

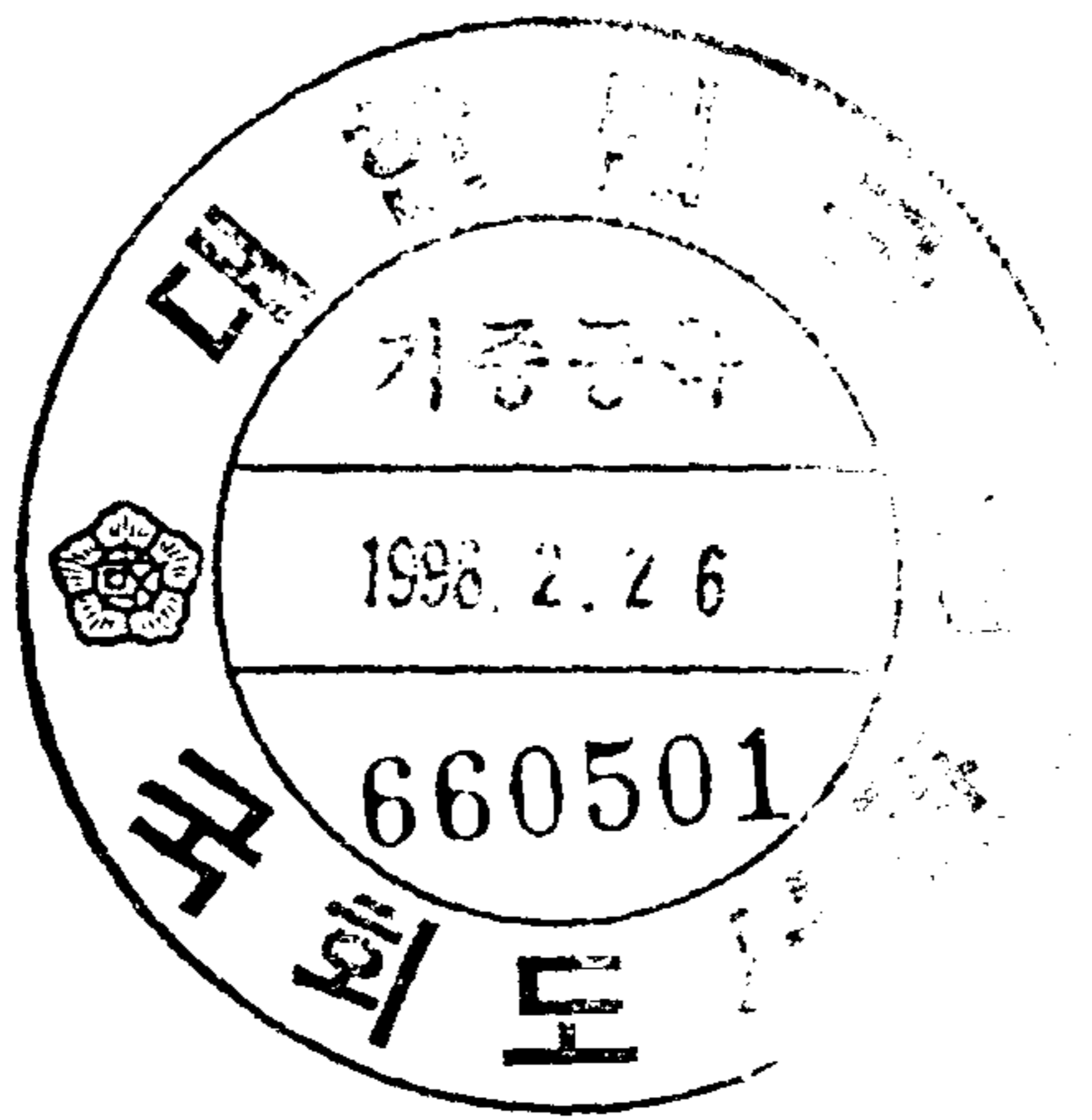
제1차 년도
연차보고서

농업용 수리구조물의 보수보강 신기술 개발(I)

Development of new technique for repairing and reinforcing damaged agricultural hydraulic structures

연구 기관
강원대학교

농림수산부



제 출 문

농림수산부장관 귀하

본 보고서를 “농업용 수리구조물의 보수보강 신기술 개발”
에 관한 연구 과제의 제1차년도 연차보고서로 제출합니다.

1995. 12 . .

주관연구기관명 : 강원대학교

총괄연구책임자 : 최 예 환

협동연구책임자 : 김 기 성

신 대 선

이 원 백

노 선 기

연 구 원 : 최 용 관

연 구 조 원 : 장 태 연

김 성 순

최 동 순

지 경 용

이 용 섭

여 백

요 약 문

I. 제 목

농업용 수리구조물의 보수보강 신기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

(1) 연구개발 목적

본 연구의 목적은 최소한의 경비로 내구성 등 역학적 특성이 뛰어난 농업용 수리구조물의 보수보강 신공법을 개발하는 데 있다. 즉, 기존의 시멘트 콘크리트에 비해 고분자 재료를 사용한 폴리머 콘크리트가 대단히 우수한 특성을 가지고 있음에 비추어, 이를 실제 농업용 수리구조물의 보수보강에 적용하여 실용성을 검토한 후 확대 보급 하는 데 있다.

본 연구진은 이의 개발연구를 위해 지금까지 일반 콘크리트 구조물에 주로 이용되어 왔던 폴리머 콘크리트를 농촌 및 농업 분야에도 적용시키기 위해, 장기간에 걸쳐 축적된 연구기술을 바탕으로 특성 및 성능실험을 통해 현장에서 적용성을 검토코자 한다. 이상의 연구에서 개발에 대한 타당성이 인정될 경우에는 새로운 보수보강재 및 공법을 개발하고 이를 전국에 확대보급 하고자 한다.

(2) 연구개발 중요성

우리나라 농촌·농업을 둘러싼 여러가지 해결과제 중 시급한 것은, 1993년말 타결된 UR협상의 결과 농산물의 시장개방화에 대응하기 위해 지속적이고 안정적인 식량자급의 필요성과 함께, 생산성 향상을 통한 국제경쟁력 강화를 위해 농업용수의 효율적 이용을 위한 각종 농업용 수리구조물의 유지·관리에 있다.

전국 농촌에 광범위하게 산대해 있는 수많은 농업용 수리구조물의 시공 및 유지 관리 면에서 많은 문제점이 있으며, 이는 앞으로 경쟁력 있는 농업의 지속여부는 물론 건설산업 분야의 심각한 문제점으로 대두될 것이 확실하다. 뿐만 아니라, 농촌의 각종 생활환경시설은 물론 생산기반시설에도 콘크리트 구조물이 차지하는 비중이 날로 커짐에 따라, 그 기능도 비례해서 커지게 되므로 현재와 같은 부실한 유지관리 상태가 계속되면 농촌을 유지·보전시키고 안정적인 농업생산 면에서 심각한 문제를 야기시키게 될 것이다. 광의적으로 볼 때 농업수리용 시설은 공공적 사회간접자본이며, 이것은 농업의 생산성과 직결되는 것이어서 기능의 극대화 및 유지·관리의 효율화가 매우 중요하다고 할 수 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

기존에 설치되어 있는 농업용 수리구조물은 대부분 시멘트 콘크리트로 건설되어 건설재료, 시공, 사용·환경, 구조·외력 요인 등에 따라 많은 문제점을 내포하고 있다.

국내의 경우 보강재료의 기준, 선정방법 및 이를 사용하여 수리구조물을 보강한 경우의 구조적 성능에 대한 규명 기술은 매우 취약하다. 특히, 국내에서 수리구조물의 보수 및 보강에 대한 수요가 급증하고 있음에 비추어, 새로운 보수보강재의 개발 및 보수보강 공법에 대한 평가기술의 개발은 시급한 단계에 와 있다.

폴리머 콘크리트는 고분자 재료를 사용하기 때문에 높은 압축·휨·인장 강도, 내구성, 내약품성, 충격저항성, 방수성 등이 기존의 시멘트 콘크리트에 비해 훨씬 우수한 특성을 가지고 있다. 따라서, 폴리머 콘크리트는 시멘트 콘크리트 또는 강재로 시공이 불가능한 구조물에 효과적으로 이용될 수 있다.

적절하고 합리적인 콘크리트 농업용 수리구조물을 유지·관리 하는데 있어서 필수 요소인 보수보강에 대한 기술개발 필요성을 충분히 인식하여, 본 연구진에서는 이미

보수보강용 폴리머 콘크리트에 대한 성능실험을 오래전부터 해오고 있으며 상당한 진전을 보이고 있다.

본 연구에서 수행할 주요 연구내용 및 범위는 다음과 같다.

(1) 보수보강 기법의 기초연구

보수보강 재료의 기초적 성능평가를 위한 준비단계로서, 기존의 시멘트 콘크리트에 비해 폴리머 콘크리트가 가진 우수한 특성인 경화속도의 조절가능, 조절강도의 발현, 강도적 특성, 내구성, 내약품성, 방수성 등에 대한 기초적 성질의 구명이 완료되었으며, 현재에는 폴리머 시멘트계 및 폴리머계 보수보강재의 성능평가에 대한 연구를 한다. 또한, 보수보강 구조물의 진단을 위하여 조사 및 관련 자료를 준비·수집·시행 한다.

(2) 보수보강 기법의 응용연구

농업용 수리구조물의 구체적 보수보강 기법에 관한 연구는 1차년도의 보수보강재의 기초적 성질 및 성능평가, 보수보강 구조물의 진단이 이루어진 후, 2차년도에서 본격적으로 행해진다. 사전 준비단계로 실제 현장 적용성 검토를 위해 보수보강재의 성능평가와 산업현장에서의 경제적 가치 여부 파악을 하는 등 실제 보수보강에 대비하고 있다.

1차년도는 농업수리구조물 보수보강 기법의 기초연구 단계로서 구체적 연구내용 및 범위는 다음과 같다.

가. 보수보강재의 성능평가 : 농업용 수리구조물의 보수보강 재료에 대한 물리·역학적 성능을 평가코자 함,

1) 보수보강재의 선정

2) 보수보강재의 성능평가

3) 보수보강재의 적용방법

나. 보수보강 구조물의 진단 : 농업용 수리구조물에 발생한 파손원인을 구명하여 보수보강 대책을 수립코자 함.

- 1) 구조물의 손상현황 조사
- 2) 구조물의 손상원인 구명
- 3) 보수보강 대책 강구

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

농업용 수리구조물의 보수보강 신기술 개발을 목표로 하여 진행된 1차년도 연구개발 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 농업용 수리구조물의 실태 분석

농업용 수리구조물은 종류도 다양하며, 대부분 심각할 정도로 노후되어 그 기능을 충분히 발휘하지 못하고 있다. 이에 따라 지속적이고 안정적인 농업생산과 국제 경쟁력 강화를 위한 농업용수의 효율적 이용에 어려움이 나타나고 있다. 이와 함께 농조수리시설의 개·보수 비용이 차지하는 비율도 매년 증가하고 있어 이에 대한 보수보강 기술개발의 시급한 것으로 분석되었다.

2. 보수보강재의 선택 및 성능평가

농업용 수리구조물용 보수보강 재료의 선택기준과 물리·역학적 특성 등 성능평가를 실험적으로 구명하여 염해, 알칼리 골재반응, 중성화, 동해 등 콘크리트의 일반적인 성능저하 원인 및 보수재료로서 요구되는 성능과 재료의 선택기준을 제시하였다. 또한 각종 보강공법별 사용재료를 조사분석하고 이에 대한 성질을 규명함으로써 보강재료의 선택기준을 제시하였다. 현장적용을 위해 보수재료는 Resin계 2종,

Dispersion계 2종을 선정하였고 보강재는 섬유 쉬트계 2종을 선정하여 이에 대한 물리·역학적 성능을 실험적으로 구명하였던바 보수보강 재료로서 성능이 우수한 것으로 판명되었다.

보수재료의 대한 물리·역학적 특성과 보강재료에 대한 보강효과가 종류에 따라 다소의 차이를 나타내고 있는 것으로 나타남에 따라 농업용 수리구조물의 손상원인과 정도에 따라 적당한 재료를 선택적용해야 한다.

3. 사례별 보수보강 공법연구

손상된 콘크리트 구조물의 보수보강 공법에 대한 일반적인 사항을 제시하고, 현장조사를 통해 농업용 수리구조물의 손상원인을 조사분석하여 보수보강 대책을 구명하였다. 손상된 콘크리트 구조물 보수보강 공법을 제시하였는 바, 이는 농업용 수리구조물의 보수보강에 있어 기본자료로 활용 될 수 있다. 여러가지 농업용 수리구조물에 대한 손상실태를 조사하여 본 바, 수리구조물은 농촌이라는 광범위한 지역에 불특정한 상태로 건설되어 있고 구조물이 설치되어 있는 환경조건 도 매우 열악하여 손상이 다양한 것으로 조사되었다. 특히, 손상의 원인으로서는 대부분의 수리구조물이 물과 접하고 있기 때문에 누수로 인한 백화현상을 나타내고 있었으며, 손상원인은 동결융해가 대부분인 것으로 분석되었다. 이밖에 시공불량으로 인한 원천적인 손상과 구조물과 접해있는 흙의 토압에 의한 손상, 그리고 지반의 부등침하에 의한 손상 등도 나타나는 것으로 분석 되었다.

4. 금후의 활용방안

각종 농업용 수리구조물은 대부분 시멘트 콘크리트 구조물로 건설되어 있다. 또한, 농촌이라는 광범위한 지역에 불특정한 상태로 건설되어 있고 장기간 이용을 함

에 따라 유지·관리 및 안정적인 농업생산에 특히 어려움을 나타내고 있다.

본 연구가 성공리에 수행되면 우리나라 농업의 기계화·자동화·시설화를 위한 생산 기반 기술로서 큰 기여를 할 것이며, 생산비와 유지관리비 절감은 물론 농산물의 고품질화·안정화에도 큰 기여를 하게 되어 UR대응을 위한 효과적인 기술개발사업으로 농촌환경의 개선에 크게 기여할 것으로 판단된다.

본 연구진은 오래 전부터 농촌 및 농업의 발전을 위해 건설되는 각종 구조물에 대해 폴리머 콘크리트를 적용시키고자 기초 및 응용연구에 매진해 오고 있다. 본 연구진의 연구 결과에 의하면 폴리머 콘크리트는 구조적 특성, 내구성 및 방수성 등이 요구되는 농업용 수리구조물에 경제적이고 효율적으로 이용될 수 있다. 농업용 수리구조물의 보수보강시에는 기존재료보다 각종 특성이 월등히 우수한 재료를 개발할 수 있으며, 농촌·농업 발전을 위해 건설되는 각종시설은 물론 관련 산업분야에도 즉시 응용될 수 있다.

이 외에도 교량, 터널, 암거 등 각종 토목구조물의 보수보강은 물론 기둥, 보 등 주요 건축자재의 보수보강에도 활용이 가능하다. 앞으로 본 기술을 전문기업에서 산업화하면 새로운 보수보강재의 재료를 대량으로 저렴하게 생산이 가능하고, 보수보강 공법을 실제 모든 구조물에 적용함으로써 우리나라 농촌발전 및 건설산업 기술 분야에 일대 혁신을 가져올 수 있을 것으로 기대되는 바, 이 분야에 대한 적극적인 지원이 있어야 할 것이다.

Summary

I . Project Title

Development of new technique for repairing and reinforcing damaged agricultural hydraulic structures

II . Research Objectives and Importance

1) Research objectives

The ultimate objective of the research is to develop a new technique for repairing and reinforcing damaged agricultural hydraulic structures with the least budget by using polymer concrete. Polymer concrete has excellent structural and chemical properties over conventional cement concrete. The new technique is developed by studying application methods of polymer concrete to damaged agricultural hydraulic structures. Once the technique is developed and successfully verified by applying it to damaged structures, a technical manual for the technique is prepared for applying it over the nation.

The research team has been studying the technique to repair and reinforce damaged civil structures such as bridge piers. And, the team is expanding the technique to damaged agricultural hydraulic structures by applying and modifying the accumulated experiences and techniques.

2) Importance of the development

Korean agricultural products are subject to unlimited competition in the world food markets by the governmental agreement of so called "Uruguay Round." Agricultural policy makers and scientists help farmers

to improve agricultural productivity by education, technical assistance and construction and maintenance of fundamental agricultural structures including hydraulic structures.

One of the major concerns arises from maintaining agricultural hydraulic structures such as reservoirs, irrigation lines and weirs. Much of these structures are made of cement concrete and have been damaged by various reasons. Damaged structures can not function properly and thus, timely supply of irrigation water can not be made, resulting in decrease of farm productivity and increase of production cost. Since construction of new agricultural hydraulic structures requires huge budget, maintaining the existing structures by performing appropriate repair and reinforcement becomes a critical issue. As more and more farm structures as well as civil structures are built with cement concrete, demand for proper repairing and reinforcing techniques increases. Therefore, development and use of proper repairing and reinforcing techniques is very important in maintaining fundamental agricultural structures and thus, keeping farm productivity.

III. Contents and Scope of the Research

Most of existing agricultural hydraulic structures was built with cement concrete. Almost every structures have more or less damaged because of various reasons such as material used, construction methods, conditions when constructed, structure and external load condition, water quality, and management methods. The damaged structures have posed huge problems in effectively managing and maintaining the system and demanded to repair and reinforce before use in season.

Criterion for repairing and reinforcing material, selection methods, and evaluation methods for repaired and reinforced structures do not exist. In addition, existing methods and materials for repair and reinforcement are too difficult or expensive to apply to agricultural hydraulic structures. But, by considering that repairing and reinforcing demands for damaged hydraulic structures are rapidly increasing, development of new but economic technique to repair and reinforce the damaged hydraulic structures is urgent. Also, evaluation methods for the repair and reinforcement works needs to be developed.

Because polymer concrete uses polymeric material, it has excellent characteristics of high compressive, bending and tensile strengths, adhesion, durability, impact resistance, chemical resistance, impermeability and so on. These characteristics are not comparable to cement concrete. Therefore, polymer concrete can be used to economically repair and reinforce damaged hydraulic structures if proper methods are developed. By using polymer concrete, contents and scope of research are follows:

1) Study on technique of repair and reinforcement

As the first stage of developing a technique for repair and reinforcement, basic engineering characteristics of polymer concrete are explored. Data are collected and analyzed. Specific topics that were studied are as follow.

A. Evaluation of repair and reinforcement material

Characteristics of repair and reinforcement material for agricultural hydraulic structures were evaluated.

① Selection of repair and reinforcement material

② Evaluation of the material

③ Application methods for the material

B. Examination and diagnosis of damaged structures

Damaged structures are carefully examined to find reason(s) why they damaged.

① Status of damaged hydraulic structures

② Examination of damaged hydraulic structures

③ *Development of repairing and reinforcing methods.*

2) Study on polymer concrete application methods

In the first year of the two year project, engineering characteristics of polymer concrete was studied. In the second year, field application tests and evaluations and economic assessments will be performed at various structures that has damages.

IV. Results and Suggestions

Results for the first year of research for developing a new technique of repairing and reinforcing damaged agricultural hydraulic structures are summarized.

1) Analysis of existing agricultural hydraulic structures

Various agricultural hydraulic structures haven been built for many years and most of them has been damaged by various reasons. Degrees of damages are quite different but many are damaged severely so that they can not function properly. Damaged structures keep from using the system effectively and cause difficulties maintaining agricultural

productivity. Also, maintenance and repairing costs have been increased rapidly every year. Therefore, it was analyzed that development of repair and reinforcement technique for agricultural hydraulic structures is urgent.

2) Selection of repairing and reinforcing material and evaluation

Selection criteria for the material of repair and reinforcement was suggested based on data analysis and experiments. The criteria states about general causes of degradation of repairing and reinforcing material and about required conditions for the material such as salt resistant, alkali aggregate reaction, neutralization, frost resistant. Existing repair and reinforcement methods were analyzed and described. For field application, two types of unsaturated polymer resin, polymer cement concrete dispersion material, and reinforcing fiber sheet, respectively, were selected and tested for physical and mechanical properties. These material were proved as a good repairing and reinforcing materials. It also was suggested that since the material showed different properties, it must be carefully chosen depending the cause and size of damage.

3) Case study

General information on repairing and reinforcing methods was presented. Many field surveys were performed, causes of damage examined, repairing and reinforcing methods studied, and a method that can be applied to repair and reinforce damaged structures was suggested. Various types of damaged structures were scattered widely over the rural area and environmental conditions for maintenance and repair were not good. Typical causes of damage were efflorescence and frost caused by

leakage. Bad construction management also was a major reason of damage. Others were irregular sinking caused by consolidation, excessive earth pressure and so on.

4) Suggestions and application

Maintenance and repair of agricultural hydraulic structures are very difficult because most of the structures are made of cement concrete and scattered widely over rural area. Once leaking or crack develop on the structures by any reason, damaging processes develop faster as the age of the structures gets older. Therefore, it is very important to detect the leaking spots and cracks and repair before they further developed.

New technique being developed in the research can be easily, effectively and economically applied to repair and reinforce such damaged structures. However, the new technique needs validation by applying to the damaged structures in the second year. Once the technique is successfully validated to be a good repairing and reinforcing methods for damaged agricultural hydraulic structures, it can also be applied to many other civil structures such as bridges, tunnels, culverts, columns, piers, and beams. The repairing and reinforcing material may be prepared in the factories to make the repair works easy and economic. By using this new repairing technique, old and damaged structures may not be demolished but instead, may be repaired and reinforced to serve and enjoy longer life, resulting in tremendous financial gain for the related industry and the nation. Therefore, it is suggested that active supports for this research should be continued.

CONTENTS

CHAPTER 1. INTRODUCTION	19
Section 1. Necessities of the research	21
Section 2. Objectives	25
Section 3. Contents and scope	26
CHAPTER 2. CURRENT STATUS OF AGRICULTURAL HYDRAULIC STRUCTURES	37
Section 1. Overview	39
Section 2. Status of hydraulic structures	41
Section 3. Causes of structural damage	48
Section 4. Statistics damaged structures	51
Section 5. Conclusion	66
CHAPTER 3. REPAIRING AND REINFORCING MATERIAL AND ITS CHARACTERISTICS	67
Section 1. Overview	69
Section 2. Selection of repairing and reinforcing material	70
Section 3. Evaluation of repairing and reinforcing material	88
Section 4. Conclusion	99

CHAPTER 4. CASE STUDY OF REPAIR AND REINFORCEMENT WORK	101
Section 1. Overview	103
Section 2. General repair and reinforcement works	104
Section 3. Causes of damage of hydraulic structures and repair and reinforcement works	119
Section 4. Conclusion	137
CHAPTER 5. CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS	139
Section 1. Comprehensive conclusions	141
Section 2. Evaluation of research	143
Section 3. Suggestions	144
REFERENCES	147

목 차

제 1 장	서 론	19
제 1 절	연구개발의 필요성	21
제 2 절	연구의 목적	25
제 3 절	연구내용 및 범위	26
제 2 장	농업용 수리구조물의 실태	37
제 1 절	서 론	39
제 2 절	구조물의 실태	41
제 3 절	구조물의 파손 원인	48
제 4 절	보수보강 물량	51
제 5 절	결 론	66
제 3 장	보수보강제의 선택 및 성능평가	67
제 1 절	서 론	69
제 2 절	보수보강 재료의 선택	70
제 3 절	보수보강 재료의 성능평가	88
제 4 절	결 론	99
제 4 장	사례별 보수보강 공법 연구	101
제 1 절	서 론	103
제 2 절	보수보강 공법의 일반사항	104
제 3 절	수리구조물의 손상원인 및 보수보강 대책	119
제 4 절	결 론	137

제 5 장	종합결론 및 금후의 연구방향	139
제 1 절	종합결론	141
제 2 절	종합평가	143
제 3 절	금후의 연구방향	144
참고문헌	147

제 1 장
서 론

여 백

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 필요성

1. 연구개발의 경제·사회·기술적 중요성

가. 우리나라 농업이 점차 심화되어 가는 국제경쟁에서 우위를 점하기 위해서는 효율적인 농업활동을 통하여 생산성 향상을 꾀하데 있다. 이를 위해 1994년 7월 정부에서 발표한 농어촌특별세 투자계획에 따르면, 1994년부터 2004년까지 투자될 15조원 중 농업경쟁력 강화에 9조원을 투입하게 되어 있다. 이 중, 구획정리 및 용·배수로 등을 정비하는 경지정리사업에 오는 2004년까지 총 4조 3천억원이 투입된다. 이는 UR에 대응할 수 있는 국제경쟁력을 갖추기 위해 농업생산기반의 정비사업이 중심이 되고 있음을 뜻한다.

나. 농업생산기반의 정비는 대별하여 포장정비와 농업수리시설의 정비로 나누어진다. 농업수리(관개배수)의 목적은 농업의 생산성을 향상시키는데 있다. 농업의 생산성은 크게 토지생산성과 노동생산성으로 구별되는데, 토지생산성은 작물의 생육환경을 개선함으로써 달성되고, 노동생산성은 농작업의 환경을 개선함으로써 달성된다.

다. 1994년 6~8월에 나타난 극심한 가뭄으로 인해 농업용수의 효율적 이용이 절실히 요구되고 있는 가운데, 우리나라에서는 1955년에 1인당 용수가 2,940t이었으나 오는 2025년에는 1,253t으로 물사정의 악화가 예상되고 있다. 또한, 1992년 현재 국내 전체 논면적 131만 5천ha의 74%인 97만 3천ha가 수리안전답이나, 이 중 10년에 한 번 꼴로 오는 가뭄에 견딜 수 있는 지역은 약 40%에 해당하는 39만ha에 불과한 실정이다. 따라서 기존 수자원을 효율적으로 이용하고 농업의 안정화를 꾀하기 위해서는 지표수 및 지하수를 농업용수로 효과적으로 이용하기 위한 수리구조물의 안정적 유지·관리가 시급한 실정에 있다.

라. 농업용수의 공급 및 배수 효과를 효율적이고 지속적으로 발휘시키기 위해서는 수리구조물을 항상 완전한 상태로 유지·관리 하여야 한다. 이를 위해서는 용·배수

시설의 관리조직을 구성하여 고장, 파손 등 이상이 생겼을 때는 즉시 보수·보강하여 항구적인 시설로 유지·관리 하여야 한다.

마. 일반적으로 농업의 생산성은 품종개량과 농업용수 이용 여부에 크게 좌우된다. 특히, 고품질의 다수확 농산물 생산을 위해서는 농업용수의 효율적 이용이 최우선 조건으로 되어 있다. 이는 선진국의 사례를 보더라도 농업이 행해지는 지역에서는 농업용 수리구조물이 충분한 기능을 발휘할 수 있도록 유지·관리가 철저히 행해지는 것을 보아 알 수 있다.

바. 각종 농업용 수리구조물은 대부분 시멘트 콘크리트 구조물로 건설되어 있다. 또한, 농촌이라는 광범위한 지역에 불특정한 상태로 건설되어 있고 장기간 이용을 함에 따라 유지·관리에 특히 어려움을 나타내고 있다. 농업용 수리구조물은 농업 특성상 1년중 농업이 행해지는 기간에 집중적으로 이용하게 되어, 전국에 산재해 있는 수 많은 농업용 수리구조물 이용에 지장이 없게 유지·관리 하는 것은 시간적·경제적으로 보아 어려움이 많다. 또한, 비영농기인 겨울철에는 그대로 방치되어 구조물의 파손이 크게 나타나고 있어 유지관리에 큰 문제점으로 나타나고 있다.

사. 최근에는 건설경기의 호황으로 건설물량이 과잉 공급되면서 자재 부족 및 인건비 상승 등으로 인해 콘크리트 공사 품질관리의 어려움이 심화되었고, 이로 인해 농업용 수리구조물을 비롯한 각종 콘크리트 구조물의 시공 초기단계부터 내력 부족 및 구조적 결함이 나타나고 있다. 이제부터라도 각종 구조물의 지속적인 구조성능 보장 및 내구성 확보는 국가경제적, 자원보호적 측면에서 적극적으로 모색되어야 한다.

2. 지금까지의 연구개발 실적

가. 연구자와 관련된 사항

현 상황에서 볼때 전국 농촌에 광범위하게 산재해 있는 수많은 농업용 수리구조물의 시공 및 유지·관리 면에서 많은 문제점이 있으며, 이는 앞으로 경쟁력 있는 농

업의 지속여부는 물론 건설산업 분야의 심각한 문제점으로 대두될 것이 확실하다.

뿐만 아니라 농촌의 각종 생활환경시설은 물론 생산기반시설에도 콘크리트 구조물이 차지하는 비중이 날로 커짐에 따라, 그 기능도 비례해서 커지게 되므로 현재와 같은 부실한 유지관리 상태가 계속되면 농촌을 유지·보전시키고 안정적인 농업생산면에서 심각한 문제를 야기시키게 될 것이다.

적절하고 합리적인 콘크리트 농업용 수리구조물을 유지·관리 하는데 있어서 필수요소인 보수·보강에 대한 기술개발 필요성을 충분히 인식하여, 본 연구진에서는 이미 보수·보강용 폴리머 콘크리트에 대한 성능실험을 오래전부터 해오고 있으며 상당한 진전을 보이고 있다.

폴리머 콘크리트는 주로 건설분야에서 연구 및 응용이 확대되고 있으나, 본 연구책임자는 농과대학 소속으로 농업수리조구학 분야의 연구와 강의를 해오면서 평소부터 우리나라 농촌 및 농업의 발전에 지대한 관심을 가지고 있었다. 최근에는 UR타결로 인한 국제경쟁에의 대응을 위한 기존 농지의 범용화를 꾀하는 한편, 가뭄으로 인한 항구적인 농업용수 이용을 위한 농업수리시설의 안정화에 대한 필요성이 절실하다고 생각되어 본 개발연구를 계획하게 되었다.

본 연구개발자는 보수·보강재로 사용되는 첨단 신소재인 폴리머 콘크리트를 이용한 2종의 특허를 신청중에 있고, 이를 응용한 제품개발에도 상당한 성과를 거두어 실용화를 눈 앞에 두고 있으며, 전문 기업체에 기술이전하여 산업화에도 힘을 기울이고 있다. 1994년 5월에는 이 분야에 대한 국제심포지움을 주관하여 새로운 기술의 교류 및 국내 연구자 및 기업이 새로운 연구동향을 습득할 수 있게 하였다.

본 연구가 성공리에 수행되면 우리나라 농업의 기계화·자동화·시설화를 위한 생산기반 기술로서 큰 기여를 할 것이며, 생산비와 유지관리비 절감은 물론 농산물의 고품질화·안정화 에도 큰 기여를 하게 되어 UR대응을 위한 효과적인 기술개발 사업이 될 것으로 판단된다.

나. 국내·외에서의 연구개발실적

(1) 국내의 개발실적

농업용 수리구조물을 포함한 각종 콘크리트 구조물에 대한 국내의 보수·보강에 관한 연구는 기존구조물의 유지관리 분야에서는 시작되고 있다. 그러나 대부분이 기술의 독창성 없이 외국의 사례를 그대로 현장에 도입하고 있어서 보수·보강 효과를 제대로 얻지 못하고 있다.

국내의 각종 콘크리트 구조물은 상당부분이 보수·보강되고 있으나, 이에 관한 연구는 극히 미약하다. 보수·보강에 관해서는 관련 외국연구자들을 초청하여 세미나를 개최하고 있는 정도에 그치고 있어 국내실정에 맞는 보수·보강 방법의 개발에 관한 연구는 매우 시급하다.

또한, 국내 보수·보강 현장에서의 재료적 측면에서는 보수·보강 업체의 추천이나 외국시방서에 의해 선택되고 있어 구조적 안정성 확보를 위해서는 재료의 선택에 대한 적절한 기준의 설정이 필요하다.

현재, 국내 토목용 콘크리트 구조물의 보수·보강 방법으로는 균열방지를 위한 에폭시 주입 공법이 보수방법으로 사용되며, 보강방법으로는 종형증설, FRP접착, Shortcrete 등이 있다. 그러나, 농업용 콘크리트 수리구조물의 보수·보강에 관한 공법은 물론 관련 연구는 거의 찾아보기 어려운 실정이다.

(2) 국외의 개발실적

외국에서의 기술 및 연구개발 현황은 크게 보수·보강 재료 및 구조물의 보수·보강으로 나누어 볼 수 있다.

보수·보강 재료는 미국, 일본 등에서 목적에 따라 많은 것이 개발되어 있으나, 무기질 재료와 유기질 재료로 대별할 수 있다. 최근에는 유기질 재료 특히 고분자 재료의 발달에 따라 새로운 재료가 개발되고 있다. 구체적으로는, 시멘트에 수용성 폴리머를 사용하는 폴리머 시멘트 모르터, 폴리머 만을 사용하는 폴리머 페이스트 또는 모르터, 기존의 시멘트에 폴리머를 침투시키는 폴리머 함침 재료에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

구조물의 보수·보강에 있어서는 건축구조물의 경우 균열슬래브나 보의 변상 중성화에 의한 철근의 녹, 연약지반에서의 기초문제, 이와 관련한 누수, 동해 등 재해로

인한 강도부족 및 중성화 방지를 위한 연구 및 기술개발이 시도되고 있다. 농업용 수리구조물을 포함한 토목구조물의 보수·보강에 있어서는 댐, 터널, 교량, 항만, 포장에서 나타나는 표면균열, 박리, 마모, 철근노출, 녹 발생, 부식 등을 보수·보강 하기 위한 공법에 관한 연구 및 기술개발이 진행중에 있다.

본 연구진은 우리나라 농촌·농업의 상황을 충분히 파악하여 지역실정에 맞는 고유의 보수·보강 기술을 개발하고자 하며, 보수 이전의 원래 콘크리트 재질에 대한 특성구명에 연구의 주안점을 두고 우리 고유의 신공법 기술을 개발하므로 본 연구진이 개발하는 것이 타당하다. 본 연구와 관련하여 본 연구진이 축적하고 있는 기술은 외국에 비해서 결코 뒤지지 않으므로, 본 연구진이 국내에서 충분히 개발할 수 있을 것으로 판단된다.

제 2 절 연구의 목적

본 연구의 목적은 최소한의 경비로 내구성 등 역학적 특성이 뛰어난 농업용 수리구조물의 보수·보강 신공법을 개발하는데 있다. 즉, 기존의 시멘트 콘크리트에 비해 고분자 재료를 사용한 폴리머 콘크리트가 대단히 우수한 특성을 가지고 있음에 비추어, 이를 실제 농업용 수리구조물의 보수보강에 적용하여 실용성을 검토한 후 확대 보급 하는데 있다.

본 연구에서 제안되는 보수·보강 신공법의 개발은 2단계로 구분된다. 제 1단계는 신건설재료인 폴리머 콘크리트를 농업용 수리구조물에 이용하기 위한 보수·보강 기법의 기초연구, 제 2단계는 보수·보강 방법을 개발한 후 범용성을 검토하는 것이다.

제 1단계에서는 오래 전부터 본 연구개발자의 실험실에서 행하고 있는 것으로 불포화 폴리에스터 수지, 촉진제 및 촉매제, 충전제, 골재 등을 사용한 성능실험을 하고, 보수보강 구조물의 파손 형태 및 원인을 구명한다. 특히, 보수보강재로 사용하고 자 하는 폴리머 콘크리트에 관해서 본 연구진은 이 분야에서 국내 및 해외에서도 인정받는 충분한 Know-How를 축적하고 있어서 훌륭한 연구결과가 나올 것으로 기대한다.

제 2단계에서는 성능실험 및 보수·보강 구조물의 진단 결과를 토대로 기존의 시멘트 콘크리트로 시공된 농업용 수리구조물에 가장 적합한 보수·보강 공법을 개발하고, 전국의 농업용 수리구조물에 적용할 수 있도록 현장적용 효과 분석, 경제성 검토, 시방서 제작 등에 대해 연구한다.

본 연구진은 이의 개발연구를 위해 지금까지 일반 콘크리트 구조물에 주로 이용되어 왔던 폴리머 콘크리트를 농촌 및 농업 분야에도 적용시키기 위해, 장기간에 걸쳐 축적된 연구기술을 바탕으로 특성 및 성능실험을 통해 현장에의 적용성을 검토코자 한다.

이상의 연구에서 개발에 대한 타당성이 인정될 경우에는 새로운 보수·보강재 및 공법을 개발하고 이를 전국에 확대보급 하고자 한다.

제 3 절 연구내용 및 범위

1. 연구내용

기존에 설치되어 있는 농업용 수리구조물은 대부분 시멘트 콘크리트로 건설되어 건설재료, 시공, 사용·환경, 구조·외력 요인 등에 따라 많은 문제점을 내포하고 있다.

현재 국내에서 시공되고 있는 농업용 수리구조물의 건설재료는 시멘트 콘크리트이고, 보수·보강 재료는 대부분 외국제품에 의존하고 있으며, 보수·보강 시공방법도 역학적 성능의 검토없이 외국 기술업체의 추천에 따라 그대로 도입하거나 경험에 기초를 둔 구조설계자의 판단에 의해 이루어지고 있다.

따라서 국내의 경우 보강재료의 기준, 선정방법 및 이를 사용하여 수리구조물을 보강한 경우의 구조적 성능에 대한 규명 기술은 매우 취약하다. 특히, 국내에서 수리구조물의 보수 및 보강에 대한 수요가 급증하고 있음에 비추어, 새로운 보수보강재의 개발 및 보수보강 공법에 대한 평가기술의 개발은 시급한 단계에 와 있다.

폴리머 콘크리트는 1950년대에 개발되었으나, 건설산업 분야에서는 1970년대에 이르러 도로 및 교량의 시멘트 콘크리트의 보수·보강에 부분적으로 이용되기 시작하였다.

폴리머 콘크리트는 결합재인 폴리머와 골재로 조성되며, 시멘트와 물을 전혀 사용하지 않는 고강도 콘크리트이다. 고분자 재료를 사용하기 때문에 경화속도의 조절가능, 조기강도의 발현, 높은 압축·휨·인장 강도, 내구성, 내약품성, 피로강도, 충격저항성, 방수성 등이 기존의 시멘트 콘크리트에 비해 훨씬 우수한 특성을 가지고 있다.

폴리머 콘크리트는 시멘트 콘크리트 또는 강재로 시공이 불가능한 구조물에 효과적으로 이용될 수 있기 때문에, 신건설재료인 폴리머 콘크리트를 구조물에 응용하기 위한 연구가 다각적으로 이루어지고 있다. 외국의 경우 과거에는 방식 라이닝재, 보수재나 접착재로 이용되었으나, 최근에는 저장용 탱크, 건축물 기초, 수리구조물, 터널용 등에 적극적으로 이용되고 있다.

적절하고 합리적인 콘크리트 농업용 수리구조물을 유지·관리 하는데 있어서 필수요소인 보수·보강에 대한 기술개발 필요성을 충분히 인식하여, 본 연구진에서는 이미 보수·보강용 폴리머 콘크리트에 대한 성능실험을 오래전부터 해오고 있으며 상당한 진전을 보이고 있다.

본 연구에서 수행할 주요 연구내용은 다음과 같다.

가. 보수·보강 기법의 기초연구

보수·보강 재료의 기초적 성능평가를 위한 준비단계로서, 기존의 시멘트 콘크리트에 비해 폴리머 콘크리트가 가진 우수한 특성인 경화속도의 조절가능, 조기강도의 발현, 높은 압축·휨·인장 강도, 내구성, 내약품성, 피로강도, 충격저항성, 방수성 등에 대한 기초적 성질의 구명이 완료되었으며, 현재에는 폴리머 시멘트계 및 폴리머계 보수보강재의 성능평가에 대한 연구를 한다. 또한, 보수·보강 구조물의 진단을 위하여 조사 및 관련 자료를 준비·수집·시행 한다.

나. 보수·보강 기법의 응용연구

농업용 수리구조물의 구체적 보수·보강 기법에 관한 연구는 1차년도의 보수보강재의 기초적 성질 및 성능평가, 보수·보강 구조물의 진단이 이루어진 후, 2차년도에서 본격적으로 행해진다. 사전 준비단계로 실제 현장 적용성 검토를 위해 보수보강

재의 성능 평가와 산업현장에서의 경제적 가치 여부 파악을 하는 등 실제 보수·보강에 대비하고 있다.

1차년도는 농업수리구조물 보수·보강 기법의 기초연구 단계로서 구체적인 연구내용은 다음과 같다.

(1) 보수보강재의 성능평가 : 농업용 수리구조물의 보수·보강 재료에 대한 물리·역학적 성능을 평가코자 함.

- (가) 보수·보강재의 선정
- (나) 보수·보강재의 성능평가
- (다) 보수·보강재의 적용방법

(2) 보수·보강 구조물의 진단 : 농업용 수리구조물에 발생한 파손원인을 구명하여 보수·보강 대책을 수립코자 함.

- (가) 구조물의 손상현황 조사
- (나) 구조물의 손상원인 구명
- (다) 보수·보강 대책 강구

2. 연구방법

우리나라 농촌·농업을 둘러싼 여러가지 해결과제 중 시급한 것은, 1993년말 타결된 UR협상의 결과 농산물의 시장개방화에 대응하기 위해 지속적이고 안정적인 식량자급의 필요성과 함께, 생산성 향상을 통한 국제경쟁력 강화를 위해 농업용수의 효율적 이용을 위한 각종 농업용 수리구조물의 유지·관리에 있다.

현재 농지의 범용화 및 농업용수의 효율적 이용을 위해 설치되는 수리구조물에는 크게 용수원시설, 도수시설, 배수시설로 구분할 수 있다.

하천에서 관개용수를 용수로에 끌어 들이고자 할 때 설치되는 취수보와 취수구 등 보시설, 저수지를 이용할 때 설치되는 물넘이, 배사구, 취수장치는 대부분 시멘트 콘크리트 구조물로 되어 있으며, 1970년 이전에 설치된 것이 70~80%에 달하고 있어 노후화로 인한 농업용수 이용 효율이 크게 저하하고 있다.

용수원에서 관개지역까지 물을 끌어오는 용수로가 중심인 도수시설은 통수시설, 분수 및 조정시설, 보호보안시설 등으로 구성된다. 용수로는 토공수로와 콘크리트수로가 대부분으로 시설의 노후화로 인해 효율성 및 내구성에 많은 문제점을 안고 있다.

지표수와 지하수를 모아 배수구까지 유도하는 배수로와 흡수거, 집수거 등 압거 배수조적인 배수시설은 토공이나 콘크리트, PVC관 등을 사용한 것이 대부분으로 내구성·통수단면적·강도 및 흡수·집수성능이 요구되고 있다.

전국 농촌에 광범위하게 산재해 있는 수많은 농업용 수리구조물의 시공 및 유지관리 면에서 많은 문제점이 있으며, 이는 앞으로 경쟁력 있는 농업의 지속여부는 물론 건설산업 분야의 심각한 문제점으로 대두될 것이 확실하다. 뿐만 아니라, 농촌의 각종 생활환경시설은 물론 생산기반시설에도 콘크리트 구조물이 차지하는 비중이 날로 커짐에 따라, 그 기능도 비례해서 커지게 되므로 현재와 같은 부실한 유지관리 상태가 계속되면 농촌을 유지·보전시키고 안정적인 농업생산 면에서 심각한 문제를 야기시키게 될 것이다.

광의적으로 볼때 농업수리용 시설은 공공적 사회간접자본이며, 이것은 농업의 생산성과 직결되는 것이어서 기능의 극대화 및 유지·관리의 효율화가 매우 중요하다고 할 수 있다. 특히 강도저하, 반복하중에 의한 피로, 산성비, 염해, 동결융해 등 시설의 성능저하 요인이 다양하기 때문에 이에 대한 새롭고 종합적인 대책이 시급한 실정에 있다.

폴리머 콘크리트는 고성능 건설재료로서 세계적으로 볼때 지하 매설용 맨홀, 수리구조물, 농업시설 분야 등에 대한 응용이 활발히 이루어지고 있다.

본 연구는 특성상 농업분야에 공학적 기술의 접목을 시도하는 것으로서 다음과 같이 개발 전략을 수립하여 연구의 성공적 추진에 만전을 기하였다.

가. 농업적 특성의 인식

본 연구에서 개발하는 폴리머 콘크리트를 이용한 수리시설용 보수·보강 신기술은 농지 및 농업용수를 안정적이고 효율적으로 이용하므로서 농업 발전에 기여하고자

하는 것으로, 농업시설학, 농촌계획학, 농업수리학 분야 연구자의 참여가 절대 필요하다. 따라서 본 연구진은 농과계 대학 소속으로 이 분야에 해당되는 교수 및 대학원생을 주축으로 구성하였으며, 이 중 농업수리조구조학 전공으로 이 분야에서 국내·외 적으로 선도적인 연구활동을 하고 있는 연구자를 책임연구자로 선정함으로써 본 연구수행의 효율화를 기하였다.

나. 공학적 기술의 응용

본 연구진은 연구의 필요성을 충분히 인식하고, 오래전부터 폴리머 콘크리트에 관한 성능실험을 하여 상당한 성과를 얻고 있으며, 기존의 보수·보강재에 비해 성능이 월등히 우수한 보수·보강 신기술 개발을 위한 예비실험을 한 바 충분한 개발 가능성이 있음을 확인하였다.

3. 연구범위

가. 기술적 측면

(1) 1970년대 이후 급속한 경제성장에 따라 농업 분야를 비롯한 모든 산업분야에 걸쳐 시멘트 콘크리트 구조물이 증가하여 20여년이 지난 현 시점에서 각종 내구성의 문제가 심각하게 대두되고 있다. 그러나 보수·보강 재료의 선정 및 사용에 대한 기술 축적이 충분히 되어 있지 못하고, 보수·보강 후의 성능에 대한 기술도 매우 미흡한 실정에 있어 이에 대한 체계적 연구가 시급하다.

(2) 본 연구의 대상이 되는 농업용 수리구조물은 종류도 다양하며, 건설된지 20년 이상이 되는 시설이 62%에 달하고 있으며, 대부분의 수리구조물이 심각할 정도로 노후되어 그 기능을 충분히 발휘하지 못하고 있다. 특히, 농업용 수리구조물의 중심이 되는 저수지는 건설된지 20년 이상 되는 것이 90%이며, 보는 58%에 달하고 있어 우리나라 농업용 수리구조물의 노후화가 심각한 상태에 있으므로 이에 대한 보수·보강 기술개발이 시급히 요구되고 있다.

(3) 농업용 수리구조물에서도 일반 구조물과 같이 강도저하, 반복하중에 의한 피

로, 산성비, 염해, 동결융해 등 콘크리트 구조물의 성능저하 요인이 다양하여 보수·보강에 대한 새롭고 종합적인 대책이 시급한 실정에 있다.

(4) 현재 수리구조물의 보수·보강 방법은 외국의 방법을 그대로 답습하는 경향이 있어 우리실정에 맞지 않는 경우가 많을 뿐 아니라, 우리 기술의 축적이 거의 이루어지지 않으므로 본 연구에서는 국내실정에 맞는 다양한 기술의 개발을 추진한다.

(5) 폴리머 콘크리트를 이용하여 각종 농업용 수리구조물의 보수·보강을 위한 신공법이 성공하면 전국의 농촌에 설치되어 있는 농업용 수리구조물에 대해 내구성이 뛰어나고 경제성 있는 구조물로 유지관리가 가능하여 농업용 시설의 유지·관리 비용을 절감하고 안정적인 농업생산이 지속되고 농촌환경의 개선에도 크게 기여할 것이다.

나. 경제적 측면

(1) 산업의 발전에 따라 각종 사회간접 자본이 급속히 확대되는 경향을 보임에 따라, 시설물의 대부분은 콘크리트 구조로 건설되는 추세는 신소재가 개발되지 않는 한 계속될 전망이다. 특히 앞으로는 경제성을 고려할 때 콘크리트 구조물의 건설보다는 유지관리를 어떻게 효율적으로 행하는 가가 중요한 과제로 대두된다.

(2) 이는 콘크리트 구조물의 보수·보강 등 유지·관리 비용의 절감 측면에서 볼 때 매우 중요하다. 1992년 현재 우리나라 농업용 수리구조물의 개·보수 비용은 596지구 543억 6천 4백만원으로 1986년의 244지구 94억 8천만원에 비해 6배 정도 증가하고 있어 농업기반조성사업 추진에 어려움을 나타내고 있다. 일례로 강원도내 농조수리시설 개·보수 현황에 따르면, 1993년 농조 전체예산중 개·보수 비용이 12%이었으나, 1994년에는 18%를 차지하고 있으며, 도·시·군의 개·보수 비용도 마찬가지로 경향을 나타내고 있다. 앞으로도 농조수리시설의 개·보수 비용(유지관리비)이 차지하는 비율이 크게 증가할 것으로 예상되고 있다.

(3) 농업용 수리구조물은 도시지역에 존재하는 각종 구조물과는 달리 국토의 대

부분을 차지하는 농촌지역에 광범위하게 산재되어 있어, 지형적·시간적 등의 제약요인으로 인해 적시에 보수·보강이 어려우며 특별한 각종 내구성이 뛰어난 공법의 도입이 절실히 요구되고 있다. 또한, 영농기에는 한정된 수자원을 효율적으로 이용하기 위해서도 수리구조물의 파손으로 인해 생기는 비효율적 요인을 사전에 방지하는 것이 자연자원의 보전 및 농업생산성 향상 차원에서 바람직하다.

(4) 농업은 특성상 각종 자연재해로부터 완전하게 방지하는 것은 불가능하여, 작년 여름과 같이 남부지방의 가뭄으로 인해 농업에 막대한 지장을 주는 경우가 발생하므로, 안정적인 농업을 지속시키기 위해서 농업용 수리구조물의 안정화는 한층 더 중요한 의미를 가지게 된다.

(5) 본 연구에서는 현재 수입에 의존하고 있는 수리구조물의 보수·보강 재료 및 공법의 국산화를 통해 외화를 절감하고, 내구성 향상을 통하여 가용기간을 연장시킴으로써 경제성을 제고할 수 있는 방향으로 추진할 계획을 가지고 있다.

다. 사회적 측면

(1) UR협상 타결로 세계가 무한 경쟁시대로 돌입한 지금, 건설시장도 예외가 아니어서 시련이 예상되고 있다. 앞으로 심화될 것으로 예상되는 외국 건설시장의 국내진출을 막고, 정부의 3블 추방운동의 하나가 부실공사 추방에 있다. 특히 기존의 농업용 수리구조물의 상당수가 노후되고 파손상태에 있는 점으로 보아, 이의 해결을 위해서는 새로운 재료에 의한 보수·보강용 신공법의 개발이 필요함은 절실하다.

(2) 농업용 수리구조물은 공공적 사회간접자본이며 그 중요성은 농업 발전과 직결되는 것이어서, 콘크리트 수리구조물의 보전관리는 사회적으로도 공동의 책임이 있다고 할 수 있다. 각종 구조물이 시공된지 얼마 지나지 않아 파손되어, 국민들이 건설기술에 대한 불신 및 낙후되어 있는 것으로 인식하고 있는 것을 기술적 우월성을 농민들에게 심어주기 위해서도 본 기술 개발은 절대 필요하다.

(3) 보수·보강 재료로 사용되는 폴리머 콘크리트 재료의 기본성능을 제시하여 재

료의 표준화, 규격화 및 체계화를 꾀할 수 있으며, 보수·보강에 대한 최적법과 설계식을 제시하여 구조물의 안전성을 향상시키는 계기가 된다. 현재 수입에 의존하고 있는 각종 구조물의 보수·보강 재료 및 공법을 국산화함으로써 이 분야의 국제경쟁력 향상 및 공사비 절감효과를 얻을 수 있으며, 시공방법을 제시하여 감리의 효율화와 시공의 오류로 인한 보수·보강 성능 변화를 최소화시킬 수 있다.

(4) 노후·파손된 수리구조물의 철저한 보수·보강을 통해 안전성도 확보하며, 간접적으로는 주변지역과 조화도 고려하여 쾌적한 농촌환경을 제공하여 농촌주민은 물론 도시민에게도 바람직한 농촌상을 심어주는 계기가 될 것이다.

라. 앞으로의 전망

기존의 시멘트 콘크리트는 현장시공 및 보수·보강시 역학적 특성에서 한계를 나타내고 있다. 폴리머 콘크리트는 이에 대처할 수 있는 유일한 신소재로서 미국, 일본, 독일 등에서는 이미 1970년대 초반부터 활발한 기술개발이 이루어지고 있다. 이와 같이 폴리머 콘크리트는 세계적으로 시멘트 콘크리트를 보완 내지 대체할 수 있는 고성능 건설재료로서 구조물의 건설은 물론 보수·보강에도 실용화시킬 수 있는 최첨단 재료로 부각되고 있다.

본 연구진은 공학적 지식을 농업의 발전에 응용시킨다는 전공분야의 취지에 따라, 오래 전부터 농촌 및 농업의 발전을 위해 건설되는 각종 구조물에 대해 폴리머 콘크리트를 적용시키고자 기초 및 응용연구에 매진해 오고 있다. 본 연구진은 국내에서는 처음으로 압축강도 1,450kg/cm², 휨강도 230kg/cm² 정도의 고강도 폴리머 콘크리트를 개발하여 지하 용배수용 맨홀, 콘크리트 관, 농업시설용 벽체 등의 응용연구를 하고 있으며, 농업용 수리구조물의 보수·보강재로 충분한 타당성이 있는 것으로 판단된다.

고도의 경제성장을 추구함에 따라 도시는 물론 농촌지역에서도 각종 사회간접자본이 급속히 확대되고 있으며 이의 역할이 크게 기대되고 있다. 이들 대부분은 콘크리트 구조물로 설치되고 있어, 앞으로는 새로운 건설 못지 않게 구조물의 유지·관리

가 중요하게 대두된다.

일반적으로 구조물을 유지·관리 하는데 필요한 비용은 신규 투자액에서 상당한 비중을 차지하고 있어, 일본, 미국에서는 건설분야 투자액의 50~60%를 차지해 신규 투자에 제약을 주는 가장 큰 요인이 되고 있다. 따라서 구조물의 건설시 구조적 특성이 뛰어난 신재료의 도입이 시급하며, 보수·보강시에도 내구성이 뛰어난 신재료에 의한 신공법을 개발하여 응용하는 것이 경제적으로 유리한 것은 당연하다.

농업용 수리구조물은 농업생산에 절대 필수조건인 농업용수의 조절을 위한 시설이므로 단순히 구조물 자체만 가지고 평가하는 것이 아니라, 한정된 수자원을 효율적으로 이용하기 위함은 물론 전국의 농촌에서 생산되는 농산물의 생산성 향상에도 직결되고 있다.

따라서, 국제경쟁력을 갖춘 농업생산을 지속시키기 위한 기본시설이라 할 수 있으므로, 농업용 수리구조물의 유지관리 상태의 양부에 따라 농업발전에 미치는 영향은 지대하다. 본 연구를 통하여 새로운 유지·관리 공법을 적용하게 되면 어려운 상황에 처해 있는 우리나라 농업을 발전시키는데 직·간접으로 크게 기여 하게 될 것으로 확신한다.

선진외국에 비해 크게 낙후되어 있는 우리나라 농촌·농업을 발전시키기 위해서는 농촌의 생활환경기반의 개선과 함께 농업생산기반을 지속적이며 효율적으로 정비하는데 있다. 이와 관련된 시설로는 농촌도로, 마을배수시설, 영농음압용수시설 등의 생활환경기반시설, 그리고 용배수로, 농업시설 등 생산기반시설이 있으며, 장기적으로는 이들 시설의 건설과 함께 유지·관리도 큰 문제가 될 것이다.

본 연구진이 장기간 연구한 결과에 의하면 폴리머 콘크리트는 구조적 특성, 내구성 및 방수성 등이 요구되는 농업용 수리구조물에 경제적이고 효율적으로 이용될 수 있으므로, 본 연구가 성공되면 농촌·농업 발전을 위해 건설되는 각종시설은 물론 관련 산업분야에도 즉시 응용될 수 있다. 농업용 수리구조물의 보수·보강시에는 기존재료보다 휨·압축·인장강도와 같은 역학적 특성, 내구성 및 내염성 등 재료의 특성이 월등히 뛰어난 재료 개발을 할 수 있으며, 우리 농촌의 자연환경에 적합한 공법 및

경관표현 기법을 개발하여 아름다운 농촌을 형성할 수 있도록 방안을 구상중에 있다.

이 외에도 토목 및 건축분야에서는 교량, 터널, 암거 등 각종 토목구조물의 보수·보강은 물론 기둥, 보 등 주요 건축자재의 보수·보강에도 활용이 가능하다. 본 기술을 전문기업에서 산업화하면 새로운 보수·보강재의 재료를 대량으로 저렴하게 생산이 가능하고, 보수·보강 공법을 실제 모든 구조물에 적용함으로써 우리나라 건설산업 기술분야에 일대 혁신을 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

여 백

제 2 장

농업용 수리구조물의 실태

여 백

제 2 장 농업용 수리구조물의 실태

제 1 절 서 론

인구가 증가하고 식량의 수요가 날로 증가됨에 따라, 주식인 쌀의 자급도를 높이고, 안정화를 기하기 위해서는 농업기반 조성사업에 꾸준한 노력과 투자 및 기술축적을 지속해야 할 것이다.

우리나라의 '93년말 국토의 이용현황을 보면 총 면적 9,939,182ha 중 임야가 6,459,834ha로 65.0%, 경지가 2,054,814ha로 20.7%, 기타가 1,424,534ha로 14.3%를 차지하고 있다.

총 경지면적 중 논면적이 1,298,323ha로 전체국토면적의 13.1%이고, 밭이 756,491ha로 7.6%로서 전국토면적중 총 경지면적이 차지하는 비중은 21% 밖에 되지 않는 실정이다. 그 상세한 내용은 그림 2.1과 같다.

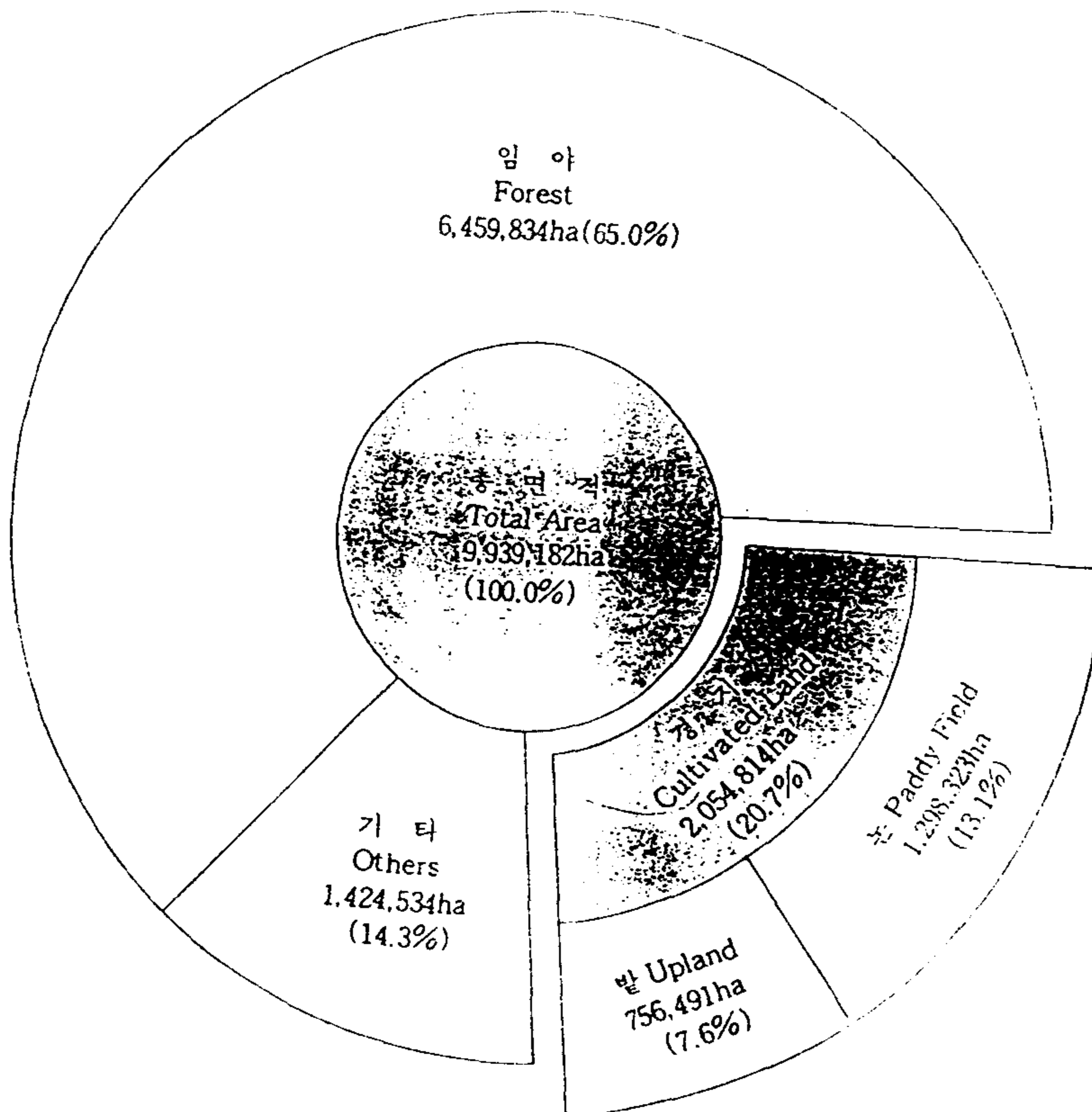


그림 2.1 국토의 이용면적 현황 (1993년말)

농업기반 조성사업 가운데 농업용 수리구조물이 수원공별로 많이 설치되어 용수 공급면에서 많은 기여를 하여 왔고, 앞으로 그 기능의 비중이 대단히 크게 차지하고 있다. 따라서 구조물에 대한 유지 관리 상태와 파손시에는 어떤 형태로 보수·보강해야 하고 신설보다는 보수·보강을 하는 편이 합리적이고 경제성이 높은 면 등을 면밀히 검토·조사하여 실행해야 할 것이다.

이러한 농업용 수리구조물 중 저수지, 양수장, 보, 집수암거, 관정 등의 수원공들을 보면 거의 절반 가량이 준공된지 30년이 넘어서 노후화되어 제기능을 발휘 못하거나 위험성을 지니고 있다. 우리나라의 지리적 특성과 기후의 특성으로 연평균 강수량 1,274mm의 2/3가 7, 8, 9월에 집중되어 내리고, 태풍도 가을에 자주 내습하여 수리구조물의 축조 당시의 안전도 보다 높은 확률 강우가 내릴 경우도 있고, 때로는 극심한 한발로 수원공이 고갈되어 제기능을 발휘못하게 되는 등 여러가지 문제점들이 최근에 많이 나타나고 있는 실정이다.

일반적으로 유지관리 체계의 문제점을 살펴보면, 유지관리에 종사할 고급인력을 확보하여 수리구조물의 설계, 시공 및 유지관리가 함께 충족되어야 하나, 이 분야에 전문지식을 가진 고급 기술인력을 배치해야 하는데, 소요되는 예산과 공통적 측면에서 볼 때 현실적으로 고급 기술 인력을 확보하기가 어렵다. 대규모의 농지개량 조합일 수록 조합비 중에서 인건비가 차지하는 비중이 커서 수준높은 고급인력 확보가 어렵고, 따라서 시설물의 기능과 효율을 측정하는 등 정밀기술 진단이 제대로 할 수 없는 실정이어서 수리시설 관리단과 같은 기구를 수준높은 기술진으로 구성하여 기술진단을 기초로 한 자료를 가지고, 보수·보강 및 유지관리가 체계적으로 확립해야 할 것이다.

현재, 시군이 관리하는 소규모 수리시설은 거의 관리되지 못하고 현지 농민들의 수리계(水利契)와 같은 조직에서 관리하고 있는 실정인데, 앞으로 행정기관의 긴밀한 협조로 수리구조물 관리에 직접 깊이 관여하고 지원되어야 한다. 또한, 농조관리 수리시설물도 시·군 관리보다는 양호한 편이나 예산부족과 채용의 열악으로 인력을 제대로 확보하지 못하고 있어서 운영 및 유지관리면에서 어려움을 겪고 있는 농조가

많은 실정이다.

농업용 수리시설물의 유지관리의 목적은 각종 재해로부터 안전하도록 하고 수리시설의 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 하여야 한다. 극심한 한발시에도 수리구조물의 노후화로 제기능을 발휘 못하고, 집중호우로 인한 홍수가 발생하였을 때 시설물이 붕괴하므로써 원래의 기능을 발휘 못하고 방치상태에 있는 경우가 많아 여러면에서 구조물이 손실되고 있다. 따라서 수리시설의 한해와 수해에 견딜 수 있는 수원공 및 수리시설물을 꾸준히 관찰한 기록과 기술진단이 기초가 되어 보수·보강 및 유지관리에 대한 개선 대책이 수원공 별로 되어 있어야 한다.

이러한 시점에서 농업용 수리구조물의 실태를 파악하고, 농업용 수리구조물의 보수·보강의 신기술을 개발하므로써 합리적이고 경제적인 구조물의 보수·보강 및 유지관리가 이루어져야 한다. 계획, 농업용수 확보와 농업용 수리구조물의 안전성을 높이므로써 경작을 통한 생산성을 제고 시켜 안정적인 식량자급에 만전을 기하는 데 그 목적이 있다.

제 2 절 구조물의 실태

1 구조물의 노후화 양상

저수지는 제체나 기초지반을 통하는 누수량이 허용누수량 보다 클 때에는 누수의 위치를 찾아 콘크리트 그라우팅과 같은 공법을 사용하여 급속히 보수해야 한다. 축조 후 오랜세월이 흐르면 토사의 유입으로 저수지는 내용적이 감소하여 저수지 준설 및 호안공 등의 관리를 하지 않을 수 없게 된다.

또한, 설치된지 오래된 경우 저수지의 설치 당시의 조건과 현재의 조건과의 차이가 생길 경우 현재 상황에 맞게 보수·보강해야 한다. 즉, 방수로의 바닥 상태, 댐 비탈면의 보호공의 상태를 점검하고 확인하고 보강하며, 복통과 취수탑과 같은 취수시설의 균열 또는 침하 등의 안전도를 검토하여 미비된 곳이 발견시에는 즉시 보수·보강하여야 한다.

취수탑이 제기능을 발휘하는 지를 수시로 점검하고 누수나 파괴상태로 점검하여

농본기에 물관리에 지장이 없는지 점검해야 한다.

양배수장에서 양수기는 사용기간이 길어 질수록 양수효율이 떨어지므로 이를 정기적으로 점검하여 당초 계획한 필요수량을 양수할 수 있도록 보수하여야 한다. 특히, 홍수기에 대비하여 전기시설의 침수로 인한 가동이 불가능 할 때를 대비한 방지 대책, 배수장의 배수시설 결함 여부의 점검 및 정비, 낙뢰로 인한 파손 될 우려가 있는 변압기의 예비비치도 유지관리면에서 고려될 사항이다.

보시설에서는 보가 상류부에 퇴사의 퇴적이 되기 쉬우므로 일정기간 마다 준설이 필요하며, 본체의 누수여부를 점검하여 누수 부분이 있으면, 신속히 보수해야 하는 양상이다. 또한, 하천의 양안의 보의 호안상태를 확인하고, 보강이 필요시에는 보강해야 하며, 본체의 상하류측의 물받이 및 바닥 보호공 상태를 점검하여 보수·보강이 이루어져야 하는지의 여부를 파악해야 한다.

용수로는 토공수로가 차지하는 비율이 높고 구조상 누수의 손실이 과다할 뿐만 아니라 매년 준설과 수초제거 등의 막대한 예산이 소요되는 실정이어서 토공수로를 콘크리트 수로와 개거수로로 교체하거나 관수로 시설로 전환해야 할 양상을 보여 주고 있다.

배수로의 기능저하나 통수량 부족과 방수문, 유말공의 미비나 기능 부족으로 인하여 배수로나 부대구조물이 파괴될 우려가 예상되므로 조사 후 신속히 보강해야할 필요성이 대두 되고 있다. 더 나아가서 유지관리 차원에서 수리구조물의 보호를 위하고, 효율적인 물관리를 하기 위하여, 계측장치와 조정장치를 설치하고 그 조작의 자동화도 이루어져야 유지관리가 용이하게 된다.

이와 같이 각종 농업용 수리구조물은 시간의 경과에 따라 노후화 되어서 지속적으로 수리구조물을 관찰하고 기록하며, 그 결함이 발생할 때 상황조사와 정밀한 기술 진단과 경제성 분석을 하여 보수할 계획과 대체 시공할 것을 구분하고, 그에 알맞는 공법을 선택하여 보수할 것은 보수하고, 대체 시공할 것은 대체시공하여야 한다. 특히, 콘크리트 구조물의 보수·보강 공법으로는 에폭시 수지나 신소재를 주입하며, 강재앵커를 써서 균열의 보수공법, 콘크리트 타설 등에 의한 박리 부분의 보수공

법, 강재 접착이나 강프레임에 의한 보강공법, 프리스트레스 도입에 의한 보강공법 등을 이용하여 적절한 보수 시기에 보수해야 한다.

2 수리구조물의 현황

수리시설물은 시설물 설치 후 시간의 경과와 외적 요인에 따라 노후화되고 파손되어 보수·보강을 하지 않을 수 없는 실정에 직면하고 있다.

표 2.1에서 보는 바와 같이 용수로인 경우 토공수호가 82.4%이고 공작물이 17.6%로서 대부분이 토공수호임을 알 수 있고 배수로인 경우도 토공이 96.4%, 공작물이 3.6%인 것으로 합계하여 보면 토공이 86.9%이고, 공작물이 13.1% 밖에 안되어 대단히 그 당시 만 해도 용·배수로의 현대화가 저조한 실정이 었다.

표. 2.1 용배수로 현황

구 분	수로상태	연 장 (m)	백 분 율(%)
용 수 로	토 공	35,269,836	82.4
	공 작 물	7,525,734	17.6
	계	42,795,570	100.0
배 수 로	토 공	19,579,129	96.4
	공 작 물	739,995	3.6
	계	20,316,124	100
계	토 공	54,845,965	86.9
	공 작 물	8,265,729	13.1
	계	63,111,694	100

표 2.2 에서 보는 바와 같이 '94년의 시도별 농조관할 용수로 현황으로 용수간선수로인 경우 토공수로가 42.8%이고 지선수로가 57.2%를 차지하고 있다. 콘크리트수로인 경우 간선수로가 57.9%를 차지하고 지선수로가 42.1%를 차지하고 있으며 용수간선 및 지선을 포함한 총 요수로 30,242,361m 중 토공수로가 차지하는 비율은 20,815,998개로 69.2%를 차지하고 있으며, 콘크리트 수로가 9,323,363개로 30.8%를 각각 나타내고 있어서 아직도 2/3이상의 용수로는 현대화되지 않은 상태로 되어있다. 따라서 토공수로로 용수공급을 하고 있어 누수율이 대단히 심하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

표 2.2 시도별 농조관할 용수로 현황

(단위 : m)

구 분	계		간 선		지 선	
	토 공	콘크리트	토 공	콘크리트	토 공	콘크리트
서울	28,596		28,596			
경기	2,845,015	1,286,051	1,217,971	797,596	1,627,044	488,455
강원	600,435	285,896	324,622	188,133	275,813	97,763
충북	2,726,454	871,662	1,609,091	705,376	1,117,363	166,286
충남	2,457,619	1,585,543	1,152,477	932,128	1,305,142	653,415
전북	3,201,331	864,418	947,900	391,885	2,253,431	472,533
전남	4,317,033	1,994,446	1,341,814	898,573	2,975,219	1,095,873
경북	2,819,968	1,524,990	1,451,748	932,135	1,368,220	592,855
경남	1,786,081	910,061	809,050	550,052	977,031	360,009
제주	33,466	296	21,741	259	11,725	37
계	20,815,998	9,323,363	8,905,010	5,396,137	11,910,988	3,927,226
%	100	100	42.8	57.9	57.2	42.1

수리상태별 시설면적을 보면 표 2.3 과 그림 2.2와 같이 총 답면적 1,298,323 ha 중 수리답이 955,873 ha로 73.6%이고, 수리불안전 답이 342,450 ha로 26.4%를 차지하고 있으며, 수리답을 용수원별로 보면 저수지의 수리답은 520,544ha로 54.5%에 달하고, 양배수장이 167,763 ha로 17.5%, 보가 11,564 ha로 11.7%이며, 집수암거가 22,086 ha로 2.3%, 관정이 17,569 ha로 1.8% 기타가 116,347 ha로 12.2%를 각각 차지하고 있다.

설치년도별 수리시설 현황을 보면 표 2.4와 그림 2.3과 같이 1993년말 현재 우리나라에 설치한 농업용 수리구조물 수는 56,475개소로 820,920.3 ha의 물리면적을 가지고 있다. 설치년도 별로 보면 1945년 이전에 설치한 것이 16,076개소로 28.4%이고, 1946~1971년에 설치된 것이 18,060개소로 32%, 1972~1981년에는 13,256개소로 23.5%이며, 1982~1993년에 설치된 것이 9,083개소로 16.1%에 달하고 있다. 설치된 지 30년 넘은 수리구조물이 41%이고 설치된지 20년 넘은 구조물은 29.4%로서 구조물의 2/3이상이 설치한지 2~30년이 넘어서 수리구조물이 심각할 정도로 노후화되어 있어 그 기능을 충분히 발휘하지 못하고 있는 실정이다.

특히 농업용 수리구조물의 중심이 되는 저수지는 총 18,229개소 중 건설된지 20년이상이 되는 것이 94%이며 보는 총 18,531개소 중 14,190개소로 77%가 설치한지 20년이 지난 것들이다.

표 2.3 수리상태별, 시설별 논면적 ('94년말)

(단위 : ha)

구 분	총 답면적	수 리 답							수 리 불안전 답
		계	저수리	양(배)수장	보	집수 암거	관 정	기 타	
면 적	1,298,323	955,873	520,544	167,763	111,564	22,086	17,569	116,347	342,450
%	100.0	73.6	54.5	17.5	11.7	2.3	1.8	12.2	26.4

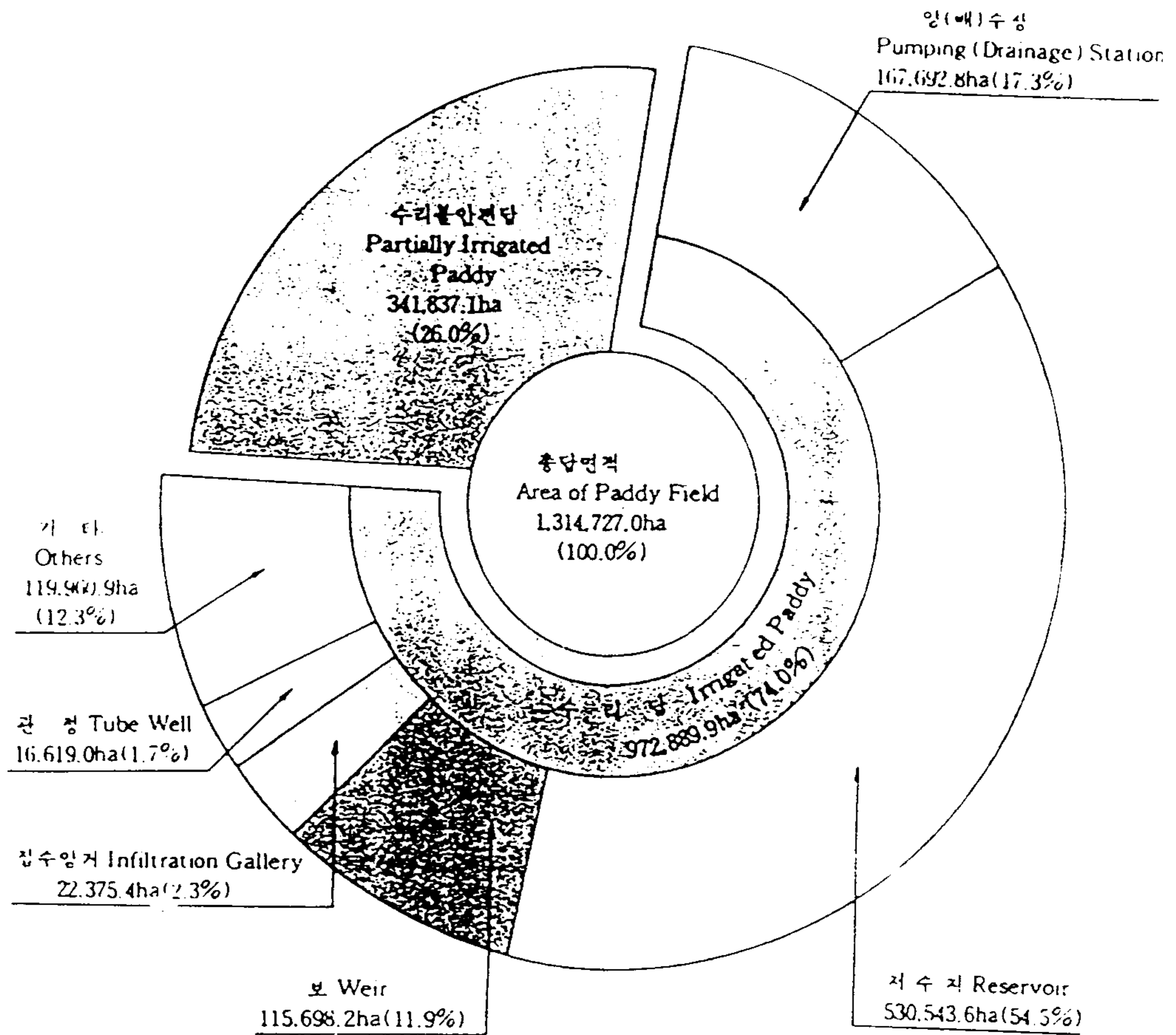


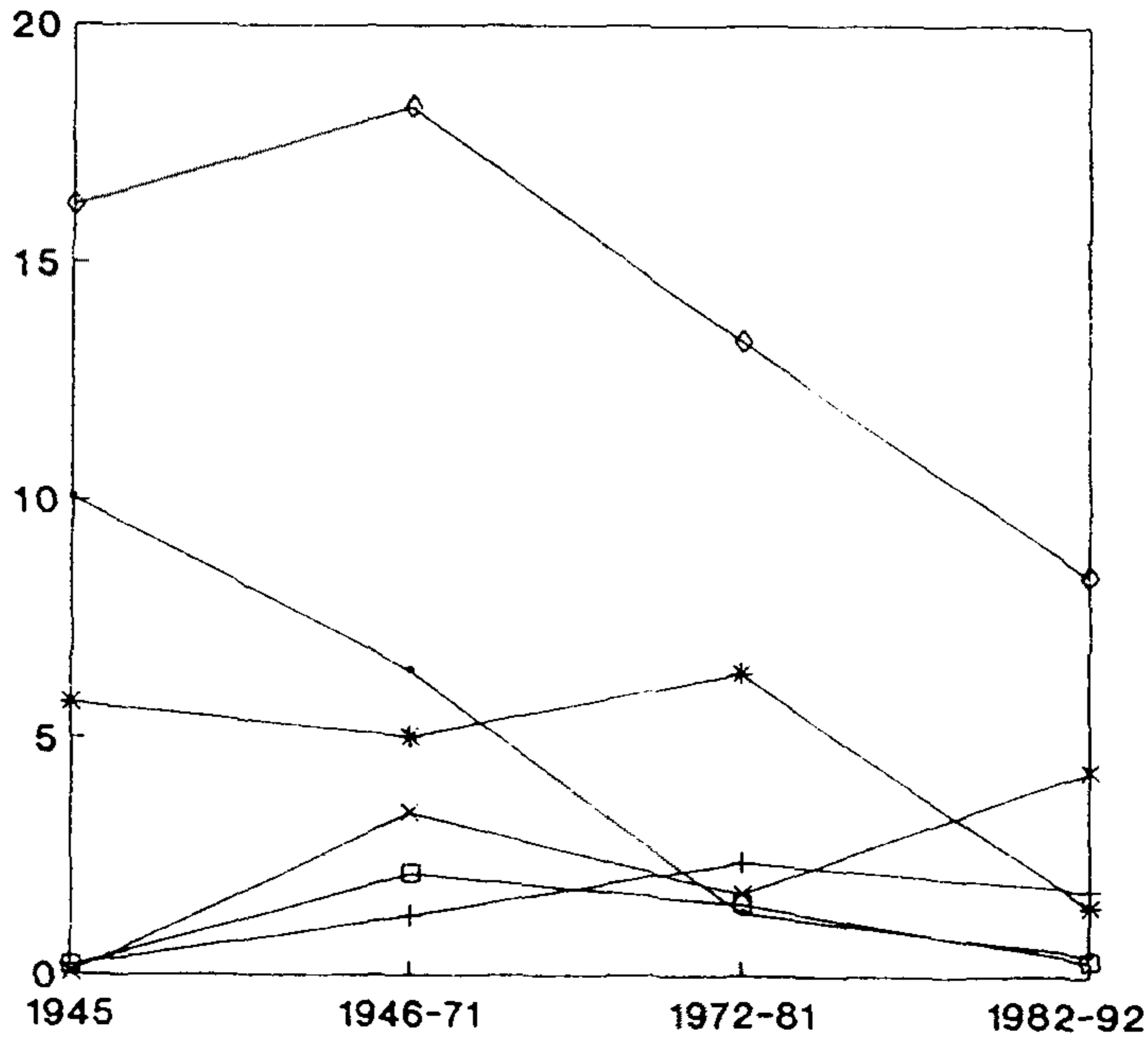
그림 2.2 수리상태별, 시설별 논면적 (1993년말)

표 2.4 설치년도별 수리시설 현황

시설별	계		1945이전		46-66		67-71		72-76		77-81		82-87		88-93	
	수원 공수	면적	수원 공수	면적	수원 공수	면적	수원 공수	면적	수원 공수	면적	수원 공수	면적	수원 공수	면적	수원 공수	면적
(%)	(100)	(100)	28.4	25.5	12.5	23.9	19.5	9.3	9.9	15.5	13.6	10.8	8.7	10.4	7.4	4.6
계	56,457	820,920.3	16,076	209,411.3	7,060	196,207.7	11,000	76,067.9	5,570	127,416.9	7,686	88,815.0	4,896	85,395.3	4,187	37,606.2
저수지	18,229	510,030.0 (62.1)	10,007	156,616.7	3,884	163,814.1	2,516	32,367.5	746	68,181.4	591	35,612.2	314	36,778.4	171	16,659.7
양수장	5,340	128,474.2 (15.7)	169	11,004.2	479	15,361.1	666	13,724.9	581	16,205.9	1,713	27,166.4	1,027	34,465.7	705	10,546.0
양배수장	120	33,294.5 (4.1)	19	4,269.1	20	3,430.3	17	1,290.9	16	19,717.7	19	985.0	14	3,052.7	15	548.8
배수장	312	855.6 (0.1)	16	129.5	21	-	22	-	41	88.0	27	49.1	69	183.2	116	405.8
보	18,531	109,181.1 (13.3)	5,652	36,657.4	2,488	12,807.8	2,523	16,085.7	3,527	20,218.9	2,820	16,524.9	861	4,594.5	660	2,281.9
집수암거	4,094	21,567.1 (2.6)	167	710.9	138	776.8	1,953	8,420.9	469	2,794.2	1,019	6,138.4	247	1,863.1	91	852.8
관정	9,849	17,517.8 (2.1)	46	23.5	30	17.6	3,293	4,168.0	190	210.8	1,497	2,339.0	2,364	4,457.7	2,429	6,301.2

자료 : 농업기반 조성사업 통계연보 (1994)

천개소



→ 저수지 + 양배수장 * 보
 ⊕ 집수암거 * 관정 ⊕ 합계

자료 : 농업기반 조성사업 통계연보 (1993)

그림 2.3 농업용 수리시설의 설치 현황

우리나라의 농업용 수리구조물의 노후화가 심각한 상태에 달하고 있어서 이에 대한 보수·보강의 기술개발이 시급히 요구되고 있는 실정이다.

농업이 행해지는 곳에서는 농업용수이용을 위하여 반드시 수리구조물이 설치되어 있으며, 단일 용도면에서 볼 때 최대 규모의 시설이라는 특징을 가지고 있다.

제 3 절 구조물의 파손 원인

농업용 수리구조물에서도 일반 구조물과 같이 강도저하 반복하중에 의한 피로, 산성비, 염해, 동결융해 등 콘크리트 구조물의 성능저하 요인이 발생하고 있다.

따라서 농업용 수리구조물도 용수원 시설의 경우 하천이나 저수지에서 관개용수로 통하여 물을 끌어 들일 때 설치되는 취수보와 취수구 등 보시설과 저수지를 이용할 때 설치되는 물넘이, 배사구, 취수장치는 대부분 시멘트 콘크리트 구조물로 되어 있다. 1970년 이전에 설치된 것이 70~80%에 달하고 있어 노후화로 인한 농업용수 이용 효율이 크게 떨어지고, 구조물 자체의 파괴로 안전도에도 문제가 대두되고 있는 실정이다.

또한 용수원에서 관개지역까지 물이 오는 도중에 있는 용수로인 도수시설은 통수시설, 분수 및 조정시설, 보호 보안시설 등으로 구성된다. 이 용수로도 토공수로와 콘크리트수로가 대부분으로 시설의 노후화로 인해서 효율성과 내구성에 문제점을 가지고 있다.

지하수와 지하수를 모아 배수구까지 유도하는 배수로와 흡수거, 집수거 등 암거 배수 조직인 배수시설은 토공이나 콘크리트관, PVC 관 등을 사용한 것이 대부분으로 내구성·통수단면적·강도 및 흡수·집수성능 등도 요구되어 점검하고 문제가 발생시에는 보수·보강 해야 한다.

이와 같이 농업용 수리 구조물에는 대부분이 토공이나 콘크리트를 사용하고 있어 이 들이 가지고 있는 구체적인 문제점들을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 토공 구조물에서는 특히 누수량이 과다하다.
- ② 토사유입으로 인해 내용적이 감소하여 농업용수 이용 효율이 저하한다.

- ③ 사면붕괴, 토사퇴적 등으로 인해 통수량이 감소한다.
- ④ 생활·축산하수의 유입으로 수질오염이 심각하다.
- ⑤ 일시적 보수로 인해 유지관리비가 과다하게 소요된다.
- ⑥ 보수보강 기술 부족으로 항구적 시설의 관리가 어렵다.
- ⑦ 내구성이 결여되어 인근 지역의 홍수 피해가 우려된다.
- ⑧ 기초지반이 양호한 곳에 내구성을 지닌 구조물 설치가 안되어 있어 노후화로 제기능 발휘가 안되는 경우가 많다.

농업용 수리구조물의 파손원인을 살펴보면, 표 2.5와 같이 재료, 시공, 사용·환경, 구조·외력면으로 나누어서 생각 할 수 있다.

특히 사용재료가 시멘트는 이상응결, 수화열, 이상 팽창 등의 원인이되고, 골재는 저품질인 경우와 반응성 골재인 경우가 있으며, 콘크리트도 염화물이 함유되거나, 콘크리트의 침하 및 블리딩과 콘크리트의 건조·수축 등이 발생할 수 있다. 또한 시공 면에서도 콘크리트, 철근, 거푸집 등에 크게 관계되는 원인이 있고, 사용환경면에서도 물리적인 요인과 화학적인 요인이 작용할 경우 파손원인이 나타난다. 구조·외적인 면에서도 하중, 구조설계, 지지조건 등에도 크게 관계되고 있어서 여러가지 복합 요인이 작용할 수 도 있다.

이러한 파괴요인은 폴리머 콘크리트의 장점을 고려하여 농업용 수리시설의 보수·보강신기술을 개발하여 기존의 방법보다 경제성 및 효율성에서 우수함을 연구 제시 하고자 한다.

표 2.5 농업용 수리구조물의 파손 원인

구 분		원 인
재 료	사용재료	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 시멘트 이상응결, 수화열, 이상팽창 ◦ 저품질 골재, 반응성 골재
	콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 콘크리트 속의 염화물 ◦ 콘크리트의 침하, 블리딩 ◦ 콘크리트의 건조수축
시 공	콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 혼화재료의 불균일한 분산 ◦ 과도한 혼합시간, 배합의 변경 ◦ 급속하고 부적절한 타설 ◦ 경화전 진동과 재하 ◦ 초기양생중 급격한 건조 ◦ 초기 동해
	철 근	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 배근의 부적절
	거 푸 집	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 거푸집으로부터 누수 ◦ 거푸집의 조기 제거 ◦ 지지공의 침하
사용·환경	물 리 적	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 환경 온도·습도의 변화 ◦ 부재 양면의 온도·습도의 차 ◦ 동결융해의 반복 ◦ 표면 가열
	화 학 적	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 산 또는 염류의 화학작용 ◦ 중성화에 따른 내부철근의 녹 ◦ 침입 염화물에 의한 내부철근의 녹
구조·외력	하 중	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 설계하중에 미달 또는 초과하는 영구하중·장기하중 ◦ 설계하중에 미달 또는 초과하는 동적 하중·단기하중
	구조설계	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 단면, 철근량 부족
	지지조건	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 구조물의 부등침하 ◦ 동상

제 4 절 보수보강 물량

1 개보수사업 계획

우리나라 수리시설 개보수 사업계획을 보면, 총 개보수대상 14,703개소 중 농조관리가 12,708개소로 86%에 달하고, 시군관리가 1,995개소로 14%에 달하고 있다.

사업비 내역은 총 22,505억원 중 농조관리의 개보수 사업비는 20,550억원으로 91%에 달하고 시군관리에는 1,955억원으로 9%에 이르고 있다.

사업비를 년도별 계획으로 보면 '89년의 불변 가격으로 '95년까지는 3,065억원으로 14%를 '96년 계획은 888억원으로 4%, '97년 이후는 18,552억원으로 82%를 각각 투자할 계획이다.

표 2.6 수리시설 개보수 사업계획

(단위 : 억원)

구 분	개 소	사업비	'95까지		'96계획	'97이후	비고
총 개보수	14,703	22,505	4,486	3,065	888	18,552	사업비는 '89불변 가격
대 상		(100)		(14)	(4)	(82)	
농조관리	12,708	20,550	4,486	3,065			
시군관리	1,995	1,955					

자료 : 농림수산부

2 농조 수리시설 개보수 계획

'95년을 중심으로 농조수리시설 지구별 계획을 보면 전국 400개 지구로 그 수해면적이 416,424ha이며, 대규모 지구는 27개 지구에 수해면적이 131,109 ha, 기본계획협의 지구는 70개 지구에 163,078 ha, 재해위험지구는 14개 지구에 13,816 ha, 일반지구는 289개 지구에 108,421 ha의 수해면적을 각각 나타내고 있다.

표 2.7과 같이 사업비 현황을 보면, 총 사업비 812,314,745 천원 중 대규모 지구에

41%인 336,431,475천원, 기본계획협의 지구에 29%인 232,234,247천원, 재해위험지구
에 4%인 35,197,755천원, 일반 지구에 26%인 208,451,268천원을 각각 투자할 계획이
다.

연도별로 보면 '94년까지 15%인 120,300,959천원이 투자 되었고, '95년은 8%인
62,389,000천원, '96년이후는 77%인 629,624,786천원을 각각 투자할 계획으로 있다.

표 2.7 농조 수리시설 지구별 개보수 사업현황('95)

(단위 : 천원)

	지구수	수혜 면적 (ha)	총사업비	'94까지		'95계획		'96이후	
				사업비	%	사업비	%	사업비	%
합 계	400	416,424	812,314,745	120,300,959	15	62,389,000	8	629,624,786	77
대 규모 지구	27	131,109	336,431,475	38,087,075	11	12,900,700	4	285,443,700	85
기본계획 협의지구	70	163,078	232,234,247	27,388,247	12	15,817,504	7	189,028,486	81
재해위험 지구	14	13,816	35,197,755	7,457,861	21	13,897,218	40	13,842,676	39
일반지구	289	108,421	208,451,268	47,367,766	23	18,173,578	9	142,909,924	68
중앙유보						1,600,000			

자료 : 농림수산부

표 2.8에서 보는 바와 같이 '95농조 수리시설 개보수 사업비 현황을 보면, 전국
400개 지구 가운데, 전남이 17%인 68개지구, 경남이 16.5%인 66개지구, 경북이 16%
인 64개 지구, 전북이 16%인 63개지구, 충남이 12%인 49개 지구 순이었다.

수혜면적은 전국이 407,671 ha로서 전북이 41.9%인 170,666 ha로 가장 많고, 충남
이 15.8%인 64,560 ha, 전남이 13%인 52,966 ha, 경북이 8%인 32,611 ha, 경남이
5.9%인 24,209 ha 순이었다.

시도별 사업비도 총사업비 812,314,745천원 중 전액 국고 보조로 전북, 전남, 충

남, 경남, 경북 순이었다.

'95농조 수리시설 개보수 사업을 시도별로 보면 표 2.9~2.17과 같다. 경기도내 농조 수리시설 개보수 사업현황을 보면 34개지구에 총사업비 51,602,605천원으로 대규모 지구의 용수로 부문에 60%인 30,876,000천원을 기본계획협의 지구의 양수장 및 용수로 부문에 15%인 7,792,694천원, 재해위험지구의 저수지 부문에 21%인 10,634,458천원, 일반지구의 용수로, 저수지, 양수장 부문에 4%인 2,299,453천원을 각각 투자할 계획이다. 연도별로 보면, '94년까지 총사업비의 21%인 10,855,365천원, '95년은 17%인 8,941,000천원, '96년이후는 62%인 31,806,240천원을 각각 투자할 계획이다.

강원도는 표 2.10과 같이 기본계획협의지구의 저수지, 양수장 부문에 총사업비의 33%, 재해위험지구의 저수지 부문에 4%, 일반지구의 저수지, 양수장, 용수로 및 보 부문에 63%인 17,089,218천원을 각각 투입하고, 연도별로 보면 94년까지는 총사업비 27,058,013천원의 19%인 5,043,311천원을 '95년은 7%인 1,957,000천원, '96년 이후는 74%인 20,057,702천원을 각각 투자할 계획이다.

표 2.8 농조 수리시설 개보수 사업현황('95)

(단위 : 천원)

	지구수	수혜 면적 (ha)	총사업비	'94까지		'95계획		'96이후	
				사업비	%	사업비	%	사업비	%
합 계	400	416,424	812,314,745	120,300,959	15	62,389,000	8	629,624,786	77
경 기	34	46,621	51,602,605	10,855,365	21	8,941,000	17	31,806,240	62
강 원	28	5,402	27,058,013	5,043,311	19	1,957,000	7	20,057,702	74
충 북	28	7,921	19,889,005	2,076,699	10	3,470,000	18	14,342,306	72
충 남	49	63,957	125,795,740	18,475,324	15	10,646,000	8	96,674,416	77
전 북	63	183,134	304,125,982	28,529,591	9	13,077,000	5	262,519,391	86
전 남	68	52,990	141,962,896	17,169,310	12	10,144,000	7	114,649,586	81
경 북	64	33,107	64,767,504	18,091,359	28	6,324,000	10	40,352,145	62
경 남	64	23,228	77,063,000	20,060,000	26	6,180,000	8	50,823,000	66
제 주	2	64	50,000	-	-	50,000	100	-	
중앙 유보	농진공 유 보					1,600,000			

자료 : 농림수산부

표 2.9 경기 '95 농조 수리시설개보수 사업 현황

(단위 : 천원)

구 분	지구명	시설명	수해면적 (ha)	총사업비	'94까지		'95계획		'96이후	
					사업비	%	사업비	%	사업비	%
합 계	34지구		46,621	51,602,605 (100)	10,855,365	21	8,941,000	17	31,806,240	62
대규모	4지구	용수로	19,478	30,876,000 (60)	4,853,103	16	1,523,000	5	24,499,897	79
기본 계획 지구	3지구	양수장 용수로	3,783	7,792,694 (15)	3,445,220	44	1,510,504	19	2,836,970	36
재해 위험 지구	2지구	저수지	4,149	10,634,458 (21)	2,066,000	19	4,364,000	41	4,204,458	40
일 반 지 구	25지구	용수로 저수지 양수장	19,211	2,299,453 (4)	491,042	21	1,543,496	67	264,915	12

자료 : 농림수산부

표 2.10 강원 '95 농조 수리시설개보수 사업 현황

(단위 : 천원)

구 분	지구명	시설명	수해면적 (ha)	총사업비	'94까지		'95계획		'96이후	
					사업비	%	사업비	%	사업비	%
합 계	28지구		5,402	27,058,013 (100)	5,043,311	19	1,957,000	7	20,057,702	74
기본 계획 지구	3지구	저수지 양수장	736	8,951,979 (33)	1,827,911	20	760,000	9	6,364,068	71
재해 위험 지구	1지구	저수지	411	1,016,816 (4)	325,000	32	592,000	58	99,816	10
일 반 지 구	24지구	용수로 저수지 양수장 보	4,255	17,089,218 (63)	2,890,400	17	605,000	3	13,593,818	80

자료 : 농림수산부

충청북도는 표 2.11과 같이 총사업비 19,889,005천원 중 대규모 지구의 용수로 부문에 46%인 9,196,000천원, 기본계획협의 지구의 저수지 부문에 5%인 1,000,000천원, 재해위험지구의 저수지 부문에 3%인 510,000천원 일반지구의 양수장, 용수로, 보, 저수지 부문에 46%인 9,183,005천원을 각각 투입할 예정이다.

연도별로는 '94년까지 총사업비의 10%, '95년은 18%, '96년이후는 72%를 각각 투자할 계획이다. 표 2.12와 같이 충남의 농조 수리시설 개보수의 현황으로 총사업비 125,795,740천원 중 대규모지구의 용수로 부문에 29%인 36,028,000천원, 기본계획협의 지구의 용수로, 저수지 부문에 36%인 45,278,730천원, 재해위험지구의 저수지 부문에 3%인 4,356,700천원 일반지구의 양수장, 용수로, 저수지 부문에 32%인 40,132,310천원을 각각 투입할 계획이다. 연도별로는 '94년까지 총액의 15%, '95년은 8%, '96년이후는 77%를 각각 투자할 계획이다.

표 2.13은 전북의 농조수리시설 개보수의 현황으로 총사업비 304,125,982천원 중 대규모 지구의 용수로 부문에 49%인 148,706,727천원, 기본계획협의 지구의 저수지, 용수로, 제수문, 양수장 부문에 4%인 120,701,222천원, 재해위험지구의 저수지 부문에 2%인 7,191,234천원, 일반지구의 저수지, 용수로, 양수장, 방수로 부문에 9%인 27,526,799천원을 각각 투자할 예정이다. 연도별로는 '94년까지 총사업비의 9%, '95년에 5%, '96년이후에 86%를 각각 투자할 계획이다.

표 2.11 충북 '95 농조 수리시설개보수 사업 현황

(단위 : 천원)

구 분	지구명	시설명	수해면적 (ha)	총사업비	'94까지		'95계획		'96이후	
					사업비	%	사업비	%	사업비	%
합 계	28지구		7,921	19,889,005 (100)	2,076,699	10	3,470,000	18	14,342,306	72
대규모 지 구	1지구	용수로	2,560	9,196,000 (46)	671,000	7	381,700	4	8,143,300	89
기 본 계 획 의 지 구	1지구	저수지	713	1,000,000 (5)	216,000	22	300,000	30	484,000	48
재 해 위 험 지 구	1지구	저수지	1,011	510,000 (3)	440,000	86	70,000	14	-	-
일 반 지 구	25지구	용수로 저수지 양수장 보	3,637	9,183,005 (46)	749,699	8	2,718,300	30	5,715,006	62

자료 : 농림수산부

표 2.12 충남 '95 농조 수리시설개보수 사업 현황

(단위 : 천원)

구 분	지구명	시설명	수해면적 (ha)	총사업비	'94까지		'95계획		'96이후	
					사업비	%	사업비	%	사업비	%
합 계	49지구		63,957	125,795,740 (100)	18,475,324	15	10,646,000	8	96,674,416	77
대규모 지 구	2지구	용수로	16,672	36,028,000 (29)	3,555,000	10	1,009,000	3	31,464,000	87
기 본 계 획 의 지 구	14지구	용수로 저수지	27,281	45,278,730 (36)	7,136,195	16	3,858,000	8	34,284,535	76
재 해 위 험 지 구	2지구	저수지	1,518	4,356,700 (3)	1,227,000	28	1,603,000	37	1,526,700	35
일 반 지 구	31지구	용수로 저수지 양수장	18,486	40,132,310 (32)	6,557,129	16	4,176,000	11	29,399,181	73

자료 : 농림수산부

표 2.14와 같이 전남의 농조수리시설 개보수 현황을 보면, 총사업비 141,962,896천원 중 대규모 지구의 용수로 부문에 64%인 91,157,830천원, 기본계획협의 지구의 저수지, 취입보, 양수장, 용수로 부문에 20%인 28,231,310천원, 재해위험지구의 저수지, 용수로 부문에 3%인 4,369,339천원 일반지구의 용수로, 저수지, 양수장, 취입보 부문에 13%인 18,204,417천원을 투자할 예정이다. 연도 별로는 '94년까지 총사업비의 12%, '95년은 7%, '96년 이후는 81%를 각각 투자할 계획이다.

표 2.15에서 보는 바와 같이 경북의 농조 수리시설개보수 사업 현황을 보면, 총사업비 64,767,504천원 중 대규모 지구의 양수장 부문에 14%인 8,906,918천원, 기본계획협의 지구의 양수장 부문에 4%인 2,495,312천원, 재해위험지구의 저수지 부문에 5%인 3,184,208천원, 일반지구의 저수지, 양수장 부문에 77%인 50,121,066천원을 각각 투입할 예정이다.

표 2.13 전북 '95 농조 수리시설개보수 사업 현황

(단위 : 천원)

구 분	지구명	시설명	수해면적 (ha)	총사업비	'94까지		'95계획		'96이후	
					사업비	%	사업비	%	사업비	%
합 계	63지구		183,134	304,125,982 (100)	28,529,591	9	13,077,000	5	262,519,391	76
대규모 지구	4지구	용수로	46,752	148,706,727 (49)	14,946,500	10	5,152,000	4	128,608,227	86
기본 계획의 지구	28지구	저수지 용수로 제수문 양수장	118,503	120,701,222 (40)	6,776,275	6	4,230,000	4	109,694,947	90
재해 위험 지구	2지구	저수지	2,928	7,191,234 (2)	652,107	9	1,815,000	25	4,724,127	66
일 반 지구	29지구	용수로 저수지 양수장 방수로	14,951	27,526,799 (9)	6,154,709	22	1,880,000	7	19,492,090	71

자료 : 농림수산부

표 2.14 전남 '95 농조 수리시설개보수 사업 현황

(단위 : 천원)

구 분	지구명	시설명	수해면적 (ha)	총사업비	'94까지		'95계획		'96이후	
					사업비	%	사업비	%	사업비	%
합 계	68지구		52,990	141,962,896 (100)	17,169,310	12	10,144,000	7	114,649,586	81
대규모 지구	5지구	용수로	35,228	91,157,830 (64)	6,329,472	7	1,848,000	2	82,980,358	91
기본 계획의 지구	13지구	저수지 취입보 양수장 용수로	7,175	28,231,310 (20)	2,598,656	9	3,310,000	12	22,322,654	79
재해 위험 지구	2지구	저수지 용수로	392	4,369,339 (3)	1,192,754	27	2,438,000	56	738,585	17
일 반 지구	48지구	용수로 저수지 양수장 취입보	10,195	18,204,417 (13)	7,048,428	39	2,548,000	14	8,607,989	47

자료 : 농림수산부

연도별로 보면 '94년까지 총사업비의 28%, '95년은 10%, '96년 이후는 62%를 각각 투자할 계획이다. 표 2.16과 같이 경남의 농조 수리시설개보수 사업현황을 보면, 총사업비 77,063,000천원 중 대규모 지구의 용수로 부문에 15%인 11,500,000천원, 기본계획협의 지구의 용수로, 저수지, 양수장 부문에 23%인 17,783,000천원 재해위험지구의 저수지 부문에 5%인 3,935,000천원 일반지구의 용수로, 저수지, 양수장, 배수장 부문에 57%인 43,845,000천원을 각각 투입할 예정이다. 연도별로는 '94년까지 총사업비의 26%, '95년은 26%, '96년이후는 66%를 각각 투자할 계획이다.

표 2.17과 같이 제주의 농조수리시설개보수사업 현황은 일반지구의 용수로 부문에 '95년에 50,000천원 100%를 투자할 계획으로 되어 있다.

표 2.15 경북 '95 농조 수리시설개보수 사업 현황

(단위 : 천원)

구 분	지구명	시설명	수해면적 (ha)	총사업비	'94까지		'95계획		'96이후	
					사업비	%	사업비	%	사업비	%
합 계	64지구		33,107	64,767,504 (100)	18,091,359	28	6,324,000	10	40,352,145	62
대규모 지구	4지구	양수장	6,157	8,966,918 (14)	4,555,000	51	1,646,000	18	2,765,918	31
기본 계획 협의 지구	1지구	양수장	1,079	2,495,312 (4)	1,700,000	68	500,000	20	295,312	12
재해 위험 지구	2지구	저수지	2,505	3,184,208 (5)	1,005,000	32	1,130,218	35	1,048,990	33
일반 지구	57지구	저수지 양수장	23,366	50,121,066 (77)	10,831,359	22	3,047,782	6	36,241,925	72

자료 : 농림수산부

표 2.16 경남 '95 농조 수리시설개보수 사업 현황

(단위 : 천원)

구 분	지구명	시설명	수해면적 (ha)	총사업비	'94까지		'95계획		'96이후	
					사업비	%	사업비	%	사업비	%
합 계	64지구		23,228	77,063,000 (100)	20,060,000	26	6,180,000		50,823,000	66
대규모 지구	7지구	용수로	4,262	11,500,000 (15)	3,177,000	28	1,341,000	12	6,982,000	60
기본 계획 협의 지구	7지구	용수로 저수지 양수장	3,808	17,783,000 (23)	3,688,000	21	1,349,000	7	12,746,000	72
재해 위험 지구	2지구	저수지	902	3,935,000 (5)	550,000	14	1,885,000	48	1,500,000	38
일반 지구	48지구	용수로 저수지 양수장 배수장	14,256	43,845,000 (57)	12,645,000	29	1,605,000	4	29,595,000	67

자료 : 농림수산부

표 2.17 제주 '95 농조 수리시설개보수 사업 현황

(단위 : 천원)

구 분	지구명	시설명	수해면적 (ha)	총사업비	'94까지		'95계획		'96이후	
					사업비	%	사업비	%	사업비	%
합 계	2지구		64	50,000 (100)	-	-	50,000	100	-	-
일반 지구	2지구	용수로	64	50,000 (100)	-	-	50,000	100	-	-

자료 : 농림수산부

3 농조수리시설 개보수 공종 계획

농조의 각 도별 농업용 수리시설 개보수 공종 총계획을 물량면에서 보면, 표 2.18에서 보는 바와 같이 사업지구별로 개보수 공종계획을 나타내고 있다.

경기의 농조의 개보수 공종은 대규모 지구의 용수로 207,070m를 중심으로 양수장, 게이트, 취수탑 문비보수, 양수장 부대공사 등 매우 다양하며, 강원은 기본계획협의 지구의 그라우팅 1,050m를 비롯하여 용수로 13,947m의 제당송상, 양수장, 취수탑, 취입보, 준설, 복통교체, 관매설 및 여수로 보수 등이 대상으로 되어 있다.

충북의 농조는 대규모 지구에 용수로 13,880m, 구조물 224개소의 그라우팅, 사통, 취입보, 제당, 여수토, 통관, 용수잠관 등이 개보수 대상으로 되어 있다.

충남의 농조는 대규모 지구의 용수로 86,571m, 공작물 1,337개소 외에 제당송상, 양수장, 양수장 부대공사, 용수로, 여방수로 개거, 수로관, 통관보수, 용배수 암거, 제당보강, 제염암거, 농로, 그라우팅, 수문, 송수관, 방수로 등 매우 다양하게 개보수 대상이 되어 있다.

전북의 농조는 대규모 지구의 용수로 175,836m, 석축 6,548m, 공작물 884개소 외에 보호철망, 그라우팅, 수문, 관리사, 용지매수, 분수문, 양수기교체, 공작물, 제당보수 등 다양하게 개보수 대상으로 되어 있다.

전남의 농조는 대규모 지구의 용수로 165,300m, 방수로 17,100m이외에 제당보수, 보언체, 제당사석, 양수장, 여수토, 여수토송상, 취입보, 취수시설 등이 매우 다양한 구조물이 개보수 대상으로 되어 있다.

경북의 농조는 대규모 지구의 전동기 4대, 양수기 4대, 양수장 보수, 용수로 37,853m 외에 저수지, 그라우팅, 제당보수, 복통보수, 철도잠관 보수 등이 개보수 대상이다.

경남의 농조는 대규모 지구의 용수로 124,463m, 송수관 108m, 그라우팅 49m외에 방수로, 보, 제당, 여수토, 통관, 양수장, 양수시설, 송수제, 여수토 사이폰 등이 개보수 대상으로 되어 있다.

제주의 농조는 일반지구에 용수로 2,500m를 개보수하는 것으로 되어 있다.

이와 같이 개보수는 공종면이나 물량면이 대단히 많아 예산을 많이 요구하고 시
간적인 시효성도 필요하다 하겠다.

표 2.18 '95 도별 농조 수리시설 개보수 공종 총계획

도	구 분	총 계 획 량
경 기	대규모지구	용수로 207,070m
	기본계획협의지구	양수장 5동, 용수로 10,876m
	재해위험지구	게이트 8련, 그라우팅 112공, 용수로 6,000m, 부대공사 2식
	일반지구	용수로 6,166m, 취수탑 문비보수, 취수탑 문비차동화 5련 양수장 2동 양수장 부대공사 5식, 송수관로 1,600m
강 원	기본계획협의지구	그라우팅 1,050m, 용수로 13,947m, 제당송상 287m, 양수장 1동
	재해위험지구	그라우팅 65m, 용수로 4,983m
	일반지구	그라우팅 용수로 91,558m, 취수탑 1식, 사통보수 1,403m 여수토보수 50m, 여방수로 466m, 준설 50,000m ³ , 취입보 253m 복통교체 40m, 관매설 1,722m, 여수토보수 15m
충 북	대규모지구	용수로 13,880m, 구조물 224개
	기본계획협의지구	그라우팅 278m 384공, 사통 38.9m, 취입보 6(m)(간접유역)
	재해위험지구	제당 282m, 여수토 90m, 통관 78m, 그라우팅 100m 100공, 용수로 1,429m, 용수잠관 78m
	일반지구	제당 70m, 제당보강성토 255m, 방수로 87m, 여방수로 옹벽 보수 20m, 통관 17m, 그라우팅 100m 100공, 양수장 10동, 양 수장 부대공사 13식, 용수가통 190m, 집수암거 653m, 강관압 입 30m, 취입보 366m
충 남	대규모지구	용수로 86,571m, 공작물 1,337개소
	기본계획협의지구	제당송상 1,075m, 양수장 3동, 양수장 부대공사 1식, 관리 사 1동 용수로 143,351m, 공작물 2,212개소, 여방수로 개거 11,276m, 수로관 21,310m, 통관보수 40m, 용배수암거 552m 제당보강 894m, 제염암거 204m, 농로 604m, 그라우팅 1,082 공 수문 4련, 송수관 2,400m
	재해위험지구	용수로 22,890m, 수로관 3,124m, 방수로 48m, 그라우팅 480공, 장식 1,333m ³ , 준설 62천m ³

(계속)

도	구 분	총 계 획 량
충 남	일반지구	양수장 3동, 양수장 부대공사 2식, 양수장 보수 3동, 인수로 99.5m(2련), 관리사 1동, 용수로 120,655m, 공작물 26개소, 수로관 7,343m, 송수관 1,193m, 배수로 400m, 옹벽 60m, 그라우팅 3,221공, 여수토보수 1식, 수로라이닝 250m, 개거 3,500m, 방수문 1개소 사통 2개소, 통관 1개소, 여방수로 248m, 방수로 583m, 자가선로 철거 15,865m, 사석보강 600m
	대규모지구	용수로 175,836m, 석축6,548m, 공작물 884개소, 보호철망 22,849m, 그라우팅 174m, 수문 9련, 관리사 1동 부대시설 1식, 용지매수 1,300평 분수문 40개소, 양수기교체 2대
전	기본계획협의지구	그라우팅 1,898m, 공작물 1,222m, 용수로 315,119m, 통관사통보수 1개소, 문비 1식, 양수장 8동, 관리실 1동, 구조물 89개소, 양수장 부대시설 7식, 수문기계 2식, 양수장 보수 1식, 보호 철망 8,300m, 제당보수 567m, 취수탑 2동, 옹벽 10,802m, 보호난간 7,000m 용지매수 2,890평, 수문시설 13조, 취수시설 2식, 여방수로 1식, 암거 25m, 여수토보수 1식, 제당송상 291m, 송수관 1550m, 준설 473,700m'
	재해위험지구	제당송상 913m, 그라우팅 786m, 여수토 게이트 6련, 취수탑 취수공 교체 2련, 양수장 1동, 양수장시설 1식, 용수로 5,831m, 여방수로 보수 72m,
북	일반지구	그라우팅 3,822.4m, 용수로 99,541m, 석축 660m, 통관128m, 방수로 보수 110m, 방수로 그라우팅 140m, 취입보 538m, 여수토 110m, 여수토 보수18m, 사석보강170m, 배관 91m, 양수장 1동, 양수장시설 2식, 옹벽 26m, 방수로 588m, 수교 272m 제당보수 947m, 취수탑 보수 1식, 제당송상 316m, 여방수로 150m, 암거 652m, 용지매입 44,888평

(계속)

도	구 분	총 계 획 량
전 남	대규모지구	용수로 165,300m, 방수로 17,100m
	기본계획협의지구	제당보수 6,323m, 용수로 73,104m, 보언체 133m, 제당사석 2,400m, 양수장 3개소, 여수토 1개소, 방수로 107m, 여수토송상 14m, 사통 52m, 취입보 300m, 여방수로 265m, 취수시설 15m, 제당송상 1,036m,
	재해위험지구	제당송상 179m, 여방수로 394m, 용수로 6,581m, 준설 77,920m ³ , 통관 121m, 제당 147m
	일반지구	제당송상 136m, 용수로 134,018m, 그라우팅 7,364m, 제당 350m, 양수장 5개소, 취입보 50m, 제당그라우팅 176m, 여수토 71m, 방수로 303m, 보 469m, 인양비 6련, 가동비 38련, 돌망태 1,026m ³ , 조작실 1식, 용수잠관 517m, 여수토보수 60m, 방수로 개보수 그라우팅 242m, 제당보수 479m, 흡관보수 3m
경 북	대규모지구	전동기 4대, 양수기 4대, 양수장보수 2개소, 용수로 37,853m
	기본계획협의지구	양수장 1개소, 용수로 2,818m
	재해위험지구	여방수로 419m, 저수지 1개소
	일반지구	저수지 23개소, 용수로 292,849m, 양수장 15개소, 그라우팅 778m, 제당보수 370m, 복통보수 1개소, 철도잠관보수 1개소, 여방수로 10,371m, 보 10개소, 저수지사통 및 복통보수 1개소, 송수관 330m, 양수기 및 전동기교체 9대, 통관보수 1개소, 방수로 1개소
경 남	대규모지구	용수로 124,463m, 송수관 108m, 그라우팅 49m 50공, 방수로 162m, 보 29m
	기본계획협의지구	용수로 20,689m, 제당 936m, 여수토 153m, 방수로 394m, 통관 302.8m, 그라우팅 1,575m 1,595공, 양수장 3개소, 양수시설 4식, 배수로 689m, 송수제 5,780m
	재해위험지구	여수토사이폰 9련, 방수로 208m, 그라우팅 360m, 사통 24m, 휠라 3,930m ³ , 용수로 2,692m
경 남	일반지구	도수로 116m, 수로교 128.4m, 잠관 68m, 용수로 129,368m, 그라우팅 3,840m(3,705공), 여방수로 431m, 양수장 5동, 양수시설 9식, 배수로 1,391m, 송수로 260m, 준설 213,455m ³ , 배수장 3동, 배수장 지붕보수 1동, 관리사 1동, 기초처리공 328공 246m, 취수시설 3식, 용배수로 1,296m, 여수로 92m, 보 131m, 제당 640m, 여수토 871m, 감속기 교체 1식, 수전반교체 1식, 송수관 2,108m, 조작실 3식, 용지매수 44필지 2식, 방수로 570m, 통관 282m, 제당송상 237m, 제당사석 340m, 사통보수 18m, 통관보수 177m, 사통 1식, 시드스프레이 10,423m ³ , 공사용도로 381m, 토출조 1식, 용수가통 20m, 개거 복개 50m, 교각 10기, 라이닝 3,174m, 시험공 8공
제주	일반지구	용수로 2,500m

제 5 절 결 론

이상에서 살펴보고 고찰한 것을 미루어 볼 때 우리나라의 농업용 수리구조물은 그 물량면에서 방대하고, 시설물 설치 된지도 오래된 것이 많아 노후화에 따른 개수, 보수보강, 유지관리 및 교체 등 다양한 대책이 요구됨을 알 수가 있었다. 또한, 예산면에서도 많은 사업비가 소요되고 있어 '94년 이전 까지 한 것은 15% 정도이고 '95년도 8%정도 계획을 수립하고 있는 실정이므로 '96년도 이후에 77%라는 엄청난 사업비를 국고를 투자해야 하는 어려움은 있으나, 국가 장래의 농업기반 시설차원에서 적극적으로 조치가 이루어져야 한다. 보수·보강을 하기위해서 시공면이나 경제적인 면이나 신기술 공법 개발면에서 미흡한 점이 많기 때문에 이에 따른 적절한 조치와 연구개발이 뒷받침되어야 할 것이다.

1. 농업용 수리구조물을 수원공 별로 노후화와 설치년도 및 유지관리 등의 현황 조사를 면밀히 조사해야 하며, 이 조사를 뒷받침할 전담기구인 가칭 수리단과 같은 기구를 조합이나 시·군·산하에 설치 해야 한다.

2. 용수로는 토공수로를 현대화하기 위하여 콘크리트 수로로 개거 및 관수로로 교체해야 한다.

3. 농업용 수리구조물은 대부분 시멘트 콘크리트로 되어 있어, 다양한 형태로 나타나는 파손원인을 명확히 구명 해야 한다. 또한, 이 파괴된 부분을 보수·보강하기 위한 새로운 공법과 시공법을 개발이 시급히 요구되고 있다.

4. 새로운 공법에 따른 신소재를 사용하여 신공법을 개발하고, 이에 부합된 개발된 기술로 제작된 콘크리트의 내구성, 내한성, 내산성 및 경제성을 분석하여 안전성과 경제성을 고려한 보수·보강 신기술을 개발해야 한다.

5. 이 개발된 농업용 구조물의 보수·보강의 신기술은 재료특성에 관한 예비시험을 거쳐, 현장실험을 통하여 현장적용 효과 및 설계시방서 작성 등 실용화를 위한 연구가 지속 되어야 할 것이다.

제 3 장

보수보강재의 선택 및 성능평가

여 백

제 3 장 보수보강재의 선택 및 성능평가

제 1 절 서론

일반적으로 시멘트 콘크리트는 무기재료로서 반영구적인 수명을 가진 것으로 되어 있으나 이는 여러가지 요인에 의해 큰 차이를 보인다. 즉, 재료의 조건, 재하조건, 환경조건 등에 의해 여러가지 형태의 손상을 입는다. 이와같은 손상은 균열이나 박리에 의한 결손이 대표적인 형태라 할 수 있다.

우리나라에서도 1960년대 초 근대화의 물결을 타고 콘크리트로 각종 사회간접자본 시설들이 건설된지도 35년 정도가 지났다. 현시점에서 볼 때 이때 건설된 각종 토목·건축용 콘크리트 구조물들이 여러가지 요인에 의해 노후·파손되어 본래의 기능을 다하지 못하는 경우가 허다하다. 최근에는 이와같은 문제점들이 각종 콘크리트 구조물의 대형 붕괴사고로 이어지고 있다.

이와같은 붕괴사고 방지를 위해 노후·파손된 콘크리트 구조물을 제거하고 새로운 구조물을 설치한다는 것은 경제적으로나 시각적으로 큰 제약을 받게 된다. 이에 대한 대안 중의 하나가 보수보강에 의해 본래의 기능을 원상회복시키는 방법이다.

농업용 수리구조물에 있어서도 그 기능을 효율적이고 지속적으로 발휘시키기 위해서는 구조물을 항상 완전한 상태로 유지관리 하여야 한다. 각종 농업용 수리구조물은 대부분 농촌이라는 광범위한 지역에 불특정한 상태로 건설되었기 때문에 시공 초기 단계부터 각종 구조적 결함을 나타내는 경우가 많으며, 보수보강 등 유지관리에도 매우 어려움이 많다. 따라서 각종 구조물의 지속적인 구조성능 및 내구성 확보를 위해서는 당초에 철저히 시공되어야 하나 이미손상된 콘크리트 구조물의 원상회복을 위해서는 최소한의 경비로 내구성 등 역학적 특성이 뛰어난 농업용 수리구조물의 보수보강 재료를 선정하고 이에 따른 신공법을 개발해야 한다.

그러나 이러한 보수보강은 항상 손상의 원인과 실태를 충분히 파악한 후에 이루어져야 하며 사용재료가 다양하고 공법 또한 매우 복잡하다. 즉 대상 구조물의 종류, 손상부위 등에 따라 매우 큰 차이를 나타낸다. 따라서 효율적인 보수보강을 위해서는 충분한 이론적 연구와 더불어 많은 경험을 통해 기술을 축적하는 것이 무엇

보다도 중요하다고 할 수 있다.

상기와 같은 현실에 입각하여 본 연구에서는 보수보강에 사용되는 재료의 선정 배합과 이에 대한 물리·역학적 특성 등에 대해 실험적으로 구명코저 한다.

제 2 절 보수보강재료의 선택

1. 보수재료

가. 성능저하 원인별 보수재료의 요구성능

(1) 염해에 의한 열화기구와 보수재료에 요구되는 성능

철근콘크리트 구조물의 염해에 따른 열화과정은 그림 3.1에 나타난 바와 같이 4 단계로 구분할 수 있으며, 다음과 같은 특징이 있다.

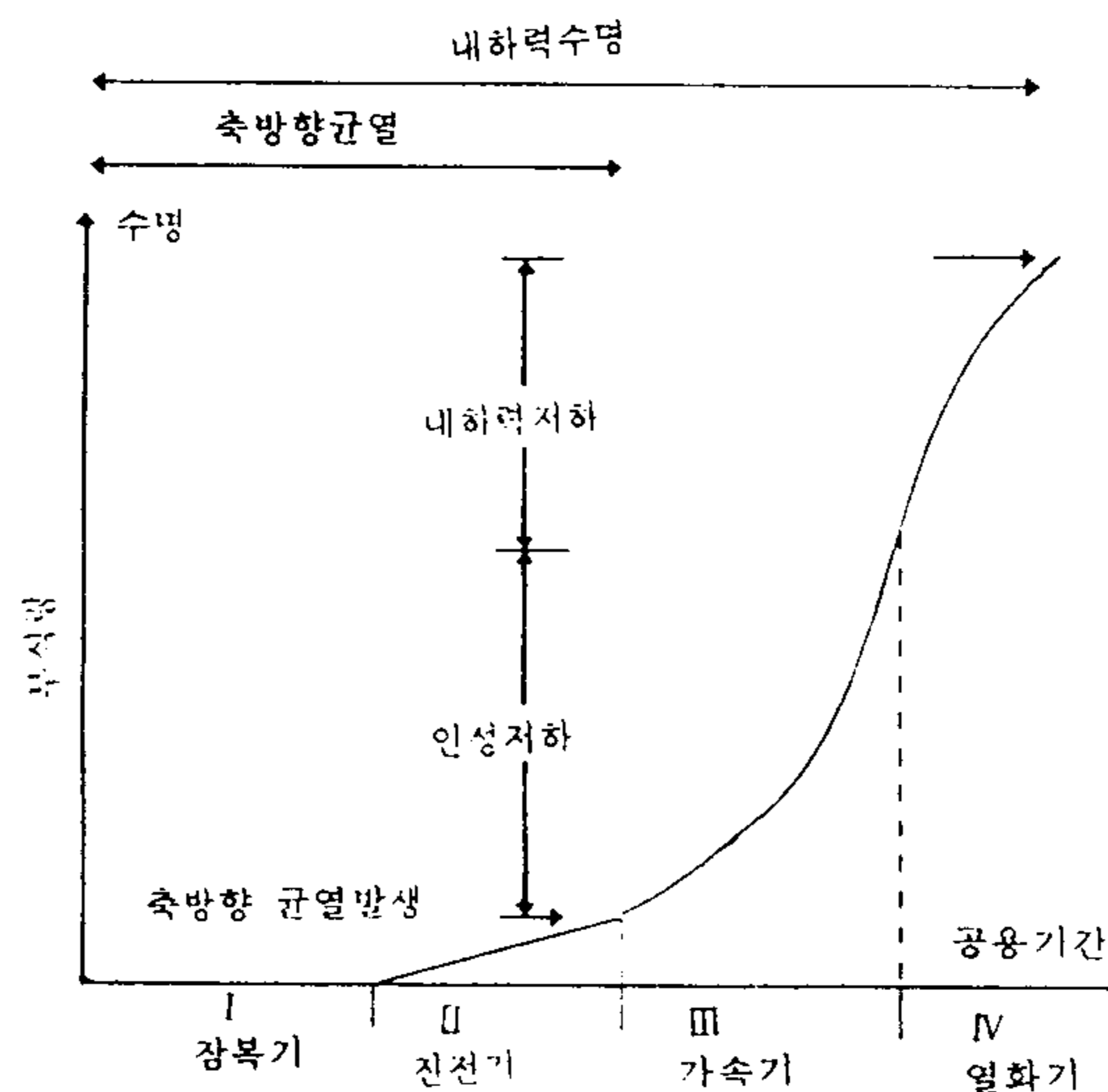


그림 3.1 염해에 의한 열화과정

제 I기(잠복기) : 염화물 이온이 콘크리트 속을 침투하여 철근 부근에 축적되는 과정으로, 주로 염화물 이온의 확산속도에 따라 달라진다. 따라서, 바닷모래 등의 재료에 기인하는 염화물 이온이 많은 경우에 잠복기는 없다.

제 II기(진전기) : 철근이 염화물 이온에 의해 부식하기 시작하여 부식생성물이 축적되며, 그 팽창압에 따라 콘크리트에 균열이 발생하는 과정으로, 주로 용존산소와

수분의 공급량 및 콘크리트의 전기저항에 따라 달라진다.

제Ⅲ기(가속기) : 철근부근의 균열(축방향 균열)이 발생함에 따라 부식이 촉진되어, 콘크리트의 박리 및 이탈이 생기는 과정으로, 주 요인은 제Ⅱ기(진전기)와 거의 같지만 하중작용 등의 영향도 받는다. 축방향 균열이 발생해도 구조물의 정적 내하력은 저하하지 않지만, 철근의 孔蝕 등에 따라 높은 응력의 반복하중이 작용하게 되면, 내하력 및 인성이 저하하게 된다.

제Ⅳ기(열화기) : 철근 부식이 되어 단면적 감소가 뚜렷히 나타나며, 구조물의 내하력 저하가 나타나는 과정으로 주 요인은 제Ⅲ기(가속기)와 거의 같다.

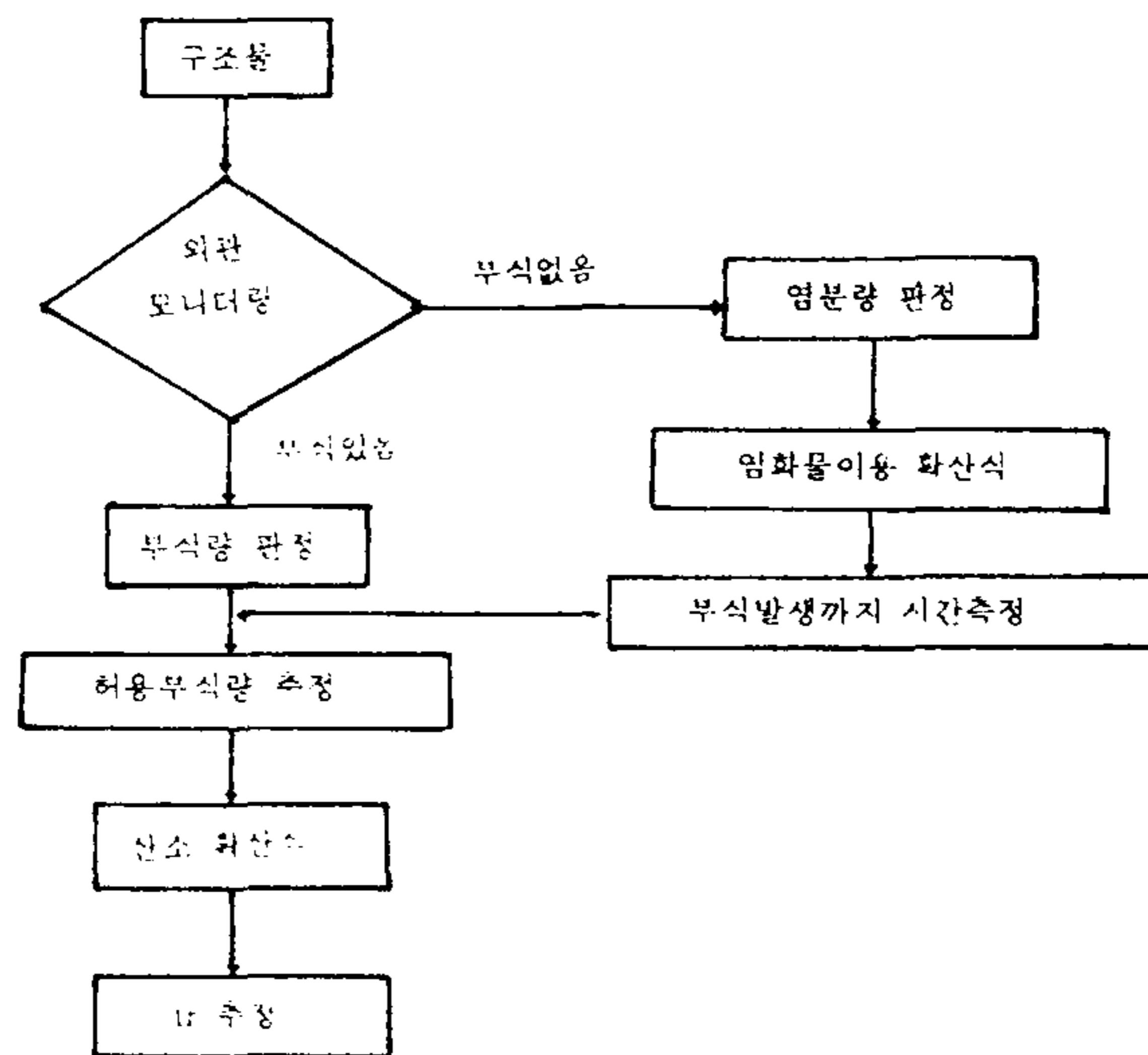


그림 3.2 여명(tr)산정의 개략도

표 3.1 열화구분에 따른 보수 개념

	예방·보전	보수
잠복기	Cl의 억제	—
진전기	—	Cl의 저감, O ₂ 의 억제
가속기 열화기	—	Cl의 저감, O ₂ 의 억제 (보강)

철근콘크리트 구조물의 염해를 대상으로 한 보수공법에 기본적으로 요구되는 성능은 염화물 이온의 확산침투의 억제, 내재하는 염화물 이온의 감소 및 무해화, 산소 및 수분의 확산침투 억제로서, 철근콘크리트 구조물의 열화과정의 어느 단계에 있는가에 따라 요구성능이 달라진다. 일반적으로, 보수하는 경우에는 그림 3.2와 같이 개략도에 따라 철근콘크리트 구조물의 餘命을 검토하여 열화상태별 보수재료에 요구되는 성능을 설정하여 표 3.1과 같은 개념으로 보수하게 된다.

(2) 알칼리 골재반응에 의한 열화기구와 보수재료에 요구되는 성능

알칼리 골재반응은 알칼리실리카 반응(이하 ASR로 약칭)이 중심이지만, 이에 따른 콘크리트 팽창의 진행과정은 아직 완전히 구명되어 있지 않다. 그러나, 공학적 관점에서 콘크리트 속에 충분한 양의 반응성 실리카 및 알칼리가 존재하는 경우에는 ASR에 의한 콘크리트 팽창의 진행과정은 그림 3.3에 나타난 4단계로 구분할 수 있으며, 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

제 I a기 : 팽창이 현저하게 나타나지 않지만, ASR이 진행되는 시기로 콘크리트의 잠재적인 팽창능력이 가장 큰 시기이며 잔존 팽창량은 최대가 된다. I a를 경과하면 I b상태가 된다.

제 I b기 : 팽창속도가 최대가 되는 시기로 ASR에 의한 팽창이 현저하게 나타나며, 잔존 팽창량도 크다.

제 II기 : ASR에 의한 팽창속도가 저하하며 잔존팽창량은 작다.

제 III기 : ASR에 의한 팽창이 거의 끝난 시기로 잔존팽창량도 거의 0이 된다.

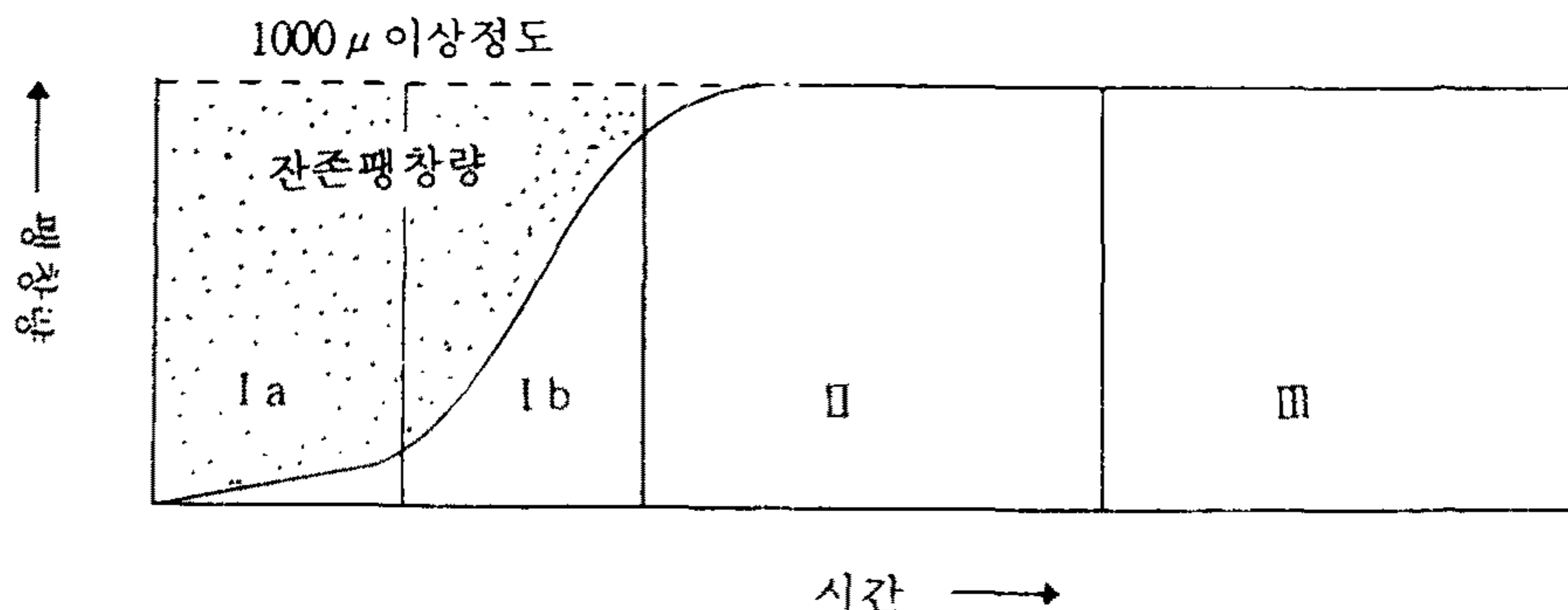


그림 3.3 ASR에 의한 팽창진행과정의 구분

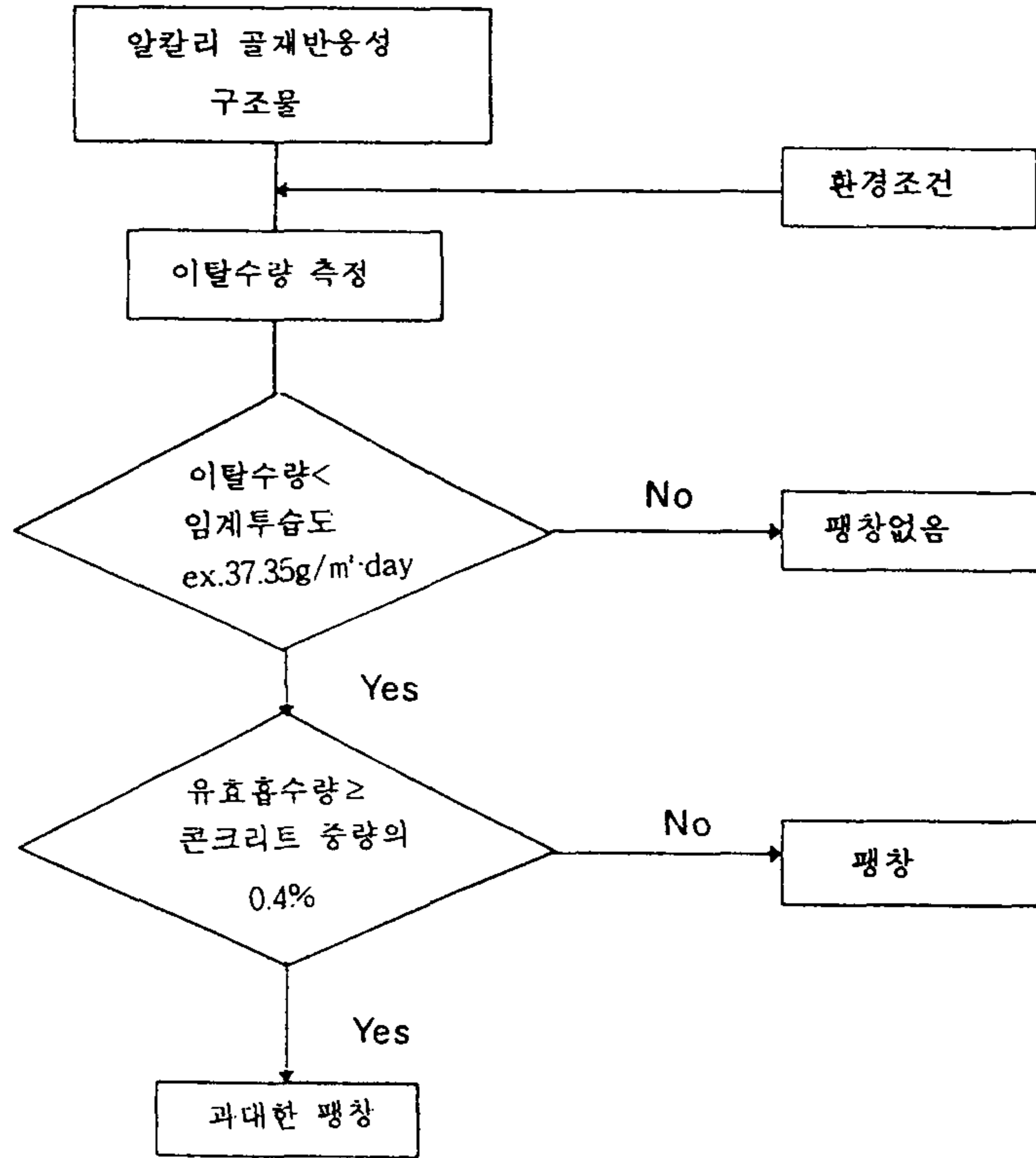


그림 3.4 표면처리에 의한 ASR팽창판정 개략도

표 3.2 표면처리재료의 계열

환경조건		진행단계		
		I	II	III
평상시 물과 접한 부재		초유연형차수계	유연형 차수계	일반적으로 공 통
평상시 물과 접하지 않은 부재	보수전 건조 가 능	초유연형차수계 탈 수	유연형 차수계 탈 수	
	보수전 건조 곤 란	탈 수	탈 수	

표 3.3 표면처리재료의 예

초유연형차수계	경화막의 신도100%이상, 막두께240 μ m이상: 고무계(우레탄, 알칼리 등), 수지계(유리섬유보강)
유연형차수계	경화막의 신도50%이상, 막두께240 μ m이상: 수지계(에폭시, 폴리에스테르 등), 폴리머 시멘트계(알칼리 등)
차 수 계	경화막의 신도4%이상, 막두께120 μ m이상: 수지계(비닐에스테르 등), 폴리머 시멘트계
탈 수 계	투습도의 30g/m \cdot day이상, 투수량 1cc 이하: 수지계(시란 등), 무기계

주) 신도 : JIS K 6301, 투습도 : JIS Z 0208, 투수량 : JIS A 6910.

콘크리트에 발생하는 팽창은 알칼리골재 반응의 양에는 반드시 비례하지 않으며, 반응생성물인 알칼리실리카겔에 의존하는 경우가 많은 것으로 판단된다. 철근콘크리트구조물의 보수시에는 ASR의 기간에 관련없이 잔존팽창량이 큰 시기에 보수보강하는 경우가 많다. 따라서, ASR에 의한 손상을 받은 구조물의 보수공사시에는 공사 후 ASR에 의한 팽창을 막는 것이 중요하며, 현재기술로는 수분조절이 가장 효과적인 ASR의 열화대책이라 할 수 있다. 수분조절은 외부에서 수분침입을 방지하는 차수와 콘크리트 속에서 수분이탈도 가능한 탈수를 생각할 수 있다. 그림 3.4는 표면처리에 의한 ASR팽창판정 개략도의 예를 표 3.2 및 3.3에 나타내고 있으며, 각각 ASR에 의한 손상을 대상으로 한 보수용 표면처리재료 계열 및 표면처리재료의 예를 나타내고 있다.

(3) 중성화에 의한 열화기구와 보수재료에 요구되는 성능

콘크리트 중성화는 대기중의 탄산가스와 시멘트의 수화생성물인 수산화칼슘이 반응하여 생기지만, 시멘트의 수화생성물인 기타 광물과 탄산가스가 반응하여 탄화칼슘을 생성하는 탄산화도 중성화의 하나라 할 수 있다. 중성화에 의한 철근콘크리트 구조물의 열화는 콘크리트의 알칼리성이 저하함에 따라 생기는 철근 부식으로, 보수

재료에는 탄산가스의 확산을 감소시키는 성능이 요구된다. 중성화에 따른 철근부식의 개념은 그림 3.5에 나타난 바와 같다. 여기서, t_1 은 콘크리트 중성화 범위가 철근표면에 도달하는 시점, t_2 는 중성화에 따라 철근이 부식하여 콘크리트에 균열이 생기는 시점, t_3 은 콘크리트 균열에 따라 구조부재 내력이 저하하는 시점이다.

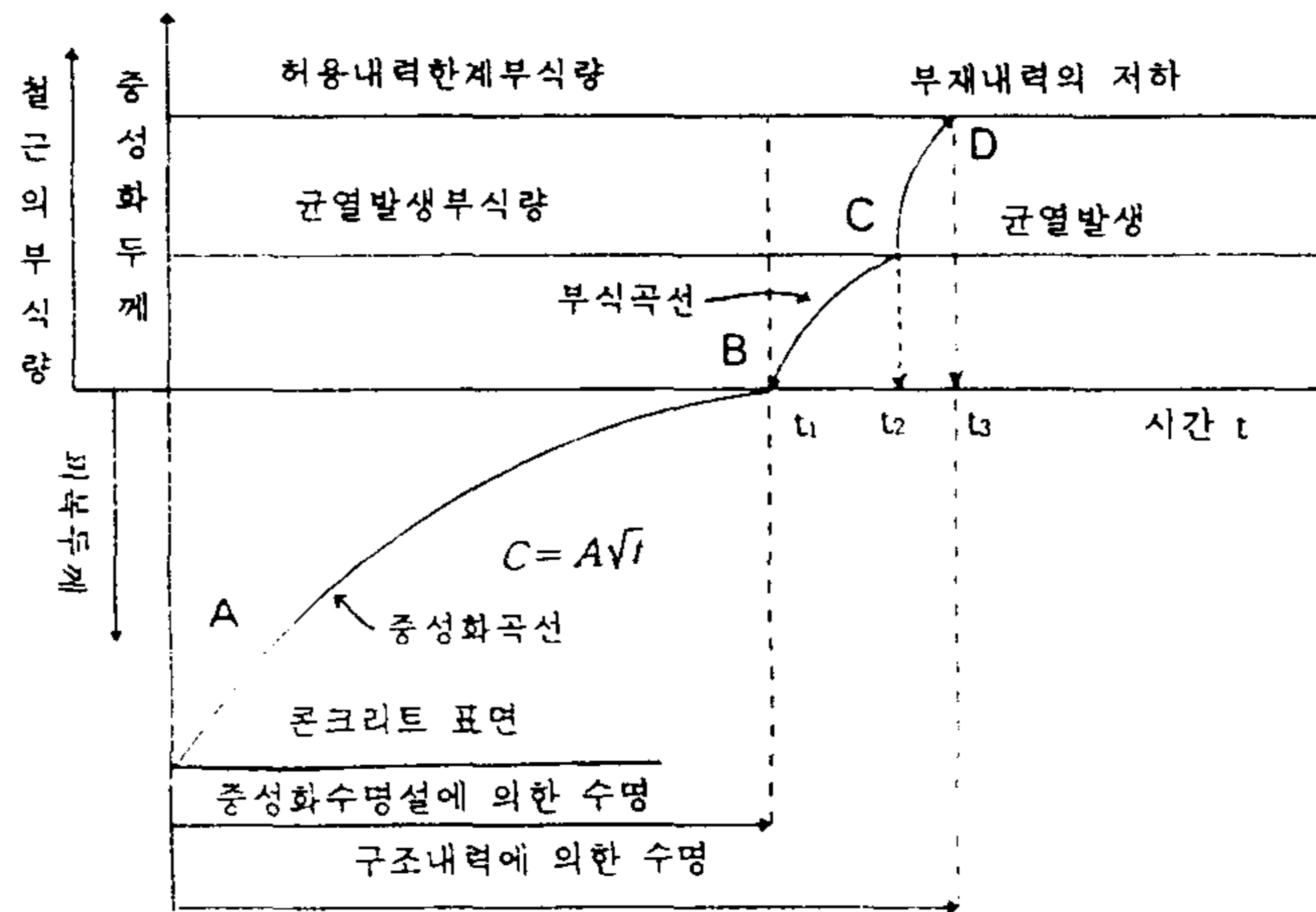


그림 3.5 콘크리트속의 철근부식의 개념

(4) 동해에 의한 열화기구와 보수재료에 요구되는 성능

동해에 의한 열화는 콘크리트 속의 수분이 동결융해응 반복함으로서 생기는 것으로, 동해를 받은 콘크리트에는 균열, 스케일링 등이 발생한다. 열화의 진행은 그림 3.6과 같은 과정을 거치며, 열화진행에 따라 콘크리트속의 수분이동이 쉽게 되며, 표면적인 열화현상이 내부까지 진행하여 결국에는 구조내력을 저하시킨다. 동해에 의한 열화진행 과정에 따라 보수공법은 다르지만 기본적으로 콘크리트 속의 수분의 이동·확산을 방지할 필요가 있다.

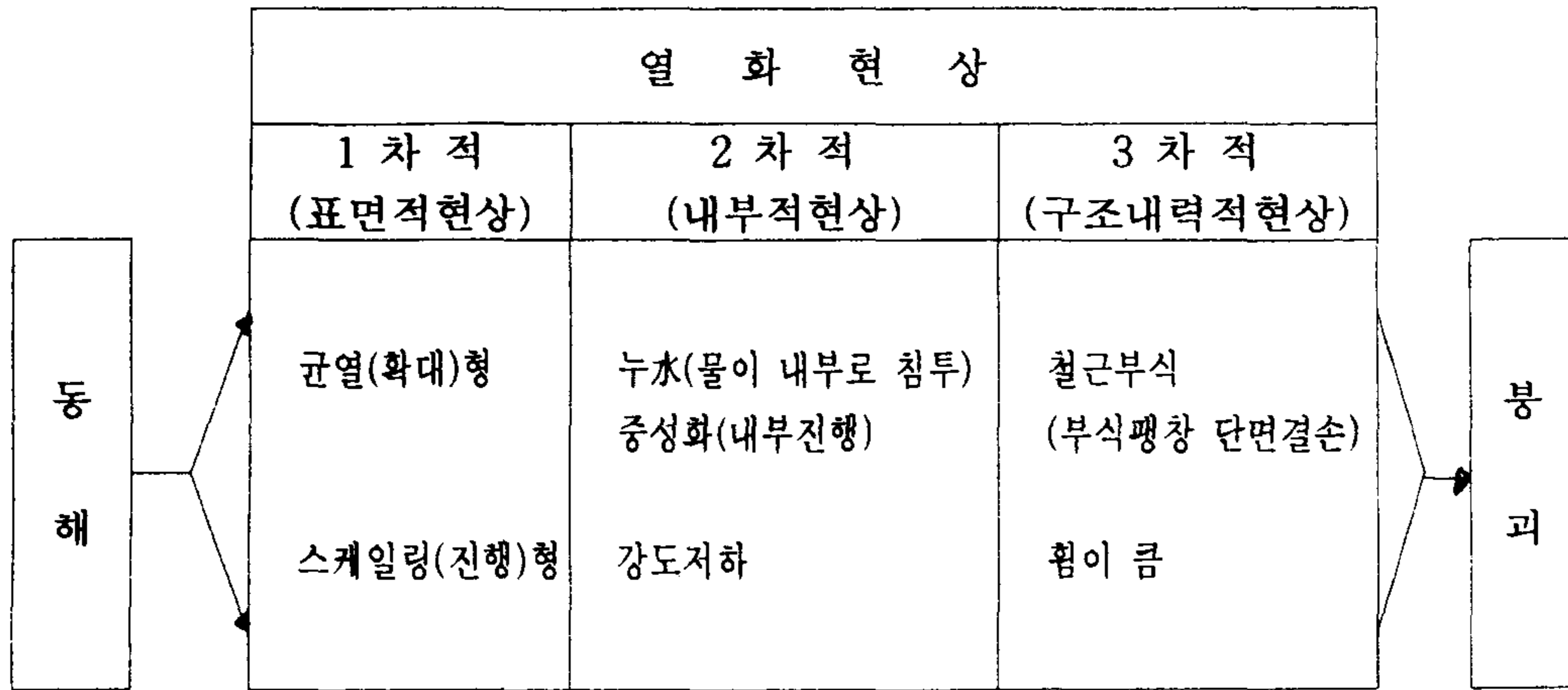


그림 3.6 동해에 의한 열화의 진행

나. 보수재료의 종류

보수에 사용되는 재료를 표 3.4에 나타내고 있으며, 근년에는 고분자 재료의 발달에 따라 유기계의 보수재료가 많이 사용되고 있다. 이러한 유기계 재료들은 폴리머 자체 또는 페이스트나 모르타의 형태로 이용된다.

표 3.4 보수재료의종류

분 류		성 분
무 기 계		무수규산 소다 벤토나이트 석고
	시 멘 트	보통 시멘트 팽창 시멘트 급결 시멘트 초속경 시멘트
유 기 계	시 멘 트	고무라텍스 스틸렌 부타젠 러버 아크리트로트릴 부타젠 러버 클로로프렌 러버(네오프렌)
		에 멀 전 초산 비닐계 및 그 공중합체, 폴리아크릴산 에스터 및 그 공중합체
		수 용 성 메틸셀룰로오스 폴리비닐 알콜
	반 응 경 화 형	에폭시 폴리에스터 폴리우레탄 아크릴 아마이드 타르에폭시 타르우레탄
	탄성 시일(seal) 재	폴리살 화이드(치오콜) 폴리우레탄 실리콘 부틸고무 아크릴 고무
	역 창 질	아스팔트 고무 아스팔트 핏치

(1) 수지계 결합재

(가) 종류

보수에 사용되는 액상수지는 그림 3.7과 같으며, 여기에 중질 탄산칼슘, 미립 실리카 등의 미립 충전재, 세골재 및 조골재를 첨가하여 페이스트, 모르타, 콘크리트의 형태로 사용된다. 이러한 재료는 내약품성이 뛰어나고, 접착성이 우수하며 경화시간을 광범위하게 조절할 수 있는 등의 장점이 있다. 반면에 내화성과 내열성이 부족하고 경화시 수축이 크다는 단점도 있다. 따라서 이들 특성을 고려하여 사용조건에 따라 적절한 수지를 선택해야 한다.

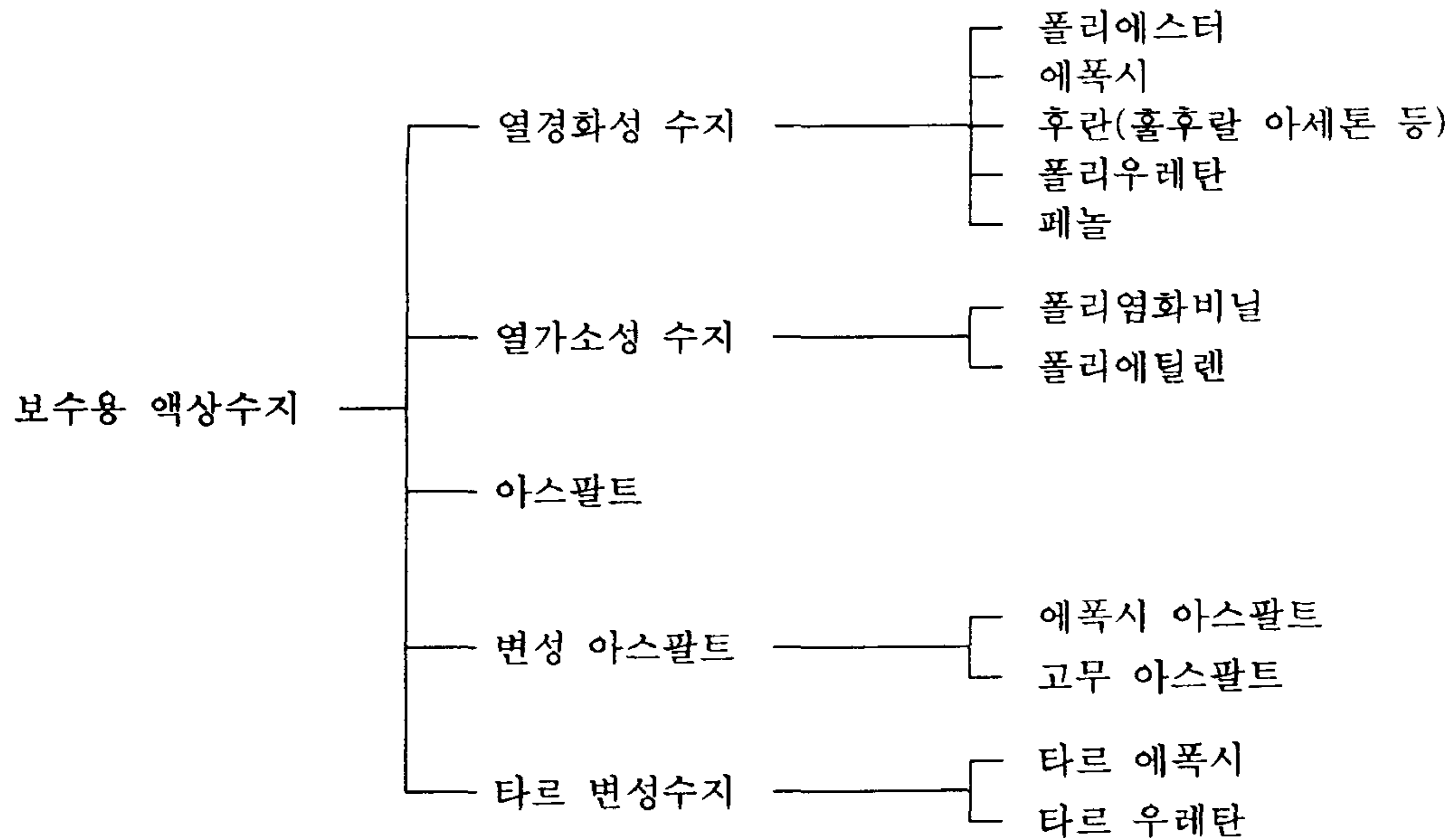


그림 3.7 보수용 액상수지의 종류

(나) 선택기준 및 성질

일반적으로 널리 사용되고 있는 수지계 결합재의 종류별 성능은 표 3.5와 같다. 이들은 경화제의 종류 및 조합방법에 따라 혼합물의 점도·가사시간·경화시간 등이 달라지며, 경화물의 성능도 크게 다르게 나타난다. 따라서 사용하는 목적·공법 및 작업현장의 조건 등을 감안하여 선택하여야 한다.

또한, 물리·역학적 성능의 향상을 위하여 각종 첨가재료를 혼입하는 경우가 많다.

표 3.5 수지의 종류와 성능과의 관계

수지 성능	에폭시계	폴리에스터계	폴리우레탄계	고무·아스팔트계
접착성	◎	○	○	△
가요성	△	△	◎	○
내구성	◎	○	○	×
내수성	◎	○	○	△
내알칼리성	◎	×	○	△
수축성	무	대	소	대
작업성	○	○	○	◎
경제성	△	○	○	◎

◎ : 우수 ○ : 양호 △ : 가 × : 불량

① 선택기준

㉠ 프라이머

접착성능을 향상시키기 위한 것으로 피착재의 조건에 따라 선택하여야 하며, 저 점도로서 침투성이 좋고 경화속도가 비교적 빠른 것이 유리하다

㉡ 시일재

접착제 압입시 압력의 누출이나 주입재의 유출을 막기 위하여 작은 간극을 밀폐할 때 사용하는 것으로, 퍼티상이나 그리스상의 비유동성 재료가 좋다.

㉢ 주입재

사용목적 · 공법 · 사용부위 · 환경조건에 따라 적절한 점도의 것을 선택하도록 한다.

② 일반적 성질

㉠ 점도

수지계 결합재의 점도는 대체적으로 온도에 따라 크게 변화하나 제조시 점도의 조절이 가능하다.

- 저 점 도 : 500 ~ 1,000 cps
- 중 점 도 : 2,000 ~ 9,000 cps
- 고 점 도 : 10,000 cps 이상
- 비유동성 : 그리스상

㉡ 가사시간

수지의 유동성이 유지되는 시간을 말하며, 작업성과 밀접한 관계를 가진다. 일반적으로 가사시간이 길면 초기강도의 발현이 늦어지며, 온도가 높아지면 화학반응이 빨라지므로 가사시간은 단축된다.

㉢ 내열성

에폭시나 불포화 폴리에스터 수지는 250℃를 전후로 하여 소량의 가스를 발생하면서 분해하며, 400℃정도에서 수지의 2 ~ 5%가 가스로 된다. 에폭시나 불포화 폴리에스터 수지의 내열온도는 강도 등의 기계적 성능을 고려하여 70℃ 정도가 적당한 것으로 알려져 있다.

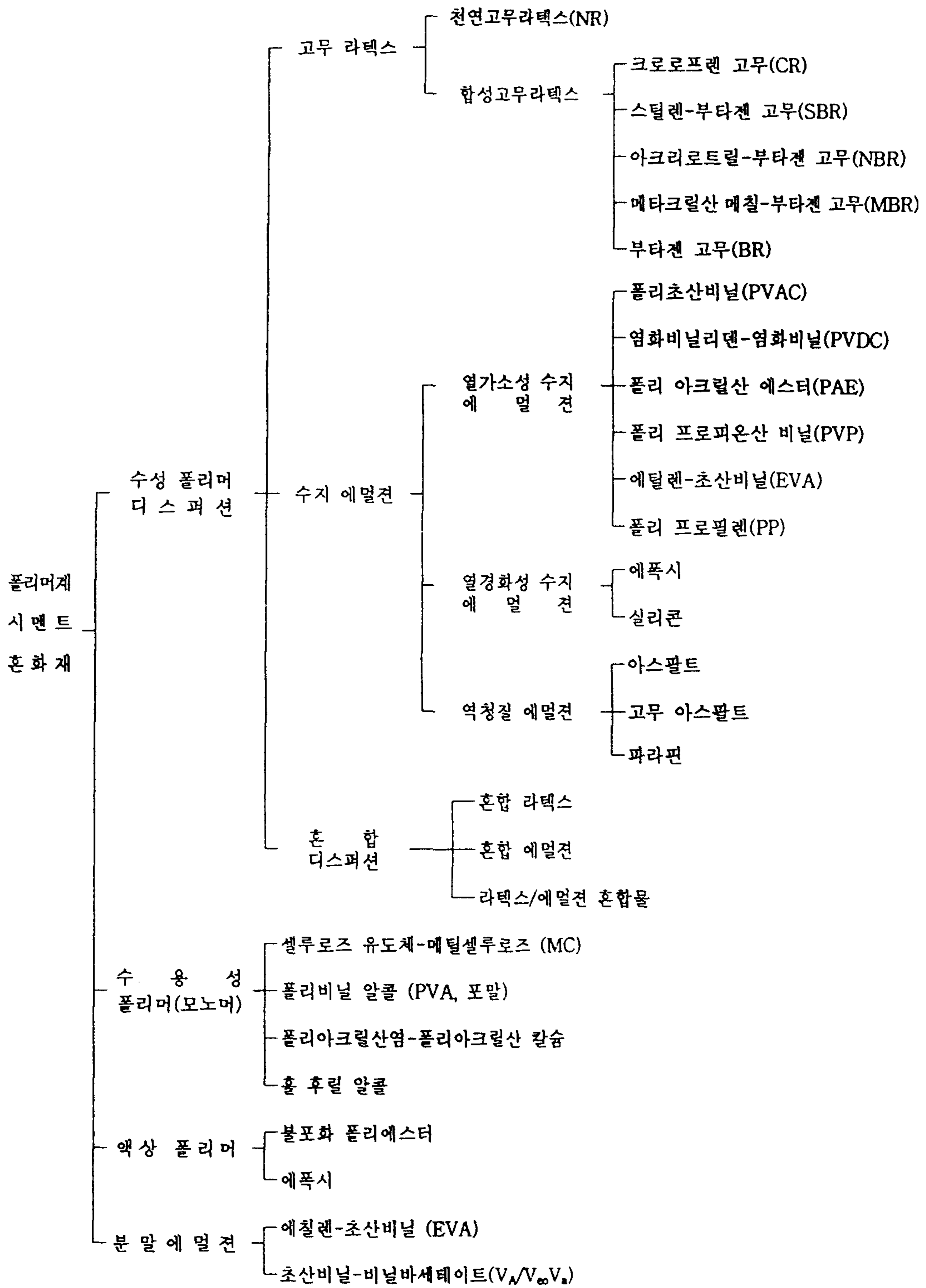


그림 3.8 폴리머계 시멘트 혼화재의 종류

(2) 폴리머계 혼화제

(가) 종류

폴리머계 시멘트 혼화제는 크게 수성 폴리머 디스퍼션과 수용성 폴리머로 나눌 수 있으며, 세부적인 종류는 그림 3.8에 나타낸 바와 같다. 현재 많이 사용되고 있는 것은 스틸렌 부타덴고무(SBR) 라텍스, 폴리아크릴산 에스터(PAE) 에멀전, 폴리산 비닐(PVAC) 에멀전 등의 수성 폴리머 디스퍼션이 있다. 이러한 폴리머계 시멘트 혼화제는 다음과 같은 형태로 사용된다.

① 분말형태의 혼화제로 물을 첨가하여 사용하며, 메틸 셀룰로즈(MC), 폴리 비닐 알콜(PVA) 등이 있다. 미리 시멘트와 혼합하여 포장한 것도 있다.

② 액체상태의 혼화제로서 섞을 때 직접 혼합하며, 폴리아크릴산 에스터(PAE) 에멀전, 스틸렌부타덴 고무(SBR) 라텍스 등이 있다.

(나) 선택기준 및 성질

폴리머계 혼화제는 시멘트와 함께 사용되기 때문에, 균열폭이 0.2mm 이상으로서 비교적 큰 균열에 사용되며 미세한 균열에는 적용이 곤란하다. 그리고 이러한 재료들은 습윤면에 대한 접착력은 크지만, 건조면에 대해서는 드라이아웃에 의한 박리가 일어날 수 있으므로 주의해야 한다.

또한 이 재료는 방청처리제, 단면복구제, 표면피복재로써 사용되는 경우가 가장 많으며, 요구되는 성능은 보수·보강용 주입 그라우트에서 요구되는 것과 거의 동일하다.

폴리머 혼화제를 사용한 폴리머 시멘트 모르타르는 보통 시멘트 모르타르에 비해 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- ① 휨인장강도와 신장능력이 크다.
- ② 방수성이 좋으며, 동결융해 저항성이 크다.
- ③ 건조수축이 작다.
- ④ 콘크리트, 모르타르, 강재 등에 대한 접착력이 좋다.
- ⑤ 내충격성, 내마모성이 크다.

2. 보강재료

가. 보강의 일반사항

구조물의 안전진단 결과 보수만으로 강도와 내구성 및 사용성을 확보 할 수 있다면 보강을 할 필요가 없다. 그러나 이러한 사항들을 보수만으로 해결할 수 없을 경우에는 적절한 재료와 공법으로 보강을 하여야 한다. 이때는 손상의 원인, 재하 조건, 보강의 범위와 규모, 안전성, 경제성, 관리의 용이성 등을 고려하여 보강 계획을 세워야 한다.

보강이 필요한 경우는 구조물의 내하력과 처짐 등을 계산하여야 한다. 부재의 내하력 산출은 기존의 규준 또는 시방서를 이용하며, 건축 구조물의 경우 대한 건축학회 제정 「철근 콘크리트 구조 계산 규준·해설」과 토목구조물의 경우 대한 토목학회 제정 「콘크리트 표준 시방서」에 따른다. 그러나 이와 같은 규준과 시방서는 어디까지나 참고용이며, 현재의 상황을 정확히 파악하여 적용해야 한다. 또한 보강시에는 원래의 구조형태, 하중상태 등을 반드시 파악해야 하며, 보강 작업시에 작용할 수 있는 시공 하중에 대해서도 충분히 검토해야 한다. 그리고 보강 공사시에는 시공 순서를 명확히 하여야 하며, 철거 및 시공 중의 안전사고에 대해서도 대비해야 한다.

나 보강재료

보강재료는 보강공법에 따라 큰 차이를 보이며, 주요 보강공법별 사용재료는 다음 표 3.6과 같다.

표 3.6 주요 보강공법별 사용재료

보 강 공 법	보 강 재 료
강판 접착 공법	강판, 에폭시 수지, 앵커볼트
프리스트레싱 공 법	PC강재, 정착구
단면증가 공법	철근, 콘크리트, PC강재, 에폭시 수지
부재증설 공법	철근, 콘크리트, H 형강, 에폭시 수지, 그라우트재, 앵커볼트

(1) 강재

보강공사에 사용되는 강판, 철근, H형강, I형강 등의 강재는 KS규격에 적합한 것이어야 한다.

이와 같은 보강재는 보강공법에 따라 적합한 것을 선택·사용 해야 하며, 강재와 강재의 접합에는 강재 볼트접합이나 용접이 이용되고, 콘크리트와 강재와의 접합에는 앵커용 볼트가 이용된다.

(2) 탄소섬유 쉬트

탄소섬유는 기본적으로 100%의 탄소원소로 제조된 섬유로서 난연성, 내산성, 내약품성이우수하고 강철보다 강하며 경량이다. 종류에는 크게 PAN계와 피치계의 2가지가 있는데 PAN계는 아크릴 섬유의 원료인 폴리아크릴니트릴을 이용한 것이며, 피치계는 석탄과 부산물인 타르 또는 피치를 이용한 것이다.

이와 같은 탄소섬유가 토목, 건축 등 건설분야에 응용되기 시작한 역사는 짧으나 탄소섬유 쉬트를 이용한 보수·보강공법의 적용실적은 최근들어 급속히 늘어나고 있다. 탄소섬유 쉬트의 종류와 성능의 한 예는 표 3.7과 같다.

표 3.7 탄소섬유 쉬트의 종류와 성능

제품명	섬유중량 (g/m ²)	섬유비중 (g/cm ³)	설계두께 (mm)	인장강도 (폭 50cm 당 ton)	탄성계수 (kg/cm ²)	과단변형도
FTS-C1-20	200	1.82	0.110	19.5	2.35×10 ⁶	0.015
FTS-C1-30	300	1.82	0.165	29.5	2.35×10 ⁶	0.015
FTS-C5-30	300	2.55	0.165	25.0	3.80×10 ⁶	0.008

주 1) 1층당 표준시공 마감두께는 0.6 ~ 1.0mm 임
 2) 탄소섬유 쉬트는 50cm폭의 롤(Roll 50m, 100m)형태로 공급됨.

탄소섬유 쉬트 보강공법은 에폭시 수지와 탄소섬유 쉬트의 성능이 완전히 확인 되어야만 보강재로서의 적용이 가능하다. 따라서 다음과 같은 실험항목에 대한 결과가 확인되어야 한다.

- (가) 재료의 불연성 실험
- (나) 온도변화에 따른 박리성 실험
- (다) 진동하에서의 접착효과 실험
- (라) 휨재하 실험
- (마) 전단 내하력 실험
- (바) 폭로 실험 등

(3) 유리섬유시트

보수용 FRP(fiberglass reinforced plastic)의 구성재료는 에폭시 수지와 유리섬유 시트인데, 유리섬유시트는 다음과 같은 종류의 것들이 사용된다.

(가) 찹드 스트랜드 매트 (chopped strand mat)

9 ~ 12 μ 의 모노필라멘트를 150 ~ 230개 합하여 하나의 가닥으로 만든 후 일정한 크기로 절단하여 무방향성으로 접착시킨 것으로 강도가 다소 약한 재질의 보강재로 쓰인다.

(나) 로빙크로스 (roving cloth)

50 ~ 80개의 가닥(strand)을 엮어서 1개의 로빙으로 만들어 짠 평직의 두터운 천으로서 고강도의 FRP를 얻는데 유효하며 대형 성형품에 널리 사용된다.

(다) 얀 크로스 (yarn cloth)

로빙을 실과 같이 꼬아서 짠 것으로 강도가 가장 높으며, 표면층에 사용한다.

(라) 서페이스 매트 (surface mat)

모노 필라멘트를 무방향으로 접착시킨 것으로서 고운 표면을 성형 할 때 사용하며, 강도는 가장 낮다.

(4) 폴리머계 혼화재

보강재로 사용되는 폴리머계 혼화재는 전술한 보수용 재료에 제시한 것들이 주로 사용된다.

특히 보강공사에서 콘크리트로 부재를 증설 할 경우는 구콘크리트와의 일체성을 확보키 위해 앵커용 철근이나 볼트를 사용한다. 보강용 콘크리트의 배합 설계시에 는 다음 사항을 고려해야 한다.

(가) 물·시멘트비는 워커빌리티를 확보하는 범위 내에서 가능한 한 낮춘다.

(나) 단위 시멘트량 및 단위 수량을 가급적 작게 한다.

(다) 조강성의 시멘트를 사용할 경우 수화열에 의한 균열이 발생하기 쉬우므로 그 특성을 잘 파악한 후 사용한다.

(라) 팽창제 등의 혼화재료를 사용하는 경우에는 사용상의 주의점을 준수한다.

(5) 수지계 결합재

보강재로 사용되는 수지계 결합재에는 폴리에스터 수지, 에폭시 수지 등이 있지만 콘크리트와의 접착성이라든가 시멘트에 대한 내알칼리성 등이 우수한 에폭시 수지계 접착제가 많이 이용된다.

액상 에폭시 수지는 경화반응에 의하여 액상에서 고상으로 전환된다. 이러한 경화반응은 일반적으로 상온에서 일어나는 것과 100℃ 이상의 고온에서 일어나는 것으로 분류되는데, 상온에서의 경화를 cold curing 이라고 하고, 100℃ 이상에서 일어나는 경화를 hot curing 이라고 한다. 토목·건축분야에서는 주로 cold curing type 에폭시 수지를 사용한다.

한편, 보수·보강용 에폭시 수지로서 구비해야 할 주요조건을 열거하면 다음과 같다.

(가) 보 관

제조 후 사용할 때까지 장기간의 보관성이 있어야 한다.

(나) 혼 합

2액형인 경우는 사용직전에 혼합하여 섞어준다. 이 혼합작업은 단시간에 이루어

저야 하며 기포발생이 없어야 한다.

(다) 작업의 용이성

점도가 적당하여 용이하게 도포 또는 주입 할 수 있어야 한다.

(라) 배합비

2액형은 배합비가 틀릴 경우 품질에 이상이 발생되므로 주의를 요한다.

(마) 평탄성

도포한 접착면은 그대로 접합시 까지 방치하여 두는 것이 일반적인데, 이때 부분적으로 현저히 얇은 곳과 두꺼운 곳이 형성되면 충분한 접착강도를 얻을 수 없게 되어 결함부가 발생하므로 주의를 요한다.

(바) 가사시간

접착작업 완료전에 경화가 시작되면 접착효과가 저하되므로, 접착작업을 가사시간내에 완료되지 않으면 안된다. 가사시간은 온도에 의하여 상당히 변화하므로 사용시의 기온에 따라 가사시간이 적절하게 확보 될 수 있어야 한다.

(사) 저압경화

큰 접촉압이 필요한 경우는 시공이 곤란하므로 저압으로 충분한 접착강도를 얻을 수 있는 것이 좋다.

(아) 기계적 성질

인장강도, 압축강도, 휨강도 등의 기계적 성질이 일정수준 이상 확보되어야 한다.

표 3.8 강판용 에폭시 수지의 규격

항 목	시 험 방 법	규 격 치
비 중	20℃주제, 경화제 혼합물 고체	1.1 ~ 1.9 허용오차 5%
점 도	B형 회전점도계	강판압착 공법에 적합한 점도 35,000 ~ 65,000cps
가 사 시 간	온도상승법 Gardner식법	60분 이상
인 장 강 도	20℃, 7일 양생	200 kg/cm ² 이상
휨 강 도	"	400 kg/cm ² 이상
압 축 강 도	"	항복점 700 kg/cm ² 이상
인장전단강도	"	150 kg/cm ² 이상
충 격 강 도	"	2.0 kg/cm ² 이상
인장탄성계수	"	10,000 kg/cm ² 이상
휨 탄성계수	"	"
압축탄성계수	"	"

제 3 절 보수보강 재료의 성능평가

1. 사용재료

가. 보수재료

보수·보강용 재료의 종류는 주입, 함침, 팻칭, 코팅 등 그 공법에 따라 매우 다양하다. 이러한 재료는 크게 무기계와 유기계로 나누어지는 것이 일반적이다.

무기계 재료에는 포틀랜드 시멘트, 급경성 시멘트, 미분말 시멘트, 알루미나 시멘트, 팽창 혼화제, 벤토나이트 등이 있으며, 유기계 재료에는 감수제와 같은 시멘트 혼화제, 아스팔트, 폴리머계 시멘트 혼화제, 폴리머 콘크리트용 수지, 콘크리트 함침용 수지, 균열 주입용 수지, 접착제 등이 있다.

본 연구에서는 근년에 이르러 고분자 화학의 발달에 따라 유기계의 보수재료가 많이 이용되고 있는 만큼 폴리머 콘크리트용 수지인 에폭시 수지와 폴리에스터 수지, 그리고 폴리머 시멘트계 혼화제인 EVA 분말 에멀전, SBR 라텍스를 사용하였다.(표 3.9 참조)

표 3.9 선정된 보수·보강 재료

구 분	계 열	재 료	비 고
보수재	Resin계	Epoxy resin Polyester resin	국내 H사 제품 국내 A사 제품
	Dispersion계	EVA(분말 에멀전) SBR(합성 고무라텍스)	국내 SS사 제품 국내 HE사 제품
보강재	유리섬유	직조형 E-glass	국내 HI사 제품
	탄소섬유	고탄성 탄소섬유	일본 TO사 제품

나. 보강재료

보강재료 역시 보강공법에 따라 사용재료가 다양하며, 최근에는 강재나 쉬트 형태의 섬유인 탄소섬유나 유리섬유를 이용한 보강공법이 주종을 이루고 있다.

강재는 강판, 철근, H형강, I형강, ㄷ형강 등으로서 과거부터 보강재료로서 널리 이용되고 있으나, 강성, 탄성계수, 온도팽창계수 등이 다르기 때문에 시공 후 보강의 안전성을 확보하기 어려운 단점이 있다. 탄소섬유는 토목, 건축 등 건설분야에 응용되기 시작한 역사는 짧으나 이는 기본적으로 100%의 탄소원소로 제조된 섬유로서 난연성, 내산성, 내약품성 등이 우수하고 강재보다 강하고 경량이기 때문에 최근 적용실적이 늘어나고 있다. 또한 유리섬유는 FRP용으로서 촘스 스트랜드 매트, 로빙 크로스, 얀크로스, 서페이스 매트 등이 있으며, 저렴하고 시공이 간편한 장점이 있으나 보강효과 면에서는 강재보다 약간 뒤진다.

본 연구에서는 이와같은 점을 감안하여 농업용 수리구조물과 같은 소형구조물에 적용이 용이한 탄소섬유와 유리섬유를 선정 사용하였다.(표 3.9 참조)

2. 재료의 성능평가

가. 보수재료

(1) 일반적 성질

(가) 에폭시 수지

- 비휘발성 고형물을 갖는다.
- 각종 재료와의 부착성이 우수하다.
- 경화시 불순물이 발생치 않는다.
- 경화후의 수축이 작아 치수의 안정성이 높다.

(나) 폴리에스터 수지

- 경화속도의 조절이 가능하다.
- 내산성 및 내수성이 양호하다.
- 동결융해 저항성이 크다.
- 기계적 강도가 높다.
- 내마모성 및 전기절연성이 양호하다.
- 에폭시 수지보다 가격이 저렴하다.
- 경화수축이 비교적 크다.

(다) EVA 에멀전

- 실리카흙과 폴리머를 포함하는 표준형 시멘트계 레디믹스 모르타이다.
- 사용이 편리한 1성분형 모르타로서 작업성이 좋고 조기에 강도가 발현된다
- 시공후 미장 작업이 가능하며, 내동결융해성이 좋다.
- 낮은 w/c 비 (0.34 ~ 0.38)로 수밀성 및 방수성이 우수하다.
- 황산염에 대한 저항성이 우수하다.

(라) SBR 라텍스

- 일반 시멘트를 사용한다.
- 단위수량이 적게 든다.
- 마감처리가 쉽다.
- 응결속도가 빠르다.
- 부착성이 비교적 우수하다.

(2) 배합비

보수재료의 배합비는 표 3.10에 제시된 바와 같다.

표 3.10 보수재료별 배합비

계 열	재 료	배 합 비 (wt. %)	비 고
Resin계	Epoxy	수지 15, 충전재 15, 모래 70	
	Polyester	수지 16, 충전재 12.6, 모래 71.4	
Dispersion계	EVA	세골재 포함된 파우더 89, 물 11	
	SBR	시멘트 23, 강모래 65, 물 7, SBR 라텍스 5	

(3) 성능시험 방법

(가) 물리적 특성

① 단위용적중량 및 흡수율

보수재료의 단위용적중량은 기건상태의 중량을 체적으로 나누어 구하였고, 흡수율 시험은 KS F 2518(석재의 비중 및 흡수율 시험방법)에 준하여 실시하였다. 이때 시험체의 치수를 5×5×5 cm로 하였다.

• 경화시간

경화시간은 KS F 2484(폴리에스테르 레진 콘크리트의 사용 가능시간 측정 방법)에 제시된 3가지 방법중 관입법 및 감촉법을 병용하여 측정하였다. 이때의 경화시간은 재료를 혼합시부터 측정된 것이며, 시험시의 온도는 10~15 °C, 습도는 50~60 % 였다.

(나) 역학적 특성

① 강 도

압축강도 시험은 KS F 2481(폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 규정된 방법에 의해 수행하였고, 휨강도 시험은 KS F 2482(폴리에스테르 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법)에 규정된 방법에 따랐으며, 인장강도는 KS F 2480(폴리에스테르 레진 콘크리트의 인장강도 시험방법)의 규정된 방법에 의해 실시하였다.

시험체의 크기는 압축강도 및 인장강도의 경우 ϕ 7.5×15 cm 였으며, 휨강도의

경우 6×6×24 cm 였다.

② 탄성계수 및 포아슨비

탄성계수 및 포아슨비는 KS F 2438(콘크리트 원주 공시체의 정탄성계수 및 포아슨비 시험방법)에 규정된 2가지 방법 중 와이어 스트레인 게이지(wire strain gauge)를 사용하는 방법을 채용하였다. 폴리머계 재료는 파괴하중의 1/3, 폴리머-시멘트계 및 시멘트계 재료는 파괴하중의 40%를 반복적으로 가해 얻은 응력-변형률 곡선의 기울기로 부터 얻어진 세컨트계수(Secant Modulus)로 구하였다. 시험체의 크기는 ϕ 7.5×15 cm 이며, 사용된 스트레인 게이지의 크기는 30 mm 였다

③ 충격강도

충격강도 시험방법은 KS에도 몇 가지 규정이 있으나 주로 금속재료에 대한 것으로서 콘크리트에는 적용이 불가능하다. 따라서, 여기서는 강구낙하법에 의해 시험하였다. 이때 충격강도(kg·cm/cm²)는 강구의 무게(kg) × 파괴높이(cm) ÷ 파괴단면적(cm²)으로 구해진다.

④ 부착강도

부착강도 시험방법은 Demura방법을 사용하였다. 시험에는 6×6×12 cm 시험체를 보통 시멘트 콘크리트로 제작한 후 6×6×24 cm 몰드에 각 재료를 타설하여 만든 시험체를 사용하였다. 이때 부착강도는 휨강도와 동일한 식으로 구하였다.

(4) 성능시험 결과

(가) 물리적 특성

① 단위용적중량 및 흡수율

단위용적중량 및 흡수율에 대한 시험결과는 표 3.11과 같이, 4가지 재료 모두 비슷한 값을 보였으나, 기존의 시멘트 콘크리트에 비해 다소 작게 나타났다. 그러나 흡수율은 Resin계가 방수성이 우수함을 알 수 있다.

표 3.11 단위용적중량 및 흡수율

계 열	재 료	단위용적중량(kg/cm ³)		흡수율(%)	
		시험치	평 균	시험치	평 균
Resin계	Epoxy	2,063, 2,084, 2,067	2,071	0.16, 0.18, 0.13	0.16
	Polyester	2,102, 2,040, 2,058	2,066	0.15, 0.19, 0.19	0.18
Dispersion계	EVA	2,159, 2,116, 1,986	2,087	3.94, 3.82, 3.73	3.83
	SBR	2,130, 2,067, 1,964	2,053	2.40, 2.36, 2.40	2.38

② 경화시간

보수재료에 있어 경화시간은 시공시 매우 중요한 요소로서, 경화시간은 경화제의 양과 보수·보강시 온도 및 습도에 영향을 받는다. 이와같은 경화시간은 작업을 할 수 있는 시간과 손상된 구조물을 보수·보강으로 원상을 회복하여 빠른 시간내에 재 사용 할 수 있는 척도가 된다.

본 실험에서 측정된 보수재료의 경화시간은 표 3.12와 같다.

표 3.12 경화시간 시험결과

계 열	재 료	응 결	경 화
Resin계	Epoxy	2시간 30분	4시간 30분
	Polyester	1시간 30분	2시간 30분
Dispersion계	EVA	8시간 30분	14시간
	SBR	8시간	12시간

(나) 역학적 특성

① 각종 강도

Resin계 재료는 재령 7일, Dispersion계 재료는 재령 28일 강도를 기준으로 하여 시험한 결과는 표 3.13과 같다. 이 결과에서 볼 수 있듯이 Resin계가 압축강도 800~1200 kg/cm², 휨강도 230~280 kg/cm², 활렬인장강도 120~140 kg/cm² 로 Dispersion계 재료에 비해 월등히 높게 나타났다.

표 3.13 각종 강도 시험 결과

(단위 : kg/cm²)

계 열	재 료	압축강도		휨강도		활렬인장강도	
		시험치	평 균	시험치	평 균	시험치	평 균
Resin계	Epoxy	851	845	282	279	135	134
		857		277		136	
		828		279		131	
	Polyester	1,072	1,115	221	234	144	126
		1,126		244		120	
		1,149		237		115	
Dispersion계	EVA	373	382	62	62	39	33
		385		67		26	
		389		58		34	
	SBR	353	369	83	83	47	50
		387		87		57	
		369		81		45	

② 탄성계수 및 포아슨비

탄성계수는 응력-변형도 곡선으로 부터 구하였으며, 탄성계수 및 포아슨비의 시험결과는 표 3.14과 같다. 이 결과에서 Resin계 재료는 탄성계수 2.1~2.2 ×10⁵ kg/cm², 포아슨비 평균 0.56으로 압축강도 700~900 kg/cm² 인 시멘트 콘크리트의 탄성계수가 4.5 ×10⁵ kg/cm² 이고 보통 시멘트 콘크리트의 포아슨비가 0.08~0.16 인 것과 비교한다면 탄성계수는 작고 포아슨비는 큼을 알 수 있다. Dispersion계 재료는 2.0~2.1 ×10⁵ kg/cm², 포아슨비 0.22~0.24로 Resin계 재료에 비해 약간 작게 나타났다.

표 3.14 탄성계수 및 포아슨비

계 열	재 료	탄성계수(E, 10 ⁵ kg/cm ²)		포아슨비(ν)	
		시험치	평균	시험치	평균
Resin 계	Epoxy	2.11	2.17	0.55	0.56
		2.19			
		2.22			
	Polyester	2.19	2.19	0.48	0.56
		2.20			
		2.19			
Dispersion 계	EVA	1.88	2.01	0.23	0.23
		2.14			
		1.99			
	SBR	2.00	2.04	0.27	0.24
		2.13			
		1.98			

③ 충격강도

보수재료는 각종 구조물에 사용되므로 충격에 대한 영향도 고려하여야만 한다. 표 3.15은 보수재료에 대한 충격강도 시험결과를 나타낸 것이다. Resin계 재료의 충격강도는 2.2~2.5 kg·cm/cm²로 Dispersion계 재료의 충격강도 1.1~1.3 kg·cm/cm²에 비해 2배 정도 높게 나타났다.

표 3.15 충격강도 시험결과

계 열	재 료	추무게 (kg)	파괴 높이(cm)		파괴단면적 (cm ²)	충격강도 (kg·cm/cm ²)
			시험치	평균		
Resin 계	Epoxy	1	85, 80, 80	81	36	2.25
	Polyester		90, 87, 92	89		2.47
Dispersion 계	EVA		45, 40, 40	41		1.13
	SBR		45, 50, 45	46		1.27

④ 부착강도

보수재료의 적용에 있어 원재료와 보수재료 간에 부착이 불량하면 보수효과가 없기 때문에 부착강도는 중요하다. 휨강도를 구하는 것과 동일한 식을 사용하여 구한 부착강도는 표 3.16과 같다. 이 결과에서 Resin계 재료의 부착강도는 55~70 kg/cm² 으로 Dispersion계의 30~35 kg/cm²에 비해 2배 정도 높게 나타났다.

표 3.16 부착강도 시험결과

계 열	재 료	부착강도(Kg/cm ²)	
		시험치	평균
Resin 계	Epoxy	62, 68, 72	67
	Polyester	56, 62, 54	57
Dispersion 계	EVA	32, 31, 28	30
	SBR	41, 36, 30	35

나. 보강재료

(1) 일반적 특성

(가) 탄소섬유 쉬트

탄소섬유 쉬트 보강재는 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

- ① 비중이 철의 1/4 ~ 1/5 정도로서 경량임.
- ② 인장강도는 철의 10배 정도(25,000~50,000 kg/cm²)이며, 인장탄성계수는 철과 같거나 그 이상 (2.0~7.0×10⁶ kg/cm²)임
- ③ 내구성이 우수하며 피로강도가 높고 부착성이 양호함.

(나) 유리섬유 쉬트

유리섬유는 다음과 같은 성질을 갖고 있다.

- ① 인장강도, 비인장강도가 대단히 크다.(비중 2.49~2.60 , 인장강도 200 kg/mm², 비인장강도 78.5 kg/mm²)
- ② 탄성한도내의 변형도가 크고 인장강도가 대단히 높으므로 충격에너지의 흡수량이 크다.
- ③ 열전도율이 0.8~0.9 Kcal/mh℃ 이고 내열성이 우수하다.
- ④ 단단하며 모오스 경도가 6~7 이다.
- ⑤ 불연성, 화학적 내구성이 우수하다.(글라스 크로스, mat 등은 가연성 고분자물질 부착)
- ⑥ 비흡수성으로 표면수분 흡착율이 0.3% 이하이다.
- ⑦ 투명성이 양호하며, 굴절을 1.52~1.55(560 μm, 32℃)이다.
- ⑧ 전기적 저항성이 우수하다.

(2) 보강재의 성능시험

보강재로 사용되는 탄소섬유 쉬트와 유리섬유 쉬트의 물리·역학적 성능은 표 3.17과 같다.

표 3.17 보강재의 물리·역학적 성능

항 목	탄소섬유 쉬트	유리섬유 쉬트
주재료	Carbon	Glass
섬유중량(g/m ²)	300	300
섬유비중(g/m ²)	2.55	2.55
설계두께(mm)	0.165	0.118
설계강도(kg/cm ²)	30,000	15,000
탄성계수(kg/cm ²)	3.8×10 ⁶	7.4×10 ⁵
극한변형율	0.8	2.1

표 9와 같은 성능을 가진 탄소섬유 쉬트 및 유리섬유 쉬트 보강재를 고강도인 폴리머 콘크리트로 제조된 10×10×35 cm 크기의 각주형 몰드의 하단에 1층, 2층, 3층으로 보강하여 3등분점 재하법에 의해 시험한 결과는 표 3.18 및 표 3.19와 같다.

이 결과에서 볼 수 있듯이 보강 층수의 증가에 따라 항복점 및 파괴점 하중은 증가했으며, 탄소섬유가 유리섬유 보다 월등한 보강효과를 발휘하는 것으로 나타났다.

표 3.18 탄소섬유 보강 시험체의 휨시험 결과

구 분	항복점		파괴점	
	하중값	증가율	하중값	증가율
무보강	8.5	(100)	9.2	(100)
1층보강	11.2	(131)	17.3	(188)
2층보강	15.2	(178)	23.8	(258)
3층보강	16.8	(191)	27.7	(301)

표 3.19 유리섬유 보강 시험체의 휨시험 결과

구 분	항복점		파괴점	
	하중값	증가율	하중값	증가율
무보강	8.5	(100)	9.2	(100)
1층보강	9.8	(116)	11.1	(121)
2층보강	10.4	(123)	11.8	(128)
3층보강	10.7	(126)	12.3	(134)

제 4 절 결 론

본 연구는 농업용 수리구조물용 보수보강 재료의 선택기준과 물리·역학적 특성 등 성능평가를 실험적으로 구명한 것으로서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 염해, 알칼리 골재반응, 중성화, 동해 등 콘크리트의 일반적인 성능저하 원인 및 보수재료로서 요구되는 성능과 재료의 선택기준을 제시하였다.
2. 각종 보강공법별 시용재료를 조사분석하고 이에 대한 성질을 규명함으로써 보강재료의 선택기준을 제시하였다.
3. 현장적용을 위해 보수재료는 Resin계 2종, Dispersion계 2종을 선정하였고 보강재는 섬유 쉬트계 2종을 선정하여 이에 대한 물리·역학적 성능을 실험적으로 구명하였던바 보수보강 재료로서 성능이 우수한 것으로 판명되었다.
4. 그러나 보수재료에 대한 물리·역학적 특성과 보강재료에 대한 보강효과가 종류에 따라 다소의 차이를 나타내고 있으므로 농업용 수리구조물의 손상원인과 정도에 따라 적당한 재료를 선택적용해야 할 것이다.
5. 이상의 결과에서 본 연구에서 선택시험된 보수보강재료는 농업용 수리구조물의 보수보강 재료로서 충분히 적용 가능함을 확인 할 수 있었으며, 이에 대한 연구 결과를 토대로 앞으로 다양한 재료의 발굴과 더불어 새로운 공법의 개발이 이루어져야 할 것이다.

여 백

제 4 장

사례별 보수보강 공법연구

여 백

제 4 장 사례별 보수보강 공법연구

제 1 절 서론

콘크리트 구조물은 여러 요인에 의하여 손상을 입게 된다. 이와 같이 손상을 입은 콘크리트 구조물은 보수 및 보강에 의해 원상을 회복시킬 수 있다.

일반적으로 보수(repair)란 손상된 콘크리트 구조물의 내구성, 안전성, 미관 등 내하력 이외의 기능을 회복시킴을 목적으로 하는 것이며, 보강(rehabilitation)이란 손상에 의해 저하된 콘크리트 구조물의 내하력을 회복시킴을 목적으로 하는 것으로 정의된다.

보수 및 보강공법은 구조물의 종류나 사용환경에 따라 손상의 정도라든가, 이로 인한 구조물의 성능 저하 형태가 다르기 때문에 그 선택에 있어서 신중을 기하지 않으면 안된다.

즉 콘크리트 구조물의 내하력·내구성, 수밀성 등 제반 성능 저하원인이 복잡하여 정확한 원인분석이 선행되어야 한다. 아울러 콘크리트 구조물의 보수보강은 설계단계에서 시작하여 시공과정에서 끝나는 것이 아니고, 필요에 따라 구조물이 존재하는 기간 중에 계속이루어져야 한다. 한편, 콘크리트 구조물의 설계·시공에 관한 기술은 비약적인 발전을 거듭하고 있는데 비해 성능저하에 따른 보수보강 대책에 관한 기술 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정에 있다.

특히 콘크리트 구조물의 보수보강공법 또한 경우에 따라 적용방법이 상당히 다르기 때문에 많은 이론적 연구와 실무경험을 필요로 한다. 그러나 우리나라에서는 보수보강공법 역시 연구결과에 대한 근거를 두지않고 오직 경험에 의해 시공을 하고 있는 것이 오늘의 현실이다.

이와 같이 보수보강은 재료나 공법은 매우 복잡한 것으로서 이들을 모두 다룰 수가 없으므로, 본 연구에서는 성능이 저하된 콘크리트 구조물에 대한 보수보강공법의 일반사항을 제시하고 몇 가지 농업용 수리구조물에 적용 가능한 보수보강 재료의 선택과 공법을 구명 코저 한다.

제 2 절 보수보강 공법의 일반사항

1. 보수공법

가. 표면처리공법

(1) 균열의 성장이 정지된 경우

균열의 성장이 정지된 상태에서는 단순히 표면처리 하여 보수 할 수 있다. 즉, 균열선을 따라 폭 50~100 mm 를 와이버 브러쉬로 닦아 낸 후 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터(두께 약 2mm 정도)로 균일하게 도포한다.(그림 3) 이때 사용되는 폴리머는 부착성·방수성은 물론 어느 정도의 가요성을 가진 디스퍼션이 적합하다.

콘크리트 표면에 미세한 균열(0.3mm)이 많이 있는 경우도 같은 방법으로 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터를 도포하는 경우가 있으나, 재료를 기계로 분무하여 보수하는 방법도 있다. 분무보수는 균열이 진행되지 않는 경우에 시공하는 것이 원칙이다.

(2) 균열의 성장이 진행되는 경우

균열의 성장이 진행될 때 경화 후의 재질이 단단한 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터로 보수를 하면, 보수 부위에 다시 균열이 발생하므로 변형성, 신장성이 큰 재료를 사용하여야 한다.

즉, 균열면을 와이어 브러쉬로 완전히 청소한 후, 균열선을 중심으로 폭 10~15 mm 테이프를 부착하고, 테이프를 중심으로 폭 30~50 mm, 두께 2~4 mm로 시일재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프 사이에서 흡수할 수 있도록 한다.(그림 4)

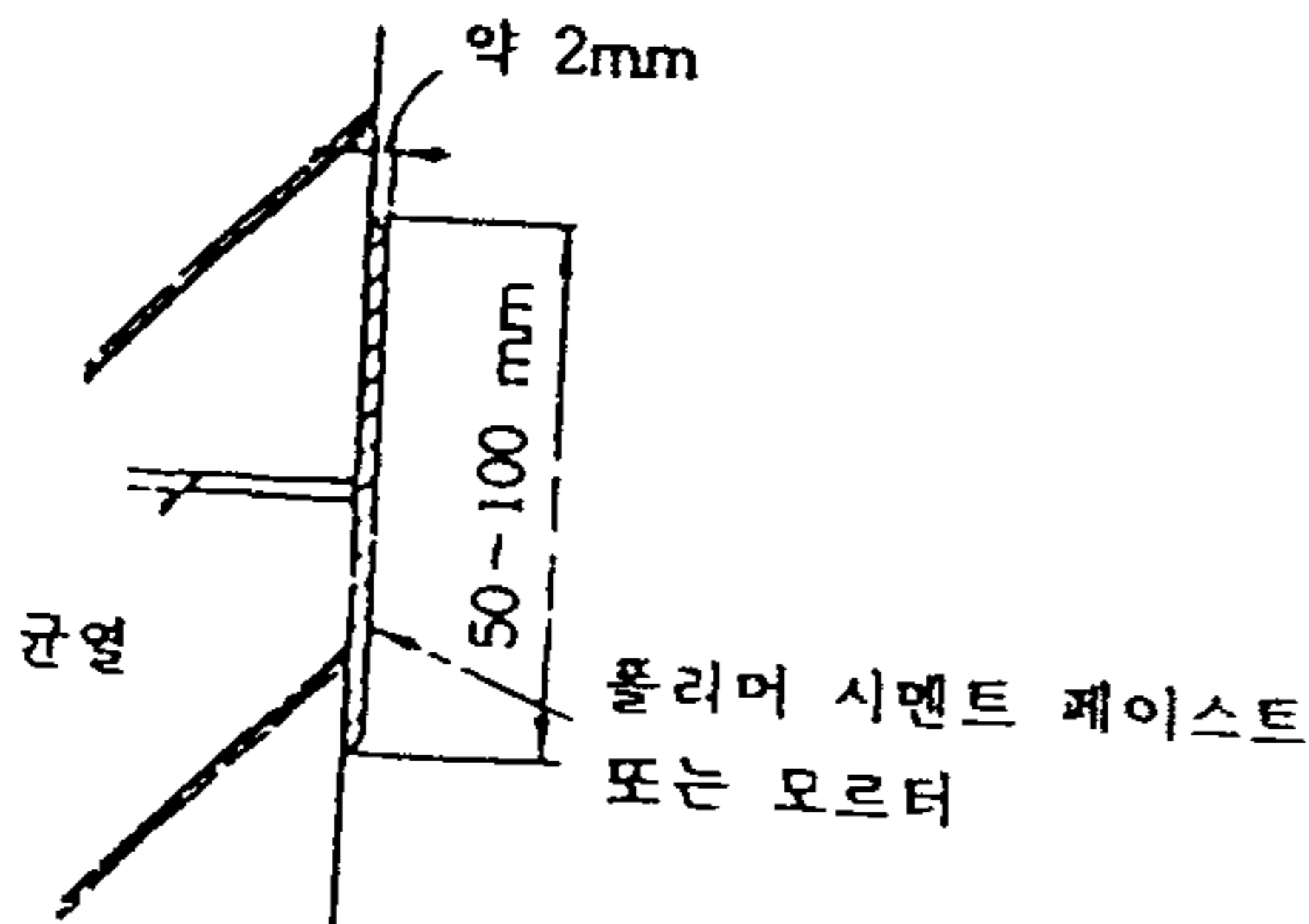


그림 4.1 균열의 성장·진행이 없는 경우의 도포 보수법

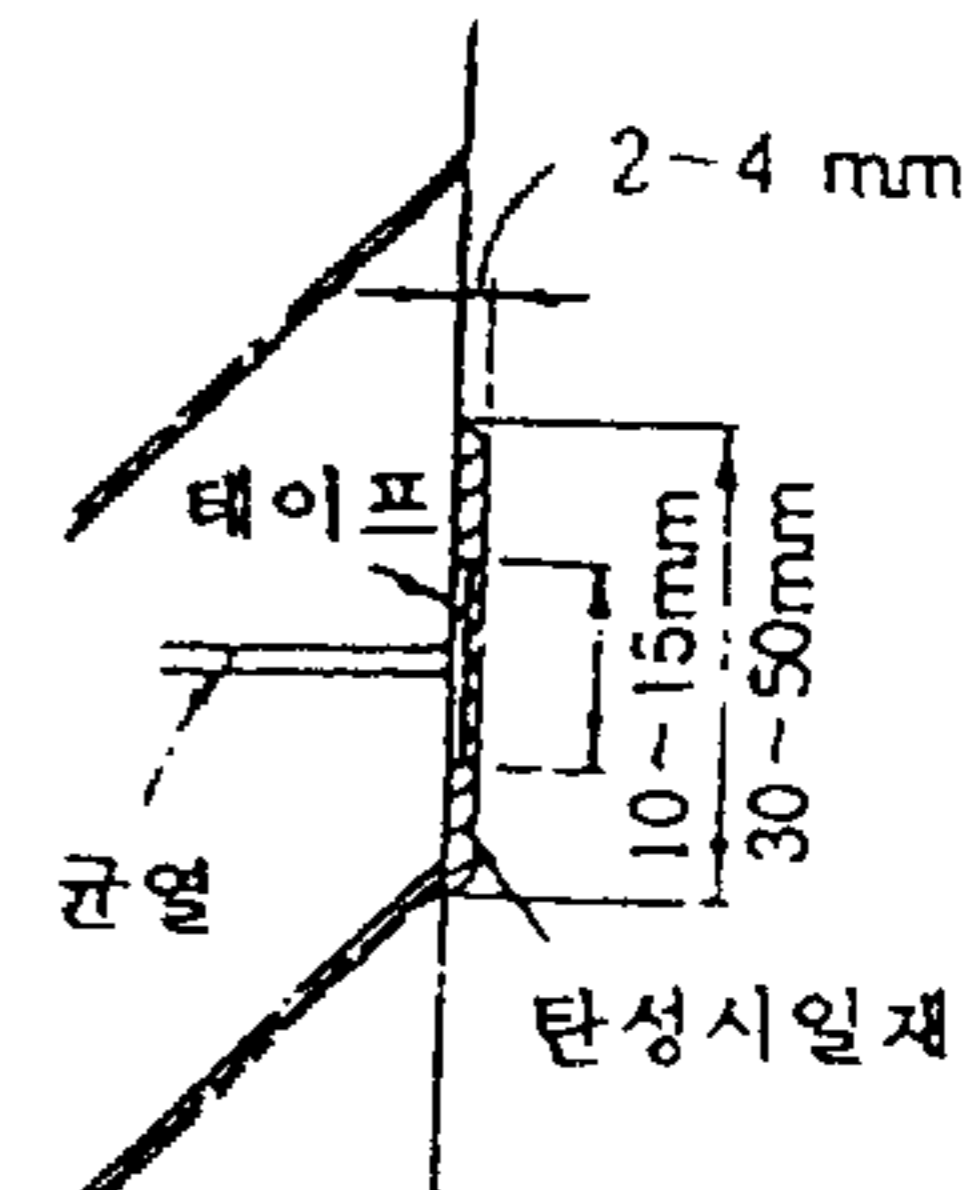


그림 4. 균열이 성장·진행하고 있는 경우의 도포 보수법

나. 주입공법

주입공법에는 주로 에폭시 수지가 사용되며, 종래에는 수동식 기계주입방법이 많이 이용되었다. 이러한 방법은 주입량을 파악할 수 없으며 관통하지 않는 균열은 구석까지 재료를 주입하기가 곤란하다. 또한 주입압력이 너무 높으면 균열을 넓혀 주는 등의 문제점이 있으므로 저압저속의 주입공법을 택해야 된다. 주입공법에 의한 보수방법의 예를 그림 4.3에 나타내고 있다.

저압저속 주입공법은 주입량 파악이 쉬우며, 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있으나, 주입기에 주입재료가 남아서 재료손실이 많아지는 경우가 있다.

에폭시 수지 주입공법을 적용할 때는 충분한 가사시간과 균열폭에 적합한 점도를 가진 재료를 선정하는 것이 중요하다. 점도는 용제를 넣어 조절할 수 있지만, 과다하면 접착력이 저하되므로 주의해야 한다.

진행중인 균열의 경우 변형성이 작은 에폭시 수지 (일반적으로 2% 정도)를 사용하면 보수한 균열 부근에 새로운 균열이 발생하는 경우가 많다. 따라서 이와 같은 경우에는 가요성의 에폭시 수지를 사용하거나 충전공법을 사용할 필요가 있다.

에폭시 수지 주입공법과 스테인레스 핀을 병행사용하여 균열부의 일체성을 높임으로써 온도 변화에 의한 균열의 움직임을 적게 하는 방법도 있다.

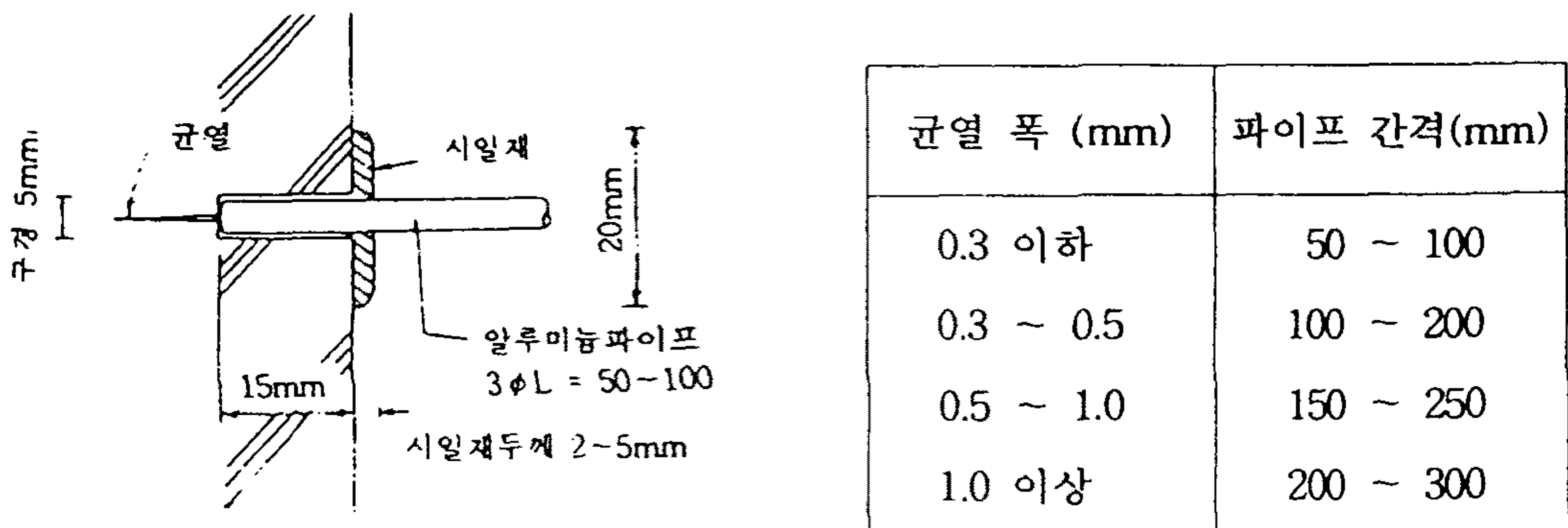


그림 4.3 주입공법의 일례

다. 충전 공법

비교적 큰 폭의 균열(0.5mm) 보수에 적합한 공법으로, 균열선을 따라 콘크리트를 제거하고 이 부분에 보수재를 충전하는 방법이다. 이 공법은 철근의 부식여부에 따라 보수방법을 달리 하여야 한다.

(1) 철근이 부식하지 않은 경우

그림 4.4에 나타난 바와 같이 균열선을 따라 약 10mm 폭으로 콘크리트를 U형 또는 V형으로 절단한 후, 절단부분에 폴리머 모르타르나 폴리머 시멘트 모르타르를 충전한다. U형으로 절단 방법은 균열선을 중심으로 양쪽에 커터로 홈을 낸 후 그 사이의 콘크리트를 제거하는 것이며, V형 절단 방법은 원추형의 다이아몬드 조각을 전동 드릴 끝에 장착하여 균열선을 따라 제거하는 방법이다. V형으로 절단하는 방법은 간단하지만 폴리머 시멘트 모르타르로 충전하는 경우는 박리현상이 일어나기 쉬우므로 U형 절단방법을 사용하는 것이 바람직하다.

(2) 철근이 부식된 경우

그림 4.5에 나타난 바와 같이 철근이 녹슬면서 부식한 부분을 제거하고 철근에 방청처리를 한 후 폴리머 모르타르나 폴리머 시멘트 모르타르로 충전한다. 이 방법은 철근이 부식된 철근콘크리트 구조물의 내구성 회복을 목적으로 한 것으로서 여러가지 공법이 개발되어 있다. 주된 것으로는 ① 보수재료를 사용하여 물리적으로 부식을 방지하는 방법, ② 콘크리트에 알칼리성을 갖게 하여 화학적으로 부식을 억제하는 방법, ③ 상기 두가지 방법을 조합한 방법이 있다.

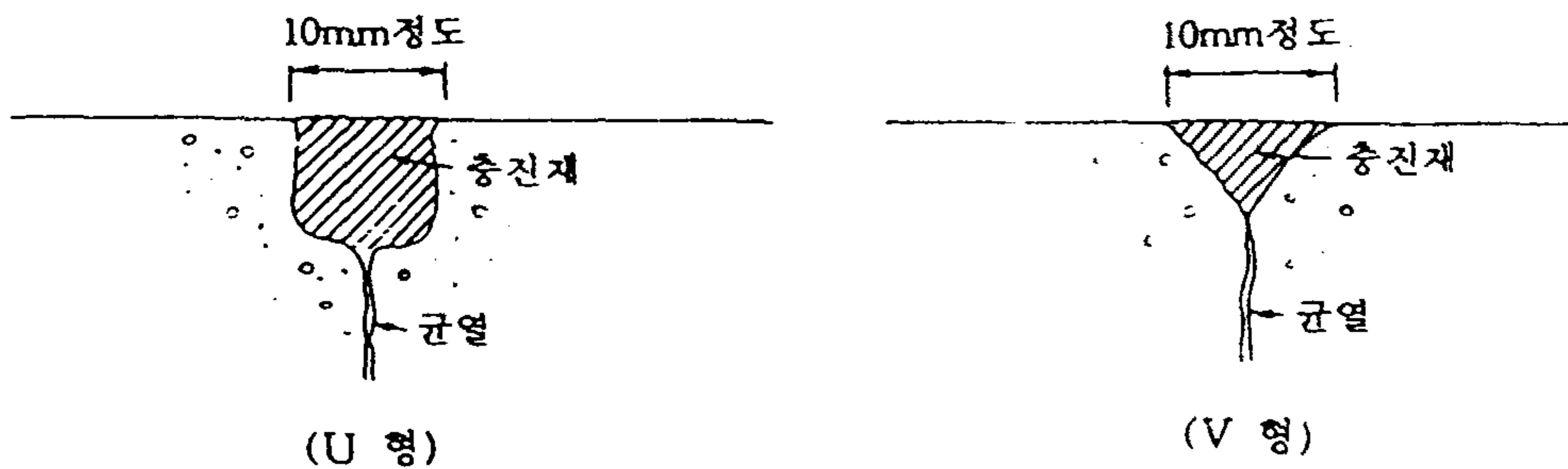


그림 4.4 철근이 부식하지 않은 경우의 충전공법

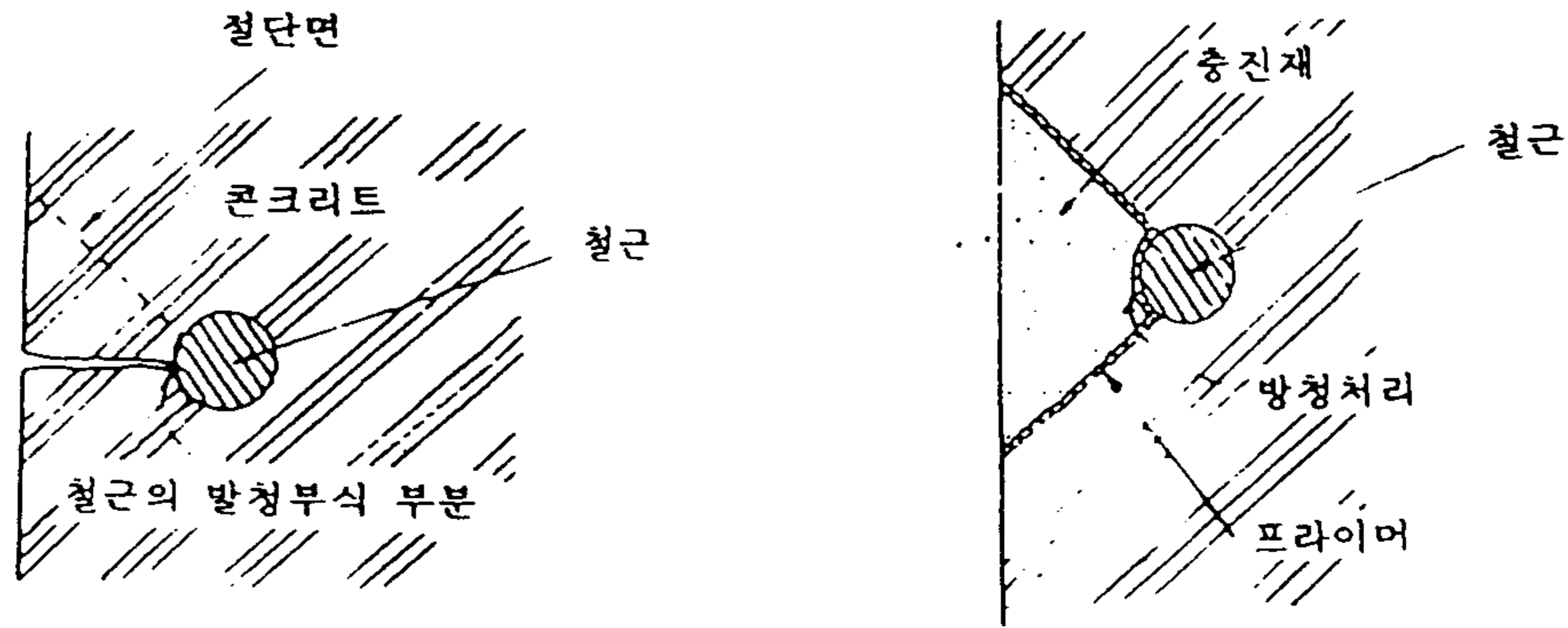


그림 4.5 철근이 부식된 경우의 충진공법

(3) 균열의 진행이 없는 경우

균열선을 따라 약 10mm를 한번으로 하는 정삼각형(V형)으로 절단하여 완전히 제거한 후 겔 상태의 에폭시 수지를 주입한다.(그림 4.6) 겔 상태의 에폭시 수지란 중량비로 에폭시 수지 1에 대해 규석분 2.5 ~ 3.5를 혼합·교반한 것이다. 바닥 슬래브의 경우는 V형으로 절단한 후 저점도 에폭시 수지를 주입하여 충진한다.

(4) 균열이 진행되는 경우

이러한 경우는 변형력, 신장력이 큰 재료가 유리하며, 재료로서는 겔 상태의 에폭시 수지 대신에 탄성 접착제를 사용한다. 이 경우 V형으로 절단된 면에 에폭시 수지를 프라이머로 도포하면 접착력을 향상시킬 수 있다.

(5) 누수 또는 용출수가 있는 경우

누수 또는 용출수가 있는 경우 보수에 의해 물을 차단하면 수압 때문에 보수한 부근에서 누수가 되므로 도수관을 설치하여 자연도수가 되도록 하여야 한다.(그림 4.7)

즉, 균열선을 따라 V형(폭, 깊이 모두 50~70 mm)으로 절단하여 절단부 구석에

투수성 스폰지, 집수용 파이프와 도수용 호스를 장진하고, 급결성 시멘트 모르터로 임시 막아놓은 다음, 몇 군데 설치된 파이프를 한 곳으로 모아 배수시킴으로써 균열 부에서의 누수와 용수를 방지하여야 한다.

임시용 급결성 시멘트 모르터는 장기간의 수압에 견디지 못하므로 외부에 습윤용 프라이머를 도포한 다음 에폭시 폴리머 모르터로 보완해 주어야 한다.

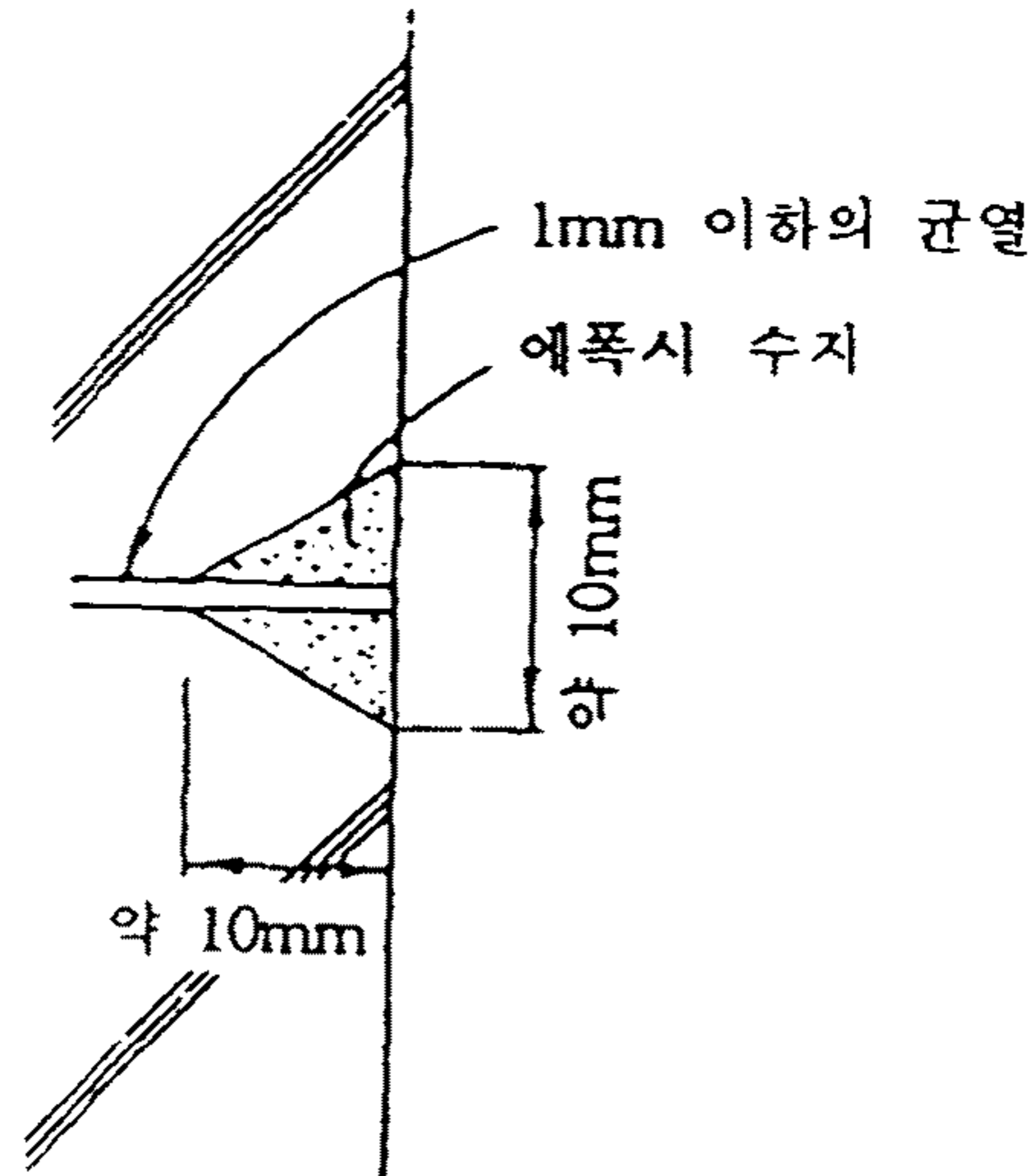


그림 4.6 균열의 성장·진행이 없는 경우의 V-Cut 보수법

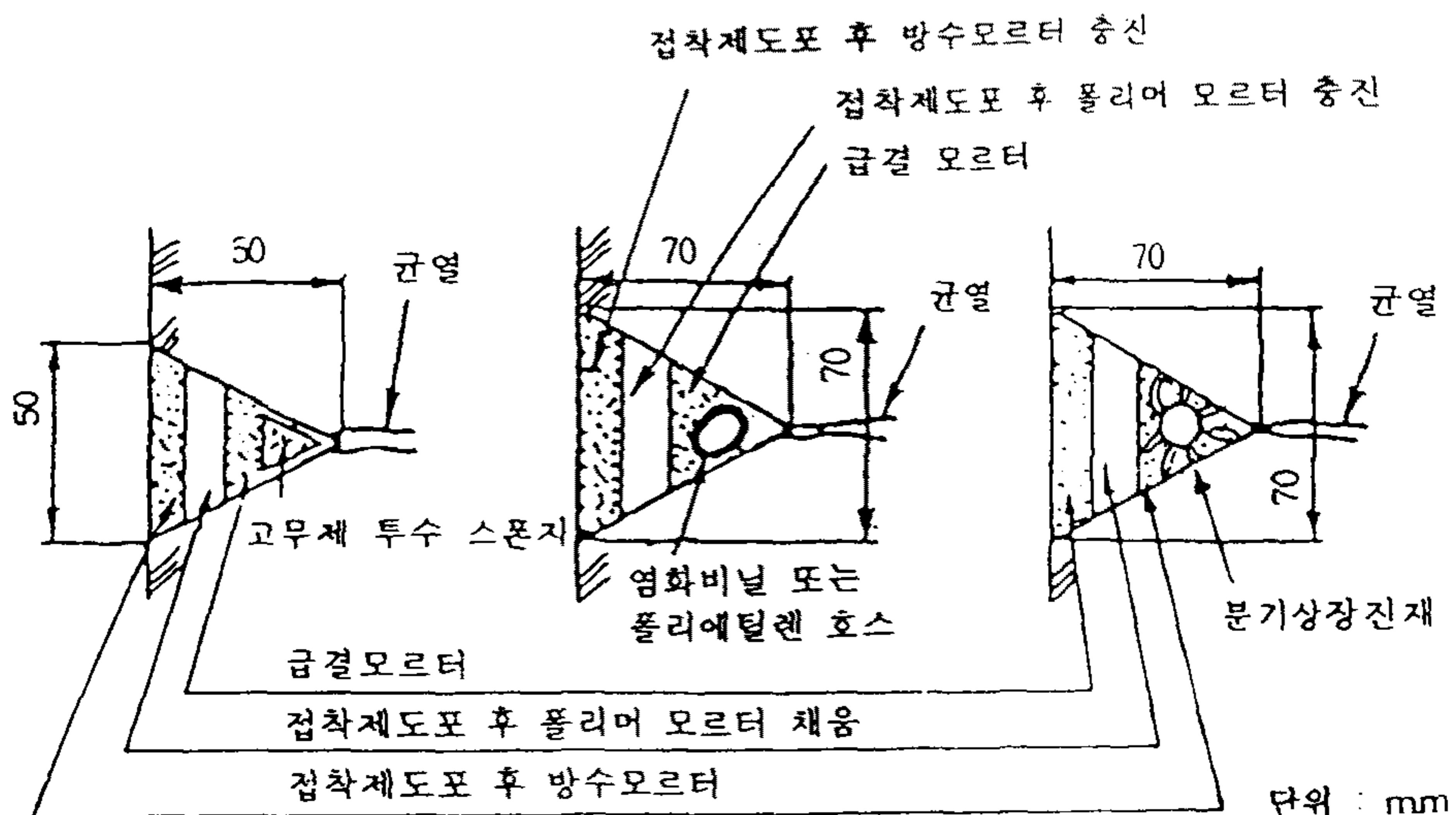


그림 4.7 누수 중인 균열의 보수법

라. 치환 공법

도로교에서 가장 손상을 받기 쉬운 철근 콘크리트 상판의 보수에 자주 사용되는 공법이다.

(1) 전면적인 치환

상판 전체에 파손이 심한 경우는 파손된 상판을 철거하고 새로 치환하는 방법이 사용된다. 보수 후의 내하력을 확실히 기대할 수 있으며, 공사비도 그다지 높지 않아 권장할 만하다. 단지, 장기간에 걸쳐 전면적으로 교통통제를 해야 하는 점이 문제라 할 수 있다.

(2) 부분적인 치환

상판이 부분적으로 파손된 경우는 파손 부위만을 제거하여 새로운 콘크리트로 치환하는 방법이며, 이 경우는 전면적으로 교통통제를 하지 않고도 시공이 가능하다.

부분적인 치환인 경우에는 신·구 콘크리트가 일체화 되도록 접착제를 충분히 도포 하는 등 연결부 처리에 신중을 기하여야 한다.

어느 경우에도 치환부분에는 가능한 한 조강성이며, 건조수축이 작고, 부착성이 좋은 보수재료를 사용해야 한다.

도로교 상판의 부분적 치환공법의 시공순서는 다음과 같다.

- ① 보수부분을 제거한 후 강제 형틀을 삽입한다. 이 강제 형틀을 제거하지 않으면 보수 후 하부철근과 같은 작용을 기대할 수 있다.
- ② 부착성을 좋게 하기 위해 형틀 및 연결부에 프라이머를 도포한다.
- ③ 에폭시 수지나 불포화 폴리에스터 수지를 결합재로 하는 폴리머 콘크리트를 타설한다.

마. 기타 공법

(1) 침투성 도포 방수제에 의한 누수방지

이 공법은 표면부가 전반적으로 노후되어 있거나 0.2mm정도 이하의 미세한 균열을 갖는 경우 적용되며, 균열폭이 큰 경우는 부적당하다. 근년에 이르러 우리나라에서 널리 이용되고 있는 보수공법 중의 하나이다.

(2) 염화물에 의한 철근부식으로 인해 발생한 균열의 보수

콘크리트속의 염화물에 의해 철근이 부식하고, 이에 의해 균열이 발생한 경우의 보수는 충전공법에서 제시된 “철근이 부식된 경우의 균열 보수”와 같은 방법으로 한다.

콘크리트속의 염화물이 바다모래의 사용 정도에 의한 경우는 균열부분을 전술한 방법에 따라 보수한 후 콘크리트 표면에 폴리머 라이닝을 하여 철근부식의 원인인 물과 산소를 차단시키도록 한다.

그러나, 염화물이 대량으로 콘크리트속에 들어 있는 경우는 철근 반대쪽까지 콘크리트를 제거하고 충전공법으로 보수해야 하며, 표면부를 폴리머로 라이닝 할 필요도 있다.

(3) 반응성 골재에 의해 발생한 균열의 보수

반응성 골재에 의한 균열은 일반적으로 진행성이며, 특히 보강 철근량이 적은 경우는 균열폭을 크게 하는 특징이 있다. 이러한 균열의 보수방법으로서는 가요성에 폭시 수지의 주입 및 방수효과가 있는 도포재를 도포하여 외부로부터의 수분침입을 막는 방법이 있다.

알칼리 골재반응은 외부로부터의 수분침입을 막아서 억제시키는 것이 일반적이지만, 내부에 포함되어 있는 수분만으로도 반응이 진행되는 경우가 있으므로 반응성 골재에 의한 균열보수는 외부로부터의 수분침입 차단과 함께, 콘크리트 내부의 수분을 증발시킬 수 있는 대책도 병행되어야 한다.

2. 보강공법

가. 강판접착공법

강판접착공법은 콘크리트 부재의 인장축 외면에 강판을 접착시켜, 기존의 콘크리트와 강판을 일체화시킴으로써 철근과 같은 보강효과를 얻는 공법이다. 일반적으로 기존 콘크리트 부재에 사하중과 활하중이 작용하였을 때, 부족한 활하중 부분을 접착 강판에서 받도록 한다. 접착용 강판의 두께는 4.5~6 mm 정도의 것이, 그리고 접착제로는 에폭시 수지가 사용된다. 강판을 접착한 공법에는 압착공법과 주

입공법이 있으며, 그 내용은 다음과 같다.

(1) 압착공법

이 공법은 콘크리트면 및 강판접착면에 에폭시 수지를 각각 1~2 mm 정도 균일하게 도포하고, 미리 콘크리트면에 고정시킨 앵커볼트 등에 의해 강판을 콘크리트면에 압착하는 공법이다. 이 경우 에폭시 수지의 일부를 압착하여 밀어냄과 동시에, 접착면 및 수지에 포함된 기포를 제거하면서 시공한다.

이것은 주로 콘크리트 면이 평평하여 요철이 없고, 콘크리트면에 압착용 앵커볼트를 고정 할 수 있거나 또는 재 등으로 압착 할 수 있는 곳에 적용된다. 부분적으로 요철이 있는 경우는 결형태의 에폭시 수지를 사용하여 평형하게 하고 그라인더 등으로 깎아서 마무리 한 다음 시공토록 한다.

압착력은 보통 5 t/m²으로서 이는 잉여수지가 공극을 완전히 채우고 유출되어, 최종접착층의 두께가 0.3 mm 정도가 되는 경우를 목표로 정한 것이다. 따라서, 접도가 높은 상태의 접착제를 사용하는 경우에는 이 압착력에 대해 재검토 할 필요가 있으며, 이때는 앵커강도도 확인되어야 한다.

또한 강판자체에 변형이 있을 경우 압착시 무리하게 콘크리트면에 접착시키는 것은 압착 지지대를 철거시킬 때 강판이 원래상태로 전환하려고 하는 응력에 의하여 박리현상이 발생할 가능성이 있기 때문에 주의를 요한다.

(2) 주입공법

이 공법은 콘크리트면과 강판면 사이에 스페서 등으로 2~6 mm 정도 간격을 유지 시킨 상태에서 주변을 실링하여 한쪽방향에서 접도가 낮은 에폭시 수지를 주입하여 접착하는 공법이다.

이 공법은 약간의 기포가 남을 염려가 있고, 콘크리트면이 평탄하지 않은 경우 라든가 일부분 또는 전면이 곡면으로된 경우 강판을 접착하는데 적용된다. 어떤 공법을 사용하는가 하는것은 기존의 콘크리트 상태, 시공조건 등에 따라 차이는 있지만, 사용 수지량이 적고, 시공시간이 단축되는 압착공법을 사용하는 경우가 많다.

양자의 보강효과를 비교 실험해보면 균열발생 하중 등에 약간의 차이가 있기는 하지만, 실제적용에 있어서는 큰 차이가 없는 것으로 되어 있다. 그러나 어느 방법이라도 시공 방법에 따라 효과가 달라지기 때문에 적절한 에폭시 수지의 선택과 함께 시공관리가 중요하다.

나. 탄소섬유 쉬트 보강공법

탄소섬유는 보강용 신소재로서 근년에 토목·건축물의 보강용으로 응용되기 시작하여 상당한 관심을 불러 일으키고 있다. 우리나라에서는 아직 도입단계에 있으나 일본 등 외국에서는 많은 시공실적을 가지고 있다.

탄소섬유 쉬트 보강공법의 대체적인 시공요령을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 탄소섬유 쉬트 보강을 위해서는 우선 콘크리트 면을 처리해야 하며 그 요령은 다음과 같다.

(가) 부착콘크리트 표면의 열화층(풍화, 레이턴스, 박리모르터, 페인트, 오염물질)을 완전히 제거한다. 연마에 의한 미립분은 압축공기로 제거하고, 만약 물로 청소하는 경우는 충분히 건조시키도록 한다.

(나) 철근의 노출이 있는 경우에는 방청처리를 하고, 콘크리트 강도 이상의 폴리머 모르타라든가, 폴리머 시멘트 모르타로 완전복구시킨다. 그리고 균열 부위에는 에폭시 수지를 주입하여 보수하고, 표면의 평활도가 1mm 이내가 되도록 마감처리한다.

(다) 반경이 R=10mm 이상이 되도록 모서리 부분을 마감처리하여야 한다.

(2) 일단 콘크리트 표면이 마감되고 나면 탄소섬유 쉬트의 접착 단계로 들어간다. 이 때 기온이 5℃ 이하로서 결로의 가능성이 있는 경우는, 시공부분의 온도, 습도 등을 확인하여 적절한 프라이머로 처리해야 한다.

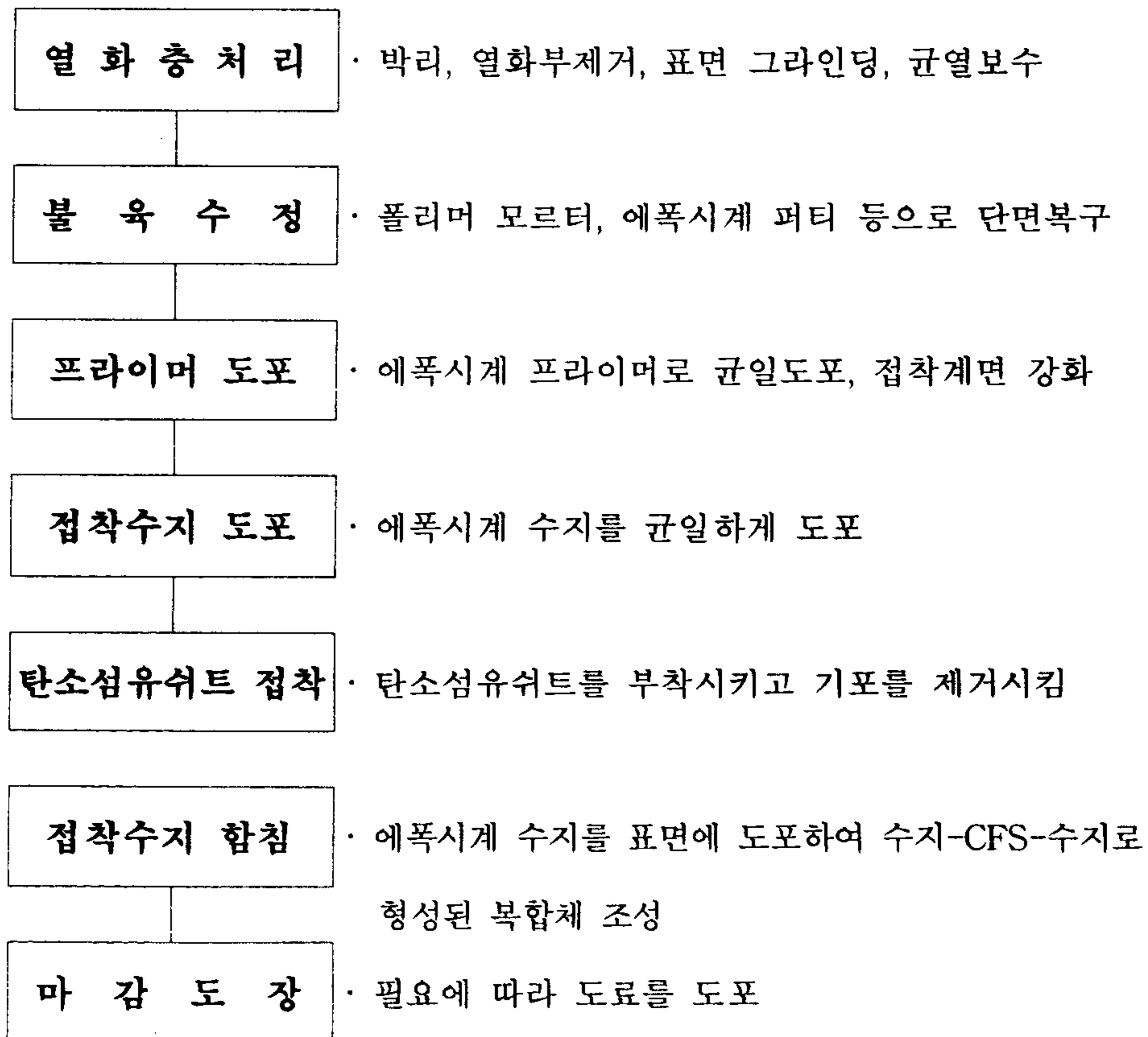
(가) 프라이머의 주제와 경화제는 정해진 비율에 따라 약 2분간 잘 혼합한다. 이때 전동 믹서를 이용하는 것이 유리하며, 1회의 혼합량은 시공 가능한 양만큼만 한다. 필요한 경우에는 2회 도포하고 3시간~12시간 정도 경화시킨다.

(나) 탄소섬유 쉬트를 절단하고 ①의 방법에 의해 수지를 도포한 후 탄소섬유 쉬트를 부착시킨다. 부착 후 30분 이상 경화시켜야 하며, 들뜰 때는 롤러로 다시 압착시킨다.

(다) 그 후 수지를 탄소섬유 쉬트 표면에 재도포하는 공정을 반복하여 쉬트층을 증가시킨다.

(3) 탄소섬유 쉬트 보강시는 자연상태에서 24시간 이상 양생시켜야 하고, 설계강도에 도달하는데는 평균기온 10℃인 경우 2주일, 평균기온 20℃인 경우 1주일이 소요되며, 마감처리는 완전경화후 내후성 페인트로 한다.

대체적인 탄소섬유 쉬트 보강공법의 기본공정은 다음과 같다.



다. FRP 보강공법

FRP란 유리섬유를 주보강재로 한 저압성형용 열경화성 수지의 적층성형품을 의미한다.

FRP용 보강섬유로서는 로빙 크로스(roving cloth)가 주로 이용되며 접착제로는 일반적으로 에폭시 수지 외에 불포화 폴리에스터 수지, 저압 페놀 수지, 저압 멜라민 수지 및 실리콘 등이 사용된다. 그러나 토목 및 건축분야에 많이 사용되고 있는 것은 에폭시 수지를 사용한 FRP로서 시공예 및 각종 실험결과로부터 얻어진 특징은 다음과 같다.

(1) 시공 예로부터 얻어진 설계의 기본사항

(가) FRP는 강재와 비슷한 정도의 인장강도를 가지고 있고, 인장철근의 부족량을 FRP로 보강한다.

(나) 강재와 비교하여 FRP의 탄성계수가 낮은점에 대해서는 크게 고려하지 않는다.

(2) 교량의 상판보강을 목적으로 한 실험결과로부터 얻어진 사항

(가) 무근 콘크리트를 FRP로 보강하면 파괴하중은 3배 정도 높다.

(나) 철근 콘크리트에 FRP로 보강할 경우 균열 하중은 약 2배, 파괴하중은 약 1.4배가 높다.

(다) FRP의 접착은 응력집중, 접착의 위치 및 간격확보 등에 문제가 있다.

(3) FRP 보수공사 및 재하시험에서 얻어진 사항

(가) 유리섬유는 간단히 현장에서 절단 할 수 있고, 부재의 요철에 쉽게 순응할 수 있어 강판보다 시공성이 좋다.

(나) 에폭시 수지를 접착제로 사용했기 때문에 부재의 내구성도 향상된다.

(다) FRP와 철근콘크리트 상판이 일체화되어 있어 보강이 효과적으로 된다.

(라) 유리섬유의 방향성에 따른 보강효과의 차이는 없다.

이상의 결과에서 FRP에 의한 콘크리트 구조물의 보수·보강은 효과가 있는 것

으로 되어 있지만, 실제 설계 시공에 있어서는 실시예 및 실험결과를 충분히 검토하여 적용할 필요가 있다.

라. 앵커공법

형강에 의해 보강을 할 때는 기존의 콘크리트 구조체에 앵커로 정착시키는 경우가 대부분이다.

보강재에 사용되는 앵커는 접착앵커(chemical anchor)와 확장형 앵커(expansion anchor)로 대별되며, 접착 앵커의 접착제로는 폴리아마이드 수지와 같은 합성물질이 이용되며, 확장형 앵커로는 기계적 확장 앵커, 너트 조임 확장형 앵커와 썬기 확장형 앵커가 있다.

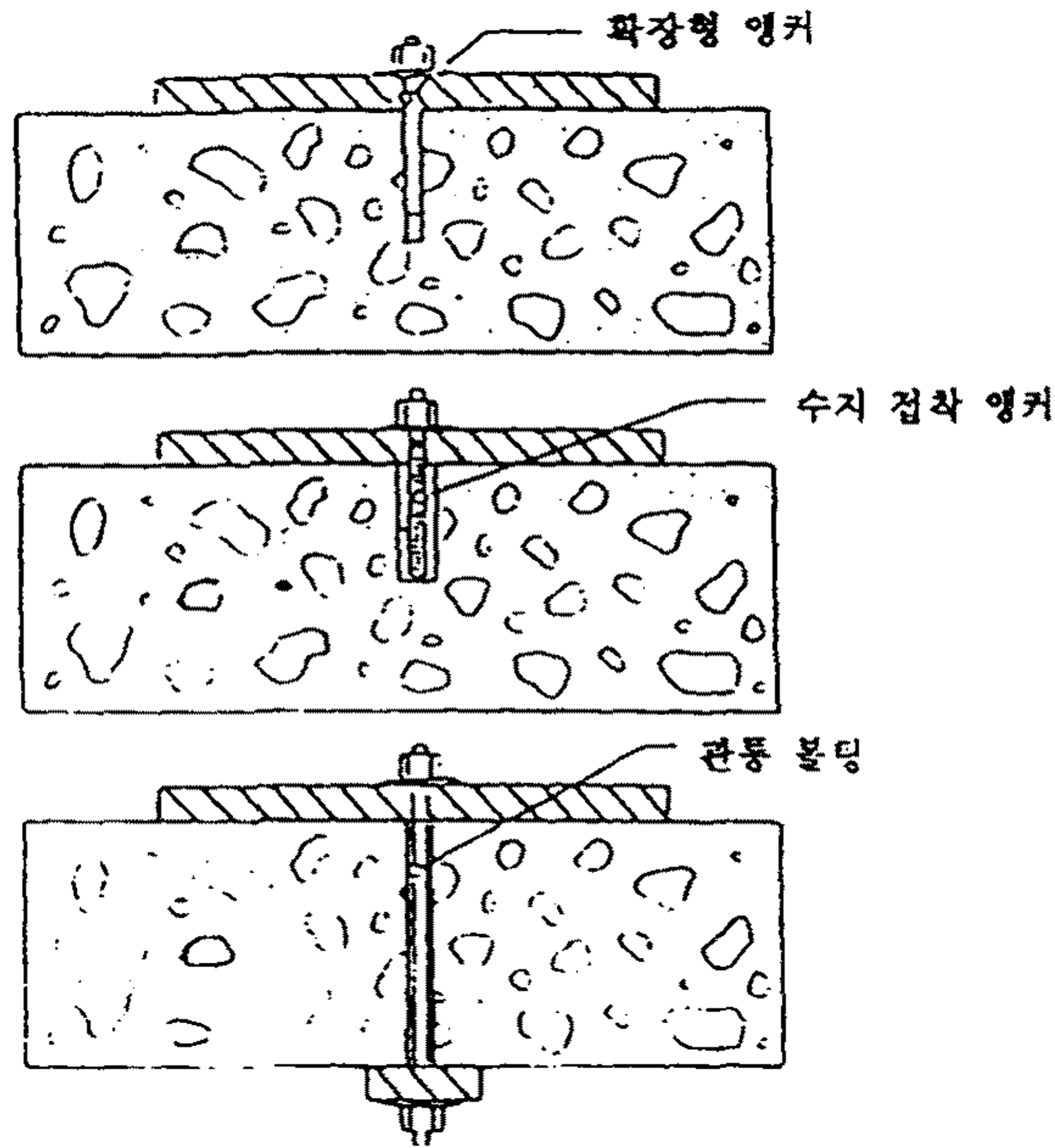


그림 4.8 앵커의 종류

이와같은 앵커의 부담능력에 미치는 요인은 다음과 같은 것을 들 수 있다.

(1) 하중 방향에 의한 영향

하중은 앵커에 0° 에서 90° 사이의 어떤 한가지 각도로 작용한다. 따라서 어떤 각도에 대한 극한 하중을 구하며, 이에 따른 허용하중을 표준화된 방법으로 구하는 것이 바람직하다. 일반적으로 주어진 하중의 방향, 즉 각도에 따른 허용하중은 제

품에 따라 다르다.

(2) 모재 강도에 의한 영향

모재의 강도가 증가하면 파괴 하중(극한 하중)도 증가하는데 종국에는 앵커의 강도가 파괴 하중을 결정짓는다. 앵커가 절단되지 않을 때 극한 하중은 모재의 인장강도에 비례하여 증가한다.

(3) 삽입 깊이의 영향

삽입 깊이가 증가하면 그에 비례하여 앵커를 받쳐주는 콘크리트의 부피가 늘어나기 때문에 하중을 감당할 수 있다. 즉, 삽입 깊이가 길어지면 극한 하중도 높아진다. 그러나, 앵커가 어떤 깊이에 이르면 극한 하중은 다음의 2가지에 의하여 제한을 받게 된다.

- 앵커 절단
- 앵커 확장부 주위 콘크리트의 국부적 과다응력

(4) 모서리 거리

앵커가 모서리 근처에 설치되면 하중을 부담하는 모재의 부피가 감소되므로 부담 능력이 감소된다. 모서리가 없다면 모재의 파괴가 더 이어질 곳인데 모서리가 있으므로 그 부피가 감소되기 때문이다. 모서리 거리나 앵커 거리는 삽입 깊이와 관계가 있다. 앵커의 형태에 따라 최소 모서리 거리는 삽입 깊이의 0.5~3배이다.

(5) 앵커의 간격

앵커의 간격이 명시된 최소치보다 작으면 앵커가 설치되는 도중 모재가 파손될 수 있다. 췌기 확장형 앵커에서는 앵커와 앵커 사이에 균열이 생기며, 너트 조임 확장형 앵커에서는 부분적으로 콘크리트의 파열이 생긴다. 그러므로 앵커 간격이 규정된 최소치보다 크지 않으면 안된다. 최소 앵커 간격은 앵커 삽입깊이의 0.5~2배이다. 만약 최소치보다 더 좁은 간격이 불가피하다면 삽입 깊이를 서로 다르게 하여 해결할 수도 있다.

마. 부재증설공법

그림 4.9에 나타낸 바와같이 상판지지보 사이에 세로보를 넣어 상판을 지지시킴으로써 결과적으로 상판의 span을 짧게 하고 상판에 생긴 단면력을 감소시켜 보강의 목적을 달성하는 것이다.

이 공법에서 주형사이에 가로보가 있는 경우는 세로보 설치시 이 보를 사용할 수 있지만, 가로보가 없는 경우는 새로 설치할 필요가 있다. 증설한 세로보는 직접 상판을 지지해야 하는데, 일반적으로 가로보의 상부 플랜지와 상판 아래면의 사이에 약간의 간격을 두고 그림 4.10과 같이 외측을 시일링 한 후 이 틈사이에 에폭시 수지를 주입하여 양측을 완전히 밀착시키는 방법이 많이 이용된다.

이와 같이 세로보를 새로이 삽입하는 공법의 경우 외관상으로는 상판의 span이 확실히 작게 되고, 단면력도 비례하여 작아진다. 그렇지만 상판을 지지하는 양외측의 주형과 그 사이에 삽입한 세로보와의 강성도가 크게 다르게 되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에는 새롭게 삽입한 세로보의 위치에서 지지보의 부등침하로 상판의 정(+)휨모멘트가 크게 되어, 예상했던 보강효과가 나타나지 않는 경우가 있으므로 주의 하여야 한다. 또, 반대로 증설한 세로보 위치의 상판에는 지금까지 정(+)휨모멘트가 생겼지만, 세로보의 삽입에 의해 부(-)휨모멘트가 발생하는 경우도 있으므로, 이미 설치된 상판의 배근상태를 검토할 필요가 있다.

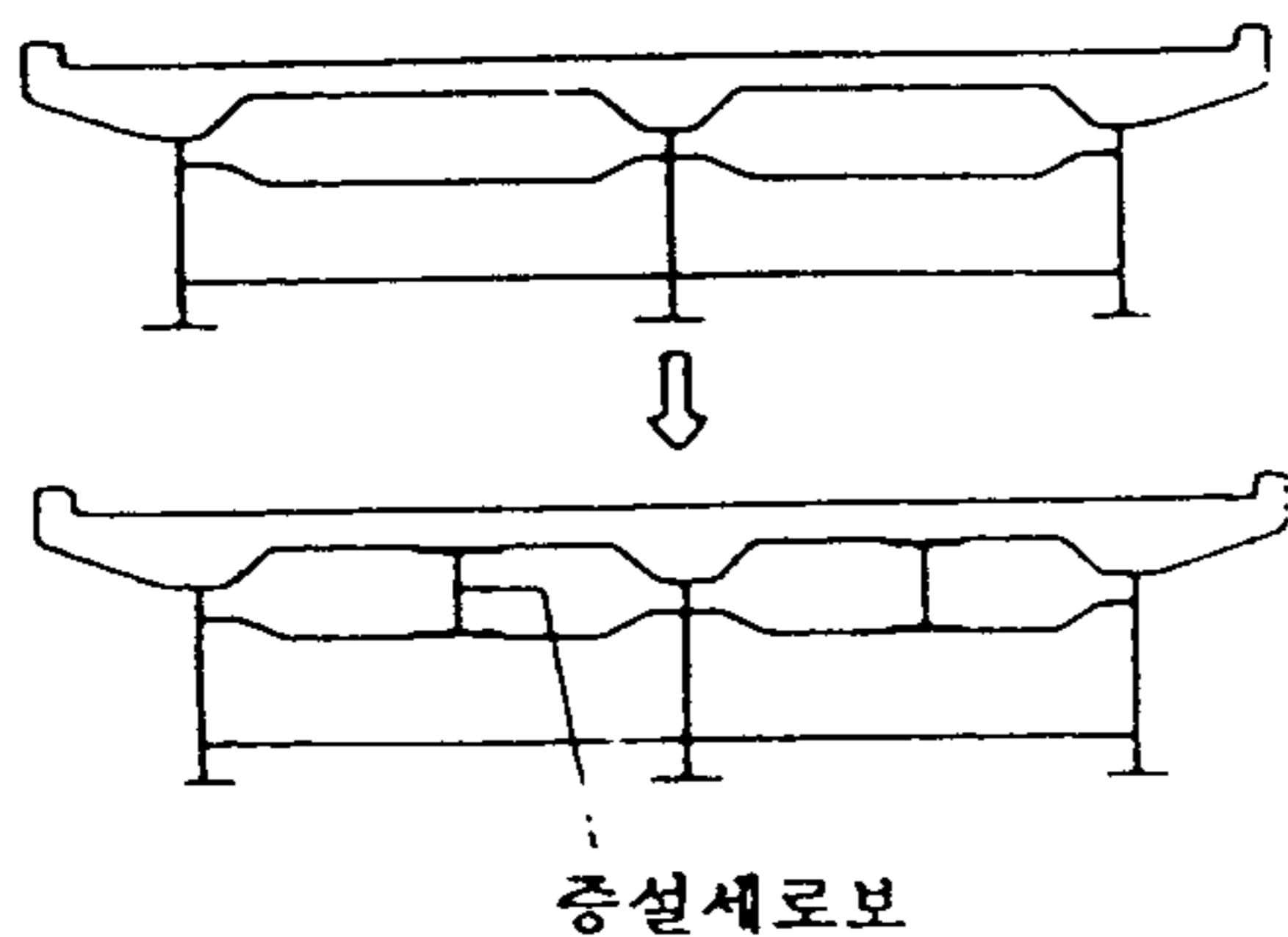


그림 4.9 세로보의 증설에 의한 상판보강

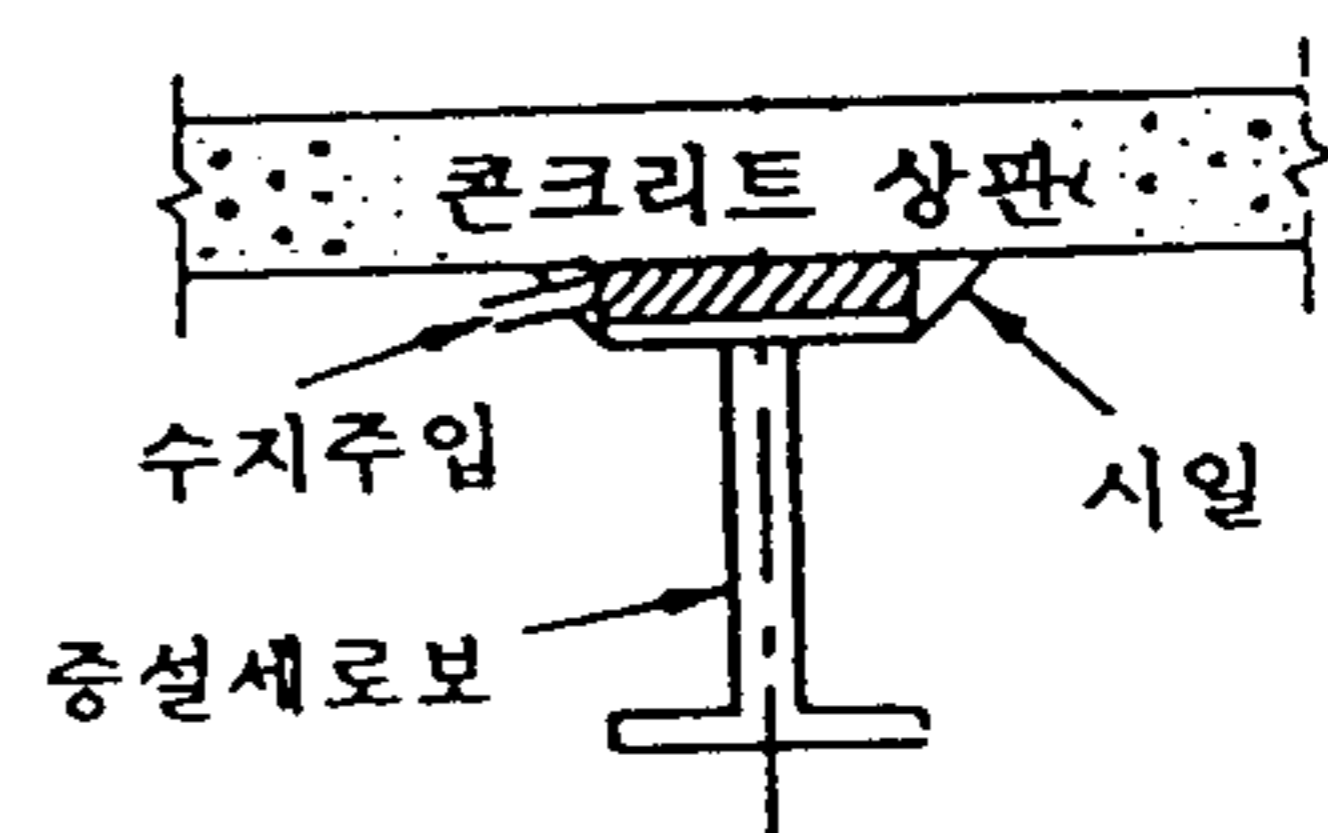


그림4.10 수지주입에 의한 세로보 상면접착

바. 단면증가공법

기설부재에 콘크리트를 덧붙여 단면을 증가시킴으로써 내하력을 증진시키는 공법으로서 신·구 콘크리트가 확실히 일체화 되어야 한다.

단면증가공법에 있어서 중요한 것은 타설면 처리 및 앵커 설치로서 다음과 같은 점에 유의해야 한다.

(1) 타설면 처리

타설면의 처리에 있어서 신·구 콘크리트의 일체성 확보를 위해 콘크리트 표면을 거칠게 해야 한다. 또한 필요에 따라서는 적절한 건·습상태를 확보하지 않으면 안 된다. 즉 시멘트 콘크리트를 타설하는 경우는 표면이 습윤상태이어야 하나 수지계 결합재를 사용할 경우는 기건상태로 되어야 한다.

(2) 앵커 설치

단면증가 공법에 있어서 소정의 내하력을 확보하기 위해서는 앵커 설치가 대단히 중요하기 때문에 철저한 설계에 의해 공사를 수행하여야 한다. 일반적으로 앵커의 설치간격은 30~40 cm, 정착길이 $l \approx 15D$ (D는 앵커의 지름)를 표준으로 하고 있다.

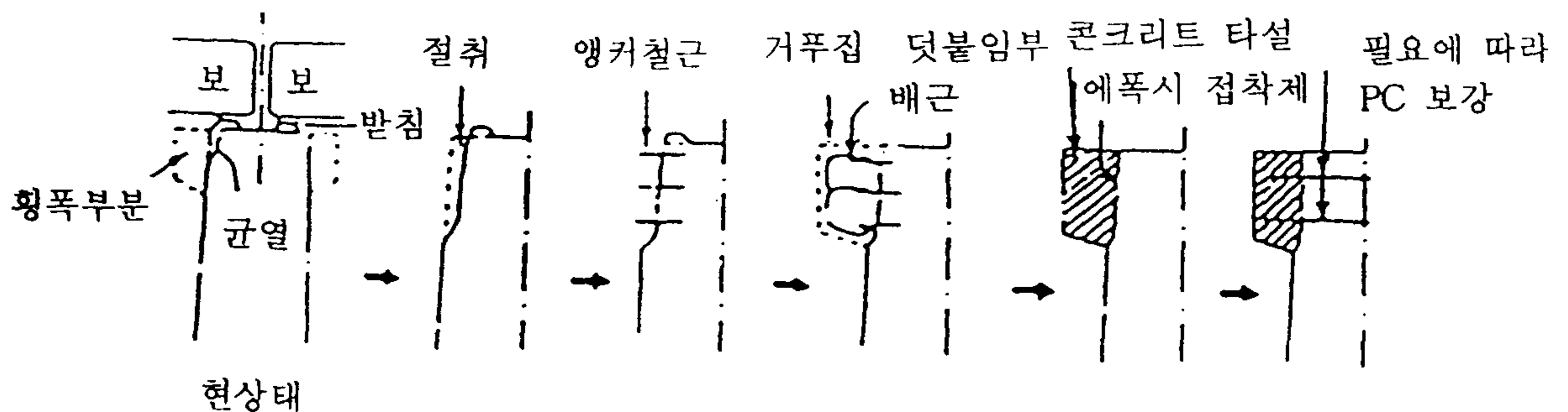


그림 4.11 교각 상부의 폭확장에 의한 보강

제 3 절 수리구조물의 손상원인 및 보수보강 대책

1. 손상원인

가. 수리구조물의 손상 조사

본 연구의 현장적용을 위해 손상된 수리구조물이 위치하고 있는 현장을 방문하여 수리구조물의 손상현황을 조사하였다. 연구에 참여한 연구진을 조사요원으로 하여 3~4인으로 조사단을 구성하였다. 현장조사 진단에는 카메라, 줄자, 크랙측정용 자, 슈미트해머, 해머, 삼이 사용되었다.

조사는 수리구조물이 손상되어 있는 저수지 5개소, 개거 5개소, 수로교 5개소, 분수공 5개소의 총 20개의 수리구조물을 대상으로 실시하였다.

나. 수리구조물의 손상원인 분석

(1) 저수지

(가) 저수지 A : 취수구로 침투된 물이 콘크리트 구조물의 동결융해작용을 일으켜 파손된 것으로 판단됨.

(나) 저수지 B : 저수지 여수토의 바닥부분으로 물이 누수되어 흙을 침식시키고 구조물을 손상시킨 것으로 판단됨.

(다) 저수지 C : 저수지 여수토의 상부로서 구조물의 균열부위로 물이 침투되어 성능저하와 함께 백화현상이 일어난 것으로 판단됨.

(라) 저수지 D : 여수토의 옹벽으로서 옹벽 배면의 토압에 대한 저항력 부족때문에 균열이 발생하여 성능이 저하된 것으로 판단됨

(마) 저수지 E : 여수토 바닥으로 침투된 물이 동결융해 작용을 일으켜 콘크리트 바닥에 손상이 일어났고, 이러한 손상된 부위에 계속적으로 물이 침투되어 크게 파손된 것으로 판단됨

(2) 개거

(가) 개거 A : 재료분리와 같은 시공불량으로 인하여 개거의 옆부분이 파손되어 있음.

(나) 개거 B : 개거의 신축이음용 지수판의 시공불량으로 인한 물의 침투로 동결
융해가 일어나 파손됨.

(다) 개거 C : 개거의 벽체로서 한쪽의 지반침하로 인해 벽체의 종방향으로 균열
이 일어났음.

(라) 개거 D : 개거 밑바닥 부분의 파손으로 인해 누수가 발생하고 있음.

(마) 개거 E : 동결융해로 인해 노후화와 함께 파손되어 물이 바닥에 고여 있으
며, 원래의 바닥두께에 비해 1/3이하로 줄어들었음.

(3) 수로교

(가) 수로교 A : 수로교의 바닥과 벽의 연결부위에 침투한 물의 누수로 인해 손
상되어 있음.

(나) 수로교 B : 수로교의 신축이음 부위와 수로교를 바쳐주는 피어의 연결부위
로서 신축이음 부위로 물이 누수되어 이음부 및 피어에 침투한
물이 동결융해현상을 일으켜 파손됨

(다) 수로교 C : 노후화된 수로교 벽체부에 침투한 물이 미세한 균열을 통해 흘
러나와 성능저하와 함께 백화현상을 일으킴.

(라) 수로교 D : 수로교의 밑부분에 물이 침투하여 구조물이 동결융해 작용을 받
아 파손됨.

(마) 수로교 E : 수로교의 바닥이 동결융해 작용으로 인해 파손되어 물이 고여
있음. 고인물에 의해 계속적으로 동결융해를 받아 골재가 노출
되어 있고 바닥두께의 2/3이상이 파손되어 있음.

(바) 수로교 F : 수로교의 바닥부분에 고인물이 침투·누수되고 동결융해 작용에
의해 성능저하가 심하게 나타나 파손부위에 작은 충격을 주어도
쉽게 떨어짐을 확인하였음.

(4) 분수공

(가) 분수공 A : 시공불량으로 인해 분수공이 파손되어 있음.

(나) 분수공 B : 분수공 측벽이 흙의 토압으로 인해 밀려나가 있음.

- (다) 분수공 C : 분수공의 주변 흙이 침식되어 침하를 일으켰고, 구조물에 침투된 물에 의해 동결융해 작용을 받아 파손됨.
- (라) 분수공 D : 분수공의 윗부분이 분수문을 여닫을 때 하중에 견디지 못해 균열이 발생하였음.
- (마) 분수공 E : 지반의 부등침하로 인해 상당히 큰 균열이 발생하였음.

2. 보수보강 대책

(1) 저수지

- (가) 저수지 A : 손상된 부분을 청소하고 토치램프 등으로 파손부위를 완전히 건조시킨 후 거푸집을 설치한다. 거푸집을 주입재가 누출되지 않도록 밀폐하고 부착력이 우수한 에폭시 수지나 불포화 폴리에스터 수지로 주입하여 보수한다.
- (나) 저수지 B : 파손된 콘크리트 덩어리와 침식된 부분의 흙을 제거하고 구조물 밑부분에 기초를 단단하게 다진다. 다져진 기초 위에 새로운 콘크리트를 타설하는데, 타설시 디스퍼션계인 EVA나 SBR를 사용한 폴리머 시멘트 콘크리트로 타설한다. 타설된 콘크리트가 경화한 후 보강재인 유리섬유나 탄소섬유 등으로 신·구 콘크리트의 접합부위를 보강한다.
- (다) 저수지 C : 구조물에 적당한 간격으로 천공을 한 후 균열이 생긴 부위를 실리콘, 파라핀 등으로 실링(Sealing)을 하고 천공된 부위가 항상 물과 접하고 있으므로 디스퍼션계인 EVA나 SBR을 시멘트와 혼합하여 주입한다. 주입시 균열폭이 넓어지는 것을 방지하고 미세한 균열까지 주입이 가능하게끔 저속으로 약간의 압력을 가하여 주입한다.
- (라) 저수지 D : 균열폭이 넓기 때문에 균열의 사이에 끼어있는 이물질을 제거하고 토치램프 등으로 완전히 건조시킨다. 그후 균열부위의 바깥부분에 거푸집을 설치하고 거푸집과 옹벽사이를 실링재로 밀폐시

킨 후 수지계인 에폭시나 불포화 폴리에스터를 주입하여 보수한다.

(마) 저수지 E : 파손된 여수토 바닥부분의 콘크리트를 제거하고 부식된 철근을 절단하여 파손부위를 깨끗이 한다. 파손된 부위의 수분을 완전히 제거할 수 없으므로 부착 및 방수를 위해 시멘트와 디스퍼션계를 혼합한 폴리머 시멘트 페이스트를 만들어 파손부위에 텍코팅식으로 바른 후 콘크리트를 타설한다. 여수토 벽체는 단단한 부분이 노출될 때까지 손상된 콘크리트와 이물질을 제거하고 청소한다. 디스퍼션계를 혼합한 프라이머를 도포하고 원상회복 가능하도록 거푸집을 설치한 다음 거푸집의 윗부분에 천공을 하고 그곳으로 폴리머 시멘트 모르터를 투입한다. 투입시에는 구석구석까지 잘 퍼지도록 진동을 준다.

(2) 개 거

(가) 개거 A : 시공이 불량한 부위를 브레커 등으로 깨어내고 청소를 한다. 수분을 완전히 제거할 수 있으므로 수지를 프라이머로 도포한 후 거푸집을 설치한다. 거푸집의 윗부분에 구멍을 뚫어 그곳으로 수지계로 혼합한 모르터를 주입·타설한다.

(나) 개거 B : 개거 벽체의 신축이음 부위를 제거하고 거푸집과 신축이음재 및 지수판을 설치하고 물이 접하고 있으므로 디스퍼션계 폴리머 시멘트 모르터로서 타설토록 한다.

(다) 개거 C : 벽체의 뒷면에 있는 흠을 제거하고 균열부위의 이물질이나 콘크리트 조각을 제거한다. 물과 접하지 않는 부위이므로 완전히 건조시켜 수지계로 텍코팅을 한다. 거푸집을 벽체의 앞·뒤에 설치하고 거푸집과 벽체와의 사이를 실링하여 밀폐시킨 후 수지와 충전재로 혼합한 폴리머 페이스트를 주입한다.

(라) 개거 D : 개거의 밑부분이 크게 파손되어 물이 흘러나오고 있으므로 물을 차단하고 일정기간 건조를 시킨다. 개거 밑부분의 성능저하 부위를 완전히 제거한 후 깨끗히 청소하다. 거푸집을 설치한 후 물과 접하기 용이하기 때문에 디스퍼션계인 수용성 폴리머를 혼합한 폴리머 시멘트 콘크리트로 타설한다. 경화 후 거푸집을 제거하고 되메우기 한 다음 잘 다져서 원상복구를 한다.

(마) 개거 E : 파손된 부위의 노후화된 콘크리트를 완전히 제거하고 일정기간 건조시킨다. 바닥이 수분과 항상 접하고 있으므로 수용성 디스퍼션계를 첨가하여 혼합한 폴리머 시멘트 콘크리트로 타설한다.

(3) 수로교

(가) 수로교 A : 누수되는 부위의 안쪽에 물을 제거하고 물이 스며드는 곳에 디스퍼션계를 첨가하여 혼합한 폴리머 시멘트 페이스트로 벽체의 안쪽을 넓게 도포한다. 바깥쪽의 손상부위는 부리쉬 등으로 긁어내어 청소한 후 프라이머를 도포하고 폴리머 시멘트 모르터를 타설한다.

(나) 수로교 B : 먼저 수로교의 신축이음 부위를 제거하고 거푸집과 신축이음재를 설치하고 디스퍼션계를 혼합한 폴리머 시멘트 모르터를 타설한다. 피어부분은 수로교 상부에 타설한 콘크리트가 완전히 경화하면 피어의 파손된 부위를 제거하고 청소한 후 완전히 건조시킨다. 피어부분의 보수는 물이 새지 않으므로 수지계로 텍코팅을 하고 거푸집을 설치한 후 수지를 사용한 폴리머 콘크리트로 타설한다.

(다) 수로교 C : 백화현상이 일어난 구간에 물이 흐르지 않도록 차단하고 일정기간 건조시킨다. 균열이 생긴 부위를 실링재로 실링을 하고 천공한 구멍으로 디스퍼션계인 EVA나 SBR을 시멘트와 혼합한 폴리머 시멘트 페이스트를 주입한다. 주입시 균열폭이 넓어지는 것

을 방지하고 미세한 균열까지 주입이 가능하도록 저속으로 약간의 압력을 가하여 주입한다.

(라) 수로교 D : 수로교의 밑부분이 길고 넓게 파손되어 있기 때문에 파손된 구간의 수로교에 물이 흐르지 않도록 차단하고 밑부분의 손상된 콘크리트를 완전히 제거한다. 수로교 밑부분에 원래의 수로교 크기와 같게 거푸집을 설치하고 벽체부분에 철근을 배근한다. 수용성 폴리머를 첨가한 폴리머 시멘트 콘크리트로 타설하고, 완전경화 후 바닥과 벽의 보강을 위해 유리섬유를 수지계의 프라이머로 접착한다.

(마) 수로교 E : 바닥의 고인물과 파손된 콘크리트를 완전히 제거하고 디스퍼션계를 첨가한 폴리머 시멘트 콘크리트로 타설한다.

(바) 수로교 F : 파손부위의 이물질을 완전히 제거하고 부식된 철근을 부러쉬 등으로 청소하여 부식이 진전되지 않도록 수지계로 철근을 코팅한다. 거푸집을 설치하고 폴리머 시멘트 모르터를 사용하여 타설한다.

(4) 분수공

(가) 분수공 A : 파손된 부위를 긁어내고 완전히 건조시킨다. 수지계 폴리머 모르터를 타설하고 완전경화한 후 섬유유리를 부착하여 보강한다.

(나) 분수공 B : 측벽 배면의 흠을 제거하고 구조물을 원위치로 복귀시킨다. 양 측벽과 위의 상판 사이를 수지계로 부착시키고 양 측벽의 윗부분에 지지대를 설치하여 측벽이 밀리는 것을 방지토록 한다.

(다) 분수공 C : 파손된 콘크리트를 제거하고 원래의 형태로 거푸집을 설치한다. 방수 및 강도의 증진을 위해 디스퍼션계를 첨가한 폴리머 시멘트 콘크리트를 타설한다. 완전경화 후 기초 및 주변의 흠을 잘 다진다.

(라) 분수공 D : 균열이 발생한 부위의 이물질 제거하고 토치램프 등으로 완전히 건조시킨다. 수지와 충전재를 혼합한 폴리머 페이스트를 균열 발생 부위에 주입한다.

(마) 분수공 E : 먼저 균열부위를 청소하여 완전히 건조시킨다. 침하된 구조물을 재키 등으로 들어올리고 침하된 지반을 성토하여 원래의 높이로 하여 구조물이 원래대로 놓이게 한다. 그후 균열부위에 거꾸집을 설치하고 수지계 페이스트로 주입한다. 완전경화 후 균열부위를 섬유류 등으로 보강한다.

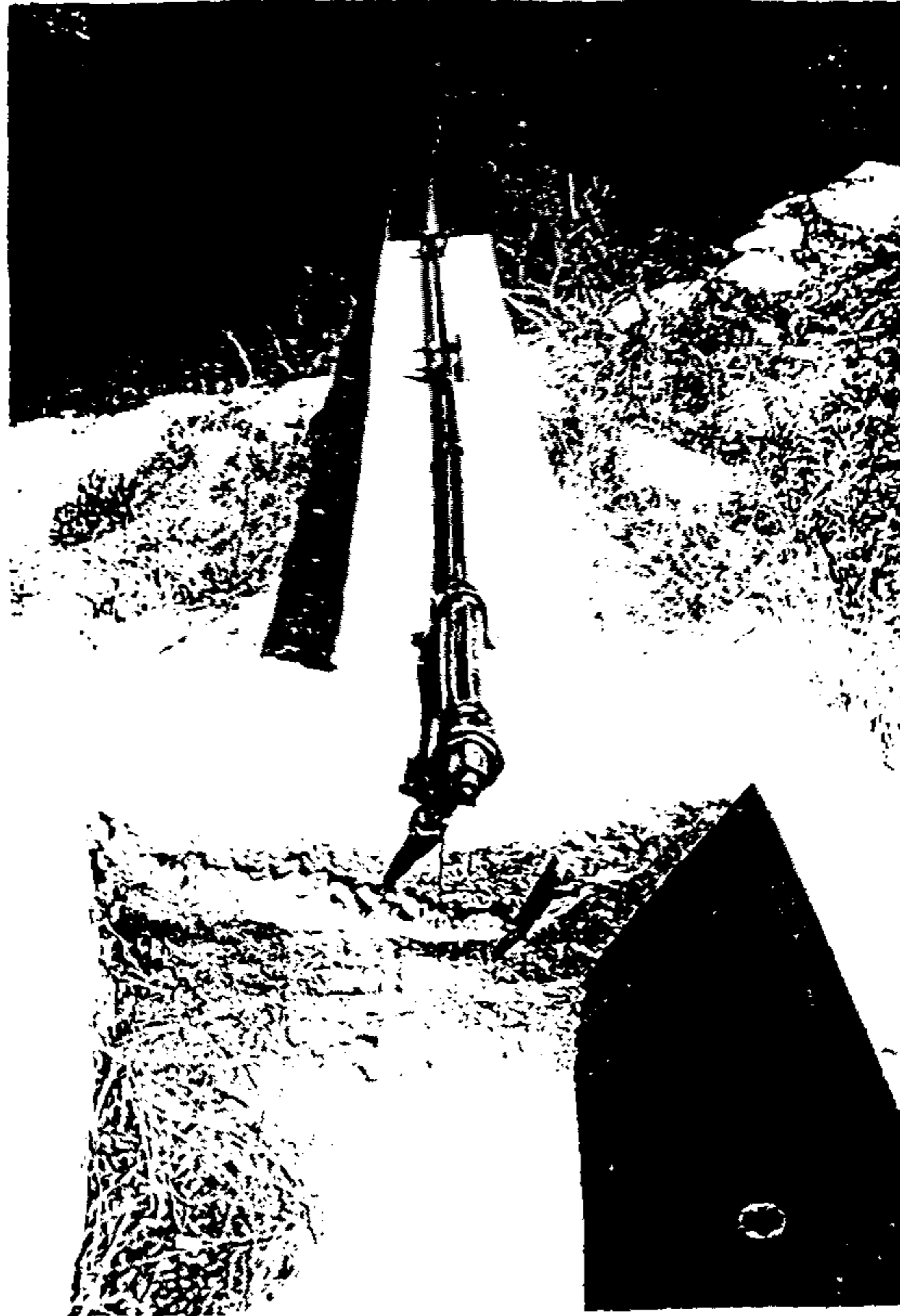


사진 4.1 저수지 A의 손상현황



사진 4.2 저수지 B의 손상현황



사진 4.3 저수지 C의 손상현황

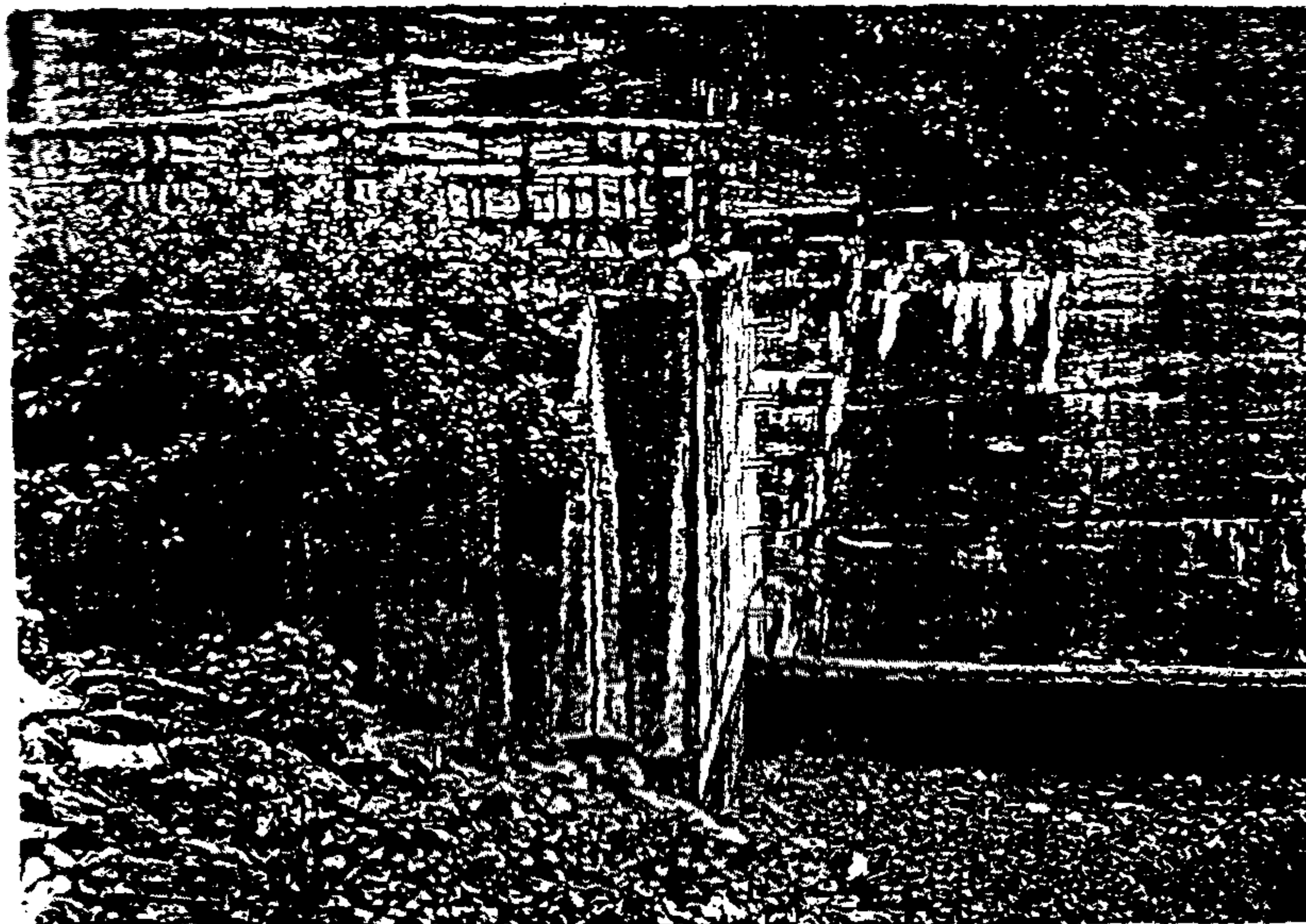


사진 4.4 저수지 D의 손상현황

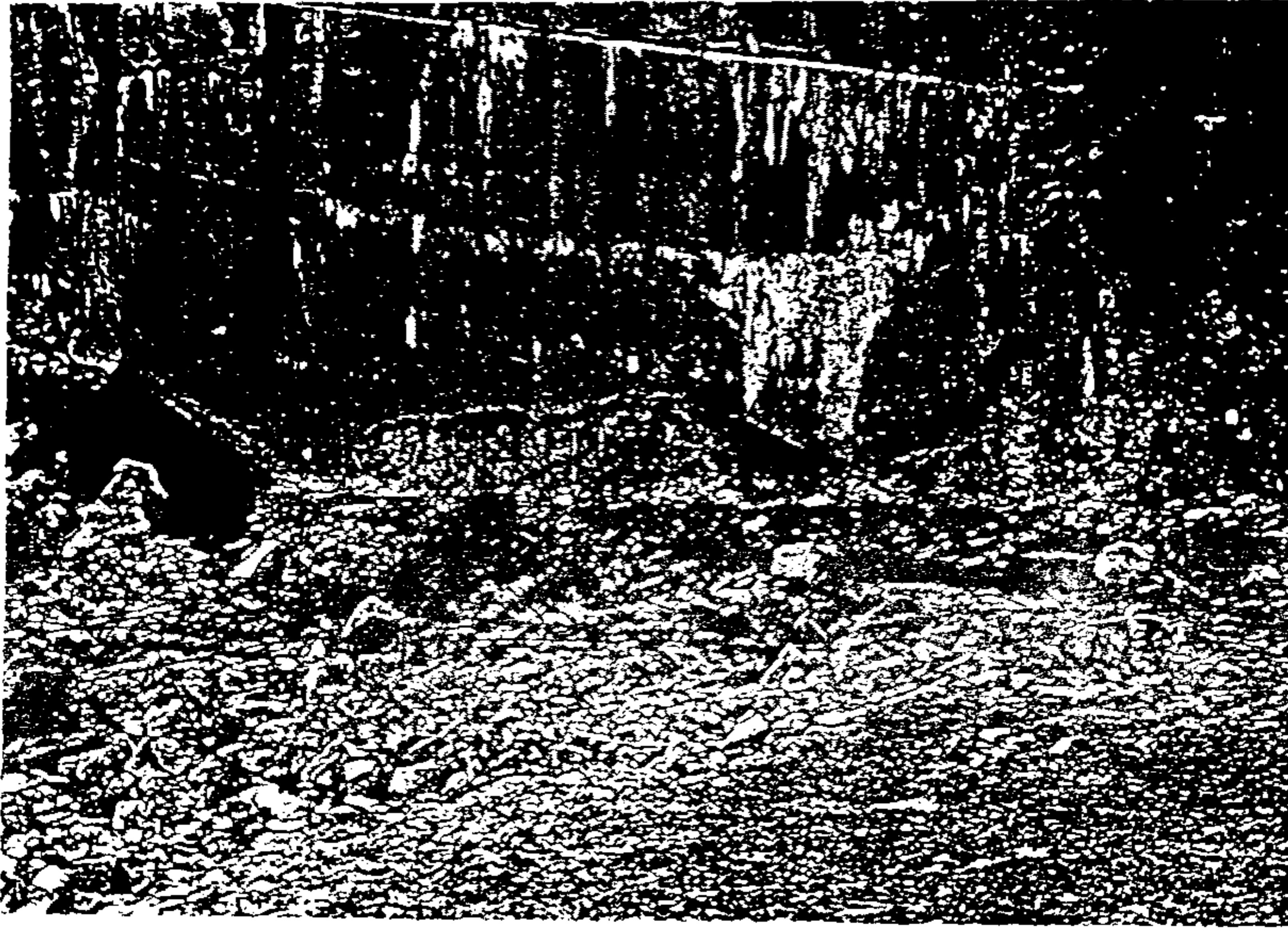


사진 4.5 저수지 E의 손상현황

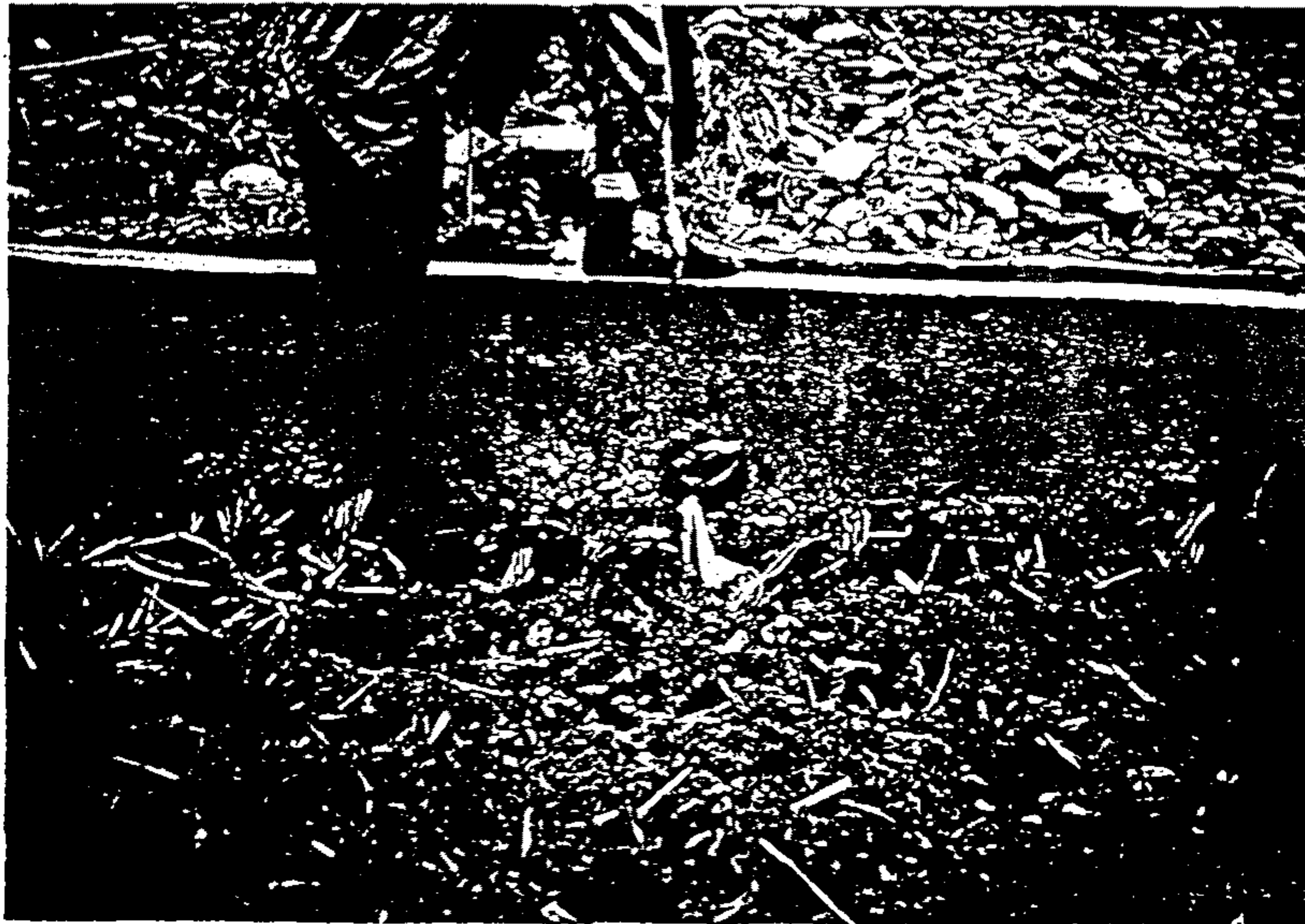


사진 4.6 개거 A의 손상현황

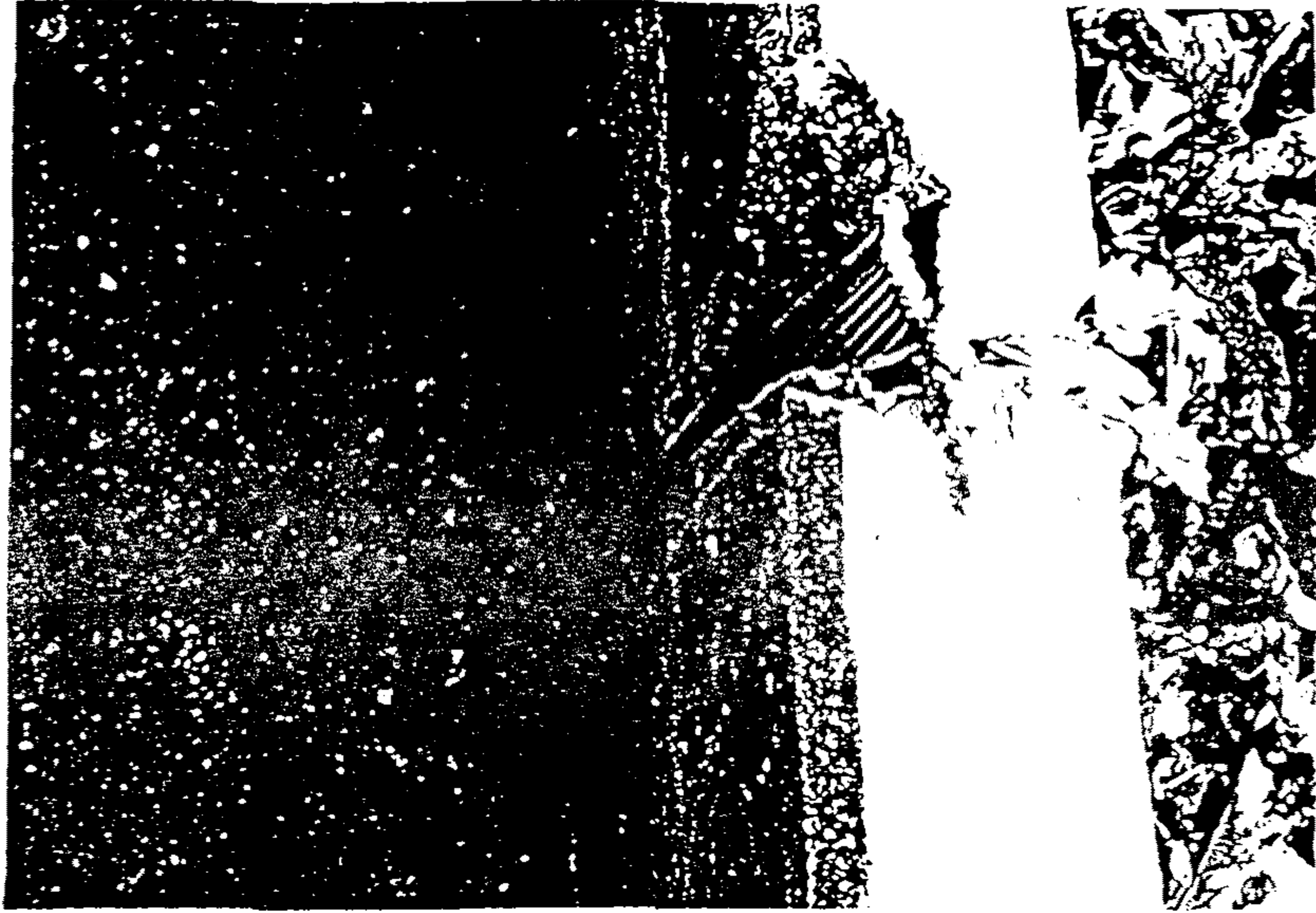


사진 4.7 개거 B의 손상현황

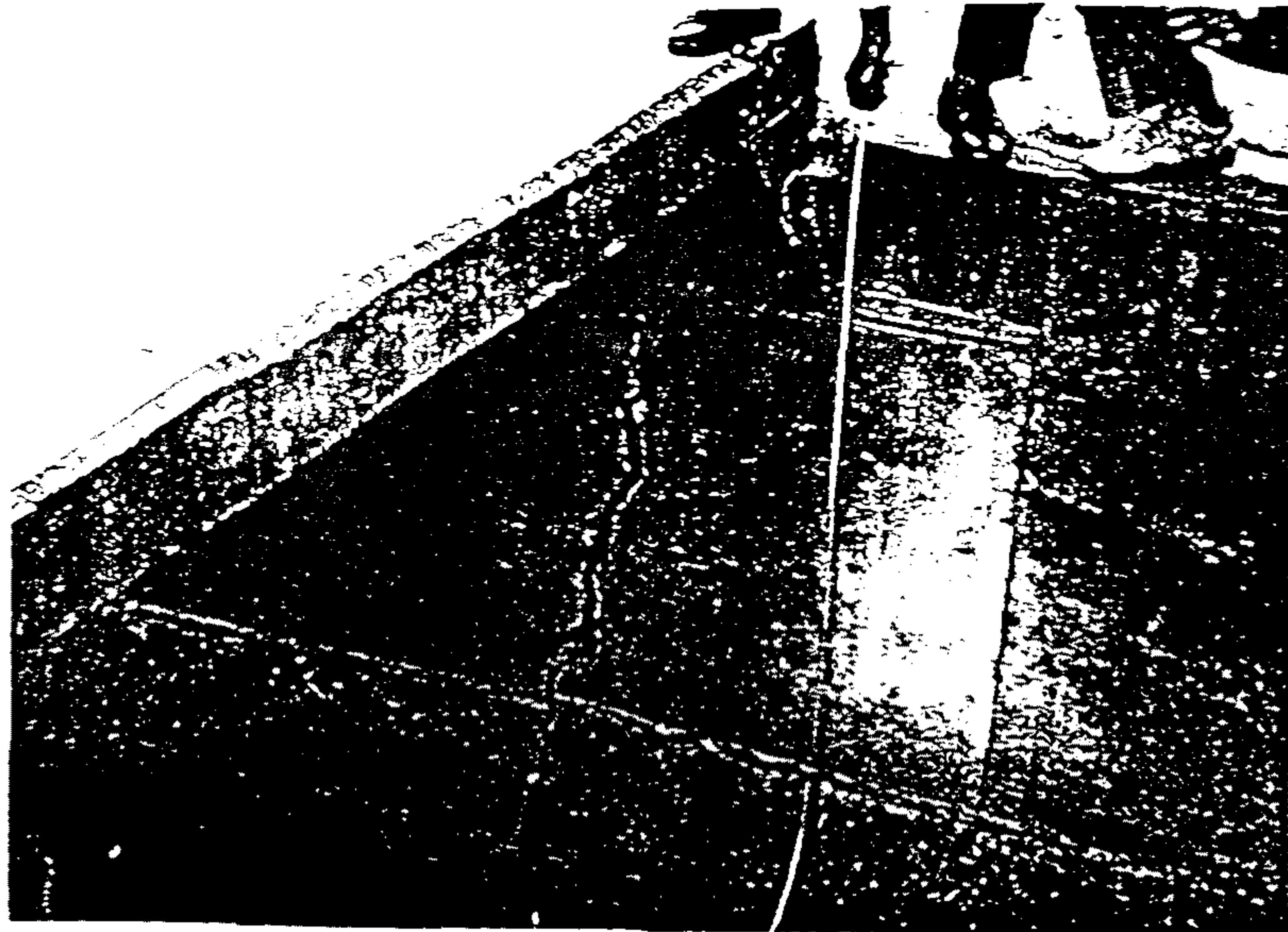


사진 4.8 개거 C의 손상현황

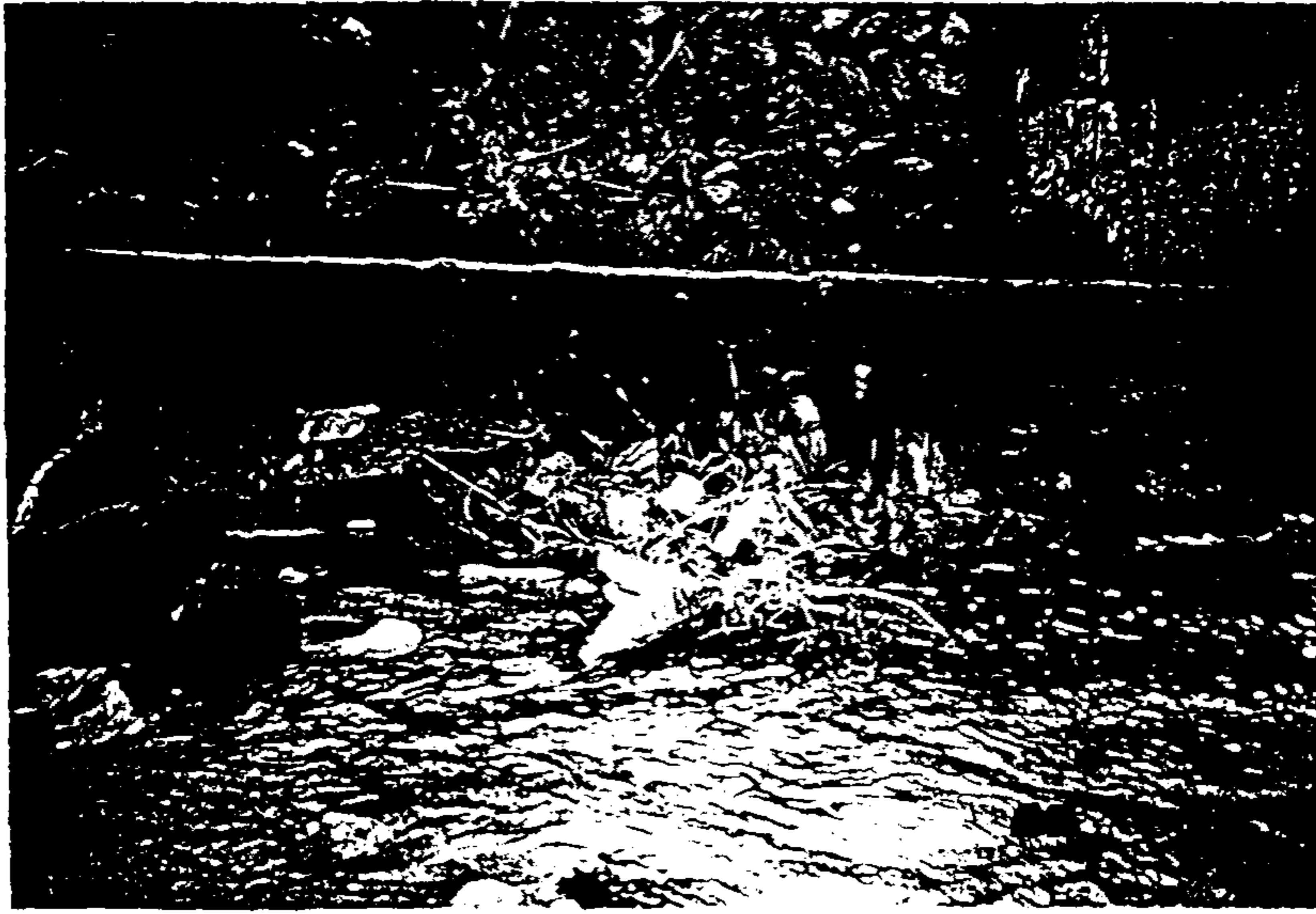


사진 4.9 개거 D의 손상현황



사진 4.10 개거 E의 손상현황

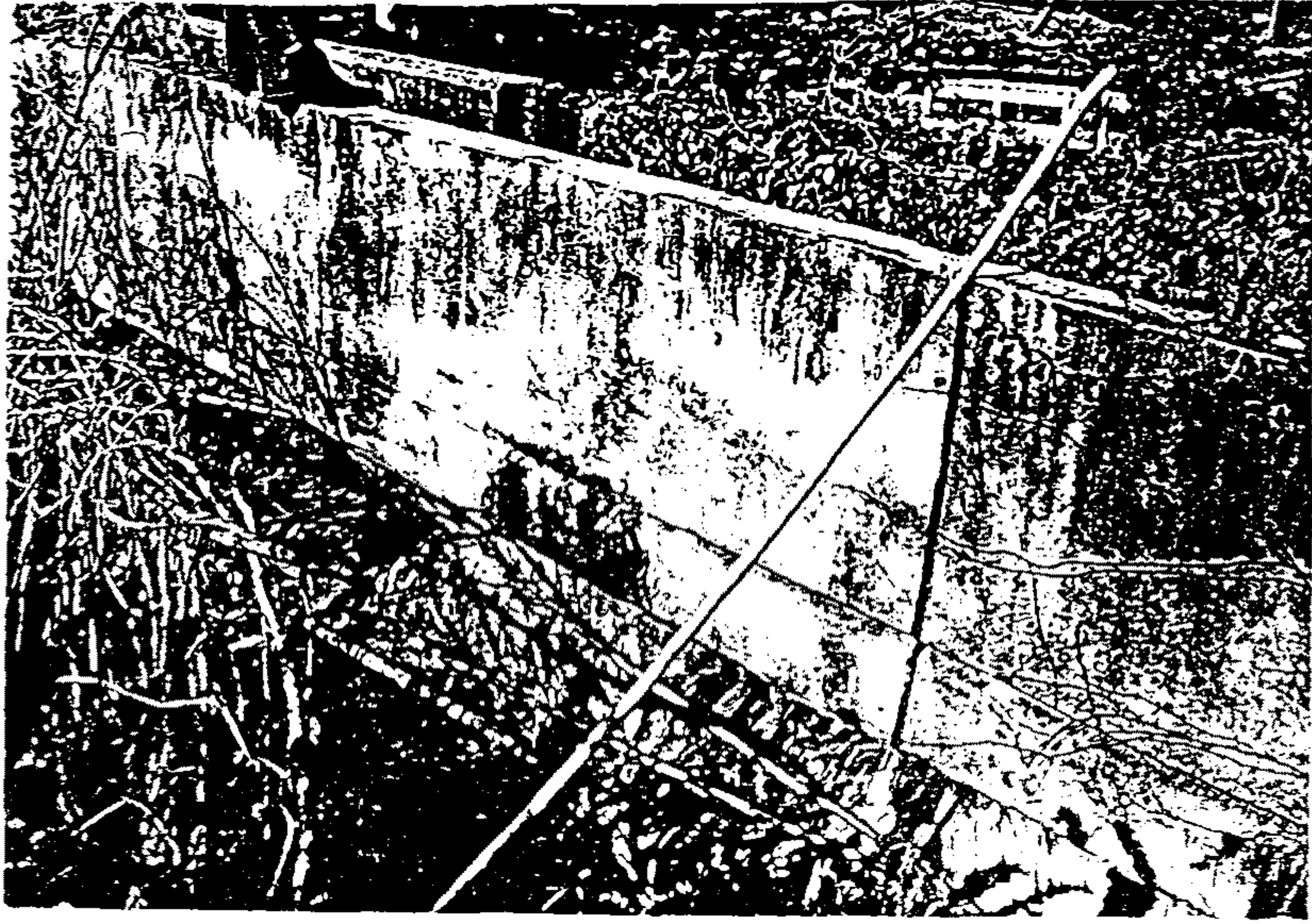


사진 4.11 수로교 A의 손상현황



사진 4.12 수로교 B의 손상현황

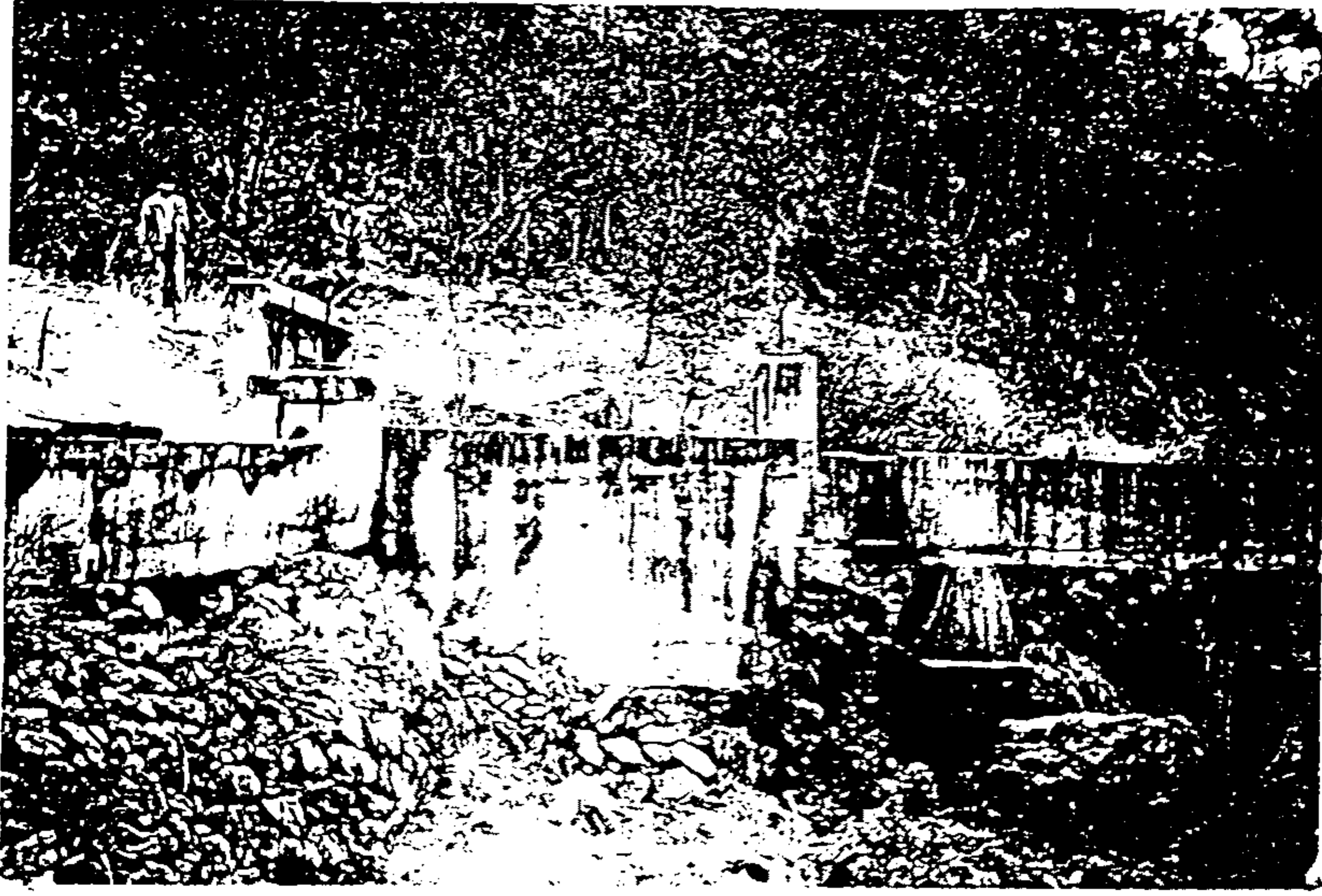


사진 4.13 수로교 C의 손상현황



사진 4.14 수로교 D의 손상현황



사진 4.15 수로교 E의 손상현황



사진 4.16 수로교 F의 손상현황



사진 4.17 분수공 A의 손상현황



사진 4.18 분수공 B의 손상현황



사진 4.19 분수공 C의 손상현황

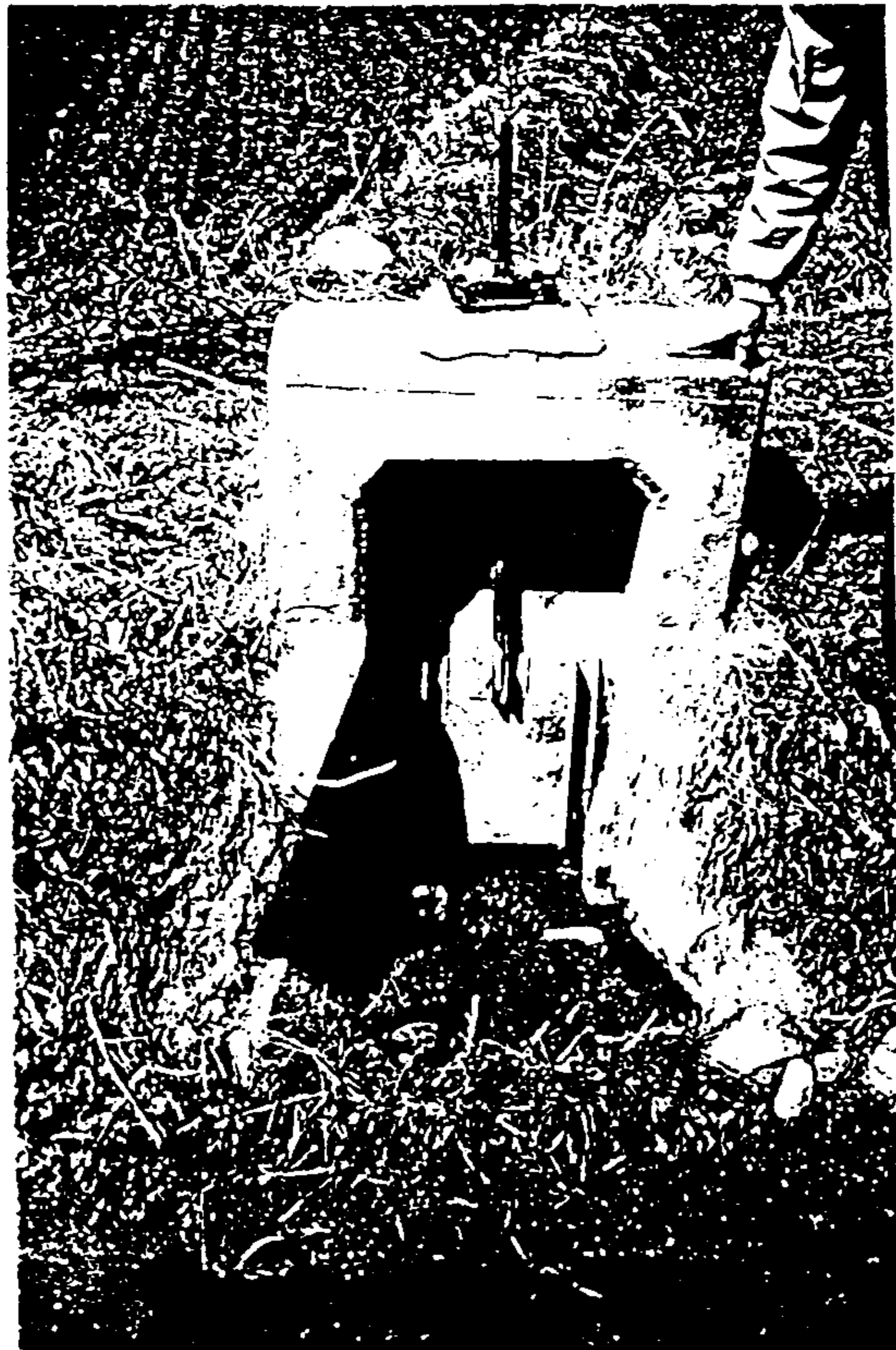


사진 4.20 분수공 D의 손상현황



사진 4.21 분수공 E의 손상현황

제 4 절 결 론

본 연구는 손상된 콘크리트 구조물의 보수보강 공법에 대한 일반적인 사항을 제시하고 현장조사를 통해 농업용 수리구조물의 손상원인을 조사분석하고 이에 대한 보수보강 대책을 구명한 것으로서 얻어진 결과를 요약하면.

1. 손상된 콘크리트 구조물 보수보강 공법을 제시하였는 바 이는 농업용 수리구조물의 보수보강에 있어 기본자료로 활용 될 수 있다.
2. 여러가지 농업용 수리구조물에 대한 손상실태를 조사하여 본 바, 수리구조물은 농촌이라는 광범위한 지역에 불특정한 상태로 건설되어 있고 구조물이 설치되어 있는 환경조건 도 매우 열악하여 손상이 다양한 것으로 나타났다.
3. 손상의 원인으로는 대부분의 수리구조물이 물과 접하고 있기 때문에 누수로 인한 백화현상을 나타내고 있었으며, 손상원인은 동결융해가 대부분인 것으로 분석 되었다. 이밖에 시공불량으로 인한 원천적인 손상과 구조물과 접해있는 흙의 토압에 의한 손상, 그리고 지반의 부등침하에 의한 손상 등 도 볼 수 있었다.
4. 이와같은 여러가지 원인에 의해 손상 또는 파손된 수리구조물을 빠른 시간내에 원상회복시켜 본래의 기능을 발휘하기 위해서는 손상의 원인과 정도, 구조물의 상태 및 주변상황을 면밀히 검토하여 적절한 보수재료 및 공법을 선택·적용하여야 할 것이다.

여 백

제 5 장

종합결론 및 금후의 연구방향

여 백

제 5 장 종합결론 및 금후의 연구방향

제 1 절 종합결론

본 연구는 건설산업 분야의 신소재인 폴리머 콘크리트계 재료를 이용한 농업용 수리구조물의 보수보강 신기술 개발을 목표로 한 1차년도 연구로서, 농업용 수리구조물의 실태 분석, 보수보강재의 성능평가 및 사례별 보수보강 공법 구명을 주요 내용으로 하여 연구를 수행하였던 바, 이를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 농업용 수리구조물의 실태 분석

우리나라의 농업용 수리구조물 실태는 그 물량면에서 방대하고, 시설물 설치된 지도 오래된 것이 많아 노후화에 따른 개수, 보수보강, 유지관리 및 교체 등 매우 다양함을 알 수 있었다. 또한 예산면에서도 많은 사업비가 소요되고 있어 '94년 이전까지 한 것은 15% 정도이고 '95년도 8%정도 계획을 수립하고 있는 실정이므로 '96년도 이후에 77%라는 엄청난 사업비를 국고를 투자해야 하는 어려움은 있으나, 국가 장래의 농업기반 시설차원에서 적극적으로 조치가 이루어져야 한다. 보수보강을 하기 위해서는 시공면이나, 경제적인 면이나 신기술 공법 개발면에서 미흡한 점이 많기 때문에 이에 따른 적절한 조치와 연구개발이 뒷받침되어야 할 것이다.

특히, 본 연구결과 농업용 수리구조물을 수원고 별로 노후화와 설치년도 및 유지관리 등의 현화조사를 면밀히 조사할 필요성이 제기 되었다. 농업용 용수로는 토공수를 현대화하기 위하여 콘크리트 수로로 개거 및 관수로로 교체해야 하며, 파손된 부분을 보수보강하기 위한 새로운 공법과 시공법을 개발해야 한다.

이를 위해서는 새로운 공법에 따른 신소재를 사용하여 신공법을 개발하고, 이에 부합되어 개발된 기술로 제작된 콘크리트의 내구성, 내한성, 내산성, 및 경제성을 분석하여 안전도와 경제성이 타당한 방향의 보수보강 신기술의 개발이 절실히 요구되고 있다.

2. 보수보강 신기술의 특성연구

현재 연구진이 소장한 각종 보고서, 국내외 논문 및 기술자료 등을 중심으로 한

문헌 연구를 통해 보수보강 신기술의 특성을 구명하였다.

농업용 수리구조물에서도 일반 구조물과 같이 강도저하, 반복하중에 의한 피로, 산성비, 염해, 동결융해 등 콘크리트 구조물의 성능저하 요인이 다양하여, 본 연구는 이의 특성을 고려한 보수보강에 대한 새롭고 종합적인 대책이 될 수 있을 것이다.

경제성을 고려할 때 콘크리트 구조물의 건설 보다는 유지관리를 어떻게 효율적으로 행하는가가 중요한 과제로 대두된다. 앞으로도 농조수리시설의 개·보수 비용(유지관리비)이 차지하는 비율이 크게 증가할 것으로 예상되고 있다. 이는 콘크리트 구조물의 보수보강 등 유지·관리 비용의 절감 측면에서 크게 기여할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 보수보강 재료로 사용되는 폴리머 콘크리트계 재료의 기본성능을 제시하여 재료의 표준화, 규격화 및 체계화를 꾀할 수 있으며, 보수보강에 대한 최적법과 설계식을 제시하여 구조물의 안전성을 향상시키는 계기가 된다. 따라서 수입에 의존하고 있는 각종 구조물의 보수보강 재료 및 공법을 국산화함으로써 이 분야의 국제경쟁력 향상 및 공사비 절감효과를 얻을 수 있으며, 시공방법을 제시하여 감리의 효율화와 시공의 오류로 인한 보수보강 성능 변화를 최소화 시킬 수 있을 것으로 분석되었다.

3. 보수보강재의 선택 및 성능평가

농업용 수리구조물용 보수보강 재료의 선택기준과 물리·역학적 특성 등 성능평가를 실험적으로 구명하였다.

본 연구결과 염해, 알칼리 골재반응, 중성화, 동해 등 콘크리트의 일반적인 성능저하 원인 및 보수재료로서 요구되는 성능과 재료의 선택기준을 제시하였으며, 각종 보강공법별 시용재료를 조사분석하고 이에 대한 성질을 규명함으로써 보강재료의 선택기준을 제시할 수 있었다. 현장적용을 위해 보수재료는 Resin계 2종, Dispersion계 2종을 선정하였고 보강재는 섬유 쉬트계 2종을 선정하여, 이에 대한 물리·역학적 성능을 실험적으로 구명하였던 바 보수보강 재료로서 성능이 우수한 것으로 판명되었다. 보수재료에 대한 물리·역학적 특성과 보강재료에 대한 보강효과가 종류에 따라 다소의 차이를 나타내고 있으므로, 농업용 수리구조물의 손상원인과 정도에 따라

적당한 재료를 선택적용해야 할 것으로 나타났다.

4. 사례별 보수보강 공법연구

손상된 콘크리트 구조물의 보수보강 공법에 대한 일반적인 사항을 제시하고 현장 조사를 통해 농업용 수리구조물의 손상원인을 조사분석하고 이에 대한 보수보강 대책을 구명하였다.

연구결과, 손상된 콘크리트 구조물 보수보강 공법을 제시하였는 바 이는 농업용 수리구조물의 보수보강에 있어 기본자료로 활용 될 수 있다. 또한 여러가지 농업용 수리구조물에 대한 손상실태를 조사하여 본 바, 수리구조물은 농촌이라는 광범위한 지역에 불특정한 상태로 건설되어 있고 구조물이 설치되어 있는 환경조건 도 매우 열악하여 손상이 다양한 것으로 분석 되었다. 손상의 원인으로서는 대부분의 수리구조물이 물과 접하고 있기 때문에 누수로인한 백화현상을 나타내고 있었으며, 손상원인은 동경음해가 대부분인 것으로 분석 되었다. 이밖에 시공불량으로 인한 원천적인 손상과 구조물과 접해있는 흙의 토압에 의한 손상, 그리고 지반의 부등침하에 의한 손상 등 도 볼 수 있었다. 이와같은 여러가지 원인에 의해 손상 또는 파손된 수리구조물을 빠른 시간내에 원상회복시켜 본래의 기능을 발휘하기 위해서는 손상의 원인과 정도, 구조물의 상태 및 주변상황을 면밀히 검토하여 적절한 보수재료 및 공법을 선택·적용하여야 할 것으로 구명되었다.

제 2 절 종합평가

고도의 경제성장을 추구함에 따라 도시는 물론 농촌지역에서도 각종 사회간접시설이 급속히 확대되고 있으며 이의 역할이 크게 기대되고 있다. 이들 대부분은 콘크리트 구조물로 설치되고 있어, 앞으로는 새로운 건설 못지 않게 구조물의 유지·관리가 중요하게 대두된다.

농업용 수리구조물은 농업생산에 절대 필수조건으로 농업용수의 조절을 위한 시설이므로 단순히 구조물 자체만 가지고 평가하는 것이 아니라, 한정된 수자원을 효율적으로 이용하기 위함은 물론 전국의 농촌에서 생산되는 농산물의 생산성 향상에

도 직결되고 있기 때문이다.

따라서, 국제경쟁력을 갖춘 농업생산을 지속시키기 위한 기본시설이라 할 수 있으므로, 농업용 수리구조물의 유지관리 상태의 양부에 따라 농업발전에 미치는 영향은 지대하다. 본 연구를 통하여 새로운 유지·관리 공법을 적용하게 되면 어려운 상황에 처해 있는 우리나라 농업을 발전시키는 데 직·간접으로 크게 기여하게 될 것으로 확신한다.

본 연구진이 장기간 연구한 결과에 의하면 폴리머 콘크리트는 구조적 특성, 내구성 및 방수성 등이 요구되는 농업용 수리구조물에 경제적이고 효율적으로 이용될 수 있으므로, 본 연구가 성공되면 농촌·농업 발전을 위해 건설되는 각종시설은 물론 관련산업분야에도 즉시 응용될 수 있다. 농업용 수리구조물의 보수보강시에는 기존재료보다 휨·압축·인장강도와 같은 역학적 특성, 내구성 및 내염성 등 재료의 특성이 월등히 뛰어난 재료 개발을 할 수 있으며, 우리 농촌의 자연환경에 적합한 공법 및 경관표현 기법을 개발하여 아름다운 농촌을 형성할 수 있도록 방안을 구상 중에 있다.

이 외에도 토목 및 건축분야에서는 교량, 터널, 암거 등 각종 토목구조물의 보수보강은 물론 기둥, 보 등 주요 건축자재의 보수보강에도 활용이 가능하다. 본 기술을 전문기업에서 산업화하면 새로운 보수보강재의 재료를 대량으로 저렴하게 생산이 가능하고, 보수보강 공법을 실제 모든 구조물에 적용함으로써 우리나라 건설산업 기술분야에 일대 혁신을 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

제 3 절 금후의 연구방향

이상에서와 같이 총 연구기간 2개년 중 1차년도 연구에서는 첨단 건축신소재인 폴리머 콘크리트계 재료를 이용한 농업용 수리구조물의 보수보강 신기술 개발에 관한 기초연구를 수행하여 수리구조물의 실태조사 및 보수보강재의 성능 및 보수보강 공법이 구명 되었다. 앞으로 본 연구의 실용화를 위해서는 다음과 같은 내용을 중심으로 한 2차년도 연구가 이루어져야 할 것이다.

1. 손상원인에 따른 보수보강 공법연구

보수재료에 대한 물리·역학적 특성과 보강재료에 대한 보강효과가 종류에 따라 다소의 차이를 나타내고 있으므로, 농업용 수리구조물의 손상원인과 정도에 따라 적당한 재료를 선택적용해야 한다. 여러가지 원인에 의해 손상 또는 파손된 수리구조물을 빠른 시간내에 원상회복시켜 본래의 기능을 발휘하기 위해서는 손상의 원인과 정도, 구조물의 상태 및 주변상황을 면밀히 검토하여 적절히 보수재료 및 공법을 선택·적용하도록 연구한다.

2. 물리적·역학적 특성이 우수한 보수보강재 개발

높은 압축강도 및 휨·인장 강도를 갖는 폴리머 콘크리트로 제조되므로 충분한 외압·부착강도를 가질 수 있고, 내구성이 우수하여 별도의 유지관리가 불필요하여야 한다. 또한, 염분, 산, 알칼리에 강하고 어떠한 지형조건에도 충분히 견딜 수 있으며, 특히 유기물이 직접된 곳에서 우수한 성능을 가진 보수보강재를 개발한다.

3. 보수보강 신기술의 현장적용시험

본 연구에서 개발하는 보수보강 신기술은 농촌현장에 널리 설치·이용되고 있는 각종 농업용 수리구조물의 보수보강을 위해 적용코자 함을 최종목표로 하고 있다. 이에 따라 개발된 신기술의 현장적용능력 평가를 위해 내구성, 부착강도 등 성능 평가를 하며 이와 병행하여 이론적 고찰도 행한다. 또한 보수보강재의 내구성, 방수성, 강도적 특성 평가를 위한 2차 성능 분석도 실시한다.

4. 시공방법 연구

연구 개발된 보수보강재의 물리·역학적 성능 평가 결과를 토대로 구조해석을 통한 설계자료 도출이 필요하다. 이와 함께 각 조건별로 적합한 보수보강재의 표준 배합비를 제시하고, 이를 현장에 적용키위한 시공법 및 경제적 효과분석을 연구하여 제시한다.

여 백

참 고 문 헌

여 백

참 고 문 헌

1. 최예환 1987, 저수지 양배수장을 중심으로 (비급수기 수리시설물 관리), 농연회보, 11월, p22~25, 1987.
2. 고재균, 1991, 새로운 농업생산기반의 방향, 농지개량, 1991, 3월, p24~29.
3. 권순국, 1987, 용배수로 등 구조물을 중심으로 (비급수기 수리시설물 관리), 농연회보, 11월, p18~21, 1987.
4. 한국 콘크리트 학회 “콘크리트 구조물의 평가 및 보수·보강기술” 제1회 한·일 콘크리트학회 공동 세미나, 1994
5. 김종옥, 1990, 수리시설 유지관리 체계의 현대화, 농지개량, 1990, 12월, p46~51.
6. 김종옥, 1991, 수원공 및 구조물의 효과적인 유지관리, 농지개량, 1991, 2월, p28~33.
7. 이신호, 1990, 수리시설 노후화 원인과 대책, - 콘크리트 구조물을 대상으로 -, 농지개량, p44~47.
8. 농어촌진흥공사, 1995, 시설물의 안전관리에 관한 특별법령집, p1~81.
9. 농어촌진흥공사. 대림산업주식회사, 1994, 수리시설물 정보관리시스템 개발 보고서.
10. 농어촌진흥공사, 1994, 농업기반조성사업 통계연보, 1989~1994,
11. 농림수산부, 1995, '95 농조수리시설개보수사업 현황.
12. 포항종합제철, “콘크리트 구조물의 안전진단 및 보수·보강 지침서”
13. 연규석, 1990, 농촌의 다목적 기능을 다하는 방향으로 전개 되어야(농업기반조성 사업의 발전방향/수원공 개발부문), 농지개량, 2월, 1990, p18~23.
14. 연규석, 1990, 콘크리트의 균열 보수공법, 농지개량, 8월, p44~49, 1990.
15. 양재만, 1990, 농어촌용수사업의 활성화 대책, 농어촌진흥, 1990, 4집, p66~74

16. 尹 盛源, “炭素纖維 Seet 補強工法(技術資料)”, (株) T. S. BOND 建設工業, 1994
17. 尹 盛源, “補修・補強用 에폭시 樹脂 技術資料”, (株) T. S. BOND 建設工業, 1982
18. 최완철 외, “에폭시접착 강판보강 철근콘크리트보의 역학적 거동에 관한 연구”, 숭실대학교 생산기술 연구소, 1994
19. 杉山三郎, “改修工事施工マニュアル”, 全國建築士協會
20. 岡田 清, “コンクリートの耐久性 向上技術の開発”, 土木研究センター, 1994
21. 國土開發技術研究センター, “コンクリートの耐久性 向上技術講習會”
22. 大濱嘉彦, “高分子防水”, 高分子刊行會, 1972
23. 清水建設株式會社 研究所, “既存建物の 構造診斷法”
24. 土木學會編, “コンクリート構造物の 維持・補修・取壊し”, 新體系 土木工學
25. 建築業協會/鹿島出版會, “コンクリートのひびねれ止對策”
26. 日本コンクリート工學協會, コンクリート構造物の補修工法研究委員會, “コンクリート構造物の補修工法に関するシンポジウム 論文報告集”
27. 日本コンクリート工學協會, コンクリート構造物の補修工法研究委員會, “コンクリート構造物の 補修工法と 電氣防蝕に関するシンポジウム 論文報告集,”
28. 日本コンクリート工學協會, “コンクリート構造物の補修事例集”
29. 日本コンクリート工學協會, “コンクリート構造物の補修工法 研究委員會報告集(I, II)”
30. 日本コンクリート工學協會, “コンクリート構造物の電氣防蝕法 研究委員會 報告集”
31. 岡田 清, “コンクリートの耐久性”, 朝倉書店, 1988
32. 龜田弘行, “土木構造物の診斷”, 山海堂, 1991
33. 日本コンクリート工學協會, “コンクリート便覽”, 技報堂出版株式會社, 1978

34. コンクリート構造物の補修ハンドブック編集委員会, “コンクリート構造物の補修ハンドブック”, 技報堂出版株式会社, 1989
35. 仕入豊和ら, “コンクリートのひびわれ調査, 補修・補強指針”, 日本コンクリート工學協會, 1989
36. Sugama T., Kukacka L. E., and Horn W., “Water-Compatible Polymer Concrete Materials for Use in Rapid Repair Systems for Airport Runways”, Brookhaven National Laboratory Upton, New York, 1981
37. Warner J., “Structural Concrete Repair Methods”, World of Concrete, California, 1988
38. ACI “Concrete Repair and Restoration”, Compilation, No. 5, September, 1980
39. ACI, “Repairing Concrete Bridges” Seminar Background Materials, SCM-27, 1993
40. Chandra S., Ohama Y., “Polymers in Concrete”, CRC, 1994
41. ACI, “Polymer Repairs to Concrete : Their Influence on Structural Performance”, SP-22
42. Allen R. T. L., Edwards S. C. and Shaw J. D. N., “Their Repair of Concrete Structures”, Blackie Academic & Professional, 1993
43. Hiroshi Ive, Katsunori Demura, “Materials and Methods for Repair of Reinforced Concrete Structures”, KCI, 1994
44. ACI Committee 546, “Guide for Repair of Concrete Bridge Superstructures”, ACI Compilation, 1980
45. Mansur M. A. and Ong K. C. G., “Epoxy Repaired Beams” Concrete International, 1985
46. Lewis W. J. and Lewis G., “The Influence of Polymer Latex Modifiers on the Properties of Concrete”, Construction & Building Materials, 1991

47. McDonald and Logsdon D. L., "Epoxy Injection of a Gate Pier", 1986
48. Plecnik J. M., Gaul R. W., Pham M., Cousins T. and Howard J., "Epoxy Penetration", 1986
49. Feldman D., "Polymeric Building Materials", Elsevier Applied Science, 1990
50. ACI, "Repair and Rehabilitation of Concrete Structures", SCM-16, 1987
51. ACI, "Repair of Concrete Structures-Assessments, Methods and Risks", SCM-21, 1989