

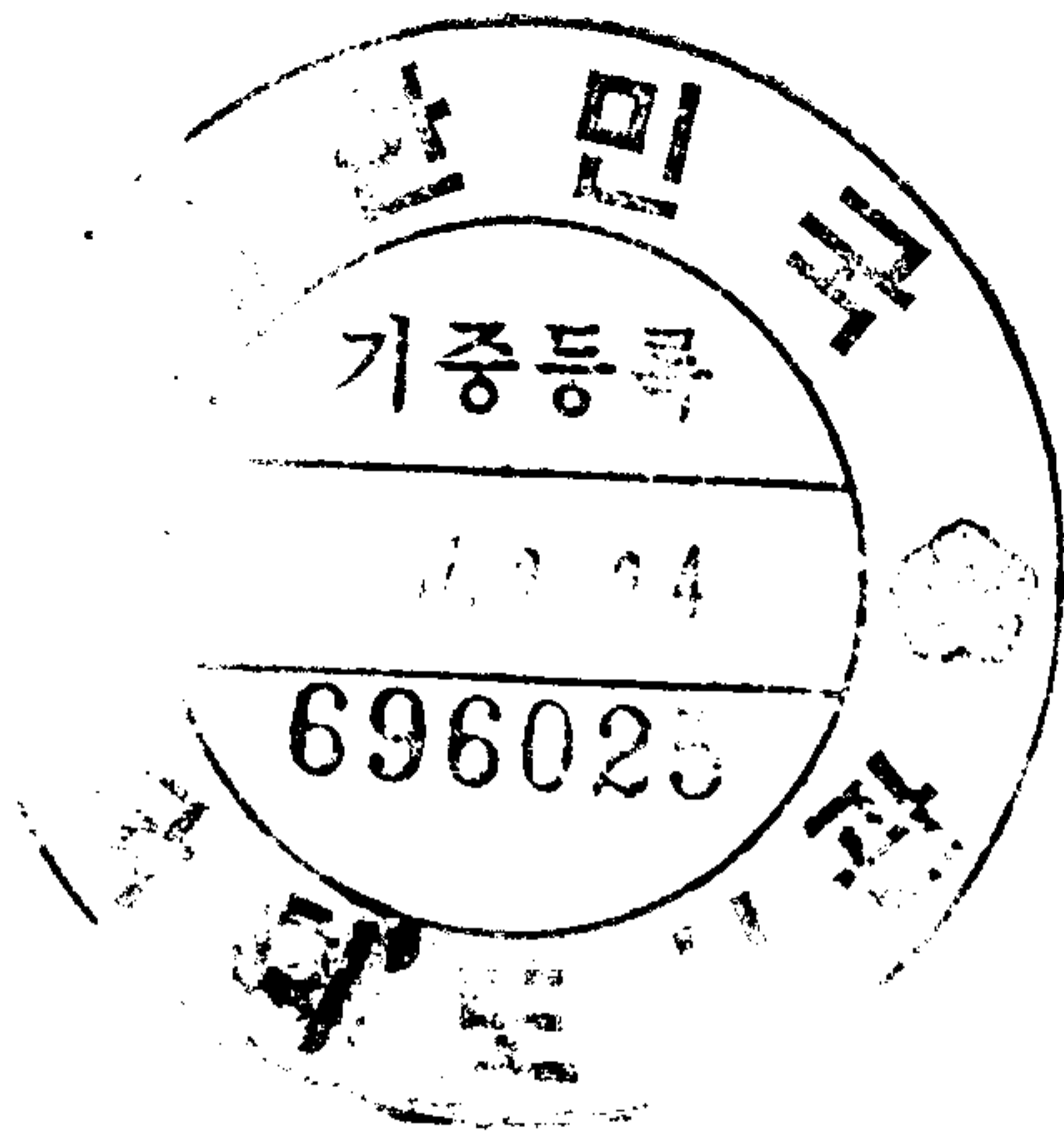
제2차 년도
최종보고서

GOVP1199701661

농업용 수리구조물의 보수보강 신기술 개발(Ⅱ)
Development of New Technique for Repairing and Reinforcing
Damaged Agricultural Hydraulic Structures(Ⅱ)

연구기관
강원대학교

농림부



제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “농업용 수리구조물의 보수보강 신기술 개발”
에 관한 연구 사업의 2차년도 최종 보고서로 제출합니다.

1996. 11 . .

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. 연구의 목적 및 중요성

(1) 연구개발 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 확대보급 하는데 있다.

본 연구의 최종연도인 2차년도에서는 1차년도의 보수보강재의 기초적 성능시험 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 등에 대해 연구코자 한다.

(2) 연구개발 중요성

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·관리가 중요하게 대두된다.

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, 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 것이다.

Ⅲ. 연구개발의 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.

현재 국내에서 시공되고 있는 농업용 수리구조물의 건설재료는 시멘트 콘크리트이고, 보수·보강 재료는 대부분 외국제품에 의존하고 있으며, 보수·보강 시공 방법도 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 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.

본 연구에서 수행할 주요 연구내용 및 범위는 다음과 같다.

가. 보수·보강재의 특성연구

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, 폴리머 시멘트계 및 폴리머계 보수보강재의 성능평가에 대한 연구를 하였다. 또한, 보수·보강 구조물의 진단을 위하여 조사를 실시하였다.

나. 보수·보강 기법의 응용연구

농업용 수리구조물의 구체적 보수·보강 기법에 관한 연구는 1차년도에 보수보강재의 기초적 성질 및 성능평가, 보수·보강 구조물의 진단을 행한 후, 2차년도에서 실용성을 검토하였다. 사전 준비단계로 실제 현장 적용성 검토를 위해 보수보강재의 성능 평가와 산업현장에서의 경제적 가치 여부 파악을 하는 등 실제 보수·보강에 대비하였다.

2차년도는 농업수리구조물 보수·보강 기법의 응용연구 단계로서 구체적 연구내용은 다음과 같다.

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

(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

(3) 개발된 보수보강재의 현장적용 : 본 연구진이 개발한 보수보강재를 손상된 농업용 수리구조물에 적용하여 범용성을 검토하였음.

(가) 보수보강재의 특성 평가

(나) 보수보강재의 현장적용성 평가

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

농업용 수리구조물의 보수보강 신기술 개발을 목표로 한 2차년도 연구를 진행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 농업용 수리구조물의 실태 분석

농업용 수리구조물은 농촌이라는 광범위한 지역에 불특정한 상태로 건설되어 있고 구조물이 설치되어 있는 환경조건도 매우 열악하여 손상이 다양한 것으로 나타났다. 손상의 원인으로서는 대부분의 수리구조물이 물과 접하고 있기 때문에 누수로 인한 백화현상을 나타내고 있었으며, 손상원인은 동결융해가 대부분인 것으로 분석 되었다.

이와 같은 여러가지 원인에 의해 손상 또는 파손된 수리구조물을 빠른 시간내

에 원상회복시켜 본래의 기능을 발휘하기 위해서는 손상의 원인과 정도, 구조물의 상태 및 주변상황을 면밀히 검토하여 적절한 보수재료 및 공법을 선택·적용하여야 할 것이다.

2. 보수보강재의 성능 평가

콘크리트 구조물의 새로운 보수보강 재료로 많이 사용되고 있는 폴리머 시멘트 모르타의 물리적, 역학적 성질을 구명한 결과, 단위용적중량, 흡수율, 건조수축, 열팽창계수 모두 폴리머 모르타(SBR 모르타, EVA 모르타)를 사용한 경우가 기존의 시멘트 모르타에 비해 성능이 우수한 것으로 나타났다.

강도시험 결과 SBR 모르타와 EVA 모르타가 시멘트 모르타에 비해 압축강도, 휨강도, 할열인장강도 등 역학적 특성이 우수하며, 탄성계수, 충격강도, 휨부착강도 및 대각선 압축부착강도도 우수함을 구명하였다.

이상의 보수보강재의 성능평가 결과로 부터 콘크리트 구조물의 보수보강 재료로서 폴리머 시멘트 모르타의 이용은 효과적임을 확인 할 수 있었으며, 앞으로도 이들 재료를 사용하여 현장시공을 한 후 장기적 거동에 대한 연구가 뒤따라야 할 것으로 분석된다.

3. 보수보강재의 현지적용 평가

보수대상지를 선정하여 각각의 농업용 수리구조물의 손상상태를 관찰하여 자체 개발한 보수보강재인 SBR 라텍스를 혼입한 폴리머-시멘트 모르타로 현장시공을 하여 범용성을 검토하였다. 평가결과, 농업용 저수지의 여수토, 수로교,

개거 모두 콘크리트 면과의 부착성이 양호한 것으로 판명되었다.

또한, 농업용 수리구조물의 보수보강에 필요한 적절한 공법 구명을 하고자 그 동안의 연구·조사 결과를 토대로 하여 콘크리트 구조물에서의 보수·보강 재료 및 공법, 구조물의 노후화에 따른 공법의 적용 사례를 제시하였다. 여기에 제시된 주요 공법은 앞으로 다양한 형태로 나타나는 농업용 수리구조물의 손상상태에 따른 적절한 보수보강을 위하여 효율적으로 적용될 수 있을 것이다.

4. 금후의 활용방안

일반적으로 농업용 수리구조물을 유지·관리 하는데 필요한 비용은 신규 투자액에서 상당한 비중을 차지하고 있어, 신규투자에 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 국제경쟁력을 갖춘 농업생산을 지속시키기 위한 기본시설이라 할 수 있으므로, 농업용 수리구조물의 유지관리 상태의 양부에 따라 농업 발전에 미치는 영향은 지대하다. 특히, 선진외국에 비해 크게 낙후되어 있는 우리나라 농촌·농업을 발전시키기 위해서는 농촌의 생활환경기반의 개선과 함께 농업생산기반을 지속적이며 효율적으로 정비하는데 있다.

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 각종 시설은 물론 관련 산업분야에도 즉시 응용될 수 있는 것으로 기대된다.

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 damaged structures, a technical manual for the technique is prepared for applying it over the nation.

On the basis of the first year of study on the basic performance of repairing and reinforcing materials and the results on the evaluation of structures, in the second year which is final year of this study, technique for repairing and reinforcing which is proper for agricultural hydraulic structures built by conventional cement concrete is developed. Also, this study is performed for the

analysis of efficiency for field application in order to apply to agricultural hydraulic structures throughout the country.

2) Importance of the development

According to pursue the rapid economic growth, the various social overhead capitals are rapidly expended at urban areas as well as rural areas, and their roles are highly expected. Because most of them are constructed by concrete structures, maintenance and management of them become as important as new construction in the future.

Because agricultural hydraulic structures are facilities for the control of agricultural water, which is absolutely necessary for agricultural production, structures themselves are not simply evaluated, as well as they are directly related to the effective use of limited water resource and a raise of improvement for productivity of agricultural products throughout the country. Therefore, according to good or poor of the state of maintenance and management of agricultural hydraulic structures, their influences for the development of agriculture are great. Through this study, if new technique for maintenance and management can be applied to agricultural hydraulic structures, it can directly or indirectly contribute to develop the agriculture of our country in difficult situation.

III. Contents and Scope of the Research

Most of existing agricultural hydraulic structures were 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.

Now, construction material of agricultural hydraulic structures being used in our country is cement concrete. Most of materials for repairing and reinforcing are imported from foreign countries. Also, methods for repairing and reinforcing are directly introduced according to an advice from foreign industry of technology without investigation of dynamic performance or the decision of designer for structure on the basis of experience.

Therefore, criterion for repairing and reinforcing materials, 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. However, by considering that repairing and reinforcing demands for hydraulic structures are rapidly increasing, development of new but economic technique to repair and reinforce the damaged hydraulic structure is urgent. Also, evaluation methods for the repair and reinforcement works need to be developed.

Because polymer concrete can be effectively used in structures, which can not be constructed by cement concrete and steel materials, the study for applying polymer concrete as new construction material to structures has been diversely

carried out. In past days, other countries use it as repairing or bonding material, but recently they use it as storage tank, foundation of building, hydraulic structure, material for tunnel, etc.

The contents and scope of this research are as follow:

1) Study on characteristics of repair and reinforcement materials

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 for performance of the material
- ③ Application methods of repair and reinforcement material

B. Examination and diagnosis of damaged structures

Damaged structures are carefully examined to find reasons why they were damaged.

- ① Status of damaged hydraulic structures
- ② Examination of damaged hydraulic structures
- ③ Development of repairing and reinforcing methods.

C. Field application of developed repair and reinforcement material

- ① Evaluation for characteristics of repair and reinforcement material

② Evaluation on capability for field application of repair and reinforcement material

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 were performed at various structures that have damages.

IV. Results and Suggestions

Results for the second year of research for the development of a new technique for repairing and reinforcing damaged agricultural hydraulic structures are summarized as follow:

1) Analysis of existing agricultural hydraulic structures

Agricultural hydraulic structures are constructed in rural areas at unspecified state. Furthermore, because the environmental conditions which structures are constructed are too bad, damages of structures are various. Because most of hydraulic structures are contacted with water, they were showing whiteness by leakage of water. It is analyzed that fusion of freezing was the main reason of damages.

Structures damaged and broken by these various reasons should be rapidly repaired to play their own functions. For this repaire of structures, reason and degree of damage, state of structure, and environmental situations are scrutinized

to select and apply proper repairing materials and methods.

2) Evaluation for performance of repairing and reinforcing material

The experimental results were obtained from investigation for physical and dynamic characteristics of polymer concrete mortar, which is widely used as new reinforcing materials of concrete structure. Performance of polymer mortar(SBR mortar, EVA mortar) was better than that of conventional cement mortar in the weight per unit volume, absorptivity, shrinkage by drying, and thermal expansion rate. From the hardness test, it was investigated that SBR and EVA mortars were better than cement mortar in compression strength and bending strength as well as elasticity, impact intensity, etc.

From evaluation for performance of repairing and reinforcing materials, it was confirmed that the use of polymer cement mortar as reinforcing materials of concrete structure was effective. It is analyzed that the study should be followed for its behavior at long time period after use of this material in field.

3) Evaluation for field application of repairing and reinforcing materials

The repairing place was selected, and damaged states of agricultural hydraulic structures were observed. Then, from field use of polymer-cement mortar mixed with SBR latex which is developed repairing and reinforcing materials, its usefulness was investigated. The result showed that waterway bridge, open sewer, etc. were very good in adhesion with the side of concrete.

Also, to investigate the proper methods for repair and reinforcement of

agricultural hydraulic structures, the repairing and reinforcing materials of concrete structures and construction methods as well as examples applying construction methods according to the degree of age were suggested on the base of the results from study and investigation during this research period. Construction methods suggested in this report can be effectively applied to repair and reinforce according to damage types of the agricultural hydraulic structures which show various states.

4) Suggestions and application

Generally, the cost for maintenance and management of agricultural hydraulic structures is relatively high in new invested amount. It becomes a main factor limiting new investigation. Therefore, when structure is constructed, the use of new materials which are excellent in structural characteristics is urgent. Also, to apply the new methods developed with new material which is excellent in durability for repair and reinforcement is beneficial economically.

Because the agricultural hydraulic structures are basic facilities for continuing agricultural production with international competitiveness, the development of agriculture is greatly influenced according to good or poor of maintenance and management states of them. Especially, to develop the rural area and agriculture of our country which are fallen behind in comparison with foreign countries, the base of agricultural production with improving the base of living environment for rural areas should be consolidated effectively.

From the results obtained from the study of long period by our research team,

polymer concrete can be economically and effectively used to agricultural hydraulic structures, which require the structural characteristics, durability, and waterproof. If this study can be succeeded, it is expected that polymer concrete can be directly applied to various facilities, which are constructed for the development of rural areas and agriculture as well as related fields of industry.

CONTENTS

CHAPTER 1. INTRODUCTION	21
Section 1. Necessities of the research	23
Section 2. Objectives	29
Section 3. Contents and scope	30
CHAPTER 2. CURRENT STATUS OF AGRICULTURAL.....	41
HYDRAULIC STRUCTURES	
Section 1. Overview	43
Section 2. Damage status of structures	44
Section 3. Analysis for the status of agricultural hydraulic structures	48
Section 4. Conclusion	63
CHAPTER 3. EVALUATION FOR PERFORMANCE OF	65
REPAIRING AND REINFORCING MATERIALS	
Section 1. Overview	67
Section 2. Materials and methods	69
Section 3. Results and discussion	80
Section 4. Conclusion	106

CHAPTER 4. EVALUATION FOR FIELD APPLICATION OF	109
REPAIRING AND REINFORCING MATERIALS	
Section 1. Overview	111
Section 2. Selection of places for repair and reinforcement	113
Section 3. Materials and methods	117
Section 4. Field application of repair and reinforcement	124
Section 5. Conclusion	142
 CHAPTER 5. CASE STUDY OF REPAIR AND REINFORCEMENT WORK	145
Section 1. Overview	147
Section 2. Analysis for damage reasons of structures	148
Section 3. Investigation for methods of repair and reinforcement	150
Section 4. Cases for methods of repair and reinforcement	165
Section 5. Conclusion	176
 CHAPTER 6. CONCLUSIONS AND PROPOSITIONS	177
Section 1. Overall conclusion	179
Section 2. Overall evaluation	183
Section 3. Suggestions for field use	184
 REFERENCES	189

목 차

제 1 장 서 론	21
제 1 절 연구개발의 필요성.....	23
제 2 절 연구의 목적.....	29
제 3 절 연구내용 및 범위.....	30
제 2 장 농업용 수리구조물의 실태분석	41
제 1 절 서 론.....	43
제 2 절 구조물의 손상실태.....	44
제 3 절 농업용 수리구조물의 실태분석.....	48
제 4 절 결 론.....	63
제 3 장 보수보강재의 성능평가	65
제 1 절 서 론.....	67
제 2 절 재료 및 연구방법.....	69
제 3 절 결과 및 고찰.....	80
제 4 절 결 론.....	106

제 4 장	보수보강재의 현장적용 평가	109
제 1 절	서론	111
제 2 절	보수보강 대상지역 선정	113
제 3 절	재료 및 연구방법	117
제 4 절	보수보강 현장시공	124
제 5 절	결론	142
제 5 장	사례별 보수보강 적용기법 연구	145
제 1 절	서론	147
제 2 절	구조물 손상원인 분석	148
제 3 절	보수보강공법 조사	150
제 4 절	사례별 보수보강 공법	165
제 5 절	결론	176
제 6 장	종합결론 및 건의 사항	177
제 1 절	종합결론	179
제 2 절	종합평가	183
제 3 절	실용화를 위한 제언	184
참고문헌		189

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 정부에서는, 1994년부터 2004년까지 농어촌특별세로 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 나누어 진다. 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 2,940t 이었으나 오는 2025년에는 1,253t 으로 물사정의 악화가 예상되고 있다. 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 보강 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 수리 구조물의 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.

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 농업수리조구조학 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 기술 개발 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 연구 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 확대보급 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.

본 연구의 제 1차년도에서는 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 구명하였다. 특히, 보수보강재로 사용하고자 하는 폴리머 콘크리트에 관해서 본 연구진은 이 분야에서 국내 및 해외에서도 인정받는 충분한 Know-How를 축적하고 있어서 훌륭한 연구결과가 도출되었다.

본 연구의 최종연도인 2차년도에서는 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 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 검토하였다.

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 시공 방법도 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, 조기 강도의 발현, 높은 압축·휨·인장 강도, 내구성, 내약품성, 피로강도, 충격저항성, 방수성 등에 대한 기초적 성질의 구명이 완료되었으며, 폴리머 시멘트계 및 폴리머계 보수보강재의 성능평가에 대한 연구를 하였다. 또한, 보수·보강 구조물의 진단을 위하여 조사를 실시하였다.

나. 보수·보강 기법의 응용연구

농업용 수리구조물의 구체적 보수·보강 기법에 관한 연구는 1차년도에 보수보강재의 기초적 성질 및 성능평가, 보수·보강 구조물의 진단을 행한 후, 2차년도에서 실용성을 검토하였다. 사전 준비단계로 실제 현장 적용성 검토를 위해 보수보강재의 성능 평가와 산업현장에서의 경제적 가치 여부 파악을 하는 등 실제

보수·보강에 대비하였다.

2차년도는 농업수리구조물 보수·보강 기법의 응용연구 단계로서 구체적 연구 내용은 다음과 같다.

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

(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

(3) 개발된 보수보강재의 현장적용 : 본 연구진이 개발한 보수보강재를 손상된 농업용 수리구조물에 적용하여 범용성을 검토하였음.

(가) 보수보강재의 특성 평가

(나) 보수보강재의 현장적용성 평가

2. 연구방법

우리나라 농촌·농업을 둘러싼 여러가지 해결과제 중 시급한 것은, 1993년말 타결된 UR협상의 결과 농산물의 시장개방화에 대응하기 위해 지속적이고 안정

적인 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 암거배수조직인 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 중요하다 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 기술축적이 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 피로, 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 내

구성이 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 않는한 계속될 전망이다. 특히 앞으로는 경제성을 고려할 때 콘크리트 구조물의 건설 보다는 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 596지구에 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 대부분을 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 효율적

으로 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 3불 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 기

술적 우월성을 농민들에게 심어주기 위해서도 본 기술 개발은 절대 필요하다.

(3) 보수·보강 재료로 사용되는 폴리머 콘크리트 재료의 기본성능을 제시하여 재료의 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 $1,450\text{kg}/\text{cm}^2$, 휨강도 $230\text{kg}/\text{cm}^2$ 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·관리가 중요하게 대두된다.

일반적으로 구조물을 유지·관리 하는데 필요한 비용은 신규 투자액에서 상당한 비중을 차지하고 있어, 일본, 미국에서는 건설분야 투자액의 50~60%를 차지해 신규투자에 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 기여하게 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 각종 시설은 물론 관련 산업분야에도 즉시 응용될 수 있는 것으로 나타났다. 농업용 수리구조물의 보수·보강시에는 기존재료보다 휨·압축·인장강도와 같은 역학적 특성, 내구성 및 내염성 등 재료의 특성이 월등히 뛰어난 재료 개발을 할 수 있으며, 앞으로는 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.

제 2 장

농업용 수리구조물의 실태분석

여 백

제 2 장 농업용 수리구조물의 실태분석

제 1 절 서 론

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 관개용 수로를 통하여 물을 끌어 들일 때 설치되는 취수보와 취수구 등 보시설과 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 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 암거배수 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.

본 조사연구에서는 자체 개발한 보수보강 신재료를 시공현장에서 효율적으로 적용키 위해 농업용 수리구조물의 실태를 현장조사를 통해 분석하였다.

제 2 절 수리구조물의 손상실태

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 대체시공 하여야 한다.

저수지는 제체나 기초지반을 통하는 누수량이 허용누수량 보다 클 때에는 누수의 위치를 찾아 콘크리트 그라우팅과 같은 공법을 사용하여 급속히 보수해야 하고 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·보강하지 않으면 안된다.

양배수장에서 양수기는 사용기간이 길어 질 수록 양수효율이 떨어지므로 이를 정기적으로 점검하여 당초 계획한 필요수량을 양수 할 수 있도록 보수가 요구된다. 특히 홍수기에 대비하여 전기시설의 침수로 인한 가동이 불가능 할 때를 대비한 방지 대책, 배수장의 배수시설 결함 여부의 점검 및 정비, 낙뢰로 인한 파손될 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 보수해

야 하는 양상이다.

또한 하천의 양안의 보의 호안상태를 확인하고, 보강이 필요시에는 보강해야 하며, 본체의 상하류측의 물받이 및 바닥 보호공 상태를 점검하여 보수·보강이 이루어져야 하는지의 상태를 파악해야 한다.

용수로는 토공수로가 차지하는 비율이 높고 구조상 누수의 손실이 과다할 뿐만 아니라 매년 준설과 수초제거 등의 막대한 예산이 소요되는 실정이어서 토공 수로를 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 보강해야 할 필요성이 대두 되고 있다. 더 나아가서 유지관리 차원에서 수리구조물의 보호를 위하고, 효율적인 물관리를 하기 위하여, 계측장치와 조정장치를 설치하고, 그 조작의 자동화도 이루어져야 유지관리에 편리하다.

이와 같이 농업용 수리 구조물에는 대부분이 토공이나 콘크리트를 사용하고 있어 이들이 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 2-1과 같이 재료, 시공, 사용·환경, 구조·외력면으로 나누어서 생각 할 수 있다.

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

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

표 2.1 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, 불리딩 ◦ 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 3 절 농업용 수리구조물의 실태분석

1. 수리구조물의 실태 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, 삽이 사용되었다.

조사는 수리구조물이 노후되어 크게 손상되어 있는 강원도내 농업용저수지 17개소를 대상으로 실시하였다.

가. 조사대상 지구

(1) 춘천관내

- 1) 춘천시 신북면 유포리 조연지구 저수지
- 2) 춘천시 서면 월송리 서상지구 저수지
- 3) 춘천시 칠송동 송암지구 저수지
- 4) 춘천시 신북면 읍문리 우두지구 저수지

(2) 횡성관내

- 1) 횡성군 우천면 학곡리 학곡지구 저수지
- 2) 횡성군 강림면 부곡리 부곡지구 저수지
- 3) 횡성군 횡성읍 반곡리 반곡지구 저수지
- 4) 원주군 문막면 건등리 건등지구 저수지
- 5) 횡성군 횡성읍 모평리 모평지구 저수지

(3) 철원관내

- 1) 철원군 철원읍 양지리 철원지구 저수지
- 2) 철원군 동송읍 강산리 동송지구 저수지

- 3) 철원군 동송읍 오덕리 학지구 저수지
- 4) 철원군 갈말읍 지포리 안터지구 저수지

(4) 고성관내

- 1) 고성군 토성면 도원리 도원지구 저수지
- 2) 고성군 토성면 원암리 학사평지구 저수지
- 3) 고성군 간성읍 어천리 어천지구 저수지
- 4) 양양군 강현면 둔전리 설악지구 저수지

나. 조사대상

- 1) 저수지 : 여수토, 방수로 및 관련 콘크리트구조물
- 2) 간선, 지선, 지거별 용수로 도수시설 : 콘크리트구조물
- 3) 간선, 지선, 지거별 배수로, 사면배수구 등 배수시설 : 콘크리트구조물
- 3) 취입보, 취수구 등 취수시설 : 콘크리트구조물
- 4) 낙차공 및 급류공, 수로터널, 수로교 등 통수시설 : 콘크리트구조물
- 5) 분수공, 여수토, 방수공 등 분수 및 조정시설 : 콘크리트구조물

다. 조사내용

- 1) 균열의 발생위치, 크기(폭), 방향, 길이 등의 특성 및 상태
- 2) 누수 위치, 구간, 누수원인 및 정도
- 3) 구조물의 파손(균열, 부식 등), 철근노출 등 표면상태
- 4) 콘크리트(바닥, 벽체 등)의 균열, 콘크리트 부서짐 등의 위치, 정도 특징
- 5) 용, 배수로 등 수로구조물의 이용 및 실태 조사
- 6) 기타 농업수리용 콘크리트구조물의 손상실태 조사

2. 수리구조물의 실태 분석

(1) 저수지

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

(나) 저수지 B : 저수지 여수토의 바닥부분으로 물이 누수되고 시공불량으로 구조물을 손상시킨 것으로 판단되며, 부분 보수를 하였으나 재료 및 방법이 부적절하여 박리현상이 일어남.

(다) 저수지 C : 저수지 여수토의 상부로서 구조물의 균열부위로 물이 침투되어 성능저하와 함께 동결융해 작용으로 균열 및 표면 박리현상이 일어난 것으로 판단됨.

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

(마) 저수지 E : 여수토 측벽으로 침투된 물이 동결융해 작용을 일으켜 철근이 노출되는 등 심한 박리현상을 일으켜 안전성에 큰 문제가 되고 있음.

(바) 저수지 F : 여수토 바닥의 동결융해 작용과 시공방법이 부적절하여 크게 손상이 일어났으며, 측벽과의 연결부분도 심한 균열과 파손이 나타났음.

(2) 개거

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

(나) 개거 B : 개거 측벽 부분이 노후되고 동결융해 작용으로 백화현상과 철

근 노출 등 벽체 파손이 크게 나타났음.

(다) 개거 C : 개거의 벽체로서 지반침하로 인해 벽체의 균열과 재료분리가 일어났음.

(라) 개거 D : 바닥부분으로 동결융해로 인해 노후화와 함께 파손되어 바닥균열과 철근 노출 등 바닥면의 박리현상이 대단히 심하였음.

(3) 수로교

(가) 수로교 A : 노후화된 수로교 벽체부에 침투한 물이 미세한 균열을 통해 흘러나와 성능저하와 함께 백화현상을 일으킴.

(나) 수로교 B : 수로교의 바닥이 동결융해 작용으로 인해 파손되어 물이 고여 있음. 고인물에 의해 계속적으로 동결융해를 받아 골재와 철근이 노출되어 있고 바닥이 크게 파손되어 있음.

(다) 수로교 C : 수로교의 신축이음 부위와 수로교를 바쳐주는 피어의 연결부위로서 신축이음 부위로 물이 누수되어 이음부 및 피어에 침투한 물이 동결융해 현상을 일으켜 파손됨.

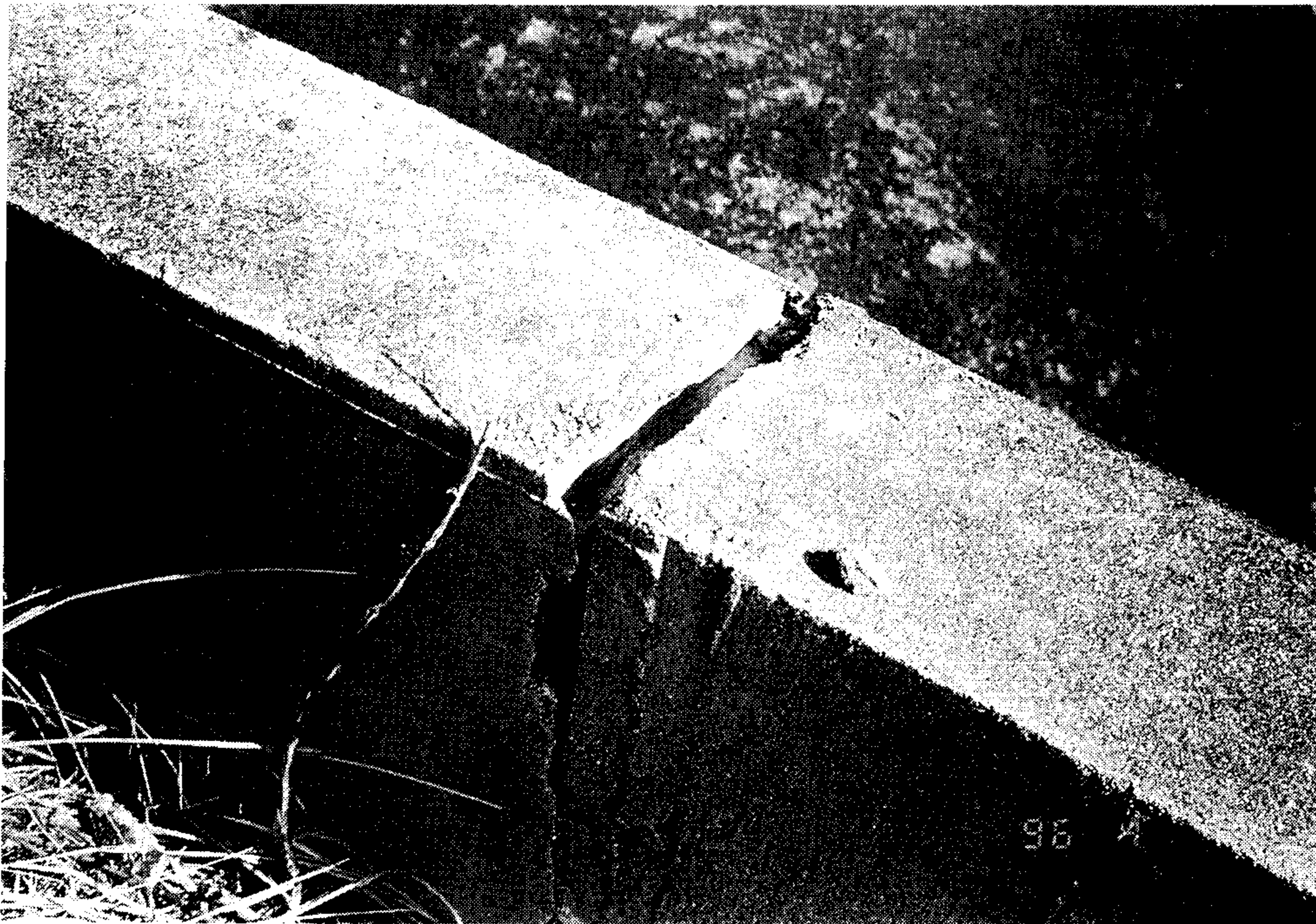


사진 2-1 저수지 A의 손상현황



사진 2-2 저수지 B의 손상현황



사진 2-3 저수지 C의 손상현황

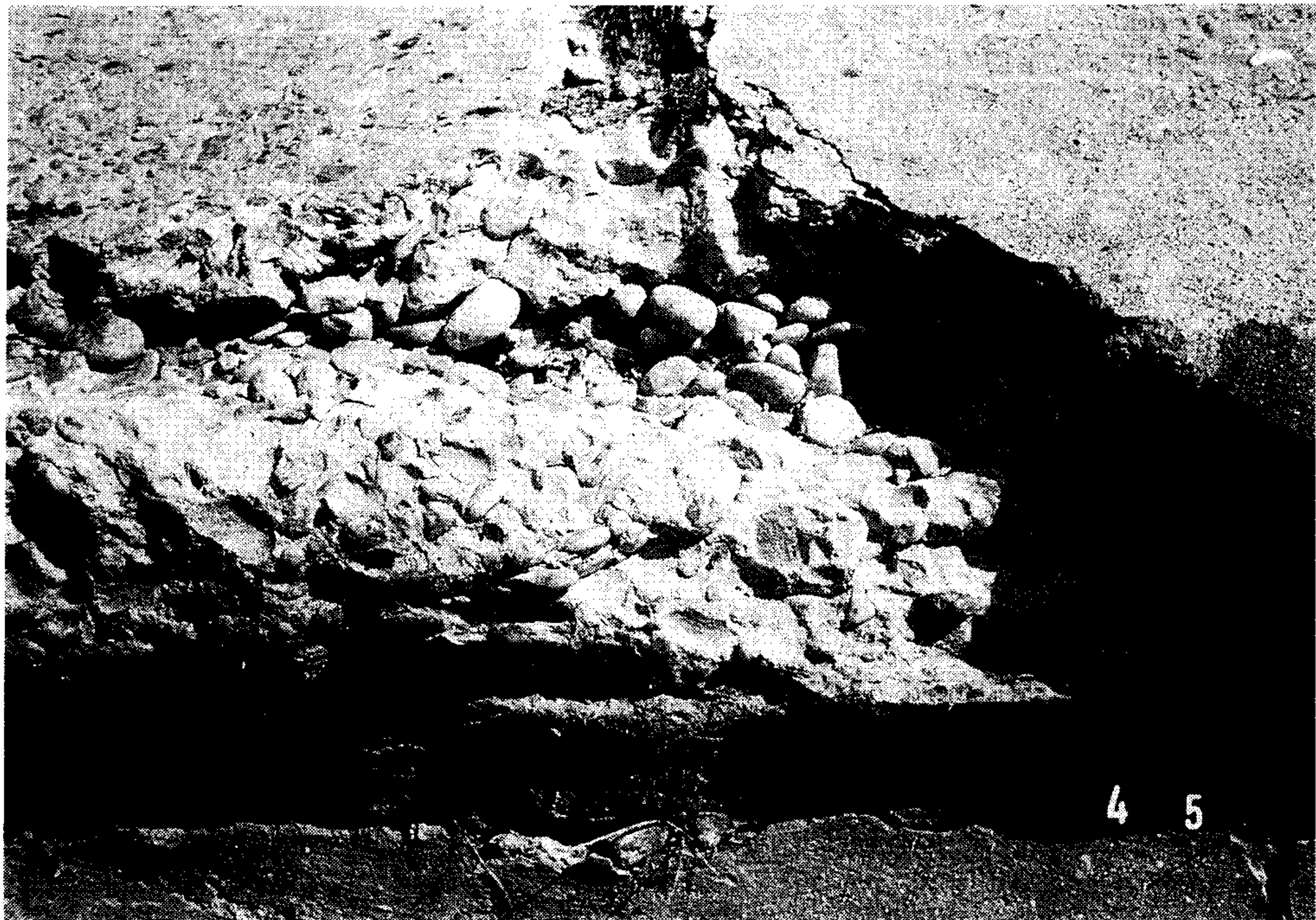


사진 2-4 저수지 D의 손상현황



사진 2-5 저수지 E의 손상현황



사진 2-6 저수지 F의 손상현황



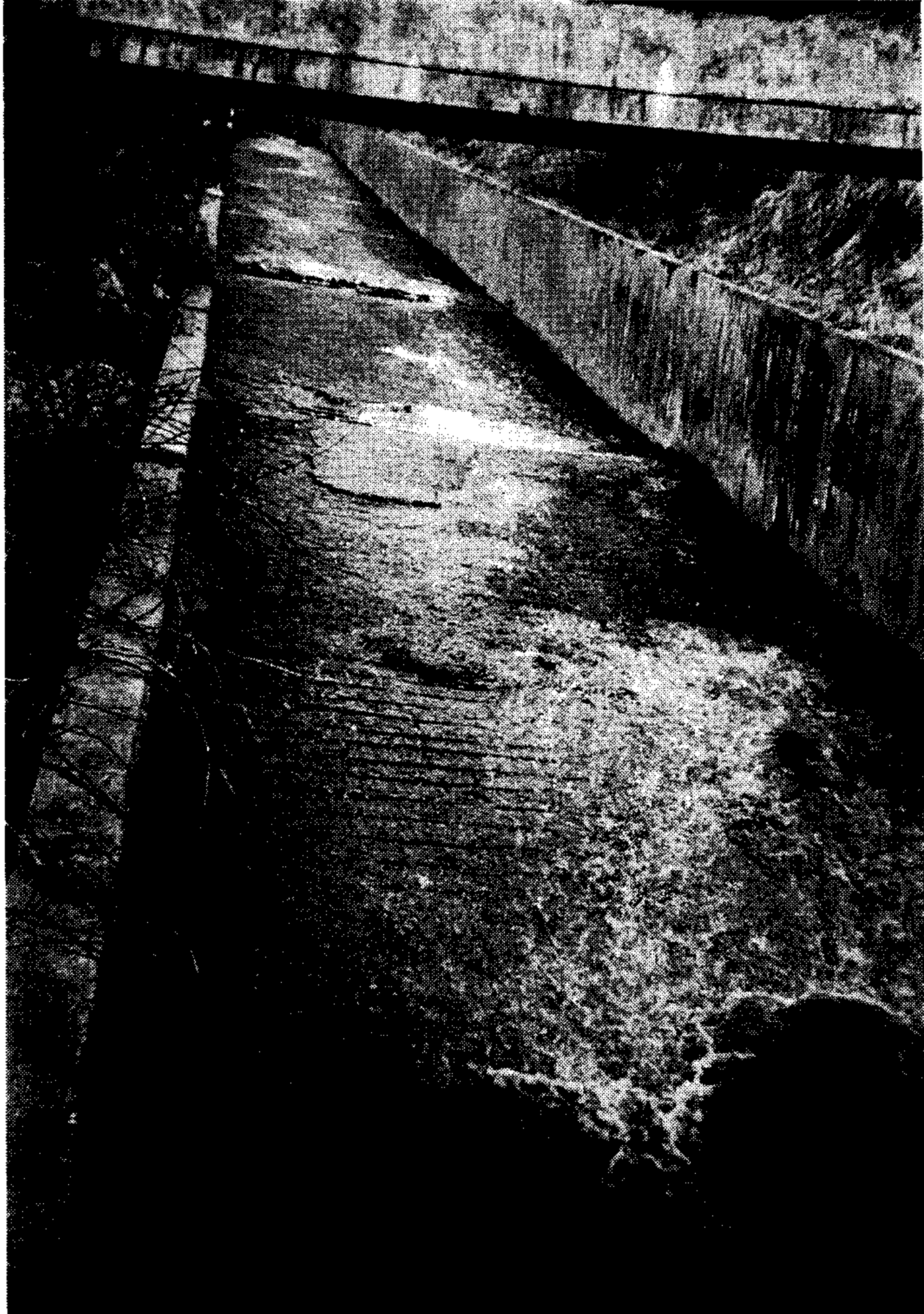
사진 2-7 개거 A의 손상현황



사진 2-8 개거 B의 손상현황



사진 2-9 개거 C의 손상현황



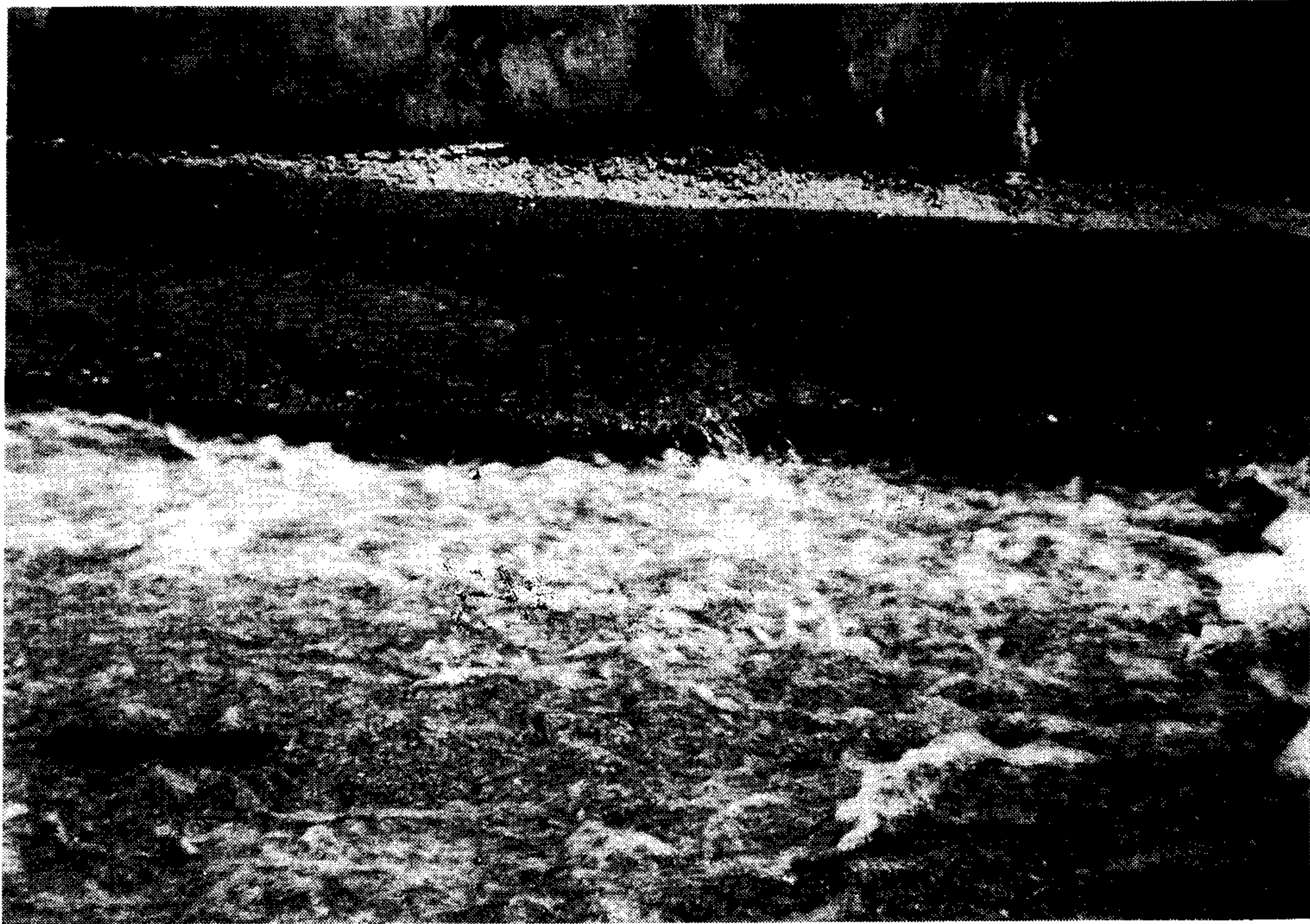


사진 2-10 개거 D의 손상현황

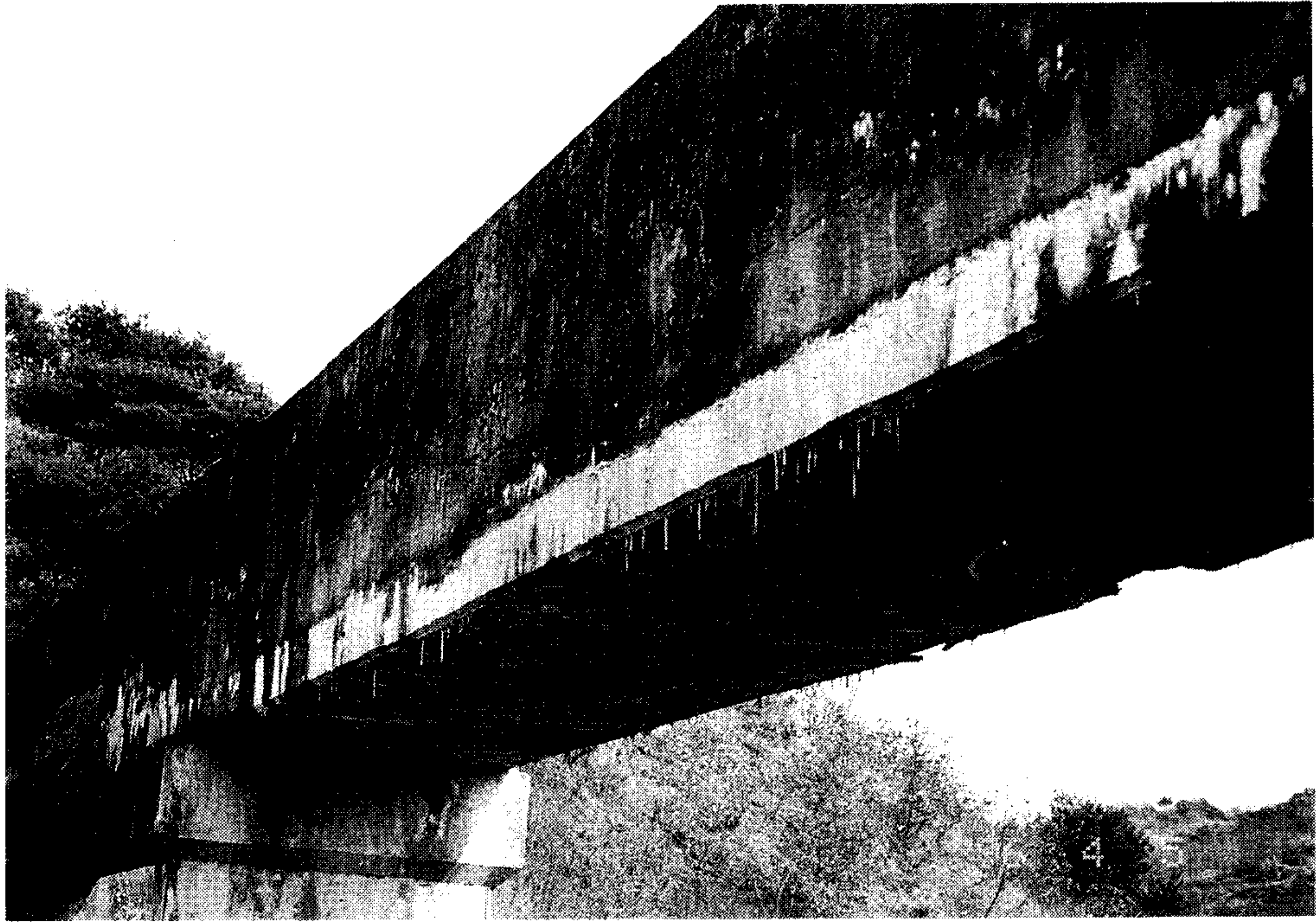


사진 2-11 수로교 A의 손상현황



사진 2-12 수로교 B의 손상현황



사진 2-13 수로교 C의 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 시간 내에 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 3 장

보수보강재의 성능평가

여 백

제3장 보수보강재의 성능평가

제 1 절 서 론

근대적인 시멘트 콘크리트의 출발은 포틀랜드 시멘트가 발명된 1824년 이후로서 벌써 1세기 반이 경과하였다. 그 동안 수많은 연구에 의해 시멘트, 골재, 혼화재료 등과 같은 조성재료를 비롯하여 조합이론, 시공, 양생방법 등에 관해서 많은 발전을 가져왔다. 더욱이 시멘트 콘크리트는 다른 건설재료에 비하여 시공성이 좋고, 내구성이 우수할 뿐만 아니라 값이 저렴하기 때문에 대량으로 광범위하게 사용되어 오고 있다.

그러나 시멘트 콘크리트는 작은 휨 및 인장강도, 낮은 접착성, 무거운 자중, 약한 내약품성과 수밀성과 같은 결점을 가지고 있을 뿐만 아니라, 중성화 및 염화물 이온의 침투에 의한 철근의 부식, 알칼리 골재반응 등에 의한 조기열화 등과 같은 결점도 가지고 있다. 이와 같은 콘크리트의 결점을 보완하기 위한 대책의 일환으로 고분자 화학공업의 소산인 폴리머(Polymer)를 이용한 복합체의 개발·이용이 활발히 전개되고 있다.

폴리머 복합체에는 콘크리트 배합시 혼화재로서 폴리머를 사용하는 폴리머 시멘트 콘크리트(Polymer Cement Concrete ; PCC), 결합재로 폴리머 만을 사용하는 폴리머 콘크리트(Polymer Concrete ; PC), 경화한 시멘트 콘크리트에 폴리머를 함침시켜 제조하는 폴리머 함침 콘크리트(Polymer Impregnated Concrete ; PIC)가 있다.

이와 같은 폴리머 복합체에서 조골재를 사용하지 않으면 시멘트 모르타, 폴리

머 모르터 및 폴리머 함침 모르터를 제조할 수 있다. 이 가운데에서도 폴리머 시멘트 모르터는 보통 시멘트 모르터에 비해 휨 및 인장강도, 접착성, 방수성, 염화물 이온 침투 및 중성화에 대한 저항성 등이 우수하기 때문에 철근 콘크리트 구조물의 보수재로서 많이 사용되고 있는데, 주로 시멘트 모르터에 폴리머 라텍스나 폴리머 파우더를 혼화하여 제조하고 있다.

최근 일본, 미국, 독일 등 선진 외국의 여러 나라에서는 이 분야에 대한 관심이 높아 연구가 활발히 전개되고 있고, 국내에서는 보수재로서 시멘트 혼화용 폴리머 라텍스의 사용량이 급격히 증가하는 추세에 있다. 그러나 우리나라의 경우 많은 종류의 보수재가 시판되고 있으나 대부분이 외국으로부터 원재료를 수입하여 합성한 것으로서 동일한 성분의 재료임에도 상이한 상품명으로 판매되고 있어 혼란마저 야기시키고 있다. 또한 보수재의 선택과 보수방법 역시 연구결과에 근거를 두지 않고 경험에 의존하고 있는 것이 현재 우리나라의 기술 수준이다.

따라서 본 연구에서는 보수용으로 많이 사용되고 있는 수용성 폴리머 가운데 2종을 선정하여 모르터를 제조한 후, 이에 대한 물리·역학적 특성을 시멘트 모르터와 비교 구명함으로써 콘크리트 구조물의 보수재료로 이용키 위하여 실시하였다.

제 2 절 재료 및 연구방법

1. 사용재료

가. 시멘트

일반적으로 많이 사용되고 있는 시멘트는 포틀랜드 시멘트로서 석회질 원료와 점토질 원료를 혼합·소성하여 얻은 클링커에 석고를 가하여 분쇄한 것으로 보통 포틀랜드 시멘트, 중용열 포틀랜드 시멘트, 조강 포틀랜드 시멘트로 분류되며, 이 외에 백색 포틀랜드 시멘트, 초조강 포틀랜드 시멘트 등 특수 시멘트가 있다. 보통 포틀랜드 시멘트는 중용열 포틀랜드 시멘트와 조강 포틀랜드 시멘트의 중간적 성질을 가진 것으로서, 토목·건축 구조물, 콘크리트 제품 등에 널리 사용되며, 전 시멘트 생산량의 90 % 이상을 차지한다.

본 실험에 사용된 시멘트는 KS L 5201(포틀랜드 시멘트)에 규정된 1종 보통 포틀랜드 시멘트로서, 국내 H사에서 제조한 제품이며, 그 화학성분은 표 3-1과 같다.

표 3-1 보통 포틀랜드 시멘트의 화학성분

(단위 : %)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃
21.09	4.84	63.85	3.32	3.09	1.13	0.29	2.39

나. 혼화재

혼화재는 시멘트, 물, 골재 이외의 재료로서 모르타, 콘크리트에 특별한 품질을 부여하거나 성질을 개선하기 위하여 첨가되는 재료이다.

지금까지 건설재료로서 널리 사용되고 있는 시멘트 콘크리트는 결합재가 시멘트 수화물로서 늦은 경화시간, 작은 인장강도, 큰 건조수축, 낮은 내약품성 등의 결점을 갖고 있다. 그래서 최근에는 시멘트 콘크리트가 갖는 결점을 개선할 목적으로 폴리머(polymer) 혼화재를 사용하는데, 이 중 많이 이용되는 것은 폴리머 라텍스(Polymer Latex)계의 SBR(Styrene-Butadiene Rubber), PAE(Polyacrylic Ester) 및 EVA(Ethylene-Vinyl Acetate)와 폴리머 파우더(Polymer Powder)계의 EVA(Ethylene-Vinyl Acetate), VA/VeoVa(Polyvinyl Acetate-Vinyl Carboxylate)이다. 이러한 유기재료를 첨가할 경우 작업성과 여러가지 물성이 양호해짐은 물론 중성화 방지에도 큰 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

본 실험에서 사용한 유기 혼화재는 SBR 라텍스와 EVA 파우더로서, SBR 라텍스는 국내 H사에서 제조한 것이고 EVA 파우더는 일본 E사에서 제조한 것으로 세골재가 포함된 Pre-Mix 형태이다. Table 3-2, 3-3은 본 실험에 사용된 혼화재의 일반적 성질을 나타낸 것이다.

표 3-2. SBR 파우더의 일반적 성질

형태	색상	전고형분 (%)	pH	점도 (25℃, cp)	비중 (20℃)
액상	Milk-white	45	8	15	1.0

표 3-3. EVA 에멀전의 일반적 설질

형태	색상	평균입경 (μm)	pH (10% water dispersion, 20°C)	비중 (20°C)
Powder	White	45	8	0.45

다. 골재

골재란 모르터 또는 콘크리트를 만들기 위하여 시멘트 및 물과 함께 혼합할 때 주로 보강과 증량을 목적으로 사용되는데, 골재는 콘크리트 체적의 65~80% 정도를 차지하고 있기 때문에 그 종류와 품질은 콘크리트의 성질에 커다란 영향을 미친다. 그래서 양질의 골재를 선택하는 것은 양호한 콘크리트를 만드는 기본이 되고 있으나 70년 이후부터 경제 성장과 더불어 건설공사가 급격히 증가하였기 때문에 골재의 공급 부족을 초래하게 되어 최근에는 육지골재, 산골재, 바닷골재 등 골재원이 다양화되고 있다.

일반적으로 세골재는 깨끗하고 강하며 내구적이고 적당한 입도를 가진 것으로 먼지, 흙, 유기불순물, 염분 등의 유해물질을 함유하지 않아야 한다.

본 실험에 사용된 세골재는 강원도 홍천군 홍천강에서 채취한 것으로 골재의 물리적 성질 및 체가름 시험결과는 표 3-4 및 그림 3-1과 같다.

표 3-4. 세골재의 물리적 특성

비중	흡수율 (%)	단위중량 (kg/m ³)	# 200체 통과율 (%)	조립율
2.60	0.75	1,500	0.68	2.73

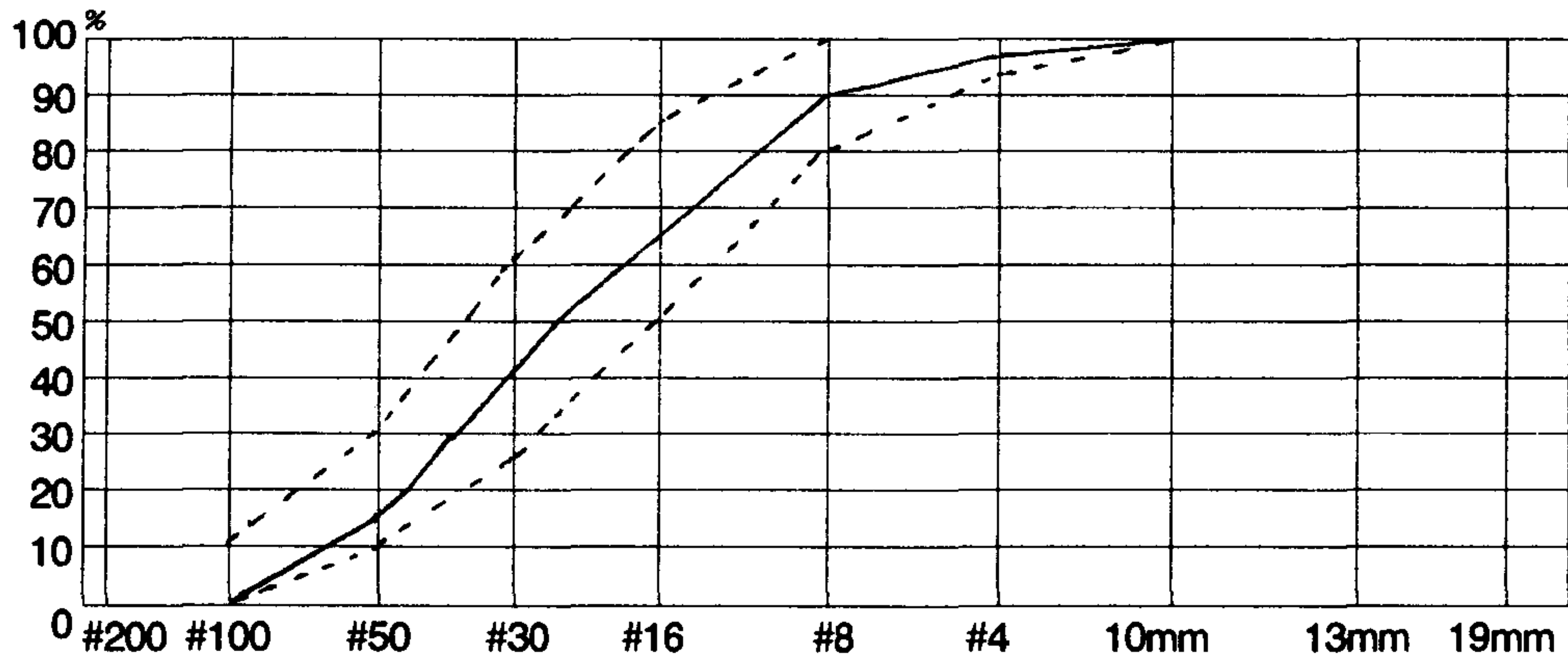


그림 3-1 세골재의 입도곡선

라. 배합수

물은 콘크리트 용적의 약 15 %를 차지하는 콘크리트 기본재료 중의 하나로써 중요한 역할을 하고 있지만, 다른 구성재료에 비하여 그 품질에 대하여는 그다지 깊은 관심을 가지고 있지 않은 경우가 많다.

배합수는 콘크리트에 소요의 유동성을 가져다 줌과 동시에 시멘트와 수화반응을 일으켜 경화를 촉진하는 등의 역할을 한다. 수질이 적당하지 않은 물을

사용하면, 콘크리트의 응결 경화, 강도의 발현 등에 나쁜 영향을 줄 염려가 있다. 일반적으로 물은 기름, 산, 유기불순물 등 콘크리트와 강재의 품질에 나쁜 영향을 미치는 물질의 유해량을 함유해서는 안되며 철근 콘크리트에는 해수(海水)를 사용할 수 없다.

보통 사용되는 배합수로서는 수도수, 하천수, 지하수 등이 있다. 수도수와 같은 음료가 배합수로서 적합한데, 하천수 및 지하수를 배합수로서 사용할 경우에는 특별한 성분이 용해되어 있는지를 확인하여야 한다.

본 실험에서 사용한 배합수는 수도수로서 음료수의 수질 기준에 적합한 것으로 강원도 춘천시 퇴계동 지역에서 개발된 지하수를 사용하였다.

표 3-5. 배합수의 시험·분석·감정 성적표

pH	염소이온 (ppm)	현탁물질의 량 (g/l)	용해성 증발 잔류물 (g/l)	비 고
6.2	7	0.01	0.01	—

2. 시험체 제작

본 연구에서는 시멘트 모르터를 기준재료로 하고, 액상 SBR 라텍스와 EVA 파우더를 비교재료로 사용하였으며, 이들의 특성 비교를 용이하게 하기 위해 KS F 2476(시험실에서 폴리머 시멘트 모르타르를 만드는 방법)에 규정된 방법에 의해 제작하였다.

혼화재의 교반에는 전동식 핸드믹서를 사용하였고, 모르터의 혼합에는 강제

식 믹서를 사용하였으며, 다짐에는 원주형 시험체의 경우 3층, 각주형 시험체의 경우 2층으로 나누어 다짐봉으로 25회씩 다짐한 후 테이블 바이브레이터 (3,000 vpm)로 충분히 다졌다.

폴리머 시멘트 모르타르는 양생방법에 따라 강도차가 크게 나타나는데, 초기에 습윤양생을 시킨 후 건조양생하는 것이 바람직하나, 본 연구에서는 보수현장의 상황을 고려하여 별도의 양생처리를 하지 않고 온도 12~15 °C, 상대습도 50~60 % 인 실험실 내에서 재령별(3, 7, 14, 28일)로 기건양생 시킨 후 시험에 사용하였다.

시험재료의 종류에 따른 배합비는 다음의 표 3-6과 같다.

표 3-6. 모르타르의 배합비 특성

모르타르	시멘트 : 모래 중량비	폴리머-시멘트 비 P/C (%)	물-시멘트 비 W/C (%)
시멘트	1 : 3	0	55
SBR	1 : 3	10	44
EVA	1 : 3	10	40

시멘트 : 포틀랜드 시멘트 모르타르

SBR : SBR 라텍스 모르타르

EVA : EVA 파우더 모르타르

3. 시험방법

가. 물리적 특성

(1) 단위용적중량 및 흡수율

단위용적중량은 기건상태의 중량을 체적으로 나누어 구하였으며, 흡수율은 오븐에서 105 ± 2 °C로 24시간 건조한 후 48시간 동안 물속에서 완전 침적시킨 다음 표면의 물기를 제거한 상태에서 무게를 측정하였다. 이때 시험체의 치수는 $5 \times 5 \times 5$ cm로 하였다.

(2) 경화시간

경화시간은 KS F 2436 (관입저항침에 의한 콘크리트 응결시간 시험방법)에 의해 측정하였다. 이 때의 경화시간은 재료를 혼합시부터 측정된 것이며, 시험시의 온도는 $12 \sim 16$ °C, 습도는 50~60% 였다.

(3) 작업성

콘크리트의 작업성 시험방법에는 슬럼프 시험과 플로우 시험이 주로 이용되며, 본 연구에서는 KS F 2474 (폴리머 시멘트 모르타르의 슬럼프 시험 방법)에 규정된 슬럼프 시험을 통해 작업성을 측정하였다.

(4) 건조수축

건조수축 시험에는 Ohama-Demura방법을 이용하였으며, 시험장치의 개략도는 Fig. 2와 같다. 시험체 크기는 $6 \times 6 \times 24$ cm로 하였으며, 시험은 온도 $12 \sim 16$ °C, 습도 50~60 %인 실험실 내에서 실시하였다. 수축량은 경화초기(건

조수축이 발생하는 시점)와 재령 3, 7, 14, 28일에서 측정되었다.

(5) 열팽창계수

보수재료로서 기존 콘크리트와 성질이 상이한 것을 사용하면 열에 의한 팽창, 수축의 차이가 커 보수재료로서의 역할을 제대로 못할 경우가 있다. 따라서 본 실험에서는 열팽창성을 비교키 위해 각 시험체에 Strain gage를 부착한 후 온도 상승에 따른 열팽창계수를 다음 식에 의해 구하였다.

$$\alpha = \epsilon / \Delta T$$

α : 열팽창계수

ϵ : 변형률

ΔT : 온도변화량(°C)

이 때 시험체의 치수는 6×6×24 cm로 하였으며, 온도를 20 °C에서 서서히 40 °C까지 상승시켰을 때 온도변화에 따른 변형율을 Data logger로 측정하였다.

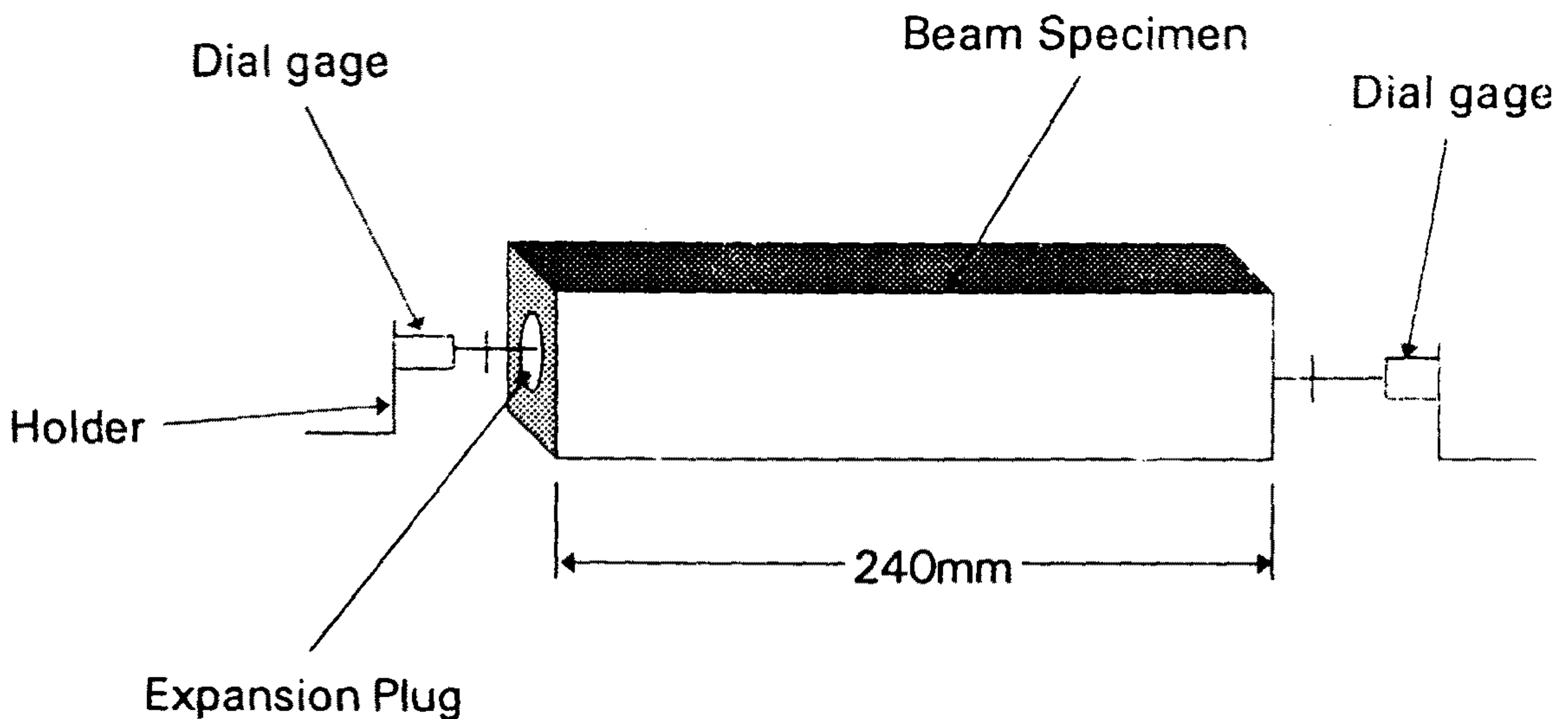


그림 4-2 건조수축시험

나. 역학적 특성

(1) 압축, 휨 및 인장강도

재령을 3, 7, 14, 28일로 하여 재령별 압축, 휨, 활열인장강도 시험을 하였으며, 강도 시험은 KS F 2477(폴리머 시멘트 모르타르의 강도 시험 방법)에 규정된 방법에 의해 실시하였다. 또한 시험체의 크기는 압축강도 및 인장강도 시험용이 $\phi 7.5 \times 15$ cm, 휨강도 시험용이 $6 \times 6 \times 24$ cm였다.

(2) 탄성계수 및 포아슨비

탄성계수 및 포아슨비는 KS F 2438 (콘크리트 원주형 공시체의 정탄성계수 및 포아슨비 시험방법)에 규정된 2가지 방법 중 와이어 스트레인 게이지 (wire strain gauge)법을 이용하여 구하였다. 정탄성계수는 파괴하중의 40%까지 반복적으로 가해 얻어진 응력-변형을 곡선의 기울기로 부터 얻어진 세컨트계수(secant modulus)로 하였으며, 시험체의 치수는 $\phi 7.5 \times 15$ cm이고, 사용된 스트레인 게이지의 크기는 30 mm였다.

(3) 충격강도

충격강도 시험방법은 KS에도 몇가지 규정이 있으나, 주로 금속재료에 대한 것으로서 콘크리트에는 적용이 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 그림 3-3과 같이 강구낙하법에 의해 재령 3, 7, 14, 28일에서 시험하였으며, 시험체의 치수는 $6 \times 6 \times 24$ cm, 강구의 무게는 1 kg으로 하였다.

이 때 충격강도($\text{kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$)는 강구의 무게(kg) \times 낙하높이(cm) \div 파괴 단면적(cm^2)으로 구하였다.

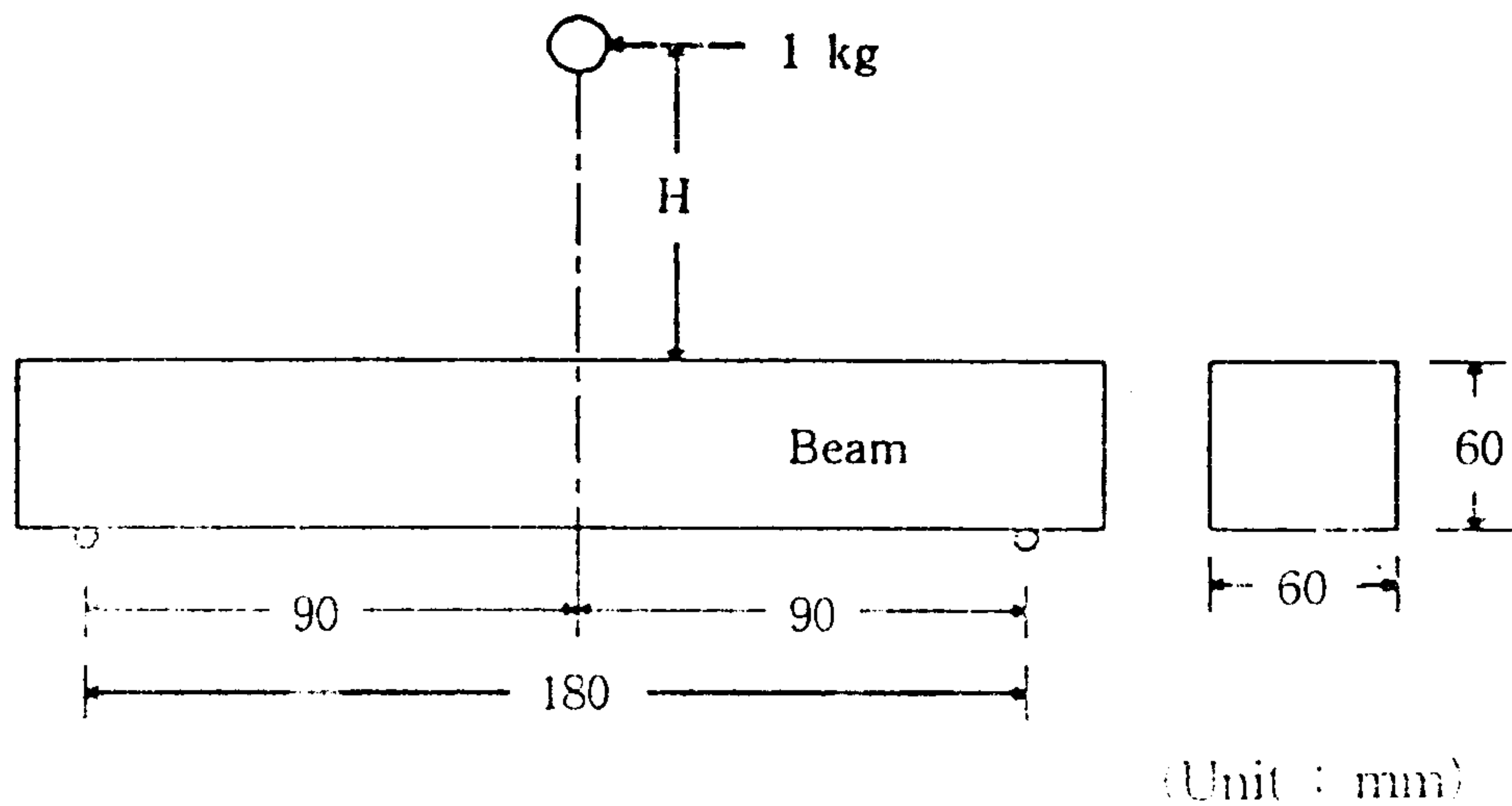
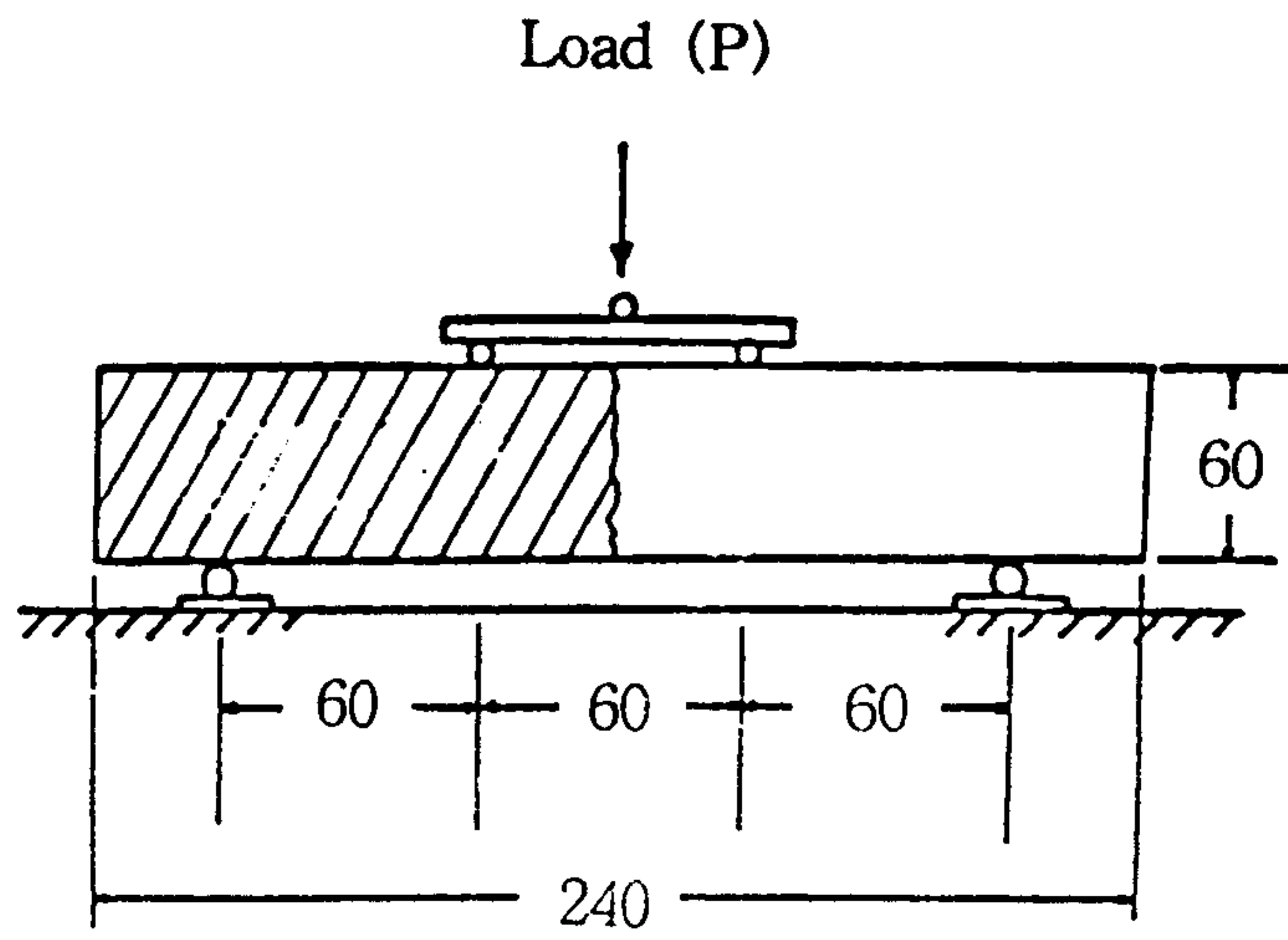


그림 3-3 충격강도시험

(4) 부착강도

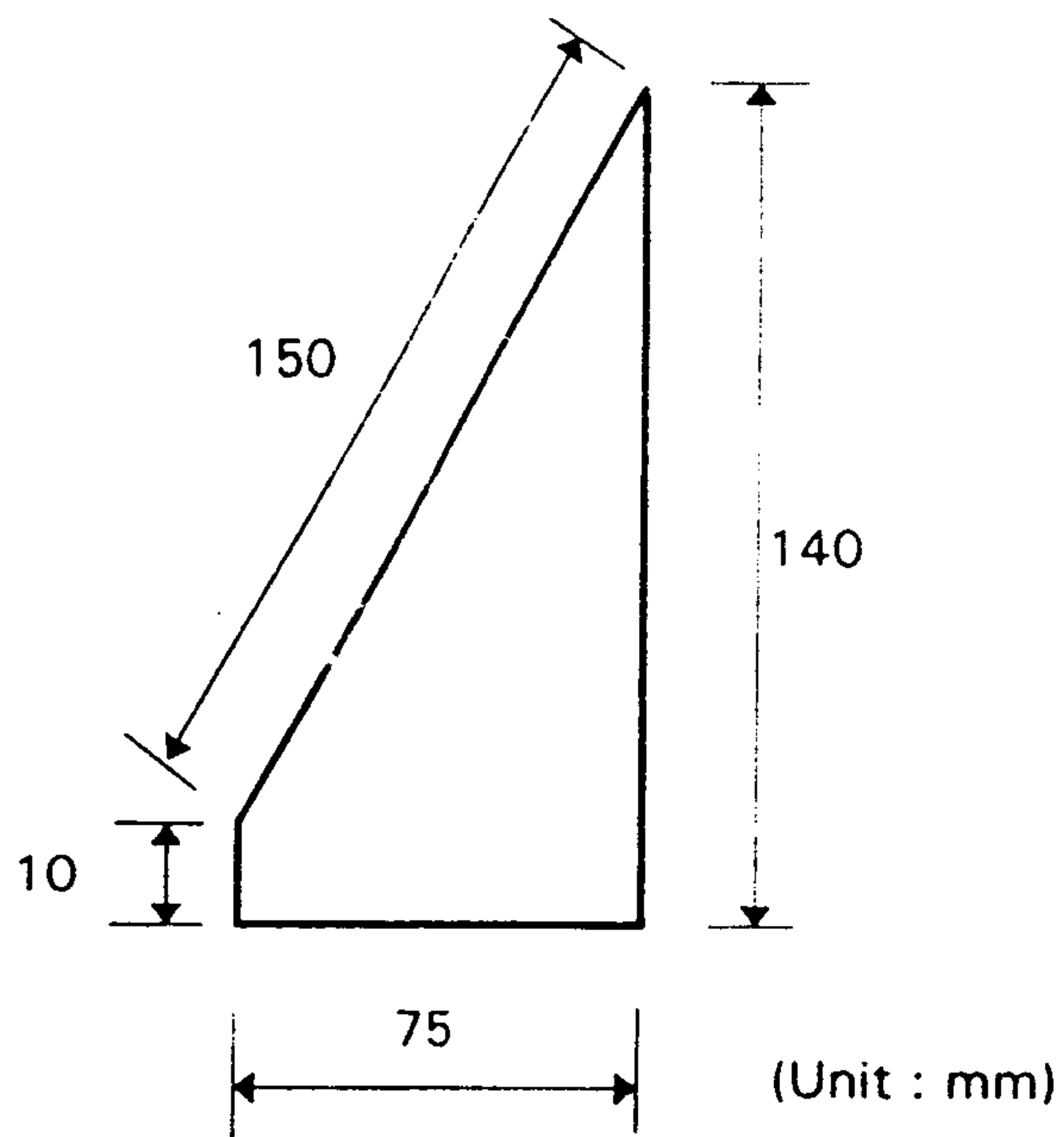
부착강도 시험은 휨부착시험법과 대각선 압축부착시험, 즉 ASTM C 882 (콘크리트와 에폭시 수지의 부착강도 시험방법)에 제시된 방법을 사용하였다. 시험에 사용된 시험체는 휨부착 시험용의 경우 $6 \times 6 \times 24$ cm 크기의 각주형이었고, 대각선 압축부착 시험용의 경우 $\phi 7.5 \times 15$ cm 크기의 원주형이었다. 제작은 보통 포틀랜드 시멘트 모르터를 절반 타설하여 28일간 양생시킨 후, 폴리머 시멘트 모르터를 타설하여 재령별(3, 7, 14, 28일)로 시험하였다. 부착강도는 휨강도(M/Z), 압축강도(P/A)를 산출하는 것과 동일한 방법으로 구하였으며, 부착단면적은 휨부착 시험의 경우 36 cm^2 , 압축부착 시험의 경우 91 cm^2 이었다.

휨부착 시험체 및 시험장치는 그림 3-4와 같으며, 대각선 압축부착강도 시험용 시험체의 단면형상은 그림 3-5와 같다.



(Unit : mm)

그림 3-4 휨부착 시험체 및 시험장치



(Unit : mm)

그림 3-5 대각선 압축부착강도 시험용 시험체의 단면형상

제 3 절 결과 및 고찰

1. 물리적 특성

가. 단위용적중량 및 흡수율

단위용적중량 및 흡수율에 대한 시험결과는 표 3-7과 같고, 이 때의 실내온도는 20 ± 2 °C였다.

이 결과에서 볼 때 단위용적중량은 시멘트 모르타르가 $2,251 \text{ kg/m}^3$, SBR 모르타르가 $2,257 \text{ kg/m}^3$, EVA 모르타르가 $2,248 \text{ kg/m}^3$ 으로 거의 같은 값을 보였으나, 흡수율은 시멘트 모르타르가 8.9 %, SBR 모르타르가 2.53 %, EVA 모르타르가 8.05 %로서 SBR 모르타르가 작고 EVA 모르타르는 시멘트 모르타르와 비슷한 값을 보여, SBR 모르타르의 방수성이 우수함을 알 수 있다.

이는 폴리머-시멘트비 10 % 일 때 EVA나 VA/VeoVa와 같은 파우더를 사용한 경우 SBR 라텍스를 사용한 경우 보다 흡수율이 2배 정도 크고, 폴리머-시멘트 비의 증가에 따라 흡수율은 감소하나 감소폭은 SBR 라텍스를 사용한 경우가 훨씬 크게 나타난다는 기존의 연구결과와 비슷한 경향을 나타냈다.

따라서 흡수율이 작을수록 동결융해에 대한 저항성이 큰 만큼 방수성을 개선할 목적으로 혼화재를 사용할 경우 파우더계 보다는 라텍스계 혼화재를 사용하는 것이 바람직하다고 할 수 있겠다.

표 3-7. 단위용적중량 및 흡수율

모르타르	단위중량 (kg/m^3)		흡수율 (%)	
	시험치	평균	시험치	평균
시멘트	2,251, 2,259, 2,242	2,251	9.12, 8.55, 9.03	8.90
SBR	2,249, 2,263, 2,260	2,257	2.37, 2.58, 2.64	2.53
EVA	2,246, 2,249, 2,250	2,248	8.07, 7.84, 8.24	8.05

나. 경화시간

경화시간은 현장에서의 사용가능 시간을 결정하는데 있어서 매우 중요한 요소라 할 수 있다. 일반적으로 시멘트는 물과 접하여도 곧 굳지 않는데 이것은 응결반응을 일으키기 때문이다. 그러나 이와 같은 반응속도는 시멘트의 종류와 품질, 기온이나 시공조건, 혼화재의 사용 유·무에 따라 큰 영향을 받는다

표 3-8은 실내온도 12~16 °C, 습도 50~60 %에서 재료별 경화시간을 측정한 것으로 초기 응결시간이 시멘트 모르타르가 420분, SBR 모르타르가 480분, EVA 모르타르가 360분이었고, 최종 응결시간은 시멘트 모르타르와 SBR 모르타르가 720분, EVA 모르타르가 600분으로서 EVA 모르타르가 시멘트 모르타르와 SBR 모르타르에 비해서 조금 빠른 경화시간을 나타냈다.

표 3-8. 재료별 경화시간

(단위 : 분)

모르타르	초기응결시간	최종응결시간
시멘트	420	720
SBR	480	720
EVA	360	600

다. 작업성

폴리머 시멘트 콘크리트는 기존 시멘트 콘크리트와 시공면에서 비슷한 점이 많기 때문에 경험에 의해 작업을 하는 경우가 많다. 그러나 혼화재에 따라 취급방법, 양생방법 등이 달라 각 재료별 제조회사의 안내서를 충분히 검토하여야 한다.

본 연구에서는 슬럼프 시험을 통해 작업성 측정하였던 바, 시험결과는 표 3-9와 같고, 이때의 온도는 12~16 °C였다. 이 결과에서 보면 시멘트 모르타가 6.47 cm, SBR 모르타가 7.63 cm, EVA 모르타가 5.13 cm로 SBR 모르타가 가장 크게 나타났고 EVA 모르타가 가장 작게 나타났다. 이와 같은 차이는 폴리머 입자와 연행공기의 불 배어링 작용, 그리고 계면활성제의 분산작용에 기인하기 때문인 것으로 판단된다.

표 3-9. 슬럼프시험 결과

모르타르	슬럼프 (cm)			평균
	시험치			
시멘트	6.7,	6.2,	6.5	6.47
SBR	7.4,	7.8,	7.7	7.63
EVA	5.2,	4.9,	5.3	5.13

라. 건조수축

일반적으로 시멘트 경화체는 다공질로서, 그 수화물의 젤공극 또는 모세관 공극 중에는 유리수가 흡착되어 있어 건조에 의해 일부 유리수가 휘발하면 그 간극을 좁히려고 하는 모세관 장력이 발생되어 수축을 일으킨다. 콘크리트의 건조수축에 영향을 미치는 요소로서는 시멘트량과 품질, 골재량과 품질 그리고 단위수량, 공기량, 양생방법 및 부재의 모양과 크기 등을 들 수 있다.

표 3-10 및 그림 3-6은 실내온도 12~16 °C, 습도 50~60 %인 실험실 내에서 재령별로 건조수축율을 측정한 결과로서 시멘트 모르타가 9.1×10^{-4} , SBR 모르타가 7.8×10^{-4} , EVA 모르타가 10.4×10^{-4} 으로 나타나 SBR 모르타가 가장

작은 반면 EVA 모르터는 시멘트 모르터 보다 약간 크게 나타났다. 이는 SBR 라텍스를 사용한 경우 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 건조수축이 감소하나, EVA나 VA/VeoVa와 같은 파우더계를 사용하였을 때에는 폴리머-시멘트비의 증가에 따라 건조수축도 증가하여 EVA 파우더의 경우 폴리머-시멘트비 20 % 일 때 건조수축이 약 20×10^{-4} 에 이른다는 기존 연구결과와 깊은 관련성이 있다고 할 수 있겠다.

따라서 라텍스계나 파우더계 혼화제를 모르터 제조에 사용할 때에는 시멘트 모르터와 비슷한 건조수축량을 갖도록 배합비를 결정하는 것이 바람직 할 것이다.

표 3-10. 건조수축시험 결과

모르타르 \ 재령 (일)	3	7	14	28
시멘트	0.00025	0.00063	0.00082	0.00091
SBR	0.00019	0.00036	0.00065	0.00078
EVA	0.00028	0.00075	0.00086	0.00104

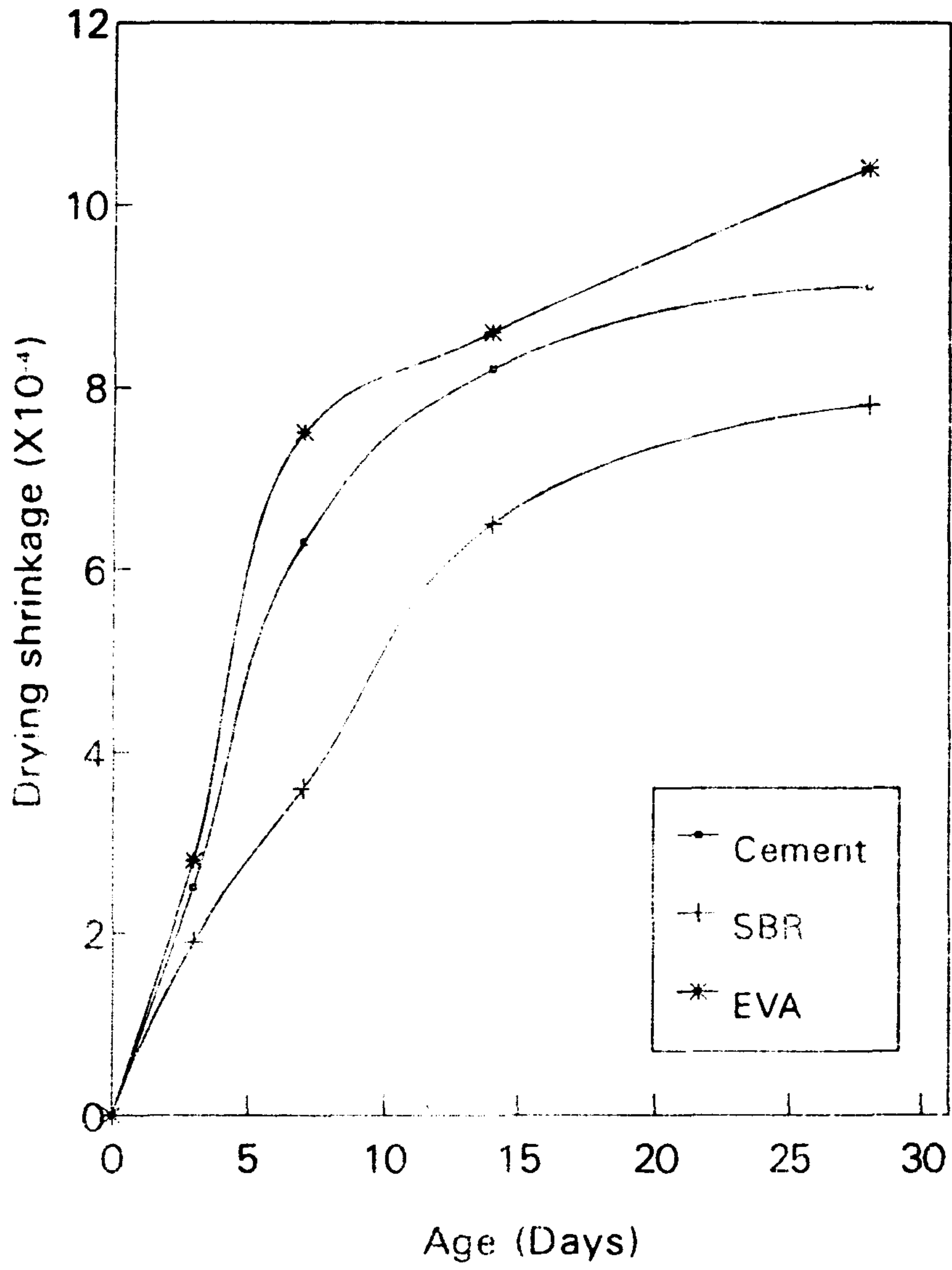


그림 3-6 재령과 건조수축과의 관계

마. 열팽창계수

구조물에 있어서 그 구조물 전체가 같은 재료로 이루어져 있다면 온도변화에 따라 균일한 팽창, 수축을 일으킬 것이다. 그러나 구조물을 이루고 있는 콘크리트나 모르타르는 시멘트, 물, 골재, 혼화재 등을 혼합하여 만들어지기 때문에 구성재료의 종류, 재료의 품질, 배합비 등에 따라 열팽창계수가 달라지게 된다. 만일 보수재료로서 열팽창이 큰 재료를 사용하였을 경우에는 보수부분이 솟아오르게 되어 다시 균열이 발생하는 등 보수재료로서의 역할을 하지 못하게 된다.

그림 3-7은 온도변화에 따른 변형율을 측정한 결과로서 이를 이용해 열팽창계수를 구한 바, 표 3-11과 같다. 이 결과를 보면 시멘트 모르타르가 $1.17 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$, SBR 모르타르가 $1.37 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$, EVA 모르타르가 $1.51 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 로서 폴리머 시멘트 모르타르의 열팽창계수가 시멘트 모르타르의 열팽창계수 보다 약간 크게 나타남을 알 수 있다.

표 3-11. 열팽창계수시험 결과

모르타르	열팽창계수 ($\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)
시멘트	1.17
SBR	1.37
EVA	1.51

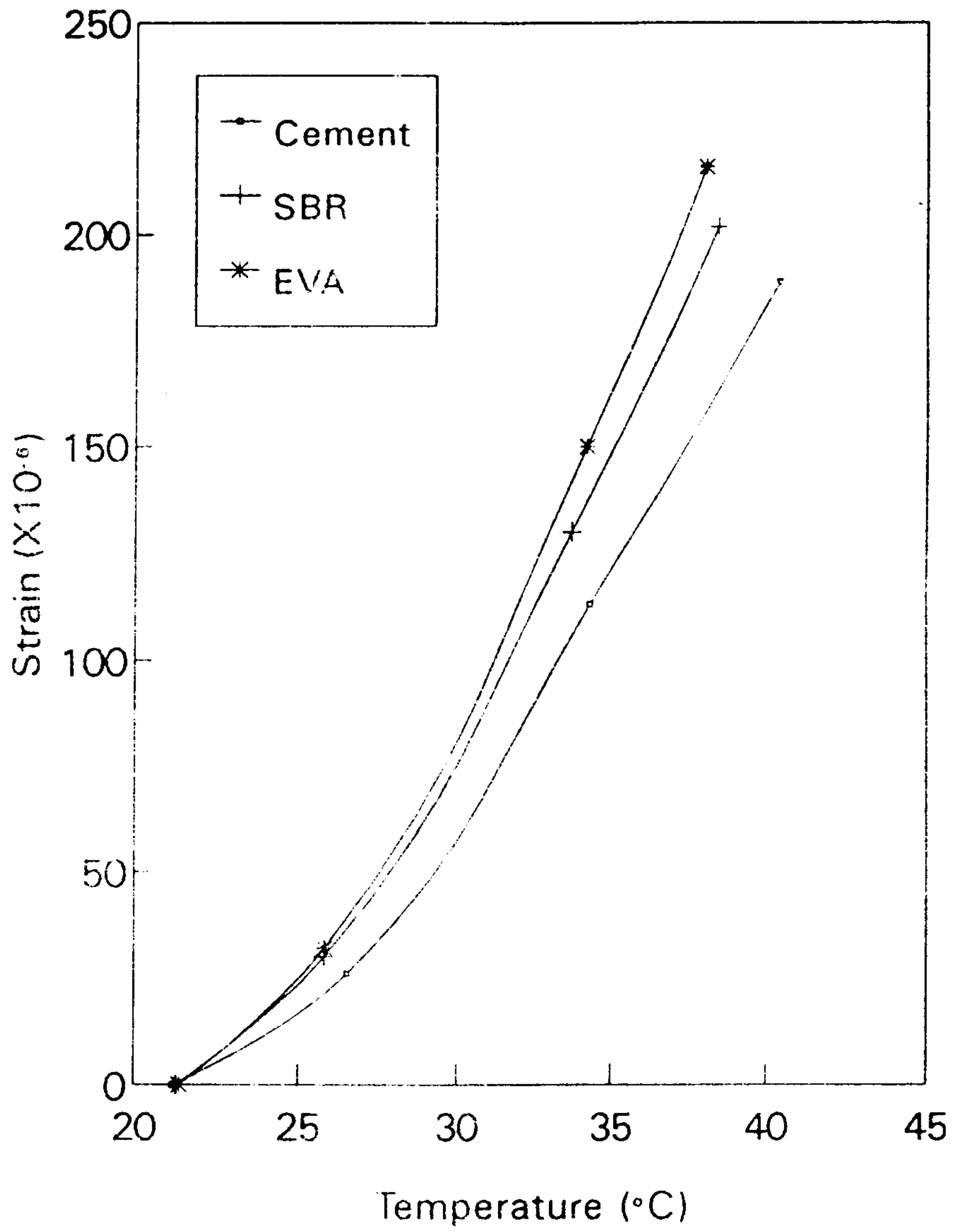


그림 3-7 온도변화와 변형율과의 관계

2. 역학적 특성

가. 압축, 휨 및 인장강도

콘크리트의 역학적 특성을 나타내는 항목에는 여러가지가 있으나 그 중에서 대표적인 것이 강도라 할 수 있다. 일반적으로 시멘트 콘크리트의 강도발현에 미치는 조건으로서는 재료의 품질, 배합비, 양생조건, 공기량, 재령, 시공방법 등이 있다.

본 연구에 사용된 모르터의 재령별 압축, 휨 및 활열인장강도 시험을 실시한 결과는 표 3-12, 13 및 14와 같고, 이를 이용하여 재령과 각 강도의 관계를 그림으로 나타낸 것이 그림 3-8, 9, 10이다.

압축강도 시험결과를 보면 시멘트 모르터가 264.4 kg/cm^2 인데 비해서 EVA 모르터가 1.8배 정도인 479.3 kg/cm^2 , SBR 모르터는 1.4배 정도인 378.6 kg/cm^2 으로 나타났고, 휨강도의 경우에는 시멘트 모르터가 39.9 kg/cm^2 인데 비해 SBR 모르터가 2.3배인 92.6 kg/cm^2 , EVA 모르터는 2.1배인 82.4 kg/cm^2 으로 나타났으며, 활열인장강도는 시멘트 모르터가 27.5 kg/cm^2 인데 비해서 SBR 모르터가 1.9배 정도인 51.9 kg/cm^2 , EVA 모르터는 1.5배 정도인 48.1 kg/cm^2 으로 나타났다.

전체적으로 볼 때 양생 10일까지의 강도 발현이 뚜렷했으나 양생 10일 이후부터는 강도증가가 둔화되었고, 재료에 따라 약간의 차이는 있지만 재령 28일을 기준으로 할 때 재령 10일 강도는 약 80 % 정도로 나타났다.

이 결과에서 볼 때 압축강도는 EVA 모르터가 가장 크고, 휨이나 활열인장강도에서는 SBR 모르터가 가장 큰 값을 보였는데, 이는 폴리머-시멘트비 10 %일 때 EVA 모르터의 압축강도가 SBR 모르터의 90 % 정도, 휨강도는 80 %

표 3-12. 압축강도시험 결과

(단위 : kg/cm²)

모르타르 \ 재령 (일)	3	7	14	28
시멘트	77.3	188.5	241.3	264.4
SBR	150.3	284.7	347.3	378.6
EVA	298.3	365.0	430.9	479.3

표 3-13. 휨강도시험 결과

(단위 : kg/cm²)

모르타르 \ 재령 (일)	3	7	14	28
시멘트	25.2	31.0	35.6	39.9
SBR	35.8	62.0	79.4	92.6
EVA	29.6	55.3	70.1	82.4

표 3-14. 활열인장강도시험 결과

(단위 : kg/cm²)

재령 (일)	3	7	14	28
모르타르				
시멘트	8.3	18.7	24.6	27.5
SBR	18.9	36.5	46.3	51.9
EVA	17.5	32.6	42.4	48.1

정도라는 선행 연구결과와 부합되지는 않는다. 즉, 본 연구에서는 EVA 모르타르가 SBR 모르타르보다 압축강도는 크고, 휨강도는 90 %정도로 나타났는데 이러한 결과는 EVA 모르타르가 Pre-Mix 형태로서 강도증진제가 첨가되었기 때문인 것으로 판단된다.

한편, 모르타르의 압축, 휨 및 활열인장강도 시험결과를 쉽게 비교할 수 있도록 재령에 따라 그림으로 나타낸 것이 그림 3-11, 12, 13 및 14이다. 또한 재령 28일의 강도값을 이용하여 강도비를 산출하여 본 바, 다음의 표 3-15와 같다.

이 결과에서 SBR 모르타르를 보면 압축강도와 활열인장강도의 비가 0.137, 휨강도와 활열인장강도의 비가 0.560, 압축강도와 휨강도의 비가 0.245로서, SBR 모르타르와 비슷한 압축강도 400 kg/cm²인 시멘트 콘크리트의 경우 압축

표 3-15. 강도비 산출 결과

모르타르	압축강도 (σ_c)	휨강도 (σ_b)	활열인장 강도(σ_t)	σ_t/σ_c	σ_t/σ_b	σ_b/σ_c
시멘트	264.4	39.9	27.5	0.104	0.689	0.151
SBR	378.6	92.6	51.9	0.137	0.560	0.245
EVA	479.3	82.4	48.1	0.100	0.584	0.172

강도와 활열인장강도의 비가 0.078, 휨강도와 활열인장강도의 비가 0.599, 압축강도와 휨강도의 비가 0.130인 것과 비교해 볼 때 SBR 모르타르가 압축강도에 대한 휨강도와 활열인장강도의 비가 매우 높음을 알 수 있다. EVA 모르타르의 경우도 마찬가지로 비슷한 압축강도 500 kg/cm²인 시멘트 콘크리트의 압축강도와 활열인장강도의 비가 0.074, 휨강도와 활열인장강도의 비가 0.610, 압축강도와 휨강도의 비가 0.122인 것과 비교해 보면 EVA 모르타르의 압축강도에 대한 휨강도와 활열인장강도의 비가 높은 것으로 나타났다.

이러한 경향은 혼화재인 SBR 라텍스와 EVA 파우더의 특성에 기인하는 것으로서 보수용 재료로 사용시 유리함을 보여주는 결과라 할 수 있다.

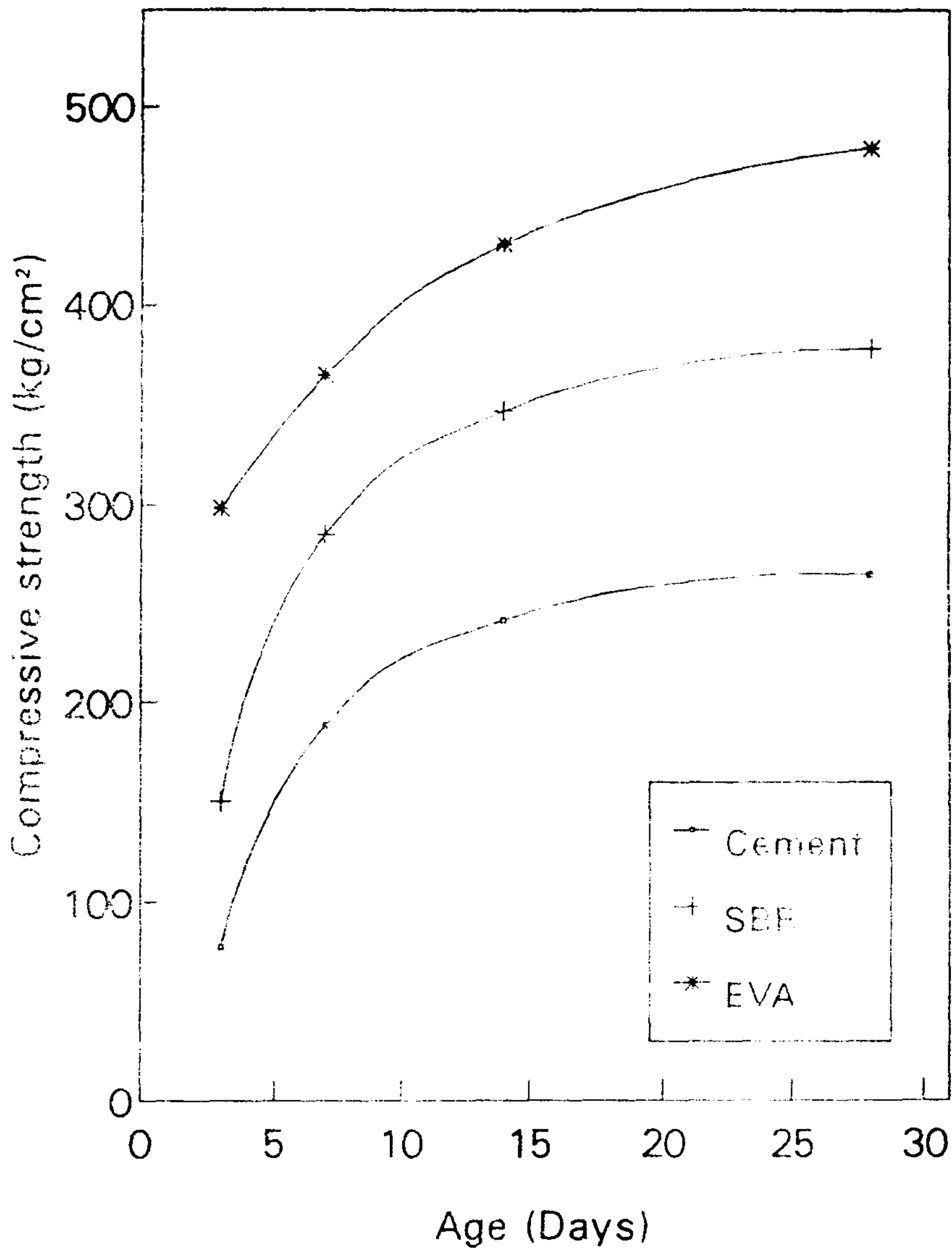


그림 3-8 재령과 압축강도와의 관계

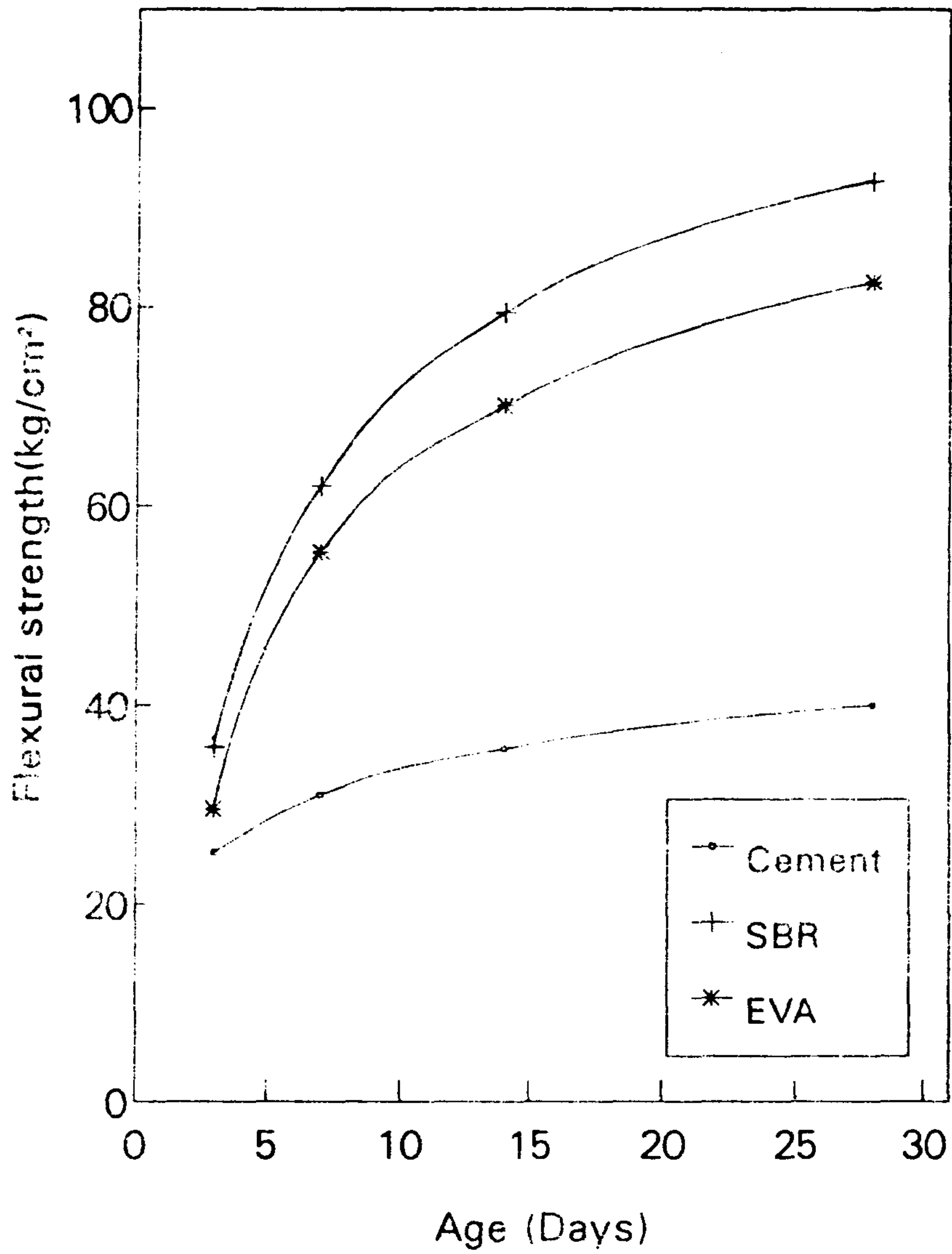


그림 3-9 재령과 휨강도와의 관계

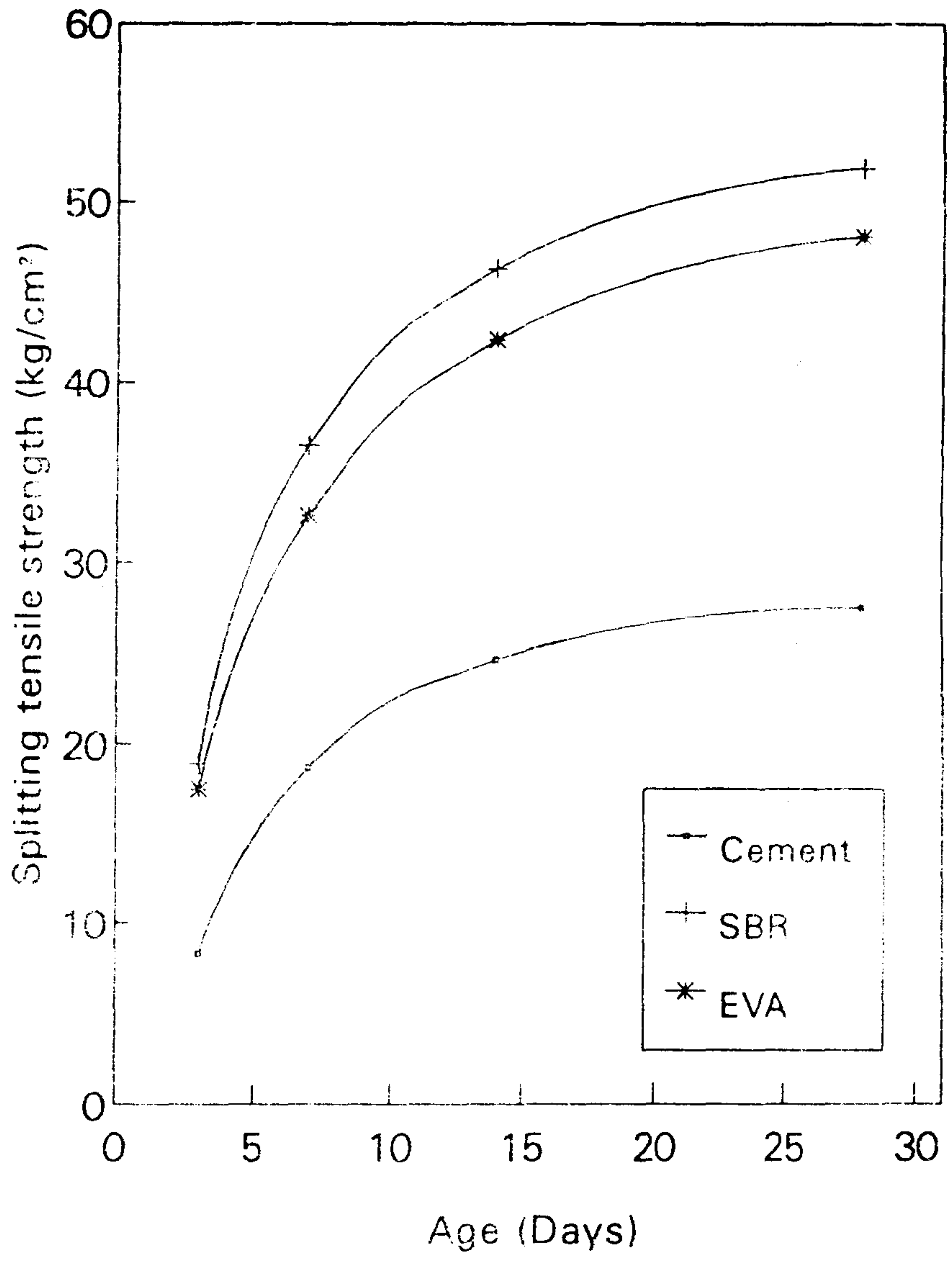


그림 3-10 재령과 활열장강도와의 관계

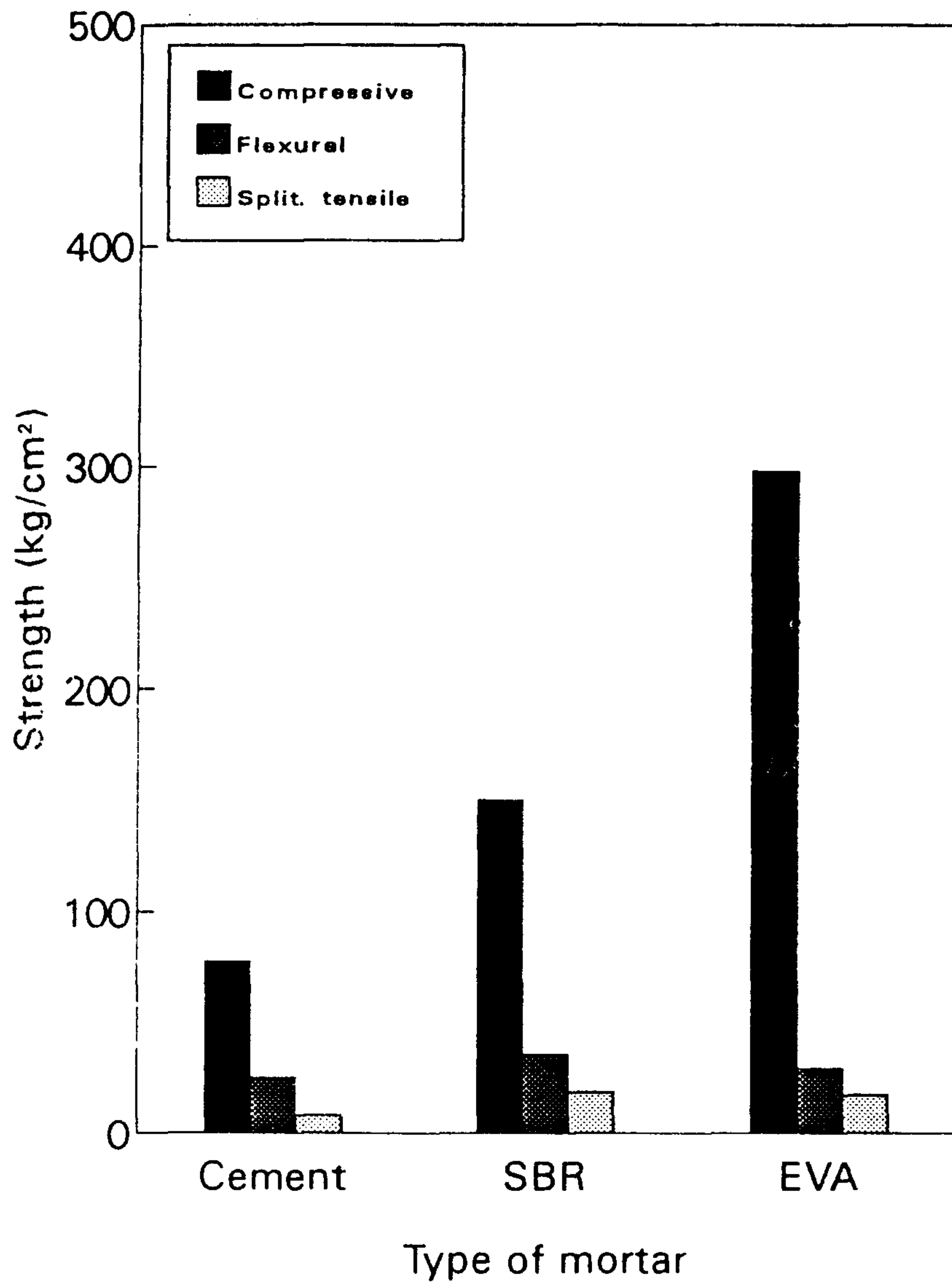


그림 3-11 재령 3일에서의 강도비교

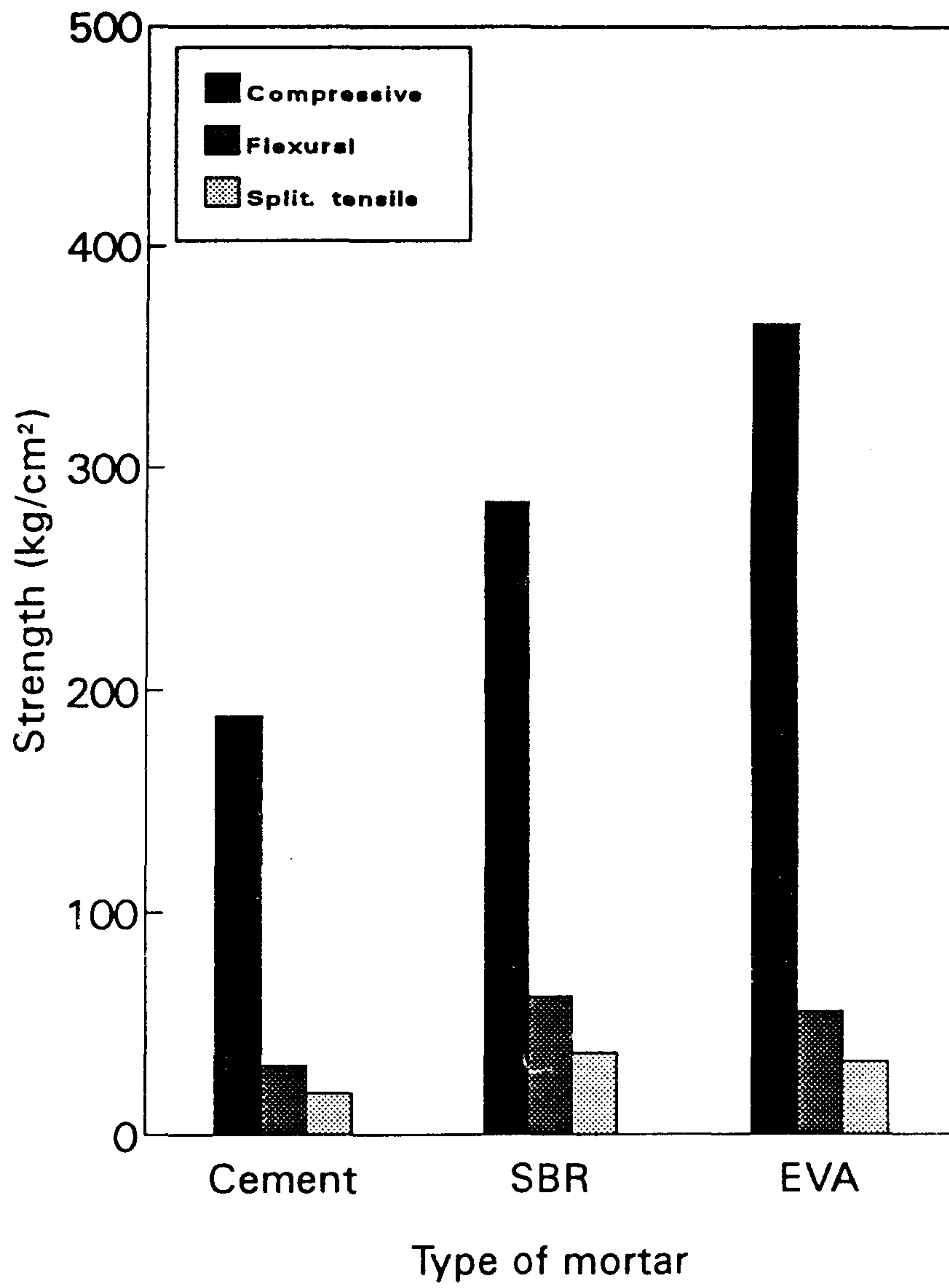


그림 3-12 재령 7일에서의 강도비교

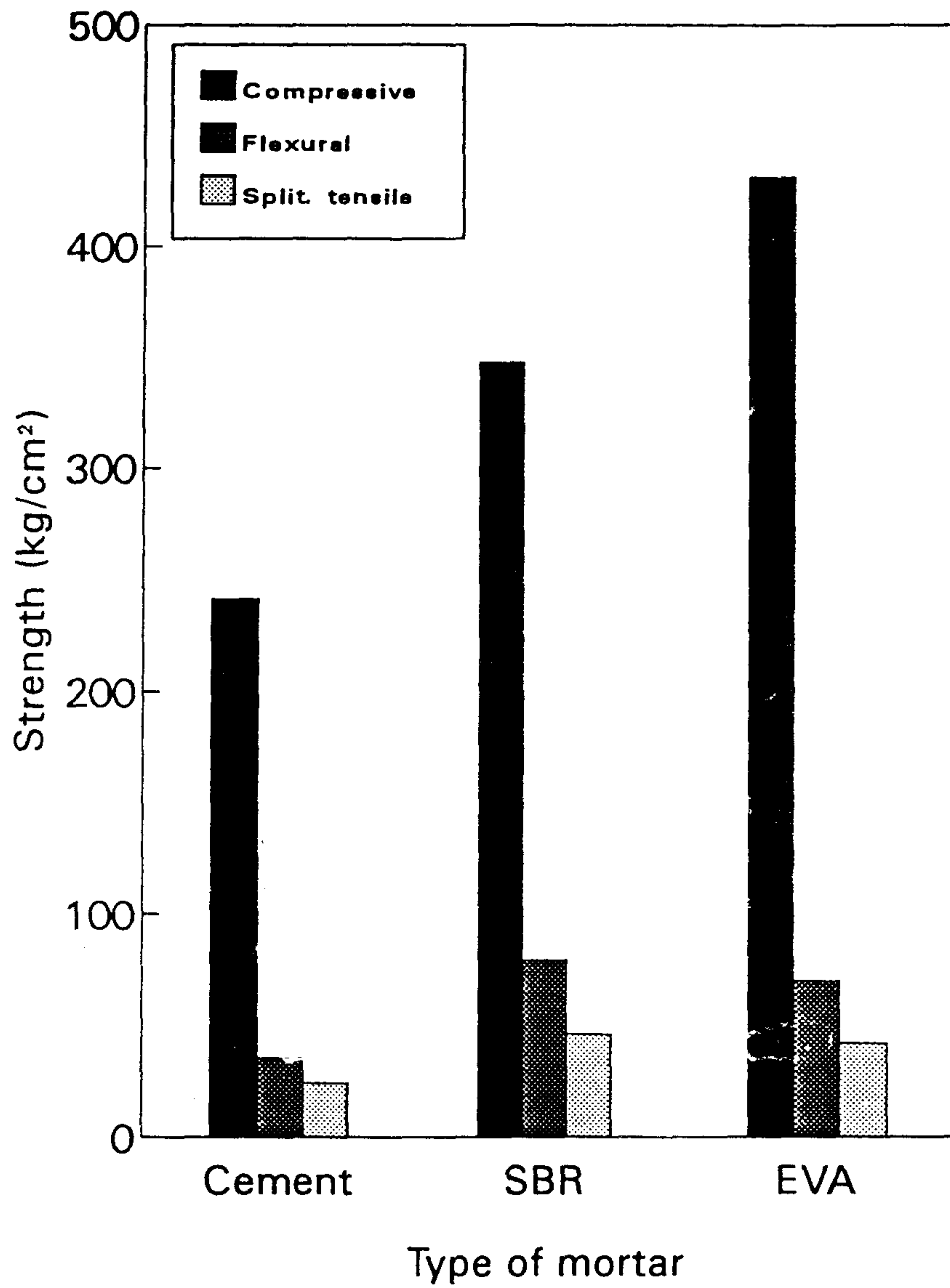


그림 3-13 재령 14일에서의 강도비교

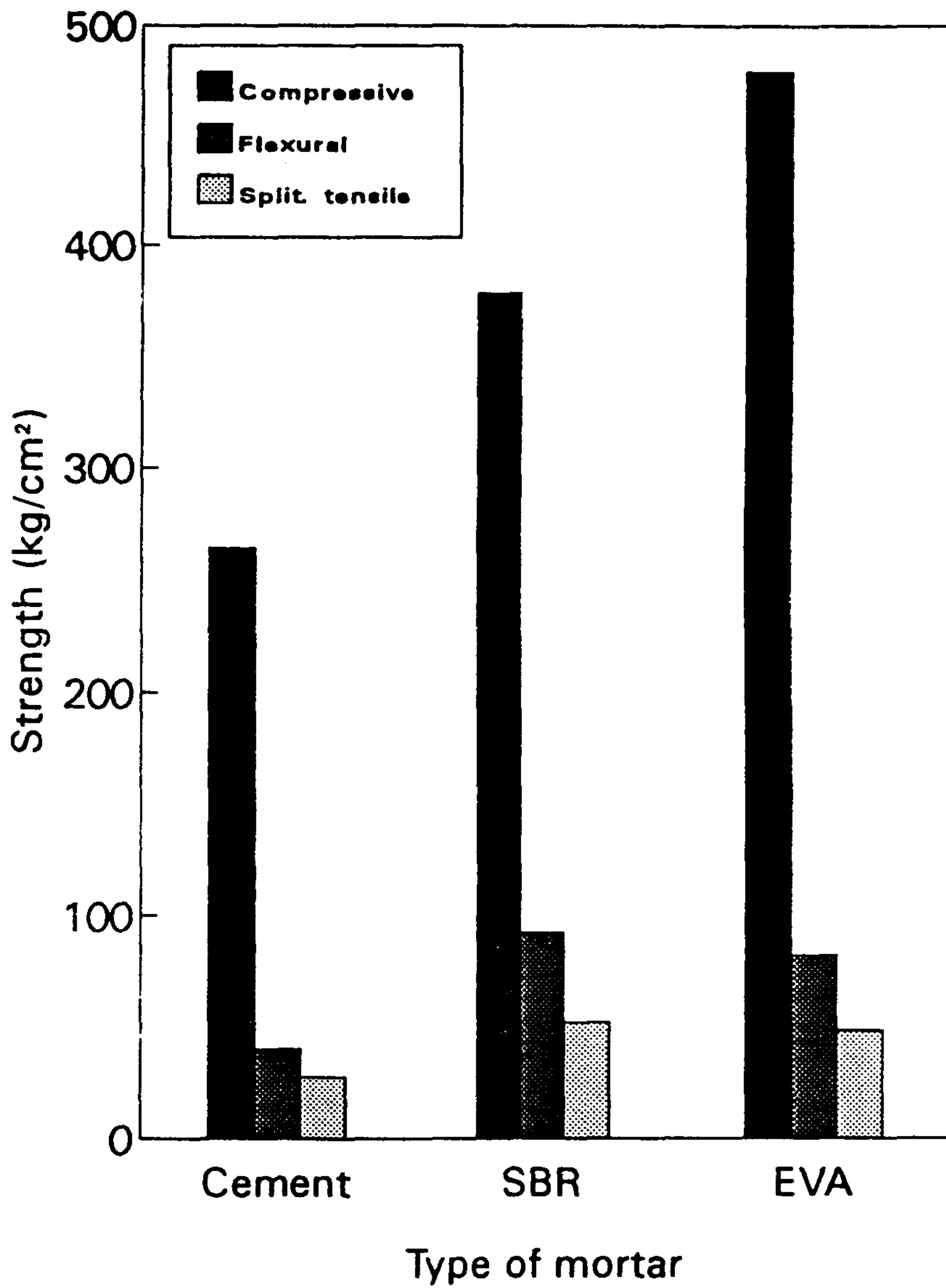


그림 3-14 재령 28일에서의 강도비교

나. 탄성계수 및 포아슨비

탄성계수는 응력-변형도 곡선으로 부터 구하고, 포아슨비는 세로변에 대한 가로변형율의 비로 구해지는데, 본 연구에 사용된 모르터의 응력-변형도 곡선은 그림 3-15와 같고, 탄성계수 및 포아슨비의 산출결과는 표 3-16과 같다.

이 결과에서 보면 응력-변형율의 양상은 비슷하며, 탄성계수는 시멘트 모르터가 $2.18 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$, SBR 모르터가 $2.35 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$, EVA 모르터가 $2.37 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 으로 보통 콘크리트의 경우 압축강도 및 밀도가 클수록 탄성계수가 크게 나타났다. 또한 포아슨비는 시멘트 모르터가 0.15, SBR 모르터가 0.25, EVA 모르터가 0.25로 나타났는데, 이것은 SBR 모르터나 EVA 모르터와 비슷한 $400 \sim 500 \text{ kg/cm}^2$ 정도의 압축강도를 가진 시멘트 콘크리트의 탄성계수가 $3 \sim 3.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 이고, 포아슨비가 0.2 내외인 것과 비교하면 SBR 모르터와 EVA 모르터가 탄성계수는 작고 포아슨비가 큼을 알 수 있다.

한편 극한변형도는 시멘트 모르터가 0.0014인데 반해 SBR 모르터가 0.0019, EVA 모르터가 0.0021로 높은 값을 보였다. 이러한 결과로 부터 SBR 모르터와 EVA 모르터의 변형성은 시멘트 모르터 보다 크다는 것을 알 수 있는데, 이는 혼화재인 SBR 라텍스와 EVA 파우더의 연성에 기인하기 때문인 것으로 사료된다.

표 3-16. 탄성계수 및 포아슨비 시험결과

모르타르	탄성계수($E, \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$)		포아슨비(ν)	
	시험치	평균	시험치	평균
시멘트	2.16, 2.17, 2.21	2.18	0.15, 0.17, 0.14	0.15
SBR	2.37, 2.34, 2.35	2.35	0.24, 0.27, 0.25	0.25
EVA	2.35, 2.37, 2.38	2.37	0.25, 0.24, 0.25	0.25

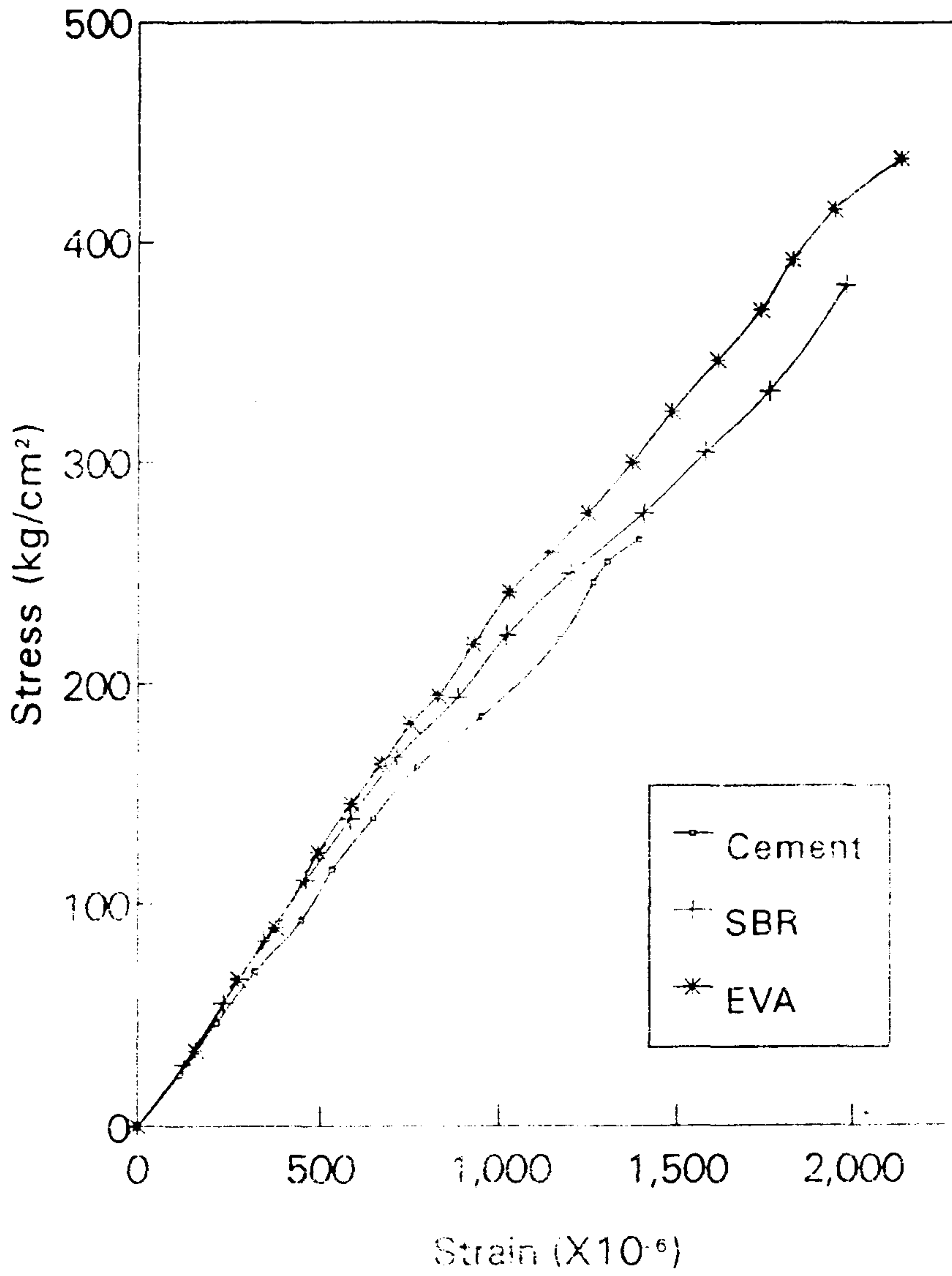


그림 3-15 모르타르별 응력-변형 곡선

다. 충격강도

일반적으로 시멘트 콘크리트는 충격에 약한 취성재료로서, 충격강도는 말뚝의 향타, 충격하중을 받는 기계의 기초, 프리캐스트 부재의 충돌 등과 같은 경우에 중요하나, 보수재료로 사용시에도 구조물이나 포장의 표면에 얇게 타설되는 경우가 많아 충격강도는 중요하다.

본 실험에 사용된 모르타의 재령별 충격강도 시험결과는 표 3-17과 같고, 이 결과를 그림으로 나타내면 그림 3-16과 같다. 이 결과를 보면 시멘트 모르타의 충격강도가 $0.83 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$ 에 비해 SBR 모르타는 1.8배인 $1.53 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$, EVA 모르타는 1.3배인 $1.11 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$ 으로 높게 나타났는데, 이는 보수재료로 사용시 인성증진 면에서 유리함을 보여주는 결과라 할 수 있다. 그리고 압축, 휨 및 활열인장강도와 마찬가지로 양생 10일까지의 충격강도의 발현이 크게 나타나 재령 28일을 기준으로 할 때 약 80 % 정도의 충격강도를 보였다.

표 3-17 충격강도시험 결과

모르타르	중량 (kg)	재령 (일)	낙하높이 (cm)	범위 (cm ²)	충격강도 (kg·cm/cm ²)
시멘트	1	3	17.5	36	0.49
		7	20		0.56
		14	25		0.69
		28	30		0.83
SBR		3	35		0.97
		7	47.5		1.32
		14	50		1.39
		28	55		1.53
EVA		3	27.5		0.76
		7	32.5		0.90
		14	35		0.97
		28	40		1.11

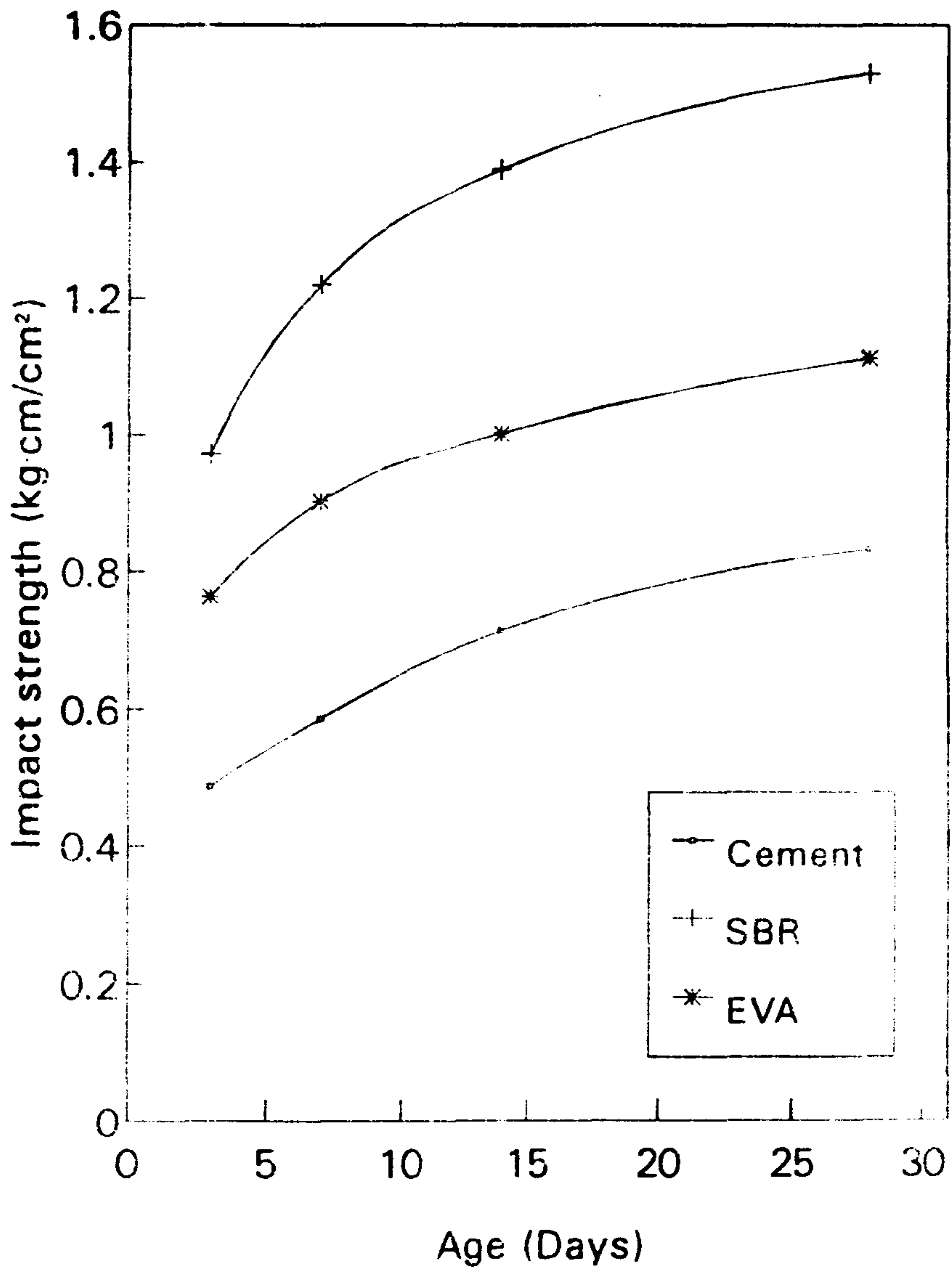


그림 3-16 재령과 충격강도와의 관계

라. 부착강도

보수재료를 현장에 적용할 때 부착강도가 낮으면 보수효과를 발휘할 수 없기 때문에 부착강도는 매우 중요하다. 이와 같은 부착성을 본 연구에서는 휨과 대각선 압축에 의한 부착강도 시험을 통해 구명하였다.

휨부착강도 시험결과는 표 3-18과 같으며, 이 결과를 그림으로 나타낸 것이 그림 3-17이다. 이 결과를 살펴보면 시멘트 모르타가 7.0 kg/cm^2 인데 비해 SBR 모르타는 5.3배인 36.9 kg/cm^2 , EVA 모르타는 3.5배인 24.3 kg/cm^2 으로 매우 높게 나타나 폴리머 시멘트 모르타의 부착강도가 우수함을 알 수 있다. 휨부착시험 후의 파괴양상을 살펴보면 거의 모든 시험체의 부착면에서 분리가 일어났는데, SBR 모르타의 시험체에서만 간혹 시멘트 모르타의 일부가 남아 있었다.

한편 표 3-19는 대각선 압축부착강도를 시험한 결과이고, 이를 그림으로 나타낸 것이 그림 3-18이다. 이 결과에서도 SBR 모르타가 95.5 kg/cm^2 , EVA 모르타가 91.4 kg/cm^2 로 시멘트 모르타의 78.8 kg/cm^2 에 비해 높게 나타났는데, 파괴는 모두가 시멘트 모르타와 폴리머 시멘트 모르타의 부착면에서 일어났다. 이와 같은 부착강도는 압축, 휨 및 활열인장강도와 마찬가지로 재령 28일을 기준으로 할 때 재령 10일에서 약 80 % 정도를 나타냈다.

이상의 결과와 같이 부착성이 현저히 개선되는 것은 폴리머를 시멘트 모르타에 혼입함으로써 미세공극이 감소되고 co-matrix상 형성으로 인하여 치밀한 조직구조가 형성되기 때문인 것으로 분석된다.

표 3-18. 휨부착강도시험 결과

종류	재령 (일)	부착강도 (kg/cm ²)
시멘트-시멘트	3	3.2
	7	4.6
	14	6.3
	28	7.0
시멘트-SBR	3	19.1
	7	28
	14	33.5
	28	36.9
시멘트-EVA	3	15.4
	7	18.7
	14	21.1
	28	24.3

표 3-19 대각선 압축부착강도 시험 결과

종류	재령 (일)	부착강도 (kg/cm ²)
시멘트-시멘트	3	33.5
	7	60.1
	14	73.6
	28	78.8
시멘트-SBR	3	49.9
	7	75.4
	14	88.5
	28	95.5
시멘트-EVA	3	45.8
	7	70.4
	14	87.5
	28	91.4

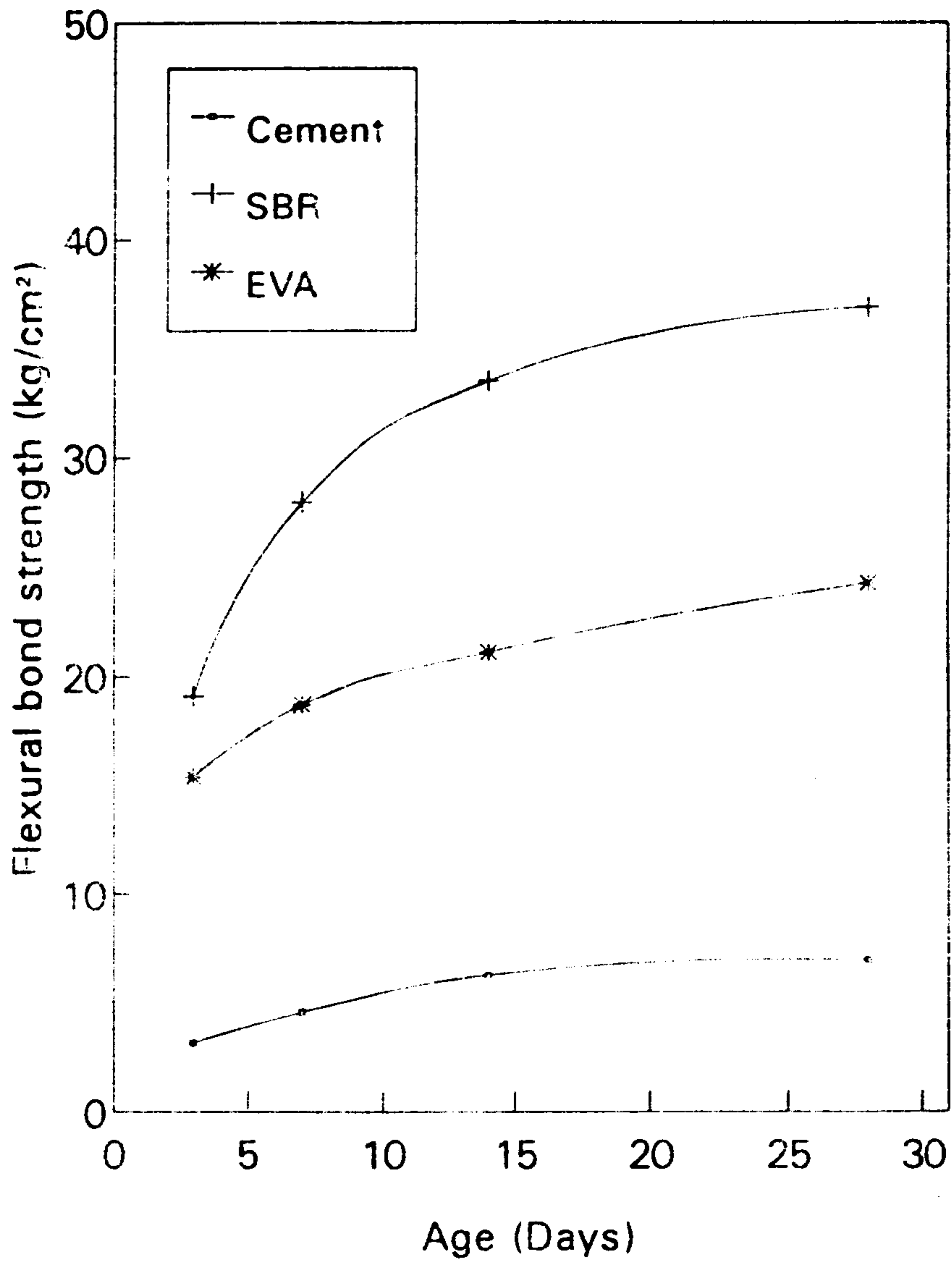


그림 3-17 재령과 휨부착강도와의 관계

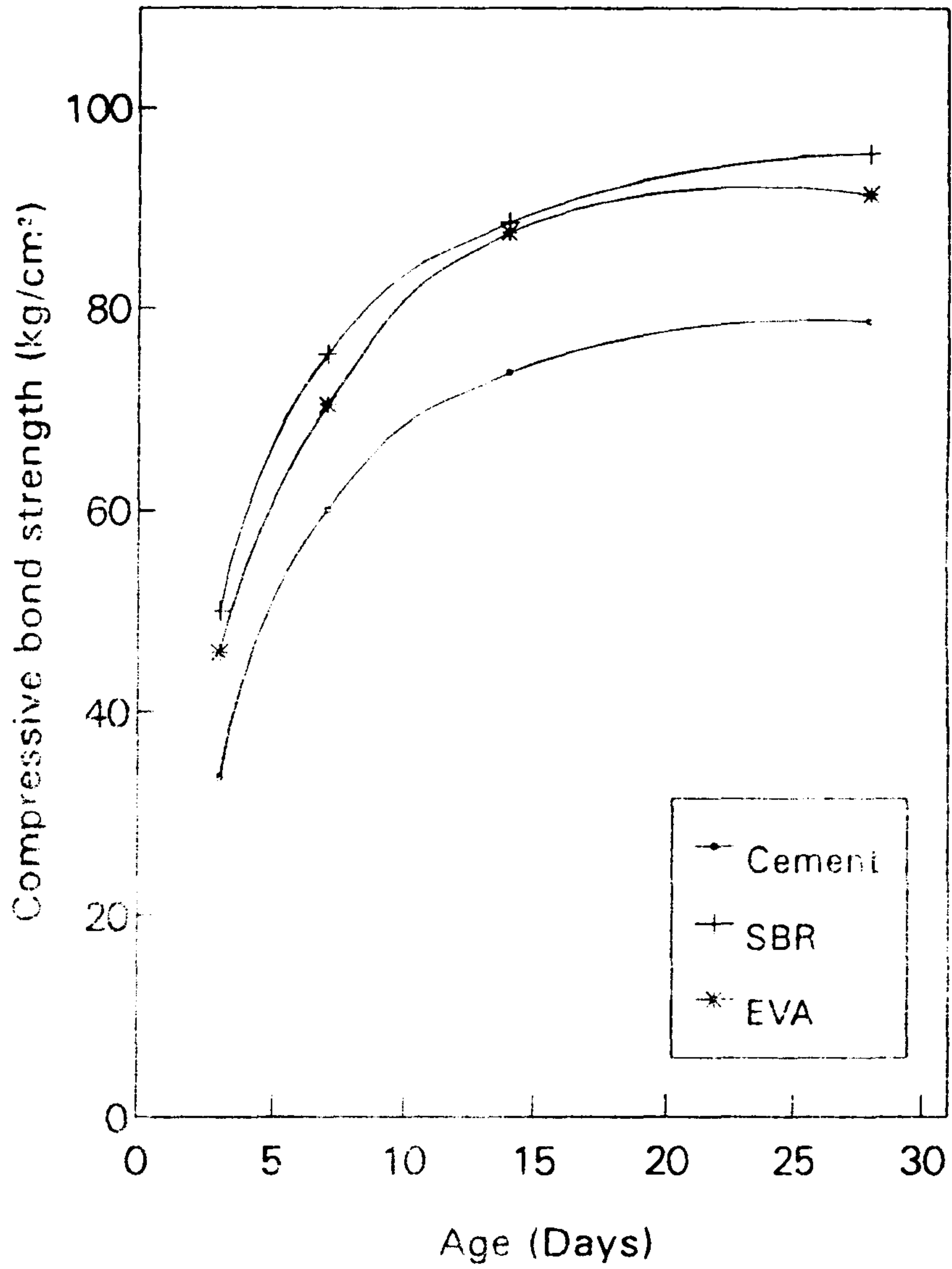


그림 3-18 재령과 대각선 압축부착강도와의 관계

제 4 절 결 론

본 시험연구는 최근 콘크리트 구조물의 보수재료로 많이 사용되고 있는 폴리머 시멘트 모르타의 기초적 성질을 실험적으로 구명한 것으로서, 주요결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 단위용적중량 시험결과 시멘트 모르타와 비슷하게 나타났으며, 흡수율은 SBR 모르타가 가장 작고 EVA 모르타는 시멘트 모르타와 비슷한 값을 보여 방수성을 개선할 목적으로 혼화재를 사용할 경우는 EVA 파우더 보다는 SBR 라텍스를 사용하는 것이 유리한 것으로 나타났다.

2. 건조수축을 측정한 결과, SBR 모르타가 가장 작은 반면 EVA 모르타는 오히려 시멘트 모르타보다 크게 나타나 EVA 파우더를 사용할 때에는 건조수축이 크다는 점을 충분히 고려해야 한다.

3. 열팽창계수는 시멘트 모르타가 $1.17 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$, SBR 모르타가 $1.37 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$, EVA 모르타가 $1.51 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 으로 나타나 SBR 모르타와 EVA 모르타가 시멘트 모르타보다 열팽창계수가 약간 크게 나타났다.

4. 강도시험 결과 SBR 모르타와 EVA 모르타가 시멘트 모르타에 비해 압축강도는 1.4~1.8배, 휨강도는 2.1~2.3배, 할열인장강도는 1.5~1.9배로서 높은 값을 보였으며, 강도비를 산출하여 본 바 압축강도에 대한 휨강도와 할열인장강도의 비가 시멘트 모르타보다 높은 것으로 나타났다.

5. 탄성계수는 시멘트 모르타가 $2.18 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$, SBR 모르타가 $2.35 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$, EVA 모르타가 $2.37 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 였고, 포아슨비는 시멘트 모르타가 0.15, SBR 모르타가 0.25, EVA 모르타가 0.25로 나타났다.

6. 충격강도 시험결과 시멘트 모르타의 $0.83 \text{ kg}\cdot\text{cm/cm}^2$ 에 비해 SBR 모르타는 1.8배인 $1.53 \text{ kg}\cdot\text{cm/cm}^2$, EVA 모르타는 1.3배인 $1.11 \text{ kg}\cdot\text{cm/cm}^2$ 으로서 높게 나타났다.

7. 부착강도 시험결과 휨부착강도는 시멘트 모르타에 비해 SBR 모르타가 5.3배, EVA 모르타는 3.5배 정도로 매우 크게 나타났고, 대각선 압축부착강도 시멘트 모르타에 비해 SBR 모르타와 EVA 모르타가 매우 높게 나타났다.

8. 이상의 결과로 부터 콘크리트 구조물의 보수재료로서 폴리머 시멘트 모르타의 이용은 효과적임을 확인 할 수 있었으며, 앞으로도 이들 재료를 사용하여 현장시공을 한 후 장기적 거동에 대한 연구가 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

여 백

제 4 장

보수·보강재의 현장적용 평가

여 백

제 4 장 보수·보강재의 현장적용 평가

제 1 절 서 론

전세계적으로 건설산업분야에서 시멘트 콘크리트는 널리 이용되고 있다. 시멘트 콘크리트 재료에 대해서는 그동안 시멘트, 골재, 혼화재료 등과 같은 조성재료를 비롯하여 시공, 양생방법 등에 많은 발전이 있어 왔으며, 다른 건축재료와 비교하여 시공성, 내구성 및 경제성이 우수한 특성을 가지고 있다.

그러나, 낮은 인장강도 및 접착성, 무거운 자중, 약한 내약품성과 수밀성 등의 단점으로 인해, 구조물 또한 콘크리트의 중성화 및 철근의 부식, 알칼리 골재반응 등에 의한 조기 열화 등의 문제점도 가지고 있다. 이와 같은 콘크리트의 결점을 보완하기 위해 최근에는 미국, 일본 등 선진국을 중심으로 고분자 재료인 폴리머를 콘크리트에 이용하기에 이르렀다.

콘크리트 구조물은 시간이 경과함에 따라 여러 가지 환경적, 물리적 요인에 따라 균열이 발생하고 철근이 부식하는 등 성능저하 현상을 초래한다. 따라서 구조물로서 요구되는 수명을 충분히 유지하기 위해서는 정기적이고 정확한 손상상태 파악과 성능저하가 발생하였을 때는 적절한 보수보강을 하여야 한다.

선진 각국에서는 이미 노후화된 콘크리트 구조물의 수명 연장과 신뢰성 확보에 큰 비중을 두고 있고, 각 분야에서도 콘크리트 구조물의 보수보강에 대한 관심이 증대되고 있다. 그러나 우리나라에서 사용하고 있는 대부분의 보수재는 대부분 외국으로부터 수입한 것이며, 동일한 성분의 재료도 다양한 상품명으로 판매되고 있어 이용에 혼란을 야기시키고 있다. 또한 보수재의 선택과

보수방법 역시 연구결과에 근거를 두지 않고 오직 경험에 의해 시공을 하고 있다.

본 연구에서는 춘천시 근교 농업수리구조물의 손상원인을 규명하여 보수 대상 구조물의 특성을 고려하여 폴리머-시멘트 콘크리트, 폴리머-시멘트 모르터, 폴리머 모르터의 3가지 재료를 이용하여 보수공사를 수행 하여 본 연구에서 개발코자 하는 보수보강 재료의 특성을 구명코자 실시하였다.

제 2 절 보수보강 대상지역 선정

1. 춘천시 서면 월송리 신매저수지

신매 저수지는 물리면적 345 ha이며, 공사기간은 1980년 4월~1985년 6월로서 완공된지 11년된 농업용수개발을 위해 만들어진 저수지이다.

본 연구에서 보수지로서 선정된 곳은 신매 저수지 여수토의 끝부분으로 벽면과 바닥면이다. 여수토의 넓이 1000 cm 규모이며, 벽면높이는 약200 cm정도 였다.

이 부분은 불량콘크리트의 사용으로 동결융해 작용이 매우 커 시멘트 콘크리트 부식이 많이 진전되고 철근이 노출되어 있어 벽면은 전도될 위험이 있다. 바닥면은 윗쪽 넓이 8m, 아랫 넓이 4m, 길이 10m의 부분이 깊이 약20~90 cm 정도 패여 있는 곳으로 역시 콘크리트 부식으로 철근이 노출되어 있었다.

여수토 벽면은 길이방향으로 약 10m, 높이 약 1m 넓이로 벽면 밑부분이 크게 부식되어 철근이 노출되었으며 부식깊이는 약 30 cm 정도였다.

2. 춘천시 서면 신매리 수로교

신매리 수로교는 신매 저수지와 같은 시기에 만들어진 농업용 수로교로서 신매 저수지의 농업용수를 신매리 지역의 농경지에 공급해 주는 수로 구조물의 일부이다. 그 규모와 구조물의 손상상태는 그림 4-2와 같으며, 주요 손상원인은 누수에 의한 콘크리트의 동결융해 작용으로 발생한 수로교 바닥면과 구조물 외부의 부식에 의한 손상이었다.

수로교의 단면은 높이 100 cm, 단면넓이 82cm, 두께 15 cm이었으며, 손상된 수로교의 보수길이는 2,300 cm에 이른다.

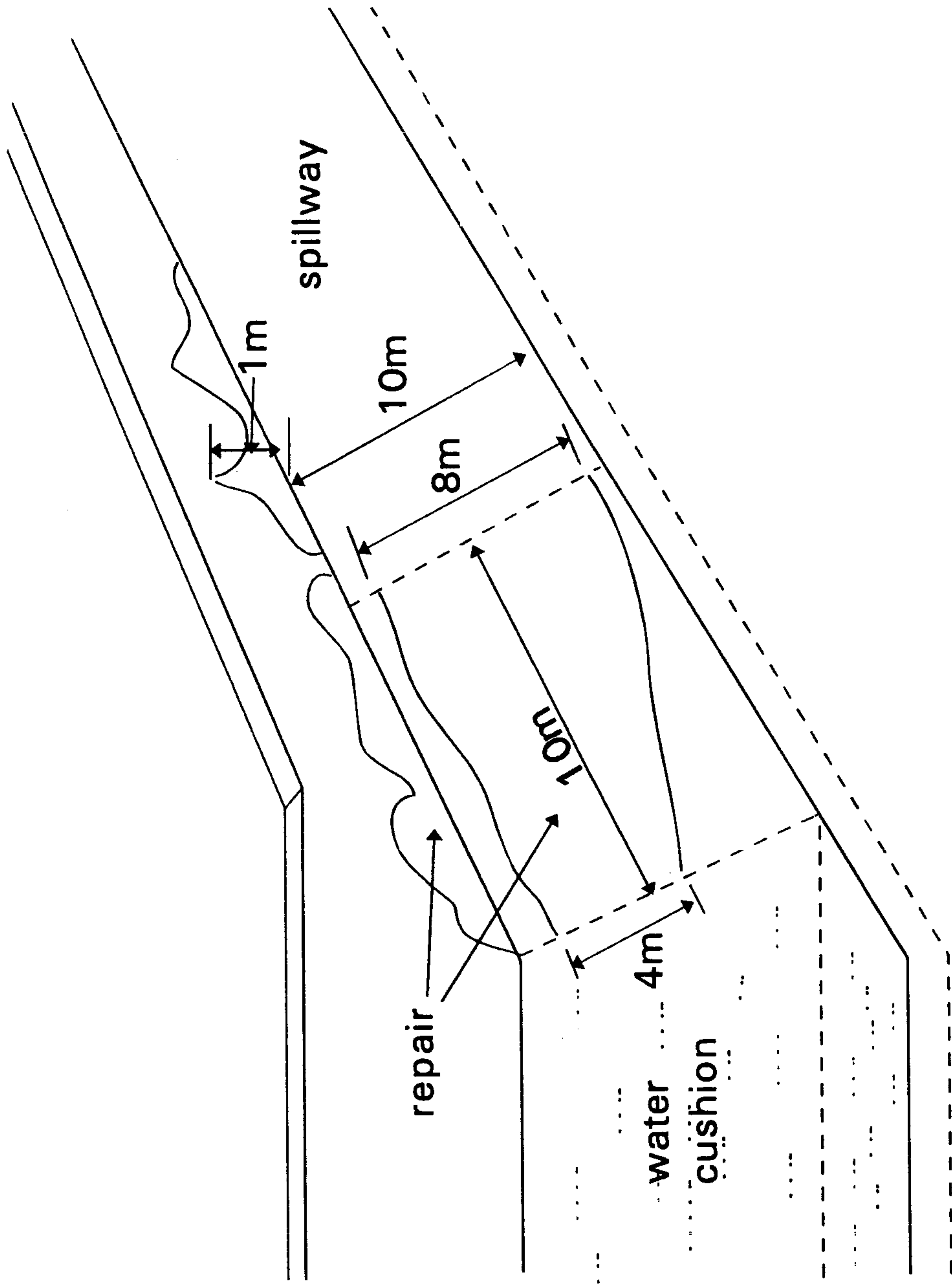


그림 4-1 신매 저수지 여수토 보수지의 손상 상태

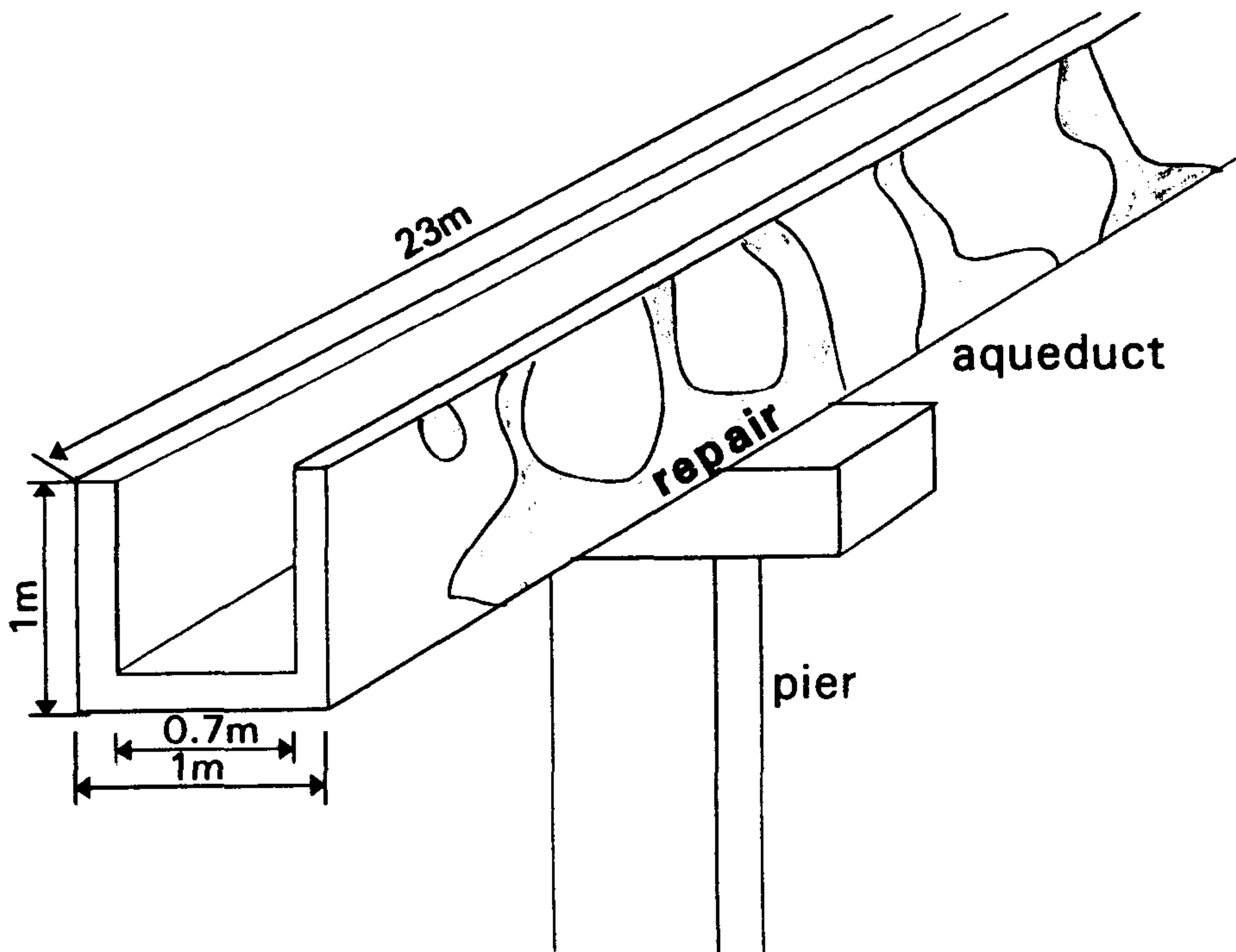


그림 4-2 신매리 수로교의 콘크리트 손상 상태

3. 춘천시 신북읍 울문리 개거

울문리 개거부분은 개거기저부분의 침식작용으로 부등침하가 현상으로 구조물에 균열이 발생하였다. 또한 구조물에 발생한 균열로 누수가 발생하여 구조물 하부의 토사 침식작용으로 구조물의 균열이 진전되어 가고 있었다.

구조물의 균열은 구조물 하부에서 상부로 진전되었으며, 균열넓이는 3 cm~5 cm에 이르러 이곳을 통하여 누수가 발생하였다.

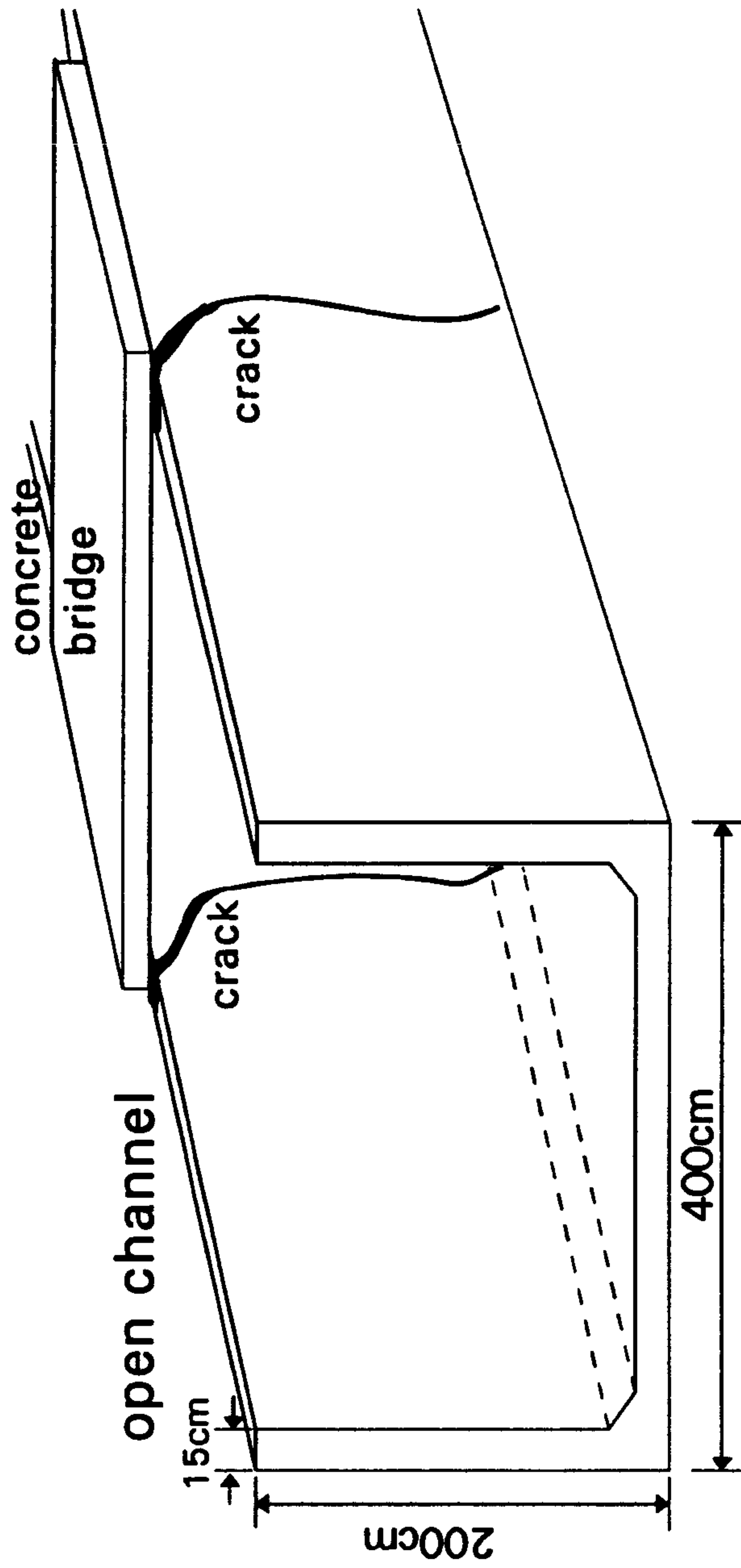


그림 4-3 울문리 개거의 균열손상 상태

제 3 절 재료 및 연구방법

1. 사용재료

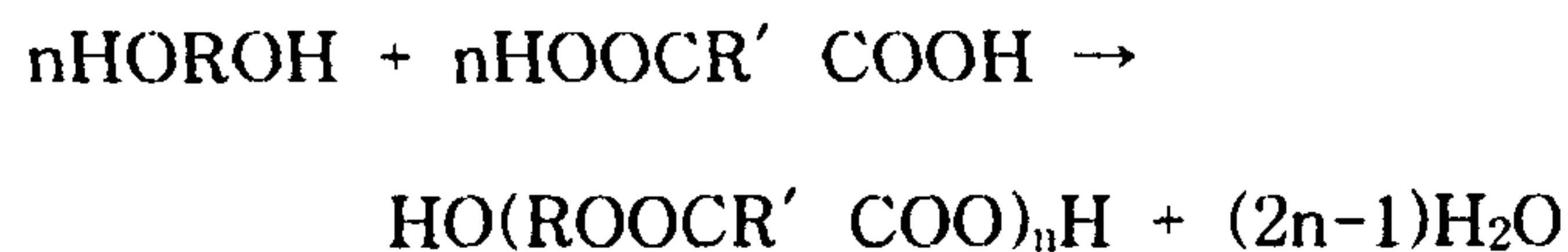
가. 폴리머 콘크리트계

(1) 불포화 폴리에스터 수지

불포화 폴리에스터 수지(unsaturated polyester resin)란 그 구성분자의 포화된 모노머(monomer)가 에스테르 결합으로 중합된 고분자 화합물을 말한다.

이것은 취급이 쉽고 경화성이 뛰어나며 상온에서 자유롭게 경화시킬 수 있다. 뿐만 아니라 다른 열경화성 수지에 비하여 양호한 기계적, 전기적 성질과 내약품성이 있으며, 가격면에서도 다른 폴리머류와 비교하여 저렴한 장점이 있다.

불포화 폴리에스터 수지의 생성에 있어서 제 1단계 반응은 2염기산과 2가 알콜의 축합에 의한 폴리에스터화 반응이다. 불포화 폴리에스터 수지의 제조법 및 경화 메카니즘은 다음과 같다.



산으로서 무수물이 사용될 때는 먼저 개환 부가반응이 일어나 축합에 의한 폴리에스터화 반응을 일으킨다. 불포화 폴리에스터에 모노머를 가하고, 가열하여 중합 촉진제를 병용하면 불포화 폴리에스터 중의 2중결합과 모노머와의 공중합 반응에 의해서 분자간에 가교가 이루어져 3차원 망상구조의 불용·불융성 수지를 생성한다.

이것은 라디칼 반응에 의한 것으로서 촉매의 열분해에 의한 것은 가열경화에 효과적이며, 촉진제를 병용한 경우는 상온경화가 가능하다. 본 실험에 사용된 불포화 폴리에스터 수지는 국내 A사의 올소타입(ortho type)으로서 코발트계 경화 촉진제(CoO₂)가 첨가되어 있으며, 성분 및 구조식은 다음의 표 4-1 및 그림 4-4와 같다.

표 4-1 사용된 불포화 폴리에스터 수지의 특성

비 중 (25℃)	점 도 (25℃, poise)	산 가	스틸렌 함량 (%)
1.12±0.02	4±1.2	24±4	38

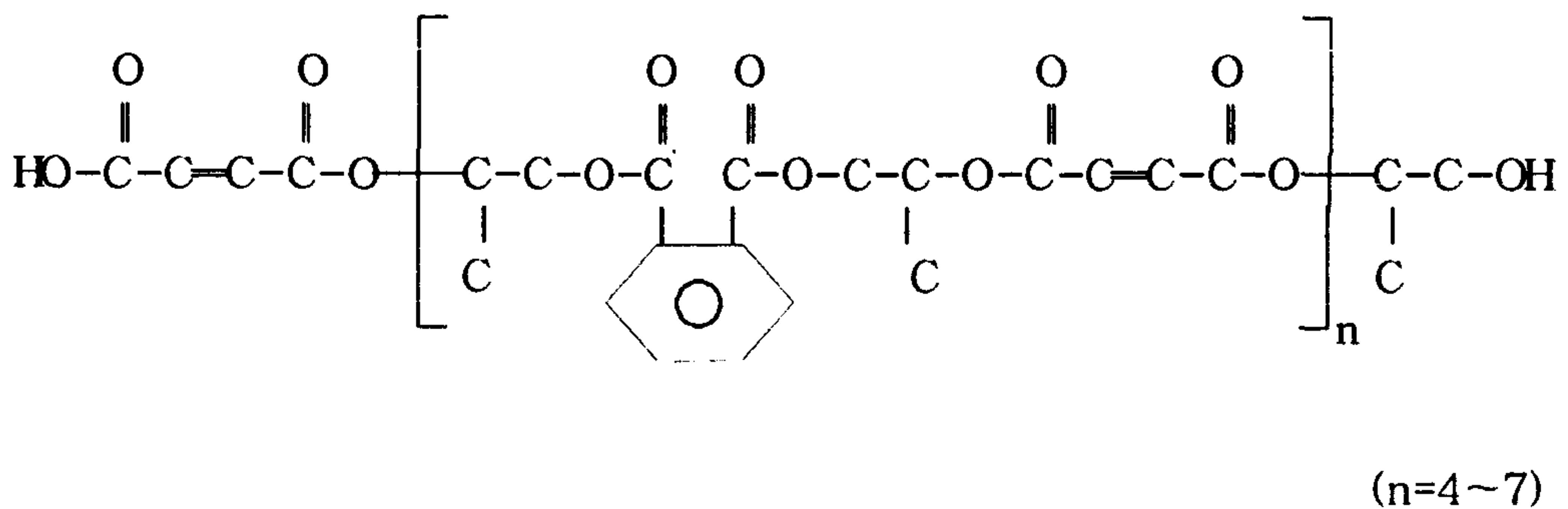


그림 4-4 ortho 타입의 불포화 폴리에스터 수지의 조성식

(2) 촉매제

촉진제가 첨가된 불포화 폴리에스터 수지는 촉매제만 첨가되면 경화반응이 일어난다. 촉매제에는 속경형, 표준경화형, 지연형의 3종류가 있으나 본 실험에서는 국내 A사제품으로서 MEKPO 55 %, DMP 45 %로 구성된 표준경화형 촉매제를 사용했으며, 일반적인 성질과 구조식은 표 6과 그림 6과 같다.

표 4-2. 사용된 촉매제의 특성

구성요소	비 중 (25℃)	산 가
MEKPO 55% DMP 45%	1.12	10.0

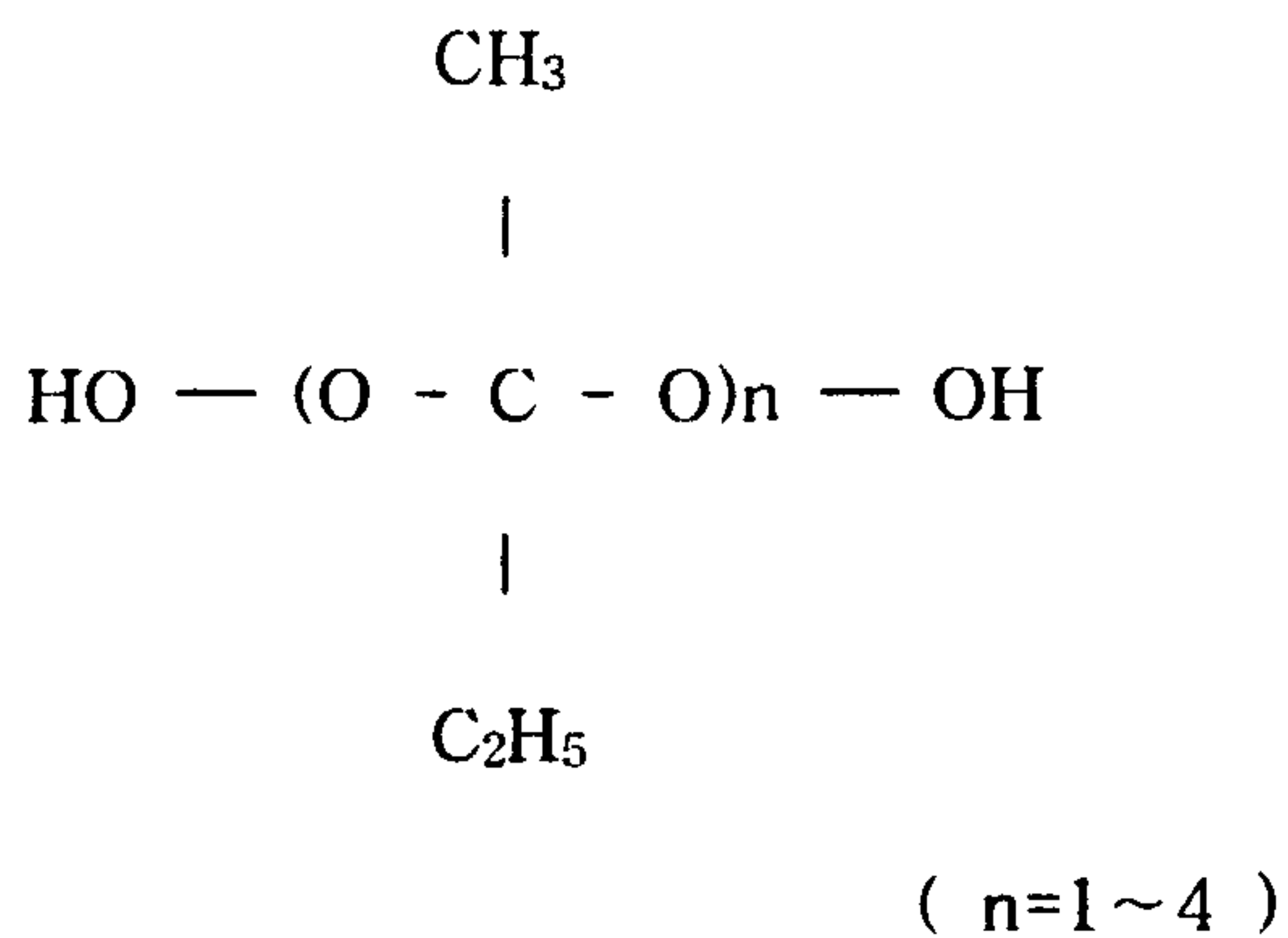


그림 4-5. 촉매제의 조성식

(3) 충전재

충전재는 무기질이며 흡수성이 작아야 하는데 비교적 고가인 폴리머의 사용량을 줄일 목적으로 사용한다. 입자크기는 1~30 μm 정도, 분말도는 2,500~3,000 cm^2/g , 수분함량 0.1 % 미만의 조건을 갖추어야 한다.

본 실험에서는 저가이며 구입이 용이한 중질 탄산칼슘(heavy calcium carbonate)을 사용하였으며, 그 성질은 표 4-3 및 표 4-4와 같다.

표 4-3. 사용된 중질 탄산칼슘의 특성

비 중 (gr/cc)	흡 수 율 (cc/gr)	함 수 율 (%)	pH	평균입경 (μm)	#325 체 남는량 (%)
0.75	0.20	0.3 이하	8.8	13	0.03

표 4-4. 사용된 중질 탄산칼슘의 화학적 성분

(단위 : %)

CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	Ig.loss
53.7	0.25	0.09	2.23	0.66	42.4

2. 보수방법 연구

가. 시멘트-폴리머 콘크리트계

폴리머 시멘트 모르터는 고무 라텍스와 수지에멀존의 합성재료로서 가격이 비교적 저렴하며, 균열이 적고, 콘크리트나 금속 등에 견고하게 부착되며, 중성화 방지에도 큰 효과가 있다. 따라서 철골, 철판의 방청 보호용이나 콘크리트 鋪裝의 덧씌우기 補修용 등에 적합한 재료이다.

보수는 단면손실 깊이에 따라 깊이 5 cm 이상은 콘크리트를 사용하며 손실부 최대 깊이가 5 cm 미만일 경우는 모르터를 이용하여 보수를 하였다. 수지계 재료는 양생 및 경화가 기온에 따라 민감한 관계로 기온이 20 ~ 30°C 정도의 날씨에 보수하는 것을 기본으로 하였다.

먼저 보수작업시 필요한 준비물을 살펴보면

- ① 포틀랜드시멘트, 라텍스,
- ② 굵은골재, 세골재
- ③ 골재계량용 저울, 온도계, 믹싱팬, 믹싱장구, 마감용 흑손
- ④ 부실콘크리트 제거용 햄머, 거푸집
- ⑤ 계량용 대형 비이커 및 소형 비이커
- ⑥ 믹서

보수방법은 일반 시멘트 콘크리트 팻칭 보수시와 유사하며, 폴리머 모르터의 보수공정은 다음과 같은 순서로 진행하였다.

- ① 골재 및 수지준비
- ② 손상된 콘크리트 제거

- ③ 보수부위 청소실시
- ④ 거푸집 설치
- ⑤ 보수 표면 Tackcoating
- ⑥ 폴리머-시멘트 콘크리트(모르터) Mixing
- ⑦ 폴리머-시멘트 콘크리트 또는 모르터 타설
- ⑧ 표면마감
- ⑨ 양생후 거푸집 제거

나. 폴리머 콘크리트계

먼저 보수작업시 필요한 준비물을 살펴보면

- ① 폴리머 수지, 경화개시제
- ② 건조시킨 세골재, 탄산칼슘
- ③ 골재계량용 저울, 온도계, 믹싱팬, 믹싱장구, 마감용 흑손
- ④ 부실콘크리트 제거용 햄머, 거푸집, 건조용 가스 토치램프
- ⑤ 수지 계량용 대형 비이커 및 소형 비이커
- ⑥ 수지와 경화제 믹싱용 막대

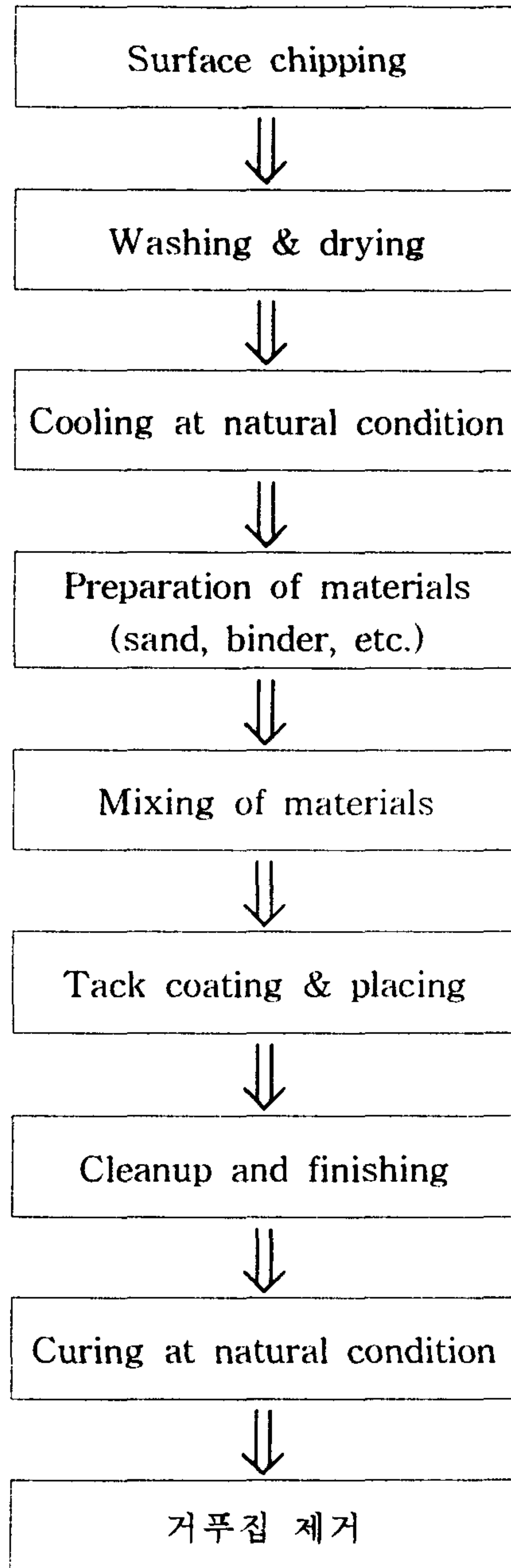


그림 4-6. 보수공정의 flow chart

제 4 절 보수보강 현장시공

1. 춘천시 서면 월송리 신매저수지

본 연구에서 보수지로서 선정된 곳은 신매 저수지 여수토의 끝부분으로 벽면과 바닥면이다. 이 부분은 불량콘크리트의 사용으로 동결융해 작용이 매우 커 시멘트 콘크리트 부식이 많이 진전되어 벽면은 전도될 위험이 있으며, 바닥면은 깊이 약 90 cm 정도 패여 있는 곳이다.

이곳은 보수 규모가 다소 커 조골재를 사용한 폴리머-시멘트 콘크리트를 이용하였다.

보수공정은 먼저, 유입된 토사를 삽을 이용하여 제거하였고 손상된 여수토의 바닥과 벽면의 부식된 콘크리트를 정을 이용하여 제거 하였다. 그리고 보수단면을 깨끗하게 청소하였고 손실된 여수토 바닥 철근의 재조립과 거푸집을 설치하였다. 이 때 철근은 D13을 이용하였고 철근간격은 30cm였다. 그리고 타설하기 전 보수전단면에 걸쳐 라텍스 수지를 이용하여 Tack coating을 실시하였다.

보수단면의 콘크리트는 춘천근교의 H사의 슬럼프 8cm, 압축강도 210 kg/cm²에 맞추어진 레미콘을 이용하였으며 타설은 벽면은 슈트와 콘크리트 펌프-카, 벽면은 설치된 거푸집에 콘크리트 펌프-카를 사용하였다.

콘크리트 타설후 다짐은 바닥면은 삽다짐을, 벽면은 거푸집 두드리기로 실시하였다. 바닥면의 표면은 나무로 제작한 판으로 표면마무리를 하여 보수공사를 마무리 하였다.

이곳의 여수토 보수시공에 사용된 폴리머-시멘트 콘크리트는 춘천근교 레미콘 회사인 U사 레미콘제품에 SBR 라텍스를 혼합하여 사용하였다. 혼합비율은 폴리머-시멘트비 10%에 준하여 SBR 라텍스를 혼합하였으며 보수에 사용된 시

멘트 콘크리트의 배합비는 표 4-5와 같다.

표 4-5. 여수토 보수에 사용된 시멘트 콘크리트 배합비

굵은골재 최대치수 (mm)	슬럼프 (cm)	물시멘트비 W/C (%)	단위 수량 (kg)	단 위 시멘트량 C(kg)	잔골재율 S/a(%)	단 위 잔골재량 S(kg)	단 위 굵은골재량 G(kg)
25	8	58	190	328	40	721	1,100

2. 춘천시 서면 신매리 수로교

주요 손상원인은 누수에 의한 콘크리트의 동결융해 작용으로 발생한 수로교 바닥면과 구조물 외부의 부식에 의한 손상이었다.

이곳의 보수단면은 규모가 매우 적어 폴리머-시멘트 모르터를 이용하였으며, 폴리머-시멘트비는 10%를 사용한 폴리머-시멘트 모르터이며 이것의 배합비는 표 4-6과 같다.

표 4-6. 수로교 보수에 사용된 폴리머-시멘트 모르터의 배합비

시멘트 : 모래 (중량비)	폴리머-시멘트 비 P/C (%)	물-시멘트 비 W/C (%)
1 : 3	10	44

수로교 보수공사의 공정은 먼저 손상된 콘크리트 부위를 정을 이용하여 쪼아낸 다음 와이어 브러쉬 또는 강하게 물을 뿌려 깨끗하게 청소하였다. 그 다음 거푸집을 설치하여 혼합된 폴리머-시멘트 모르터를 보수부위에 채워 넣어 보수공사를 마쳤으며, 다짐은 거푸집을 망치로 두드려 다짐하였고 보수부위의 폴리머-시멘트 모르터는 자연상태에서 양생하였다.

양생후 거푸집을 제거 함으로써 보수공사를 모두 마쳤다.

3. 춘천시 신북읍 울문리 개거

울문리 개거는 구조물 아랫부분의 토사 침식작용으로 부등침하가 발생하여 구조물의 균열이 발생하였다.

이부분의 균열보수는 접착성이 우수한 폴리머 모르터를 이용하여 보수 시공하였는데 작업성을 고려하여 배합비는 표 4-7과 같다.

표 4-7. 개거 구조물 균열보수에 사용된 폴리머 모르터의 배합비

불포화폴리에스터 수지	경화제	탄산칼슘	모래
16	1.5 phr	21	63

개거 보수공사의 공정은 먼저 와이어 브러쉬를 이용하여 보수부위를 깨끗하게 청소한다. 그 다음 가스 토치램프를 사용하여 보수부위의 습기를 제거하고, 거푸집은 설치한다. 거푸집은 수지누출을 방지하기 위하여 두께 2mm고무판을 거푸집 안쪽에 접착하고 합판을 이용한 거푸집에 콘크리트 못을 박아 고무판을 완

전히 보수면과 밀착시켰다. 설치된 거푸집에 혼합된 폴리머 모르터를 자연상태로 흘러들게 하여 타설을 완료하여 자연상태에서 양생 하였다.

타설된 폴리머 모르터는 양생시간이 매우 짧아 타설후 약 30분이 지난 다음 거푸집은 제거하고 보수부위를 육안으로 검사하는 걸로 구조물의 균열보수를 마쳤다.

1. 보수대상 (1) : 월송리 신매 저수지



사진 4-1. 여수토 바닥면 손상상태



사진 4-2. 여수토 벽면 손상상태



사진 4-3. 여수토 보수대상지의 표면 청소



사진 4-4. 여수토 보수지의 철근 재조립

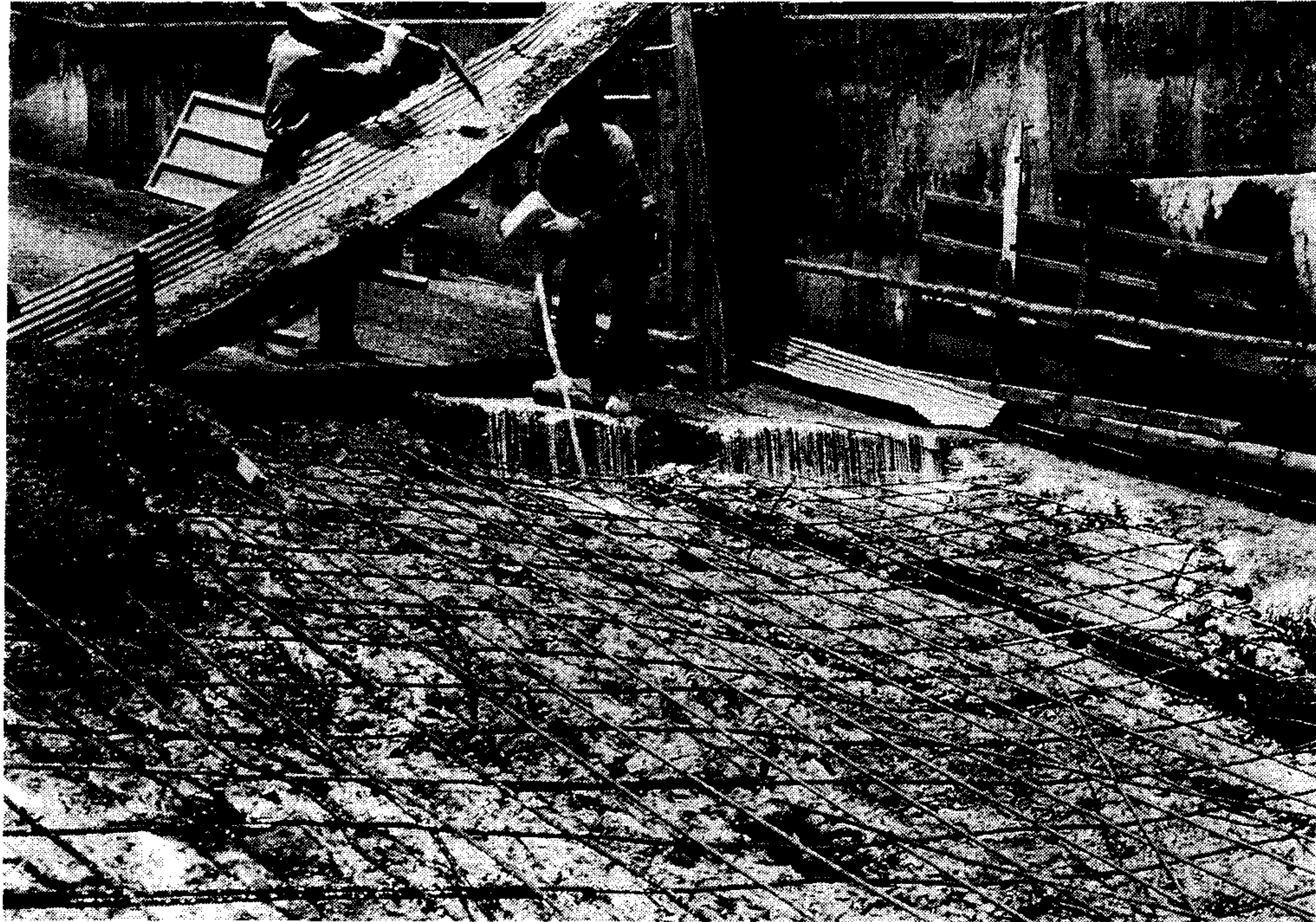


사진 4-5. SBR 라텍스를 이용한 Tack coating

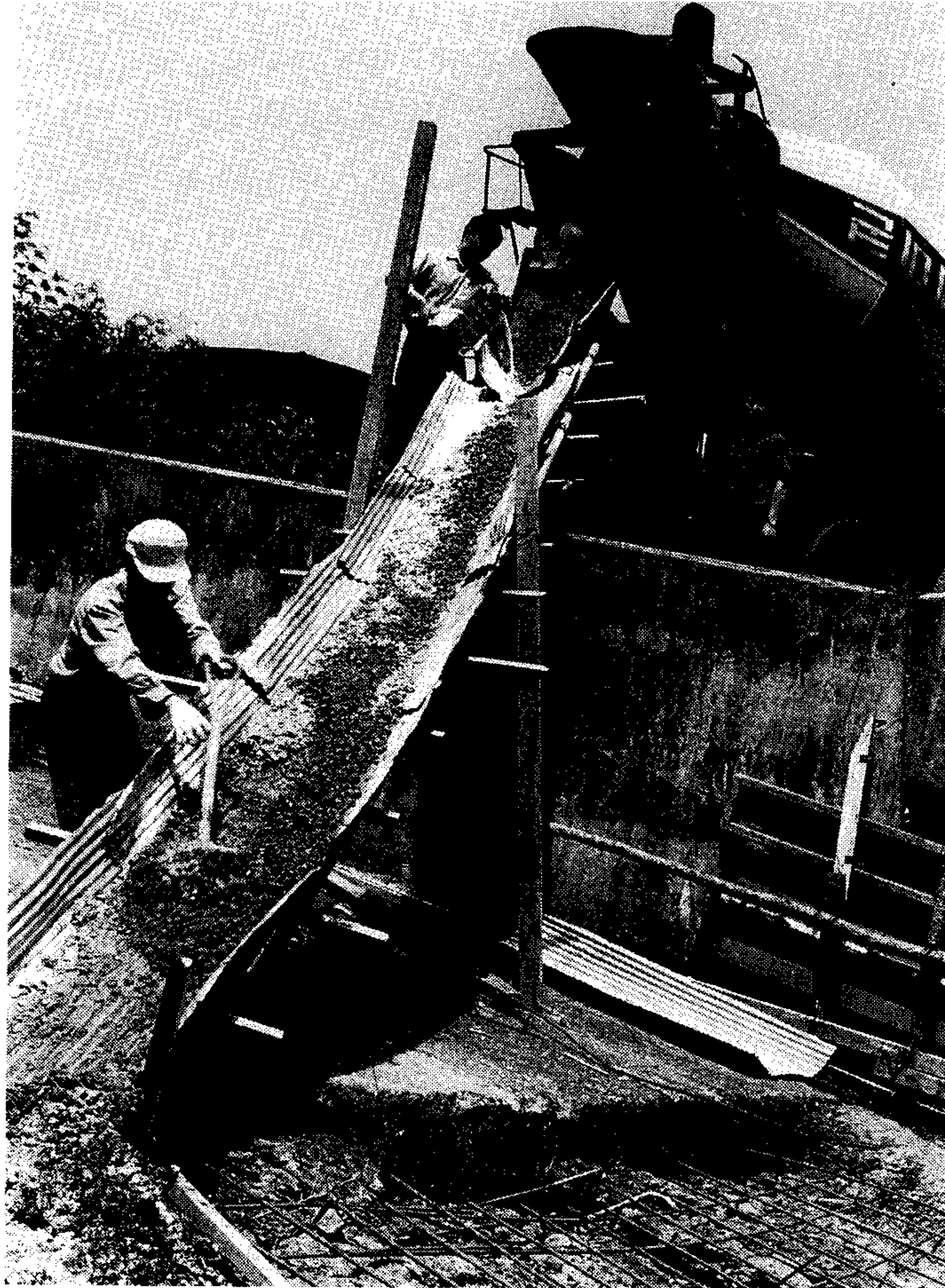


사진 4-6. 슈트를 이용한 폴리머-시멘트 콘크리트 타설

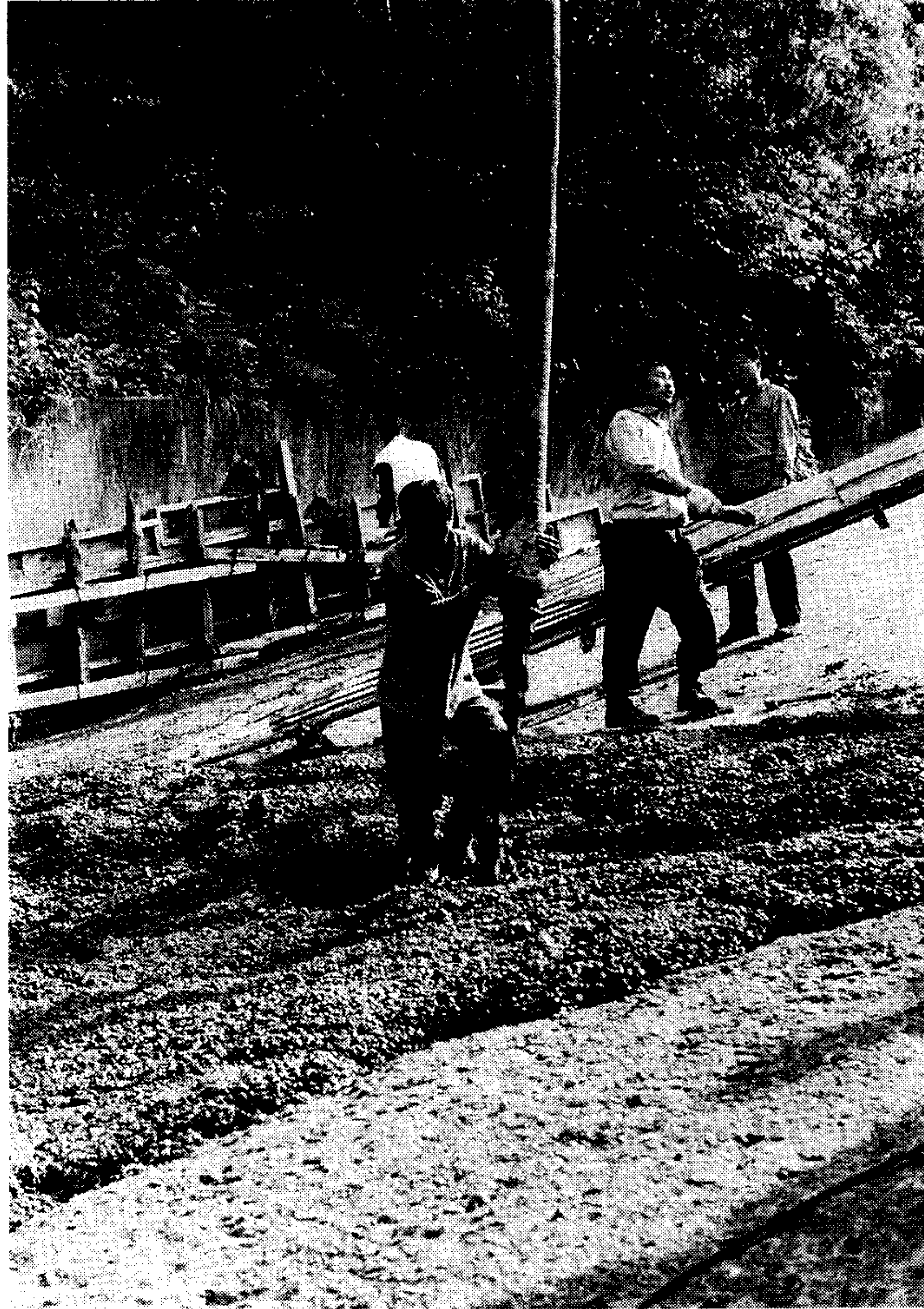


사진 4-7. 콘크리트 펌프를 이용한 타설



사진 4-8. 콘크리트 펌프를 이용한 여수토 벽면 타설



사진 4-9. 표면 마무리



사진 4-10. 보수 완성

2. 보수대상 (2) : 신매리 수로교

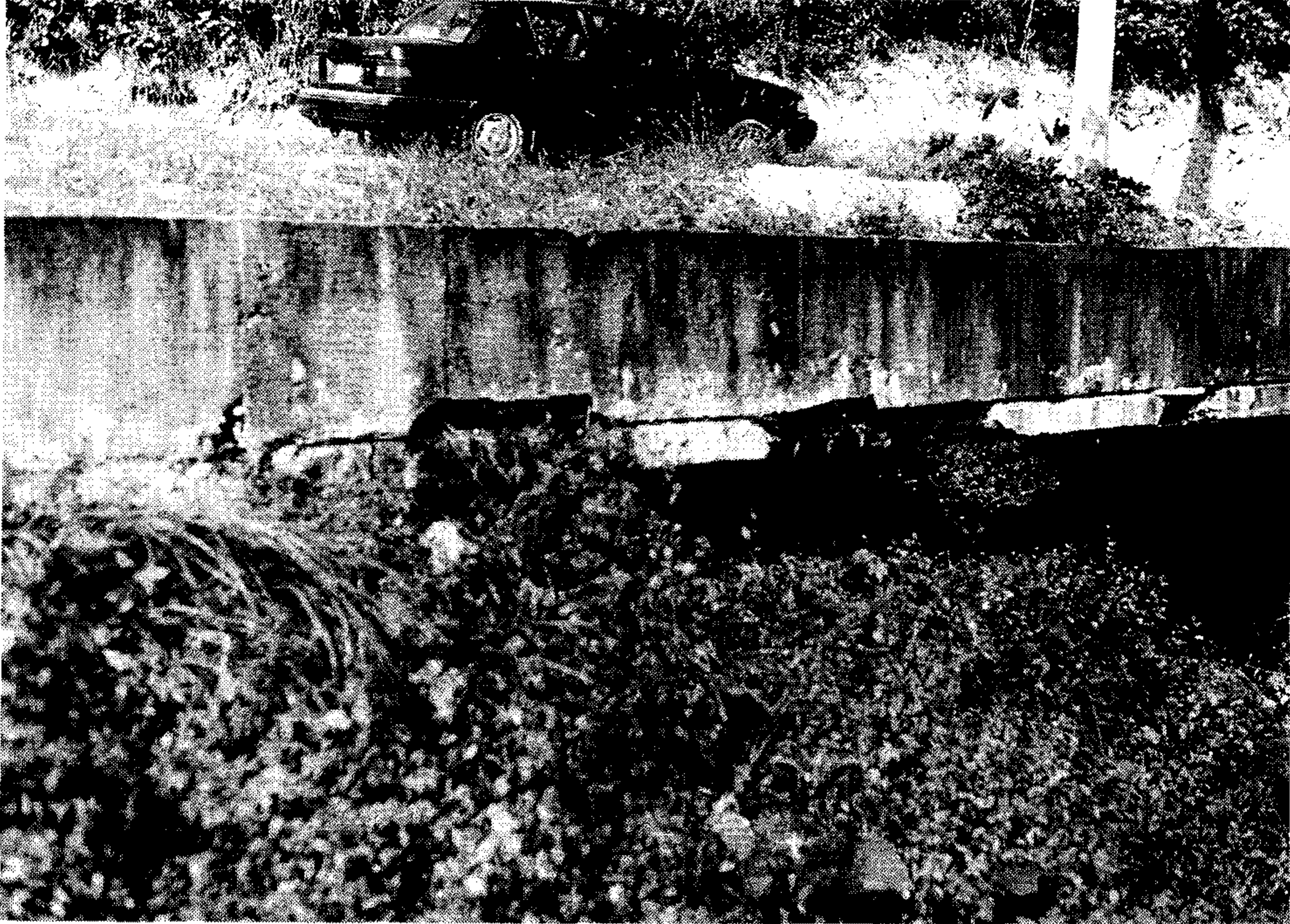


사진 4-11. 수로교 콘크리트 손상상태



사진 4-12. water jet을 이용한 바닥면 표면 청소



사진 4-13. 거푸집 설치

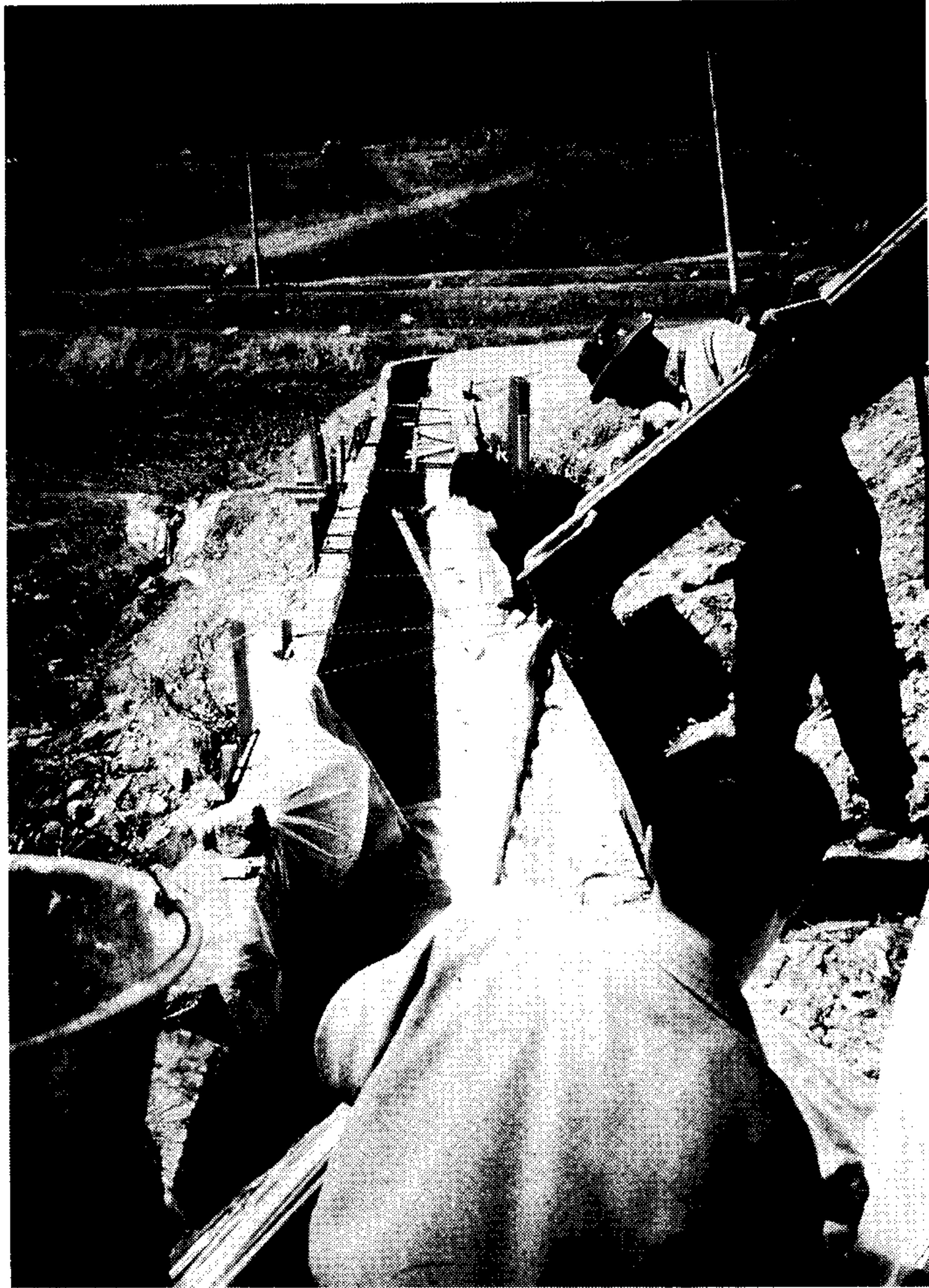


사진 4-18. 슈트를 이용한 폴리머-시멘트 콘크리트 타설

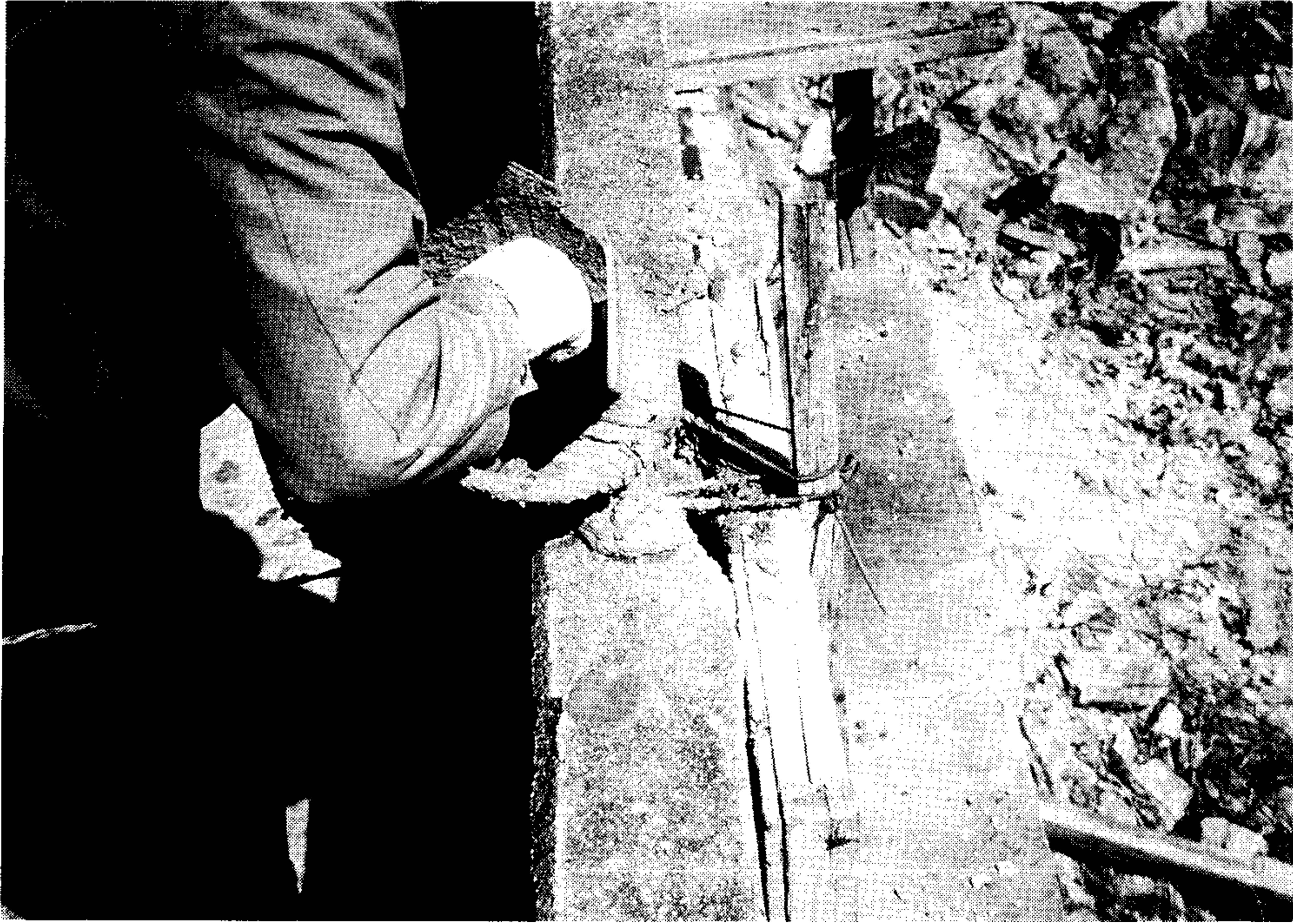


사진 4-19. 타 설

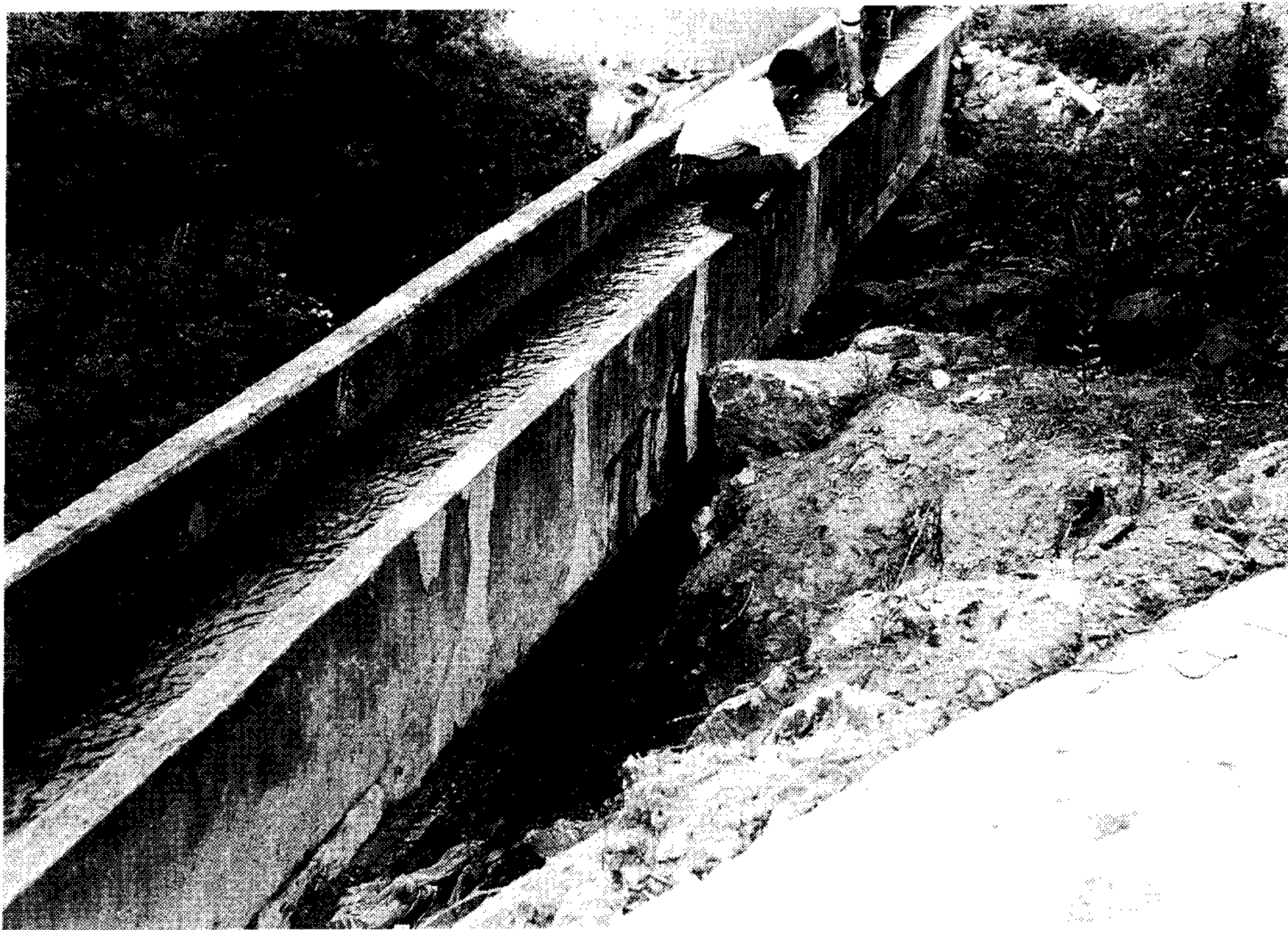


사진 4-20. 보수 완성

3. 보수대상 (3) : 울문리 개거



사진 4-21. 개거 균열 손상상태



사진 4-22. 폴리머 모르터 재료 배합

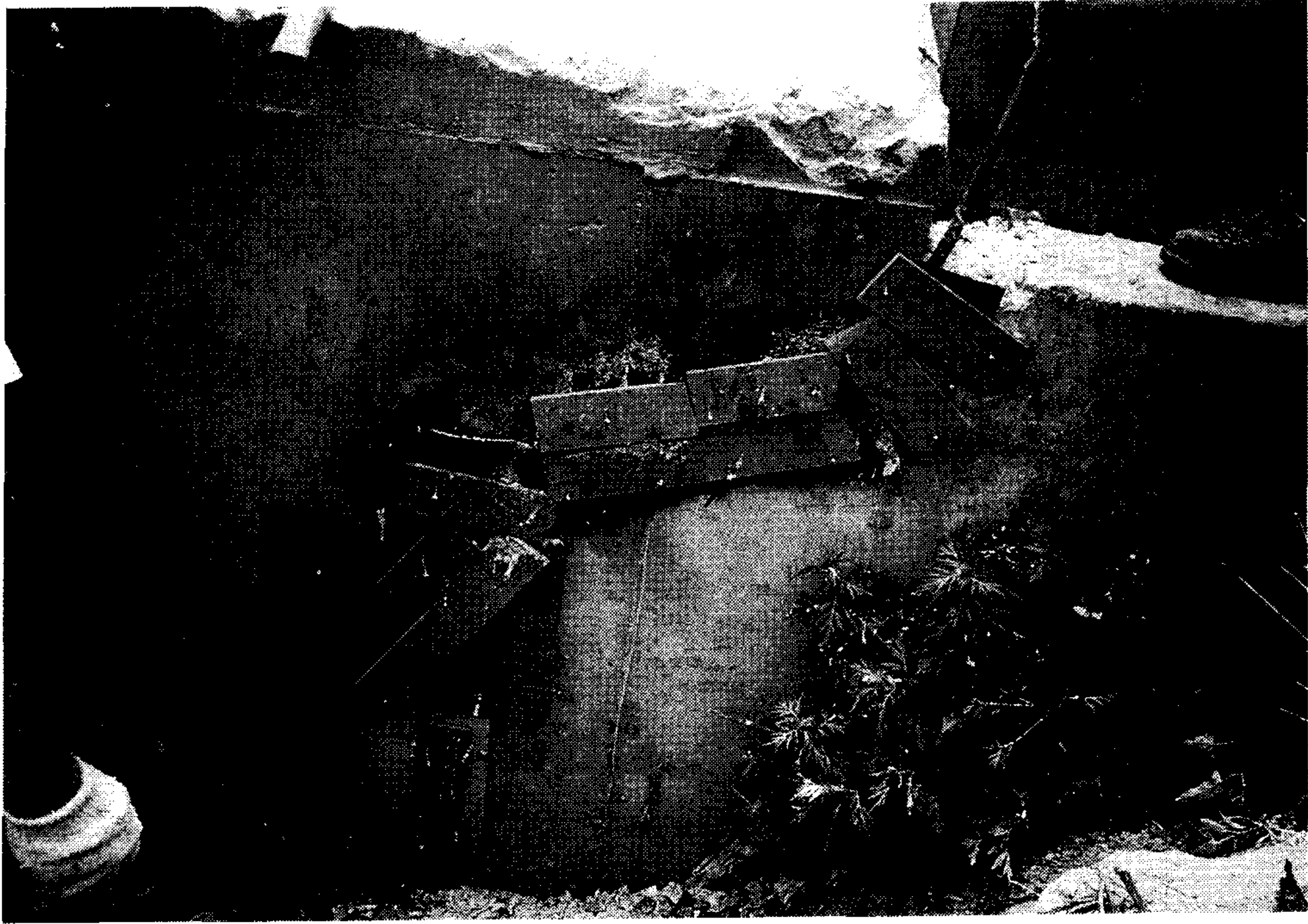


사진 4-23. 거푸집 설치



사진 4-24. 폴리머 모르터 타설



사진 4-25. 보수 완성

제 5 절 결 론

본 연구에서는 보수대상지를 3개지구로 선정하여 각각의 콘크리트 구조물의 손상상태를 관찰하여 특성에 맞게 보수재료를 3가지로 선택하여 보수시공을 수행 하였다. 연구 수행에서 나타난 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 월송리 신매저수지의 여수토는 콘크리트 부식으로 인한 바닥면과 벽면의 손상을 SBR 라텍스를 혼입한 폴리머-시멘트 콘크리트를 이용하여 보수시공을 수행 하였다.

이곳은 보수면적이 비교적 넓으며 보수깊이도 커 조골재를 사용한 폴리머-시멘트 콘크리트로 보수하였던 바 기존의 콘크리트면과의 부착성이 양호한 것으로 판명되었다.

(2) 신매리 수로교는 수로교 모서리 부분의 부식으로 인한 구조물 손상을 SBR 라텍스를 혼입한 폴리머-시멘트 모르터를 이용하여 보수시공을 수행하였다.

이곳은 보수부위가 상대적으로 적은 관계로 세골재만을 사용한 폴리머-시멘트 모르터를 이용하여 보수시공하였던 바 기저 콘크리트와 부착성이 양호한 것으로 판명 되었다. 특히, 이 경우는 보수부위 상단부분에 대하여 폴리머-시멘트 모르터 타설시 다짐을 충분히하여 이부분에 미세한 공극이 발생되지 않도록 주의하여야 할 것으로 사료된다.

(3) 울문리 개거는 구조물의 하부의 토사침식으로 인한 구조물 부등침하 작용으로 콘크리트 개거에 균열이 발생하였는데 이곳의 균열보수시공은 불포화 폴리에스터 수지를 이용한 폴리머 모르터로 균열을 보수하였다.

이 곳은 균열발생 부분으로 기저 콘크리트의 강도저하가 전혀 없으므로 부착성이 좋고 양생기간이 빠른 폴리머 모르터를 이용하여 균열보수를 수행 하

였던 바, 비교적 양호하였으나 대단위 수해를 입었을 경우 구조물의 하부의 세굴로 인해 토사유출이 발생하여 구조물의 부등침하가 발생한다. 따라서 개거 구조물의 보강·보수는 구조물의 기초지반 처리가 선행 되어야 할 것이라 사료된다.

여 백

제 5 장

보수보강 적용기법 연구

여 백

제 5 장 보수보강 적용기법 연구

제 1 절 서 론

콘크리트는 현대문명과 함께 널리 사용된 재료로 현대적인 시멘트는 약 170년 정도의 역사를 갖고 있으며 국내의 경우는 100년이내의 사용경험을 갖고 있다. 그러나 콘크리트의 성능개선을 위한 연구는 최근 10여년에 불과한 실정이다.

이러한 환경에서 1970년대 중반이후의 급격한 경제성장과 더불어 국내 사회간접자본의 확충은 단기간 동안 엄청난 물량의 콘크리트 구조물을 국내에 건설하였다.

우리나라로 실정이 유사한 일본에서는 총 건설비용의 30% 정도가 보수 보강에 사용되고 있는 실정이며, 최근 19년간 미국의 유지관리에 소모된 비용은 약 3.3조 달러에 이르고 있다. 우리나라도 구조물에 대한 정기적인 안전점검의 미비와 환경요인, 시공불량, 설계미숙 등으로 인하여 내하력에 대한 신뢰성이 저하되고, 이로 인하여 보수보강에 관련된 공사비가 급격히 증가하고, 또한, 막대한 국가 경제적 손실과 인명피해가 발생되고 있는 실정이다. 그러나 국내의 보수보강에 대한 연구는 아직 미비한 실정으로서 많은 연구개발을 필요로 하고 있다.

따라서, 현재 진행되고 있는 연구의 진행을 가속화시키기 위해서는 이미 구조물의 보수나 보강 등의 시공실적이나 기술적으로 앞서 있는 외국의 연구자료를 정리 분석하는 작업이 선행되어야 할 것이다. 이러한 배경에서 따라서 본 연구에서는 그동안의 연구·조사 결과를 토대로 하여 콘크리트 구조물에서의 손상의 원인을 분석하고, 보수·보강 재료 및 공법, 구조물의 노후화에 따른 공법의 적용 사례를 제시하였다.

제 2 절 구조물 손상 원인 분석

콘크리트 구조물은 설계 및 시공상의 과오 뿐만이 아니라, 시간이 지남에 따라 환경적인 요인에 의하여 서서히 그 성능이 저하하여 균열, 박리, 철근노출, 곰보형상, 누수 등의 콘크리트의 열화 현상으로 나타난다. 그림 5-1은 콘크리트 구조물의 손상과 노후화원인을 제시한 것이다.

현재 콘크리트 구조물의 손상은 어느 특정 원인보다는 모든 요인들이 복합적으로 작용하여 가속화되는 경향을 띠고 있다. 또한, 사회적 건설 여건 요인들의 악화, 예를 들면 골재의 저품질화 - 입도불량 또는 천연골재의 감소 - 기계화 시공에 따른 철저한 품질관리의 필요성, 토목구조물 시공에 있어서의 3D 기피현상도 나타나고 있다.

전년시공에 따른 한중콘크리트, 서중콘크리트의 시공, 교통구조물에 있어서 제설제의 다량 살포에 의한 부식촉진, 교통량의 증가와 대형과적차량의 통행에 따른 사용수명의 단축 등 여러가지 요인들이 복합적으로 작용하고 있는 상황이다. 또한, 정기적인 점검 및 안전진단의 미비와 효율적인 보수 보강체계의 미흡하므로 인하여 손상이 더욱 가속화되고 있다.

본 연구에서는 콘크리트 열화현상을 대표하는 균열의 발생을 원인별로 분류하였고, 또한 콘크리트 열화의 외적요인을 동결융해, 탄산화, 물의 침투, 산성비, 철근의 부식, 지의류, 콘크리트의 화학작용에 의한 부식, 하수, 화재 등에 의한 요인으로 분류하였고, 기타 손상원인에 대하여 분석하였다.

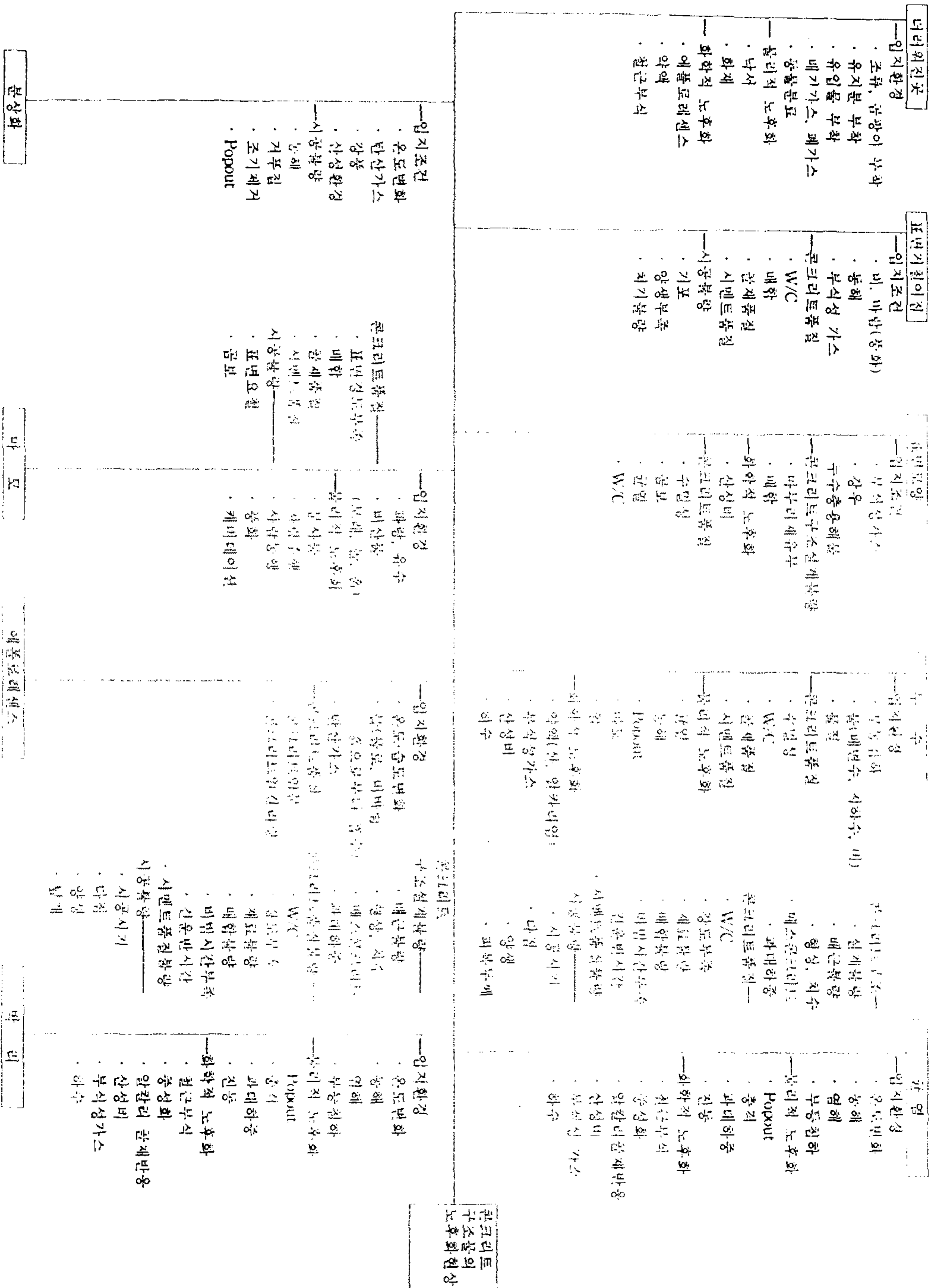


그림 5-1 콘크리트 구조물의 손상과 노후화 원인

제 3 절 보수보강 공법 조사

1. 보수 공법의 선정

콘크리트 구조물의 보수는 열화, 손상에 대하여 충분한 조사를 한 후 구조물의 특성, 중요도, 시공성, 유지관리, 내구성을 고려하여 적절한 보수공법을 결정한다. 그리고 보수에 있어서는 열화원인을 제거하는 것이 원칙이지만 제거 할 수 없는 경우에는 앞으로의 열화 방지 대책을 구상할 필요가 있다.

보수에 있어서 요구 성능은 열화 원인별 및 공종별 등 여러가지로 검토를 하고 요구 성능을 만족하는 보수공법을 선정해야 한다. 열화 원인별 요구성능 (주로 표면 보수에 필요한 성능)은 다음과 같다.

- ① 중성화 - 탄산가스, 수분의 침입제지
- ② 염해 - 염화물 이온, 수분, 산소의 침입제지
- ③ 알칼리 골재 반응 - 수분의 침입제지
- ④ 화학적 침식 - 내산성, 내알칼리성, 내약품성
- ⑤ 그 외 - 내연성, 내마모성, 내오염성 등

공종별 요구 성능 (손상의 종류에 의하여 공종이 다르다)은 다음과 같다.

- ① 균열 보수공 - 세부 주입성, 부착성(습윤면도 포함), 균열 저항성(필요에 따라), 내알칼리성
- ② 철근 방청공 - 부착성, 방청성, 내알칼리성
- ③ 단면 수복공 - 경화 수축, 온도 변화에 의한 균열, 부착성, 각종 강도, 내알칼리성
- ④ 표면 보수공 - 부착성, 내후성, 균열 저항성, 마감성(외관)

이상과 같은 보수 성능에 따라 균열, 염해 등 각각의 열화 원인을 고려하여 보수공법을 선정해야 한다. 보수공법을 선정하는 순서는 조사, 진단에 의한 열화도의 판정에 의해 앞으로의 열화 진행 예측을 하고 열화, 변형을 일으킨 콘크리트 구조물의 기능과 내구성의 회복에 맞는 적합한 보수재료, 보수공법을 선택하여야 한다.

일반적인 콘크리트 구조물의 유지관리는 그림 5-2의 유지관리 흐름도를 참고로 하여 구조적인 결함이나 변형에 대해서는 단순히 보수하는 것만으로는 불충분하므로 보강을 한다든지 변형이 두드러진 경우에는 해체, 철거를 할 필요가 있다. 그리고 보수공법의 선정에 대해서는 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.

- 1) 조사진단의 판정에 기초하여 보수의 범위와 규모(구조물의 전체, 부분)를 설정한다. 또한 필요에 의하여 현장에서 재검사한다.
- 2) 열화, 변형의 원인, 균열의 발생 상황(균열의 폭, 길이, 패턴등), 구조물의 중요도 및 환경조건(일반환경, 공업환경, 온천지, 한냉지, 특수용도)을 파악한다.
- 3) 보수목적 및 회복목표를 명확하게 정하고 환경조건을 고려하여 보수에 가장 적당하다고 생각되는 보수재료 보수공법을 선정한다.

보수에 의한 콘크리트 구조물, 부재의 회복 목표는 준공시의 초기 성능, 구조물의 경력, 균열발생원인, 열화도, 열화범위 등에 따라 다르고, 따라서 보수의 보증연도가 다르다.

일반적으로는 보수의 회복 목표는 다음과 같이 3단계로 나누어진다.

- 1) 건전한 부재의 성능과 같은 정도로 회복시키는 보수

이것은 시멘트 수화열, 중성화, 건조수축에 의한 균열 등 원인이 명확한 경우

의 보수를 대상으로 하고 있다. 보증 연수는 일반적으로 10~15년 정도가 바람직하다.

2) 실용상 지장이 없는 범위로 회복시키는 보수

이것은 철근 부식, 반응성 골재에 의한 균열이나 이것들에 의한 열화도가 현저한 경우 혹은 균열 원인이 다양한 경우 원인을 모두 명확하게 알 수 없는 경우 등의 보수를 대상으로 하고 있다. 이 보증 연수는 일반적으로 5~10년 정도가 바람직하다.

3) 대인 안전성이 확보되는 범위로 회복시키는 보수

이것은 대인 안전성을 확보하기 위하여 실시하는 긴급 보수를 대상으로 하고 있다.

현재의 콘크리트 보수 기술에 대해서도 균열 보수공, 철근 방청공, 단면보수공, 표면 피복(도장)공, 도포 함투공 등이 있으므로 열화된 부재에 표준 사양에 맞는 다양한 공법중 열화 원인에 맞추어 적절한 보수를 시행해야 한다.

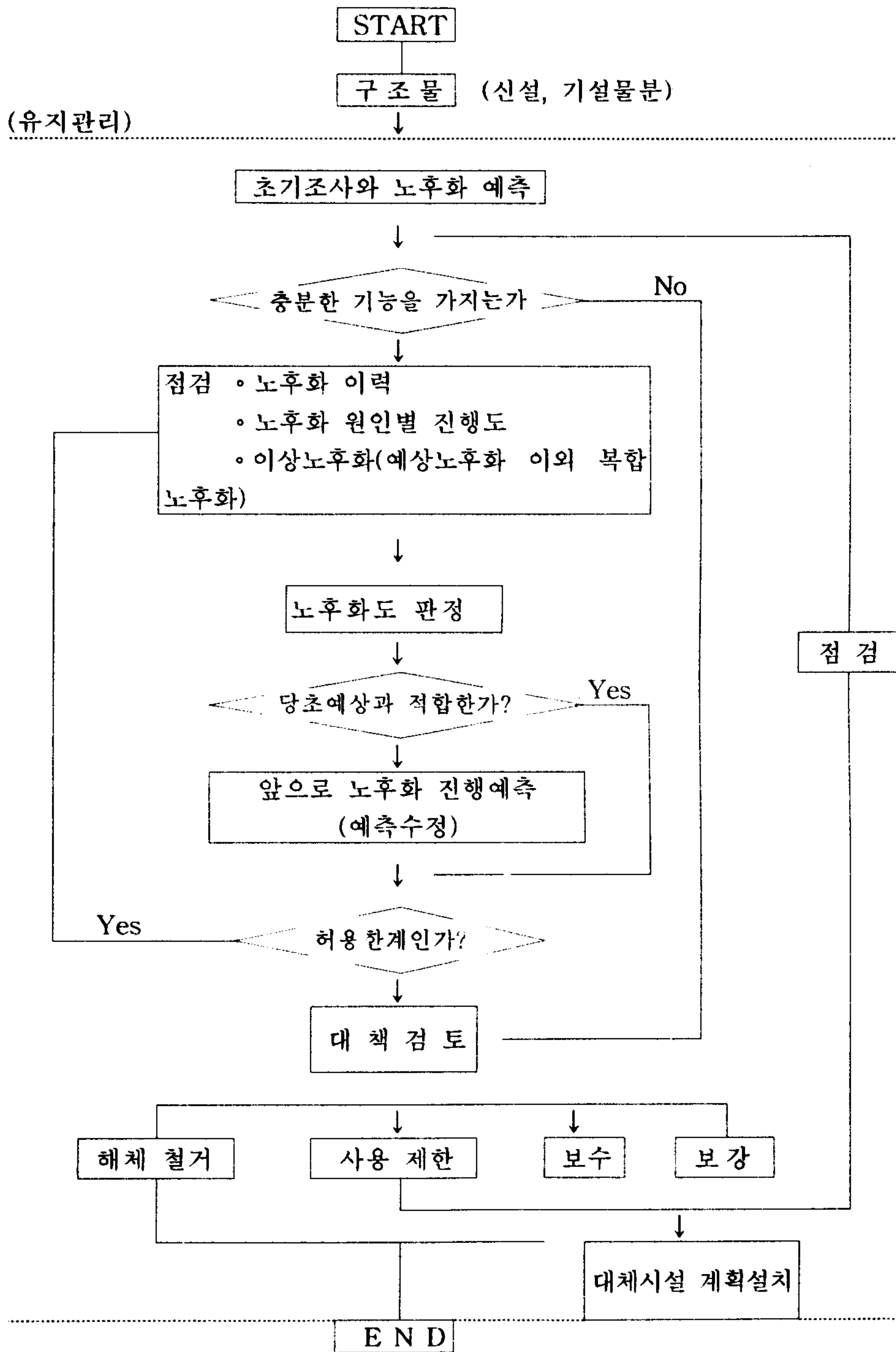


그림 5-2 유지관리 흐름도

2. 콘크리트 구조물 보수공법

보수공법에는 균열, 박리 및 표면붕괴 등의 성능저하에 대하여 표면처리공법, 주입공법, 충전공법, 그라우트공법, 화학 부식된 콘크리트의 보수공법 등이 적용되고 있다. 또한, 미세균열의 표면처리공법, 단면보수공법(몰타르 패칭공법), 수지 주입공법, 그라우트 주입공법, 피티공법, 염를 받는 콘크리트 보수공법, PC강선의 부식에 의한 대책과 중성화와 염해의 제거 대책인 디솔트 리프리트공법 등을 들 수 있다.

특히, 미세균열의 표면처리공법은 비교적 미세한 균열에 대해 직접 그 균열의 표면을 피복하여 방수성, 내구성을 지니도록 하는 것으로 피복의 범위도 전면 혹은 부분으로 나뉘어진다. 따라서 그 효과는 균열표면의 보수에 그치므로 활성균열에 대해서는 대처할 수 없는 결점이 있다. 또한 피복재의 두께가 얇으므로 시간에 따른 열화에 대해서도 주의해야 할 필요가 있다.

3. 콘크리트의 균열발생 기구

가. 균지 않은 콘크리트의 균열

(1) 균지 않은 콘크리트의 소성수축 균열

균지않은 콘크리트의 건조수축은 일반적으로 노출면적이 넓은 슬라브와 같은 구조부재에서 타설직후에 일어난다. 이러한 균열은 건조한 바람이나 고온저습한 외기에 노출될 경우 일어나는 급격한 습윤의 손실에 기인하며, 양생이 시작되기 전이나 마감 직전에 주로 일어난다.

콘크리트를 타설한 후에 건조한 외기에 노출될 경우 표면의 수분증발로 수축 현상이 일어나며, 이러한 수축현상은 건조되지 않은 내부 콘크리트의 구속으로

억제되어 표면에 인장응력이 발생한다. 이렇게 발생하는 인장응력은 콘크리트의 초기 인장강도를 초과하게 되므로 그림 5-2와 같은 소성수축균열이 발생하게 된다.

따라서, 소성 수축균열을 방지하기 위해서는 타설 초기에 외기에 노출되지 않도록 보호하는 것이 가장 중요하다. 습윤손실을 방지하기 위해서는 안개노즐 (fog nozzle)을 사용하여 콘크리트 표면위의 공기를 포화시키거나 플라스틱 덮개로 덮어 보호하는 방법 등이 있다.

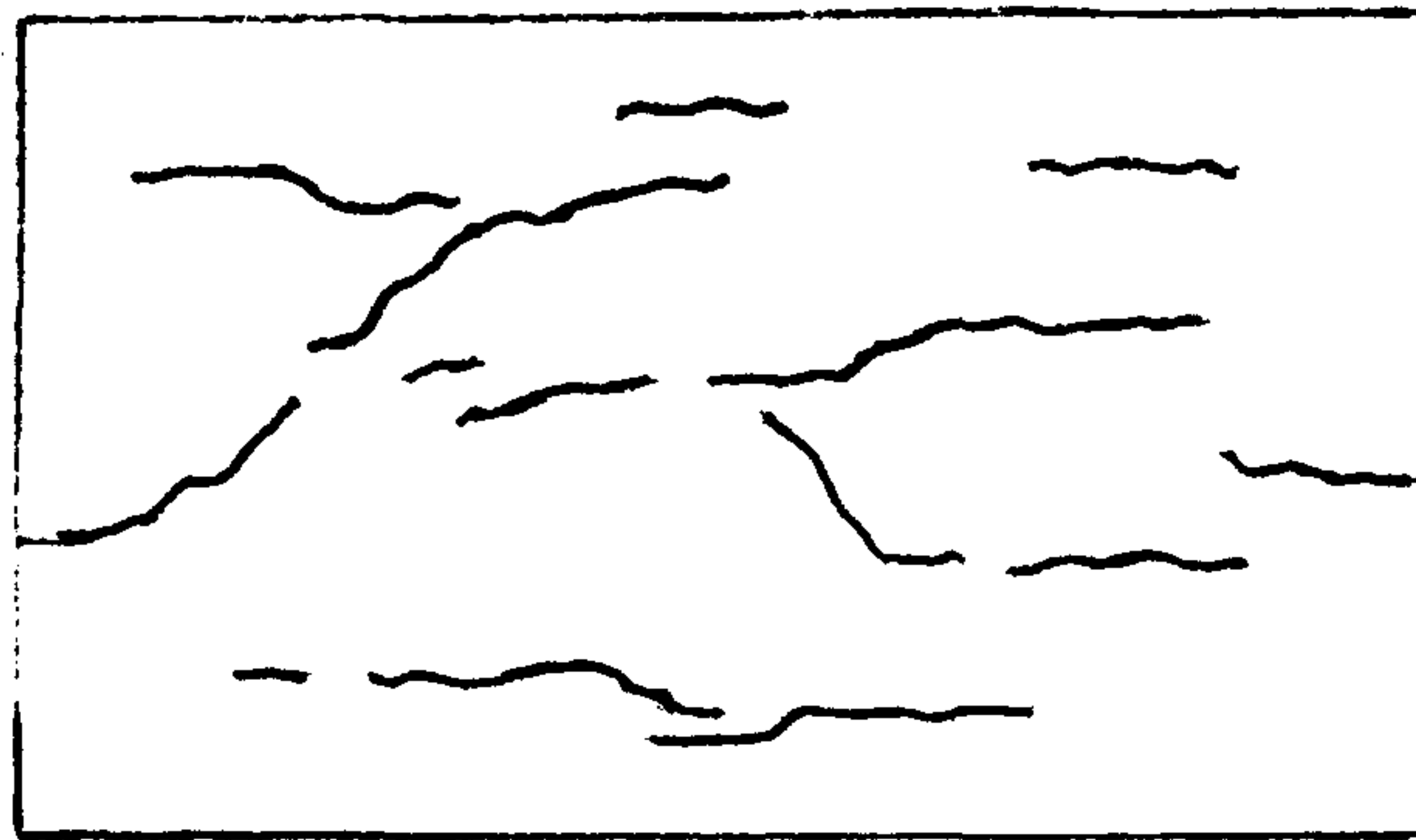


그림 5-2 콘크리트의 전형적인 소성수축 균열

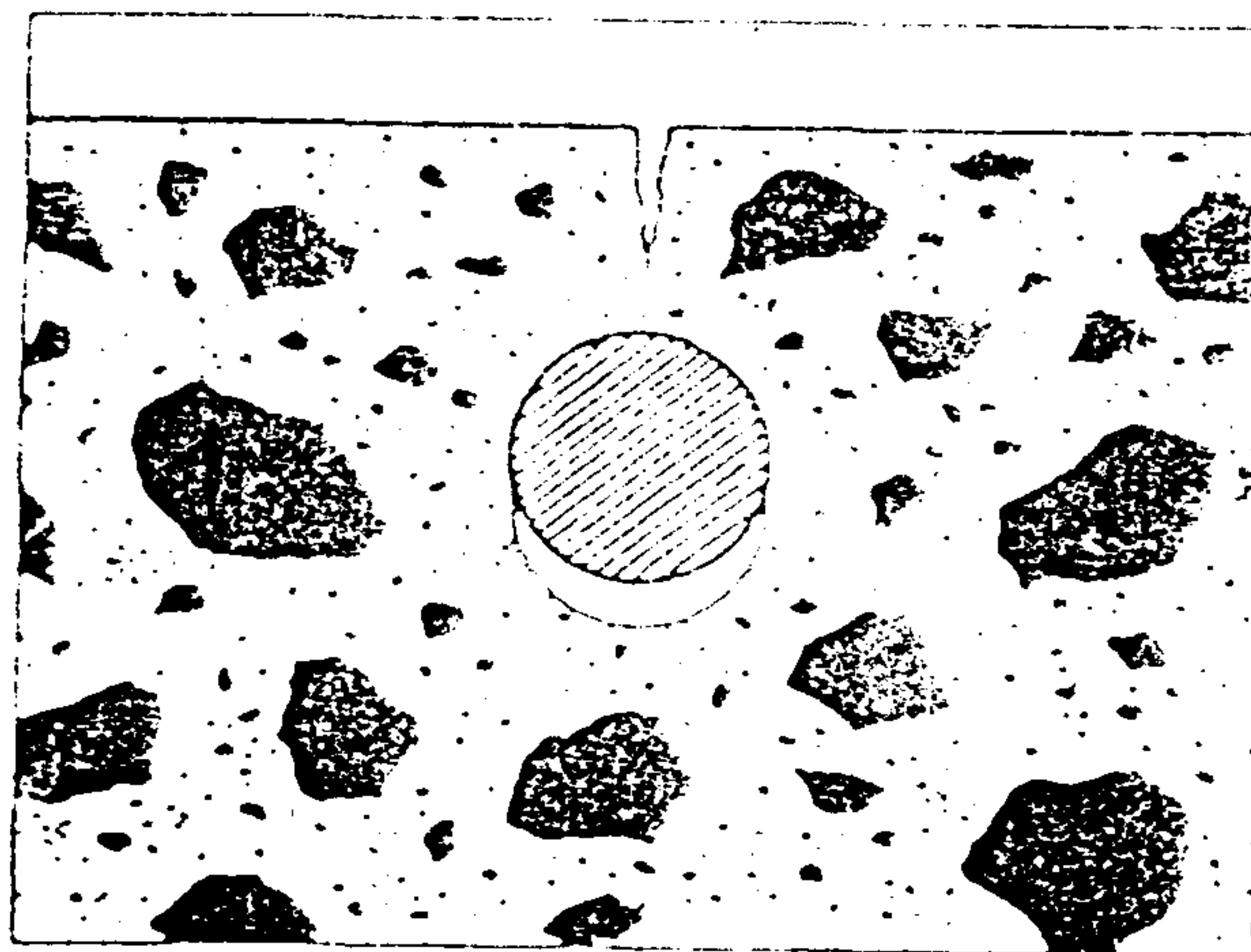


그림 5-3 침하로 인한 균열발생

(2) 침하 균열

콘크리트를 타설하고 다짐하여 마감작업을 한 이후에도 콘크리트는 계속하여 압밀되는 경향을 보인다. 이러한 압밀현상은 거푸집이나 철근 배치 등에 의하여 영향을 받게 되며 철근 직경이 클수록, 슬럼프가 클수록, 콘크리트 덮개가 작을수록 침하균열은 증가한다. 이 침하균열은 충분한 다짐을 하지 못한 경우나 튼튼하지 못한 거푸집을 사용했을 경우에 더욱 증가하게 된다.

침하균열을 감소시키기 위한 방안으로는 거푸집의 정확한 설계, 충분한 다짐, 기둥과 슬래브 및 보의 콘크리트 타설간의 충분한 시간간격, 슬럼프의 최소화, 콘크리트 덮개의 증가 등에 의하여 침하균열을 감소시킬 수 있다. 그림 15. 2는 침하에 의한 균열을 보여주고 있다.

(3) 굳은 콘크리트의 균열

콘크리트가 굳고 난 후에 발생하는 균열은 여러가지 종류가 있다. 이것은 콘크리트가 양생된 후 사용 중에 일어나는 균열이므로 실제로 그 발생원인도 다양하고 구조물에 미치는 영향도 크다.

굳은 콘크리트에 일어나는 균열로는 건조수축균열, 열응력으로 인한 균열, 화학적 반응으로 인한 균열, 설계잘못으로 인한 균열, 외부의 작용하중으로 인한 균열 등 실로 많은 원인들에 의하여 균열이 발생한다.

(가) 건조수축으로 인한 균열

콘크리트에 있어서 건조수축은 균열을 일으키는 가장 커다란 원인중의 하나이다. 콘크리트는 외부와 접하면서 건조하기 시작하고 건조된 외부는 줄어들게 된다. 그러나, 콘크리트의 내부는 아직도 수분을 많이 함유하고 있으므로 외부의

수축작용을 구속하게 된다.

따라서 외부표면에는 인장응력이 발생하게 되며 이 인장응력이 콘크리트의 인장강도를 초과하게 되면 균열이 발생하게 된다. 이와 같은 과정을 거쳐서 발생하는 균열이 건조수축 균열이며 이러한 건조수축 균열은 단위수량이 클수록 크게 발생한다. 초기에 표면에서 얇게 발생한 건조수축 균열은 시간이 흐를수록 깊이가 깊어진다. 콘크리트의 건조수축은 배합설계시 굵은 골재량을 증가시키고 단위수량을 감소시킴으로써 줄일 수 있다.

건조수축으로 인한 균열은 수축조인트를 적절히 배치하고 철근을 적절히 배치함으로써 제어할 수 있으며, 건조수축을 보상할 수 있는 시멘트를 사용함으로써 건조수축을 제어할 수도 있다.

(나) 열응력으로 인한 균열

콘크리트 구조물에 발생하는 온도차이는 시멘트의 수화작용으로 인한 경우와 대기의 온도변화에 의한 경우의 두 가지로 대별할 수 있다. 이러한 단면내의 온도변화는 부등의 체적변화를 일으키게 되며, 이로 인해 인장변형이 유발되고, 이 인장변형율이 콘크리트의 인장변형 능력을 초과하게되면 콘크리트는 균열을 일으키게 된다.

시멘트의 수화작용으로 인한 온도차이의 영향은 주로 교각, 기초, 댐 및 기둥 등의 매스콘크리트에서 일어나는데 반해, 대기의 온도차이로 인한 구조물의 온도 영향은 어느형태의 구조물에서도 일어날 수 있다.

매스콘크리트에서 균열이 일어나는 과정을 설명하면 다음과 같다. 우선 시멘트가 수화함에 따라 수화열이 발생하며 이로 인해 내부온도가 증가한다. 초기

양생후 수화온도가 내려가면서 강도가 증가하고 또한 수축작용도 일어난다. 이 수축작용이 구속될 경우 인장응력이 유발되어 결국 균열의 원인을 초래하게 된다.

이 냉각과정에서 유발된 인장응력은 온도변화의 크기에 비례하게 되며 열팽창 계수, 유효 탄성계수 및 구속의 정도에 따라서도 영향을 받게 된다. 구조물의 체적이 클수록 온도변화의 가능성이 크다.

열에 의해 발생하는 균열을 줄이기 위해서는 내부 온도증가를 줄이고, 냉각의 시점을 지연시키며 냉각속도를 제어하고 콘크리트의 인장변형 능력을 증가시키는 것이 바람직하다.

(다) 화학적 반응으로 인한 균열

콘크리트내의 골재가 반응성일 경우 이 반응성 골재가 시멘트의 알칼리 성분과 반응을 일으키면 콘크리트에는 균열의 위험이 존재하게 된다. 이것을 알칼리-골재 반응이라고 일컬으며 이 알칼리-골재 반응은 콘크리트내에 부풀어 오르는 겔을 형성하게 되고 이 겔은 콘크리트의 다른부분으로 부터 물을 끌어들이어 국부적인 팽창을 유발하며 인장응력을 발생시킨다.

결국, 이러한 과정을 거쳐 구조물의 성능저하현상(deterioration)을 일으키게 되는데, 이 알칼리-골재 반응을 제어하기 위해서는 반응성이 없는 골재를 선택하여 사용하고 저알칼리 시멘트와 포졸란을 사용하는 것이 바람직하다.

또한 시멘트의 알칼리 성분은 탄소를 함유한 골재(carbonate rock)와도 반응을 일으켜 콘크리트를 팽창시키고 균열을 유발할 수 있다. 이 때 발생하는 균열의 형태는 네트워크(network)형태의 균열이 보통이다. 이 반응은 균열부위에 실리카겔이 형성되지않는다는 점에서 알칼리-골재 반응과 구별되고 있다. 이러한

알카리-탄소 골재 반응으로 인한 균열을 최소화하기 위해서는 반응성 골재를 피하고 저알카리 시멘트를 사용하며 굵은 골재의 최대치수를 감소시키는 것이 바람직하다.

황산염을 포함하고 있는 물은 콘크리트의 내구성에 특별한 문제를 야기할 수 있다. 황산염이 수화된 시멘트풀속으로 침투하면 칼슘알루미나와 접촉하게 되고 이것은 칼슘설포알루미나(calcium sulfo-aluminate)를 형성하여 체적을 팽창시키고 국부적으로 높은 인장응력을 유발하여 콘크리트를 손상시킨다.

수화된 시멘트풀속의 수산화칼슘은 공기 중의 이산화탄소와 결합하여 칼슘카보네이트(calcium carbonate)를 형성하며 이것은 수산화칼슘보다 적은 체적을 가지고 있으므로 수축이 일어나게 되고 이것은 굳지않은 콘크리트표면에 심각한 미세균열을 일으키는 원인이 될 수 있다.

표면의 탄산염화를 제외하고는 상기에서 서술한 화학작용으로 인한 손상을 보수한다는 것은 거의 불가능하다. 따라서 알카리-골재 반응이나 알카리-탄소 골재 반응과 같은 화학반응이 일어나지않도록 사전에 필요한 조치를 취하여야 한다.

(라) 자연의 기상작용으로 인한 균열

자연의 기상작용으로 인하여 균열이 발생할 수 있는데 그 주요원인을 살펴보면 동결융해, 젖었다 말랐다하는 건습현상, 열의 상승과 냉각현상 등이 그 주요인이다.

자연적 풍화와 기상작용으로 인한 콘크리트의 균열은 겉으로 보기에 아주 분명하게 나타나지만 실제로 표면 바로 아래에서는 성능저하가 되지 않을 수도 있다.

동결융해 작용으로 인한 콘크리트의 성능저하(deterioration)과정은 우선 골재

나 시멘트풀속에 있는 물이 동결과정에서 팽창을 일으켜 인접 시멘트풀에 균열을 일으키거나 골재에 손상을 주게된다. 이러한 동결융해 작용을 방지하려면 물-시멘트비를 최소화하고 내구성이 강한 골재를 사용하며 공기연행제를 사용하는 것이 바람직하다.

또한, 동결상태에 노출되기 전에 충분한 양생을 실시하는 것도 중요하다. 충분한 양생이 끝난 후에는 구조물이 건조되도록 하는 것도 동결융해의 저항성을 한가지 방법이 된다. 구조물이 젖었다 말랐다하는 것과 온도상승 및 강하현상도 체적의 변화를 초래하여 균열을 유발할 수 있다.

(마) 철근의 부식으로 인한 균열

금속의 부식은 수분과 산화제 및 전자류를 필요로 하는 전기화학적 과정이다. 금속의 표면에서 일련의 화학반응이 일어나게 되는데, 표면의 양극에서는 금속원자가 전자를 잃고 다른 표면의 음극에서는 산소와 물이 자유전자와 결합하여 수산기(hydroxyl)이온을 형성한다. 이 수산기 이온은 양극쪽으로 움직여서 금속이온과 결합하며 금속 산화물을 형성한다. 강재인 경우에는 철산화물이 양극에서 형성되는데 이 철산화물이 바로 녹이다.

콘크리트속에 있는 철근은 알칼리성의 콘크리트의 알칼리성분이 감소될 경우 부식을 일으킬 수 있다. 철근의 부식은 철산화물과 수산화물을 만들어 내게 되는데 이것은 원래의 금속철의 체적보다 훨씬 커다란 체적을 갖게 된다. 따라서 철근의 반경방향으로 밀치는 응력이 유발되며, 이것은 국부적인 균열을 발생하게 된다. 이러한 반경방향으로 철근길이를 따라서 계속 연결되어 결국 콘크리트가 떨어져 나가는 현상을 유발하게 된다. 또한 미세한 할열균열(splitting crack)은 산소와 수분의 접촉을 쉽게 하여 부식을 촉진하게 되므로 균열은 점점 커지게

된다.

일반적인 콘크리트의 시공에 있어서 부식에 의한 균열 등을 막을 수 있는 방법은 흡수성이 낮은 콘크리트를 사용할 것과 콘크리트의 덮개를 늘리는 방법 등이 있다. 특히 심한 환경에 노출되는 경우에는 추가적인 보호장치가 필요하게 된다. 예를 들면, 철근을 코팅하여 사용하거나 콘크리트의 표면을 추가로 덧씌우는 방법, 부식을 막는 혼화제를 사용하는 방법 등 몇 가지 방안이 있으나 이들이 구조역학적으로 미치는 영향을 분석하여야 한다.

(바) 시공불량으로 인한 균열

콘크리트 구조물의 시공을 적절히 수행하지 못함으로써 균열을 일으키게 되는 경우가 있다. 가장 좋은 예는 콘크리트의 워커빌리티를 증가시키기 위하여 물을 추가로 넣는 경우인데 이렇게 물을 추가할 경우 콘크리트의 강도가 저하되는 것은 물론 건조수축을 증가시켜 결국 균열의 원인을 초래할 수 있다.

양생을 제대로 수행하지 않거나, 양생을 일찍 끝내는 경우에는 강도저하와 함께 건조수축의 증가를 가져온다.

시공불량으로 균열을 유발할 수 있는 또다른 요인들로는 거푸집을 제대로 지지하지 못하는 경우와 다짐을 충분히 하지 못하는 경우 그리고 응력이 크게 발생하는 위치에 시공조인트를 두는 경우 등을 들 수 있는데, 거푸집을 제대로 지지하지 못하거나 다짐이 불충분한 경우 콘크리트가 침하를 일으켜 제강도가 발휘되기전에 균열을 유발할 우려가 있다.

시공불량으로 인한 균열 등의 제문제를 막기 위해서는 말할 것도 없이 정확한 시공절차에 따라 확실한 시공과 품질관리가 이루어져야 한다.

(사) 시공시의 초과하중으로 인한 균열

콘크리트 구조물의 시공 중에 유발되는 하중은 실제 사용시에 작용하는 사용 하중(service load)보다도 더 클 수가 있다. 이러한 큰 하중이 작용할 경우 시공 중에는 구조물이 완전하지 못하므로 손상을 받을 우려가 크다.

특히, 프리캐스트 부재를 운반하여 설치하는 과정에서 손상을 받을 우려가 크는데 프리캐스트의 운반시 부재의 어느 위치에 운반고리를 설치할 것인가, 또한 운반 중 도로사정으로 인하여 부재에 충격이나 비틀림은 받지 않을 것인가 등에 대한 특별한 고려가 필요하다. 운반하여 설치할 경우 들어올리는 과정에서 갑자기 멈춘다든지 하는 경우에도 충격을 받아 손상을 받을 수 있다.

프리텐션 방식의 프리캐스트부재에서 스트랜드를 끊어 응력을 방출할 때에 한쪽만 먼저 모두 응력을 방출하고 다른 한쪽은 아직도 응력을 받고 있을 때 응력을 받고 있는 스트랜드가 있는 쪽에서는 균열이 유발될 수 있다.

양생과정에서 증기양생을 실시할 경우 온도상승률이나 온도강하율이 허용규정치를 초과할 경우 열로 인한 충격으로 균열을 초래할 수 있다. 외부의 빠른 온도강하는 부재의 표면에 균열을 유발하고 이것이 건조수축 등과 겹치게 되면 손상이 커질 수 있다. 현장 타설콘크리트인 경우에도 시공중에 재료의 과적이나 건설장비의 가동으로 부재에 손상을 줄 수 있다. 따라서 설계자는 시공시에 구조물에 걸리는 건설하중을 고려하여야 하며 건설하중의 제한사항도 명기하여야 한다.

(아) 설계잘못으로 인한 균열

구조물에 대한 설계나 설계상세의 잘못으로부터도 균열이 발생될 수 있다. 균열을 유발할 수 있는 설계상세의 오류로는 벽체에서 창문의 코너부분의 잘못, 철근의 상세오류, 수축조인트의 결여, 기초의 설계오류 등 여러가지 예를 들 수

있다. 부재의 각이 진 코너부분에서는 응력이 집중되므로 균열발생 가능성이 아주 높다. 구조물의 기초를 제대로 설계하지 않을 경우 부등침하의 원인이 되고 이것은 균열발생의 원인을 제공하게 된다.

(자) 외부 작용하중으로 인한 균열

상기에서 설명한 균열의 원인들은 모두 외부 작용하중과 직접적인 관련이 있는 것은 아니다. 그러나, 철근콘크리트 구조물이 시공되어 외부하중을 받게되면 인장응력이 크게 발생하는 곳에 균열이 발생할 수 있다.

실제로 콘크리트구조물에 발생하는 균열 등 하중에 의한 균열이 가장 중요한 의미를 갖게 되는데, 그것은 하중에 의한 균열이 구조부재의 내하력부족을 의미하므로 구조안전도와 직결되는 중요한 문제가 된다.

외부하중에 의하여 철근콘크리트 구조물에 발생하는 균열은 하중의 크기, 철근의 피복두께, 철근의 배치 등에 따라 영향을 받으며, 예상되는 사용하중에서 발생가능한 균열폭을 예측하는 것이 필요하다.

2. 건조수축 균열

건조수축으로 인한 균열은 현장에서 실제구조물에 발생하는 확률이 가장 많아 설계자, 시공자 및 공학자들에게 많은 관심을 일으키게 하고 있다. 또한, 이들 균열은 구조물의 성능저하 현상을 촉진하게 되므로 이에 대하여 철저한 관리가 요구되므로 수축의 발생원인, 영향인자 및 제어방안 등에 대한 분석이 필요하다.

건조에 의해서 발생하는 콘크리트의 수축이 구속되지 않을 경우 콘크리트에 균열은 발생하지 않는다. 그러나 콘크리트 구조물은 기초나 다른 구조요소 또는 콘크리트내의 보강철근 등에 의해 구속을 받게 된다. 이러한 수축작용의 구속은

인장응력을 유발시키며, 이 인장응력이 콘크리트의 인장강도에 도달할 때 콘크리트는 균열이 발생한다.

콘크리트 슬래브 등 부재의 단면내에서도 표면은 건조수축이 크고 내부는 그 수축량이 작으므로 표면의 건조수축을 구속하게 된다. 따라서 표면에 인장응력이 유발되어 표면균열 발생의 요인이 된다. 표면에 생기는 이러한 균열은 초기에는 콘크리트내부로는 관입되지 않으나, 계속적인 건조현상이 진행됨에 따라 콘크리트부재 내부로 깊숙히 전파될 수 있다.

제 4 절 사례별 보수보강 공법

1. 콘크리트의 열화 보수공법

가. 용도 및 목적

콘크리트의 노화가 속까지 발달된 경우도 박리현상 때와 똑같이 노화된 콘크리트를 완전히 제거하고 콘크리트를 새로 타설한다. 신규 콘크리트의 타설 이음도 앞의 항에서와 같이 철근을 삽입시키든가 수지계접착제를 사용하든가 두 방법을 병용하든가 한다. 콘크리트의 노화가 초기단계로서 콘크리트 표면에만 한정된 경우는 시멘트 모르타르, 수지 모르타르로 피복하면 된다.

나. 설계 및 시공방법

그림 5-3은 교각이 공장폐수로 침식되어 콘크리트가 노화되고 철근이 녹이 생겨 콘크리트표면이 탈락된 경우로 철근이 노출되어 노화된 콘크리트와 부식된 철근보강을 위해 노화된 콘크리트를 제거하고 단면을 확대시켜 새로운 콘크리트를 타설한다. 이때 추가로 여유있게 철근을 배근하였고 주철근은 기초 콘크리트에 구멍을 뚫고 수지계 접착제로 정착시킨다.

공장폐수로 콘크리트의 침식이 예상되는 경우는 콘크리트를 보호하도록 내수성과 내약품성이 우수한 방식도료 (타르에폭시 수지도료)로 도포하는 방법도 적용할 수 있다.

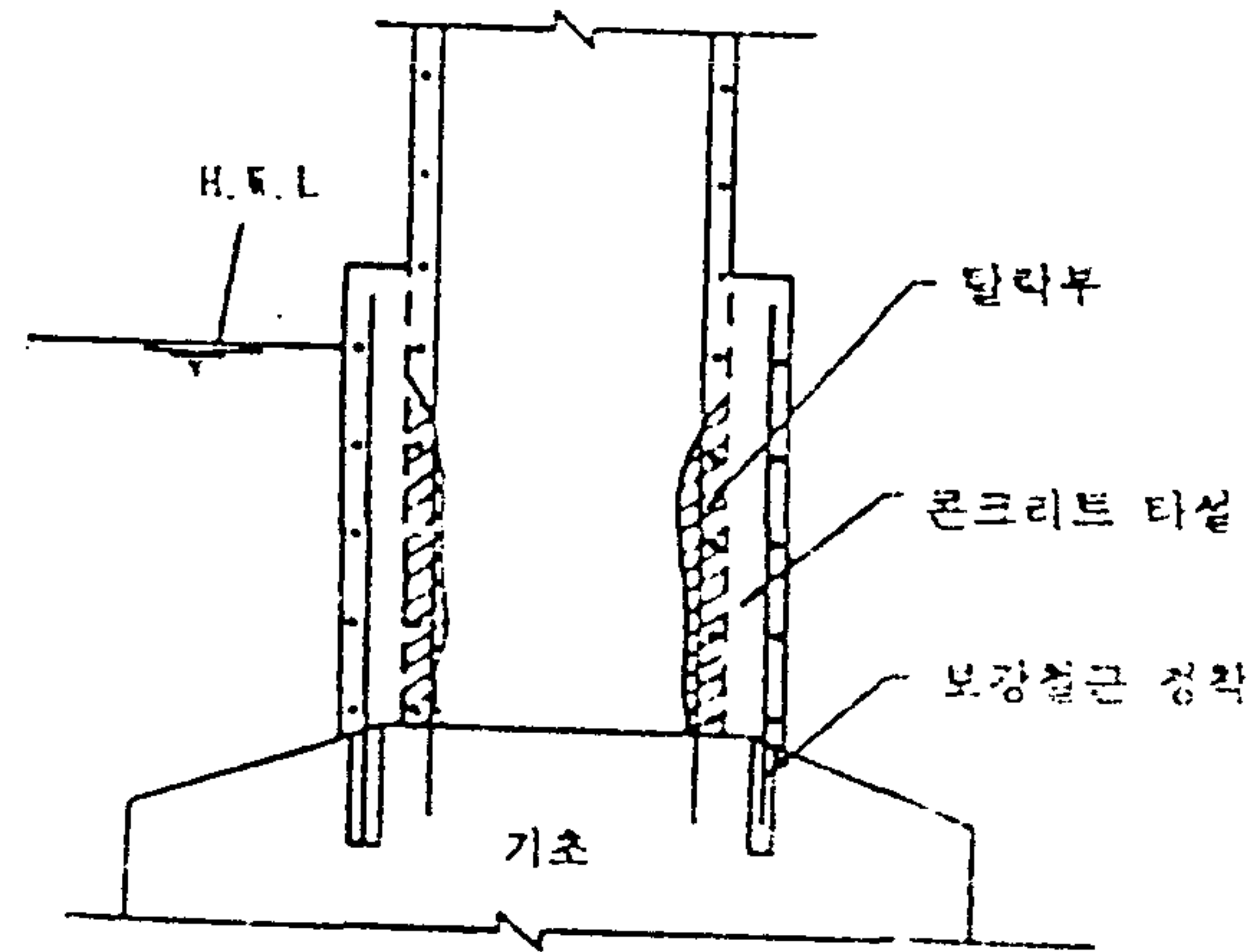


그림 5-3 콘크리트 표면 노화부의 보수 예

2. 단면보수공법 (모르타르 패칭공법)

가. 용도 및 목적

단면이 비교적 적은 경우의 보수에 사용되는 방법으로 단면보수의 하지처리 후에 보수에 적합한 강도로 혼합한 보수재를 주걱이나 손으로 눌러 붙여서 단면을 보수하는 공법이다. 시공부위, 진동, 자중 등으로 보수재료가 떨어지는 경우도 있으므로 보수재료의 선정을 잘 검토해야 하며, 두껍게 발랐을 때의 수축 균열도 주의해야 한다.

나. 설계 및 시공방법

이 공법은 개시 → 결손부의 청소 → 프라이머 도포 → 패칭① → 패칭② → 양생 → 종료의 단계로 시공을 한다.

표 5-1 단면 보수 공법 공정도

순서	점 검 내 용	공 정	시 공 순 서	기 자 재
①		결합부 청소		와이어브러시 버큘블라스트
②		프라이머도포나 침투제	패칭재의 종류에 따라 프라이머 도포나 침투제	붓, 스프레이
③	1회 도포량 30mm까지	패칭①	손 또는 흙손으로 패칭 재 충전	흙손, 스프레이
④	단면깊이가 30mm이상인 경 우	패칭②	1회 패칭후, 2회 패칭시 에는 L형 앵커를 타입하 고 여기에 피아노선을 감아서 보강한 후에 2회 패칭 실시	흙손, 스프레이
⑤	저온시 경화속도 주의	양 생		
⑥		종 료		

이 공법의 시공순서는 먼저, 폴리머 시멘트 모르타르나 무수축 시멘트 모르타르 등의 단면보수재료를 전체가 균일하게 되도록 충분히 교반한다. 다음으로 단면보수 재료를 주격으로 조심스럽게 바르고 평활하게 마무리한다.

또한, 사용재료는 다음과 같다.

- ① SBR계 폴리머시멘트 콘크리트(모르타르)
- ② 아크릴계 폴리머시멘트 콘크리트(모르타르)
- ③ 에폭시수지 모르타르(보통, 경량)
- ④ 무수축시멘트 콘크리트(모르타르)

3. 콘크리트 표면의 폴리머 시멘트 모르타르 도장공법

가. 용도 및 목적

염해에 의해 손상된 교량에 대한 대책으로 염분과 수분의 침투를 방지하고 손상이 진전되는 것을 억제하여 내하능력을 장기간 유지하기 위해 콘크리트 표면을 도장하는 공법으로 염해환경이 비교적 심하지 않은 곳에 사용된다.

나. 설계 및 시공방법

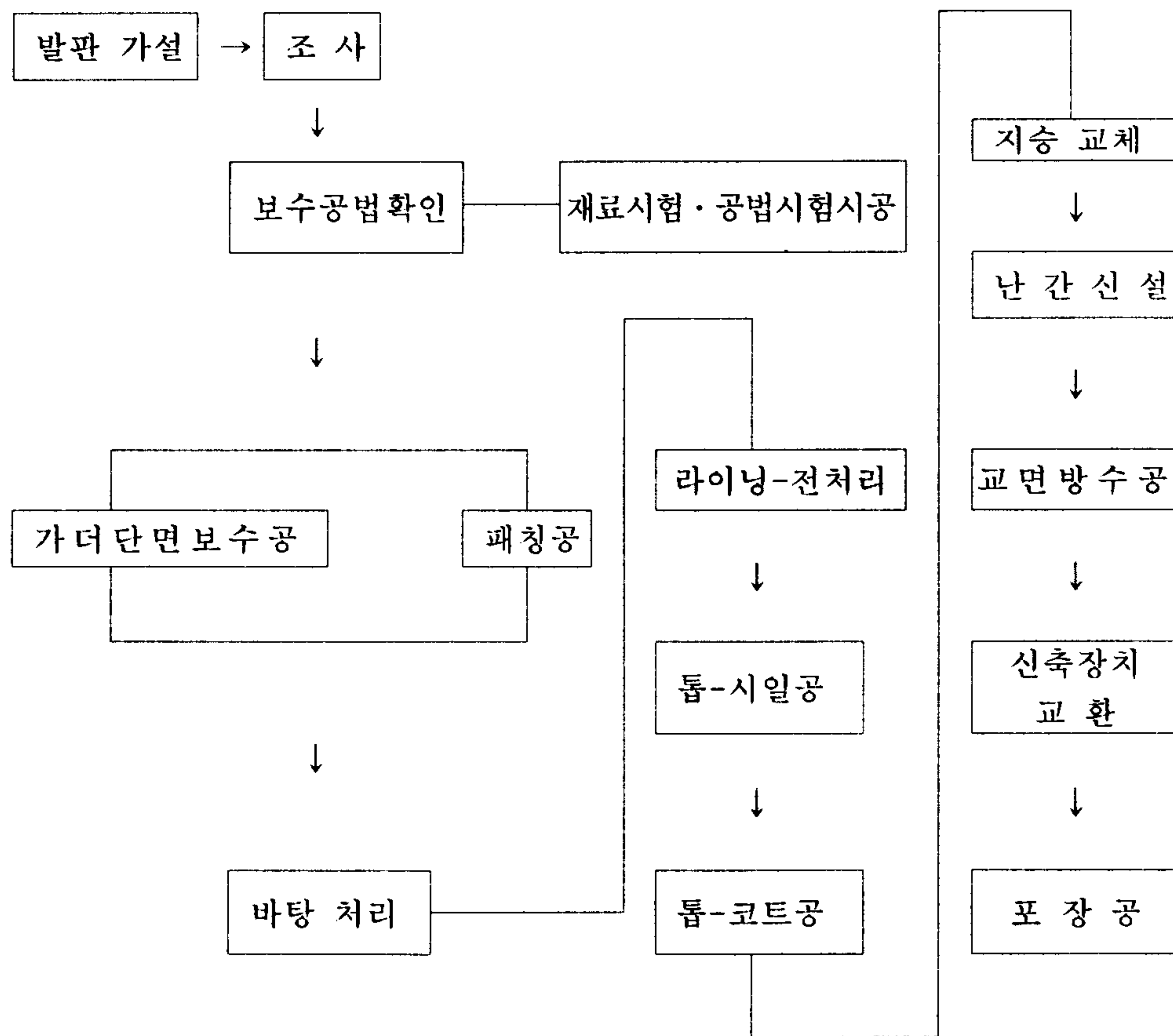


그림 5-4 보수공사의 흐름도

표 5-2 주요 사용 재료

공정	용도	주구성 및 재료	제품명	메이커
패칭공	방청재	아크릴계폴리머시멘트 모르타르	시카아로마테크 108	일본Sika (株)
	하지공	프라이머 특수 에멀전 시멘트	시카 톱 770	"
	단면보수공	아크릴계 섬유보강 폴 리머시멘트 모르타르	시카 톱 122	"
거더단면 보수공	방청재	아크릴계 폴리머시멘 트 모르타르	시카아로마테크 108	"
	그라우트계	초속경무수축 모르타 르 폴리머 응결 지연제	스미세필콘 SG 하이텍스 A젯트세터	住友Cement (株) 昭榮藥品工業 (株) 住友Cement (株)
라이닝공	톱시일	아크릴계 폴리머시멘 트 모르타르	시카톱시일	일본Sika (株)
	톱코트	아크릴계용제형 코트계	시카톱코트	

표 5-3 초속경 무수축 모르타르 배합표

필콘 SG	하이텍스 A	세 골 재	젯트 세 터	C / S
588kg	106kg	1.176kg	1.2kg	1 : 2

다. 각 보수공정

(1) 패칭공

주로 콘크리트 표면의 균열이나 박리등 경미한 단면 손상부분에 채용한다. 철근의 녹 제거에는 보통 샌드브라스터, 진공 브라스터가 사용되며 녹이 제거된 철근은 아크릴계 폴리머시멘트 모르타르로 방청처리하며 콘크리트 단면은 하지재를 발라 단면 복구한다.

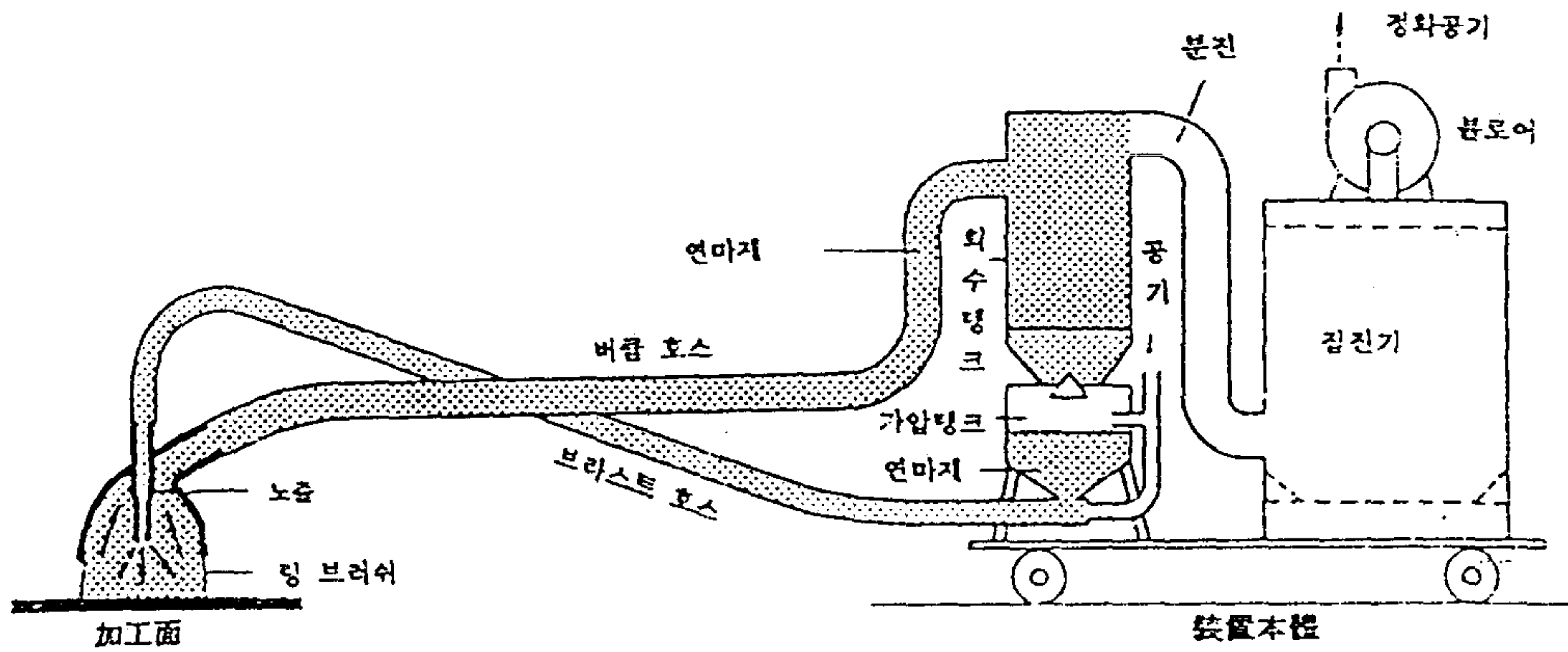


그림 5-5 진공 블라스터 기구 개략도

(2) 거더단면 보수공

거더플랜지부에 손상과 강재 부식이 심하여 패칭공으로 대응할 수 없는 부분에 초속경 부수축 폴리머시멘트 모르타르를 그라우트 재료로 사용하여 그라우트 공법으로 단면을 보수하는 방법이다.

교량의 내하중 안정성과 강재 보호가 목적이며 단면보수는 손상의 상태에 따라 3타입 으로 나누어 시공한다.

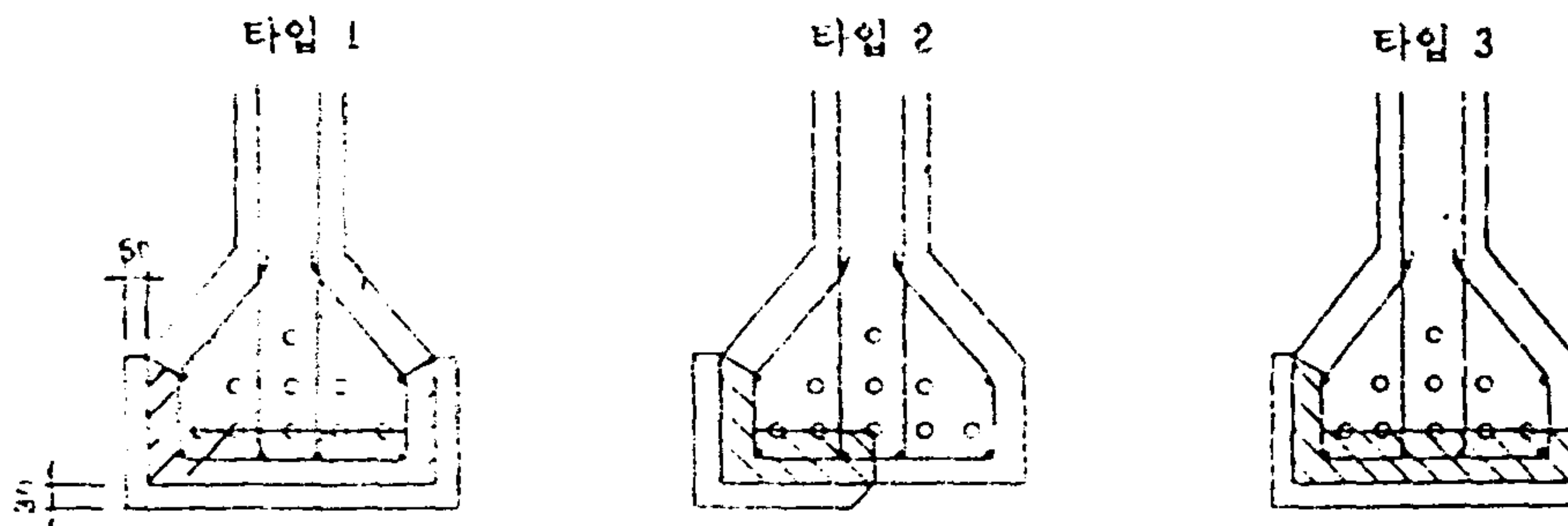


그림 5-6 거더단면보수공 타입별 개략도

(3) 라이닝 I 공

보수에 사용되는 콘크리트 표면 라이닝 재료에는 주로 수지계 재료 (에폭시, 폴리우레탄, 폴리에스테르, 비닐에스테르)가 많으며 보강섬유로 보강하는 공법도 있는데 보통 0.5mm~1.0mm정도의 두께로 시공되고 있다.

여기에서는 재료로서 폴리머시멘트 모르타르를 사용했는데 그 이우는 수지계에 비해 공사비가 저렴하고 시공작업이 기상조건에 좌우되지 않고 시공한 막두께를 쉽게 관리할 수 있는 잇점 때문이다(수지계의 막두께는 너무 얇아서 관리가 어려움)

라이닝공사는 ① 하지처리공 ② 라이닝전처리공 ③ 틈시일공 ④ 틈코트공 으로 구성된다.

라. 특징

폴리머시멘트 모르타르는 경제성, 시공성, 차염성, 내후성이 특히 우수한 재료이며 현재까지 염해 보수공법으로는 확립되어 있지 않는 비교적 실적이 적은 공법이다.

4. 시멘트 콘크리트의 팻칭공법

가. 용도 및 목적

포트홀, 단차, 부분적인 균열, 종단방향의 요철, 레벨링등을 충전하는 응용범위가 넓은 공법이다. 팻칭재료에는 사용하는 결합재에 따라 아스팔트계, 시멘트계, 수지계 3종류가 있고, 사용재료의 골재의 치수에 따라 모르타르와 콘크리트 2종류가 있다. 어느 조합을 사용하는 가는 파손의 규모, 교통조건, 긴급성, 경제성

등을 고려하여 신중히 결정할 필요가 있다.

나. 설계 및 시공방법

(1) 시멘트계 재료에 의한 팻칭

취급이 용이해서 임의의 강도를 뽑아내는 것이 가능하고, 콘크리트 판의 수리용 재료로 최고 선호되는 재료이지만, 양생기간이 필요하다는 등의 단점이 있다.

(가) 재료

- ① 교통조건 등을 고려해서 보통 포트랜드 시멘트, 조강포트랜드 시멘트, 초속경 시멘트 및 알루미나 시멘트중에서 적절한 시멘트를 선정한다.
- ② 시공두께가 얇은 경우에는 모르타르를 사용하고 시공두께가 두꺼운 경우에는 콘크리트를 사용, 조골재의 최대 크기는 시공두께의 1/3이하가 되도록 한다.
- ③ 모르타르 및 콘크리트의 배합은 필요이상으로 부배합 되지않도록 주의하고, 가능한 한 된 비빔의 것을 사용한다. 이 경우는 혼화제로 사용하는 이외에 필요에 따라 AE제, 촉진제, 지연제 등을 사용한다.

(나) 시공순서

- ① 파손부분은 제거하고 타설단면이 되는 콘크리트면은 치핑을 해서 건전한 콘크리트면이 드러나게 하는 동시에 미세분말을 제거하여 충분히 습윤한 상태를 유지한다. 제거시에는 보강철근, 철망을 절단하지 않도록 주의하고 부득이 하게 절단한 경우는 반드시 이어 두도록 한다.
- ② 팻칭할 면이 표면은 건조하고 내부에는 습윤한 상태일때는 시멘트 페스

트나 모르타르를 비벼 바르고, 남은 부분은 제거한다.

- ③ 이 시멘트페스트나 모르타르가 경화되기 전에, 미리 비벼두었던 모르타르 또는 콘크리트를 물을 가하지 않고 비벼 타설한다.
- ④ 용설되어진 모르타르 또는 콘크리트는 잘 다진 다음 곧히고(어느정도 시공면적이 큰 경우는 진동기를 사용), 흙손으로 고르게 다듬는다. 이 경우의 마무리 높이는 계획고보다 약간 높게하고, 거칠게 마무리 한다.
- ⑤ 30-60분 경과 후 두번째 다져서 굳히기(어느정도 시공면적이 큰 경우는 다시 진동다짐을 행함)를 하고 소정의 높이로 마무리한다. 표면 마무리에는 주변의 높이에 맞춰진 자를 이용, 높이가 맞지 않는 부분을 제거해서 평탄성을 확보하도록 마무리하고 그 후에 주변면의 거칠기와 같게 표면 마무리를 한다.
- ⑥ 양생은 양생매트 등을 사용해서 충분히 습윤한 상태에서 양생시키고, 양생기간은 사용 시멘트 종류 및 시공시기를 고려해서 정한다.

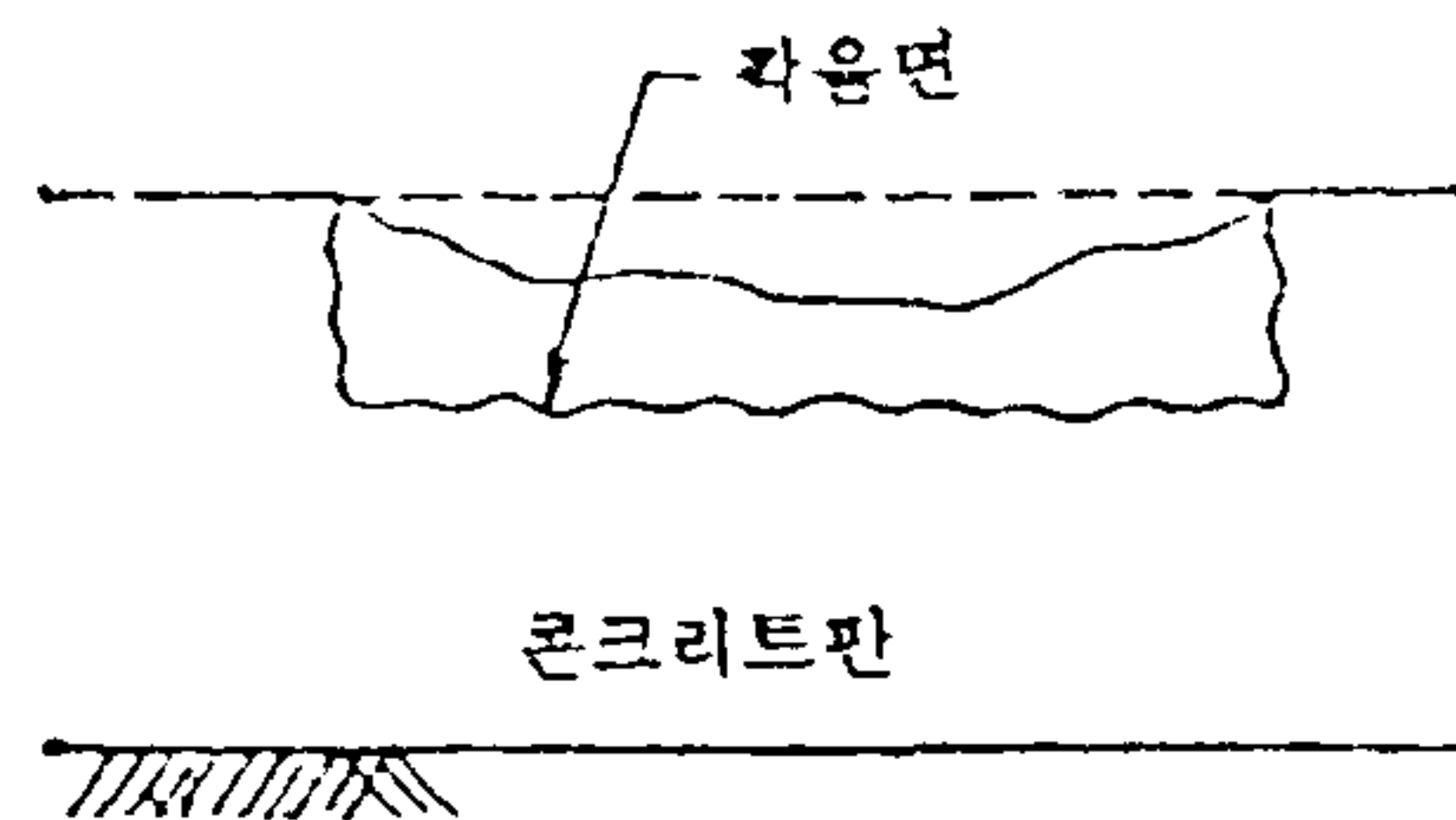


그림 5-7 포트홀부의 팻칭

(2) 아스팔트계 재료에 의한 팻칭

(가) 시멘트계 재료에 의한 팻칭의 경우와 같이, 파손부를 제거하고 팻칭할 면을 잘 청소한다. 팻칭에 앞서 팻칭면에 텍 코우트용 역청재료를 잘 도포한다.

(나) 시공순서는 아스팔트 포장의 팻칭방법 중 가열 혼합식 방법에 준한다.

(다) 콘크리트판과 아스팔트 포장과의 단차, 콘크리트판과 노견과의 단차도 이 공법에 의해 수리한다. 콘크리트판과 아스팔트 포장 사이에 간격이 생기는 경우에는 주입목지제를 주입한 다음 팻칭을 행한다.

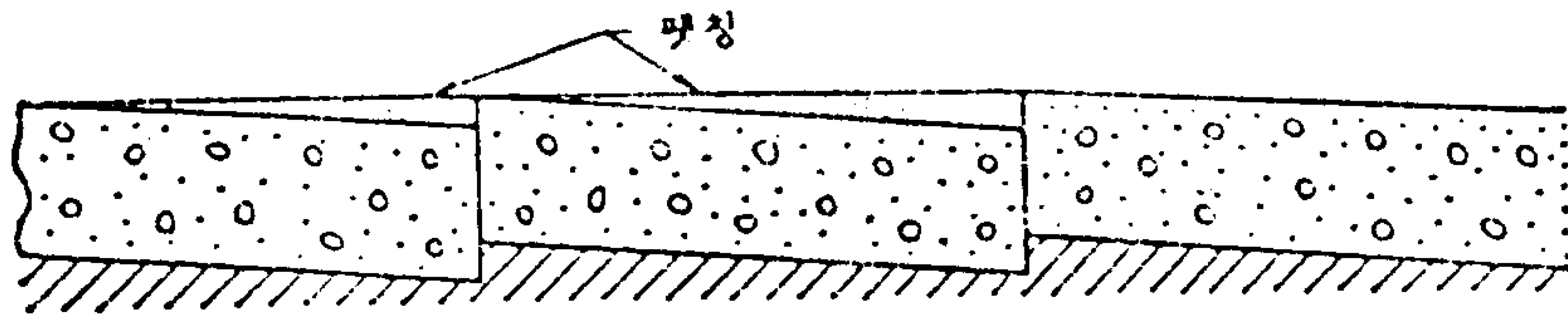


그림 5-8 단차의 팻칭

(3) 수지계 재료에 의한 팻칭

수지계 재료는 양생시간이 비교적 짧아서 팻칭재료로서 적절하지만 공비가 비싼 공법이다.

(가) 재료

- ① 수지에는 에폭시, 폴리에스테르, 폴리우레탄 등이 있지만 이것들을 사용하는 데 있어서는 각각의 재료특성에 맞춰 사용해야 한다. 일반적으로 에폭시 수지 모르타르가 팻칭재료로서 가장 많이 사용된다.

- ② 에폭시 수지 모르타르는 주재와 경화제를 혼합하는 2액 경화형의 에폭시 수지를 결합재로 하고 건조 규가 또는 적당한 입도분포를 가지는 경질골재 등을 혼합한 것이다. 배합은 골재의 공극이 결합재로 가득 채워지는 것이 좋으며 일반적으로 수지 : 골재 = 1 : 4-10 정도로 하는 경우가 많다.
- ③ 경화시간 등의 성상은 온도에 따라 상당히 다르지만, 통상 시공가능한 시간은 10-30분, 양생시간은 2-8시간이다. 이 시간은 주재와 경화제의 비율의 변화에 따라 어느정도 조절이 가능하다.

(나) 시공순서

- ① 파손부분과 허술한 부분을 제거한다. 레이턴스 또는 얇은 모르타르층은 치핑 등에 의해 제거하고 기름, 아스팔트, 구획선용 페인트 등은 샌드블라스터 등으로 제거하는 것이 좋다. 제거후 압축공기를 뿜어 분진을 날려버리고, 팻칭할 면을 건조시킨다.
- ② 팻칭할 면이 건조한 것을 확인한 다음 프라임 코우트(prime coat)를 균일하게 도포한다. 도포량은 0.3-0.5kg/m²으로 한다.
- ③ 프라임 코우트의 점착성이 남아 있을 때 모르타르를 용설하고, 충분히 굳힌다.
- ④ 모르타르가 경화될때까지 우수를 단절시켜 양생한다. 강도를 요하는 장소에 사용한 경우에는 충분히 양생시킨다.

제 5 절 결 론

기존의 시멘트 콘크리트는 그동안 우리나라 건설산업 분야의 주요 건설재료로서 큰 기여를 하여 왔다. 주요 사회간접자본인 건설구조물의 대부분이 콘크리트 재료로 이루어졌고, 이러한 시설물에 바탕을 두고 우리 경제도 급속한 발전을 거듭해 왔다.

이와 더불어 콘크리트 구조물의 안전성도 크게 향상되었으나, 최근 사용성과 내구성에 관한 관심이 높아지고 있다. 특히, 구조물의 유지관리, 보수보강 기법은 장기성능에 대한 대책과 더불어 새로운 기술의 개발이 절실히 요구되고 있다.

특히, 국내에서는 보수보강에 대한 체계적이고 전문적인 기술 및 연구가 부족한 실정에 있고, 경험도 미흡하여 적절한 보수보강이 이루어지지 않고 있는 실정에 있다. 현재, 사용되고 있는 공법도 일부분에 한정되어 있으며, 각 공법에 대한 세부지침 및 규정, 시방내용, 사용재료의 품질 등이 미비되어 있다.

이러한 배경에서 따라서 본 연구에서는 농업용 수리구조물의 보수보강에 필요한 적절한 공법 구명을 하고자 그동안의 연구·조사 결과를 토대로 하여 콘크리트 구조물에서의 보수·보강 재료 및 공법, 구조물의 노후화에 따른 공법의 적용 사례를 제시하였다. 여기에 제시된 주요 공법은 앞으로 다양한 형태로 나타나는 농업용 수리구조물의 손상실태에 따른 적절한 보수보강을 위하여 효율적으로 적용될 수 있을 것이다.

제 6 장

종합결론 및 건의사항

여 백

제 6 장 종합결론 및 건의사항

제 1 절 종합결론

본 연구는 건설산업분야의 신재료인 폴리머 콘크리트를 이용한 농업용 수리구조물의 보수보강 신기술 개발을 목표로 한 2차년도 연구로서 1차년도의 보수보강 신소재에 대한 특성구명과 적용기법에 관한 기초연구를 토대로 보수보강 신기술을 개발하여 현장적용 평가를 실시하였다. 이를 통해 얻어진 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 농업용 수리구조물의 실태 분석

콘크리트 구조물로 이루어진 농업용 수리구조물의 손상원인을 현장조사 및 분석하여 이에 대한 보수보강 대책을 구명하였다.

분석결과, 여러가지 농업용 수리구조물은 농촌이라는 광범위한 지역에 불특정한 상태로 건설되어 있고 구조물이 설치되어 있는 환경조건도 매우 열악하여 손상이 다양한 것으로 나타났다. 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 등도 볼 수 있었다.

이와 같은 여러가지 원인에 의해 손상 또는 파손된 수리구조물을 빠른 시간내에 원상회복시켜 본래의 기능을 발휘하기 위해서는 손상의 원인과 정도, 구조물

의 상태 및 주변상황을 면밀히 검토하여 적절한 보수재료 및 공법을 선택·적용하여야 할 것이다.

2. 보수보강재의 성능 평가

최근, 콘크리트 구조물의 보수보강 재료로 많이 사용되고 있는 폴리머 시멘트 모르타의 물리적, 역학적 성질을 구명하여 보수보강재로 사용할 때 성능의 우수함을 구명하였다.

성능구명 결과, 단위용적중량, 흡수율, 건조수축, 열팽창계수 모두 폴리머 모르타(SBR 모르타, EVA 모르타)를 사용한 경우가 기존의 시멘트 모르타에 비해 성능이 우수한 것으로 나타났다. 강도시험 결과 SBR 모르타와 EVA 모르타가 시멘트 모르타에 비해 압축강도는 1.4~1.8배, 휨강도는 2.1~2.3배, 활열인장강도는 1.5~1.9배로서 높은 값을 보였으며, 강도비를 산출하여 본 바 압축강도에 대한 휨강도와 활열인장강도의 비가 시멘트 모르타보다 높은 것으로 나타났다. 또한, 탄성계수, 충격강도, 휨부착강도 및 대각선 압축부착강도도 우수함을 구명하였다.

이상의 보수보강재의 성능평가 결과로 부터 콘크리트 구조물의 보수보강 재료로서 폴리머 시멘트 모르타의 이용은 효과적임을 확인 할 수 있었으며, 앞으로도 이들 재료를 사용하여 현장시공을 한 후 장기적 거동에 대한 연구가 뒤따라야 할 것으로 분석된다.

3. 보수보강재의 현지적용 평가

보수대상지를 3개지구로 선정하여 각각의 농업용 수리구조물의 손상상태를 관찰하여 자체 개발한 보수보강재로 현장시공을하여 범용성을 검토하였다. 평가결과, 월송리 신매저수지의 여수토는 콘크리트 부식으로 인한 바닥면과 벽면의 손상을 SBR 라텍스를 혼입한 폴리머-시멘트 콘크리트를 이용하여 보수시공을 수행 하였던 바, 기존의 콘크리트면과의 부착성이 양호한 것으로 판명되었다. 신매리 수로교는 수로교 모서리 부분의 부식으로 인한 구조물 손상을 SBR 라텍스를 혼입한 폴리머-시멘트 모르터를 이용하여 보수시공을 수행하였다. 이 결과, 기저 콘크리트와 부착성이 양호한 것으로 판명 되었다.

울문리 개거는 구조물의 하부의 토사침식으로 인한 구조물 부등침하 작용으로 콘크리트 개거에 균열이 발생하였는데 이곳의 균열보수시공은 불포화 폴리에스터 수지를 이용한 폴리머 모르터로 균열을 보수하였다. 이 곳은 균열발생 부분으로 기저 콘크리트의 강도저하가 전혀 없으므로 부착성이 좋고 양생기간이 빠른 폴리머 모르터를 이용하여 균열보수를 수행 하였던 바 양호한 상태로 나타났음에 비추어 보수보강재의 현장적용성은 대단히 우수함을 입증하였다.

4. 보수보강 적용기법

국내에서는 보수보강에 대한 체계적이고 전문적인 기술 및 연구가 부족한 실정에 있고, 경험도 미흡하여 적절한 보수보강이 이루어지지 않고 있는 실정에 있다. 현재, 사용되고 있는 공법도 일부분에 한정되어 있으며, 각 공법에 대한 세부 지침 및 규정, 시방내용, 사용재료의 품질 등이 미비되어 있다.

이러한 배경에서 따라서 본 연구에서는 농업용 수리구조물의 보수보강에 필요

한 적절한 공법 구명을 하고자 그동안의 연구·조사 결과를 토대로 하여 콘크리트 구조물에서의 보수·보강 재료 및 공법, 구조물의 노후화에 따른 공법의 적용 사례를 제시하였다. 여기에 제시된 주요 공법은 앞으로 다양한 형태로 나타나는 농업용 수리구조물의 손상상태에 따른 적절한 보수보강을 위하여 효율적으로 적용될 수 있을 것이다.

제 2 절 종합평가

기존의 시멘트 콘크리트는 그동안 우리나라 건설산업 분야의 주요 건설재료로서 큰 기여를 하여 왔다. 주요 사회간접자본인 건설구조물의 대부분이 콘크리트 재료로 이루어졌고, 이러한 시설물에 바탕을 두고 우리 경제도 급속한 발전을 거듭해 왔다.

이와 더불어 콘크리트 구조물의 안전성도 크게 향상되었으나, 최근 사용성과 내구성에 관한 관심이 높아지고 있다. 특히, 구조물의 유지관리, 보수보강 기법은 장기성능에 대한 대책과 더불어 새로운 기술의 개발이 절실히 요구되고 있다.

특히, 국내에서는 보수보강에 대한 체계적이고 전문적인 기술 및 연구가 부족한 실정에 있고, 경험도 미흡하여 적절한 보수보강이 이루어지지 않고 있는 실정에 있다. 현재, 사용되고 있는 공법도 일부분에 한정되어 있으며, 각 공법에 대한 세부지침 및 규정, 시방내용, 사용재료의 품질 등이 미비되어 있다.

이러한 배경에서 따라서 본 연구에서는 농업용 수리구조물의 보수보강에 필요한 적절한 공법 구명을 하고자 그동안의 연구·조사 결과를 토대로 하여 콘크리트 구조물에서의 보수·보강 재료 및 공법, 구조물의 노후화에 따른 공법의 적용 사례를 제시하였다. 여기에 제시된 주요 공법은 앞으로 다양한 형태로 나타나는 농업용 수리구조물의 손상실태에 따른 적절한 보수보강을 위하여 효율적으로 적용될 수 있을 것이다.

제 3 절 실용화를 위한 제언

1. 일반적인 사항

가. 적극적인 실용화 의지 필요

신규로 개발된 제품이 실용화되기 위해서는 여러가지 요인에 의해 많은 저항을 받게 된다. 콘크리트 구조물의 보수보강재로 폴리머 콘크리트를 사용하는데는 상당한 어려움이 있을 것으로 예상된다.

그러나 투수성능 내구성, 구조적 성능, 경제성 등에서 유리한 폴리머 콘크리트를 사용한 보수보강 기술이 개발되었음에도 적용이 늦어진다는 것은 국가의 기술적, 경제적 손실이라 하지 않을 수 없다.

이의 실용화에는 오직 국가의 직·간접적인 지원이 필요하며, 이와 같은 지원과 기업의 의지만 있으면 실용화에 따른 다소의 어려움은 충분히 타개해 나갈 수 있을 것이다.

나. 외국기술 도입 불필요

일반적으로 우리나라의 기업들은 시행착오를 줄이고 수익을 얻을 수 있는 시간을 앞당기기 위해 외국으로 부터 막대한 로열티를 지급하고 기술을 도입하는 경우가 많다.

이와 같은 기업들의 태도는 기술개발 노력은 하지 않고 수익만 올리겠다는 전근대적인 사업방식으로서 이러한 생각으로 부터 벗어나지 못하면 기술의 선진화를 절대 이룰 수 없다. 적어도 폴리머 콘크리트를 사용한 보수보강 기술의 제조기술 만큼은 우리 기술로 제작 가능성이 확인되었으므로 막대한 외화를 들여가며 기술도입을 해서는 안될 것이다.

다. 관련기업 집중 육성

폴리머 콘크리트를 사용한 농업용 수리구조물의 보수보강 신기술은 앞서도 언급한 바와 같이 기존의 보수보강 방법과 큰 차이가 있어 기술 축적이 되어 있지 않은 기업들을 무분별하게 생산에 참여 할 경우는 무리가 따를 것으로 예상된다.

일본의 경우만 보더라도 타기업에서 생산하는 제품을 모방적으로 받아들이지 않고 독자적인 기술을 개발하여 사업화 하고 있다. 그 결과 그들은 세계적인 수준의 기술을 축적할 수 있었으며, 관련된 여러가지 제품도 다양하게 개발하여 세계시장에 진출하고 있다. 따라서 우리나라에서도 기업간에 경쟁만 할 것이 아니라 높은 기술의 개발과 축적이라는 측면에서 제한된 기업에 생산을 맡겨 이 분야를 집중 육성하는 것이 바람직할 것이다.

라. 전문 기술인력 확보

어느 분야에서든 실용화가 가능한 우수한 품질의 제품을 개발·제조하기 위해서는 전문 기술인력 확보가 중요한 요소라고 할 수 있다.

건설산업 신소재인 폴리머 콘크리트 제조기술 개발 분야는 우리나라의 경우 전문인력이 부족한 실정이므로 제조기술이 기업에 이전된다 하더라도 상당기간 시행착오를 겪어야 할 것으로 예상된다.

따라서 보수보강 신기술의 사업화, 실용화를 위해서는 전문인력의 양성공급이 중요한 문제로 대두될 것이므로 실용화 시기에 맞추어서 소요인력의 양성계획을 수립하는 것도 대단히 중요하다고 생각된다.

2. 기술적인 사항

가. 양질의 재료 확보

폴리머 콘크리트는 결합재이 불포화 폴리에스터 수지와 충전재를 포함한 골재가 주된 재료로 되어 있다.

이 중 불포화 폴리에스터 수지는 국내기업의 공장에서 충분한 품질관리하에 생산되고 있으므로 별문제가 없다고 하겠으나, 골재류는 지역별로 그 품질에 많은 차이가 있어 양질의 골재를 확보할 수 있는 대책이 필요하다. 특히 폴리머 콘크리트의 역학적 성질은 골재의 품질에 크게 영향을 받는 만큼 주의 기울이지 않으면 안된다.

따라서 폴리머 콘크리트 관련 제품 생산공장은 양질의 골재를 장기적으로 공급받을 수 있는 지역에 설치하는 것이 제조원가의 절감과 우수한 성능의 제품제조에 유리할 것이다.

나. 현장 적용을 통한 성능 확인

금년의 2차년도 연구에서는 개발된 보수보강 신기술의 현장적용 연구도 병행하여 수행되었다. 완벽한 적용 가능성 확인을 위해서는 앞으로도 폴리머 콘크리트를 현장에 적용한 후 장기적 거동을 살펴보고 그 성능을 검증하는 것이 필요하다.

다. 다양한 형태의 보수보강재 및 기법 개발

본 연구에서는 현재 가장 널리 사용되는 농업용 수리구조물을 대상으로 개발연구를 하였으나 실용화를 위해서는 다른 시멘트 콘크리트 구조물에 대

한 적용 가능성 연구도 지속적으로 추진해야 할 것이다.

이는 지금까지 축적된 기술과 연구결과들을 바탕으로 하여 추진할 경우 많은 기간을 소요로 하지 않을 것이며, 연구의 성공 가능성도 매우 높을 것으로 판단된다.

여 백

참 고 문 헌

여 백

참 고 문 헌

1. Baronio G., Mantegazza G., Baila A., "Performance of Mortars for Concrete Repairs", Proceedings of the 8th ICPIC, Oostende, Belgium, pp. 101 ~106, July, 1995
2. Bell R. L., Dingley R. G., "The Mechanical Properties of Hydrated Portland Cement Pastes Modified with an SBR Polymer Latex", Proceedings of the 1st ICPIC, pp. 162~167, May, 1975
3. 변근주, 이리형, "콘크리트 공사의 실패와 대책", 한국레미콘공업협회 기술분과위원회, pp. 107~115
4. Collins F., Roper H., "Laboratory Investigation of Shear Repair of Reinforced Concrete Beams in Flexure", ACI Material Journal, Vol. 87, No. 2, pp. 149~159, March-April, 1990
5. Evbuomwan N. F. O., "Plasticrete a Potential Material for Quantitative Repair of Reinforced Concrete Members", Proceedings of the 2nd Southern African Conference, Johannesburg, South Afrik, 1992
6. Gregory T., "The Measurement of Early Strength Development in Polymer-Modified Cement Pastes", Proceedings of the 5th ICPIC, Brighton, England, pp. 171~174, Sep., 1987
7. Grosskurth K. P., Konietzko A., "Structure and Mechanical Behaviour of Polymer Modified Cement Concrete", Proceedings of the 5th ICPIC, Brighton, England, pp. 171~174, Sep., 1987

8. Hackel E., Beng P., Hörler S., "The Use of Redispersible Polymer Powders in Concrete Restoration", Proceedings of the 5th ICPIC, Brighton, England, pp. 305~308, Sep., 1987

9. 한국콘크리트학회, "최신 콘크리트공학", pp. 519~654, 1992

10. Hardman M. P., "The Effect of Acrylic Polymer Emulsions on the Physical Properties and Uses of Portland Cement Mortars", Proceedings of the 2nd Southern African Conference, Johannesburg, South Afrik, 1992

11. Hirai K., Watanabe M., Kawakami K., Kikuchi Y., Gotoh K., "Application of Polymer-Modified Mortar in Renovation of a Concrete Structure Showing Deterioration due to Frost Action", Proceedings of the 3rd ICPIC, Koriyama, Japan, pp. 347~359, May, 1981

12. 황경구, 신일선, "콘크리트-보수방법(USBR)", 한국농공학회지, Vol. 20, No. 2, pp. 7~21, 1987

13. Huang Y. Y., Wu K., Tan M., Shen Z., "The Mechanism of Modification in Mechanical Behaviour of PCC, PIC, and PI(PCC)", Proceedings of the 4th ICPIC, pp. 429~433, Sep., 1984

14. 강신업, 문제길, 이규원, 김재영, "구조역학", 기문당, pp 55~56, 1993

15. 강신업, 연규석, "폴리머-시멘트 콘크리트의 강도특성에 관한 연구", 충남대학교 농업기술 연구보고, 제 9 권, pp. 12~23, 1982

16. Kasai Y., Matsui I., Fukushima Y., "Physical Properties of Polymer Modified Mortars", Proceedings of the 3rd ICPIC, Koriyama, Japan, pp. 178~192, May, 1981

17. 김창은, 김래홍, “고분자 시멘트 모르타의 특성에 관한 연구”, 연세대학교 산업기술연구소 논문, No. 5, pp. 116~123, 1974
18. Letman J. A., Hewlett P. C., “Concrete Cracks a Statement and Remedy”, Concrete, Vol. 8, No. 1, pp. 30~34, Jan., 1974
19. Letsch R., “PCC Repair Mortars—Stresses and Materials Properties”, Proceedings of the 8th ICPIIC, Oostende, Belgium, pp. 107~112, July, 1995
20. Lin B., Shang G., Huang G., “Study on Polyacrylate Emulsion(PAE) Mortar Coating and It's Application”, Proceedings of the First East Asia Symposium on Polymers in Concrete, Chuncheon, Korea, pp. 373~382, May, 1994
21. Maultzsch M., “Properties of PCC for Repair of Concrete Structures”, Proceedings of the 5th ICPIIC, Brighton, England, pp. 281~285, Sep., 1987
22. 문한영, “건설재료학”, 동명사, pp. 109~123, 1986
23. Naderi M., Cleland D. J., Long A. E., “Polymer Modified Repair Materials -Strength and Durability”, Proceedings of the 5th ICPIIC, Brighton, England, pp. 309~313, Sep., 1987
24. Nagataki S., Okamoto T., Suzuki T., “A Rational Repair Method for Deteriorated Reinforced Concrete Members”, Fourth International Conference on Durability on Building Materials & Comments, Vol. 1, No. 5, Singapore, pp. 389~396, 1987

25. Ohama Y., "Adhesion Durability of Polymer-Modified Mortars through Ten-Year Outdoor Exposure", Proceedings of the 3rd ICPIC, Koriyama, Japan, pp. 209~221, May, 1981

26. Ohama Y., Demura K., Kim W. K., "Properties of Polymer-Modified Mortars Using Redispersible Polymer Powders", Proceedings of the First East Asia Symposium on Polymers in Concrete, Chuncheon, Korea, pp. 81~90, May, 1994

27. Ohama Y., Moriwaki T., Shiroishida K., "Weatherability of Polymer-Modified Mortars through Ten-Year Outdoor Exposure", Proceedings of the 4th ICPIC, pp. 67~71, Sep., 1984

28. 大濱嘉彦, "ポリマーによる鉄筋コンクリート構造物の劣化防止と補修", 建築資料, Vol. 42, No. 6, pp. 47~55, Jun., 1989

29. 大濱嘉彦, "鉄筋コンクリート構造物の耐久性改善と補修へのポリマーの利用", 日本接着協会誌, Vol. 24, No. 8, pp. 23~32, 1988

30. Ohama Y., Shiroishida K., "Properties of Polymer-Modified Mortars Using Powdered Emulsions", Polymer Concrete Uses, Materials, and Properties, pp. 313~322, 1985

31. Semerad E., Kremnitzer P., Lacom W., Holub F., Sattler P., "Polymer Modified Mortar : Influence of Polymer Addition on Macroscopic and Microscopic Properties", Proceedings of the 5th ICPIC, Brighton, England, pp. 223~228, Sep., 1987

32. Shaw J. D. N., "Polymers for Concrete Repairs", The Repair of Concrete Structures, pp. 37~52, 1987

33. 손형호, 이종열, "초유동화 폴리머 시멘트 몰탈의 실용화 연구", 한국콘크리트학회 발표논문집, 제7권 1호, 1995

34. Lin T. H., "Elementary Introduction on PCC Antipercolation And Leakproof Material in Caulking up of Hydraulic Structure and Its Application", Proceedings of the First East Asia Symposium on Polymers in Concrete, Chuncheon, Korea, pp. 283~291, May, 1994

35. Trikha D. N., Jain S. C., Hali S. K., "Repair and Strengthening of Damaged Concrete Beams", Concrete International, pp. 53~59, Jun., 1991

36. Wakasugi M, Matsuda T., Kamimoto H., "Physical Properties of Polymer Modified Ultra Fine Cement Slurry", Proceedings of the First East Asia Symposium on Polymers in Concrete, Chuncheon, Korea, pp. 173~184, May, 1994

37. Wolf J., Lahnert B., "Performance of Latex-Modified Thin-Set Mortars in Applications of Thin-Brick Veneer", Proceeding of the First Materials Engineering Congress, ASCE, Denver, Colorado, pp. 508~516, Aug., 1990

38. Xu X., Tan M., Huang Y. Y., "Study of the Wear Resistance of PCC", Proceedings of the 6th ICPIC, Sanghai, Chaina, pp. 223~228, Sep., 1990

39. 연구석, 강신업, "에폭시수지 모르타의 접착성 및 내충격성에 관한 연구", 한국농공학회지, Vol. 25, No. 1, pp. 67~74, 1983