 설치에 의한 들뜸 감소, 방지효과를 확인하기 위한 시험으로서 방수층의 열접착·노출밀착공법의 들뜸저항 확인, 블록자중에 의한 들뜸방지효과 확인 등이 시험의 범위이다.

3. 방수층의 온도영향시험

기존의 발전소 구조물의 방수체계와 동일하게 구성된 방수구법과 개선된 방수구법에 대하여 일사열 등, 외기의 환경조건이 방수층에 미치는 열적영향 및 기타 영향요인을 시험을 통하여 규명하고 열적성능이 우수한 방수체계를 제시하는 것을 목적으로 수행했다.

4. 무기질 침투방수제 투수시험

지금까지 분명하게 규명되지 않은 무기질 침투방수제의 실제 침투정도와 흡수정도를 모르터 투수시험기를 이용하여 시험·분석하였다.

5. 배수막의 배수성능시험

지하심도가 깊은 발전소 구조물 지하의 벽면에 작용하는 지하수의 간극수압을 줄이기 위하여 엠보싱 타입의 배수막을 설치했을 때 작용토압 하에서 본래의 통수성능을 유지할 수 있는지와 실제적인 지하수위 저하효과에 대한 검정시험을 실시했다.

6. 지연형 팽창지수고무의 팽창특성시험

콘크리트 타설이음부에 지수판(Water stop)을 설치할 경우 시공상의 불편과 성능 발휘의 불확실성으로 시공이 간편하고 지수성능이 기대되는 지연형 팽창지수고무의 팽창 특성과 누수방지효과를 검정하는 시험을 실시했다.

7. 누름블록과 단열재 조합 특성시험

옥상 평면부 주방수체계에 제안한 누름블록의 형상에 따라 보행인의 통행시 하부의 단열재료의 처짐 양상을 시험하고 단열재의 상대적인 내압성을 시험하여 단열재료의 선정자료로 이용하였다.

제 7 장 방수 시공성 및 경제성 분석

기존에 적용되고 있는 방수공·구법과 향후 적용이 제안된 방수공·구법의 시공성과 경제성을 비교·분석하였다.

1. 시공성 분석

방수공법별로 시공상의 특징을 분류하고 현장 적용시 주의사항과 개선 방향을 제시하므로써 연구효과를 극대화시키고자 하였다.

2. 경제성 분석

경제성 분석 제요소들을 나열하고 방수재료별, 방수구법별로 공사비를 분석하였다. 또한 방수층의 내구년수를 평가하는 기법을 제시하므로써 설계자가 방수공·구법을 합리적으로 설계할 수 있도록 참고자료를 제공하였다.

이상의 연구결과를 방수관련 설계자, 시공자, 감독자가 실무현장에서 쉽게 적용할 수 있도록 방수 실무자 지침서를 별책으로 발간하였다.

5. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 발전소 방수와 관련된 방수공법과 방수재료를 활용목적에 따라 여러 분류방법으로 요약 정리하였다.

나. 방수실태조사와 자료분석을 통하여 발전소의 방수특성을 정립하여 향후 개선방향을 설정하고 관련실무자의 인식제고를 유도하였다.

다. 발전소 구조물의 부위별, 구조적·환경적 조건에 맞는 방수공법 적용 시스템을 체계화하였다.

라. 방수층의 내구성 향상 방향을 설정하였다.

마. 부분적으로 방수체계의 효율성을 검증할 수 있는 시험법을 확립하였다.

라. 방수공사의 경제성을 분석하는 기법을 제시하였다.

2. 활용방안 건의

가. 발전소 건설 또는 설계시 구조물의 용도 및 종류, 부위별로 가장 효과적인 방수공법을 위한 지침서로 활용.

나. 발전소 구조물의 방수관련 시방 변경을 위한 근거 자료로 활용.

다. 방수공사 설계·시공 관련자의 방수의 중요성 인식제고를 위한 자료로 활용.

라. 일반 구조물의 방수설계, 시공, 감독의 참고서로 활용

마. 방수관련 실무자의 방수체계 선정 접근방법의 연구서로 활용.

SUMMARY

1. Title

The Water-Proof of Structures in Electric Power Plants

2. Periods of Study : 1993. 7. 26 ~ 1995. 7. 25 (Total 24 Months)

3. Objective and Necessity of the Study

New construction methods, new materials as well as new construction management techniques have been developed and introduced actively, as the power plant strcutures become more variable and complicated. On the other hand, few studies and guidelines exist concerning the waterproofing methods and defects for power plant structures of various types of structures, characteristics and site conditions, which lead great defficulties in selecting the adequate materials and construction methods for a certain site condition and structural characteristics during the design stage. Also consecutive defects and leaking problems occur due to the false applied existing materials and construction methods without detailed investigation.

Consecutive occuring of this kind of problelms has been discussed, but fundamental improvement of the work is not major matter of interest. Contractors of waterproof have been relied upon only conventional methods or experiences without any research works which give guidelines and can improve the waterproofing methods.

Water leakage and repair works in power plant structures may bring safety accident, economic loss and inconvenience. If reinfocing bars corrode due to the leaking water, cracks in concrete structures grow very fast which results structural safety problems.

In this study, right and appropriate waterproof materials and construction methods were suggested for different site conditions and structural components by investigating characteristics of power plant structures, waterproofing materials and methods of existing power plants, performance of waterproofing systems, cause of leakage as well as currently selling waterproof materials.

4. Contents and Scope of the Study

Contents and scope of the study are summarized as followings with the same sequence of the main report.

Chapter 1. Introduction

Study needs, background, purpose and processes are introduced.

Chapter 2. Analysis of Waterproof Methods and Materials

1. Classification of Waterproof Methods

Generally waterproof methods are classified in accordance with the materials used. In this study, however, they are classified in accordance with the purpose, method of heat treatment, location of waterproof, type of structure and form of

waterproofing layers in order to provide the engineers helpful information when they conduct waterproofing related works.

a. Classification by Purpose of Work

Overall waterproofing methods include methods of glue attachment, melting attachment, adhesion attachment as well as spraying. Local waterproofing methods treating the weak or defected parts include the methods of injection, grouting and spraying.

b. Classification by Heat Treament Method

Layering method using melted asphalt compound and felt, and attaching method by melting the surface of sheets are clasified as hot method, while attaching method using glue under normal temperature is classified as cold method.

c. Classification by Location of Waterproofing Layer

This classification includes external waterproof, internal waterproof, double wall waterproof, structure itself waterproof and local waterproof for penetrated or terminal parts.

d. Classification by Construction Location

Vertical parts, horizontal parts and drain area are in this classification.

e. Classification by Type of Waterproof

Types of waterproofing layers are classified as impermeable membrane, permeability reduction layer or other detail treatment.

f. Classification by Waterproofing Material

This classification is the basic method of classification which includes asphalt system, mortar admixture, high polymer compound and other

special materials.

g. Classification by Fixing Method

Methods of fixing membrane sheets to structure are classified according to the existence of space between the waterproofing layer and the base which include full attachment, partial separation, partial attachment, continuous attachment, mechanical attachment and etc.

Above mentioned waterproofing methods are classified in various ways for the purpose of convenience, while the summarization of characteristics are followed for each waterproofing materials in accordance with the classification in the Korea Standard Specification of Architecture Construction.

2. Membrane Waterproofing

This method is most generally and widely used which forms a certain impermeable layer on the structure body, which includes asphalt waterproofing, improved asphalt waterproofing, sheet waterproofing, coating waterproofing and complex waterproofing. In this section those characteristics and applicability were introduced.

a. Asphalt Waterproofing

This method is forming many layers of felts and roofings using melted asphalt. Pro's and con's, types, method of attachment and applicable systems are explained in detail.

b. Improved Asphalt Waterproofing

Improved asphalt sheet is made of polymer materials and a certain type of

asphalt for which improved the difficulties of treatment and weak points of normal asphalt. Characteristics and performance of the improved asphalt and relevant materials.

c. Sheet Waterproofing

This single layer membrane material is made mainly of synthetic rubber and resin compound, which is flexible and easy to handle. Pro's and con's, types and applicable systems are introduced.

d. Coating Waterproofing

This method is forming a certain thickness of waterproof membrane by applying coating materials on the surface. Material characteristics, types and applicable systems are introduced.

e. Complex Waterproofing

Combining several waterproofing materials leads good water tightening capacity by supplementing each other's defects. Those composition and applicability are mentioned.

3. Saturation Waterproofing

Saturation waterproofing improves the water tightening capacity of concrete by infiltrating the inside porosity. Waterproofing admixture is added during the mixing of concrete, or compound can be applied on the surface of hardened concrete. Principles of saturation waterproofing as well as characteristics and types are explained in this section.

4. Metal Plate Waterproofing

This method uses the welded anticorrosive metal such as stainless steel plate on the target surface to achieve waterproofing effects. Material characteristic and applicable systems are explained.

5. Other Waterproofing

Besides the above mentioned waterproofings, bentonite, waterproof cement, metal oxide and FRP are introduced concerning their characteristics, types and applicable systems.

6. Sealing

Sealing material is used for various location even though it is not the major material of waterproofing layers. In this study, waterproofing system relying on sealing materials was basically avoided. For the right and adequate usage by the engineers, however, characteristics and application for different type of sealing materials are explained in detail.

7. Quality Standard of Waterproofing Materials

Quality standard for waterproofing materials required in KS and JIS are shown in this section.

Chapter 3. Characteristics Related with Waterproofing of Power Plant Structures

In Chap. 3, structural as well as environmental characteristics of power plant structures were analyzed by inverstigating the drawings, sites and related data

in order to decide the principal research direction. The analysis were performed in two major parts, i.e., superstructure parts(wall and roof) and underground parts.

Turbin hall, which has complicated waterproofing systems unlike the odinary structures, was selected as the representative of the superstructure parts, while the tendon gallery of nuclear power plant and the cable room of conventional thermal power plant, as the representative of the underground parts. The structural characteristics of the object structures, part by part, were analyzed. Analysis focus was concentrated on the environmental characteristics because most of the power plants are located on seaside or riverside.

1. Structural Characteristics

The structural characteristics may be summarized as follows : Flat roof area is very wide with light weight concrete layer on deck plates which may be easily affected by the factors of deterioration such as external atmosphere and vibration. Vertical parts are composed of sidings attached to steel structures with many via-ducts and facilities, which consequently have many weak points of waterproofing and are easily affected by wind. The underground parts which is a thick structure with many via-ducts have higher groundwater level and water pressure due to the seawater level than ordinary inland structures. The seasonal groundwater level varies much due to the large area of the building structures.

2. Environmental Characteristics

The environmental characteristics can be summarized as follows : The superstructure part is affected strongly by sunrays, wind and salt because of its local conditions on shorelines. High temperature condition is maintained on ceillng parts, which activates the deteriaration of waterproofing layers. Waterproofing systems are often damaged during the installation of additional facilities on roof. Groundwater movement is much expected due to the relationship between building base level and seawater level, the difference of the tide and tidal and the site excavation.

Those structural and environmental characteristics are analyzed and explained for each influencing factors.

Chapter 4. Site Investigation of Waterproofing of Power Plant Structures

In this chapter, site investigation and analysis of waterproofing systems of power plant structures are introduced according to the following steps.

1. General

From November 1993 to Feburary 1994, the first site investigation had been conducted for Uljin, Gori, Wolsung and Youngkwang nuclear power plants and Boryung, Samcheonpo thermal power plants. Detailed investigation for special parts of the plants were also conducted if needed. Major investigated items are such as waterproofing systems for different parts, special features and problems of waterproofing systems, water leakage conditions, type of defects, seasonal

variation of groundwater levels, etc.

2. Investigation

Current status of waterproofing for the 6 power plants were examined and recorded for each item in a certain form. Drawings, histories and problems were collected as the analysis data, and photos were also taken. Those investigated data are summarized in the main report for each power plants.

3. Type of Defects and Analysis of Influencing Factors

On the basis of the investigated data, common defects were analyzed and improvement directions were established. Specific leakage conditions were used as the basis of partial repairing method.

Chapter 5. Determination of Optimal Waterproofing Material, System and Construction Method

As some of the currently used waterproofing materials and systems are found to be unproperly applied for each building type or enviromental condition, adequate methods or systems are required to determine the proper materials and effectiveness of waterproofing.

In this chapter, sequential process to determine the optimal waterproofing systems and methods are explained.

1. Determination of Waterproofing Systems and Methods for Superstructure parts

Roof flat area consists of the major waterproofing system in superstructure parts. Determination process of the roof flat area is as following : Building importance, site climate condition, structure suface condition are examined and materials are selected. Standard waterproofing methods and systems are examined and estimated. Waterproofing system is determined considering the site, environmental and design condition. In next stage, materials and attachment method are determined. These sequential processes are explained in each section and summarized in Fig. 1 as a flowchart.

2. Determination of Waterproofing Systems and Methods for Underground Parts

Conditions of underground parts are relatively simple, while those of the superstructure parts are complicated due to its variety.

First, required performance is examined and items for determining underground waterproofing are considered. Applicability to the structural and enviromental conditions are examined and finally the optimal method and system is determined. Flowcharts of determination is shown in Fig. 2.

Introduction of systems for other detailed parts follows by the 2 major determination processes.

Chapter 6. Waterproofing Performance Tests

Performance tests were conducted in order to examine the applicability and effectiveness of previously studied waterproofing systems and to propose the improvement directions of the waterproofing systems.

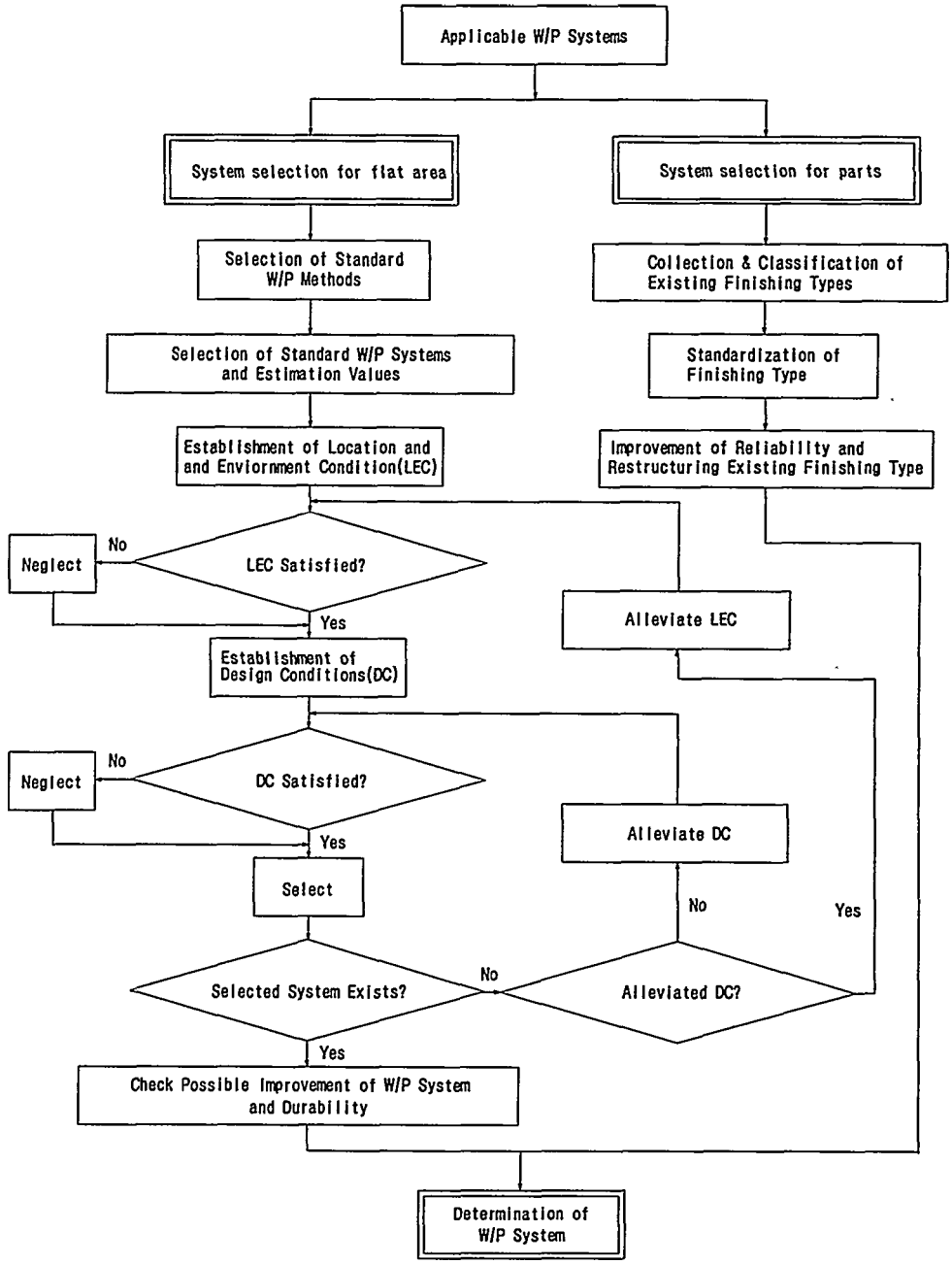


Fig. 1 Flowchart of determining major waterproofing system for flat roof

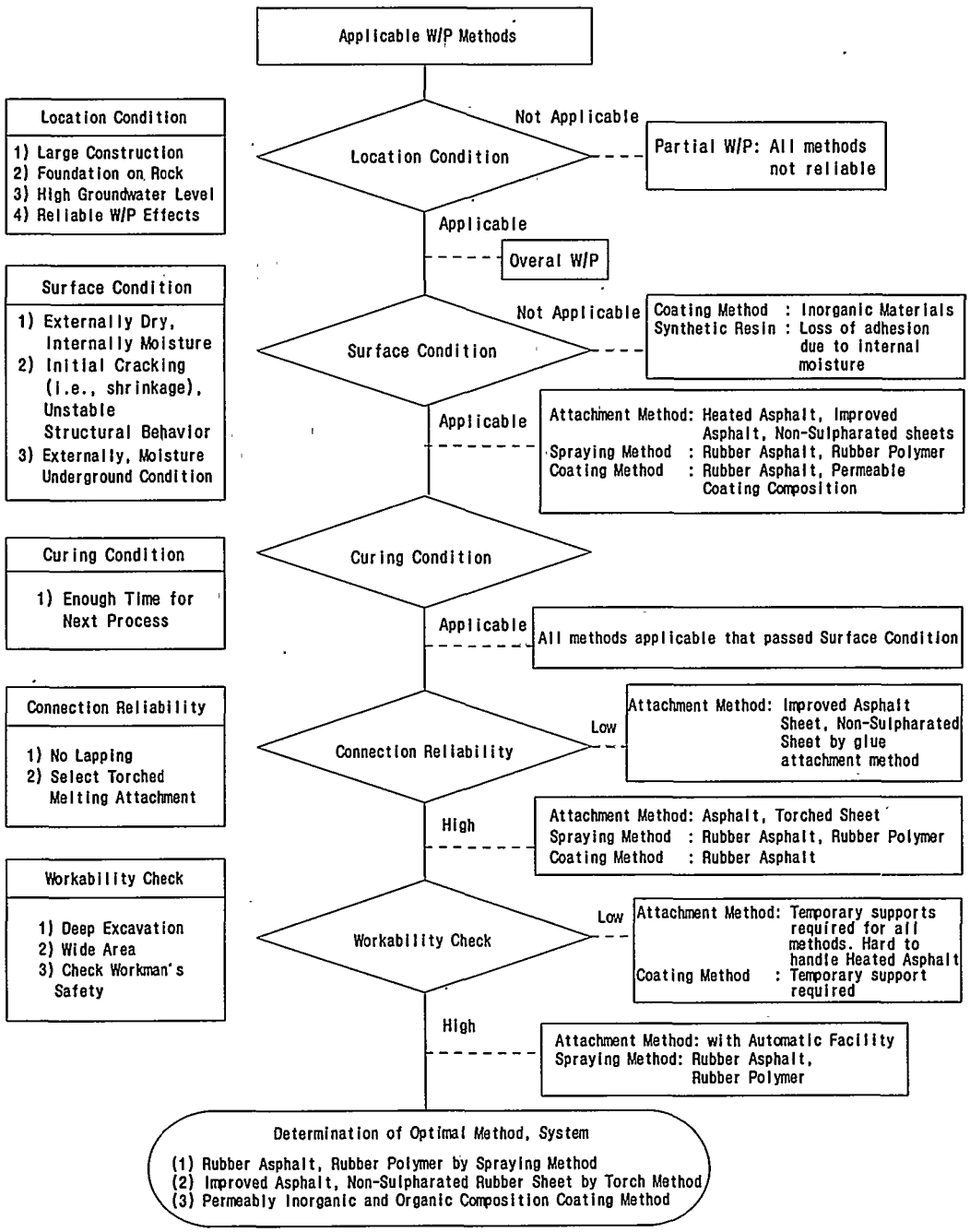


Fig. 2 Flowchart of determining major waterproofing system for basement

Performance tests are restricted to the major performance of each parts without the basic tests for material properties.

1. Accelerated Heat Deterioration Test

Related performances of materials applicable to roof waterproofing system were compared and estimated through high and severe temperature condition.

2. Ventilation and Swelling Test

Purposes of the test are to confirm the swelling phenomena which is the major affecting factor to deteriorate the waterproofing function, as well as the effect of ventilator which reduces swelling phenomena.

3. Temperature Effects Test

Purposes of the tests are to investigate the temperature effects of external environments such as sunrays to the waterproofing layers as well as to suggest excellent waterproofing systems. Tests are conducted for the waterproofing systems of existing power plants as well as for the improved systems.

4. Penetration Test for Inorganic Saturating Waterproof Agent

Actural degrees of saturation and absorption of inorganic saturating waterproof agent, which is not revealed yet, were tested and analyzed using mortar penetration tests.

5. Capacity Test of Drain Age Membrane

Purpose of the tests are to observe whether draining capacity is maintained when emborsing type draining membrane is installed, and to observe actual drop down effects of groundwater level.

6. Expanding Tests of Retardative Expanding Rubber Waterstop

Inconvenience in construction and uncertainty of performance is encountered when a conventional waterstop is installed in the concrete construction joint. Tests were conducted to observe the expanding characteristics and the effects of leakage prevention of retardative expanding waterstop which is expected to be convenience in construction and be watertight.

7. Tests of Protective Block Combined with Thermal Insulation

Several types of protective blocks on thermal insulation which were suggested as roof waterproofing system were tested. Deflections of thermal insulation and compression characteristics were used as determination data for thermal insulation.

Chapter 7. Workability and Economic Analysis of Waterproofing Systems

Workability and economic analysis were executed for the conventional waterproofing systems and methods and for the proposed ones.

1. Workability Analysis

Direction of improvement and suggestions for applications are proposed for

each classified waterproofing methods to make the research results extremely effective.

2. Economic Analysis

Construction costs were estimated and analyzed for each materials and waterproofing system considering the economic analysis factors. Estimation techniques for life of waterproofing layers, which provides good references to the designers.

'Guidelines of Waterproofing Practice' is published separately, with which relevant designers, constructors and supervisors could use the research results friendly.

5. Research Results of the Study and Suggestion for Application

1. Research Results

a. Waterproofing methods and materials related to power plants were classified in several ways according to the purpose of use.

b. Waterproofing characteristics of power plants as well as the improvement directions in future were established which lead the relevant engineers in a new way of consideration.

c. Waterproofing systems and methods were systematized in oder to be applied adequately considering the structure parts, structural and environmental conditions.

d. Directions of improving durability of waterproofing layers were established.

e. Testing method was established to inspect the effectiveness of waterproofing system.

f. Economic analysis technique of waterproofing method was suggested.

2. Suggestions for Imprementation Plan

a. Use as the guidelines of waterproofing methods to be used effectively for different building usage, types and parts during the design or construction stage.

b. Use as the fundamental data to revise the relevant specifications of waterproofing.

c. Use as the materials and data to shift the way of thinking to realize the importance of waterproofing.

d. Use as a reference for the design, construction and supervising of ordinary building construction.

e. Use as a reference for practical engineers to determine the waterproofing systems.

발전소 구조물의 방수에 관한 연구

(최종보고서)

목 차

표목차 S37
그림목차 S41
사진목차 S45

제 1 장 서 론 1
제 1 절 연구배경 및 목적 3
제 2 절 연구내용 및 범위 4
제 3 절 연구의 추진체계 6

제 2 장 방수공법 및 재료 분석 7
제 1 절 방수공법의 분류 9
1. 처리목적에 의한 분류 9
2. 열처리에 의한 분류 10
3. 방수층의 위치에 의한 분류 11
4. 시공장소에 의한 분류 11
5. 방수형태에 의한 분류 12
6. 방수재료에 의한 분류 13
7. 방수층의 고정방법에 의한 분류 14
제 2 절 멤브레인 방수공법 18
1. 아스팔트 방수 18
2. 개량아스팔트 방수 30
3. 시트 방수 33

4. 도막 방수 41
5. 방수층의 복합화 공법 46
제 3 절 침투성 방수공법 50
1. 구체 침투 방수공법의 특징 50
2. 구체 침투 방수제의 종류 51
제 4 절 금속판 방수공법 52
1. 스테인레스 시트 방수공법의 특징 52
2. 스테인레스 시트 방수의 사용재료 52
3. 기타 금속판 방수 54
제 5 절 기타 방수공법 55
1. 벤토나이트(Bentonite)방수 55
2. 시멘트액체 방수 57
3. 발수제에 의한 방수 65
4. 금속산화물 방수 68
5. FRP 방수 69
제 6 절 실링 방수공법 70
1. 실링 방수공법의 특징 70
2. 실링재의 종류와 특성 70
3. 성능조건 84
4. 실링재의 줄눈설계 86
5. 실링재 선택의 일반지침 92
제 7 절 방수제의 품질기준 94

제 3 장 발전소 구조물의 방수관련 특성 97
제 1 절 구조적 특성 99
1. 벽체, 지붕 및 옥상 99
2. 지하구조물 109
제 2 절 입지·환경적 특성 117
1. 벽체, 지붕 및 옥상 117
2. 지하구조물 121

제 4 장 발전소 구조물의 방수실태 조사 127

제 1 절 조사개요 129

1. 조사목적 129
2. 조사범위 129
3. 조사방법 130

제 2 절 발전소별 방수실태 131

1. 울진원자력 131
2. 고리원자력 142
3. 월성원자력 151
4. 영광원자력 159
5. 보령화력 167
6. 삼천포화력 173

제 3 절 방수결함 발생유형 및 요인분석 180

1. 지붕, 옥상 및 벽체 180
2. 지하구조물 187

제 5 장 적정 방수재료 및 공·구법 선정방법 191

제 1 절 개 요 193

제 2 절 방수설계시의 검토사항 194

1. 건물의 중요도 추정 194
2. 현장의 기후조건 195
3. 구조바탕의 조건 205

제 3 절 방수재료의 결정 208

제 4 절 옥상 평면부 방수공·구법의 평가 및 선정 210

1. 표준 방수공법 211
2. 표준 방수구법 213
3. 방수구법의 평가 215
4. 입지·환경적 조건에 따른 선정 218
5. 설계조건에 따른 선정 219

제 5 절 접착공법의 결정 220

제 6 절 관련재료의 선정 222
1. 단열재 222
2. 보호용 평판블록 223
제 7 절 발전소 구조물의 옥상평면부 방수구법 선정 227
1. 평면부 방수구법의 선정 예 227
2. 평면부 방수구법의 개량(안) 229
제 8 절 부위별 옥상방수구법의 선정 235
1. 부위분류 236
2. 기존 마감형태의 분석 236
3. 종합분석 및 적정구법(안) 265
제 9 절 지하방수의 공·구법 선정 277
1. 지하방수의 요구성능 277
2. 지하방수 공·구법 선정시 고려사항 280
3. 지하방수 공법별 적용성 284
4. 지하방수 공·구법 선정 285
5. 지하방수 공·구법 선정 예 290
제 10 절 지하방수 취약부 방수처리 300
1. 익스펜션 조인트부 300
2. 콘크리트 타설이음부 301
3. 지하 관통부 305

제 6 장 방수성능시험 307
제 1 절 개 요 309
제 2 절 촉진 열 열화시험 310
1. 시험개요 및 목적 310
2. 시험체 310
3. 시험방법 및 과정 312
4. 시험결과 및 분석 313
제 3 절 탈기 및 들뜸시험 319
1. 시험개요 및 목적 319

2. 시험체 319
3. 시험방법 및 과정 321
4. 시험결과 및 분석 322
제 4 절 방수층의 온도영향 시험 325
1. 시험개요 및 목적 325
2. 시험체 325
3. 시험방법 및 과정 328
4. 평가기준 329
5. 시험결과 및 분석 330
제 5 절 무기질 침투방수제 투수시험 337
1. 시험개요 및 목적 337
2. 시험체 337
3. 시험방법 및 과정 338
4. 시험결과 및 분석 339
5. 침투방수제의 국내·외 성능시험 결과 343
6. 종합 분석 347
제 6 절 배수막의 배수성능 시험 349
1. 시험개요 및 목적 349
2. Backfill에 관련된 기술시방(월성 2호기 예) 349
3. 시험체 352
4. 시험방법 및 과정 355
5. 시험결과 및 분석 357
제 7 절 지연형 팽창지수고무의 팽창특성시험 369
1. 시험개요 및 목적 369
2. 시험체 369
3. 시험방법 및 과정 371
4. 시험결과 및 분석 371
제 8 절 옥상 슬래브의 관통부 시험 375
1. 시험개요 및 목적 375
2. 시험체 375
3. 시험방법 및 과정 377

4. 시험결과 및 분석 379
제 9 절 누름블록 형상에 따른 단열재 내압시험 379
1. 시험개요 및 목적 379
2. 시험체 380
3. 시험방법 및 과정 381
4. 시험결과 및 분석 384

제 7 장 방수시공성 및 경제성 분석 389
제 1 절 개 요 391
제 2 절 시공성 분석 393
1. 시공성 분석 방향 393
2. 방수공법별 시공성 분석 393
3. 시공성의 평가 410
제 3 절 경제성 분석 414
1. 개 요 414
2. 경제성의 평가 415
3. 방수재료별 공사비 분석 416
4. 방수구법별 공사비 분석 422
5. 방수층 내구연수의 평가 426
6. 경제성의 종합분석 435
제 4 절 시공성 및 경제성 종합분석 437

제 8 장 결 론 439

참고문헌 445

표 목 차

<표 1.1> 연도별 연구내용 및 범위 4
<표 2.1> 방수공법의 기본구성 13
<표 2.2> 방수공사용 아스팔트(KS F 4052) 20
<표 2.3> 방수공사용 아스팔트의 용도분류(JIS K 2207) 20
<표 2.4> 기온범위와 아스팔트의 선정 22
<표 2.5> 아스팔트 프라이머의 품질 22
<표 2.6> 아스팔트 루프 코팅의 품질 24
<표 2.7> 특수루핑의 종류 및 특성 28
<표 2.8> 신장률에 의한 구분(KS F 4917) 31
<표 2.9> 온도특성에 의한 구분(KS F 4917) 32
<표 2.10> 시트 이음의 접착방법 35
<표 2.11> 시트의 두께 37
<표 2.12> 방수제의 배합 66
<표 2.13> 시멘트 방수층의 층수 66
<표 2.14> 1성분형 실리콘 실링재의 내후성 76
<표 2.15> 유성 실링재의 조성 80
<표 2.16> 거동의 종류와 주요 줄눈의 종류 86
<표 2.17> 각종 건축재료의 선팽창계수 89
<표 2.18> 부재의 추정온도(℃) 89
<표 2.19> 온도변화에 의한 거동의 저감율(K_t)의 목표(JASS 8) 90
<표 2.20> 층간변위에 의한 거동의 저감율(K_r)의 목표(JASS 8, PC 커튼월의 경우) 90
<표 2.21> 실링재의 설계신축율 및 설계전단변형율의 표준치(JASS 8) 90
<표 2.22> 커튼월 부재 접합시의 줄눈폭 허용차의 표준치(JASS 14) 91
<표 2.23> 실링재의 허용신축률 91
<표 2.24> 줄눈치수 92
<표 2.25> 방수재료의 시험규격 94
<표 3.1> 서울화력 터빈 건물 온도 분포 118

<표 4.1> 지붕, 옥상 및 벽체 방수결함 발생유형 및 원인 185
<표 4.2> 지하구조물의 방수사고 유형 및 원인 188
<표 5.1> 전국각지 68지점의 기후특성 199
<표 5.2> 평균기온(월평년값) 200
<표 5.3> 일최고기온(월평년값) 201
<표 5.4> 일최저기온(월평년값) 202
<표 5.5> 강우량(월평년값) 203
<표 5.6> 평균풍속(월평년값) 204
<표 5.7> 방수재료의 특성비교 208
<표 5.8> 옥상평면부 방수층의 종류 211
<표 5.9> 보호·마감부위와 용도 213
<표 5.10> 방수층의 종류와 보호·마감재의 적성비교 214
<표 5.11> 옥상평면부 방수구법의 종류 215
<표 5.12> 방수구법 평가기준 216
<표 5.13> 방수구법의 평가치 217
<표 5.14> 입지·환경조건의 구분 218
<표 5.15> 입지·환경조건과 선정기준 218
<표 5.16> 설계조건과 선정기준 219
<표 5.17> 바탕의 종류와 접착공법의 비교 221
<표 5.18> 옥상단열재의 예 222
<표 5.19> 보호용 평판블록의 개요 224
<표 5.20> 발전소 옥상의 조건에 따른 방수층의 선정기준 227
<표 5.21> 옥상슬래브에 적용가능한 방수구법 231
<표 5.22> 방수공법의 선택조건 282
<표 5.23> 지하방수층의 적성비교표 284
<표 6.1> 1차 촉진 열 열화시험용 시험체 구성 311
<표 6.2> 2차 촉진 열 열화시험용 시험체 구성 312
<표 6.3> 1차 촉진 열 열화시험 결과 314
<표 6.4> 2차 촉진 열 열화시험 결과 315
<표 6.5> 촉진 열 열화 특성 분석 318
<표 6.6> 개량아스팔트의 재료 물성 321

<표 6.7> 탈기 및 들뜸 시험공정별 시험결과 322
<표 6.8> 시험체의 방수구법 328
<표 6.9> 무기질 침투방수제 시험체 338
<표 6.10> 0.1 kgf/cm^2 수압하의 투수시험 결과 340
<표 6.11> 1 kgf/cm^2 수압하의 투수시험 결과 340
<표 6.12> 2 kgf/cm^2 수압하의 투수시험 결과 341
<표 6.13> 규산질계 침투방수제의 화학조성 분석결과 I (국내, 주택공사) 344
<표 6.14> 규산질계 침투방수제의 화학조성 분석결과 II (일본) 344
<표 6.15> 단기 투수시험 결과(주택공사) 345
<표 6.16> 투수시험 결과 예(일본) 346
<표 6.17> 염색재료의 시료 통과 상태 347
<표 6.18> 배수성 뒷채움재의 입도분포 조건 351
<표 6.19> 시험 뒷채움 흙의 입도분포 355
<표 6.20> Granular 배수층의 입도분포 355
<표 6.21> 배수막의 내압시험 결과 358
<표 6.22> 배수조건의 분류 361
<표 6.23> 팽창지수고무의 팽창변화량 372
<표 6.24> 팽창지수고무 매설 콘크리트 시험체의 누수특성 373
<표 6.25> 시험체의 분류 376
<표 6.26> 단열재의 물리적 특성 377
<표 6.27> 시험체의 온도측정 결과 379
<표 6.28> 블록형상과 단열재별 내압시험 결과 385
<표 7.1> 옥상방수층의 공법별 적용성 396
<표 7.2> 지하방수층의 공법별 적용성 398
<표 7.3> 지하벽체 방수층의 공법별 적용성 399
<표 7.4> 주변환경이 방수층에 미치는 영향 400
<표 7.5> 방수공법별 시장성의 검토 401
<표 7.6> 방수공법별 시공관리 및 유지관리상의 문제점 402
<표 7.7> 방수공법별 보수성 403
<표 7.8> 방수공법별 공기 및 재료비 비교 404
<표 7.9> 방수공법별 시공성 비교 405

<표 7.10> 방수재료별 공사비 비교 420
<표 7.11> 신축시 옥상 방수 구법별 공사비 비교 424
<표 7.12> 보수시 옥상 방수 구법별 공사비 비교 425
<표 7.13> 지붕 멤브레인 방수의 표준내구연수 427
<표 7.14> 방수공법의 선택계수(S) 428
<표 7.15> 설계계수(a) 429
<표 7.16> 설계도서의 평가기준 429
<표 7.17> 설계감리의 평가기준 430
<표 7.18> 시공계수(b) 431
<표 7.19> 시공관리의 평가기준 431
<표 7.20> 방수기능의 평가기준 432
<표 7.21> 시공시의 기상계수(c) 432
<표 7.22> 단열계수(d_1) 433
<표 7.23> 지역계수(d_2) 434
<표 7.24> 유지보전 시방에 따른 유지보전 계수(M) 434
<표 7.25> 각 방수구법별 추정내구연수 435

그림목차

(그림 1.1) 연구개발의 추진체계 6
(그림 2.1) 시공장소에 의한 방수공법의 분류 12
(그림 2.2) 방수층의 접착방법 16
(그림 2.3) 아스팔트 루핑의 종류 24
(그림 2.4) 루핑류의 접착법 29
(그림 2.5) 아스팔트 방수공법 예(블록누름) 29
(그림 2.6) 아스팔트 방수공법 예(자갈누름) 29
(그림 2.7) 개량아스팔트의 인장성능 30
(그림 2.8) 합성고무계 시트 방수공법의 예(합성고무계) 36
(그림 2.9) 도막방수층 공법 예 42
(그림 2.10) 도막방수재료의 종류 43
(그림 2.11) 스테인레스 시트 방수의 마무리 예 53
(그림 2.12) 스테인레스 시트 방수층의 공법 예 53
(그림 2.13) 실링재의 분류 71
(그림 2.14) 2성분형 폴리설파이드계 실링재의 경도와 인장접착강도의 관계 74
(그림 2.15) 유성 실링재의 JIS시험에 의한 수축율과 옥외폭로에 의한 수축율 80
(그림 3.1) 터빈 건물 옥상방수 단면 예 99
(그림 3.2) 방수층 치켜올림부의 상세 103
(그림 3.3) 옥상설비 기초부의 방수상세 예 105
(그림 3.4) 배수로의 단면상세 예 109
(그림 3.5) 일반 버림 콘크리트층 111
(그림 3.6) 기공 버림 콘크리트층 112
(그림 3.7) Sump 위치와 집수망 116
(그림 3.8) 지하구조물 주변의 지하수 환경 개념 122
(그림 4.1) 울진원자력 1,2호기 T/B 옥상 방수체계 131
(그림 4.2) 파라펫 주변 방수체계 132
(그림 4.3) 관통부 주변 방수체계 133

(그림 4.4) 드레인 주변 방수체계 134
(그림 4.5) 울진원자력 1,2호기 지하 방수체계 135
(그림 4.6) 울진원자력 1,2호기 텐던 갤러리 주변 단면도 136
(그림 4.7) 신축이음부 방수상세 137
(그림 4.8) 고리원자력 1,2호기 T/B 옥상 방수체계 142
(그림 4.9) 파라펫 주변 방수체계 143
(그림 4.10) 단층 연결부 구성도 144
(그림 4.11) 지하 방수체계 145
(그림 4.12) 월성원자력 1호기 T/B 옥상 방수체계 151
(그림 4.13) 파라펫 주변 방수체계 152
(그림 4.14) 관통부 주변 방수체계 153
(그림 4.15) 영광원자력 1,2호기 T/B 옥상 방수체계 159
(그림 4.16) 영광원자력 3,4호기 T/B 옥상 방수체계 160
(그림 4.17) 지하벽변 방수단면 162
(그림 4.18) 터빈 건물 주변 수준고 163
(그림 4.19) 보령화력 1,2호기 T/B 옥상 방수체계 167
(그림 4.20) 보령화력 3,4호기 T/B 옥상 방수체계 168
(그림 4.21) 삼천포화력 1,2호기 옥상 방수체계 173
(그림 4.22) 삼천포화력 3,4호기 옥상 방수체계 174
(그림 5.1) 우리나라의 기후대(연평균기온) 198
(그림 5.2) 옥상평면부 방수구법의 선정 흐름도 210
(그림 5.3) 콘크리트제 보호용 평판블록의 예 225
(그림 5.4) 부위별 옥상방수구법의 선정 흐름도 235
(그림 5.5) 파라펫 주변 마감의 제안형태(예) 266
(그림 5.6) 옥탑 주변 마감의 제안형태(예) 267
(그림 5.7) 옥상출입구 주변 마감의 제안형태(예) 269
(그림 5.8) 익스펜션조인트 주변 마감의 제안형태(예) 270
(그림 5.9) 설비기초 주변 마감의 제안형태(예) 272
(그림 5.10) 옥상관통파이프 주변 마감의 제안형태(예) 273
(그림 5.11) 루프드레인 주변 마감의 제안형태(예) 275
(그림 5.12) 지하방수 공·구법 선정 흐름도 285

(그림 5.13) 지하 외방수 시트공법 예 291
(그림 5.14) 지하 외방수 바닥-시트, 벽체-뿜칠공법 예 292
(그림 5.15) 지하 내방수 공법 예 294
(그림 5.16) 지하 외방수·부분 내방수 조합 방수체계 예 295
(그림 5.17) 지하방수 습식 보호재의 설치도 296
(그림 5.18) 지하방수 건식 보호재 설치도 299
(그림 5.19) 지하 익스펜션 조인트부 처리 개선안 예 301
(그림 5.20) 지연형 팽창고무를 이용한 타설이음부 처리 개선안 예 303
(그림 5.21) 지수판을 이용한 타설이음부 처리 개선안 예 304
(그림 5.22) 지하 관통부 처리 개선안 예 306
(그림 6.1) 1차 촉진 열 열화 시험체의 형상 311
(그림 6.2) 2차 촉진 열 열화 시험체의 형상 312
(그림 6.3) 탈기 및 들뜸 성능시험 개략도 320
(그림 6.4) 개량 아스팔트 시트의 구성 320
(그림 6.5) 기존 발전소 구조물의 방수층 구법변화 326
(그림 6.6) 개선된 방수체계의 예 326
(그림 6.7) 외기온과 시험체 각층의 온도변화(Type Ⅰ) 333
(그림 6.8) 외기온과 시험체 각층의 온도변화(Type Ⅱ) 333
(그림 6.9) 외기온과 시험체 각층의 온도변화(Type Ⅲ) 334
(그림 6.10) 외기온과 시험체 각층의 온도변화(Type Ⅳ) 334
(그림 6.11) 외기온과 시험체 각층의 온도변화(Type Ⅴ) 335
(그림 6.12) 외기온과 시험체 각층의 온도변화(Type Ⅵ) 335
(그림 6.13) 방수공법에 따른 방수층의 온도변화 336
(그림 6.14) 시험체의 종류에 따른 USD(Upside Down) 공법의 방수층 온도변화 336
(그림 6.15) 모르터 침투방수제 침투단면 341
(그림 6.16) 지하방수 개선안 개략도 350
(그림 6.17) 상세도 A 350
(그림 6.18) 내압성 시험 개략도 354
(그림 6.19) 배수성 시험장치 356
(그림 6.20) 배수막의 응력 변형율 곡선 359

(그림 6.21) Geotextile 변형 가상도 359
(그림 6.22) 배수조건 I 수두저하 특성 곡선 363
(그림 6.23) 배수조건 II 수두저하 특성 곡선 364
(그림 6.24) 배수조건 III 수두저하 특성 곡선 365
(그림 6.25) 배수조건 IV 수두저하 특성 곡선 366
(그림 6.26) 배수조건 V 수두저하 특성 곡선 367
(그림 6.27) 배수조건 VI 수두저하 특성 곡선 368
(그림 6.28) 팽창지수고무 팽창시험체 370
(그림 6.29) 팽창지수고무 누수시험체 370
(그림 6.30) 팽창지수고무의 시간경과에 따른 팽창변화 추이 372
(그림 6.31) 옥상 관통부 시험체 개요 376
(그림 6.32) 옥상 관통부 시험체의 설치상황 377
(그림 6.33) 시험체별 방수층의 온도측정결과 378
(그림 6.34) 블록형상별 내압시험 결과 386
(그림 6.35) 단열재 종류별 내압시험 결과 386
(그림 7.1) 단열재의 위치 433

사진목차

(사진 4.1) PAB 옥상 방수층 161
(사진 4.2) 케이블 쉬스와 벽체 연결부 170
(사진 4.3) 터빈 건물 지하 누수현상 175
(사진 6.1) 들뜸 및 탈기시험체 제작과정 323
(사진 6.2) 완성된 들뜸 및 탈기시험체 324
(사진 6.3) 들뜸 및 탈기시험체 구성층 온도측정 324
(사진 6.4) 옥상 방수층 시험체 설치 상황 327
(사진 6.5) 일사열에 의한 옥상 방수층의 온도변화 측정 상황 327
(사진 6.6) 배수성능 시험체 353
(사진 6.7) 프리패브 배수막 설치 상황 353
(사진 6.8) 관통부 시험체의 온도측정 상황 379
(사진 6.9) 블록의 형상 382
(사진 6.10) 시험 단열재 382
(사진 6.11) 블록형상에 따른 단열재 내압시험 383

제 1 장 서 론

제 1 장 서 론

제 1 절 연구배경 및 목적

건축공사에 있어서 방수공사는 공사전반에 대해서 차지하는 중요도는 떨어지는 것으로 지금까지 생각되어 왔다. 그러나 실제적으로 공정상에 처리가 어렵고 준공 후에 하자가 많이 발생하는 공종이 바로 이 방수공사이다. 건축물 설계자를 비롯한 시공·감리자들 대부분이 여러가지 공종을 일괄하여 처리하는 것이 건설관련현장의 실정임을 감안할 때 방수에 대한 인식도를 깊이하지 못하는 것도 무리는 아닐 것이다.

현재까지 개발되어 있는 방수재료나 방수공·구법이 지엽적이고 단일한 처리목적을 전제로 했기 때문에 구조물의 여러특성에 적합한 적용이 어려웠다. 이러한 이유로 그동안 누수자체의 문제성은 거론되었으나, 근본적인 설계·시공상의 개선에는 관심을 두지 못했고, 우리나라 방수 시공업자의 질적향상이나 그것을 지도·개선할 만한 연구기관의 부재로 재래식 공법과 경험에만 의존해 왔다.

특히, 발전소 구조물에서의 누수사고의 발생은 안전사고의 위험을 가증시키고, 보수작업 등에 의한 전력공급의 중단은 경제적 손실과 많은 불편을 초래하게 되며, 침투수에 의해 철근 등이 부식될 경우에는 콘크리트 구조물 등에 균열의 발생을 가중시켜 구조물의 안전에도 큰 문제점을 발생하게 된다.

따라서 본 연구에서는 발전소 구조물의 특성조사, 발전소 구조물의 구조적 조건 및 입지·환경적 조건 등의 분석을 통하여 구조물의 적용부위별로 적정 방수재료를 선정하고 시공하는 적정 방수구법을 제시하고자 한다.

제 2 절 연구내용 및 범위

본 연구에 포함된 연구내용 및 범위를 요약 정리하면 <표 1.1>과 같다.

<표 1.1> 연도별 연구내용 및 범위

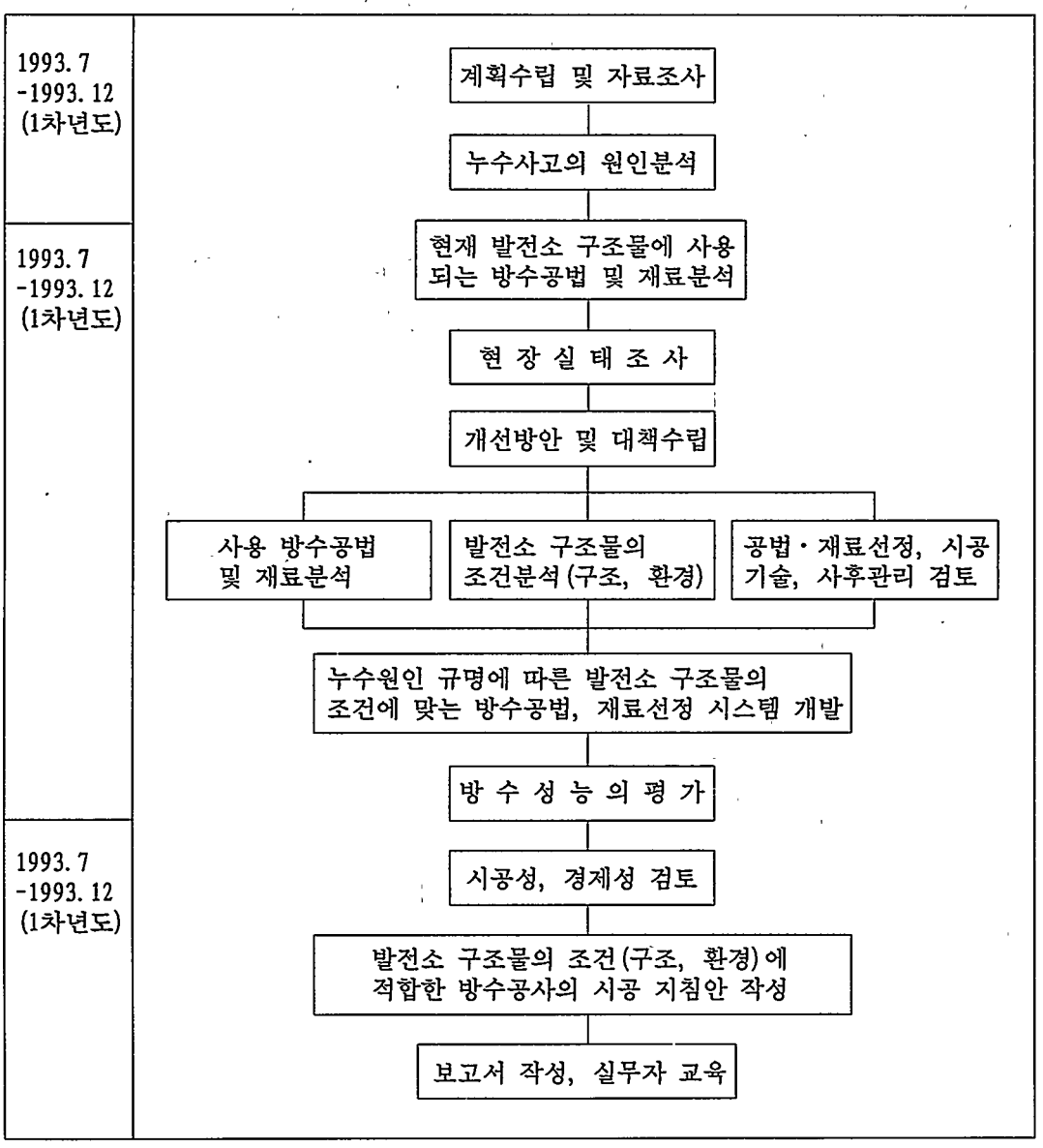
구분 / 연도별	연 구 개 발 내 용	연구개발 범 위
1993.7-1993.12 (1차년도)	가. 국내 및 해외 방수관련 자료수집 및 분석 (1) 구조물의 종류별 (2) 방수공법별 (3) 방수재료별 나. 발전소 구조물에서 방수를 필요로 하는 부위의 구조적·환경적 특성 파악 (1) 구조적 특성 : 지붕, 바닥, 벽체 (평면, 수직, 모서리, 아치형,조인트부) (2) 환경적 특성 : 습기, 수분, 열, 진동, 빛, 염해, 바람, 외력(수압, 토압 등) 다. 발전소 구조물의 누수사고 발생부위의 원인 파악 (1) 발생부위 : 평면부, 수직부, 모서리부, 조인트부 등 (2) 원 인 : 방수층 파단, 바탕 콘크리트 파단, 시공 불량, 재료불량, 부적절한 공법선정 등	자료수집
1994.1-1994.12 (2차년도)	가. 현재 발전소 구조물에 사용되고 있는 방수공법 및 재료조사 (1) 지붕방수의 공법 및 재료 - 아스팔트 방수, 시트 방수 등 (2) 벽체방수의 공법 및 재료 - 시멘트 액체방수, 시트 방수, 침투성 도막방수 등 (3) 바닥에 사용된 공법 및 재료 - 아스팔트 방수, 모르터 방수, 시멘트 액체방수 등 (4) 지하방수의 공법 및 재료 - 아스팔트 방수, 시트 방수, 침투성 도막방수, 고무화 아스팔트 방수 등 나. 현재 사용 방수공법의 개선점과 새로운 공법의 검토 (1) 국내·외 구조물 방수의 실태 조사 - 국내의 방수재료 및 시공법의 실태 조사 - 국외의 방수재료 및 시공법의 실태 조사	자료수집 모델정립

<표 1.1> 연도별 연구내용 및 범위(계속)

구분 / 연도별	연 구 개 발 내 용	연구개발 범 위
1994.1-1994.12 (2차년도)	(2) 적정 방수공법 및 재료 선정방법의 개발 - 발전소 구조물의 구조적 조건에 맞는 공법 - 발전소 구조물의 환경적 조건에 맞는 공법 - 적합한 재료선정 및 정확한 시공방법 다. 제안된 방수공법 및 재료의 성능평가 (1) 옥상 방수 - 스트레치 아스팔트 루핑 방수재료의 적용과 평가 - 구멍뚫린 아스팔트 루핑 방수재료의 적용과 평가 - 스테인레스 스틸 시트 방수재료의 적용과 평가 - 절연공법, 탈기공법의 적용과 평가 (2) 지하 방수 - 침투성 도포방수재료의 적용과 평가 (3) 기타 방수를 필요로 하는 부위에의 적정공법 및 재료의 평가	공법분석 성능평가
1995.1-1995.7 (3차년도)	◦ 발전소 구조물의 구조적·환경적 조건에 적합한 방수 공법 지침안 작성 가. 시공성 및 경제성 분석 (1) 방수공법별 (2) 방수재료별 (3) 방수부위별 등 나. 방수 시공지침안 작성 (1) 지붕(옥상)방수, 벽체방수, 바닥방수 (2) 지하구조물 방수 (3) 기타 방수 필요부위에 대한 대책 수립 (4) 방수 유지관리 및 보수방안 수립	모델정립 지침작성

제 3 절 연구의 추진체계

연구내용 및 범위를 근거로 하여 수행한 연구개발의 추진체계를 흐름도로 나타내면 (그림 1.1)과 같다.



(그림 1.1) 연구개발의 추진체계

제 2 장 방수공법 및 재료 분석

제 2 장 방수공법 및 재료 분석

제 1 절 방수공법의 분류

방수공법의 종류는 여러가지 방법에 의해 분류할 수 있겠지만 가장 많이 사용되는 분류방법은 방수재료에 의한 분류방법이다. 이 보고서에서는 이밖에도 방수를 요하는 부위의 처리목적, 시공시의 열처리별, 방수층의 위치별, 시공장소 및 구조물별, 방수층의 형태에 따라 분류하였다.

1. 처리목적에 의한 분류

방수바탕의 처리목적에 따른 분류는 구체의 결함부분을 방수처리하는 "국부적 방수"와 구체 전면에 대해 방수처리를 실시하는 "전면적 방수"로 분류된다.

국부적 방수는 주입공법, 충전공법, 도포공법이 있다. 이 공법은 각각 단독으로 사용되기 보다는 부위별로 가장 적합한 공법을 병용하는 것이 일반적이다.

(1) 주입공법 : 합성수지계의 주입제를 콘크리트의 균열부 등에 주입하여 누수를 억제하는 공법

(2) 충전공법 : 콘크리트 이어치기나 균열부를 U 또는 V-Cut한 후 충전제로 처리하는 공법

(3) 도포공법 : 누수가 예상되는 부분에 대해 무기질계 도포제 또는 모르터를 도포하는 공법

한편, 전면적 방수공법은 다음과 같은 다섯가지 공법으로 분류할 수 있다.

(1) 접착공법 : 멤브레인 방수층에 속하는 공법으로 용제형 접착제에 의해 루핑을 적층하는 공법(아스팔트 방수, 시트방수로 대표되지만 도포 후 막을 형성하는 도막

방수도 포함됨)

(2) 융착공법 : 아스팔트 루핑 등의 표면을 가열하여 녹여서 적층하는 공법

(3) 점착공법 : 자체에 점착층을 가진 루핑을 적층하는 공법

(4) 뿜칠공법 : 모르터계나 고무아스팔트계 등의 액상재료를 숏크리트, 건나이트 등으로 뿜칠하여 방수막을 형성하는 공법으로 멤브레인 방수로 분류하기도 함

(5) 도포공법 : 규산소다계, 지방산계, 염화칼슘계에 의한 모르터 방수, 규산질계, 고분자 에멀젼계의 수화응고형 등이 있음

2. 열처리에 의한 분류

가. 열공법

이 공법은 오래전부터 시공되고 있는 공법으로서 아스팔트 방수공법에서는 대부분이 열공법이다. 열공법에는 여러가지가 있으나 적층식이 가장 일반적이다. 이는 아스팔트 루핑류를 용융한 블로운 아스팔트로 번갈아 가며 층층히 쌓는 다층 피막 방수공법이다. 적층식은 우수한 품질의 재료를 사용하고 철저한 시공을 한다면 비교적 완전한 방수효과를 기대할 수 있다. 다만, 시공의 복잡성, 공해(자극성 냄새 및 연기) 유발 및 동절기의 작업이 곤란하다. 또한, 가열용융시 아스팔트의 국부적인 과열은 재료의 변성을 초래할 뿐만 아니라 유연성을 저하시켜 신축, 균열 및 충격에 대한 저항성을 약하게 하며, 저온에서의 용융은 접착력의 저하나 균일한 도포를 어렵게 하는 등의 단점이 있다.

이외에도 장기적으로는 직사열에 의한 유분(등유, 경유등)의 증발 촉진과 풍화로 아스팔트의 신장성이 약화되어 고화되므로 보호모르터가 얇을 때는 결함이 발생하는 경우가 많다. 최근에는 토치공법도 이 분야에 포함시키는 경향이다.

나. 냉공법(상온공법)

냉공법이란 상온이란 말이 사용되기 이전에 쓰여진 것으로 상온공법과 같은 의미이다. 냉온공법중 적층식은 융착공법과 접착공법 및 점착공법 등으로 분류된다. 그러나 이들 공법은 접착의 양부를 확인하기 어렵고, 접착제의 휘발분은 자극성이 있으며, 이 휘발분은 방수막을 부풀게 하는 요인이 된다.

현재 냉온공법에는 다음과 같은 것이 있다.

(1) 개량 또는 고무 아스팔트 루핑을 토치 등을 이용해서 붙이는 공법

(2) 고무아스팔트계 도포재료를 이용해서 개량아스팔트계 루핑을 붙이는 공법

(3) 고무아스팔트계 루핑을 접착제를 이용해서 붙이는 공법

3. 방수층의 위치에 의한 분류

(1) 외방수공법 : 부재의 외측에 방수층을 형성하는 방법으로 외벽 콘크리트 타설전에 방수층을 시공하는 선공법과 타설후에 방수층을 형성하는 후공법이 있다.

(2) 내방수공법 : 부재의 실내측에 방수층을 형성하는 방법으로, 이중벽을 구성하는 경우가 있지만 여기서는 이중벽공법은 별도로 분류한다.

(3) 이중벽공법 : 외벽의 실내측에 블록등에 의한 이중벽을 형성하고 누수되어 침입한 물을 이중벽내의 배수구로 유도하여 이를 외부로 배수하는 공법이다.

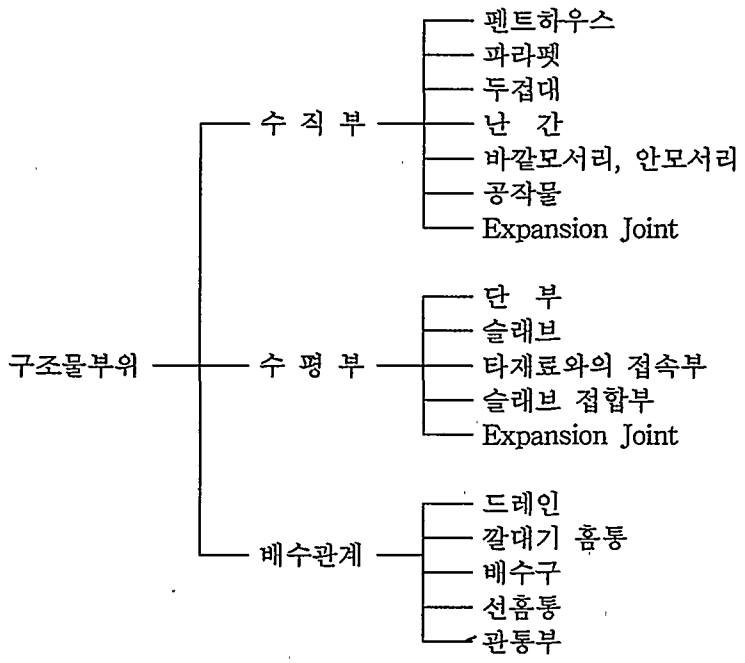
(4) 구체방수공법 : 콘크리트 구체의 수밀성을 높이는 배합을 하거나 방수제를 혼입하는 방법에 의해 구체 자체의 수밀성을 기대하는 공법이다.

(5) 기 타 : 실내 인입용 슬리브관이나 지중선 등의 구체관통재 주변의 지수처리, 콘크리트 타설시기의 차이에 의해 일어나는 콜드조인트부의 방수 등

4. 시공장소에 의한 분류

발전소 구조물을 비롯한 일반건물에서 요구되는 방수유형은 (그림 2.1)과 같이 수직부, 수평부 및 배수관련 구성부위에 따라 나눌 수 있으며 각각 세부항목으로 분

류된다. 한편, 이들 구성부위에 따라서 방수재료선정, 시공방법, 유지관리 측면에서 방수체계를 포함한 구조물 구체의 특성과 간접적인 외부환경의 영향정도가 다르기 때문에 각 부위별로 적절한 방수시스템을 선정해야 한다.

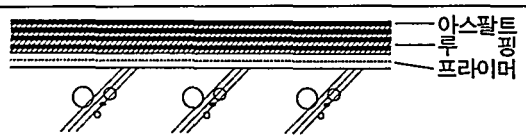
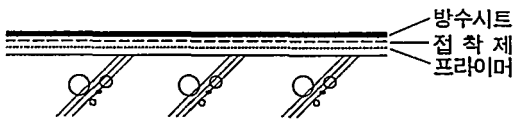
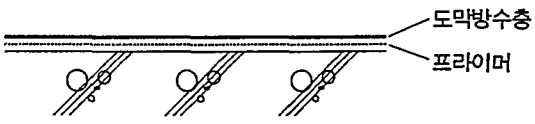
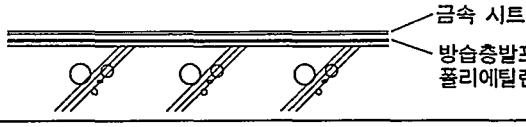
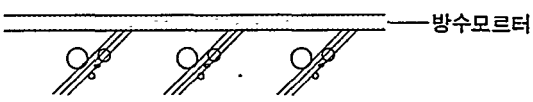
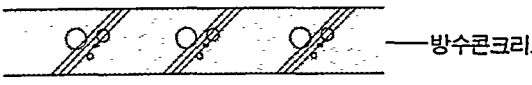
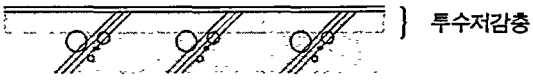


(그림 2.1) 시공장소에 의한 방수공법의 분류

5. 방수형태에 의한 분류

이 분류방법은 방수층의 형성방법에 따른 것으로 방수층 구성의 기본은 <표 2.1>과 같다. 여기서 멤브레인 방수공법은 멤브레인 방수재료(아스팔트, 시트, 도막 등)를 사용하여 불투수성 연속막을 형성하는 공법이며, 혼합형 방수재료나 도포침투형 방수재료를 사용하는 모르터 방수, 콘크리트 방수, 무기질도포침투 방수, 고분자도포침투 방수는 투수저감화 공법으로 분류된다. 한편, 불투수성 재료를 조인트 등에 충전하는 공법은 실링방수공법으로 분류한다.

<표 2.1> 방수공법의 기본구성

공 법 명		공 법 의 구 성
멤브레인방수	아스팔트 방수	
	시트 방수 (개량아스팔트)	
	도막 방수	
스테인레스 시트 방수		
모르터 방수		
콘크리트 방수		
무기질도포침투 방수		
고분자도포침투 방수		

6. 방수재료에 의한 분류

(1) 아스팔트계

1) 천연아스팔트 : 록아스팔트(Rock Asphalt), 레이크아스팔트(Lake Asphalt),

아스팔트 사암 등

2) 아스팔트타이트 : 길소나이트(Gilsonite), 그란스핏치(Glance Pitch), 그라하마이트(Grahamite) 등

3) 석유아스팔트 : 스트레이트 아스팔트(Straight Asphalt), 블로운 아스팔트(Blown Asphalt), 아스팔트 컴파운드(Asphalt Compound) 등

(2) 모르터 혼화제

1) 무기질계 : 염화칼슘, 규산소다, 규산질분말, 지르코늄 화합물 등

2) 유기질계 : 지방산염, 파라핀에멀젼, 고무라텍스, 수용성수지 등

3) 혼 합 물 : 무기질의 혼합물, 유기질의 혼합물, 유기질과 무기질의 혼합물

(3) 고분자 화합물

1) 역청질계 : 아스팔트, 타르 등

2) 합성고무계 : 가 류 형 - 부틸고무, EPT부틸고무, 니트릴고무 등
비가황형 - 폴리우레탄고무, 클로로프렌고무(네오프렌고무), 폴리이소부틸렌고무

3) 합성수지계 : 열가소성 - 초산비닐계, 폴리아크릴산 에스테르계
열경화성 - 에폭시수지계, 폴리에스테르수지계

(4) 벤토나이트(Bentonite, 점토질)

(5) 기 타

7. 방수층의 고정방법에 의한 분류

가. 밀착공법(전면접착공법)

멤브레인 방수의 가장 일반적인 접착공법으로, 프라이머를 바탕에 바른후 아스팔트 방수는 용융아스팔트로, 시트방수는 접착제로, 도막방수는 액상의 방수재를 도포

해서 바탕에 접착시키는 공법이다.

밀착공법을 취하는 이유는 여러가지가 있겠으나 유기폴리머계 방수재는 정도의 차이는 있지만 자기수축을 하는 성질이 있고, 이를 제어하기 위해서는 방수재를 바탕에 강력하게 접착시켜야 한다. 그러나 바탕에서의 전면접착은 바탕의 균열, 그 부분에서의 거동에 따라 방수층에도 큰 응력이 발생해서 결국 파단되거나 노화를 촉진시키는 원인이 된다. 또한 공기(工期)면에서 바탕의 건조를 충분히 할 수 없다는 현장여건과 방수층의 들뜸발생에 대한 방지책이 요구되기 때문에 최근에는 밀착공법에서 절연공법으로 이동해 가는 경향이 강하다.

나. 부분절연공법

밀착공법의 부류에 속하지만 ALC판 및 PC판 등의 부재간의 조인트에 발생하는 거동을 흡수하기 위해서 방수층을 그 조인트 부분만 절연하는 공법이다. 통상 이 절연부분은 보강붙임을 하여 구조체의 거동에 의한 방수층의 열화정도를 감소시키고 있다.

다. 부분접착공법

방수층의 들뜸(Blistering)에 의한 열화는 방수층과 구조체를 절연시켜야 하나 전면절연공법을 사용할 경우에는 바람에 의한 부압에 저항하기 어려우므로 방수층을 어느정도 바탕에 접착시킬 필요가 있다는 점에서 개발된 접착방식으로 구멍뚫린 아스팔트를 사용하는 것과 그밖에 점붙임, 선붙임 접착 등의 공법이 있다.

현재 국내에서는 구멍뚫린 아스팔트를 이용한 공법은 사용실적이 매우 적으며, 점붙임 및 선붙임 공법 또한 시공오차가 커서 현재는 사용하고 있지 않은 공법이기도 하다. 그러나 방수층의 부풀림 방지에 큰 효과가 있어 방수층 접착면에서 접착개소를 부분적으로 제한하여 제품화한 것이 시판되어 실용화되고 있다.

라. 연접착(軟接着)공법

밀착공법에는 방수층과 바탕과의 접착력이 강했기 때문에 바탕의 영향을 받았으나 연접착공법은 바탕의 거동에 영향받는 정도를 적게 하기 위해서 개발된 공법으로 바탕과 방수시트가 느슨한 접착력으로 연결되어 있는 공법이다.

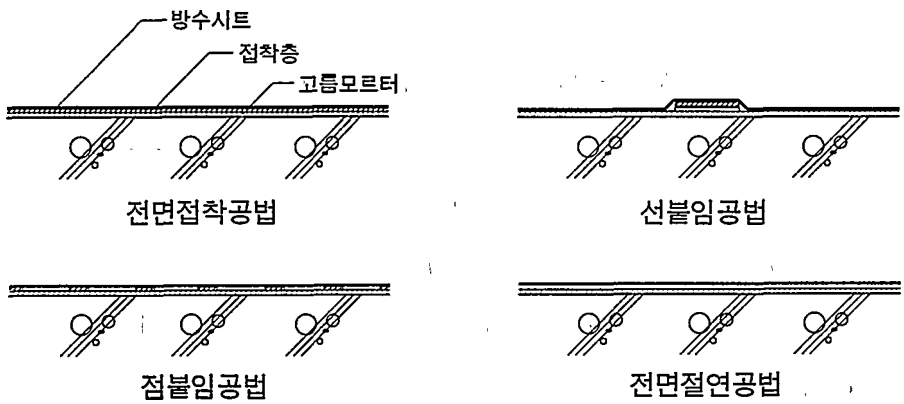
절연공법과 부분절연공법은 바탕에서 뜨게하여 붙이는 공법으로 절연효과가 크지만, 방수층에 결함이 발생해서 바탕과 방수층과의 사이에 물이 침입하면 자유롭게 다른 부분으로 확산되어 버리고, 결국 실내로 누수하게 된다. 이 경우 바탕층의 결함과 방수층의 결함개소가 다르다면 방수층의 결함부분을 발견하기가 어렵다는 결점이 있다.

연접착공법에는 바탕에 전면접착하고 있으므로 방수층에 결함이 있고 물이 바탕면에 도달해도 바탕과 방수층 사이를 이동하는 일은 없다는 장점이 있으나 실제 적용에서는 접착강도를 조절하기가 어려운 단점이 있다.

연접착공법은 크게 점착공법과 완충재공법으로 분류할 수 있다.

(1) 점착공법

저온에서도 점성이 있고, 상당한 신장이 있도록 제조한 고무화 아스팔트를 사용하는 방법으로 방수시트에는 스트레치 루핑이나 개량아스팔트 루핑이 있다.



(그림 2.2) 방수층의 접착방법

(2) 완충재공법

방수층과 바탕 사이에 완충재를 두어 바탕의 거동을 방수층에 전달되지 않도록 하는 공법이다. 시트 방수에는 발포폴리에틸렌 시트등을 사용하고 있고, 도막 방수에는 특수한 바닥완충재를 사용하는 공법이 이용되고 있다.

마. 기계적 고정방법

염화비닐 시트 방수에 사용되고 있는 방법으로 바탕면에 프라이머 및 접착제를 사용하지 않고 직접 얇은 발포폴리에틸렌을 먼저 발라 염화비닐을 피복한 고정철물로 고정하고, 그 고정철물에 염화비닐 시트를 접착하는 공법이다.

제 2 절 멤브레인 방수공법

1. 아스팔트 방수

가. 아스팔트 방수공법의 특징

아스팔트 방수는 과거의 실적도 많고 품질 및 공법의 개량이 계속되어 성능면에서도 신뢰성이 높은 공법으로서 일반적으로 밀착공법과 절연공법으로 분류되며 보호층 및 단열층의 유무에 따라 종류가 매우 다양하다. 다음은 옥상방수에 있어 아스팔트 방수공법의 종류를 나타낸 것이다.

- 옥상보호방수밀착공법
- 옥상보호방수단열공법
- 옥상보호방수절연공법
- 옥상노출방수밀착공법
- 옥상노출방수절연공법
- 실내방수밀착공법

아스팔트 방수공법은 보통 피막공법이라 불리우며, 일반적으로 아스팔트 펠트, 루핑류 등을 용융한 아스팔트로 여러층 겹쳐 바르는 공법으로 지하실등의 바깥벽방수나 지붕방수, 변소나 목욕탕등과 같이 비교적 물을 많이 사용하는 장소에서 주로 사용되고 있는 방수공법이다.

아스팔트에 의한 적층은 단순한 응력전달만을 목적으로 하는 접착이 아니고 수밀한 접착을 목적으로 하기 때문에 접착부분의 요철을 충전하는 능력, 다시 말하면 충전성을 가진 접착제여야 한다.

또한, 방수의 목적이나 상황에 따라 적당하게 방수층의 구조를 설계할 수 있으며, 복수층을 적층하는 구성법이기 때문에 중요한 부위에는 상응하는 고성능화가 용이하며, 거동이 큰 바탕에는 점붙임 공법을 채용하기도 하고, 부분적으로 특별한 루핑

을 이용하는 등 방수층에 변화를 주기에 용이하다. 그러나 용융아스팔트 사용에 따른 화재나 사고의 위험으로 작업 관련자에게 상당한 숙련을 요하며, 온도변화에 따른 내구성, 팽창수축에 대한 저항력 등 각 사용재료의 품질과 시공정도의 판단에 아직 문제가 남아 있다. 이 밖에도 아스팔트 방수공법에는 다음과 같은 장·단점이 있다.

(1) 장 점

- 아스팔트층이 연속시공되므로 줄눈이 없다.
- 신장성, 접착성이 우수하여 방수층의 일체화가 용이하다.
- 부식에 강하다.
- 적당한 연성과 변형능력이 있다.
- 적절한 혼화제를 가하여 아스팔트의 성능을 높인 아스팔트 컴파운드의 제조가 가능하다.
- 사용된 실적이 많아 재료 및 시공경험이 풍부하다.
- 가격이 싸다.

(2) 단 점

- 장기간 내구성이 요구되는 경우에는 반드시 보호층을 설치해야 한다.
- 전면접착의 경우 아스팔트층이 들뜨는 현상이 발생하여 누수되는 경우가 있다.
- 바탕이 건조하지 않으면 방수층의 밀착성이 현저히 저하된다.
- 가열시켜 사용하므로 화기에 주의하여야 한다.
- 시공시에 흡입된 공기의 팽창, 방수층과 바탕과의 온도팽창의 차이로 아스팔트층의 파단이 생길 수 있다.
- 작업속도가 늦고, 기능인력이 부족하며, 현장관리가 쉽지 않다.

나. 아스팔트 방수재

아스팔트는 석유원유가 천연 또는 인공적으로 증발, 산화, 중합된 점성의 액상 혹은 고체의 물질이다. 천연으로 산출되는 것을 천연아스팔트라 하며, 석유정제공업의 과정에서 제조되는 것을 석유아스팔트라 한다.

현재 방수공사에 주로 사용되고 있는 아스팔트는 대부분이 석유아스팔트이며, 방수용 아스팔트는 기존 블로운 아스팔트의 내구성 향상, 고온시의 처짐 방지, 저온시 양호한 신장성 유지 등 아스팔트의 고품질화를 위하여 개발되어 왔다.

<표 2.2> 및 <표 2.3>은 방수공사용 아스팔트의 품질등급을 나타낸 것이다.

<표 2.2> 방수공사용 아스팔트(KS F 4052)

종 류	1 종	2 종	3 종	4 종
연화점 (℃)	85 이상	90 이상	100 이상	95 이상
침입도 25℃,100g,5sec	25~45	20~40	20~40	30~50
침입도 지수	3 이상	4 이상	5 이상	6 이상
증발량 (%)	1 이하	1 이하	1 이하	1 이하
인화점 (℃)	250 이상	270 이상	280 이상	280 이상
취하점 (℃)	-5 이하	-10 이하	-15 이하	-20 이하
사염화탄소 가용분 (%)	99 이상	99 이상	97 이상	95 이상
흘러내린 길이 (mm)	-	-	8 이하	10 이하
가열 안정성 (℃)	합 격	합 격	합 격	합 격

<표 2.3> 방수공사용 아스팔트의 용도분류(JIS K 2207)

종 류	용 도
1 종	적당한 온도조건에 있는 실내 또는 지하구조물 감온성은 보통이고 비교적 연질의 것
2 종	일반지역의 보행용 옥상 감온성이 비교적 작은 것
3 종	일반지역의 노출옥상, 또는 기온이 비교적 높은 지역의 옥상 감온성이 작은 것
4 종	일반지역 이외에 한냉지역의 옥상 및 그 외의 부분 감온성이 극히 작고 비교적 연질의 것

(1) 스트레이트 아스팔트(Straight Asphalt)

석유아스팔트의 1차제품으로 점성있는 역청질의 재료이며, 동일원유에서 만들어진 같은 침입도의 블로운 아스팔트와 비교하면 연화점은 65℃ 이하로 낮고, 교착력, 신도, 감온성은 크다.

즉, 온도변화에 의한 점도의 변화가 크며 내구력이 다소 떨어져 지붕방수에는 스트레이트 아스팔트의 단독사용이 부적당하며, 지하실 방수나 아스팔트 콘크리트, 펠트, 루핑원지 침투용으로 사용한다.

(2) 블로운 아스팔트(Blown Asphalt)

감온성이 적은 아스팔트를 제조하기 위해 스트레이트 아스팔트가 유동상태에 있는 250℃ 정도에서 공기를 혼입하여 탄화수소를 산화중합시킨 것이며, 탈수소반응으로 고분자량의 성질을 가지게 하여 연화점이 높고 침입도, 신율 등을 조절한 것이다. 공기의 흡입정도에 따라 그 성질은 다소 변화하나 방수재료로서는 온도변화에 대한 안정성, 시공성, 내후성 등에 대하여 검토의 여지가 많다. 그 때문에 기후조건의 영향이 큰 지붕의 방수층에는 단독으로 사용되는 경우가 적으며, 주로 실내용, 지하실용으로 사용되고 있는 실정이다. 방수용으로는 침입도 20~30의 것이 주로 사용되고 있다.

(3) 아스팔트 컴파운드(Asphalt Compound)

스트레이트 아스팔트나 블로운 아스팔트의 내열성, 탄성, 접착성, 내구성 등을 개량하기 위하여 동·식물성유지나 광물성분말 등을 혼입한 것으로 신전성(伸展性)이 커서 방수재료로서 특히 우수하다.

방수층은 여름과 겨울을 통하여 건물의 국부적 거동에 순응하여 충분히 안정된 것이라야 한다. 겨울의 낮은 온도에서도 유연성을 유지하고 고온환경하에서의 내후성을 가진 아스팔트가 요구된다.

따라서 더욱 적절한 재료를 혼입하여 사용목적에 적합한 성질을 지니도록 변성한 것이 아스팔트 컴파운드이다. 현재 방수용으로는 이 아스팔트 컴파운드가 주로 쓰

이게 되었다.

시공현장의 기온에 적당한 아스팔트의 종류는 <표 2.4>의 기온범위에 의하여 선정하는 것을 표준으로 한다.

<표 2.4> 기온범위와 아스팔트의 선정

종 류	침입도 [25℃] [100g] [5sec]	연 화 점 (25℃)	매일의 최저기온에 대한 월평균의 최저온도 -3℃	2℃	7℃		매일의 최고기온에 대한 월평균의 최고온도 20℃	25℃	30℃	
아스팔트컴파운드	15~25	100℃ 이상	○	○	○	○	○	○	○	
블로운아스팔트 (1 급)	10~20 20~30	85℃ 이상 75℃ 이상		○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○	
블로운아스팔트 (2 급)	10~20 20~30	65℃ 이상 60℃ 이상			○	○ ○	○ ○	○		

(4) 아스팔트 프라이머(Asphalt Primer)

이것은 아스팔트를 휘발성용제에 용해한 흑갈색 액상의 바탕처리 재료이다. 콘크리트, 시멘트모르터, 석재, 석고의 바탕에 아스팔트 방수층 또는 모르터, 아스팔트 타일을 시공할 때 바탕바름으로 쓰이며, 프라이머를 바르면 용제가 증발하여 표면에 아스팔트의 피막을 만든다. 통상 쓰여지는 아스팔트 프라이머는 그다지 연화점이 높지 않은 블로운 아스팔트를 미네랄 스피리트, 키시롤, 솔벤트나프타 등 속건성 용제에 <표 2.5>의 배합비에 의해 용해한 것이며, 상온에서 붓바름이나 스프레이가 용이한 비교적 저점도의 액체이다.

<표 2.5> 아스팔트 프라이머의 품질

원 료	배합비(중량)	규 격
블로운 아스팔트	40~50%	침입도 10~20의 것으로서 KS M 2204(블로운 아스팔트)에 합격한 것
솔벤트 나프타 (Solvent Naphtha)	30~35%	정 제 품
휘 발 유	25~30%	보오메(Baume)비중계로서 40~50의 것으로서 KS M 2611(공업용 휘발유)에 합격한 것

이 아스팔트 프라이머가 갖추어야 할 조건은 다음과 같다.

1) 아스팔트 프라이머는 콘크리트에 대한 침투성이 양호하며 적당한 건조속도를 보유해야 한다.

2) 건조후 도포체에 밀착하고 용융 아스팔트와 접착이 충분한 두께의 아스팔트 피막을 형성해야 한다.

3) 건조피막은 아스팔트와 병용할 수 있고, 접착성이 좋아야 한다.

4) 규 격

- 건조시간 : 8시간 이하
- 가열잔분 : 35% 이하
- 비　　중 : 1.0 미만

다. 아스팔트 제품

(1) 아스팔트 유제(乳劑)

아스팔트를 녹여서 액상으로 만들고 따로 물에 비누 가성카리(苛性 Kali), 교질점토(膠質粘土)등의 유화제(乳化劑)와 젤라틴(Gelatine), 규산소다 등의 안정제를 녹인 것을 혼합하여 만든 것이다. 미리 쇄석을 깔고 그 위에 유제를 살포하여 두면 수분이 증발하여 아스팔트가 남아서 포장이 된다. 즉, 간이포장용으로 콘크리트에 혼입하여 방수효과를 증대시키는 제품이다.

(2) 아스팔트 루프 코팅(Asphalt Roof Coating)

블로운 아스팔트 등을 휘발성 용제에 용해하여 여기에 석면, 광물질분말, 안정제를 혼합한 것으로 <표 2.6>과 같은 배합비에 의하여 제조된다. 브러쉬나 흙손 등으로 바탕에 바르며 지붕 방수층 콘크리트벽 등의 틈이나 균열부 등을 충전하여 방수, 방습, 접착효과를 가지게 한다. 또한 표면이 건조하면 거칠게 되므로 시멘트 모르터를 바를 경우 부착성을 증대시킨다. 도막은 강인하고 방수성, 방부성이 있으며, 어느 정도의 탄력이 있으면 균열, 흐름, 처짐, 벗겨짐 등의 결함이 없으며 방수층의

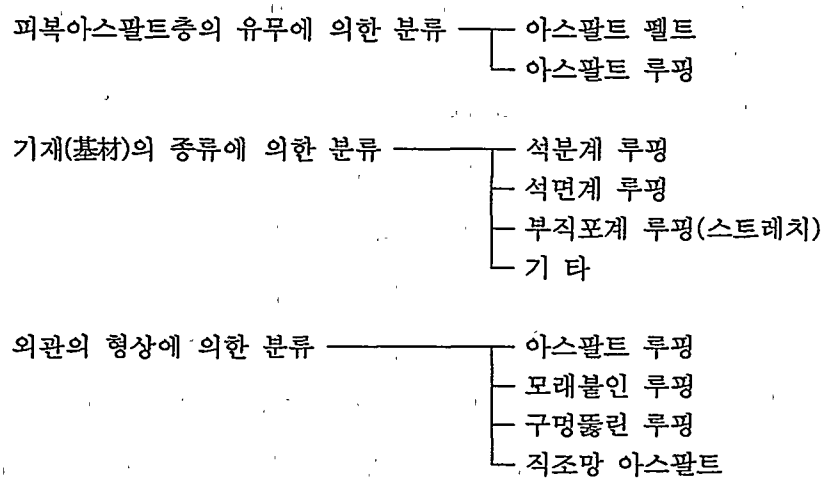
단부, 드레인 주위 및 환기통과 같은 방수층 관통부재 주위 등 이질재료가 만나는 부위의 실링, 또는 비막이 누름, 기타 균열이나 틈새의 실링 등 실링재와 같은 용도로 쓰인다.

<표 2.6> 아스팔트 루프 코팅의 품질

원 료	배합량 (중 량)	규 격
블로운 아스팔트 (1 급)	40~50%	침입도 20~30으로서 KS M 2204(블로운 아스팔트)의 규정에 합격한 것
솔벤트 나프타	12~14%	40% 공업용 가솔린, 보오메 40~50
휘 발 유	18~21%	정제품, 보오메 50이상
석 분(石粉)	10~15%	표준체 0.074mm통과품
석 면(石綿)	9~12%	5~6급품
수 지(樹脂)	2%	

(3) 루핑류

루핑류는 그 종류가 매우 다양하지만 보통 사용되고 있는 아스팔트 루핑은 다음 (그림 2.3)과 같이 분류된다.



(그림 2.3) 아스팔트 루핑의 종류

가) 아스팔트 펠트(Asphalt Felt)

KS F 4901에 규정된 제품의 종류는 20kg, 25kg 및 30kg 규격품의 세종류가 있다. 목재, 폐지 등의 유기성 섬유를 물속에서 혼합하여 풀어서 제지기계에서 두꺼운 원지를 만들고 이 원지에 연질의 스트레이트 아스팔트를 충분히 침투시켜 롤러로 과잉의 아스팔트를 제거한 후에 냉각시켜 제조한 제품이다. 방수바탕에 잘 붙고 시공성이 좋으므로 아직도 관습적으로 많이 사용되고 있지만 아스팔트 펠트는 침투용 아스팔트가 완전히 섬유의 간격을 메우기 곤란하므로 상당한 다공질이며, 섬유자체의 흡습성도 있어서 투습성과 흡수성이 크다. 또한 아스팔트를 피복한 아스팔트 루핑에 비해 약 10배 정도의 흡수율을 가지고 있어 내부식성(耐腐植性)이 빈약하고 내후성이나 내균열성은 거의 기대할 수가 없다. 즉 방수, 방습의 목적을 이루기 위해서는 단독으로 사용하기 보다는 아스팔트 루핑 등과 병용하여 사용하는 것이 바람직하다.

나) 아스팔트 루핑

건축물의 평지붕, 지하실 등에 적용되는 피막식 아스팔트 방수공법에서는 방수의 주체인 접착용 아스팔트와 표면 완성재인 루핑류의 성능이 특히 중요시된다.

아스팔트 루핑류는 원지, 직포, 부직포 등에 아스팔트를 침투시킨 다음 그 양면에 내후성이 있는 피복용 아스팔트를 도포하고 제품간의 부착을 막기 위하여 광물질 분말을 살포하여 마무리한다. 방수성 및 방습성이 높고, 내균열성이 적으며, 내부식성이 충분한 제품으로 현재까지 아스팔트 방수층의 구성재로 오랜동안 사용되고 있다.

다) 모래붙인 루핑

모래붙인 루핑(KS F 4906)은 아스팔트 루핑의 한쪽면에 직경 1~3mm정도의 모래를 피복하여 자외선의 직사를 피할 수 있도록 구성된 제품으로 간이형 지붕재료

로 사용되며 노출형 아스팔트 방수층의 최상층에 사용되고 있다. 롤러로 압착된 모래는 독특한 질감이 있어 디자인 요소로서 설계에 반영되고 있다.

라) 스트레치 루핑

스트레치 루핑은 바탕재를 아스팔트 루핑의 원지 대신 비닐론 등의 합성섬유로 대체한 것이다. 원지에는 비닐론이나 폴리에스텔 등의 장섬유 또는 연속섬유의 부직포가 이용되고 있다. 신율이 크고 피로와 내부식성, 내열화성이 강한 것이 특징이다.

스트레치 루핑의 인장응력을 아스팔트 루핑과 같은 정도로 규정하고 있는 것은 아스팔트 루핑과 적층시켜 사용할 경우 적층복합재료로서 역학적 보완을 위한 것이다. 즉, 방수층이 바탕의 거동 등에 의한 외력에 저항하여 변형될 때 양자가 응력을 부담할 수 있도록 배려한 것이다.

대표적인 스트레치 루핑의 역학적 성상은 아스팔트 루핑에 비하여 폭과 길이방향의 인장하중 및 신율에서 2배 정도의 성능치를 나타낸다.

마) 직조망 아스팔트 루핑

직조망 아스팔트 루핑은 그물눈의 직포를 아스팔트 가공한 것으로 麻, 錦의 제품과 합성섬유의 제품이 있다. 이전에는 옥상방수층의 중간층에 채용되기도 했지만 그 효과가 인정되지 않아서 요즘은 바탕과의 접착성이 중요하게 요구되는 루프 드레인 주위와 방수층의 단부에 쓰여지고 있다. 또한 수직면이 많은 방수바탕, 복잡한 형상의 실내 및 지하의 방수공사에 많이 이용되고 있다.

바) 구멍뚫린 아스팔트 루핑 펠트

구멍뚫린 아스팔트 루핑 펠트는 아스팔트 루핑의 전면에 적당한 크기의 관통구멍을 일정한 간격으로 뚫어 이것을 방수바탕에 깔고 그 위에 용융아스팔트를 흘려 붙이는 것으로 루핑 2매가 적층되면서 구멍을 통하여 아스팔트가 흘러 들어가 방수바

탕과 점붙임이 된다.

점붙임은 절연효과를 높이기 위한 방안으로 밀착공법에 비하여 2가지 커다란 장점이 있다. 하나는 바탕의 균열이나 조인트부의 거동이 방수층에 직접 작용하지 않아 거동에 기인하는 방수층 파단의 위험성을 감소시킬 수 있다. 또 하나는 노출방수층의 경우 바탕의 수분을 함유한 공기가 일사를 받아 팽창하여 생기는 압력을 분산, 완화시켜 방수층의 부풀어오름 등을 방지할 수 있다.

구멍의 간격과 크기는 풍압에 따라 신중하게 검토되어야 하며 바람에 의한 부압이 크게 예상되는 부분은 누름층을 두거나 아스팔트로 접착력을 강화시킬 필요가 있다.

사) 특수 루핑

KS규격에 규정된 루핑 이외의 것을 모두 특수 루핑이라 한다. 보통의 아스팔트 루핑의 성능을 보충·개량하거나 특수한 목적를 위하여 펠트나 루핑원지 대신 특수원지를 사용한 것 즉, 내구성이 있고 강인한 식물질, 광물질재료를 망상(網狀), 포상(布狀), 지상(紙狀)으로 가공한 것 등이 있다.

다음 <표 2.7>은 특수 루핑의 종류와 특성을 열거한 것이다.

특수 루핑이 만들어진 목적을 대별하면 다음과 같다.

① 내균열성을 크게 하고자 한 것

② 내부식성을 크게 하고자 한 것

③ 물리적 강도를 크게 하고 보강적 성능을 크게 하고자 한 것

④ 망상의 원지를 가공하여 아스팔트의 대량사용을 피한 것

⑤ 금속박막, 합성수지필름 등을 사용하여 방수성, 내구성을 높이도록 한 것

⑥ 기타 내구성능에 대하여 개량하고자 한 것

라. 루핑류의 접착방법

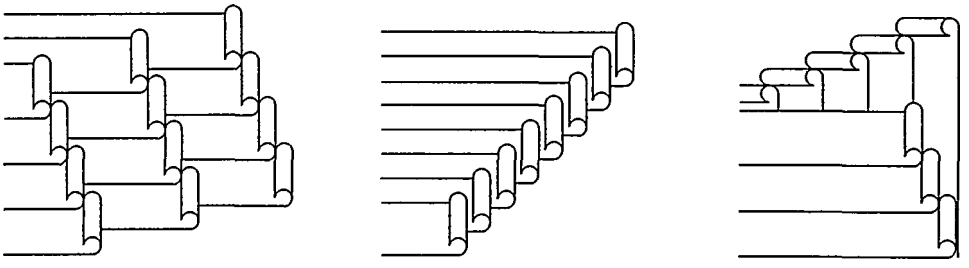
루핑류의 접착방법은 다음과 같은 여러 종류가 있다.

<표 2.7> 특수루핑의 종류 및 특성

종 류	성 능	상 품 명
루핑의 부착성을 개선한 것	천연아스팔트나 특수금속류를 용융 아스팔트에 첨가하여 루핑의 부착성을 개선	Gilsonite루핑 , 펠트루핑, 메탈루핑
루핑에 구멍을 뚫은 것	구멍뚫린 루핑 위에 아스팔트를 구멍 부분만 밀착시키거나 구멍을 통해 상하층의 아스팔트를 일체화	
무기질의 원지를 사용한 것	원지에 석면을 함입하여 내부식성을 향상	아스베스토스펠트 아스베스토스루핑
합성섬유나 무기질 섬유의 부직포를 원지로 사용한 것	방향성이 없고, 내부식성이 뛰어 남	
유기, 무기질물에 아스팔트를 가공한 것	망상 또는 帆布狀의 직물을 아스팔트로 처리하여 인장강도를 증대시키고 아스팔트의 도포 두께를 증가시킨 것	코튼 메쉬, 메탈 메쉬
금속선을 삽입한 것	동의 세선, 동에 실을 감은 세선을 사용하여 인장력을 증대시킨 것	카파메쉬, 메탈메쉬
쇄석을 사용한 것	특수한 형태의 모래나 쇄석을 사용하여 내후성과 착색을 향상시킴	석면루프
금속박을 사용한 것	알루미늄이나 동박을 심재로 하여 아스팔트를 피복하여 내구성, 신도, 강도등을 증가시킴	골덴루프 아루겐루프 메탈시트
프라스틱을 사용한 것	주로 테프론 필름같은 박형에 루핑을 접착시켜 신도나 내구성을 향상시킴	테프카바

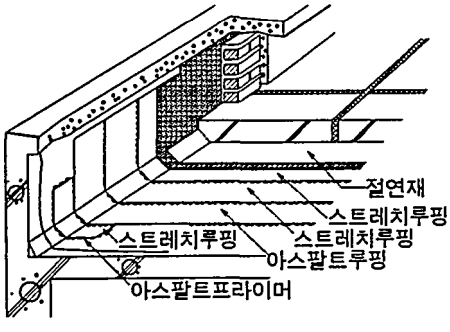
(1) 지그재그 붙임 : 루핑류의 단부를 약 10cm 겹치면서 각층을 순차적으로 도포하는 방법으로 시공이 용이하나 각층의 겹치는 곳이 너무 두꺼워져 누수의 위험이 생길 수 있다.

(2) 비늘붙임 : 루핑류의 겹침폭을 크게 하여 순차적으로 도포하는 방법으로 접합부의 누수가 상대적으로 작다는 특징이 있다.

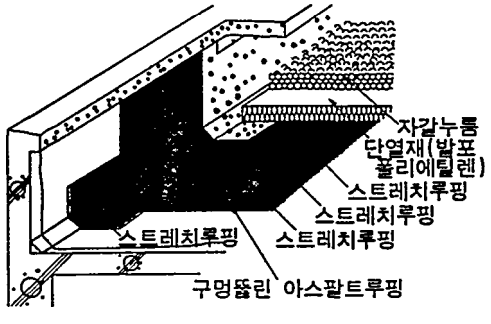


(a) 지그재그 붙임　　(b) 비늘 붙임　　(c) 십자 붙임

(그림 2.4) 루핑류의 접착법



(그림 2.5) 아스팔트 방수공법 例
(블록누름)



(그림 2.6) 아스팔트 방수공법 例
(자갈누름)

(3) 十字붙임 : 각층을 직각방향으로 교차하여 도포하는 방법이다. 루핑류의 방향성이 없어져서 누수의 위험이 증가되며 흐름구배에 직각방향으로 도포하기가 어렵다.

마. 보호층

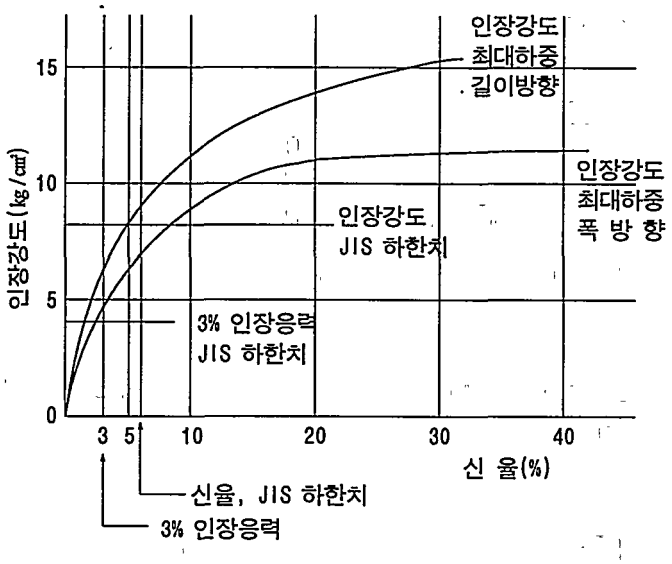
아스팔트 방수는 콘크리트 바탕에 생긴 작은 균열에 대해서는 비교적 적은 영향을 받지만 한기(寒氣)나 일광(日光)에 의해 노화되기 쉬우므로 이것을 보호하기 위하여 방수층누름이 필요하게 된다.

비보행용 지붕의 경우에도 아스팔트의 내구성을 고려할 때 방수층 누름이 있는 것이 좋지만 간단한 방수의 경우나 지붕을 경량화하고자 하는 경우는 모래를 깔고 마감하거나 모래붙인 루핑 등의 노출용의 특수루핑을 사용한다.

누름콘크리트를 타설했을 경우에는 방수층의 보수가 어려운데 비해 이러한 간이 마감시에는 보수가 매우 용이한 잇점이 있다.

2. 개량아스팔트 방수

가. 개량아스팔트의 특징



(그림 2.7) 개량아스팔트의 인장성능

(그림 2.7)은 개량아스팔트의 인장성능시험 결과치를 나타낸 것이다.

개량아스팔트 방수시트는 각종 구조물의 방수공사에 사용하는 제품으로 아스팔트에 폴리머 등을 혼합한 것이다. 이 공법은 공장 생산된 개량아스팔트 시트를 전용토치에 의한 접착 및 점착으로 시공하기 때문에 아스팔트방수 열공법에 비해 안전성이 높고 조속한 시공이 가능한 성력화 공법이며, 저온취화(低溫脆化) 및 고온연화(高溫軟化)에 대한 저항성이 있으며 내균열성이 높고, 내구성이 우수한 공법이다. 또한, 부분적인 보수는 물론 전면개수를 용이하게 할 수 있는 공법으로 현재 국내에서도 그 인지도가 높아져 점차 사용량이 증가하고 있는 실정이다.

나. 방수재료

(1) 개량아스팔트 방수재료

아스팔트의 개량제는 합성고무계 SBS, 합성수지계 APP를 주로 이용하며, 그밖에도 다른 합성수지와 합성고무 또는 이들을 병용한 것도 있다. 심재는 폴리에틸렌 부직포가 많지만 필름을 이용하거나 심재가 없는 타입도 사용되고 있다.

현재 국내에서는 용도에 따라 ① 비노출 단층방수용, ② 비노출 복층방수용, ③ 노출 단층방수용, ④ 노출 복층방수용의 4종이 표준화 되어 있으며, 현행 건축공사 표준시방서에는 이외에도 「노출 복층방수용 시트+점착층 부착시트 조합형」을 포함시켜 5종으로 구분하고 있다. 한편, 신장률에 따라서는 <표 2.8>과 같이, 온도특성에 따라서는 <표 2.9>와 같이 구분된다.

<표 2.8> 신장률에 의한 구분(KS F 4917)

신장률에 의한 구분	신 장 률(%)
A 종	15 이상
B 종	30 이상
C 종	400 이상

<표 2.9> 온도특성에 의한 구분(KS F 4917)

(단위 : ℃)

온도특성에 의한 분류	굴곡성능		내열성능	내피로성능
	무처리	가열후		
1 류	-5 이하	5 이하	90	0
2 류	-10 이하	0 이하	85	-5
3 류	-15 이하	-5 이하	80	-10

한편, 방수층이 받는 주변환경의 영향을 고려하여 방수신뢰도를 높이고 열적 특성을 만족하는 기본적인 방수시트의 두께를 확보해야 한다.

(2) 관련재료

관련재료는 방수성능상 중요한 역할을 담당하는 것으로 프라이머, 보강시트, 단열재등이 있으며, 이밖에도 부분접착형 통기시트, 방수층 고정철물, 단열재 고정철물, 점착층 부착시트, 건식보호재 등이 있다.

다. 시공법

개량아스팔트를 시공하는 방법은 상온공법(토치공법 포함)이 대부분이며, 그에 대한 사항은 "개량아스팔트"에서 자세히 다루었으므로 여기서는 생략하도록 한다. 한편, 조인트부 등의 방수신뢰도를 향상시킬 목적으로 몇가지 형태를 상호 병용하는 경우가 있어 다음에 소개하였다.

(1) 점착공법+열공법

바탕의 접착에 점착층 부착 개량아스팔트 시트를 이용하고, 그위의 개량아스팔트 시트를 열공법으로 시공하여 상하 시트 및 조인트를 방수적으로 일체화시킨다.

이 공법에 의한 시공은 다음과 같은 장점을 얻을 수 있다.

· 용융아스팔트의 사용을 최소화함에 따른 현장환경 및 작업조건의 개선

· 점착측 부착 개량아스팔트 시트 및 개량아스팔트 시트의 조합으로 인한 성력화

· 시트간 및 조인트의 용융아스팔트에 의한 일체화로 방수층의 신뢰성 향상

(2) 점착공법+토치공법

점착공법은 아스팔트 방수공법의 상온공법으로서 채용되었지만 조인트부의 신뢰성이 떨어지는 등의 문제점이 있어 실제 시공에는 용융아스팔트나 토치공법을 병용하는 경우가 많다.

토치공법은 개량아스팔트를 용융상태로 접착시키기 때문에 아스팔트의 특징을 가장 잘 발휘하는 공법이지만 토치열에 의한 작업환경의 문제가 남아있다.

따라서 일반부의 접착은 점착으로, 조인트부는 토치공법을 채용하는 공법으로 다음과 같은 특징이 있다.

· 조인트부의 용융일체화에 의해 방수층의 신뢰성 확보

· 접착에 의한 현장환경 및 작업조건 등의 사회적 요구개선

3. 시트(Sheet) 방수

가. 시트 방수공법의 특징

시트 방수란 합성고무와 합성수지를 주원료로 하여 성형한 합성고분자 루핑을 접착제로 접착시켜 방수층을 형성하는 공법으로써 보통 합성고분자루핑 방수라 불리우며, 아스팔트 방수나 모르터 방수와 더불어 널리 사용되고 있다.

아스팔트 방수는 역사가 길고 우수한 방수공법이지만 재료자체에 신축성이 없어 바탕의 변화에 대응력이 미약하며 콘크리트 슬래브의 미세한 균열에도 방수층이 파단되며 누수사고를 일으키기 쉽다. 따라서 고분자 재료의 개발과 함께 신축성이 뛰어난 방수시트가 개발되고 시트를 접착하는 접착제 역시 진보하여 시트 방수공법이 방수공사에 사용되게 되었다.

여기서 특이할 사항은 과거의 개량아스팔트가 출현하기 이전에는 아스팔트계 시트가 시트 방수에 포함되었던 적이 있으나 현재는 개량아스팔트 단독항목으로 분류

되어 있다는 것이다.

이 시트 방수의 장·단점은 다음과 같다.

(1) 장 점

1) 구체의 미세한 균열이 비교적 안정하므로 옥상 또는 지하실에 사용된다.

2) 내구성, 내후성, 내약품성이 우수하다.

3) 수밀한 방수층을 형성한다.

4) 방수층의 중량이 가벼우므로 건물의 경량화에 유리하다.

5) 방수층이 온도변화에 대해서 비교적 안정하기 때문에 기상변화가 심한 곳에서도 사용가능하다.

6) 시공이 간단하므로 공기가 단축되어 공사비 절감이 가능하다.

7) 시공은 일반적으로 접착제를 사용하는 냉공법이므로 가열할 필요가 없어 화기의 위험이 적다.

8) 방수층 최상부의 채색 마무리가 가능하다.

(2) 단 점

1) 시트 이음부의 누수가능성이 크다.

2) 부분적으로 특수한 시공기술이 필요하며 복잡한 형상에 대한 시공이 곤란하다.

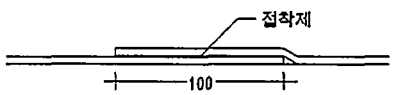
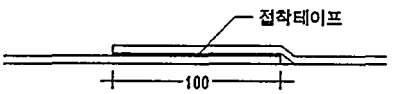
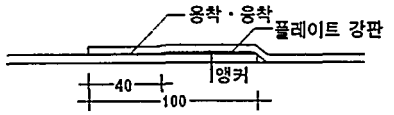
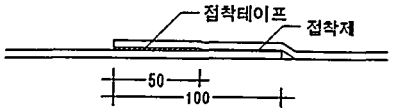
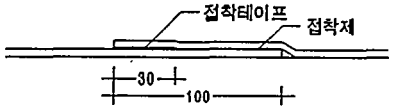
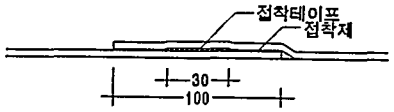
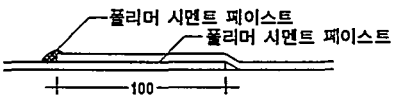
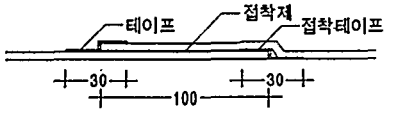
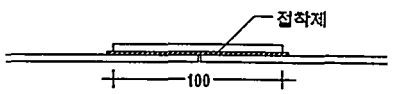
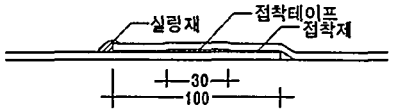
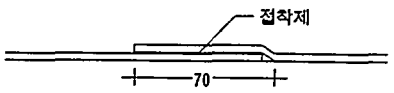
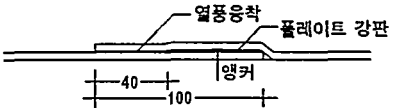
3) 부분적인 보수가 곤란하다.

4) 재료비가 다소 비싼 편이다.

한편, 시트 방수는 아직 보행용 옥상에는 적용이 제한되는 사항이 많고 이음부에서의 해결이 불완전한 상태이다. 방수시트의 상호이음은 시트 방수공법에서도 가장 중요하며, 확실한 시공이 요망되는 부분이다.

<표 2.10>은 각 방수시트의 접합부의 시방을 나타낸 것이다

<표 2.10> 시트 이음의 접착방법

주 성 분	상호접착방법	주 성 분	상호접착방법
가황 고무계 (EDDM+IIR)		염화비닐 수지계 (PVC)	
			
			
			
		에틸렌초산 수지계 (EVA)	
			
			
비가황 고무계 (IIR+EPDM)		클로로설폰화 폴리에틸렌계 (CSM)	
염화비닐계 수지 (PVC)		염소화 폴리에틸렌계 (CPE)	

나. 시트 방수 공법의 종류

합성고무계(가황고무계, 비가황고무계)와 합성수지계 시트(염화비닐 수지계, 에틸렌 초산비닐 수지계)의 방수시트에 의해 방수층을 형성하는 노출 방수공법으로 시트의 종류와 바탕의 고정방법에 따라서 다음의 3종류가 있다.

(1) 합성고무계 시트 접착공법

가황 고무계, 비가황 고무계 시트를 프라이머 및 접착제를 이용하여 바탕에 전면 접착하고 보호·마감하는 공법으로 비교적 소규모의 옥상에 적용한다. 단열재를 병용하는 경우는 바탕과 방수층의 중간에 위치한다.

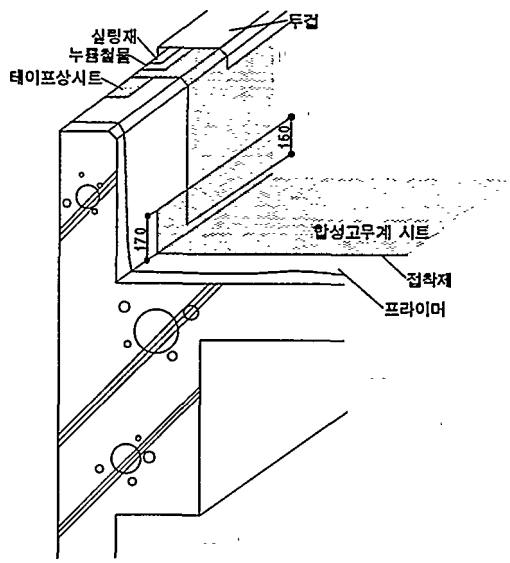
(2) 합성수지계 시트 접착공법

합성고무 시트 접착공법과 유사하다.

(3) 합성수지계 시트 기계적 고정방법

염화비닐수지계 시트를 고정철물을 이용하여 기계적으로 고정하는 공법으로 비교적 소규모의 옥상, 수조, 수영풀 등에 적용된다.

단열재를 병용하는 경우는 바탕과 방수층의 중간에 위치한다. 어느 경우든 재설작업을 해야 하는 옥상에는 노출공법을 적용하지 않으며, 바탕의 기화팽창에 의한 방수층의 팽창 또는 단열재의 결로가 예상되는 경우는 탈기장치를 설치하는 경우도 있다.



(그림 2.8) 합성고무계 시트 방수공법의 例
(합성고무계)

다. 시트 방수재료

시트 방수공법은 종래의 아스팔트 방수공법과 같이 다층방식이 아니라 시트 1층에 의한 방수효과를 기대하는 공법이며, 건축용 시트재의 보통 두께는 0.8~2.0mm의 것이 사용되고 있다.

합성고분자 시트에 요구되는 성능과 그 종류는 대체로 다음과 같다.

(1) 1 종 : 인장강도가 큰 가황형 합성고무계로 부틸고무, 클로로프렌고무, 에틸렌프로필렌고무 등이 있다.

(2) 2 종 : 인장강도가 큰 비가황형 합성고무계로 폴리이소부틸렌 등이 있다.

(3) 3 종 : 인장강도가 비교적 작은 비가황형 합성고무계로 부틸렌고무, 클로로프렌고무 등이 있다.

(4) 4 종 : 인장강도가 비교적 큰 합성수지계로 비닐수지계 및 그 공중합체(共重合體) 등이 있다.

(5) 5 종 : 인강강도가 비교적 작은 합성고무계로 폴리에틸렌아크릴 및 공중합체 등이 있다.

<표 2.11> 시트의 두께

사 용 구 분	두께의 구분
베란다, 테라스 규모의 경우	0.8 mm 이상
보통 지붕 방수의 경우	1.0 mm 이상
중요도가 높은 방수의 경우	1.5 mm 이상
특히 중요도가 높은 방수의 경우	2.0 mm 이상

일반적으로 방수시트의 성질은 사용하는 고분자 재료의 성질에 따라서 좌우되지만 동일한 원료를 사용해도 시트 제조시의 각 원료의 배합량, 제조방법 등에 따라서 큰 차이를 나타낸다. 따라서 시트의 선택시 제품특성에 대한 주의가 요망된다.

방수시트는 마스틱(Mastic)형과 금속 샌드위치 방수시트를 포함하고 그 종류는

다음과 같다.

1) 네오프렌 시트

네오프렌 시트는 균일한 유연성이 있어야 하며, 두께는 0.16cm 이상, 폭이 182cm 이상이어야 하며, 아래의 기준에 합격하여야 한다.

- 경　　도 : 50~70
- 인장강도 : 105kg/cm^2 이상
- 신 장 율 : 250% 이상
- 취화온도 : -35℃
- 인열강도 : 210kg/cm
- 공기가열 노화저항 : 110℃에서 7시간 노화 후에 측정하여 10포인트 이하의 경도 증가, 40% 이하의 신장율 감소, 15% 이하의 인장강도 감소인 것이라야 한다.
- 오존에 의한 노화저항 : 40℃에서 100ppm의 오존상태에서 20% 신장시킨 재료를 100시간 동안 방치하여도 균열이 생기지 않아야 한다.
- 흡수저항 : 70℃의 물에 침수시켜 7일간 방치하여도 중량증가가 1% 이내여야 한다.

2) 부틸 시트

균일한 유연성이 있어야 하며 두께는 0.16cm 이상, 폭이 182cm 이상이어야 하며, 다음 기준에 합격한 것이어야 한다.

- 경　　도 : 50~70
- 인장강도 : 84kg/cm^2 이상
- 신 장 율 : 300% 이상
- 취화온도 : -40℃
- 인열강도 : 22kg/cm

◦ 공기가열 노화저항 : 116℃에서 168시간 노화후에 측정하여 15포인트 이하의 경도증가, 30% 이하의 신장율 감소, 30% 이하의 인장강도 감소인 것이어야 한다.

◦ 오존에 의한 노화저항 : 70℃에서 50ppm의 오존상태로 10% 신장된 시료를 168시간 방치하여도 균열이 생기지 않아야 한다.

◦ 흡수저항 : 100℃의 물에 침수한 상태에서 72시간 방치하여도 체적증가가 3.0% 이하여야 한다.

3) 비닐 시트

가소제를 첨가시킨 염화폴리비닐로서 유연한 것이라야 하며, 두께가 0.14cm 이상이고, 폭이 182cm 이상이어야 하며, 다음의 기준에 적합하여야 한다.

◦ 경　　도 : 60~80

◦ 인장강도 : 140kg/cm^2 이상

◦ 신 장 율 : 250% 이상

◦ 취화온도 : -29℃

◦ 인열강도 : 22kg/cm

◦ 공기가열 노화저항 : 93℃에서 168시간 노화후에 측정하여 15포인트 이하의 경도증가, 25% 이하의 신장율 감소, 20% 이하의 인장강도 감소인 것이어야 한다.

◦ 오존에 의한 노화저항 : 70℃에서 50ppm의 오존상태로 20% 신장된 시료를 5,000시간 방치하여도 균열이 생기지 않아야 한다.

◦ 흡수저항 : 100℃의 물에 침수한 상태에서 48시간 방치하여도 체적증가가 0.5% 이하여야 한다.

4) 폴리에틸렌 시트

0.1cm 두께의 균질이고 유연한 제품이거나 0.076cm 두께의 합성섬유로 적층 보

강한 것으로 한다.

5) 아스팔트 폴리에틸렌 합성 시트

폴리에틸렌 시트에 고무질 아스팔트를 밀실하게 접착시키고, 자체에 접착력이 있는 얇은 막으로써 두께는 0.14cm 이상이거나 폭이 91.4cm 이상이어야 하며 다음의 기준에 맞아야 한다.

- 인장강도 : 18kg/cm^2 이상
- 신 장 율 : 200% 이상
- 취화온도 : -32℃
- 수압저항 : 수압 23m에서 이상이 없어야 한다.
- 흡수저항 : 21℃의 물에서 48시간 침수시켜 중량증가가 0.5% 이하여야 한다.

6) 동섬유 시트

무게가 1.5kg/m^2 이상인 동판으로서 아스팔트 컴파운드와 직조된 2개층의 유리면으로 접합시켜 성형한 최소폭이 120cm인 제품으로 한다.

7) EPDM 시트

에틸렌 프로필렌 디엔 모노머(Ethylene Propylene Diene Monomers)를 균일하고 유연성이 있도록 성형한 것으로 두께가 0.16cm 이상이고, 폭이 182cm 이상이어야 하며, 다음 기준에 합격한 것이어야 한다.

- 경　　도 : 50~70
- 인장강도 : 98kg/cm^2 이상
- 신 장 율 : 300% 이상
- 취화온도 : -59℃
- 인열강도 : 22kg/cm
- 공기가열 노화저항 : 116℃에서 168시간 노화후에 측정하여 15포인트 이하의 경도증가, 30% 이하의 신장율 감소, 15% 이하의 인장강도 감소인 것이어야

한다.

- 오존에 의한 노화저항 : 70℃에서 100ppm의 오존상태로 50% 신장된 시료를 168시간 방치한 후에도 균열이 없어야 한다.
- 흡수저항 : 100℃의 물에서 72시간 경과한 후 그 체적증가가 0.5% 이하여야 한다.

4. 도막 방수(塗膜防水)

가. 도막 방수공법의 특징

일반적으로 도포 방수, 수지 방수, 고분자 방수 등 여러가지 명칭으로 불리고 있지만 보통, 도료상의 방수제를 바탕면에 도포하여 상당한 두께의 방수피막을 형성하는 공법이란 뜻으로 도막 방수공법이라 칭한다.

도막 방수란 아스팔트 방수나 시트 방수와 같이 이미 제작된 루핑 등을 방수층의 주재료로 사용하지 않고 현장에서 직접 액상의 역청질 또는 합성고분자계 재료를 도포하여 이음이 없는(씸레스) 소요두께의 방수층을 형성하는 공법이다. 다만 그 방법에 따라 유기질 또는 무기질의 직포(織布) 등을 사용한다.

이러한 도막 방수의 장·단점은 다음과 같다.

(1) 장 점

1) 건조면의 시공시 접착성이 강하며 방수성능이 우수하다.
2) 방수목적에 따라 첨가제 조절이 가능하다.
3) 건조시 수축이 적다.
4) 환경오염이 없다.
5) 방수층의 신축성이 커서 바탕의 유동변화에 대한 적응성이 우수하다.
6) 방수층의 내구성, 내후성, 내약품성이 우수하다.
7) 방수층이 경량화되어 옥상 콘크리트 슬래브의 방수 등에 있어서는 지붕의 하중을 경감시킨다.

8) 이음매 없이 방수층이 형성되어 이음매에서의 누수사고가 일어나지 않는다.

9) 온도변화에 비교적 안정하여 저온에서도 경화되지 않고 수직부도 열에 의해 처질 우려가 없다.

10) 일반적으로 냉공법으로 시공되므로 화기에 의한 위험이 적다.

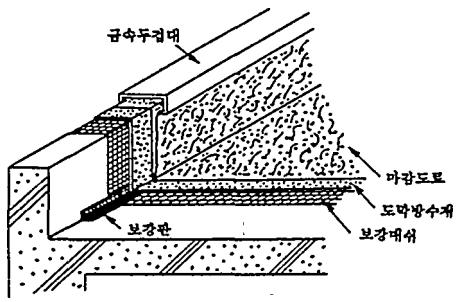
11) 세부마무리의 시공이 용이하며 누수사고시 보수가 용이하다.

(2) 단 점

1) 습윤면의 도장시 도막이 분리된다.

2) 2성분형은 재료의 배합에 의한 오류가 발생되기 쉽다.

3) 팽창이 심한 부위에 신축이음 처리를 해야 한다.



(그림 2.9) 도막 방수층 공법 例

4) 도포시 방수층의 두께를 일정하게 유지하기 어렵다.

5) 인화나 중독의 우려가 있으므로 밀폐된 장소에서 환기에 유의해야 한다.

6) 바탕이 고르지 못하면 방수층의 핀홀이나 부풀음 등의 결함이 생길 우려가 있다.

7) 에멀젼형 또는 라텍스형 도막방수제는 강우시 유출, 손실될 우려가 있고 한냉지나 동절기 공사시 동결될 염려가 있다.

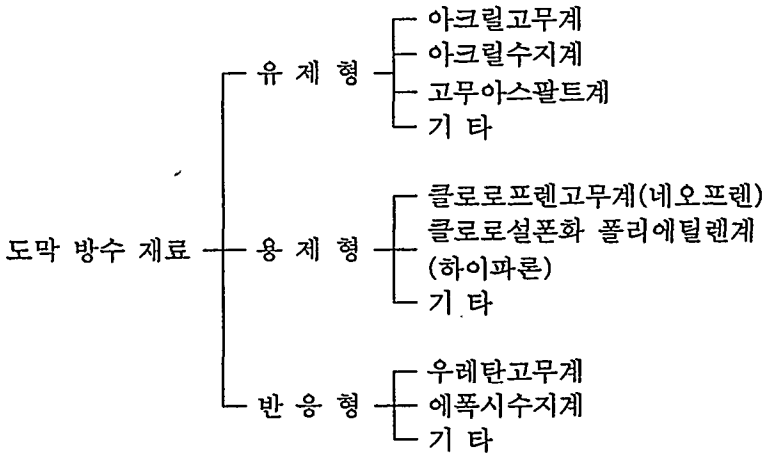
8) 경화건조시에 이물질(모래, 작은돌, 먼지, 낙엽 등)을 제거하기 어렵다.

9) 잘못 시공된 부분의 재시공이 어렵다.

나. 도막 방수 재료

도막 방수 재료의 종류 역시 광범위 하지만 그 화학적 조성과 재료의 형태로 분류하면 (그림 2.10)과 같다. 즉, 1성분형으로 수분이 증발하여 막을 형성하는 유제형(에멀젼형)과 용제가 휘발하여 막을 형성하는 용제형(용액형) 및 2성분형의 주제와

경화제의 화학반응에 의한 반응경화형의 3종류가 있다. 일반적으로 우레탄계의 재료가 비교적 많이 사용되고 있다.



(그림 2.10) 도막 방수 재료의 종류

(1) 유제형 도막 방수(1성분형)

수지에멀젼을 콘크리트면에 여러면으로 나누어 도포하고 0.5~1.0mm의 수지피막을 형성하는 공법이다. 에멀젼을 그대로 도포하던가 이것에 시멘트를 혼합하여 바르는 경우도 있다.

초산 비닐계는 가격이 싸긴 하나 내수성에 문제가 있으므로 최근에는 그다지 사용되고 있지 않다. 도막의 보강 및 두께의 확보를 목적으로 유리섬유, 비닐론, 테비론 등의 망상포를 사용하는 일도 있다. 노출마무리의 경우에는 착색한 아크릴계 도료, 변성에폭시를 최상층에 사용한다. 수지피막은 두께가 얇고 또 망상포 등으로 보강하였다 하더라도 콘크리트 균열추종 효과는 기대하기 어렵고, 망상포는 보강용이라기 보다는 오히려 피막두께의 확보에 효과가 있다. 그러나 솔칠로 방수층을 시공한다는 편리한 점 등으로 인해 실내방수, 지하방수 등에는 사용하기 쉬운 재료이다.

현재 많이 사용되는 유제형 도막 방수는 AR 방수와 코렉스 방수가 있다.

(가) AR 방수

1) 방수공법

① SR 공법 : 페트록 45를 고른 모르터면에 도막을 형성하여 적층된 필림으로 건물에 방수층을 형성하는 공법

② SD 공법 : SR 공법의 방수층에 다시 보강재로서 SD클로스를 병용하는 공법

③ SP 공법 : 방수층을 더욱 완전히 하기 위한 SD 공법의 이중공법

④ SW 공법 : 건조를 촉진시키기 위하여 AR 페이스트층을 방수막 사이에 끼우는 것

⑤ 벽면 공법 : 일반모르터 벽면 또는 경량발포 콘크리트 표면에 페드록 45를 뿜칠 또는 도포하는 공법

2) 사용재료

① 페트록 45 : 아크릴 스티렌 공중합 에멀젼으로서 수중에 수지의 미립자가 분산되어 있으며 수분이 증발하면 미립자가 서로 결합하여 다시 물에 녹지 않는 내수성의 우수한 막을 형성한다.

② SD 클로서 : 합성섬유 테비론을 수지 가공하여 망상으로 짠 거친 눈의 포

③ AR 페이스트 : 시멘트 페이스트에 페트록 45를 혼입한 것(시멘트:페트록 45:물 = 1:1:0.6)으로 방수피막의 최상층에 도포하고 보호모르터나 마무리 도료와의 접착성을 높인다.

(나) 코렉스 방수

이것은 아크릴 스티렌을 공중합한 농도 50%의 유상액의 코렉스-EC와 에폭시 수지와 지방산을 합성한 1성분형의 변성에폭시 수지 에테르 벨랄실버를 최상층의 보호 도막으로 사용한 도막 방수이다. 코렉스 EC를 수회에 걸쳐 도포하고 속에 비닐론 메쉬를 삽입한다. 이 위에 벨랄실버 또는 보호모르터(두께 20mm이상)로 마무리

한다.

(2) 용제형(溶劑型) 도막 방수

합성고무를 휘발성 용제에 녹인 일종의 고무 도료를 여러층 겹칠하여 두께 0.5~0.8mm의 방수피막을 형성하는 공법이다. 형성된 피막은 탄력있는 고무시트 상태로 되므로 도막 공법중에서는 가장 내균열성이 우수한 공법이다. 그러나 시트 방수에 비하면 동일한 두께의 도막이라 할지라도 내균열성에 관해서는 시트 방수보다 약간 뒤떨어지는 것이다. 시공법은 도장공법이기 때문에 간편하고 구배가 있는 지붕등 보통의 공법으로는 시공하기 어려운 곳에도 적용할 수 있다. 또한 착색이 자유로우며, 쉘(Shell)지붕 등 지붕에 의장 효과를 기대하는 건물에 적합하다.

네오프렌은 내후성, 내유성, 난연성 등에서 천연고무보다 월등하게 우수하다. 용제의 휘발과 동시에 가황하고 재령 1.5개월 정도에서 가열 가황한 시트와 같은 피막을 형성한다.

하이파론은 네오프렌과 비교하여 내후성 및 기타의 성질도 다소 우수하나 고가이다. 착색을 자유롭게 할 수 있다는 점에서 최상층 마무리에 사용된다.

(3) 반응형(反應型) 도막 방수

에폭시 수지를 발라서 방수피막을 형성하는 공법이며 공법상으로는 용제형 고무계 도막 방수와 마찬가지이다. 에폭시수지는 고가이므로 방수제로 사용할 때는 일반적으로 2~3회 정도로 두께를 얇게(0.1~0.2mm) 바른다. 수지 자체는 단단하고 신장성이 적으므로 바탕 균열에 대해서도 그다지 큰 효과는 기대하기 어렵다. 그러나 내약품성, 내마모성이 우수하기 때문에 화학공장의 바탕 등 방수층을 겸한 마무리재로서 적합하다. 유연성을 높이기 위하여 타르 에폭시, 티오콜 에폭시, 폴리아마이드 에폭시 등의 변성에폭시를 사용하는 경우도 있으며 이들 재료를 사용하면 균열에 대해서도 상당한 효과가 있다고 생각된다.

에폭시 수지는 다른 방수공법의 보조재로서도 용도가 넓다. 바탕 콘크리트의 균

열 보수에도 자주 사용되고 있으며 또 접착성이 좋으므로 시트 방수의 붙임 처리에도 사용된다. 바탕이 다소 축축하더라도 접착가능한 특수 에폭시가 있어서 시공후 2일 정도의 모르터면에 프라이머로서 사용하고 이 위에 아스팔트 방수를 할 수도 있다.

5. 방수층의 복합화 공법

복합방수라는 것은 방수성이 있는 재료를 복합시켜 재료 상호간의 결점을 보완하여 보다 우수한 방수층을 형성시키는 공법이다. 아스팔트 방수의 경우 수밀성이 있는 아스팔트에 보강재로서 루핑을 거듭 붙여 멤브레인 방수를 이상형태에 가깝게 하고 있다. 이는 아스팔트와 루핑의 결점을 보완하는 것으로 복합방수의 형태를 취하고 있으나 아스팔트 방수라는 독립된 방수공법으로 분류되고 있다.

복합방수의 개발에는 세가지의 흐름이 있는데 한가지는 아스팔트 방수 냉공법의 개발과 둘째는 시트 방수에 있어서 조인트의 결점을 해결하려는 과정과 세째는 도막방수에 있어서 도막두께의 오차를 보충해서 도막의 보강을 겸비하기 위해 개발된 것이 있으나 실제로는 아스팔트 방수·시트 방수·도막 방수 3가지 공법의 특징을 서로 검토하면서 개발한 공법이라고 할 수 있다.

가. 복합방수공법의 종류

복합방수는 현재 실시되고 있는 공법을 보면 방수시트를 액상의 방수재로 붙이고, 거기에 액상의 방수재를 덧칠해 경화 후에 일정 두께를 가진 방수층을 형성하는 공법이 대부분이다. 또한, 복합방수에는 도막방수 공법의 개량과정에서 확립된 것도 있으며, 그러한 공법을 크게 분류하면 다음과 같다.

(1) 개량아스팔트 시트+우레탄고무계 도막재

개량아스팔트 시트를 바탕에 합성고분자 시트 방수층과 같은 요령으로 시공하고,

그 위에 우레탄 도막재를 도포하는 공법이다. 이때 바탕의 수분에 의한 부풀림을 방지하는 시스템을 겸용하는 경우가 많은데 메이커에 따라서는 시트의 접착층면에 이 시스템을 구성하여 실용화하고 있는 것도 있다.

(2) 개량아스팔트 시트+고무아스팔트계 도막재

이 재료의 조합은 가장 많이 적용되고 있는 공법으로 아스팔트방수 냉공법의 일종이다. 이 공법은 시트를 고무아스팔트계 도막재로 부착하는 시방을 따르는 것과 상기(1)과 같이 시트 접착후 그 위에 고무아스팔트 도막재를 도포하는 시방으로 분류할 수 있다.

(3) 개량아스팔트 펠트(합성섬유부직포 심재)+고무화 아스팔트계 도막재

열아스팔트 방수와 유사한 공법으로 열아스팔트 대신 고무아스팔트 도막재를 사용해서 펠트를 2,3층 겹붙여 일체화한 방수층을 형성시키는 공법이다.

(4) 부틸고무계 시트+아크릴고무계 도막재

부틸계 시트를 시트 방수와 같은 요령으로 시공하고 그 위에 아크릴 고무계 도막재를 발라 도막재의 경화 후 시트와 도막재가 일체되도록 하는 공법이다.

(5) 기타 공법

복합방수공법은 채용 가능성이 많은 방수공법이기 때문에 여러가지 시방이 계속해서 개발되고 있다. 한편, 이러한 공법은 방수재료 상호간의 경계에서 반응여부를 알 수 없다는 단점이 있으므로 사용시 재료간의 반응 가능성을 검토하여 선정해야 할 것이다.

나. 도막 방수에 있어서 복합화 공법

도막 방수는 멤브레인 방수중 씸레스한 방수층에 이론적으로는 가장 가깝지만, 시공성 면에서 오차가 크고, 큰 면적에서 사용하는 데는 불안전한 요소가 많았다.

시트 방수와 아스팔트 루핑은 방수성능이 있는 재료에 그 재료의 결점을 보충하

는 형태로 보강재를 사용한 것이다. 도막 방수의 복합화 역시 도막 방수와 그 용도에 맞는 재료를 조합하여 일체화 함에 따라 종합적인 성능을 발휘시키려고 하는 것이다.

도막 방수의 복합화는 다음과 같이 분류할 수 있다.

(1) 도막 방수+보강재

이 조합은 도막 방수 복합화의 기본이다.

유리섬유는 장섬유를 평면보강한 것이 일반적이고, 강도, 내약품성, 치수안정성이 있으나 방향성이 있고 신율과 항장성(抗張性)이 작다.

합성섬유는 폴리에스테르가 가장 많이 사용되며, 직포는 유리섬유와 같은 성질이 있고 부직포는 신장과 항장성이 크지만 방수재의 침투성이 다소 나쁘다.

(2) 충격완충재+도막 방수

도막 방수는 대부분 바탕에 직접 도포하는 공법을 취하고 있다. 그 결과 바탕상태의 영향을 받아 바탕수분의 증발에 의한 부풀림과 균열로 인한 방수층의 파단 등이 발생할 수 있다. 또한, 도막 방수재의 결점인 도막두께의 오차에 대해서도 그 방지책을 마련할 필요가 있다. 이러한 결점을 방지하는 방법으로서 방수층과 바탕 사이에 완충층을 설치해서 균열과 그 진전에 의한 방수층의 국부적인 열화 및 파단을 방지함과 동시에 바탕에서 발생하는 습기를 완충층을 통해 탈기구까지 유도하여 배기하는 탈기시스템이 채용되게 되었다. 그 완충재의 종류는 ① 열융착 유공부직포 타입, ② 부직포+플라스틱 발포제+부직포 타입, ③ 연속기공 플라스틱 발포제+직포 타입의 세가지 종류로 분류할 수 있다.

(3) 방수 시트와 도막 방수

이 공법은 아스팔트 방수의 아스팔트와 루핑의 조합시키는 것과 같이 시트와 도막재를 겸용하여 방수층으로서의 균일한 두께를 확보할 수 있고, 조인트부에 불안정한 요소가 없는(이음이 없는) 방수층을 만들 수 있다.

(4) 방수 보호재와 도막 방수

이 보호층을 설치하는 조합은 도막 방수의 도막두께가 매우 얇기 때문에 표면의 작은 충격에 의해서도 누수사고로 이어지는 것을 방지하기 위함과 방수층이 외기와 접해서 산화작용과 자외선열화, 오존열화 등에 대해 보호하기 위한 것이다. 이 방법은 우레탄계 도막 방수에서 두꺼운 우레탄 도포막을 적층시키고 보호층을 설치한다. 고무아스팔트계 도막 방수에 대해서도 아스팔트 마스틱을 사용해서 보강한 후 두꺼운 성형판을 부설하는 것도 가능하다.

다만, 이와 같이 도막 방수는 콘크리트 등의 누름층을 설치하는 것이 불가능한 것은 아니겠지만 지붕하중의 경감화를 목적으로 하는 노출방수에서 그 특징을 발휘하는 것이 가장 효과적임을 고려해야 할 것이다.

제 3 절 침투성 방수공법

1. 구체 침투 방수공법의 특징

구체 침투 방수는 모세관 방수 또는 수정체(水晶體) 방수라고도 한다. 구체 침투 방수제는 콘크리트 모체에 침투하여 콘크리트중의 석회 및 수분과의 화학반응으로 방수효과를 기대하는 것으로 건물 기초벽 내부나 외부 어느 쪽에서든지 방수를 할 수 있고, 이음새가 없으며 습기가 많은 상태에서도 시공할 수 있는 특징이 있다. 또한, 구체 침투 방수 처리를 하면 콘크리트 벽체 전체가 습기에 대하여 불침투성이 되므로 얇은 막을 형성하여 단순하게 습기를 막아주는 도막방수와는 다르다.

즉, 구체 침투 방수는 고감성 용제가 저감성 용제 방향으로 이동하는 삼투성을 응용한 것이다. 구체 침투 방수제에 의해서 형성된 수정체는 석회 및 수분과 화학반응을 일으키면서 모세관을 따라 이동하며 콘크리트 모체 전체에 연쇄적인 수정체의 성장을 이루게 한다.

상황에 따라 차이는 있지만 수정체가 30cm의 콘크리트 벽을 침투해 들어가는데는 최장 12개월까지 걸린다. 그러나 일단 과정이 시작되면 구체 침투 방수제를 처리한 구조물의 표면점부터 방수기능이 발휘되므로 구조물 외벽에 방수처리를 할 경우 원래 물이 차단되어야 할 지점인 외벽표면에서도 자연히 방수효과를 기대할 수 있다.

이러한 특성은 특히 외장재 마감을 하여 외벽방수가 어려운 건축물에 유용하다. 또한 방수제가 갖는 독특한 수정체 형성의 특성 때문에 1mm 넓이까지의 균열보수에도 유용하다. 즉 습기가 균열에 침투하면 재활성화된 수정체 역시 습기가 많은 부분에서 많이 형성되어 균열을 실링하게 된다.

구체 침투 방수제의 사용에 있어서 가장 중요한 것은 방수할 콘크리트 표면의 이물질을 제거하는 것이다. 또한 수정체가 화학반응을 일으킬 수 있도록 일정량 이상

의 수분이 콘크리트 내에 존재하여야 한다.

양질의 시멘트벽에 적절히 처리한 구체 침투 방수제는 높은 수압을 받는 장소에서도 방수가 가능하며, 무독성이므로 저장탱크나 저수장 등에 적절하다. 또한 이것은 기초벽이나 물탱크, 정수장, 오수처리장, 수영장, 분수대, 기초바닥, 지하 슬래브, 기타 습기나 물이 계속적으로 스며드는 장소 등에 적용할 수 있다. 그러나 구체 침투 방수는 실링능력에 한계가 있으므로 옥상용으로 사용해서는 안된다.

2. 구체 침투 방수제의 종류

구체 침투 방수제품은 바탕면의 상태에 맞는 제품을 사용하여야 하며, KS F 3211에 적합하여야 한다.

(1) 우레탄 고무계

폴리우레탄 성분을 주원료로 하는 주제와 가교제, 충전제 등을 주원료로 하는 2성분형 우레탄 고무계 방수제(노출형 우레탄 고무계 1류, 비노출형 고무계 2류)

(2) 아크릴 고무계

아크릴 레이트를 주된 원료로 하는 비가황 아크릴 고무에 충전제 등을 혼합한 아크릴 고무 에멀젼 방수제

(3) 클로로프렌 고무계

클로로프렌을 주된 원료로 하여, 충전제 등을 혼합한 클로로프렌 고무용액계 방수제

(4) 아크릴 수지계

아크릴레이트, 크릴레이트를 주된 원료로 하는 아크릴 수지 에멀젼계 방수제

(5) 고무아스팔트계

아스팔트와 고무를 주된 원료로 하는 고무아스팔트 에멀젼계 방수제

제 4 절 금속판 방수공법

1. 스테인레스 시트 방수공법의 특징

스테인레스 시트 방수공법은 내식, 내후성이 우수한 오스텐나이트계(크롬, 니켈) 스테인레스 강판(SUB 304, SUS 316, 두께 0.4mm를 표준으로 함)을 사용하여 그의 접합을 모두 봉합용접에 의해 일체화하여 방수층을 형성하는 것이다.

스테인레스는 전기 저항치가 클 수록 봉합용접에는 적합하지만 열팽창 계수가 큰 것은 좋지 않다. 열팽창 계수가 큰 재질은 스테인레스에 슬라이드 기구를 지탱하는 등 접합 팽창처리를 해야 한다.

스테인레스 시트 방수의 수명은 재래 방수공법, 즉 아스팔트 방수가 대략 12년, 시트방수가 10년, 도막방수(우레탄 방수)가 9년 정도인데 비해 사용환경과 사용재료에 따라서 10~23년의 장기수명을 지녔다.

이와 같은 스테인레스 시트 방수의 특성을 종합하면 다음과 같다.

(1) 불연성이다.

(2) 내후성, 내구성이 우수하다.

(3) 적용온도의 범위가 넓다.

(4) 경량이며, 기계적 강도가 있다.

(5) 방수층이 균일하게 마무리 된다.

(6) 지진, 진동 등에 안전하다.

(7) 외단열공법이 용이하다.

(8) 시공중 유독가스의 발생이 없어 안전하다.

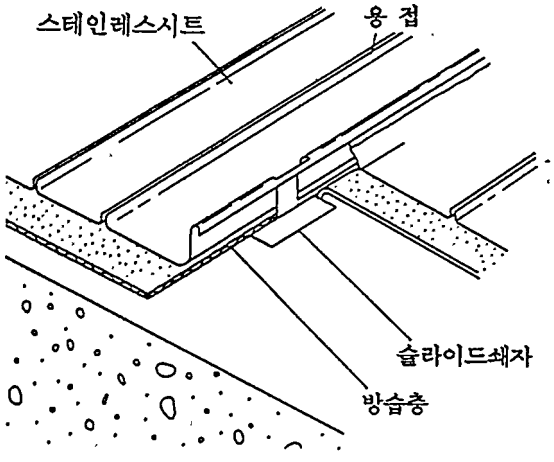
2. 스테인레스 시트 방수의 사용재료

스테인레스 시트의 재질은 철에 크롬, 니켈의 기본 성분을 함유한 합금강으로 철

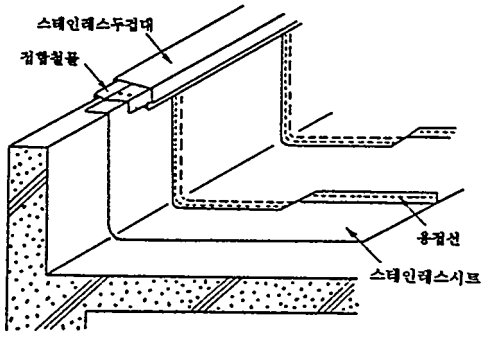
에 대략 12% 이상의 크롬을 함유한 것이 대체로 많이 사용된다. 스테인레스강은 기본 성분에 따라 크롬계 스테인레스, 크롬니켈계 스테인레스로 대별되며 제조방법에 따라 연성과 강성의 두 종류로 분류된다.

(1) 연 성(軟性) : 극연성의 담금질로 처리된 것으로서 판의 크기는 접합부분의 이음개소를 줄일 수 있도록 취급하기에 적당한 한도에서 되도록 크게 하고, 두께는 특별히 명시된 사항이 없는 한 0.4mm 이상인 것을 사용해야 한다.

(2) 강 성(剛性) : 제조공장에서 달구어 식혀진 것으로 강판의 크기는 접합부분의 이음을 줄일 수 있도록 취급하기에 적당한 한도에서 되도록 크게 하고, 두께는 특별히 명시된 사항이 없는 한 1.6mm 이상을 사용해야 한다.



(그림 2.11) 스테인레스 시트 방수의 마무리 例



(그림 2.12) 스테인레스 시트 방수층의 공법 例

또한, 스테인레스는 태양광선에 의한 열화나, 보통의 입지조건에서의 풍우에 의한 열화도 적은 우수한 재료이지만 해안근처의 염해지역이나, 공장지역의 가스오염 구역은 적절한 재질을 선택할 필요가 있다.

2종 이상의 금속이 접촉하는 경우에도 부식이 문제가 된다. 일례로 스테인레스강과 연강이 접촉하면 단독으로 존재할 경우보다 빠른 속도로 연강의 부식이 일어난

다. 따라서 이종금속과의 접촉은 가급적 피하고, 고무판 등의 절연물을 삽입하거나 도장하여 전기적 절연을 해야 한다.

3. 기타 금속판 방수

스테인레스 시트 외에도 도장 또는 동도금을 한 것도 사용되고 있으며 최근에는 스테인레스보다 내식성이 우수한 티탄을 채용하는 사례가 선진외국에서 보이고 있지만 타제품에 비해 상당히 고가이다.

다음은 최근에 많이 사용되고 있는 금속판 방수공사의 종류를 몇가지 열거한 것이다.

(1) 납판 방수 : 일반적으로 은이 제거된 납덩이로 성형된 납판을 사용하며, 구조체 바닥이나 마감바닥 밑에 시공하는 방법으로 별도의 명기된 사항이 없는 한 29.3kg/m^2 이상이어야 한다.

(2) 동판 방수 : 냉간압연(冷間壓延)된 담금질 표시가 H 100인 것을 사용하며 무게는 별도의 지시가 없는 한 6kg/m^2 이상으로 한다.

(3) 납도금된 동판 : 납도금으로 표시되어 있거나 냉간압연된 동판으로 양면이 0.6~0.7kg/m^2의 납으로 도금된 것으로 한다.

제 5 절 기타 방수공법

1. 벤토나이트(Bentonite) 방수

가. 벤토나이트 방수의 특징

벤토나이트 방수는 지하건축물의 시공에 일반적으로 많이 사용되는 방수공사이다. 벤토나이트는 화산재로 이루어진 천연광물로 이 화산재가 물과 결합했을 때 자체 팽창성으로 불투수층을 형성하는 성질이 있기 때문에 천연방수제로서 우수한 방수능력을 갖추어 콘크리트 벽에 있는 각종 조인트에 물의 침투를 방지해 준다.

이러한 성질을 이용하여 Volclay 방수제를 개발하여 온도의 변화나 각종 화학 성분에 전혀 영향을 받지 않는 지하 부위의 방수재로서 널리 사용하고 있으며, 이 공법의 특징은 다음과 같다.

(1) 장 점

1) 시공이 용이하며 시공장비가 필요 없다.

2) 내구성이 매우 뛰어나다.

3) 온도에 관계없이 시공이 가능하다.

4) 강한 수압을 받는 부분에 사용할 수 있다.

5) 콘크리트에 화학적 변화가 거의 없다.

(2) 단 점

1) 지하 구조물에만 사용할 수 있다.

2) 뒷채움 또는 콘크리트 타설시 패널이 움직이지 않아야 한다.

3) 시공시 수분과의 직접 접촉을 피해야 한다.

4) 시공실적이 적다.

나. 벤토나이트 방수제품의 종류

(1) Volclay Type 1 Panel

Volclay Type 1 Panel은 크라프트(Kraft)지 사이에 벤토나이트를 삽입하여 벤토나이트가 맥아질의 침전물이 되게 건조시킨 후 성형한 것으로 오랜시간 경과후에도 마모되거나 변형되지 않는 특징이 있다.

이때 사용되는 벤토나이트는 #20체에 90% 통과하여 #200체에 10% 미만 통과하는 장석, 운모석, 화산회의 침전물로 구성되어 있다. 이러한 구성요소중 무기물질이 크라프트를 분해시키며 흙속의 수분은 벤토나이트를 젤라틴막으로 만들어 주어 물의 침투를 억제한다.

(2) Volclay Type 3 Panel

3층으로 형성된 크라프트판으로 중앙부분에만 벤토나이트를 삽입하여 벤토나이트가 수화팽창이 가능하도록 만든 것이다.

(3) Volclay Hydrobar Tube

수용성의 플라스틱관에 벤토나이트를 삽입한 것으로 설치후 플라스틱관은 용해되며 벤토나이트는 젤라틴막을 형성한다.

(4) Volclay Joint Pak

사각형 또는 삼각형의 크라프트관에 벤토나이트를 삽입한 것으로 벤토나이트 중의 무기물이 크라프트를 분해시키면 흙속의 수분은 벤토나이트를 젤라틴 막으로 만들어 주어 물의 침투를 억제한다.

(5) Volclay Joint Seal

실링 가능한 벤토나이트 젤라틴으로 저온에서 사용할 수 있도록 물과 Glycol을 혼합하여 만든 것과 상온에서 사용할 수 있도록 중합체와 물을 혼합하여 만든 두종류가 있다. 이것은 식물성 염색소를 포함하여 각기 다른 색깔을 띠고 있으므로 쉽게 구별된다. 이 제품에 사용되는 벤토나이트는 Volclay Type 1 Panel에 사용한 것과 동일하다.

2. 시멘트액체 방수

가. 콘크리트 방수

콘크리트 방수는 멤브레인 방수와는 달리 수밀성이 큰 보통콘크리트를 만들어서 그 자체로 방수의 목적을 달성하는 방법이다.

콘크리트 방수공법은 지상부분과 지하부분으로 대별되며 그 기본은 콘크리트에 생기는 공극과 균열을 방지하여 콘크리트 자체의 수밀성을 증가시키는데 있다. 지상부분에서는 균열에 의한 누수방지가 목적이며 지하부분의 콘크리트는 큰 온도변화나 건조수축을 받는 것은 적으나 높은 수압을 받는 것이 특징이므로 콘크리트 중에 포함된 미세한 공극을 투과하여 누수되는 물의 저지가 주 목적이다.

방수성이 있는 콘크리트를 제조하기 위해 요구되는 배합설계시의 특성은 잉여수의 증발로 인하여 형성되는 콘크리트 내의 공극을 적게하기 위하여 물시멘트비 및 단위수량을 되도록 작게 한다는 점이다. 물시멘트비가 작을수록 콘크리트의 침투성과 건조수축이 감소하지만 단위수량의 부족으로 재료분리현상이 발생하거나 홈집이 생기면 방수에 역효과가 생기므로 시공에 적합하게 밀실한 충전이 되는 범위에서 단위수량을 정하는 것이 좋다.

따라서 소요의 워커빌리티를 확보하기 위해서 슬럼프는 15cm 이하로 하는 것이 좋으나 타설이 용이한 부분에서는 12cm 이하로 하는 것이 바람직하다. 투수감소의 목적으로 표면활성제를 사용할 때의 물시멘트비는 50% 이하로 하는 것이 좋다. 이 경우 공기량은 5.0% 이하로 한다. 그러나 제반사항에 주의를 기울이더라도 콘크리트 자체의 팽창수축, 시공중 구조체의 부동침하 등에서 생기는 균열이 없도록 하는 것은 실제로 거의 불가능한 일이므로 완전한 방수효과를 기대할 수는 없는 것이다. 그러나 설계상 다소의 습윤에도 지장이 없는 곳에서는 적용이 가능하다. 수밀콘크리트에는 부어넣기 이음을 적극 피하고 부득이 부어넣기 이음을 할 때에는 수밀부어넣기 이음시공을 한다. 부어넣기 이음을 하는 곳에는 콘크리트면에 차이를 두던

가 동판 또는 아연도금 철판 등의 물막이 판을 삽입한다. 부어넣기 이음면은 굵은 골재가 노출될 때까지 충분히 청소하고 엷은 시멘트 페이스트를 바른 후 콘크리트를 부어 넣어야 한다.

나. 모르터 방수

모르터 방수란 방수성질을 지닌 모르터 또는 시멘트 페이스트를 사용하여 방수층을 형성하는 공법이다.

모르터의 흡수, 투수는 사용하는 골재의 흡수성, 투수성에 의해서도 좌우되지만, 대부분이 모르터의 배합에 사용한 잉여수의 증발에 의해서 생긴 미세한 공극이 원인이다. 그러므로 사용재료나 배합을 적절하게 선택하여 공극을 충전, 침입하는 물의 배제 등으로 시멘트의 경화를 촉진시킬 필요가 있다. 그러나 시멘트 경화시에 상당한 수축이 수반되며 더구나 변형에 대응할 수 있는 신축능력이 없으므로 균열이나 박리가 생기기 쉬운 결함이 있다.

따라서 완전한 방수모르터를 얻기 위해서는 모르터의 수밀성을 높이는 것 뿐만 아니라 모르터의 수축이나 균열을 가능한 적게 해야 한다.

다. 방수제를 혼입하는 공법

이 방법은 콘크리트나 모르터에 방수제를 혼입하므로써 시멘트의 가용성 성분과 화합시켜 생성된 불가용성 물질로 콘크리트의 공극을 완전하게 메워 수밀성을 향상시키는 공법으로써 지하실의 벽체, 소규모의 지붕면 및 기타 실내바닥 등에 많이 사용되고 있다.

이 공법은 수밀 콘크리트 공법과 비교하면 다소의 차이는 있어도, 실제로는 시멘트를 많이 넣는 것과 방수제를 넣는다는 점의 차이이다. 시공은 수밀공법에 의한 콘크리트 공법에 준한다. 그러나 방수제의 성질을 검토하여 시멘트에 미치는 영향

을 잘 조사하지 않으면 실패할 수가 있다.

(1) 방수제의 특성

1) 경화되지 않은 콘크리트나 모르터 중에 포함된 공극속에 충전되어 공극을 메움과 동시에 미세하게 분산시키는 충전제의 역할을 한다.

2) 콘크리트 타설시 발생되는 공극을 적게하고 작업성을 향상시키며, 경화건조 후 공극생성을 방지하기 위해 사용하는 물을 줄일 수 있는 감수제의 역할을 한다.

3) 시멘트의 수화를 촉진시켜 시멘트겔에 의해 조기에 공극을 충전시켜 조기 방수성을 높인다.

4) 시멘트의 수화반응에 따라서 생기는 가용성 물질의 용실(溶失)을 막고, 다시 불용성 또는 발수성 염류를 형성해서 공극의 충전 또는 발수효과를 향상시킨다.

5) 콘크리트 및 모르터의 내부에 불투수층 또는 발수성막을 형성하여 물의 투과를 억제한다.

(2) 방수결함 발생의 유형

1) 방수설계상의 문제점

방수설계는 건축설계 단계에서 부터 고려되어야 한다. 현행의 우리나라의 건축설계(관계법) 관례상 설계자(건축사)의 지시(도면설계)가 방수공사 및 재료선정에 가장 큰 영향을 미치고 있기 때문에 우선 설계자의 방수에 대한 정확한 이해가 요구된다.

즉 건축물의 구조적·환경적 조건, 그리고 시공특성을 충분히 고려한 정확한 방수설계가 수밀성을 확보하는 가장 첫번째의 요인으로 판단된다. 이미 많은 설계도면에서 이와 같은 상황조건을 고려하지 못한 방수설계로 인한 결함발생율이 높고, 누수된 사례도 많다.

예를 들면

① 복잡한 형상의 구조물에서 적절한 시공이음부, 익스펜션조인트 등을 지정하지 않는 것(콘크리트 시공이음부 및 이질부재접합부분의 시공상세도 작성)

② 구조설계시 주요구조부에서의 주철근 배근외에 옥상층 슬래브, 파라펫, 지하층 옹벽 등에서 균열방지 보강철근 배근을 고려하지 않아 콘크리트의 균열이 심화된 것

③ 발코니 등에서 물흐름 경사를 두지 않거나 건물 안쪽으로 두는 것

④ 방수설계의 이해부족으로 치켜올림부의 방수시공 높이가 충분히 확보되지 않는 것

⑤ 습윤환경, 건조환경, 진동발생등 특수상황의 환경을 고려하지 않는 것 등이 있다.

2) 방수공법 선택상의 문제점

시멘트 액체방수는 구조체의 거동에 대한 추종성이 없고, 이음부위가 많은 구조물에서는 이질재료의 거동(온도팽창등)시 발생하는 인장력에 대한 응력이 다른 멤브레인계 방수재료와 비교하여 현저히 취약하기 때문에 방수설계시에는 이러한 점을 충분히 고려해야 한다. 또한 액체방수는 시공과정에 있어서 액체 2차 방수시공일 경우 전체공정이 약 12공정에 해당하기 때문에 정밀한 공사관리가 사실상 어려워 생략해 버리는 공정도 많아 결함발생요인을 처음부터 가지고 있다고 볼 수 있다.

모든 상황에 만능인 공법이나 재료의 기대는 오히려 설계 및 시공상의 오류를 범할 여지가 많지만 건축물의 진동이 예상되는 기계실, 공장, 철도, 지하실 주변 건물 등의 실내방수에는 공정이 복잡한 액체방수재료보다 시공방법이 간단한 탄성력을 갖는 도막방수재료를 사용한다든가, 누수시 확인이 쉽고 유지보수가 간단한 재료 및 공법을 선정해야 한다.

3) 방수재료 및 품질관리상의 문제점

시멘트 액체방수재료의 품질관리라 함은 사용시(시공시) 표준시방서 및 특기시방서에 준한 혼합비 및 시공방법의 준수에 있다고 본다. 액체방수 시공시 사용재료의 혼합비를 준수하지 않고 무리하게 사용함으로써 경화불량, 바탕재와의 접착불량, 사용재료성분과 금속물과의 화학반응에 의한 금속부식 등 결함발생이 빈번하다.

액체방수 시공은 계량에서부터 혼합, 미장공사까지 수작업으로 진행되고 있고, 시공자의 기술능력도 특별한 전문성을 갖지 못한 단순노무자들에 의해 시공되는 사례가 많다. 따라서 시공자 개인의 기술능력 여하에 따라 그 성능이 크게 좌우되는 실정이다. 또한, 시공면적이 클 경우는 감독자의 지시 및 관리범위를 벗어나 공사 및 품질관리가 되지 못하고, 일부 공사감독자의 경우는 방수제의 혼합량에 대한 잘못된 인식을 가지고 있어 오히려 품질을 떨어뜨리는 결과를 초래하고 있다.

이는 각 방수제 제조 및 수입社나 시공자가 제품의 물리·화학적 성질과 공학적 특성을 상호 면밀히 검토하지 않는다는 점이 가장 큰 원인으로 지적되므로 액체방수 재료 및 공법에 대한 표준시방의 정립이 선결되어야 할 것으로 판단된다.

4) 방수시공상의 문제점

방수공사에 있어서 또하나 중요한 것은 실제 해당공사의 시공기술에 있다고 볼 수 있다. 적절한 설계, 공법 및 재료가 선정되었다 할 지라도 최종 시공단계에서 철저한 공사관리가 이루어지지 않으면 목적한 방수효과를 얻을 수가 없다. 각 공종별 공사기간은 구조체의 골조공사를 중심으로 작성되어 있기 때문에 방수층 시공에 대한 여유시간이 짧아 충실을 기할 수 없는 것이 현실이다. 그러나 방수공사만은 다른 공정과 겹침공사가 되지 않도록 특별히 관리하여 시공불량으로 인한 품질저하의 원인을 배제하고, 타 공정 진행시 도구 및 자재운반에 의한 방수층의 손상(망치류, 타일류의 충격)이 없도록 철저한 공사관리를 하는 것이 정밀시공을 위한 대책이 된다.

액체방수 시공상 나타나는 문제점을 정리하면 다음과 같다.

① 설계도면과 시공과의 불일치에 따른 방수층의 결함

② 시공장소의 협소로 인해 시공의 불편과 누락부위의 확인이 어렵다.

③ 배관관련 연결부위가 견고하게 구조체와 긴결되어 있지 않아 방수공사 완료 후, 균열 및 틈새가 발생한다.

④ 콘크리트 내력벽 및 바닥슬래브와 비내력벽과의 연결부위가 밀실하게 연결되어 있지 않아 이 부분에 대해 보강한 후 방수처리해야 한다.

⑤ 드레인 주위는 구체 및 방수층과 일치시켜야 하기 때문에 이 부분에 대해 보강한 후 방수처리해야 한다.

⑥ 시공한 방수층의 충분한 양생이 끝나지 않은 상태에서 후속 작업이 시작되므로 이에 대한 세심한 배려가 필요하다.

(3) 방수제 선정시 고려사항

1) 모르터 방수제 사용시 바탕재와의 접착력 부족으로 인하여 생기는 모르터의 들뜸, 박리 및 균열을 고려하여 바탕재와의 접착성 향상도 모르터 방수제의 성능으로서 고려되어야 한다.

2) 방수제를 적정량 이상으로 사용하면 오히려 강도저하와 수축의 원인이 되므로 적정한 첨가량을 규명해야 한다.

3) 방수효과가 확실하고, 산·알칼리 등에 작용되지 아니하며 내구성이 있어야 한다.

4) 강재를 부식시키지 않아야 한다.

5) 작업성을 향상시켜야 하며, 시공후 방수효과가 저하되지 않도록 충분한 보양을 해야 한다.

(4) 방수제의 종류

콘크리트 및 모르터의 방수제를 방수목적에 따라 세분화하면 지수제(止水劑), 발

수제(撥水劑), 방수제(防水劑)로 분류할 수 있으며, 화학성분별로 분류하면 다음과 같다.

1) 무기질계

- 염화칼슘
- 규산나트륨
- 규산질 분말(가용성 실리카)
- 지르코늄 화합물
- 기 타

2) 유기질계

- 지방산 및 염
- 파라핀 에멀젼
- 아스팔트 에멀젼
- 수지 에멀젼
- 고무라텍스, 기타

3) 혼합계

- 무기질의 혼합물
- 유기질의 혼합물
- 무기, 유기질의 혼합물

이와 같이 콘크리트 및 모르터 방수제의 종류는 매우 다양하지만 그중 중요한 성분에 대하여 다음에 간략히 소개하였다.

① 염화칼슘계

응결촉진에 따라서 방수효과가 기대되나 시공용법의 주위가 필요하다. 염화칼슘은 장기의 방수효과는 인정하기 어려우며, 또 모르터나 콘크리트의 건조·수축을 크게 해서 균열이 생기기 쉽고 접촉되는 금속은 녹이 발생할 수 있다.

② 규산소다(물유리계)

시멘트의 수화반응시에 생기는 수산화칼슘($Ca(OH)_2$)을 만들고 공극을 충전하며 조직을 치밀화하는 것이다. 혼합물은 보통 시멘트에 대하여 1~2%이나, 다량으로 혼합하면 급결성이 되어 유수(流水)의 저지에도 이용할 수 있다.

③ 규산질 미분말

모르터나 콘크리트 속의 가는 틈을 충전하며, 시멘트의 수화에 의해 생기는 수산화칼슘을 고정하는 효과를 기대하는 것이다. 분말이 미세하며, 화학적으로 안정한 것이 효과가 있다.

④ 지방산계

수산화칼슘과 결합해서 발수성이 있는 지방산칼슘을 생성하는 것이다. 이것을 혼합한 모르터는 강도가 저하하고 특히 부착성이 나빠지므로 콘크리트 표면의 균열에 주의할 필요가 있다. 따라서 염화칼슘이나 규산소다를 병용하는 경우가 많다.

⑤ 파라핀계

파라핀이 우수한 발수성 재료라는 점에서 이것을 활성제로 에멀젼화하고 모르터나 콘크리트속에 파라핀의 미세분자를 점재시켜 발수효과를 기대하는 것이다.

⑥ 고분자 에멀젼

최근에는 합성고무 혹은 천연고무, 아스팔트, 초산비닐, SBR 라텍스, 염화비닐 등의 에멀젼이 방수제로서 사용되고 있다.

이들은 모르터나 콘크리트 속의 공극을 충전하고 고형분에 의한 불투성의 필름을 형성하여 물의 투수를 저지시키는 것이며 상당한 방수효과가 얻어진다. 동시에 과거 방수제의 결점이었던 부착성을 크게 향상시켜서 바탕에 잘 밀착시키는 동시에 다소의 변형에 잘 대응하고 균열방지 효과도 큰 것이 특징이다.

(5) 방수제 처리방법

시멘트 방수제는 아래의 세가지 방법으로 처리한다.

1) 방수용액 침투 : 물에 방수제를 넣어 희석 또는 용해한 방수용액을 모체 또는

밑바름층에 도포하여 침투시킨다.

2) 방수시멘트풀칠 : 시멘트, 방수제 및 물을 배합 반죽한 방수시멘트 페이스트를 모체 또는 밑바름층에 칠한다.

3) 방수모르터 바름 : 시멘트, 모래, 방수제 및 물을 배합하여 모체 또는 밑바름층에 바른다.

각 재료의 배합, 방치시간 및 바름두께는 구조물의 구조적·환경적 조건과 방수목적에 맞게 특기시방을 정하되 <표 2.12>를 표준으로 한다.

(5) 방수층 공정

방수층의 시공회수는 <표 2.13>과 같다.

3. 발수제(撥水劑)에 의한 방수

가. 발수제의 특징

발수란 물에 젖지 않는 것 즉, 물을 배제한다는 것을 의미한다. 많은 건축재료, 예를 들면 기와, 석재, 콘크리트 기타 섬유 등의 공극에는 많은 미세한 모세관이 있어 이 모세관을 통해서 물이 침입한다. 이를 가능한 억제하기 위해 모세관의 벽면은 큰 접촉각을 유지해야 한다. 따라서 모든 발수처리는 물에 용해하지 않는 물질 또는 유성이 있는 물질을 재료의 표면에 부착시켜 모세관을 통한 침투를 방지하고, 재료가 지니는 본래의 접촉각을 보다 더 높여서 물의 침입을 방지하는데 목적이 있다.

또한 다음과 같은 경우에는 발수제를 사용한 방수공사를 진행해서는 안된다.

1) 외기온도가 10℃ 미만일 경우

2) 바탕면의 표면온도가 4℃ 이하일 경우

3) 바탕 콘크리트가 타설된지 1개월 미만일 경우

4) 비 또는 다른 이유로 벽면이 젖은 지 3일이 경과하지 않았을 경우

5) 바탕면이 동결되었을 경우

<표 2.12> 방수제의 배합

종 별		배 합 비(중량비)				바름두께(mm)	
		시멘트	모 래	물	방수제	벽	바닥
1	방수용액침투	-	-	5~10	1		
2	방수시멘트 풀 칠	2.0~2.5			1		
		3.0~3.5			1		
3	방수모르터 바 름	2.5			1	6~9	10~15
		2.5			1		

<표 2.13> 시멘트 방수층의 층수

겹수·층수 \ 종 별		A 종	B 종	C 종	D 종
방수층	1	L	L	L	L
	2	P	P	P	P
	3	L	L	L	L
	4	P	P	P	P
	5	L	L	M	L
	6	P	P	L	M
	7	M	M	P	-
	8	L	L	M	-
	9	P	P	-	-
	10	L	M	-	-
	11	P	-	-	-
	12	M	-	-	-

주) L : 방수용액 침투
P : 방수시멘트풀 솔칠
M : 방수모르터 바름

나. 발수제의 종류와 특성

(1) 알루미늄염

1) 섬유, 종이, 기타 다공성 물질을 비누용액에 침적시킨 후 명반 등의 알루미늄 염류로 처리하여 알루미늄 비누를 형성함으로서 발수성을 향상시킨다.

2) 동물성 섬유는 초산 알루미늄 처리로 산화알루미늄을 형성하여 발수성을 향상시킨다.

3) 알루미늄염과 파라핀 왁스를 병용한 방법이 많이 사용된다.

4) 모르터, 콘크리트에는 지방산 알루미늄 분말이 많이 사용된다.

(2) 지르코늄염

1) 산화지르코늄을 주체로 한 분말로써 시멘트중의 칼슘과 결합되어 불용성 물질을 형성시켜서 콘크리트의 수밀성을 증대시킨다.

2) 시멘트의 응결에 영향을 주지 않고 강재나 목재를 부식시키지 않는다.

3) 바탕의 건조가 불충분한 상태에서 시공해도 무방하다.

4) 발수성이 강하므로 그 위에 모르터를 시공하는 것은 불가능하다.

5) 지르코늄을 파라핀계의 에멀젼에 분산시켜 시멘트 2차 제품의 흡수방지에 사용한다.

(3) 지방산염

1) 알루미늄비누, 칼슘비누 등의 금속비누 분말과 스테아린산의 금속비누 분말을 주로 사용한다.

2) 시멘트의 경화한 피막과 혼입한 금속비누에 의한 발수효과를 나타낸다.

3) 적당한 안료의 사용으로 착색이 가능하다.

4) 아마인유 용제계의 제품은 한냉지에서 콘크리트의 동결융해 방지제로서 사용한다.

5) 지방산계 발수제의 효과는 영구적이지 않기 때문에 주의해야 한다.

(4) 실리콘

1) 용제용액형과 수용액형 두 종류가 있다.

2) 규산염의 기본구조인 규소-산소결합은 내열성, 내구성의 근원이며, 규소원자와

결합한 탄화수소기는 내습성, 유연성의 근원이 된다.

3) 용제형은 실리콘오일 또는 니스를 용제로 녹여 적당한 촉매를 가한 것으로 침적, 뿜칠, 도장 등의 방법을 사용한다.

4) 건설용 실리콘 발수제는 경화시 열처리가 필요치 않으며, 도포하여 충분히 건조하면 된다. 콘크리트 구조물의 표면도장, 건물의 내구성 향상, 미관유지 등에 효과가 있다.

5) 실리콘 방수제의 방수작용은 실리콘 도포면으로부터 내부로 침투하여 발수성의 방수대를 형성하여 이것이 흡수를 방지한다. 또한 통기성이 있어 구체 내부에 함유되어 있는 물도 수증기 상태로 발수면을 통과·발산하여 건조상태로 된다.

6) 다른 합성고무 또는 비닐계 수지 등을 병용하면 더욱 발수성을 높일 수 있다.

7) 발수 허용치를 넘는 수압이 가해지는 경우 흡수가 일어나므로 구멍이 큰 재료나 수압이 가해지는 장소에는 부적당하다.

(5) 비소화합물

1) 내열성, 내약품성, 전기적 성질이 우수하다.

2) 비소수지계는 물에 대한 접촉감이 매우 커서 발수효과가 크다.

3) 모르터, 콘크리트면에 시공이 가능하지만 타제품에 비해 고가이다.

4. 금속산화물 방수

지하외벽이나 바닥의 내면에 금속산화제 혼합물과 물로 배합된 크림형태의 혼합물로 두껍게 도포하는 방수공법이다.

방수작업은 파이프 슬리브, 환기통, 턱, 인서트, 배수구 및 기타 돌출부분이 완료된 후에 진행하고, 또한 조적조와 콘크리트의 모체에 있는 결함(공극, 균열등)이 완전 보수된 후에 견고하고, 수평·수직을 잘 맞추어 노출된 돌출부를 제거한 후 방수작업을 한다.

작업환경은 수분이 완전히 제거되고 환기가 잘 되며 작업중이나 양생기간 동안에 10℃ 이상되는 조건 하에서 방수작업을 해야 한다.

금속산화물 방수재료의 배합은 중량으로 85% 이상의 주철분말과 산화촉매제 3~7%, 5% 이내의 산화철로 조성되며, 0.05% 이상의 기름 또는, 1% 이상의 이물질이 혼입되어서는 안된다. 주철분말의 분말도는 #20체에 100% 통과하고, #200체에 10~25%를 통과하는 것으로 한다.

5. FRP 방수

FRP란 Fiber Reinforced Plastics(섬유보강 프라스틱)을 의미하는 것으로 섬유는 무기유리섬유가 가장 많이 사용되며, 수지로는 불포화 폴리에스테르 수지가 많이 사용되고 있다.

다른 프라스틱에 비해 비강도(比强度)가 우수하여 대형 구조물의 건축재료로서 넓게 사용되고 있다.

FRP 방수는 이러한 장점을 기본으로 설계한 방수재료로 이용도가 높은 옥상, 예를 들면 주차장, 옥상정원 등에 이용되며, 시공성이 우수하여 설치물이 많은 옥상과 내수성 및 속경화성이 요구되는 장소에 적용될 수 있는 공법이다.

제 6 절 실링 방수공법

1. 실링 방수공법의 특징

구조물의 시공성격상 형성되는 각종 조인트나 프리패브 방식에서 여러 부재간의 조인트 또는 각종 조인트 형상에 대하여 수밀·기밀을 만족함과 동시에 우수로 인한 부재의 부식을 방지하고 또한 구조물의 미적 외관을 유지할 목적으로 실링재가 사용되고 있다. 현재는 유성(油性)제품의 실링재 외에 성능이 좋은 폴리설파이드계나 실리콘계의 탄성 실링재(경화후 고무상 탄성체로 되는 것)가 발전소 구조물의 실링 부위에 많이 사용되고 있다.

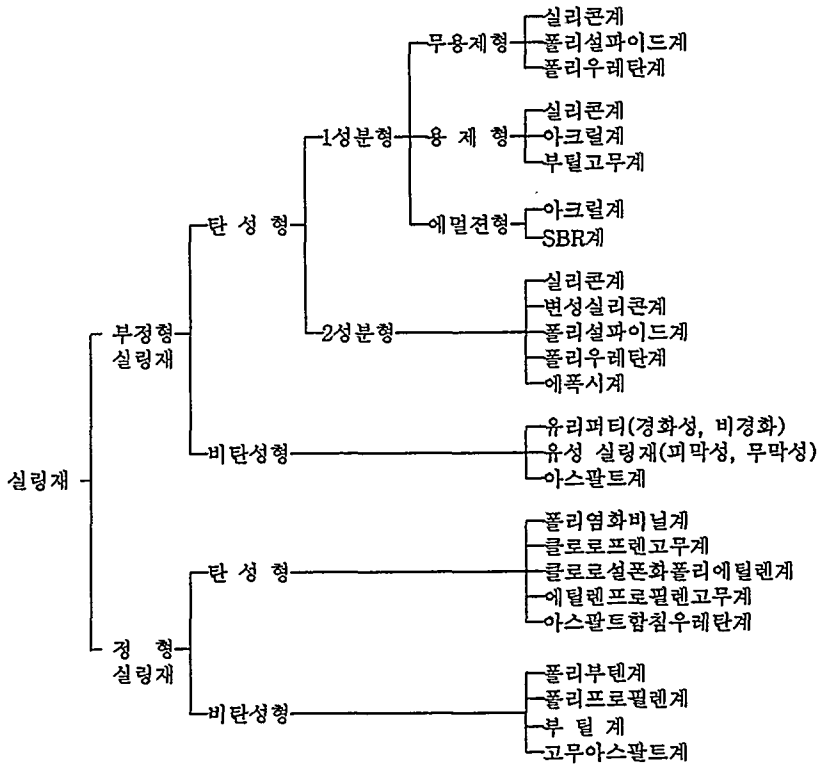
실링이란 밀봉한다는 말에 상당하고 특히 유성을 코킹재라 부르는 것이 일반적이며, 이밖에도 성형탄성형 가스켓(Gasket)도 실링재에 포함한다. 이와 같이 각종 실링재는 코킹재, 시일재, 실링재, 실란트 등 여러가지 용어로 혼용되어 사용되고 있는데 본 보고서에서는 이들을 총칭하여 실링재로 부르기로 한다.

2. 실링재의 종류와 특성

1960년대에 유성 실링재가 도입되어 이것이 새로운 줄눈처리재로서 부각되었고 그후 새롭고 우수한 품질의 줄눈 실링재가 등장하여 주성분이나 상품명에 의한 여러가지 명칭으로 혼용되어 사용되고 있으며 이들을 종합하여 (그림 2.13)과 같이 분류할 수 있다.

실링재는 시공전의 형상에 따라 부정형과 정형(성형)으로 대별된다. 또한 시공후의 성질에 따라 각각 비탄성형과 탄성형으로 분류된다.

(1) 부정형 탄성형 : 일반적으로 고무상 탄성을 지니며 큰 변형에도 견딜 수 있는 성능을 지닌 것으로서 경화기구의 차이로 1성분형과 2성분형으로 나뉘어진다.



(그림 2.13) 실링재의 분류

① 1성분형 - 첨가제 없이 시공할 수 있는 것이 특징이며 이것은 다시 용제의 휘발에 의해 경화하는 용제형과 무용제형으로 분류된다.

무용제형은 일반적으로 공기중의 산소와 반응하여 경화가 행해지므로 체적감소는 작으나 10mm 이상의 깊은 줄눈에는 내부에서의 경화나 가황이 이루어지기 어려우므로 부적합하다.

용제형은 용제의 휘발에 의해서 가황 또는 경화가 일어나므로 그 휘발분 만큼의 체적감소가 생겨 실링재에 인장응력이 발생하여 접착박리 또는 균열등의 장해를 일으키기 쉬우므로 특히 신축이 큰 장소에는 적합하지 않다.

② 2성분형 - 가황제 또는 경화제를 시공현장에서 일정비율로 혼합하여 화학반응을 일으키게 하는 것이다.

(2) 부정형 비탄성형 : 부정형 비탄성형 실링재를 끈모양의 여러가지 치수로 제작한 것이며 유성 실링재 또는 그 원료의 일부인 부틸고무, 폴리부텐, 폴리프로필렌 등으로 성형된다.

(3) 정형 탄성형 : 가스켓이라고도 불리우며 샷시와 유리 또는 판넬의 마무리에 적합하도록 성형되어 있다.

(4) 정형 비탄성형 : 유성 실링재가 대표적으로 많이 사용되며 복원성이 거의 없어 피착체간의 변형이 큰 곳에서의 사용은 불가능하다.

다음은 이상의 분류 가운데 현재 많이 사용되고 있는 대표적인 실링재의 특징에 대하여 살펴보도록 한다.

가. 부정형 실링재

(1) 탄성형

프리패브건축 고층건축 커튼월 공법등의 발달과 함께 실링재에 대한 요구성능이 높아지고 구조물이 처한 특수환경에 의해 발생하는 접합부위의 변위에 추종할 수 있도록 고성능의 탄성 실링재가 개발 실용화 되기에 이르렀다. 시공시는 고점도의 페이스트상이나 시공후에는 상온에서 가황경화하여 고무상 탄성체로 된다.

1) 제품형상에 의한 분류

제품이 어떠한 형태로 보급되는가에 따라 분류한다.

가) 1성분형(1액형) : 대부분 카트리지에 포장되어 있고 전용 건에 장착하여 쉽게 시공할 수 있다. 경화구성상 자체경화형인 1성분형은 용제의 포함 여부에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

① 용 제 형 : 시공후 용제의 휘발에 의해 체적수축과 갈라짐을 일으킬 염려가

있다.

② 무용제형 : 용제를 포함하지 않으므로 용제형과 같은 결함이 발생하지 않는다.

나) 2성분형(2액형) : 혼합후의 경화속도가 온도의 영향을 받기 쉬운 까닭에 사용시의 조건(계절)에 맞추어 주제와 경화제의 혼합으로 경화속도를 조정할 수 있다.

2) 화학조성에 의한 분류

이상에서 분류한 1성분형과 2성분형의 탄성 실링재는 다시 탄성 실링재를 형성하는 주제의 화학조성에서 다음과 같이 분류할 수 있다.

가) 폴리설파이드계 실링재

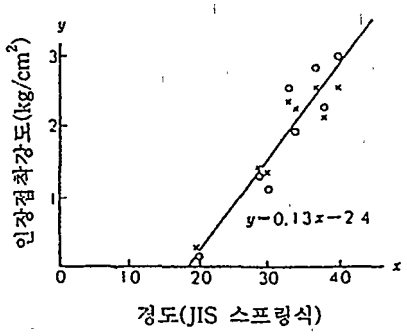
유성 실링재에 비하여 성능은 월등하게 좋으나 가격이 비싸기 때문에 사용량은 전 실링재의 약 20% 미만이나 탄성 실링재 중에서는 가장 많이 사용되는 것이다. 액상 폴리설파이드(치오콜)를 주성분으로 하고 이것에 실링재로서는 카본 블랙(cabon black), 산화티탄 리토폰(lithophone : 유화아연과 유산바륨을 혼합한 백색안료), 칼슘 등을, 또한 도료로서는 산화철, 산화크롬, 알미늄 분말 등을 여기에 다시 접착성을 주기 위하여 페놀수지와 같은 가소제 등을 함께 섞은 것이다. 경화제는 상온에서 폴리설파이드와 반응하여 고무상으로 변화시킨 것이고 과산화염을 사용하는 경우가 많다.

1성분형 폴리설파이드계 실링재를 포함한 특수한 실링재는 설계도서에서 특별히 지정하는 경우에 사용되며, 대부분의 건축용 폴리설파이드계 실링재는 2성분형이 사용되고 있는 실정이다. 2성분형 폴리설파이드계 실링재는 통상 3~4시간 내에는 온도 및 습도에 상당히 영향을 받게 되므로 시공에 앞서 가사시간(可使時間)을 명시해 주어야 한다. 즉, 고온·고습에서는 경화가 빨라지며, 저온·저습시에는 경화가 늦어지게 된다. 충전 시공후 대략 2~3일에 점착력을 발휘하여 5~7일 사이에 거의 경화되어 탄성 실링재로서의 제성능을 발휘하게 된다. 큰 고무상 탄성을 가지고, 알루미늄, 유리 등에 대한 접착성이 우수하며 변형에도 잘 견딘다. 기재 및 경화재는

모두 큰 휘발성 성분이 없으므로 경화후의 체적수축은 일으키지 않는다. 개발 초기에 있어 자주 문제가 되었던 다공질 재료, 예를 들면 콘크리트나 석재 등에 대한 오염성과 배합상의 문제는 현재 많이 해결되고 있는 상태이다.

(그림 2.14)는 폴리설파이드계 실링재의 경도와 인장접착강도와의 관계를 나타내었고, 경도에 대한 인장접착강도의 관계식을 추정한 것이다.

경화후의 온도변화에 따른 품질의 저하가 작고, -50~120℃ 정도까지의 넓은 온도범위에서 사용할 수 있고, 내수성, 내약품성(특히 내유성), 내후성 등도 우수하며, 내구연한은 약 20년 정도이다. 또한, 기제와 경화제의 저장안정성은 상온에서 6~12개월 정도이다.



(그림 2.14) 2성분형 폴리설파이드계 실링재의 경도와 인장접착강도의 관계

특히, 폴리설파이드계 실링재는 유성 실링재와 마찬가지로 표준단면의 일반적인 피착체에 시공하는 것이 적합함은 물론 폭 20mm를 초과하는 큰 단면의 줄눈이나 대리석 화강암 등의 특수한 피착체로서의 시공에도 적합하다. 더우기 고유의 탄성으로 인해 접합부의 변형을 어느정도 허용하고 내구성을 요구하는 곳에 사용이 적합하며, 그 성능을 장기간 유지한다.

나) 실리콘계 실링재

1성분형, 2성분형이 있으나 건축용은 주로 1성분형이다. 이 성분은 활성기를 갖는 실리콘 고무에 실리카 분말을 충전하고 이밖에 무기도료를 첨가한 것으로서 시판품은 카트리지(특수용기)등에 들어 있다.

이 탄성 실링재는 경화기구에서 산(酸)경화형과 무산(無酸)경화형의 2종으로 크게 구별할 수 있다. 전자는 시공후 대기중의 습기에 의해 탈초산 반응을 일으켜, 고무

상 탄성체로 경화하지만 후자는 경화하는 것은 전자와 같지만 그 초산을 방출하지 않는다. 탄성 실링재의 경화속도를 좌우하는 것은 시공시의 온·습도 외에도 줄눈의 깊이 등이 경화에 큰 영향을 미치게 된다. 즉, 너무 깊게 시공하게 되면 내부까지의 완전경화가 늦어지고 소요성능을 발현하기 까지의 시간이 길어지게 되므로 충전 줄눈이 깊을 때에는 백업(back up)재를 병용하여 경화시간이 지연되지 않도록 해야 한다. 시공후 대개 20~30분 후에 점착력을 발휘하며, 완전경화 시간은 3~7일 부터이다. 폴리설파이드계 실링재에 비해 상당히 저온(0℃부근)에서도 경화한다. 실제로 -20℃ 정도의 혹한기에도 충분히 경화하는 것으로 알려져 있다.

1성분형 실리콘 실링재는 폴리설파이드계 실링재에 비해 인열강도와 신장이 비교적 적다는 것과 시공시 초산냄새가 강하다는 것이 단점으로 지적되나 유리, 알루미늄 등에 잘 접착한다(산경화형의 접착성이 다소 우수). 또한 콘크리트와 대리석에 대해서는 무산경화형의 접착성이 좋다고 하는 연구보고가 있는데 이는 산경화형은 유리된 초산이 탄산칼슘과 반응하여 분말상의 초산칼슘을 형성하여 접착을 저해하기 때문이라 생각할 수 있다. <표 2.14>는 1성분형 실리콘 실링재의 내후성 시험결과를 나타낸 것으로 다른 실링재에 비해 실리콘 고무의 특성을 가지고 있으므로 각종 실링재 중에서 가장 내후성이 우수하고 내열성(120~180℃, 단기간에는 250℃), 내한성(-50~-70℃), 내약품성, 내투습성 및 전기적 특성이 우수하며, 내구연한은 15~30년 정도가 된다.

또한, 상온에서 저장안정성은 제품에 따라 다르지만, 대개 6~12개월이다.

유성 실링재의 연성은 작업원의 작업능률을 향상시키는 요인이 되기도 한다. 이러한 요구에 따르지 못하는 제품을 현장에서 작업원이 정유, 가솔린, 끓는 물등을 혼입하거나 가열하여 사용하는 경우도 있는데 이는 실링재의 품질을 극도로 악화시키는 요인이 되므로 이러한 행위는 반드시 피해야 한다.

폴리설파이드계 보다 더욱 프라이머 처리의 필요성이 높기 때문에 유리면을 제외한 피착면에는 청소 후 프라이머 처리를 한다.

<표 2.14> 1성분형 실리콘 실링재의 내후성

시험방법	폭로기간 (년)	색	경 도 (쇼아A)	인장강도 (kg/cm^2)	신 율 (%)
Control	0	투 명	24	16.9	350
폭로하지 않은 시험체	0	백 색	27	17.6	350
MIDLAND 폭로	2	투 명	23	18.3	390
	2	백 색	17	14.8	315
FLORIDA 폭로	2	투 명	27	18.3	390
	2	백 색	20	17.0	245
ATLAS XW 웨더메터	3000 hr	투 명	30	17.0	337
		백 색	30	16.6	323
	6000 hr	투 명	29	16.9	330
		백 색	31	13.0	270

진흙색, 백색, 회색, 은색, 흑색 등이 시판되고 있어 피착체의 종류, 사용장소, 사용목적에 따라 구별해서 사용할 필요가 있다.

다) 부틸고무계 실링재

건축용으로는 상온경화의 1성분형이 사용된다. 주원료인 부틸고무에 경화제와 실링재로서 산화티탄, 타르크, 석면 등을 첨가하고 여기에 가소제와 토루엔, 나프타 등의 용제를 첨가하여 제조한다.

용제형 부틸고무계 실링재는 시공시 상온에서 1~24시간에 점착력을 발휘하고 용제가 서서히 증발하게 되면서 경화하게 된다. 내수성 및 각종 피착체에 대한 접착력이 매우 우수하지만 콘크리트와 석재 등의 다공질 재료에 대해서는 다른 탄성 실링재와 같이 전용 프라이머를 사용하는 것이 좋다.

부틸고무 자체의 화학구조상에서 불포화도가 작으므로 이 실링재도 내약품성, 내열성(100℃까지), 저온유연성(-50~-60℃), 내후성이 매우 우수하며, 내구연한 10~20년이 된다. 또한, 그 저장안정성은 상온에서 6개월이다. 이 탄성 실링재의 가장 큰 결점은 유동성을 가지기 위해 15~40%의 용제를 사용하고 있으므로 경화시 수축이 다른 탄성 실링재에 비해 매우 크다는 것과 용제의 증발기간 중 화기에 주의

할 필요가 있다는 것이다. 따라서 시공시에는 최종 실링 체적보다도 상당히 많은 양으로 충전하지 않으면 체적감소의 염려가 있다. 한편, 시공온도의 범위는 5~40℃ 이다.

라) 폴리우레탄계 실링재

예상가격이 유성 실링재 보다도 비싸지만 다른 탄성 실링재보다는 싸고 성능도 비교적 우수한 것을 제조할 수 있으므로 많은 생산자가 현재 주목하고 있는 실링재이다. 주원료는 액상 폴리우레탄, 석면을 사용하며 1성분형은 특수한 반중합체에 충전제도료 특수촉매를 사용하여 제조하고 2성분형은 1성분형과는 달리 반중합체에 경화제를 첨가하여 제조한다.

1성분형 폴리우레탄계 실링재는 충전 후 상온에서 24시간내에 점착력을 발휘하게 되고, 표면에서 경화하게 되므로 경화시간은 줄눈 깊이에 좌우되나 대개 3일에서 7일이다. 그러나 저온·저습 조건하에서는 경화가 상당히 늦어지게 된다. 휘발성 성분을 거의 함유하고 있지 않기 때문에 경화 후 체적수축도 일어나지 않는다. 다공질 재료를 오염시키는 성질도 없다. 시공표면에 대한 접착성은 제품의 종류에 따라 다르나 다소 양호한 편이며 프라이머 처리를 요하는 것도 있다. 저장안정성은 상온에서 6개월까지이다. 내구연한은 10~20년 정도라 할 수 있다. 1성분형은 습기에 극히 민감하므로 방습성이 높은 카트리지에 넣어 보존해야 한다.

2성분형 폴리우레탄계 실링재는 시공시 기제와 경화제를 균일하게 혼합하고, 시공개소에 수동 또는 자동건으로 충전한다. 2성분형 폴리설파이드계 실링재는 그 과도기적 탄성유동상태와 경시경화에 의해 그 용도에 제한이 따르지만, 전술한 실리콘계 실링재와 같이 시간의 경과와 함께 경도가 변화하지 않으며, 소성흐름도 적다. 또한 무용제형이기 때문에 거의 수축이 일어나지 않아 시공표면과 충분한 접착성을 기대할 수 있기 위해서는 적당한 프라이머 처리를 요한다.

한편, 장기폭로에 대한 내후성, 내약품성, 수증기에 대한 내가수분해성, 미생물 등

에 의한 생물학적으로 활성된 환경에 대한 저항성 등도 우수하다. 저장안정성은 상온, 밀봉상태에서 6개월 정도로 짧아서 제조업자가 정한 기간을 지키지 않으면 안 된다.

마) 아크릴계 실링재

아크릴계 실링재는 1성분형 탄성 실링재로 용제형과 에멀젼형의 2종류가 있다.

용제형 아크릴계 실링재는 용제의 증발에 따라 상온경화하는 것이며, 에멀젼형 아크릴계 실링재는 아크릴 에멀젼을 기재로 한 것으로 수분의 증발 또는 수축에 의해 경화하는 것이다.

용제형 아크릴계 실링재는 시공후 경화시간이 상당히 길며(4~6주간), 줄눈의 깊이가 자연히 제한되는 것과 동시에 체적수축도 상당히 크지만, 각종 줄눈 구성재료에 대한 접착성은 양호한 편이다. 일반적으로 2성분형 탄성 실링재에 비해 경화후의 신율과 복원성이 다소 약하며, 응집강도의 발현이 늦다. 내구연한은 최저 20년으로 보며, 저장안전성은 상온에서 6개월이다. 탄성 실링재의 결점은 시공시 50℃ 정도로 가열할 필요가 있다는 것이다.

에멀젼형 아크릴계 실링재는 아크릴 특유의 불쾌한 냄새가 적으며, 슬럼프가 없고, 조기에 점착력을 발현하는 성질이 있으며, 경화시간도 짧고, 더우기 함유수분이 얼마간 있어 체적수축이 적다. 유연성, 신축능력, 복원성, 접착성, 내후성 등도 우수하며 저장안정성도 좋다.

바) 기 타

하이파론계 실링재는 부틸고무 실링재와 같이 가황되기 전에 다량의 용제와 가황방지제가 휘발하여야 하므로 가황시간이 상당히 오래 걸리며 그 속도는 온도 및 습도 등의 시공조건에 의해서도 좌우된다. 상온에서는 시공후 2일 이내에 점착력을 발휘하게 된다. 하이파론계 실링재의 시공은 상온에서 10℃까지의 온도범위에서 용이하게 사용할 수 있지만 그보다도 저온에서는 시공전에 실링재를 가열할 필요가

있다. 하이파론계 실링재는 10%전후의 용제를 함유하나, 그 증발은 매우 서서히 일어나 그 후는 다공질체가 되므로 증발한 용제의 체적분을 제외하고는 수축하지 않는다. 더우기 그 기공은 이미 독립되어 있으므로 내수성이 떨어질 염려는 없다. 또한 수축에 의한 내부응력의 발생이 없다. 이 탄성 실링재는 1성분형 실리콘 실링재와 같이 깨끗한 표면이라면 프라이머 처리가 없어도 각종 구조물의 바탕에 대해 양호한 접착성을 가진다. 그밖에 하이파론의 불포화 결합을 가지지 않는 분자구조에서도 알 수 있듯이 내후성은 우수하다. 하이파론계 실링재의 저장안정성은 상온에서 약 6개월 정도이며, 저온시에는 더욱 장기간의 보존에 견딜 수 있다.

클로로프렌계 실링재는 시공후 용제의 증발에 의해 경화하므로 상당한 체적수축이 있으며 접착파괴가 일어나기 쉽다. 시공표면은 프라이머 처리를 하는 것이 요망된다. 경화시간은 1~2개월 정도로 상당히 길다. 시공후의 내한성은 양호하여 -40℃ 정도로 유연성을 상실하지 않는다. 저장안정성은 약 9개월 정도이다.

스틸렌·브타디엔계 실링재는 다량의 용제를 함유하는 1성분형 실링재이기 때문에 상당한 수축이 일어난다는 큰 결점이 있다. 내후성도 그다지 우수하지 않은 것으로 알려져 있다.

(2) 비탄성형

1) 유리퍼티

유리퍼티는 경화성, 비경화성 모두 사용하는 원료의 종류와 그 배합에 따라서 그 성능이 상당히 다르게 된다. 실제로 시판되는 유리퍼티의 대부분은 제조업자에 따라 그 성능이 달라 품질관리에 어려운 점이 많다.

또한, 유리퍼티는 다른 실링재에 비해 체적감소가 커서 경화후의 신축은 2% 이하가 사용한도이다. 시공후 내구연한은 그 품질에 따라 다르지만 평균적으로 5년정도이다.

2) 유성 실링재

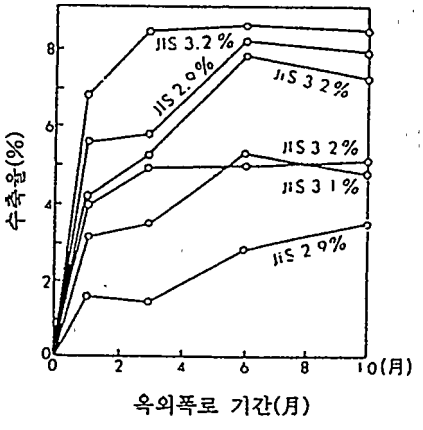
유성 실링재는 단순히 코킹재라고도 불리우며, 액상 전색제(천연 및 합성유지)와 광물질 충전제(석면, 탄산칼슘 등)에 의하여 만들어진 것으로 실링재 중에서 가장 많이 사용되는 종류이다. 현재 시판되고 있는 유성 실링재의 기본 조성은 대략 <표 2.15>와 같다.

<표 2.15> 유성 실링재의 조성

원 료	목 적	종 류
액상전색제	피막형성	보일유, 건성유, 변성알키드 수지 등
	점도부여	폴리브텐 합성고무(부틸, 네오프렌 등)
	점도조정	합성수지(석유계 탄화수소유도체)
무기충전제	착 색	아연화산화치단, 카본, 군청 알미늄가루 등
	슬럼프 방지	석면, 화이트카본, 유기벤토나이트 등
	보유성	탄산칼슘, 타르크, 벤토나이트, 규조토 등
	증 량	

유성 실링재는 줄눈의 거동이 5~10% 정도인 경우 사용하게 되면 줄눈을 구성하고 있는 재료의 상호변위에 대하여 추종하게 되어, 기밀성을 떨어뜨리고 갈라짐과 같은 결함을 일으키게 되므로 사용이 불가피한 경우는 내구성을 보정하여 사용하여야 한다.

(그림 2.15)는 JIS 시험에 따른 수축율과 옥외폭로에 의한 수축율을 비교한 것이다. 이 그림에 따르면 옥외폭로하면 그 수축율은 큰 값을 나타내는 것으로 내후성의 중요성을 보여주는 것이다.



(그림 2.15) 유성 실링재의 JIS시험에 의한 수축율과 옥외폭로에 의한 수축율

유성 실링재의 작업성은 온도의 영향을 받기 쉬으므로 전색제(展色劑)의 양을 가감해서 사용시(계절)의 조건에 맞추고 있다. 즉 작업이 용이하게 이루어 지고, 시공후 품질의 변화가 일어나지 않도록 하기 위해서 가능한 상품에 시공온도의 범위를 명시함이 바람직하다.

이와 같이 유성 실링재는 내후성이 약간 떨어지나 부착성이 좋고, 충전 후 표면에 피막을 형성하나 그 내부는 유연성을 가지는 까닭에 장기간 방수성능을 발휘하며, 비교적 저가이다. 내구년수는 5~10년 정도로 보고 있다.

색깔에 대해서는 회색이 가장 많고 때로는 주위색채에 맞추기 위하여 특정의 색을 지정하는 수가 있으나 너무 배색에 치중하다 보면 오히려 품질을 저해하고 내후성 등을 악화시킬 수가 있다.

실링재는 일반적으로 표준상태(외기온도 0~35℃)에서 표준단면(줄눈폭 10~15mm, 깊이 10mm내외)의 피착제(모르터, 유리, 금속 등)에 시공하기에 적합하며, 그밖에 혹한시와 보일러실 등의 특수용도를 위시하여 단면폭이 20mm를 초과하는 큰 줄눈과 대리석 화강암 등의 특수 피착제에 시공하는 경우는 여기에 적합한 특수 실링재를 필요로 한다. 이들을 사용할 경우는 시험을 하고 결정함이 바람직하다.

유성 실링재는 시공기구, 시공계절 및 충전후의 피막형성의 유무에 따라 분류된다.

① 시공기구에 의한 분류

- 건 : 건으로 부터 밀어내기 쉽게 고안했음
- 주걱용 : 충전길이가 짧을 때에 사용함

② 시공계절에 의한 분류

- 일 반 용 : 온도 20℃±3℃, 습도 45%~65%
- 하절기용 : 30℃±3℃(4월~9월)
- 동절기용 : 5℃±3℃(10월~3월)

③ 피막형성에 의한 분류

- 피막성의 것 : 충전후 1~7일에 표면에 엷은 피막을 형성하고, 내부는 경화하지 않고 장기간 유연성을 유지한다.
- 무피막성의 것 : 외부에 노출되는 부위에는 사용할 수 없고, 내부에 가려지는 부위에 사용할 수 있다.

3) 아스팔트계 실링재

전색재(展色材, Vehicle)를 유성 실링재와 달리 블로운 아스팔트 용제에 녹인 것으로서 이 전색재에 석면 등의 실링재를 혼입하고 있다.

유성 실링재에 비해 값이 저렴하나, 많이 사용되는 제품은 아니다. 용제휘산에 의해 실링재의 심한 변형이나 내부경화가 생기며, 자외선을 받으면 열화되기 쉽다.

나. 정형 실링재

정형 실링재는 그 단면의 형상이 일정하여 샷시의 유리고정 또는 보호 등을 위하여 단순히 삽입하는 것만으로도 그 효과를 발휘할 수 있는 것을 말한다. 이것을 대별하면 줄퍼티와 용도에 따라 특수한 모양으로 성형한 가스켓 등이 있다.

(1) 띠상 실링재

성분별로 보면 유성 실링재, 폴리브텐계, 부틸고무계 및 아스팔트 함침 폴리우레탄 발포제로 나누어 진다. 이들 끈 모양 실링재는 아스팔트 함침을 제외하고는 복원력이 매우 적으므로 항상 일정한 압축력을 받는 곳, 일례로 샷시의 접합부, 유리삽입부와 샷시 사이의 쿠션겸 실링재로서 사용하고 탄성 실링재 등과 병용된다.

유성 실링재와 폴리브텐계 등의 띠상 실링재는 복원성(회복력)이 완전하지 않거나 적기 때문에 상당히 큰 압축력을 받는 상태가 아니면 접합부 구성재료에 잘 밀착되지 않는다. 여기에 대해 부틸고무, 에틸렌·프로필렌고무 등을 이용한 고무계 띠상 실링재는 압축력을 받으면 용이하게 변형하는 소성을 가지며, 동시에 복원성이

커서 일정한 압축력을 받는 상태에서는 접합부 구성재료에 잘 밀착되고, 내후성, 내약품성 등도 전자보다 우수하다.

아스팔트 함유 폴리우레탄 발포체는 외력을 제거하면 거의 100%의 복원성을 가지며, 아스팔트의 작용으로 접합부 구성재료를 잘 밀착하며, 원치수의 ¼에 상당하는 압축상태로 사용하면 수밀성을 발휘한다. 내산성, 내알칼리성은 우수하나 내용제성은 불량하다.

일반적으로 띠상 실링재는 휘발분이 1~2% 정도여서 수축이 어렵지만 다공질재를 오염시키거나 비건조성이기 때문에 먼지가 부착되기 쉽다는 결점이 있다.

(2) 가스켓(gasket)

가스켓의 용도는 샷시나 유리의 결합 또는 실링줄눈 혹은 샷시 없이 직접 기둥이나 보의 구체에 유리나 판넬 등을 부착시키는 소위 샷시레스 공법에 쓰인다. 일반적으로 가스켓은 피착체에 언제나 압축되는 상태로 부착시키는 것이 원칙이며, 그 때문에 지퍼를 끼우던지 또는 누름대 등의 조임쇠를 병용하는데 지퍼를 사용하는 형이 많다. 재질상으로 보아 고무계의 네오프렌고무(클로로프렌 고무), 실리콘고무, 천연고무, SBR(Styren, Butadien, Rubber), 부틸고무 및 하이파론(클로로설폰화폴리에틸렌)등으로 분류되며 형상에 의해 H형(지퍼형), Y형(지퍼형) 및 특수용도를 위한 U형(Chanel형 이라고도 불리운다) 등으로 나누어 진다.

1) H형 가스켓

가장 많이 사용되는 형식으로 샷시와 유리, 유리상호간 그리고 프리캐스트 판넬 등에 미리 돌기구를 만들어 이것에 삽입하여 피착체를 고정하고 또 그 부분의 빗물을 단속한다. 지퍼형 혹은 구조용 가스켓을 끼워둔 후에 지퍼를 간단한 기구를 사용하여 삽입하고 상하의 실링 립(sealing lip)을 강하게 가스켓이나 샷시에 눌러 붙이는 것이다. 피착체가 열팽창 수축을 일으킬 때는 압축력 또는 복원력이 작용된다.

2) Y형 가스켓

공장건축 등에서 기둥, 보의 구체 등에 직접 프리캐스트 콘크리트나 유리를 부착시키는 공법용이다. 이 형에서는 어퍼립(upper lip)은 스팬드럴(spandrel)이나 유리에 끼워지며 또 언더립은 앵커립이 피부착체의 골에 삽입된 후에 피부착체에 강하게 눌려서 이동되지 않게 된다. 이들의 삽입만으로는 압축 또는 복원력이 약하기 때문에 지퍼를 넣어 어퍼립 및 언더립을 강하게 압축한다.

3) U형 가스켓

누름대형 금속샷시에 유리를 끼워넣을 경우에 쓰이는 성형 가스켓으로서 지퍼를 쓰지 않는 조여붙임 형식이다. 수밀에 관해서는 다른 실링재에 의하고 고무 가스켓은 유리와 금속 Spacer 및 완충재의 역할을 한다. 이 형식의 고무는 눌러 붙이기 쉽도록 H형 가스켓보다도 연질인 것을 사용한다.

3. 성능조건

가. 부정형 실링재에 요구되는 성능조건

(1) 재료본질에 대한 요구조건

1) 저장안정성이 우수하고, 보존이 용이한 것

2) 독성이나 불쾌한 냄새가 없는 것

3) 적용되는 규격과 시방에 잘 따를 것

4) 내구연한과 가격과의 관계가 적정할 것

(2) 시공성능상의 요구조건

1) 나이프나 주걱, 실리콘건으로 용이하게 시공할수 있는 컨시스턴시를 가지고, 평활한 마무리가 가능한 것

2) 용도에 따른 유동적 성질을 가지는 것. 즉, 수직줄눈은 처짐이나 흘러내림이 없고, 수평줄눈은 셀프-레벨링성인 것.

3) 시공시의 온도와 습도에 적응하는 작업성을 가진 것

4) 백업재와 함께 사용이 적합한 것

5) 보수가 용이한 것

(3) 시공후의 성능상 요구조건

1) 시공후는 가능한 단기간 내에 접합부의 거동에 견딜 수 있는 인장력에 대한 신축능력과 압축력에 대한 회복능력을 발현하는 것

2) 접합부를 구성하는 각종재료의 표면에 대한 우수한 접착성 또는 부착성을 가지는 것

3) 시공후는 가능한 빨리 경화될 것

4) 체적축소 및 팽창이 거의 없는 것

5) 실링재 자체의 수밀성, 기밀성이 매우 우수할 것

6) 접합부의 구성재료를 오염, 부식시키지 않는 것

7) 내수성은 물론 산, 알칼리, 기름 등에 대한 화학저항성이 매우 우수한 것

8) 장기에 걸친 내후성, 내노화성이 우수한 것

나. 정형 실링재에 요구되는 성능조건

(1) 재료본질에 대한 요구조건

부정형 실링재와 동일함.

(2) 시공시 및 시공후의 성능상에서 요구되는 조건

1) 용이하게 시공할 수 있는 것

2) 탄성이 좋고, 복원성이 우수하여, 영구변형이 적은 것

3) 장기에 걸친 내후성, 내노화성이 우수한 것

4) 산, 알칼리, 아황산개스, 염수등에 대한 내약품성이 양호한 것

5) 치수안정성이 우수하며, 수밀성, 기밀성이 뛰어난 것

6) 치수안정도가 높은 것

7) 접합부 구성재료(유리, 금속, 콘크리트 등)에 대한 접착이 우수하여 압축실링

시키는 것

8) 내열성, 내한성이 우수하고, 사용온도 범위가 넓은 것

4. 실링재의 줄눈설계

가. 줄눈의 종류

부재가 접하는 부분에서 반드시 발생하는 줄눈은 거동의 크기에 따라 커튼월의 줄눈과 같은 비교적 거동이 큰 줄눈과 거동이 작거나 거의 없는 줄눈으로 분류되며, 이것은 다시 <표 2.16>과 같이 세분화 할 수 있다.

<표 2.16> 거동의 종류와 주요 줄눈의 종류

구 분		주요 줄눈의 종류
거동이 큰 줄눈	온도변화에 의한 부재의 신축	· 금속간 줄눈 ○ 금속 커튼월 각종 줄눈 ○ 외벽판넬 줄눈 ○ 금속두겁 줄눈 ○ 금속제 커버 플레이트, 샷쉬의 줄눈
	지진에 의한 층간변위	· 다공질 부재간 줄눈(시멘트계) ○ PC커튼월 각종 줄눈 ○ ALC판 유니트간 줄눈 (슬라이드 공법) ○ PC두겁 줄눈 ○ GRC, 시멘트 압축성형판 줄눈
	바람에 의한 부재의 변형	○ 유리주변의 줄눈
	부재의 함유수분의 변화에 의한 변형	○ 시멘트계 보드류 줄눈 (압출성형판 포함)
거동이 작거나 거의 일어나지 않는 줄눈		· 콘크리트벽 각종 줄눈 ○ RC조의 샷쉬주변의 줄눈 ○ PC 커튼월의 고정샷쉬 주변의 줄눈 ○ 돌공사, 타일공사의 줄눈 ○ PC판을 이용한 벽식구조의 줄눈 ○ RC조의 타설줄눈 ○ RC조의 수축줄눈(균열유발줄 눈) ○ RC조의 부자재 주변의 줄눈 · ALC판 줄눈(보강근 삽입 공법의 줄눈)

또한 줄눈의 형상은 줄눈 구성재료의 종류, 거동의 크기 등을 고려하여 결정해야 한다. 줄눈의 형상은 크게 ① 맞대기형 ② 겹치기형 ③ 조합형의 3종으로 분류할 수 있다.

(1) 맞대기형

가장 많이 사용되는 줄눈의 형상으로 다음과 같은 특징이 있다.

1) 시공이 용이하다.

2) 주로 신장과 수축이 작용하는 조인트부에 사용한다.

이 줄눈에 대한 주의점으로는 반드시 2면 접착을 지키는 것이다. 즉 줄눈의 깊이는 불충분 하더라도 3면 접착은 피해야 한다.

(2) 겹치기 형

특수한 판넬의 조립 또는 판넬의 코너 부분에 주로 사용되는 줄눈 형상이다. 이 줄눈형상의 특징은

1) 줄눈폭이 좁아진다.

2) 시공이 어렵고 충분한 충전이 어려울 때가 많다.

3) 전단력이 작용한다.

조인트간의 폭이 좁아지면 판넬의 움직임에 대하여 충분한 줄눈폭은 보장할 수 없게 되며 충분한 줄눈폭을 취했을 경우에도 실링재에 대한 신축의 거동으로 인해 실링재에 대하여 큰 전단력(허용한도 이상의 움직임)이 걸려 실링재 파단의 원인이 된다. 따라서 겹치기형의 줄눈은 적극 피하도록 고려함과 동시에 부득이 이 형을 채택할 경우, 안전한 줄눈폭 및 실링재의 형상을 정해야 한다.

(3) 조합형

조합줄눈의 경우는 신축, 전단의 응력이 동시에 작용하기 때문에 허용비틀림의 범위내에서 줄눈폭을 결정하는 것이 중요하다.

이상에서 기술한 3종류의 줄눈외에 고정된 부분에 대한 보조적 실링이 있다. 그

러나 줄눈의 폭이 좁고 충분한 충전이 이루어지지 않는 일이 많아서 이러한 경우에는 충분한 실링효과를 얻을 수 있도록 실링부위를 크게 할 필요가 있다.

나. 줄눈폭의 계산

(1) 온도변화에 의한 줄눈의 거동

온도변화에 의한 줄눈의 거동(ΔL_1)은 다음 (1)의 식에서 구할 수 있다. 거동의 방향은 인장이 된다.

$$\Delta L_1 = \alpha \cdot L \cdot \Delta T \cdot (1 - K_t) \quad \text{식 (1)}$$

α : 부재의 선팽창계수 ——— <표 2.17>

L : 부재의 길이(mm)

ΔT : 부재의 추정온도차(℃) ——— <표 2.18>

K_t : 온도변화에 의한 거동의 저감율 ——— <표 2.19>

(2) 층간변위에 의한 줄눈의 거동

스웨이 방식의 커튼월의 경우 줄눈의 거동(ΔL_2)은 다음 (2)식으로, 로킹방식의 줄눈의 거동(ΔL_3)은 (3)식으로 구할 수 있다. 거동은 스웨이 방식의 경우는 주로 횡줄눈으로, 로킹방식의 경우는 종줄눈으로 일어나고, 그 방향은 양자 모두 전단방향이다.

$$\Delta L_2 = R \cdot h \cdot (1 - K_r) \quad \text{식 (2)}$$

$$\Delta L_3 = R \cdot w \cdot (1 - K_r) \quad \text{식 (3)}$$

R : 층간변위의 변형각(일본건축학회의 「고층건축기술지침」에 의하면 R=1/300

h : 판넬의 높이(mm)

w : 판넬의 폭(mm)

K_r: 층간변위에 의한 거동의 저감율 ——— <표 2.20>

(3) 줄눈폭의 계산

실링재를 선정하고, 실링재의 설계신축율 또는 설계전단변형율을 만족하도록 (4)식에 의해 줄눈폭을 계산한다.

$$W \geq \frac{\Delta L}{\varepsilon} \times 100 + t \quad \text{식 (4)}$$

ΔL : 식(1)~(3) 중에서 구한 줄눈의 거동(mm)

ε : 온도변화에 의한 거동의 경우는 실링재의 설계 신축율(%) — <표 2.20>

층간변위에 의한 거동의 경우는 실링재의 설계 전단변형율(%) ——— <표 2.20>

t : 줄눈폭의 허용차(mm) ——— <표 2.21>

<표 2.17> 각종 건축재료의 선팽창계수

분 류	재 질	열팽창계수 ($\times 10^{-4}$/℃)
금 속	알루미늄	23.0
	스테인레스	17.3
	철	12.0
시멘트제품	콘크리트	6.5~12.7
석 재	ALC	6.5~ 8.0
기 타		

<표 2.18> 부재의 추정온도(℃)

형	구 성 부 재			외 벽	두 겁
	종 류		표면의 색조		
판 넬	금 속	일 반	明 色	65	70
			暗 色	70	80
		알루미늄	明 色	55	65
			暗 色	65	70
	콘크리트		明 色	35	40
			暗 色	40	45
	A L C		明 色	40	-
			暗 色	45	-
형 재	금 속		明 色	65	-
			暗 色	70	-

<표 2.19> 온도변화에 의한 거동의 저감율(K_t)의 목표(JASS 8)

형	구성부재의 종류		외 벽	두 겁
판 넬	금 속	일 반	0.3	0.1
		알루미늄	0.2	0.1
	콘크리트		0.1	0.1
	A L C		0.1	-
형 재	금 속		0.2	-

<표 2.20> 층간변위에 의한 거동의 저감율(K_r)의 목표(JASS 8, PC 커튼월의 경우)

h/w	스웨이방식	로킹방식
2 이상	0.1	0.1
2 미만 0.5 이상		0.2
0.5 미만		0.3

<표 2.21> 실링재의 설계신축율 및 설계전단변형율의 표준치(JASS 8)

내구성의 구분*1	실링재의 종 류	인 장		압 축		전 단	
		M1*2	M2*3	M1*2	M2*3	M1*2	M2*3
10030	실리콘계	20	40	20	30	30	60(40)*4
9030	실리콘계	20	40	20	30	30	60(40)*4
	변성실리콘계	20	40	20	30	30	60
	폴리설파이드계	20	40	15	30	30	60(40)*4
	아크릴우레탄계	20	40	15	30	30	60
	폴리우레탄계	20	40	15	30	30	60
9030 G	실리콘계	-(10)*4	-(15)*4	-(10)*4	-(15)*4	-(20)*4	-(30)*4
8020	변성실리콘계	15	30	15	20	20	40
	폴리설파이트계	15	30	10	20	20	40(30)*4
	아크릴우레탄계	15	30	10	20	20	40
	폴리우레탄계	15	30	10	20	20	40
7020	폴리우레탄계	15	30	10	20	20	40
	아크릴계	10	20	7	15	15	30
	SBR계	10	2	7	15	15	30
7010	아크릴계	7	015	5	10	10	20
	SBR계	7	15	5	10	10	20
7005	부틸계	3	-	3	-	3	-
-	유성코킹재	1	-	1	-	1	-
비 고	주) *1 JIS A 5758(건축용 실링재)의 구분에 의함 *2 M1은 온도에 의한 거동을 고려한 경우 *3 M2는 바람·지진·진동에 의한 거동을 고려한 경우 *4 ( )는 블리딩의 경우						

<표 2.22> 커튼월 부재 접합시의 줄눈폭 허용차의 표준치(JASS 14)

항 목	금 속 제 커 튼 월	알루미늄 합 금 제 커 튼 월	프리캐스트 콘크리트 커 튼 월
줄눈폭의 허용차(mm)	±3	±5	±5

다. 줄눈설계 기준

줄눈설계시 조인트의 거동, 피착체의 재질과 그 크기, 온도변화, 층간변위, 줄눈폭과 깊이, 2면접착, 줄눈치수의 최대 최소한도, 충전방법 등을 고려하지 않으면 안된다.

조인트의 움직임은 온도변화의 범위, 접합부재의 열팽창계수, 부재의 길이, 고정방법 및 붙임시기와 더불어 풍압, 지진등에 의한 층간변위에 따라 결정한다. 또한 최대비틀림량을 미리 산정하여 실링재의 허용비틀림 범위를 넘지 않도록 배려해야 한다.

같은 장소에서도 부재의 종류 및 크기에 따라 온도변화의 범위는 각기 다르므로 일본건축학회 표준시방서에는 <표 2.23>과 같이 실링재의 허용신축률을 정하고 있다.

<표 2.23> 실링재의 허용신축률

실링재의 종류	장기허용 신축율(%)*	장기허용 전단비틀림율(%)**
폴리설파이드계	± 20	± 20
실 리 콘 계		
1성분형	± 20	± 20
2성분형	± 30	± 30
우 레 탄 계	± 10	± 10
아 크 릴 계	± 5	-
C B R 계	± 5	
부 틸 계	± 2	-
유 성 계	± 1	-

* 신축전의 줄눈폭에 대한 비율
** 비틀림전의 줄눈폭에 대한 비율

이와같이 실링재는 그 재료에 필요이상의 응력이나 비틀림을 일으키지 않고 장기간 경과후에도 안정된 성능을 유지하도록 설계하는 것이 중요하다.

<표 2.24>는 일반 실링재의 최소·최대 줄눈치수를 나타낸 것이다.

<표 2.24> 줄눈치수(단위:mm)

실링재의 종류	줄 눈 치 수	
	최대폭×깊 이	최소폭×깊 이
폴리설파이드계	25×15	10×7(6×6)
실 리 콘 계	25×15	5×5(4×5)
우 레 탄 계	20×10	10×7
아 크 릴 계	25×15	10×10
S B R 계	30×15	10×10
부 틸 계	20×20	10×10
유 성 계	20×15	10×10

5. 실링재 선택의 일반지침

실링재의 적절한 사용장소에 대한 일반적인 사항은 다음과 같다.

(1) 탄성형 실링재

- 접합부의 형상이 성형된 곳

(2) 비탄성형 실링재

- 원형 또는 방형의 단면
- 충전부위의 변위가 적은 곳
- 온도변화가 적은 곳
- 줄눈폭이 10mm 이하인 곳

(3) 용제형 실링재

- 실링재가 10~20%정도 수축하여도 무방한 곳

(4) 2성분형 실링재

- 큰 변형이 예상되는 곳
- 큰 줄눈폭(25mm까지 가능)이 요구되는 곳
- 커튼 칸막이 구조의 줄눈부, 샷시둘레, 접합이음부 등

제 7 절 방수제의 품질기준

KS규격에는 방수재료중 몇가지 항목에 국한하여 시험방법 및 규격을 정하고 있으나 이중 일부는 현장여건이나 부위별 성능에 대한 검토없이 규정된 것도 있으므로 이에 따른 시험결과 뿐만 아니라 현장경험과 구조물이 처한 구조적·환경적 특성을 고려하여 적정한 재료선택 및 면밀한 시공이 결부되어야 할 것이다. 다음 <표 2.25>는 KS 및 JIS에 규정된 방수재료의 종류를 나타낸 것이다.

<표 2.25> 방수재료의 시험규격

재 료 명	시 험 규 격
지붕용 도막방수제	KS F 3211, JIS A 6021
방수공사용 아스팔트	KS F 4052, JIS A 6011, JIS K2207
아스팔트 펠트	KS F 4091, JIS A 6002
타르 펠트	- JIS A 6005
아스팔트 루핑	KS F 4092, JIS A 6006
스트레치 아스팔트 루핑	KS F 4904, JIS A 6022
구멍뚫린 아스팔트 루핑	KS F 4905, JIS A 6023
모래붙인 루핑	KS F 4906, JIS A 6007
개량 아스팔트 시트	KS F 4917, JIS A 6013
합성고분자 루핑	KS F 4911, JIS A 6008
보강 합성고분자 루핑	KS F 4912, JIS A 6009
직조망 아스팔트 루핑	KS F 4913, JIS A 6012
건축용 실링재	KS F 4910, JIS A 5758(5757)

한편, 모르터 방수제에 대한 규격은 1968. 8.10(KS F 2452)로 규정되었으나 1977년 5월 20일에 폐지되어 현재는 규격이 없이 수요자 입장에서 나름대로 자체 성능기준으로 품질관리를 하고 있으나 불합리한 경우가 많다. 또한 도막방수재료에는

역청질계, 합성수지계, 합성고무 및 기타 유기·무기질 재료가 있으나 시험방법 및 규격은 지붕용 도막 방수재(KS F 3211)에 규정된 것 이외에는 관련 규정이 없다. 특히 무기질의 침투용 도막방수제에 대해서는 KS 뿐만 아니라 외국규격에도 적합하게 명시된 것이 없다.

제 3 장 발전소 구조물의 방수관련 특성

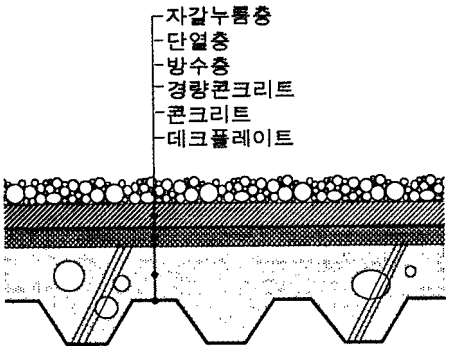
제 3 장 발전소 구조물의 방수관련 특성

제 1 절 구조적 특성

1. 벽체, 지붕 및 옥상

가. 평면부

벽체, 지붕 및 옥상방수에서의 평면부라고 하면 주로 우수에 노출되는 옥상 슬래브를 말하며 옥상 슬래브는 방수 측면에서 볼 때 크게 방수바탕, 방수층, 보호층으로 나뉜다.



(그림 3.1) 터빈 건물 옥상방수 단면 예

(1) 방수바탕

발전소 구조물 중에서 터빈 건물 옥상 슬래브는 경간이 매우 길고 넓은 평면을 가지고 있으며 발전소마다 다소 차이는 있으나 보통 (그림 3.1)과 같이 데크 플레이트 위에 비교적 얇은 두께의 무근 또는 경량 콘크리트로 되어 있다. 옥상 슬래브의 이러한 특성으로 인하여 바람, 사람의 보행, 기계설비의 추가설치 및 작동 등에 의

해서도 비교적 큰 변위의 진동이 유발된다. 이와 같은 진동은 장기간에 걸쳐 반복되므로 결국 방수바탕 및 방수층을 열화시키게 된다.

방수바탕의 열화중에서 균열은 방수층을 파단시켜 누수의 원인이 되는데 바탕 슬래브의 균열폭과 방수층의 피해정도와의 관계는 아직 명확히 밝혀지지 않았지만 아스팔트 적층 방수에서는 대략 0.5mm 이상의 폭을 가진 균열은 방수층 파단의 위험성이 높다.

(2) 방수층

(그림 3.1)과 같이 옥상 방수층 아래에는 경량 콘크리트가 타설되어 있는데 경량콘크리트는 공극이 많으므로 터빈 건물에서처럼 내부온도가 높아 방수층 바탕이 열을 받게 되면 공극속의 공기나 수분이 팽창하고 팽창된 수증기는 공극을 통해 상향의 방수층 방향으로 이동하게 되며 방수층에 이르게 되면 더이상 이동하지 못하고 방수층에 수직방향으로 압력을 가하게 된다. 가해진 수증기압에 의해서 비교적 접착력이 약한 부위에서 먼저 들뜸현상이 발생하고 들뜸공간은 점차 확대된다. 보호누름층이 있는 경우에는 보호누름층이 이 압력에 어느 정도 대응하므로 방수층의 들뜸이 비교적 덜 발생하게 되나 보호누름층이 손상을 입은 부위는 점차 커지는 수증기압에 의해서 들뜸현상이 발생된다. 일단의 들뜸부위가 발생되면 그 부분에 갇혀 있는 수분이 일교차에 따른 기온강하에 의해서 주위의 수분을 흡수, 응결되고 다시 기온상승이 되면 확대 팽창된다.

이렇게 발생하게 된 들뜸부는 (1)항에서 언급한 대로 진동이 심한 옥상슬래브에서 방수층 상하 접착이 완전밀착되지 않은 경우, 진동의 반복으로 생기는 구성층별 미소변위차에 따라 방수층의 바탕으로부터의 분리는 더욱 심해진다.

이러한 들뜸부는 적절히 보수하거나 보호하지 않으면 옥상보행, 옥상설비작업시의 충격에 의해 파손되기 쉬우며 이 경우 파손된 방수층 부위를 통하여 들어온 물은 옥상방수층의 들뜸부 면적을 더욱 넓게 하고 구조체에 균열 또는 홈이 있을 경

우 건물내부로 누수된다. 그러므로 방수층 전면에 들뜸이 발생하게 되면 방수층을 전혀 설치하지 않은 경우보다 누수가 심할 수도 있다.

(3) 보호층

일반적으로 옥상방수체계에서 보호층의 역할은 다음과 같다.

① 외기에 의한 방수재료의 경화현상 지연

② 직접적인 외부충격에 대한 방수층의 보호

③ 보호층 자중에 의한 들뜸현상 감소

발전소의 옥상방수체계에서 보호층은 재료적 측면에서 볼 때 콩자갈 누름층과 보호콘크리트 및 보호모르터를 타설한 유형으로 분류할 수 있다.

콩자갈 누름층의 경우는 시공초기에는 비교적 균일한 두께로 옥상평면에 골고루 분포되어 있으나 시간이 경과함에 따라 강한 바람과 강우에 쓸려서 초기의 균일한 상태를 유지하지 못하고 한쪽으로 쌓이거나 유실되는 경향이 있으며 콘크리트나 모르터 보호층의 경우는 건조수축, 진동 및 외기의 온도차에 의한 신축균열 등이 발생하고 반복되는 이들 작용에 의해서 박리 또는 탈락현상이 발생하기도 한다. 또한 보호층에 심각한 손상이 발생하지 않은 상태에서 누수발생시 보호층의 처리없이 누수경로를 추적하기는 상당히 어려우며 누수경로를 추적하기 위하여 인위적으로 보호층을 제거하기에는 여러가지 여건에 의해 무리가 따르게 된다.

나. 수직부

벽체, 지붕 및 옥상방수에서 수직부라 하면 주로 외벽, 파라펫, 옥탑(Pent House), 옥상설비기초 등을 이르며 다음과 같은 특성이 있다.

(1) 외벽 및 파라펫

외벽 및 파라펫은 구조특성상 두께가 얇고 표면적이 큰 부재에 해당하며 부재크기에 비해 비바람에 노출되는 면적이 매우 크다. 특히 파라펫은 일교차에 의한 수

축·팽창, 외력, 구조물의 거동 등에 의해 다른 부재보다 상대적으로 균열발생이 비교적 많은 편이다.

실제 파라펫 상부 및 내민부분 등의 균열로 인한 누수가 벽체, 지붕 및 옥상방수 실패사례중 많은 부분을 차지한다. 현재 발전소 구조물 중에서 터빈 건물은 두겁, siding, flashing 등으로 파라펫이 보호되어 있어서 파라펫 자체의 결함이 누수의 원인으로 작용하는 경우가 덜하지만 그 주변의 보조건물(Auxillary Bldg.)들은 터빈 건물과는 달리 그러한 보호물들이 없는 경우가 많으므로 파라펫에 발생한 균열, 박리 등의 구조체 열화가 방수성능에 직접 영향을 준다.

siding이 철재 판넬로 구성되어 있는 구조물의 경우 여러 가지 요인에 의해 발생하는 siding 고정볼트부 이격과 판넬 겹침부분의 벌어진 부분을 통해서 우수가 침투되며 siding이 없는 콘크리트 벽체의 경우 균열, 박리 foam tie 구멍 및 타설이음면을 통하여 누수가 발생하는데 그것은 콘크리트에 미세균열이 있기 마련이고 타설이음부가 일체화되기 어려우며 form tie 구멍도 밀실하게 충전되기 힘들기 때문이다.

(2) 두 겁

터빈 건물의 경우에는 파라펫 상부에 수십미터에서 백여 미터나 되는 길이에 걸쳐 일정한 단위길이로 중첩연결된 금속제 두겁이 파라펫 상부에 설치되어 있으므로 열팽창에 따라 이음부에 큰 국부응력이 발생한다. 이렇게 발생한 응력은 이음부의 실링재와 연결철물을 손상시키거나 볼트구멍을 넓히는 등 누수의 원인이 된다.

(3) 방수말단부

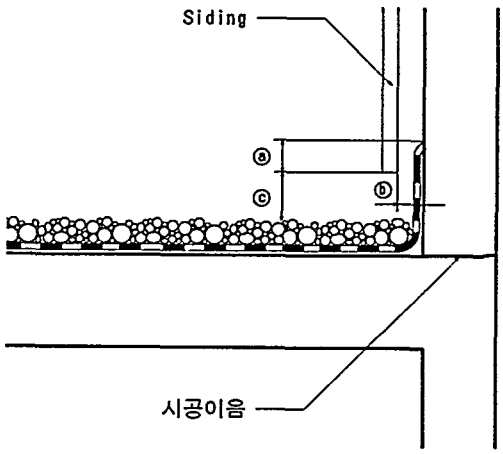
관통부와 두겁연결부, 절곡부 등의 방수말단부는 기밀처리의 어려움으로 인해서 누수발생의 취약부가 된다. 또한 시공당시에 기밀하게 했을 경우에도 서로 다른 부재요소들의 상이한 거동에 의해서 물리적인 열화현상이 촉진되기 쉬우며 관통부의 경우는 통과하는 배관들의 열작용에 의해서 충전재, 실링재들이 쉽게 열화되므로써

우수의 침투경로가 되기 쉽다. 따라서 방수말단부의 처리는 평면부나 수직부처럼 비교적 방수면 처리가 평이한 부분과 달리 추가적인 보완장치가 필요하다.

(4) 방수층 치켜올림부

치켜올림부는 일반적으로 평면부의 방수층이 수직부로 연결되어 방수층의 끝단을 형성하는 부위로써 대부분 수직단면으로 처리되므로 기밀한 처리가 되지 않을 때는 쉽게 우수가 침투되는 부위이다. 발전소 건물의 벽체 중 많은 부분은 siding 판넬로 구성되어 있으며 siding 판넬로 구성되지 않은 콘크리트 또는 조적조로 구성되어 있는 벽체라도 물끊기 홈이나 덮개 등을 설치하여 치켜올림부가 완전히 표면에 노출되지 않도록 하고 있다.

siding 판넬로 구성된 벽체의 경우 수직방수층의 방수효과를 위해서는 (그림 3.2)에서 보는 바와 같이 ⓐ는 크고 ⓒ는 작을수록 좋으나 보수할 경우 siding을 해체할 수 없다면 ⓑ, ⓒ를 크게 하고 ⓐ를 작게하는 것이 유리하다. 실제 구조물에서는 ⓐ가 너무 작아 우수가 침투하거나 ⓑ가 너무 작아 보수시 방수층의 말단을 siding과 파라펫 사이로 올리지 못하고 siding 외부로 마감하여 우수가 siding을 타고 흘러내리거나 바람에 날려서 스며들어 누수의 원인이 되는 경우가 있다.



(그림 3.2) 방수층 치켜올림부의 상세

한편 ⓑ가 너무 큰 경우에는 바람의 영향을 받아 siding 혹은 siding 연결 철물이 손상되거나 빗물이 상승하여 파라펫 벽면을 통해 누수가 될 수 있고 ⓒ가 너무 큰 경우에는 적절히 보호되지 않으면 방수층 수직부가 노출되어 쉽게 열화되거나 파손될 수 있다. 특히 파라펫 하단에 배수로가 있을 경우 물흘림 경사가 부족하여 물이 고이면 방수층 열화와 누수의 가능성은 더욱 커진다.

(5) 관통부

발전소의 옥상과 벽체는 여러가지 기계적인 배관들이 관통하는 부위가 많다. 이들 관통부는 통상 구조물의 거동과는 일체화되지 않고 기계 본체에서 발생하는 진동에 의하여 상이하게 거동하기 때문에 관통부위에서의 방수처리가 상당히 어렵다. 보통의 관통부는 본 구조체와 사이를 충전재, 완충재로 채우고 노출되는 부분은 실링처리를 하나 일부의 경우는 관통 틈새를 그대로 방치한 상태로 남아 있는 경우가 있다.

또한, 파이프를 옥상으로부터 충분히 길게 내민후 굴곡하지만 배출된 증기와 열을 막아주는 덮개가 옥상 방수부위에 없어서 관통 파이프에서 증기 또는 열이 배출될 때 그 열이나 증기가 직접 방수층 또는 방수보호층에 배출되어 방수층이나 보호층이 열화(특히 아스팔트 방수층 위에 자갈누름층을 설치한 경우)된 경우도 있다.

관통파이프의 방수층 치켜올림부는 수직부 안쪽모서리와 마찬가지로 모서리 부분이 완전 밀착되게 시공하기 어렵다. 따라서 열화도 다른 부위보다 빠르고 공간이 좁으므로 보수작업에 어려움이 따른다.

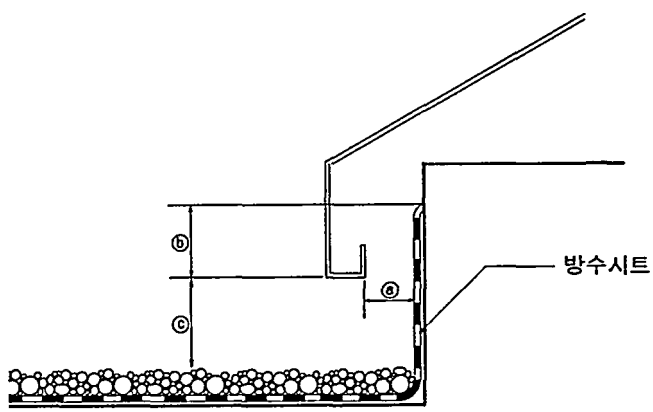
이들 관통부 중에서 건설 당시에 설계시공된 경우에는 방수공사시 관통부를 고려하여 시공하므로써 비교적 문제점은 덜하나 완공후 추가로 관통부를 설치할 경우는 관통부 설치작업시 주변에 충격을 가하여 방수층을 손상시키거나 시공당시의 방수재료와 상이한 재료를 사용하여 그 부위를 보수하므로써 이질 재료간의 부조화로

그 주변의 방수기능을 상실하는 경우가 있다.

(6) 옥상설비

터빈 건물의 옥상설비는 설비 자체가 옥상에 지속적인 적재하중으로 작용하며 대부분 진동을 발생하는 기계들로 구성되어 있어서 옥상설비 주변의 방수처리가 완벽하게 되지 못할 경우 쉽게 누수가 발생한다. 또한 옥상 슬래브 자체가 상당한 하중을 감당하는 구조체가 아니고 최소한의 하중만을 감당하는 경구조체로 볼 수 있으므로 옥상설비의 하중이나 진동이 지속적으로 주변에 가해지면 주변 방수층의 내구성은 상당히 떨어지게 된다.

옥상설비의 가장자리 부분은 (그림 3.3)에서 보는 바와 같이 ⓐ 및 ⓒ가 충분하지 못하여 보수가 불가능한 경우가 발생할 수 있고 ⓑ가 충분치 못한 경우에는 파라펫에서와 마찬가지로 우수가 상승하여 누수의 요인이 될 수 있다. 반면 ⓒ가 너무 크면 방수층 치켜올림부의 노출면적이 커지므로 방수층 및 이음부분 등의 열화가능성이 더욱 커진다. 터빈 건물의 경우 진동이 심하므로 옥상설비의 기초처리가 정밀하지 못한 경우 설비의 기초파손에 의한 방수층 파괴가 생길 수 있다.



(그림 3.3) 옥상설비 기초부의 방수상세 예

다. 모서리부

모서리는 귀퉁이, 모퉁이 및 바닥모서리 등으로 나눌 수 있다.

귀퉁이는 안쪽모서리를 말하며 이 경우 모서리 안쪽에 방수층이 완전히 밀착되지 않아 방수층과 방수바탕 사이에 공간이 생겨서 파손되기 쉬우며, 모퉁이의 경우 방수층이 직각으로 꺾이는데 siding, flashing 등의 적절한 보호장치가 없는 경우 직각으로 꺾인 모서리 부분이 옥상작업, 풍우, 햇빛 등에 의해 다른 부위보다 먼저 열화될 수 있다.

시트방수인 경우에는 관통부와 함께 안쪽모서리, 모퉁이 부분 등의 이음을 처리하는 것이 가장 어려운 문제인데 이 부분을 효율적으로 처리할 수 있는 마감상세가 별로 개발되어 있지 않은 상태이다.

모서리 부분에는 직각으로 꺾이는 부분의 공간발생을 억제하기 위하여 일반적으로 삼각형 단면의 나무 cant부를 설치하여 방수층의 밀착이 양호하게 유지될 수 있도록 하고 있으나 직각이 아닌 우각으로 절곡각도를 완화시킬 뿐, 굴곡부의 재료신축이나 내부공기층의 확산, 부풀림 등에 의해서 들뜨게 되고 결국은 누수에 대한 취약부가 된다.

라. 이음부

이음이라고 하면 신축이음(Expansion Joint), 시공이음(Construction Joint), 구조분리이음(Structural Joint), PC부재의 이음 등으로 나눌 수 있으며 이들 각각은 다음과 같은 특성이 있다.

(1) 신축이음(Expansion Joint)

구조물의 신축이음부에서 발생하는 신축작용은 일교차에 의해서 발생하는 신축량이 작으며 반복주기가 짧은 것과 연교차에 의해서 발생하는 신축량이 크며 반복주

기가 긴 것으로 나눌 수 있다. 연교차에 의해서 발생하는 신축은 진행속도가 비교적 느리므로 신축이음부에 적용되는 방수재료, 충전제, 실링재 등의 적응성은 별로 문제시 되지 않으나 반복주기가 빠른 일교차에 의한 반복신축작용은 방수층에 피로응력을 주게 되어 열화를 촉진시킨다. 시간이 경과하면서 실링재의 수축팽창운동, 그에 따른 실링보호재의 피로거동 및 벌어진 틈 사이로 들어간 빗물, 바람 등에 의한 각종 물리적, 화학적 작용에 의해서 신축줄눈 이음부의 실링재와 실링보호재가 열화된다.

(2) 시공이음(Construction Joint)

구조물 건설시 전체 콘크리트를 일체로 타설할 수 없으므로 구조적으로 응력부담이 적은 곳에서 끊고 이어치기를 하는데 이 이어치기면이 시공이음이다. 시공이음은 신, 구콘크리트의 접착이 일체화되기 어려우므로 외벽누수의 주원인 중의 하나이며 파라펫과 슬래브의 이음면 길이가 길면 이어치기면에서 누수가 될 가능성은 높아 진다.

일반적으로 시공이음면에는 지수판(Waterstop)을 설치하여 접착면의 미세 틈새를 타고 들어올 수 있는 우수를 차단한다. 지수판은 구콘크리트 타설시 미리 매입되며 구조물에 따라서는 철근배근에 따른 시공여건의 불량으로 설치하지 못하는 부분도 있기 때문에 전체적으로 볼 때 시공이음부는 누수취약부이다.

(3) 구조분리이음 (Structural Joint)

RC구조와 철골구조의 이음부 등 서로 다른 구조방식의 구조물이 접합되는 경우 혹은 분리된 두 구조물의 접합시 이음부를 경계로 두 구조부위의 거동이 차이가 있으므로 이것을 흡수하기 위해 이음부를 설치하고 있는데 이러한 구조물간의 이음은 방수성능에 미치는 구조적 특성면에서 볼 때 신축이음과 매우 유사하다.

발전소 구조물에서는 Reactor 건물과 터빈 건물의 연결이음부 및 터빈 건물과 주변 보조건물들의 연결이음부에서 특히 구조분리이음을 많이 볼 수 있으며 이부위의

실내면이 기계설비실, 사무실 공간 등으로 활용될 경우, 누수시 피해영향이 있는 부분이 있으며 공간활용이 별로없는, 방수적 측면에서 별로 의미가 없는 부분도 있다. 또한, 지진을 대비한 완충공간인 Seismic Gap도 여기에 속한다고 볼 수 있다.

(4) PC부재의 이음

PC부재의 경우 공장생산된 부재들을 현장에서 접합하므로 접합부의 일체성 확보가 가장 큰 문제인데 이는 단지 접합부의 강도확보 뿐만아니라 방수성능 확보의 측면에서도 매우 중요하다. 일반적으로 PC부재의 이음은 시공이음과 유사한 특성을 가진다.

마. 기 타

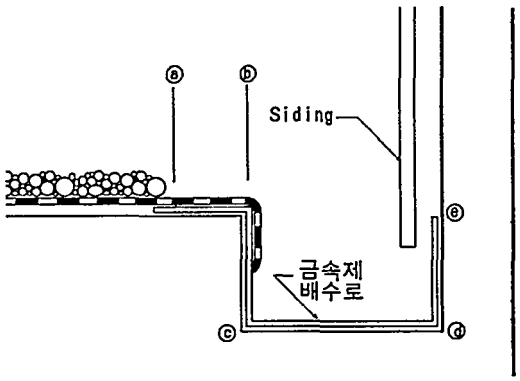
(1) 루프 드레인 (Roof Drain)

자갈보호층을 설치할 경우 자갈의 입경이 작으면 빗물, 바람 등에 의해 루프 드레인 안으로 유입될 수 있다. 또한 정기적인 점검을 소홀히 하는 경우 바람에 날려왔거나 옥상작업 후 버리고 간 오물 등이 바람, 빗물 등에 의해 루프 드레인의 배수능력을 손실시킬 수 있다.

루프 드레인 주위에서 방수층 부풀림에 의해 자갈이 밀려나거나 물이 잘 배수되도록 하기 위해 자갈층을 제거하는 경우가 있는데 이렇게 되면 방수층이 일사에 노출되어 연화 또는 경화되는 등 방수성능을 저하시키는 요인이 될 수 있다. 또한, 바탕콘크리트에 매입되는 루프 드레인 본체 부근의 방수마감상태가 대부분 불량하여 준공후 얼마 지나지 않아 침하가 발생한 곳이 많다. 특히 보호층이 자갈 누름층인 경우 단차 및 이격에 의해서 방수층과의 접착불량이 심하다.

(2) 배수로 (Trench)

배수로를 설치할 때 보호층이 자갈인 경우 (그림 3.4)에서 보는 바와 같이 자갈층을 ⓑ까지 설치하면 배수로로 자갈이 흘러 내리고 ⓐ까지 설치하면 ⓐ-ⓑ구간은 햇



(그림 3.4) 배수로의 단면상세 예

빛, 보행 등의 이유로 방수층 열화가 심하게 된다.

ⓒ-ⓓ부분은 배수로의 구배가 적당하지 않을 경우 항상 물이 고여 있게 되므로 불리하다. ⓓ-ⓔ구간은 보수시 siding 안쪽으로 방수층 올림을 해야 하는데도 siding과 파라펫과의 틈새가 좁아서 방수층 말단부를 siding 위에 붙이고 끝내는 경우가 있다. 이때 siding은 단면에 요철이 있는 골철판이므로 방수실링재와의 사이에 쉽게 틈새가 생겨 누수요인이 된다.

발전소 터빈 건물 옥상의 배수트렌치 부분은 대부분 방수층이 ⓑ에서 끝나지 않고 ⓔ까지 연결되어 있으나 이 경우 보호층이 없고 물이 많이 고이거나 흐르는 ⓐ-ⓔ구간은 방수층이 열화되기 쉬우므로 siding부분의 상세가 충분히 보수를 위해 설계되지 않으면 시공·보수성을 고려하여 내식성, 내후성이 우수한 금속제 배수로를 제작하여 설치하는 것도 배수로의 방수설계에 있어서 좋은 방법의 하나일 것이다.

2. 지하 구조물

가. 버림 콘크리트

일반적으로 발전소 구조물은 규모가 대단히 크며 구조적 안전성이 중요시된다. 기초 바닥면은 흙으로 구성된 지층을 모두 개착, 제거한 후 목적하는 기초 안착면

이하로 암반층을 굴착한 후 정지작업을 한 다음 그 위에 기초를 형성한다. 기초콘크리트를 타설하기 위해서는 굴착된 암반층을 고르고 설계된 구조물의 기초위치 이하로 굴착된 부분의 요철면을 메우는 저강도 콘크리트를 타설하는데 이것을 버림 콘크리트라고 한다.

이 버림 콘크리트는 지층에 안착되는 소규모의 구조물과는 다르게 발전 구조물에서 특별히 수맥이 형성된 암반층에 타설되는 경우를 제외하고는 암반층으로부터 계속 물을 공급받는 환경에 처하지는 않는다. 그러나 구조물 완성 후 기초의 외곽 가장자리부는 굴착 후 되메움되는 지표층으로 유입되는 우수나 지층에 상존하게 되는 지하수와 항상 접하게 된다.

발전소 구조물의 바탕 콘크리트는 이렇게 유입된 물을 일차적으로 차단하는 기능을 가진 일반의 저강도 또는 저급 콘크리트를 타설하는 경우와 통수가 가능한 기공 콘크리트(Porous Concrete)를 타설하는 경우가 있으며 기공 콘크리트를 타설하는 경우에는 기공 콘크리트층 위에 방수층을 형성하여 본체 기초(Bottom of Foundation)또는 벽체에 대한 누수를 방지한다.

(1) 보통 버림 콘크리트 (Lean Concrete)

버림 콘크리트는 암반층의 면을 고르고 기초 바닥의 배근작업과 기초 콘크리트 작업이 원활하게 될 수 있도록 타설하는 콘크리트로서 구조물 본체 콘크리트보다는 저강도이고 저급인 콘크리트로 한다. 그러나 버림 콘크리트가 허술할 경우 본체 기초 작업이 수월하지 않게 되며 방수 측면에서 볼때 일차적인 방수 기능을 발휘하기 힘들다.

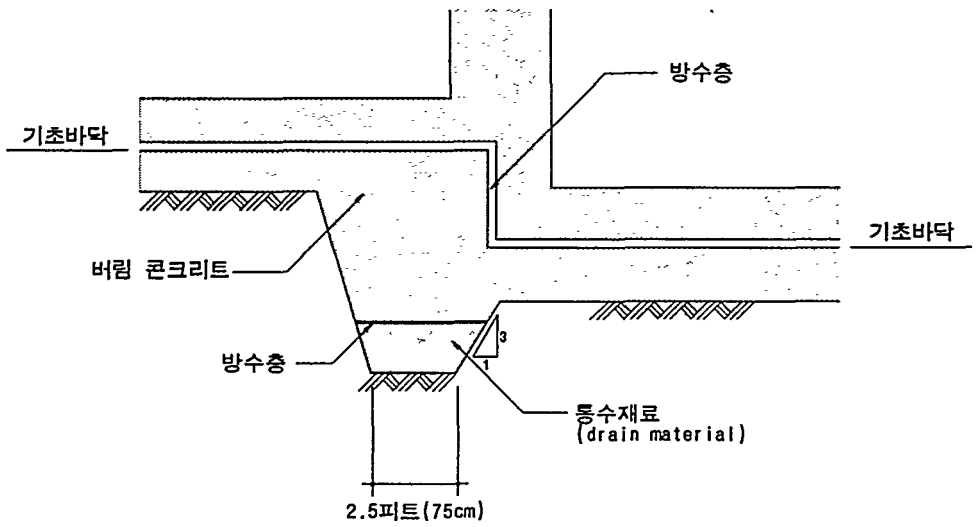
통수가 가능한 기공 콘크리트를 채택하지 않고 일반 콘크리트를 버림 콘크리트로 채택할 경우는 버림 콘크리트를 일차적인 방수층으로 여겨서 가장자리를 제외하고는 별도의 방수층을 두지 않는다. 따라서 일반 버림 콘크리트의 경우는 콘크리트의 설계강도 범위에서 가능한 수밀 콘크리트가 되도록 해야한다.

보통의 버림 콘크리트가 기초바닥면에 타설될 때는 되메움 후 지하수위를 낮추고 기초바닥면 주위의 배수를 위해서 기초바닥면의 가장자리에 구멍뚫린 배수관을 설치하여 지하바닥면에서 지하수의 유로를 미리 형성한다. 이것을 일반적으로 지하배수체계(Dewatering System)이라고 하며 배수관로가 지나가는 부분은 버림 콘크리트 바닥면에 방수층을 형성한다.

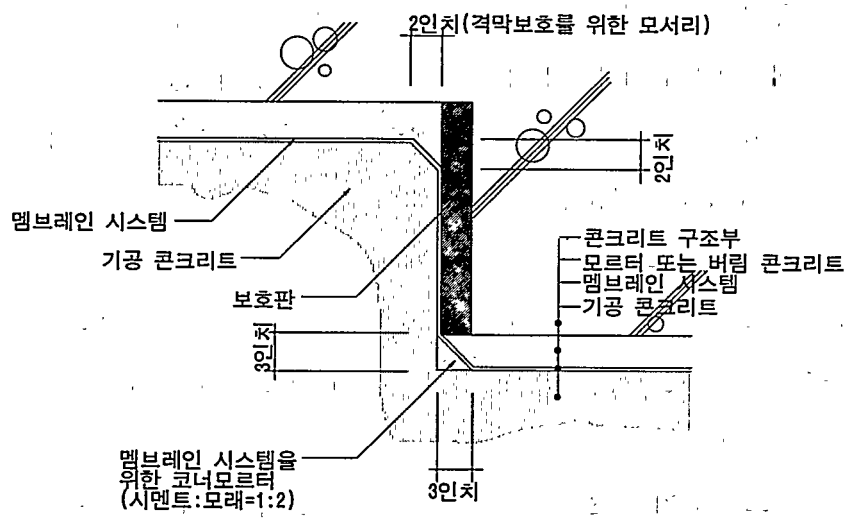
(2) 기공 버림 콘크리트 (Porous Lean Concete)

기공 콘크리트도 일반 버림 콘크리트와 마찬가지로 기초 바닥의 정리작업의 일환으로 사용되며 버림 콘크리트 사이로 물의 흐름이 있도록 한 것이 일반 버림 콘크리트와의 차이점이다.

버림 콘크리트로서 기공 콘크리트를 채택할 경우는 지층이나 암반층을 굴착한 후 되메움한 부분을 통해서 침투되는 우수나 지하수맥에서 흘러 들어온 물을 바닥면의 낮은 곳으로 유도하여 펌프로 퍼올려서 배수시키는 체계를 형성한다.



(그림 3.5) 일반 버림 콘크리트층



(그림 3.6) 기공 버림 콘크리트층

기공 콘크리트층에서의 배수방법은 되메움층에 물의 침투가 상당히 많아서 지하수압이 발생하면 지하수의 흐름을 기공 콘크리트를 통해 낮은 부분으로 통수되게 한 다음 펌프로 퍼올리는 형태를 취한다. 따라서 보통 버림 콘크리트와는 달리 별도의 배수유도로를 형성하지 않고 기공 콘크리트 사이에 통기 파이프를 연결하여 배수한다. 기공 콘크리트층을 형성한 다음에는 본체 기초 콘크리트를 타설하기 전에 방수시트로 감싸서 기공 콘크리트와 기초 콘크리트 사이에 방수층을 형성하게 된다.

(그림 3.5)와 (그림 3.6)은 원전구조물중 버림 콘크리트 처리의 전형적인 2가지 형태이다.

나. 보호판

지하구조물에서 보호판은 노출된 지상의 방수층과 다르게 방수층을 형성하고 난 다음, 되메움 작업시의 방수층을 보호하는 구성요소로서 일반적으로 폴리수지계열

의 재료가 많이 사용되고 있다. 보호판을 뚫고 방수층이 찢기거나 변형이 발생되면 그 부분으로 지하수가 침투하여 누수가 발생한다.

다. 방수층

지하구조물의 방수층을 형성하는 체계는 콘크리트의 형태에 따라 달라진다. 발전구조물에서 버림 콘크리트가 기공 콘크리트인 경우는 버림 콘크리트층 위에 방수시트를 접착시키고 본 구조체의 바닥 콘크리트(Bottom Concrete)를 타설하며 기공 콘크리트가 아닌 일반 콘크리트를 버림 콘크리트로 할 경우는 별도의 방수층이 생략되고 일차적으로 버림 콘크리트로 방수역할을 하며 다음에 바닥 콘크리트 자체의 수밀성을 유지하여 방수층을 형성하는 체계로 구성되어 있다.

발전소 구조물의 전체적인 규모가 거대함에 따라 바닥 기초의 규모 또한 상당한 두께의 매스 콘크리트로 형성되며 두꺼운 바닥 콘크리트가 수밀하게 타설되면 일반적인 경우 누수되지는 않는다. 그러나 매스 콘크리트는 양생기간 동안 높은 수화열이 발생되며 적절하게 수화열을 제어하지 못할 경우 균열발생의 위험이 있다. 또한 철근콘크리트조의 발전소 구조물은 철근 배근이 복잡하여 수밀한 콘크리트 타설이 힘들어 시공시 충분한 주의를 기울이지 않으면 내부 공극이 많이 생겨 방수의 취약부분이 될 수 있다.

라. 불량 시공이음 (Cold Joint)

발전소 구조물의 바닥기초를 비롯한 벽체의 콘크리트 타설시 한꺼번에 한 부재요소를 타설할 수는 없다. 따라서 이미 타설한 부분과 후속 타설할 부분 사이에는 완벽한 이음접합이 어렵다.

불량 시공이음(Cold Joint)은 구조체의 부재 중에서 연속성을 확보해야만 하는 부재에서는 발생되어서는 안되며 방수적 측면에서는 가장 취약한 부분이기도 하다.

그러므로 지하구조물의 시공이음부는 콘크리트 타설계획시 미리 시공이음 접합면을 설정한 후 콘크리트를 타설하며 누수를 방지하기 위해서 신·구 콘크리트 타설면에 지수판(Waterstop)을 설치하는 것이 일반적이다.

마. 구조분리이음 (Structural Joint)

발전소 구조물은 구조적 안정이 상당히 강조되는 구조물로서 각종 발전설비의 가동시 발생되는 진동과 지진발생시 충격전달을 최소화시키기 위해서 비교적 많은 구조분리이음을 갖고 있다.

격납건물과 연결된 부속건물들 사이는 구조분리이음으로 연결되어 있으며 이 구조분리이음은 콘크리트로 덮여져 있지 않는 유일한 부분으로 지하수가 직접 구조물 안으로 통할 수 있는 유일한 통로이다. 보통의 경우 구조분리이음 처리는 내부의 경우 충전재로 채우고 중간에 지수판을 설치하며 표면에 노출되는 부분을 실링재로 마감처리하는 것이 전형적인 신축이음부의 방수체계이다. 그러나 이러한 방수체계는 마감처리에 사용되는 실링재의 내구한계가 있고 채움재의 기공을 따라 바닥에서부터 지하수가 흡입되는 등 구조적 특성상 상당한 누수요인을 갖고 있다.

바. 벽 체

기존 지하구조물의 벽체 부분은 대부분 시트로써 방수층을 형성하고 있으며 방수층의 손상으로 인하여 지하수의 유입이 발생하더라도 원전구조물의 경우 격납건물의 두께가 상당히 두껍고 다른 보조건물의 지하에 매몰된 벽체의 경우도 비교적 두꺼운 철근 콘크리트로 되어 있으므로 수밀한 콘크리트가 타설된다면 누수에 대한 위험이 상당히 감소된다.

격납건물 벽체는 두께가 상당히 두꺼워서 매스 콘크리트의 특성을 지니며 벽체 내부는 텐던에 의해 강한 프리스트레스를 받고 있기 때문에 균열 발생시 균열 진전

이 억제되며 누수가 쉽게 일어나지 않는다. 기타 부속건물의 벽체는 일반 보통의 철근 콘크리트의 특성을 지닌다.

사. 텐던 갤러리 (Tendon Gallery)

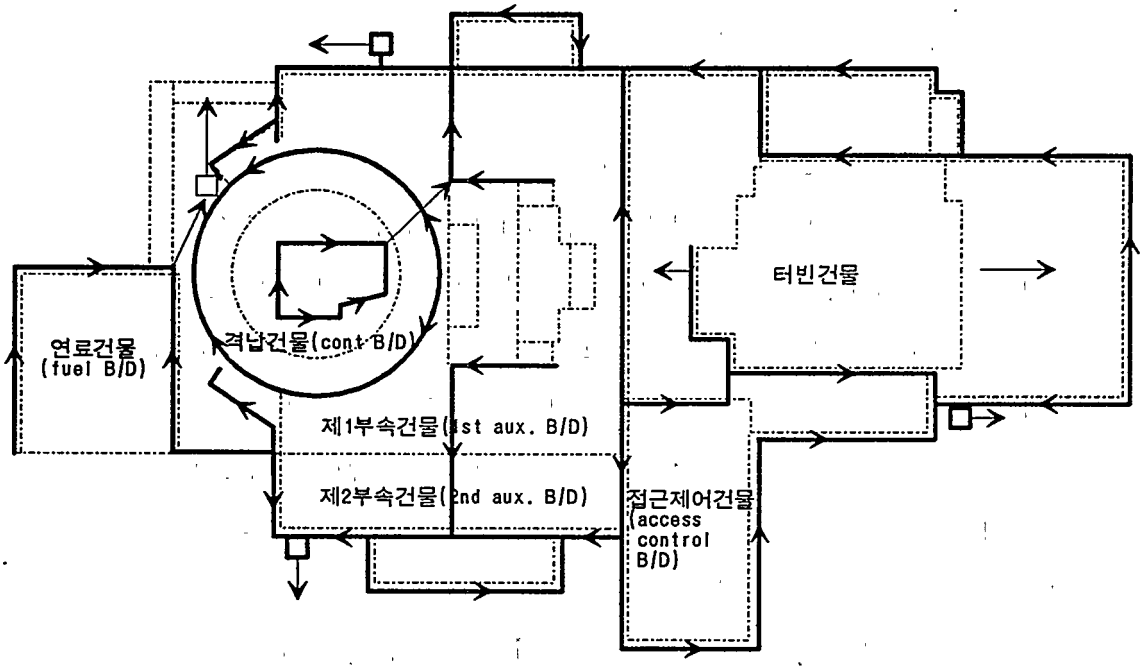
텐던 갤러리의 설치 목적은 격납건물에 설치된 수직 텐던의 정착단 역할을 하고 텐던의 설치형태가 쉬스 속이 그리이스로 채워진 Unbonded Type일 경우는 프리스트레스 응력검사와 프리스트레스를 재인장하는 공간을 제공하는데 있다. 따라서 갤러리 천정은 프리스트레스에 대한 지지력만 있으면 구조적 기능면에서는 만족한다.

텐던 갤러리는 상부구조를 지탱하는 기초가 아니며 상부에 걸리는 모든 하중의 지지 기초는 별도의 바닥 콘크리트(Bottom concrete)가 그 기능을 감당한다. 그러나 텐던 갤러리는 격납건물의 전체 바닥면을 기준으로 할 때 가장 하부에 위치해 있으므로 어떤 부위보다도 지하수의 침투가능성이 높은 부위이다. 한편, 천정을 제외한 다른 부분은 RC조로 되어있다.

아. 배수 체계 (Dewatering System)

(1) 집수망

지상의 강우가 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르듯이 지하에 있는 물의 흐름도 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르기 마련이다. 지하 구조물의 경우 본체에 대한 누수방지체계가 철저하게 갖추어져 있지만 기존의 지하수맥과 되메움층을 통해서 흘러 들어오는 강우를 구조물의 바닥면에서 연속된 몇개의 흐름망을 구성하여 배수할 수 있는 별도의 배수체계를 구성하고 있다. 집수망은 지하에서 발생되는 물의 흐름을 체계적이고 효율적으로 한 부위로 모으는 집수체계이다. (그림 3.7)은 원전 구조물의 집수망 예이다.



(그림 3.7) Sump 위치와 집수망

(2) Sump 및 배수장치

집수망을 따라 설치된 통수 파이프로 스며든 지하수는 배수파이프를 통하여 집수용 우물 즉, Sump로 모이며 Sump에 집수된 물이 일정한 수위가 되면 자동적으로 배수 Pump가 작동되어 외부로 배수되게 한다.

발전구조물에서 구조물의 기초부분에서 발생되는 지하수를 배수체계(Dewatering System)를 통하여 흡입 배수시킴으로써 구조물 주위의 지하수위(Ground Water Level)을 낮추고, 강우로 인해서 발생하는 지하층의 포화상태를 완화시켜 구조물에 최대한 침투할 수 있는 물을 줄이는 역할을 Sump 및 배수장치가 한다.

제 2 절 입지·환경적 특성

1. 벽체, 지붕 및 옥상

가. 수 분

(1) 유입경로

방수층과 데크플레이트 사이의 콘크리트 내부에 포함된 수분, 또는 파손된 방수층을 통해 외부로부터 우수가 침입하여 방수층 하부에 고여있거나 경량콘크리트 공극속으로 들어간다.

(2) 영 향

시트 방수나 아스팔트 방수처럼 방수층이 방수바탕인 콘크리트 혹은 강재와 재질이 다를 경우 내부로부터 나오거나 외부로부터 침투한 습기와 수분은 방수층과 바탕사이를 격리시키게 된다. 이 경우 아스팔트 펠트나 루핑은 그 특성상 습윤조건에서 부식열화되기 쉬우므로 방수층과 바탕층에 생긴 들뜸 및 수분은 터빈 옥상의 경우 천정부의 높은 온도로 인하여 팽창, 들뜸층을 더욱 확대시키게 된다. 그리고 이 부위에 사람이나 물건의 이동에 의한 충격하중에 의해 파손되기 쉽다.

나. 열

(1) 구 분

방수층에 미치는 환경적 특성으로서의 열은 다음과 같이 구분할 수 있다.

- 외부열 (태양복사열) : 우리나라의 원자력발전소, 화력발전소는 대부분 해안에 위치해 있으므로 상당히 큰 태양복사에너지의 영향을 받는다.
- 내부열 : 터빈 건물의 경우 막대한 열에너지를 전기에너지로 변환시키는 터빈이 설치되어 있으므로 에너지의 변환과정에서 손실되는 열에너지에 의해 천정과 맞닿는 부분의 실내온도는 40℃~60℃ 이상된다.

<표 3.1>은 서울화력발전소의 터빈 건물의 층별온도와 외부온도를 측정한 값으로 천정부인 4층에서는 계절에 관계없이 거의 60℃ 수준을 유지하고 있다

<표 3.1> 서울화력 터빈 건물 온도 분포

온도 / 위치	평균온도			최고온도			최저온도			온도변화폭	
	여름	겨울	온도차	여름	겨울	온도차	여름	겨울	온도차	여름	겨울
외기	23.3	0.1	23.2	29.2	3.7	25.5	19.9	-3.6	23.5	9.3	7.3
1층 배전반	23.8	25.2	-1.4	24.5	26.5	-2.0	23.0	23.8	-0.8	1.5	2.7
4 층	59.2	62.0	-2.8	60.1	64.1	-4.0	57.6	59.6	-2.0	2.5	4.5
3 층	45.5	41.0	4.5	47.2	41.3	5.9	43.0	39.6	3.4	4.2	0.7
2 층	36.7	35.5	1.2	37.2	37.3	-0.1	33.7	33.6	0.1	3.5	3.7
1 층	32.0	28.8	3.2	32.8	29.9	2.9	31.0	27.5	3.5	2.8	2.4
지하층	28.7	24.3	4.4	30.0	26.7	3.3	26.9	22.1	4.8	3.1	4.6
지하 L.R	24.7	24.3	0.4	31.0	24.9	6.1	18.3	22.1	-3.8	12.7	2.2

(2) 열의 영향

열에 의한 방수층의 열화는 노출방수인 경우 누름보호층이 있는 경우보다 더 심한데 그 열화현상은 다음과 같다.

- 방수층의 연화
- flashing의 팽창수축 반복에 의한 실링재의 탈락
- flashing의 팽창수축 반복에 의한 고정철물 파손 및 flashing의 고정철물 구멍 확대

(3) 온도차의 영향

터빈 건물의 경우 수평부의 구조적 특성에서 설명했던 바와 마찬가지로 여름 낮의 경우를 제외하고는 일반적으로 터빈 건물 내부온도가 더 높으므로, 데크플레이트와 방수층 사이에 있던 수분은 콘크리트의 공극을 통해 상부로 이동하여 방수바탕과 방수층 사이에 들뜸이 발생한다.

한편, 단면이 복잡한 구조부위에서는 상대적으로 팽창수축을 유발하는 부재간의

국부적인 온도차이가 클 수 있으며 이것 또한 방수바탕이나 방수층의 열화를 가속시킬 수 있다.

(4) 이질재간의 온도팽창계수 차이에 의한 영향

방수재가 오래되어 경화되면서 신축기능을 다소 상실하게 되면 방수재와 바탕재간의 온도에 따른 팽창률의 차이로 마찰응력이 발생하고 접착면이 파괴된다. 방수층의 온도팽창계수(C_{wp})와 콘크리트의 온도팽창계수(C_c)는 서로 다르며 ($C_{wp}>C_c$) 방수층과 경량콘크리트의 온도도 다르므로 특히 방수층의 온도가 더 높을때는 두 재료간의 팽창률 차이가 심하므로 방수재료의 팽창신율이 작거나 방수재료가 경화되어 있는 경우 접착면에 들뜸현상이 발생하거나 심화될 수 있다.

다. 진 동

(1) 원 인

진동의 원인은 다음과 같이 대략 두가지로 구분된다.

- 내부적 요인 : 각종 기계설비류의 작동에 따른 진동 발생
- 외부적 요인 : 발전소의 각 단위건물의 단면적이 넓고 주로 해안가에 위치해 있기 때문에 바람의 영향에 의하여 건물의 진동 발생

(2) 영 향

진동에 관한 영향은 이미 구조적 특성에서 언급되었으며 그 영향으로 방수측면에서 주로 열화가 되는 부분은 다음과 같다.

- 방수층과 방수바탕의 접착부 이격 발생
- flashing 및 siding의 연결부위의 실링재 탈락
- 관통부의 실링, 방수층 치켜올림부 틈새
- 이음부위의 충전재 및 이음부 덮개 이격 및 탈락
- 옥상설비의 설비기초에 대한 일체성

라. 태양광선

발전소가 위치한 곳은 주로 해안 및 내륙의 강가로서 햇빛이 강한 지역이다. 강한 태양광선 속에는 방수재료의 열화를 촉진시키는 많은 양의 자외선이 방출된다. 고무, 아스팔트 등의 방수재료는 태양광선의 자외선에 의해 탈색, 경화되고 심하면 갈라지거나 탈락이 발생한다. 태양광선과 관련하여 대기중의 오존(O_3)의 존재하에서도 방수층이 열화되는 것으로 알려져 있으나 그 영향이 어느 정도인지는 잘 알려져 있지 않다.

마. 염 분

해안가에 위치한 발전소에서는 해풍을 타고 날아온 비래염에 의해서 철골 및 철근 등 철제재료들이 부식된다. 방수와 관련하여 이 비래염의 영향을 받는 부분은 다음과 같다.

- 방수단말부 고정철물
- flashing, siding 및 이들을 고정하는 고정철물
- 금속재 이음부 덮개 등

바. 바 람

원자력 발전소를 포함하여 많은 발전소 구조물들이 해안에 위치해 있기 때문에 강한 바람의 영향을 받으므로 방수층의 바람에 대한 영향은 방수층 및 보호층의 설계 및 시공에 고려해야 할 중요한 요소중의 하나이다. 해안가에서는 불규칙한 풍향을 나타낼 때도 있으나 주로 낮과 밤의 순환에 따라서 바람의 방향이 비교적 일정한 편이다. 따라서 전체적인 구조물의 방향 설계에도 구조적 안정성 측면에서 풍향을 고려하겠지만 옥상과 벽체 등 바람을 비롯한 외기에 노출된 방수부위도 풍향이

고려된 설계 및 시공이 필요하다. 방수측면에서 바람의 영향을 많이 받는 요소는 다음과 같다.

(1) 자갈보호층

옥상 슬래브의 보호층에 포설된 자갈은 강한 바람에 의해 날리는 수도 있는데 자갈의 비중과 입경이 충분한 경우나 아스팔트를 자갈위에 뿌리는 등 대책을 세운 곳은 비교적 자갈보호층의 두께가 일정하나 자갈의 입경이 작고 비중이 작은 경우는 바람에 의해 날리거나 한 곳으로 과적되는 등 방수보호층의 역할을 다하지 못하는 경우가 발생한다.

(2) flashing 및 siding

바람에 의해 flashing 및 siding의 이음부가 터지거나 연결철물이 떨어져나가는 수가 있다. 또한, flashing 및 siding의 형상에 따라 구조물이 받는 풍압이 달라질 수 있고 풍속이 매우 빠르고 상세가 다소 복잡한 곳에서는 국부적인 기압의 변화에 의해 우수가 수평 또는 상승이동하여 방수효과를 저해하는 수가 있다.

사. 외 력

건물의 사용중 필요하다고 생각하는 경우 기계설비, 전기설비 등을 지붕 및 옥상 혹은 벽면에 추가로 설치하게 된다. 이때 지상으로부터 지붕 및 옥상으로 설비를 운반 또는 설치하는 과정에서 방수층이나 보호층 혹은 구조물 자체를 파손시켜 누수의 원인이 되는 수가 있다.

또한 방수관련 담당자와 사전협의 없이 옥상이나 외벽면에 관통 파이프를 설치하는 경우 틈새처리의 미비로 인하여 누수가 될 수 있다.

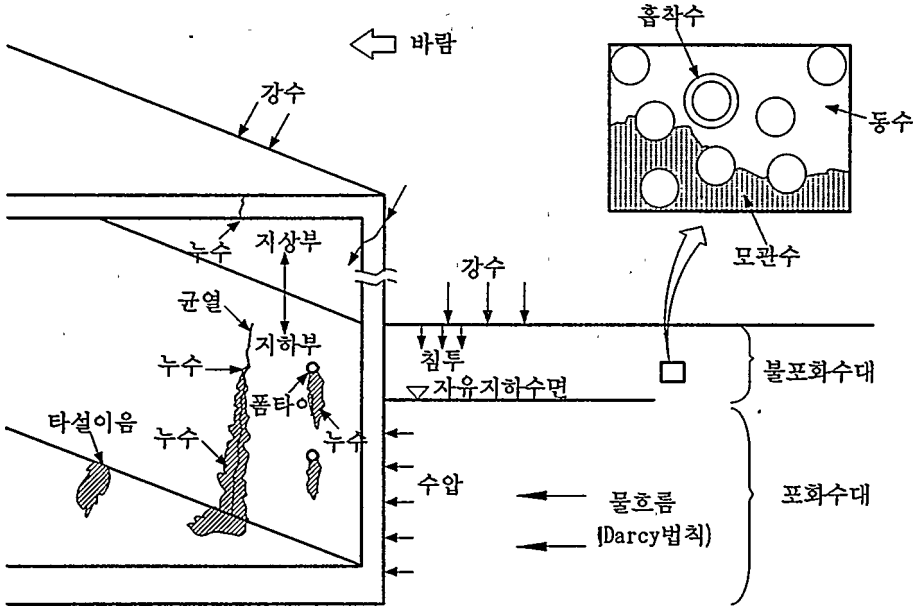
2. 지하 구조물

가. 특성개요

지하구조물을 계획하는 경우 구조물의 안전을 위하여 건설규모, 구조물의 지지지반을 조사하고 이에 따라 지반개량 또는 보강공법의 실시여부와 구조물의 지하방수공법 등을 검토하여야 한다. 이들 사항의 검토에서 지하수의 존재 형태를 파악하는 것은 가장 기초적이고 중요한 일이라고 할 수 있다. 특히 지하수위는 지형이나 토질 및 지층의 구성외에 우기와 건기의 기상조건이나 강우량과 배수상황 등에 의해서 변하기 때문에 지하방수 공법에 가장 큰 영향을 준다. 지하구조물의 주변에 존재하는 지하수의 형태와 물의 운동 및 누수의 상호 관계를 설명하면 다음과 같다.

(1) 지하수 존재형태

(그림 3.8)에서와 같이 크게 나누면 불포화수와 포화수로 나눌 수 있고, 불포화수는 모관수, 흡착수 및 강우의 지반침투에 의한 증력수로 분류된다, 한편 포화수는 자유 지하수로서 수두(水頭)차에 의해 흐르게 된다.



(그림 3.8) 지하구조물 주변의 지하수 환경 개념

(2) 물의 운동형태

물의 운동형태로서 불포화대에서는 중력, 포화수대에서는 수압력으로 작용하게 된다.

(3) 유로공극 형태

콘크리트의 불량 시공이음(cold joint), 균열, 폼타이 구멍, 관통파이프 등 건설당시 또는 사용기간 중에 구조적, 환경적 요인에 의해서 발생하는 여러 형태의 콘크리트 공극이 누수의 요인이 된다.

지하심도가 깊지 않은 지하구조물은 대개 불포화수대의 중력수에 의해 누수가 발생하고, 바다, 강, 호수부근의 지하구조물 및 지하 심도가 깊은 곳에 위치한 지하공간에서는 포화수대의 자유지하수의 수압에 의해 누수가 발생하게 된다. 따라서 지하방수의 재료 및 공법을 선정할 때는 지하층의 깊이에 따라 이상과 같은 누수의 특성을 고려하는 것이 바람직하다.

(4) 발전소 구조물 지하환경 특성

앞의 일반적인 지하수의 환경적 특성에 추가하여 발전구조물의 지하부분이 처해있는 일반적인 환경의 특성을 요약하면 다음과 같다.

- 조수 간만의 차에 의한 지하수위 변동
- 해수 Level과 지하구조물의 바닥 Level 상관관계
- 구조물 주변에 해수 침투
- 배수체계 (Dewatering System)의 수위
- 기공 버림 콘크리트의 경우 배수체계에 사용된 Syphon System의 적용성
- 구조물 기초 공사전 차수막의 설치 여부
- 기타 구조물의 시공상의 문제

나. 지하수

발전소 구조물의 지하 기초 부분은 상당한 깊이로 굴착된 암반층에 기초를 형성하고 굴착한 흙으로 주변을 다시 되메움하여 완성하는 체계로 구성되어 있다. 발전소 구조물의 기초가 차지하는 면적이 일반구조물에 비하여 상당히 큰 면적을 차지하므로 되메움 후에 나타나는 지하수위는 터파기를 하기 전과 큰 차이를 나타낼 수 있다. 따라서 설계시 고려된 지하수위와 구조물이 완성된 후의 지하수위의 차이로 인하여 배수체계상에 문제가 발생하여 지하수위보다 윗면에 위치하리라 예상했던 지하바닥면과 지하벽면이 항상 지하수위 아래에 위치하여 외벽면에 지하수가 항상접하게 되므로써 구조물 기초바닥면과 벽체가 누수될 수 있는 환경에 있게 된다.

우기시에 많은 강우가 있을 경우 기초의 지반이 암반으로 구성되어 있고 면적이 넓어서 배수유로가 길므로 자연배수에는 상당히 많은 시간이 소요된다. 따라서 우기시에 지하의 구조물은 주변이 지하수로 차있으며 콘크리트 구조물의 외부면은 늘 젖어있게 된다.

다. 해수 침입

(1) 침투경로

해안에 접해있는 구조물은 일반적으로 염분의 침투를 고려해야 한다. 발전소 구조물 역시 해안가에 대부분 위치하므로 항상 염분의 침투가 가능하다. 발전소 구조물의 기초 바닥면 중에는 해수면보다 낮게 위치한 부분에 있으며 이 부분에는 해수가 침투할 가능성이 많다. 해수가 침투하는 경로로는 먼저 해안가 모래사장에서 모세관을 통하여 장기간 침투한 해수가 구조물과 가까이 있는 지층까지 서서히 침투해 오거나 굴착하지 않은 원 지층에 포함 되어 있던 염분이 굴착된 후 다시 되메움되면서 우수에 용해된 후 기초 구조물 주변에 머물게 되는 경우로 추정할 수 있다.

실제로 Sump에 집수된 물의 계절별 염분농도를 측정해 보면 우기시 많이 희석되었을 경우보다 늦가을 등의 건기시 염분농도가 상대적으로 높음을 알 수 있다. 이

것은 해수가 지층을 통하여 침투해 오고 강우량이 많은 우기에는 구조물 주변에 내리는 강우의 침투 자유수가 해수를 희석시키면서 나타나는 현상임을 알 수 있다.그리고 Sump를 통해서 계속적으로 배수를 해도 시간의 경과에 따른 염분농도의 감소가 별로 없는 것을 보면 해안에서 해수의 침투가 계속되고 있음을 추정할 수 있다.

(2) 염분이 구조물에 미치는 영향

해수의 침입과 원지층에 잔존해 있던 염분이 지하수에 희석되어 손상된 방수층으로 침투하여 지하의 콘크리트 구조물중에서 콘크리트가 치밀하지 못한 부분과 건조수축 또는 구조적 요인 등으로 발생한 미세균열을 통하여 구조물 속으로 침투하게 되면 콘크리트 속에 묻혀있는 철근은 염분의 침투에 의해 부동태 피막이 파괴됨으로써 부식된다. 부식이 계속 진행되면 콘크리트 구조물은 균열, 박리 등과 같은 열화현상을 나타내며 열화가 심화되면 구조물이 치명적인 손상을 입게 된다. 또한 철근 뿐만 아니라 콘크리트 자체도 화학적으로 반응성을 지닌 골재가 콘크리트에 사용된 경우에는 염분이 콘크리트 내의 골재 화학반응을 촉진시켜 콘크리트의 팽창과 균열을 확대시키므로써 치명적인 손상을 일으키게 된다. 또한, 큰 폭의 균열과 박리는 역으로 방수층을 손상시켜 누수될 수 있는 환경을 제공하게 된다.

일반적으로 해안가에 발전소를 건설할 때는 염화물에 대한 저항성을 높이기 위하여 제5종의 내황산염 시멘트를 사용한다. 그러나 내황산염 시멘트가 염화물에 절대적으로 저항하는 것은 아니며, 지하구조물이 해수와 우수가 희석된 지하수에 접해 있다고 짧은 기간에 부식이 발생하는 것 또한 아니다.

(3) 간만의 차

해양환경하에 축조된 철근콘크리트 구조물중 염분에 의해서 가장 많은 침해를 입는 부분은 항상 해수에 잠겨있는 부분보다 간만의 차에 따라 해수에 잠겼다가 대기중에 다시 노출되는 변화를 반복하는 부위(Tidal Zone)에 더욱 심하게 나타난다. 이것은 콘크리트의 건습반복에 따른 미세균열 발생 가능성이 높으며 해수가 가진

전위이온 공급과 차단의 반복으로 전위의 흐름을 촉진시켜서 부식작용을 가속시키기 때문인 것으로 알려진다.

발전소 구조물의 경우는 직접적으로 간만의 차에 의한 영향은 받지 않지만 간만의 차에 의한 지하수위의 변동으로 지하층 내부에서 염분이 다소 함유된 지하수의 흐름이 변화하여 열화작용을 가속시킬 수 있다.

제 4 장 발전소 구조물의 방수실태 조사

제 4 장 발전소 구조물의 방수실태 조사

제 1 절 조사개요

1. 조사목적

문헌 및 자료조사를 통해서 발전소 건물의 구성요소를 방수와 관련하여 옥상 및 지붕, 벽체, 지하부분으로 대분하고 이 요소를 구조적, 환경적으로 서로 상이한 특성을 나타내는 부위로 세분하여 방수재료, 규모, 공법을 조사하고 이와 관련된 도면을 수집하고 누수실태를 조사하므로써 부분적인 방수실태에 따른 누수원인을 분석하여 개선방향을 도출하는데 조사목적을 두었다.

2. 조사범위

원자력 발전소를 비롯한 화력, 내연 및 수력발전소 중에서 방수와 관련하여 많은 관심을 갖게되는 곳은 넓은 슬래브 평면을 지닌 터빈 건물을 갖고 있는 원자력 발전소와 화력발전소이다. 이들 발전소는 소형의 발전소와는 달리 옥상슬래브가 장지간의 넓은 평면으로 형성되어 방수체계의 설계, 시공 및 유지관리 측면에서 세심한 주의를 필요로 한다.

본 연구에서는 이들 원자력 발전소 4개소 모두와 화력발전소 중에서 규모가 큰 보령, 삼천포 화력발전소를 방수실태조사 대상 발전소로 선정하였다. 이들 대형 발전소를 선정한 이유로는 대형 발전소에서는 다소의 차이점이 있겠지만 소형 발전소에서 안고 있는 방수관련 문제점을 모두 갖고 있을뿐 아니라 대형발전소만이 가지는 특성있는 문제점을 나타내고 있을 것으로 판단·선정하였다.

3. 조사방법

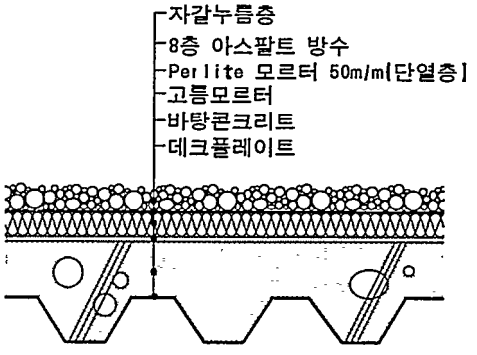
방수구성요소별 조사양식(Check List)을 만들어 각 조사발전소 별로 조사내용을 통일화시키고 문제시되는 부위를 사진으로 남겨 현장감 있는 조사기록 유지에 노력하였으며 1차 방수실태조사를 통해서 문제시된 부분은 개선방향을 설정하기 위한 연구를 수행하면서 필요에 따라서는 적절한 측정장비를 이용한 정밀조사를 수행하였다.

제 2 절 발전소별 방수실태

1. 울진원자력

가. 옥상 방수체계

(1) 구 성



(그림 4.1) 울진원자력 1,2호기 T/B 옥상 방수체계

(2) 특 징

- 방수층 하단부에 단열층 형성
- 단열층 재료는 퍼얼라이트(Perlite) 모르터
- 바탕콘크리트 위 별도의 고름모르터 추가
- 누름 보호층 콩자갈

(3) 문제점

- 자갈누름층의 경우 보행과 외기노출 등으로 방수층 열화 쉬움
- 바탕콘크리트, 고름모르터, perlite 모르터 단열층으로 적재사하중 과다

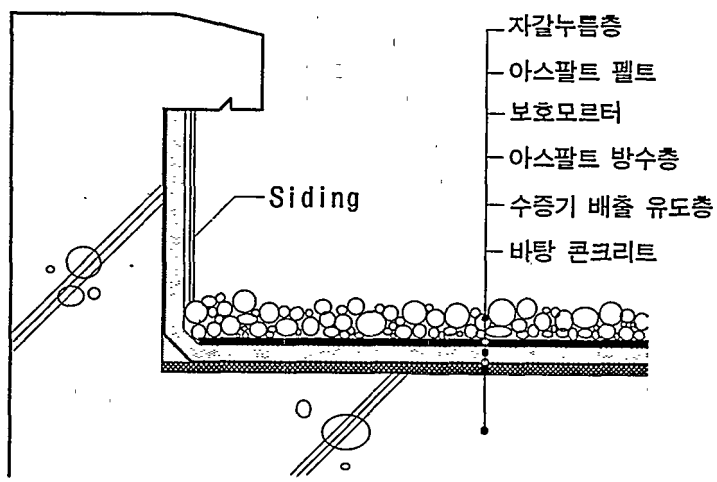
◦ 강풍에 의한 자갈누름층의 비산

◦ 단열층 모르터로 구성 방수층 이하에서 발생한 균열, 방수층에 전달 영향 용이

나. 마감처리부 방수체계

(1) 파라펫 주변

(가) 구 성



(그림 4.2) 파라펫 주변 방수체계

(나) 특 징

◦ 파라펫 부근의 슬래브 가장자리는 절연공법으로 설계

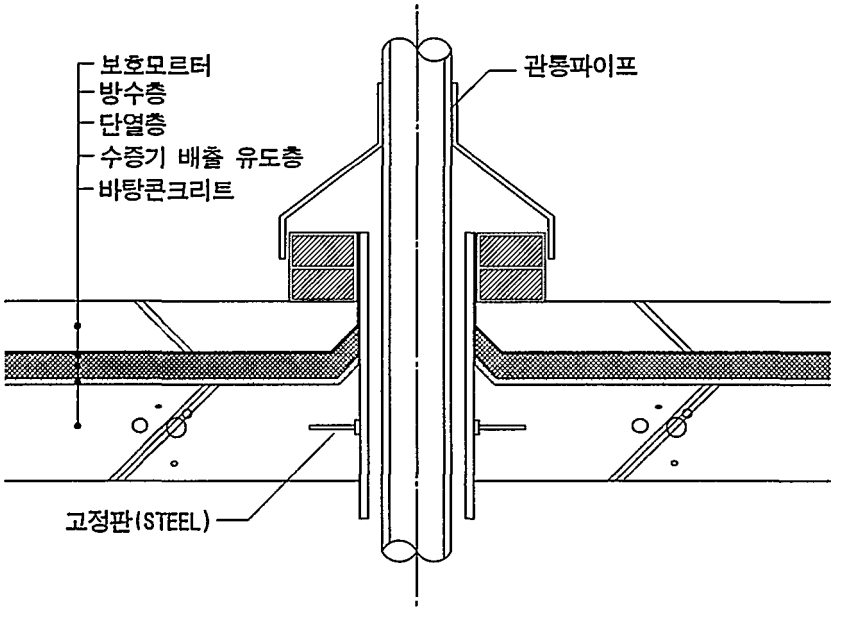
◦ 측벽 방수층 보호는 모르터(또는 벽돌)로 보호하고 siding 설치로 우수의 1차 침투 차단

(다) 문제점

◦ 슬래브 평면부는 아스팔트 적층밀착공법으로 구성되어 있으므로 파라펫 부근에서 절연공법으로 전환이 시공상 어려움. 대부분의 경우 밀착공법으로 시공됨.

(2) 관통부 주변

(가) 구 성



(그림 4.3) 관통부 주변 방수체계

(나) 특 징

◦ 관통부 주변은 절연공법으로 탈기 유도층 설계되어 있음

◦ 바탕콘크리트에 고정판(steel), 고정볼트(anchor bolt) 설치로 관통 파이프 고정

◦ 외부노출부 벽돌쌓기로 방수층 보호 및 지지역할

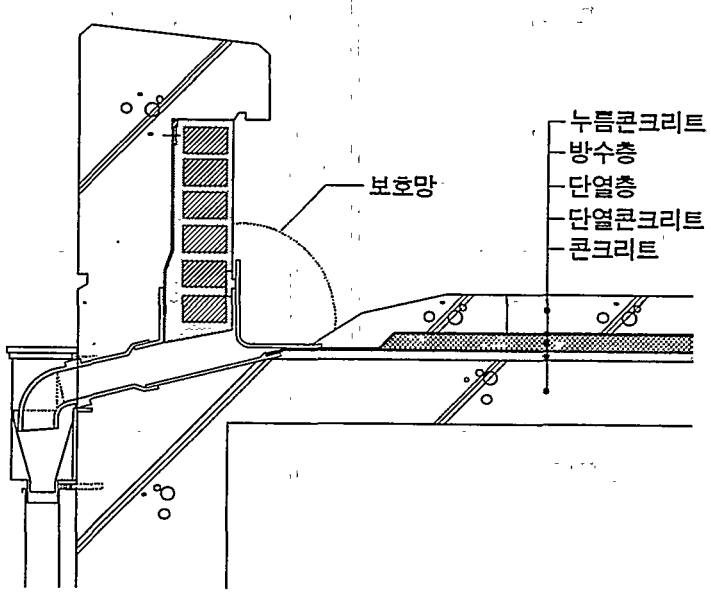
(다) 문제점

◦ 바탕콘크리트에 관통파이프 고정시키므로써 파이프 진동을 옥상슬래브에 직접 전달

◦ 진동으로 인한 벽돌쌓기 보호층과 방수층 사이의 분리가 쉽고 균열발생에 따른 우수침투 경로 형성됨

(3) 드레인 주변

(가) 구 성



(그림 4.4) 드레인 주변 방수체계

(나) 특 징

◦ 말단부 들뜸 방지를 위해서 역청으로 고정

◦ 배수구 상부주변 방수층 보호 펠트 설치

(다) 문제점

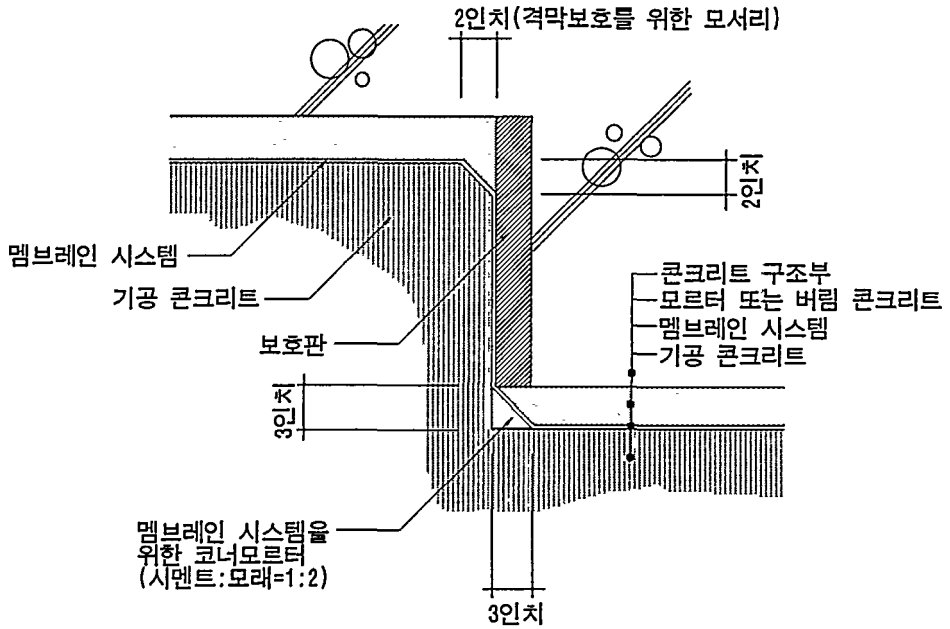
◦ siding의 마감처리 부실시 보호 펠트 열화 쉬움

◦ 말단부 고정용 보호역청, 대부분 내구성 떨어져 쉽게 들뜸

다. 지하 방수체계

(1) 지하 방수층 단면 (텐던갤러리 및 T/B 지하 바닥, 벽체)

(가) 구 성



(그림 4.5) 울진원자력 1,2호기 지하 방수체계

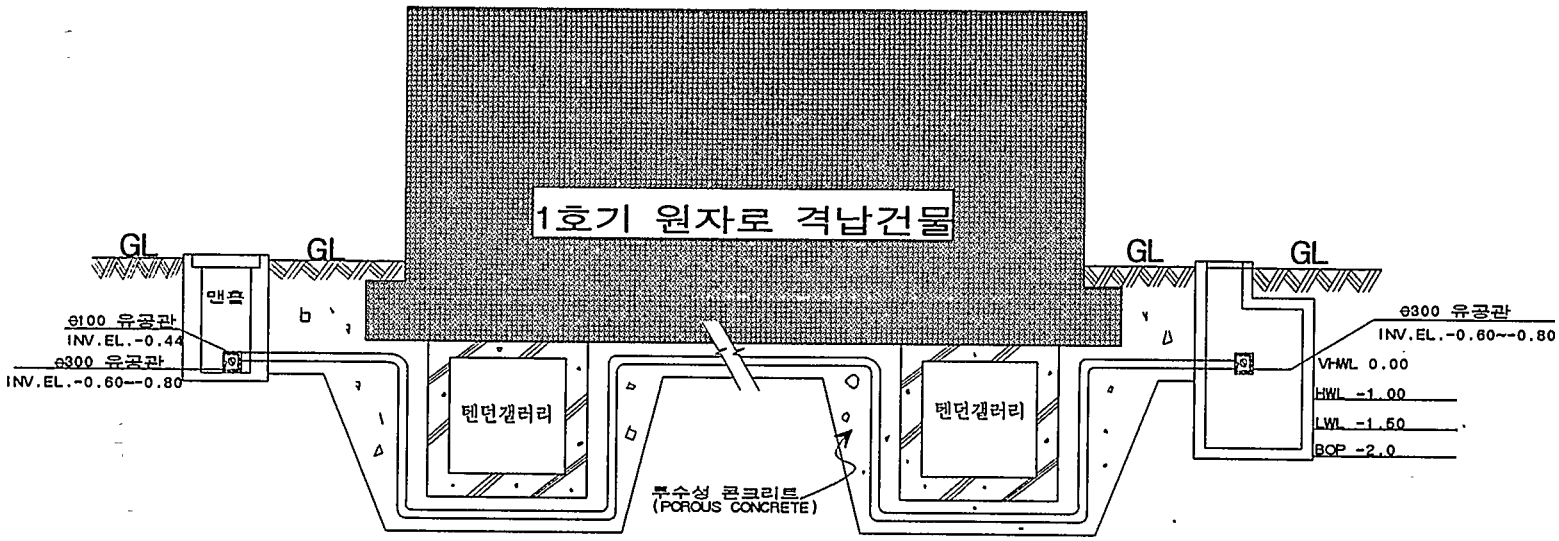
(나) 특 징

◦ 방수 바탕층 기공콘크리트로 구성

◦ 방수 바탕층의 배수는 유공관의 Syphon 작용에 의존

◦ 바탕콘크리트의 주변수 배수장소는 Sump

◦ 텐던갤러리 주변의 유공관 배수높이는 갤러리 천정높이 (그림 4.6 참조)



(그림 4.6) 울진원자력 1,2호기 텐던 갤러리 주변 단면도

(다) 문제점

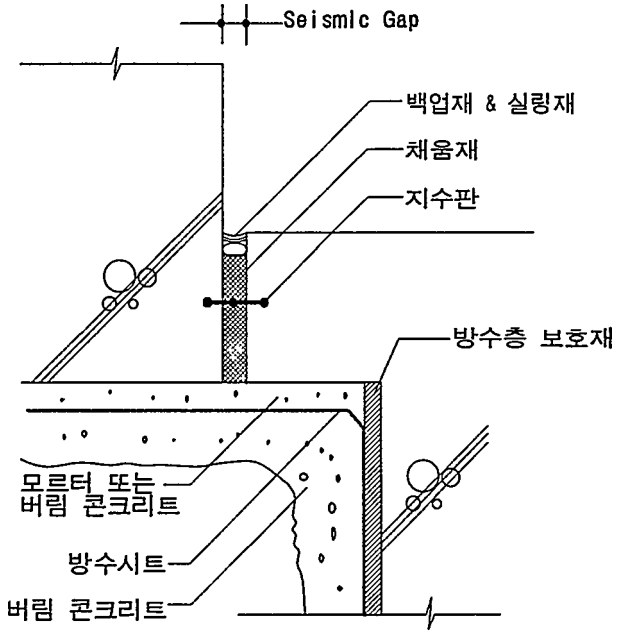
◦ 유공관의 Syphon 배수체계 설정 잘못으로 인한 주변 체수 발생

◦ 배수를 위한 배수구배 설정에 문제가 있음

◦ 외벽 시트 방수층의 손상에 따른 누수 발생시 누수 지점 확인 불가능

(2) 구조분리 신축이음 방수상세

(가) 구 성



(그림 4.7) 신축이음부 방수상세

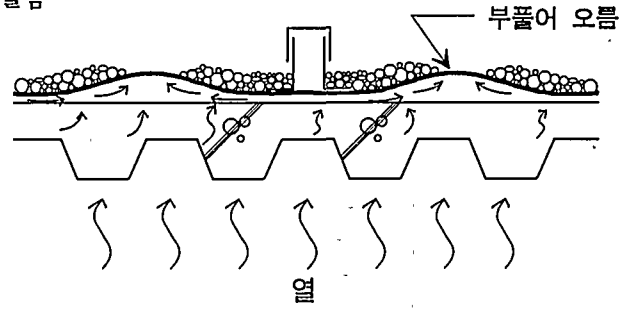
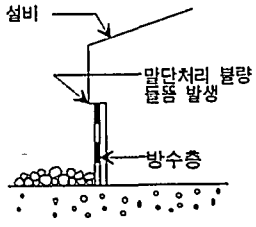
(나) 특 징

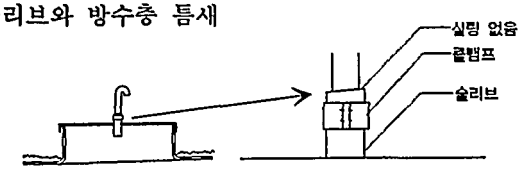
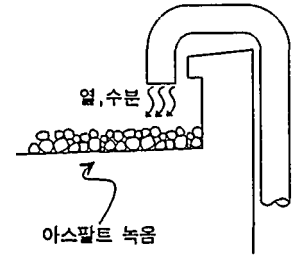
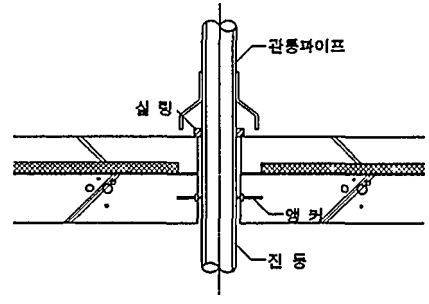
◦ 버림콘크리트층 형성 후 시트 외벽방수 설치

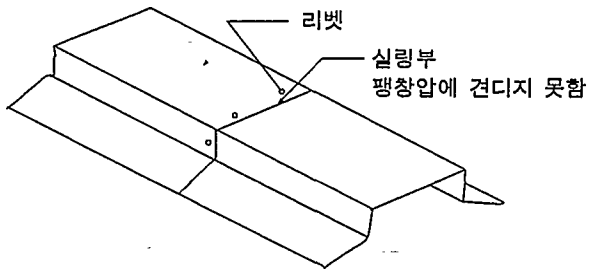
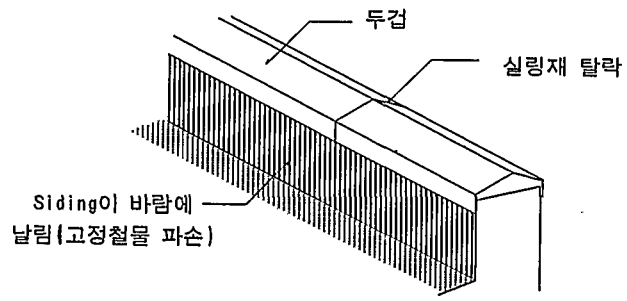
◦ 벽면 방수시트 바깥면에 폴리염화비닐계열의 보호층 형성후 본 구조물 콘크리트 타설

◦ 상부 방수시트 보호는 모르터 또는 보호콘크리트로 형성

라. 옥상방수의 열화현상

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
평면부	◦ 들뜸  	◦ 바탕콘크리트, 고름모르터, perlite 모르터(단열층)층 및 방수층 형성시 수분함유 가능성 높음 ◦ T/B 천정부 고온다습한 환경으로 인해 상부층 수증기압 발생 ◦ 바탕 콘크리트에서 발생한 수증기가 들뜸 공간에 내재해 있다가 외기온 강하시 응결, 온도상승시 다시 기화 확산되면서 들뜸 공간 확대됨 ◦ 탈기공법의 부적절한 시공으로 기능 부실
	◦ 자갈누름층 유실 : - 자갈누름층 유실, 또는 한쪽으로 쏠려서 적재됨	◦ 옥상슬래브 배수경사, 해풍, 우수에 의해서 낮은 부위로 자갈 흘러내림 ◦ 기계설비 설치시 자갈누름층 걷어낸 후 원상복구 소홀 ◦ 강한 풍압에 의해서 자갈 날림
	◦ 파단 : - 부분적으로 방수층 찢겨짐 - 방수층에 못 박힌 흔적 있음	◦ 기존방수층에 추가로 기계설비 설치시 작업 부주의에 따른 방수층 파단 ◦ 추가설치 작업후 후속조치 미흡 ◦ 자갈누름층 걷힌 부분 방수층 직접 노출, 보호 곤란
단말부	◦ 치켜올림 단말부 방수취약 부위  	◦ 옥상설비 치켜올림부는 설비 내부로 단말부 고정토록 되어 있으나 시공이 어려워 처리 미흡 ◦ 일반 방수단말부 끝부분은 고정 홈(턱)을 설치

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
관통부위	◦ 관통부 연결부위 틈새 ◦ 슬리브와 방수층 틈새 	◦ 관통파이프 이음부 실링 부실 ◦ 관통부와 방수층 사이 틈새 실링재 내열성 미약
	◦ 배기가스 (고열다습수증기)에 의한 아스팔트 방수층 녹음 	◦ 배기가스의 배출 방향 부적절로 방수층에 열적 열화요인 제공
	◦ 기계진동이 관통부의 앵커부 통해 슬래브에 전달, 방수층과 주변층간의 이격측진 	◦ 관통부 지지시 방수층(또는 옥상슬래브)과 독립성 유지않고 슬래브 바탕콘크리트(또는 데크플레이트)에 고정앵커 설치로 기계진동 슬래브에 전달

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
드레인, 트렌치	◦ 구멍 막힌 곳 많음 ◦ 부분적인 체수 생김 ◦ 드레인 설치주변 함몰 발생	◦ 옥상슬래브에 오물방치로 배수 방해 받음 ◦ 드레인 지지단 설치 부실
파 라 펫	◦ 일교차, 연교차, 일사 등에 따른 반복신축 작용으로 원래 위치 이탈 ◦ 두겁과 두겁의 연결부 실링재 경화, 탈락 ◦ 두겁이 바람방향 따라 수평이동 (대개 육지→바다쪽으로) ◦ 두겁 고정볼트 바람에 의해서 탈락 및 이완  	◦ 두겁이 바람에 유연하게 대처할 수 없는 각형임 ◦ 두겁 부착볼트 일방적으로 고정시키므로써 신축흡수기능은 전혀 없음 ◦ 실링재 쉽게 경화되고 신축흡수 못함 
탈 기 공	◦ 탈기공(재질 : 강제 + 플라스틱 성형) 파손 - 전체 탈기공 중 80% 정도 손실 및 파손 - 나머지 20% 정도도 녹 발생 - 탈기공 캡 파손시 설계대로 설치되었다면 오히려 급수구 역할	◦ 탈기공의 용도 및 기능에 대한 인식 부족 ◦ 탈기공 설치시 외부충격에 대한 고려 전혀 없음 ◦ 사용년한 경과에 따른 재료의 경화현상에 대한 내구성능 고려 미약

마. 지하방수 누수 및 열화 현상

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
1, 2호기 텐던 갤러리	◦ 누수부위 - 벽체와 천정의 시공이음부 전반적으로 누수 - 벽체 수밀성 부실한 부분의 균열관통 지점(spot) 누수 - 거푸집 연결선(form tie) 부분 녹물과 함께 누수 - 강우가 적은 계절에는 벽면 누수위치 점차 낮아짐 ◦ 누수성분 - 계절별로 차이는 있으나 누수 중에는 다수의 해수 포함	◦ 건설 당시 시트 연결부위 접착 허술 ◦ 시트 보호재의 기능을 초과한 외부충격에 의한 시트 손상 ◦ 벽체와 천정의 시공이음부 지수판(water stop) 파손 또는 부분 미시공 ◦ 바탕 기공콘크리트층 기본배수체계 설정 부적절
건물과 건물 사이 지진분리 공간	◦ 외부노출층으로부터 지진분리 틈새 따라 누수발생 ◦ 충전재 고정 부실시 충전재 흘러내림	◦ 실링재의 접착성능 및 신축기능 부실 ◦ 별도 분리 구조물 거동 불규칙

◦ 지진분리이음(Seismic Gap)은 지수판(Water Stop), 채움재(Joint Filler) 후 상부단면을 실링재로 마감처리

(다) 문제점

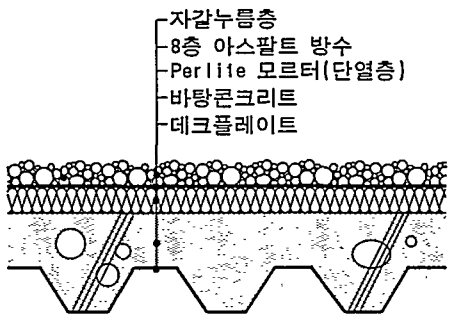
◦ 주 방수기능을 외벽시트에 의존할 경우 시공시의 방수층 파손 쉬움, 구조물의 거동에 따른 방수시트의 인장 또는 박리 파단으로 누수발생

◦ 누수발생시 누수위치 및 보수대책 어려움

2. 고리원자력

가. 옥상 방수체계

(1) 구 성



(그림 4.8) 고리원자력 1,2호기 T/B 옥상 방수체계

(2) 특 징

◦ 방수층 하단부에 단열층 형성

◦ 단열층 재료로 Perlite모르터 사용

◦ 바탕콘크리트를 쇠흙손 마감하므로써 별도의 고름모르터 없음

◦ 자갈누름층 흐름 방지 위해 아스팔트로 보호자갈 붙임(3,4호기)

(3) 문제점

◦ 자갈누름층에 보행과 외기노출로 인한 방수층 열화 쉬움

◦ 단열층이 Perlite 모르터이므로 비교적 적재중량 과다

◦ 단열층 제거 않고는 보수효과 기대 어려움

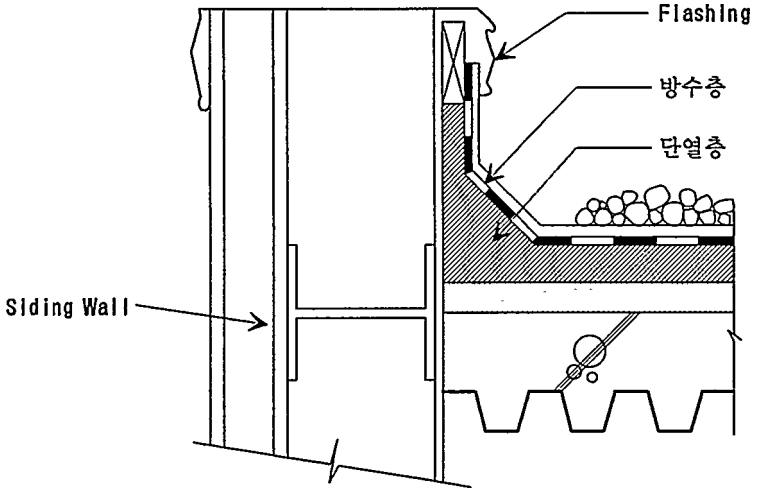
◦ 제거시는 작업성 및 폐기물 처리 곤란

◦ 바탕콘크리트층 또는 단열층 균열, 방수층에 전달되기 쉬움

나. 마감처리부 방수체계

(1) 파라펫 주변

(가) 구 성



(그림 4.9) 파라펫 주변 방수체계

(나) 특 징

◦ 파라펫 부근의 주 방수체계는 아스팔트 밀착공법

◦ Siding Panel이 있는 부분에는 Siding Panel 안쪽으로 금속제 Flashing 바탕댐을 설치, 연결부 방수층 보호

(다) 문제점

◦ 두겹과 굴곡부의 Flashing을 볼트, 리벳으로 고정시 신축에 의해 고정단부의 틈 쉽게 발생

(2) 관통부의 구성

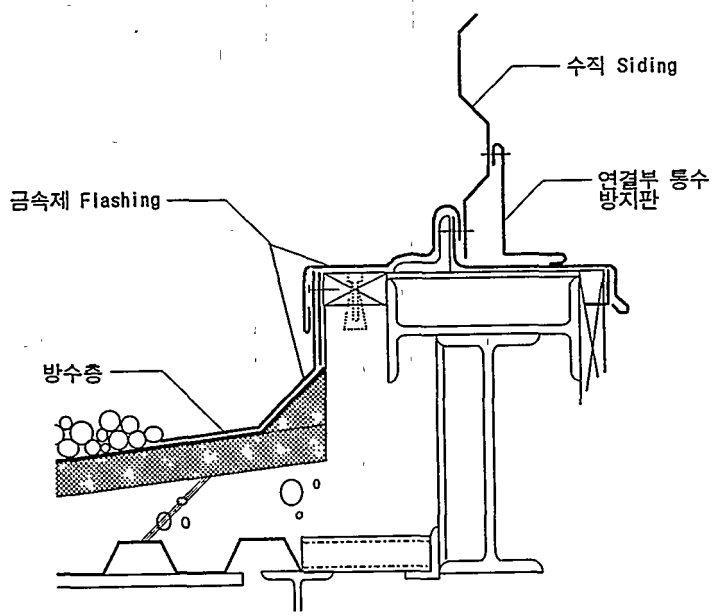
관통부의 구성은 울진 1,2호기와 유사함

(3) 드레인 구성

드레인의 구성도 울진 1,2호기와 유사함

(4) 단층 연결부 구성

단위건물과 단위건물이 연결되어 단차가 지는 연결부는 누수취약부가 된다. 일반적으로 Siding과 Flashing이 연결되는 모서리부는 바람에 밀려 들어올 수 있는 물을 막기 위해 금속제의 통수방지판을 설치한다.

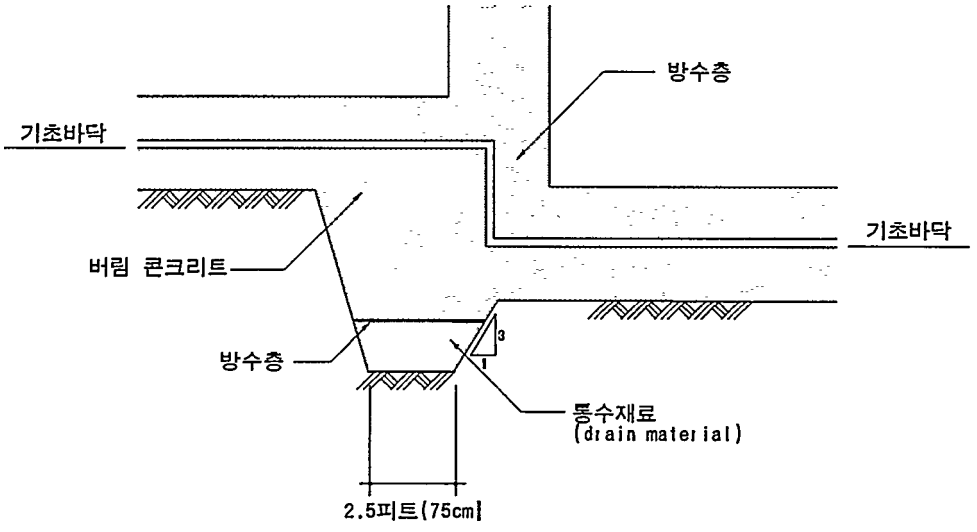


(그림 4.10) 단층 연결부 구성도

다. 지하 방수체계

(1) 지하 주 방수체계

(가) 구 성



(그림 4.11) 지하 방수체계

(나) 특 징

- 방수 바탕층 불투성 버림콘크리트로 구성
- 버림콘크리트층 아래 통수로를 Sump와 연결 배수
- 울진원자력의 텐던갤러리 벽두께는 35cm 정도로 얇은 편이나 고리원자력의 텐던갤러리 벽체두께는 105cm(3′6″) 정도로서 일단의 방수층 손상이 있어도 관통된 균열이 별로 없다면 투수가 어려움

(다) 문제점

- 외벽 시트방수에 의존하므로 누수시 누수지점 확인 어렵고 방수층 자체의 보수 또한 어려움

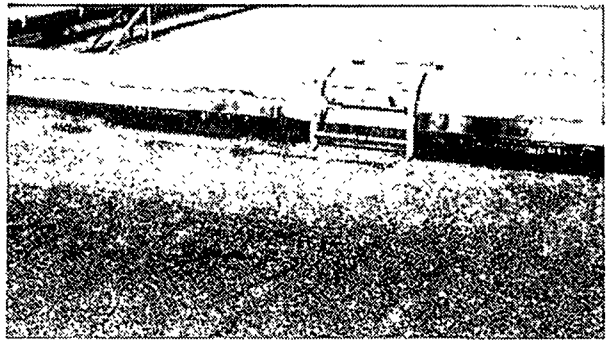
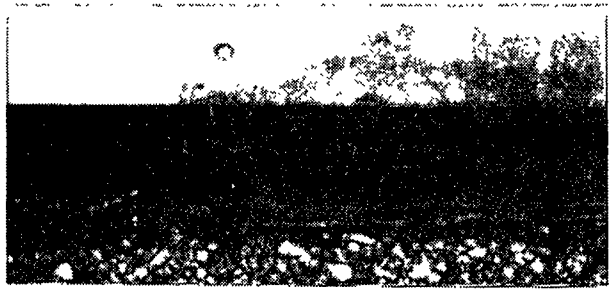
(2) 기타 지하구조물

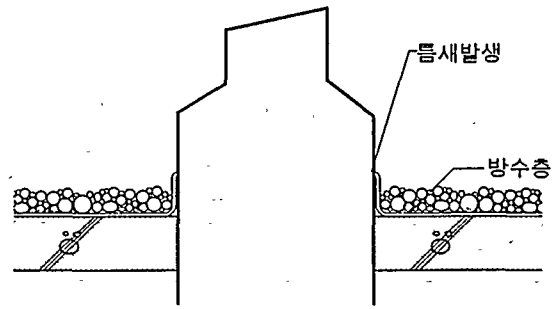
텐던갤러리와 각 건물의 지하바닥(Floor)을 제외하고 지하구조물로는 폐기물통로(Radwaste Tunnel), 공동구, 통신케이블, 연결관 등을 들 수 있다. 이들 지하구조물에 누수가 발생할 경우 원래 형성된 구조물 외부의 시트 방수층에 대한 부분보수는 주변의 환경적 요인으로 인하여 개착보수를 할 수 없다. 따라서 이들 지하구조물에 누수가 발생할 경우에는 그 누수정도가 구조물의 사용상의 목적에 어느 정도 영향을 미치는가를 판단하고 누수시 구조물의 기능에 심각한 손상이 우려되면 구조물의 내부에서 보수하는 방법을 고려하여야 한다.

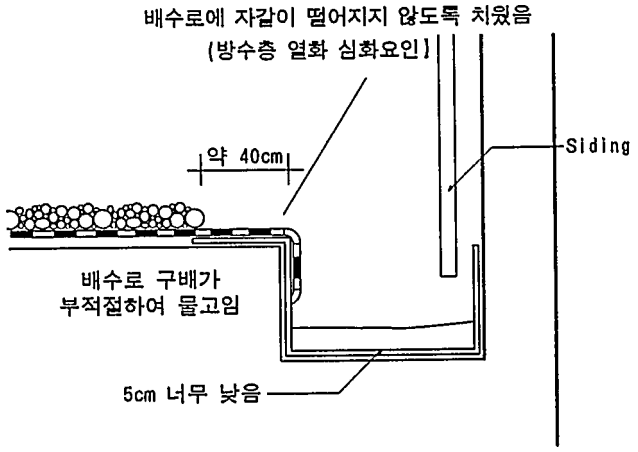
라. 지하구조물 방수층의 누수 및 열화현상

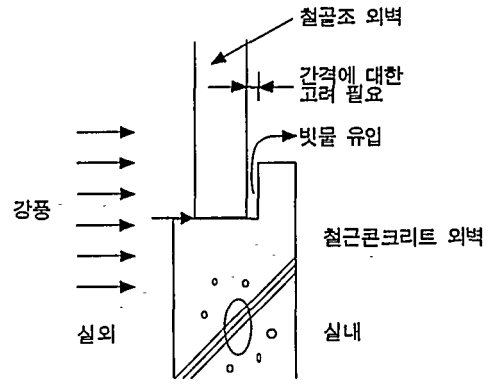
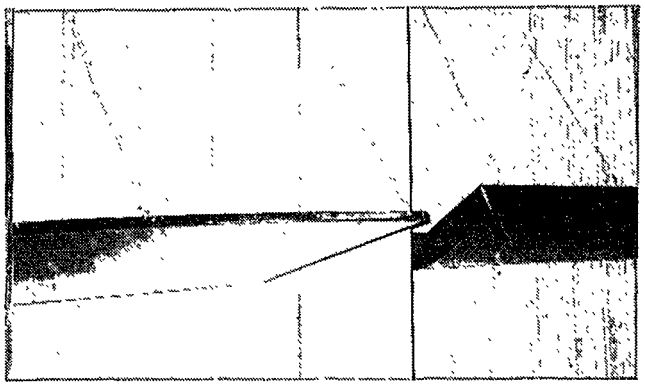
고리원자력에서는 지하부분에서 특별히 누수되는 곳은 발견되지 않았으나 지상의 텐던갤러리 출입구의 Overflow 방지턱 부분의 균열이 심하여 갤러리 하단 입구 집수정으로 우수가 유입되는 정도이다. 그러나 이 부분의 누수는 텐던갤러리 구조물에 전혀 영향은 미치지 않을 것으로 사료된다.

마. 옥상방수의 열화현상

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
옥상슬래브 평면부	◦ 들뜸 : 전반적으로 들뜸현상 다수 있음 울진 1,2호기와 유사한 상태임 ◦ 자갈누름층 불균일 ◦ 평면부 방수층의 직접적인 파단은 별로 발견 안됨 	◦ 울진원자력 1,2호기와 열화요인 유사함 ◦ 바람의 영향 또는 작업후 후속조치 미비
치켜올림 및 단말부	◦ 파라펫 및 펜트하우스 등 옥상돌출부 모서리 치켜올림부 방수층 들뜸과 파단 ◦ 건물과 건물 연결부 Flashing 처리 하단부 단말치켜올림 들뜸 탈락 	◦ 모서리부 급격한 굴곡방지를 위한 cant 미시공에 따른 방수층 들뜸, 작은 외부충격에도 쉽게 손상생김 ◦ 치켜올림부의 적절한 마감처리 부족으로 단말부 벌어짐

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
파라펫	◦ Top Flashing이 없는 부분 많고 벽체 콘크리트에 균열 많이 발생 ◦ 두겁 도장 벗겨짐 ◦ 기타 울진과 유사함 	◦ Top Flashing이 없는 상태에서 벽체에 초기 shrinkage 균열확장, 진동, 기타요인에 의해서 균열발생, 발생된 균열 틈새가 바로 누수경로 제공
관통부위	◦ 1,2호기의 경우 관통부의 틈새 실링처리 없거나 열화된 곳 많음 ◦ 관통부 주변 아스팔트 녹음 	◦ 실링재의 재료선택 부적절 및 시공 부주의 ◦ 배기가스 배출 방향 부적절

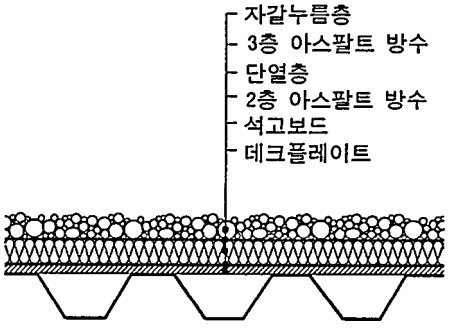
부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
드레인 및 배수트렌치	◦ 배수로 주변 방수층 열화 ◦ 배수로 물고임 ◦ 배수로에서 외벽으로 누수  	◦ 배수로 주변 자갈보호층 트렌치로 탈락우려 인위적으로 자갈보호층 제거 방수층 조기 열화 원인 제공 ◦ 배수경사 무시한 시공 ◦ 외벽쪽 방수 치켜올림 짧음. 방수처리 없는 벽면따라 외벽 누수 발생 가능

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
외벽 sIdIng부	◦ siding과 siding 받침부 틈새사이로 누수  	◦ siding과 받침부 틈새 우수유입 방지턱 길이 짧음
탈기공	◦ 탈기공의 설치 시공체계 의심 ◦ 탈기공의 기능 인식 부족에 따른 제거 또는 손상	
기타	◦ 터빈 빌딩 내부에 누수 물받이판 설치 	◦ 1,2호기 터어빈 건물내부에 누수되는 지점들은 대부분 건물단층 하부의 강제 siding 부분으로 주누수요인은 - 단층의 옥상부 틈새 covering 또는 실링 처리 미약 - 단층부의 파라펫 부분 두겹없이 노출, 콘크리트 균열 타고 누수

3. 월성원자력

가. 옥상 방수체계

(1) 구 성



(그림 4.12) 월성원자력 1호기 T/B 옥상 방수체계

(2) 특 징

- 방수층을 단열층 상하에 배치한 2중 방수구조
- 설계상으로는 데크 플레이트의 중공부분을 채우지 않고 빈상태로 둠
- 옥상슬래브 현 상태는 방수관련 몇차례의 보수시 기존 방수층 제거치 않고 덧댐 보수로 자중이 상당히 적재된 상태임
- 누름보호층은 울진, 고리와 같이 자갈누름층으로 형성

(3) 문제점

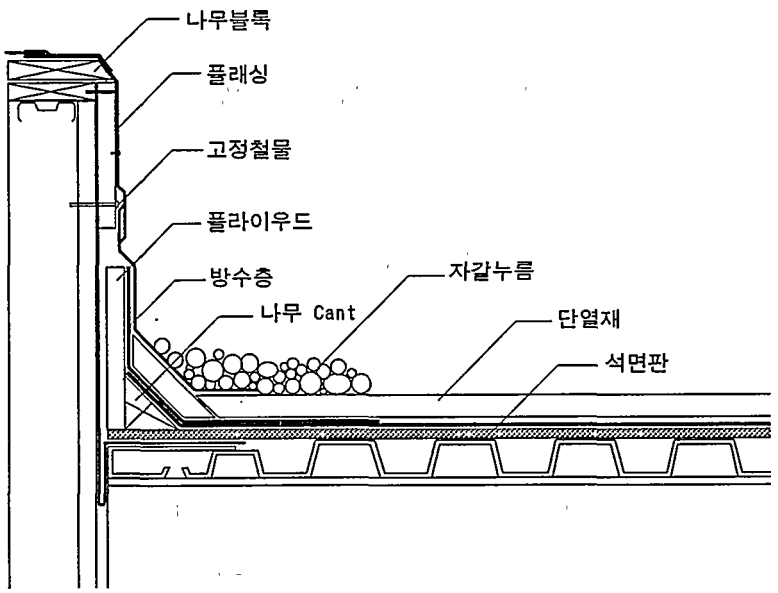
- 옥상슬래브층 자체가 경량구조이므로 진동의 영향을 많이 받음
- 상하 2중 구조의 방수층으로 구성되어 있지만 2층~3층 적층 방수로서 방수층이 얇은 단점 있음
- 비록 2중의 방수층이지만 방수층이 얇기 때문에 외부 충격 또는 신축저항이 떨어져 방수효과는 전체적으로 낮을 것으로 생각됨

◦ 보수시 기존층에 덧댐보수로 인하여 보수시마다 적재 사하중이 증가하여 구조적으로 점차 불리하게 됨

나. 마감처리부 방수체계

(1) 파라펫 주변

(가) 구 성



(그림 4.13) 파라펫 주변 방수체계

(나) 특 징

◦ 내부에 PVC flexible Flashing을 대고 외부에는 강재 Flashing을 덴 2중의 Covering 구조

◦ 굴곡부에는 나무 Cant를 두고 방수층 위에는 방수층 보호를 위한 시트형 Flashing을 덮음

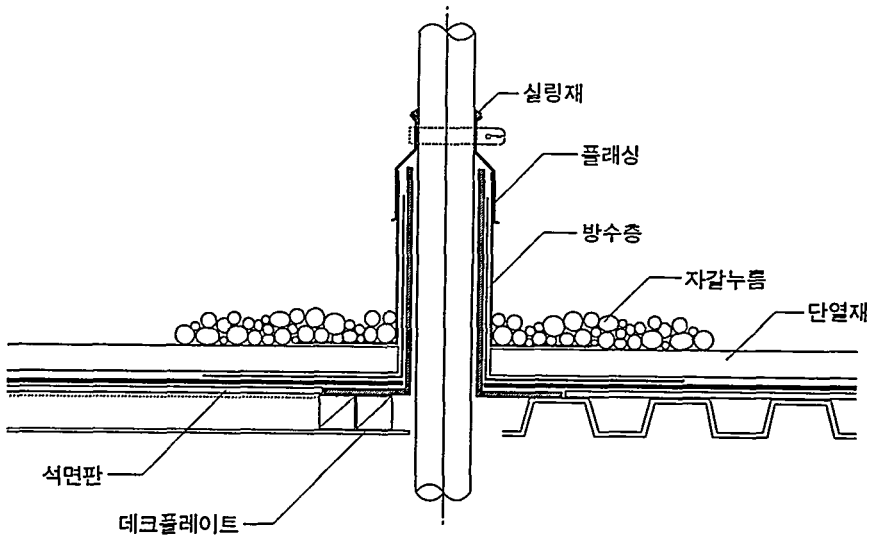
(다) 문제점

◦ 설계상으로 볼 때 시공상세공정이 까다로움

◦ 실제 시공은 설계공정을 그대로 지키기 어려움

(2) 관통부

(가) 구 성



(그림 4.14) 관통부 주변 방수체계

(나) 특 징

◦ 관통부처리는 먼저 슬리브(sleeve)를 설치한 후 슬리브까지 방수층을 형성하고 금속제 커버 Hood를 크램프로 고정

◦ Hood 길이와 방수층 형성된 슬리브의 교차길이 충분하면 방수 재기능 발휘 가능

(다) 문제점

◦ 진동에 의한 크램프 풀림 주의

◦ 고열의 배기가스 관통부일 경우 방수재료의 내화성 충분히 고려 해야함

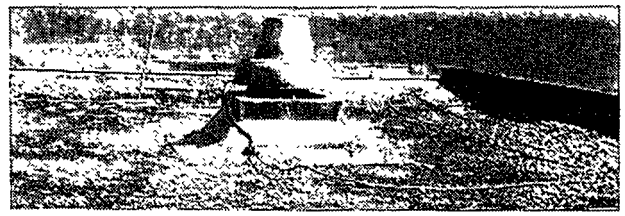
(3) 드레인 구성

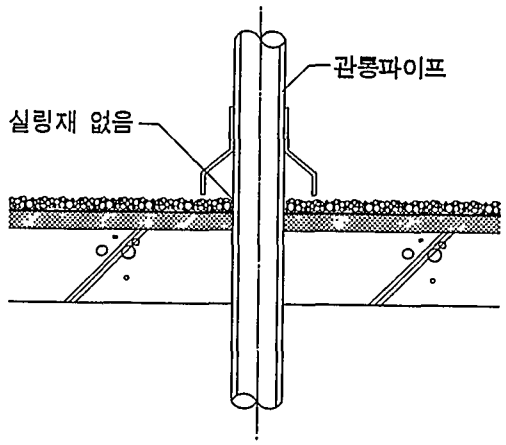
드레인의 구성은 울진, 고리와 거의 유사함

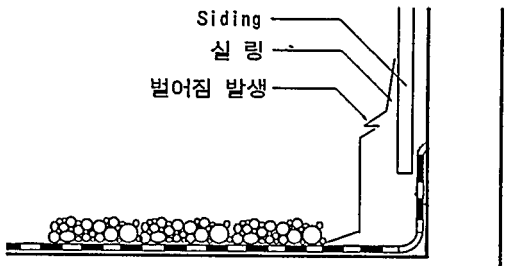
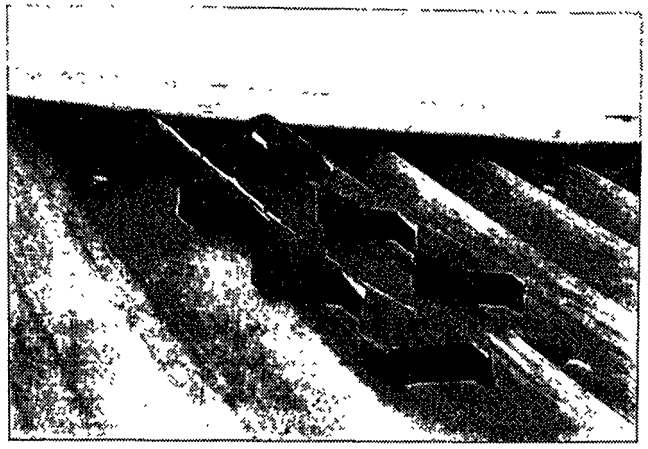
다. 지하방수

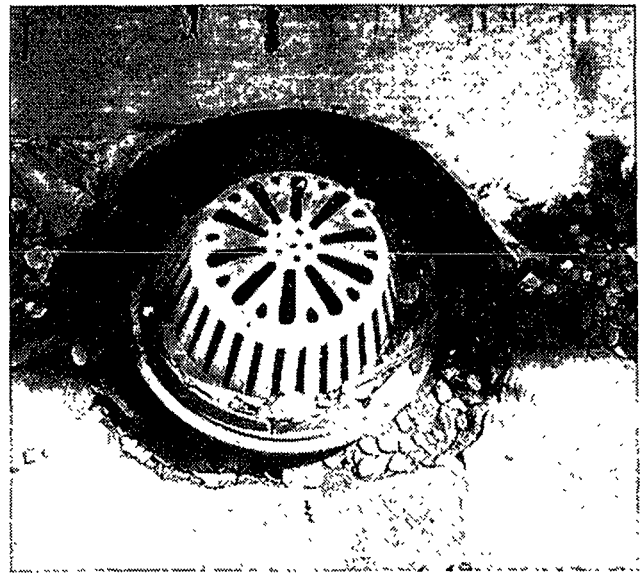
월성원자력 발전소의 지하구조물 바탕콘크리트는 고리와 마찬가지로 불투수층으로 형성되어 있으며 고리원자력과 비교하여 뚜렷한 특징 없음

라. 옥상방수의 열화현상

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
옥상슬래브 평면부	◦ 들뜸 : A/B(보조건물), T/B(터빈 건물) 옥상 방수층 들뜸 현상 심함 - 밟으면 울렁거릴 정도 ◦ 자갈누름층 이동 : 강한 해풍에 의하여 자갈누름층 걷혀서 모서리 둔각부에 쌓임 ◦ 방수층 갈라짐 : 노출된 방수층에서 깊이는 얕으나 거북등처럼 갈라짐 	◦ 바탕층이 속빈 데크 플레이트로서 내부에서 발생할 수증기는 없으므로 손상된 방수층을 통해서 외부에서 우수가 유입된 것으로 추정 ◦ 슬래브층 내부에서 수증기 발생할 층은 별로 없고 손상된 방수층을 통하여 내부로 유입된 것으로 추정됨 ◦ 해풍의 영향을 적절히 고려하지 못한 누름층 채택 ◦ 직사광선과 일교차에 의한 방수층 경화
치켜올림 및 단말부	◦ 파라펫 부근 또는 옥상 가장자리 부근에 식물 번식 	◦ 방수층 파손된 부근에 누수의 잔류기간 오래 지속됨 ◦ 누름 자갈과 토사·먼지가 모서리 둔각부에 쌓임으로써 식물번식 환경 제공

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
관통부	◦ 건설 당시 sleeve 설치하고 방수마감처리한 관통부는 상태 양호  	◦ 관통부 추가설치후 마감처리 부주의 ◦ 완공후 추가설치된 관통부 주변 실링처리 미흡

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
파라펫	◦ Flashing 겹침 이음부 틈새 벌어짐  	◦ 강한 해풍의 영향으로 siding 연결부 벌어짐 ◦ 그림의 투시를 정면으로 볼때 Siding Flashing의 이음 실링부는 비교적 길기 때문에 연결부를 단순 실링 처리로 보존하기 어려움
	◦ Top Flashing과 Siding Plate 사이의 Filler 탈락 	◦ Filler재의 실링재 고정 접착 떨어짐 ◦ Filler재의 고정방법 개선 요구됨

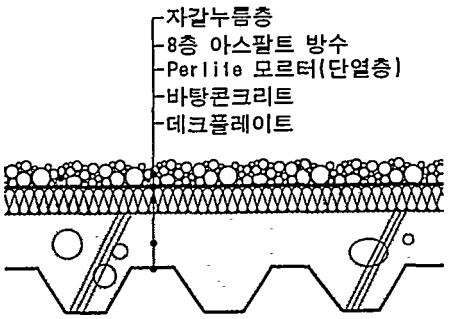
부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
드 레 인	◦ 드레인의 고정 위치 돌출되거나 침하됨 	◦ 슬래브층 구조상 드레인의 고정이 어려움 - 데크플레이트가 빈공간이며 콘크리트나 모르터층이 없음 ◦ 드레인 위치 선정에 문제점 있음

4. 영광원자력

가. 옥상방수체계

(1) 1,2호기

(가) 구 성



(그림 4.15) 영광원자력 1,2호기 T/B 옥상 방수체계

(나) 특 징

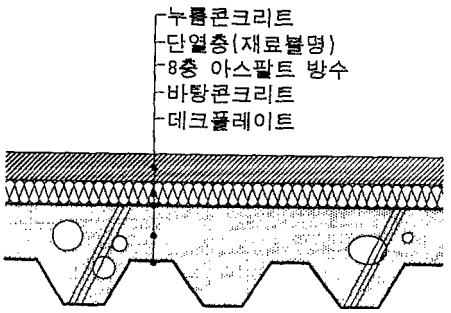
- 고리원자력 1,2호기와 동일한 체계로 구성
- 방수층 하단부에 단열층 구성
- 단열층 Perlite 모르터로 구성
- 바탕콘크리트를 쇠흙손 마감하므로써 별도의 고름모르터 없음

(다) 문제점

- 보행과 바람에 의한 방수층 노출로 열화 쉬움
- Perlite 모르터 단열층으로써 비교적 적재중량 과다
- 단열층 제거 않고는 보수효과 기대 어려움
- 바탕콘크리트층 또는 단열층 균열, 방수층에 전달되기 쉬움

(2) 3,4호기

(가) 구 성



(그림 4.16) 영광원자력 3,4호기 T/B 옥상 방수체계

(나) 특 징

- 방수층 상단부에 단열층 형성
- 콘크리트로써 누름층 형성

(다) 문제점

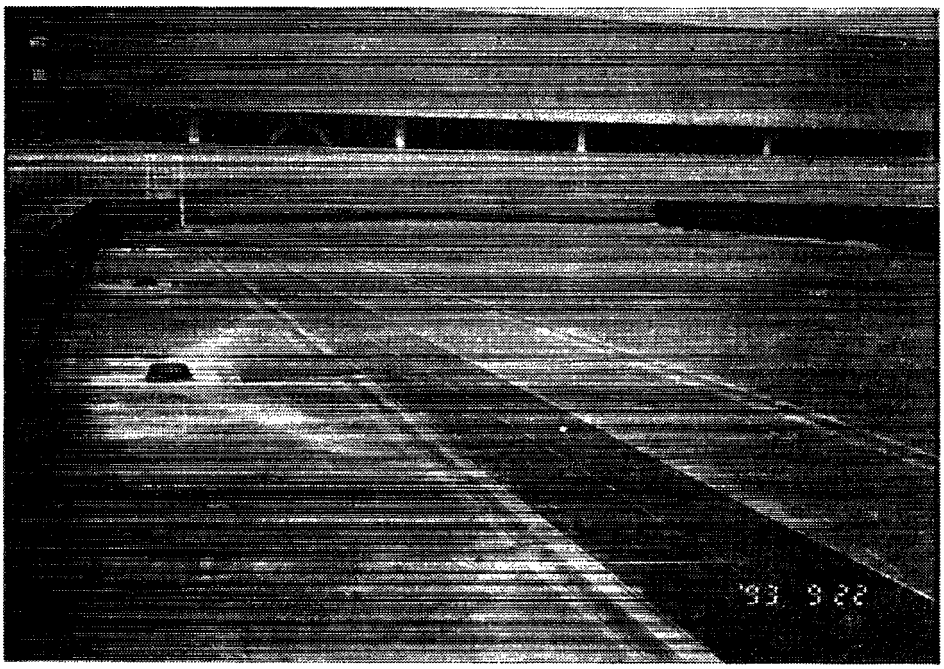
- 방수층이 바탕콘크리트로부터 직접 열 및 수분 전달 받음
- 누수시 누수지점확인 어려움
- 보수시 보호 콘크리트층의 제거 어려움
- 건물 진동에 대한 콘크리트 보호층의 유연성 확보 어려움

(라) 열화현상

- 최근 준공했으므로 아직까지 별다른 열화현상은 없음

(3) 3,4호기 PAB(Primary Access Bldg)옥상 방수체계

(가) 구 성



(사진 4.1) PAB 옥상 방수층

(나) 특 징

- 완전 노출 시트방수(재질 : EPDM)
- 방수층 보호를 위한 별도의 보행로 확보(재질 : Neoprene sheet)
- 방수층 표면이 육안 확인 가능하므로 보수성 용이

(다) 문제점

- 외부충격에 의한 방수층 찢김 용이
- 비투기성 재료로서 별도의 탈기시설 없으므로 들뜸 대책 필요

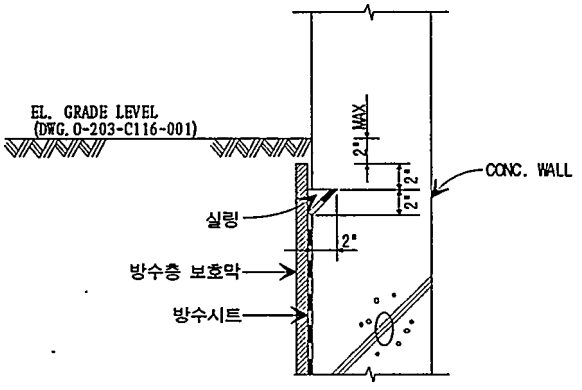
나. 지하 방수체계

(1) 지하 주 방수체계

고리원자력 지하 주 방수체계와 같이 구성되어 있다. 즉, 불투수성의 버림콘크리트(Lean Concrete) 위에 시트로 멤브레인 방수층을 구성하고 그 위에 지하 본체 구조물을 올린 형태로 방수체계를 구성하고 있다.

(2) 지하 벽면 노출부

(가) 구 성



(그림 4.17) 지하벽면 방수단면

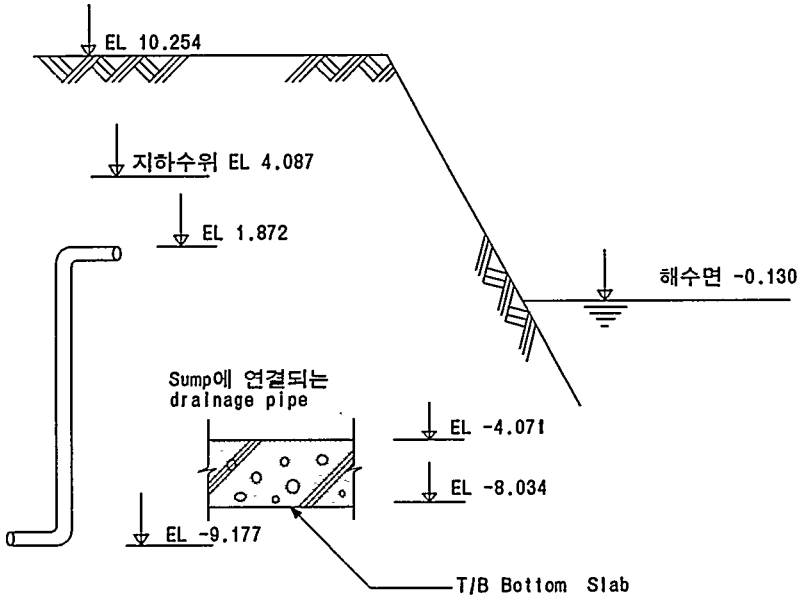
(나) 특 징

- 지표면에서 약 2" 아래에서 방수층 형성 시작
- V홈 말아올림으로 물끊기 설치
- 방수층 보호 위한 보호판 설치

(다) 문제점

- 방수층 형성이 지하에서 시작되므로 누수여부 확인 어려움
- 방수층 시작점을 지표면에 노출시켜 확인 및 유지관리 용이하도록 유도

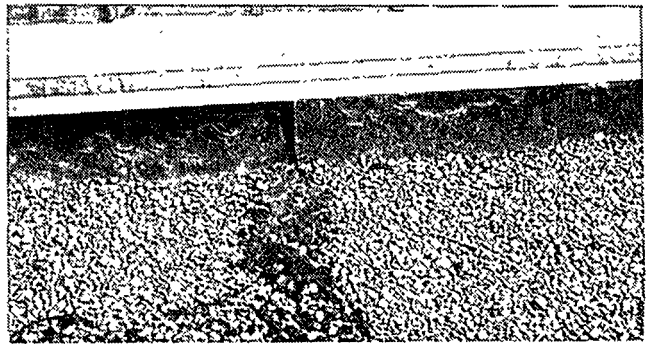
다. 터빈 건물 주변 지하면 수준고

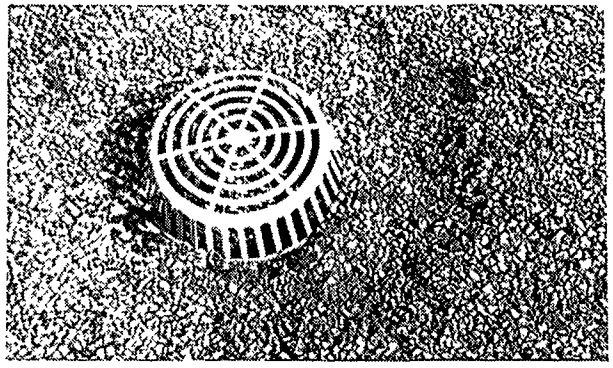
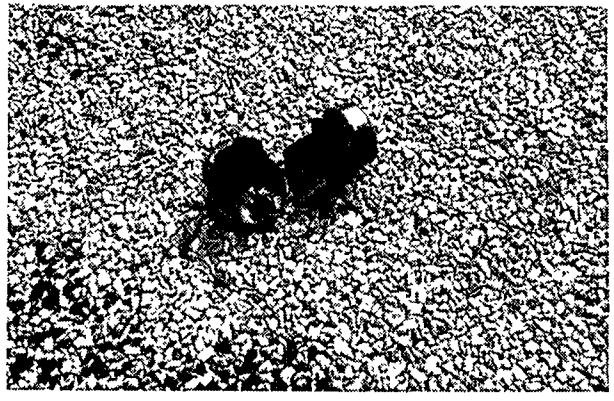


(그림 4.18) 터빈 건물 주변 수준고

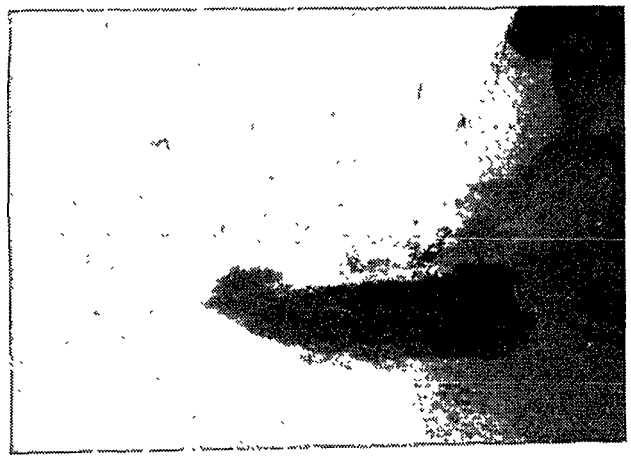
(그림 4.18)은 터빈 건물 기초바닥슬래브(Bottom slab) 주변의 수준고를 나타낸 것이다. 지하수위가 T/B의 기초바닥슬래브보다 훨씬 높게 위치하고 있으므로 지하구조물의 상당부분이 지속적으로 지하수위에 직접 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

라. 1,2호기 옥상 방수 열화현상

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
옥상슬래브 평면부	◦ 들뜸 : 방수층 들뜬 부분 다수 있음 ◦ 자갈누름층 이동 : 부분적으로 바람에 날려 걷힌 부분 있음 	◦ 울진, 고리, 월성 발전소의 경우와 동일 ◦ 비정상적인 탈기공의 설치로 기능상실 ◦ 바람에 의해서 자갈누름층 걷힌 부분에 직사광선에 의한 방수층 들뜸 및 경화 가속
치켜올림 및 단말부	◦ 단말부 틈새 있음 	◦ 모서리 cant의 설치 미비 ◦ 시공 당시 치켜올림부 밀착 불완전

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
파라펫	◦ siding 판넬 연결부 실링재 경화 갈라짐	
드레인	◦ 드레인 주변 방수층 심하게 들뜸 	◦ 드레인 측면 가장자리부 밀착 부실 ◦ 드레인 지지부 함몰에 의한 방수층 이격
탈기공	◦ 탈기공 파손 	◦ 내구성 결여 ◦ 탈기공 재질이 외부 기상환경에 노출됨에 따라 쉽게 경화됨 ◦ 탈기시설에 대한 인식 및 관리 소홀

마. 지하 방수 누수 및 열화현상

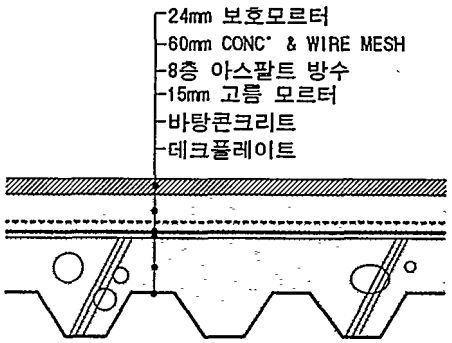
부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
PAB 지하(Sump 벽과 접한 부분)	 ◦ PAB 지하 바닥면 누수 (바닥면 젖음) ◦ PAB 지하 벽면 누수 (벽면 젖음) ◦ Reactor 건물 벽면과 보조건물(A/B) 바닥면 연결부 구조 분리이음 누수 ◦ 보수 - 팽창성 고무 채움 보수시공 (누수진행) - Flexin 주입후 Vandex 마감처리 (지수상태 유지)	◦ sump 주변의 유로 형성으로 바닥면과 벽체의 연결부분 누수 ◦ Reactor 건물 벽체와 보조건물(A/B) 사이에 설치된 seismic gap(지진대비 분리대) 사이의 지수처리 미비 ◦ 영광원자력의 경우는 조수간만 차이가 비교적 심한 지역으로서 지하기초구조물 주변의 지하수의 흐름이 활발함. 즉, 유동수의 구조물 주변 출입이 용이하므로 지수판 또는 방수층의 이탈을 촉진시킴

5. 보령화력

가. 옥상방수체계

(1) 1,2호기 방수체계

(가) 구 성



(그림 4.19) 보령화력 1,2호기 T/B 옥상 방수체계

(나) 특 징

- 바탕콘크리트층 위에 별도의 고름모르터층 형성
- 별도의 단열층 없음
- 누름콘크리트를 이용한 방수층 보호
- 누름콘크리트층 위에 별도의 보호 모르터 추가

(다) 문제점

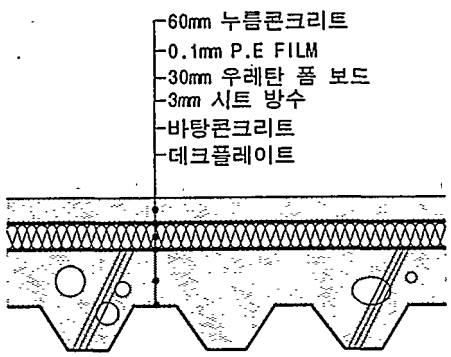
- 방수층을 제외하고는 모르터와 콘크리트의 반복겹침층으로 형성되어 과대 적재사하중이 작용하게 됨
- 보수시 보호모르터 및 콘크리트층의 전면 제거 어려움

◦ 바탕콘크리트에 별도의 고름모르터층을 형성하므로써 두 층간의 충분한 접착시공이 확보되지 못할 경우 재료적 특성, 진동 등의 여러요인에 의한 모르터층 균열과 박리현상이 일어나기 쉬우며 방수층에도 영향을 끼치기 쉬움

◦ 누름층을 현장타설 콘크리트 또는 모르터로 형성했을 때 대단히 넓은 옥상평면에서 적절한 간격으로 적합한 신축이음 줄눈이 확보되지 않을 경우 누름콘크리트층의 이상변형 발생 쉬움

(2) 3~6호기 방수체계

(가) 구 성



(그림 4.20) 보령화력 3,4호기 T/B 옥상 방수체계

(나) 특 징

◦ 방수층으로 아스팔트 적층이 아닌 시트방수 채택

◦ 단열층을 가볍고 비교적 경질의 우레탄 폼 보드 사용

◦ 슬래브 바탕콘크리트 쇠흙손 마감처리

◦ 최상층 보호모르터 생략

◦ 이상의 방수체계로 볼 때 불필요한 요소를 줄임으로써 구조물에 가해지는 사하중을 줄인 개선된 형태

◦ 보호콘크리트층 아래 P.E 필름층 형성으로 보호 콘크리트 타설시 우레탄 단열층의 수분 및 시멘트 페이스트 흡수 차단과 일차적인 방수기능 첨가, 본 방수층인 시트에 기능적 부담 감소

나. 지하방수체계

발전소 구조물에서 지하공간 활용은 먼저 터빈 건물의 경우는 원자력, 화력 발전소 공히 터빈과 발전기의 설치 공간으로서 활용은 거의 유사하다. 그러나 원자력 발전소의 경우 격납건물에 포스트텐셔닝 작업 및 유지관리 공간으로 텐던 갤러리가 있으며, 이 공간이 비교적 지하 낮은 곳에 위치하여 누수발생시 쉽게 발견되며 미관상 많은 해를 끼치는 곳이다. 반면 화력발전소의 경우 다양하게 지하공간을 활용하지 않으며 별도의 이러한 공간이 없으나 터빈 건물 지하에 각종 제어계통 및 통신을 연결하는 케이블 룸이 있다.

(1) 케이블 룸의 용도

케이블 룸은 통신케이블 또는 설비계통의 제어전달체계의 통신망들을 연결시켜주고 상태를 확인 또는 수리하는 유지관리를 위한 지하공간이다. 이 케이블 룸의 벽면과 바닥 외부는 되메움된 지반층으로서 지하수와 지표수의 흐름에 따라 물이 침투할 수 있는 환경에 처해 있다.

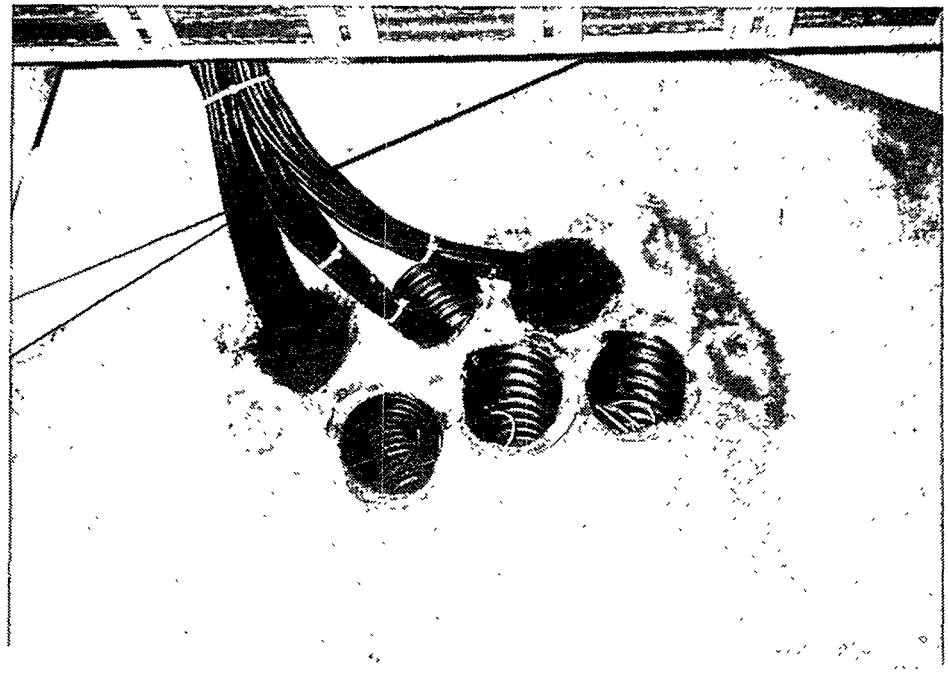
(2) 케이블 룸의 방수체계

케이블 룸의 바닥과 벽면의 방수층은 침투성 도장재로 내벽에 방수막을 형성하고 있다. 또한 취약부인 이음부가 케이블 쉬스 연결부 등을 통해서 누수될 수 있는 가능성에 대비하고, 우기시 주변 지반층의 지하수위를 감소시키기 위해서 바닥

에 집수맨홀을 설치하여 배수하는 체계로 방수 및 배수체계가 형성되어 있다.

(3) 누수현상

아래 (사진 4.2)에서 보는 바와 같이 케이블을 보호하는 쉬스관이 케이블 룸으로 도입되는 부분에 별도의 공동구나 덕트가 연결되어 있지 않는 것으로 추정된다. 따라서 대부분 PVC 주름관으로 연결된 쉬스들은 시공당시의 손상 또는 쉬스와 쉬스의 연결부분의 기밀유지 미흡으로 쉬스관을 통해서 또는 쉬스와 콘크리트의 정착부분을 통해서 누수가 발생되고 있음을 알 수 있다.



(사진 4.2) 케이블 쉬스와 벽체 연결부

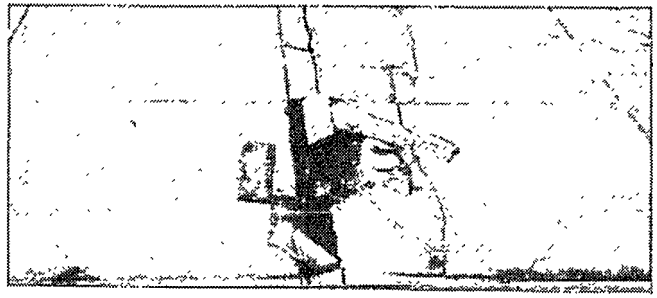
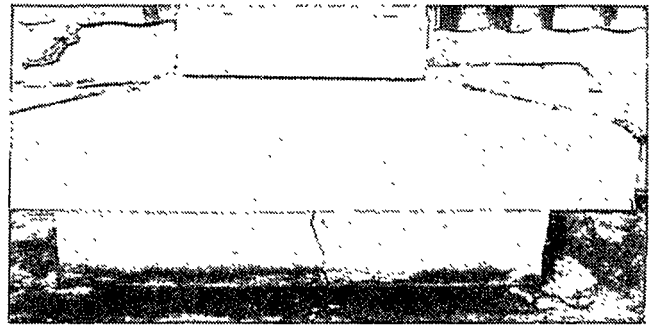
현장조사는 건조기인 12월경에 실시하였으므로 심한 누수현상은 없었지만 여름철 우기에는 상당량의 누수가 발생되었다는 관리자의 설명이 있었다.

(4) 문제점 및 대책

케이블 룸의 누수는 벽체와 바닥에 형성된 침투성 도막 방수층을 뚫고 발생된 흔적은 별로 없고 대부분 쉬스 도입부에 누수가 발생된 점을 미루어 볼 때 지층을 통해서 케이블 룸으로 연결되는 부분에 대한 기밀성에 문제가 있다.

이 부분의 누수는 시공당시 케이블 룸으로 연결되는 쉬스와 콘크리트 벽체사이의 접합부에 대한 방수처리를 소홀, 또는 추가적인 쉬스관의 도입시 구조물과의 틈새 기밀 불량으로 누수가 발생하고 있는 것으로 추정된다. PVC 쉬스관과 콘크리트 벽체사이는 완전한 이질재료로서 일반적인 방수처리로는 완벽한 밀착이 어려우며 이 부분을 백시멘트, 퍼티 및 실링재의 처리로는 기존의 틈새가 수분이 잔류해 있는 상태이므로 방수효과를 기대하기는 어렵다.

다. 옥상방수의 열화현상

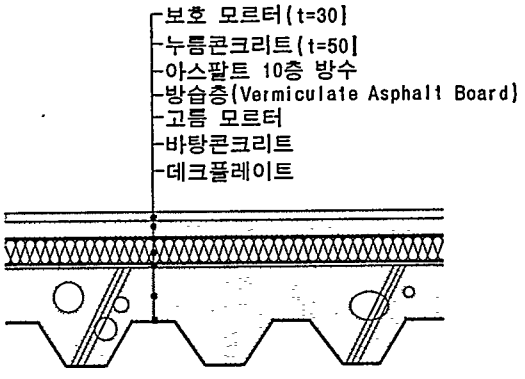
부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
옥상슬래브 평면부	◦ 보호모르터 박리 : 1,2호기 터어빈 옥상부 보호모르터 신축줄눈을 중심으로 박리현상 심함  ◦ 파라펫 하단 및 돌출시설물 받침부 균열, 누수경로 제공  ◦ 기타 관통부, 드레인 주변의 열화 또는 누수현상은 앞의 원자력발전소의 경우와 유사함	◦ 보호콘크리트층과의 접착불량 ◦ 보호콘크리트층까지의 신축줄눈 형성이 정확히 이루어지지 않음. 따라서 누름콘크리트층에서 형성된 균열 모르터층에 전달 열화 촉진 ◦ 돌출 시설물 주변의 부등침하에 따른 균열 발생

6. 삼천포 화력

가. 옥상 방수체계

(1) 1,2호기 방수체계

(가) 구 성



(그림 4.21) 삼천포화력 1,2호기 T/B 옥상 방수체계

(나) 특 징

- 바탕콘크리트층 위에 방습층 설치 후 고름모르터층 형성
- 단열과 방습효과를 위한 방습층을 방수층 아래에 설치
- 누름콘크리트를 이용한 방수층 보호
- 누름콘크리트층 위에 별도의 보호모르터 추가

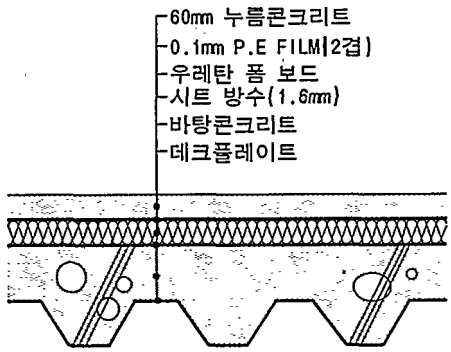
(다) 문제점

- 보호콘크리트 및 보호모르터의 중복설치로 비교적 과대 적재사하중 작용
- 방습층 설치용 보드의 겹침 이격에 의한 방수층의 취약 시공 우려
- 방습보드의 건물 진동에 따른 부착 탈락으로 보드간 이격 확대에 따른

방수층 영향

나. 3,4호기 방수체계

(1) 구 성



(그림 4.22) 삼천포화력 3,4호기 T/B 옥상 방수체계

(2) 특 징

- 별도의 고름모르터층 없이 콘크리트 쇠흙손 마감
- 시트(Bituthene)로 방수층 형성
- 바탕콘크리트 위에 바로 방수층 형성
- 방수층 상부에 외기로부터 전달되는 열작용을 감소시키 위해 단열층 둠
- 보호 콘크리트 타설시 우레탄 단열층에 수분 및 시멘트 페이스트 흡수차단 및 일차적인 방수효과를 위한 P.E Film 설치
- 모르터층을 생략하므로써 중량을 감소시킨 다소 개선된 형태

(3) 문제점

◦ 외부 단열체계로서 바탕 콘크리트에서 발산되는 수증기압 배출 어려움

◦ 준공 초기에는 상태 양호하지만 시간이 경과하면 옥상 슬래브 등 전체에 대한 손상 발생 가능성 있음

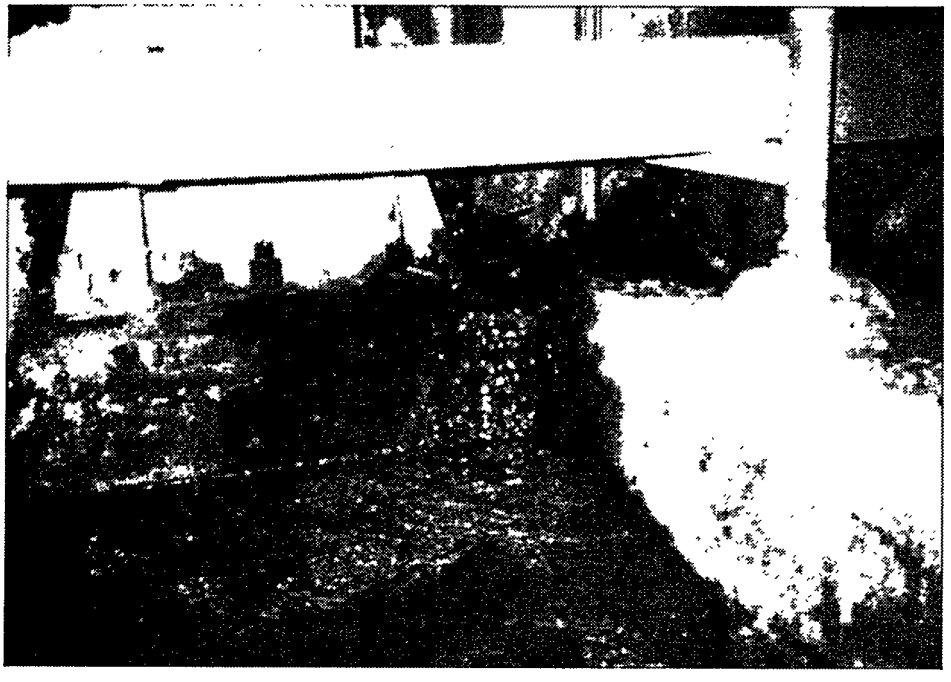
다. 지하방수체계

삼천포화력발전소의 지하방수체계는 보령화력의 지하방수체계와 유사하다.

(1) 적용공법 및 재료

지하의 벽체와 바닥은 침투성 도막방수제를 사용하여 방수층을 형성하였고 벽체의 경우 대체로 상태가 양호하고 직접 누수되는 부위는 없었다.

(2) 누수부위

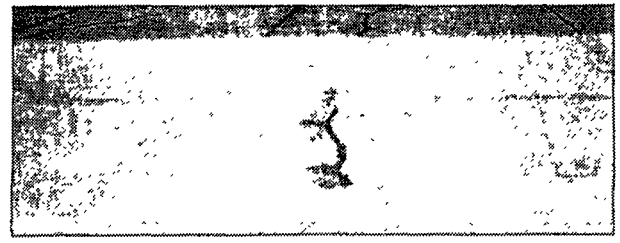


(사진 4.3) 터빈 건물 지하 누수현상

냉각수가 도입되는 지하바닥면 주위에 누수되는 부분이 있었다. 직접 누수되는 부위는 직경 1.8m 정도의 냉각수관이 바닥 Base mat 콘크리트(두께 약 5~8m)를 관통하는 접착부분으로써 금속제 냉각수관과 Base mat 콘크리트 부분의 틈새 기밀이 완벽하지 않는데 있다. 기밀유지가 어려운 누수부위를 통해서 들어온 물은 다소의 염분을 함유하고 있는 것으로 볼 때 지하구조물 주변의 지하수에는 해수가 섞여 있는 것으로 추정된다.

라. 옥상방수 열화현상

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
1, 2호기 옥상슬래브 평면부	◦ 보호모르터 균열 및 박리 	◦ 설계상 두께(30mm)에 대한 시공두께 미흡(20mm 이하) ◦ 누름콘크리트층에 못 미친 신축줄눈 깊이로 인한 누름콘크리트의 균열이 보호모르터에 전달 ◦ 진동에 따른 누름콘크리트와의 이격 발생
	◦ 기계설비 받침부 균열 및 파손 	◦ 옥상슬래브에 기계설비 설치시 하중과 기계진동에 적합한 받침의 설계 및 시공고려 불충분

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
파라펫부 균열, 파손	◦ 보호모르터 균열 보수부위 재균열 발생 - 균열부위 고분자 탄성복합재(Vulkem) 사용한 도막 보수부위 원 균열층 따라 재균열 발생 	◦ 원균열부위 V-Cut 또는 청소 등의 바탕처리 미흡 ◦ 계속된 진동 또는 보호모르터 신축에 대한 도막방수재료의 불충분한 적응
	◦ 건물 시공이음(Construction Joint)부 부근 파라펫 파손 	◦ 파라펫 부분의 시공이음부 설치 없음 - 파라펫 손상 근본적인 원인 제공 ◦ 손상정도 심하여 직접적인 누수경로됨

부위	열 화 및 누 수 현 상	열 화 및 누 수 요 인
관통부	◦ 관통부 배기가스 또는 증기 지속적 공급 따른 슬래브층 급수체계 형성 ◦ 터어빈 건물저층 벽체관통 배기가스 배출관의 최종 배출구 옥상 슬래브에 설치 - 배기관 주변 수증기 응결수 계속 흘러내림	
기타	◦ 루프드레인 주변 방수층 치켜올림 부족 ◦ 파라펫 미장부 균열 많음 ◦ 천정 데크플레이트에 조명, 덕트 고정위한 구멍 뚫음 - 옥상슬래브 바탕 콘크리트에 건물 내부에서 발생하는 수증기의 공급경로 제공	

제 3 절 방수결함 발생유형 및 요인 분석

발전소 구조물의 방수결함 발생은 먼저 구조물의 요소로 분류하면 옥상 및 벽체 부분의 방수층 주변에서 주로 발생하는 들뜸, 파단, 단말부 틈새, 관통부 틈새, siding이나 두겁의 철재 덮개 이격, 탈기공 파손, 드레인 및 트렌치 부분의 체수 현상을 들 수 있으며 건물의 옥상 난간이나 돌출시설부 받침부 또는 건물의 시공이음부근의 콘크리트 또는 조적조 마감부 균열, 박리 탈락 부분에서 직접 누수되는 방수결함이 있다. 지하요소는 주 방수체계가 주로 시트에 의한 외방수로 이루어져 있어서 시트의 겹이음부 기밀부실, 되메우기시 방수층 찢김 등의 발생으로 주변 지하수의 유입이 방수결함의 주 요인이다. 또한 지하방수에서는 방수층이 지표층에서 5~10cm 정도의 지중 깊이에서 시작되므로 끝단의 단말부에서 구조물과의 접착이 밀실하지 못해서 이 부분을 통해서 유입된 물이 구조물에 발생된 균열이나 폼타이 구멍, 곰보 등의 결함부들을 따라 누수가 발생한다.

이러한 누수발생의 요인으로서는 구조물 자체의 방수취약 설계 및 시공, 방수재료 및 구법의 부적합, 방수체계의 부적절한 설계 및 시공, 유지관리 미비 등을 들 수 있다. 이들의 방수결함 발생 유형과 누수요인을 누수요소 및 요인별로 세부항목으로 나누어 보면 다음과 같다.

1. 지붕, 옥상 및 벽체

발전소 구조물을 비롯한 일반건물의 지붕, 옥상 및 벽체에서 발생하는 방수결함의 유형은 크게 방수층, 누름층, 파라펫, 관통부, 방수바탕층 등의 구성부위로 나눌 수 있으며 이들 구성부위에서 발생하는 방수 결함의 요인은 외부환경 요인, 설계의 부적절, 재료선택의 부적절, 시공정도의 부실, 유지관리 측면에서 분석할 수 있다.

발전소 구조물 중에서 터빈 건물을 중심으로 방수결함 유형 및 요인을 분석하면 다음과 같다.

가. 평면부

발전소 구조물의 옥상 슬래브 평면부가 일반건물의 옥상 슬래브 평면부와 크게 상이한 점은 일반건물의 옥상 슬래브가 비교적 좁은 면적이며 대부분 콘크리트의 단일 재료 구조물이며 옥상 아래층에 내부단열이 있든, 없든 내부에서 상승하는 열의 영향을 거의 받지 않고 옥상 슬래브가 경량이 아닌 일반 콘크리트이기 때문에 건물에서 발생하는 미약한 진동에 비교적 영향을 받지 않는다. 반면에 발전소 옥상 슬래브는 대부분 대단히 넓은 면적을 지니고 있으며 슬래브의 구성도 데크플레이트, 바탕 콘크리트, 단열층, 방수층 등 여러겹의 상이한 재료가 복합적으로 구성되어 있다. 또한 발전소 옥상 슬래브 자체는 적재하중과 활하중에 대한 충분한 고려가 되지 않는, 최소한의 적재하중과 작업하중을 지지할 수 있는 구조로 볼 수 있다. 따라서 비교적 경량이면서 장경간, 넓은 면적의 터빈 건물의 경우는 터빈, 발전기, 보일러 등의 대형 주 발전설비와 이들을 보조하는 각종 보조설비에서 발생하는 매우 강한 진동의 영향을 항상 받고 있는 구조요소이다.

즉, 이러한 발전소 구조물만의 구조적·환경적 특징에 의해서 방수층에서 발생하는 각종 결함 유형 및 요인도 특정지어진다.

나. 관통부

발전소 내에서 콘크리트 구조로 된 일반건물들은 창문과 환기·배기 개구부를 제외하고는 별도 관통부 설치가 없으나 터빈 건물은 옥상 슬래브에 환기설비와 각종 가스압 조절을 위한 관통 파이프의 설치가 많다. 이들 중에는 건설 당시 설계되어서 옥상의 지지 트러스나 횡빔 등을 지지기초로 하여 설치되어 옥상 데크 플레이트 슬래브에 추가하중으로 작용되지 않는 돌출구조물과 준공 후 건물 사용 도중 설비 보완에 따른 관통 요소를 기존의 옥상 슬래브층 또는 벽체 siding 부분을 뚫고서 추가로 설치하여 슬래브 방수층을 흐뜨리거나 추가 적재하중을 가하는 관통 또는

돌출구조물이 있다.

전자의 경우는 건물 시공시 미리 고려된 하중과 방수시공상세에 따라 평면 방수층과 일체되어 비교적 방수측면에서 문제점을 덜 발생시키나 후자의 경우는 기존의 방수층을 일부 제거하고 추가 설비나 관통파이프 등을 설치하고 난 뒤 다시 기존의 방수에 맞대어 방수체계를 보완하므로써 방수 구재료와 신구조의 완벽한 재결합이 어렵고 방수체계도 서로 달라지게 되며 추가하중의 적재에 따라서 추가설비 설치주변은 많은 문제점을 안게 된다. 또한 추가설비 설치작업은 지금까지 발전소 유지관리 특성상 건물의 방수관련 유지관리 업무를 수행하는 설비부의 주관 또는 협조하에 수행되는 것이 아니라 대부분 기계설비를 담당하는 부서의 필요성에 의해서 단독으로 수행되는 경우가 많아서 때로는 방수문제가 소홀히 취급되기도 한다.

관통부는 원래 평면부의 방수체계와 일체화시키기 어려워 좋은 방수효과를 이끌어내기가 힘든 요소이며 여기에 더해서 추가설비 설치시 완벽한 방수를 하기는 대단히 어렵다. 이와같이 관통부는 그 요소 자체로도 열화와 누수가 쉽게 일어나는데 부가적인 열화와 누수요인을 제공하게 될 때는 방수효과를 기대하기 힘들다.

다. 단말부

방수단말부의 위치는 일반적으로 굴곡부 부근에 위치하며 끝부분은 고정 홈(턱)을 설치하여 밀착시키거나 물끊기 기능을 보강한다. 그러나 대부분의 방수말단부는 굴곡에 대한 완화처리와 밀착처리가 어렵고 그 부분의 방수재료의 신축이 평면부와 비교하여 선명하게 표시되고 굴곡된 각기 다른 평면에서 각각의 평면에 대하여 구속되기 때문에 가장자리 끝단 부분은 쉽게 벌어지게 된다.

방수단말부는 평면구조체와 일체화된 난간벽에 설치될 때는 평면구조체와 동일한 재료(콘크리트 또는 조적조의 모르터)에 접착되어야 하나 실제 시공상태 또는 보수상태는 작업의 편의성 때문에 siding이나 파라펫의 철재판에 접착시키므로써 바람,

열에 의한 siding의 신축 또는 진동에 의해서 틈새가 벌어지거나 방수층이 파단된다.

일단의 틈새와 파단이 발생되면 그 부위는 우수의 침투경로가 되며 반복되는 강우에 의해서 방수층에 계속 확산되어 결국 평면부 방수층의 가장자리를 들뜨게 하며 때로는 식물의 번식지가 된다.

라. 드레인 및 트렌치

드레인 주변의 가장 큰 방수결함은 드레인 받침부가 원래 설치된 바탕 슬래브 부근에 그대로 고정되어 있지 않고 함몰되어서 주변의 방수층과 이격이 발생된다.

드레인 주변은 옥상슬래브 전체로 볼때 옥상 경사를 타고 흘러내린 우수가 모이는 곳으로 강한 강우시에는 정상적인 배수상태라도 일시적인 체수현상이 발생한다. 따라서 드레인 지지부의 함몰 또는 드레인 주변의 방수처리가 부실한 경우는 상당한 양의 누수가 발생하게 된다. 드레인의 위치가 평면방수층의 완전 끝단 또는 굴곡부에 위치하게 되면 주변 방수층의 상세처리가 어렵게 되므로 평면부 끝단에서 다소 들어선 위치에 자리잡는 것이 좋다.

트렌치는 옥상 슬래브 평면에 내린 강우를 평면가장자리에서 한쪽으로 모아서 배수하기 위한 장치로서 대부분 배수드레인과 연결된 부분이 많다. 일반적으로 드레인은 금속제판으로 설치하여 중간에 이음매를 갖는 것이 보통이다. 이 이음에 틈새가 발생하거나 트렌치의 배수경사가 충분하지 않으면 체수 및 누수가 발생하게 된다.

마. 파라펫

발전소 옥상 슬래브의 파라펫 부분중 단위건물과 단위건물이 맞다은 부분에 두겁이 생략된 곳이 많고 단위건물의 끝단 가장자리 난간 주변은 철판제의 두겁으로 파

라펫 부분을 덮어 놓았다. 일반적으로 두겁이나 Top Flashing이 설치되어 있지 않은 파라펫 부분에 균열이 있거나 파손이 있는 경우는 이곳을 통해서 유입된 우수가 벽체의 내벽면을 따라 흘러내려서 미관상, 유지관리상의 문제를 야기시킨다. 두겁이나 Top Flashing이 설치된 부분이라도 연결부분의 실링이 재료의 경화와 두겁의 신축흡수 미흡에 의해서 연결부에 틈새가 발생하거나 두겁을 부착볼트로 한지점에 고정시킴으로써 신축발생시 볼트 구멍부분이 찢어지거나 두겁판 전체가 휘어서 틈새가 벌어지고 심한 부분은 유격이 있다.

두겁부의 처리는 이음부의 일반적인 실링처리와 일방적인 볼트고정으로는 실패할 가능성이 크므로 두겁판의 신축을 흡수할 수 있는 처리가 필요하다.

바. 외벽 siding 단말부

외벽에 설치된 siding에 별다른 누수요인이 발생하지 않은 상태에서 내벽으로 누수가 되는 경우가 있다. 이 부분에서 누수되는 현상은 siding의 설치와 구조형강의 거치를 위한 철근 콘크리트조의 기초 벽체 올림부 배면에 우수유입 방지턱을 설치하는데 비교적 방지턱이 낮은 곳에 바람을 동반한 우수가 내릴 때 누수가 발생한다.

외벽 siding의 전체 평면은 대부분 고른 평면을 가지고 있고 수직으로 경사져 있으므로 단말부를 제외하고는 누수가 별로 발생하지 않는다.

사. 탈기시설

탈기시설은 옥상의 넓은 평면에 방수층이 형성될 때 재료자체의 탈기성능을 지닌 재료를 사용한 경우를 제외한 일반적인 멤브레인 방수에서는 들뜸에 의한 방수층의 열화를 방지하기 위하여 탈기시설을 설치한다.

발전소 옥상에 설치된 탈기시설은 탈기공이 대부분이며 대부분의 탈기공 주변이

<표 4.1> 지붕, 옥상 및 벽체 방수결함 발생유형 및 원인

부위	방 수 결 함	원 인
평면부	◦ 들뜸 : 방수층이 부분적으로 부풀음	◦ 바탕층과 방수층의 접착불량 ◦ 터어빈 건물의 경우 실내 천정부의 고온 다습공기에 의한 바탕층 수증기압 발생 ◦ 탈기공법의 부적절한 시공으로 인한 기능 부실 ◦ 외력에 의해 파단된 부분으로 외부에서 우수 유입 ◦ 자갈 보호층 걷힘에 따라 방수층 경화 수축으로 부분적 굴곡 발생후 확대 팽창 ◦ 보호층 걷힘에 따라 누름작용 상실
	◦ 파단 : 부분적으로 방수층 찢김, 방수층에 못, 철물조각 박힌 흔적 있음	◦ 기존 방수층에 추가 기계설비 설치시 작업부주의 및 후속조치 미흡 ◦ 자갈누름층의 경우 누름 보호층 걷힘에 따라 외부공기 및 일사에 의한 경화 촉진 ◦ 일교차, 연교차 등의 외기 변화에 따른 방수재료의 신축 내구성 부족
	◦ 보호 모르터 박리 : 보호모르터의 신축 줄눈을 중심으로 박리 또는 파손	◦ 보호모르터 두께 불충분 ◦ 보호 콘크리트층과의 접착불량 ◦ 보호 콘크리트의 신축 줄눈 설치용 V-cut에 따른 콘크리트의 균열 보호 모르터층에 전달 ◦ 추가 돌출시설물 주변의 부분적 침하에 따른 균열발생후 확장 ◦ 초기 건조수축 균열후 진동에 의한 진전
단말부	◦ 단말부 치켜올림 틈새	◦ 단말부 끝단 일반적 접착으로는 접착내구성 약함 ◦ 돌출시설부의 내부 단말 치켜올림이 시공상 까다로움에 따라 성실시공 미흡 ◦ 굴곡부에 Cant 미설치에 따라 방수재료 수축시 내부 공간 발생, 취약부 형성 ◦ 평면과 난간사이 모서리부에 토사 먼지 쌓인후 식물번식에 따라 방수층 손상
드레인 및 트렌치	◦ 드레인 구멍 막힘 ◦ 드레인 설치주변 함몰 ◦ 트렌치 부분 체수 ◦ 트렌치 주변 방수층 열화	◦ 옥상슬래브에 오물 방치 - 관리 소홀 ◦ 슬래브와 드레인 지지고정 부실 ◦ 트렌치와 배수경사 부적절 ◦ 트렌치로 자갈 유실우려 인위적으로 자갈보호층 제거, 방수층 노출에 따라 열화 가속
외벽	◦ 외벽 siding 하단 말단부 누수	◦ siding과 고정 콘크리트 벽체의 우수유입 방지턱 길이 짧음

부위	방 수 결 함	원 인
관통부	◦ 관통부 연결부위 틈새 ◦ 슬래브와 방수층 틈새 ◦ 배기가스 배출에 의한 아스팔트 방수층 녹음 ◦ 관통파이프의 기계진동 고정 앵커부 통해 슬래브에 전달	◦ 관통 파이프 이음부 실링 처리 미흡 ◦ 실링재 내구성 부족에 따른 경화 및 탈락 ◦ 실링 처리부 부족에 의해 녹음 - 재료선택 부적합 ◦ 배기가스 배출 방향 부적절로 열적 열화 요인 제공 ◦ 관통부의 지지가 바탕 콘크리트 슬래브에 연결되어 기계진동 옥상 슬래브에 전달 ◦ 관통부 추가설치후 마감처리 미흡
파라펫	◦ 기후환경 변화에 따른 신축작용 반복으로 위치 이탈 ◦ 두겁과 두겁의 연결부 실링재 경화, 탈락 ◦ 두겁이 전체적으로 바람방향에 따라 기울어져 있음 ◦ 두겁 고정볼트 탈락 및 볼트부 주변 두겁 찢어짐 ◦ 단위건물과 단위건물 연결부 균열, 박리 통해 누수 ◦ 티어빈 건물 각 호기별 시공이음부 주변 난간 및 파라펫 파손	◦ 두겁 연결부 실링재 신축 흡수 못함 - 재료의 유연성 결여 ◦ 실링재 경화에 의한 내구성 결여 ◦ 두겁이 바람에 유연하게 대처할 수 없는 각형임 ◦ 볼트고정 구멍 신축흡수 기능 전무함 ◦ 단위건물 사이 파라펫 부분 Top Flashing없고 보완조치도 없음 ◦ 건물 옥상 슬래브는 시공이음 처리 했으나 난간 및 파라펫 부분은 일체화 시킴으로써 신축흡수 못하므로 균열 및 파손됨.
탈기시설	◦ 탈기공 파손 ◦ 탈기공 설치위치 부정확	◦ 탈기공 용도 및 기능에 대한 인식 부족 ◦ 탈기공 재질의 내구성 부족 ◦ 방수층위에 탈기공 매설 - 기능상실 ◦ 탈기공이 돌출형으로 쉽게 외부 충격 받을 수 있음
기타	◦ 천정 데크 플레이트에 조명, 덕트 고정위한 구멍 뚫음 - 옥상 슬래브 바탕 콘크리트에 건물내부에서 발생하는 수증기의 공급경로 제공	

설계와 시방에 맞춰서 시공되어 있지 않다.

즉, 탈기공을 비롯한 탈기자체는 탈기공을 방수 바탕층에 미리 설치하고 그 주변을 방수층으로 감싸므로서 방수바탕층에서 발생하는 수증기가 유도되어 탈기되어야 한다. 그러나 현재 대부분의 시공상태가 방수층에 위에 얹혀져 있는 것으로 추정되며 탈기공 자체도 손상된 것이 많다.

이상의 지붕, 옥상 및 벽체의 각 방수부위에서 발생하는 방수결함의 유형 및 원인을 현장 방수 실태조사를 바탕으로 요약하면 <표 4.1>과 같다. <표 4.1>에서는 앞의 제2절에서 각 발전소별로 발생된 누수 및 열화현상을 요약한 것으로 그림 및 사진은 앞절을 참조하고 여기서는 부위별로 정리한다.

2. 지하구조물

지하구조물에서 발생하는 방수결함 유형은 지상의 옥상, 벽체 등 노출부보다는 비교적 단순하지만 일단 발생한 방수체계 손상원인을 분석하기는 상대적으로 어렵다. 그 이유는 지하구조물의 외벽은 흙으로 채워져 있거나 표면이 포장 또는 치장재로 덮여져 있어서 구조물 내벽에서 발생되는 누수현상만 보고 누수경로 및 원인을 추정하여야 하기 때문이다

지하구조물의 방수결함 유형은 방수체계를 포함하여 구조물 구체에 발생하는 직접적인 결함과 앞으로 방수사고를 유발할 수 있는 간접적인 외부환경의 변화로 나눌 수 있다.

방수결함을 일으키는 원인으로는 부적절한 설계 및 시공에 기인한 건설당시의 과오와 주변에 구조물을 건설하거나 홍수발생 등의 인위적, 자연적 간접제해가 있으며 이 간접제해로 나타나는 방수환경의 변화는 지하수의 흐름 및 지하수위 변동, 지표면 포장에 따른 지표 유입수의 흐름 변동, 이들이 복합적으로 관련되어 발생하는 부등침하 또는 구조물의 이상 거동현상을 들 수 있다. 그리고 이러한 사항들이

<표 4.2> 지하구조물의 방수사고 유형 및 원인

사고원인 \ 사고유형		구체				방수층						배수불량
		초기균열	구체균열	박리	철근부식	들뜸	찢김	실링, 경화, 탈락	도포제 균열	도포제 벗겨짐	관통 연결부 손상	
외부환경	온도	○				○		○	○			
	습도	○		○	○	○		○	○	○		
	동결융해		○	○		○	○	○				
	진동		○	○		○	○	○	○		○	
	충격		○				○		○	○	○	
	화학침식		○	○	○			○	○	○		
	지표포장											○
	강우량					○		○			○	○
	지반침하		○	○			○				○	
설계부적절	지내력		○	○			○				○	
	지층구조		○								○	○
	구조체 평형		○	○							○	
	배합설계	○	○	○	○							
	지하수위 설정				○	○		○				○
	배수위치											○
재료부적절	보호재					○	○					
	방수재					○	○		○	○		
	실링재							○			○	
	시멘트	○	○	○								
	골재		○	○								
공법선정	시공조건					○	○	○	○	○	○	○
	공정연속성		○	○	○	○			○	○	○	
	마감처리 조건					○	○	○	○	○	○	
시공부실	보호재 접착					○	○		○	○		
	방수재 접착					○	○		○	○		
	연결부 기밀							○			○	
	구체강도		○	○		○	○					
	구체기밀		○	○	○				○	○		
	바탕처리					○	○	○	○	○		
	기능공 숙련도					○	○	○	○	○	○	
	구배										○	○
유지관리	점검활동		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	사고원인 분석					○	○	○	○	○	○	○
	배수장치 작동											○
	보수지연		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	주변정돈											○

장·단기적으로 방수체계를 손상시키는 결정적 요인을 제공한다.

<표 4.2>는 일반적인 지하방수의 결함 유형과 원인을 나타낸 것이며 현장 방수 실태조사를 통해서 분석한 발전소 구조물의 지하방수 결함 유형 및 요인은 다음과 같다.

가. 텐던 갤러리

텐던 갤러리는 원자력 발전소에만 있는 구조물로서 다른 구조부위에 비하여 접근이 용이하다. 각 발전소별 현장 실태조사에서 나타낸 바와 같이 방수체계는 방수시트를 재료로 한 외방수체계를 채택하고 있다. 대부분의 발전소는 완전 개착식으로 기초 및 지하구조물의 공사가 진행되므로 비교적 방수공사의 시공공간과 공정여유 시간이 충분하여 외방수 공사를 수행하기가 편리하다.

방수시트층의 형성과정을 보면 먼저 터파기를 소정의 기초 안착깊이까지 한 다음 바닥고름용 버림콘크리트를 타설한다. 그 다음에 방수가 필요한 구조요소가 들어설 자리에 방수시트를 버림 콘크리트의 상부에 접착시키고 각각의 구성요소를 공정에 맞게 시공한다. 설계도면을 분석해보면 텐던갤러리 주변의 버림콘크리트 유형은 불투성의 보통 버림콘크리트 층과 통기, 통수성이 있는 기공 버림콘크리트로 나누어 진다. 현장조사를 통해볼 때 불투성의 버림 콘크리트 층을 채택한 발전소에서는 텐던갤러리 주변의 누수가 별로 발생하지 않았으나 기공 버림콘크리트 층을 채택한 곳에서는 누수현상이 다소 심하게 나타났다. 주로 누수가 되는 부위는 내벽과 천정의 접속 시공이음부, 내벽의 미세균열 발생부위, 폼타이 구멍, 철사 결속선 잔류지점이며 이들 누수부위중 천정과 벽체의 시공이음부 및 미세균열부의 몇 장소에서 누수와 동반하여 석회침출물이 많이 흘러내렸다.

누수요인은 일단의 외부 시트 방수층의 취약부인 겹이음부의 틈새 발생이나 되메우기시 파단 또는 흠집 부분이 확장되고 틈새를 따라 외벽에서 침투한 지하수가 상

기의 누수취약부를 통해서 누수되거나 불량시공이음(cold joint)이나 지수판(water stop)이 손상된 부분을 따라 누수된다.

나. 신축이음부 (Expansion Joint)

여기에서 신축이음부는 단위건물과 단위건물의 이음간격과 지진에 대비한 단위건물의 분리간격을 의미한다. 대표적 형태의 신축이음부는 (그림 4.7)에 잘 나타나 있다.

신축이음부는 건물 전체가 단면에서 단일의 일직선으로 분리되지 않고 중간에 직각의 굴곡을 두고 있으나 구조체가 완전히 분리된 형태이므로 분리 접촉면이 누수취약부가 된다. 주변 지하수가 이 면을 따라 수압에 의해서 서서히 밀려와서는 지하의 이음부 공간으로 아래에서부터 솟아오르는 누수현상을 보인다.

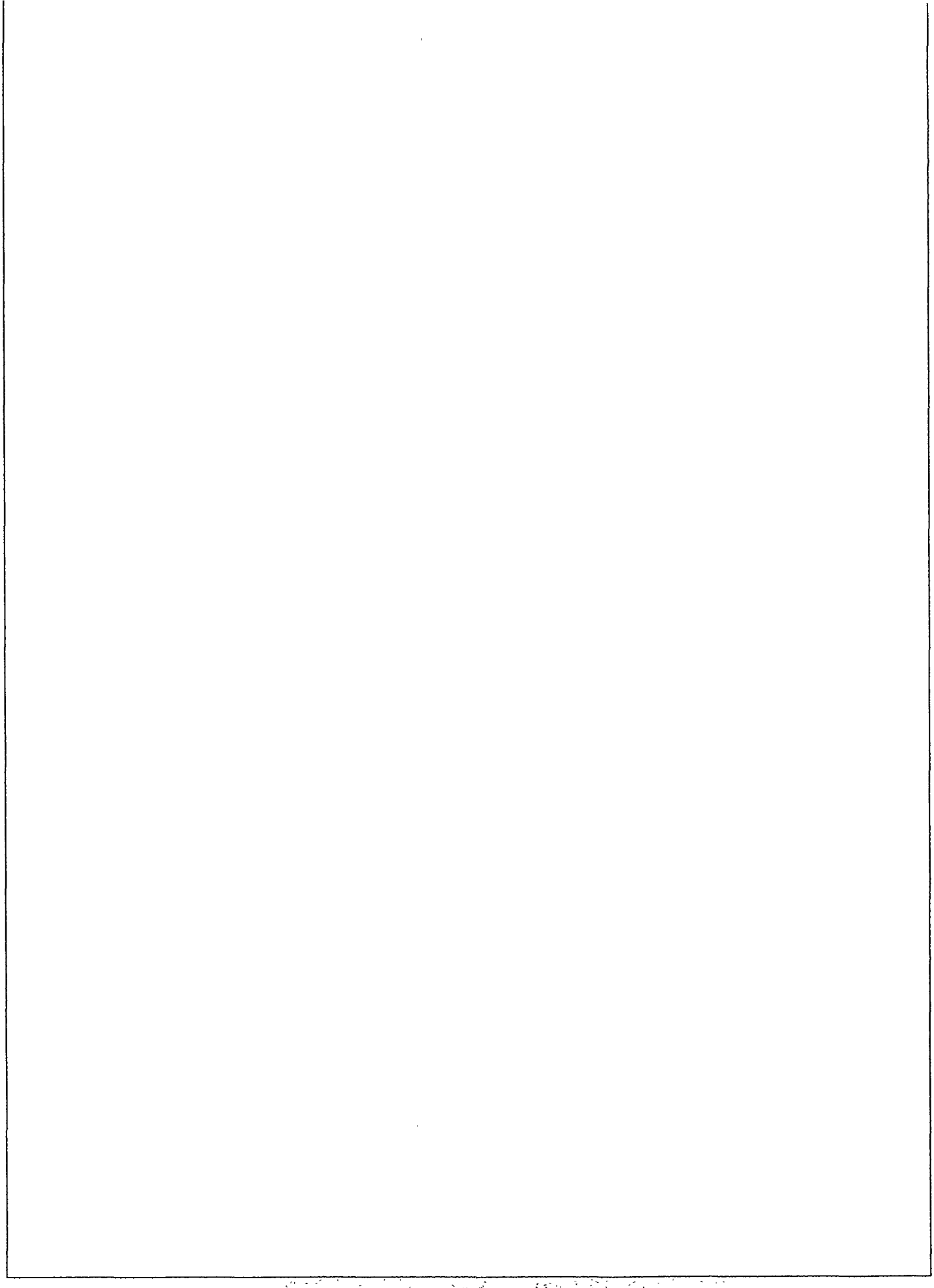
대부분의 분리 접촉면에 별도로 방수층을 두지 않고 있으며 실제로 분리이음 기능을 발휘하기 위해서는 적당한 간격의 공간을 필요로 한다.

따라서 방수층의 형성은 지하공간으로 표면 바닥에서만 이루어질 수 있으며 방수체계가 상당히 까다롭다. 그러므로 이 부분은 두가지의 기능 즉, 구조분리기능과 방수기능을 확보할 수 있는 특별한 방수대책이 필요하다.

다. 지하관통부

대부분의 화력발전소에 있는 지하구조물 중에서 각종 제어계통 및 통신 케이블을 연결, 점검하는 공간이다. 현재 발전소에서 적용하는 이 부분의 방수처리는 케이블 보호쉬스와 콘크리트 벽체의 기밀 접속에만 의존하고 있으므로 쉬스 연결부에 틈이 있거나 쉬스와 콘크리트 벽체의 틈새가 기밀성을 유지 못할 경우 비교적 많은 양의 누수가 발생하며 또 이 누수에 대비하여 케이블 룸 가장자리에 트렌치를 설치하고 누수된 물을 중앙부분의 집수정으로 유도하여 외부로 펌핑하고 있다.

제 5 장 방수재료 및 공·구법 선정방법



제 5 장 방수재료 및 공·구법선정 방법

제 1 절 개 요

공업전반에 걸친 기술혁신은 건설분야에도 영향을 미쳐 방수재료, 방수공·구법 역시 많은 변천을 가져와 현재 시판되고 있는 방수재료는 약 500종류로 매우 다양하며 그 성질도 상당히 광범위하다. 과거에는 방수재료라 하면 아스팔트방수 또는 모르터방수 등이 주로 사용되어 왔지만 60년대 초부터 합성고분자계가 출현하였다. 그와 동시에 건물의 대규모화, 성력화, 공기단축 등이 요구되어 방수층에 대한 요구도 점차 변천되고 있다. 그러나 방수재료의 역사중 가장 큰 변화는 소위 적층식 아스팔트 방수층이 1층 타입의 새로운 방수층으로 변화되는 경향이 강했다는 것이다.

현재 국내에서 발전소 구조물에 사용되고 있는 방수공법으로서는 옥상방수를 위한 아스팔트 적층방수와 시트 방수, 지하실 방수를 위한 시멘트 액체방수, 모르터 방수, 외부시트 방수나 이를 병용한 공법 등이 사용되어져 왔고, 최근 수입재료에 의한 무기질 침투성 도막방수가 사용되고 있으나 이러한 공법들이 발전소 구조물의 형태나 주변의 환경조건에 적합하게 사용되지 않고 있어 이에 적합한 재료 및 시공법의 개발이 필요한 실정이다.

따라서 발전소 구조물 방수시공을 위한 적합한 재료의 개발이 시급한 실정이며, 선정된 재료가 가질 수 있는 성능을 충분히 발휘할 수 있도록 그에 맞는 적합한 공법 및 구법의 채용이 요구된다.

제 2 절 방수설계시의 검토사항

일반적으로 방수성능에 대한 모든 문제가 재료를 선정하고 그것을 조합하는 설계단계에서 주로 결정되기 때문에 설계단계에서 부터 적절한 재료의 선정외에 구조등에 대해서도 요구성능 기준이 마련되어야 할 것이다.

따라서 건물의 누수방지를 위해서는 우선적으로 건물의 형태, 용도등 건물내적인 조건과 기후등 외부조건에 적합한 방수재료 및 구법이 선정되고, 부위별 구조형태에 따른 방수시스템이 합리적으로 구성되도록 설계·시공되어야 할 것이다.

다음은 방수공·구법선정시 검토해야 할 사항을 개략적으로 열거한 것이다.

(1) 건물의 규모, 용도등에서 건물의 중요도를 추정한다.

(2) 건설지에서의 기후(기온, 강수량)를 조사한다.

(3) 구조·바탕의 조건을 확인한다.

이밖에도 방수공사의 시공시간을 예측하고 방수의 범위(면적), 개소 등에 따라 방수층 형성의 조건을 확인하는 것과 배수계획, 사용재료의 종류, 시방, 수량조사, 예산파악 등을 실시하여야 한다. 또한, 단부 및 복잡한 개소의 마무리 상태 및 상품명, 시공업자 등의 지정사항을 확인하는 것이 중요하다.

1. 건물의 중요도 추정

건물에는 수많은 종류가 있다. 어느 건물에도 누수가 있어서는 안되겠지만 건물에 따라서는 그 영향이 작은 것과 절대적으로 누수를 억제해야 하는 것이 있다.

또한 동일 건물에도 부위에 따라 누수에 의한 피해의 크기에는 차이가 있다. 그 밖에 보수의 곤란, 기대 내용연한 등을 감안하여 방수의 중요도에 따른 시방의 정도를 결정하여 설계해야 한다.

이상과 같이 방수시방을 결정할 때는 건물의 종류와 방수의 중요도를 고려하여

선정할 필요가 있다.

(1) 중요도가 매우 높은 건물

정밀기계 등이 있는 건물, 발전소, 변전소, 전기실, 백화점, 미술관, 서고, 컴퓨터실 등

(2) 중요도가 높은 건물

백화점, 주택, 사무소, 병원, 공회당, 학교 등

(3) 보통정도의 건물

주택, 차고, 사무소, 학교 등

(4) 중요도가 보통정도에서 떨어지는 건물(부위)

베란다, 테라스 등

2. 현장의 기후조건

강우량, 적설량, 온·습도, 풍속, 풍향, 일조량 등의 기상조건은 건물의 기본계획, 구조계획과 동시에 방수계획에 크게 관련되고 있다. 즉, 기상조건은 방수의 기능, 성능에 관계함과 동시에 방수층의 내구성에도 큰 영향력이 있다. 따라서 발전소 구조물이 위치한 곳의 기후조건에 대한 충분한 검토가 이루어져야만 사용하는 방수재료의 종류와 보호층의 형태를 결정할 수 있게 된다. 일례로 한냉지에서의 아스팔트의 종류에 대해서는 3종, 4종의 양질의 것을 사용할 필요가 있고, 보호층은 흡수성이 높은 재료를 피하는 것이 좋다. 또한, 동해를 받는 지역에는 내한성이 우수한 방수재료를 사용하는 것 외에 누름층을 설치하는 것보다 노출용 루핑 마감 또는 자갈누름을 하는 것이 효과적일 것이다.

가. 강우량

강우량의 정도가 방수층의 성능에 미치는 영향에 대해서는 논의가 많지만 일반적

으로 다우지역에서는 성능이 좋은 방수층을 채용해야 한다.

실제 건물에 있어서의 누수와 그에 관련하는 인자의 분석에 관한 한 연구보고에 의하면 강우량은 누수에 대하여 네가타입으로 일어난다고 한다. 그 원인은 강우량은 온난지방에서 많고 한랭지에서 적으므로 기온의 요인이 강하게 작용하기 때문에 일반상식과는 반대의 결과가 얻어지는 것이 아닌가 판단된다.

따라서 방수공법의 채용시에는 강우량과 직접적인 관계가 없다고 봐도 무방하겠으나 우수의 배수계획, 즉 옥상구배, 드레인의 크기 및 배치는 강우량과 크게 관계하는 것이 당연하므로 강우량에 대해 사전에 지식을 가지고 있는 것도 중요할 것이다.

나. 기 온

기온의 일반적인 경향은 북쪽으로 갈 수록 낮아지며, 고도가 높을 수록 저하한다. 또한 내륙부에서는 대륙성 기후에 가까워 한랭의 차가 크며, 밤낮의 일교차도 크게 된다. 한편, 해안에서도 열용량이 큰 해수의 온도영향을 받아 한류가 흐르는 연안에서는 난류가 흐르는 지역보다 기온이 낮다. 또한, 평균기온은 방수층을 우선 각종 유기재료의 열열화의 지표로 이용할 수 있다. 일반적으로 평균기온이 높은 지역은 낮은 지역에 비해 방수재료와 단열재의 열화속도가 빠르다. 물론 온도의 영향만으로 단순히 그 고저를 판단할 수는 없으며, 재료에 따라서도 큰 차이를 보이지만 사용환경조건의 중요한 자료가 된다.

기온의 자료로서 최고 및 최저기온에 관한 것이 있다. 이와 같은 최고·최저기온의 자료를 이용하는데는 우선 매일의 최고·최저기온에 의한 팽창·신축과 온도응력 혹은 온도 무브먼트의 크기 추정에 활용할 수 있다. 물론 기온과 부재의 온도 사이에는 어느정도 차이가 있어 태양의 직사열을 받은 부재는 그에 따른 온도상승을 고려해야 하며, 야간에는 복사냉각에 따라 기온보다 저온이 되는 영향을 고려해야 한

다. 따라서 방수층을 노출할 경우는 최고온도 보다 30~40℃ 이상, 최저온도 보다 5℃ 정도 이하를 산정할 필요가 있다. 그러나 이들의 영향은 어디까지나 기온변화에 의해 일어나는 것을 기본으로 하고 거기에 가미되는 요소로 보아야 할 것이다.

이밖에도 최고온도는 방수층의 들뜸 및 어긋남과 관계가 깊으며, 아스팔트류의 취화점은 최저온도와 관계하여 검토되어야 할 것이라 사료된다. 또한 열열화에 관계되는 한계온도가 있으면 이를 고려하는 것도 중요하다.

다. 일사와 방수층의 온도

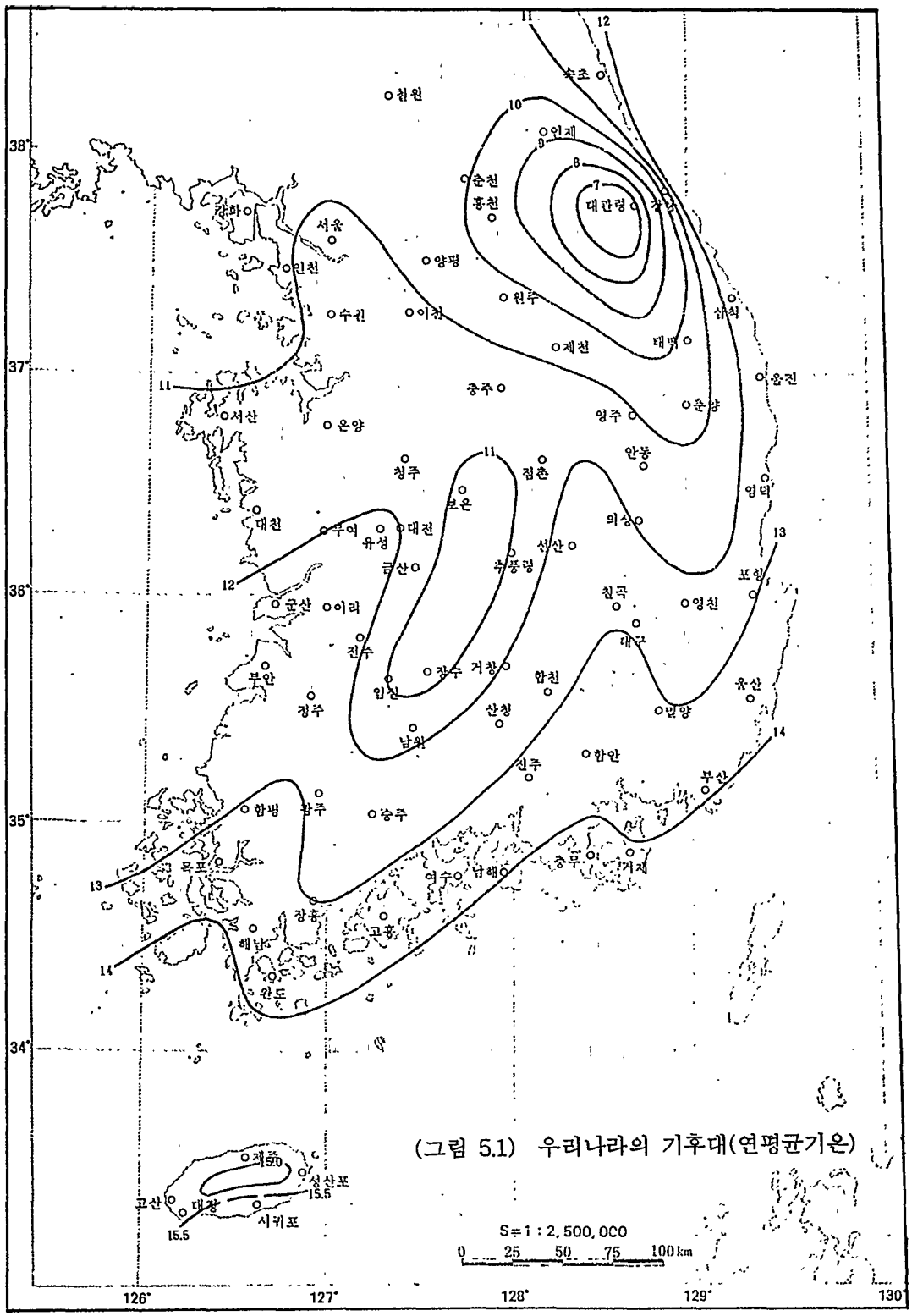
태양에서 지상에 도달하는 복사에는 파장이 0.3μ 정도의 자외선에서 2μ 이상까지 포함되며, 복사의 단파장부(자외선)는 화학적인 작용이 없지만, 장파장부는 열적인 작용을 한다.

하루중의 지표는 일사로 인해 온도가 상승하고 이에 대응하는 지표로 부터의 복사(저온복사)도 크게 되지만 지표의 수열량이 커서 온도가 상승한다. 한편, 야간에는 일사량이 없고 지표면의 방열량이 크게 되어 냉각된다. 따라서 방수층의 온도추정시 외기온을 포함하여 일조의 영향을 동시에 검토해야 한다.

라. 풍속과 풍압

대기의 풍향과 풍속은 시시각각으로 변화하며 복잡한 성상을 띠지만 구조물에 대한 바람의 영향과 피해에 대해서는 변화하는 풍속중에 최대속도(순간최대풍속)를 알 필요가 있다.

방수에 관계하는 바람의 영향에는 방수층의 박리, 비산, 슬래브의 진동 등에 의한 경우도 있지만 비를 동반하는 큰 바람 즉, 폭풍우시에 가장 심각한 문제가 발생한다. 따라서 태풍을 고려한 설계는 방수기술상의 주요한 요소이다. 일반적으로 지형에 따라서는 해안지역과 산악에서 강풍이 불기 쉬운 것으로 알려져 있다.



(그림 5.1) 우리나라의 기후대(연평균기온)

<표 5.1> 전국각지 68지점의 기후특성

구분 / 지역	일최고기온 (℃)	일최저기온 (℃)	월평균최고기온 (℃)	월평균최저기온 (℃)	10분최다강수량 (mm)	1시간최다강수량 (mm)	최다강수량 (mm)	최심적설량 (mm)	최대풍속 (m/s)	최대순간풍속 (m/s)
속초	35.8	-16.2	25.8	-3.4	24.5	56.8	314.2	123.8	28.7	46.0
대관령	32.7	-28.9	22.0	-11.4	18.0	43.4	330.8	183.8	28.3	45.7
춘천	36.6	-27.8	22.0	-10.8	33.0	62.0	260.0	44.2	22.8	32.8
강릉	39.4	-20.2	28.3	-5.2	18.5	60.0	305.5	138.1	36.7	41.6
서울	33.2	-23.1	27.8	-9.2	47.2	118.6	354.7	31.0	25.0	28.5
인천	33.9	-21.0	27.4	-8.1	24.1	103.3	347.5	43.8	35.0	40.0
원주	36.5	-27.6	26.3	-11.8	33.7	79.5	308.3	33.3	12.5	23.1
울릉도	34.5	-13.6	26.2	-11.8	33.7	79.5	308.3	33.3	12.5	23.1
수원	35.4	-25.8	26.9	-9.8	27.5	69.1	313.6	28.3	15.3	26.0
서산	35.6	-18.4	26.5	-6.2	23.5	79.0	192.6	32.0	20.0	34.0
울진	36.6	-14.1	26.3	-2.5	15.0	42.0	248.0	28.5	35.0	50.0
청주	37.8	-26.4	27.2	-8.4	24.6	62.7	224.7	39.0	23.3	28.6
대전	36.7	-19.0	27.1	-6.2	29.6	79.1	303.3	25.5	20.0	29.1
추풍령	39.8	-17.8	28.3	-7.1	23.6	57.0	213.9	37.1	23.7	32.3
포항	38.1	-15.0	28.0	-4.0	24.5	49.5	165.8	20.1	39.8	38.0
군산	35.2	-14.5	27.2	-4.0	21.5	59.8	261.1	37.1	31.7	41.3
대구	40.0	-20.2	29.3	-5.1	25.7	80.0	210.1	55.4	25.3	30.0
전주	33.2	-17.1	28.2	-5.3	29.5	109.6	336.1	28.1	20.1	28.7
울산	38.6	-16.7	28.0	-3.7	24.4	74.0	315.8	10.8	31.7	36.7
광주	37.9	-19.4	28.3	-4.6	23.0	70.1	335.6	35.0	26.3	32.0
부산	36.7	-14.0	28.3	2.2	40.0	89.0	25.9	17.0	35.0	43.0
충무	36.2	-11.6	27.5	-0.6	29.2	69.2	340.5	9.4	30.0	52.5
목포	37.0	-14.2	27.8	-2.0	21.0	54.3	394.7	56.1	42.4	39.2
여수	36.4	-12.6	27.7	-2.2	30.8	77.4	267.6	20.6	35.5	46.1
완도	34.7	-10.7	27.1	-1.1	25.5	86.0	414.3	12.4	27.3	46.0
제주	37.5	-6.0	28.2	2.4	33.0	105.0	301.2	21.5	36.1	46.9
서귀포	35.9	-6.3	28.5	2.4	27.0	73.0	260.6	37.8	27.0	44.0
진주	37.0	-15.9	27.6	-2.8	22.0	80.0	264.0	13.0	17.7	36.4
강화	35.4	-22.5	25.8	-8.8	31.0	102.0	271.5	17.4	15.5	
양평	371.0	-32.6	26.9	-13.5	27.0	97.0	239.8	30.0	13.0	
이천	38.3	-26.5	26.6	-10.4	25.5	64.0	376.0	33.1	11.5	
인제	37.3	-25.9	25.6	-10.4	19.0	35.5	275.8	35.6	14.5	
홍천	37.4	-28.1	26.9	-11.4	22.0	57.5	276.0	33.3	10.0	
삼척	37.4	-15.6	26.1	-3.2	15.0	41.5	390.8	120.2	15.0	
제천	36.0	-27.4	26.3	10.7	22.0	78.0	276.5	30.5	14.0	
충주	36.8	-28.5	27.3	-10.9	24.5	80.5	212.0	34.8	14.0	
보은	36.2	-25.4	26.1	-8.8	24.0	58.5	302.6	32.7	30.0	
온양	35.8	-21.4	26.6	-8.5	27.0	90.0	176.0	30.8	20.1	
유성	36.0	-22.2	27.4	-7.3	23.5	57.0	181.6	25.3	13.0	
대전	35.4	-17.6	26.5	-5.0	24.0	87.0	267.1	26.0	17.0	
부여	36.6	-22.1	27.0	-7.6	35.0	100.0	517.6	31.8	14.5	
금산	36.1	-22.2	26.8	-7.0	20.5	75.0	165.6	28.5	12.0	
이리	35.8	-20.0	27.4	-5.6	35.0	80.0	237.1	24.6	15.0	
부안	36.1	-22.6	27.4	-5.0	31.0	82.5	181.5	67.5	14.5	
임실	35.8	-24.4	26.5	-8.0	22.5	60.0	203.3	49.8	11.0	
정주	37.5	-20.0	28.1	-4.4	26.0	67.0	178.5	61.0	11.5	
남원	37.5	-19.2	27.7	-5.3	24.0	68.0	183.5	36.1	14.5	
함평	36.7	-22.6	27.5	-4.0	24.5	62.5	311.5	37.5	15.0	
순주	37.2	-15.5	26.9	-3.7	20.0	61.0	250.6	14.8	14.5	
장흥	38.3	-15.5	27.1	-2.9	23.0	60.0	547.4	15.8	19.0	
해남	36.0	-14.5	27.3	-2.6	24.0	80.0	477.5	17.5	19.0	
고흥	38.0	-14.4	27.6	-1.8	23.0	86.5	487.1	10.3	25.5	
성산포	35.5	-7.0	28.2	2.2	28.0	101.0	254.0	25.4	24.5	
대정	34.5	-6.9	27.7	2.3	25.0	62.0	184.0	8.7	23.5	
칠곡	38.2	-18.3	27.9	-4.7	22.5	52.2	214.8	20.3	12.5	
영주	37.2	-23.8	26.0	-7.6	29.0	86.0	184.2	31.1	18.0	
문촌	37.2	-20.0	27.4	-5.3	30.0	44.0	173.3	36.8	20.0	
영덕	38.0	-13.8	26.5	-2.7	21.0	69.5	146.0	27.9	19.0	
의성	37.4	-23.3	27.4	-7.8	33.0	47.5	156.0	21.9	12.5	
선산	37.2	-24.0	26.8	-5.3	24.5	46.5	122.5	29.3	17.0	
영천	38.5	-20.5	27.5	-4.6	25.0	61.5	190.1	17.5	25.1	
거창	37.1	-18.6	26.4	-5.3	26.0	49.5	186.7	32.0	14.5	
합천	37.1	-16.9	27.5	-4.1	22.0	72.0	213.5	24.8	13.0	
밀양	38.1	-15.8	27.7	-3.8	28.0	60.0	271.4	10.7	16.5	
산청	38.8	-14.4	27.2	-3.0	20.0	76.0	287.3	28.0	15.0	
함안	38.0	-18.3	28.2	-4.4	20.5	65.5	247.3	18.7	12.5	
거제	37.4	-10.1	27.9	-1.6	21.0	74.0	433.3	10.6	19.0	
남해	37.6	-12.8	27.7	-1.4	21.0	90.5	324.5	12.0	18.5	

<표 5.2> 평균기온(월평년값)

(단위 : ℃)

지 역	1 월	2 월	3 월	4 월	5 월	6 월	7 월	8 월	9 월	10 월	11 월	12 월	전 년
속초	-0.5	0.4	4.8	11.0	16.0	18.9	22.6	23.8	19.6	14.8	8.4	2.7	11.9
대관령	-7.9	-6.2	-1.0	6.5	11.9	15.7	19.2	19.2	13.8	8.2	1.4	-4.9	6.3
춘천	-5.2	-2.3	3.8	11.3	17.0	21.2	24.3	24.4	18.7	12.0	4.6	-2.1	10.6
강릉	-0.4	0.8	5.4	12.0	17.7	20.3	23.9	24.6	19.7	14.8	8.7	2.8	12.5
서울	-3.4	-1.1	4.5	11.8	17.4	21.5	24.6	25.4	20.6	14.3	6.6	-0.4	11.8
인천	-3.1	-1.2	3.9	10.5	15.9	20.1	23.7	24.9	20.5	14.4	7.0	0.0	11.4
원주	-5.5	-2.4	3.7	11.0	16.6	21.1	24.3	24.4	18.7	11.8	4.3	-2.5	10.5
울릉도	0.7	1.0	4.7	10.3	15.4	18.4	22.3	23.8	19.6	14.9	9.3	4.0	12.0
수원	-3.9	-1.8	3.7	10.9	16.5	20.9	24.4	25.1	19.8	13.0	5.7	-1.2	11.1
서산	-2.3	-0.7	4.0	10.7	16.2	20.7	24.1	24.9	20.1	13.8	6.9	0.8	11.6
울진	0.7	1.6	5.7	11.7	16.2	19.0	22.7	24.0	19.7	14.8	8.8	3.4	12.4
청주	-3.5	-1.1	4.4	11.9	17.5	21.8	25.1	25.3	19.9	12.9	5.7	-0.8	11.6
대전	-2.4	-0.2	4.9	12.2	17.5	21.8	25.0	25.4	20.2	13.6	6.5	0.2	12.1
추풍령	-2.7	-0.8	4.5	11.8	17.1	20.9	24.1	24.5	19.3	13.2	6.3	0.1	11.5
포항	0.7	2.4	6.9	12.7	17.6	20.7	24.7	25.6	20.9	15.7	9.5	3.4	13.4
군산	-0.8	0.5	4.6	11.0	16.4	20.9	24.7	25.7	21.0	15.0	8.2	2.2	12.5
대구	-0.7	1.3	6.5	13.2	18.5	22.2	25.7	26.3	21.0	15.0	8.1	1.8	13.2
전주	-1.2	0.5	5.4	12.6	17.9	22.0	25.7	26.3	21.1	14.6	7.8	1.7	12.9
울산	0.9	2.6	6.9	12.6	17.4	20.8	24.9	25.9	21.0	15.6	9.3	3.5	13.5
광주	-0.2	1.3	6.0	12.7	17.8	21.7	25.4	26.2	21.3	15.2	8.5	2.5	13.2
부산	2.2	3.7	7.8	12.9	17.3	20.3	24.1	25.9	21.9	17.1	11.0	5.0	14.1
충무	2.3	3.6	7.6	13.0	17.2	20.5	24.1	25.7	22.0	16.9	10.8	5.1	14.1
목포	1.3	2.1	6.0	12.1	17.1	20.9	24.7	26.2	22.0	16.6	10.1	4.2	13.6
여수	1.6	2.8	7.1	12.7	17.4	20.6	24.2	25.9	22.1	16.9	10.5	4.4	13.9
완도	2.4	3.5	7.3	12.5	16.7	20.1	23.9	25.6	22.0	17.0	10.7	5.0	13.9
제주	5.2	5.6	8.5	13.3	17.2	20.9	25.6	26.6	22.7	17.7	12.4	7.6	15.3
서귀포	6.0	6.6	9.7	14.0	17.9	20.9	25.1	26.7	23.2	18.5	13.4	8.4	15.9
진주	-0.2	2.0	6.5	12.7	17.5	21.4	24.9	25.7	20.9	14.8	7.9	1.8	13.0
강화	-4.5	-1.8	4.0	10.7	15.9	20.4	23.8	24.4	19.3	13.0	5.6	-1.4	10.8
양평	-5.7	-2.2	4.0	11.0	16.6	21.3	24.4	24.6	18.8	11.9	4.5	-2.3	10.6
이천	-4.7	-1.5	4.3	11.3	16.9	21.4	24.5	24.8	19.3	12.6	5.0	-1.8	11.0
인제	-5.6	-2.9	3.1	10.4	15.7	19.7	23.1	23.3	17.7	11.2	4.3	-2.3	9.8
홍천	-6.1	-2.9	3.2	10.5	16.2	20.8	23.9	24.0	18.3	11.3	3.7	-3.0	10.0
삼척	0.0	1.0	5.3	11.7	16.7	19.4	23.0	24.1	19.4	14.3	8.3	2.8	12.2
제천	-5.6	-2.6	3.3	10.5	16.1	20.6	23.7	23.9	18.4	11.5	4.0	-2.8	10.1
충주	-4.7	-1.6	4.3	11.6	17.2	21.8	24.8	24.9	19.3	12.4	4.9	-1.8	11.1
보은	-4.2	-1.7	3.7	10.9	16.2	20.7	23.9	24.2	18.4	11.8	4.9	-1.5	10.6
온양	-3.4	-1.0	4.2	11.2	16.8	21.3	24.7	25.1	19.8	13.2	6.0	-0.4	11.5
유성	-2.9	-0.5	5.0	12.1	17.4	21.8	24.9	25.2	19.7	13.2	6.0	-0.3	11.8
대전	-1.6	0.0	4.5	10.8	16.1	20.6	24.3	25.2	20.2	14.1	7.4	1.3	11.9
부여	-2.5	-0.2	4.8	11.5	17.0	21.6	24.8	25.3	19.9	13.3	6.3	0.2	11.8
금산	-3.1	-0.9	4.5	11.7	16.9	21.4	24.6	24.9	19.2	12.6	5.6	-0.6	11.4
이리	-1.7	0.0	4.9	11.5	16.9	21.6	24.9	25.6	20.4	14.3	7.2	1.2	12.2
부안	-1.3	0.4	4.9	11.2	16.5	21.1	24.8	25.5	20.3	14.2	7.5	1.6	12.2
임실	-3.5	-1.3	3.8	10.7	15.9	20.4	23.8	24.2	18.7	12.1	5.3	-0.9	10.8
정주	-1.1	0.6	5.4	12.0	17.3	21.7	25.4	25.9	20.7	14.6	7.6	1.7	12.7
남원	-1.8	0.3	5.4	12.0	17.2	21.7	25.0	25.5	20.2	13.8	6.6	0.4	12.2
합천	-0.2	1.2	5.4	11.5	16.6	21.2	25.0	25.6	20.6	14.6	8.1	2.2	12.7
순주	-0.8	1.0	5.7	12.1	16.9	21.2	24.8	25.3	20.1	13.9	7.1	1.3	12.4
장흥	0.1	1.7	6.0	12.0	16.8	20.9	24.8	25.6	20.6	14.7	8.0	2.3	12.8
해남	0.8	2.0	6.2	12.2	17.0	21.0	24.9	25.9	21.1	15.5	9.1	3.3	13.3
고흥	1.0	2.6	6.9	12.7	17.4	21.2	24.9	26.0	21.5	15.8	9.1	3.2	13.5
성산포	4.8	5.6	8.7	13.3	17.2	20.8	25.2	26.4	22.6	17.8	12.2	7.2	15.2
대정	5.0	5.5	8.7	13.2	17.0	21.0	25.1	26.5	22.6	18.2	12.6	7.7	15.3
칠곡	-1.8	0.4	5.9	12.5	17.3	21.6	25.0	25.4	19.9	13.6	6.8	0.5	12.3
영주	-3.8	-1.2	4.3	11.4	16.8	20.9	23.9	24.3	18.8	12.3	5.1	-1.3	11.0
점촌	-2.3	0.0	5.4	12.5	17.7	21.8	24.6	25.1	19.6	13.5	6.3	0.1	12.0
영덕	0.2	1.6	6.0	12.1	16.9	20.1	23.9	24.8	20.0	14.7	8.6	2.8	12.6
의성	-3.8	-1.2	4.4	11.6	16.8	21.3	24.5	24.9	19.1	12.2	5.0	-1.4	11.1
선산	-2.2	0.0	5.3	12.3	17.5	21.7	24.6	24.9	19.4	13.2	6.3	0.1	11.9
영천	-1.5	0.6	5.6	12.2	17.2	21.2	24.6	25.2	19.7	13.6	6.8	0.8	12.2
거창	-2.1	-0.2	5.0	11.6	16.5	20.6	23.9	24.2	18.7	12.5	5.9	0.1	11.4
합천	-1.1	1.2	6.3	12.9	17.8	21.8	25.0	25.5	20.2	13.9	7.1	1.0	12.6
밀양	-0.6	1.6	6.6	12.8	17.5	21.6	25.1	25.7	20.6	14.5	7.8	1.5	12.9
산청	-0.3	1.4	6.3	12.7	17.5	21.5	24.8	25.3	20.0	13.9	7.5	1.8	12.7
함안	-1.6	0.7	6.4	12.7	17.7	21.7	25.2	25.8	20.4	14.1	6.9	0.7	12.6
거제	1.6	3.2	7.5	13.0	17.3	20.9	24.6	25.8	21.4	16.1	9.9	4.1	13.8
남해	1.3	3.0	7.5	13.3	17.8	21.4	24.9	25.9	21.5	16.3	9.7	3.8	13.9

<표 5.3> 일최고기온(월평년값)

(단위 : ℃)

지 역	1 월	2 월	3 월	4 월	5 월	6 월	7 월	8 월	9 월	10 월	11 월	12 월	전 년
속초	3.3	4.0	8.4	15.1	20.1	22.1	25.4	26.6	22.8	18.7	12.3	6.6	15.5
대관령	-2.7	-1.3	3.9	12.5	17.9	20.8	23.2	23.3	18.7	14.2	6.5	0.2	11.4
춘천	0.7	3.6	10.1	18.5	23.8	27.1	28.9	29.4	24.9	19.3	10.5	3.1	16.7
강릉	4.2	5.2	10.0	17.0	22.7	24.6	27.7	28.5	24.1	19.8	13.4	7.5	17.1
서울	0.8	3.3	9.5	17.3	23.0	26.6	28.5	29.5	25.5	19.7	11.2	3.7	16.6
인천	0.7	2.7	8.1	15.0	20.4	24.3	27.0	28.4	24.8	19.2	11.2	4.0	15.5
원주	0.7	3.6	10.1	18.4	23.5	27.0	29.1	29.8	25.2	19.3	10.8	3.4	16.7
울릉도	3.6	3.9	8.2	14.1	19.1	21.8	25.3	26.9	22.8	18.4	12.6	7.1	15.3
수원	1.5	3.5	9.4	17.3	22.6	26.2	28.4	29.4	25.3	19.6	11.5	4.1	16.6
서산	2.5	4.2	9.7	16.8	21.9	25.9	28.1	29.5	25.5	20.1	12.4	5.7	16.9
울진	5.8	6.3	10.2	16.3	20.7	22.7	26.1	27.5	23.7	19.9	13.9	8.8	16.8
청주	1.9	4.3	10.7	18.8	24.0	27.4	29.6	30.3	25.9	20.1	11.8	4.7	17.5
대전	2.8	5.1	10.9	18.7	23.7	27.2	29.4	30.1	25.7	20.2	12.2	5.5	17.6
추풍령	1.9	4.1	10.3	17.9	23.2	26.3	28.4	29.2	24.6	19.4	11.7	5.0	16.8
포항	5.7	7.3	11.9	17.8	22.8	25.1	28.7	29.7	25.1	20.9	14.5	8.6	18.2
군산	3.0	4.2	8.7	15.9	21.1	25.1	28.4	29.7	25.4	19.9	12.6	6.2	16.7
대구	4.5	6.6	12.4	19.4	24.8	27.8	30.2	31.3	26.3	21.4	13.9	7.4	18.8
전주	3.6	5.7	11.5	19.0	24.2	27.4	30.0	31.0	26.5	21.0	13.4	6.6	18.3
울산	6.4	7.9	12.5	18.1	23.1	25.6	29.1	30.3	25.6	21.4	15.3	9.4	18.7
광주	4.3	6.2	11.9	18.7	23.8	26.9	29.4	30.8	26.5	21.4	13.9	7.4	18.4
부산	6.8	8.4	12.5	17.1	21.4	23.7	27.1	29.3	25.8	21.7	15.7	9.7	18.3
충무	6.8	8.0	12.1	17.4	21.5	24.4	27.4	29.4	26.1	21.7	15.4	9.7	18.3
목포	5.7	6.8	11.3	17.3	22.1	25.2	28.2	30.4	26.7	22.0	15.2	8.9	18.3
여수	5.4	6.8	11.5	16.7	21.3	24.0	27.0	29.2	25.5	20.9	14.4	8.3	17.6
완도	6.0	7.2	11.1	16.5	20.7	23.6	26.9	28.8	25.5	21.0	14.5	8.9	17.6
제주	7.9	8.5	12.0	17.0	21.1	24.5	28.9	29.8	25.8	21.0	15.7	10.6	18.6
서귀포	10.0	10.6	13.6	17.7	21.4	23.9	27.7	29.7	26.8	22.8	17.6	12.6	19.5
진주	6.3	8.1	12.9	19.1	23.8	26.7	29.0	30.3	26.3	21.7	14.8	8.9	19.0
강화	0.6	3.1	9.2	16.5	21.7	25.8	28.0	29.1	25.0	19.1	10.8	3.6	16.0
양평	0.9	4.2	10.8	18.6	23.8	27.6	29.5	30.3	25.9	19.9	11.1	3.7	17.2
이천	0.9	3.9	10.6	18.3	23.6	27.1	29.1	29.8	25.4	19.6	10.9	3.6	16.9
인제	0.6	3.2	9.5	17.6	23.0	26.2	28.2	28.7	24.1	18.6	10.4	3.5	16.1
홍천	1.3	4.5	11.1	19.0	24.3	27.9	29.6	30.3	25.8	20.1	11.2	4.0	17.4
삼척	5.1	5.8	10.1	17.0	22.1	23.8	27.1	28.4	24.3	19.9	13.6	8.1	17.1
제천	0.7	3.4	9.9	17.8	23.0	26.7	28.5	29.3	24.9	19.2	10.7	3.5	16.5
충주	1.5	4.4	11.0	18.9	24.0	27.6	29.6	30.2	25.7	20.0	11.5	4.2	17.4
보은	1.8	4.2	10.5	18.2	23.2	26.6	28.7	29.6	25.1	19.7	11.7	4.8	17.0
온양	1.8	4.2	10.4	18.1	23.4	27.1	29.4	30.1	25.7	19.9	11.9	4.9	17.2
유성	2.7	5.1	11.4	18.7	23.7	27.3	29.3	29.8	25.7	20.2	12.2	5.4	17.6
대천	3.0	4.8	10.0	16.6	21.6	25.5	28.3	29.6	25.7	20.3	12.7	6.1	17.0
부여	3.2	5.6	11.5	18.5	23.6	27.3	29.5	30.6	26.4	20.9	12.9	6.1	18.0
금산	2.7	5.1	11.2	18.8	23.6	27.1	29.3	30.1	25.5	20.2	12.4	5.6	17.6
이리	3.2	5.2	11.0	18.1	22.9	26.6	29.0	30.1	26.0	20.6	12.8	6.2	17.6
부안	3.4	5.0	10.3	17.5	22.4	26.2	29.2	30.3	25.9	20.4	13.0	6.5	17.5
임실	2.8	4.8	10.8	18.1	23.1	26.4	28.7	29.7	25.4	20.1	12.3	5.6	17.3
정주	3.8	5.8	11.7	19.0	24.0	27.5	30.1	31.1	26.5	21.2	13.4	6.9	18.4
남원	4.4	6.7	12.8	19.7	24.4	27.7	29.8	31.1	26.7	21.7	13.8	7.2	18.8
함평	4.3	5.9	11.0	17.5	22.4	26.1	28.9	30.3	26.1	20.9	13.7	7.5	17.9
순주	4.9	7.0	12.5	19.2	24.0	27.0	29.4	30.8	26.6	21.5	14.0	7.8	18.7
장흥	5.8	7.6	12.6	18.6	23.4	26.5	29.1	30.7	26.9	22.1	14.9	8.8	18.9
해남	5.4	6.9	11.7	17.9	22.7	25.9	28.8	30.4	26.5	21.5	14.5	8.5	18.4
고흥	6.7	8.4	13.1	19.0	23.6	26.4	29.3	30.9	27.0	22.3	15.6	9.8	19.3
성산포	8.3	9.1	12.6	17.5	21.4	24.4	28.3	29.6	26.0	21.7	16.2	11.1	18.9
대정	8.3	9.2	12.7	17.2	21.2	24.5	28.1	29.9	26.5	22.6	16.6	11.3	19.0
칠곡	4.5	6.7	12.7	19.5	24.6	27.7	29.9	30.6	26.3	21.2	13.6	7.2	18.7
영주	2.2	4.7	10.8	18.5	23.7	27.0	28.8	29.9	25.3	19.9	11.8	5.0	17.3
영춘	2.9	5.3	11.5	19.1	24.4	27.5	29.2	30.2	25.7	20.3	12.1	5.5	17.8
영덕	5.6	7.0	11.4	17.9	22.8	25.0	28.2	29.2	25.0	20.9	14.5	8.6	18.0
의성	3.7	5.9	11.9	19.4	24.4	27.7	29.6	30.5	25.8	20.7	13.1	6.5	18.3
선산	3.4	5.7	11.7	19.2	24.3	27.4	29.3	30.2	25.8	20.6	12.6	6.0	18.0
영천	4.5	6.7	12.2	19.3	24.3	27.1	29.4	30.4	25.8	21.2	13.7	7.2	18.5
거창	4.2	6.0	11.8	18.8	23.7	26.6	28.8	29.7	25.3	20.6	13.1	6.9	18.0
합천	5.5	7.6	13.0	19.7	24.5	27.3	29.3	30.4	26.0	21.5	14.3	8.3	19.0
밀양	6.1	8.2	13.5	19.8	24.4	27.4	29.6	30.8	26.6	22.0	14.9	8.9	19.4
산청	5.5	7.4	12.9	19.6	24.6	27.5	29.7	30.8	26.4	21.8	14.4	8.3	19.1
함안	5.4	7.6	13.4	19.9	24.9	27.7	30.0	31.0	26.7	21.6	14.2	8.0	19.2
거제	6.2	7.9	12.3	17.9	22.3	25.0	28.0	29.6	25.7	21.3	14.8	9.0	18.3
남해	6.7	8.3	13.1	18.8	23.3	26.1	28.8	30.4	26.5	22.1	15.3	9.5	19.1

<표 5.4> 일최저기온(월평년값)

(단위 : ℃)

지 역	1 월	2 월	3 월	4 월	5 월	6 월	7 월	8 월	9 월	10 월	11 월	12 월	전 년
속초	-4.0	-2.9	1.2	7.0	12.2	16.1	20.1	21.1	16.4	10.8	4.6	-1.0	8.5
대관령	-13.0	-11.2	-5.8	0.7	5.7	10.8	15.7	15.8	9.3	2.5	-3.4	-9.8	1.4
춘천	-10.7	-7.7	-1.8	4.5	10.5	16.2	20.7	20.6	14.2	6.5	-0.2	-6.8	5.5
강릉	-4.1	-2.9	1.2	7.0	12.8	16.4	20.8	21.4	16.0	10.5	4.7	-1.0	8.6
서울	-7.1	-4.8	0.4	7.0	12.6	17.4	21.6	22.2	16.5	9.5	2.6	-4.0	7.8
인천	-6.5	-4.5	0.6	6.8	12.3	17.0	21.3	22.2	16.8	10.3	3.4	-3.4	8.0
원주	-11.0	-7.6	-2.1	4.0	10.0	15.9	20.5	20.2	13.6	5.7	-1.0	-7.6	5.1
울릉도	-1.6	-1.3	2.0	7.0	12.1	15.7	20.0	21.5	17.2	12.2	6.7	1.5	9.4
수원	-8.8	-6.6	-1.4	4.9	10.8	16.3	21.2	21.4	14.9	7.1	0.6	-5.9	6.2
서산	-6.3	-4.8	-0.8	5.1	11.1	16.4	21.1	21.3	15.5	8.4	2.5	-3.2	7.2
울진	-3.6	-2.6	1.2	6.6	11.3	15.4	19.7	20.7	15.6	9.9	4.1	-1.2	8.1
청주	-8.3	-5.9	-1.0	5.4	11.5	17.0	21.5	21.5	15.2	7.0	0.7	-5.4	6.6
대전	-6.7	-4.6	-0.2	6.1	11.7	17.0	21.6	21.8	15.8	8.1	1.6	-4.3	7.3
추풍령	-6.6	-4.9	-0.5	5.7	11.1	16.0	20.5	20.8	14.8	7.7	1.6	-4.1	6.8
포항	-3.3	-1.8	2.3	7.8	12.8	17.0	21.4	22.4	17.4	11.3	5.1	-0.9	9.3
군산	-4.0	-2.7	1.2	7.1	12.5	17.6	22.0	22.6	17.4	10.8	4.5	-1.2	9.0
대구	-5.1	-3.2	1.4	7.4	12.6	17.4	22.0	22.5	16.7	9.7	3.2	-2.7	8.5
전주	-5.2	-3.7	0.4	7.0	12.3	17.4	22.4	22.6	16.7	9.3	3.2	-2.5	8.3
울산	-3.5	-1.9	1.9	7.3	12.1	16.7	21.5	22.4	17.2	10.7	4.4	-1.4	9.0
광주	-3.9	-2.6	1.1	7.4	12.5	17.4	22.3	22.7	17.2	10.2	4.1	-1.5	8.9
부산	-1.4	0.0	4.1	9.4	14.0	17.5	21.8	23.3	19.0	13.6	7.3	1.3	10.8
충무	-1.4	-0.1	3.6	9.1	13.5	17.5	21.8	23.0	18.9	13.1	6.9	1.2	10.6
목포	-1.8	-1.1	2.4	8.2	13.3	17.8	22.2	23.5	18.8	12.6	6.5	0.8	10.3
여수	-1.6	-0.5	3.5	9.2	14.1	18.0	22.1	23.4	19.2	13.6	7.2	1.1	10.8
완도	-1.0	0.0	3.4	8.5	12.8	17.1	21.4	22.7	18.8	13.3	6.9	1.4	10.4
제주	2.4	2.6	4.9	9.3	13.4	17.8	22.8	23.6	19.5	14.1	8.9	4.6	12.0
서귀포	2.4	3.0	5.6	10.3	14.3	18.0	23.0	23.9	19.9	14.6	9.4	4.6	12.4
진주	-5.6	-3.4	0.5	6.4	11.5	16.8	21.6	21.8	16.5	8.9	2.0	-3.8	7.8
강화	-9.5	-6.8	-1.3	4.8	10.1	15.5	20.4	20.4	14.2	7.1	0.3	-6.2	5.8
양평	-11.6	-7.9	-2.2	3.6	9.6	15.8	20.5	20.2	13.6	5.8	-0.8	-7.5	4.9
이천	-9.9	-6.7	-1.3	4.7	10.7	16.3	20.8	20.8	14.4	6.6	-0.1	-6.6	5.8
인제	-11.3	-8.5	-2.8	3.3	8.9	14.3	19.0	19.1	12.9	5.3	-1.2	-7.5	4.3
홍천	-12.2	-8.9	-3.1	3.0	9.0	15.2	19.9	19.8	13.5	5.3	-1.9	-8.6	4.3
삼척	-4.7	-3.3	0.4	5.6	10.9	15.2	19.5	20.3	15.0	9.0	3.1	-2.0	7.4
제천	-11.4	-8.2	-2.7	3.2	9.1	15.2	19.7	19.7	13.1	5.1	-1.5	-8.2	4.4
충주	-10.0	-6.8	-1.4	4.6	10.6	16.6	20.9	20.8	14.4	6.7	-0.2	-6.7	5.8
보은	-10.1	-7.6	-2.6	3.2	8.9	15.2	19.9	19.8	12.9	5.0	-1.1	-7.3	4.7
온양	-8.2	-5.9	-1.2	4.7	10.5	16.2	20.8	20.8	14.5	7.2	0.9	-5.1	6.3
유성	-8.5	-6.2	-1.2	5.3	10.6	16.4	21.3	21.2	14.5	6.9	0.5	-5.6	6.3
대천	-5.9	-4.5	-0.7	5.0	10.7	16.2	20.9	21.2	15.2	8.4	2.5	-3.0	7.2
부여	-7.5	-5.3	-1.0	5.0	11.0	16.7	21.2	21.3	14.8	7.2	1.1	-4.6	6.7
금산	-8.2	-6.0	-1.5	4.5	10.1	16.0	20.6	20.6	14.1	6.3	0.1	-5.8	5.9
이리	-5.9	-4.4	-0.2	5.8	11.6	17.4	21.7	21.8	15.7	8.8	2.4	-3.1	7.6
부안	-5.8	-4.0	-0.1	5.5	11.1	16.8	21.4	21.4	15.4	8.5	2.5	-2.9	7.5
임실	-9.0	-6.7	-2.1	3.6	9.1	15.2	20.0	19.6	13.3	5.6	-0.4	-6.3	5.2
정주	-5.7	-4.1	-0.2	5.4	10.9	16.6	21.3	21.5	15.7	8.7	2.5	-2.9	7.5
남원	-6.9	-5.1	-0.9	4.9	10.3	16.4	20.9	21.1	14.9	7.4	0.9	-4.7	6.6
함평	-4.2	-3.0	0.1	5.3	10.8	16.9	21.9	21.9	15.8	8.7	3.0	-2.2	7.9
순주	-5.6	-4.0	-0.2	5.3	10.4	16.1	21.1	21.3	15.6	8.4	1.8	-3.7	7.2
장흥	-4.4	-3.0	0.3	5.6	10.8	16.4	21.6	21.7	15.9	8.8	2.6	-2.6	7.8
해남	-3.1	-2.2	1.2	6.6	11.6	16.9	21.8	22.1	16.4	10.1	4.0	-1.1	8.7
고흥	-4.0	-2.6	1.0	6.4	11.2	16.6	21.6	21.9	16.5	9.7	3.3	-2.3	8.3
성산포	1.2	1.7	4.3	8.2	12.3	17.0	22.3	23.1	19.0	13.4	7.7	3.1	11.1
제정	1.6	1.9	4.5	8.6	12.5	17.4	22.5	23.3	18.5	13.6	8.5	3.9	11.4
칠곡	-7.9	-5.7	-0.9	5.1	9.7	15.8	20.9	21.0	14.4	6.9	0.6	-5.4	6.2
영주	-9.4	-6.6	-1.7	4.2	9.6	15.2	19.8	19.8	13.4	5.9	-0.6	-6.8	5.2
점촌	-6.9	-4.7	-0.1	5.8	11.1	16.5	20.7	20.9	14.7	7.6	1.1	-4.5	6.9
영덕	-4.3	-3.0	0.8	6.0	10.9	15.7	20.3	20.9	15.5	9.1	3.4	-2.0	7.8
의성	-10.0	-7.3	-2.2	3.6	8.9	15.1	20.2	20.3	13.8	5.4	-1.2	-7.6	4.9
산산	-7.1	-5.1	-0.3	5.3	10.6	16.6	20.7	20.7	14.5	7.2	1.0	-4.7	6.6
영천	-6.7	-4.6	-0.3	5.2	10.1	16.0	20.7	20.9	14.8	7.4	1.2	-4.6	6.7
거창	-7.5	-5.5	-1.1	4.7	9.5	15.1	20.0	20.0	13.8	6.1	0.1	-5.5	5.8
합천	-6.4	-4.2	0.3	6.3	11.3	16.8	21.5	21.6	15.6	8.1	1.5	-4.4	7.3
밀양	-6.4	-4.4	0.1	5.6	10.6	16.5	21.5	21.6	15.7	8.2	1.8	-4.3	7.2
산청	-5.0	-3.5	0.5	6.0	10.9	16.4	21.1	21.2	15.3	8.1	2.0	-3.4	7.5
함안	-7.2	-5.0	-0.1	5.9	10.7	16.3	21.3	21.3	15.2	7.8	1.1	-4.8	6.9
거제	-2.7	-1.2	2.5	7.9	12.1	16.8	21.7	22.4	17.2	11.0	5.0	-0.6	9.3
남해	-3.3	-1.7	2.2	7.8	12.4	17.3	21.9	22.5	17.4	11.1	4.8	-1.1	9.3

<표 5.5> 강우량(월평년값)

(단위 : mm)

지 역	1 월	2 월	3 월	4 월	5 월	6 월	7 월	8 월	9 월	10 월	11 월	12 월	전 년
속초	53.9	62.6	57.0	74.1	75.9	108.7	218.9	278.0	206.8	91.7	66.3	36.2	1330.1
대관령	49.4	47.1	59.8	94.5	97.8	166.7	278.4	327.6	233.5	116.2	78.6	31.8	1581.4
춘천	22.2	26.4	44.9	74.6	89.8	133.8	347.3	286.5	162.6	46.1	42.9	19.3	1296.4
강릉	58.2	61.1	71.2	77.3	73.2	110.7	217.4	261.7	216.4	111.9	78.1	38.6	1375.8
서울	22.9	24.6	46.7	93.7	92.0	133.8	369.1	293.9	168.9	49.4	53.1	21.7	1369.8
인천	21.9	22.8	40.1	86.9	82.7	107.3	285.2	252.3	152.2	48.1	50.4	20.2	1170.1
원주	25.3	25.4	52.5	88.5	89.2	145.1	334.4	261.6	149.0	44.9	43.5	27.6	1287.0
울릉도	126.3	83.4	69.6	81.7	78.7	100.1	123.0	133.4	135.5	87.3	108.1	101.0	1228.1
수원	26.6	28.3	49.1	95.3	84.7	121.6	328.9	290.9	148.4	57.7	54.7	20.8	1307.0
서산	32.4	31.5	46.4	88.2	95.0	114.2	266.3	242.5	146.5	65.2	56.3	32.6	1216.1
울진	49.4	59.8	69.1	79.7	61.9	105.4	145.5	167.1	162.8	88.0	66.2	35.1	1090.0
청주	31.5	31.8	52.0	81.8	83.5	144.5	278.2	250.0	139.1	48.8	49.8	25.0	1216.0
대전	33.6	40.8	58.4	96.9	95.4	153.6	316.7	277.8	154.5	53.0	43.8	30.4	1359.9
추풍령	26.3	36.2	57.7	88.0	81.8	132.0	269.7	204.2	128.1	49.5	50.8	24.8	1149.1
포항	35.8	45.2	63.8	82.7	71.3	128.8	195.5	172.4	154.4	63.4	51.9	25.9	1091.1
군산	34.5	35.6	50.7	90.3	91.1	136.3	254.2	226.3	130.6	49.9	56.9	33.8	1190.2
대구	20.5	28.8	50.7	78.0	75.2	128.6	233.5	193.0	122.8	48.1	37.3	14.1	1030.6
전주	35.7	41.4	60.1	99.4	97.2	146.7	278.5	244.5	143.8	60.2	59.0	29.7	1296.2
울산	32.8	43.0	68.7	117.8	97.8	173.9	218.0	197.8	180.3	66.8	55.0	20.5	1272.4
광주	38.6	46.6	62.0	110.3	101.4	182.6	283.3	235.9	149.8	59.4	56.1	30.8	1356.8
부산	31.8	42.9	79.2	148.4	147.9	224.0	256.9	203.6	186.6	62.2	64.9	24.3	1472.7
충무	31.4	46.0	77.8	149.3	148.8	201.5	250.0	207.1	159.2	56.9	52.6	24.7	1405.3
목포	35.1	47.0	54.6	95.7	89.3	162.9	209.9	155.2	130.3	52.6	51.1	27.8	1111.5
여수	24.3	40.7	67.6	142.5	146.3	224.2	260.9	229.5	152.4	55.0	48.8	21.1	1413.3
완도	30.1	56.1	72.4	133.0	141.4	254.7	265.3	226.2	151.7	65.7	51.2	23.7	1471.5
제주	62.3	69.7	68.2	97.2	88.8	183.7	230.2	241.3	179.4	74.2	79.0	49.6	1423.6
서귀포	57.8	77.2	108.0	188.7	205.9	282.3	282.6	216.5	160.9	71.3	78.4	41.8	1771.4
진주	32.8	49.3	67.2	152.8	132.9	227.0	306.5	273.9	174.5	54.9	46.0	20.4	1538.2
강화	18.2	20.3	37.9	95.2	89.7	14.8	314.4	329.3	161.8	42.9	29.6	20.0	1321.1
양평	22.6	22.6	47.1	85.5	91.7	142.6	350.8	257.8	145.6	45.7	45.5	23.2	1280.7
이천	26.7	25.7	52.0	99.1	93.5	148.1	336.6	255.1	156.9	46.3	49.7	26.0	1315.7
인제	14.7	19.7	38.9	72.5	85.2	124.7	258.6	243.7	141.4	36.1	35.6	20.5	1091.6
홍천	22.1	24.5	45.5	82.5	88.0	149.0	330.3	259.0	158.8	43.9	39.3	22.6	1265.5
삼척	58.1	63.1	63.0	70.3	54.6	103.2	163.0	211.9	181.7	118.5	94.1	35.9	1217.4
제천	28.1	28.5	56.0	91.8	92.6	156.4	318.4	252.9	141.2	46.8	42.8	28.3	1283.8
충주	24.7	26.0	47.3	81.5	85.6	138.5	278.7	233.0	137.0	45.3	40.3	24.3	1162.2
보은	29.2	32.9	51.0	88.2	89.4	148.4	315.2	240.7	128.7	48.1	47.7	30.1	1249.6
온양	27.6	28.9	51.9	89.8	82.9	144.5	272.2	255.1	127.9	53.6	54.1	30.5	1219.0
유성	22.1	32.0	52.9	115.1	96.7	164.6	272.8	228.1	110.8	52.0	49.6	32.7	1229.4
대천	30.8	30.8	49.1	92.2	90.3	133.4	276.5	253.0	124.8	50.5	56.9	31.5	1219.8
부여	31.7	35.7	55.7	101.7	97.8	156.1	317.8	246.6	130.0	52.6	53.7	31.4	1310.8
금산	31.3	38.8	51.0	93.8	86.3	166.5	288.8	231.9	129.2	53.9	48.7	31.8	1252.0
이리	25.5	37.4	49.1	104.5	99.4	167.5	263.2	256.0	128.4	62.2	53.2	33.6	1280.0
부안	34.8	40.4	52.8	97.2	93.4	150.3	266.8	234.5	123.8	58.3	55.4	41.7	1249.4
임실	39.7	46.1	59.0	109.4	90.3	183.9	277.2	252.4	131.2	64.9	59.3	40.2	1353.6
정주	45.5	41.6	54.3	93.7	91.5	149.2	257.2	251.9	132.2	61.7	60.5	43.1	1282.4
남원	33.6	43.0	47.5	106.1	96.8	185.7	310.0	227.5	148.3	62.5	47.5	32.3	1340.8
함평	35.1	49.8	50.5	122.2	108.9	194.2	273.1	215.3	144.5	63.8	51.3	33.9	1342.6
순주	34.5	51.1	59.0	124.6	121.3	227.9	300.9	276.1	155.5	62.6	49.8	27.4	1490.7
장흥	31.8	51.6	58.5	135.6	144.6	238.5	268.0	265.8	177.2	53.5	49.0	22.0	1496.1
해남	32.7	52.9	56.2	126.7	120.4	217.1	244.0	231.0	156.2	48.0	48.7	26.3	1360.2
고흥	29.4	55.6	70.5	151.8	167.4	256.3	265.8	235.4	157.0	60.5	47.0	21.3	1518.0
성산포	73.4	90.4	105.1	144.1	151.3	249.2	279.1	259.8	206.6	100.3	86.2	53.6	1799.1
대정	37.0	56.8	74.8	114.6	119.1	200.2	213.3	165.1	103.2	61.0	52.3	41.8	1239.2
진곡	15.2	25.4	38.5	89.8	72.2	129.7	200.7	181.0	124.9	44.4	36.7	13.9	972.4
영주	20.3	27.3	51.6	96.1	83.4	164.7	261.9	222.7	126.4	43.8	37.9	17.2	1158.3
점촌	25.2	32.9	51.0	93.3	93.7	163.6	278.0	205.7	119.1	40.2	40.7	21.7	1170.1
영덕	40.2	51.4	59.3	79.8	62.9	125.5	151.1	176.9	132.5	60.9	54.8	26.1	1021.4
의성	19.2	29.6	43.1	78.0	67.8	134.7	205.3	179.2	119.0	43.6	36.2	17.9	973.6
신산	20.7	31.2	42.5	76.3	63.2	126.6	226.0	181.9	127.5	44.6	35.9	16.5	992.9
영천	23.5	30.4	45.9	80.5	72.3	136.0	193.4	171.8	129.0	46.0	38.1	15.2	982.1
거창	28.3	40.1	53.8	99.9	85.8	177.3	295.0	240.6	136.3	56.0	41.3	19.1	1273.5
합천	23.0	38.7	53.7	112.2	92.4	179.0	278.3	255.1	147.1	52.2	39.9	15.6	1287.2
밀양	22.2	31.6	51.3	117.7	98.2	207.5	241.0	210.6	136.5	52.8	41.3	16.0	1232.7
산청	27.4	46.3	62.9	123.4	93.0	198.5	308.1	323.6	179.3	56.7	41.9	19.3	1485.4
함안	20.7	42.0	54.7	142.5	98.2	181.8	255.8	215.1	158.6	62.3	49.4	19.6	1300.7
거제	39.0	55.4	87.2	183.5	195.2	265.2	321.6	215.6	192.3	83.5	63.2	26.1	1727.8
남해	31.2	61.4	80.3	187.4	178.1	270.5	308.1	253.4	190.1	81.3	57.0	23.8	1722.6

<표 5.6> 평균풍속(월평년값)

(단위 : m/s)

지 역	1 월	2 월	3 월	4 월	5 월	6 월	7 월	8 월	9 월	10 월	11 월	12 월	전 년
속초	3.8	3.5	3.3	3.6	3.3	2.7	2.4	2.4	2.6	3.0	3.5	3.8	3.2
대관령	4.4	3.9	3.5	4.1	3.8	2.7	2.9	2.7	2.4	3.1	4.1	4.8	3.5
춘천	1.4	1.7	2.0	2.1	1.9	1.6	1.4	1.4	1.3	1.3	1.4	1.4	1.6
강릉	3.9	3.4	3.1	2.9	2.6	1.8	1.7	1.7	1.9	2.5	3.2	3.9	2.7
서울	2.5	2.7	2.9	3.0	2.6	2.3	2.3	2.2	2.0	2.0	2.4	2.4	2.4
인천	4.2	4.3	4.5	4.2	3.7	3.0	3.3	3.1	2.8	3.0	4.0	4.1	3.7
원주	1.1	1.3	1.6	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	1.1	1.1	1.2
울릉도	4.3	4.5	4.7	5.3	5.1	3.9	4.2	4.1	3.8	4.0	4.5	4.3	4.4
수원	1.6	1.8	2.0	2.0	1.7	1.5	1.5	1.3	1.2	1.2	1.4	1.4	1.6
서산	2.2	2.5	2.6	2.8	2.6	2.2	2.4	2.2	1.8	1.8	2.1	2.2	2.3
울진	4.2	3.9	3.8	4.1	3.8	3.1	2.9	3.1	3.1	3.3	3.7	4.1	3.6
청주	1.6	2.0	2.3	2.4	2.2	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.6	1.5	1.9
대전	1.4	1.7	2.1	2.3	2.1	1.9	1.9	1.7	1.5	1.3	1.3	1.3	1.7
추풍령	4.3	4.1	3.8	3.3	2.9	2.4	2.1	2.1	2.1	2.4	3.1	3.8	3.0
포항	3.4	3.4	3.3	3.5	3.2	2.9	2.9	3.0	3.2	2.8	2.9	3.1	3.1
군산	4.0	4.5	4.8	4.5	4.2	3.9	3.7	3.8	3.8	3.8	4.0	4.0	4.1
대구	3.4	3.4	3.5	3.5	3.3	3.2	3.0	2.9	2.7	2.4	2.7	3.1	3.1
전주	1.1	1.2	1.4	1.6	1.4	1.3	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.1	1.2
울산	3.0	3.1	2.9	2.7	2.3	2.1	2.1	2.2	2.1	2.1	2.3	2.7	2.5
광주	2.4	2.7	2.7	2.6	2.3	2.1	2.3	2.1	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3
부산	4.5	4.6	4.6	4.7	4.0	3.8	4.4	4.2	4.0	3.8	4.1	4.3	4.3
충무	2.5	2.8	2.8	2.9	2.4	2.2	2.6	2.5	2.1	2.0	2.3	2.4	2.5
목포	5.0	5.3	5.1	4.4	3.8	3.6	4.2	3.7	3.6	3.9	4.4	4.4	4.3
여수	4.9	5.0	4.6	3.9	3.2	3.0	3.1	3.4	4.0	4.0	4.2	4.3	4.0
완도	3.3	3.6	3.1	2.6	2.1	2.0	2.0	2.0	2.1	2.5	2.8	3.0	2.6
제주	5.6	5.2	4.4	4.0	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	3.9	4.5	5.1	4.1
서귀포	3.5	3.5	3.6	3.6	3.1	2.9	2.9	3.4	3.6	3.6	3.4	3.3	3.4
진주	1.7	1.9	2.0	2.0	1.8	1.6	1.8	1.6	1.3	1.2	1.4	1.5	1.7
강화	1.6	1.8	1.9	1.9	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.2	1.5	1.5	1.5
양평	1.4	1.6	1.7	1.7	1.3	1.1	0.9	0.9	0.9	1.0	1.3	1.3	1.3
이천	0.9	1.2	1.3	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0
인제	2.0	2.2	2.3	2.7	2.3	1.9	1.8	1.7	1.5	1.5	1.8	1.9	2.0
홍천	0.8	0.9	1.1	1.2	1.1	0.8	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8
삼척	1.8	1.7	1.6	1.7	1.5	1.2	1.0	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	1.4
제천	1.3	1.6	1.7	1.8	1.6	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1	1.4
충주	0.9	1.2	1.2	1.3	1.1	1.0	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	1.0
보은	1.5	1.6	1.7	1.7	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	1.1	1.3	1.3	1.3
온양	1.3	1.6	1.8	2.0	1.7	1.5	1.5	1.5	1.3	1.3	1.3	1.2	1.5
유성	1.3	1.5	1.7	2.0	1.8	1.6	1.6	1.5	1.2	1.1	1.2	1.1	1.5
대천	2.0	2.2	2.3	2.5	2.1	2.0	2.2	1.9	1.6	1.6	2.0	2.1	2.0
부여	1.3	1.6	1.6	1.7	1.5	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.2	1.1	1.3
금산	1.4	1.6	1.7	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.2	1.3	1.3
이리	1.8	2.1	2.3	2.4	2.2	2.0	1.8	1.7	1.5	1.5	1.7	1.7	1.9
부안	1.9	2.1	2.1	2.2	1.8	1.6	1.7	1.5	1.4	1.4	1.7	1.7	1.8
임실	1.2	1.3	1.4	1.4	1.2	1.0	1.1	1.0	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1
정주	1.1	1.2	1.2	1.4	1.2	1.0	1.1	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1
남원	1.1	1.3	1.3	1.4	1.2	1.1	0.9	0.9	0.8	0.9	1.0	0.9	1.1
합천	2.9	3.1	3.1	2.8	2.4	2.2	2.1	2.0	1.8	2.1	2.5	2.5	2.5
순구	1.6	1.7	1.7	1.6	1.3	1.2	1.1	0.9	0.8	1.0	1.3	1.4	1.3
장흥	2.1	2.2	2.1	2.1	1.8	1.5	1.5	1.4	1.1	1.3	1.6	1.8	1.7
해남	2.2	2.3	2.3	2.2	1.8	1.7	1.8	1.7	1.4	1.6	1.9	1.9	1.9
고흥	1.5	1.7	1.6	1.6	1.3	1.3	1.3	1.3	1.1	1.1	1.2	1.2	1.4
성산포	3.6	3.8	3.6	3.1	2.6	2.4	2.8	2.8	2.7	2.8	3.0	3.2	3.0
대정	5.6	5.6	5.0	4.3	3.5	3.3	3.3	3.5	3.3	4.0	4.7	5.1	4.3
장곡	2.0	2.1	2.1	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.3	1.6	1.8	1.6
영주	2.7	2.6	2.3	2.1	1.7	1.2	0.9	1.0	1.0	1.4	1.9	2.4	1.8
정촌	2.0	2.0	1.9	1.8	1.5	1.2	0.9	0.9	0.9	1.1	1.5	1.8	1.5
영덕	2.5	2.5	2.4	2.5	2.1	1.8	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	2.3	2.1
의성	1.3	1.4	1.5	1.5	1.2	1.1	0.9	0.9	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1
선산	2.8	2.8	2.5	2.4	2.0	1.5	1.2	1.2	1.2	1.5	2.0	2.5	2.0
영천	2.2	2.2	2.1	1.9	1.5	1.4	1.1	1.0	1.0	1.1	1.6	2.0	1.6
거창	1.6	1.7	1.7	1.8	1.4	1.2	1.1	1.1	0.9	1.0	1.3	1.4	1.4
합천	1.1	1.3	1.5	1.7	1.4	1.3	1.2	1.0	0.8	0.8	0.9	1.0	1.2
밀양	1.6	1.7	1.8	1.9	1.6	1.5	1.5	1.4	1.1	1.1	1.3	1.3	1.5
산청	1.9	1.8	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7	0.9	1.3	1.7	1.3
함안	1.2	1.3	1.4	1.5	1.1	1.1	0.9	0.9	0.7	0.8	1.0	1.0	1.1
거제	2.2	2.2	2.1	2.2	2.0	1.9	2.0	1.9	1.5	1.5	1.8	2.1	2.0
남해	1.8	1.9	2.0	2.1	1.9	1.7	1.6	1.7	1.6	1.5	1.6	1.7	1.8

3. 구조바탕의 조건

바탕을 구성하는 재료의 물리적 성질, 물매, 구성면의 요철정도, 거동에 따라 적당한 것을 선택할 필요가 있다.

가. 바탕의 거동

(1) 바탕의 거동이 큰 것 : 목판, 목모시멘트판, ALC판, 석면시멘트판, 라스모르터 등은 특히 거동이 큰 곳에 줄눈을 설치함과 동시에 방수재료도 거동에 따라 신축성이 큰 것을 선택한다.

(2) 바탕의 거동이 작은 것 : PC판, PS콘크리트판 등은 일반적으로 균열이 없으므로 판 자체는 방수층을 형성하지 않는 것이 보통이지만, 줄눈부분의 방수에 주의해야 한다.

나. 바탕의 요철

바탕은 1/100 정도의 구배에서는 물이 고이게 된다. 재래의 아스팔트 열공법의 경우 국부적 요철은 방수층에 두꺼운 곳과 얇은 곳을 생기게 하고, 방수층을 늘어나게 하는 응력이 작용함과 동시에 열화를 촉진시키게 되며, 특히 시트방수에서는 바탕의 요철은 극력 피해야 할 것이다.

다. 바탕의 함수, 건조

함수상태의 바탕에 시공한 방수층은 수증기에 의해 부풀어 오르게 된다. 이 현상을 방지하기 위하여 보호모르터에 의한 누름, 접착성이 좋은 프라이머를 선택할 필요가 있다. 단, 건조상태에서 시공하는 경우에도 우수 또는 한냉한 기후조건에 의해 바탕이 함수상태로 될 가능성이 있으므로 사전에 바탕의 함수상태를 조사하여 재료의 습윤바탕에 대한 적합성을 검토하고 그렇지 않은 재료에 대해서는 사용을 중지

해야 할 것이다.

라. 바탕의 규모

규모가 작은 콘크리트 바탕에서는 구체 자체에서의 균열을 적게 분산시킬 수 있을 뿐만 아니라 적당한 배근과 함께 방수적으로 시공할 수가 있어 비교적 간단한 도막방수 또는 모르터방수로 그 목적을 이룰 수 있다.

콘크리트 구조물의 방수공법(지붕방수)이 유효하게 적용되는 구조물의 상태·규모에는 한도가 있다. 일본 건축공사 표준시방서에는 장방형으로 장변×단변이 50m×14m 이하의 구조물이 대상의 표준으로 되어 있다.

이와같은 구조물의 규모는 콘크리트에 콜드조인트를 만들지 않도록 보통 현장에 대한 1일의 타설능력에서 결정된 것이다. 그러나 타설능력이 있더라도 이 이상 크기의 구조물에 사용하는 것은 좋지 않다. 보통 건물에서는 지붕마루 길이가 40m~50m 이상이 되면 급격히 균열발생이 증가하게 된다.

마. 바탕의 균열

방수사고 중에서 비교적 많이 발생하는 것은 바탕변형에 의한 방수층의 균열파단이다. 최근의 건물에는 이 균열이나 변형을 고려하지 않고 방수층을 설계하는 것은 곤란하다.

일례로 스트레치 루핑을 사용한 방수층은 일반적으로 0.5mm 정도의 바탕균열에는 파단되지 않지만 스트레치 루핑이 파단되지 않아도 그 상하에 적층하는 루핑은 손상을 받기 쉽다. 따라서 바탕의 균열 및 거동이 예상되는 개소가 있으면 스트레치 루핑으로 보강하고, 성능을 보완할 필요가 있다. 이 이상의 균열발생이 예상되는 경우나, 프리스트레스트 부재에 의한 바탕에는 균열과 줄눈부분에 구멍뚫린 루핑을 사용하는 부분절연공법을 채용하는 것이 효과적이다.

콘크리트의 균열에는 ① 콘크리트의 건조수축 ② 건물에 작용하는 하중 ③ 부적절한 시공조건과 같은 요인이 작용하며, 온·습도변화, 건물의 구조형식, 지반조건, 지진, 건물내·외의 진동원 및 충격원에 의한 진동 등이 복잡하게 관련하므로 정량적으로 나타내는 것은 불가능에 가깝지만 균열 및 무브먼트가 커서 특별한 주위가 요구되는 장소는 규격제품을 사용하는 것 이외에 세심한 검토가 필요하다.

제 3 절 방수재료의 결정

<표 5.7> 방수재료의 특성비교

공법 / 특성	멤브레인 방수				콘크리트·모르터 방수	침투성 결정방수	스테인레스 방수	벤토나이트 방수
	아스팔트방수	개량 아스팔트	시트방수	도막방수				
사용재료	· 아스팔트류 · 아스팔트 루핑류 · 특수아스팔트 루핑류	·합성고무계 SBS ·합성수지계 APP	○ 합성고무계 · 가류계 · 비가류계 ○ 합성수지계 · 염화비닐수지계 · 에틸렌수지계	○ 역청질계 ○ 합성고무계 ○ 합성수지계 · 염가소성수지계 · 염경화성수지계	○ 무기질계 · 염화칼슘계 · 규산소다계 · 규산질분말 ○ 유기질계 · 역청질에멀젼 · 지방산류 · 지방산염 · 수지에멀젼 · 수용성수지	· 규산석회염 · 알루미늄산 석회염	· 크롬계 · 크롬·니켈계	· 벤토나이트
시공법	아스팔트와 루핑을 번갈아 겹쳐 방수층을 형성한다.	상온공법(보치공법), 접착공법, 열공법 및 이들을 조합한 형태가 많다.	고무 또는 수지계 재료를 시트화하여 이음부분을 겹치면서 방수면에 접착시킨다.	주재와 경화제를 혼합한 것을 도포하여 방수층을 형성한다.	콘크리트, 모르터에 방수제를 혼합하여 콘크리트, 모르터 자체에 방수성을 지니게 한다.	모체콘크리트에 침투액을 도포하여 콘크리트내 모세관에 침수하여 결정체를 형성한다.	내식성이 우수한 스테인레스강판을 봉합접합에 의해 방수층을 형성한다.	화산재가 물과 결합했을 때 자체팽창하여 물부수층을 형성한다.
장점	· 방수층이 비교적 두꺼워 안정성이 있다. · 오래된 시공방법으로 일반화되어 있다. · 유성이므로 동절기 시공이 가능하다. · 신장성, 접착성이 우수하여 방수층의 일체화가 용이하다. · 부식에 강하다	·감온성이 우수하다. ·내후성(내구성) 및 내균열성이 우수하다. ·조숙한 시공이 가능하다. ·보수가 용이하다.	· 수밀한 방수층을 형성한다. · 유성이므로 동절기 시공이 가능하다. · 내구성, 내후성, 내약품성이 우수하다. · 채색마무리가 가능하다.	· 건조면의 시공시 접착성이 강하며 방수성능이 우수하다. · 내구성, 내후성, 내약품성이 우수하다. · 방수목적에 따라 첨가제 조정이 가능하다. · 건조시 수축이 적다. · 기계적 강도가 적다.	· 값이 싸다. · 바탕면에 다소의 굴곡이 있어도 시공이 가능하다. · 바탕이 습윤상태인 장소에도 시공이 가능하다.	· 습윤면 시공이 가능하여 공기단축에 유리하다. · 좁은공간이나 밀폐된 장소에서도 시공이 가능하다. · 기계적 외력, 동해에 대한 저항성 및 내마모성이 좋다.	· 내후성, 내구성이 우수하다. · 경량이며 기계적강도가 있다. · 내부결로에도 유리하다. · 의단열 공법이 용이하다. · 방수층이 균일하다.	· 거의 영구적이다. · 온도에 관계없이 시공이 가능하다. · 강한 수압을 받는 부분에 사용가능하다. · 콘크리트에 화학적 변화가 거의 없다.
단점	· 루핑 이음부의 누수가능성이 높다. · 열공법이므로 밀폐된 장소의 시공이 곤란하다. · 이음부, 접합부의 들뜸이 일어나기 쉽다.	·이음부, 접착부의 방수신뢰도가 다소 떨어진다. ·들뜸이 일어나기 쉽다.	· 시트 이음부의 누수가능성이 높다. · 부분적으로 특별한 시공기술이 필요하며 복잡한 형상에 대한 시공이 곤란하다. · 재료비가 다소 비싼편이다. · 핀홀과 부풀음 등의 결함이 생길 수 있다.	· 습윤면의 도장시 도막이 분리된다. · 인화성 물질이므로 밀폐된 장소에서 작업이 불가능하다. · 2성분형은 재료의 배합시 오류가 발생하기 쉽다. · 방수층의 일정한 두께조절이 어렵다.	· 방수층자체에 균열이 잘 생긴다. · 바탕과의 박리나 슬래브의 균열로 인해 방수효과를 상실한다. · 기능공의 숙련도에 따라 방수효과에 차가 생긴다. · 내약품성이 약하다.	· 팽창이 심한 부위에 신축이음 처리를 해야 한다. · 침투여부를 확인할 수 없다. · 구조균열등에 사용이 불가능하다. · 옥상등 구체가 건조한 곳에서는 방수효과가 적다.	· 반사공해의 염려가 있다. · 열팽창계수가 크다. · 이종금속과의 접촉시 부식 가능성이 있다. · 가격이 고가이다.	· 지하구조물에만 사용할 수 있다. · 곳체움 또는 콘크리트 타설시 판넬이 움직이지 않아야 한다. · 시공시 수분과 직접 접촉을 피해야 한다.
신용도	방수층의 수명은 대략 12년 정도이며, 블로운아스팔트의 기온변화등에 의한 수명은 5~8년 정도이다.	노출공법의 경우 13년, 누름공법의 경우 17년 정도이다.	· 단층방수막으로 외부의 충격에 약하다. · 수명은 10년 정도이다.	용제의 휘발상태 등에 의해 도막이 불안전하다.	균열에 약하고 모체와의 들뜸이 많으므로 수명은 2~5년 이하이다.	무기질 성분으로 노화가 적고 방수효과는 반영구적이다.	· 사용재료에 따라 10~23년의 장기수명을 지녔다.	-

<표 5.7> 방수재료의 특성비교(계속)

공법 / 특성	멤브레인방수				콘크리트·모르터 방수	침투성 결정방수	스테인레스 방수	벤토나이트 방수
	아스팔트방수	개량 아스팔트	시트방수	도막방수				
접착성	·8~12회의 적층방수에 의하여 이음부의 접착성이 적다. ·바탕이 건조하지 않으면 밀착성이 현저히 저하된다.	보치공법은 아스팔트의 특징을 잘 발휘하게 하여 접착성이 양호하다.	·접착력이 강하다. ·습기가 있을 때는 시공이 불가능하다.	2성분형으로 희석의 부주의로 인해 밀착이 고르지 못할 가능성이 있다.	규산소다에 의한 콘크리트와의 들뜸이 많다.	콘크리트내에 침투하여 결정피막을 형성하므로 부착강도가 크다.	절연방수 공법	-
신축성	·온도에 민감하여 균열이 잘 생긴다. ·적당한 연성과 변형능력이 있다.	감온성이 적고, 내균열성이 우수하다.	구체의 미세한 균열에 비교적 안정하다.	탄력성 및 신축성을 지니고 있다.	적은 균열에도 약하다.	적은 균열에도 약하다.	적용온도의 범위가 넓다.	팽창성이 있어 Precast Joint나 Cold Joint에 물의 침투를 방지한다.
방수층의 중량	아스팔트와 루핑의 중량이 무겁다.	아스팔트 방수에 비해서 상대적으로 가볍다.	단층방수막으로 중량이 가볍다.	방수층의 중량이 가볍다.	방수층의 중량은 가벼우나 모르터의 중량이 무겁다.	방수층의 중량은 무시해도 좋다.	중량이 대체로 가볍다.	-
보수성	·부분적인 보수가 곤란하다. ·보수시공부위를 넓게 해야하며 적층시공에 의해 작업이 복잡하다.	전면개수 및 부분보수가 용이하다.	부분융착봉합이므로 보수시공이 보통이다.	보수시공을 2~3회 요하므로 시간이 많이 걸린다.	결합부분만 제거하고 간단히 보수할 수 있다.	균열에 대한 실링 효과가 있으므로 보수시공이 간단하다.	기존 방수층을 본래대로 두고 그 위에 개수공사를 행한다.	-

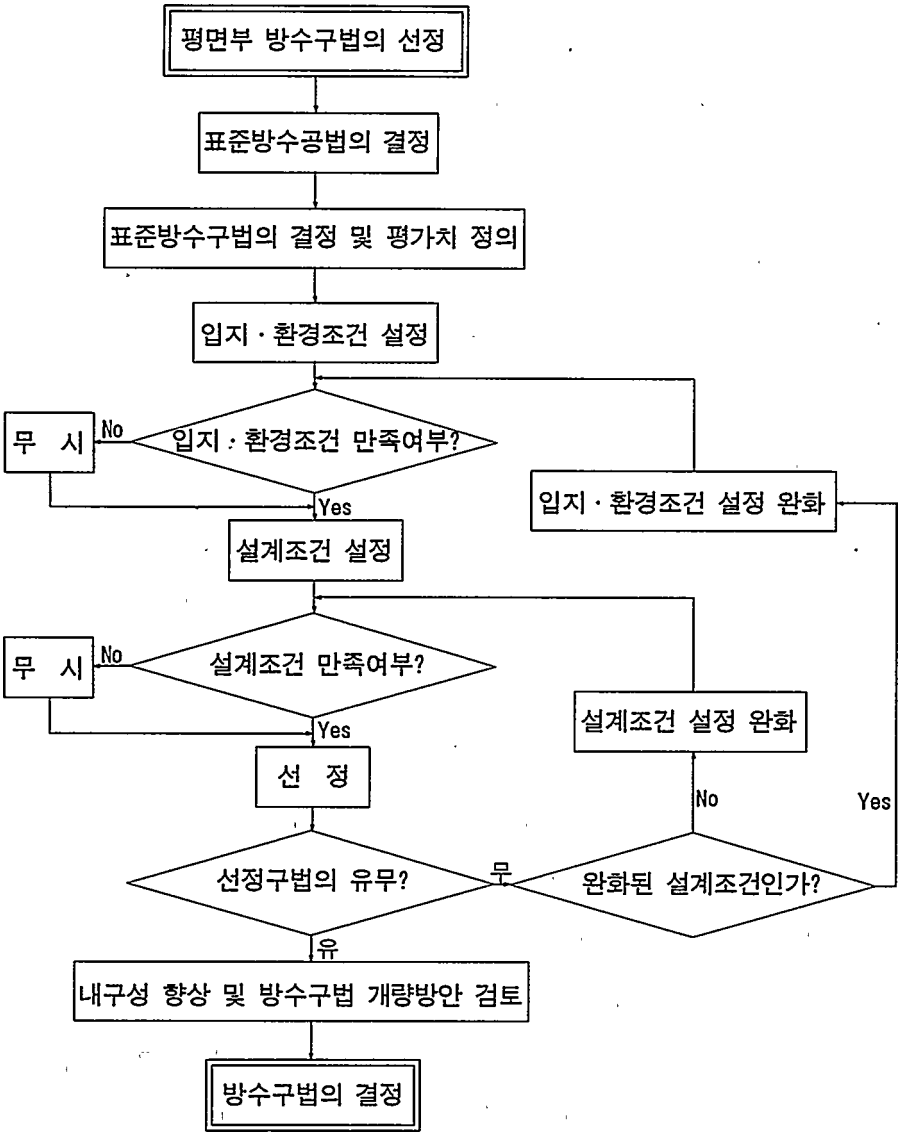
방수재료의 종류는 매우 다양하고 이들을 조합하여 적층하는 경우에 방수층에서의 종합성능이 크게 변화되므로 발전소 구조물에 적용가능한 방수재료의 검토·선정에 있어서는 방수재료의 성능검토 이외에도 방수층에서의 종합성능을 체크하는 것이 중요한 요소이다.

방수층의 재료와 등급은 비용면에서의 제약이 크지만 건물의 중요도에 대응하여 또는 외적 열화인자의 영향을 받기 쉬운 방수구법(노출단열방수의 열열화 등)은 방수층의 등급을 올릴 필요가 있다.

사용재료의 품질은 관련규격에 준하는 것이 기본이지만 입지조건과 설계조건, 방수구법의 종류에 따라 사용재료를 결정해야 할 필요가 있으므로 주의를 요한다. <표 5.7>은 재료선정시 제반 고려사항들에 대한 방수재료의 특성을 비교한 것이다.

제 4 절 옥상 평면부 방수공·구법의 평가 및 선정

본 절에서 다루게 되는 것은 현재 존재하는 각종 방수층 중 발전소 구조물의 사용목적에 합치하는 것을 선정하는 방법으로 선정방법의 흐름은 (그림 5.2)와 같다.



(그림 5.2) 옥상 평면부 방수구법의 선정 흐름도

1. 표준 방수공법

표준 방수공법은 옥상평면부에 적용 가능한 멤브레인 방수공법 중 "건축공사 표준시방서(1994年) 제14장 방수공사"를 중심으로 하되 다음의 내용을 포함하여 <표 5.8>과 같이 25종류를 선택하였다.

(1) 아스팔트 방수 : JASS 8의 표준방수공법은 현행 건축공사 표준시방서의 표준방수공법에 비해 아스팔트 루핑의 등급을 향상시키고, 절연공법 및 노출마감 등 다양한 형태를 채용하고 있어 검토할 필요성이 있으므로 포함하였음.

(2) 개량 아스팔트 방수 : 건축공사 표준시방서의 노출공법 중 방수바탕층의 거동에 대한 대책 및 수증기의 배출을 목적으로한 통기시트와 부분절연공법(점붙임)을 포함하였음.(JIS A 6012-1992「토치공법용 방수시트」의 품질규격을 이용)

(3) 시트 방수 : 건축공사 표준시방서에 따름.

(4) 도막 방수 : 도막방수재료 중 옥상평면부에 사용할 수 있는 재료는 우레탄계로(JASS 8 참조), 여기에 현재 사용실적이 높아지고 있는 무기·유기질 혼합계 방수재를 포함하였음.

<표 5.8> 옥상 평면부 방수층의 종류

분 류	종 별	공 정						
		1	2	3	4	5	6	7
아스팔트 방수	AK - 1	아스팔트 프라이머 (0.4ℓ/㎡)	아스팔트 컴파운드 (1.5kg/㎡)	아스팔트 펠트, 아스팔트 컴파운드 (1.5kg/㎡)	아스팔트 루핑, 아스팔트 컴파운드 (2.0kg/㎡)	아스팔트 루핑, 아스팔트 컴파운드 (2.0kg/㎡)	아스팔트 루핑, 아스팔트 컴파운드 (2.1kg/㎡)	-
	AK - 2	아스팔트 프라이머 (0.4ℓ/㎡)	아스팔트 컴파운드 (1.5kg/㎡)	아스팔트 펠트, 아스팔트 컴파운드 (1.5kg/㎡)	아스팔트 루핑, 아스팔트 컴파운드 (2.0kg/㎡)	아스팔트 루핑, 아스팔트 컴파운드 (2.1kg/㎡)	-	-
	AK - 3	아스팔트 프라이머 (0.4ℓ/㎡)	블로운 아스팔트 (1급, 1.5kg/㎡)	아스팔트 펠트, 블로운 아스팔트 (1급, 1.5kg/㎡)	아스팔트 루핑, 블로운 아스팔트 (1급, 2.0kg/㎡)	아스팔트 루핑, 블로운 아스팔트 (1급, 2.1kg/㎡)	-	-
	AK - 4	아스팔트 프라이머 (0.4ℓ/㎡)	블로운 아스팔트 (2급, 1.5kg/㎡)	아스팔트 펠트, 블로운 아스팔트 (2급, 1.5kg/㎡)	아스팔트 루핑, 블로운 아스팔트 (2급, 2.0kg/㎡)	아스팔트 루핑, 블로운 아스팔트 (2급, 2.1kg/㎡)	-	-
	AK - 5	아스팔트 프라이머 (0.4ℓ/㎡)	블로운 아스팔트 (2급, 1.5kg/㎡)	아스팔트 펠트, 아스팔트 컴파운드 (1.5kg/㎡)	아스팔트 루핑, 아스팔트 컴파운드 (2.1kg/㎡)	-	-	-
	AK - 6	아스팔트 프라이머 (0.4ℓ/㎡)	블로운 아스팔트 (2급, 1.5kg/㎡)	아스팔트 펠트, 블로운 아스팔트 (2급, 1.5kg/㎡)	아스팔트 루핑, 블로운 아스팔트 (2급, 2.1kg/㎡)	-	-	-

<표 5.8> 옥상 평면부 방수층의 종류(계속)

분류	종별	공정						
		1	2	3	4	5	6	7
아스팔트방수	AJ - 1	아스팔트 프라이머 (0.3kg/㎡)	아스팔트 루핑, 아스팔트 (1.0kg/㎡)	스트레치 루핑, 아스팔트 (1.0kg/㎡)	스트레치 루핑, 아스팔트 (1.0kg/㎡)	아스팔트 (1.0kg/㎡)	아스팔트 (1.0kg/㎡)	-
	AJ - 2	아스팔트 프라이머 (0.3kg/㎡)	구멍뚫린 아스팔트 루핑 (*)	아스팔트 루핑, 아스팔트 (1.5kg/㎡)	스트레치 루핑, 아스팔트 (1.0kg/㎡)	스트레치 루핑, 아스팔트 (1.0kg/㎡)	아스팔트 (1.0kg/㎡)	아스팔트 (1.0kg/㎡)
	AJ - 3	아스팔트 프라이머 (0.3kg/㎡)	구멍뚫린 아스팔트 루핑 (*)	아스팔트 루핑, 아스팔트 (1.5kg/㎡)	스트레치 루핑, 아스팔트 (1.0kg/㎡)	모래붙인 스트레치 루핑, 아스팔트 (1.2kg/㎡)	-	-
	AJ - 4	아스팔트 프라이머 (0.3kg/㎡)	구멍뚫린 아스팔트 루핑 (*)	스트레치 루핑, 아스팔트 (1.5kg/㎡)	스트레치 루핑, 아스팔트 (1.0kg/㎡)	모래붙인 스트레치 루핑, 아스팔트 (1.2kg/㎡)	-	-
	AJ - 5	아스팔트 프라이머 (0.3kg/㎡)	아스팔트 루핑, 아스팔트 (1.0kg/㎡)	단열재, 아스팔트 (1.5kg/㎡)	스트레치 루핑, 아스팔트 (1.2kg/㎡)	스트레치 루핑, 아스팔트 (1.0kg/㎡)	모래붙인 스트레치 루핑, 아스팔트 (1.2kg/㎡)	-
	AJ - 6	아스팔트 프라이머 (0.3kg/㎡)	스트레치 루핑, 아스팔트 (1.0kg/㎡)	스트레치 루핑, 아스팔트 (1.0kg/㎡)	아스팔트 (1.0kg/㎡)	아스팔트 (1.0kg/㎡)	-	-
개량아스팔트방수	T - 1	프라이머 (0.3kg/㎡)	비노출 복층방수용 (2.5㎜ 이상)	비노출 복층방수용 (2.5㎜ 이상)	-	-	-	-
	T - 2	프라이머 (0.3kg/㎡)	비노출 단층방수용 (3.5㎜ 이상)		-	-	-	-
	T - 3	프라이머 (0.3kg/㎡)	노 출 단층방수용 (4.0㎜ 이상)	-	-	-	-	-
	T - 4	프라이머 (0.3kg/㎡)	비노출 복층방수용 (2.5㎜ 이상)	노 출 복층방수용 (3.0㎜ 이상)	-	-	-	-
	T - 5	프라이머 (0.3kg/㎡)	접착재	단열재	접착층부착 시트 (2.0㎜ 이상)	노 출 복층방수용 (4.0㎜ 이상)	-	-
	T - 6	프라이머 (0.3kg/㎡)	통기시트	노 출 단층방수용 (4.0㎜ 이상)	-	-	-	-
	T - 7	프라이머 (0.3kg/㎡)	비노출복층방수용, 접착임 (2.5㎜ 이상)	노 출 복층방수용 (3.0㎜ 이상)	-	-	-	-
시트방수	S - 1	프라이머 (0.2kg/㎡)	접착재 (0.5kg/㎡)	합성고무계 시 트	-	-	-	-
	S - 2	프라이머 (0.2kg/㎡)	접착재 (0.5kg/㎡)	합성수지계 시 트	-	-	-	-
	S - 3	합성수지계시트 고정철물접착	-	-	-	-	-	-
도막방수	L - 1	프라이머 (0.2kg/㎡)	우레탄고무계 방수재 (0.3kg/㎡)	보강포	우레탄고무계방수재 (1.5kg/㎡)	우레탄고무계방수재 (1.7kg/㎡)	-	-
	L - 2	접착재 (0.3kg/㎡)	통기완충 시 트	우레탄고무계방수재 (1.5kg/㎡)	우레탄고무계방수재 (2.0kg/㎡)	-	-	-
	L - 3	프라이머 (0.2kg/㎡)	무기·유기질 혼합계 방수재 (0.7kg/㎡)	보강포	무기·유기질 혼합계 방수재 (1.0kg/㎡)	무기·유기질 혼합계 방수재 (1.0kg/㎡)	-	-

1) 이 표중의 수량은 사용량의 최소한도를 나타낸 것이다.

2) 이 표중의 재료 및 수량은 시공개소와 특기시방에 따라 변경할 수 있다.

3) AK:건축공사 표준시방서의 아스팔트방수 표준공법, AJ:JASS 8의 아스팔트방수 표준공법

4) "*"은 현재 모래붙인 구멍뚫린 아스팔트로 표준화 되어 있다.

5) T-3, T-4는 탈기장치를 설치하고, 그 종류 및 갯수는 특기시방에 따른다.

2. 표준 방수구법

옥상방수구법으로는 옥상슬래브의 구조, 방수층, 단열재, 보호마감재 등의 조합에 따라 여러가지 구법이 있을 수 있다. 여기서 말하는 방수구법이란 방수공법과 조합한 종합적인 형태를 명명한 것이다.

표준방수구법의 마감형태에 대해서는 옥상의 이용조건 및 방수공법에 대한 적합성(<표 5.9> 및 <표 5.10> 참조)을 검토한 후, 앞서 선택된 표준방수공법을 대상으로 일본 "(社)建築業協會(BCS) 防水研究員會"의 연구성과를 참고하여 <표 5.11>과 같이 선정하였다.

<표 5.9> 보호·마감부위와 용도

부위·용도 / 보호·마감	옥 상		
	보행용	경보행용	비보행용
현장타설 콘크리트	○	○	○
블 록 류		○	○
자갈누름			○
시멘트 모르티			
우레탄 포장재		○	
외장재료			
마감도료			○
노 출	특수도막	특수도막	○

<표 5.10> 방수층의 종류와 보호·마감재의 적성비교

방수공법 \ 보호마감재		현장타설 콘크리트	콘크리트 블록류	자갈 누름	시멘트 모르터 (실내)	우레탄 포장재	마감 도료	노출
아스팔트 방수층	AK-1~AK-6	○	○	○	○			
	AJ-1	○	○	○	○			
	AJ-2	○	○	○	○			
	AJ-3						○	○
	AJ-4						○	○
	AJ-5						○	○
	AJ-6	○	○	○	○			
개량아스팔트 시트 방수층	T-1	○	○	○	○			
	T-2	○	○	○	○			
	T-3						○	○
	T-4						○	○
	T-5						○	○
	T-6						○	○
	T-7						○	○
시트방수층	S-1 가류		○	○			○	
	S-1 비가류	○(*)	○	○			○	
	S-2							○
	S-3							○
도막방수층	L-1					○	○	
	L-2					○	○	
	L-3						○	○

1) 방수공법의 분류는 <표 5.8>에 따름

2) "*"는 단열재위 누름공법

<표 5.11> 옥상평면부 방수구법의 종류

방수구법 / 방수공법												
아스팔트	AK-1~AK-6		AK12	AK13	AK14	AK15	AK16	AK17		AK19	AK1A	
	AJ-1		AJ12	AJ13	AJ14	AJ15	AJ16	AJ17		AJ19	AJ1A	
	AJ-2		AJ22	AJ23	AJ24	AJ25	AJ26	AJ27				
	AJ-3	AJ31							AJ38			
	AJ-4	AJ41							AJ48			
	AJ-5											AJ5B
	AJ-6		AJ62	AJ63	AJ64	AJ65	AJ66	AJ67		AJ69	AJ6A	
개량아스팔트	T-1		T12	T13	T14	T15	T16	T17				
	T-2		T22	T23	T24	T25	T26	T27				
	T-3	T31										
	T-4	T41										
	T-5								T58			
	T-6	T61										
	T-7	T71										
시트	S-1 가류	S11		S13	S14		S16	S17	S18			
	S-1 비가류	S11′		S13′	S14′	S15′	S16′	S17′	S18′			
	S-2	S21			S24							
	S-3	S31			S34		S36	S37			S3A	
도막	L-1	L11										
	L-2	L21										
	L-3	L31										

3. 방수구법의 평가

표준구법을 평가하기 위한 항목 및 평가기준은 <표 5.12>와 같다.

평가항목은 방수층이 갖추어야 할 4가지 요건을 BCS 防水硏究委員會에서 정한 세부항목이다. 또한, 방수구법의 평가기준은 정량적으로 확립되어 있지 않으므로 ①~③의 정성적인 등급으로 분류하였다.

평가항목에 대한 결과값은 <표 5.13>과 같다.

<표 5.12> 방수구법 평가기준

평 가 항 목		판단시의 참고사항	①	②	③
연 속 수밀성	불투수성	확실한 시공의 가능성	단열재위 시트방수	左·右 이외	아스팔트방수, 도막방수
내물리 열화성	바탕거동 추종성	구체의 거동	도막방수 밀착공법	左·右 이외	절연공법(단열재포함)
	내충격성	비래물, 조류, 인공적 충격,	右이외의 노출공법	구체위 아스팔트 노출공법	누름공법
	내 압 성	옥상설치물, 보행여부	노출공법	左·右 이외	아스팔트방수 콘크리트누름
	내식물성	흙의 모임, 방수층의 평활성	자갈누름 고무시트방수	左·右 이외	노출공법, 도막방수
	내 풍 성	강풍시의 비산	단열재위 고무시트방수, 자갈누름공법	左·右 이외	콘크리트누름공법, 밀착노출공법
	내마모성	보행에 의한 마모	노출공법	左·右 이외	누름공법
내화학 열화성	내 열 성	일사열을 대상	단열재위 아스팔트 노출방수	左·右 이외	단열재위 누름공법
	내 한 성	한냉지를 대상	단열재위 아스팔트 노출방수	左·右 이외	단열재위 누름공법
	방내화성	누름층의 유무	노출공법	자갈누름	콘크리트, 블록누름공법
	내자외선성	누름층의 유무		노출공법	누름공법
	내오존성	누름층의 유무		노출공법	누름공법
	내 수 성	건습반복, 온수침적		右 이외	고급시트방수
	내 산 성	산성비			
	내알칼리성	알칼리의 접촉		콘크리트계 아스팔트방수	左 이외
사 회 적응성	무공해성	주변 작업자	아스팔트방수	시트방수, 도막방수	
	노무, 자재 조달성	건축시공체계, 자갈의 수급	자갈누름공법, 구멍뚫린 아스팔트 루핑		左 이외
	유지관리성	방수층의 보수난이도	콘크리트 누름공법	블록, 자갈누름	노출공법
	미 관	착색, 들뜸	아스팔트방수 노출공법	左·右 이외	도막방수,노출공법
	실 적		시트방수 자갈누름, 단열방수	左·右 이외	아스팔트방수, 노출공법, 누름공법

<표 5.13> 방수구법의 평가치

요구성능 / 방수공법	불투수성	마멸저항수성	내충격성	내압성	내식물성	내풍성	내마모성	내열성	내한성	방내화성	내자외선성	내오존성	내수성	내산성	내알칼리성	무공해성	노무자계조달성	유지관리성	미관	실적
AK12	3	2	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3	2	1	3	1	2	2
AK13	3	2	3	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3	2	1	3	3	2	1
AK14	3	2	3	2	2	1	3	2	2	2	3	3	2	3	3	1	1	2	2	2
AK15	3	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	1	3	1	2	3
AK16	3	2	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	1	3	3	2	1
AK17	3	2	3	2	2	1	3	3	3	2	3	3	2	3	3	1	1	2	2	3
AK19	3	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3	2	1	3	1	2	3
AK1A	3	3	3	2	2	1	3	2	2	2	3	3	2	3	3	1	1	2	2	3
AJ12	3	2	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3	2	1	3	1	2	1
AJ13	3	2	3	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3	2	1	3	3	2	1
AJ14	3	2	3	2	2	1	3	2	2	2	3	3	2	3	3	1	1	2	2	1
AJ15	3	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	1	3	1	2	1
AJ16	3	2	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	1	3	3	2	1
AJ17	3	2	3	2	2	1	3	3	3	2	3	3	2	3	3	1	1	2	2	1
AJ19	3	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3	2	1	3	1	2	1
AJ1A	3	3	3	2	2	1	3	2	2	2	3	3	2	3	3	1	1	2	2	1
AJ22	3	3	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3	2	1	1	1	2	1
AJ23	3	3	3	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3	2	1	1	3	2	1
AJ24	3	3	3	2	2	1	3	2	2	2	3	3	2	3	3	1	1	2	2	1
AJ25	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	1	1	1	2	1
AJ26	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	1	1	3	2	1
AJ27	3	3	3	2	2	1	3	3	3	2	3	3	2	3	3	1	1	2	2	1
AJ31	3	3	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	3	3	1	1	3	1	1
AJ38	3	3	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3	3	1	1	3	1	1
AJ41	3	3	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	3	3	1	1	3	1	1
AJ48	3	3	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3	3	1	1	3	1	1
AJ5B	3	2	2	1	2	2	1	1	2	1	2	2	2	3	3	1	3	2	1	1
AJ62	3	2	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3	2	1	3	1	2	1
AJ63	3	2	3	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3	2	1	3	2	2	1
AJ64	3	2	3	2	2	1	3	2	2	2	3	3	2	3	3	1	1	2	2	1
AJ65	3	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	1	3	1	2	1
AJ66	3	2	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	1	3	2	2	1
AJ67	3	2	3	2	2	1	3	3	3	2	3	3	2	3	3	1	1	2	2	1
AJ69	3	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3	2	1	3	1	2	1
AJ6A	3	3	3	2	2	1	3	2	2	2	3	3	2	3	3	1	1	2	2	1
T12	3	3	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3	2	2	3	1	2	1
T13	3	3	3	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3	2	2	3	3	2	1
T14	3	3	3	2	2	1	3	2	2	2	3	3	2	3	3	2	1	2	2	1
T15	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	3	1	2	1
T16	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	3	3	2	1
T17	3	3	3	2	2	1	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	2	2	1
T22	2	3	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3	2	2	3	1	2	2
T23	2	3	3	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3	2	2	3	3	2	1
T24	2	3	3	2	2	1	3	2	2	2	3	3	2	3	3	2	1	2	2	2
T25	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	3	1	2	3
T26	2	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	3	3	2	1
T27	2	3	3	2	2	1	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	1	2	2	3
T31	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	3	3	2	3	3	1	1
T41	3	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	3	3	2	3	3	1	2
T58	2	3	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3	3	2	2	3	1	1
T61	2	3	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	3	3	2	2	3	1	1
T71	2	3	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	3	3	2	3	3	1	1
S11	2	2	1	1	2	3	1	2	2	1	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2
S13	2	2	3	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	1
S14	2	2	3	2	1	1	3	2	2	2	3	3	2	3	3	2	1	2	2	1
S16	2	2	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	1
S17	2	2	3	2	1	1	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	2	2	1
S18	2	3	1	1	2	1	1	2	2	1	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2
S11'	2	2	1	1	2	3	1	2	2	1	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2
S13'	2	2	3	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	1
S14'	2	2	3	2	1	1	3	2	2	2	3	3	2	3	3	2	1	2	2	1
S15'	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	1	2	2
S16'	2	2	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	1
S17'	2	2	3	2	1	1	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	2	2	1
S18'	1	3	1	1	2	1	1	2	2	1	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2
S21	2	2	1	2	3	3	2	2	1	1	2	2	3	3	3	2	3	3	3	2
S24	2	2	3	2	2	1	3	2	2	2	3	3	3	3	3	2	1	2	2	1
S31	2	3	1	1	3	2	1	2	1	1	2	2	3	3	3	2	1	3	3	2
S34	2	3	3	2	2	1	3	2	2	2	3	3	3	3	3	2	1	2	2	1
S36	2	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	2	2	1
S37	2	3	3	2	2	1	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	1	2	2	1
S3A	1	3	3	2	2	1	3	2	2	2	3	3	3	3	3	2	1	2	2	1
L11	3	1	1	1	3	3	1	2	2	1	2	2	2	3	3	2	3	3	3	2
L21	3	3	1	1	3	2	1	2	2	1	2	2	2	3	3	2	3	3	3	2
L31	3	1	1	2	3	3	2	2	2	1	2	2	2	3	3	2	3	3	3	2

* 방수구법의 종류는 <표 5.11> 참조

4. 입지·환경적 조건에 따른 선정

전 단계에서 결정된 표준방수구법에 대하여 발전소 구조물이 위치한 지역의 입지·환경적 조건을 객관적으로 결정하고, <표 5.15>를 참고하여 부적합한 구법을 제외시킨다.

<표 5.14> 입지·환경조건의 구분

조 건		구 분
기온구분	온난지	한냉지 이외의 지역
	한냉지	최저기온이 0℃미만인 일수가 년간 90일 이상인 지역
일 사 량	일 반	3100kcal/m^2·d 미만인 경우
	다량지	3100kcal/m^2·d 이상인 경우
바 람	일 반	기준풍속 35m/s 미만의 지역
	강풍지	기준풍속 35m/s 이상의 지역
특정지역구분	(1) 일 반	(2)~(5)에 해당되지 않는 경우
	(2) 호설지	적설량이 1m 이상인 경우
	(3) 시가지	방수시공시에 발생하는 개스, 연기에 대한 처리를 특별히 요구하는 지역
	(4) 방화지역	옥상마감재의 불연화를 엄중히 도입시킨 경우
	(5) 전원지역	동·식물에 의한 침식의 가능성이 크고, 노무·자재의 조달이 곤란한 지역

<표 5.15> 입지·환경조건과 선정기준

제 조건의 구분		선 정 기 준	완화한 경우의 기준
기 온	온난지	전구법 적용가능	
	한냉지	내 한 성 ③	②
일사량	일 반	전구법 적용가능	
	다량지	내자외선성 ③ 내오존성 ③	②
바 람	일 반	전구법 적용가능	
	강풍지	내 풍 성 ③	②
특정조건	일 반	전구법 적용가능	
	호설지	내충격성 ③ 내 한 성 ③ (자갈누름은 제외)	②
	시가지	무공해성 ②	①
	방화지역	방내화성 ③	②
	전원지역	내식물성 ③ 노무자재조달성 ③ 유지관리성 ③	②

* ①, ②, ③은 방수구법의 평가치로써 해당 선정기준 항목에서는 그 점수를 필히 만족해야 함을 뜻한다 (<표 5.13> 참조).

5. 설계조건에 따른 선정

전단계에서 선정된 구법에 대하여 미관의 요구도, 직하층의 용도, 옥상형상, 유지관리성 등의 조건에 따라 <표 5.16>을 참고로 부적합한 구법을 제외시킨다.

이상의 과정을 통하여 해당되는 방수구법이 없는 경우에는 <표 5.16>의 완화한 경우의 기준에 따라 제조건의 요구도를 조정한다. 그래도 해당 방수구법이 도출되지 않는 경우에는 <표 5.15>의 선정기준을 완화시킨다. 또한 선정과정에서 제 조건은 근년에 개발되고 있는 많은 방수재료의 성능보완으로 방수구법의 성능 판정치 결정에 다소의 재료적 보정이 있어야 할 것이다.

<표 5.16> 설계조건과 선정기준

제 조건의 구분		선 정 기 준	완화한 경우의 기준
미 관	불필요	전구법 적용가능	
	요 구	미 관 ③	②
직하층의 용도	중 요	불투수성 ③ 바탕거동추종성 ③ 내식물성 ② 내 수 성 ②	완화조건 없슴
	일 반	전구법 적용가능	
옥상형상	일 반	전구법 적용가능	
	복 잡	불투수성 ③	②
유지관리	불필요	전구법 적용가능	
	요 구	유지관리성 ③	②

제 5 절 접착공법의 결정

건물의 입지·환경조건, 설계조건 및 시공조건등의 제조건이 타당한지를 검토하는 시방의 확인과 동시에 공법과의 조합이 타당한가를 확인한다.

방수의 공법을 바탕면의 접착방식으로 분류하면 가장 일반적이라 할 수 있는 밀착공법과 최근에 많이 사용하게 된 절연공법, 그리고 절충식이라 할 수 있는 부분절연공법 등이 있다. 이와같이 공법이 변해 온 이유는 방수층을 바탕의 균열에 의한 파단누수로 부터 보호하려는 개선안이었다.

가. 밀착공법

절연공법과 비교하면 바탕의 균열과 그 움직임에 대한 안정성은 약하지만 시공성이 좋고, 풍우에 대해 안전한 점 등의 장점이 있다.

나. 절연공법

바탕의 균열 및 움직임이 크게 예상되는 경우에 채용하는 것이 많다

다. 부분절연공법

구멍뚫린 루핑 등을 이용하거나 부분접착을 통한 부분절연공법은 누름층의 유무에 관계없이 적용이 가능하다. 그러나 노출방수의 경우에는 바람의 흡인력에 대응할 수 있는 방수층의 접착력을 확보하였는지 검토하는 것이 중요하다.

이들의 공법중에는 전문업자가 각각의 재료나 방법을 사용하므로 시공방법은 조금씩 다르며, 바탕의 특성과 누름층의 유무 등에 관련하여 접착공법을 선정하기 때문에 공법의 선정에 앞서 우선 바탕의 조건을 중심으로 하여 적합성을 평가하고 (<표 5.17> 참조), 다시 <표 5.7>에 계재한 방수재료의 일반적 성질도 검토하여 건

물의 성격에 맞는 것을 선정하는 것이 요망된다.

<표 5.17> 바탕의 종류와 접착공법의 비교

항 목		밀 착 공 법	부분절연공법	절 연 공 법
바탕의 거동, 균열에 대한 안정성		○ 내균열성이 있는 방수층	○	○
습윤바탕에의 적합성		×	△	△
시공성	비에 대한 안정성	○	△	△
	바람에 대한 안정성	○	△	×
보 수		○	△	×
누름공법의 적합성		○	○ 침입우수에 대해서는 △	
노출공법의 적합성			○ 바탕의 건조와 내풍압에 대한 접착력이 충분해야 함	×

제 6 절 관련재료의 선정

1. 단열재

옥상에 이용될 수 있는 단열재는 <표 5.18>에 나타낸 것이 일반적이지만, 재질은 무기질계와 유기질계로 크게 분류할 수 있다. 무기질계며 불연성이나 발포유리를 제외한 제품은 흡수·흡습에 의한 단열성능의 저하가 현저하다. 반면에 유기질계 단열재는 가연성이며, 단열성능의 저하는 무기질계 단열재에 비해 적다. 또한, 플라스틱의 소재와 제조방법에 따라서는 단열성능의 차가 있을 수 있다.

<표 5.18> 옥상단열재의 例

종 류	재 료	열전도율 (kcal/m·h·℃)	열변형개시온도 (℃)
프라스틱폼	폴리스틸렌폼(1)	0.030	120
	폴리스틸렌폼(2)	0.022	130
	스티로폼(1)	0.030	80
	스티로폼(2)	0.031	80
	스티로폼(3)	0.033	80
	경질우레탄폼(1)	0.017	240
	경질우레탄폼(2)	0.017	180
	경질우레탄폼(3)	0.015	180
	폴리이소시안레이드폼	0.018	270
유기질단열재	탄화코르크	0.040	변형무시
	목질연질섬유판	0.045	〃
	목모시멘트판	0.086	〃
무기질단열재	유리섬유(룩타입)	0.036~0.033	〃
	유리섬유(파트타입)	0.036~0.030	〃
	유리섬유(보드타입)	0.030~0.028	〃
	퍼얼라이트 보드	0.11	〃
	폼그라스	0.043	〃
기 타	경량콘크리트를 혼입한 섬유판	0.05	〃

한편, 단열재를 선택할 경우 열전도율과 경제성 뿐만 아니라 다음의 사항을 검토할 필요가 있다.

1) 흡수·흡습에 따른 성능변화와 변형

2) 방수층과 단열층의 위치관계

3) 온도신축과 열에 의한 열화도

4) 접착박리강도

5) 하중에 의한 압밀변형과 방수층에의 영향

6) 방수층과의 적성

2. 보호용 평판블록

가. 보호용 평판블록의 요구성능

보호용 평판블록에 요구되는 성능으로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

(1) 의장성 : 건물의 미관성 향상, 옥상이용 등의 관점에서 요구되는 것

(2) 바닥으로서의 각종 성능·기능 :

- 치수안정성
- 강 도

(3) 경량화 : 기존 건물의 보수·개수시 구체에서의 하중부담 경감을 목표로 하는 경우

(4) 내화성 : 옥상의 방화성, 내화성을 요구하는 것

(5) 방수층 보호성 : 내적재하중성, 내풍성, 내충격성, 내마모성, 내손상성, 내열성, 내수성, 내동해성, 내약품성, 내후성, 내동·식물성 및 기타 열화외력의 차단성 등 개개의 경우에 대응하여 요구된다.

(6) 시공성 : 성력화, 공기단축, 건식화 등이 요구된다.

(7) 경제성 : 초기비용 및 운영비용 각각에 대해서 요구된다. 특히 초기비용에 대해서는 보급에 크게 영향을 받는다.

(8) 유지관리성 : 보수 및 교환주기의 명확화, 진단·보수체제의 확립, 보수·개수 용이성 등이 요구된다.

이들 성능은 바탕·방수층·단열재와 보호용 평판블록이 일체로 된 옥상부위의 종합 시스템으로 검토할 필요가 있다는 점도 유의할 필요가 있다.

이상 보호용 평판블록을 선정하는 경우 고려해야 할 여러가지 조건을 설명하였으며, 각각의 옥상에 적합한 재료를 선정하여 채용하는 것이 구조물을 장기간 동안 유효하게 활용하기 위한 포인트가 된다. 예를들면, 전술한 방수층 보호효과 외에 옥상의 이용형태, 보행·통행 등급의 설정, 요구되는 디자인 등을 들 수 있다. 개수공사의 경우는 기존 구체에서의 부담경감에서 경량인 것이 선정시의 전제조건이 되는 경우도 많다.

나. 보호용 평판블록의 종류

현재의 보호용 평판블록의 개략을 <표 5.19>에 나타내었다.

<표 5.19> 보호용 평판블록의 개요

보호용 평판블록의 분류	시 방 例			바탕에의 고정방법					
	두 께 (mm)	치 수 (mm)	중 량 (kg/m^2)	접 착		부 설	interlock 방 식	철물접합	기계적 고 정
				접착제	접착층				
(a) 아스팔트계 판상 성형품	5~6	500×1000	7~10	○	○	-	-	-	-
(b) 채색천연모래 판상 성형품	7~8	500×1000	15~16	○	○	-	-	-	-
(c) 시멘트계 판상 성형품	20~60	300각~ 500×1000	30~70	-	-	○	-	○	○
(d) 고무계 판상 성형품	5~30	200각내외 ~ 700각내외	15~25	○	-	-	○	-	-
(e) 합성수지계 판상 성형품	10~25	250각내외 ~ 300각내외	2~6	-	-	-	○	-	-
(f) 합성수지계 시트상 제품	2.5	1350×10m		○	-	-	-	-	-
(g) 세라믹계 판상 성형판	60	300각		-	-	○	-	-	-

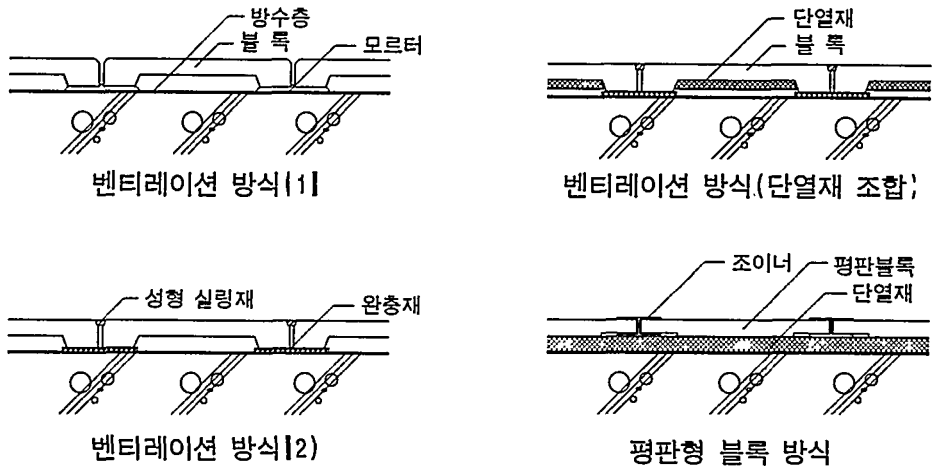
(a), (b)는 자착층 붙임으로 시공을 용이하게 한 제품도 있다. 또한 (b)는 마무리 후 의장용 등으로 그 적용범위가 넓다.

일반적으로 콘크리트 블록류는 (c)에 해당하는 것이지만 최근에는 압출성형품과 같은 블록류에 포함시키기 어려운 것도 등장하였다. 참고로 JASS 8에 아스팔트방수 및 개량아스팔트방수에 있어서 「콘크리트블록류」 및 수직부에 있어 「건식공법」이 기재되어 있다. 다만, JASS 8에서 다루고 있는 (c)의 일부인 콘크리트 블록류는 아스팔트방수·개량아스팔트방수의 보호로서 사용하는 경우에만 해당되는 것으로 보인다.

공장에서 생산한 콘크리트제 블록을 옥상에 적용하는 공법을 크게 나누면 벤티레이션 블록 방식, 평편상 블록 방식, 이중 공기층 방식 등이 있다((그림 5.3) 참조).

(1) 벤티레이션 블록 방식

블록의 네 모퉁이부를 돌출시켜 방수층과의 사이에 공기층을 형성한 것으로 블록의 한쪽면에 단열재를 조합한 것과 그렇지 않은 타입이 있다. 이때 블록 하부의 공기층은 단열성능의 발현과 배수로의 효과가 있다. 또한 블록과 블록사이에 틈을 만드는 방식과 줄눈에 성형실링재 및 모르터를 채우는 방식이 있다.



(그림 5.3) 콘크리트제 보호용 평판블록의 例

(2) 평판상 블록 방식

USD공법에 의한 단열방수의 단열재 시공후 평판상 블록의 4면을 조이너로 고정하면서 나란히 부설하는 방식이다.

(3) 이중 공기층 방식

프라스틱제 조이너를 사용하여 단열재를 중간에 끼워 넣으면서 블록을 조립해 간다. 단열재의 상하에 공기층이 형성되기 때문에 단열성능이 우수하다.

바탕에서의 고정방법에서 보면 크게 접착, 부설, 접합, 기계적 고정 등으로 분류할 수 있는데 <표 5.19> 중의 (c), (d), (e)와 같이 바탕에 접착하지 않는 타입은 일반적으로 준공후의 부분제거가 용이하고, 장래의 개수시에는 상당히 유리하지만, 비산방지의 관점에서 負壓에 대한 내풍성능의 확인이 필요하다.

한편, (a), (b), (f) 등의 바탕에 접착하는 타입에 대해서는 준공후의 부분제거가 어느정도 용이한가, 또한 내풍성(負壓)에 대해서 미리 접착력 및 그 경시변화에 따라 결정해야 하기 때문에 상당히 고도의 등급까지 성능확인을 필요로 한다.

한편, 보호용 평판블록의 사용시에는 바탕이 되는 방수층 자체의 내구성을 근거로 하여 검토·산정하는 것이 요망되며, 방수층 보호효과를 과대평가하는 것은 피해야 할 것이다.

제 7 절 발전소 구조물의 옥상평면부 방수구법 선정

1. 평면부 방수구법의 선정예

앞서 살펴본 선정방법은 구조물의 각종 요구조건과 특성이 매우 다양하므로 거기에 적용하게 되는 방수구법 또한 그에 맞게 선정되어야 한다는 내용의 전제가 있지만 발전소 구조물은 몇몇 장소를 제외하고는 입지·환경조건과 설계조건을 다음과 같이 특징지을 수 있다.

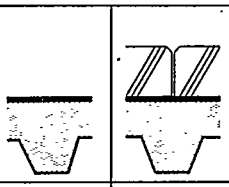
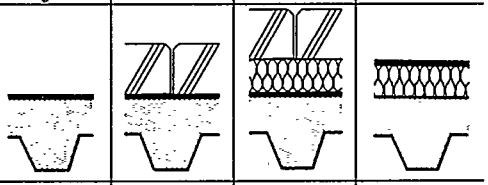
입지·환경조건	설 계 조 건
• 기 온 : 온난지	• 미 관 : 불필요
• 일 사 량 : 일 반	• 직하층의 용도 : 중 요
• 바 람 : 강풍지	• 옥상형태 : 복 잡
• 특정조건 : 일 반	• 보 수 성 : 중 요

<표 5.20> 발전소 옥상의 조건에 따른 방수층의 선정기준

	요 구 조 건	선 정 기 준
입지·환경조건	내 열 성	전 구 법
	내 한 선	전 구 법
	내자외선성	전 구 법
	내 오 존 성	전 구 법
	내 풍 성	② 이 상
설 계 조 건	불 투 수 성	③ 이 상
	바탕거동추종성	③ 이 상
	내 식 물 성	② 이 상
	내 수 성	② 이 상
	유지관리성	③ 이 상

* <표 5.13> 참조

발전소 구조물의 이러한 조건을 <표 5.15> 및 <표 5.16>에 따라 선정기준을 <표 5.20>과 같이 정한 후 그에 해당되는 방수구법을 선정하게 되면 옥상의 이용조건에 따라 다음과 같은 방수구법을 선정할 수 있었다.

발전소 옥상의 이용조건	선 정 구 법				
경보행용	방수구법				-
	방수공법	AJ-3 AJ-4	AJ-2 T-1	AJ-2 T-1	
비보행용	방수구법				
	방수공법	AJ-3 AJ-4 L-2	AJ-2 T-1	AJ-2 T-1	AJ-3 AJ-4

* 방수공법은 <표 5.8> 참조

상술한 내용은 발전소 구조물의 일반적인 구조·환경적 특성과 설계조건을 고려하여 가장 적용성이 높은 옥상평면부의 적정 공·구법을 선정한 것이다.

다만, 발전소 구조물의 T/B의 경우 거주성 및 열손실 방지를 크게 고려할 필요는 없지만 단열공법의 채용으로 실내의 온도상승, 바탕의 거동 및 옥상슬래브의 내부결로를 방지해야 한다.

따라서 앞서 선정된 공법 중 발전소 구조물 T/B의 옥상슬래브는 경보행용의 AJ-2나 T-1의 블록누름·단열공법이 가장 적합한 공법으로 판단된다.

여기서,

(1) **현장타설 콘크리트누름 공법**은 유리관리성이 떨어져 그밖의 성능이 우수함

에도 불구하고 제외되었는데 특수한 상황에서는 이러한 형태를 채용할 수도 있으며 그때에는 개·보수시 특별한 주의를 기울여야 할 것이다.

(2) AJ-2공법이 우선적으로 선정되기는 하였지만 구멍뚫린 아스팔트 루핑은 국내에서 보급이 활성화되어 있지 않으므로 절연공법(부분절연공법 포함) 및 탈기시설 등을 설치하여 유사한 **바탕거동추종성**을 확보할 수 있으며, 스트레치 루핑은 보강제가 함유된 특수루핑 등으로 대체하여도 무리가 없을 것으로 사료된다.

(3) 개량아스팔트 비노출·적층공법이 우선적으로 선정되기는 하였지만 적층시트 공법에 비해 단층시트 공법은 이음·연결부의 **불투수성**이 떨어지지만 틈막이 실링(아스팔트)공사를 병용하는 공법으로 방수층의 등급을 향상시킬 수 있다.

따라서 발전소 구조물의 본관건물(T/B 등)의 옥상평면부에는 AJ-2(구멍뚫린 아스팔트 루핑과 스트레치 루핑의 조합)나 T-1(개량아스팔트 복층방수)의 블록누름·단열공법(<표 5.11> 중의 AJ26, T15 방수구법)을 우선적으로 적용하되 앞의 3가지 사항을 고려하여 적절한 공법을 선정할 수 있을 것이다.

2. 평면부 방수구법의 개량(안)

이상에서 발전소 구조물의 특성에 맞는 옥상평면부 방수구법 선정 방법을 현 시점에서 가장 표준적인 방법을 중심으로 소개하였다.

한편, 발전소 옥상에 있어 방수층의 손상을 효과적으로 제어함과 동시에 내구성을 향상시켜 구조물의 수명을 연장시키기 위해서는 이제까지 살펴본 기본적인 구법에 대해서 정밀하고, 성실한 시공을 하는 것 이외에도 특수상황에 맞도록 방수층 형성방법을 개선하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 절에서는 방수층을 구성 가능한 여러가지 방수구법들을 소개하고 효율성이 있다고 판단되는 구법을 선정하여 차후 방수성능시험을 통하여 그 성능을 확인하고자 한다.

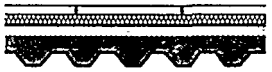
<표 5.21>은 현재 적용되고 있는 모든 방수구법과 여러분야에서 연구된 실적이 있거나, 적용이 가능한 구법을 열거한 것이다. 여기서 " * "으로 표시한 구법은 효

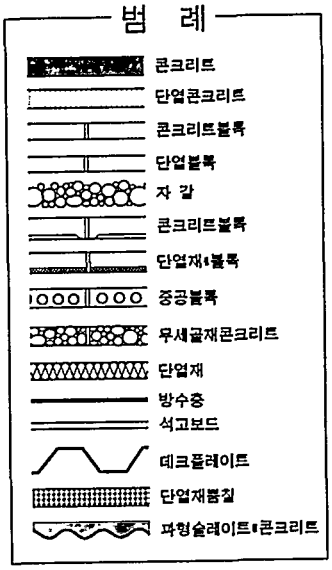
율성이 높을 것으로 추정되는 구법으로

- 각종열화요인에 가장 취약한 노출공법
- 유지관리 및 보수가 어려운 누름콘크리트 공법
- 방수층 상하에 단열대책이 적용되지 않은 구법
- 적용상 구조물의 내력에 지장이 있는 구법
- 이중방수층 구법

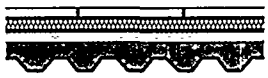
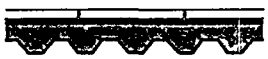
등을 제외한 후 선정한 것이다.

<표 5.21> 옥상슬래브에 적용가능한 방수구법

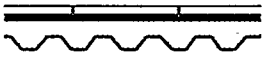
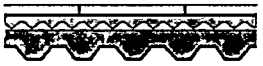
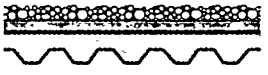
No.	방 수 구 법
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14 *	
15	



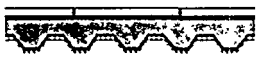
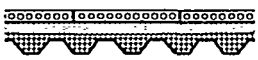
<표 5.21> 옥상슬래브에 적용가능한 방수구법(계속)

No.	방 수 구 법	No.	방 수 구 법
16		31	
17		32	
18		33	
19		34	
20		35	
21		36	
22		37	
23		38	
24		39	
25		40	
26		41	
27		42 *	
28		43 *	
29		44 *	
30		45 *	

<표 5.21> 옥상슬래브에 적용가능한 방수구법(계속)

No.	방 수 구 법	No.	방 수 구 법
46 *		61 *	
47		62 *	
48		63	
49		64	
50 *		65	
51 *		66	
52		67	
53 *		68 *	
54		69 *	
55		70 *	
56		71	
57		72	
58		73	
59 *		74	
60		75	

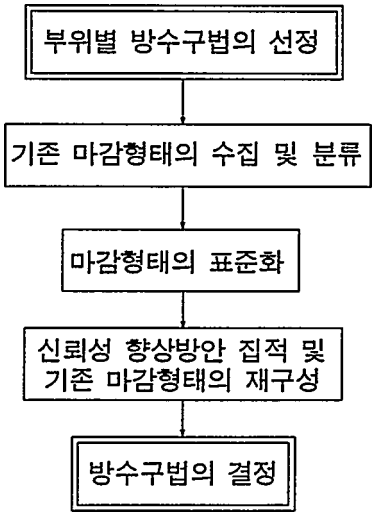
<표 5.21> 옥상슬래브에 적용가능한 방수구법(계속)

No.	방 수 구 법	No.	방 수 구 법
76		91 *	
77 *			
78 *			
79 *			
80 *			
81 *			
82 *			
83 *			
84 *			
85 *			
86 *			
87			
88 *			
89 *			
90 *			

제 8 절 부위별 옥상방수구법의 선정

방수층의 선정, 결함유형 및 원인, 결함대책에 대한 실태를 조사하는 과정에서 방수성능의 향상을 위해서는 파라펫, 옥탑, 옥상출입구, 익스펜션 조인트, 설비기초, 옥상관통부, 루프 드레인 등의 마무리에 대한 표준화가 무엇보다 가장 중요한 것으로 판명되었다. 여기서는 각 부위의 마감현황을 파악하기 위해 건물의 종류에 관계없이 문헌 및 설계도서를 수집·분석함과 동시에 본 연구의 연구성과를 가미하여 각 부위의 적정 방수구법을 선정하고 더 나아가 표준 마무리도를 작성하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

(그림 5.4)는 옥상의 부위별 방수구법 선정방법에 관한 개략적인 흐름를 나타낸 것이다.



(그림 5.4) 부위별 옥상방수구법의 선정 흐름도

1. 부위분류

(1) 파라펫 주변　　(2) 옥탑 주변

(3) 옥상출입구 주변　　(4) 익스펜션 조인트

(5) 설비기초　　(6) 옥상의 관통파이프

(7) 루프 드레인 주변　　(8) 금속파이프 지주설치

2. 기존 마감형태의 분석

각 부위의 마무리는 장기간 동안 결함방지를 위해 개량안을 거듭 개발시켜온 것이라 할 수 있으며 이들을 집적한 것이 보다 신뢰성을 향상시키는 방안이라고 생각된다.

현재 발전소 구조물에 적용되고 있는 사례를 포함하여 수집된 각부의 마감형태중 유사한 형상은 가능한 평균적 마무리도를 작성하려고 노력하였으며, 마무리도의 작성은 세부의 마무리, 사용재료 등을 중점으로 하고 그 세부치수는 생략하였다.

가. 파라펫 주변

파라펫 주변에 관련된, 두겁, 수직부 누름, 턱콘크리트 및 물끊기 등의 형태에 따라 조사된 데이터를 취합하여 (A)~(F)의 6타입으로 구분하였다. 이 분류방법중 발전소 구조물 옥상의 특성상 평면부 누름층이 없는 타입은 제외하였다.

나. 옥탑 주변

전항에서의 파라펫과 같이 6타입으로 분류하여 마무리도를 작성하였다. 사용재료 및 마감형태는 파라펫과의 연속성을 고려하여 작성하였다.

다. 옥상출입구 주변

옥상출입구 주변에 대해서는 수집사례가 적고, Case-by-Case로 처리하고 있어, 분류방법에 곤란한 점이 많았다. 따라서 가급적 유사한 형태에 대해서는 사례가 많은 표준형태에 따르고 방수층 말단부의 물끊기 및 수직부 보호, 디딤대의 설치형태에 따라 9타입으로 분류하였다.

라. 익스펜션 조인트

익스펜션 조인트에는 구조체간의 레벨차가 있는 경우에 해당하는 벽면형과 동일 레벨의 평면형이 있으며, 각각 접합부에 단차가 없는 플레트형 및 이음벽이 있는 돌출형이 있다.

수집된 마무리도는 형상적으로 그 상세가 조금씩 달라 그 중에서 일부 조사항목으로 정리할 수 있는 것만을 나타내었다.

마. 설비기초

수집된 설비기초의 형상·치수는 위에 설치된 설비에 따라 각기 달랐으므로 그 사례별로 대표적인 형식을 집계하여 작성하였다.

바. 옥상의 관통파이프

설비용 배관등이 옥상슬래브를 관통하여 수직으로 설치되어 있는 경우 그 주변 옥상 방수층의 마무리는 파이프의 특성에 맞는 설계를 하는 것을 원칙으로 하므로 특정 환경에 대한 사례에만 한정하지 않고 다양하게 분류하여 그 예시를 나타내었다.

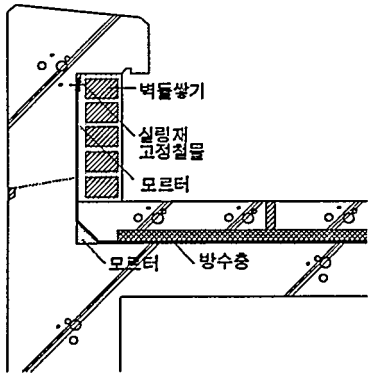
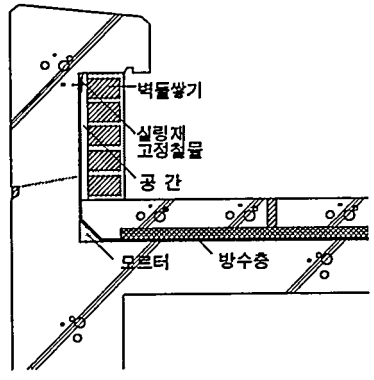
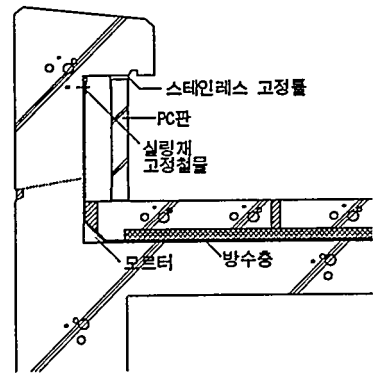
사. 루프 드레인 주변

루프 드레인 주변의 마무리는 수평배수형과 수직배수형의 2종류로 대별할 수 있으며, 다시 배관형태를 포함하여 타입별 사례가 많은 4종류로 분류할 수 있었다.

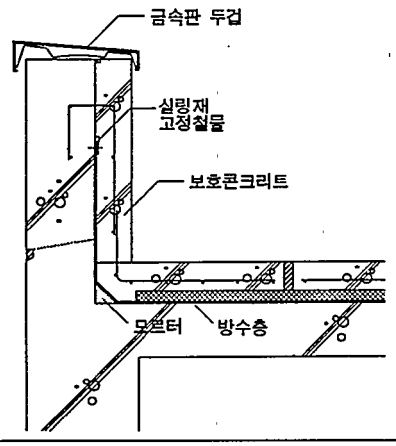
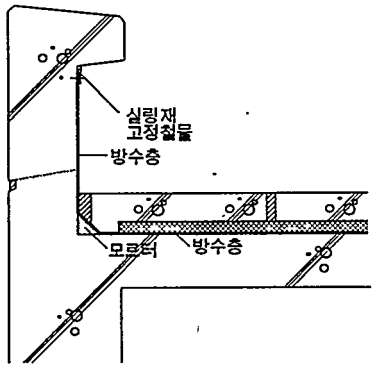
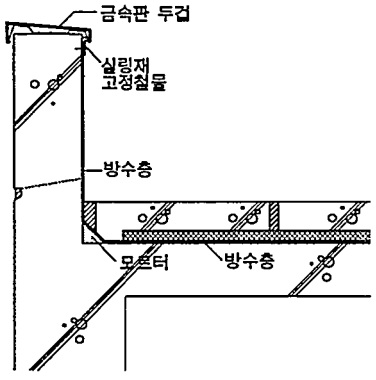
아. 금속파이프 지주설치

전항의 설비기초와 같이 대표적인 예를 4타입으로 분류하여 나타내었다.

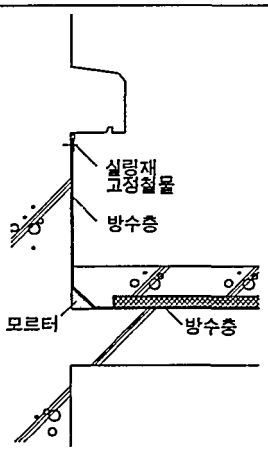
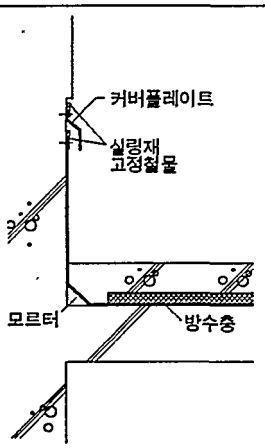
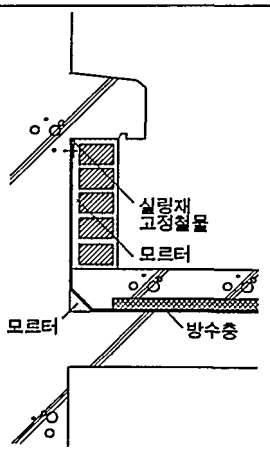
□ 파 라 펫

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
A Type		방수층의 보호와 누름효과를 위해 벽돌쌓기와 뒷채움모르터로 시공된 재래의 가장 일반적인 습식공법 1. 마감 모르터의 균열 및 박리 2. 보호용 벽돌의 거동 3. 마감 모르터 표면의 풍화 4. 방수층 이면의 함유수분에 의한 열화 5. 보수 및 점검의 어려움 6. 뒷채움 모르터의 거동 7. 평면부 보호블록과 적용이 곤란 8. 물끊기의 치수·형상을 유지하기 곤란 9. 시공성이 떨어짐 10. 파라펫 끝단으로 부터의 우수침입	1. 방수층의 보호재와의 분리 2. 수직부 보호재의 건식화 3. 평면부 보호재와의 적용성 검토 4. 파라펫 끝단의 방수조치
B Type		파라펫 (A)Type의 뒷채움 모르터로 인한 결함발생의 개선을 위해 공간을 형성한 구법 1. 마감 모르터의 균열 및 박리 2. 보호용 벽돌의 거동 3. 마감 모르터 표면의 풍화 4. 보수 및 점검의 어려움 5. 평면부 보호블록과 적용이 곤란 6. 물끊기의 치수·형상을 유지하기 곤란 7. 시공성이 떨어짐 8. 파라펫 끝단으로 부터의 우수침입	1. 수직부 보호재의 건식화 2. 평면부 보호재와의 적용성 검토 3. 파라펫 끝단의 방수조치
C Type		개·보수 및 유지관리성의 향상을 위해 기성 PC판을 수직보호재로 사용한 건식공법 1. PC판의 탈락 2. 평면부 보호블록과 적용이 곤란 3. 파라펫 끝단으로 부터의 우수침입	1. 평면부 보호재와의 적용성 검토 2. PC 보호판의 내풍압성 검토 3. PC 보호판의 규격화, 경량화 4. 파라펫 끝단의 방수조치

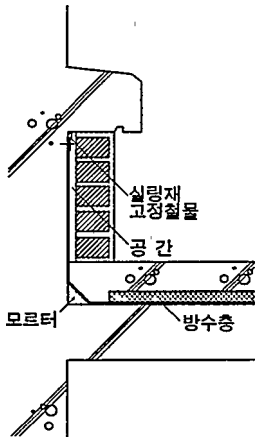
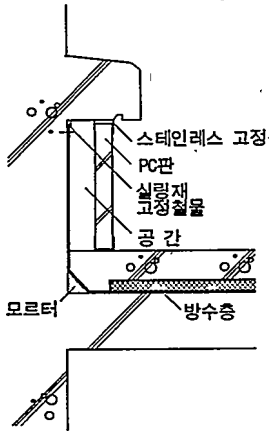
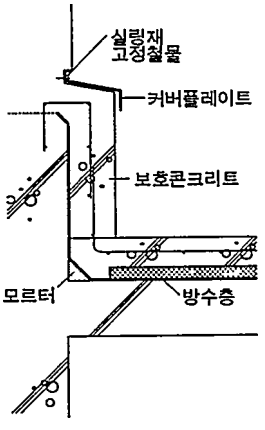
□ 파 라 펫

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
D Type		방수층 시공후 수직 방수층 부위의 보호를 위해 파라펫에 콘크리트를 이어치기한 형태 1. 누름 콘크리트의 거동 형태 2. 개·보수 및 점검의 어려움 3. 평면부 보호블록과 적용이 곤란 4. 수직부 보호 콘크리트의 균열 5. 시공성이 떨어짐	1. 수직 콘크리트 보호층의 건식화
B Type		노출용 방수재를 사용한 경우 1. 외부환경에 의한 방수층의 열화 2. 방수층 치켜올림부의 들뜸 3. 방수 시트 이음부의 누수 4. 파라펫 끝단으로 부터의 우수침입 5. 방수층 끝단의 실링손상에 의한 우수침입 6. 미관이 좋지 않음	1. 수직부 보호재의 필요 2. 파라펫 방수턱의 물끊기 설치
F Type		노출용 방수재를 사용하고 파라펫 끝단의 콘크리트에서 침투한 우수를 차단하기 위해 금속판 두겁을 설치한 경우 1. 외부환경에 의한 방수층의 열화 2. 방수층 치켜올림부의 들뜸 3. 방수 시트 이음부의 누수 4. 방수층 끝단의 실링손상에 의한 우수침입 5. 미관이 좋지 않음	1. 수직부 보호재의 필요 2. 파라펫 방수턱의 물끊기 설치

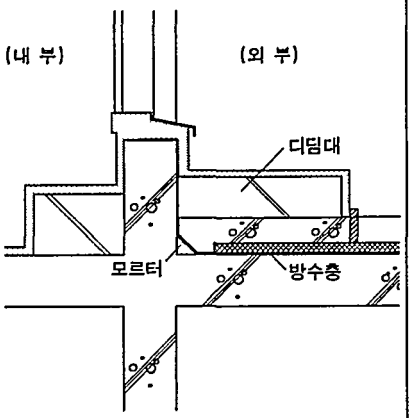
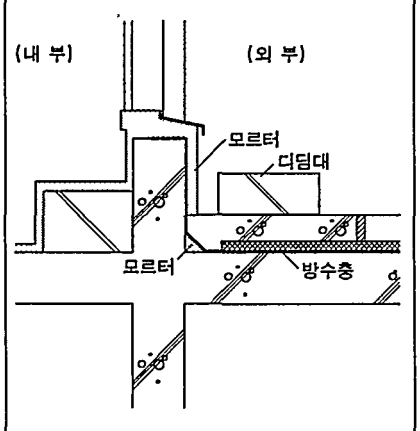
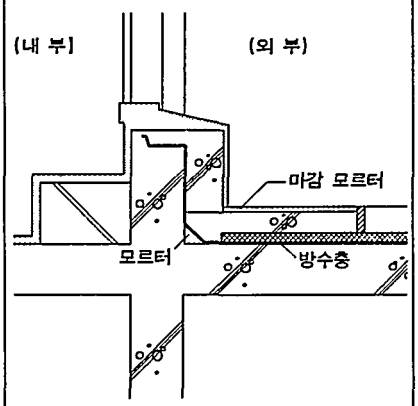
□ 옥 탑 주 변

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
A Type		노출용 방수재를 사용한 가장 단순한 형태 1. 외부환경에 의한 방수층의 열화 2. 방수층 치켜올림부의 들뜸 3. 방수 시트 이음부의 누수 4. 미관이 좋지 않음	1. 수직부 보호재의 필요
B Type		노출용 방수재를 사용하고 수직방수층 끝단의 실링부위를 보호하기 위해 커버플레이트로 보강한 경우 1. 외부환경에 의한 방수층의 열화 2. 방수층 치켜올림부의 들뜸 3. 방수 시트 이음부의 누수 4. 미관이 좋지 않음	1. 수직부 보호재의 필요 2. 방수층 끝단부위의 물끊기를 위한 방수턱의 확보
C Type		방수층의 보호와 누름효과를 위해 벽돌쌓기를 한 재래의 가장 일반적인 형태 1. 마감 모르터의 균열 및 박리 2. 보호용 벽돌의 거동 3. 마감 모르터 표면의 풍화 4. 방수층 이면의 함유수분에 의한 열화 5. 보수 및 점검의 어려움 6. 찢채움 모르터의 거동 7. 평면부 보호블록과 적용이 곤란 8. 물끊기의 치수·형상을 유지하기 곤란 9. 시공성이 떨어짐	1. 방수층 수직부 보호재의 건식화 2. 평면부 보호재와의 적용성 검토

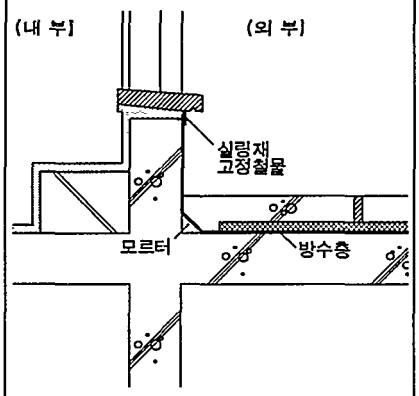
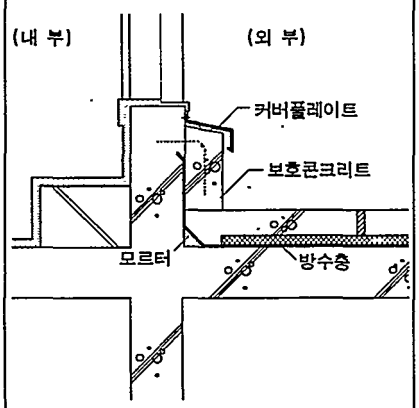
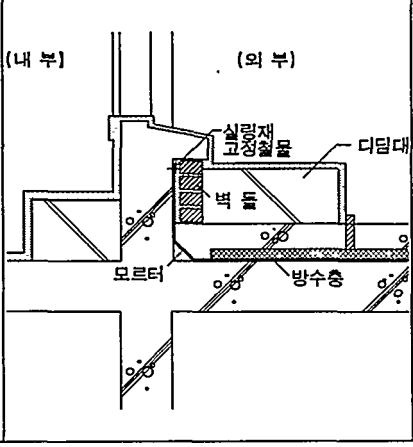
□ 옥 탑 주 변

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
D Type		옥탑주변 (C)Type의 뒷채움 모르터로 인한 결함발생의 개선을 위해 공간을 확보한 구법 1. 마감 모르터의 균열 및 박리 2. 보호용 벽돌의 거동 3. 마감 모르터 표면의 풍화 4. 방수층 이면의 함유수분에 의한 열화 5. 보수 및 점검의 어려움 6. 평면부 보호분폭과 적용이 곤란 7. 물끊기의 치수·형상을 유지하기 곤란 8. 시공성이 떨어짐	1. 방수층 수직부 보호재의 건식화 2. 평면부 보호재와의 적용성 검토
B Type		개·보수 및 유지관리성의 향상을 위해 기성 PC판을 수직보호재로 사용한 건식공법 1. PC판의 탈락 2. 평면부 보호분폭과 적용이 곤란	1. 평면부 보호재와의 적용성 검토 2. PC 보호판의 내풍압성 검토 3. PC 보호판의 규격화, 경량화
F Type		방수층 시공후 수직 방수층 부위의 보호를 위해 파라펫에 콘크리트를 이어치기한 형태 1. 누름 콘크리트의 거동 2. 개·보수 및 점검의 어려움 3. 평면부 보호분폭과 적용이 곤란 4. 수직부 보호 콘크리트의 균열 5. 시공성이 떨어짐	1. 수직 콘크리트 보호층의 건식화

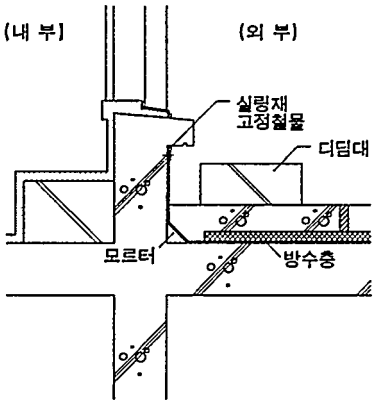
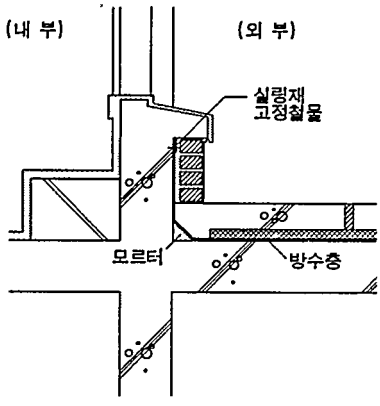
□ 옥상출입구 주변

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
A Type		출입구 내·외부의 단차를 고려하여 디딤대를 설치한 예 1. 샷쉬문틀의 손상 2. 디딤대의 거동에 의한 손상 3. 마감 모르터의 균열 및 박리 4. 마감 모르터의 풍화 5. 보수 및 점검의 어려움 6. 시공성이 떨어짐	1. 디딤대의 마감모르터 제거 2. 디딤대를 방수층과 이격시킴 3. 수직 방수층 보호재의 건식화
B Type		옥상출입구 (A)Type의 수직방수층에 대한 콘크리트의 거동과 개·보수 및 유지관리성을 개선하기 위한 형태 1. 샷쉬문틀의 손상 2. 마감 모르터의 균열 및 박리 3. 마감 모르터의 풍화 4. 보수 및 점검의 어려움	1. 마감 모르터의 제거 2. 디딤대 하부에 충격 완충재 설치 3. 수직 방수층 보호재의 건식화
C Type		현장타설 콘크리트를 구체와 일체시켜 기 시공된 방수층을 보호하는 형태 1. 마감 모르터의 균열 및 박리 2. 마감 모르터의 풍화 3. 보수 및 점검의 어려움 4. 보호 콘크리트의 거동 5. 평면부 보호블록과 적용이 곤란 6. 내·외부의 단차(보행성) 7. 시공성이 떨어짐	1. 마감 모르터의 제거 2. 수직 방수층 보호재의 건식화 3. 디딤대의 설치

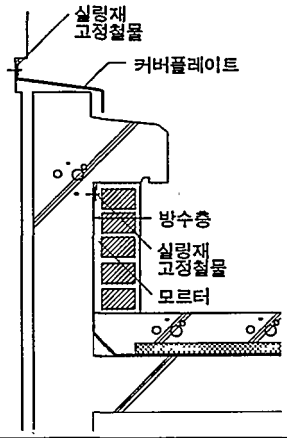
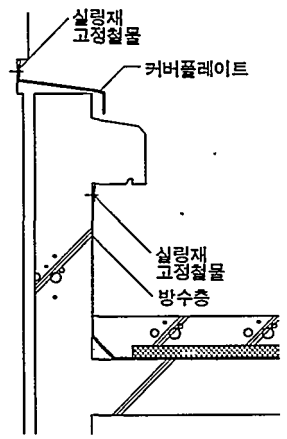
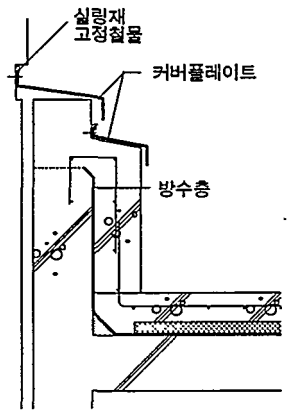
□ 옥상출입구 주변

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
D Type		노출용 방수재를 사용한 가장 단순한 형태로 끌끈기를 기성재 문틀에서 형성한에 1. 수직방수층의 들뜸 2. 방수 시트 이음부의 누수 3. 외기에 의한 수직방수층의 열화 4. 미관이 좋지 않음 5. 내·외부의 단차(보행성)	1. 수직 방수층 보호재의 설치 2. 디딤대의 설치
E Type		현장타설 콘크리트로 방수층을 보호하고 보호 콘크리트 상부로 부터의 우수침입을 금속 커버플레이트로 보강한 형태 1. 샷시문틀의 손상 2. 보수 및 점검의 어려움 3. 보호 콘크리트의 거동 4. 평면부 보호끌목과 적용이 곤란 5. 내·외부의 단차(보행성) 6. 시공성이 떨어짐	1. 수직 방수층 보호의 건식화 2. 디딤대의 설치
F Type		재래의 습식 벽돌누름 공법과 보행용 디딤대를 일체화한 형태 1. 디딤대의 거동에 의한 손상 2. 마감 모르터의 균열 및 박리 3. 마감 모르터의 풍화 4. 시공성이 떨어짐	1. 디딤대의 마감모르터 제거 2. 수직 방수층 보호재의 건식화

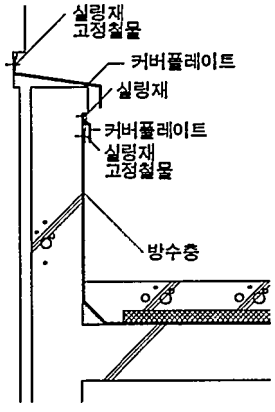
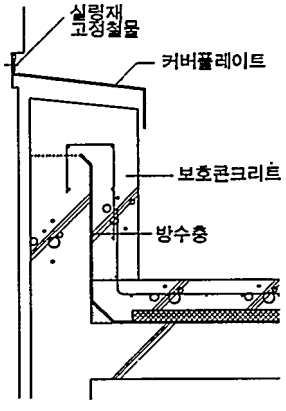
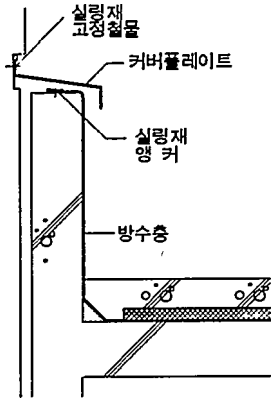
□ 옥상출입구 주변

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
G Type		방수층은 노출공을 사용하고 단부의 물리적 고정 외에 방수턱을 두어 물끊기를 기대하는 형태 1. 수직 방수층의 들뜸 2. 방수 시트 이음부의 누수 3. 미관이 좋지 않음	1. 수직 보호재의 필요 2. 디딤대 하부에 충격 완충재 설치
H Type		재래의 습식 벽돌누름 공법의 예 1. 마감 모르터의 균열 및 박리 2. 보호용 벽돌의 거동 3. 마감 모르터 표면의 공화 4. 방수층 이면의 함유수분에 의한 열화 5. 보수 및 점검의 어려움 6. 평면부 보호블록과 적용이 곤란 7. 시공성이 떨어짐 8. 내·외부의 단차(보행성)	1. 수직방수층 보호재의 건식화 2. 디딤대의 설치

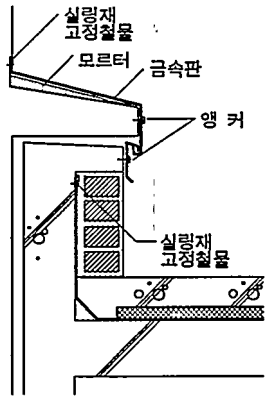
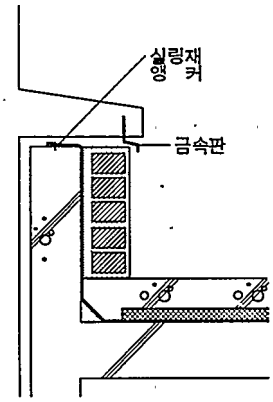
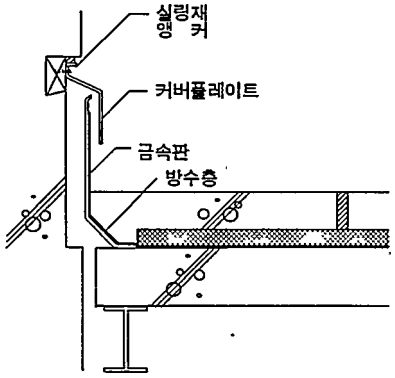
□ 익스펜션 조인트 (벽면형)

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
A Type		벽돌쌓기로 방수층을 보호한 습식 마감 형태로 벽면과의 연결부는 금속 커버플레이트를 사용 1. 마감 모르터의 균열 및 박리 2. 보호용 벽돌의 거동 3. 마감 모르터 표면의 풍화 4. 방수층 이면의 함유수분에 의한 열화 5. 보수 및 점검의 어려움 6. 줄눈용 모르터의 거동 7. 평면부 보호끈목과 적용이 곤란 8. 물끊기의 치수·형상을 유지하기 곤란 9. 시공성이 떨어짐 10. 커버플레이트 연결부의 누수 11. 돌출턱 상부로 부터의 우수침입	1. 방수층 수직부 보호재의 건식화 2. 평면부 보호재와의 적용성 검토 3. 벽면과 평면부 돌출구조와의 연결부위에 대한 방수신뢰성 제고 4. 돌출턱 상부의 방수조치
B Type		노출용 방수 시트를 사용한 가장 단순한 형태로 익스펜션 조인트부는 금속 커버플레이트로 물끊기를 한 형태 1. 외부환경에 의한 방수층의 열화 2. 방수층 치켜올림부의 들뜸 3. 방수 시트 이음부의 누수 4. 커버플레이트 연결부의 누수 5. 돌출턱 상부로 부터의 우수침입 6. 미관이 좋지 않음	1. 수직부 보호재의 설치 2. 돌출턱 상부의 방수조치 3. 익스펜션 조인트부의 방수성능 향상
C Type		방수층의 보호는 보강근을 삽입한 현장타설 콘크리트로 하며, 익스펜션 조인트의 상부와 보호층 상부의 노출된 콘크리트로 부터의 우수침입을 금속 커버플레이트로 보강한 형태 1. 누름 콘크리트의 거동 2. 보수 및 점검의 곤란 3. 평면부 보호끈목과 적용이 곤란 4. 상부 커버플레이트 연결부의 누수 5. 시공성이 떨어짐 6. 누름 콘크리트의 균열	1. 수직 콘크리트 보호층의 건식화 2. 익스펜션 조인트부의 방수성능 제고

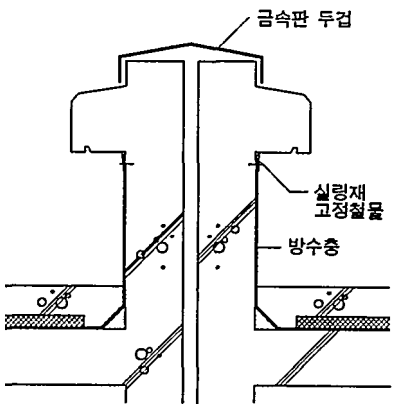
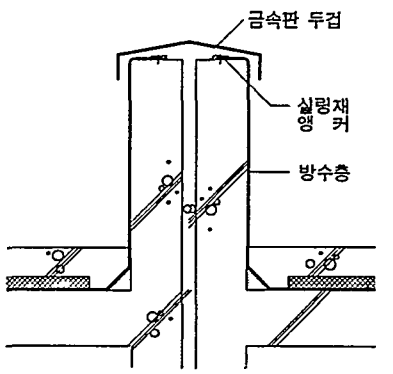
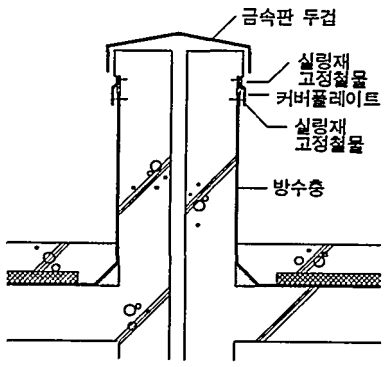
□ 익스펜션 조인트 (벽면형)

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
D Type		방수력을 형성하지 않고 노출된 방수재의 끝단을 물리적으로 보강후 재차 물끊기한 형태 1. 외부환경에 의한 방수층의 열화 2. 방수층 치켜올림부의 들뜸 3. 방수 시트 이음부의 누수 4. 상부 커버플레이트 연결부의 누수 5. 미관이 좋지 않음 6. 실링부위 파손에 의한 누수	1. 수직 보호재의 설치 2. 익스펜션 조인트부의 방수성능 제고
E Type		현장타설 콘크리트로 방수층을 보호하는 형태로 벽면 익스펜션 조인트 (C)Type의 개량형 1. 누름 콘크리트의 거동 2. 보수 및 점검의 어려움 3. 평면부 보호블록과 적용이 곤란 4. 커버플레이트 연결부의 누수 5. 시공성이 다소 떨어짐 6. 누름 콘크리트의 균열	1. 수직 콘크리트 보호층의 건식화 2. 익스펜션 조인트부의 방수성능 제고
F Type		방수층의 끝단을 수직돌출 구조의 상단까지 말아올린 노출공법 형태로 방수층 끝단의 방수성을 개선한 방법 1. 외부환경에 의한 방수층의 열화 2. 방수층 치켜올림부의 들뜸 3. 방수 시트 이음부의 누수 4. 커버플레이트 연결부의 누수 5. 미관이 좋지 않음	1. 수직부 보호재의 설치 2. 익스펜션 조인트부의 방수성능 제고

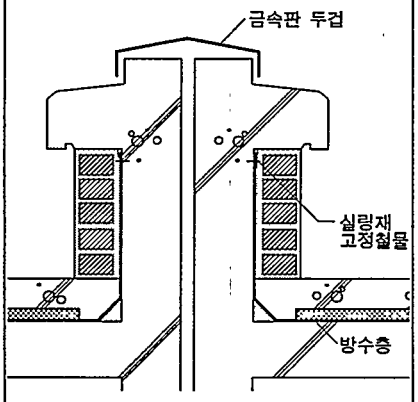
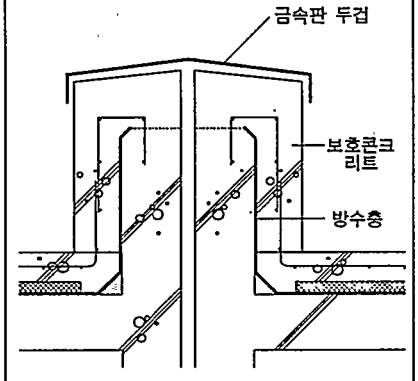
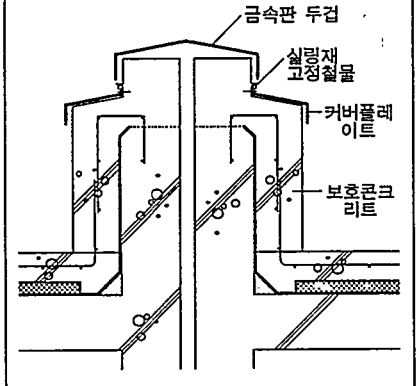
□ 익스펜션 조인트 (벽면형)

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
G Type		재래의 벽돌누름 공법과 익스펜션 조인트의 방수성능을 돌출턱으로 기대하는 공법을 조합한 형태 1. 마감 모르터의 균열 및 박리 2. 보호용 벽돌의 거동 3. 마감 모르터 표면의 풍화 4. 보수 및 점검의 어려움 5. 평면부 보호블록과 적용이 곤란 6. 품끊기의 치수·형상을 유지하기 곤란 7. 시공성이 떨어짐	1. 수직 콘크리트 보호층의 건식화
H Type		벽면 익스펜션 조인트 (F)Type과 같이 시공된 비노출형 방수공법으로 벽돌쌓기로 보강한 형태 1. 마감 모르터의 균열 및 박리 2. 보호용 벽돌의 거동 3. 마감 모르터 표면의 풍화 4. 보수 및 점검의 어려움 5. 벽면 돌출턱 상부의 하자로 인한 우수침입	1. 수직 콘크리트 보호층의 건식화 2. 벽면의 돌출턱 상부의 방수처리
I Type		구조물의 중요도가 크지 않고 보행빈도가 적은 옥상에서 주로 적용되고 있는 형태로 PC 구조물의 접합부에 많이 사용됨 1. 커버플레이트 연결부의 누수 2. 강우량이 배수능력을 초과할 경우의 OVER FLOW 3. 노출 방수층 끝단의 박리 4. 노출 방수층의 열화	1. 방수층 끝단의 고정조치 2. 수직 방수층 및 바탕 금속판의 높이 조정 3. 구조체 연결부의 실링 처리

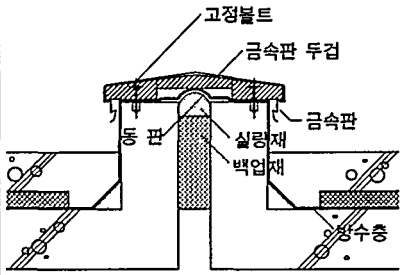
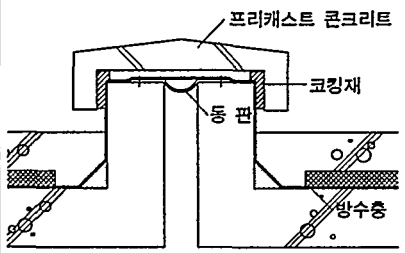
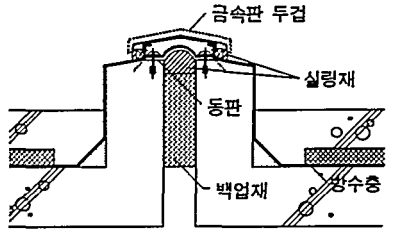
□ 익스펜션 조인트 (중앙돌출형)

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
A Type		노출용 방수시트를 사용하고 방수말단부를 물리적으로 고정후 실링보강한 형태이며, 방수턱을 돌출시키고 물끊기를 형성하였다. 1. 외부환경에 의한 방수층의 열화 2. 방수층 치켜올림부의 들뜸 3. 두겁 연결부의 누수 4. 방수 시트 이음부의 누수 5. 돌출턱 상부로 부터의 우수침입 6. 미관이 좋지 않음	1. 수직부 보호재의 필요 2. 두겁 연결부의 처리 3. 돌출턱 상부의 방수조치 4. 익스펜션 조인트의 방수성능 제고
B Type		노출용 방수시트의 끝단을 구조체 수직부 상단까지 말아올려 물리적으로 고정하고, 금속판 두겁을 보완한 에 1. 두겁에 의한 손상 2. 방수시트 이음부의 누수 3. 외부환경에 의한 방수층의 열화 4. 방수층 치켜올림부의 들뜸 5. 두겁 연결부의 누수 6. 미관이 좋지 않음	1. 수직부 보호재의 설치 2. 두겁 연결부의 처리 3. 익스펜션 조인트부의 방수성능 제고
C Type		익스펜션 조인트 돌출형 (A)Type의 개량형으로 방수층 끝단의 물끊기를 구조체 돌출형 방수턱이 아닌 금속제 커버플레이트로 형성한 구법 1. 외부환경에 의한 방수층의 열화 2. 방수층 치켜올림부의 들뜸 3. 두겁 연결부의 누수 4. 방수 시트 이음부의 누수 5. 미관이 좋지 않음	1. 수직부 보호재의 필요 2. 두겁 연결부의 처리 4. 익스펜션 조인트의 방수성능 제고

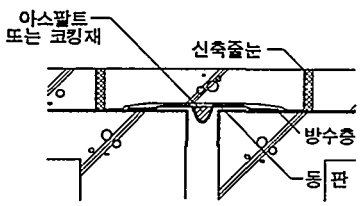
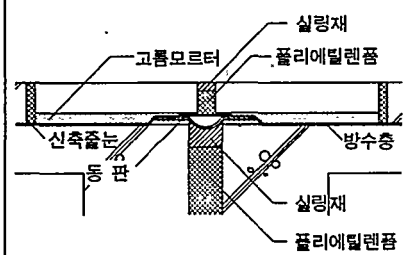
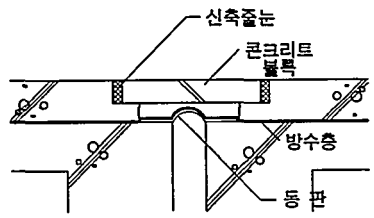
□ 익스펜션 조인트 (중앙돌출형)

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
D Type		벽돌쌓기로 방수층을 보호하는 습식마감 형태로 익스펜션 조인트부는 금속판 두겁을 사용 1. 마감 모르터의 균열 및 박리 2. 보호용 벽돌의 거동 3. 마감 모르터 표면의 풍화 4. 보수 및 점검의 어려움 5. 평면부 보호끌록과 적용이 곤란 6. 풍끔기의 치수·형상을 유지하기 곤란 7. 시공성이 떨어짐 8. 두겁 연결부의 누수 9. 돌출덕 상부로 부터의 우수침입	1. 방수층 수직부 보호재의 건식화 2. 평면부 보호재와의 적용성 검토 3. 익스펜션 조인트부의 방수성능 재고 4. 돌출덕 상부의 발수조치
E Type		현장타설 콘크리트로 방수층을 보호하고, 익스펜션 조인트의 방수를 위해 금속판 두겁으로 보강한 형태 1. 누름 콘크리트의 거동 2. 보수 및 점검의 어려움 3. 평면부 보호끌록과 적용이 곤란 4. 두겁 연결부의 누수 5. 시공성이 떨어짐 6. 누름 콘크리트의 균열	1. 수직 콘크리트 보호층의 건식화 2. 익스펜션 조인트부의 방수성능 재고
F Type		방수층의 보호는 보강근을 삽입한 현장타설 콘크리트로 하며, 익스펜션 조인트와 보호 콘크리트 상부의 우수침입에 대한 물끊기를 금속 커버플레이트로 각각 독립시킨 형태 1. 누름 콘크리트의 거동 2. 보수 및 점검의 어려움 3. 평면부 보호끌록과 적용이 곤란 4. 두겁 연결부의 누수 5. 시공성이 떨어짐 6. 누름 콘크리트의 균열	1. 수직 콘크리트 보호층의 건식화 2. 익스펜션 조인트부의 방수성능 재고

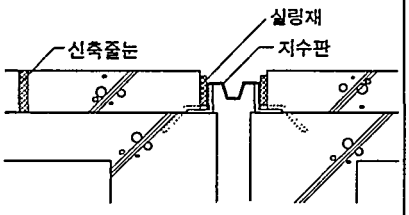
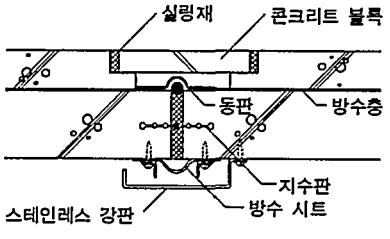
□ 익스펜션 조인트 (중앙돌출형)

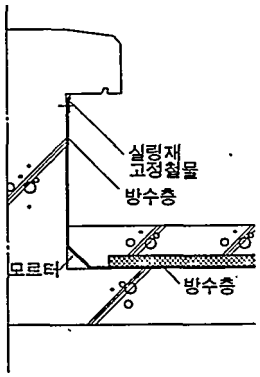
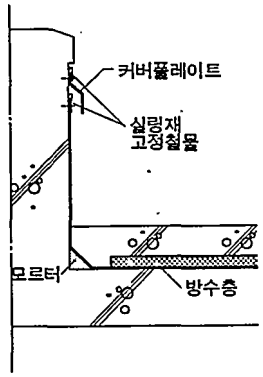
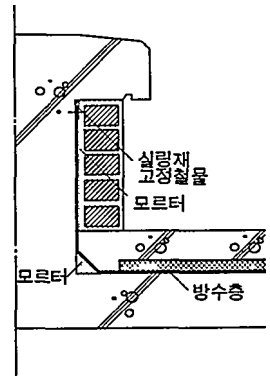
분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
G Type		배수불량으로 인한 OVER FLOW를 고려하여 슬래브 이음부의 구조체를 돌출시켜 방수층을 연속성 있게 이음하고 금속판 두껍으로 보강한 형태, 구조체를 사이에는 백업재를 끼워넣고 우레탄 실링재로 시공함 1. 시공성이 떨어짐 2. 보행 및 옥상이용의 불편 3. 동판 끝단부 방수층의 손상 4. 구성이 복잡함	1. PL동판의 물리적 고정 2. 복잡한 설계에 대응할 수 있는 안전성이 높은 시공
H Type		옥상 중앙부의 돌출형 익스펜션 조인트의 한 유형으로 방수층은 보강동판 위에 연속적으로 이음처리하고 기성 PC 콘크리트로 보강한 형태로 과거에 많이 사용되던 형태 1. PC 콘크리트의 거동 2. PC 콘크리트의 균열 및 파손 3. 시공성이 떨어짐 4. 보행 및 옥상이용의 불편	1. PC 콘크리트의 압축을 고려한 방수층과의 분리대책(코킹재 선정)
I Type		노출 방수재를 시공하고 평면부 방수층의 이음부만을 두겁으로 보강한 형태 1. 시공성이 떨어짐 2. 보행 및 옥상이용의 불편 3. 구성이 복잡함	1. 노출된 방수층에 대한 보호조치

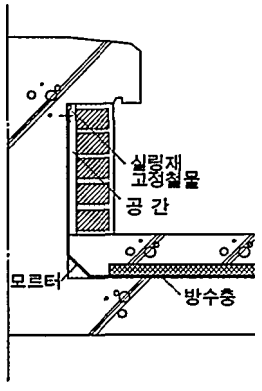
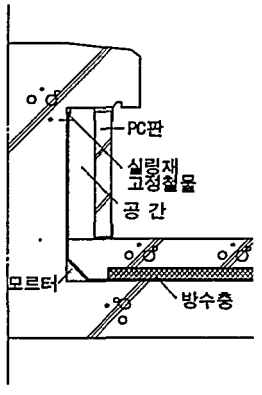
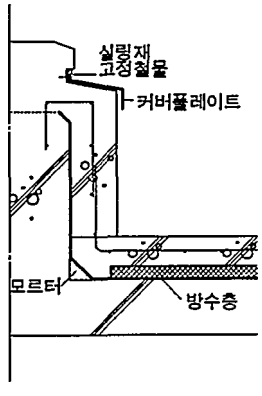
□ 익스펜션 조인트 (중앙평면형)

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
A Type		신축성 등판 지수판과 익스펜션 조인트를 방수 보강시트로 방수조치한 에로써 구조체간의 보형이 필요한 경우에 채택되는 형태 1. 개·보수 및 유지관리성이 떨어짐 2. 동판 끝단부의 방수층 손상 3. 상하방향의 거동에 대응키 어려움	1. 선정시 건물간의 거동 확인 2. 조인트 연직방향의 줄눈설계 3. 동판의 물리적 고정
B Type		조인트 각극을 백업재 및 실링재로 코킹하여 방수성능을 향상시킨 형태 1. 개·보수 및 유지관리성이 떨어짐 2. 동판 끝단부의 방수층 손상 3. 상하방향의 거동에 대응키 어려움 4. 구성이 복잡함	1. 동판의 물리적 고정
C Type		유지관리성을 향상시키기 위해 기성 콘크리트 블록을 설치한 경우, 상대적 거등이 미소한 경우에 사용할 수 있다. 1. 블록하부 우수체류시의 사고 2. 동판 끝단부의 방수층 손상 3. 콘크리트 블록의 부상 4. 콘크리트 블록의 파손	1. 선정시 건물간의 거동확인 2. 동판의 신축에 의한 블록의 높이 검정 3. 콘크리트 블록하부의 공간에 대한 배수대책 4. 동판의 고정

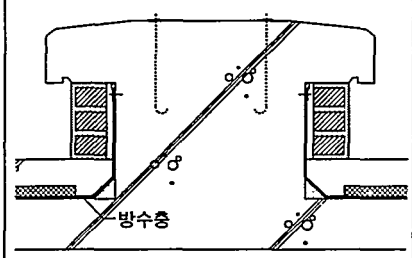
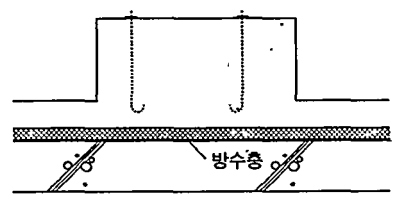
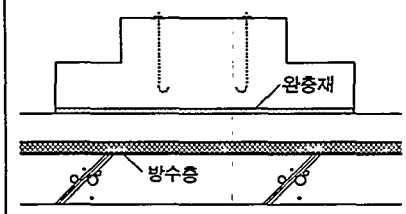
□ 익스펜션 조인트 (중앙평면형)

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
D Type		금속판 플라스틱 기성 지수판을 이용하여 구조체간의 익스펜션 조인트를 처리한 형태 1. 방수신뢰도가 떨어짐 2. 종방향의 변형에 대한 대책	1. 가급적 사용을 지양해야 하나 중요도가 낮은 건물에 적용할 수 있다. 2. 지수판이 받는 영향에 대해 자유로운 변형을 허용할 수 있는 크기가 되어야 한다.
E Type		방수층의 보호를 위해 기성 콘크리트 블록을 설치하고, 지수판, 보강용 방수시이트 등의 방수장치를 통과한 물에 대해서도 구조체 하부의 스테인레스 강판으로 배수로를 형성하여 배수하는 구법 1. 콘크리트 블록의 부상 및 파손 2. 동판 끝단부의 방수층 손상 3. 구성이 복잡함 4. 시공성이 떨어짐	1. 선정시 구조체간의 거동확인 2. 동판의 신축에 의한 블록의 높이 검정 3. 콘크리트 블록 하부의 공간에 대한 배수대책 4. 동판의 물리적 고정

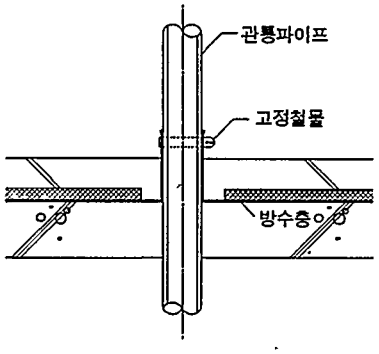
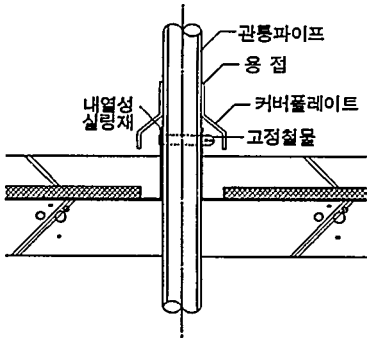
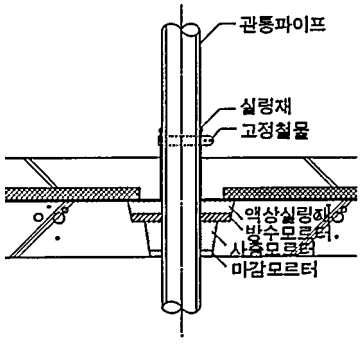
분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
A Type		노출용 방수재를 사용한 가장 단순한 형태 1. 외부환경에 의한 방수층의 열화 2. 방수층 치켜올림부의 들뜸 3. 방수 시트 이음부의 누수 4. 미관이 좋지 않음	1. 수직부 보호재의 필요
B Type		노출용 방수재를 사용하고 수직방수층 끝단의 실링부위를 보호하기 위해 커버플레이트로 보강한 경우 1. 외부환경에 의한 방수층의 열화 2. 방수층 치켜올림부의 들뜸 3. 방수 시트 이음부의 누수 4. 미관이 좋지 않음	1. 수직부 보호재의 필요 2. 방수층 끝단 부위의 물끊기를 위한 방수턱의 확보
C Type		방수층의 보호와 누름효과를 위해 벽돌쌓기를 한 재래의 가장 일반적인 형태 1. 마감 모르타의 균열 및 박리 2. 보호용 벽돌의 거동 3. 마감 모르타 표면의 풍화 4. 방수층 이면의 함유수분에 의한 열화 5. 보수 및 점검의 어려움 6. 줄눈용 모르타의 거동 7. 평면부 보호블록과 적용이 곤란 8. 물끊기의 치수·형상을 유지하기 곤란 9. 시공성이 떨어짐	1. 방수층의 보호재와의 분리 2. 수직부 보호재의 건식화 3. 평면부 보호재와의 적용성 검토 4. 설비기초 상부의 발수조치

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
D Type		설비기초 (C)Type의 뒷채움 모르터로 인한 결함발생의 개선을 위해 공간을 형성한 구법 1. 마감 모르터의 균열 및 박리 2. 보호용 벽돌의 거동 3. 마감 모르터 표면의 풍화 4. 보수 및 점검의 어려움 5. 평면부 보호블록과 적용이 곤란 6. 물끊기의 치수·형상을 유지하기 곤란 7. 시공성이 떨어짐	1. 방수층 수직부 보호재의 건식화 2. 평면부 보호재와의 적용성 검토
E Type		개·보수 및 유지관리성의 향상을 위해 기성 PC판을 수직보호재로 사용한 건식공법 1. PC판의 탈락 2. 평면부 보호블록과 적용이 곤란	1. 평면부 보호재와의 적용성 검토 2. PC 보호판의 내풍압성 검토 3. PC 보호판의 규격화, 경량화
F Type		방수층 시공후 수직 방수층 부위의 보호를 위해 파라펫에 콘크리트를 이어치기한 형태 1. 누름 콘크리트의 거동 2. 개·보수 및 점검의 어려움 3. 평면부 보호블록과 적용이 곤란 4. 수직부 보호 콘크리트의 균열 5. 시공성이 떨어짐	1. 수직 콘크리트 보호층의 건식화

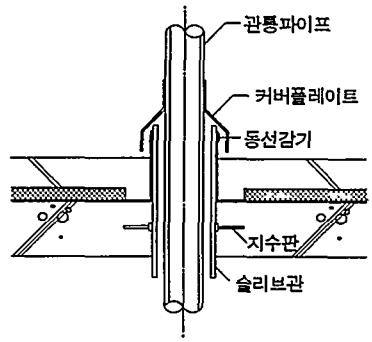
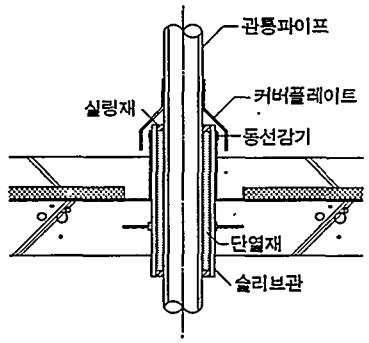
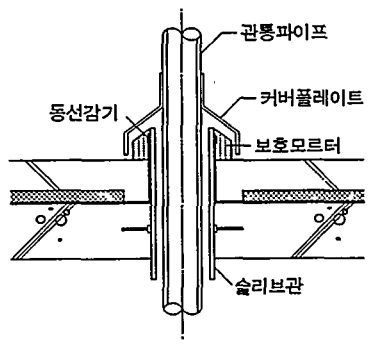
□ 설비기초의 형태

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
A Type	 구체와 일체화	바닥 슬래브의 철근을 돌출시켜 콘크리트로 기초판을 형성하고 금속 플레이트를 앵커로 고정한 형태 1. 시공성이 떨어짐 2. 소형의 설비기초에는 부적합	1. 설비기초의 크기에 따라 적합한 형태를 선택해야 함 2. 수직방수층의 이음부 및 단부의 높이 산정시에 최대강우량 및 OVER FLOW 고려
B Type	 누름층과 일체화	방수공사를 완료하고 누름 콘크리트 시공시 보강근을 삽입하여 차후에 일체화 시키는 구법 1. 설비배관 및 배선을 통과시킬 때 구체와 일체화 시키기 곤란 2. 누름층이 PC공법인 경우에 적용불가 3. 설비기초 하부의 방수층에 대한 유지관리 및 개·보수 곤란 4. 시공성이 떨어짐 5. 기초의 중량이 방수층에 영향을 미침	1. 설비기초의 크기가 클 경우 구체와의 연결방법 강구
C Type	 독립된 형태	방수 누름층의 시공후 현장타설 콘크리트나 기성제품을 이용하여 기초를 구성된 것으로 소형의 설비기초에 가장 적합한 형태 1. 설비배관 및 배선을 통과시킬 때 구체와 일체화 시키기 곤란 2. 설비기초 하부의 방수층에 대한 유지관리 및 개·보수가 곤란 3. 기초의 중량이 방수층에 영향을 미침	1. 설비기초의 크기가 클 경우 구체와의 연결방법 강구

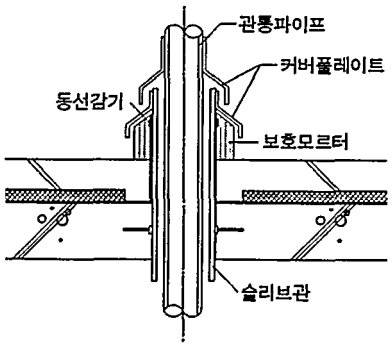
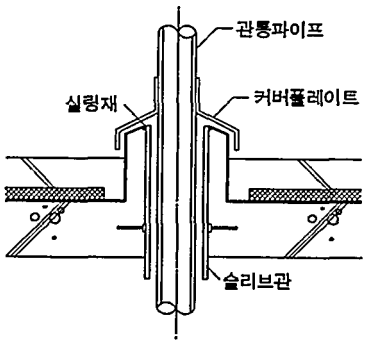
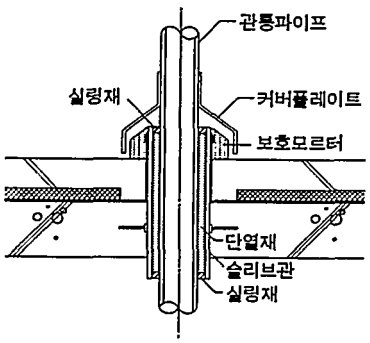
□ 옥상관통파이프

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
A Type		가장 단순하고, 일반적인 형태 1. 고열이 파이프를 통과할 때 방수층의 열화 2. 방수층 말단부 실링에서의 방수신뢰도가 떨어짐 3. 외기온에 대한 방수층의 열화 4. 파이프와 슬래브의 접속부분에서의 거동 5. 콘크리트 타설전에 파이프의 위치를 선정해야 함	1. 방수층 수직부의 보호장치 필요 2. 방수층의 내부열에 대한 단열대책
B Type		일반 환기설비와 가스압 조절 파이프에 일반적으로 사용되는 형태 1. 고열이 방수층을 통과할 때 방수층의 열화 2. 외기온에 대한 방수층의 열화 3. 파이프와 슬래브의 접속부분에서의 거동 4. 콘크리트 타설전에 파이프의 위치를 선정해야 함	1. 방수층 수직부의 보호장치 필요 2. 방수층의 내부열에 대한 단열대책
C Type		설비보완에 의해 추가로 설치되는 형태 1. 고열이 방수층을 통과할 때 방수층의 열화 2. 외기온에 대한 방수층의 열화 3. 콘크리트 타설전에 파이프의 위치를 선정해야 함 4. 방수층 말단부 실링에서의 방수신뢰도가 떨어짐 5. 구재료와 신구조의 완벽한 결합이 어려움	1. 방수층 수직부의 보호장치 필요 2. 방수층의 내부열에 대한 단열대책

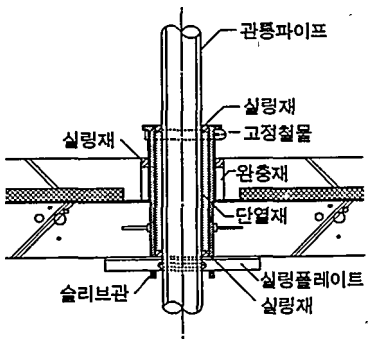
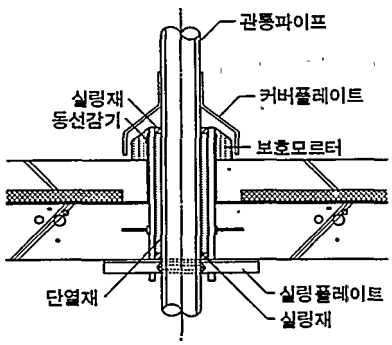
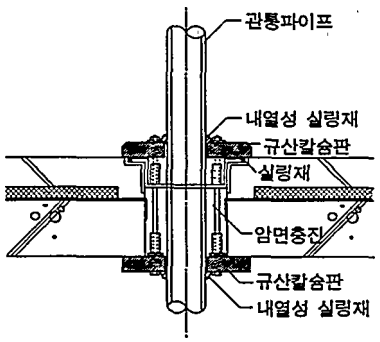
□ 옥상관통파이프

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
D Type		슬리브에 전달되는 관통파이프 내부열을 외기로 자연 배출시키는 형태 1. 외기온에 의한 방수층 균단의 열화 2. 배수불량에 의한 OVER FLOW	1. 관통파이프와 슬리브간의 실링 조치 2. 방수층 수직부의 보호장치 필요
B Type		슬리브에 전달되는 관통파이프 내부열의 차단을 위해 단열재를 충전시킨 형태 1. 외기온에 의한 방수층 균단의 열화	1. 방수층 수직부의 보호장치 필요
F Type		슬리브에 전달되는 관통파이프의 내부열을 외기로 자연 배출시키고 수직 방수층을 보호재로 감싼 형태 1. 배수불량에 의한 OVER FLOW 2. 개·보수 및 유지관리가 곤란 3. 방수층 보호 모르터의 균열 및 박리	1. 관통파이프와 슬리브간의 실링 조치

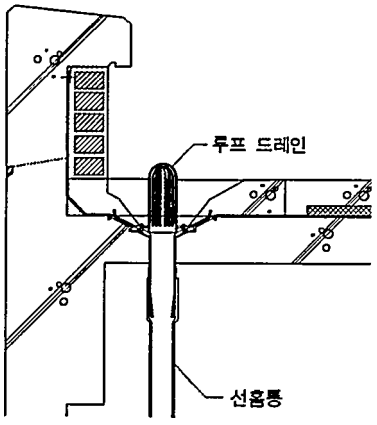
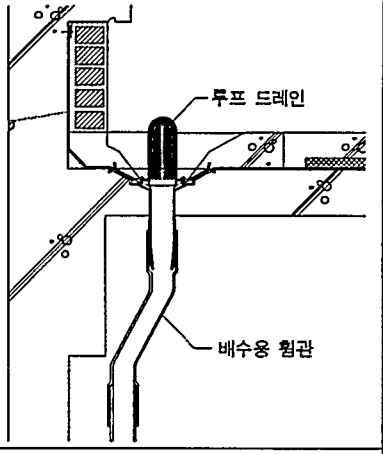
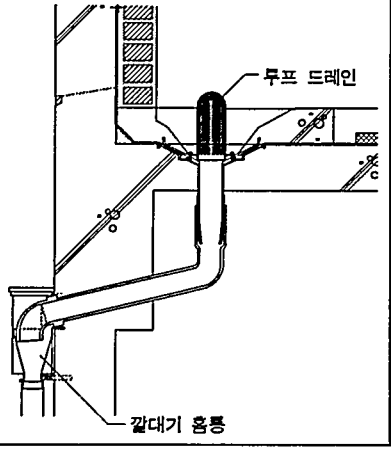
□ 옥상관통파이프

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
G Type		슬리브에 전달되는 내부열의 차단을 위해 단열재를 충전시키고 수직 방수층을 보호재로 감싼 것으로 가장 일반적인 형태이다. 1. 개·보수 및 유지관리가 곤란 2. 방수층 보호 모르터의 균열 및 박리	1. 보호모르터를 건식화 재료로 대체
H Type		관통파이프의 내부열에 대한 저항을 위해 콘크리트 타설시 슬리브 주위를 들출시킨 형태 1. 외기온에 의한 방수층 균단의 열화 2. 배수불량에 의한 OVER FLOW 3. 슬래브의 돌출부위 처리가 까다로움	1. 방수층 수직부의 보호장치 필요 2. 관통파이프와 슬리브간의 실링 조치
I Type		방수층과 슬리브에 대한 물끊기용 커버플레이트가 독립되어 있는 형태 1. 배수불량에 의한 OVER FLOW 2. 미관상의 문제 3. 시공성이 떨어짐 4. 방수층 보호모르터의 균열 및 박리	1. 관통파이프와 슬리브간의 실링 조치 2. 보호모르터를 건식화 재료로 대체

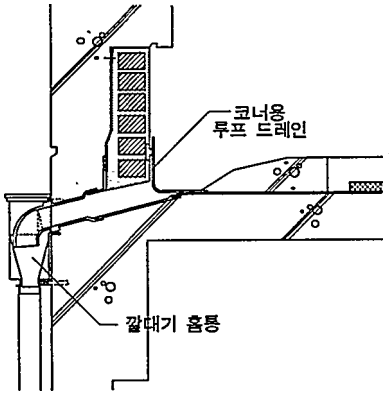
□ 옥상관통파이프

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
J Type		관통파이프와 슬리브간을 단열재로 충전하고 내열성 실링재로 코킹한 것으로써 방수성능의 향상을 위해 실링 플레이트를 설치한 형태 1. 방수층 끊단의 실링부에서 방수신뢰도 떨어짐	1. 커버플레이트의 설치
K Type		옥상관통부 (E)Type의 성능향상을 위해 실링플레이트르 설치한 형태 1. 방수층 보호모르터의 균열 및 박리 2. 개·보수 및 유지관리의 어려움	1. 보호모르터를 건식화 재료로 대체
L Type		설비시설의 여유와 보수·점검성을 향상시킨 건식화 구법 1. 고정장치의 거동으로 실링부위의 파손 (방수신뢰도가 약함) 2. 완벽한 실링효과를 기대하기 어려움 3. 경비가 많이 소요됨	1. 실용화를 위해 Detail의 개선이 요구됨

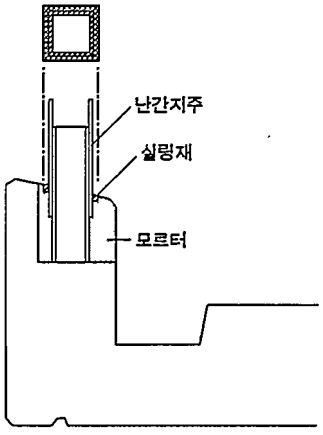
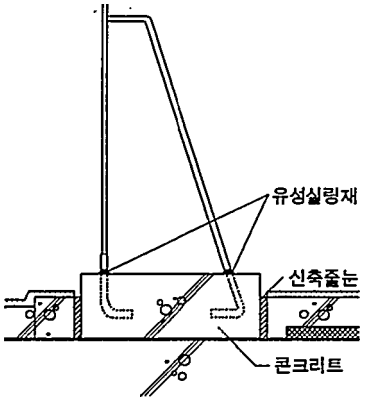
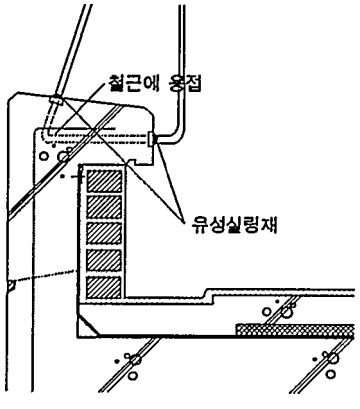
□ 루프 드레인

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
A Type		보행용 옥상의 수직형 루프 드레인을 시공한 예로 실내의 홈통을 연직으로 배관한 형태 1. 벽체에 홈통을 고정하기 어려움 2. 드레인 주변의 콘크리트와 철물의 접착경계면에서 완전한 시공이 어려움 3. 실내배관 상부의 결로	1. 열교현상에 대한 대책(홈통의 단열대책) 2. 선홈통의 고정방법에 대한 조치
B Type		루프 드레인 (A)Type과 동일하나 실내배관을 벽체에 고정이 용이하도록 휨관을 이용하여 배관한 형태 1. 드레인 주변의 콘크리트와 철물의 접착경계면에서 완전한 시공이 어려움 2. 실내배관 상부의 결로	1. 열교현상에 대한 대책(홈통의 단열대책)
C Type		실내에서 배관이 곤란한 경우에 옥외로 배수용 홈통을 연결시킨 형태 1. 외부홈통의 동파 2. 드레인 주변의 콘크리트와 철물의 접착경계면에서 완전한 시공이 어려움 3. 실내배관의 열교현상에 의한 결로	1. 드레인 하부의 급격한 경사을 피함 2. 옥외 배관은 가급적 지양하도록 함 3. 불가피한 경우에는 선홈통의 보온대책 강구 4. 실내 배관부의 단열대책

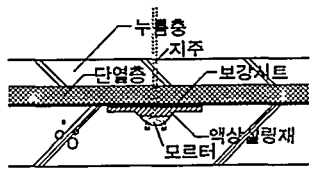
□ 루프 드레인

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
D Type		옥외배관을 위해 수평형 드레인을 파라펫 저부에 시공한 형태 1. 동절기에 외부 홈통의 동파 2. 드레인 방수시공후 점검 및 보수조치가 어려움 3. 드레인 철물의 고정이 어려움 4. 파라펫부의 방수처리가 곤란	1. 파라펫 저부를 통과하는 횡방향 루프 드레인은 적용하지 않는 것을 원칙으로 한다.

□ 금속파이프 지주설치

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
A Type		파라펫 상부를 일부 제거하고 모르터를 이용하여 지주를 고정함. 파라펫의 높이가 낮은 경우에 적용하는 예 1. 이질재료 접합부의 온도변화에 의한 팽창·수축시 주변부의 파손 2. 파이프 내부를 통해 우수침입	1. 파라펫에는 지주를 설치하지 않는 것을 원칙으로 한다.
B Type		방수층 위에 콘크리트 블록을 설치하고 난간지주를 고정하는 형태 (파라펫의 높이가 낮은 경우에 적용) 1. 콘크리트 블록의 중량에 의한 방수층의 손상 2. 평탄부 보호층의 종류에 따른 제약이 많음 3. 옥상 이용면적의 제약	1. 콘크리트 블록 하부의 보호조치
C Type		파라펫의 상부와 물끊기홈 돌출턱에 지주를 고정하는 형태로 파라펫의 높이가 옥상 이용자의 안전상 충분하지 않은 경우에 설치 1. 지주 고정부의 거동에 의한 파라펫의 손상	1. 파라펫에는 지주를 설치하지 않는 것을 원칙으로 한다.

□ 금속파이프 지주설치

분류	마 감 현 황	특징 및 문제점	대 책
D Type		파이프 지주 고정부의 방수층과 콘크리트를 일부 제거하고 사춤 모르터 및 액상 실링재, 보강시트 등을 이용하여 보강한 형태 1. 방수층의 흐트러짐 2. 바탕과 지주의 완전한 결합이 어려움 3. 지주의 거동에 의한 방수층의 손상 4. 파이프관을 통하여 콘크리트 바탕에 우수침입	1. 평면부가 곰톡누름인 경우 곰톡누름 간격을 고려하여 위치 선정 2. 보강장치의 완전한 결합에 주의

3. 종합분석 및 적정구법(안)

표준마무리도는 세부설계 지침 및 주의사항을 부기하여 8장에서 자세히 소개하도록 하고 수집된 사례들의 특성과 문제점에 대한 분석결과를 토대로 그 개선대책을 재구성하여 광범위한 설계조건에 대응할 수 있는 적정형태를 제안하였다.

가. 파라펫

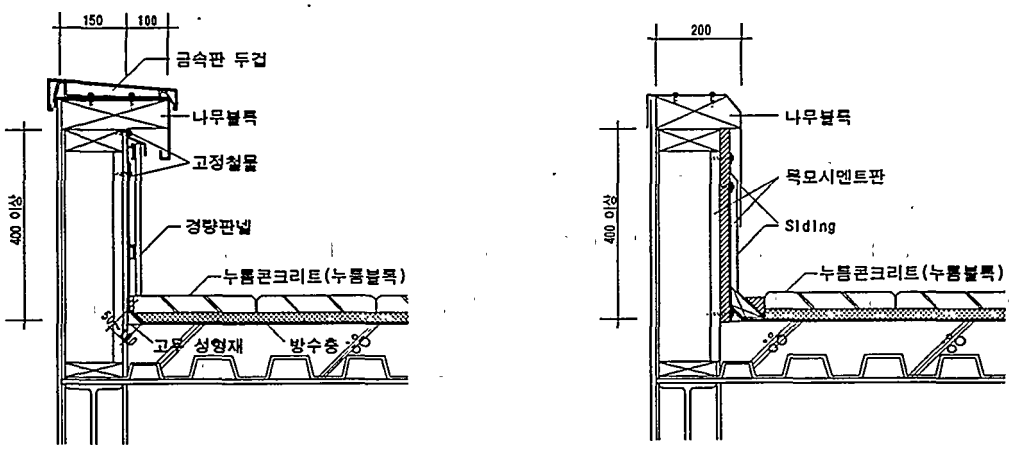
옥상부위 중 파라펫은 장기간 내구성이 우수하고 구조적으로 자립할 수 있는 안정된 설계나 시공도 중요하지만 무엇보다도 누름층의 구속이 방수층의 변형을 유발하므로 이에 대한 대책안을 우선적인 원칙으로 하여야 한다. 또한, 평면부 보호블록의 사용과 공기간축 및 시공인력의 절감을 위해 규격화된 경량판넬의 사용을 제안할 수 있으며, 판넬제품으로는 현재 시판되고 있는 외벽용 판넬과 유사한 성능의 제품을 사용하면 관계가 없을 것으로 사료된다.

단부의 마무리는 가장 결함이 많이 발생하는 부분이다. 루핑류에는 바탕에 대한 초기접착에 비해 그 자체의 탄성이 큰 것이 많으므로 부착시 인장에 대한 복원성과 본질적인 자기수축성으로 인해 박리하기 쉬운 성향이 있으므로 그에 대해 충분히 대응할 수 있도록 방수층 단말부의 처리는 금속류를 이용하여 물리적으로 반드시 고정하는 형태여야 한다. 또한, 파라펫 끝단의 콘크리트를 노출시키는 미세틈을 우수가 방수층 이면에 침투할 가능성이 높으므로 금속판 두겁으로 보강해야 한다.

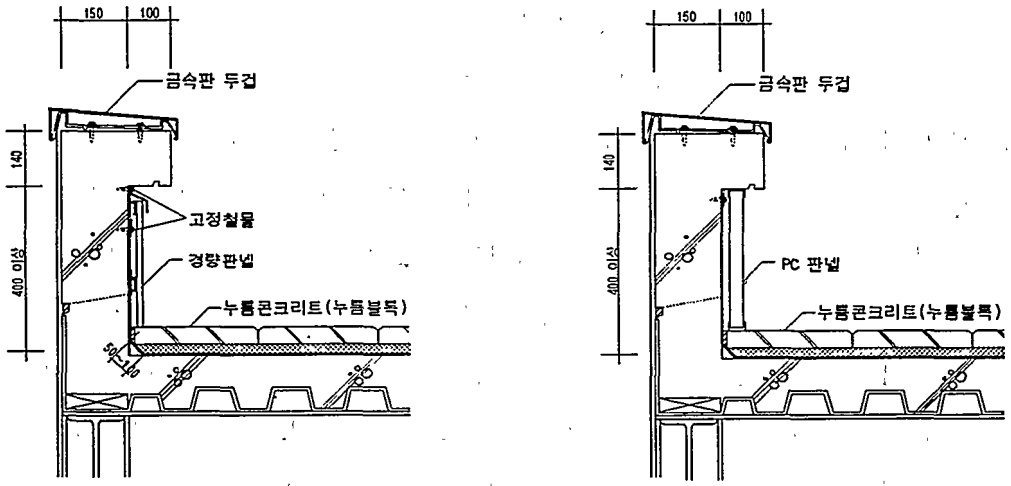
한편, 수직보호재의 건식화가 어려운 경우에는 파라펫 B Type과 같이 벽돌쌓기 뒷면에 공간을 형성하는 형태나 보호재를 두는 형태를 제안한다. 다만, 평면부에 보호블록을 사용하는 경우는 벽돌쌓기를 방수층 윗면부터 시공하도록 한다.

나. 옥탑주변

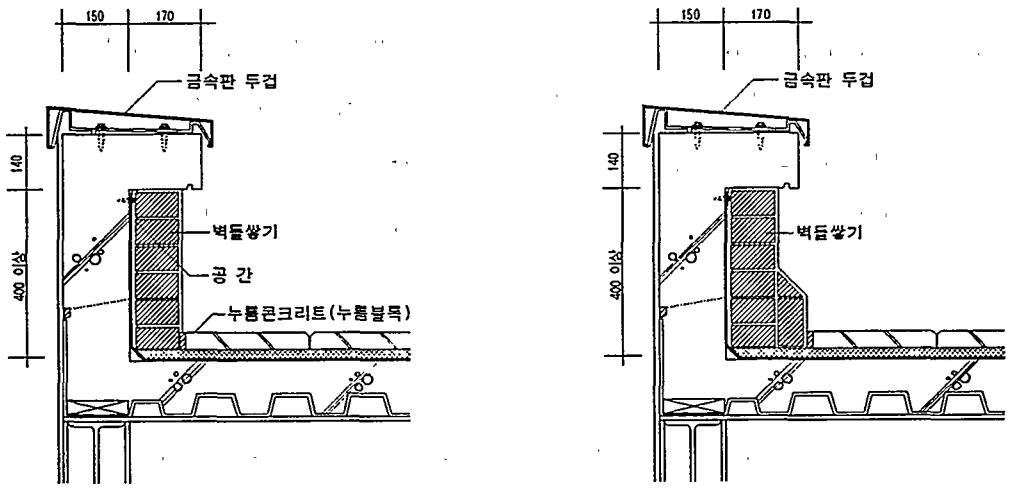
옥탑의 수직벽면에 대한 마무리는 파라펫 부위와 유사한 환경에 처해 있으므로 파라펫 구조와의 연속성을 고려하여 유사한 구법을 선정해야 한다. 또한, 옥탑의 수



철골조 바탕의 마감형태

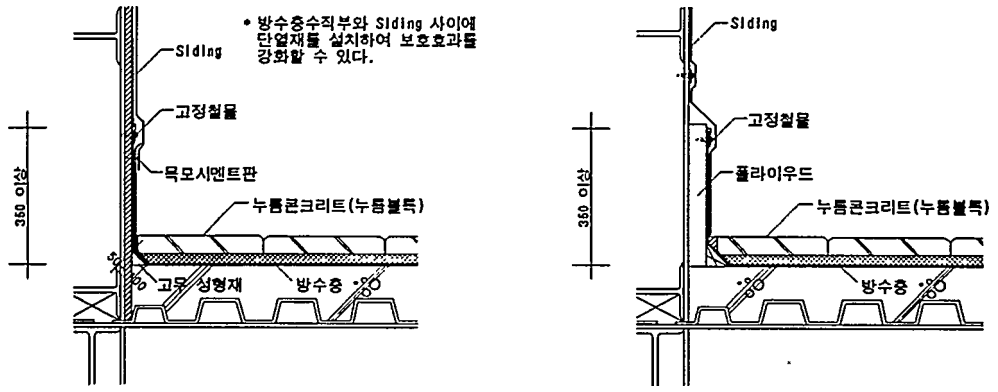


철골철근콘크리트조 바탕의
마감형태(건식보호층)

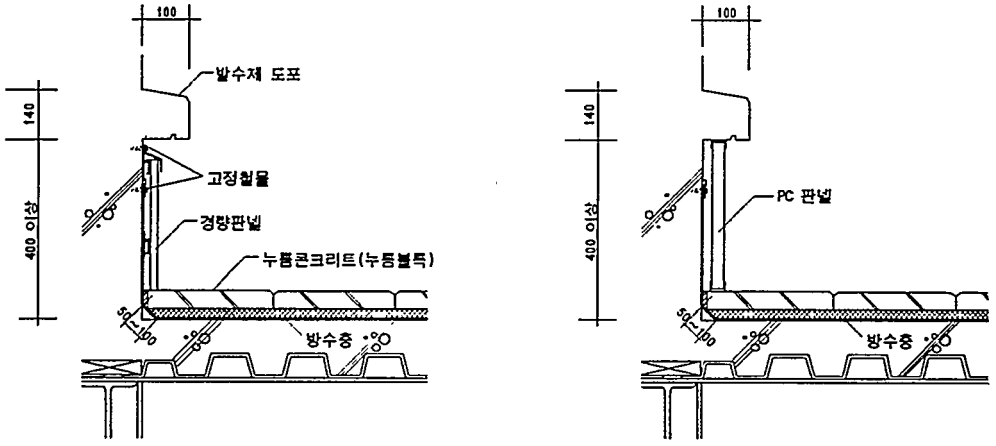


철골철근콘크리트조 바탕의
마감형태(습식보호층)

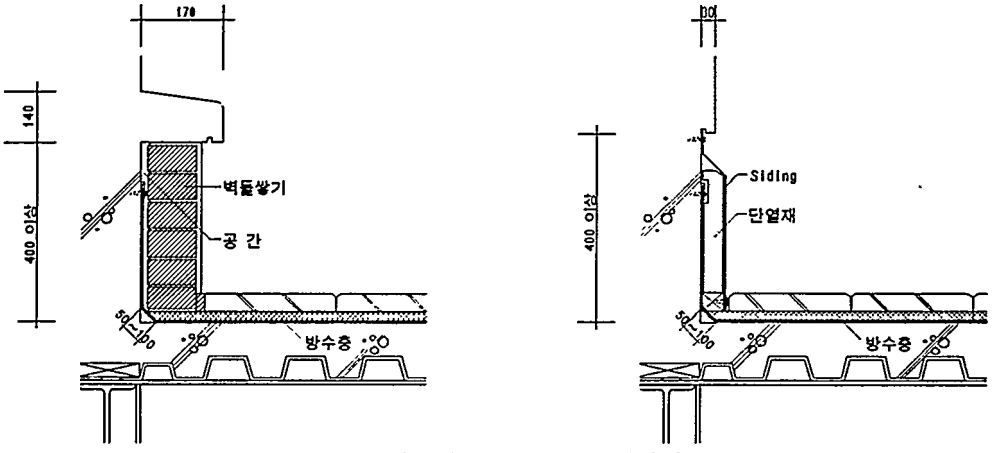
(그림 5.5) 파라펫 주변 마감의 제안형태(예)



철골조 바탕의 마감형태



철골철근콘크리트조 바탕의
마감형태(건식보호층)



철골철근콘크리트조 바탕의
마감형태(습식보호층)

(그림 5.6) 옥탑 주변 마감의 제안형태(예)

직벽면은 방수층 수직부의 높이가 예상되는 최대간격과 그밖의 최악의 조건에 대해 충분히 여유를 두어야 할 것이다.

물끊기는 턱콘크리트에 우선적으로 형성하지만 금속 커버플레이트 등으로 2차적인 보완을 하는 것이 유리한 형태일 것이다. 이때 온도영향에 의한 신축을 고려하여 개개판의 길이와 연결법을 검토한 후 사용해야 한다. 수직돌출 구체 부위에서의 우수침입을 방지하기 위해 상단에 경사를 두어 빗물의 흐름을 신속하게 하며, 발수제를 바르는 조치를 하는 것도 바람직할 것으로 판단된다.

다. 옥상출입구 주변

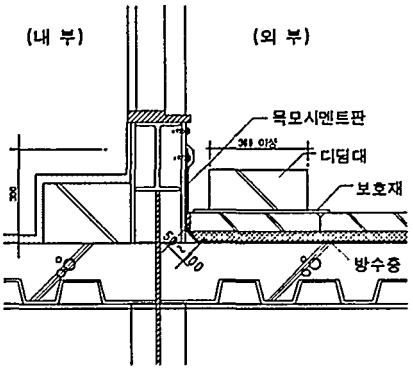
일반벽면의 수직단부에 비해 옥탑 또는 계단실에서의 출입구 주변의 방수층은 그 마무리에 어려운 점이 많고, 결함사례도 많은 것으로 알려져 있다. 또한, 다른 벽면에 비해 건물의 입지환경 즉, 강우 및 적설의 최대량을 고려하여 충분한 높이를 확보하지 않으면 배수불량으로 인해 건물내로 빗물이 넘쳐 흐를 염려가 있는 부위이다. 따라서 방수층 치켜올림부의 높이를 충분히 하고 실내와 외부 경계면에는 디딤대를 설치하는 형태가 바람직할 것이다.

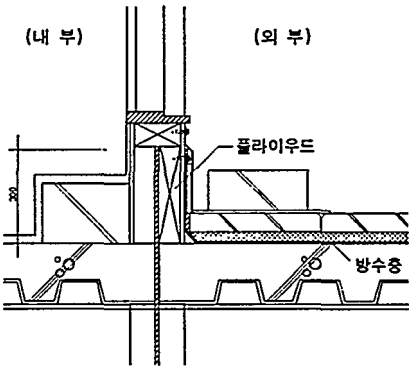
물끊기를 위한 방수턱의 상부는 발수제를 도포하고 경사를 주어 우수의 체류시간을 줄이도록 하며, 방수층의 보호방법은 파라펫과 동일한 구법으로 하여야 할 것이다.

계단실 및 옥탑외부에 디딤대는 설치하는 경우에는 평면부 누름블록과의 변위에 대한 완충효과를 위해 보호재를 설치해야 한다.

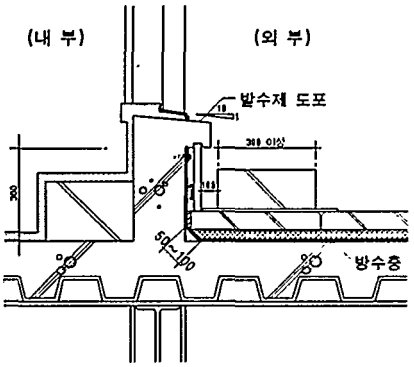
라. 익스펜션 조인트

익스펜션 조인트 양측 구조체의 규모, 형태와 조인트폭의 크기가 불명하면 일반적으로 그 취합부분에서의 상호 상대적인 거동은 건물 접근방향만의 거동이 아닌 수직방향 및 상하방향의 거동을 일으킬 수 있다.

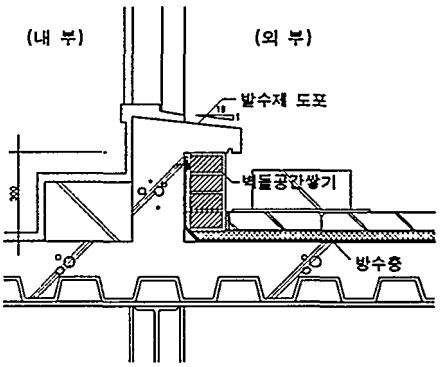




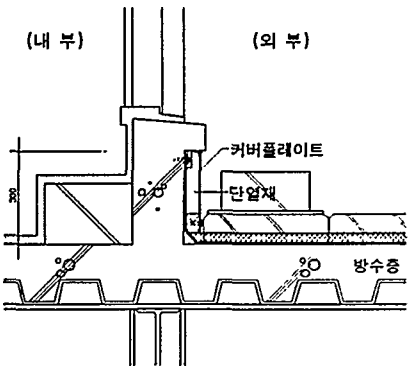
철골조 바탕의 마감형태

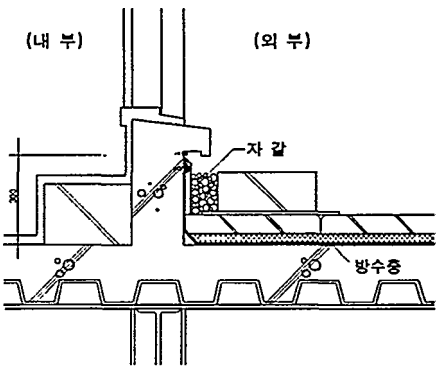


철골철근콘크리트조 바탕의
마감형태(건식보호층)



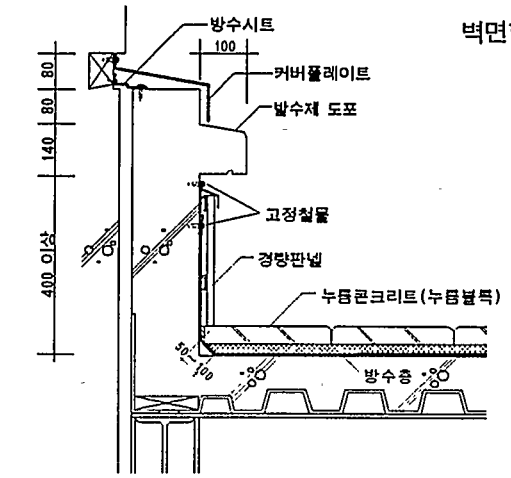
철골철근콘크리트조 바탕의
마감형태(습식보호층)



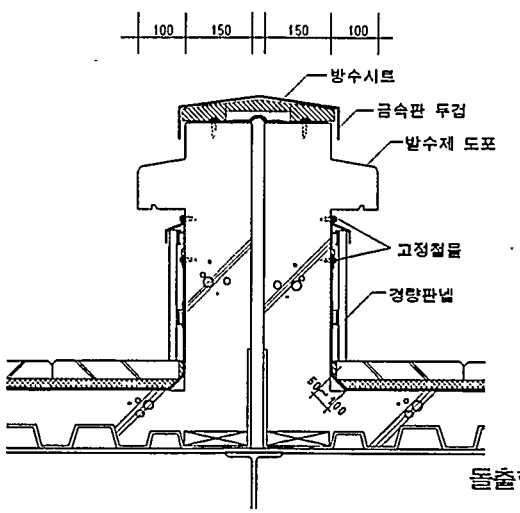


철골철근콘크리트조 바탕의
마감형태(금속 Siding)

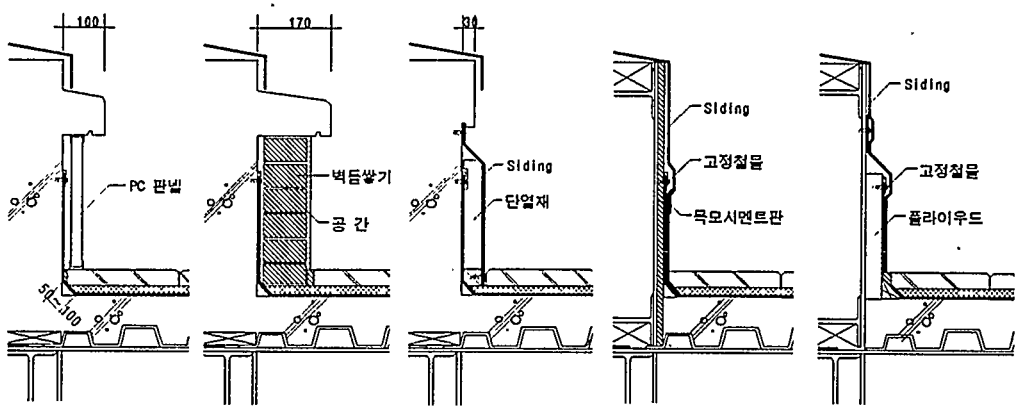
(그림 5.7) 옥상출입구 주변 마감의 제안형태(예)



벽면형 익스펜션 조인트의
마감형태



돌출형 익스펜션 조인트의
마감형태



마감유형

(그림 5.8) 익스펜션 조인트 주변 마감의 제안형태(예)

무엇보다도 구조체의 조인트부는 그 구성이 복잡하지 않고도 신뢰성이 높은 구법의 해결을 원칙으로 해야 한다. 또한, 중요도가 매우 높은 발전시설에 대해서는 방수성능의 향상을 최대한 보장하기 위해 2중, 3중의 방수조치가 필요하므로 그에 대응하는 설계 및 숙련된 기술이 반드시 요구된다. 따라서 설계에 앞서 건물간의 특성에 대한 분석뿐만 아니라 사용하는 개개 재료의 역할에 대한 형태를 명확히 하는 것이 필요하다.

마. 설비기초

설비기초의 형태는 설비시설의 크기 및 종류에 따라 결정해야 하나, 개·보수시에도 설치물의 이동은 고려치 않으므로 기초 저부의 방수층은 설비기초 측면에 치켜올리는 형태가 바람직 할 것으로 판단된다.

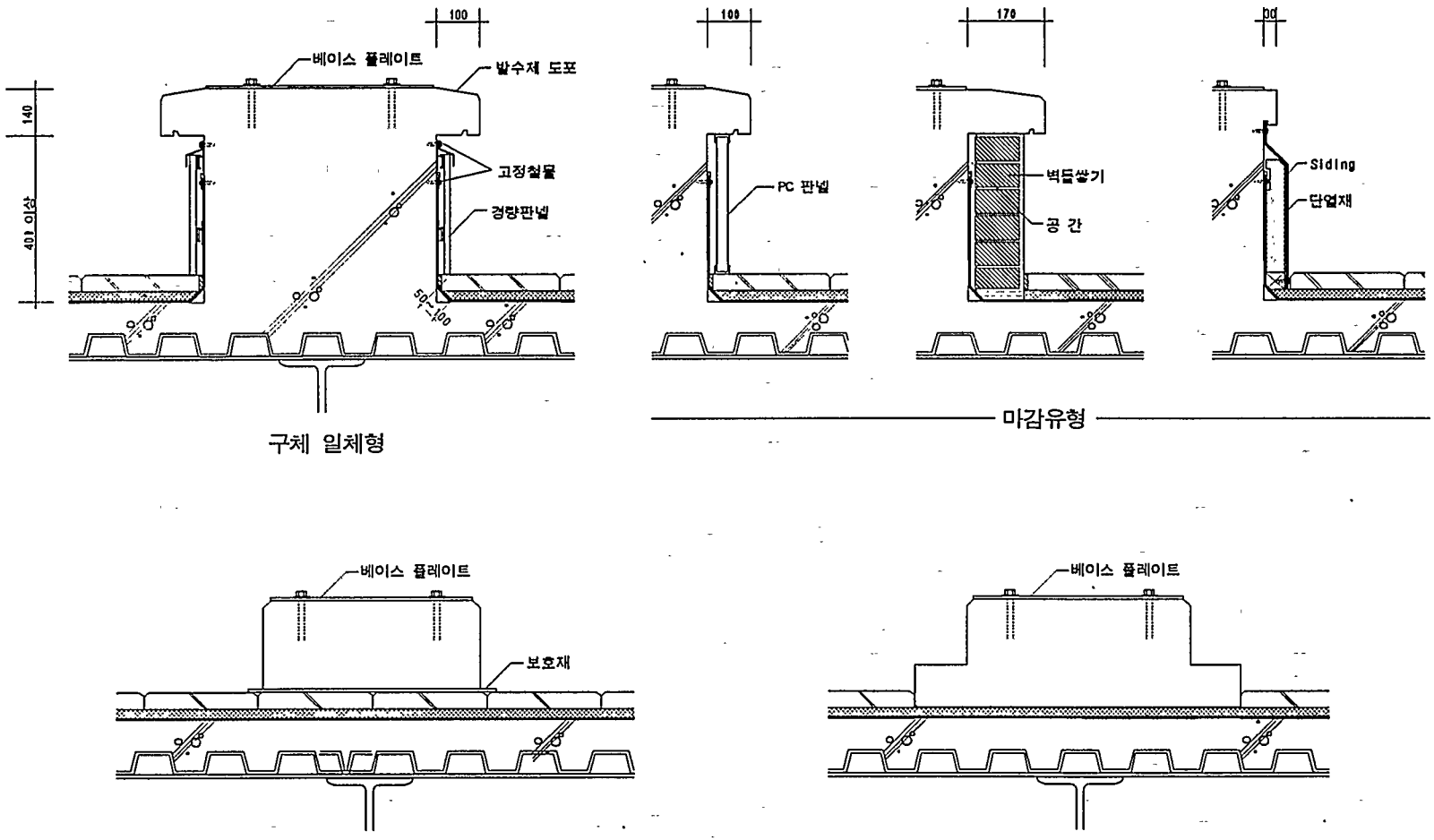
수직 방수층의 높이는 파라펫과 같이 발전소 Site의 최대강우량 및 최대적설량을 고려하여 결정하되 수평면 방수층의 마감면으로 부터 300mm 이상으로 하여야 하며, 설비기초 중앙부에 케이블 설치를 위한 Duct는 개·보수시를 대비하여 충분한 공간을 확보해야 한다.

방수층 수직부의 보호는 파라펫 부위에 사용하는 것과 동일한 형태로 한다.

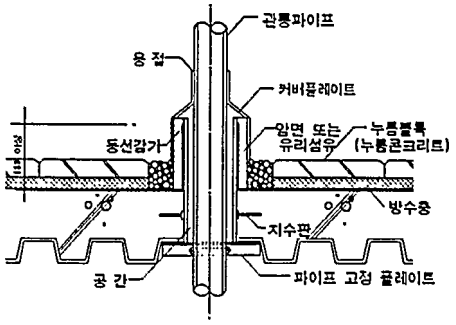
바. 옥상의 관통파이프

앞서 수집된 기존의 마감형태에서 관통파이프 (A), (B)Type은 일반 건물에서 가장 많이 적용되는 시스템으로 발전소 내에서도 환기설비와 각종 가스압 조절을 위한 관통파이프에는 적용이 가능한 구법이나 고열이 통과하는 파이프에는 적용상 문제점이 많은 구법이다.

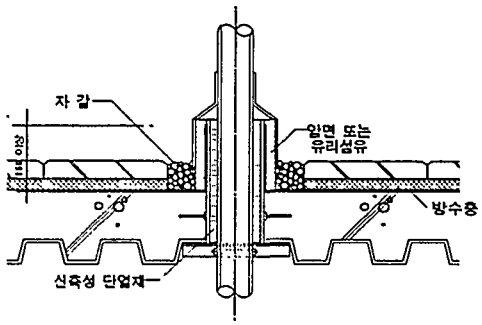
(C)Type은 건물사용 도중 설비보완에 따른 관통요소가 기존의 옥상 슬래브를 뚫고서 추가로 설치되는 경우에 이용되고 있지만 이상의 구법들은 슬래브 방수층을 흐뜨릴 뿐만 아니라 구재료와 신구조의 완벽한 재결합이 어려워 방수신뢰도가 무척



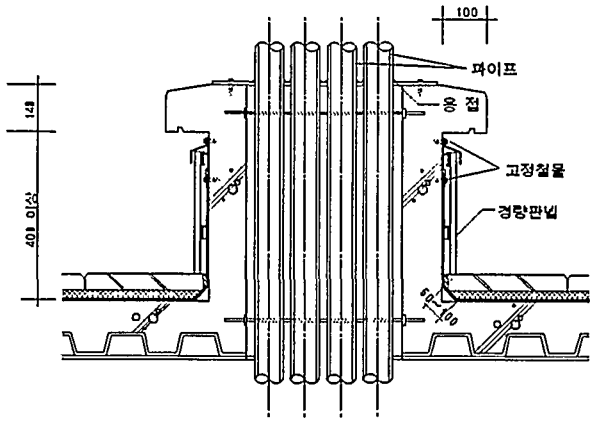
(그림 5.9) 설비기초 주변 마감의 제안형태(예)



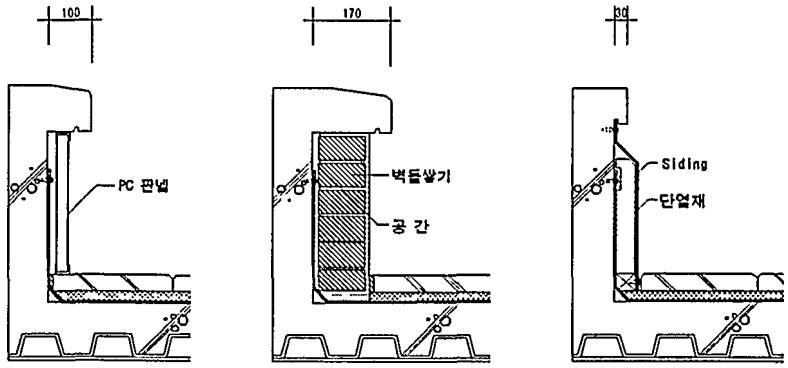
슬리브와 본배관 사이에
공간형성



슬리브와 본배관 사이에
단열재 충전



설비파이프를 집중시킨 형태



마감유형

(그림 5.10) 옥상관통파이프 주변 마감의 제안형태(예)

감소되므로 가능한 적용을 지양해야 할 것이다.

(D)~(I)Type은 고열이 통과하는 파이프에 가장 많이 사용되고 있는 구법이지만 (D), (E)Type은 수직부 방수층의 외부환경에 대한 열화가 예상되므로 수직부의 보호장치가 있는 (F)~(G)Type이 바람직할 것이다. 다만, 실링재는 방수성능을 보다 향상시키기 위해 보조재로서 사용하며, 관통파이프에 접하는 실링재는 적용온도 범위가 높은 내열성 실링재를 사용해야 한다.

초기비용은 높지만 방수효과를 높이기 위해 2중, 3중의 방수기구를 둔 (K)Type은 중요도가 높은 발전소 구조물의 관통부위에 가장 적합한 구법으로 판단된다. 다만, 평면부 보호층의 특성상 또는 유지보수 및 점검을 위해 수직방수층 주변의 조치에 대해서는 (그림 5.10)의 상세를 참고하기 바란다. 또한 유지보수성을 위해 (L)Type과 같은 건식구법도 그 실용화를 기대할 수 있다.

사. 루프 드레인

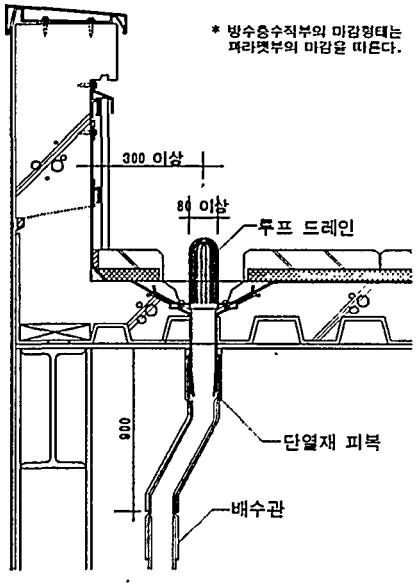
루프 드레인 주변의 방수층은 드레인을 완전히 고정하고 수직부를 포함하여 방수층 또는 보호시트로 보강하는 것이 어떠한 공법의 경우든 중요한 사항이다.

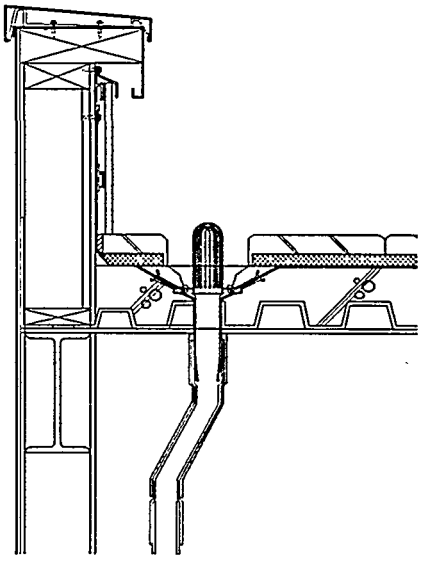
발전소 구조물의 경우 루프 드레인 주변의 표준 마무리는 실내배관을 위한 수직형 루프 드레인을 제안한다. 이때, 주의할 사항은 콘크리트 타설전에 루프 드레인 고정위치를 파라펫 내측의 마감면에서 충분한 간격을 확보하는 것과 강우시 우수고임이 없고, 상당량의 이물질이 고여도 배수가 가능하도록 드레인의 입경, 수량, 위치의 산정시에 기준보다도 충분히 여유를 가져야 한다는 점이다.

아. 금속파이프 지주설치

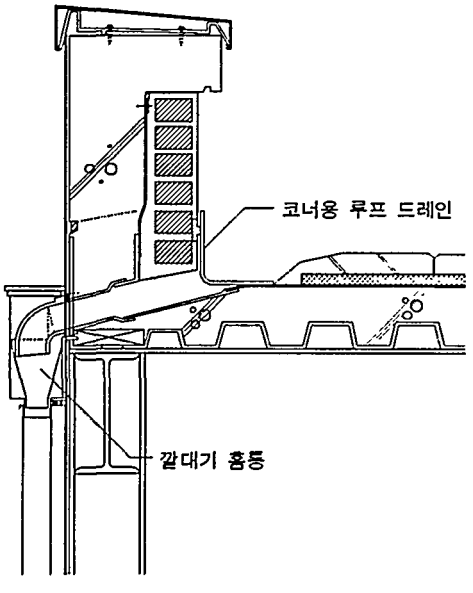
일반건물의 옥상에는 난간이나 그밖의 금속류가 방수층을 관통하여 설치되어 있는 경우가 많아 그 주변에서의 손상과 누수사고가 많이 발생하고 있다.

발전소 구조물의 터어빈 빌딩 옥상에는 대체로 이러한 난간 및 금속류가 설치되

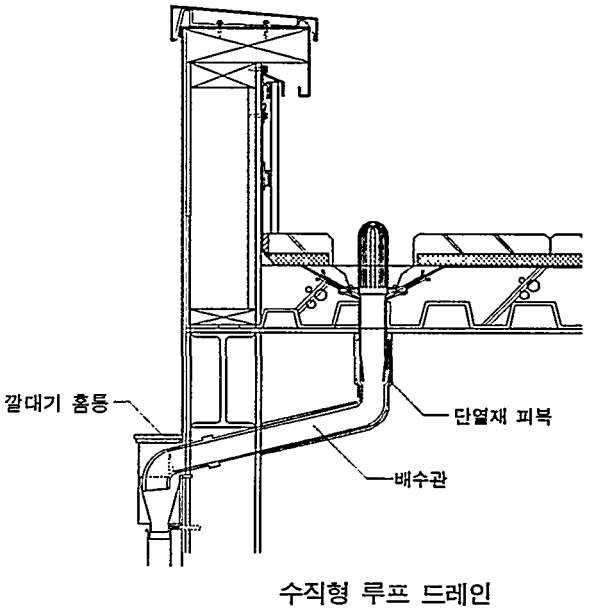




수직형 루프 드레인
(내부배관)



수평형 루프 드레인
(외부배관)



수직형 루프 드레인
(외부배관)

(그림 5.11) 루프 드레인 주변 마감의 제안형태(예)

어 있지는 않지만 설치가 요구되는 경우를 위해 검토가 필요할 것으로 생각된다.

옥상에 설치되는 철물은 보통 마감층의 수축에 의해 접합부에서 틈이 생기며 그곳으로 부터 우수가 파이프 내로 침입하여 녹이 발생한다. 이 경우 파이프 내부를 통해 우수가 방수층 하측으로 침입하는 경우가 있으므로 주의해야 한다.

또한, 최근에는 방수보호층 위에 기초를 설치하는 형식이 많이 거론되고 있지만, 평탄부에 보호블록을 적용하는 경우는 기초의 고정이 어려우므로 그에대한 적절한 보강한 후 기초를 형성하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

제 9 절 지하방수의 공·구법 선정

방수측면에서 지하구조물 주변은 지상층에서 많이 고려되는 외적환경 즉, 온도, 바람, 대기, 물리화학 작용 등에는 크게 영향을 받지 않으나, 토압과 수압의 작용을 지속적으로 받는다. 또한, 지상층에서는 방수부위가 복잡한 반면 지하구조물 주변의 방수부위는 단순한 편이다. 지하 방수층의 형성은 수압이 작용하는 면에 설치하는 외방수가 기본으로 이는 콘크리트의 열화와 직결되는 침투수를 차단해야만 구조물의 내구성능을 향상시킬 수 있기 때문이다.

방수와 관련된 지하구조물 주변의 환경적 개념은 제3장에서 설명한 바 있으며 이들 지하구조물 주변수의 침투를 막기 위한 방수처리가 필요한 부위는 지하벽면, 콘크리트 타설이음부, 설비 배관의 관통부 및 익스펜션 조인트부 등이다. 이 중에서 본 절에서는 먼저 지하 벽면부의 방수구법을 나열하고 설계 및 시공측면에서 장단점을 비교하여 발전소 구조물의 지하환경에 적합한 방수구법을 선정하는 자료를 제공하고자 한다.

1. 지하방수의 요구성능

건물의 각 부위는 부위별로 보유해야만 하는 고유기능이 있으며 이 고유기능을 유지할 수 있도록 설계시에 충분한 고려가 필요하다. 지하외벽에 요구되는 성능을 정리하면 다음과 같다.

- 내외력성 : 토압 및 수압에 견디는 성능
- 방수성
- 방습성, 방로성
- 단열성
- 내구성

◦ 기타 : 시공성, 경제성, 안전성 및 주변환경에 대한 영향 방지 등이며 이들 요구성능은 다음과 같은 내용을 포함한다.

(1) 내외력성 : 토압·수압에 견디는 성능

지하외벽은 그 깊이에 의해서 압력이 증가하는 토압이나 지하수압에 견딜 수 있는 성능을 갖출 필요가 있다. 따라서 외방수의 경우 이 토압이나 수압에 충분히 견딜 수 있는 재료 및 구성이어야 한다.

(2) 방수성

지하구조물에서는 공사 수행시 뿐만 아니라 준공 후에도 압력을 갖는 지하수가 흐르고 있다. 그들과 접하고 있는 지하외벽의 방수는 지속적인 지하수의 침투작용에 대응할 수 있어야 한다.

(3) 방습성·방로성

지하외벽방수를 하여도 투습성이 있는 방수층의 경우, 여름철에는 지하공간이 고습도로 되기 쉽다. 고습상태에서는 인체표면에서의 증발에 의한 방열을 막아 불쾌감이 증대하며 더욱이 곰팡이의 발생을 촉진시켜 여러가지 알레르기 반응을 일으킬 가능성이 있다. 비록 발전소 구조물에서는 지하공간에서 상주하는 작업원은 적지만 지하공간에 주요 설비들이 습기로 인하여 부식될 수 있다. 경우에 따라서는 방수층을 형성하더라도 습기는 통과할 수 있다. 습기가 통과하는 방수층의 경우 외방수를 했어도 외벽면은 항상 습윤상태로 있기 때문에 실내측은 상대적으로 온도가 높고 습도가 낮으므로 습기는 다량으로 실내측에 유입될 수 있다. 따라서 항온·항습의 상태를 유지해야 하는 실내공간을 지하층에 설치할 필요가 있는 경우, 지하외벽은 방수·방습성능을 갖는 방수층과 공법을 선택할 필요가 있다.

이 습기를 제거하기 위해 기계적인 환기시스템을 채용하거나 건축적으로 자연스럽게 습기가 제거되는 구조형식을 취할 수 있는데 그 방법에 따라서 벽체를 포함한 방수시스템이 달라지며 이때의 방로성능은 방수층의 종류와 공법에 크게 영향을 받

는다.

(4) 단열성

외기의 변화가 심한 외부환경 조건에 접해 있는 지상층 외벽에 대한 단열성 고려와 온도의 변화가 적고 비교적 낮은 온도를 유지하는 지하벽면의 단열성 고려와는 다소 차이가 있다. 발전소 구조물의 지하공간은 활동공간으로서의 활용성이 낮기 때문에 단열에 대하여 심도있게 고려할 필요는 없지만 방습효과와 연계하여 어느 정도의 단열처리를 할 필요가 있다.

(5) 내구성

지하외벽 방수층은 외벽면에 작용하는 큰 토압과 수압에 대한 초기의 내외력성도 중요하지만 이들 외력작용이 구조물의 사용수명 동안 지속적으로 작용하기 때문에 시간이 경과해도 성능저하가 적은 내구성 있는 재료 및 공법을 적용해야 한다. 그리고 지하방수면은 한번 결함이 발생하면 보수가 어려우며 때로는 불가능한 경우도 있다.

(6) 기타(시공성, 경제성, 안전성 등)

지하공사는 부지조건, 지질 및 지반조건에 크게 영향을 받는다. 발전소는 해안가에 위치한 경우가 많으며 지하구조물이 해수면 아래에 있는 경우가 많다. 따라서 구조물 시공시에는 단기적으로 지수벽을 설치하므로써 내륙에 위치하고 작업공간이 협소한 일반건물에 비해 방수공사의 시공여건은 양호한 편이며 구조물의 기초가 암반층 위에 안착되는 경우가 많으므로 안정성 확보가 용이하다.

그러나 내륙에 위치하며 비교적 인접구조물이 많이 위치한 곳에 발전소를 건설할 때는 주변의 지반 및 지하수에 영향을 적게 미치는 공법을 채용하는 것이 필요하다. 즉, 도심지의 경우는 주변 지하수의 환경과 흐름 및 이로 인한 생태계 변화의 방지 등을 위하여 비배수 공법을 채용해야 하며 지하층을 굴착하거나 구체공사를 실시할 때는 주변부지에 영향을 최소화할 수 있도록 하여야 한다.

2. 지하방수 공·구법 선정시 고려사항

구조물의 방수를 고려하는 경우 지상부분과 지하부분을 당초부터 분리하여 재료·시공방법 등을 확립하면 문제가 없으나 대개의 경우 지상층에 대한 방수를 먼저 계획하고 다음에 지하층의 방수를 고려하는 경향이 있다. 그러나 지상층과 지하층의 누수경로 또는 주변환경의 차이가 상당하므로 지하층의 방수구법을 선정할 때는 지상층과 분리하여 검토하여야 한다.

가. 구조물의 환경조건

지하구조물의 설계·계획에서 지하방수공법을 검토할 때는 지층 및 지하수의 존재를 정확하게 파악할 필요가 있다. 특히 지하수위는 지형, 토질, 지층의 구성, 우기와 건기의 기상조건, 강우량, 배수상황 및 지하매설 배수로의 손상 등의 영향에 의하여 예상치 못한 변동이 있을 수 있다. 따라서 계획단계에서 사전에 지반 보오링 조사를 비롯한 각종 조사를 행하여 충분히 지하수의 상황을 파악해야 한다.

발전소 건설시에는 지반조사 또는 지하수위 측정용 보오링 공을 지반굴착 토공사 전에 실시하는 경우가 대부분이므로 그 조사결과를 면밀히 분석하고 준공 후에 지하수위의 변동을 합리적으로 예측하므로써 지하방수구법 선정에 차질이 없도록 해야 한다.

또한, 일반적으로 지하방수공법을 선정할 때는 구조물이 건설된 후 앞으로 구조물이 처할 환경을 고려할 필요가 있다. 즉 대부분의 발전소 구조물은 하천가 또는 해안가에 위치하기 때문에 지속적인 습윤환경에 있기 마련이고 구조물 주변에 연결되는 부속배관 및 배선이 복잡하게 연결된다. 지하방수공법 선정과 관련된 이러한 고려사항들을 정리하면 아래와 같다.

① 습윤 및 건조조건에 구조물이 처해 있는가

② 열적 환경에 처해 있는가

③ 진동거동 조건에 처해 있는가

④ 지하수의 흐름상태는 어떠한가

⑤ 배관 및 배선(가스관, 수도관, 전선, 통신관)조건은 어떠한가

⑥ 지하구조물 굴착 및 작업조건은 어떠한가

(흙막이 벽관 지하구조벽체와의 간격 등)

나. 콘크리트 바탕층의 상태

바탕 콘크리트면의 상태가 단기간에 접속공법이 이어질 경우는 바탕층이 습윤상태이므로 일반적인 접착제를 사용한 멤브레인 방수공법은 방수성능이 저하될 수 있으므로 습윤상태에서도 충분한 성능을 발휘할 수 있는 접착제의 사용을 고려해야 하며 충분히 건조한 상태에서 방수공사를 수행할 수 있으면 일반적인 접착제를 사용해도 될 것이다. 또한 바탕층의 상태가 불규칙면이 많은 거친 상태에서는 방수성능을 충분히 발휘하기가 어렵기 때문에 바탕면의 평탄처리가 선행되어야 한다.

대부분의 지하방수 바탕층은 콘크리트로서 자체는 불투수성이지만 균열, 타설이음, 세퍼레이터 주변 등 누수원인이 되기 쉬운 결함들을 보완하기 위해서 별도의 방수층을 설치한다. 그러나 콘크리트 구조물에서 콘크리트 자체가 누수에 대한 저항력을 갖는 밀실한 구조이어야 하고 방수층의 설치는 보조적 수단이라는 기본개념을 잊게 되면 방수체계의 신뢰성은 현저히 저하된다.

따라서 콘크리트를 타설할 때는 골재, 시멘트, 혼화재료 등의 사용재료를 적합하게 선정하고 되도록 단위수량을 줄이고 가능하면 불량타설이음(Cold Joint)을 만들지 않도록 세심한 주의가 필요하며 수밀성 높은 콘크리트를 타설할 필요가 있다.

다. 지하 방수공법의 선택조건

방수공법을 선택하는 경우 지하수의 침투방지만을 고려하는 것이 아니라 입지조건, 지하공간에 요구되는 방수성능, 이의 경제성, 공정순서 등을 종합적으로 판단하여 적절한 방수공법을 선택하는 것이 중요하다. <표 5.22>는 지하방수공법의 선택조건을 나타낸 것이다.

지하구조물은 일단 누수가 발생하면 지상의 경우와 달리 보수가 어려우며 사용 방수재료·공법의 특성을 충분히 파악하고 내구성이 있는 것을 선택해야 한다.

<표 5.22> 방수공법의 선택조건

조건	검 토 항 목
입지조건	◦ 지반형상 ◦ 지하수의 상태 ◦ 부지경계와 외벽위치의 관계
건물형상	◦ 지하 굴착 깊이
방수성능	◦ 방수층의 수밀성 ◦ 방수층의 내구성 ◦ 방수층의 유지관리성
시 공 성	◦ 지하구조물의 바탕체와의 적합성 ◦ 설비공사와의 적합성 ◦ 공정(작업순서) ◦ 시공 정밀도 ◦ 시공의 난이도 ◦ 시공 안전성

일반적으로 구체가 수압을 받는 면에 시공하는 외방수 공법을 기본으로 하여 방수층의 접합부, 단부, 구조체 연결부 등에 대한 방수처리를 충분히 하고 뒷채움시에 방수층이 손상되지 않도록 적절한 보호층을 선정하는 공법도 고려한다.

또한, 일반 건축물에서는 외방수가 불가능하여 내방수공법을 채용하는 경우, 이중

벽 구법을 병용하는 것을 원칙으로 하는데 발전소 구조물에서는 이중벽 공법의 필요성이 미약하므로 콘크리트 구체의 수밀성을 충분히 확보하여 내방수의 효과를 증진시킬 수 있도록 하는 것이 효율적이다.

라. 방수공사와 전체공사 공정의 정리

대부분의 일반 건축물의 지하외벽 방수공사는 협소한 공간에서 가설 지지대를 설치하고 작업을 하기 때문에 지상층에 비해서 나쁜 환경에서 작업을 한다. 특히 가설 지지대에서 연직벽면에 작업을 할 때는 작업자세가 불안정하므로 정밀한 시공을 하기가 어렵다. 반면 발전소 구조물의 경우는 넓은 부지를 전면 개착 후 구조물 공사를 실시하기 때문에 작업공간은 충분하며 방수공사후에 뒷채움 토공사까지는 상당한 공정상의 시간적 여유가 있으므로 외방수공사를 수행하기에는 시간적, 공간적 공정여유는 충분하다고 할 수 있다.

마. 안전성 확보

공간이 협소한 일반건물 또는 도심에 위치한 지하구조물의 방수공사시는 현장 작업원들의 건강을 해칠 수 있는 공법의 적용은 삼가하는 것이 좋다. 특히, 아스팔트 방수에서는 용융아스팔트에 의한 화상사고를 주의해야 하며 시트 방수, 도막 방수에서는 용제나 접착제를 이용하므로써 발생할 수 있는 작업자들의 중독사고와 화재 폭발사고에 대비한 충분한 사전 안전대책을 세우도록 해야 한다.

발전소 구조물에서는 작업공간이 비교적 넓은 편이지만 구조물에 복잡한 배관이 설치되는 경우가 많으므로 작업능률이 떨어지며 활동공간을 부분적으로 제한받을 수 있다. 또한 비교적 지하심도가 깊기 때문에 작업원의 안전시설 설치에 어려움을 겪을 수 있다. 따라서 격납 건물이나 터빈 건물과 같은 방수면적이 넓은 구조물에서는 자동화 장비를 이용한 방수층 형성도 고려해 볼 수 있다.

3. 지하방수 공법별 적용성

지금까지 지하방수 공법의 개념과 특성에 대해서 살펴보았다. 다만 각각의 방수 시공법들에 대해서는 자세히 기술하지는 않았는데 이는 본 보고서의 제2장에서 방수재료와 공법들의 특성 및 시공법에 대해서 상세하게 기술하였으며 지상부와 달리 지하부가 작업환경 등의 차이에 따라 시공법에서 다소의 차이는 있을 수 있으나 지하방수 역시 그 사용재료 및 공법 등에서 그 기본이 지상부와 차이가 없으므로 여기서는 생략한다.

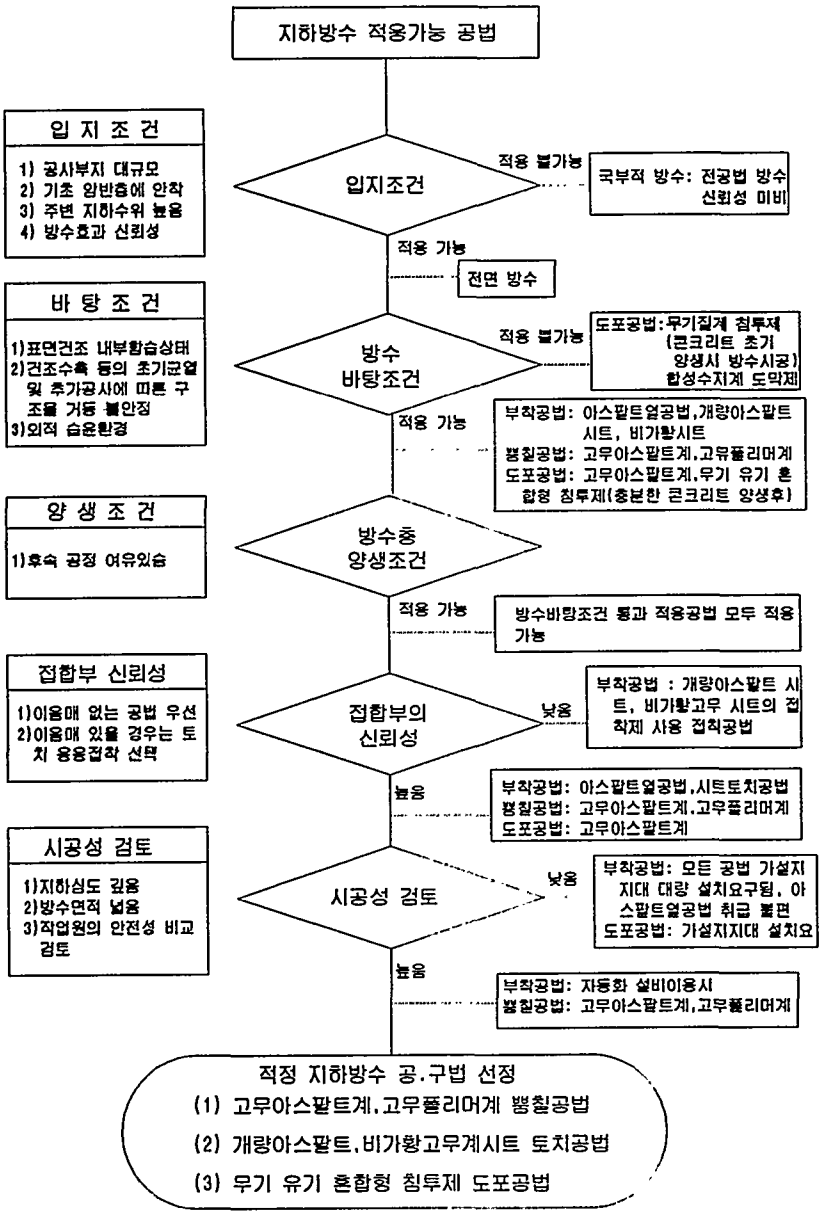
이들 지하방수에 적용할 수 있는 공법들에 대한 적성을 정리하면 <표 5. 23>과 같다.

<표 5. 23> 지하방수층의 적성비교표

			방수층 위치			바탕조건			양 생		접합부의 신뢰성	시공성	시공 안전성
			외방수		내방수	건조면	습윤면	평탄도	후양생	보호층			
			선공법	후공법									
유기질계	아스팔트계	열공법		○		○		○		○	◎	△	×
		점착·접착공법	○	○		○		○		○	○	○	△(접착제)
		토치공법		○		○		○		○	○	○	○
		고무아스팔트칠공법	○	○		○	○		○	○	접합부 없음	○	◎
		도막공법	○	○		○			○	○	접합부 없음	○	○
	시트방수	가황고무계		○		○		○		○	△	○	△(접착제)
		비가황고무계	○	○		○		○		○	○	○	△(접착제)
		염화물계 접 착		○		○		○		○	○	○	△(용제용착)
		염화물계 기계적고정		○			○	○		○	○	△	△(용제용착)
	도막방수	우레탄고무		○		○		○	○	○	접합부 없음	△	○
		FRP(연질폴리에틸렌)수지		○		○		○	○	○	접합부 없음	△	○
무기질계	규산질계			○	○		○				접합부 없음	○	◎
	수화응고형		○	○	○		○		○		접합부 없음	○	◎
	glass계(모르터방수)			○	○		○		○		접합부 없음	○	◎
	벤토나이트 방수		○	○			○	○			○	○	◎

주) ◎ : 우수 ○ : 보통 △ : 나쁨, 특별한 보완조치가 필요함.

4. 지하방수 공·구법 선정



(그림 5.12) 지하방수 공·구법 선정 흐름도

지하방수는 지상방수와 달리 재료의 방수성능, 내구성, 방수 바탕층의 변화 및 주변환경 등의 다양한 선정조건의 고려보다는 구조물의 건설위치와 구조물 본체의 건설공법에 따라 적용 공·구법이 한정되고 그 범위 내에서 효율적인 방수체계를 형성하게 된다. 예를 들면 주로 도심지에서 건설되는 지하철과 사무실 건물들은 지하수의 유입이 많고 작업공간이 협소하므로 아스팔트 열공법 계열의 적용은 어려우며 반면에 발전소와 같은 작업공간이 넓은 곳에서 비교적 작업성과 방수성능 신뢰성 측면에서 유리한 외방수 공법을 적용하는 것이 비경제적인 내방수 공법을 적용하는 것보다 효율적이다.

지하방수 공법의 적성비교표를 근거로 하고 앞에서 언급한 지하방수의 선택조건에 따라 발전소의 환경조건에 적합한 적용공법을 선정하는 과정은 (그림 5.12)와 같다

가. 입지조건

발전소 구조물이 들어서는 위치는 대부분 공사부지가 넓게 자리하고 있으며 입지조건에서 검토항목인 지반의 형상에 대해서는 구조물이 대형이고, 안정적 측면에서 중요도가 높기 때문에 암반층 위에 기초가 안착된다. 대용량의 용수공급이 필요하므로 지형적 측면에서는 해안가나 하천가에 위치하기 때문에 비교적 구조물 주변의 지하수위가 높고 따라서 수압도 높아진다. 또한, 구조물의 건축면적이 넓기 때문에 콘크리트 구조물 자체의 수밀성을 향상시켜서 1차적으로 지수를 하고 타설이음부, 관통부, 폼타이 등의 누수취약부만 부분적 처리를 하는 것은 누수의 위험성이 높게 된다.

지금까지 조사된 바에 의하면 지하방수 구법중 가장 신뢰성이 높은 구법은 외방수이며 이 중에서도 콘크리트의 초기거동, 건조수축 및 수화열응력에 의한 균열 등이 안정기에 들어섰을 때에만 방수효과를 신뢰할 수 있는 무기질계의 침투방수

는 현실적으로 적용이 불가능하다. 따라서 발전소 방수에서는 일단 멤브레인 외방수 공법 중에서 후공법이 채택되어야 할 것이다. 이 멤브레인 외방수 공법을 적용할 수 있는 방수재료를 적성비교표에서 선택해보면 유기질계의 아스팔트와 시트 방수재료로 한정시킬 수 있다.

나. 바탕조건

콘크리트가 타설되고 다음의 방수공정이 진행되는 동안의 콘크리트의 함수상태는 표면은 완전 건조상태가 되고, 내부는 전체중량비 5~7% 정도로써 콘크리트 내부에 함유된 수분의 이동이 방수공사 중 또는 완성 후에도 진행될 수 있다. 따라서 통상 콘크리트 타설공사가 완료되고 1개월 전후로 방수공사가 실시되는 것이 전체 발전소 건축공사 공정의 일반적인 흐름이므로 콘크리트의 표면을 미약한 습윤상태로 보는 것이 합리적이다.

그러므로 발전소 외벽의 지하방수에는 건조바탕에 적용하는 공법들 중에서 습윤바탕에서도 부착력을 상실하지 않는 공법을 적용하는 것이 방수효과 측면에서 유리하다. 상기한 방수층 적성비교표 <표 5. 23>에서 이상의 조건들을 고려하여 적용가능한 공법을 간추려보면 아스팔트계 중에서는 열공법, 토치공법, 고무아스팔트 뿜칠공법, 도막공법 등이 해당하고 시트계에서는 가황, 비가황, 염화물계의 접착공법 정도가 가능한 적용공법이 된다. 한편, 표면이 건조한 상태이기는 하지만 방수공사가 진행되는 단계에서 바탕 콘크리트는 내부적으로는 습윤상태이므로 접착제를 이용하는 공법은 접착력이 떨어질 것으로 판단된다.

다. 양생조건

발전소 공사 공정에서는 방수공사 직후에 곧바로 되메움 공정이 진행되거나 방수층 위에서 바로 설비공사가 진행되는 경우가 드물기 때문에 양생이 필요없는 아

스팔트계의 열공법이나 토치공법 및 시트계의 접착제를 사용하는 공법들은 물론, 양생이 필요한 아스팔트의 뿜칠공법이나 도막공법도 가능하다.

지하 외방수에서는 보호층의 설치가 필연적이므로 보호층의 설치측면에서는 완전히 양생이 되지 않은 상태에서 보호층을 부착하는 것이 오히려 유리할 수 있으므로 양생이 필요한 공법들을 적용하는데는 불리한 면이 전혀 없다. 이 양생조건을 고려할 때는 "나"항에서 선택한 공법들을 그대로 적용할 수 있다.

라. 접합부의 신뢰성

적성표에서 보는 바와 같이 아스팔트 열공법과 고무아스팔트 뿜칠공법은 접착부의 연결상태가 양호하거나 접착부가 없으며, 비가황 시트류도 접착부의 신뢰성이 높다. 이상의 조건들을 정리해 보면 아스팔트 열공법과 고무아스팔트 뿜칠공법 및 비가류계 시트를 사용한 공법들이 방수성능면에서 지하방수에 적용하기에 유리한 공법들로 정리할 수 있다.

마. 시공성 검토

시공성의 검토는 협의의 시공성 고려요소인 시공용이성과 시공안전성에 국한한다. 광의의 시공성은 전체 공사의 다양한 측면들을 고려해야 하므로 상대적인 비교·검토가 어렵다.

앞의 제2장에서 전체적인 방수재료성능 검토시 설명한 바와 같이 아스팔트 열공법은 적층공법을 전제로 하므로 지하심도가 얕은 일반 소규모 건물의 지하방수에는 적용이 용이하나 발전소와 같이 규모가 크고 지하심도가 단층작업을 하기에는 부적합 경우에는 적용이 어렵다. 그리고 재료를 다룰 때 작업원의 안전성도 대단히 나쁘며 재료의 운반 취급이 불편하다.

반면 고무아스팔트 뿜칠공법은 재료의 취급이 용이하며 최근에는 성능이 향상된

뿜칠장비의 도움으로 작업이 수월하며 작업원의 안전성도 양호하므로 시공성은 우수하다고 할 수 있다.

또한 비가황계 시트는 시공의 편이성은 우수하지만 접착제에서 발생하는 유해가스로 인하여 작업원의 안전성은 다소 떨어진다.

바. 종합검토

이상에서 발전소 구조물이라는 특수한 환경의 대규모 건축물에서 지하방수는 방수성능면에서 우수하면서도 시공성이 양호한 공법을 채택해야만 효율적인 방수를 기대할 수 있다.

시트와 같은 단일층으로 방수층을 구성하기보다는 여러 겹으로 구성된 아스팔트 적층방수가 방수의 성능에 대한 신뢰성이 높다. 그러나 발전소와 같이 대규모, 대심도의 구조물을 고열의 아스팔트 재료로 적층방수를 하기에는 많은 보조가설물의 설치를 요하고 옥상의 평면부와는 달리 수직벽으로 이루어진 지하방수면은 아스팔트 프라이머, 컴파운드, 루핑, 펠트 등의 여러가지의 재료를 여러 겹으로 중복작업하기가 쉽지 않으며 또한 용융 아스팔트를 바르고 경화되는 동안에 흘러내림 등으로 인하여 방수층 두께를 일정하게 유지하기가 어렵다. 따라서 힘들게 시공한 것에 비하면 방수효과는 기대치 이하로 될 수가 있다.

반면에 고무성분이 첨가된 액상의 고무화 아스팔트를 뿜칠장비로 콘크리트 벽면에 칠하는 공법은 액상의 재료만 여러 겹으로 칠하기 때문에 겹침효과가 감소되어 방수성능이 아스팔트 열공법보다 다소 떨어지지만 시공성과 작업능률은 아스팔트 열공법보다 훨씬 뛰어나다. 다만, 이 공법은 뿜칠을 할 때 주변시설물과 공사상 필요한 장비 또는 시설물에 오염되는 것에 주의해야 한다.

한편, 지하방수에서 고려할 수 있는 여러 방수공법들 중에서 시트계에서 비교적 성능이 우수한 것으로 평가되는 비가황계 시트 접착공법은 방수성능면에서는 아스

팔트공법보다는 미흡하지만 시공이 간편하고 성능도 어느 정도는 만족할 수 있는 공법이다. 그러나 수직면에서 접착력이 상대적으로 떨어지고 일단의 누수가 발생하면 방수면 전체를 타고 지하수가 구조물 내부로 침입할 수 있으므로 유지관리상 불리하게 된다.

이상의 공법들은 다소의 차이는 있지만 비교적 방수성능이 우수한 공법들로써 현장여건을 고려하여 장·단점을 비교, 선택하면 효율적인 지하방수가 될 수 있을 것이다.

발전소 지하의 방수층을 형성함에 있어서 지금까지 주로 외방수의 한쪽면 만의 방수에 대하여 고려하였으나 지하공간 중에서 중요한 설비가 있어서 절대적으로 누수의 위험성이 없어야 할 경우는 외·내측 단면방수로는 부족하다. 그러므로 위에서 고려한 외방수와 병행하여 무기질 침투방수에 의한 내방수를 추가한 이중방수로 방수체계를 구성한다면 효과를 극대화시킬 수 있을 것이다.

5. 지하방수 공·구법 선정 예

이상의 지하 주방수 공·구법의 선정과정을 검토하여 발전소 구조물의 지하방수체계에 적용성이 높은 방수체계의 예는 다음과 같이 정리할 수 있다.

가. 외방수 공법

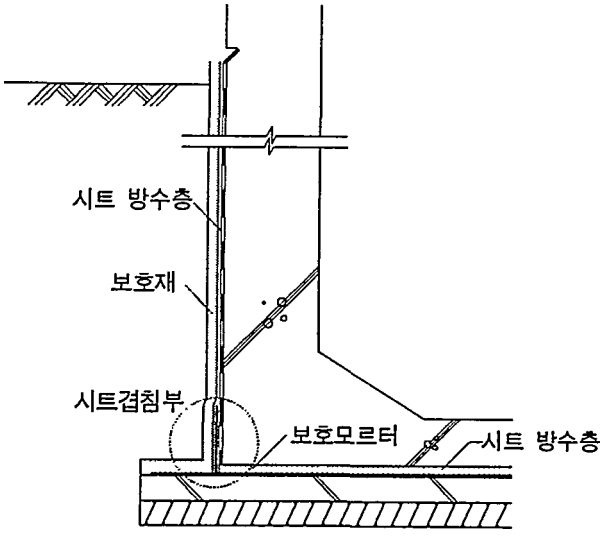
외방수 공법은 신규 방수공사에서는 신뢰성이 상대적으로 높지만 일단의 시공 후에는 방수층의 상태를 파악할 수 없으며 방수층 자체의 공사 정밀도도 중요하지만 뒷채움작업시 방수층의 보호도 방수성능을 결정하는데 중요한 요소가 된다,

(1) 바닥, 벽체 전면 시트(비가황, 개량아스팔트, 스트레치 루핑) 공법

- 가장 많이 적용되는 공법.
- 시트의 내구성 확보를 위해서는 비가황 또는 개량아스팔트의 사용이 필수적

임.

- 진동이 심한 구조물(디젤 발전실 건물)에는 진동에 의한 방수층의 접착손실 발생가능, 스트레치 루핑의 사용이 효과적임.
- 벽체와 바닥의 방수시트 겹침부 충분한 겹이음 길이 확보.
- 시트이음부의 기밀처리가 방수성능을 좌우.
- 누수사고 발생시 누수위치 파악 불가능
- 바닥시트 접착 후 보호모르터 타설 필요함.



(그림 5.13) 지하 외방수 시트공법 예

(2) 바닥-시트, 벽체-뿜칠 도포막(고무 아스팔트, 고무 폴리머계)

- 비교적 방수 신뢰성 높음.
- 접합이음이 없으므로 시트 공법보다 방수면 균일성 확보
- 1회 도포막을 두껍게 하기보다는 얇게 여러번 도포하는 것이 유리함.
- 진동폭이 비교적 작은 구조물에서는 충분한 적응력 발휘.

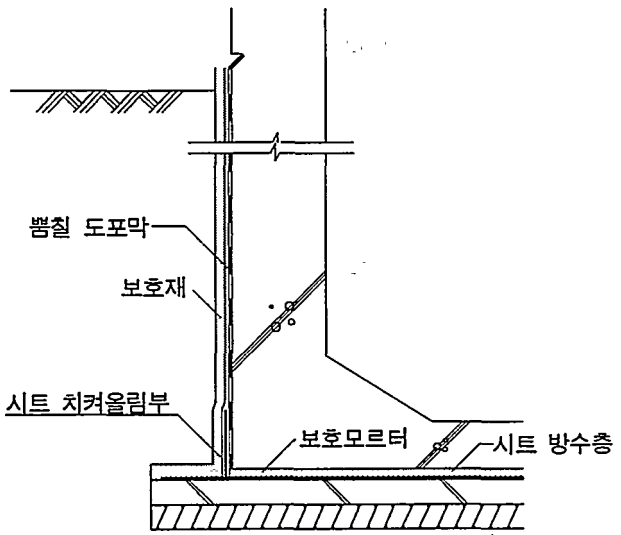
◦ 시공이 간편하고 작업의 능률이 높음.

◦ 바탕층의 건조상태에 따라 방수성능이 차이날 수 있음.

◦ 보호재 설치시 얇은 분리막(펠트, P.E 필름)을 설치하는 것이 좋음.

◦ 시공시 다른 공정에 의한 오염방지 덮개설치의 선행작업 필요.

◦ 바닥시트 치켜올림부를 완벽하게 접착 후 벽체 도포작업 진행.



(그림 5.14) 지하 외방수 바닥-시트, 벽체-뿜칠공법 예

나. 내방수

지하구조물의 내방수 공법은 주로 수화응고형인 무기질계의 침투방수제와 무기·유기 혼합형의 침투 방수제 및 유기질계의 방수제가 사용된다. 대부분의 지하구조물은 습윤환경에 접해 있으므로 물이 공급되는 상태에서 방수성능을 발휘해야 하는 기본적 조건을 충족시켜야 한다.

내방수 공법은 전체공사중 후속공정의 시간적 여유가 없거나 외방수 공사를 하기에는 현장조건이 협소하여 적용이 어려운 경우에 선택할 수 있는 공법이다.

무기질계는 이 필요조건에 합당한 재료이기는 하나 아직까지 재료자체의 방수성능을 객관적으로 평가할 수 있는 방법이 기준화되어 있지 않고 콘크리트 바탕층에 침투하는 깊이가 비교적 얕은 것으로 정리되고 있으므로 신뢰성은 멤브레인에 의한 외방수공법보다는 떨어진다고 할 수 있다. 또한 무기질계 침투재료는 콘크리트와 유사한 물성을 가지기 때문에 방수시공 후 연속되는 다른 공정에 따라 이상변형이 발생하면 변형을 흡수하지 못하고 균열과 같은 누수취약부가 발생하므로 적용시에 상당한 주의시공을 요한다.

유기질계는 대부분의 재료가 바탕층의 건조가 충분한 상태에서 시공되고 양생되어야만 방수성능이 발휘되므로 적용이 용이하지 않다. 이 두 형태의 침투 내방수재료의 단점을 보완하기 위해서 개발된 혼합형은 침투성능이 다소 미흡한 결점을 가지고 있다. 그러나 무기질 침투 방수제는 고수압 하에서 점차 낮은 투수비를 나타내는 것으로 알려져 있으므로 나름대로는 방수성능을 발휘함을 알 수 있다.

이상의 내방수공법에 적용될 수 있는 재료에 따라 특징과 주의사항을 다시 한번 정리하면 다음과 같다.

(1) 무기질 침투방수

- 습윤환경에서 방수성능을 발휘함.
- 구조물의 이상거동에 의한 허용이상의 변형 발생시 방수층의 손상가능성 있음
- 본 방수층을 형성하기 전에 바탕처리(균열, 곰보, 폼타이구멍, 불량타설이음부 등)를 통하여 사전에 취약부에 대한 보강이 선행되어야 함.
- 뒷채움 작업이 충분한 공정상의 여유가 있을 경우는 콘크리트 구조체 타설 후 구조물에 충분한 사하중 작용이 있은 연후에 구조물의 초기거동이 안정된 상태에서 방수공사를 하는 것이 성능 발휘면에서 유리함.
- 지하구조물에서 누수시 보수방법으로 가장 현실적인 공법임.
- 작업공정이 다소 복잡하고 초기 공사비가 증대됨.

◦ 시간이 경과하면서 방수성능이 점차 증대됨.

(2) 유기질 침투방수

◦ 침투성능이 상대적으로 떨어짐

◦ 시공시 바탕층의 건조상태가 방수성능에 커다란 영향을 미침.

◦ 시공 후 시간이 경과하면서 점차 방수성능이 약화됨

◦ 재료의 성분구성이 제품에 따라 다양하여 선택에 어려움 있음.

◦ 진동과 같은 구조물의 거동에 대한 적응력이 양호함.

(3) 무기·유기혼합형 침투방수

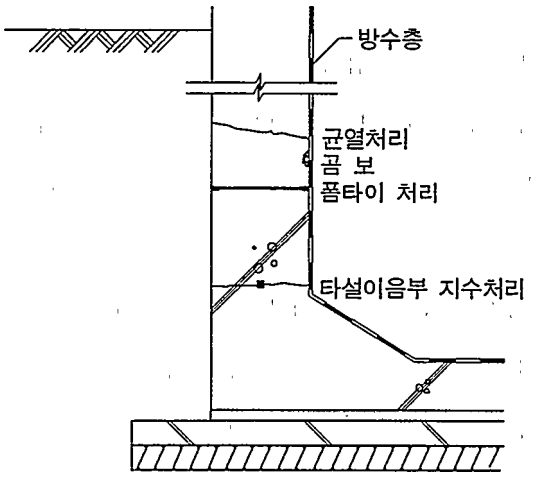
◦ 습윤한 환경에서도 방수성능을 발휘함.

◦ 침투성은 무기질보다 다소 떨어짐.

◦ 미약한 구조물의 거동에 대한 적응성은 있음.

◦ 재료의 혼합 방식에 따라 성능의 차이가 심함.

이상의 재료로 지하 주방수 체계 형성 예를 그림으로 나타내면 (그림 5.15)와 같다.

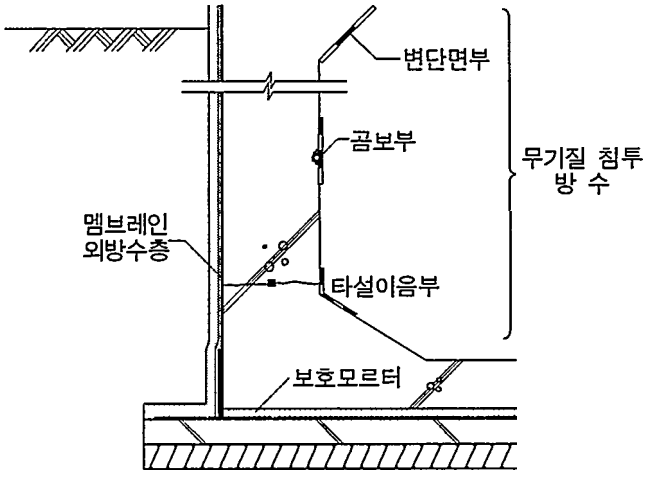


(그림 5.15) 지하 내방수 공법 예

다. 외방수와 부분 내방수 조합

외방수가 방수성능 신뢰성 면에서 상대적으로 우수하지만 방수층의 보호가 뒷채움 과정에서 미흡하게 되면 구조체의 누수취약부를 통해서 누수될 가능성은 충분히 있다. 일반적으로 균질한 품질로 타설된 콘크리트는 투수계수가 낮은 불투수체로 볼 수 있으나 콘크리트의 생산과정에서 건조수축, 수화열응력에 의한 초기균열 또는 이상거동에 의한 균열 등과 다짐불량에 의한 곰보, 복잡한 철근배근에 의한 침강균열, 불량타설이음(Cold Joint)부 등 여러형태의 누수취약부 발생가능성이 있다. 따라서 구조물 외부에서 멤브레인에 의한 단일 방수체계로 완벽한 방수를 기대하는 것은 다소 무리가 있다.

이러한 외방수만으로는 부족한 방수성능을 보완하기 위해서 주방수체계는 멤브레인 외방수로 하되 구조물 내부의 앞에서 열거한 누수취약부를 침투방수제를 이용한 보강 방수공사를 병행한다면 방수효과를 한층 높일 수 있다.



(그림 5.16) 지하 외방수·부분 내방수 조합 방수체계 예

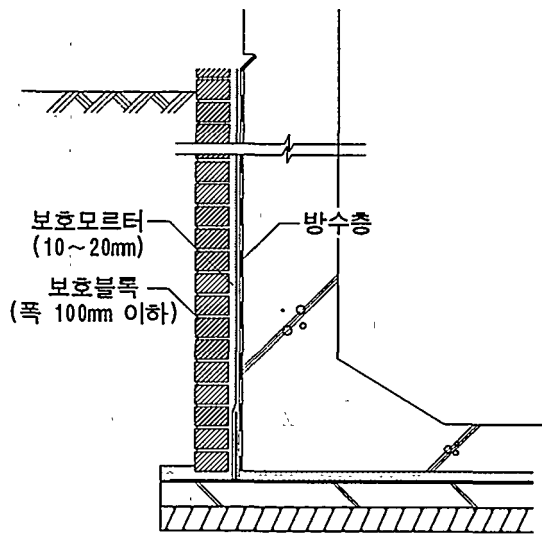
이 보강 내방수는 외방수공사 공정을 미리 선행한 상태에서 구조물의 초기거동이 어느 정도 안정되는 시간이 경과한 후에 무기질 침투제를 이용하면 적절한 지하방수체계가 형성될 것으로 기대된다. (그림 5.16)은 외방수와 부분 내방수를 조합한 방수체계 예를 보여준다.

라. 지하방수 보호재

발전소 구조물에서 지하방수는 적정 방수 공·구법의 선정과 정밀시공이 우선적으로 이루어져야 하지만 이에 못지 않게 방수층을 보호해 주는 보호막의 역할 또한 대단히 중요하다.

(1) 습식 보호재

지하구조물의 보호층을 형성하는 방법은 건식과 습식으로 구분할 수 있다. 습식의 경우는 지하심도가 비교적 얕은 구조물의 보호구법으로 적절하지만 지하심도가 깊은 곳은 적용이 불가능하다. 습식은 발전소 본관 건물과 같이 심도가 깊은 구조물보다는 지하심도가 얕은 부속건물에 적용하는 것이 적당하다.



(그림 5.17) 지하방수 습식 보호재의 설치도

습식은 기존의 공법에서 적용하는 벽돌 또는 블록쌓기로 하며, 이때 방수층과 보호층 사이는 모르터로 밀실하게 채우는 것이 방수층을 보호하는데 유리하며 습식의 개념도는 (그림 5.17)과 같다.

(2) 건식 보호재

습식이 시공성 측면에서 상당히 제한을 받기 때문에 발전소 본관 건물의 보호층으로는 부적합하다. 따라서 지하의 방수층 보호는 취급이 용이하고 깊은 지하심도에도 시공이 가능하며 뒷채움 작업과 높은 토압에도 충분한 보호성능을 발휘할 수 있는 재료를 선택·시공하여야 한다.

기존의 발전소 지하방수층의 보호재로 사용되는 재료는 발포 폴리에틸렌 수지가 대부분이다. 이 재료는 내부공극율이 높은 연질이어서 입자가 큰 암석이 포함된 흙을 뒷채움할 때 보호재료의 손상 뿐만 아니라 방수층의 손상을 유발할 수 있는 여지가 많다. 실제로 보호재료가 소요성능을 발휘하지 못하므로 해서 방수층이 손상되어 누수를 유발시키는 경우가 가끔식 발생한다.

따라서 보호재는 충격흡수력이 있으면서도 작용외력에 대해서 변위와 변형발생량이 적은 재료를 선택·시공해야 한다. 지금까지 개발, 상용되었거나 개발되어 사용이 권장되는 재료의 몇가지 종류를 나열하면 다음과 같다.

1) 발포 폴리에틸렌 수지

연질의 내부공극이 많은 기존에 가장 일반적으로 사용된 재료로서 폴리에틸렌 수지를 공기로 발포시켜서 충격에 대한 흡수재로 방수층의 보호에 사용되어 왔다. 이 재료는 예각을 많이 가진 암석이 뒷채움재로 사용될 경우는 쉽게 관통되며 국부적인 과압력에도 보호기능을 충분히 발휘하기 어렵다.

비록 재료의 가격이 저렴하며, 시공이 간편하지만 발전소 건설현장의 토공사 조건을 고려하면 사용이 지양되어야 할 것으로 판단된다.

2) 일면 강화 폴리스틸렌 판넬

스티로폴로 불리우는 폴리스틸렌 수지에 외부면을 모르터로 강화시켜서 외부의 충격에 일차적으로 모르터막이 저항하도록 한 것으로 지압력에는 상당한 저항력이 있을 것으로 판단되나 뒷채움시의 입경이 큰 암석의 충격에는 파손의 가능성이 크므로 주로 입경이 작은 흙으로 구성된 뒷채움 작업에 적합할 것으로 판단된다.

3) 우레탄폼 보드

발포 폴리에틸렌 수지나 폴리스틸렌 수지 재료보다는 충격저항력이 크며 지압저항력도 훨씬 높다. 원래 우레탄폼 보드는 경질의 단열재로 지하보호재보다는 지상의 보온재로 그 용도가 더 많다. 이 재료가 충분한 보호력을 발휘하기 위해서는 일정한 두께(50mm 정도) 이상을 갖추어야 하기 때문에 재료의 단가가 높고 부피가 크며 방수층에 접착하는 방법에 다소의 문제점이 있다.

4) 압출성형 폴리스틸렌

압출성형에 의해 일반적인 폴리스틸렌보다 입자의 결속력을 높인 것으로 지압저항력과 충격흡수력이 뛰어나다. 동일한 두께의 재료일 경우 실험결과에 의하면 5~6배 이상의 지압저항력이 있으며 내구성도 비교적 높은 것으로 판단된다.

5) 프리패브 배수막

지하구조체에 접한 지하수의 수위를 저하시킴으로써 지하수에 의한 간극수압을 낮추는 효과가 있는 것으로 알려져 있는 엠보싱 타입의 배수막을 배수유도 기능으로 사용함과 동시에 방수층의 보호재로 사용한다.

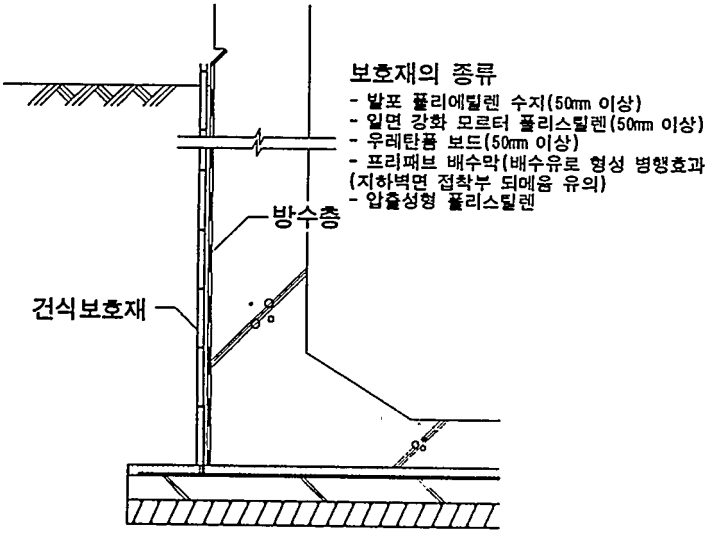
이 프리패브 배수막은 표면이 Geotextile로 보강되어 있으므로 지압저항력이 뛰어나며 방수층과 접하는 배면을 펠트나 합성고무로 보강한다면 충격의 흡수효과도 충분할 것으로 판단된다. 상세한 구성형태와 기능은 다음장의 방수성능시험에서 다루기로 한다.

6) 폴리머 합성고무 압축보드

합성고무에 폴리머 성분을 첨가하고 발포시켜서 탄성과 충격흡수력을 갖춘 재료

로서 비교적 얇은 두께로도 방수층을 보호할 수 있도록 되어 있다. 또 이 재료는 배면이 접착제로 코팅되어 있어서 시공이 간편하여 재료비가 높은 반면 시공인건비가 줄어들어 경제성도 있는 것으로 판단된다. 따라서 지하방수층의 보호목적으로만 용도가 한정될 때는 상대적으로 가장 유리한 재료가 될 수 있다.

이상의 지하방수 보호재는 현장조건에 따라 위에서 열거한 재료의 특성, 시공성, 경제성을 충분히 고려하여 적절하게 선정하여야 보호성능을 확보할 수 있다. (그림 5.18)은 건식 보호재의 설치 개념을 나타낸 것이다.



(그림 5.18) 지하방수 건식 보호재 설치도

제 10 절 지하방수 취약부 방수처리

지하방수는 구체를 수밀성 콘크리트로 형성하고 멤브레인 외방수 또는 무기질 침투방수 등으로 방수공사를 하여도 완전히 누수를 차단하기 어렵다. 여러 요인에 의한 방수층의 손상으로 인하여 누수가 발생할 때 쉽게 누수취약부가 되는 곳으로는 익스펜션 조인트, 타설이음부의 콜드 조인트, 폼타이 구멍 및 관통 배관부가 있고 시간이 경과하면서 구조물의 부동침하, 건조수축, 진동 및 구조적 요인 등으로 인하여 발생하는 균열부위가 있다.

구조물이 완성되고 난 뒤 발생하는 2차적인 균열에 의한 누수부의 처리방법은 지하방수 개수공법에서 주로 다루기로 하고 여기서는 건설 당시의 누수 가능성을 안고 있는 취약부의 처리방법을 알아본다.

1. 익스펜션 조인트부

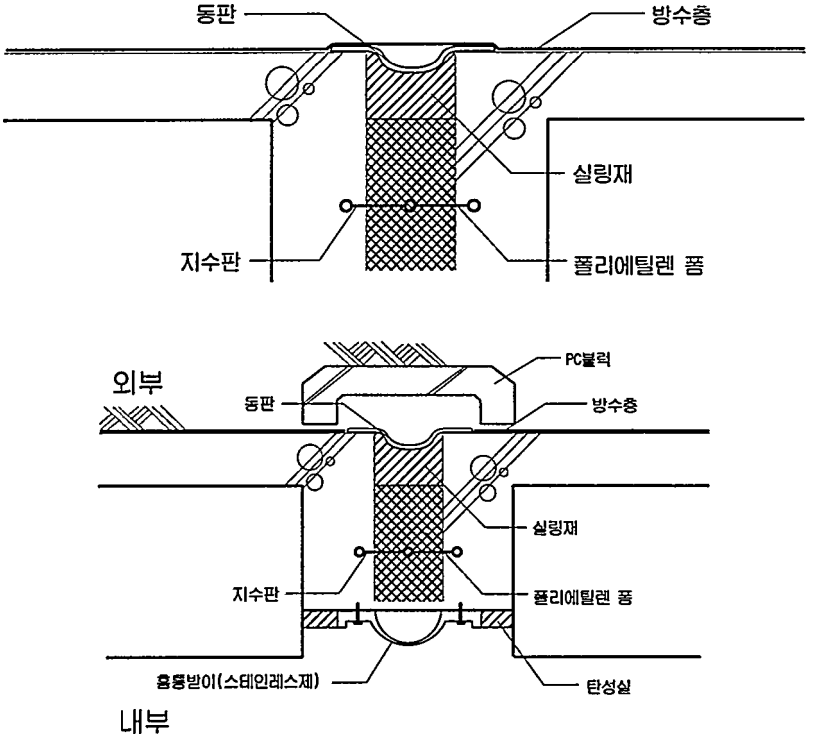
지하구조물에서 익스펜션 조인트부는 완전한 방수를 하는 것이 좋겠지만 이 부분은 별도의 단위 구조물이 연결되는 곳이므로 변형추종성을 지닌 방수처리가 필요하다. 따라서 먼저 변형에 대한 추종성이 있는 지수재로 지수처리를 하고 2차적인 방수처리를 하므로써 방수효과를 기대할 수 있게 된다.

통상 익스펜션 조인트부분은 지수판을 연결부에 삽입하도록 설계되어 있고 변형에 대하여 탄력적으로 대응하기 위하여 탄성이 우수한 재료가 사용된다. 또한 단위 구조물 사이의 공간은 여러가지 채움재로 메워지고 지층과 접하는 곳은 실링처리하는 것이 일반적인 형태이다. 이 일반적인 지하의 익스펜션 조인트부의 방수처리는 지수판의 고정위치를 정확하게 유지하고 표면 실링처리의 기밀도에 따라 지수효과가 좌우된다.

그러나 지수판의 정확한 위치와 형상유지가 어려울 뿐 아니라 완성 후의 불규칙

한 구조물의 거동으로 기밀성을 유지하기가 힘들다. 기존의 처리방법을 개선한다면 지상 평면부 익스펜션 조인트부의 개선안과 같이 연결표면부를 동판 등과 같은 보강재를 사용하는 방안을 제시할 수 있다.

그리고 2차적인 방법으로 구조물을 완성한 후 조인트부를 아크릴수지계를 직접 주입방법으로 처리하여 익스펜션 조인트부에 겔상의 신축성 있는 내부 실링층을 형성하여 조인트부의 본래 기능인 신축대응 뿐만 아니라 지수효과를 동시에 달성하는 방안도 고려할 수 있다. (그림 5.19)는 익스펜션 조인트 처리 예이다.



(그림 5.19) 지하 익스펜션 조인트부 처리 개선안 예

2. 콘크리트 타설이음부

일정한 규모 이상의 대부분 콘크리트공사는 한번에 연속해서 콘크리트를 타설할

수가 없으므로 부득이 타설이음부가 생긴다. 타설이음부는 콘크리트의 강도, 수밀성 및 내구성 측면에서도 나쁜 영향을 미치지만 지하방수에서도 커다란 약점이 되는 곳이다. 이러한 요인으로 인하여 타설이음부는 구조적으로 가장 영향이 적은 곳에서 이루어지도록 하고 가능하면 그 수를 줄여야 하며 방수 측면에서는 필히 적절한 대책을 세워야 한다.

콘크리트 타설이음부의 수밀성을 향상시키고 타설이음부의 부착을 높이는 방안으로 경우에 따라 콘크리트의 타설을 일시 중단하고 빗살모양의 강판과 보조합판을 덮는다. 이어서 콘크리트를 타설할 때는 그 면을 청소하고 나서 시멘트 페이스트 또는 모르터, 접착제 및 합성수지에멀젼 등을 바른 후 콘크리트를 타설하면 이음부의 수밀성을 향상시킬 수 있다. 그러나 이와 같은 조치 후에도 이음부에서는 완전한 수밀성을 기대하기는 어렵다. 따라서 어떤 형태로든 부가적인 지수처리를 해야 할 것이다.

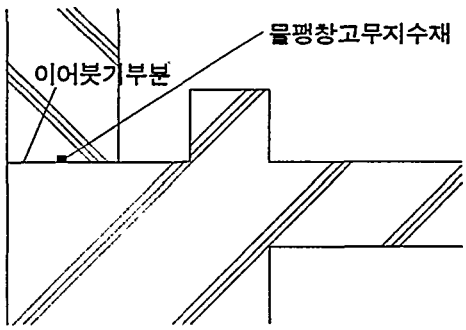
이와 같은 방법으로 지금까지는 지수판을 설치하는 방법이 가장 보편적이었으나 실질적으로 거푸집 또는 철근에 고정하여 콘크리트 타설할 때 위치가 이탈되기 쉽고 지수판의 변형 및 정확한 콘크리트의 타설 어려움으로 지수효과의 제성능을 기대하기 어려운 경우가 대부분이었다.

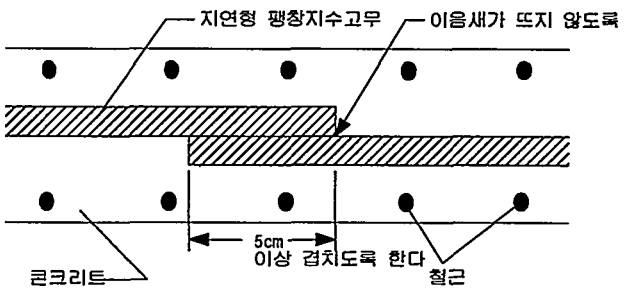
지수판의 사용은 노력에 비해 효과가 미흡하다는 것이 지금까지 지하의 누수사고 사례에서 조사된 사항이다. 따라서 이보다는 시공이 간편하면서 지수효과를 다소 향상시킬 수 있는 방안으로 지연형 수팽창성 지수고무의 사용을 고려할 수 있다.

지연형 수팽창 지수고무는 일반형 수팽창성 지수고무에 비해 초기팽창은 지연되지만 팽창은 지속적으로 일어난다. 지연형 팽창성 지수고무의 팽창특성과 지수효과 검증시험을 수행한 결과에 의하면 콘크리트의 종결시간인 8시간 경과 후에는 팽창량이 미약하며 콘크리트 내에 잉여 수분함유량이 많은 7일까지는 지속적으로

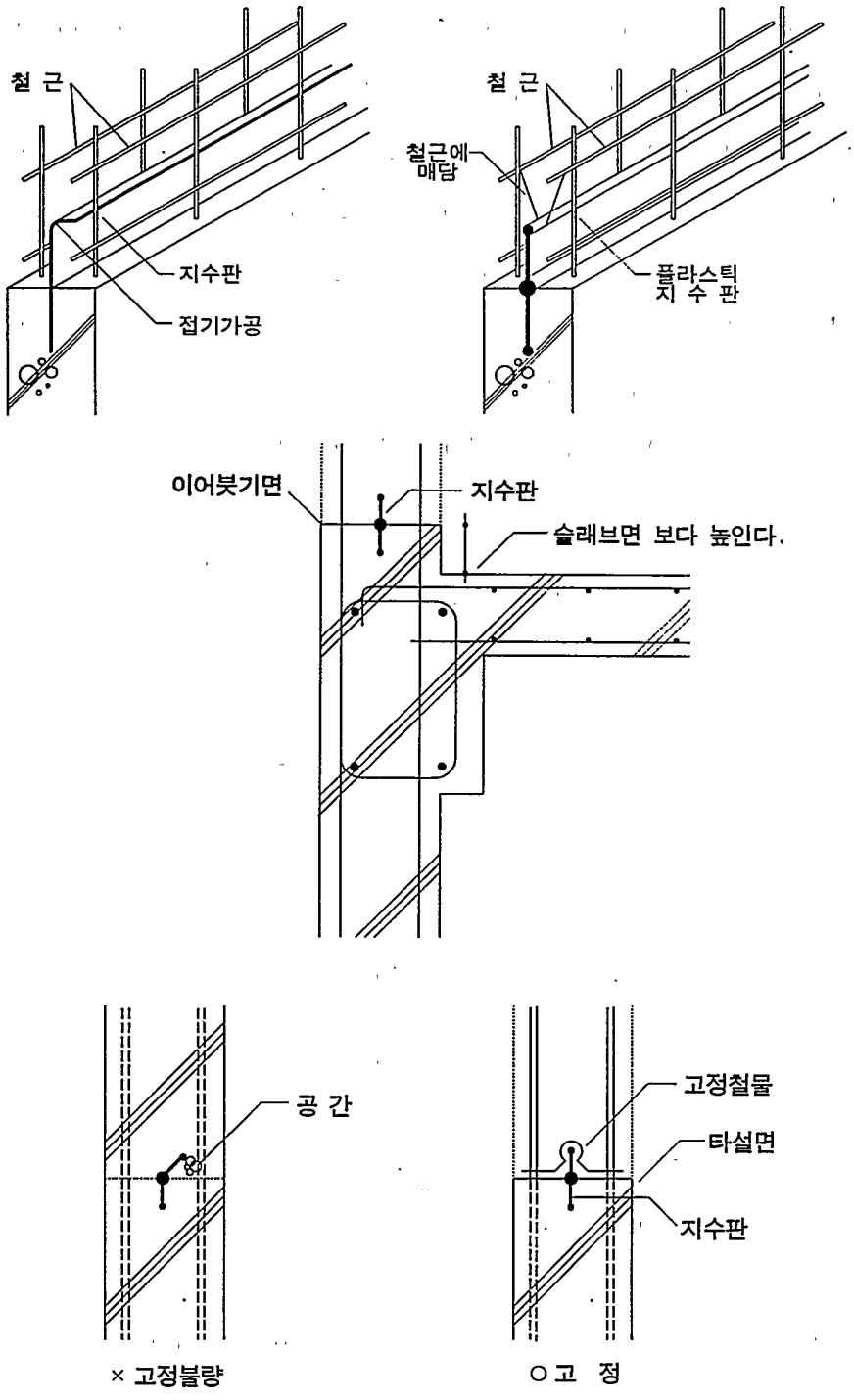
팽창이 진행된다. 그 이후는 팽창이 둔화된 안정기로 접어들고 2~3일 경과 후에는 틈새를 압밀하고 15일 경과 후에 시험한 누수시험에서는 초기 누수 유도경로로 유입된 물에 의해서 팽창을 재개하여 누수로를 차단하는 효과를 나타내었다. 이에 관련된 제반 방수성능시험은 제6장에서 다루기로 한다.

이 지연형 팽창지수고무를 이용하는 공법은 콘크리트가 덜 굳은 상태 또는 굳은 상태의 어떤 경우도 사용이 가능하며 굴곡부는 팽창성 실링재를 병행 사용하면 효과를 증대시킬 수 있다. (그림 5.20)은 지연형 팽창지수고무를 이용한 타설이음부 처리 예를 (그림 5.21)은 지수판을 설치한 타설이음부의 처리 예를 보여준다.





(그림 5.20) 지연형 팽창고무를 이용한 타설이음부 처리 개선안 예



(그림 5.21) 지수판을 이용한 타설이음부 처리 개선안 예

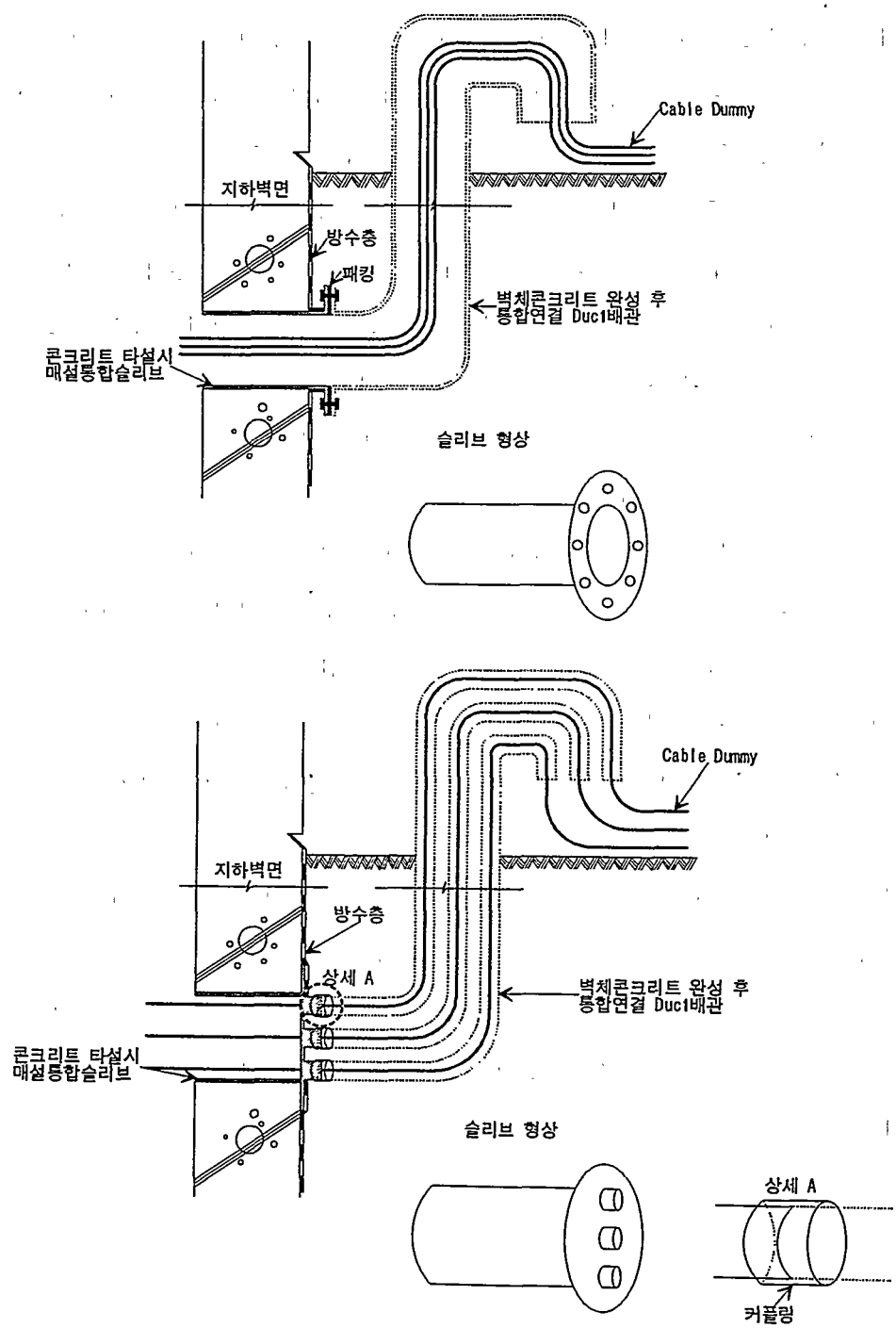
3. 지하 관통부

지하 관통부는 콘크리트의 타설이음부 보다도 누수위험성이 많은 곳이라 할 수 있고 처리가 어려우며 지하에서 배관연결을 해야 한다면 슬리브를 설치하더라도 다른 위치의 연결접속부에서 새로운 누수 가능성이 있게 된다.

따라서 발전소 구조물 지하관통부의 대부분인 통신, 제어용 케이블의 연결접속은 콘크리트 관통부의 지수처리와 같은 지엽적인 대책보다는 근본적인 배관체계의 개선이 필요하다. 그 방안의 일례로 용접과 볼트체결 등의 기계적 강접속으로 일체화된 배관을 콘크리트의 관통부에서 지표면까지 설치하고 케이블 덕트의 대부분을 지상부에서 연결하여 지하에서의 누수 가능성을 최대한 방지하는 등의 연결부 처리위치에 대한 개념의 전환이 필요하다.

콘크리트 관통지점에서의 지수처리는 콘크리트 타설이음부와 마찬가지로 시공이 어렵고 효과에 대한 신뢰성이 떨어지는 지수판을 이용한 처리보다는 지연형 팽창 지수고무를 이용하는 방법이 보다 효과적이라고 판단된다. 여기에 배관 또는 슬리브 설치 후에 고무아스팔트 뿜칠공법으로 주 방수층을 형성한다면 구조물 준공 초기부터 누수에 대한 부담을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. (그림 5.22)는 지하 관통부의 처리 개선안 예를 보여준다.

이 개선안은 콘크리트 타설시 슬리브를 미리 기밀 처리하여 매설하고 연결부를 기계적으로 강접속한 후 지상으로 관통배관을 부착 연결하는 방법이다. 두가지 매설 슬리브의 차이는, 하나는 대구경의 단일 관통배관으로 연결되고 다른 하나는 매설부는 단일 관통배관이며 외부 연결배관은 각각의 단위 배관으로 형성되어 있는 점이다.



(그림 5.22) 지하 관통부 처리개선안 예

제 6 장 방수성능시험

제 6 장 방수 성능 시험

제 1 절 개요

방수 성능시험은 4장의 발전소 구조물의 방수 실태조사, 5장의 적정 방수재료 및 공·구법 선정에서 조사·연구된 발전소 방수 적용부위별 방수시스템의 적용성 및 효율성을 검토하는데 시험의 목적이 있으며 시험의 범위는 방수부위별 주성능 사항에 대하여 실시하는 시험이다.

성능시험은 적정방수 공·구법 선정 및 방수체계 개선이라는 시험취지에 충실하기 위하여 방수재료 자체에 대한 성능시험인 규정(KS, JIS 등)시험은 생략하고 실제 방수공사 현장의 감리 및 시공사가 공인 시험기관에서 수행한 시험성적서로 대신한다.

성능시험을 크게 나누면 옥상방수에서 가장 큰 열화요인을 제공하는 열적환경에 대한 방수층의 온도영향시험, 촉진 열 열화시험, 탈기 및 들뜸시험과 현장실태조사를 바탕으로 제안한 지하방수 개선안의 적용성 검토시험, 그리고 방수부위 중에서 가장 취약부에 해당하는 관통부에 대한 관통부 열 전달시험으로 나눌 수 있다.

시험결과의 분석을 통하여 적정 공·구법에 대한 평가 및 개선방향 제시와 시험과정에서 도출된 방수체계의 보완사항을 찾는데 성능시험의 의의를 둔다.

제 2 절 촉진 열 열화시험

1. 시험개요 및 목적

지붕 및 옥상방수의 가장 큰 열화요인은 열적환경으로써 방수층의 열화진행은 시간의 경과에 따라 지속적으로 서서히 일어난다. 정확한 시험조건은 옥외에서 장기폭로시험을 실시하여 계절의 변화를 반영하는 실질적인 열 열화 현상을 관찰하여야 하겠지만, 연구진행상 장기적인 시험을 수행하기 어려우므로 외국의 시험 예를 기준으로 하여 시험온도를 상승시키거나 가혹하게 변화시킨 촉진 열 열화시험을 실시한 결과를 토대로 방수재료간의 상대적인 열적 성능을 비교·평가하는데 시험의 목적이 있다.

본 시험에 선정된 재료는 적정 공법 선정의 연구과정에서 비교적 적용성이 있다고 판단된 것 중에서 현재 발전소에서 적용되는 것과 향후 발전소에서 적용이 고려되는 재료로 선정하였다.

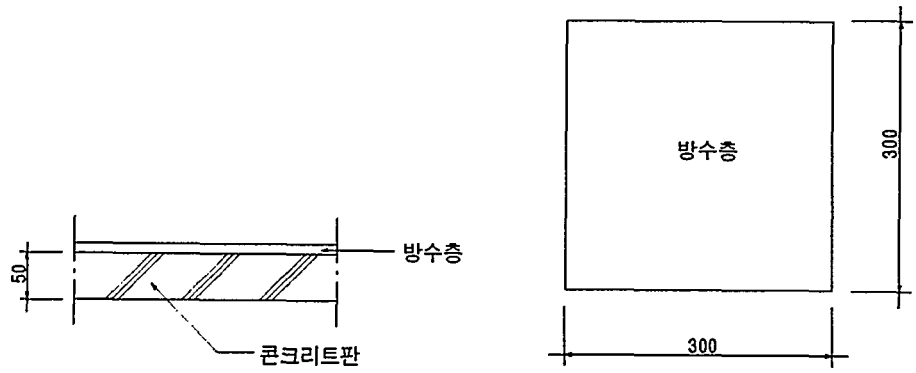
1차 시험에서는 고온→상온→저온의 급속한 온도변화를 반복하여 이에 따른 재료의 촉진 신축·열화현상을 시험하고, 2차 시험에서는 지속적으로 고온을 작용시켜서 방수재료의 열적 내구성을 시험한다.

2. 시험체

가. 1차 촉진 열 열화시험체

본 시험체는 옥상 평면부에 적용되는 바탕 콘크리트를 모체로 하여 그 위에 직접 방수층을 형성하며 시험체의 형상은 (그림 6.1)에 나타낸 크기의 정사각형 축소모델로 만들었다. 각 방수층의 접착방법은 방수재료에 대한 각각의 방수공법, 즉 열공법 및 접착제를 사용하는 상온공법 등 재료의 시공방법대로 적용하였다.

1차 시험에 사용된 방수재료는 개량아스팔트 2종과, 합성고분자 루핑 1종 무기질 도막방수 1종의 총 4종이다. <표 6.1>은 1차 시험에 사용된 방수재료표이다.



(그림 6.1) 1차 촉진 열 열화 시험체의 형상

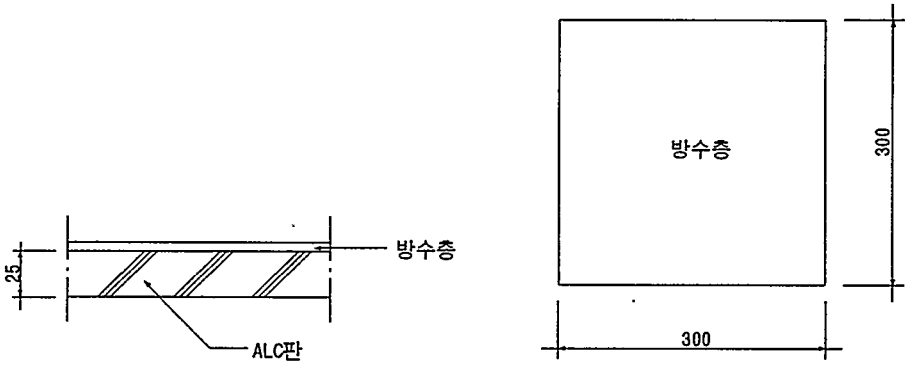
<표 6.1> 1차 촉진 열 열화 시험용 시험체 구성

시험종류	규격 (mm)	시험체 바탕	방수재료	시험체수
촉진 열 열화시험	300×300×50	콘크리트	개량아스팔트 I	2
			개량아스팔트 II	2
			합성고분자 루핑	2
			무기질 도막방수	2

나. 2차 촉진 열 열화시험체 형상

본 시험체는 1차 시험체가 콘크리트를 직접 타설해야 하고 두께가 비교적 두꺼워서 시험체를 다루기가 어려우며 부피가 커서 항온항습기에 많은 양의 시험을 할 수 없었다. 따라서 비교적 제작이 간편하고 다량의 시험체를 시험할 수 있으며 1차 시험체에 비교하여 시험효과의 차이가 별로 없는 ALC판 위에 방수층을 형성한 (그림 6.2)와 같은 시험체를 적용하였다.

2차 시험에 사용된 방수재료는 1차 시험에 사용된 4종과 1차시험 이후에 신소재로 소개된 도막재료의 일종인 침투성 도막재 1종을 추가하였다. <표 6.2>는 2차 시험에 사용된 방수재료표이다.



(그림 6.2) 2차 촉진 열 열화시험체의 형상

<표 6.2> 2차 촉진 열 열화시험용 시험체 구성

시험종류	규격 (mm)	시험체 바탕	방수재료	시험체수
촉진 열 열화시험	300×300×25	ALC 판	개량아스팔트 Ⅰ	3
			개량아스팔트 Ⅱ	3
			합성고분자 루핑	3
			무기질 도막방수	3
			침투성 도막방수	3

3. 시험방법 및 과정

가. 1차 촉진 열 열화시험

1차 촉진 열 열화시험에 사용된 장비는 -10℃~80℃의 온도를 유지할 수 있는 항온기를 사용했으며 시험은 다음의 순서에 따랐다.

① 시험체 제작 및 양생

② 시험체를 항온기의 고온조건 (80±2℃)에서 48시간 방치

③ 시험체를 항온기의 상온조건 (20±2℃)에서 72시간 방치

④ 시험체를 항온기의 저온조건 (-10±2℃)에서 48시간 방치

⑤ 3과정 온도조건 변화를 1 Cycle로 하여 열화현상, 열화빈도 및 면적 분석

⑥ 2~4 Cycle의 주기별로 동일한 시험분석 실시

나. 2차 촉진 열 열화시험

2차 촉진 열 열화시험은 1차 시험에 사용된 동일한 장비를 80℃의 항온상태로 두고 다음의 순서에 따라 시험하였다.

① 시험체 제작 및 양생

② 시험체를 항온기에 넣고 고온(80℃)조건을 지속적으로 유지

③ 1주 경과시마다 시험체의 열화현상, 열화빈도 및 면적 분석

한편, "JASS 8 멤브레인 방수층의 성능평가 시험방법"에 따른 열 열화촉진 정도는 80℃ 7일이 3년의, 80℃ 28일이 10년의 자연열화에 해당한다.

4. 시험결과 및 분석

가. 1차 촉진 열 열화시험

고온→상온→저온의 온도변화에 따른 방수재료의 열화현상 및 신축변화 정도를 시험한 1차 시험결과를 정리하면 <표 6.3>과 같다.

나. 2차 촉진 열 열화시험

발전소의 천정부분이 계절에 상관없이 40~60℃ 범위의 비교적 고온환경이며, 옥상 평면부 적정 구법 선정방안에서 제안되는 구법들의 대부분이 방수층 상면에 보온층이 있는 USD(Upside-Down) 공법이므로, 2차 시험에서는 1차 시험에 비교하여 고온조건(80℃)에서 재료의 촉진된 열적 열화현상을 시험하였다. <표 6.4>는 2차 시험결과를 정리한 것이다.

<표 6.3> 1차 촉진 열 열화시험결과

방 수 재 료	시 험 결 과	비 고
개량 아스팔트(Ⅰ)	◦1cycle 경과 후 2개 시험체 모두 80℃에서 미약한 연화(軟化)현상 발생 ◦연화현상과 동반하여 주름현상 발생 ◦1cycle 경과 후 면적비 1/30미만의 들뜸이 발생하였으나 추가 cycle 경과 후 들뜸의 진전은 없음 ◦주름현상은 cycle이 진행될수록 점차 확대되었으나 심한 변형은 발생되지 않음	
개량 아스팔트(Ⅱ)	◦1cycle 경과 후 미약한 주름현상 발생 ◦중심부에 면적비 1/30 미만의 들뜸현상 발생 ◦개량아스팔트(Ⅰ)에 비해 연화현상은 덜하나 주름현상은 상대적으로 심함	
합성고분자 루핑	◦시험공정 완료 후 별다른 변화 현상 없음 ◦육안관찰에 의한 방수층의 접착력에도 특이한 변화 현상 없음	
무기질 도막방수	◦연화현상은 없음 ◦1cycle 경과 후 시험체 중심부위에 면적비 1/20정도의 들뜸 발생 ◦3cycle 경과 후 들뜸부위 면적비 1/5정도까지 확대 ◦4cycle 진행 중 들뜸부위에 약 3cm 정도의 파단 발생 ◦시험공정 완료 후 6~8cm 정도의 파단 진전	

<표 6.4> 2차 촉진 열 열화시험 결과

방 수 재 료	시 험 결 과	비 고
개량아스팔트(Ⅰ)	◦1주 경과 후 3개 시험체 모두 주름 발생 ◦2주 경과시부터 재료가 용융상태로 되기 시작 ◦4주 경과 후에는 시험체 측면으로 아스팔트분이 조금 흘러내림 ◦평탄성은 상실했으나 들뜸은 발생하지 않음	
개량아스팔트(Ⅱ)	◦시험 초기에 곧바로 평탄성 상실 ◦시간 경과에 따라 평탄성 상실정도 점차 심화됨 ◦들뜸현상은 없으나 열에 의한 파형 수축 현상 쉽게 발생함	
합성고분자루핑	◦접착제, 프라이머의 용융현상 약간 발생 ◦대체적으로 내열성능은 우수함 ◦4주 후 3개 시험체 모두 변형 발생 없는 양호한 상태	
무기질 도막방수	◦방수바탕이 완전히 건조한 상태에서 들뜸현상 거의 발생않음 ◦열적 성능 양호함	
침투성 도막방수	◦2주 경과 후 1개의 시험체에서 들뜸현상 발생 ◦시간경과에 따라 들뜸현상 전반적으로 확대됨 ◦상온에서 냉각시에도 들뜬 부위 원상회복되지 않음	

다. 촉진 열 열화특성 분석

1, 2차 촉진 열 열화시험의 제한된 방수재료에 대하여 시험한 결과, 재료별로 열적특성을 파악할 수 있었다. 시험결과를 토대로 한 각 재료별 열적특성은 <표 6.5>에 정리하였으며, 재료들의 상대적인 열적특성을 종합해보면 다음과 같다.

(1) 개량아스팔트

바탕층이 습윤상태에서 방수층이 형성되었을 때는 별도의 탈기시스템을 설치하지 않으면 다소의 들뜸현상을 피할 수 없을 것으로 여겨지며, 고온(80℃)에서 미약한 연화 및 주름현상이 발생하였다. 탈기 및 들뜸 시험에서 측정한 결과에 의하면 발전소 터빈 건물의 천정 온도가 최고 65℃일 때 방수층의 온도가 60℃ 정도로 개량아스팔트의 연화점(80~100℃)에 이르기 까지는 상당한 온도여유가 있다. 따라서 내열성 측면에서 개량아스팔트의 사용은 문제가 되지 않으며, 오히려 그 온도 범위에서 방수재료의 연성이 적당히 유지되는 상태일 것이므로 신축대응력은 양호한 것으로 추정된다.

그러므로 별도의 탈기대책을 마련하고, 보호층을 두는 구법을 적용할 때 개량아스팔트는 옥상방수 재료로서 타당하다고 할 수 있다.

(2) 합성고분자 루핑

시험결과에서 보는 바와 같이 열에 의한 열화 저항성은 우수한 재료로 판단되며, 외기 노출되었을 때 오존(O_3) 열화에 의한 경화현상을 검토 못한 상태이지만, 열적 성능의 관점에서는 보호층이 없는 노출방수체계에 사용하여도 무리가 없을 것이다.

단, 비교적 재료비 단가가 비싸며 보행 또는 경보행 옥상에서 적용할 때는 외부충격에 의한 방수결함 발생 가능성이 높다.

(3) 무기질 도막방수

발전소 방수에서 방수바탕은 대부분 콘크리트층으로서 공정상 완전건조 후 방수공사에 임하기는 어렵다. 개략적으로 추정할 때 바탕 콘크리트를 타설하고 1개월

정도 양생 후 방수공사를 실시하는데 물시멘트(W/C)비가 50~60%인 콘크리트의 경우 이 시점에서 중량비로 4~6%의 증발가능수(Evaporable Water)가 있다.

이 증발가능수가 방수층 아래에서 결로, 기화, 팽창 과정을 반복하면서 방수층의 들뜸현상을 야기시키며 무기질 도막방수제의 탈기성능 범위를 초과할 때 들뜸 발생 가능성이 크다. 비록 촉진시험이었으나 들뜸이 발생하였고 무기질 도막방수제의 탈기성능은 미약한 것으로 판단되며, 실제 폭로상황에서도 들뜸현상은 마찬가지로 발생할 것으로 추정된다. 또한, 무기질 도막방수제는 일단 변형이 발생하면 원상회복이 불가능한 잔류변형이 남게 되어 커다란 취약부를 형성하게 된다. 따라서 경제성에서도 불리한 이 방수재료를 옥상슬래브에 적용하기에는 어려움이 있다.

(4) 침투성 도막방수

시험결과, 고온건조 환경하에서도 들뜸이 발생하고 바탕층에 침투되는 효과를 구체적으로 확인하기 어려우며, 탈기성능도 미약한 것으로 판단되어 옥상방수에 적용할 장점이 없다.

이상의 시험결과로 볼 때, 경제성을 고려하지 않는 범위에서는 합성고분자 루핑 방수재료가 열적 성능이 가장 우수하다고 볼 수 있다. 그러나 이 재료는 주로 경보행 또는 비보행의 노출방수체계에 적합하도록 구성되어 있으므로 노출방수가 어려운 발전소 옥상의 환경적 조건에 비추어 볼 때 적용이 어렵다. 추가로 보호층을 두고 탈기대책을 마련한다면 효과적인 옥상방수가 될 수 있지만 보호층을 둘 경우 재료상태의 파악이 어렵고, 경제적인 측면에서 재료비가 상당히 비싼 결점이 있다. 따라서 고온에서 다소의 주름현상과 연화현상은 발생하나 방수성능에는 커다란 결점이 없고 경제성에서 비교적 우위에 있는 개량아스팔트가 발전소 터빈 건물의 옥상 방수재료로 적절하다고 사료된다.

<표 6.5> 촉진 열 열화 특성 분석

방 수 재 료	열 열 화 특 성
개량아스팔트(Ⅰ)	◦습윤 바탕에서는 열 촉진시 다소의 주름 및 들뜸 발생 ◦바탕면에 대한 부착도는 대체로 양호함 ◦재료의 복원력은 비교적 양호한 편으로 방수층 위에 누름층을 두는 구법을 채용할 경우 옥상방수 재료로 문제점이 별로 없을 것으로 추정됨
개량아스팔트(Ⅱ) (고무화 아스팔트)	◦개량아스팔트(Ⅰ)과 거의 유사한 재료적 특성을 나타냄 ◦개량아스팔트(Ⅰ)에 비해 상온에서 복원력은 더욱 우수한 편이었으나 주름변형이 더욱 심하였고, 수직부의 흘러내림이 개질아스팔트(Ⅰ)에 비해 약간 심함 ◦수직부에 적용시 반드시 물리적 고정이 필요할 것으로 사료됨 ◦비교적 일사량이 적은 지역 또는 위치의 옥상방수재료로 무리가 없을 것으로 판단됨
합성고분자 루핑	◦고온에서 접착제가 다소 용융상태를 나타내나 그 정도는 미약한 편으로 대체로 열 열화환경에서 양호한 재료의 상태를 유지함 ◦방수체계를 노출로 해야되는 부위에서는 가장 적합한 재료로 판단됨
무기질 도막방수	◦바탕층에 수분이 있는 상태에서 열 열화환경에 처하게 될 때는 들뜸이 발생하나 건조상태에서는 부착력 미비에 의한 들뜸 현상은 없음 ◦들뜸이 발생된 부분은 상온에서도 원상태로의 수축이 되지 않음 ◦이것은 방수재료 자체가 무기질로서 수중기압에 의하여 일단의 변형이 발생한 경우 그 변형이 완전한 소성변형으로 잔류하여 원상회복을 할 수 없기 때문임 ◦이 들뜬 부위가 취약부가 되어 누수사고를 일으킬 소지가 있음
침투성 도막방수	◦고온건조환경하에서 들뜸현상이 발생하는 것으로 볼때 습윤환경하에서도 들뜸 발생할 수 있음 ◦무기질 도막방수 보다 탈기성능은 미약한 것으로 생각됨 ◦옥상방수에 적용하기에는 뚜렷한 장점이 없음

제 3 절 탈기 및 들뜸시험

1. 시험개요 및 목적

옥상슬래브 콘크리트에 함유된 수분은 방수층에 여러가지 영향을 미치게 된다. 옥상슬래브 콘크리트에 관계하는 수분에는 콘크리트 혼합수와 방수층 시공전에 내린 강우 등에 의해서 미리 함유되는 물과 방수층 시공후에 건물내부 천정에서 이동되는 수증기가 있다. 이러한 모든 수분이 기체 혹은 액체상태로 방수층의 방수성능 저하, 단열층의 단열성능 저하 등의 악영향을 미치게 된다.

옥상슬래브의 하측에서의 습기의 이동은 상당히 복잡한 현상이며, 특히 상대습도가 85% 이상이거나 물체의 양측면에서 온도차가 있는 경우에는 이동습기의 정량화는 곤란하게 된다. 보통 정성적으로는 습도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로, 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동하게 된다. 따라서 옥상슬래브의 표면이 하면보다 저온이 되는 동기 및 각 계절의 야간이나 새벽에는 실내측에서 슬래브를 통하여 방수층으로 습기가 이동할 가능성이 높으며, 발전소 터빈 건물과 같이 천정이 항상 고온다습한 환경에서는 수분의 이동은 지속적으로 이루어지고 있다고 할 수 있다.

본 시험은 방수층의 기능손실 중에서 가장 큰 요인인 들뜸현상과 탈기구 설치에 의한 들뜸감소·방지 효과를 확인하기 위한 시험으로써 시험목적을 정리하면 다음과 같다.

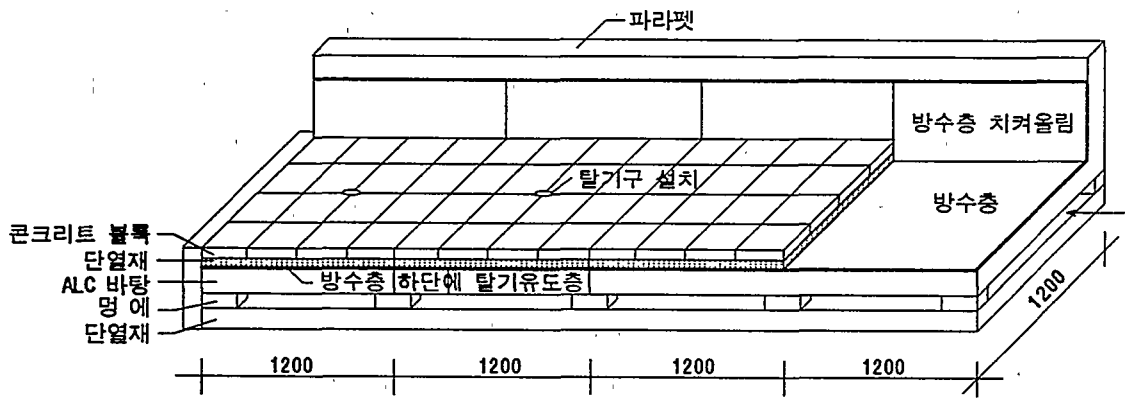
- 개량아스팔트 방수층의 열접착·노출밀착공법의 들뜸저항 확인
- 블록 자중에 의한 들뜸방지 효과 확인
- 방수층의 들뜸 및 보호층의 박리·균열 등을 효과적으로 제어할 수 있는 탈기공법 선정

2. 시험체

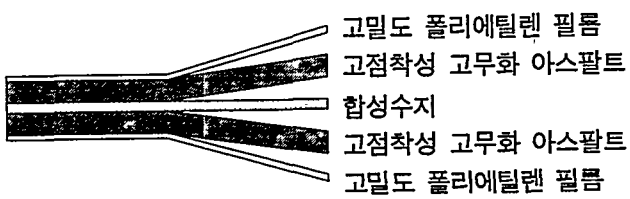
본 시험은 방수재료별 접착공법에 따른 들뜸 및 탈기특성을 시험분석하기 보다는 방수구법의 변화에 따른 들뜸 및 탈기현상 검토에 목적을 두고 있기 때문에 적용 방수재료는 앞절의 촉진 열 열화시험에서 터빈 건물 옥상방수에 가장 적정한 재료로 평가된 개량아스팔트로 한정하여 시험하였다.

시험체의 구성과 적용구법은 아래와 같으며 (그림 6.3)은 시험체의 개략도를 나타낸다. 또한 (사진 6.1)과 (사진 6.2)는 시험체의 제작과정과 완성된 시험체이다.

- 바탕판 ALC, 방수재료는 개량아스팔트
- 적용구법 : 노출, 블록누름 단열, 탈기구 설치 블록누름 단열, 탈기유도 테이프 블록누름 단열구법의 4가지 구법



(그림 6.3) 탈기 및 들뜸 성능시험 개략도



(그림 6.4) 개량아스팔트 시트의 구성

본 시험에 사용된 개량아스팔트 시트의 단면구성과 재료물성은 (그림 6.4)와 <표 6.6>과 같다.

<표 6.6> 개량아스팔트의 재료 물성

항 목	단 위	물 성
인장력	kgf/cm	12.2 이상
신장율	%	15 이상
항장성	kgf·%/cm	255 이상
인열성능	kgf	3.1 이상
저온유연성	℃	-15 이하
내열성		흘러내린 길이 : 5mm 이하
접합강도	kgf/cm	5.1 이상
접착강도	kgf/cm^2	1.0 이상

3. 시험방법 및 과정

(그림 6.3)과 같이 제작된 시험체를 증기공급관을 통해서 바탕층 하부 공간에 증기를 지속적으로 공급하면서 방수층의 들뜸 현상을 관찰한다. 공정의 단계별로 간략히 정리하면 다음과 같다.

(1) 공정 Ⅰ : 바탕판(ALC) 하부 공간에 고온의 수증기를 계속적으로 공급하므로써 수증기에 의한 들뜸을 유도

* 바탕층 하부온도 : 65℃

블록누름 구법의 방수층 온도 : 60~65℃

단열재 상면 온도 : 40℃

(2) 공정 Ⅱ : 시험체 마감층 상면의 결로 유도 위해 얼음 적재

(3) 공정 Ⅲ : 결로수 기화로 인한 체적팽창을 유도하기 위해 시험체 상부면을 발열체로 가열 25~30℃ 온도 유지

4. 시험결과 및 분석

공정별로 시험관찰한 내용을 정리하면 <표 6.7>과 같다.

<표 6.7> 탈기 및 들뜸 시험공정별 시험결과

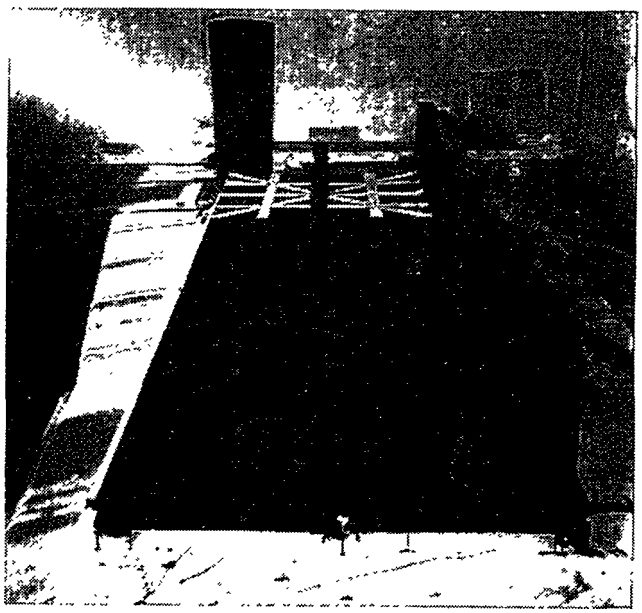
공정 Ⅰ	◦노출구법에 부풀음 현상 및 방수층 아래면에 수분축적 현상 다소 발생 ◦누름블록 적용구법은 방수층의 연화현상은 있으나 들뜸이나 수분 축적 현상 없음
공정 Ⅱ	◦노출방수층 이면에 다량의 수분이 형성 ◦방수바탕층의 높은 온도와 방수층 상부의 급작스런 온도저하로 인한 결로수 생성
공정 Ⅲ	◦공정 Ⅰ에서 나타난 부풀음 현상이 심화된 상태이며 방수층 이면에 상당량의 수분이 축적되었음 ◦누름블록을 적용한 구법에서는 부풀음 현상이 발견되지 않음 ◦탈기구를 적용한 구법과 적용치 않은 구법 사이의 차이점 발견 안됨

이상의 시험결과를 분석·정리하면 다음과 같다.

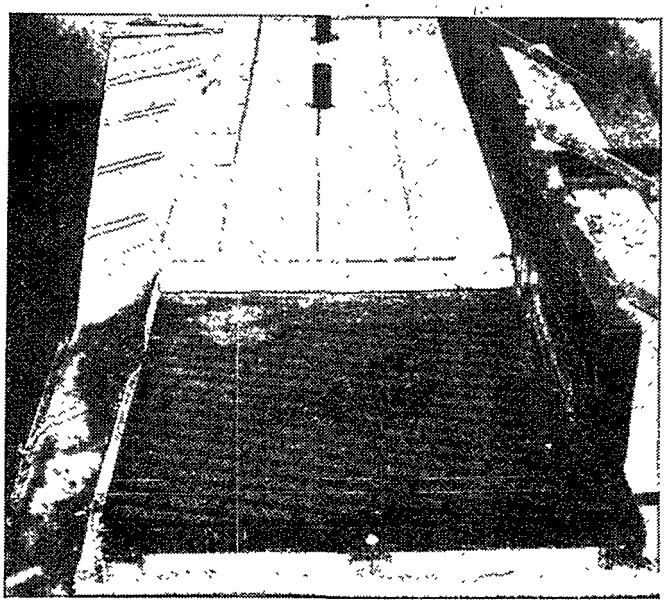
- 노출공법은 들뜸방지를 위한 필요접착강도(10.5 kgf/cm^2)가 확보되더라도 장기적으로 바탕층 자체에서 생성되는 수증기가 공급되는 상황에서는 결국 들뜸현상이 발생
- 블록누름구법에서는 비록 단기간의 촉진시험이었지만 들뜸현상이 없고 방수

층 이면까지 수분축적이 발생하여도 접착력이 상실되지 않은 것으로 보아 들뜸을 방지하고 방수층 보호를 위해서는 누름이 필수적임

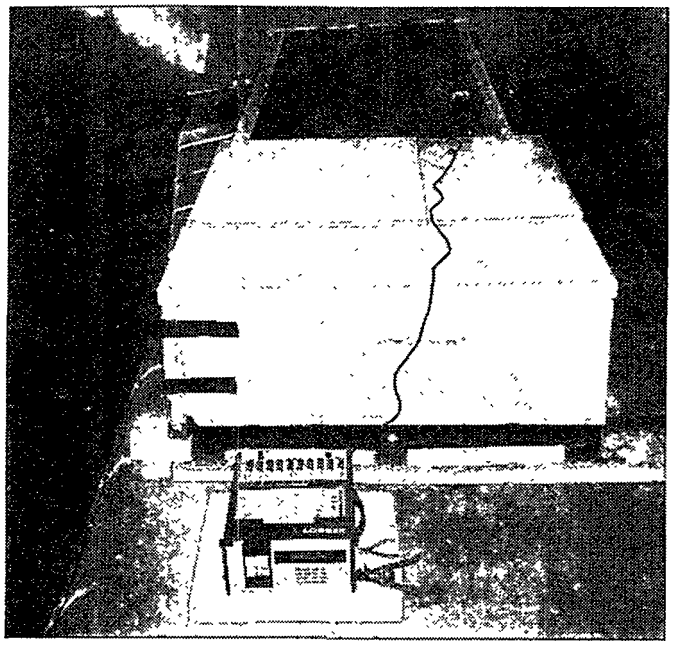
- 열공법으로 시공했을 때 방수층과 단열층이 접착되는 관계로 누수위치 확인과 보수시 제거가 어려워 유지관리상 문제점 있음
- 열공법 적용시 방수층과 단열층의 이격이 필요하며 방수층 위에 얇은 PE필름층을 두는 것이 이격과 방수효과면에서 유리함



(사진 6.1) 들뜸 및 탈기시험체 제작과정



(사진 6.2) 완성된 들뜸 및 탈기시험체



(사진 6.3) 들뜸 및 탈기시험체 구성층 온도측정

제 4 절 방수층의 온도영향 시험

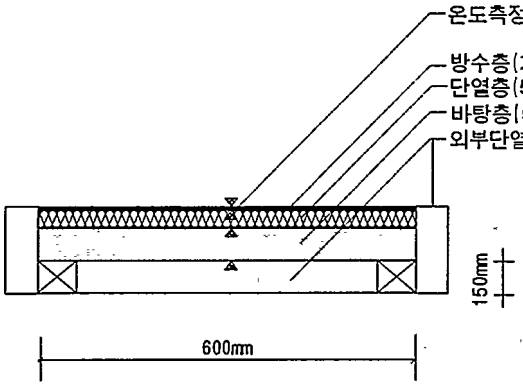
1. 시험개요 및 목적

본 시험은 현재 발전소 구조물의 방수체계와 동일하게 구성된 방수구법과 개선된 방수구법에 대하여 일사열 등 외기의 환경조건이 방수층에 미치는 열적영향 및 기타 영향요인을 시험을 통하여 규명하고, 열적성능이 우수한 방수체계를 제시하고자 함.

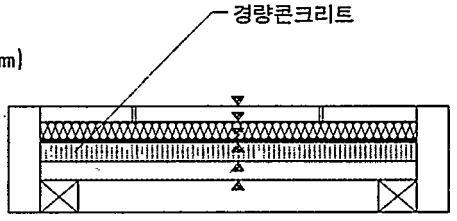
2. 시험체

본 시험을 위한 시험체는 기존 발전소의 옥상방수체계 중 1개의 방수체계를 선정하여 단열층의 위치를 변화시켜 (그림 6.5)와 같이 3가지 형태의 시험체를 제작하였으며, 5장의 적정방수 공·구법 선정방안에서 검토한 방수구법 형태 중 효율성이 좋은 구법으로 평가되는 3가지의 방수구법을 (그림 6.6)과 같이 동일한 크기 600×600×방수체계(두께 가변)mm로 제작하였다. <표 6.8>은 시험체의 방수체계 구성을 나타낸 것이며, (사진 6.4)와 (사진 6.5)는 시험체 설치 및 측정상황이다.

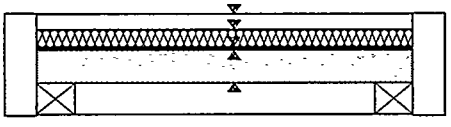
시험체 제작에 사용된 재료는 시험목적상 동일한 조건을 유지하기 위하여 개량아스팔트 시트 1층으로 동일하게 적용하였다. 또한 발전소 터빈 건물의 천정부 즉, 옥상슬래브 하단은 계절에 관계없이 거의 일정한 온도를 유지하므로 바탕 슬래브 아래의 온도변화는 주지 않았다.



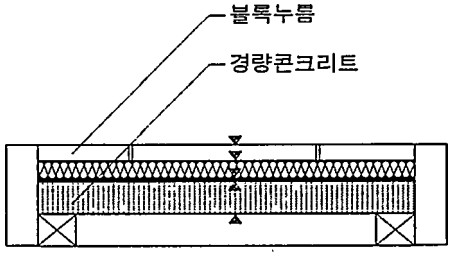
Type Ⅰ



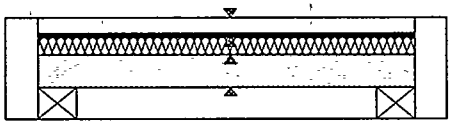
Type Ⅳ



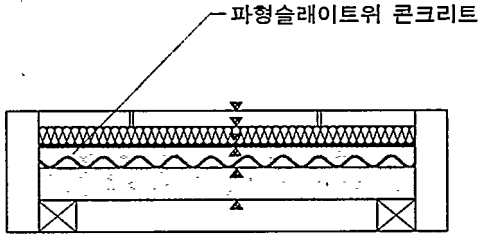
Type Ⅱ



Type Ⅴ



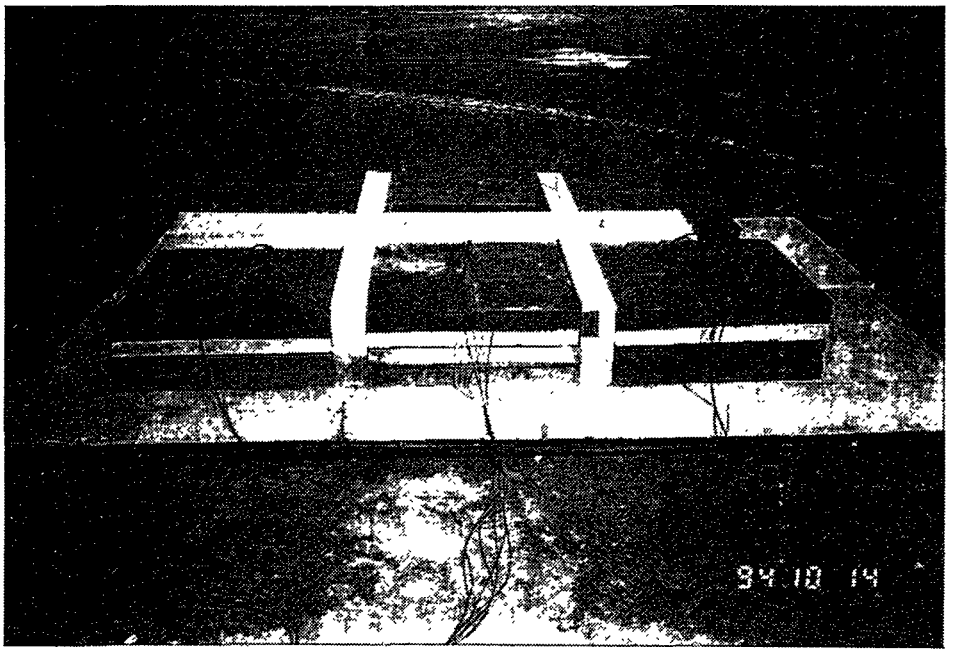
Type Ⅲ



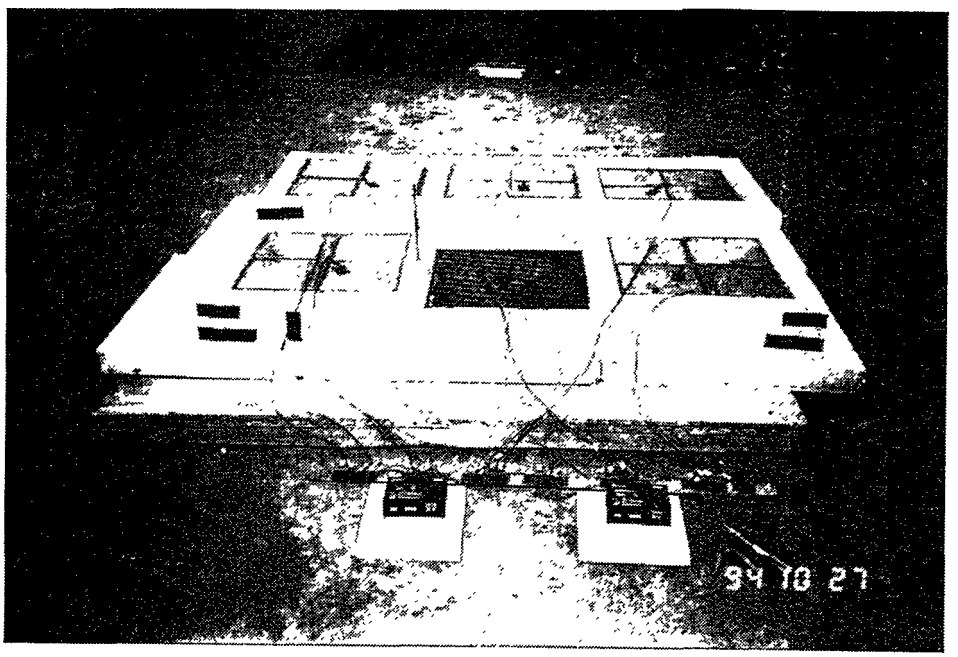
Type Ⅵ

(그림 6.5) 기존 발전소 구조물의 방수층 구법변화

(그림 6.6) 개선된 방수체계의 예



(사진 6.4) 옥상 방수층 시험체 설치 상황



(사진 6.5) 일사열에 의한 옥상 방수층의 온도변화 측정 상황

<표 6.8> 시험체의 방수구법

구분	Type별 방수체계 구성			비고
기존 발전소 구조물의 방수구법	Type Ⅰ	Type Ⅱ	Type Ⅲ	그림 6.5
	- 방수층 - 단열층 - 바탕층	- 보호층 - 단열층 - 방수층 - 바탕층	- 보호층 - 방수층 - 단열층 - 바탕층	
개선된 방수공법	Type Ⅳ	Type Ⅴ	Type Ⅵ	그림 6.6
	- 보호블럭 - 단열층 - 방수층 - 경량 콘크리트 - 바탕층	- 보호블럭 - 단열층 - 방수층 - 경량 콘크리트	- 보호블럭 - 단열층 - 콘크리트 채움층 - 파형 슬레이트 - 바탕층	

3. 시험방법 및 과정

방수층의 온도영향 시험과정을 간략히 기술하면 아래와 같다.

① 각 구법별 시험체 제작

② 시험체 제작시 각 구법의 구성층에 열전대 매설

③ 열전대 리드선을 Data Logger에 연결

④ 일정한 측정간격(10분 간격) 설정

⑤ 동시에 각층별 온도 측정

⑥ Data Logger에서 기록된 측정치를 PC로 전송

⑦ 기록 데이타 분석

4. 평가기준

방수층이 내부 및 외부로부터 열의 영향을 받으면 열화가 촉진된다. 그러나 온도의 상승이 방수층에 어느 정도의 열화를 촉진하는지에 대해서는 현단계에서 명확치 않으며 평가항목 및 방수층을 구성하는 재료 등에 의해서도 큰 차이가 있다.

열적요인이 방수층에 끼치는 영향에 대하여 문헌상에 나타나 있는 내용을 일부 소개하면 다음과 같다.

(1) JASS 8 방수공사(일본건축학회, 1993)

고무 시트의 역학적 성질을 척도로 한 이전의 연구를 근거로 계산하여 80℃ 1주일이라는 조건은 일본 동경지방에서 사용하는 노출단열방수의 약 3년 정도의 자연열화에 해당하고, 28일의 경우 약 10년으로 평가하며 열 열화시험시 80℃에서 70℃로 낮출 경우 열화시간을 3배로 늘린다.

(2) 건축 방수 시스템 핸드북(일본, 건축방수 시스템 핸드북 편집위원회)

방수층의 열에 대한 내구성능에서 멤브레인 방수층을 형성하는 고분자 재료는 열의 영향을 받아서 변질하는 정도가 큰 재료로서 「10℃ 수명반감설」 즉, 「온도가 10℃ 상승하면 방수층에 사용되고 있는 고분자 재료의 어느 일정량까지 변질하는 시간이 반감한다」라고 말하고 있다. 즉, 화합물의 화학반응은 온도에 큰 영향이 있다는 것을 생각하면 이해가 쉽다.

옥상방수에 있어 멤브레인 방수층의 사용 환경온도를 내리게 되면 방수층의 열화를 억제하는 효과를 기대할 수 있다. 단열재 위에 방수층을 배치하는 종래 공법에서는 방수층에 온도의 고저차가 크게 나타나는 방수층 아래 단열층이 있는 공법이나 최근에는 방수층을 단열재 밑에 형성하는 USD 공법이 방수층이 받는 온도차가 적어 방수층의 열화억제 효과가 큰 것으로 된다. 또한 방수층의 표면온도를 상승시키지 않도록 하기 위해 방수층과 보호층과의 사이에 공극을 설치하여 공기의 이동에 의해 온도의 상승을 억제하는 것도 유리한 방법이다.

5. 시험결과 및 분석

가. 기존 발전소 구조물 방수구법 시험결과

(1) Type Ⅰ

일사열에 의한 방수층의 온도변화 측정치를 그래프로 나타내면 (그림 6.7)과 같으며 시험결과의 중요사항을 정리하면 다음과 같다.

- 방수층 최고온도 40.8℃, 최저온도 4.5℃
- 외기온 최고온도 18.8℃, 최저온도 5.2℃
- 방수층 온도차이 36.3℃, 외기온 온도차이 13.6℃

노출방수층의 최고, 최저 온도 차이가 36.3℃로써 일교차가 대단히 크게 나타난다. 높은 고저차의 온도변화가 비교적 24시간의 짧은 주기로 반복될 때, 방수층의 신축에 의한 열화현상은 매우 촉진될 것으로 판단된다.

(2) Type Ⅱ

각 구성층별 온도변화 분포는 (그림 6.8)과 같다.

- 방수층 최고온도 14.1℃, 최저온도 11.6℃
- 보호층 표면 최고온도 30.6℃, 최저온도 3℃
- 방수층 온도고저차 2.5℃, 보호층 표면 온도고저차 27.6℃
- 보호층의 온도고저차가 상당히 크게 발생했는데 비해서 단열층 하부면에 위치한 방수층의 온도고저차는 아주 미약하다. 비교적 온도변화에 따른 열적 영향을 받지 않는 구법이다.

(3) Type Ⅲ

각 구성별 온도변화 분포는 (그림 6.9)와 같다.

- 방수층 최고온도 28℃, 최저온도 3.3℃
- 보호층 표면 최고온도 30.1℃, 최저온도 2.6℃
- 방수층 온도편차 24.7℃, 보호층 표면 온도 고저차 27.5℃
- 이 구법은 보호층 표면 온도의 고저차가 그대로 방수층 온도의 고저차로 이

어져 누름 보호층이 단지 방수층 보호효과만을 나타내고 온도변화에 따른 열적열화 작용을 감소시키기는 어려운 구법이다.

이상과 같이 동일 형태의 방수구성층에서 방수층과 단열층의 위치변화에 따라 일사열에 의한 온도영향을 시험에 의해 분석한 결과 방수층을 형성한 후 그 위에 단열층을 설치하는 것이 방수층의 온도변화를 최소화시킬 수 있고, 방수층의 보호 및 온도변화에 의한 열화정도를 감소시킬 수 있어 매우 바람직한 방법으로 사료된다.

나. 개선된 방수구법 시험결과

일차적으로 기존 발전소 구조물의 방수구법에 대한 방수층의 온도영향 시험결과, 단열층이 방수층의 상부면에 위치한 구법이 외부 일사열에 의한 열적 열화작용에 효과적으로 대응할 수 있음을 알 수 있었다.

5장의 적정 방수 공·구법의 선정방안 연구와 발전소에 적용된 기존 방수구법에 대한 1차시험 결과에 의하여 방수층이 단열층 위에 위치한 비효율적인 구법을 제외하고 단열층이 방수층 상부면에 위치하게 되는 구법을 기본으로 한 3가지의 변형된 방수체계를 형성하여 보다 효과적인 방수구법을 찾기 위한 시험을 실시하였다.

(1) Type Ⅳ

각 구성층별 온도변화 분포는 (그림 6.10)과 같다.

- 방수층 최고온도 15.6℃, 최저온도 12.8℃
- 보호층 표면 최고온도 30.1℃, 최저온도 2.6℃
- 방수층 온도고저차 2.8℃, 보호층 표면온도 고저차 27.5℃
- 보호층 표면과 방수층의 최고온도차가 14.5℃로 비교적 많은 차이를 보이지만, 방수층 자체의 온도변화는 거의 없는 온도변화에 의한 열화를 감소시킬 수 있는 구법이다.

(2) Type Ⅴ

각 구성층별 온도변화 분포는 (그림 6.11)과 같다.

- Type Ⅳ과 동일한 구성체계이나 바탕층 전부를 경량 콘크리트(ALC판)로 대체한 형태이다.
- 이 구법의 각층별 온도분포는 Type Ⅳ와 거의 유사하며, 방수층의 온도고저차의 폭은 Type Ⅳ에 비해서 다소 줄어든 열의 영향에 대해서 보다 효과적인 구법이나 실제적으로 발전소 옥상에 적용할 때는 경량 콘크리트가 다른 재료로 구성되어야 할 것이다.

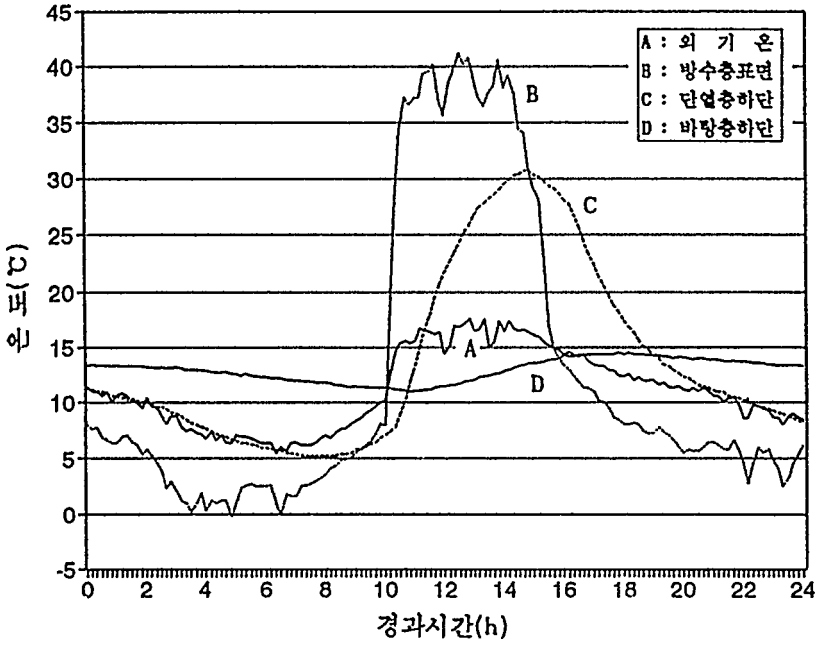
(3) Type Ⅵ

각 구성층별 온도변화 분포는 (그림 6.12)와 같다.

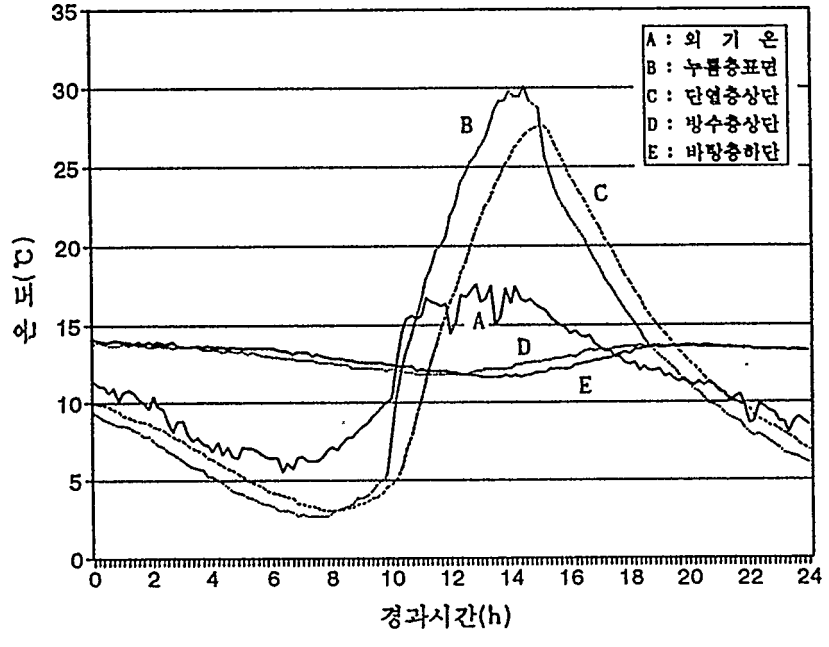
- 이 구법은 바탕층위에 직하층으로 부터의 단열효과를 기대하는 공기층이 있는 파형 슬레이트 층을 둔 특징이 있다.
- 측정결과는 타입 Ⅳ 및 Ⅴ와 거의 비슷한 결과를 보이고 있으나, 이와같이 공기층을 유도하는 옥상슬래브 구법은 직하층으로부터의 높은 온도를 차단하는 것 이외에도 콘크리트 바탕에 함유되어 있는 습기의 증발로 인한 들뜸방지에 큰 효과가 있을 것으로 사료된다.

발전소 터빈 건물의 환경을 고려해 볼 때 바탕층 아래의 천정부에서 비교적 고온의 열이 방수층에 전달되는 상황에서는 Type Ⅵ 구법이 상당한 효과를 발휘할 수 있을 것으로 추정된다. 그러나 이 구법을 실제적으로 적용하기에는 시공성 측면에서 보다 세심한 검토가 필요할 것이다.

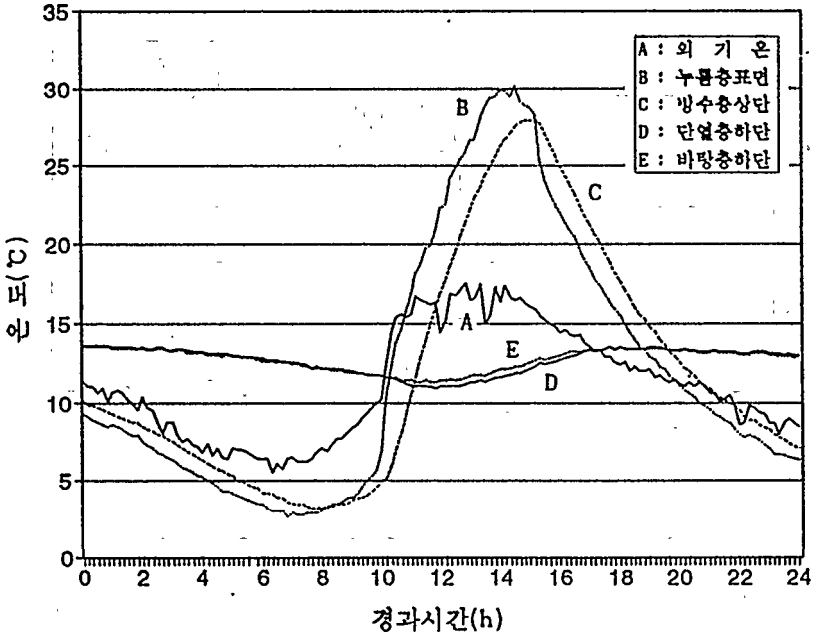
(그림 6.13)은 본 시험의 주 온도변화 측정대상인 6가지 구법의 방수층 온도변화를 하나의 분포곡선에 나타낸 것이다. 개략적으로 볼 때 노출공법과 재래공법은 상당한 온도고저차를 나타내고 있으며 USD 공법은 외기의 변화에 대하여 한정된 온도고저차를 나타내고 있다. 외기의 변화에 의한 열적 변화에 대응하기 위해서는 USD공법의 적용이 효과적인 것을 알 수 있으며, (그림 6.14)는 이들 USD공법의 구법별 고저차를 좁은 온도간격으로 정밀하게 나타낸 것으로 차이는 미소하지만 Type Ⅳ구법이 가장 효과적임을 알 수 있다.



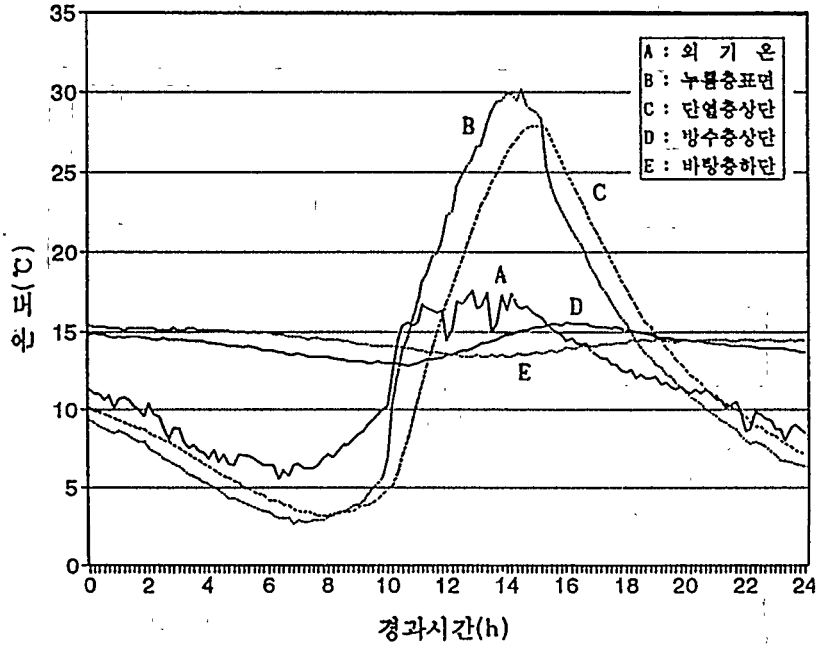
(그림 6.7) 외기온과 시험체 각층의 온도변화(Type Ⅰ)



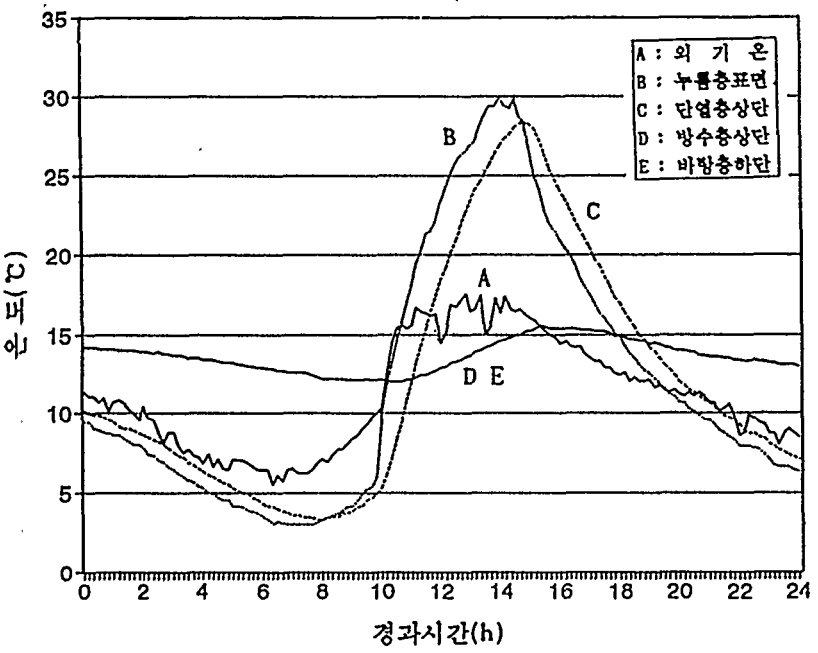
(그림 6.8) 외기온과 시험체 각층의 온도변화(Type Ⅱ)



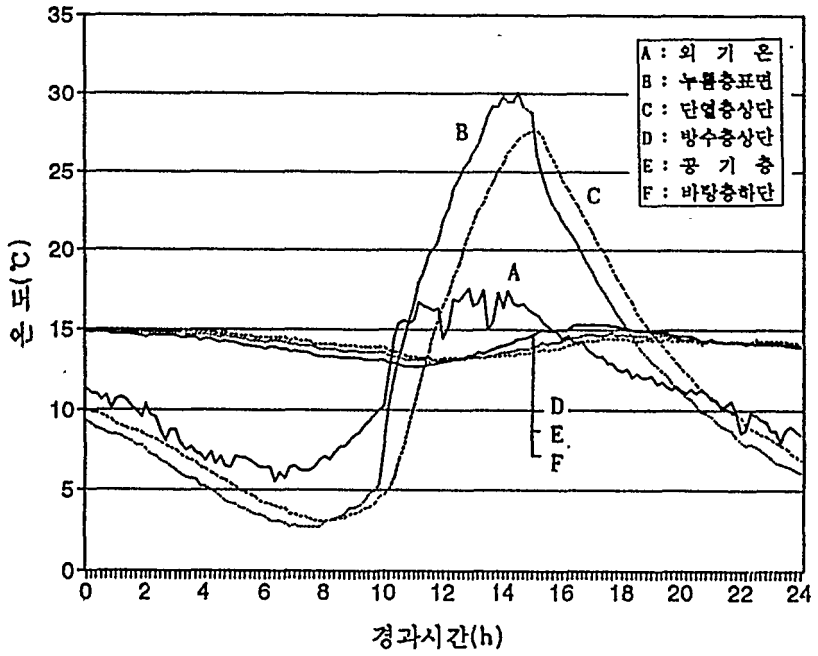
(그림 6.9) 외기온과 시험체 각층의 온도변화(Type Ⅲ)



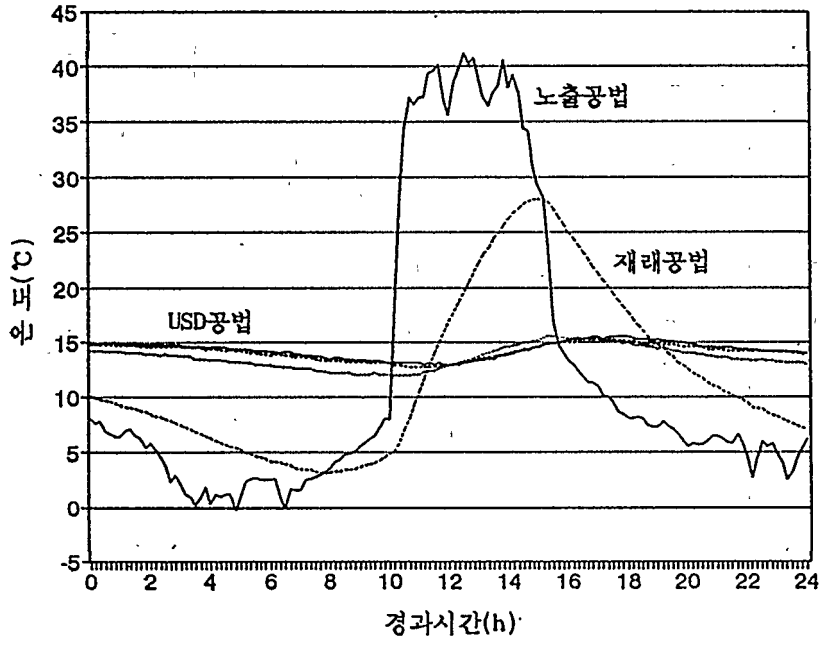
(그림 6.10) 외기온과 시험체 각층의 온도변화(Type Ⅳ)



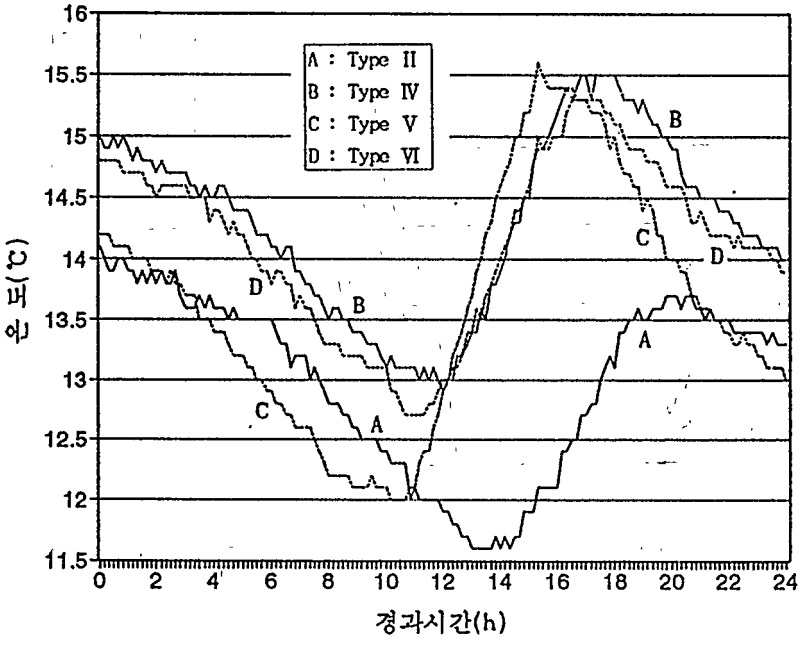
(그림 6.11) 외기온과 시험체 각층의 온도변화(Type V)



(그림 6.12) 외기온과 시험체 각층의 온도변화(Type VI)



(그림 6.13) 방수공법에 따른 방수층의 온도변화



(그림 6.14) 시험체의 종류에 따른 USD공법의 방수층 온도변화

제 5 절 무기질 침투방수제 투수시험

1. 시험개요 및 목적

발전소 구조물의 지하방수는 대부분 구조물의 외부에서 방수하는 멤브레인 외방수가 주종을 이루며 부분적으로 무기질 침투제에 의한 내방수 공법을 채택하고 있다.

기존의 외방수 공법은 방수층을 형성한 후 배면이 되메움되거나 지표면이 포장 또는 치장재로 덮이기 때문에 구조물 내벽에서 발생되는 누수현상만 보고 누수경로 및 원인을 추정하게 된다. 따라서 정확한 누수부위 및 원인 파악과 방수층에 직접적인 보수가 어렵다. 그러므로 지하구조물에서 멤브레인에 의한 외방수를 실시하더라도 구조물 내부에서 부분적 또는 전면보수가 가능한 무기질 침투방수에 대한 고려가 필요하다.

본 시험은 무기질 방수제를 도포했을 때 모르터에 대한 실제 침투정도와 흡수정도를 분석하기 위해서 실시하는 시험이다.

2. 시험체

바탕 모르터 시험체 제작방법은 ASTM C 305 「시멘트 페이스트 및 모르터의 기계적 혼합법」에 따라 직접 제작하였으며, 침투방수제의 도포는 침투방수제 전문시공사의 각 방수제의 시방에 따라 형성되었으며, <표 6.9>는 제작된 시험체의 개요이다.

시험체의 처리과정은 시험의 목적과 구조물의 환경에 따라 달라진다. 본 시험에서는 구조물의 실제 적용환경에 적합하도록 방수제를 도포한 후 수중양생을 최소화하였고, 그 이후는 기건양생하였다. 시험체 처리과정은 다음의 순서를 따랐다.

모르터 타설

방수제 도포

탈형 및 수중양생	7 일
습 윤 양 생	2 일
수 중 양 생	7 일
기 건 양 생	3 개월

<표 6.9> 무기질 침투방수제 시험체

규 격	시험체 종류	시험 체수	시험체 형태	바탕모르터 시험체 제작 특성치
ϕ150×40mm	◦ 침투방수제 처리 시험체 2종(A, B) ◦ 무처리 시험체	각 9EA	규격 시험체 Cylinder 상부 표면에 방수제 처리	◦ 물시멘트비 : 103% ◦ 시멘트-모래비 : 1:4 ◦ Flow치 : 160±5 ◦ 표준사, 보통 포틀랜드 시멘트

3. 시험방법 및 과정

가. 투수시험

KS F 2541 「건축용 시멘트 방수제 시험방법」에 따라 모르터 투수 시험기를 이용한 투수시험으로서 시험방법은 다음과 같다.

① 시험체 제작 및 무기질 침투방수제 도포

② 시험체의 기밀유지를 위해 시험 1일 전 상부면에 부분 실링한다.

③ 실링 처리한 시험체를 완전 건조시켜서 초기중량(W_2)을 측정한다.

④ 시험체를 투수시험기에 Setting하고 규정수압을 가한 뒤 누수부위를 확인한다.

⑤ 누수부위에 대한 확인이 끝난 뒤 1시간 동안 규정수압을 가한다.

⑥ 1시간 후 시험체를 해체하고 시험체의 중량(W_1)을 측정한다.

KS F 2541에서는 저압 투수시험시는 0.1kgf/cm^2(1m에 해당하는 정수압)을 가하도록 규정하고 있으나 본 시험에서는 압력에 따른 투수저항 능력을 검토하기 위해서 0.1kgf/cm^2, 1kgf/cm^2, 2kgf/cm^{2}의 3가지의 다른 수압을 가해서 시험하였다. 또한, 본 시험에 앞서서 예비시험을 실시했을 때 시험체와 시험기의 고무 패킹 사이에 기밀이 어렵고, 기밀을 위하여 시험장치를 과하게 조인 결과 시험체가 손상을 입었다. 그래서 본 시험시에는 과한 압력을 가하지 않아도 시험체와 시험기의 고무 패킹 사이에 기밀이 유지될 수 있도록 시험체 표면을 고무 패킹 모양의 도우넛형으로 얇은 두께의 실링층을 미리 형성하여 시험하였다.

(사진 6.22)는 모르터 투수시험기를 이용한 투수시험 상황을 보여준다.

나. 침투깊이

모르터 조직 관찰용 고배율(×40) 현미경으로 양생이 완료된 시험체를 절단하여 침투깊이를 측정하였다. 이 관찰시험은 침투제의 정확한 침투깊이의 경계선을 찾기에는 부족하지만 일반적으로 시멘트 페이스트에 있는 기공들을 침투방수제가 메우는 경계선을 볼 수 있다.

4. 시험결과 및 분석

가. 투수시험 결과

<표 6.10>~<표 6.12>는 무기질 침투 방수제를 도포한 공시체의 수압변화에 따른 투수량과 투수비를 정리한 것이다. 투수비는 무처리 시험체의 평균 투수량에 대한 방수처리 시험체의 평균 투수량의 비이다.

<표 6.10> 0.1 kgf/cm^2 수압하의 투수시험 결과

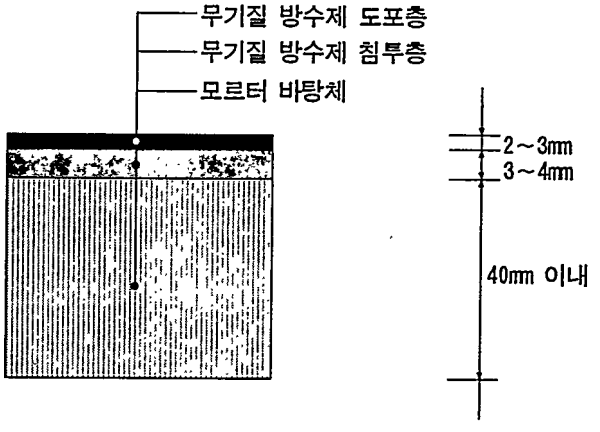
시험체 종류		절건중량 W_2(g)	투수중량 W_1(g)	투수량 (g)	평균투수량 (g)	투수비
무처리 시험체	Ⅰ	1329.0	1342.1	13.1	11.1	1.0
	Ⅱ	1316.9	1323.0	6.1		
	Ⅲ	1320.3	1334.5	14.2		
침투 방수제 A 시험체	Ⅰ	1328.1	1352.1	24	26.9	2.42
	Ⅱ	1317.7	1347.2	29.5		
	Ⅲ	1322.5	1349.8	27.3		
침투 방수제 B 시험체	Ⅰ	1314.4	1357.3	42.9	41.5	3.74
	Ⅱ	1309.9	1353.3	43.4		
	Ⅲ	1321.5	1359.6	38.1		

<표 6.11> 1 kgf/cm^2 수압하의 투수시험 결과

시험체 종류		절건중량 W_2(g)	투수중량 W_1(g)	투수량 (g)	평균투수량 (g)	투수비
무처리 시험체	Ⅰ	1329.6	1362.5	32.9	34.0	1.0
	Ⅱ	1319.7	1353.5	33.8		
	Ⅲ	1322.5	1357.7	35.2		
침투 방수제 A 시험체	Ⅰ	1320.2	1350.1	29.9	30.6	0.9
	Ⅲ	1321.5	1352.1	30.6		
	Ⅲ	1316.4	1347.7	31.3		
침투 방수제 B 시험체	Ⅰ	1368.8	1363.6	44.8	44.3	1.30
	Ⅱ	1307.8	1353.3	45.5		
	Ⅲ	1320.2	1362.8	42.6		

<표 6.12> 2 kgf/cm^2 수압하의 투수시험 결과

시험체 종류		절건중량 W_2(g)	투수중량 W_1(g)	투수량 (g)	평균투수량 (g)	투수비
무처리 시험체	Ⅰ	1324.2	1371.7	47.5	48.9	1.0
	Ⅱ	1319.5	1368.7	49.2		
	Ⅲ	1322.4	1372.4	50.0		
침투 방수제 A 시험체	Ⅰ	1317.3	1350.5	33.2	32.8	0.67
	Ⅲ	1318.2	1349.7	31.5		
	Ⅲ	1323.7	1357.4	33.7		
침투 방수제 B 시험체	Ⅰ	1318.9	1365.1	46.2	47.6	0.97
	Ⅱ	1325.2	1373.3	47.8		
	Ⅲ	1317.5	1366.3	48.8		



(그림 6.15) 모르터 내 침투방수제 침투 단면

나. 침투깊이 관찰 결과

모르터 시험체에 침투한 무기질 방수제의 침투단면을 그림으로 나타내면 (그림 6.15)와 같다. 여기에서 침투깊이는 모르터내의 여러 형태의 기공중 일부가 무기질 방수제의 침투에 의해서 충전되므로써 조직이 치밀하게 나타난 부분을 표시한다. 한편, 무기질 방수제의 결정을 현미경으로 관찰하기는 어려우며, 다만 보통의 모르터 조직보다는 치밀하게 조직이 구성되어 있는 부분을 침투깊이로 추정하였다.

다. 결과분석

무기질 침투방수제의 소요 성능은 아직까지 실험에 의해서 명확하게 규명되어 있지 않은 실정이나 본 연구에서 일정한 수압을 작용시킨 상태에서 단시간에 수행한 투수시험과 고배율 현미경에 의한 모르터의 치밀성 시험에 의한 내용을 분석해보면 다음과 같이 정리할 수 있다.

(1) 0.1 kgf/cm^{2}의 1m 정수두 저수압하에서는 무처리 시험체보다 방수제 도포 시험체가 오히려 투수량이 많다. 그러나 1 kgf/cm^{2}의 압력하에서는 방수제 A를 도포한 시험체는 무처리 시험체에 대한 투수비 0.9, 2 kgf/cm^{2}의 압력하에서 0.67로 압력이 증가할수록 투수저항 효과가 현저하게 상승된다. 반면에 방수제 B를 도포한 시험체는 1 kgf/cm^{2}에서 투수비 1.30, 2 kgf/cm^{2}에서는 투수비 0.97로 초기 저압 0.1 kgf/cm^{2}에서의 높은 투수량을 극복하지 못한 상태에서 무처리 시험체와 비슷한 투수정도를 나타낸다.

(2) 이러한 현상이 나타나는 원인으로는 무기질 침투방수제의 주성분 구성이 규산질 미분말 시멘트계가 주종을 이루기 때문에 재료 자체의 물리적 특성은 일반 수경성 시멘트와 비슷하다. 무기질 침투방수제의 구성성분을 수경성 시멘트와 비교해보면 다른 성분은 비슷하나, 산화칼슘(CaO)의 량은 적고 강열감량(Ig. Loss)은 많

다. 산화칼슘은 시멘트를 경화시키는 수화생성물의 근원이며 초기 결합력을 지배하는 C_3S 화합물을 구성하는 주성분으로서 CaO의 량이 적다는 것은 초기 결합력이 상대적으로 떨어지는 것을 의미한다고 볼 수 있으며 강열감량이 많은 것은 반응 후에 없어질 수 있는 유기계 혼화제가 많은 것을 의미한다. 따라서 무기질 침투 방수제 도포막은 시멘트 모르터 경화체보다 초기에 흡수가 오히려 쉽게 일어날 수 있는 가능성이 있다.

(3) 수압이 증가하면서 방수제 처리 시험체의 투수량이 줄어드는 것은 무기질 침투 방수제의 결정체가 시멘트 모르터에 있는 미세한 공극들에 침투하여 혼합생성물을 형성하므로써 비록 초기에 도포막에서 흡수는 상대적으로 많았지만, 공극이 줄어서 압력이 높을수록 침투결정체 형성층에서 수압에 대한 저항력이 높아지기 때문으로 추정된다.

(4) 보다 정확한 침투방수제의 반응 및 방수효과 발현 메카니즘은 이 시험결과만으로 규명하기는 어려우며 별도의 연구과제로서 깊은 시험 및 분석을 수행해야 할 것이며 다음 항에서는 국내·외 다른 연구기관에서 수행한 침투방수제에 대한 실험적 연구결과를 소개한다.

5. 침투방수제의 국내·외 성능시험 결과

가. 침투방수제의 화학조성

규산질계 침투방수제의 화학조성 성분은 일반 수경성시멘트와 비슷한 화합물로 구성되어 있으며 제조회사에 따라 성분별 함유량은 다소 차이가 있다. 다음 <표 6.13>~<표 6.14>는 규산질계 침투방수제의 화학조성비(%)를 나타낸 것이다.

이들 표의 화학조성비가 상당한 차이를 나타내고는 있으나 시멘트에 비교하여 CaO량은 공통으로 적으며 Ig.Loss 또는 Insol양은 많음을 알 수 있다.

<표 6.13> 규산질계 침투방수제의 화학조성 분석결과 I(국내, 주택공사)

종류	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	Ig.Loss
A	25.25	4.12	3.59	53.40	1.34	2.91	0.72	5.85	7.42
B	28.90	4.56	3.16	57.43	1.17	2.33	0.35	0.31	3.77
C	23.55	4.35	3.04	57.23	8.15	1.87	0.28	0.83	9.45
Cement	22.20	5.20	3.10	64.20	1.40	2.10	0.20	0.60	1.00

<표 6.14> 규산질계 침투방수제의 화학조성 분석결과 II(일본)

종류	Ig.Loss	Insol	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O
A	1.4	45.0	12.1	3.2	1.7	33.3	0.8	1.9	0.75	0.44
B	7.6	30.3	12.1	3.0	1.7	35.9	0.6	1.5	7.08	0.34
C	4.6	38.9	9.9	4.5	0.8	35.2	0.6	1.2	0.78	0.33
D	3.8	41.7	11.1	4.4	2.0	32.7	1.2	1.7	0.37	0.87
E	3.2	53.3	8.5	2.5	1.0	29.2	0.5	1.1	0.16	0.30

* Ig. Loss : 강열감량으로서 800-1000℃에서 휘발하는 물질
Insol : 불용잔량으로서 염산에 녹지 않는 불순물

나. 투수시험 결과

(1) 주택공사 시험결과

이 시험에 적용된 시험체와 시험조건은 아래와 같으며 시험결과는 <표 6.15>와 같다.

- 시험체 규격 : φ150×40mm,
- 시험체 제작 방법 : KS F 2451에 따라 모르터 제작후 방수제 단면 도포
- 양생 : 0℃, 5℃, 10℃, 20℃, 30℃, 상대습도 80% 7일간 후 기건양생 7일

- 투수압 및 시간 : 1.0 kg/cm^2, 1시간
- 특기사항 : 이 시험은 본 연구에서 적용한 방법과 달리 방수제의 도포층을 연마하여 제거하였음

<표 6.15> 단기 투수시험 결과(주택공사)

구분	재료형태	총투수량					투수비				
		0℃	5℃	10℃	20℃	30℃	0℃	5℃	10℃	20℃	30℃
A	무기질 단체형	71.5	37.3	19.2	15.9	5.8	1.2	1.0	1.2	0.8	0.6
B	무기, 유기질혼합형	63.2	44.5	12.3	18.0	5.3	1.1	1.2	0.8	0.9	0.6
C	무기질 단체형	65.7	40.6	16.5	16.9	7.3	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8
S	시멘트 콘크리트	57.5	36.5	16.0	19.5	9.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

(2) 투수시험 결과 예 (일본)

이 시험에 적용된 시험체와 시험조건은 아래와 같으며 시험결과는 <표 6.16>에 나타내었다.

- 시험체 규격 : φ150×40mm,
- 시험체 제작 방법 : JIS A 1404[建築用 セメント防水劑の試驗方法」(KS F 2451과 유사함)에 따라 모르터 제작후 방수제 단면도포
- 양생 : 방수제 도포후 28일간 기건 양생
- 투수압 및 시간 : 3 kg/cm^2, 2시간
- 특기사항 : 방수제 도포층은 제거하지 않고, 도포층 배면으로 수압을 가함.
- 투수율 계산식

$$\text{투수율} = \frac{\text{시험후 시험체 중량} - \text{시험전 시험체의 중량}}{\text{시험전 시험체의 중량}} \times 100$$

<표 6.16> 투수시험 결과 예(일본)

방 수 제	투 수 율 (%)	투 수 비
무 도 포	2.02	1.00
A	0.42	0.21
B	0.40	0.20
C	0.73	0.36
D	0.77	0.38
E	0.86	0.43
F	1.38	0.68

(3) 시험결과 비교분석

위의 두가지 투수시험 결과를 살펴보면 비록 각각의 시험방법별로 양생조건, 도포면 처리방법, 각종 수압 및 시험시간은 다르지만, 양생온도가 높을수록 도포방수제의 침투성은 향상됨을 알 수 있고 투수율과 투수비의 시험결과에서 알 수 있듯이 작용수압이 높을수록 방수제의 투수저항력은 증가하는 경향을 볼 수 있다.

다. 방수제의 침투현상 관찰시험

(1) 염색재료를 이용한 침투 관찰시험

시험체는 (그림 6.15)와 같은 모양으로 모르터 및 콘크리트 공시체를 제작하고 절편으로 컷팅하여 Φ50×50mm크기의 시편에 유색염료로 통과시험을 실시하여 침투깊이를 추정한다. <표 6.17>은 염색재료의 통과 결과표이다.

시험결과 1번 절편시료의 두께인 6.5~8.7mm가 침투깊이로 추정되고 도포면에서 모르터 조직으로 들어갈수록 방수효과는 감소되는 것으로 보인다.

<표 6.17> 염색재료의 시료 통과 상태

구 분		절편순서	절편두께 (mm)	7일후 통과상태	비고
콘크리트 공시체	시멘트 콘크리트	1번 2번 3번	8.0 8.3 7.9	통과 통과 통과	컷터날에 의한 손실두께 : 4.8~5.0mm
	무기, 유기질 혼합형	1번 2번 3번	8.7 7.2 6.7	무통과 통과 통과	
	무기질 단체형	1번 2번 3번	7.8 9.3 7.5	무통과 통과 통과	
모르터 공시체	시멘트 모르터	1번 2번 3번	7.6 6.5 7.2	통과 통과 통과	
	무기, 유기질 혼합형	1번 2번 3번	6.5 5.5 6.7	무통과 통과 통과	
	무기질 단체형	1번 2번 3번	7.3 7.0 5.2	무통과 통과 통과	

6. 종합 분석

본 시험결과와 참고자료의 시험결과를 토대로 무기질 침투방수제의 방수성능을 종합 분석하면 다음과 같이 정리할 수 있다.

(1) 침투방수제의 주성분 중에서 CaO의 양이 상대적으로 적고, 방수성능은 도포층에서 오히려 초기 흡수량이 많은 것을 볼 때 도막에 의한 방수효과가 발휘되기보다는 방수제의 수화생성물이 수분의 공급하에 시멘트 모르터 공극을 따라 지속적

으로 생성되므로써 모르터를 치밀하게 메워 방수성능을 발휘하는 것으로 생각된다.

(2) 시험결과들이 무처리 시험체에 비교하여 도포시험체가 작용수압이 높아질 수록 투수비가 작아지는 경향을 보이는 것으로 보아 실제 발전소 구조물의 지하부분의 사용환경과 연계하면 방수성능은 어느 정도 기대할 수 있는 것으로 판단된다.

또한, 구체적인 예를 수록하지는 않았지만, 연구결과에 의하면 수압이 작용하는 면과 반대면을 도포한 내방수·외방수의 투수시험결과가 거의 비슷하게 나타나는 것으로 보아 본 연구에서 무기질 침투제를 지하구조물의 내방수 보수용도로 사용할 때 방수효과를 어느 정도 기대를 할 수 있을 것으로 판단된다.

(3) 무기질 침투방수제의 방수효과를 발휘하는 수화생성물에 대해서는 현미경 관찰로는 규명하기가 어려우며 연구결과에 따르면 방수제의 침투깊이 및 공극 밀실화에 지배적인 영향을 미치는 Ettringite(침상결정의 수화생성물)의 생성을 SEM(Scanning Electron Microscope : 주사 전자 현미경) 관찰에서도 무도포 시멘트 모르터에 비교하여 뚜렷하게 많이 생성되는 것을 확인할 수 없었다. 따라서 무기질 침투방수제의 방수효과와 방수효과를 생성하는 메카니즘에 대해서 보다 깊은 실험적 연구가 필요하다.

(4) 무기질 침투방수제가 기본적으로 시멘트와 유사한 화학조성을 지니며 수화생성물을 결정하는 것으로 볼 때 콘크리트 구조물의 이상거동에 의한 균열이 발생했을 때 바탕 콘크리트와 동일하게 방수층에 균열이 생길 수 있고, 도포층에서의 흡수도 있으므로 무기질 침투방수제를 주 방수체계로 채택하는데는 무리가 있을 것으로 판단되며 주로 멤브레인 외방수 공법이 채택되는 지하구조물 방수의 내방수 보수용으로 사용하는 것이 적절할 것으로 사료된다.

제 6 절 배수막의 배수성능 시험

1. 시험개요 및 목적

발전소 구조물의 대부분은 기초층이 암반층 위에 안착되는 것이 대부분이므로 흙으로 구성된 지층 위에 안착되는 일반 건축구조물과 달리 지층의 간극수압의 저하로 인한 지반내력의 감소를 고려할 필요가 없다. 또한 구조물이 타설된 후 지하깊은 곳에 설치된 방수층은 깊이에 따라서 높은 간극수압을 받는다. 만약 되메움시의 충격과 구조체의 이상거동 및 멤브레인 방수층의 이음부 틈새 발생시 지상의 구조물과는 달리 지하수에 의한 높은 간극수압을 받으므로 미세한 틈새를 통해서도 쉽게 누수가 발생될 수 있다. 따라서 깊은 곳에 작용하는 간극수압을 저하시킬 필요가 있다.

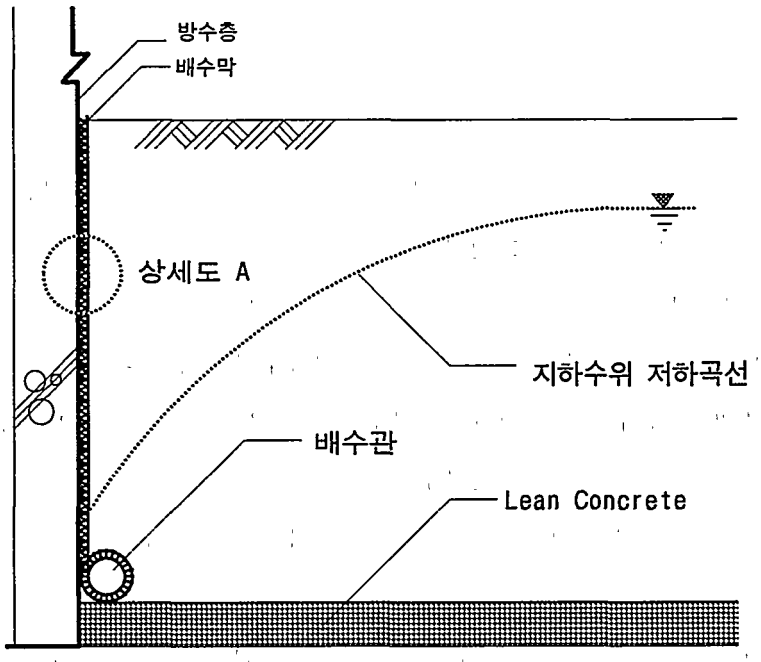
본 개선방안은 이러한 점에 착안하여 구조물 외벽하단부에서 주변수를 배수하여 구조물 주변의 간극수압과 지하수위를 저하시켜 비록 방수층에 틈새가 발생하여 지하수가 방수층을 통과하더라도 비교적 큰 두께를 지닌 콘크리트로 형성되어 있는 구조물 본체의 기본적인 불투수성능을 발휘할 수 있도록 유도하는 것이다.

(그림 6.16)은 지하구조물 주변의 배수막 설치로 방수층을 보호함과 동시에 지하수위를 저하시키는 개략도이다.

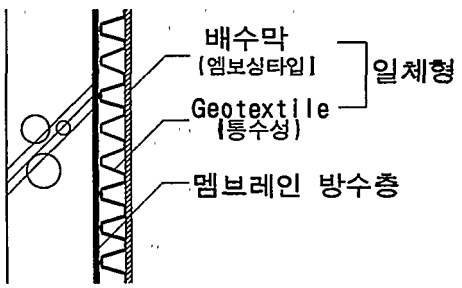
배수막의 배수성 시험은 작용토압하에서도 본래의 통수성능을 유지하는지 여부와 지하수위 저하효과를 검정하는 것을 시험목적으로 하며 배수막의 내압성 시험은 작용 토압에 따른 배수막의 변형정도를 규명하기 위함이다.

2. Backfill에 관련된 기술시방(월성 2호기 예)

본 시험에서는 Granular 배수층과 되메움 흙층의 재료를 발전소 구조물에 적용하는 Backfill에 관련된 기술시방에 준해서 채택하였다. 다음에 기술되는 내용은 이 기술시방을 요약한 것이다.



(그림 6.16) 지하방수 개선안 개략도



(그림 6.17) 상세도 A

가. Backfill의 분류

◦ Pervious or Granular Backfill

- 일반적으로 배수 가능한 Backfill 재료
- 구조물의 벽체와 접하는 Backfill
- 배수층의 기능을 발휘
- 경질의 내구성 있는 깨끗한 재료로써 Clay, 얼음 또는 유기물이 없는 재료
- 입도분포는 다음 <표 6.18>과 같다.

<표 6.18> 배수성 뒷채움재의 입도분포 조건

Sieve Size	Percent Finer by Dry Weight
3 inch (76.2mm)	100
3/4 inch (19.05mm)	50 ~ 100
No.10 (2.0mm)	15 ~ 65
No.40 (0.42mm)	5 ~ 45
No.200 (0.074mm)	0 ~ 5

- 균등계수 (Uniformity Coefficient)는 4이상

$$Uniformity\ Coefficient\ (Cu) = \frac{60\%\ 통과때의\ 입자크기\ (D60)}{10\%\ 통과때의\ 입자크기\ (D10)}$$

◦ Impervious Backfill

- 소성지수 (Plasticity Index)가 30% 미만인 불투수성 뒷채움재
- 입도분포가 고른 흙으로 No.200 (0.074mm)통과중량이 최소한 25% 이상
- 투수계수가 2.0×10^{-6}ft/min(=1.0×10^{-6}cm/sec)를 넘지 않는 흙
- 특별한 부위를 제외하고는 발전소 구조물의 뒷채움재로 사용되지 않음

◦ Common fill

- 특별한 분류기준이 없는 일반적인 흙
- 사용여부는 현장기술자가 판단
- 단 얼음, 유기물 또는 불순물이 없는 깨끗한 경질의 내구성 흙

나. 시험에 사용된 흙

◦ Common fill : 발전소 구조물이 해안가에 위치하고 있는 것이 많으므로 시험에 사용될 흙은 사질토를 선정

◦ Pervious or Granular fill : 입도분포가 <표 6.18>을 거의 만족하는 입자가 큰 모래를 사용하여 배수층으로 적용

◦ Compaction : Backfill의 다짐정도는 ASTM D 1557에 의한 최대밀도의 90% 이상이 되게 다짐을 실시

3. 시험체

가. 내압성 시험

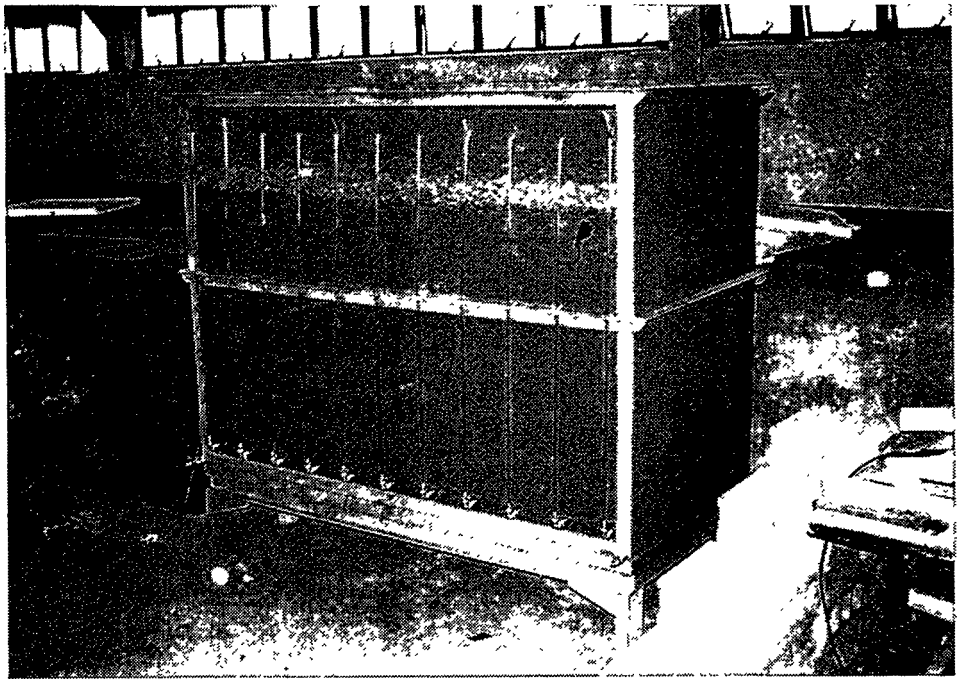
내압성 시험에 사용된 시험장비와 시험체는 다음과 같다.

- 소형 압축시험기 (용량 : 20ton, 1눈금 범위 ; 1kg)
- 시 험 편 : 배수막 시험편 (t=10.4mm, 10×10cm 정사각형)
- 측 정 기 : 다이얼 게이지 (0.01mm, 마그네틱 베이스에 부착)

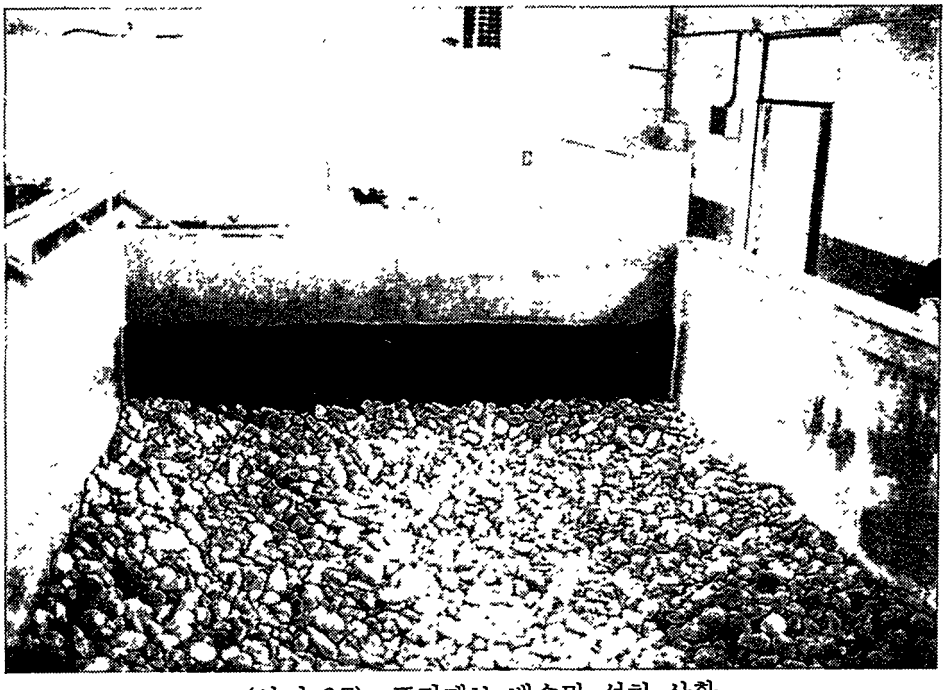
(그림 6.18)은 내압성 시험개략도이다.

나. 배수성 시험

(그림 6.19) 및 (사진 6.6)은 배수성 시험에 사용된 시험장치의 전면이며 (사진 6.7)은 배수성능 시험체의 프리패브 배수막이 설치된 상황이다.

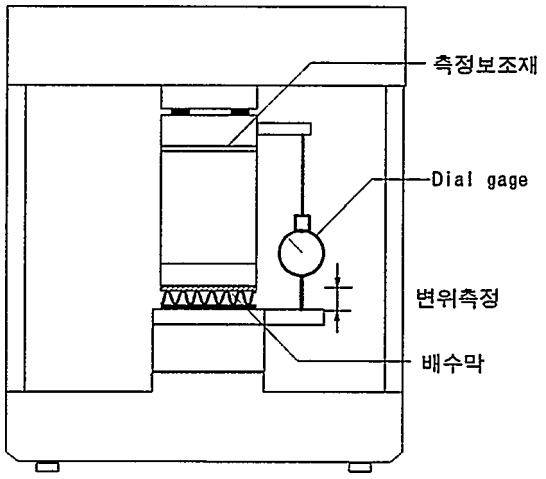


(사진 6.6) 배수성능 시험체



(사진 6.7) 프리패브 배수막 설치 상황

- 시험장치 크기 및 재질 : 200×100×150 정방형, 전면 아크릴, 기타면 철재
- 배수층 구성 : 측벽 A에는 30cm폭의 Granular 배수층을, 측벽 B에는 배수막을 설치
- 시험장치 재료 : 전면용 20mm 투명아크릴, 나머지 4면은 3mm 철판으로 기밀성 유지
- 측정장치 : 15cm 간격의 투명 수두 파이프에 눈금자를 부착시켜서 배수에 따른 수두 저하정도를 정량 측정 가능토록 설치
- 입도분포 : Backfill 흙의 분류에서 Common fill에 해당하는 사질토로 구성되었으며 입도분포는 <표 6.19>와 같으며 Granular 배수층의 입도분포는 <표 6.20>과 같다.



(그림 6.18) 내압성 시험 개략도

<표 6.19> 시험용 뒷채움 흙의 입도분포

체	건조중량 (%)
No. 4	10
No. 10	27
No. 20	21
No. 40	18
No. 60	10
No. 100	4
No. 200	4
이 하	6

<표 6.20> Granular 배수층의 입도분포 입도분포

체	건조중량 (%)
No. 4	22
No. 10	19
No. 20	26
No. 40	23
No. 100	8
No. 60	2
No. 100	0
No. 200	0

4. 시험방법 및 과정

가. 내압성 시험

압축시험기의 본체 가압축에 다이얼게이지를 마그네틱 베이스로 고정하고 다음의 순서에 따라 시험한다.

① 시험편을 시험기의 중앙에 setting한다.

② 하중을 가하면서 압축시험기의 압력게이지가 움직이는 점에서 다이얼게이지 값을 읽는다.

③ 하중을 계속 가하면서 50kg마다 줄어드는 변위값($\triangle\ell$)을 읽는다.

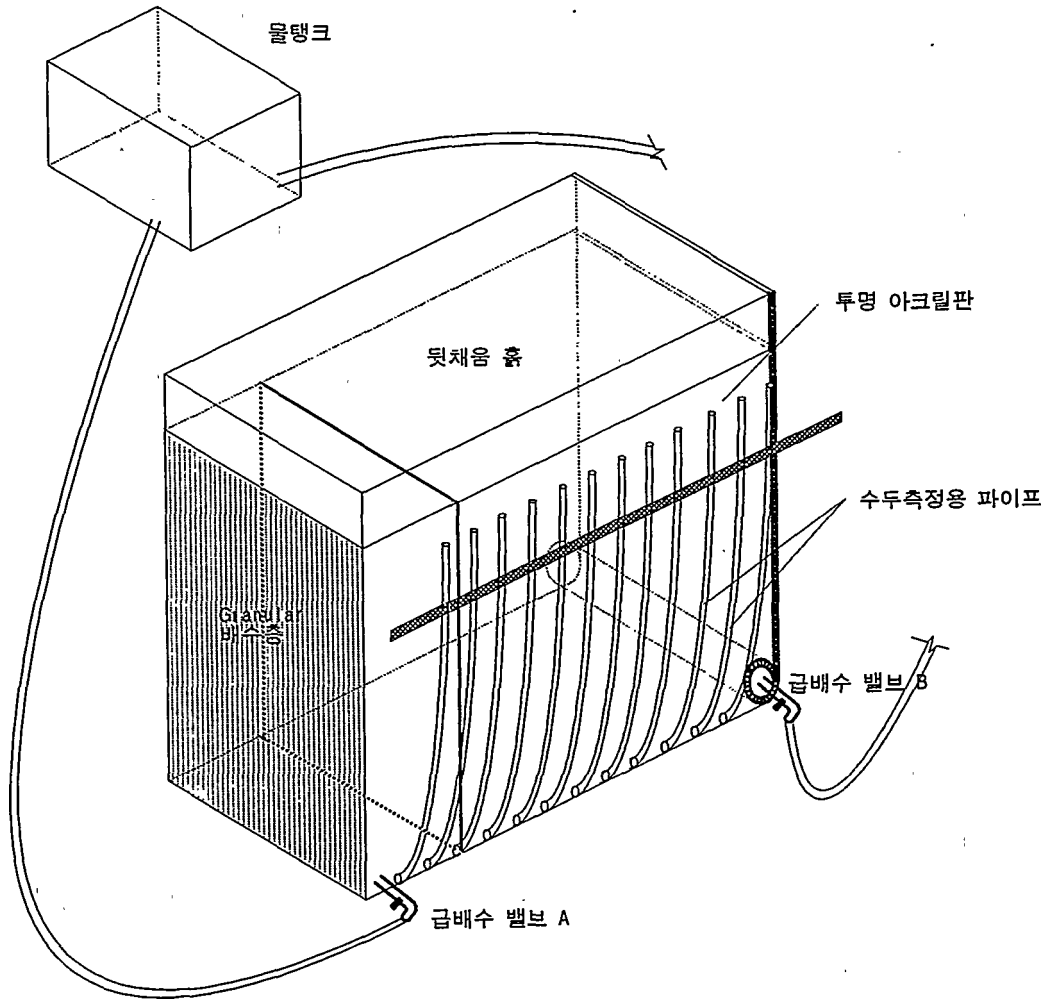
④ 하중의 증가 없이도 변위가 발생하는 하중값을 조금 지나서 시험을 멈춘다.

⑤ 하중을 완전히 제거하고 시험편의 변형현상을 관찰한다.

⑥ 시험결과를 $p-\delta$ 또는 $\sigma-\varepsilon$ 곡선을 그려서 시험편의 내압특성을 분석한다.

나. 배수성 시험

① 시험장치에 흙을 채우고 최대밀도의 90% 이상 다지기 위해서 15cm를 한층으로 다짐을 실시한다.



(그림 6.19) 배수성 시험장치

② 110cm의 두께로 흙을 채운후 토립자의 부상을 방지하기 위해 10cm의 자갈층을 깐다.

③ 급수밸브(배수밸브도 겸함) A,B를 열고 급수탱크에서 자연유하식으로 수두측정관 높이 1m까지 급수후 밸브를 닫는다.

④ 20분 정도 방치한 후 정확히 수두를 100cm에 맞춘다.

⑤ 먼저 배수막의 배수성을 측정하기 위하여 배수막 설치벽 A측 밸브를 열고 배

수를 시키면서 30초 간격으로 수두를 측정한다. 배수되는 물은 배수탱크에 담아서 시험이 완료된 후 배수량을 측정한다.

⑥ 시험이 완료된 후 급수탱크로 수중펌프를 이용하여 급수한 후 ③~④의 과정을 반복하여 수두를 다시 100cm에 맞춘다.

⑦ 다음은 Granular 배수층 설치벽면(B측) 밸브를 열고 30초 간격으로 수두를 측정한다.

⑧ 위의 과정을 반복하여 각 배수측면에 대하여 3회 측정시험한다.

5. 시험결과 및 분석

가. 내압성 시험

3회에 걸친 내압성 시험의 하중과 변위 및 압력과 변형관계의 값은 <표 6.21>과 같고 그 관계곡선은 (그림 6.20)과 같으며 이 시험을 통해 나타난 배수막의 내압특성은 다음과 같다.

(1) 평균항복강도 Avg σ_y=8.43kg/cm^2, 이때의 변형율(ε)은 대략 0.18~0.25 범위이다.

(2) ε=0.1 부근까지는 압력증가분(Δσ)에 대한 변형율 증가분(Δε)이 큰 변형특성을 나타내며 여기에서 항복점까지는 Δε이 Δσ보다 큰 특성을 나타낸다.

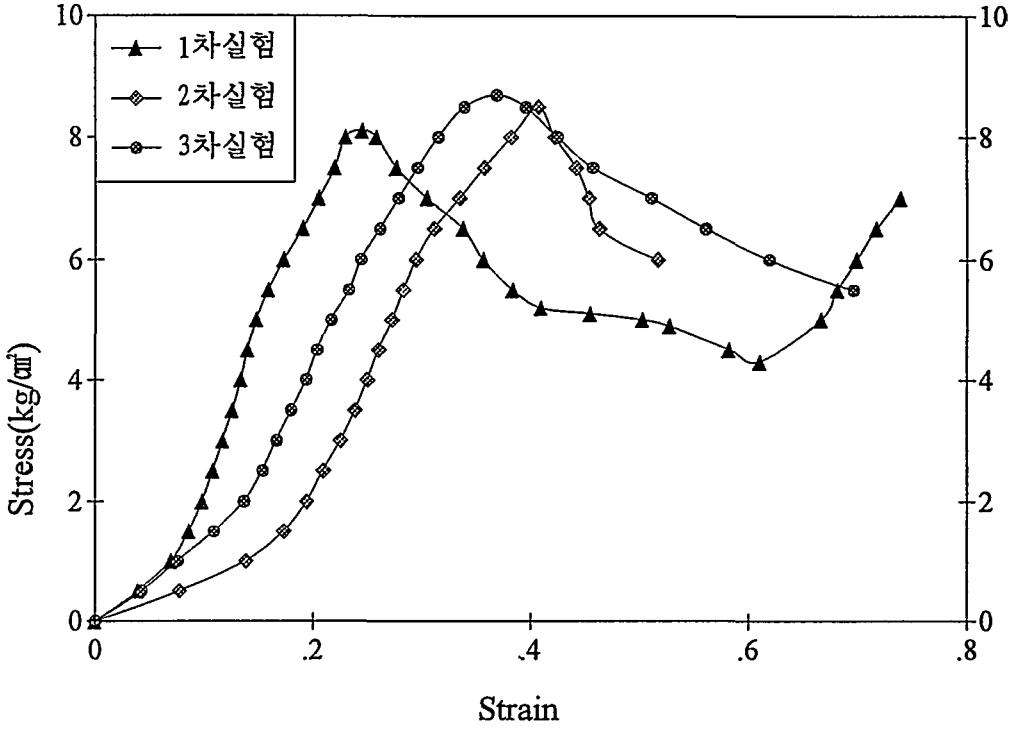
(3) 항복점을 지나서는 응력이 감소해도 변형율의 증가는 급속히 증가된다.

(4) ε=0.6 부근에서 변형율의 증가에 따라 응력이 다시 증가한다.

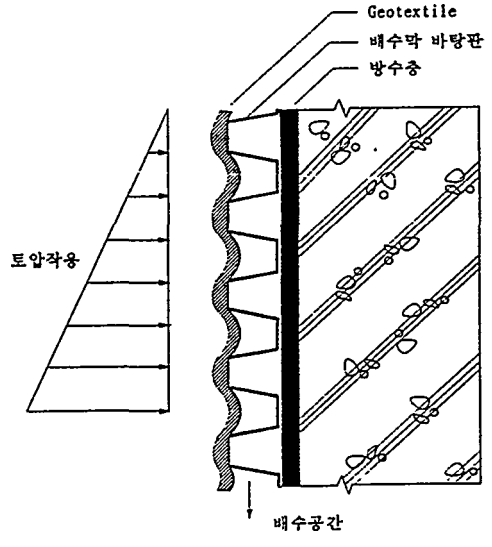
이상의 시험결과에 의하면 폴리비닐수지계로 구성된 배수막의 바탕재는 비록 변형율은 크지만 항복강도가 8.4kg/cm^2(=84t/m^2)로서 지표면에서 10m내외의 깊이에 위치하는 발전소 지하구조물 측면에 작용하는 토압(약 20t/m^2)에는 충분한 내압성이 확보된다.

<표 6.21> 배수막의 내압시험 결과

σ (kg/cm^2)	ε		
	1 차	2 차	3 차
0.51.0	0.038	0.038	0.211
1.5	0.069	0.069	0.038
2.0	0.086	0.087	0.054
2.5	0.098	0.097	0.068
3.0	0.108	0.105	0.077
3.5	0.117	0.113	0.083
4.0	0.126	0.119	0.90
4.5	0.134	0.125	0.97
5.0	0.140	0.130	0.102
5.5	0.148	0.136	0.108
6.0	0.159	0.141	0.116
6.5	0.173	0.147	0.122
7.0	0.190	0.156	0.131
7.5	0.205	0.167	0.139
8.0	0.220	0.179	0.148
8.1	0.230	0.191	0.158
8.5	0.246	-	-
8.7	-	0.203	0.170
8.5	-	-	0.185
8.0	-	-	0.198
7.5	0.258	0.212	0.213
7.0	0.277	0.221	0.229
6.5	0.305	0.227	0.256
6.0	0.338	0.232	0.281
5.5	0.357	0.259	0.310



(그림 6.20) 배수막의 응력-변형율 곡선



(그림 6.21) Geotextile 변형 가상도

항복점 부근에서의 변형율이 0.2~0.3정도로 크지만 이때의 줄어든 변위폭은 2mm 정도로 수직으로 설치된 배수막에서 배수능력의 손실은 그다지 크지 않을 것으로 생각된다.

한편, 배수막의 상부에 접착된 토목섬유(Geotextile)와 바탕판 사이의 배수공간은 토압에 의해서 배수공간이 다소 메워지게 될 것으로 추정되지만 (그림 6.21)과 같이 凹면, 凸면의 골사이 배수가능 공간은 확보될 수 있을 것으로 추정된다.

나. 배수성 시험

배수측에서 일정한 거리에 있는 지점별로 수두저하치와 유출수량을 근거로 배수조건별 배수성을 추정하는 시험을 각각에 대하여 3회 실시한 각 구간별 수두치와 이들을 시간경과별 그래프로 나타낸 결과가 (그림 6.22)~(그림 6.27)과 같다.

이 시험에서 적용한 배수조건과 그때의 배수량은 <표 6.22>와 같으며 이들의 배수조건을 변화시킨 이유는 시험장치로 갇혀진 포화지하수대의 유로특성과 실제 지하층의 포화 지하수대의 자유 지하수의 흐름특성은 상당한 차이가 있기 때문이다. 갇혀진 시험장치의 지하수 흐름특성을 최대한 자유 지하수의 흐름 특성에 근접할 수 있도록 유도하기 위하여 배수조건을 변화시키면서 시험을 실시했다.

이 시험결과들을 분석하여 정리하면 다음과 같다.

(1) 배수조건 Ⅰ, Ⅵ의 시험에서 배수측의 수두저하에 따라 반대측에서도 동시에 비슷한 정도로 수두가 저하하는 현상은 한정된 시험장치 내에서 시험했기 때문이다. 이러한 현상은 배수측의 반대편도 배수가 용이한 Granular층 또는 배수막층으로 구성되어 있으므로 시험장치의 바닥면으로 짧은 유로가 형성되어 수두저하가 다른 부분보다 빨리 일어나는 것으로 추정되며, 이 시험은 실제 구조물 주변의 지하수를 배수할 때의 특성과는 상당한 차이가 있다

<표 6.22> 배수조건의 분류

분류		배수조건	시험의도	배수량 (ℓ/8min)
Granular 배수층 배수	배수조건 Ⅰ	Granular측 배수, 반대편 배수막측 無급수	Granular측의 시험체 자체 배수 특성 파악	61.8
	배수조건 Ⅱ	Granular측 완전배수, 반대편 배수막측 부분급수	강우 정지후 포화지하수대 배수특성 파악	65.9
	배수조건 Ⅲ	Granular측 배수, 반대편 배수막측 완전급수	강우진행 중 자유지하수대 자유수 계속 유입되는 상황의 배수특성 파악	71.05
배수막측 배수층 배수	배수조건 Ⅳ	배수막측 배수, 반대편 Granular 無급수	배수막측의 시험체 자체 배수 특성파악	52.3
	배수조건 Ⅴ	배수막측 배수, 반대편 Granular측 부분급수	강우 정지후 포화지하수대 배수특성 파악	62.2
	배수조건 Ⅵ	배수막측 배수, 반대편 Granular측 완전급수	강우 진행중 자유지하수대 자유수 계속 유입되는 상황의 배수특성 파악	68.4

* 배수면적은 0.64cm^2, 배수시간은 8분

(2) 배수조건 Ⅱ, Ⅴ의 배수시험에서는 반대편에서 수두저하를 감소시키기 위하여 배수량과 급수량을 동일하게 맞춘 결과 공급되는 물의 일부는 짧은 유로를 따라 빠르게 배수되면서 수두저하를 반영하기 때문으로 추정되며 이러한 현상은 축소 모형 시험과정에서 발생할 수 있는 시험체의 크기에 따른 영향(Size Effect)으로 볼 수 있다.

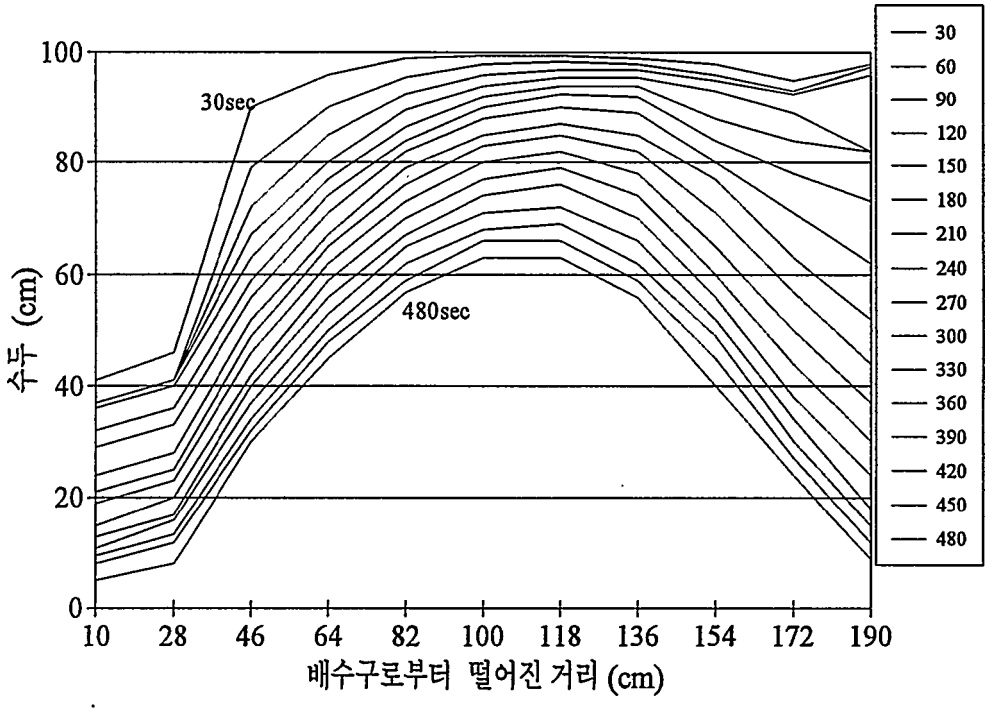
(3) Granular 배수층의 배수특성은 배수초기에는 수두저하가 빠르나 어느 임계점에서부터는 수두저하현상이 급속히 둔화되는 것을 볼 수 있다. 이같은 현상은 배수층의 폭이 비교적 넓기 때문에 Common fill층에서의 배수유량의 유입이 원활하기

때문이며 배수지점 부근에서의 수두저하로 인한 수압감소 효과는 떨어진다. 또한 배출되는 배수량은 상대적으로 많기 때문에 실 구조물에서의 수두저하를 위한 배수량의 증가로 방수측면에서 수두저하 및 수압감소 효과는 적다.

(4) 배수막의 배수특성은 Granular 배수층에 비교하여 배수초기에 수두저하가 크게 나타나지는 않으나 시간의 경과에 따라 수두저하가 지속적으로 진행된다. 또한 배수지점으로부터 떨어진 위치에 따라 수두저하의 차이가 분명하다. 이것은 Granular 배수층과 같이 배수층의 폭이 넓지 않고 배수막의 좁은 배수층에서 배수가 이루어지기 때문이라고 추정된다.

(5) 배수량은 동일한 관경(8mm)의 배수밸브를 적용한 결과 시험조건 Ⅰ, Ⅳ의 반대편 무급수 체계에서는 Granular배수층 61.8(l/8min), 배수막 배수층 52.3(l/8min)으로 배수비는 Granular:배수막 = 1:0.85 정도로 배수막에서 배수량이 훨씬 적다.

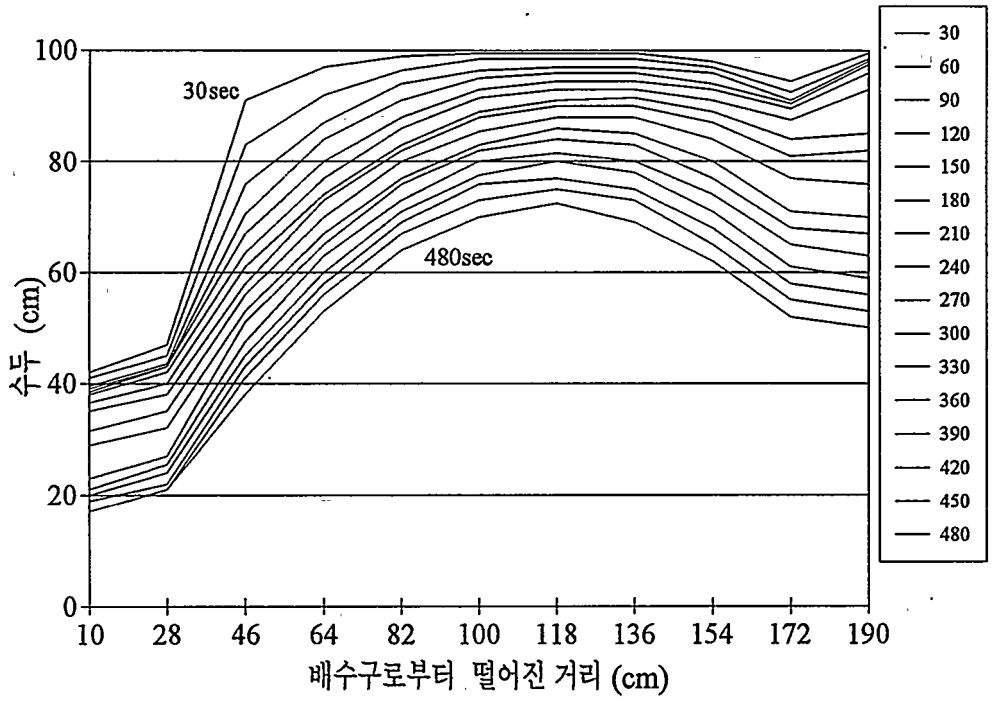
(6) 배수막을 이용한 배수는 Granular층으로 이루어진 배수층에 비교하여 초기의 수두저하는 작지만 시간의 경과에 따른 수두저하가 지속되어 결국에는 배수지점 부근에서 수두가 0점 부근까지 떨어지는 반면에 Granular층은 이와 반대의 배수특성을 나타내며 배수지점 부근에서 수두가 0점에 접근하지 않는다. 한정된 시험체 내의 지하수대에 대해서 시험한 결과이나 실제의 구조물 주변의 지하수대에서는 이와 같은 현상은 더욱 분명히 나타날 것이다. 따라서 배수지점에서 지하수위 저하효과는 분명하면서 상대적으로 배수량이 적은 배수체계를 기대하기 위해서는 본 시험에서 적용된 단일 배수막을 적용하는 것이 유리할 것이다.



수 두 측 정 치 (cm)

시간(sec)											
30	41	46	90	96	99	99.5	99.5	99	98	95	98
60	37	41	79	90	95.5	98	98.5	98	96	93	97.5
90	37	41	72	85	92.5	96	97	97	95	92.5	96
120	37	41	67	80	89.5	94	95.5	95.5	93	89	82
150	36	40	63	77	86.5	92	94	94	88	84	82
180	32	36	59	74	84	90	92.5	92	84	78	73
210	29	33	56	71	82	88	90	89	80	71	62
240	24	28	52	67	79	85	87	85	77	63	52
270	21	25	49	65	76	83	85	82	71	57	44
300	19	23	46	62	73	80	82	78	65	50	37
330	15	20	42	59	70	77	79	74	60	44	30
360	13	17	40	56	67	74	76	70	56	38	24
390	11	16	37	53	65	71	72	66	52	34	18
420	9.5	13.5	34	50	62	68	69	62	49	30	15
450	8	12	32	48	59	66	66	59	45	27	12
480	5	8	30	45	57	63	63	56	40	24	9

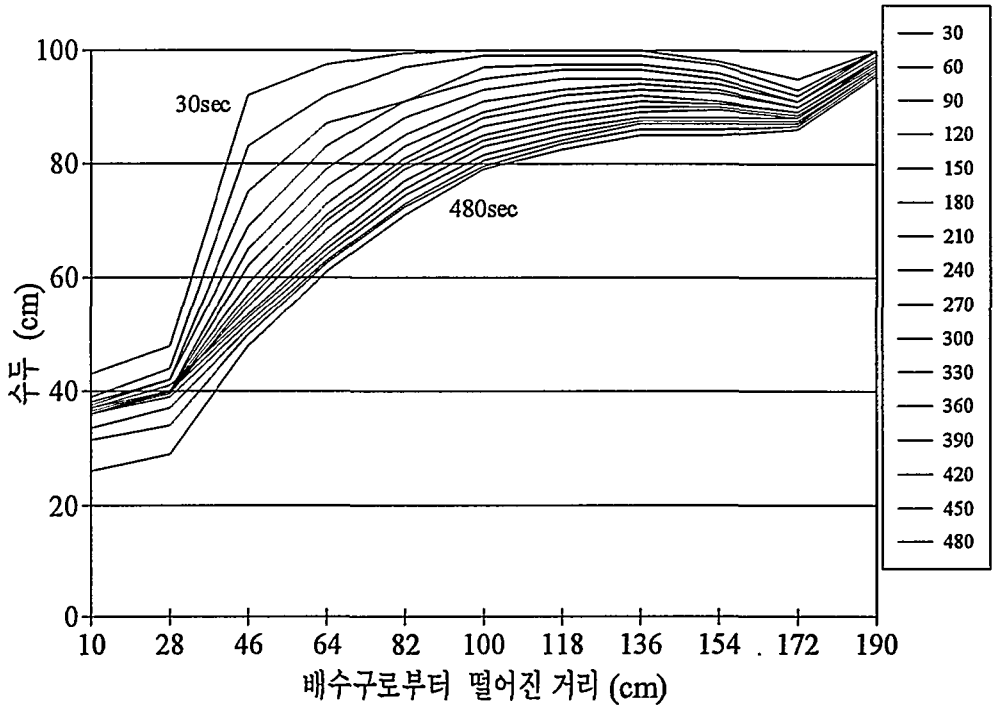
(그림 6.22) 배수조건 I 수두저하특성 곡선



수 두 측 정 치 (cm)

시간[sec]											
30	42	47	91	97	99	99.5	99.5	99.5	98	94.5	99.5
60	41	45	83	92	96.5	98.5	98.5	98.5	97	92.5	98.5
90	39.5	43.58	76	87	94	96.5	97	97	96	91	98
120	38.5	43	70.5	84	91	95	96	96	94	90.5	97.5
150	39	43	67	80	88	93	94.5	94.5	93	89.5	96
180	38	42	63.5	77	86	91.5	93	93	91	87.5	93
210	36.5	40	61	74	83	89	91	91.5	89	84	85
240	35	38	58	73	82	88	90	90	87	81	82
270	31.5	35	56	70	80	85.5	88	88	84	77	76
300	29	32	53	67	77	83	86	85	80	71	70
330	23	27	51	65	76	82	84	83	77	68	67
360	21	25.5	47.5	63	73	80	81.5	80	74	65	63
390	20	24	45	60	71	77.5	80	78	71	61	59
420	19	22	43	58	69	76	77	75	68	58	56
450	17	21	41	56	67	73	75	73	65	55	53
480	17	21	38	53	64	70	72.5	69	62	52	50

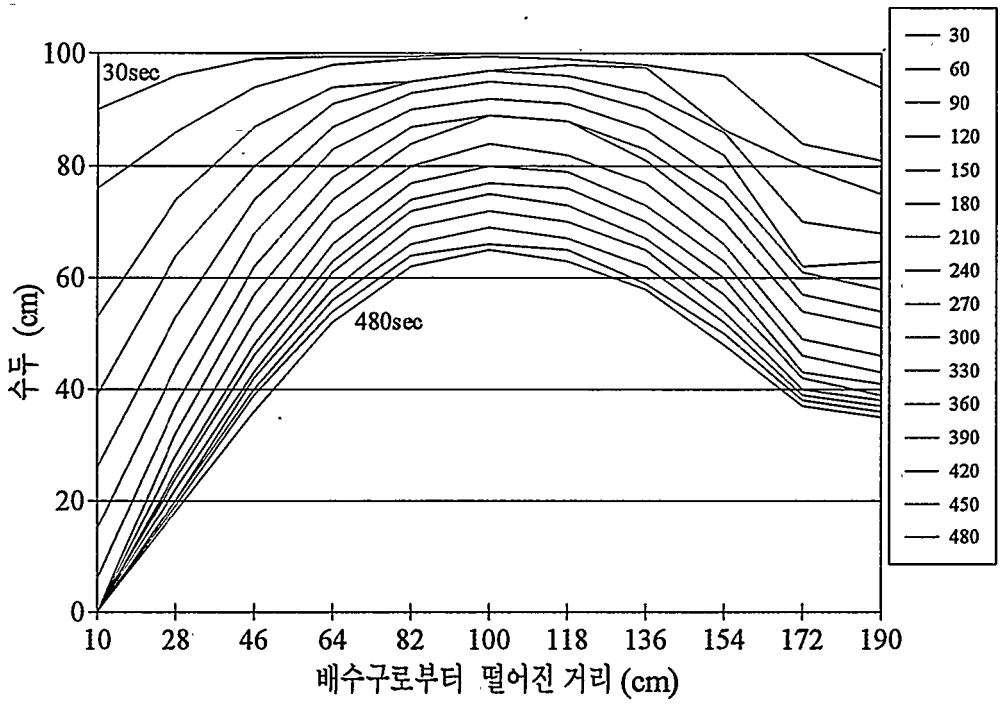
(그림 6.23) 배수조건Ⅱ 수두저하특성 곡선



수 두 측 정 치 (cm)

시간(sec)											
30	43	48	92	97.5	99.5	100	100	100	98	95	100
60	39	44	83	92	97	99	99	99	97.5	93	100
90	38	42	75	87	91	97	97.5	97.5	96	92	100
120	37.5	42	69	83	91	95	96.5	96.5	95	91	100
150	36	40	65	79	88	93	95	95	94	91	99
180	36	40	62	76	85	91	93	94	93	90	98.5
210	36.5	40	59	73	83	89	92	93	92.5	90	98
240	36	40	57	71	81	88	90.5	92	91	89	98
270	36	39.5	56	70	80	86.5	89	91	90.5	89	97.5
300	36	40	55	68.5	79	85	88	90	90	88.5	97
330	37	41	53.5	66	77	84	87	89	89.5	88	97
360	37	40	53	65	75.5	83	86	88	88	88	97
390	36	39	52	64	74.5	81.5	85	87.5	87.5	87.5	96.5
420	33.5	37	51	63	73	80.5	84	87	87	87	96.5
450	31.5	34	50	62.5	72.5	79.5	83.5	86	86	86.5	96
480	26	29	48	61	71	79	82.5	85	85	86	95.5

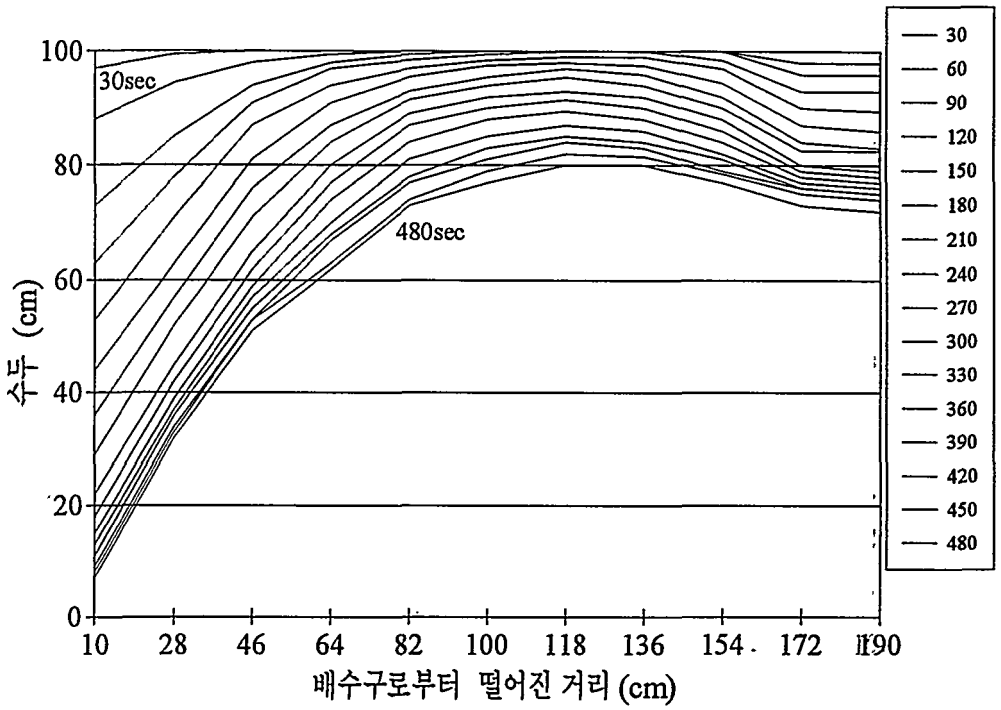
(그림 6.24) 배수조건Ⅲ 수두저하특성 곡선



수 두 측 정 치 (cm)

시간(sec)											
30	90	96	99	99.5	99.5	100	100	100	100	100	94
60	76	86	94	98	99	99.5	99	98	96	84	81
90	53	74	87	94	95	97	98	97.5	86.5	80	75
120	39	64	80	91	95	97	96	93	86	70	68
150	26	53	74	87	93	95	94	90	72	62	63
180	15	44	68	83	90	92	91	86.5	77	61	58
210	6	37	62	78	87	89	88	83	74	57	54
240	0	32	57	74	84	89	88	81	70	54	51
270	0	28	52	70	80	84	82	77	66	49	46
300	0	25	48	66	77	80	79	73	63	46	43
330	0	24	46	63	74	77	76	70	60	43	41
360	0	22	43	61	72	75	73	67	57	42	39
390	0	20	42	58	69	72	70	65	54	40	38
420	0	20	40	56	66	69	67	62	52	39	37
450	0	19	39	54	64	66	65	59	50	38	36
480	0	18	36	52	62	65	63	58	48	37	35

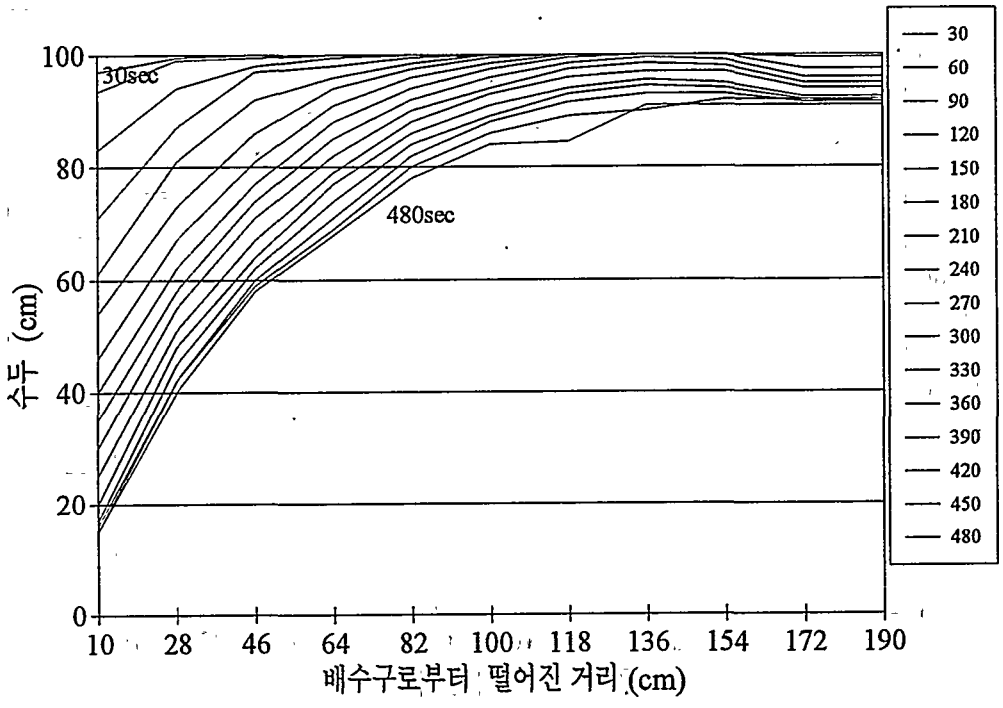
(그림 6.25) 배수조건Ⅳ 수두저하특성 곡선



수 두 측 정 치 (cm)

시간(sec)											
30	97	99.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100
60	88	94.5	98	99.5	100	100	100	100	100	98	98
90	73	85	94	98	99.5	100	100	100	100	96	96
120	63	78	91	97	98.5	99.5	100	100	98.5	93	93
150	53	71	87	94	97	98.5	99	99	97	90	89.5
180	44	63	81	91	95.5	97.5	98	97.5	94.5	87	86
210	36	57	76	87	93	95.5	97	96	92	84	83
240	29	52	71	84	91.5	94	95.5	94	90	82.5	82.5
270	22	45	65	80	89	92	93	92	88	80	79
300	18	42	62	77	87	90	91.5	90	86	79	78
330	15	39	59	74	84	88	89.5	88	84	78	77
360	13	37	57	70	81	85	87	86	82	77	76
390	11	36	55	68	78	83	85	84	81	76	75
420	9	34	53	67	77	81	84	83	79	76	75
450	8	33	53	63	74	79	82	81.5	78.5	75	74
480	7	32	51	62	73	77	80	80	77	73	72

(그림 6.26) 배수조건V 수두저하특성 곡선



수 두 측 정 치 (cm)

시간(sec)											
30	97	99.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100
60	93.5	99	99.5	100	100	100	100	100	100	100	100
90	83	94	98	99.5	100	100	100	100	100	100	100
120	71	87	97	98	99.5	100	100	100	100	100	100
150	61	81	92	96	98.5	100	100	100	100	100	100
180	54	73	86	94	97.5	99.5	100	100	100	100	100
210	46	67	81	91	96	98.5	100	100	100	99.5	99.5
240	40	62	77	88	94	97.5	99.5	100	100	97.5	97.5
270	35	58	74	85	92	96	98.5	99.5	99	96	96
300	30	55	71	82	90	94	97.5	98.5	98	95	95
330	25	51	67	79	88	93	96	97	97	94	94
360	20	48	64	77	86	91	94	95.5	95	92.5	92.5
390	17	45	62	74	84	89	93	94.5	94	92	92
420	16	42	60	71	82	88	91.5	93	93	91.5	91.5
450	15	42	59	69	80	86	89	91	92	92	91.5
480	15	40	58	68	78	84	84.5	91	91	91	91

(그림 6.27) 배수조건VI 수두저하특성 곡선

제 7 절 지연형 팽창지수고무의 팽창특성시험

1. 시험개요 및 목적

일반형 팽창지수고무는 콘크리트가 타설되는 동안 생콘크리트에 포함되어 있는 혼합수에 의해서 팽창을 시작하고 그 팽창은 콘크리트가 경화되는 과정에도 계속적으로 진행되며 콘크리트가 완전히 경화되는 단계에서는 팽창지수고무와 콘크리트 사이가 압밀된다. 그러나 콘크리트의 양생이 완료단계에 이르고 더 이상의 수분공급이 없으며 콘크리트내에 있는 증발가능수(Evaporable Water)가 거의 빠져나간 구조물 완공시점에서는 팽창했던 지수고무가 수축하여 콘크리트와 팽창지수고무 사이에 틈새가 생겨서 이 부분이 누수유로가 된다. 비록 수축한 팽창지수고무가 외부에서 유입되는 물에 의해서 다시 팽창은 하지만 기존에 콘크리트와 팽창지수고무가 만들어 놓은 부착면의 형상을 기밀하게 메우기는 어려워 팽창지수고무를 이용한 지수효과는 상당히 감소된다.

이러한 단점을 보완하여 콘크리트가 경화되는 동안에 초기 팽창을 지연시켜서 경화된 콘크리트 내에서 콘크리트와 일정한 부착면을 유지하면서 틈새를 통해서 유입되는 침투수에 팽창반응하여 지수효과를 발휘할 수 있도록 개선한 것이 지연형 팽창지수고무이다.

본 시험의 목적은 콘크리트 혼합수에 의한 지연형 팽창지수고무의 초기 팽창 양상과 콘크리트 양생 후 수축발생 여부 및 틈새 침투수에 대한 재팽창 지연성능을 규명하고 이 지연형 팽창지수고무를 콘크리트 타설이음(Construction Joint)뿐 아니라 지하구조물의 관통부에 사용했을 때의 누수방지 효과를 검증하기 위함이다.

2. 시험체

이 시험에 사용된 시험체는 다음의 순서에 따라 제작하였다.

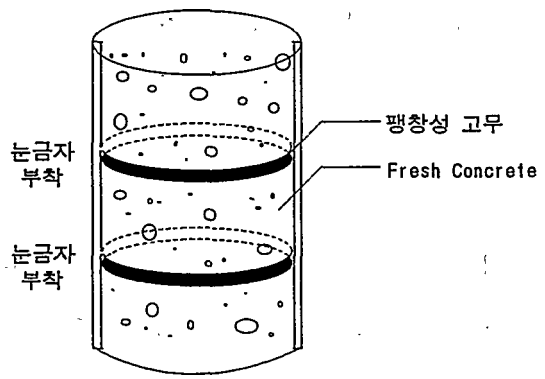
① ϕ 150mm, 두께 4mm의 아크릴 원통을 35cm 길이로 가공한다.

② 가공된 원통내부에 (그림 6.28)과 같이 팽창지수고무를 내경을 따라 부착한다.

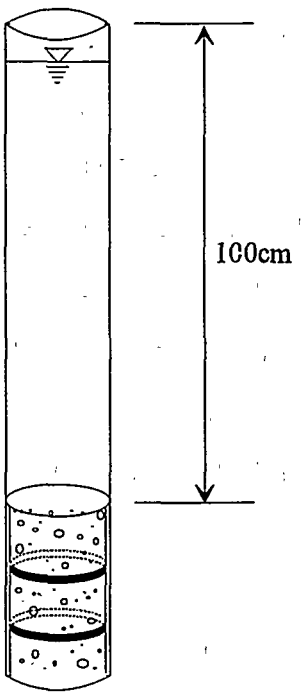
③ 누수시험에 사용된 시험체 3개는 먼저 고장력 폴리에틸렌 실을 아크릴 원통 내부에 일정간격으로 약 20개 정도 부착한다. 그위에 팽창지수고무를 ②와 같이 부착한다.

④ 원자력 발전소의 Base Mat용 콘크리트인 설계강도 4000psi의 배합비에 준하는 콘크리트를 아크릴 원통에 타설한다.

⑤ 시험체를 2일간 습윤양생 후 기건양생하면서 팽창지수고무의 변형량을 측정한다.



(그림 6.28) 팽창지수고무 팽창시험체



(그림 6.29) 팽창지수고무 누수시험체

3. 시험방법 및 과정

① 각 시험체마다 원상태의 팽창지수고무의 폭을 측정한다.

② 팽창시험의 경우는 콘크리트의 종결시점인 타설 후 8시간과 1일~7일까지 1일 간격으로 변형량을 측정하고 재령 14일째 변형량을 측정한다.

③ 누수시험체는 우선 ②의 과정중 7일까지 1일 간격으로 변형량을 측정한다.

④ 7일간의 시험체 변형량 시험측정을 완료하고 (그림 6.29)와 같이 1m 높이의 정수압을 가한다.

⑤ 이와 동시에 시간의 경과에 따른 지수효과를 관찰한다.

⑥ 변형량 측정방법은 초기에 Eye Gage를 통하여 원형의 폭을 표시한다. 일정한 시간간격에 따라 Eye Gage로 변위량을 측정한다.

4. 시험결과 및 분석

팽창지수고무의 팽창성 시험은 아크릴 mold에 콘크리트를 타설하고 난 뒤 아크릴 전면에 나타난 일면의 변화만을 볼 수 밖에 없다. 그러나 실제로는 팽창지수고무는 부피팽창을 하므로 팽창변형을 입체적으로 고려해야 한다.

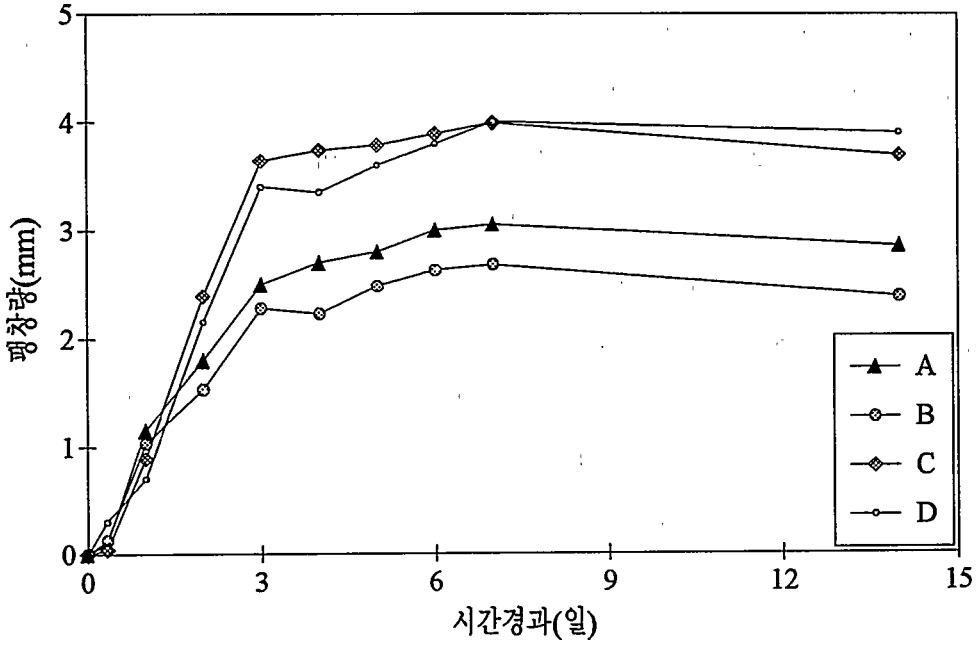
<표 6.23>은 2개의 시험체에서 각각의 측정 2점씩 모두 4측점을 설정하여 팽창지수고무의 시간경과에 따른 팽창변화량을 측정한 값이며 (그림 6.30)은 팽창량을 그래프로 나타낸 것이다.

한편, 팽창지수고무를 매설한 시험체를 2일 습윤양생 후 5일간 기건양생한 것을 0.1 kgf/cm^2(1m정수두에 해당)의 정수압을 가하여 누수시험을 실시한 후 시간의 경과에 따른 팽창특성을 <표 6.24>에 나타내었다.

<표 6.23> 팽창지수고무의 팽창변화량

[단위 : mm]

측점 / 경과시간	A	B	C	D	비고
0	21.30	21.12	20.41	20.30	3일 경과후 부터 아크릴관의 지수고무 부착부분에 배부름현상 나타나기 시작함
8시간	21.40	21.25	20.45	20.60	
1일	22.45	22.15	21.30	21.00	
2일	23.10	22.65	22.80	22.45	
3일	23.80	23.40	24.05	23.70	
4일	24.00	23.35	24.15	23.65	
5일	24.10	23.60	24.20	23.90	
6일	24.30	23.75	24.30	24.10	
7일	24.35	23.80	24.40	24.30	
14일	24.15	23.50	24.10	24.20	



(그림 6.30) 팽창지수고무의 시간경과에 따른 팽창변화 추이

<표 6.24> 팽창지수고무 매설 콘크리트 시험체의 누수특성

경 과 시 간	변 화 내 용	수두감소량
수두부하 직후	-아크릴 mold와 콘크리트 시험체 사이의 틈새로 누수 시작 -1차 팽창지수 고무 상단에 누수된 물이 젖기 시작하고 누수유도 구멍(직경 1mm)으로 누수 발생시작	
8 시간	-누수유도 구멍 메워지기 시작 -팽창지수고무 말단부 틈새로는 누수 계속됨	4 cm
1 일	-팽창지수고무의 가장자리 부분에서부터 팽창 틈새 메우기 시작함 -누수량 감소 뚜렷함 -지수고무 팽창으로 인해 아크릴 원통 배부름 현상 가속됨	1 cm
2 일	-지수고무 팽창으로 틈새 완전 메워짐 -누수량 거의 없음 -지수고무의 팽창량 확대에 따라 아크릴 mold의 변형량이 증가하여 쪼개짐	0.3 cm

이상의 시험결과를 분석하여 정리하면 다음과 같다.

(1) 지연형 팽창지수고무는 (그림 6.30)에서 보는 바와 같이 콘크리트의 종결시간인 8시간 경과 후에는 팽창량이 미약하며 콘크리트내에 잉여 수분함유량이 많은 7일까지는 지속적으로 팽창이 진행된다. 따라서 콘크리트가 어느 정도 경화되어 팽창지수고무의 팽창압에 의해서 콘크리트가 변형되지 않는 2~3일 경과시험에서 틈새를 압밀하는 효과를 발휘한다.

(2) 타설초기의 팽창량은 7일을 고비로 멈추고 콘크리트의 건조가 진행되는 동안의 감소량은 미소하다. 대략적인 시험에 적용된 동일한 배합비의 콘크리트 경우 7일 경과후의 함수비가 6%, 28일 경과후의 함수비가 5%, 180일 경과후의 함수비가

4% 정도이며, 지하에는 지하수와 토립자의 흡착수로 인하여 비교적 습한 환경에 있기 때문에 타설 초기에 팽창한 지수고무의 원상태로의 회복축소는 발생하지 않을 것이다.

(3) 수분이 공급되는 상황에서는 팽창지수고무가 재팽창하여 틈새를 막아 나가며 시험에서도 본 바와같이 팽창될 때 상당히 큰 팽창압이 발생하여 침투수의 수압을 충분히 전달받을 수 있을 것으로 생각되며, 오히려 PVC관과 같이 비교적 내압력이 작은 연질의 관을 관통부 배관 또는 슬리브로 사용할 때는 팽창지수고무의 팽창압을 견디지 못하고, 이상변형이 발생할 가능성이 있으며 이로 인해서 누수가 유발될 수도 있을 것이다.

제 8 절 옥상 슬래브의 관통부 시험

1. 시험개요 및 목적

발전소 옥상의 관통부 중 방수층에 가장 크게 열화요인으로 작용하여 누수요인이 될 수 있는 개소는 관통파이프 내부에 열 및 큰 거동이 있거나, 양자가 동시에 관통 파이프 주변의 구성부재에 영향을 미치는 경우이다.

다만, 관통파이프와 슬래브의 접합부에서 야기되는 큰 거동으로 인한 누수여부는 실험여건상 시험체 바탕콘크리트 크기의 제한으로 큰 수축변화를 기대하기 어렵고, 시험체 단부의 고정이 사실상 불가하며, 실제 구조물에서도 각부 조인트의 줄눈설계 및 누름층과 단열층의 보호효과로 그 거동을 최소화하는 것이 바람직하므로 실험인자에서 제외하였다.

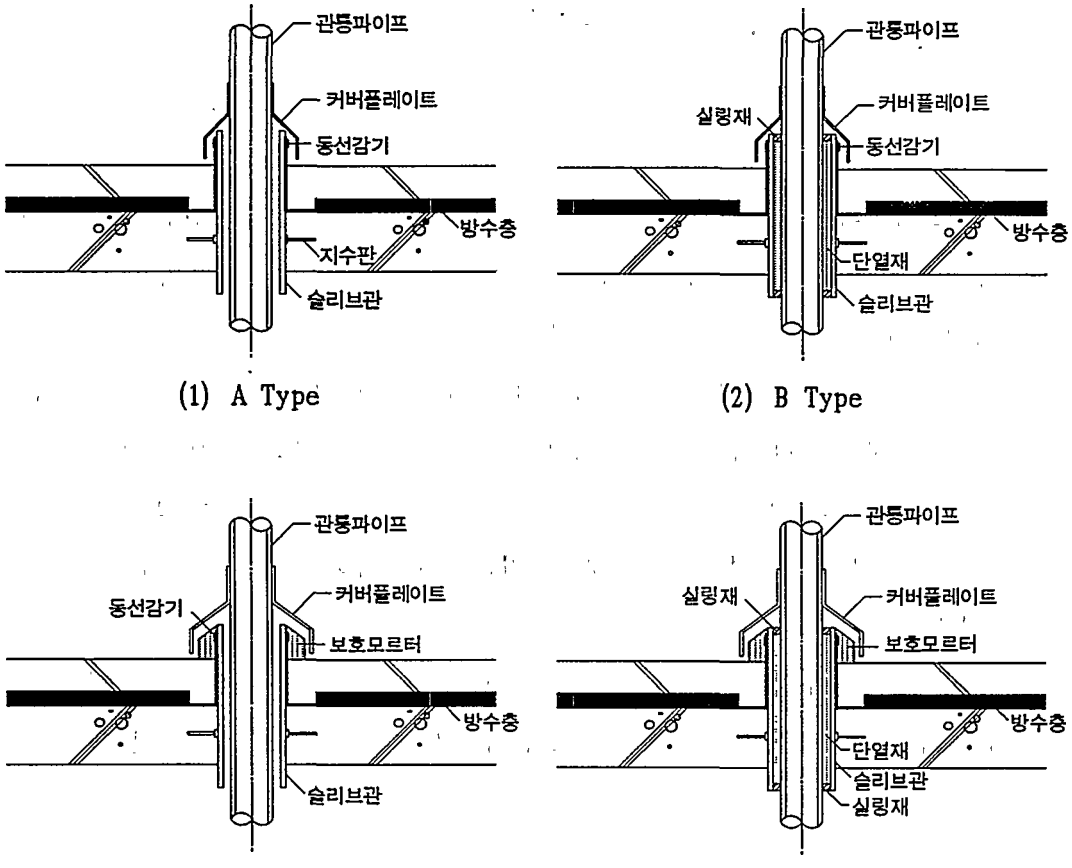
따라서 본 관통부의 성능시험은 방수층과 파이프 내부의 온도간의 열적특성을 분석하여 내부의 열원을 가진 관통 파이프의 적정구법을 선정하는 것으로 한다.

2. 시험체

관통파이프 내부의 열에 대해 효율성이 높은 공법의 선정을 위해 본 배관에 앞서 시험체 바탕콘크리트 타설시 파이프 설치를 위해 매설한 슬리브에 방수층을 시공하고 (그림 6.31)과 같이 방수층의 외기 및 본 배관 내부의 열영향에 대한 보호조치가 각기 다른 4가지 유형의 시험체를 제작하였다.

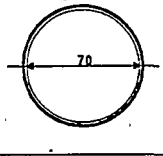
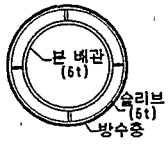
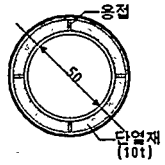
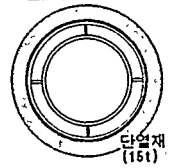
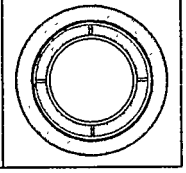
다만, 본 배관에 직접 방수층이 접해 있는 시험체를 동시에 제작하여 해당 구법들과 비교토록 한다. 각 타입별 시험체의 특징은 <표 6.25>와 같으며 시험체 설치 상황은 (그림 6.32)와 같다. 시험체 바탕은 발전소 구조물의 옥상슬래브와 동일한 배합비로 구성된 콘크리트로 제작하였으며 그 크기는 300×300×50으로 하였다.

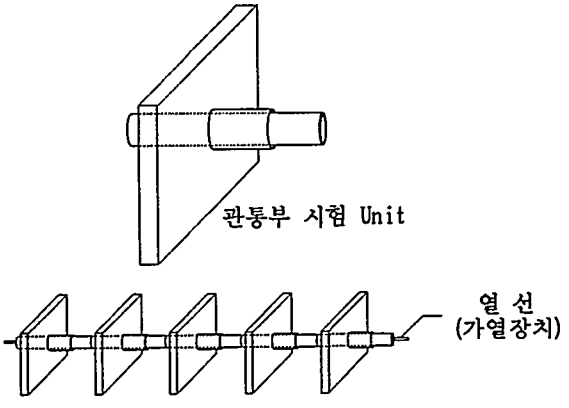
이때 방수층은 B社의 개량아스팔트 단층 시트를 사용하였으며, 방수층의 피복 및 슬리브와 본 배관사이의 충전에 사용된 단열재의 물리적 특성은 <표 6.26>과 같다.



(그림 6.31) 옥상 관통부 시험체 개요

<표 6.25> 시험체의 분류

	Reference	A Type	B Type	C Type	D Type
내부 단열재 충전	무	무	유	무	유
외부 단열재 피복	무	무	무	유	유
관통구의 단면형상					



(그림 6.32) 옥상 관통부 시험체의 설치상황

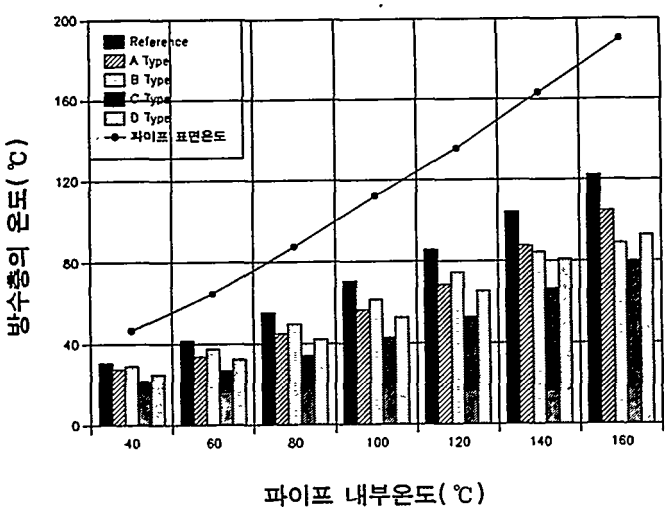
<표 6.26> 단열재의 물리적 특성

비 중		강 도		열 특 성		흡수 및 투수			
절건비중	기건비중	압축강도	부착강도	열팽창계수	열저항치	부분흡수율	전면흡수율	길이변화율	투습비저항
0.5	0.6	40kgf/cm^2	20kgf/cm^2	7×10^{-6}	0.0062d ($m^2h℃/kcal$) 이상	12%Vol	33%Vol	0.05%이하	40mhmmHg/g

3. 시험방법 및 과정

시험방법은 (그림 6.32)와 같이 본 배관 내부에 열선을 설치하고 일정온도을 장시간 유지할 수 있는 장치로 방수층의 온도변화를 측정하였다. 온도측정을 위하여 열전대(Thermal Couple)을 각 시험체의 방수층에 설치하였으며, 본 배관의 표면온도를 측정하여 내부와의 온도차를 비교하였다((사진 6.8) 참조).

측정온도는 파이프 내부의 온도를 고정하고, 방수층의 온도가 일정하게 유지되는 시점에서 측정하였으며, 각각 3회씩 측정하여 평균값을 취하였다. 시험시의 외기온은 7~10℃ 였으며, 파이프 내부열 40℃에서 측정을 시작하여, 20℃ 간격으로 160℃까지 시험을 계속하였다. 그 이상의 온도에서는 방수층에 심한 변형이 일어나 시험을 중지하였다.

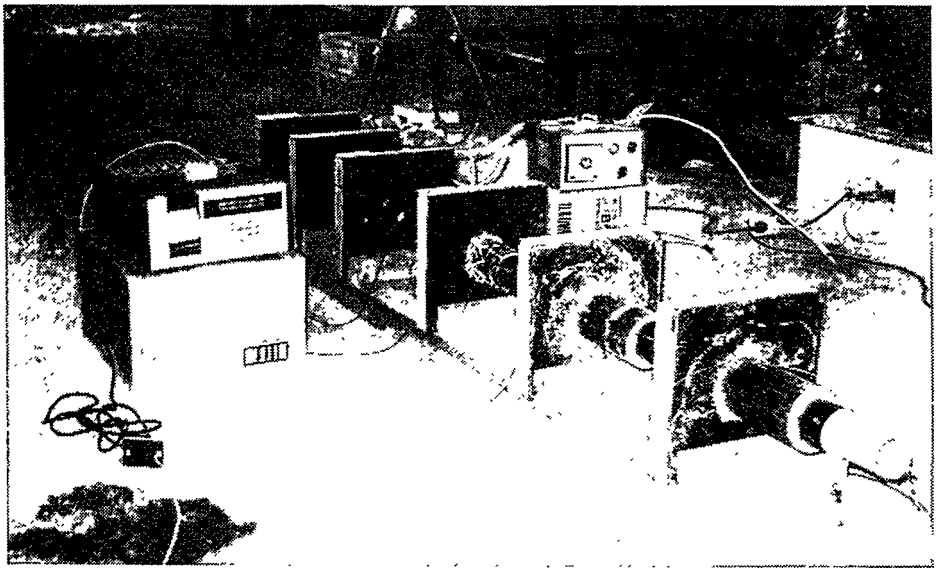


(그림 6.33) 시험체별 방수층의 온도측정 결과

여기서 알 수 있듯이 본 배관과 슬리브 사이에 단열재를 충전한 형태(B Type, D Type)와 대류열을 외부로 환기시키는 시스템(A Type, C Type)의 열전달 효과를 비교했을 때 후자의 경우에 단열효과가 약간 높은 것으로 나타났다. 한편, 외기온에 대한 방수층의 보호를 위해 단열재를 피복한 경우(C Type, D Type)가 방수층을 노출한 경우(A Type, B Type)에 비해 열전달이 적게 나타났는데, 이는 외기의 온도가 파이프 내부의 온도보다 낮은 경우에도 방수층의 온도는 외기에 의한 냉각보다는 포수상태인 단열재 중의 수분에 의한 냉각효과가 더욱 큰 것이라 추정된다.

따라서 방수층의 외부에 단열재를 피복하는 경우는 방수층의 자화를 방지할 뿐만 아니라 단열재가 포수상태인 경우 외부온도에 관계없이 방수층에 미치는 온도를 적게 할 수 있는 것으로 판단된다.

이상의 결과를 토대로 본 배관 내부의 열전달을 방수층에 적게 미치는 구법형태는 (1) C Type, (2) D Type, (3) A Type, (4) B Type의 순으로 관찰되었다. 단, 여기서 특이할 사항은 140℃와 160℃에서의 측정결과 A Type과 B Type의 고온측



(사진 6.8) 관통부 시험체의 온도측정 상황

4. 시험결과 및 분석

가. 방수층의 온도영향

본 배관 내부의 온도변화에 따른 시험체의 온도분포에 대한 측정결과는 <표 6.27> 및 (그림 6.33)과 같다.

<표 6.27> 시험체의 온도측정 결과

파이프 내부온도	파이프 외부 표면온도	A Type	B Type	C Type	D Type	Reference
40.1	46.6	27.6	29.2	21.7	25.0	30.7
60.8	64.4	33.9	37.6	27.1	32.5	41.5
80.3	87.7	45.1	49.7	34.1	42.0	55.2
100.0	112.4	56.5	61.7	42.6	52.6	70.6
120.0	135.7	68.6	74.5	52.8	65.5	85.8
139.9	163.3	87.6	84.6	66.5	81.3	104.4
160.0	189.6	104.7	89.1	80.1	93.0	122.2

제 9 절 누름블록 형상에 따른 단열재 내압시험

1. 시험개요 및 목적

지금까지 검토, 선정한 옥상 주 방수 체계는 외부를 기준으로 할 때 누름보호층, 단열층, 방수층, 바탕층으로 형성된 USD구법이다. 이 구법을 실제 적용할 때 누름보호층으로 사용되는 블록은 옥상에 내리는 강우를 일차적으로 원활하게 배수하고 보수시 쉽게 탈착이 가능한 형상을 갖추어야만 선정된 구법의 효율성을 보장할 수 있다.

또한 단열재는 옥상이 경보행하기에 적합하도록 하기 위해서는 적정한 내압성능을 지녀야 한다. 단열재의 단열성능은 재료마다 다소의 차이는 있으나 단열재 종류에 따라 내압성능이 달라지는 것에 비해서는 미약한 편이다. 따라서 본 시험에서의 단열성능에 대한 평가는 기존의 단열재의 물성 사양에 따라 평가하고 블록의 형상에 따라 내압성능을 비교·평가하는데 시험의 목적을 둔다.

2. 시험체

단열재의 내압 성능시험을 하기 위한 시험체는 시험시 장비의 Setting 관계상 크기를 300×300mm로 한정하였다. 제안되는 실제크기와는 차이가 있지만 바닥면의 형상을 갖춘 상태에서 단위 면적당 작용하중에 대한 변위를 계산하여 내압성능을 상대평가하므로 시험체의 크기에 대한 시험을 수행할 필요는 없다.

가. 시험체 형상

시험체의 형상은 옥상의 구배를 자연유하하는데 지장이 없을 1/30~1/50 정도로 가정하고 배수 유로의 크기를 수리역학 전문가의 자문에 따라 물의 표면장력과 마찰저항에 의한 체수가 발생되지 않는 정도인 1cm로 일정하게 하였다.

시험체의 형상은 아래의 4가지이다.

(1) Type Ⅰ : 평면을 완전히 평활하게 처리, 내압시험의 기준시험체

(2) Type Ⅱ : 凹凸면의 凸부를 2cm, 凹면의 골 깊이를 1cm, 원활한 배수를 위하여 배수유로를 좁은 간격으로 배치.

(3) Type Ⅲ : 凹凸면의 凸부를 4cm, 凹면의 골 깊이를 1cm, 적절한 배수와 지압성능을 동시에 확보하기 위한 형상.

(4) Type Ⅳ : 사각모서리에 반경 5cm의 1/4원을 배치하여 충분한 배수성과 통기성을 확보한 형상

나. 단열재

단열재의 종류는 현재 시판되고 있는 재료 중에서 경질이고 흡수력이 약한 재료를 기본으로 아래의 3가지를 선정, 시험하였으며 두께는 모두 50mm로 일정하다..

(1) 단열재 Ⅰ : 폴리스틸렌(스티로폴)

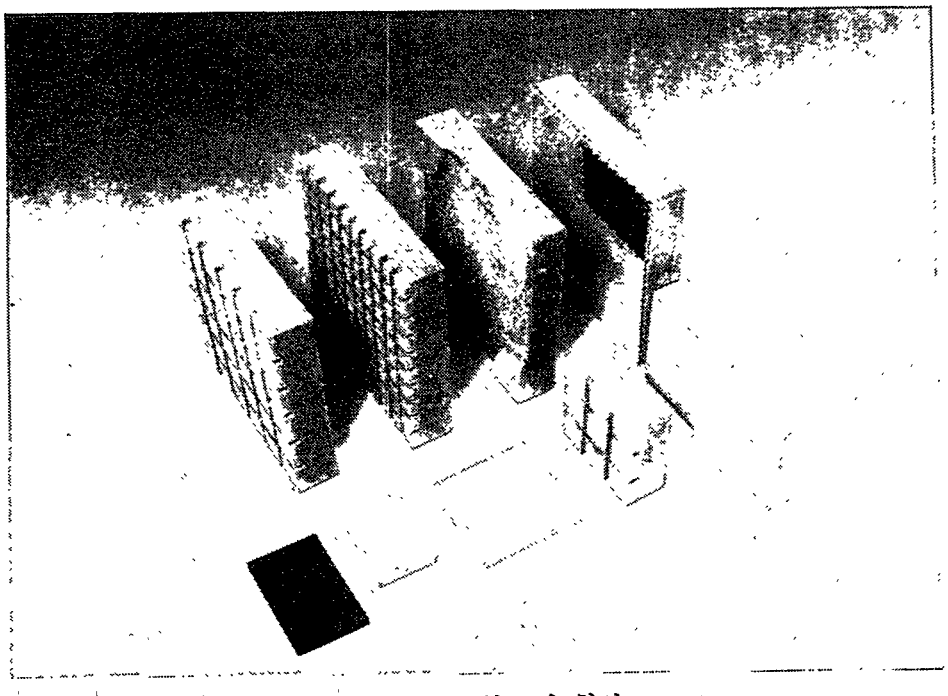
(2) 단열재 Ⅱ : 우레탄폼 보드

(3) 단열재 Ⅲ : 압출성형 스틸렌폼

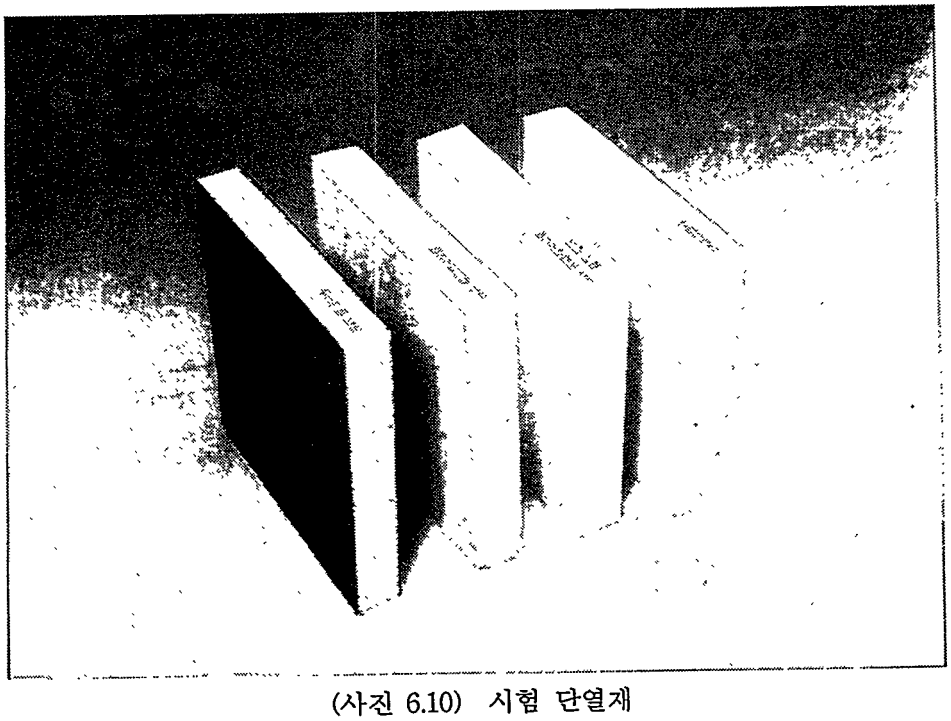
블록의 형상은 (사진 6.9)와 같으며 단열재는 (사진 6.10)과 같다.

3. 시험방법 및 과정

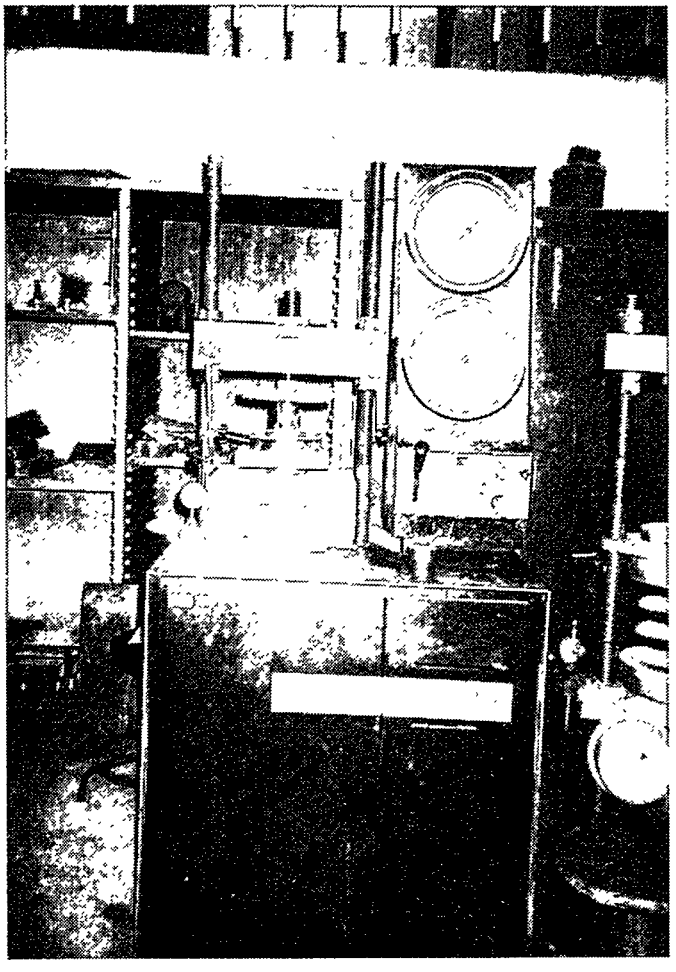
시험방법은 소형 일축압축 시험기에 단열재와 그 상측에 기 제작된 블록을 올려놓고 시험체의 중앙부에 구상의 일점하중을 가하였다. 일축압축기의 최소하중단위는 10kg이며, 시험기의 몸체 Frame에 Magnetic Base를 이용하여 측정정도가 0.01mm인 Dial Gage를 부착시키고 시험기 상판의 바닥면을 측정 기준점으로 고정시켰다.



(사진 6.9) 블록의 형상



(사진 6.10) 시험 단열재



(사진 6.11) 블록형상에 따른 단열재 내압시험

가. 블록형상 선정시험

시험의 순서는 먼저 변위량이 많을 것으로 예상되는 폴리스틸렌을 기준으로 하여 블록의 형상별로 변위와 내압성능을 시험하고 난 뒤 배수측면과 내압특성을 고려해서 사용이 추천되는 형상을 선택한다.

나. 단열재 종류 선정시험

선정된 블록 형상체를 기준블록으로 하고 단열재의 종류를 바꾸면서 단열재의 내압성능에 따라 하중과 변위량을 측정하여 내압성능을 비교하였다.

4. 시험결과 및 분석

가. 블록형상별 시험

블록의 형상을 변화시키면서 일차적으로 형상에 따른 단열재의 변위정도를 시험한 결과와 단열재의 종류별 내압시험결과는 <표 6.28>과 같으며 이를 그래프로 나타내면 (그림 6. 34)와 같다. 이 시험은 앞에서 언급한 바와 같이 단위블록(면적크기 300×300mm)을 기준으로 한 것이다.

(1) 시험체의 형상에 따라 변위량의 차이가 분명히 나타난다.

(2) 면의 형상이 평활한 Type Ⅰ(기준형)이 변위량이 당연히 가장 적다.

(3) 면의 사각을 1/4원으로 처리한 Type Ⅱ 형상은 다른 Type에 비교하여 큰 변위량을 나타낸다.

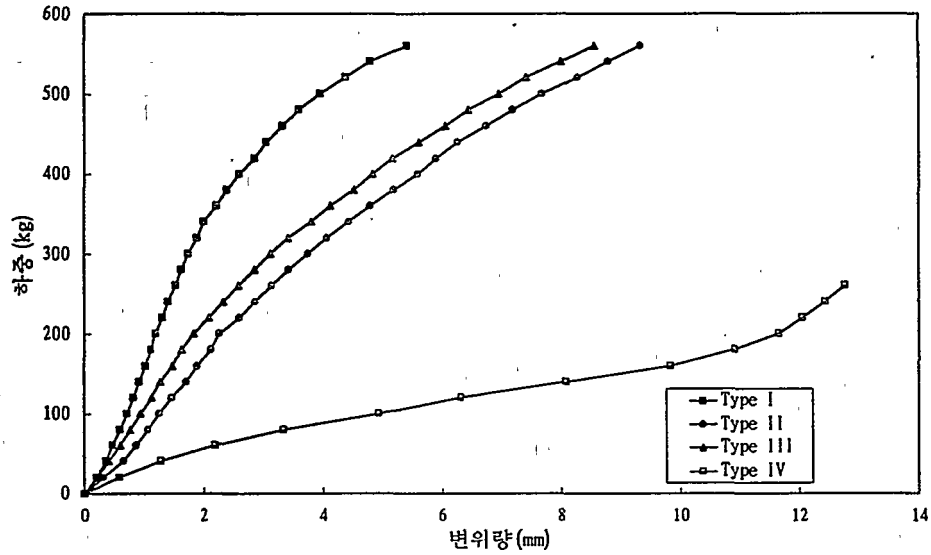
(4) 배수를 고려한 형상과 단열재의 내압성을 고려할 때 凸부의 크기가 40×40mm인 Type Ⅲ의 형상이 가장 적절할 것으로 판단된다.

나. 단열재 종류별 시험

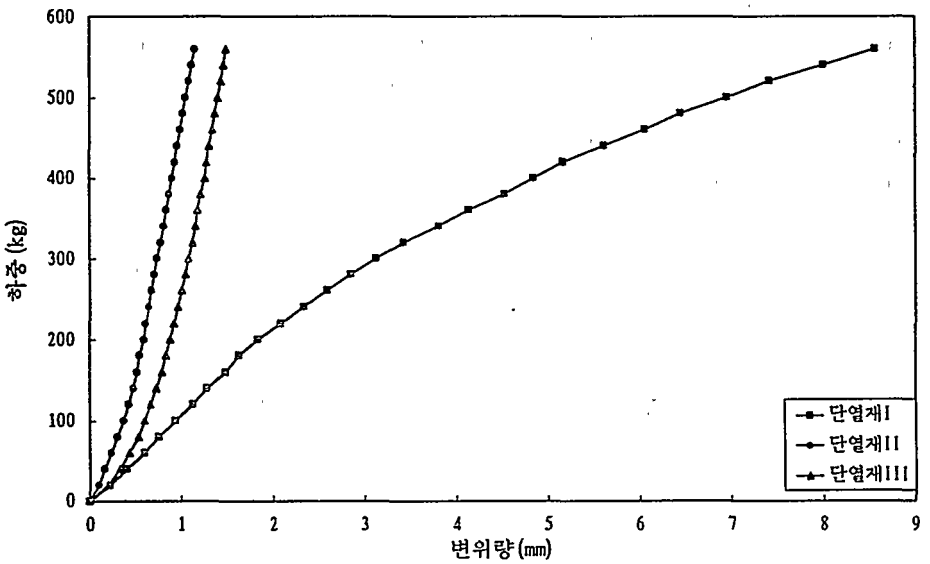
먼저 앞의 블록형상별 시험결과에서 Type Ⅲ의 형상이 누름 블록에 대한 제조건

<표 6.28> 블록형상과 단열재별 내압시험결과

하중(kg)	변 위 량 [$\times 10^{-2}$ mm]						
	블록형상 선정 시험				단열재 선정 시험		
	Type Ⅰ	Type Ⅱ	Type Ⅲ	Type Ⅳ	단열재Ⅰ	단열재Ⅱ	단열재Ⅲ
0	0	0	0	0	0	0	0
20	59	32	22	20	22	21	10
40	129	64.5	40.5	35.5	40.5	33	17
60	219.5	86.5	59.5	47	59.5	43	24
80	334	106	76	59	76	53	30
100	493.5	126	93.5	71	93.5	60	37
120	632	146.5	112.5	82	112.5	67	43
140	809	171.5	128	91.5	128	73	48
160	984	189.5	148.5	102	148.5	79	52
180	1091.5	212	163	111	163	84	55
200	1165	225.5	183.5	119.5	183.5	88	59
220	1204.5	259.5	208.5	131	208.5	93	61
240	1243	286.5	233	140.5	233	97	65
260	1276	314.5	259	153.5	259	101	68
280		343	285	162.5	285	105	71
300		375.5	312	174.5	312	108	74
320		407.5	342.5	190	343	113	78
340		444	381	201.5	381	116	81
360		480.5	413.5	222	414	118	84
380		520	452.5	239.5	453	122	87
400		559.5	484	260	484	126	91
420		590	516.5	285.5	517	128	94
440		620	561	305	561	131	96
460		674.5	606	332.5	606	134	99
480		719	644.5	360	644	137	102
500		768	695	395.5	695	140	105
520		828	741.5	438.5	742	144	109
540		880	800	480	800	147	112
560		934	856	542.5	856	149	115



(그림 6.34) 블록형상별 내압시험 결과



(그림 6. 35) 단열재 종류별 내압시험 결과

에 적합한 것으로 선정되었다. 다음 단계로 결정된 형상으로 단열재의 종류별 내압성능 시험결과를 나타내면 (그림 6. 35)와 같으며, 시험결과를 정리하면 아래와 같다.

(1) 폴리스틸렌(단열재 Ⅰ)은 다른 두종류의 단열재보다 내압성능이 훨씬 떨어진다.

(2) 우레탄 폼 보드(단열재 Ⅱ)와 압출성형 폴리스틸렌(아이스 핑크, 단열재 Ⅲ)의 상대비교에서는 근소하지만 압출성형 폴리스틸렌의 내압성능이 우수하다.

(3) 압출성형 폴리스틸렌을 단열재로 사용하면 블록 크기를 300×300mm~450×450mm 정도의 크기로 설정할 때, 통행인의 작용하중이 충격하중을 고려하여 대략 200kg/(block 1EA) 정도 작용한다고 가정하면 0.5mm 정도의 처짐이 발생한다. 이 변위량은 전체적인 블록의 배열을 흐뜨리지 못할 것으로 판단되며 곧바로 탄성회복을 할 수 있을 것이다. 단 공용기간이 지속되면서 재료자체의 노후화로 인한 장기변형은 일어날 수도 있을 것으로 판단된다.

이상의 시험결과를 분석할 때 블록의 형상은 배수와 내압성능을 고려하여 Type Ⅲ(凸부 40×40mm, 凹부의 ϕ=10mm)가 적절하며 단열재의 종류는 압출성형 폴리스틸렌(아이소 핑크)을 우선으로, 또는 우레탄폼 보드의 선택을 제안할 수 있다.

제 7 장 방수시공성 및 경제성 분석

제 7 장 방수 시공성 및 경제성 분석

제 1 절 개 요

방수공사는 외부로부터의 물의 침입을 막고, 또는 내용수를 외부에 새나가지 않도록 하는 방법이다. 이러한 방수공법에는 각양각색의 재료와 공법이 활용되고 있으며, 계속적인 연구를 통하여 새로운 방수공법이 개발되고 있다. 방수공사에서 작은 결함일지라도 이 결함으로 누수가 발생하면 주변을 오염시키고 구조물 내·외의 수용물에 해를 끼치게 되어 비난의 대상이 될 때가 많다. 구조물의 형태, 구조 및 부위에 따라서는 방수공사가 곤란하여 완벽한 방수공사를 할 수 없는 경우도 있으나 이와같은 문제점을 기술적으로 연구, 고찰하여 만족한 방수공사가 되어야 하며, 의장적인 면에서도 무리가 없어야 할 것이다.

발전소 구조물은 일반 건축물과 달리 규모가 크며, 형태도 다양하고, 복잡해짐에 따라 신공법, 신재료 및 새로운 시공관리 기법의 개발 및 도입이 활발히 추진되고 있다. 특히 방수공사의 경우 한번 시공이 되고나면 하자발생 부위의 확인이 어렵고, 완벽한 보수가 어려울 뿐만 아니라 보수공사비도 많이 소요되고 있으나 구조물의 종류별, 특성별, 현장여건별 시공법이나 하자발생에 대한 대책 등이 미비하여 설계시 현장여건과 구조물의 특성에 맞는 방수재료 및 시공법의 선정에 많은 어려움을 겪고 있다. 또한 누수사고 보수시에도 재료나 시공법 등에 대한 분석없이 재래공법을 그대로 적용함으로써 재차 누수사고를 초래하고 있는 실정이다.

발전소 구조물에서의 누수사고 발생은 안전사고의 위험 뿐만 아니라 보수작업 등에 의한 전력공급의 중단이 초래될 수 있어 경제적인 손실과 많은 불편을 초래하게 되며, 침투수에 의해 철근이 부식될 경우 구조물의 안전에도 많은 영향을 줄 수 있

다.

따라서 본 항에서는 기존 발전소 구조물에서 발생한 각종 방수결함과 누수사례를 조사·분석한 결과를 근거로 하여 이미 사용하였거나 향후 사용하고자 하는 방수공법 및 방수체계에 대한 시공성 및 경제성을 분석하여 우수한 방수공법을 제시하고자 한다.

제 2 절 시공성 분석

1. 시공성 분석 방향

발전소 구조물은 일반 건축구조물과 달리 여러가지 구조적인 특성과 주로 해안에 위치하게 되므로 주변환경에 대한 영향을 많이 받는 구조물이다.

따라서 발전소 구조물 방수의 시공성 분석은 발전소 구조물의 특성과 환경여건을 고려하여 이미 채용하여 사용하였거나 사용하고자 하는 방수공법에 대해 방수공법별로 다음과 같은 사항에 대하여 비교·검토하고자 한다.

(1) 공법의 개념
(2) 공법별 주요 방수재료
(3) 공법의 시공 특성
(4) 부위별 적용성
(5) 환경에 따른 시공성
(6) 공법 및 재료의 시장성
(7) 시공관리 및 유지관리의 문제점
(8) 보수성
(9) 공기 및 재료비
(10) 기타 시공성능

2. 방수공법별 시공성 분석

가. 공법의 개념

방수공법별 방수층을 구성하는 기본 개념은 다음과 같다.

(1) 아스팔트 방수

가열용융한 아스팔트를 접착제로 하여 아스팔트 펠트, 루핑류를 2~4매 적층하여 방수층을 구성한다.

(2) 개량아스팔트 방수

아스팔트를 개량한 방수시트를 토치로 가열하면서 바탕층에 부착시켜 방수층을 구성한다.

(3) 시트 방수

방수시트를 접착제로 바탕면에 접착시켜 방수층을 만든다.

(4) 도막 방수

수성 및 유성의 방수제를 표면에 도포하여 수분 또는 용제가 증발하고 남은 피막으로 방수층을 구성한다.

(5) 침투성 방수

흡수성이 있는 바탕면에 방수재를 침투시켜 방수층을 형성한다.

(6) 스테인레스 방수

얇은 스테인레스 강판을 성형하여 연속적으로 깔고 강판을 용접하여 방수층을 구성한다.

나. 공법의 시공특성

(1) 아스팔트 방수

아스팔트 방수공법은 루핑류의 종류나 적층수의 선택이 자유롭기 때문에 시장에서 선택하는 시방의 종류도 매우 많고 복잡하다. 그러나 적층하는 루핑과 부착방법에는 고유의 목적이 있고 그것을 인지함으로써 복잡한 시방의 의도를 이해할 수 있다. 아스팔트 방수의 층별은 방수부위(지붕, 지하실,저수탱크 및 옥내방수), 중요도 및 조건에 따라 방수층을 선택하여 설계할 수 있다.

(2) 개량아스팔트 시트 방수

개량아스팔트 시트는 아스팔트를 합성고무나 플라스틱 등의 보강재와 조합시켜 만든 방수시트를 토치(torch)로 가열하면서 바탕면에 부착시키는 방수공법이다.

이 공법은 이미 KS규격으로 제정되어 있으며 외국의 경우 방수성능이 우수하고 공사가 간편하며 공기가 짧아 널리 활용되고 있다. 국내에서도 각종 방수공사에 이용되고 있으며, 향후 널리 활용될 것이다.

(3) 시트 방수

시트 방수공법은 멤브레인(membrane)방수의 일종으로 합성고무나 합성수지를 주원료로 적층고분자 시트를 같은 계의 접착제 등으로 붙여서 방수층을 형성시키는 공법이다. 이 공법의 특징은 신축성이 크고, 바탕재료의 균열과 요동에도 잘 순응하며 내후성, 내수성, 내약품성이 뛰어나고 온도변화에 대하여 비교적 안전하다. 주로 냉공법이므로 가열할 필요가 없고, 공정이 간단하며 인력과 공기가 단축된다. 그러나 얇은 시트 1,2장에 방수층이 형성되므로 결함이 생기기 쉽다.

(4) 도막 방수

도막 방수는 방수재를 도포하여 방수층을 형성하기 때문에 복잡한 부분이나 수직부분의 시공이 용이하고 신속하며 내약품성이 우수하다.

수용성의 경우 방수바탕에 수분이 있어도 시공이 가능하고 공정수도 적다. 또한 신축성이 있기 때문에 방수바탕면의 조그만 균열에도 견딜 수 있고 누수부의 발견이 용이하며 국부적으로 확실하고 간단하게 보수할 수 있다.

(5) 침투성 방수

콘크리트 구체 및 모르터 벽돌류 등 비교적 흡수성을 갖는 바탕재에 침투하여 바탕재에 포함된 석회 및 수분과의 화학반응으로 방수효과를 기대하는 것으로 건물의 기초벽 내부와 외부 어느쪽에서든지 방수목적으로 사용할 수 있고, 이음새가 없으며 습기가 많은 상태에서도 시공할 수 있다.

(6) 스테인레스 시트 방수

스테인레스는 전기저항치가 클수록 용접에는 적합하지만 열팽창계수가 큰 것은

좋지 않다. 만약 열팽창계수가 큰 스테인레스를 사용할 경우 스테인레스에 슬라이드 기구를 지탱하는 등 접합팽창 처리를 해야 한다.

라. 부위별 적용성

(1) 옥상 방수

발전소 구조물의 옥상층은 경간이 매우 길고 넓은 평면이며 관통파이프가 많이 설치되어 있다. 바탕층은 데크플레이트 위에 경량 콘크리트 및 무근 콘크리트로 되어 있으며 방수층은 방수의 목적이나 상황에 따라 적당하게 방수층의 구조를 설계할 수 있다. 각종 방수공법별 적용성을 요약하면 <표 7.1>과 같다.

<표 7.1> 옥상방수층의 공법별 적용성

방수공법	시 공 성	고려사항
아스팔트 방수	◦ 비교적 두꺼운 방수층을 형성 안정성이 있고 연속시공으로 줄눈이 없다. ◦ 신장성 및 접착성이 우수하며 일체화가 용이하다. ◦ 적당한 변형능력이 있어 발전소 구조물에 매우 양호한 공법이다. ◦ 작업시 화상의 우려가 있고 작업시 악취가 발생한다. ◦ 사용재료가 다양하며 작업단계가 복잡하다. ◦ 방수층의 들뜸현상이 자주 발생한다.	◦ 단열층 및 누름층에 세심한 배려가 요구됨 ◦ 탈기구 설치가 요구됨
개량 아스팔트 시트 방수	◦ 방수시트로 단층 또는 복층으로 방수층 구성 ◦ 시공이 매우 간편하고 공기가 짧다. ◦ 방수층 시공시 토치를 이용하므로 화재의 우려가 있다. ◦ 복잡한 형상의 시공이 어렵다. ◦ 방수층의 들뜸현상이 자주 발생한다. ◦ 방수층이 건조하지 않으면 밀착성이 저하한다.	◦ 단열층의 위치 ◦ 탈기구 설치 필요

방수공법	시 공 성	고려사항
시 트 방수	◦ 1장의 시트로 방수층 구성 ◦ 시공이 간단하고 수밀한 방수층을 형성한다. ◦ 내구성, 내후성, 내약품성이 우수하여 발전소 구조물에 적합하다. ◦ 노출방수 공법으로 많이 이용한다. ◦ 바탕층이 건조하지 않으면 방수층 들뜸이 발생한다. ◦ 시공시 특수한 기술이 요구되며 복잡한 형상에서는 시공성이 감소된다.	◦ 탈기구 설치가 요구됨
도 막 방수	◦ 발전소 구조물과 같이 복잡한 부분의 시공이 용이하다. ◦ 시공이 간편하다. ◦ 노출방수로 방수층의 들뜸 및 파단의 우려가 크다. ◦ 경화건조시 이물질의 제거가 어렵다.	
침투성 방수	◦ 구체 침투 방수제는 수정체가 화학반응을 일으킬 수 있도록 일정량의 수분이 요구되므로 옥상층 방수에는 적용치 않는다.	
스테인레스 방수	◦ 일사광선에 의한 열화나 보통입지 조건에서 비·바람에 의한 열화가 적다. ◦ 발전소 구조물과 같이 해안근처의 염해지역이나 또는 공장지역의 가스오염에서는 부식이 발생한다. ◦ 가격이 매우 비싸다. ◦ 판금지식이 있는 숙련공이 필요하다. ◦ 시공단계가 매우 복잡하다.	◦ 성형기, 용접기 및 절곡기 등 시공기계가 필요함 ◦ 큰 전기용량이 필요함

(2) 지하방수

발전소 구조물은 규모가 크고 구조적 안정성이 매우 요구되는 건물로 기초 콘크리트를 상당히 두꺼운 매스 콘크리트로 타설하므로서 자체의 수밀성으로 누수가 발

생하지 않아 별도의 방수를 하지 않는 경우가 있으나, 매스 콘크리트의 수화열에 의한 균열 시공이음부(cold joint)나 구조분리 이음부(structure joint) 등에서 누수사고가 발생할 수 있다. 방수공법별 적용성은 <표 7.2>와 같다.

<표 7.2> 지하방수층의 공법별 적용성

방수공법	시 공 성	고 려 사 항
아스팔트 방수	◦ 발전소 구조물의 지하바닥층에는 잘 적용하지 않으며 옥상층과 동일한 방법으로 시공을 하나 방수효과는 감소한다.	◦ 수압이 거의 없는 바닥의 경우 6층 방수도 가능하다.
개량 아스팔트 방수	◦ 버림 콘크리트 타설 후 지하층 전체에 깔고 콘크리트를 타설하여 방수층을 구성할 수 있으나 콘크리트 타설시 방수층의 파단 등 결함요인이 있다. ◦ 지하방수층에 잘 적용하지 않는다.	
시 트 방수	◦ 발전소 구조물 지하층 전체에 방수시트를 깔고 콘크리트를 타설하여 구체를 구성한다. ◦ 시공시 방수층 이음부의 정밀시공이 요구되며 방수층에 손상이 없도록 한다.	◦ 발전소 구조물은 매우 중요한 건물이므로 시트두께는 2.0mm 이상을 사용한다.
침투성 방수	◦ 발전소 구조물의 지하바닥층 방수에는 적용하지 않는다.	
스테인레스 방수	◦ 발전소 구조물 지하층에서는 적용하지 않는다.	

(3) 지하벽체 방수

발전소 구조물 지하방수체계는 크게 지하바닥면과 흙과 접하는 지하 벽체면으로 구분하여 검토할 필요가 있다. 이미 설명한 바와 같이 지하 바닥면과 벽체 모두를 시트 방수재로 방수층을 구성하는 경우가 많이 있으나 경우에 따라서는 지하벽체에

대한 방수를 별도로 수행하는 경우가 있다. 본 항에서는 지하벽체에 대한 각 공법별 적용성에 대하여 검토한다.

<표 7.3> 지하벽체 방수층의 공법별 적용성

방수공법	시 공 성	고 려 사 항
아스팔트 방수	◦ 발전소 구조물 지하방수에는 잘 이용되지 않으나 본 공법을 사용시에는 내방수보다 외방수로 시공하는 것이 바람직하며 반드시 방수층 보호막을 설치한다. ◦ 벽체 관통부 주위는 실링재로 정밀시공을 하여야 한다.	◦ 중요한 건물의 지하 벽체 방수시 10층 방수로 한다.
개량 아스팔트 방수	◦ 지하 바닥층 방수와 일체로 사용하는 경우가 있으나 시공시 방수층 파단에 특히 유의해야 한다.	◦ 지하외벽 사용시 복층방수로 한다.
시 트 방수	◦ 발전소 구조물 지하바닥층과 일체로 방수층을 구성하므로써 시공이 간편하고 시공성능이 우수하나 시공시 방수층 파단에 특히 유의하여야 한다. ◦ 누수발생시 결함 부위의 확인이 어렵고 방수층 자체의 보수가 어렵다.	
도 막 방수	◦ 시공은 간편하나 벽체 시공시 방수층 두께를 일정하게 유지하기가 어렵고 인화나 중독의 우려가 있어 밀폐장소에서는 환기에 유의해야 한다.	◦ 고무 아스팔트계 방수재 사용이 바람직하다.
침투성 방수	◦ 항상 수분과 접하게 되는 지하벽체의 방수에 매우 효과적인 공법이다.	
스텐인레스 방수	◦ 해수면과 접해 있는 발전소 구조물의 경우 염에 의한 부식의 우려가 있어 원칙적으로 지하벽체에 사용하지 않는다.	

마. 주변환경에 대한 방수층의 영향

일반적으로 방수층의 구성은 건물의 용도, 건물의 위치, 주변환경 등 여러가지 요인에 의해 방수재료 및 방수공법 등이 달라질 수 있다. 본 항에서는 바람, 기온, 내부열, 강우 및 강설, 진동 등 주변환경이 발전소 구조물의 방수층에 미치는 영향에 대하여 방수공법별로 비교·분석하고자 한다.

<표 7.4> 주변환경이 방수층에 미치는 영향

환경조건	방수층의 영향	비고
바 람	◦ 방수층의 보호마감을 자갈층으로 할 경우 바람에 의해 자갈층이 한쪽으로 쏠려 방수층이 노출됨으로서 열화가 촉진된다. ◦ 풍압에 의하여 파라펫 부분의 방수층이 박리하여 누수가 발생한다. ◦ 두겁 및 siding이 바람에 의해 파손됨으로서 누수가 발생된다. ◦ 도막 방수 시공후 경화시 이물질(모래, 작은돌, 먼지, 낙엽 등)이 날아와 방수 결함 요인이 될 수 있다. ◦ 스텐인레스 방수는 해염에 의해 부식이 발생한다.	◦ 방수층 보호막은 바람의 영향을 받지 않는 콘크리트 누름 및 PC판 등을 이용하는 것이 좋다.
외기온	◦ 태양에 의한 복사와 직접 일사에 의한 온도차이, 오존, 자외선 등에 의해 방수층에 열화가 발생한다. ◦ 슬래브 온도변화에 따라 균열이 발생하며, 조인트에 움직임이 생겨 방수층이 열화 파단한다. ◦ 단열재의 사용 및 단열재와 방수층의 위치에 따라 온도변화에 차이가 있으나 기온의 차보다 방수층의 상당의 기온 차이가 매우 크므로 방수층 열화에 큰 영향을 미치게 된다.	
내부열	◦ 발전소 구조물 중 특히 터빈 건물은 내부열이 많이 발생하여 이 열로 인한 바탕층의 수분 상승으로 방수층의 들뜸이 발생되고 있다. ◦ 아스팔트 방수, 개량아스팔트 방수, 시트 방수 시공시 탈기구 설치가 요구된다.	
강우 및 강설	◦ 방수층 설계시 연중 강우량과 일 및 시간당 최대 강우량을 잘 고려하여 드레인의 직경을 결정한다. ◦ 지붕구배는 옥상의 보행 및 지붕면적을 고려하여 배수구배를 결정하여 물고임을 막아야 한다. ◦ 방수 마무리부에서는 비막이를 잘 설치하여 비가 역류하여 방수층에 침투하지 않도록 설계할 필요가 있다.	
진 동	◦ 터빈 건물의 경우 기계작동에 의한 진동으로 구체의 움직임이 크므로 방수층 설계시 신축성이 큰 방수공법을 선택하든지 또는 방수층에 이 진동이 직접 전달되지 않도록 하는 방수구법을 적용한다.	

바. 공법 및 재료의 시장성

방수공법 선택시 아무리 우수한 공법이라 할지라도 그 공법에 대한 기술인력의 확보 및 재료의 생산성 및 구입여건이 좋지 않으면 방수시공상 어려움이 있다. 따라서 방수설계시에는 이러한 시장성을 고려하여야 한다.

<표 7.5> 방수공법별 시장성의 검토

방수공법	시 장 성		비고
	숙련공의 확보	재료의 생산성	
아스팔트 방수	오랜 경험으로 숙련공 확보가 매우 용이하다.	재료구입이 용이하다.	
개량 아스팔트 방수	경험은 많지 않으나 숙련공 확보가 대체적으로 용이하다.	국내에서 생산되므로 재료구입이 용이하다.	
시 트 방수	경험은 많지 않으나 숙련공 확보가 대체적으로 용이하다.	국내에서 생산되므로 재료구입이 용이하다.	
도 막 방수	경험이 적고 숙련공 확보에 어려움이 있음.	국내에서 생산되므로 재료구입이 용이하다.	
침투성 방수	경험이 적고 숙련공 확보에 어려움이 있음.	국내에서 생산되므로 재료구입이 용이하다.	
스테인레스 방수	고도의 기술을 필요로 하므로 숙련공 확보에 어려움이 있다.	사용실적이 많지 않아 재료구입에 어려움이 있다.	

사. 시공관리 및 유지관리의 문제점

각종 방수공법에 대한 시공관리 및 유지관리상에 문제점은 다음과 같다.

<표 7.6> 방수공법별 시공관리 및 유지관리상의 문제점

방수공법	시공관리상 문제점	유지관리상 문제점
- 아스팔트 방수	◦ 방수층 끝 부분의 처리 ◦ 모서리 부분에서의 방수층 들뜸 ◦ 누름층에서의 신축줄눈 설치	◦ 노출방수층에서의 식물뿌리에 의한 손상 ◦ 노출방수층의 배부름 현상 발생
- 개량아스팔트 시트 방수 - 시트 방수	◦ 연결부분의 수밀성에 대한 확인 불가능 ◦ 시공후 시트의 수축으로 모서리 부분에 들뜸 발생	◦ 새들에 의한 피해 ◦ 손상을 받기 쉬움
- 도막 방수	◦ 방수층의 두께를 확인하기 어렵다. ◦ 망형 보강물의 연결부분에 파단이 생기기 쉽다. ◦ 방수층에서 배부름이 발생되기 쉽다. ◦ 방수층 모체의 정밀도에 크게 좌우되기 쉽다.	◦ 열 열화 및 열수축이 있다.
- 침투성 방수	◦ 방수층의 도포 두께를 확인하기 어렵다. ◦ 바탕층 침투에 많이 시간이 소요된다.	◦ 손상부위의 확인이 어렵다.
- 스테인레스 방수	◦ 재질을 잘못 선택하면 녹이 발생할 가능성이 있다. ◦ 용접부위가 많기 때문에 확인이 어렵다. ◦ 방수치켜 올림부(벽면부 등) 마감이 어렵다.	◦ 방수기능만을 필요로 하는 경우 비용이 높아진다.

아. 보수성

방수공사는 일반적으로 방수전문시공업자에 의하여 책임시공으로 하고 있으나 최

초 설계시 공법선택이 잘못된 경우나, 시공미숙에 의한 결함, 또는 자연환경의 영향 등 각종 요인에 의하여 방수층에 결함이 발생하며 이 결함에 대한 보수성능은 방수층의 설계 및 시공에 못지 않게 매우 중요하다. 각종 방수공법에 대한 주요 결함사항 보수에 대한 대책은 별책 방수시스템의 결함 및 보수(예)를 참고바라며 본 항에서는 방수공법별 일반적인 보수성능과 개·보수에 따른 폐기물의 발생량 등에 대해서 간단히 요약하고자 한다.

<표 7.7> 방수공법별 보수성

방수공법	보수성능	폐기물 발생량
- 아스팔트 방수	◦ 부분적인 보수가 곤란하다. ◦ 결함발생시 보수시공 부위를 넓게 하여야 하며 적층공법에 의한 보수시공이 매우 복잡하다. ◦ 적은 결함까지 보수를 행하면 방수성능면에서 역효과가 있을 수 있다. ◦ 전면 개수시 방수층 철거에 많은 시간이 소요된다.	◦ 철거한 폐재의 산업폐기물이 많이 발생하고, 그 처리가 문제시 된다.
- 개량아스팔트 시트 방수 - 시트 방수	◦ 결함부위만 일부 제거하고 보수를 할 수 있어 보수성이 좋다. ◦ 보수시 기존 누름층 및 마감 등의 내부에 함유된 수분에 의해 밀착공법 시공시 보수한 부위에서 결함이 발생하기 쉽다.	◦ 개·보수시 산업폐기물이 아스팔트 방수에 비해 적게 발생한다.
- 도막 방수	◦ 결함부위를 철거한 후 보수시공은 2~3회 해야하므로 시간이 많이 걸린다. ◦ 도막 방수재의 종류에 따라서는 보수가 곤란한 것도 있다.	◦ 개·보수시 산업폐기물이 아스팔트 방수에 비해 적게 발생한다.
- 침투 방수	◦ 균열에 대한 실링효과가 있으므로 보수시공이 간단하다. ◦ 지하 외벽 방수의 경우 구체의 특성 때문에 보수가 곤란한 경우가 있다.	◦ 개·보수시 산업폐기물의 발생이 적다
- 스테인레스 방수	◦ 기존 방수층을 본래대로 두고 그 위에 보수공사를 하므로 보수성은 양호하다.	◦ 결함 발생부위를 제거하여 재활용이 가능하므로 폐기물 처리에 어려움이 없다

자. 공기 및 재료비

방수층의 공사기간은 건물의 용도, 방수부위, 방수체계, 기온 및 환경조건, 기능공의 숙련도 등 여러가지 요인에 의하여 차이가 있을 수 있으나, 일반적인 방수층 구성에 소요되는 공사기간에 대한 것이다. 이 자료는 방수전문시공업체의 자료를 이용한 것이므로 유동성이 있다. 또한 재료비는 방수공사에 이용되는 재료비의 단가를 기준으로 한 것이다.

<표 7.8> 방수공법별 공기 및 재료비 비교

방수공법	공 기	재 료 비
아스팔트 방수	◦ 시공이 복잡하므로 대체적으로 기간이 길다	중 간
개량 아스팔트 방수 시 트 방 수	◦ 공사기간이 대체로 짧다.	비싸다
도 막 방 수	◦ 공사기간은 중간정도임	비싸다
침 투 방 수	◦ 공사기간이 짧다.	싸 다
스테인레스 방수	◦ 공정이 복잡하여 공사기간이 길다.	매우 비싸다

차. 기타 성능

각종 방수공법에 대한 다음 사항의 성능의 비교는 <표 7.9>의 종합비교표에 포함시키는 것으로 한다.

(1) 환경공해 등

(2) 시공시 온도특성(하절기, 동절기)

(3) 시공 후 온도특성(고온 60℃전후, 저온 0℃이하)

(4) 바탕균열에 대한 저항성

(5) 치수안정성

<표 7.9> 방수공법별 시공성 비교

방수공법 / 시공성	아스팔트 방수	개량 아스팔트 시트방수	시트 방수	도막 방수	침투성 방수	스테인레스 방수	비고
1. 공법의 개념	◦가열 용융한 아스팔트를 접착제로 하여펠트, 루핑류를 2~4매 적층하여 방수층을 만든다	◦아스팔트를 개량한 방수시트를 토치로 가열하면서 바탕면에 부착시켜 방수층을 만든다.	◦방수시트를 접착제로 바탕면에 부착시켜 방수층을 만든다.	주제와 경화제를 혼합한 것을 도포하여 방수층을 만든다. (뿜칠기에 의해 자동 혼합하는 공법과 손으로 도포하는 공법이 있다.)	흡수성이 있는 바탕면에 방수재를 침투시켜 방수층을 만든다.	얇은 스테인레스 강판을 성형하여 연속적으로 깔아 방수층을 만든다.	
2. 주요 방수재료	◦프라이머 ◦아스팔트 컴파운드 ◦아스팔트 펠트 ◦아스팔트 루핑 ◦특수 아스팔트 루핑	◦프라이머 ◦개량아스팔트 시트 ◦보강깔기용 시트 ◦접착층 부착 시트 ◦씰링재	◦합성고무계 방수시트 -가황고무계 -비가황고무계 ◦합성수지계 방수시트 -염화비닐수지계 -에틸렌수지계 -아크릴수지계	◦1성분형 방수재 -아크릴수지계 -아크릴고무계 -고무아스팔트계 -클로로프렌고무계 ◦2성분형 방수재 -우레탄고무계	◦유기질 침투성 방수재 -실리콘계 -비실리콘계 ◦무기질 침투성 방수재 -무기질단체형 -무기/유기혼합형	◦무도장 스테인레스 강판 ◦도장 스테인레스 강판 ◦화학발색스테인레스 강판 ◦도금 스테인레스 강판	
3. 공법의 시공특성	◦용융 아스팔트(260℃정도)를 접착제로 아스팔트 루핑을 2~4매 적층하여 피막을 형상한다. ◦루핑류의 종류나 적층수의 선택이 자유롭다. ◦루핑류를 선택하는 시방의 종류도 많고 매우 복잡하다. ◦방수부위의 중요도 및 조건에 따라 방수층을 선택할 수 있다. ◦용융아스팔트는 작업시 악취가 발생한다.	◦아스팔트를 합성고무나 플라스틱으로 개량한 아스팔트 시트를 단독 또는 합성섬유부 직포 등의 보강재와 조합시켜 방수층을 구성한다. ◦방수시트를 토치로 가열하면서 바탕면에 부착시킨다. ◦방수성능이 우수하고 공사가 간편하여 공기가 짧다.	◦시트 방수재는 신축성이 크고, 바탕재료의 균열에 잘 순응하여 내후성, 내수성, 내약품성이 뛰어나다. ◦온도변화에 비교적 안전하다. ◦냉공법으로 가열할 필요가 없고, 공정이 간단하다. ◦노무절약 및 공기가 단축된다. ◦얇은 시트 1장으로 방수층이 형성되므로 결함이 생기기 쉽다.	◦방수재를 도포하여 방수층을 형성하므로 복잡한 부분이나 수직부분의 시공이 용이하고 신속하다. ◦수용성의 경우 수분이 있는 바탕면에서도 시공이 가능하고 공정수도 적다. ◦신축성이 있어 방수바탕면의 조그만 균열에도 견딜수 있다. ◦시공결함 부위의 발견이 용이하다. ◦유성재질을 바탕면의 습기를 최대한 건조시킨 후 시공한다.	◦고감성 용제가 저감성용제 방향으로 이동하는 삼투성을 응용한 것이다. ◦건물기초벽 내부와 외부 어느쪽에서든지 시공이 가능하다. ◦습기가 많은 상태에서도 시공할 수 있다. ◦시공이 매우 간편하나 방수제 침투에 시간이 많이 걸린다.	◦불연성으로 내후성·내구성이 타공법에 비해 우수하다. ◦지진 및 진동 등에 매우 유리하다. ◦방수층의 균일시공이 가능하다. ◦초기 투자경비가 많이 든다. ◦큰 전기용량이 필요하다.	

<표 7.9> 방수공법별 시공성 비교(계속)

시공성 \ 방수공법		아스팔트 방수	개량 아스팔트 방수	시트 방수	도막 방수	침투성 방수	스테인레스 방수	비고
4. 부위별 적용성	옥상방수	◦적당한 변형능력이 있어 발전소 구조물에 매우 양호한 공법이다. ◦사용재료가 다양하며 작업단계가 약간 복잡하다. ◦발전소 구조물에 사용시 단열층 및 누름층에 대한 세심한 배려가 요구된다.	◦방수시트 1장으로 시공하므로 시공이 간편하다. ◦복잡한 형상의 시공이 어렵다. ◦옥상방수에 매우 유용한 공법이다.	◦방수구성이 매우 간편하다. ◦내구성·내후성·내약품성이 우수하다. ◦노출방수로 시공이 가능하다.	◦복잡한 부위의 시공이 용이하다. ◦시공이 간편하다.	◦옥상층 방수에는 적당하지 않다.	◦해안근처의 염해지역이나 공장지역의 가스 오염지역에서는 부식발생의 우려가 있다. ◦초기 시공비용이 많이 들어 적용성이 떨어진다.	
	지하방수	◦지하바닥 방수층에 잘 적용하지 않는다.	◦지하층 전체에 방수층을 구성할 수 있다. ◦콘크리트 타설시 방수층의 판단의 우려가 있다.	◦발전소 구조물의 지하층 방수로 널리 이용되고 있으나 방수층 손상에 주의해야 한다.	◦지하방수층 방수에서는 원칙적으로 이용하지 않는다.	◦발전소 구조물 지하바닥층에는 잘 적용하지 않는다.	◦발전소 구조물 지하층에 적용하지 않는다.	
	지하외벽 방수	◦주로 외벽방수로 활용한다. ◦관통부위는 실링재로 정밀시공을 해야 한다.	◦적용성은 떨어지나 지하바닥층과 일체를 사용할 수 있다.	◦지하바닥층과 일체로 사용하므로 시공성은 우수하나 시공시 방수층 파단에 유의해야 할 것	◦방수층 두께가 일정하기 어렵다. ◦밀폐장소에서는 환기에 유의해야 한다.	◦항상 수분과 접하는 지하 외벽방수에 매우 효과적인 공법이다.	◦해수면에 접해있는 경우 염에 의한 부식의 우려가 있어 사용하지 않는다.	
5. 환경에 따른 시공성	바람	◦자갈누름의 경우 바람에 의해 자갈이 쓸려 방수층이 노출되어 열화 촉진	◦자갈누름의 경우 바람에 의해 자갈이 쓸려 방수층이 노출되어 열화 촉진	◦자갈누름의 경우 바람에 의해 자갈이 쓸려 방수층이 노출되어 열화 촉진	◦시공후 경화시 이물질 비산으로 방수층에 결함이 발생할 수 있다.	◦지하층 시공으로 바람의 영향은 별로 없음	◦바람의 직접 영향은 없으나 해염에 의한 부식발생의 우려가 있다.	
		◦폭풍시 흡인작용에 의해 방수층이 찢어진다.	◦폭풍시 흡인작용에 의해 방수층이 찢어진다.	◦폭풍시 흡인작용에 의해 방수층이 찢어진다.	◦폭풍시 흡인작용에 의해 방수층이 찢어진다.	-	-	◦무거운 보호층의 경우 영향이 없다. ◦바람 40m/sec 시 노출방수의 접착력 ($300kg/m^2$ 이상)
		◦풍압에 의해 파라펫 부분의 방수층이 박리될 수 있다.	◦풍압에 의해 파라펫 부분의 방수층이 박리될 수 있다.	◦풍압에 의해 파라펫 부분의 방수층이 박리될 수 있다.	◦풍압에 의해 파라펫 부분의 방수층이 박리될 수 있다.	-	-	

<표 7.9> 방수공법별 시공성 비교(계속)

시공성 \ 방수공법		아스팔트 방수	개량 아스팔트 방수	시트 방수	도막 방수	침투성 방수	스테인레스 방수	비고
5. 환경에 따른 시공성	외기온	◦온도에 민감하여 균열이 잘 생긴다. ◦방수층 노출시 오존, 자외선 등에 의한 열화가 촉진된다.	◦방수층 노출시 오존, 자외선 등에 의한 열화가 촉진된다.	◦온도의 변화에 비교적 안정성이 있다. ◦노출방수시 온존, 자외선의 영향을 받는다.	◦온도변화에 의한 방수층 결함시 복원성이 약하다. ◦수용성 도막 방수제는 0℃ 이하로 내려가면 동결의 우려가 크다.	◦대기온도 변화는 동결심도 이내에서 동결 및 융해의 반복으로 콘크리트 체적 변화가 일어나 미세균열이 발생 방수층을 약화시킨다.	◦적용 온도의 범위가 매우 넓다.	◦누름층 및 단열층의 위치에 따라 차이가 있다.
	내부열	◦내부에서 발생하는 열로 인한 방수층의 들뜸 발생	◦내부열에 의한 온도상승으로 방수층의 들뜸 발생 ◦단열층 설치로 내부열 차단 가능	◦내부열에 의한 온도상승으로 방수층의 들뜸 발생 ◦단열층 설치로 내부열 차단 가능	◦내부열에 의해 습기가 상승하면 도막분리가 일어날 수 있다.	◦열에 의해 바탕층이 건조되면 침투성능이 떨어질 수 있다.	◦열팽창 계수가 크므로 방수층에 직접 열이 전달되지 않도록 적절한 조치가 필요하다.	◦단열층의 위치에 따라 차이가 있다. ◦방수층 시공시 탈기구 설치가 필요하다.
	강우 및 강설	◦연강우량과 일 및 시간당 최대강우량을 고려하여 드레인의 직경을 결정한다. ◦옥상의 보행 및 지붕면적을 고려하여 지붕구배를 결정한다.	◦물고임이 없도록 적절한 구배가 필요하고 ◦연강우량과 일 및 시간당 최대강우량을 고려하여 드레인의 직경을 결정한다.	◦물고임이 없도록 적절한 구배가 필요하고 ◦연강우량과 일 및 시간당 최대강우량을 고려하여 드레인의 직경을 결정한다.	◦적절한 배수가 되지 않아 물고임이 장기화되면 도막분리 결함이 발생한다.	◦주로 지하층 방수에 사용되므로 강우, 강설의 영향은 받지 않는다.		
	진 동	◦방수층에 신축이 있어 작은 진동에 큰 영향을 받지 않는다.	◦바탕층의 움직임에 추종성이 양호하다.	◦바탕층의 움직임에 추종성이 양호하다.	◦방수층에 진동이 계속 전달되면 방수층의 박리가 발생한다.	◦진동에 의한 바탕균열이 발생하면 방수층에 결함이 발생한다.	◦방수층에 계속 진동이 전달되면 용접부위에 결함이 발생 누수사고의 원인이 된다.	

<표 7.9> 방수공법별 시공성 비교(계속)

시공성 \ 방수공법		아스팔트 방수	개량 아스팔트 방수	시트 방수	도막 방수	침투성 방수	스테인레스 방수	비고
6. 공법 및 재료의 시장성	숙련공의 확보	◦매우 용이하다.	◦대체적으로 용이하다.	◦대체적으로 용이하다.	◦대체적으로 어려움이 있다.	◦대체적으로 어려움이 있다.	◦매우 어렵다.	◦누름층 및 단열층의 위치에 따라 차이가 있다.
	재료의 생산성	◦재료구입이 매우 용이하다.	◦국내생산이 가능하므로 재료구입이 대체적으로 용이하다.	◦국내생산이 가능하므로 재료구입이 대체적으로 용이하다.	◦대체적으로 용이한 편이다.	◦대체적으로 용이한 편이다.	◦매우 어렵다.	◦단열층의 위치에 따라 차이가 있다. ◦방수층 시공시 탈기구 설치가 필요하다.
7. 시공관리 및 유지관리의 문제점	시공관리의 문제점	◦방수층 끝부분의 처리 ◦모서리 부분에서의 방수층 들뜸 ◦누름층에서의 신축줄눈	◦연결부분의 수밀성에 대한 확인 불가능 ◦시공 후 시트의 수축으로 모서리 부분에 들뜸 발생	◦연결부분의 수밀성에 대한 확인 불가능 ◦시공 후 시트의 수축으로 모서리 부분에 들뜸 발생	◦방수층의 두께확인이 어렵다. ◦망형 보강물의 연결부분에 파단이 생기기 쉽다. ◦방수층에 배부름이 발생되기 쉽다. ◦방수층 모체의 정밀도에 크게 좌우된다.	◦방수층의 도포두께를 확인하기 어렵다. ◦방수층 침투에 많은 시간이 소요된다.	◦재질을 잘못 선택하면 녹이 발생할 가능성이 있다. ◦용접부위가 많기 때문에 확인이 어렵다. ◦방수치켜 올림부(벽면부 등) 마감이 어렵다.	
	유지관리의 문제점	◦노출방수층에서 식물뿌리에 의한 손상 ◦노출방수의 배부름 현상	◦새들에 의한 피해가 크다. ◦시공시 손상 받기가 쉽다.	◦새들에 의한 피해가 크다. ◦시공시 손상 받기가 쉽다.	◦열 열화 및 열수축이 있다.	◦손상부위의 확인이 어렵다.	◦방수기능만을 필요로 할 경우 비용이 높아진다.	

<표 7.9> 방수공법별 시공성 비교(계속)

시공성 \ 방수공법			아스팔트 방수	개량 아스팔트 방수	시트 방수	도막 방수	침투성 방수	스테인레스 방수	비고
8. 보수성	보수성능		◦부분적인 보수가 곤란하다. ◦적은 결함까지 보수를 행하면 방수성능에서 오히려 역효과가 날 수 있다. ◦전면 개·보수시 방수층 철거에 많은 시간이 소요된다. ◦결함 발생시 보수부위를 넓게 해야 하며 적층에 의한 보수시공이 복잡하다.	◦결함부위만 일부 제거하고 보수할 수 있어 보수성이 좋다. ◦보수부위에서 결함이 발생하기 쉽다.	◦결함부위만 일부 제거하고 보수할 수 있어 보수성이 좋다. ◦보수부위에서 결함이 발생하기 쉽다.	◦보수시공을 2~3회 해야 하므로 시간이 많이 걸린다. ◦도막 방수재의 종류에 따라서는 보수가 곤란한 것도 있다.	◦크랙에 대한 실링효과가 있으므로 보수가 간단하다. ◦지하외벽 방수의 경우 흙에 묻혀 있어 보수가 곤란한 경우가 있다.	◦기존 방수층을 그대로 두고 그 위에 보수공사를 하므로 보수성이 양호하다.	
	폐기물 발생량		◦철거한 폐재의 산업 폐기물이 많고, 그 처리가 문제시된다.	◦개·보수시 폐기물 발생량이 적다.	◦개·보수시 폐기물 발생량이 적다.	◦개·보수시 폐기물 발생량이 적다.	◦개·보수시 폐기물 발생량이 적다.	◦결함발생 부위를 제거하여 재활용이 가능하므로 폐기물 처리에 어려움이 없다.	
9. 공기 및 재료비	공 기		◦대체로 공사기간이 길다.	◦공사기간이 비교적 짧다.	◦공사기간이 비교적 짧다.	◦공사기간이 짧다.	◦공사기간의 중간 정도임.	◦공사기간이 길다	◦일반적인 방수층의 공사기간 및 방수재료비에 대한 것이다.
	재료비		◦중 간	◦비싸다.	◦비싸다.	◦비싸다.	◦싸 다.	◦매우 비싸다.	
10. 기타성능	환경공해 등		◦용융아스팔트 작업시 악취가 발생한다.	◦토치 사용시 화재의 우려가 있다.	-	◦용제형 방수재 사용시 질식 및 폭발의 위험이 있다.	-	◦노출시 빛의 반사가 일어난다.	
	시공시 온도 특성	하절기	우 수	양 호	양 호	우 수	양 호	우 수	
		동절기	양 호	양 호	양 호	양 호	불 량	우 수	
	시공후 온도 특성	(고온) 60℃전후	양 호	우 수	우 수	우 수	양 호	우 수	
		(저온) 0℃이하	양 호	우 수	우 수	우 수	불 량	우 수	
	바탕균열에 대한 저항성		양 호	우 수	양 호	양 호	불 량	우 수	
	치수안정성		양 호	양 호	양 호	양 호	불 량	우 수	
	시공실적		많 다	중 간	중 간	적 다	적 다	적 다	

(6) 시공실적

3. 시공성의 평가

방수공사에 있어 가장 이상적인 방수공법은 방수성능이 우수하고 시공이 간편하며, 경제적인 공법을 선택하는 것이다. 그러나 현재의 방수공법의 선택은 축적된 자료없이 설계자의 판단에 의해서 임의로 설계하는 경우가 대부분으로 구조물의 종류, 용도, 위치 및 주변환경 등에 적절한 방수공법이 선택되지 못하고 있는 실정이다.

특히, 방수시공도 「책임시공」으로 방수전문업체에 의존하고 있으므로 시공능력에 대한 평가가 어렵고 그 책임의 범위가 명확하지 않으며, 방수공법의 선택도 외국으로 부터 기술도입한 공법이나 재료를 충분한 이해없이 시공하므로써 결함이 많이 발생되고 있다. 그리고 방수시공 후에도 계속적인 유지관리가 부족하여 방수층의 열화가 촉진됨으로서 방수성능이 저하되고 있다. 따라서 본 항에서는 이미 전항에서 비교 분석한 각종 시공성능을 기초로 발전소 구조물에 사용시 시공성 및 적용성, 보수성 등에 대하여 방수재료별로 요약하고 적절한 방수공법을 제안하고자 한다.

가. 아스팔트 방수

(1) 방수층이 비교적 두꺼워 안정성이 있고 내구성이 우수하다.

(2) 재료구입이 용이하고, 시공실적 및 경험이 많아 숙련공 확보에 어려움이 없다.

(3) 방수층의 시공이 복잡하고 작업속도가 비교적 늦다.

(4) 용융아스팔트 작업시 악취발생 및 작업의 어려움으로 3D 업종으로 분류되어 기능공의 작업참여를 기피하고 있다.

(5) 방수층 결함시 결함부위의 발견이 어렵고, 부분적인 보수가 어려워 전면 개·보수하는 경우가 많다.

(6) 전면 개·보수시 폐기물량 및 폐기물 처리 등 환경오염에 큰 문제점이 발생되고 있다.

나. 개량아스팔트 방수

(1) 아스팔트 방수공법을 개량한 시트 방수공법으로 시공이 간편하여 향후 발전소 구조물 등에 널리 활용될 수 있다.

(2) 형상이 복잡한 부위의 방수시공에는 어려움이 있다.

(3) 단층 또는 복층 방수시트로 방수층을 구성하므로 방수층이 파손될 우려가 크다.

(4) 평탄한 옥상방수층의 적용성은 매우 우수하나, 지하구조물 방수에는 적용성이 떨어진다.

(5) 결함부위의 발견이 용이하고 보수가 간단하다.

(6) 비교적 방수재료비가 비싸다.

(7) 전면 개·보수시 폐기물량이 적어 환경오염을 줄일 수 있다.

다. 시트 방수

(1) 1,2장의 방수시트를 접착시켜 방수층을 구성하므로 시공이 간편하고 내구성, 내후성, 내약품성이 우수하다.

(2) 발전소 구조물 및 각종 구조물 옥상부 시공에 유익한 공법이다.

(3) 시트 이음부에 들뜸발생이 일어나기 쉬워 누수가능성이 높다.

(4) 부분적으로 특별한 시공기술이 필요하며 복잡한 형상의 시공이 곤란하다.

(5) 재료비가 타공법에 비해 비싼편이다.

(6) 결함부위의 발견이 용이하고, 보수가 비교적 간단하다.

라. 도막 방수

(1) 주로 노출방수로서 시공이 간단하고, 내후성, 내약품성이 우수하다.

(2) 방수층의 일정한 두께 조절이 어렵다.

(3) 노출방수이므로 충격하중 작용시 방수층이 파손되기 쉽다.

(4) 바탕움직임에 약하고 모체와의 들뜸이 많으므로 진동이 발생하는 발전소 구조물에는 충분한 검토가 필요하다.

(5) 비교적 재료비가 비싸나 결함발생시 보수가 간단하다.

마. 침투성 방수

(1) 주로 지하구조물에 사용되는 공법으로 바탕면이 습윤상태 일지라도 시공이 가능하다.

(2) 좁은 공간이나 밀폐된 장소에서도 시공이 가능하며, 방수층의 분리가 없다.

(3) 방수층의 침투여부를 확인할 수 없고, 옥상 등 구체가 건조한 곳에서는 방수효과가 적다.

(4) 흙에 묻혀 있는 부분은 결함시 보수에 어려움이 있다.

(5) 방수층의 도포두께를 확인하기 어렵고 방수층 침투에 많은 시간이 걸린다.

(6) 시공실적 및 경험이 적어 방수성능의 신뢰성에 문제가 있다.

바. 스테인레스 방수

(1) 불연성으로 내후성, 내구성이 타공법에 비해 우수하고, 지진 및 진동 등에 매우 유리하다.

(2) 방수층의 균일시공이 가능하나, 초기 투자비용이 너무 많이 든다.

(3) 해안 근처의 염해지역이나 공장지역의 가스오염지역에서는 부식발생의 우려가 있다.

(4) 용접부위가 많기 때문에 확인이 어렵다.

(5) 시공실적이 거의 없어 방수효과에 대한 신뢰성 문제가 있다.

이상의 방수공법의 시공특성 분석 결과 발전소 구조물 옥상방수의 경우 아스팔트 방수 및 시트 방수공법의 적용이 타당하며 방수층의 내구성 향상을 위한 적절한 단열층의 설치 및 누름층이 요구된다. 한편, 도막 방수의 경우 발전소 구조물의 내부 진동에 의한 균열발생의 우려가 크고, 노출공법으로 열화가 촉진되어 내구성이 저하하므로 적절치 못하다.

한편, 파라펫 부분, 관통부 주변 등 특수부위의 시공은 방수공법(재료)에 의한 자체 결함보다는 세부상세 시공을 적절히 수행하면 결함발생을 최소화할 수 있다. 발전소 구조물의 지하방수는 지하벽체가 주로 해변과 접해 있는 경우가 많고, 방수시공후 보수가 곤란하므로 최초 설계시 충분한 보호층을 설치하여야 한다.

또한 시트 방수에 의한 전면 방수공법 선택시 콘크리트 타설 등 시공시 방수층의 파손 등에 특히 유의할 필요가 있다.

제 3 절 경제성 분석

1. 개 요

오늘날과 같이 방수공법이 다양해지고 환경 및 시공조건에 따라 큰 차이를 나타내고 있는 방수공법을 합리적으로 평가하여 실제 적용한다는 것은 매우 어려운 일이다. 모든 방수공법이 각각의 장·단점을 가지고 있으므로 그 특성에 알맞게 정밀시공을 한다면 어려운 문제는 없을 것이다. 그러나 같은 방수공법일지라도 작업조건에 따라 천차만별이고 작업 역시 기계가 아닌 인간에 의해 경제원칙에 따라 시행되므로 공법의 평가는 공사비와 밀접한 관계를 갖게 된다.

현재 비교되고 있는 공사비는 건설시에 투자되는 초기투자비용(initial cost)에 의해 좌우되고 있으며 완공 후의 하자보수에 대한 부분은 극히 일부분에 그치고 있다. 그러므로 공사비의 비교는 초기 투자비용 뿐만 아니라 일정기간 방수성능을 보호유지하기 위한 유지관리비(running cost)를 포함하여 검토하는 것이 필요하다.

건설이라는 것은 경제행위이며 방수공사 역시 마찬가지이므로 방수에 관계되는 것을 정량적으로 분석하여 총비용(total cost) 측면에서 검토하는 것이 필요하다.

이론적으로 방수공사에 대한 총비용 산출은 식 (1)로 구할 수 있다.

$$S(k) = Ci(1+\rho)^k + (C_m + C_c)\int_0^k (1+\rho)^{k-x} P(x) d_x + C_r \qquad \text{식 (1)}$$

여기서, C_i : 초기투자비용 (원/m^2)

C_m : 보수비 (원/건수)

C_c : 보수에 의한 유형 무형의 피해 (원/건수)

C_r : 방수층 보수시의 철거비

P(x) : 준공후 x년에 있어서 누수율 (건수/m^2,년)

ρ : 년이율

S(k) : 방수층을 k년간 유지하고, 보수하는데 필요한 총비용

전면 재보수 최적년수는

$\frac{d}{dk} \cdot \frac{S(k)}{k} = 0$으로 나타낼 수 있다.

그러나 상기와 같은 이론은 현 상태에서 적용이 어렵다. 그 이유를 요약하면 다음과 같다.

(1) 방수층 자체의 품질이 일정하지 않다.

(2) 방수성능은 기능공의 능력에 따라 많이 좌우된다.

(3) 방수 바탕층의 움직임과 방수층의 저항성 파악이 어렵다.

(4) 누수사고에 의한 가재의 보상과 정신적 보상같은 유형, 무형의 피해 파악이 어렵다.

2. 경제성의 평가

가. 분석방법

앞서 살펴본 바와 같이 방수공사에 대한 경제성 평가는 대상건물의 위치, 방수재료, 방수부위, 방수구법 등에 의한 초기투자비용과 방수층의 내구연한 내의 보수실태, 보수에 따른 유형·무형의 피해, 방수층 자체의 시공 신뢰성, 주변환경 조건 등 다양한 형태의 자료가 필요하게 되므로 정확한 경제성 평가는 매우 어렵다. 따라서 발전소 구조물의 방수공사에 대한 경제성 평가는 옥상방수공사를 대상으로 재료별

경제성과 적용가능한 방수구법에 대한 경제성을 추정내구연수와 비교·분석하여 최초 방수설계시, 또는 전면 개·보시 참고자료로 활용하도록 하였다.

나. 공사비 산정기준

발전소 구조물에 이미 사용하였거나 사용하고자 하는 방수재료에 대한 방수층의 시공비는 다음과 같은 요령에 의하여 산정한다.

(1) 방수재료는 건축표준품셈을 근거로 하며, 노무량은 건축표준품셈과 방수전문업체의 일위대가에 많은 차이가 있어 동일조건으로 방수전문업체의 일위대가를 기준으로 한다.

(2) 각종 방수재료의 가격은 현재거래가격('95년 4월 물가정보)를 기준으로 한다.

(3) 노무비는 대한건설협회조사자료('94년 12월 26일 발표)를 근거로 한다.

상기 자료의 적용이 불가능한 경우 방수전문업체와 재료생산업체 자료를 근거로 한다.

3. 방수재료별 공사비 분석

가. 일위대가에 의한 방수재료별 공사비

발전소 구조물의 지붕방수에 대한 방수재료비는 방수재료가 매우 다양하고 동일제품의 경우도 가격에 많은 차이가 있어 재료에 대한 공사비 평가에도 어려움이 있으나 일반적으로 널리 활용되는 방수재료별 공사비를 일위대가에 의해 작성 비교하였다.

(1) 아스팔트 방수(8층 방수 기준)

(m^2 당)

품 명	규 격	단 위	수 량	단가(원)	금액(원)	비 고
아스팔트 프라이머		l	0.4	556	222	(ASTM D41) (KS F 4052)
아스팔트 콤파운드		kg (kg)	7.1 (9.1)	311	2,208 (2,830)	
아스팔트 펠트	30 kg	m^2	1.1	393	432	
아스팔트 루핑	35 kg	m^2	1.1	643	707	
특 수 루 핑	45 kg	m^2	1.1 (2.2)	786	865 (1,729)	
연 료	경유	l	0.8	209	167	
방 수 공		인	0.13 (0.15)	47,000	6,110 (7,050)	
보 통 인 부		인	0.12 (0.14)	28,000	3,360 (3,920)	
합 계	재료비				4,601 (6,087)	10층시
	노무비				9,470 (10,970)	10층시

(2) 개량아스팔트 시트 방수(고무아스팔트계)

(m^2당)

품 명	규 격	단 위	수 량	단가(원)	금액(원)	비 고
프라이머		l	0.4	556	222	(ASTM D41)
아스팔트 시트	2.5m/m	m^2	1.2	4,100	4,920	
연 료	LPG	kg	0.08	230	18	
공구손료		식	1		155	재료비의 3%
방 수 공		인	0.09	47,000	4,230	
보통인부		인	0.043	28,000	1,204	
합 계	재료비				5,315	
	노무비				5,434	

(3) 시트 방수(EPDM)

(m^2당)

품 명	규 격	단 위	수 량	단가(원)	금액(원)	비 고
프라이머		l	0.2	1,580	316	
접 착 제		kg	0.5	2,210	1,105	
방수시트	1.5m/m	m^2	1.15	5,570	6,406	
(방수도료)	1.5	kg	0.4	3,360	(1,344)	노출마감시
방 수 공		인	0.2	47,000	9,400	
보통인부		인	0.1	28,000	2,800	
(도장공)		인	0.03	53,400	(1,602)	노출마감시
합 계	재료비				7,827 (9,171)	노출마감시
	노무비				12,200 (13,802)	노출마감시

(4) 도막 방수(고무아스팔트계)

(m^2당)

품 명	규 격	단 위	수 량	단가(원)	금액(원)	비 고
프라이머		kg	0.35	1,600	560	
방 수 제		kg	2.5	1,800	4,500	
시 멘 트		kg	1.4	75	105	
부 직 포		m^2	1.05	500	525	
공구손료		식	1		300	인건비의 3%
미 장 공		인	0.05	57,500	2,875	
방 수 공		인	0.08	47,000	3,760	
보통인부		인	0.12	28,000	3,360	
합 계	재료비				5,990	
	노무비				9,995	

(5) 도막 방수(우레탄 고무계)

(m^2당)

품 명	규 격	단 위	수 량	단가(원)	금액(원)	비 고
우레탄 프라이머		kg	0.3	2,700	810	
우레탄 방수재	2.5m/m	kg	3.3	2,700	8910	
신 나		kg	0.3	1,200	360	
(탑코팅재)		kg	0.1	2,950	(295)	노출시
공구손료		식	1		328 (348)	노출시
방 수 공		인	0.08	47,000	3,760	
특별인부		인	0.07	40,000	2,800	
(특별인부)		인	0.08	40,000	(3,200)	노출시
합 계	재료비				10,408 (10,723)	노출시
	노무비				6,560 (6,960)	노출시

(6) 도막 방수(무기질 탄성재)

(m^2당)

품 명	규 격	단 위	수 량	단가(원)	금액(원)	비 고
파 우 더		kg	1.145	2,625	3,006	
도막 방수재		kg	1.471	6,300	9,267	
부직포		m^2	1.1	1,260	1,386	
(탑코팅)		kg	0.455	6,300	(2867)	노출시
방수공		인	0.16	47,000	7,520	
(방수공)		인	0.02	47,000	(940)	노출시
보통인부		인	0.16	28,000	4,480	
(보통인부)		인	0.02	28,000	(560)	노출시
합 계	재료비				13,659 (16,526)	노출시
	노무비				12,000 (13,500)	노출시

나. 방수재료별 공사비 비교

"가"항에서 산정한 방수재료별 공사비를 비교하면 <표 7.10>과 같다.

<표 7.10> 방수재료별 공사비 비교

(원/m^2당)

방수재료		공사비			비고
		재료비	노무비	합 계	
아스팔트 방수	8 층	4,601	9,470	14,071	
	10 층	6,087	10,970	17,057	
시트 방수	합성고무계 (개량 아스팔트)	5,315	5,434	10,749	
	염화비닐계	7,827	12,200	20,027	
		9,171	13,802	22,973	노출방수시
도막 방수	고무 아스팔트계	5,990	9,995	16,265	
	우레탄 고무계	10,408	6,560	16,968	
		10,723	6,960	17,683	노출방수시
	무기질 탄성재	13,659	12,000	25,659	
		16,526	13,500	30,026	노출방수시

다. 기타 공정별 공사비

(1) 바탕 고르기 모르터(TH : 15mm)

(m^2당)

품 명	규 격	단 위	수 량	단 가(원)	금 액(원)	비 고
시 멘 트		kg	10.71	55	589	
모 래		m^3	0.015	9,500	143	
미 장 공		인	0.05	57,500	2,875	
보통인부		인	0.05	28,000	1,400	
합 계	재료비				732	
	노무비				4,275	

(2) 보호 모르터(TH : 24mm)

(m^2당)

품 명	규 격	단 위	수 량	단 가(원)	금 액(원)	비 고
시 멘 트		kg	17.13	55	942	
모 래		m^3	0.025	9,500	238	
미 장 공		인	0.09	57,500	5,175	
보통인부		인	0.09	28,000	2,520	
합 계	재료비				1,180	
	노무비				7,695	

(3) 누름층(콘크리트 TH : 60mm)

(m^2당)

품 명	규 격	단 위	수 량	단 가(원)	금 액(원)	비 고
메탈라스		kg	0.5	1,000	500	메탈라스
레 미 콘		m^3	0.06	42,000	2,520	깔기 포함
콘크리트공		인	0.029	58,000	1,682	
보통인부		인	0.029	28,000	812	
합 계	재료비				3,020	
	노무비				2,494	

(4) 누름층(자갈깔기)

(m^2당)

품명	규격	단위	수량	단가 (원)	금액 (원)	비고
자 갈		m^3	0.02	20,667	413	운반비
보통인부		인	0.05	28,000	1,400	포함
합 계	재료비				413	
	노무비				1,400	

(5) 누름층(누름블록 : 50mm)

(m^2당)

품 명	규 격	단 위	수 량	단 가(원)	금 액(원)	비 고
대형블록 특별인부	50×50×5.0cm	개 인	4.4 0.09	1,065 40,000	4,686 3,600	재료할증 10%
합 계	재료비				4,686	
	노무비				3,600	

(6) 단열재 설치(스티로폴 : 50mm)

(m^2당)

품 명	규 격	단 위	수 량	단 가(원)	금 액(원)	비 고
스티로폴 목 공	비중, 0.025	m^2 인	1.1 0.033	2,377 57,200	3,735 1,888	
합 계	재료비				3,735	
	노무비				1,888	

(7) 방습필름 설치

(m^2당)

품 명	규 격	단 위	수 량	단 가(원)	금 액(원)	비 고
폴리에틸렌필름 방 수 공	0.1mm	m^2 인	1.15 0.007	222 47,000	255 329	
합 계	재료비				255	
	노무비				329	

4. 방수구법별 공사비 분석

옥상 방수에 대한 공사비의 산정은 방수재료와 방수층의 구성형태(구법)에 따라

공사비에 많은 차이가 있다. 따라서 방수구법에 따른 방수구법의 선정은 발전소 구조물의 위치, 외적조건, 재료의 선택 및 방수층의 구성방법에 따라 설계자의 판단에 의해 선정하게 되므로서 공사비의 평가에 무리가 있으나 본 항에서는 설계자의 경제성 평가를 위한 기초자료로서 발전소 구조물의 옥상 방수에 적용가능한 방수구법에 대한 신축시 공사비 및 보수시 공사비에 대한 비교와 추정내구연수에 따른 경제성을 비교·분석하고자 한다.

신축시 소요되는 방수공사비를 항목별로 구분하면 <표 7.11>과 같고, 보수시에 소요되는 방수공사비는 <표 7.12>와 같다.

<표 7.11> 신축시 옥상 방수 구법별 공사비 비교

(원/m^2당)

공정 \ 구분	재료별	아스팔트 (10층)	시트방수		도막방수		
			고무 아스팔트	EPDM 고무	고무 아스팔트	폴리 우레탄	무기질 탄성재
	구법별	누름	누름	누름	누름	누름	노출
바탕처리 (모르터24mm)	재료비	1,180	1,180	1,180	1,180	1,180	1,180
	노무비	7,695	7,695	7,695	7,695	7,695	7,695
	소 계	8,875	8,875	8,875	8,875	8,875	8,875
방수층 시공	재료비	6,087	5,315	7,827	5,990	10,408	16,526
	노무비	10,970	5,434	12,200	9,995	6,560	13,500
	소 계	17,057	10,749	20,027	15,985	16,968	30,026
단열재 (스티로폴50mm)	재료비	3,735	3,735	3,735	3,735	3,735	3,735
	노무비	1,888	1,888	1,888	1,888	1,888	1,888
	소 계	5,623	5,623	5,623	5,623	5,623	5,623
방습층	재료비	255	255	255	255	255	
	노무비	329	329	329	329	329	
	소 계	584	584	584	584	584	
누름블록 (50×50×5cm 적용)	재료비	4,686	4,686	4,686	4,686	4,686	
	노무비	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	
	소 계	8,286	8,286	8,286	8,286	8,286	
합 계	재료비	15,943	15,171	17,683	15,846	20,264	21,441
	노무비	24,482	18,946	25,712	23,507	20,072	23,083
	소 계	40,425	34,117	43,395	39,353	40,336	44,524
표준내구연수 (년)		17	13	13	10	10	10
추정내구연수 (년)		27	15	15	14.5	14.5	8.6
총공사비 / 추정내구연수		1,437	2,274	2,893	2,714	2,781	5,177

<표 7.12> 보수시 옥상 방수 구법별 공사비 비교

(원/m^2당)

구분 / 공정	재료별	아스팔트 (10층)	시트방수		도막방수		
			고무 아스팔트	EPDM 고무	고무 아스팔트	폴리 우레탄	무기질 탄성재
	구법별	누름	누름	누름	누름	누름	노출
누름콘크리트 파취		6,980	5,480	5,480	5,480	5,480	3,000
누름콘크리트와 취물운반		8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	2,904
바탕처리 (모르터24mm)	재료비	1,180	1,180	1,180	1,180	1,180	1,180
	노무비	7,695	7,695	7,695	7,695	7,695	7,695
	소 계	8,875	8,875	8,875	8,875	8,875	8,875
방수층 시공	재료비	6,087	5,315	7,827	5,990	10,408	16,526
	노무비	10,970	5,434	12,200	9,995	6,560	13,500
	소 계	17,057	10,749	20,027	15,985	16,968	30,026
단열재 (스티로폴50mm)	재료비	3,735	3,735	3,735	3,735	3,735	3,735
	노무비	1,888	1,888	1,888	1,888	1,888	1,888
	소 계	5,623	5,623	5,623	5,623	5,623	5,623
방습층	재료비	255	255	255	255	255	
	노무비	329	329	329	329	329	
	소 계	584	584	584	584	584	
누름블록 (50×50×5cm 적용)	재료비	4,686	4,686	4,686	4,686	4,686	
	노무비	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	
	소 계	8,286	8,286	8,286	8,286	8,286	
합 계	재료비	15,943	15,171	17,683	15,846	20,264	21,441
	노무비	39,462	32,426	39,987	36,987	33,552	28,987
	소 계	55,405	47,597	56,875	52,833	53,816	50,428

5. 방수층 내구연수의 평가

가. 내구연수의 추정방법

방수층의 내구연수는 사용하는 방수재료 및 방수구법에 따라 많은 차이가 있으며, 방수층의 경제성 평가에 매우 중요한 요소이다.

따라서 본 항에서의 방수층 내구연수는 기존 국내발전소 구조물을 대상으로 일본 자료(참고문헌, 建築防水の耐久性向上技術,(財) 國土開發技術研究センター編, 1986)를 근거로 추정한 것으로 경제성 분석에 적용하기에는 다소 무리가 있으나 참고자료로 활용할 수 있을 것이다. 다음 식 (2)는 방수층의 내구연수를 산출하는 식이다.

$$Y = Y_s \times s \times a \times b \times c \times D \times M \qquad \text{식 (2)}$$

여기서, Y_s : 옥상 멤브레인 방수의 표준내구연수

s : 방수공법의 선택계수

a : 설계계수

b : 시공계수

c : 기상계수

D : 열화외력계수

M : 유지보전계수

(1) 표준내구연수(Y_s)

<표 7.13>에 대한 멤브레인 방수의 표준내구연수는 실태조사와 기존 방수층을 절취시험을 통하여 추정한 표준내구연수로서 공법의 종류별 표준내구연수를 보여주고 있으며, 공법의 종류별 상세내용은 <표 5.2>와 같다.

<표 7.13> 지붕 멤브레인 방수의 표준내구연수

방수층의 종류	공법의 종류	표준내용연수
누름 아스팔트 방수	AK1~AK6, AJ1, AJ2, AJ6	17 년
노출 아스팔트 방수	AJ3 ~ AJ5	13 년
노출 및 누름 시트 방수	T1 ~ T7, S1 ~ S3	13 년
노출우레탄 도막 방수	L1 ~ L3	10 년

* 공법의 종류는 <표 5.2>와 같다.

(2) 방수공법의 선택계수(S)

내구성이 있는 방수층을 구성하기 위해서는 건물의 조건(입지, 규모, 구조, 내구연수 등), 옥상의 조건(형상, 규모, 바탕의 구조, 마감 등), 시공의 조건(공기, 계절, 부위 등)에서 방수층에서 요구하는 내구연수를 명확히 하고 방수공법을 선택하는 것이 중요하다. 옥상구조, 사용목적이 적합한 표준적인 방수공법을 1.0으로 하고 보다 내구성이 있는 공법은 계수를 크게 했다. 일반적으로 실시하고 있는 공법이라도 내구성에 불안한 요소가 있다고 생각되는 공법에 대해서는 계수를 적게 했다.

<표 7.14> 방수공법의 선택계수(S)

옥상구법 / 바탕면 / 방수구법		방수층					자갈				방수층	단열층	
		RC	PC	ALC	RC	RC	RC	RC	RC	RC	RC	PC	ALC
아스팔트 방수	① AK1 ~AK6, AJ1	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-
	② AJ_2	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-
	③ AJ3, AJ5	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	④ AJ4	1.2	1.2	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
시트 방수	⑤ T1~T7	1.0	1.0	1.0	0.6*	0.8*	0.8	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0
	⑥ S1~S3	1.0	1.0	1.0	0.6	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0
도막 방수	⑦ L1~L2	1.0	0.8	0.8	-	-	-	-	-	-	1.0	1.0	1.0

(주) * 완충재 위에 누름층

(3) 설계계수(a)

설계계수는 설계도서와 설계감리를 조합한 계수를 방수층의 내구성능에 관련된 요인으로서 중요시 한다. 설계도서(주로 마감도)의 평가기준은 <표 7.16>과 같고, 설계감리 평가기준은 <표 7.17>과 같다.

<표 7.15> 설계계수(a)

설계감리 \ 설계도서	우 수	양 호	보 통
우 수	1.3	1.1	0.8
양 호	1.2	1.0	0.7
보 통	1.1	0.8	0.5 이하

<표 7.16> 설계도서의 평가기준

	우 수	양 호	보 통
1	표준시방서를 완비하고 있다.	보통정도이다.	불충분하다.
2	특기시방서에 품질, 성능이 명시되어 있다.		
3	배수계획이 완전하다.		
4	설계자가 각 설계도에 시공도를 그리기 위해 필요한 모든 정보를 망라하고 그것에 따라 시공도를 실수없이 잘 그릴 수 있다.		
5	설계자의 의도를 가능한 한 시공자에게 잘 전달할 수 있도록 세부 디테일을 도면화하고 있다.		도면에 명시되지 않고, 거의 디테일이 시공자의 재량에 위임하고 있다.
6	파라펫을 포함하여 각부의 마감도 및 취합부의 마감도가 완성되어 있다.	파라펫을 포함한 각부의 마감도가 있다.	파라펫 1단면의 마감도 밖에 없다.
7	방수층 말단부에 우수가 도달하지 않고 내구성을 고려한 마감도를 준비하고 있다.	방수층 말단부의 마무리가 잘 되어 있는 마감도로 되어 있다.	내구성이 불안하다. 예를들면 실링재 만으로 마감이 되어 있고, 마무리에 문제점이 있다.
8	최적의 작업공간을 갖는 마감도로 되어 있다.	표준적인 마감도로 되어 있다.	마감도가 검토 조정되지 않은 상태로 되어 있다.

<표 7.17> 설계감리의 평가기준

	우 수	양 호	보 통
1	방수마무리의 구체도 심사가 우수하다.	보통정도이다.	불충분하다.
2	설계시방의 성능특성을 잘 파악하고 있다.		
3	관련공사의 시공불량 점검이 적절하다.		
4	방수시공의 적절한 기술지도가 가능하다.		
5	건설업자, 방수시공업자, 제조업자 등과 충분히 협의하고, 현장에 잘 맞는 가장 양호한 작업을 할 수 있도록 적절한 감리를 행한다.	설계도에 의한 감리를 행한다.	적당히 감리를 행한다.
6	상주감리(주 1회 이상 감리)	주 1회 감리	주 1회 미만 감리
	중점 감리, 자주관리확인형 감리		
7	마감에 대한 감리의 중요성을 인식하고 설계도서, 시공도 시공을 체크하고 있다. 차이가 있는 경우에는 검토, 정정변경, 추가지시, 해결지시가 적절히 되고 있다.	보통정도로 되고 있다.	설계도면 등 시공자에 맡겨 마감에 대한 체크가 저조하다.
8	• 설계도서를 중심으로 한 감리업무 - 설계도서의 검토, 시공도·시공요령서의 검토, 특정재료·시공(방수바탕, 방수시공, 방수완료)의 확인 • 공사중의 설계보완으로서의 설계 업무 - 시공단계에서의 설계 업무, 시공단계에 발생한 설계변경 업무 • 각종 조사 업무 이상의 업무가 적절히 되고 있다.		설계도서에 의한 감리, 지도감독형 감리, 설계, 감리, 시공의 기술수준에 의함(부정, 불량공사감리)

(4) 시공계수(b)

시공계수는 시공관리와 방수기능이 조합된 계수를 방수층의 내구성 관련요인으로 중요시 한다.

시공관리의 평가기준과 방수기능의 평가기준은 <표 7.19> 및 <표 7.20>과 같다.

<표 7.18> 시공계수(b)

시공기능 \ 시공관리	우 수	양 호	보 통
우 수	1.2	1.1	1.0
양 호	1.1	1.0	0.9
보 통	0.9	0.8	0.7 이하

<표 7.19> 시공관리의 평가기준

	우 수	양 호	보 통
1	적절한 청부조건으로 신뢰도가 큰 방수공사업자를 선택한다.	신뢰도가 큰 방수공사업자를 선택한다.	신뢰도가 불분명한 방수공사업자를 선정한다.
2	방수공사 관계자와 비용, 공정 등을 포함하여 기술적으로 충분히 협의하고 최선의 작업이 되도록 적절히 관리한다.	방수공사 관계자와 협의하고 적절한 관리를 한다.	방수공사 관계자의 충분한 협의를 하지 않는다.
3	필요한 설계변경이 적절히 제안되고 실시할 수 있다.	보통정도로 가능하다.	불충분하다. 설계변경에 적절한 비용의 마련이 불가능하다.
4	마감도, 방수바탕의 체크리스트 등이 있고, 그에 따른 시공관리를 실시한다.	방수시공에 대한 관리를 행한다. 방수바탕의 체크리스트가 있고 그에 의한 관리를 한다.	공사완료시 점검만 행한다.
5	관리업무가 무엇인지를 인식하고 실시한다. (메뉴얼 등에 의해서) ·시공도서의 검토, 의문에 대한 조정 ·시공도,시공요령서를 작성한다. ·방수바탕 검사를 행한다. ·적절한 공정을 작성한다. ·방수층의 검사와 검사기록을 작성한다. ·누수유무를 확인한다. ·방수층의 양생을 행한다.	보통정도로 할 수 있다.	설계도면 등의 검토능력 부족, 시공도, 시공요령서의 작성을 방수공사업자에게 맡기고 체크능력이 부족하다.

<표 7.20> 방수기능의 평가기준

	우 수	양 호	보 통
1	방수공사업자로서 시공실적이 많고 신뢰도가 높다. 따라서 자체적인 관리능력이 높다.	방수공사업자로서 신뢰도가 높고 자체관리를 할 수 있다.	방수공사업자로서 시공실적도 적고, 신뢰도도 낮다.
2	방수시공이 경험이 풍부하고, 지시사항에 대한 연구열의, 적응성이 우수하다. 방수기술자가 상주한다.	방수기술자가 1일 1회 정도 점검지시한다.	공사중 1회정도 밖에 점검지시를 하지 않는다.

(5) 기상계수(c)

방수공사 시공시 계절은 방수층 형성상 엄격한 조건이 되고 있다. 특히 장마철에 주의를 해야 하며, 또한 한냉기에도 공정상 많은 문제점이 발생하기 쉽다. 따라서 상기 조건을 감안하여 시공시의 기상계수를 <표 7.21>과 같이 3단계로 했다.

<표 7.21> 시공시의 기상계수(c)

계 절	계 수
장 마, 강 설 시	0.8
한 냉 시	0.9
평 시	1.0

(6) 열화외력계수(D)

열화외력계수 D는 다음 식 (3)으로 구한다.

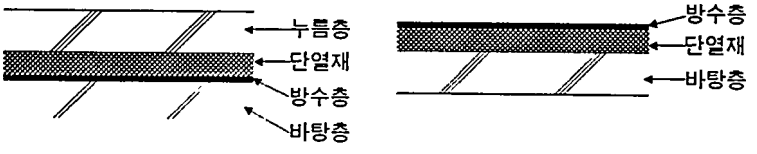
$$D = d_1 \times d_2 \qquad \text{식 (3)}$$

여기서, d_1 : <표 7.22>에 의해 정한 단열계수

d_2 : <표 7.23>에 의해 정한 지역계수

<표 7.22> 단열계수(d_1)

방수층의 종별	공 법	단 열 재	
		유	무
아스팔트 방수	누름공법 노출공법	1.2 0.9	1.0 1.0
시 트 방 수	누름공법 노출공법	1.2 0.9	1.0 1.0
도 막 방 수	노출공법	0.8	1.0



누름공법 노출공법

(그림 7.1) 단열재의 위치

<표 7.23> 지역계수(d_2)

방수층의 종별	공 법	일 반 지	한 냉 지 아열대지
아스팔트 방수	누름공법 노출공법	1.0 1.0	1.0 0.9
시 트 방 수	누름공법 노출공법	1.0 1.0	1.0 1.0
도 막 방 수	노출공법	1.0	0.9

(7) 유지보전계수(M)

유지보전 작업은 청소, 점검, 보수(補修), 보호도료 재도장으로 한다. 청소는 0.5년마다, 점검·보수에 관해서는 2년마다, 보호도료 재도장에 관해서는 4년마다를 표준으로 한다. 따라서 년차에 의해서는 2~3 작업을 동시에 유지보전으로서 실시하는 것으로 된다.

유지보전 시방에 대한 조합은 <표 7.24>와 같다.

<표 7.24> 유지보전 시방에 따른 유지보전 계수(M)

방수공법 \ 유지보전시방		No 1.	No 2.	No 3.	No 4.	No 5.	No 6.	No 7.	No 8.
아스팔트방수 시트 방수	누름공법 노출공법	- 1.0	1.0 0.9	- 0.9	0.9 0.8	0.9 0.8	- 0.9	0.8 0.7	- 0.8
도막 방수 노출공법		1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.7	0.8
유지 보전 계수	청소(주기 0.5년)	○	○	○	○	-	-	-	-
	점검,보수(주기 2년)	○	○	-	-	○	○	-	-
	재도장(주기 4년)	○	-	○	-	-	○	-	○

주) ○ : 실시한다. - : 실시하지 않는다.

나. 방수구법별 내구연수

발전소 구조물 및 각종 구조물에 활용할 수 있는 각종 방수재료 및 방수구법에 대한 내구연수를 추정·산정하였고 그 결과는 <표 7.25>와 같다.

<표 7.25> 각 방수구법별 추정내구연수

방 수 구 법			표준내구년수(Y_s)	방수구법선택계수 (s)	설계개수 (a)	시공계수 (b)	기상계수 (c)	열화외력계수 (D)		유지보전계수 (M)	추정내구년수 (Y)
								단열계수 (d_1)	외력계수 (d_2)		
아스팔트(10층)		누름	17	1.0	1.2	1.1	1.0	1.2	1.0	1.0	27
시 트	고무 아스팔트	누름	13	0.8	1.2	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	15
	EPDM	누름	13	0.8	1.2	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	15
도 막 공 법	고무 아스팔트	누름	10	1.0	1.2	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	14.5
	폴리우레탄	누름	10	1.0	1.2	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	14.5
	무기질 탄성재	노출	10	1.0	1.2	1.0	1.0	0.8	1.0	0.9	8.6

6. 경제성의 종합분석

발전소 구조물 및 각종 구조물의 방수공사에 대한 경제성 평가는 사용하는 방수재료와 방수층을 구성하는 방수구법에 따라 초기투자 비용, 방수층의 내구연수, 결함발생에 따른 보수비용, 유지관리비 등 종합적인 분석이 필요하다.

그러나 발전소 구조물의 경우 최초 방수층 구성 후 발생되는 결함 및 보수비용, 유지관리비 등 축적된 자료가 미비되어 있어 본 경제성 분석에서는 이미 발전소 구조물에 적용하였거나 적용가능한 방수재료 및 방수구법에 대한 초기 투자비용과 추정 내구연수를 고려하여 분석하였다.

<표 7.11>의 방수구법별 공사비 비교·분석에 따르면 신축공사시 공사비에는 별차이가 없으나 방수재료 및 방수구법에 따라 내구연수에 큰 차이를 보이고 있다.

즉, 아스팔트 방수(10층)에 누름층이 있는 경우 추정 내구연수가 약 27년으로 년간 공사비 비율 평가액이 가장 적어 경제적인 반면 무기질 탄성재 노출의 경우 년간 공사비 평가액이 아스팔트 방수에 비해 약 4배가 소요되는 것으로 평가됨으로서 매우 비경제적인 공법이라 판단된다. 이와 같이 방수공법에 대한 경제성 분석은 방수재료, 방수층을 구성하는 방수체계, 방수층의 내구성능 등 여러가지 요인에 의해서 분석되므로 정확한 경제성 판단은 매우 어렵다. 따라서 방수층의 설계자 및 시공자는 충분한 자료를 분석한 후 공법을 선택하는 것이 바람직하다.

제 4 절 시공성 및 경제성 종합분석

방수공법 선정시 가장 중요한 요소는 내구성 및 시공성이 우수하고 경제적인 공법을 선택하는 것이다.

물론 적절한 방수공법을 선택하기 위해서는 적용대상 건물의 특성을 고려한 방수층의 제 특성외에 방수층 자체의 내구성, 주변환경의 영향, 개·보수시 환경오염 등 종합적인 검토가 이루어져야 한다.

그러나 적용가능한 방수재료의 종류가 다양하고, 방수층을 구성하는 방수구법에 따라 공사비는 많은 차이를 보일 수 있다. 따라서 본 절에서의 시공성 및 경제성 분석은 일반적으로 발전소 구조물에 적용하는 방수재료를 선택하여 각각에 대한 시공성을 비교분석하였고, 제5장의 방수재료별, 방수구법에 따라 분석·검토된 방수공법에 대하여 경제성을 검토하였다.

검토결과에 따르면, 발전소 구조물 옥상 방수공사시 아스팔트 방수공법이 비용이 저렴하고 내구성이 우수하여 방수성능면에서 매우 바람직한 공법이지만 결함발생시 결함부위의 발견이 어렵고, 일단 결함이 발견되면 전면 개·보수를 하여야 하며, 개·보수시 폐기물 처리에 대한 문제점이 야기되고 있다.

반면, 시트 방수는 아스팔트 방수에 비하여 내구성은 떨어지나 시공이 간편하고 결함발생시 개·보수가 용이할 뿐만 아니라 폐기물 처리에도 큰 문제가 없어 향후 발전소 구조물 옥상 방수공법에 바람직한 공법이라 판단된다. 상기 분석결과는 일부 방수재를 선택하여 시공성을 검토한 것이고, 방수구법도 단열재의 종류 및 누름층의 형태 등 방수층을 구성하는 방수체계에 따라 공사비에 많은 차이가 발생할 수 있으므로 적정한 방수공법을 선택하기 위해서는 방수대상 건물의 특성, 주변환경, 방수재료 및 방수체계 등 종합적인 검토 후 결정하는 것이 바람직하다.

제 8 장 결 론

제 8 장 결 론

본 연구는 발전소 구조물의 본관건물을 중심으로 구조적 환경적 특성에 적합한 방수공·구법 및 재료선정 방법을 개발하여 누수사고를 최소화하는 설계 및 시공법을 제안하고 지금까지 체계화되지 않은 발전소 구조물의 방수관련 업무를 체계화할 수 있는 근거를 마련하였다.

이상의 연구결과를 요약·정리하면 다음과 같다.

1. 발전소 구조물은 넓은 평면과 깊은 지하심도를 가진 구조물이며 각종 설비 및 관통부와 같은 누수취약부를 많이 지니고 있어서 방수층의 들뜸 또는 단말부 주변의 쉬운 열적·기계적 열화현상을 받기 쉬운 구조로 되어 있다. 배수경사도 대부분 충분하지 않아서 체수되는 시간이 비교적 길며 누수시 누수지점을 찾기가 어렵다.

또한, 강한 일사와 바람, 해수 등의 외적 기후에 많은 영향을 받는 환경적 특성을 지니고 있다. 이러한 특성을 중심으로 현장실태조사를 통해서 기존의 방수체계를 심도있게 규명하므로써 발전소의 특성에 적합한 방수체계를 구성할 수 있는 바탕을 마련하였다.

2. 여러 가지 분류방법에 의한 방수재료를 정리 취합하므로써 방수관련 실무자가 방수재료를 선택하는 개념을 재정립하여 방수재료 선택의 오류를 줄일 수 있도록 하였으며 발전소에 적합한 방수재료의 개선방향을 정하는데 길잡이가 될 수 있을 것이다.

3. 발전소 구조물의 특성을 분석하고 방수재료의 적용성 검토를 통하여 옥상평면 및 지하부 주 방수체계에 적합한 방수공·구법을 제시하는 것을 비롯하여 각종 마

감상세부에 대한 여러 가지 처리방안을 제시하므로써 방수설계자와 시공, 감독자가 현장에 적합한 방수공사를 수행할 수 있도록 기술적인 자료를 제공하였다.

4. 적정방수공·구법의 선정을 연구한 결과의 적용성을 규명하기 위한 방수성능 시험을, 문헌을 참고로 하고 자체로 시험방법을 고안하여 실증시험을 수행하였다. 수행한 시험 중에는 방수성능을 규명하기에 미흡한 부분도 있으나 재료자체의 물성 시험이 아닌 국내에서는 아직 시도된 바가 별로 없는 방수체계의 성능시험이라는 선도적인 지평을 열었으며 향후 방수성능 연구시험의 기초가 될 수 있을 것을 기대한다.

5. 이상의 연구결과를 실용화하기 위해서는 시공성과 경제성을 분석하여야 한다. 시공성 검토는 현장의 공사여건을 충분히 반영하지는 못했지만 현장적용시 기본 개념을 정립하는 근거를 마련했으며 경제성 분석은 재료비와 인건비를 포함한 공사비 전반의 변동이 심하기 때문에 정량적인 분석이 어려웠으나 방수공사에 대한 내구년한 설정, 또는 Life Cycle과 연관된 경제성 분석 기법을 제시하므로써 방수관련 실무자가 향후 변동하는 공사경비의 경제성을 과학적으로 분석할 수 있도록 하였다.

6. 본보고서와는 별도로 설계자를 비롯한 방수관련 실무자가 업무현장에서 많은 시간을 투자하지 않아도 효과적인 방수업무를 수행할 수 있도록 적은 분량으로 구성된 별책(발전소 방수의 설계·시공 및 유지관리 지침안)을 발간하여 연구의 활용성을 증대시킬 수 있도록 하였다.

본 연구로 기대되는 성과는,

(1) 발전소 구조물의 부위별, 구조적·환경적 조건에 적합한 방수공법 적용 시스

템을 체계화하므로써 발전소 방수공·구법의 새로운 시도를 기대할 수 있다.

(2) 방수층에 대한 내구성 향상, 시공법 및 재료 선정의 체계화로 발전소의 방수공사 관리, 유지가 효율적으로 이루어 질 수 있어, 발전소 구조물의 안전성을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

(3) 현재 구조물 방수의 체계화가 이루어지지 않은 국내 실정에서 본 연구는 학계, 산업계의 발전에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 생각되며, 방수분야의 기술축적 효과를 기대할 수 있다.

(4) 본 연구결과가 발전소 구조물의 적정 방수설계, 재료 및 시공법에 적용될 경우 신설 발전소의 누수사고를 방지할 수 있을 뿐만 아니라 기존 발전소의 누수사고율을 격감시킬 수 있을 것으로 예상되어 방수관련 유지보수비를 큰 비율로 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

(5) 본 연구를 통하여 기 개발된 방수재료 및 시공기술을 정리하고 기술력 향상을 제고 시킴으로써 방수관련 기술의 자립도를 높이고 수입에 의존하는 재료 생산과 기술력을 국내생산으로 대체하므로써 외화 절감효과를 얻을 수 있다.

본 연구결과의 활용을 극대화시키기 위해서는 다음과 같은 조치가 필요하다.

(1) 방수재료에 대한 국내·외 생산현황 파악을 확대하고 재료의 종류 분류를 구체화·세분화하여 제품에 따른 선별작업이 이루어져야 한다.

(2) 방수재료의 규준과 물성시험에 대한 재정립이 요구되며 사용조건에 따라서 품질을 평가할 수 있는 규정의 확립이 필요하다.

(3) 방수시공에 대한 책임시공을 유도하므로써 방수공사에 대한 품질신뢰성을 높이고 누수사고를 줄일 수 있도록 해야 한다.

(4) 방수시공관련 숙련공의 부재로 미숙련기술자에 의한 시공이 현실적으로 수행되므로써 방수공사의 문제점을 야기시키는 경우가 많으므로 숙련기술자의 양성이

시급하다.

본 연구는 아래와 같은 분야에 활용되기를 기대한다.

(1) 발전소 건설 또는 설계시 구조물의 용도 및 종류, 부위별로 가장 효과적인 방수공법을 위한 지침서로 활용.

(2) 발전소 구조물의 방수관련 시방 변경을 위한 근거 자료로 활용.

(3) 방수공사 설계시공 관련자의 방수의 중요성 인식제고를 위한 자료로 활용.

(4) 일반 구조물의 방수설계, 시공, 감독의 참고서로 활용.

(5) 방수관련 실무자의 방수체계 선정 접근방법의 연구서로 활용.

본 연구는 국내에서 발전소 구조물의 방수 뿐만 아니라 일반 건축물의 방수에 관한 체계적인 시초 연구이므로 후속연구를 통하여 보완하여야할 사항들이 상당부분 있는 것으로 판단 되는 바, 다음과 같은 분야의 후속연구가 필요하다.

(1) 현장 실무자가 방수재료를 보다 용이하게 선택할 수 있도록 현재 사용되거나 개발된 방수재료에 대한 물성파악과 분류작업

(2) 방수재료의 성능평가 시험방법에 대한 연구

(3) 방수재료의 사용환경조건에 따른 요구성능의 정립

(4) 발전소 방수체계의 유지관리 시스템 전산화

이상의 분야 이외에도 건축물의 방수에 관한 본 연구범위에서 포함되지않은 부분에 대한 후속 연구가 수행되어야 본 연구결과를 더욱 효과적으로 활용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 건설기술연구회, 혼화재료에 대한 고찰, 건설기술 통권 Vol.13, No.4, pp.101~106, 1986. 4.
2. 건설기술연구회, 지붕부분에서의 시공실패 例(2), 건설기술 Vol.13, No.6, pp.52~58, 1986. 6.
3. 건설기술연구회, 아스팔트 방수공사 시공요령(1), 건설기술 Vol.13, No.9, pp.14~19, 1986. 9.
4. 건설기술연구회, 아스팔트 방수공사 시공요령(2), 건설기술 Vol.13, No.10, pp.85~95, 1986.10.
5. 건설기술연구회, 지붕방수 공사의 아무림 기술, 건설기술 Vol.15, No.1, pp.43~51, 1988. 1.
6. 김진원, 하자보수의 실태와 대책, 기술 365, pp.82~87, 1987.12.
7. 대우건설기술연구소, 건설용 화학제품에 관한 연구 I (방수공사), 1988.
8. 대한주택공사, 내유성이 뛰어난 새로운 방수시트, 주택기술정보 제11호, p.220, 1986. 1.
9. 대한주택공사, 전기설비의 방식과 결로방지에 대하여, 주택기술정보 제13호, pp.145~150, 1986. 5.
10. 대한주택공사, 방수제, 주택기술정보 제15호, pp.5~20, 1986. 9.
11. 대한주택공사, 외벽의 누수대책과 보수공법, 주택기술정보 제21호, pp.2~63, 1987. 9.
12. 대한주택공사, 방수·시공성 겸비한 혼화제, 주택기술정보 제26호, p.111, 1988. 7.
13. 대한주택공사, 모르터벽 결로방지 시멘트 혼화제, 주택기술정보 제28호, p.101, 1988.11.

14. 대한주택공사, 외벽의 누수대책과 보수공법, 주택기술정보, No. 21, pp.26~3, 1987.

15. 대한주택공사, 구조물거동 및 재료내구성에 관한 조사 및 실험연구 (1) -옥상 아스팔트 방수 및 PC씰 방수에 대하여, 1993.

16. 대한주택공사, 방수재 및 방수층의 성능과 규격화, 주택기술정보 제41호, pp.45~49, 1991. 1.

17. 대한주택공사, 방수공사의 시공관리 방법, 주택기술정보 제41호, pp.8~90, 1991. 1.

18. 울진원자력 3,4호기 방수관련 자료

① 기술시방서 (CP-A1 D8)

② 작업절차서 (WPP-A-001)

③ 절차서 변경 통보서

④ 영광 3,4호기 방수작업 절차서

⑤ 울진 3,4호기 방수도면

⑥ 울진 3,4호기 Dewatering 도면

⑦ 울진 3,4호기 방수실시 설계도면

19. 장기인, 건축시공학, 보성문화사

20. 장해룡, 하자보수의 실태와 대책, 기술 365, pp.82~87, 1987.12.

21. 한국건설기술연구원, 누수탐지 기술, 건설기술정보 통권 97호, pp.43~51, 1991.12

22. 한규봉, 재료와 공법상으로 고찰한 방수기술의 개선점, 대한건축학회지 제30권 제1호, pp.33~37, 1986.1.

23. 한국도로공사, 혼화재료의 역사와 전망, 기술교재 72호, 1985. 10.

24. ASTM D529-92, Standard Test Method for Accelerated Watering Test Conditions and Precedures for Bituminous Materials(Carbon-Arc Method)

25. Philip H. Perkins, Repair Protection and Waterproofing of Concrete

Structures, 1986.

26. Lyall Addleson and Colin Rice, Performance of Materials in Buildings, 1991.
27. Michio KOIKE, Kyoji TANAKA and Shin-ichi ODA, Obsevations on Behavior of Sealed Joints in Moving Joint Apparatuses, Reprot of Research Labortory of Engineering Materials, Number 8, 1983.
28. Michio KOIKE, Kyoji TANAKA and Takashi TOMITA, Visco-Elastic Behavior of Roofing Felt and Bonding Asphalt, Report of the Research Lavoratory of Engineering Materials, Number 8, 1983.
29. Michio KOIKE, Kyoji TANAKA and Shin-ichi ODA, Mathematical Expression of Visco-Elastic Behavior of Sealants in Tensile and Compressive Tests, Reprot of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 9, 1984.
30. Michio KOIKE, Kyoji TANAKA and Takashi Tomita, Visco-Elastic Behavior of Built-up Roof Membranse, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 9, 1984.
31. Hiroshi HASHIDA and Hidenori ONO, Human Response to Walking Vibration of Floors, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 10, 1985.
32. Michio KOIKE, Kyoji TANAKA, Takashi MOMITA and Shin-ichi ODA, Mechanical of Polysilfide and Silicone Sealants in Outdoor Tests, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 10, 1085.
33. Michio KOIKE, Kyoji TANAKA, Hiroshi HASHIDA and Shin-ichi SATO, Behavior of Moisture in Concrete Substrate for Finishes, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 11, 1986.

34. Michio KOIKE, Kyoji TANAKA and Hiroshi HASHIDA, Fatigue Resistance of a Polysulfide Sealant injected in Various Rectangular Cross Sections, Report of the Research Labortory of Engineering Materials, Number 11, 1986.

35. Michio KOIKE, Kyoji TANAKA, Hiroshi HASHIDA and Hiroyuki KOBAYASHI, Fundamental Study of Rain Penetration into Glass-Rod-Thatch, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 12, 1987.

36. Michio KOIKE, Kyoji TANAKA, Hiroshi HASHIDA and Moon Soo Lim, Photo-Elastic Measurement of Surface Stresses on Sealing Beads Induced by Joint Expansion and Contraction, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 12, 1987.

37. Kyoji TANAKA, Hiroshi HASHIDA, Takeshi KUIBIRA and Michio KOIKE, Development of Thermal Degradation Load Map for Elastomeric Roofing Sheets in Japan, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 15, 1990.

38. Hiroshi HASHIDA, Kyouji TANAKA and Michio KOIKE, Numerical Simulation of Moisture Behaviors in Concrete Substrate before and after Application of Finishing Layers, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 15, 1990.

39. Kyoji TANAKA, SangKeun OH, HASHIDA and Michio KOIKE, SEM Observation of Micro-structure of Concrete Improved by Siliceous Coatings, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 15, 1990.

40. Takayuki HIRAI, and Hiroshi IBE, A Study on Corrossion Control of Reinforcing Steel in Concrete Containing Salt, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 16, 1991.

41. Kyoji TANAKA, Sang Keun OH Michio KOIKE, and Hiroshi HASHIDA, Change of Pore Structure of Mortar with Pentrant of Siliceous Coatings, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 16, 1991.

42. Hiroshi HASHIDA, Kyoji TANAKA and Michio KOIKE, Evaluation of Blistering Tendency of Membrane Roofing Using Air Permeability of Concrete Substrate, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 16, 1991.

43. Kyoji TANAKA, Hiroshi HASHIDA, Byung Chang SONG and Michio KOIKE, Effect of Loading Conditions of Ozone Degradation of Rubber Sheets, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 16, 1991.

44. Kyoji TANAKA, Byung-chang SONG, Hiroshi HASHIDA and Michio KOIKE, Simultaneous Effect of Ozone Concentration and Temperature on Ozone Degration of Rubber Sheets, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 16, 1991.

45. Kyoji TANAKA, Sang Keun OH, Michio KOIKE and Hiroshi HASHIDA, Investigation of Production of Crystals and Hydration Reaction in Microstructure of Mortar by Siliceous Coatings under wet condition.(observation by scanning electron microscope and identification by thermogravimetry), Report of the Research Laboratory of Engineering

Materials, Number 17, 1992.

46. Hiroshi HASHIDA, Kyoji TANAKA and Michio KOIKE, Mechanism of Blister Fomation and Growth of Bituminous Membrance Roofing on Concrete Substrate, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 17, 1992.
47. Kyoji TANAKA, Byung-Chang Song and Michio Koike, Ozone Degradation of Rubber Sheets for Roof Covering under Fluctuation Ozone Concentration, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 18, 1993.
48. Kyoji TANAKA, Takayuki HIRAI, Hiroshi HASHIDA and Michio KOIKE, Effect of Cross-Sectional Shapes of Sealing Beads of Their Fatigue Resistance to Joint Movement, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 18, 1993.
49. Kyoji TANAKA and Byung-Chang SONG, Prediction of Ozone Degradation of Rubber Sheets for Roofing Materials Exposed in Air, Report of the Research Laboratory of Engineering Materials, Number 19, 1994.
50. 施工防水委員會, 防水缺陷對策センター, 彰國社, 1971.
51. 大浜嘉彦, 高分子放水, 高分子刊行會, 1972. 4.
52. 少池迪夫, 建築防水の理論と實際, メンブレン防水·設計編, 工業調査會, 1974. 9.
53. 櫻井年明, 建築放水構法雨仕舞, 新樹社, 1980. 3.
54. 防水工事分科會, 防水施工法(上), 大韓建設協會專門會員全國協議會, 1980. 8.
55. 防水工事分科會, 防水施工法(下), 大韓建設協會專門會員全國協議會, 1980. 8.
56. 日本建築學會, 建築工事標準仕樣書·同解說 JASS 8 防水工事, 1981.
57. 渡邊敬三, 外壁の防水, 井上書院, 1982. 8.

58. 小林孝悌, 建築防水の補修と對策, 理工圖書, 1982.

59. 鶴田裕, 屋上の放水, 井上書院, 1983. 3.

60. 少池迪夫, PC工法の防水改修メニュアル, 全日本プレハブ建築防水協會, 1985. 6.

61. 全國防水工事業團體聯合會, 防水施工法, 1987.

62. 國土開發技術研究センター, 建築防水の耐久性向上技術, 技報堂出版, 1987.

63. 日本建築學會, 斷熱放水工事デザインと施工, 建築施工の實務, 彰國社, 1988. 9.

64. 日本住宅綜合センター, マンション設計修繕に指針策定に關する調査研究-計劃·修繕工事標準仕樣書(外壁補修と屋根防水), 1989.

65. 白山和久, 建築施工技術ハンドブック, 朝倉書店, 1990.

66. 日本建築センター, 良好な住宅の地下室の設計·施工指針, 1990.

67. 山本泰四郎, 建築施工管理の現場教本, 彰國社, 1990. 6.

68. 日本建築學會, 建築材料用教材, 1990.

69. 建築施工管理技術研究會, 建築施工管理技術マニュアル, 近代圖書株式會社, 1991. 5.

70. 小池武雄, 結露の發生, 建築技術, pp.122～127, 1991. 6.

71. 只野康未, 建築防水を知る, 建築技術 No.520, 1991. 9.

72. 小池遺未, 地下防水の現狀と動向, 建築技術, pp.61～62, 1992. 9.

73. 長田雅未, 設計の立場からみた地下防水の要求性能, 建築技術, pp.63～69, 1992. 9.

74. 田中昌二, 施工の立場からみた地下防水の要求性能, 建築技術, pp.70～73, 1992. 9.

75. 茂呂昌男, 關原克章, SMW止水工法, 建築技術, pp.74～77, 1992. 9.

76. 茂呂昌男, 關原克章, メンブレン防水工法, 建築技術, pp.78～81, 1992. 9.

77. 罔本忠士, ベントナイト防水工法, 建築技術, pp.82～85, 1992. 9.

78. 加賀秀治, 躯體防水, 建築技術, pp.90～94, 1992. 9.

79. 佐藤紀男, 二重防水, 建築技術, pp.96～97, 1992. 9.

80. 伊藤 洋, 地下防水の止水·改修工法, 建築技術, pp.98～101, 1992. 9.

81. 小池 迪夫·田中 享二·湯淺 昇, 硬化セメントペストの半透過性による水の移動に及ぼす溶液濃度よおび環境溫度の影響, セメント·コンクリート論文集 No. 44, 1990.
82. 日本建築學會, 短形斷面おもつシーリングジョイントの耐疲勞性に及ぼす形狀·寸法の影響, 日本建築學會構造系論文報告集 第 390號, 1988年 8月.
83. 日本建築學會, 建築防水用加硫ゴムシートのオゾン試驗における濃度と溫度の複合效果, 日本建築學會構造系論文報告集 第 411號, 1990年 5月.
84. 日本建築學會, 打設直後からの乾燥途中におけるコンクリートの含水狀態(任上げ材下地としてのコンクリートの含水狀態の檢討·その1), 日本建築學會構造系論文報告集 第 412號, 1990年 6月.
85. 日本建築學會, ケイ酸化塗布防水材料によるコンクリートの內部組織の變化 (濕潤環境下における防水工法の研究·その1), 日本建築學會構造系論文報告集 第 416號, 1990年 10月.
86. 日本建築學會, 建築用ゴム系材料のオジン試驗における力學的負荷條件の考察, 日本建築學會構造系論文報告集 第 417號, 1990年 11月.
87. 日本建築學會, 不透濕な仕上げ層を施工した後のコンクリートの含水狀態 (任上げ材下地としてのコンクリートの含水狀態の檢討·その2), 日本建築學會構造系論文報告集 第 419號, 1991年 1月.
88. 日本建築學會, ケイ酸質塗布防水材料が下地モルタルの透水性に及ぼす影響 (濕潤環境下における防水工法の研究·その2), 日本建築學會構造系論文報告集 第 422號, 1991年 4月.
89. 日本建築學會, 棒上材料を用いた勾配屋根における水の擧動と防雨に關する考察(屋根內部擧動把握), 日本建築學會大會學術講演梗概集 1991年 9月.
90. 日本建築學會, ケイ酸質微分末混合セメント系塗布防水材料が下地モルタルのひび割れおよび打繼ぎ部分に及ぼす密室化效果(濕潤環境下における防水工法の研究·

その3), 日本建築學會構造系論文報告集 第 435號, 1992年 5月.

91. 日本建築學會, オジョン濃度, 同時が變動する環境下での建築用ゴム系材料のオジョン劣化の評價, 日本建築學會構造系論文報告集 第 443號, 1993年 1月.

92. 日本建築學會, 棒上材料を用いた勾配屋根の防雨機構 (屋根長さ方向の間隙水の擧動とそのモデル化), 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1993年 9月.

93. 日本建築學會, セメント硬化體の半透過性による水の移動現像とその內部細孔との關係, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1993年 9月.

94. 日本建築學會, 棒狀材料を用いた勾配屋根の防雨機構 (棒間隙と雨水の擧動) 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1994年 9月.

95. 日本建築學會, 水分を含む狀態でのモルタルの透氣性 (細孔モルタルを用いた透氣シミュレーション), 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1994年 9月.

96. 日本建築學會, ジョイントムーブメントにより生ずるシーリング材の應力およびその點彈性的檢討 (ムーブメントを生じているジョイントでのシーリング材の擧動), 日本建築學會構造系論文報告集 第 373號, 1988年 3月.