

최 중
연구보고서

수중 및 기중에 노출되어 있는 농업시설
콘크리트 구조물의 친환경적 보수를 위한
라텍스개질보수재료 및 공법개발

Development of environmental-friendly repair materials
and applications technique for agricultural
concrete structure

연 구 기 관
(주)승화이엔씨

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “수중 및 기중에 노출되어 있는 농업시설 콘크리트 구조물의 친환경적 보수를 위한 라텍스개질보수재료 및 공법개발”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2008년 04월 23일

주관연구기관명 : (주)승화이엔씨

총괄연구책임자 : 이 상 우

세부연구책임자 : 이 상 우

연 구 원 : 박 성 기

연 구 원 : 황 경 훈

연 구 원 : 성 상 경

연 구 원 : 김 상 욱

연 구 원 : 강 현 성

협동연구기관명 : 건 국 대 학 교

협동연구책임자 : 원 종 필

요 약 문

I. 연구제목

수중 및 기중에 노출되어 있는 농업시설 콘크리트 구조물의 친환경적 보수를 위한 라텍스개질보수재료 및 공법개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

일반적으로 콘크리트의 구조물은 외부환경, 하중재하조건의 변화, 재료의 조건, 균열 발생의 크기 및 정도, 또는 단면 결손 등으로 손상을 입게 된다. 국내의 경우, 1960년대부터 시작된 근대화에 따라 각종 사회 간접 자본 시설 및 주택들이 건설되기 시작하였다. 이후 근 40년이 지난 현 시점에서 당시 건설된 각종 토목, 건축용 콘크리트 구조물이 노후, 파손되어 본래의 기능을 다하지 못하는 경우가 많다. 또한 1990년대의 신도시 개발의 여파에 따라 다량의 건축물이 시공됨으로 인하여 부적절한 재료의 사용과 부실시공이 속출하였다. 이러한 여러 가지 원인들이 누적되어 대형 붕괴사고로 이어지게 되었다. 이와 같이 노후화 되거나 부실 시공된 토목, 건축용 철근콘크리트 구조물을 철거하고 새롭게 시공하는 것은 경제적 측면에서 바람직하지 않으므로 적절한 보수공법을 적용하여 원래 구조물이 갖는 기능을 회복시키는 것이 적절하다고 할 수 있다. 보수에 대한 개념은 오래 전부터 있어 왔으나 그 재료나 공법의 선정에서 신중하여야 한다. 즉, 손상의 원인과 그 실태를 정확히 파악하여 적절한 재료를 선정하고 적법한 공법을 적용하여야 그 효과를 거둘 수 있다. 또한 이론적 그리고 실험적으로 충분히 검토된 설계법을 사용하여야 한다. 보수공법은 그 재료의 개발과 함께 꾸준히 개발되어 왔다. 특히 일반 토목 및 건축구조물의 경우 각종 보수 재료 및 보수 공법이 개발되어 건설신기술에 등록되는 등의 많은 성과를 획득하여 다양하게 적용되고 있다.

현재 국내에서 실용화되어 있는 콘크리트 구조물의 보수재료 및 공법은 약 10가지 정도로 분석할 수 있으며 보수재료나 공법이 거의 비슷한 특성을 가지고 있다. 뿐만 아니라 보수재료에 대한 충분한 내구성능의 평가도 거의 없는 실정으로 1998년 발표된 “콘크리트 구조물의 부식상태조사 및 방지대책”에 대한 보고서에 따르면 현재 국내에서 생산된 보수 재료 및 공법의 성능에는 많은 문제점이 발생하고 있다고 하였다. 일본의 경우 현재 사용되고 있는 보수 재료 및 공법이 약 150여 종류가 사용되고 있으며, 다양한 재료 및 공법의

개발로 구조물의 종류 및 성능저하의 원인에 따라 각각 다양하게 적용하고 있어 우리나라에서도 콘크리트 구조물을 보수하기 위하여 다양한 보수재료 및 공법의 개발이 절실히 요망된다. 특히, 농업시설 콘크리트 구조물의 경우 일반 토목 및 건축용 콘크리트 구조물과 다른 독특한 특성을 가지고 있다. 즉 농업시설 콘크리트 구조물은 보수 공법을 적용하기 위한 작업공간의 확보가 어렵고, 공사의 규모가 소규모이며 가장 큰 문제점으로 항상 물과 접촉해 있으며 특히 물에 잠겨있는 수중 콘크리트 구조물의 상태로 있는 구조물이 대부분이기 때문에 이를 고려한 보수재료 및 공법의 개발이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 손상을 입은 농업시설 콘크리트 구조물의 특성을 고려한 수중 및 기중에 노출되어있는 상태에서 손상된 콘크리트 구조물을 원래의 기능을 회복하기 위한 라텍스 개질 보수재료 및 공법을 개발하기 위한 것으로 총 3년간에 걸쳐 실험 및 이론적 연구와 현장 적용성 평가를 실시함으로써 목표로 한 보수 재료 및 공법을 개발하였다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구에서는 농업수리시설 콘크리트 구조물의 열화부위 보수에 적합한 보수재료 및 공법을 개발하고자 하였으며 다음과 같은 내용에 대한 연구를 진행하였다.

1. 기중, 물과접촉 및 수중에 건설되어 있는 농업시설 콘크리트 구조물용 라텍스 개질 보수 모르타르 개발

- 기존제품과 차이점 분석
- 시제품 개발
- 시제품의 물리적, 화학적 특성 연구
- 기중, 물과 일부접촉, 수중 구조물용 보수재료의 최적배합비 도출
- 실용성을 증진시키기 위한 연구 개발
- 내구성 시험

2. 보수 공법 개발

- 국내 노후된 콘크리트 구조물의 열화 상태 및 열화의 형태를 분석
- 열화 형태에 따른 보수공법 연구
- 보수공법에 따른 재료 선택
- 농업수리 시설물의 보수 공법으로서 경제성 및 시공성이 우수한 공법 개발

3. 현장 적용성 평가, 공사 지침서 및 품질관리(안), 유지관리방안 개발
 - 개발된 제품 및 공법의 현장 적용성 평가를 위한 시험시공 실시
 - 개발된 제품 및 공법의 적용을 위한 시방서 작성
 - 보수공법에 따른 품질관리(안) 제시
 - 일반 및 농업시설 콘크리트 구조물 보수 공사의 차이점분석
 - 품질을 향상시키기 위한 관리 지침 개발
 - 시공 후 품질관리를 위한 시험법 제시

IV. 연구개발 결과 및 활용계획

1. 연구결과

- : 방수성능이 우수한 재료의 개발
- : 부착성능이 우수한 재료의 개발
- : 동결-융해 성능이 우수한 재료의 개발
- : 표면 스케일링에 대한 저항성이 우수한 재료의 개발
- : 균열에 대한 저항성이 우수한 재료의 개발
- : 작업성이 뛰어난 재료의 개발
- : 대용량 혼합이 가능한 시공공법의 개발
- : 뿔질 성능이 우수한 시공공법의 개발
- : 표면마무리 마감성이 우수한 시공공법 개발
- : 개발 공법의 품셈기준 작성
- : 개발 공법의 품질관리 및 시공시방서 작성

SUMMARY

I . TITLE

Development of environmental–friendly repair materials and applications technique for agricultural concrete structure

II . OBJECTIVES and SIGNIFICANCE

Generally the infrastructure of the concrete puts on a damage with size and degree or the sectional lost back of condition and crack occurrence of change and the material of external environment and load stock condition and. Case of domestic, from 1960's it followed in the modernization which is started and the various infrastructure facilities and the residences were started are constructed.

These after about 40 years from last present point of view when the various engineering works which is constructed and the construction concrete structure are old and are damaged and cannot finish the function of origin the case is many. With this it deteriorates together and the construction ferroconcrete infrastructure the engineering works which is faithless space–time, it removes and to be new space–time doing is not desirable applies the repair method which is appropriate from the economic side and to recover the function which the original infrastructure has there is a possibility of saying that appropriate. The concept of repair is sprouting and long the whole must be prudent from that material which comes but or selecting. Namely, it must grasp the cause and the actual condition of damage accurately and the material which is appropriate and it must select the method which is lawful and there is a possibility which effect it must apply it will gather. Also, objection and must use the plan method which is test investigated enough.

The repair method was developed with the development of that material together and steadily it was come. Specially the case various repair material and method of general engineering works and the construction infrastructure are developed and the back which is register in construction updated technology it acquires a many result and

it is various and they are applied. Currently the repair material and method of the concrete structure which becomes utility anger from domestic it will be able to analyze at about 10 types and the quality where the repair material or method is similar almost it has. According to "Examination of Corrosion Stature and Prevent Method of Corrosion of Concrete Structure", currently to efficiency of the repair material and method which is produced from domestic are have many problem. Case present time of Japan the repair material and method which are used, about 150 types in cause of type and performance degradation of infrastructure with development of the material which is various and method they follow and it is various each and it is applying and in order to repair the concrete structure even from our country the development of the repair material which is various and method is earnestly desired. Specially, with case general engineering works and the construction concrete structure of the agriculture facility concrete structure it has the quality which is different unique. The namely agriculture facility concrete structure applies a repair method of the work space for to be difficult, the size of construction is small scale and always the water and being contacted with most big problem point, will reach because the infrastructure which is in condition of the underwater concrete structure which is sinking specially to the water is most and the development of the repair material and method is necessary.

It recovers the function of original it respected the concrete structure which is damaged from the condition which is exposed to underwater and the mourning which consider the quality of the agriculture facility concrete structure which puts on a damage it develops the water soluble repair material and construction method from the research which it sees consequently with the fact that for total 3 year for to extend, it executes a test and an objection research and a site application characteristic evaluation as it developed one repair material and method with aim.

III. CONTENTS AND SCOPE

It developed the repair material and method which are suitable in deterioration of the agriculture irrigation facility concrete structure from the research which it sees the research against a same contents it advanced.

1. Development of latex modified mortar

- Analysis of different with many types materials
- Development of test products
- Test production physics and chemical quality research
- Optimum mix proportion of repair materials
- Reararch for increases a practicality
- Test of durability

2. Development of repair method

- Analysis of deterioration mechanism
- Research repair method with deterioration mechanism
- Decision of mix proportion with application types
- Development of repair method

3. Site application characteristic evaluation and construction guide book and quality and maintenance plan development

- Mock-up Test for field application
- Make out of specification
- Quality Control method

IV. RESULTS AND APPLICABILITY

1. Research Results

- : Development of waterproofing material
- : Development of high bond strength material
- : Development of high resistance freezing-thaw material
- : Development of high resistance scaling material
- : Development of method which good field application

CONTENTS

Chapter 1 Synopsis of research and development subject	1
Section 1 Necessity of research project	1
Section 2 Objectives and scopes	5
Chapter 2 Current research condition	11
Section 1 Present research condition	11
Section 2 Expected effects	29
Section 3 Applicability of research results	31
Chapter 3 Research results	32
Section 1 Introduction	32
Section 2 Performance analysis of existing materials	34
Section 3 Basic mixture of water soluble polymer mortar	40
Section 4 Optimum mixture of water soluble polymer mortar	52
Section 5 Optimum mixture of water soluble polymer for underwater structure repair	63
Section 6 Performance examination of repair materials	76
Section 7 Development of repair method	93
Section 8 Efficiency complement of repair method	102
Section 9 Performance examination of repair method	110
Section 10 Field application test	120
Section 11 Results	128

Chapter 4 Attainment of objective and relation field.....	130
Section 1 Development of durable repair materials.....	130
Section 2 Development of optimum material and repair method.....	132
Chapter 5 Application plan of research results.....	134
Section 1 Manufacture product of research result.....	134
Section 2 Acquisition of new technological method.....	135
Section 3 Development of application parts and new types method.....	135
Chapter 6 Reference.....	136
Appendies.....	142

목 차

요 약 문	ii
목 차	x
표 목 차	xiii
그림목차	xv
제 1 장 연구개발과제의 개요	1
제 1 절 연구 개발의 필요성	1
1. 기술적 측면	1
2. 경제·산업적 측면	3
3. 사회·문화적 측면	4
제 2 절 연구개발의 목표 및 내용	5
1. 연구개발의 목표	5
2. 연구개발 목표에 따른 연구내용	8
제 2 장 국내·외 기술개발 현황	11
제 1 절 국내 기술동향	11
1. 국내 건설 신기술 중 보수공법 현황	11
2. 기존 보수공법의 시공 장비 조사 분석	19
3. 국외기술현황	21
4. 기술동향 분석 결론	21
5. 앞으로의 전망	22
6. 기술도입의 타당성	22
제 2 절 기대효과	29
1. 기술적 측면	29
2. 경제·사회적 측면	30

제 3 절 활용방안.....	31
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과.....	32
제 1 절 개 요.....	32
제 2 절 기존 보수재료의 성능평가 및 분석.....	34
1. 개 요.....	34
2. 시험항목 및 방법.....	34
3. 실험결과.....	36
제 3 절 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 기본배합비 도출.....	40
1. 개 요.....	40
2. 실험계획.....	41
3. 실험결과.....	44
4. 요약 및 결론.....	50
제 4 절 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비 도출.....	52
1. 개 요.....	52
2. 라텍스 및 폴리머 혼입율에 따른 특성평가.....	52
3. 소포제 및 증점제 사용여부 결정을 위한 특성평가.....	58
4. 요약 및 결론.....	62
제 5 절 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비 도출.....	63
1. 개 요.....	63
2. 수중 콘크리트 구조물용 보수재료의 기본배합비 결정.....	63
3. 폴리머 및 수중불분리성 혼화제 첨가에 따른 특성평가.....	68
제 6 절 기중 및 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 성능평가.....	76
1. 개 요.....	76
2. 기중 및 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 성능평가.....	76
3. 요약 및 결론.....	90
제 7 절 수용성 폴리머 모르타르를 활용한 보수공법 개발.....	93
1. 개 요.....	93
2. 수용성 폴리머 모르타르의 적용을 위한 최적 시공 장비 및 공법 개발.....	94
제 8 절 모형시험을 통한 수용성 폴리머 보수공법의 성능보완.....	102
1. 개 요.....	102

2. 실험방법	102
3. 실험결과	104
4. 요약 및 결론	109
제 9 절 수정된 수용성 폴리머 모르타르의 성능평가	110
1. 개요	110
2. 실험계획	110
3. 실험결과	111
4. 요약 및 결론	118
제 10 절 현장 적용성 평가	120
1. 개요	120
2. 현장 Mock-up 시험	120
3. 현장 시험시공	124
제 11 절 종합결론	128
1. 농업시설 콘크리트 구조물 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비 도출	128
2. 수용성 폴리머 모르타르에 적합한 시공법 개발	129
3. 수용성 폴리머 모르타르 및 시공법을 이용한 현장시험시공	129
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	130
제 1 절 고내구성 보수재료의 개발	130
제 2 절 최적 보수 공법 및 장비 최적화 개발	132
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	134
제 1 절 개발된 재료의 제품화	134
제 2 절 개발공법의 신기술등록 추진	135
제 3 절 적용분야 및 공법의 다양화 추진	135
제 6 장 참고문헌	136
부 록	142

표 목 차

<표 2.1> 국내 건설신기술 중 보수공법 현황	12
<표 2.2> 기존 보수공법보수공법의 적용 장비 분석	19
<표 2.3> 수리구조물 개보수 사업비	23
<표 2.4 > 수원공 시설현황	24
<표 2.5> 평야부 시설현황	24
<표 2.6> 준공연도별 수원공 현황	25
<표 2.7> 농업용 수리구조물의 파손 원인	27
<표 3.1> 연차별 주요 연구내용	33
<표 3.2> 기존 보수재료의 흐름시험 결과	36
<표 3.3> 기존 보수재료의 응결시간 측정결과	37
<표 3.4> 수용성 폴리머 모르타르의 목표성능	40
<표 3.5> 수용성 폴리머 모르타르 구성 재료 및 역할	41
<표 3.6> 재료별 적정 사용량 결정을 위한 배합 변수 및 범위	42
<표 3.7> 기준배합(실리카폼 무혼입)	42
<표 3.8> 실리카폼 혼입 배합	42
<표 3.9> ASTM에서 제시한 염소이온 투과 평가 기준	44
<표 3.10> 기본배합(실리카폼 무혼입)의 흐름값 측정결과	44
<표 3.11> 실리카폼 혼입배합의 흐름값 측정결과	45
<표 3.12> 수용성 폴리머 모르타르 주재료의 기본배합비	52
<표 3.13> 라텍스 및 폴리머 혼입을 결정을 위한 배합설계	53
<표 3.14> 라텍스 및 폴리머 혼입율에 따른 흐름측정 결과 및 공기량	56
<표 3.15> 소포제 및 증점제 사용여부를 결정하기 위한 배합설계	59
<표 3.16> 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비	62
<표 3.17> 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 기본배합비 도출을 위한 변수 및 범위	64
<표 3.18> 반응표면분석법을 사용한 배합설계	64
<표 3.19> 흐름시험 결과	65
<표 3.20> 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 기본배합비	68
<표 3.21> 최적배합비 도출을 위한 배합변수 및 범위	69
<표 3.22> 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비 도출을 위한 배합설계	69
<표 3.23> 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비	75

<표 3.24> 기중 콘크리트 구조물의 보수재료의 최적 배합비.....	76
<표 3.25> 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비	76
<표 3.26> 중성화 촉진 실험조건.....	79
<표 3.27> 중성화 깊이 측정결과.....	85
<표 3.28> 개발 공법의 특성.....	101
<표 3.29> 실내 모형실험에 사용된 수용성 폴리머 모르타르의 배합비(기중용).....	102
<표 3.30> 실내 모형실험에 사용된 수용성 폴리머 모르타르의 배합비(수중용).....	102
<표 3.31> 압축강도 및 휨강도 시험결과.....	104
<표 3.32> 수정된 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비	107
<표 3.33> 수정된 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비	107
<표 3.34> 수정된 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비	110
<표 3.35> 수정된 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비	110
<표 3.36> 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 부착강도 시험결과.....	112
<표 3.37> 약품침지 후 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 압축강도 결과.....	116
<표 3.38> 현장 Mock-up 시험에 사용된 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르 배합.....	121
<표 3.39> 현장 Mock-up 시험에 사용된 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르 배합.....	121
<표 3.40> 현장 Mock-up 시험시 시공물량.....	122
<표 3.41> 압축강도 및 휨강도 시험결과.....	124
<표 3.42> 본 연구를 통하여 도출된 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비.....	128
<표 3.43> 본 연구를 통하여 도출된 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비.....	128
<표 3.44> 본 연구를 통하여 개발된 공법의 특성.....	129
<표 4.1> 개발재료의 성능 목표치 및 실험결과.....	130
<표 4.2> 개발공법의 특성.....	132

그림목차

<그림 2.1> 노후화된 농업 수리시설 콘크리트 구조물	26
<그림 3.1> 응결시간 시험	35
<그림 3.2> 휨강도 시험	35
<그림 3.3> 기존 보수재료의 압축강도	38
<그림 3.4> 기존 보수재료의 휨강도	38
<그림 3.5> 기존 보수재료의 부착강도	39
<그림 3.6> 기본배합(실리카폼 무혼입) 압축강도	46
<그림 3.7> 실리카폼 혼입배합 압축강도	46
<그림 3.8> 기본 배합(실리카폼 무혼입) 부착강도	47
<그림 3.9> 실리카폼 혼입배합 부착강도	48
<그림 3.10> 기본배합(실리카폼 무혼입)의 염소이온 투과시험 결과	49
<그림 3.11> 실리카폼 혼입배합 염소이온 투과시험 결과	49
<그림 3.12> 흐름값 측정	54
<그림 3.13> 압축강도 측정	54
<그림 3.14> 휨강도 측정	55
<그림 3.15> 라텍스 및 폴리머 혼입을 결정을 위한 압축강도 시험결과	57
<그림 3.16> 라텍스 및 폴리머 혼입을 결정을 위한 휨강도 시험결과	57
<그림 3.17> 소포제 및 증점에 혼입에 따른 흐름값 및 공기량	60
<그림 3.18> 소포제 및 증점에 혼입에 따른 압축강도 시험결과	61
<그림 3.19> 소포제 및 증점에 혼입에 따른 휨강도 시험결과	62
<그림 3.20> 압축강도 시험결과	66
<그림 3.21> 염소이온 침투저항성 시험결과	67
<그림 3.22> 탁도시험 결과	70
<그림 3.23> pH meter	71
<그림 3.24> pH시험결과	71
<그림 3.25> 압축강도 시험결과	73
<그림 3.26> 휨강도 시험결과	74
<그림 3.27> 동결융해 저항성 평가 시험기	78
<그림 3.28> 중성화 촉진시험장치	79
<그림 3.29> 소성수축 균열시험	80

<그림 3.30> 수용성 폴리머 모르타르의 압축강도 시험결과.....	81
<그림 3.31> 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 휨강도 시험결과.....	82
<그림 3.32> 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 부착강도 시험결과.....	83
<그림 3.33> 수용성 폴리머 모르타르의 염소이온 투과시험 결과.....	84
<그림 3.34> 수용성 폴리머 모르타르의 동결융해 저항성 시험결과.....	85
<그림 3.35> 10% CaCl ₂ 용액에 침지한 모르타르별 강도잔존율 측정결과.....	86
<그림 3.36> 10% Na ₂ SO ₄ 용액에 침지한 모르타르별 강도잔존율 측정결과.....	87
<그림 3.37> 5% H ₂ SO ₄ 용액에 침지한 모르타르별 강도잔존율 측정결과.....	87
<그림 3.38> 소성수축시험후 표면상태.....	88
<그림 3.39> 건조수축 시험결과	89
<그림 3.35> 열팽창계수 시험결과.....	90
<그림 3.41> 본 연구에 도입 적용된 모빌믹서.....	94
<그림 3.42> 본 연구에서 개량된 스프레이 타설장비.....	95
<그림 3.43> 컴퓨터서.....	96
<그림 3.44> 콘트롤 박스.....	96
<그림 3.45> 토출압력 측정을 위한 압력계.....	97
<그림 3.46> 스프레이 장비에 설치된 자체 믹서	98
<그림 3.47> 스프레이 장비에 설치된 펌프.....	99
<그림 3.48> 스프레이건의 모습.....	100
<그림 3.49> 실내모형시험을 위해 제작된 모형판넬.....	103
<그림 3.50> 스프레이 타설장비를 이용한 스프레이 작업모습.....	105
<그림 3.51> 강도시험용 공시체 제작모습.....	105
<그림 3.52> 스프레이 작업 완료 후 시공면 상태.....	106
<그림 3.53> 기존 스프레이건의 모습.....	108
<그림 3.54> 개량된 스프레이건의 모습.....	108
<그림 3.55> 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 압축강도 시험결과.....	111
<그림 3.56> 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 휨강도 시험결과.....	112
<그림 3.57> 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 염소이온 투과시험결과.....	113
<그림 3.58> 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 소성수축시험 후 시편모습.....	114
<그림 3.59> 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 동결융해 시험결과	115
<그림 3.60> 10% CaCl ₂ 용액에 침지한 모르타르의 잔존강도율 변화.....	116
<그림 3.61> 10% Na ₂ SO ₄ 용액에 침지한 모르타르의 잔존강도율 변화.....	117
<그림 3.62> 5% H ₂ SO ₄ 용액에 침지한 모르타르의 잔존강도율 변화.....	117

<그림 3.63> 현장 Mock-up 시험에 사용된 콘크리트 구조물.....	121
<그림 3.64> 스프레이 타설장비를 이용한 현장Mock-up 시험 모습.....	123
<그림 3.65> 현장 Mock-up시험 완료 후 시공 마무리면.....	123
<그림 3.66> 시험시공 현장전경.....	125
<그림 3.67> 현장 시험시공시 시공면의 치핑작업.....	125
<그림 3.68> 현장시험시공시 뿔칠작업 모습.....	127
<그림 3.69> 현장 시험시공 완료 후 시공 마무리면.....	127
<그림 5.1> 개발재료의 제품화 포장상태.....	134

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구 개발의 필요성

1. 기술적 측면

일반적으로 콘크리트의 구조물은 외부환경, 하중재하조건의 변화, 재료의 조건, 균열 발생의 크기 및 정도, 또는 단면 결손 등으로 손상을 입게 된다. 국내의 경우, 1960년대부터 시작된 근대화에 따라 각종 사회 간접 자본 시설 및 주택들이 건설되기 시작하였다. 이후 근 40년이 지난 현 시점에서 당시 건설된 각종 토목, 건축용 콘크리트 구조물이 노후, 파손되어 본래의 기능을 다하지 못하는 경우가 많다. 또한 1990년대의 신도시 개발의 여파에 따라 다량의 건축물이 시공됨으로 인하여 부적절한 재료의 사용과 부실시공이 속출하였다. 이러한 여러 가지 원인들이 누적되어 대형 붕괴사고로 이어지게 되었다. 이와 같이 노후화 되거나 부실 시공된 토목, 건축용 철근콘크리트 구조물을 철거하고 새롭게 시공하는 것은 경제적 측면에서 바람직하지 않으므로 적절한 보수공법을 적용하여 원래 구조물이 갖는 기능을 회복시키는 것이 적절하다고 할 수 있다. 보수에 대한 개념은 오래 전부터 있어 왔으나 그 재료나 공법의 선정에서 신중하여야 한다. 즉, 손상의 원인과 그 실태를 정확히 파악하여 적절한 재료를 선정하고 적법한 공법을 적용하여야 그 효과를 거둘 수 있다. 또한 이론적 그리고 실험적으로 충분히 검토된 설계법을 사용하여야 한다. 보수공법은 그 재료의 개발과 함께 꾸준히 개발되어 왔다. 특히 일반 토목 및 건축구조물의 경우 각종 보수 재료 및 보수 공법이 개발되어 건설신기술에 등록되는 등의 많은 성과를 획득하여 다양하게 적용되고 있다.

현재 국내에서 실용화되어 있는 콘크리트 구조물의 보수재료 및 공법은 약 10가지 정도로 분석할 수 있으며 보수재료나 공법이 거의 비슷한 특성을 가지고 있다. 뿐만 아니라 보수재료에 대한 충분한 내구성능의 평가도 거의 없는 실정으로 1998년 발표된 “콘크리트 구조물의 부식상태조사 및 방지대책”에 대한 보고서에 따르면 현재 국내에서 생산된 보수 재료 및 공법의 성능에는 많은 문제점이 발생하고 있다고 하였다. 일본의 경우 현재 사용되고 있는 보수 재료 및 공법이 약 150여 종류가 사용되고 있으며, 다양한 재료 및 공법의 개발로 구조물의 종류 및 성능저하의 원인에 따라 각각 다양하게 적용하고 있어 우리나라에서도 콘크리트 구조물을 보수하기 위하여 다양한 보수재료 및 공법의 개발이 절실히 요망된다. 특히, 농업시설 콘크리트 구조물의 경우 일반 토목 및 건축용 콘크리트 구조물과 다른 독특한 특성을 가지고 있다. 즉 농업시설 콘크리트 구조물은 보수 공법을 적용하기

위한 작업공간의 확보가 어렵고, 공사의 규모가 소규모이며 가장 큰 문제점으로 항상 물과 접촉해 있으며 특히 물에 잠겨있는 수중 콘크리트 구조물의 상태로 있는 구조물이 대부분이기 때문에 이를 고려한 보수재료 및 공법의 개발이 필요하다.

현재 개발되어 적용되고 있는 보수재료를 농업시설 콘크리트 구조물의 보수재료로 사용할 경우 항상 물과 접촉 및 수중에 노출되어 있기 때문에 철근의 부식을 방지하기 위한 정확한 피복두께를 확보하여야 하고 충분한 수밀성을 가지고 있어야 하며, 작업공간이 협소하기 때문에 재료의 시공이 용이하지 못하다. 따라서 농업시설 콘크리트 구조물에 적용하기 위한 수밀성과 내구성이 우수한 재료의 개발과 이를 적용할 수 있는 시공공법 즉 적절한 공법의 개발이 요구된다. 현재 일반 콘크리트 구조물의 보수에 사용되는 보수재료의 경우 작업공간이 충분하고 물과 접촉해 있지 않으며 수중에 시공된 구조물이 아니기 때문에 공사가 대규모이고 조기에 강도발현을 통한 보수 성능을 확보하고 있다. 그러나 농업시설 콘크리트 구조물의 경우 상기에서 제시한 작업공간의 협소함으로 인하여 일반 보수재료 및 공법을 적용하기에는 적합하지 않다. 특히 재료의 운송길이가 크게 되기 때문에 이를 고려하여 충분한 보수성능을 얻기 위한 재료의 물성확보가 필요하다. 또한 경화시간이 짧은 경우, 시공시간에 제한을 받을 수 있는 단점이 있기 때문에 경화시간의 조절이 필요하며 뿐만 아니라 시공 가능한 두께에 제한이 없도록 충분한 부착강도를 확보하여야 한다.

따라서 본 연구개발에서는 농업시설 콘크리트 구조물의 보수재료 및 공법으로서 기존 콘크리트 구조물 보수 재료 및 공법이 가지는 문제점을 해결하기 위하여 라텍스 개질 보수재료(Latex Modified Repair Materials) 및 시공공법을 개발하고자 하였다.

라텍스 개질 보수재료는 라텍스의 장점을 극대화하여 농업시설 콘크리트 구조물의 보수재료로서 매우 우수한 특성을 가지게 하여 농업시설 콘크리트 구조물의 보수재료로서 기존 열화부위에 대한 완벽한 복원을 통한 사용수명 증진 효과를 제공하여 보수 적용 시 요구되는 보수 성능을 만족시키는 기술로서 적용이 가능하다. 특히 라텍스의 첨가는 기존재료에 비해 우수한 성능을 제공할 수 있으며, 라텍스 첨가를 통해 얻을 수 있는 장점은 다음과 같다.

- 1) 라텍스의 계면활성 작용에 의하여 보수공법의 작업성을 증가시킨다.
- 2) 라텍스의 점성에 의하여 보수재료의 점착성을 증가시킴으로써 리바운드량을 감소시킨다.
- 3) 라텍스의 혼입에 의하여 유동성 및 펌핑성을 증가시킴으로써 압송호스의 마모손상 및 과열을 방지할 수 있다.
- 4) 라텍스는 굳지 않은 콘크리트의 공극시스템을 안정화 시켜 동결-융해 저항성 등을

증가시킨다.

- 5) 보수재료의 휨인장강도 증가로 인한 균열을 방지한다.
- 6) 라텍스 혼입은 보수재료의 투수저항성 및 치수안전성을 증가시키는 동시에 휨인성 및 강도를 증가시켜 사용수명을 증가시킨다.
- 7) 라텍스의 혼입은 기존 콘크리트 모체와의 부착의 성능을 향상시킨다.
- 8) 보수부위에 대한 사용수명 증진을 통한 유지관리 비용의 대폭 절감이 가능하다.

또한 라텍스와 시멘트계 재료의 결합은 우수한 휨인성, 내구성, 투수 저항성 및 점착성 등을 갖는다.

특히 외부에 노출되어 있어 자외선에 의한 표면열화 및 동결-융해에 의한 표면 스케일링이 심하게 발생하는 농업수리구조물의 경우 표면코팅 효과에 의한 침식방지가 가능하고 내부로의 유해물질의 침투를 방지할 수 있는 보수재료의 적용을 통한 완벽한 표면복원 작업이 이루어질 수 있는 재료 및 공법의 선정이 매우 중요한 개발 목표라 할 수 있다. 따라서 이러한 요구조건을 만족할 수 있는 재료로서 라텍스의 첨가는 연구목적에 부합되는 기술이라 할 수 있다. 특히 라텍스를 물에 용해된 상태로 적용함으로써 배합 시 요구되는 특성을 만족하는 재료의 생산이 가능하고, 물 첨가로 인한 보수재료의 성능감소의 문제점을 해결할 수 있는 장점을 가질 수 있다. 그러나 실제적으로 라텍스 개질 보수재료 및 적용기술에 대한 연구는 국내에서는 전무한 실정이며 해외에서 일부 연구가 되고 있지만 주로 분말형태의 재료를 사용함으로써 충분한 성능을 발휘하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 농업시설 콘크리트 구조물의 보수재료로서 라텍스 개질 보수재료에 대한 연구는 농업기술력의 증대 차원에서 최우선적으로 검토되어야 한다. 또한 라텍스 개질 보수재료 및 공법에 대한 본 연구의 결과는 지식재산권(특허 및 실용실안)을 확보하여 국가 기술력을 한단계 상승시킬 수 있는 좋은 계기가 될 것이다. 따라서 국가 기술력 증대 및 지식재산권 확보를 위하여 라텍스 개질 보수재료 및 공법에 대한 선도적인 연구가 필요하다.

2. 경제·산업적 측면

현재 국내에서 개발되어 있는 보수 재료 및 공법은 주로 일반 콘크리트 구조물을 대상으로 개발 되어있다. 예를 들어 보수 및 보강관련 신기술을 알아보면 거의 대부분이 일반 토목 및 건축용 구조물을 대상으로 하고 있다. 그러나 이러한 공법은 작업 장소가 협소하고 구조물 자체가 소규모이며 항상 물과 접촉해 있거나 수중에 건설된 농업시설 콘크리트

트구조물에 적용하기에는 재료의 성능이 충분히 검토되고 있지 않으며, 보수 공법 역시 공사비가 과다하게 많이 들고, 소규모 공사에는 적용이 되지 않기 때문에 경제적으로 손실이 많고 낭비가 심한 편이다. 또한 토목 및 건축구조물에서 보수대상이 되는 구간은 주로 하수관거 및 하수 암거 등 주로 오염물에 의한 콘크리트의 중성화 및 철근부식에 의한 손상이 대부분이지만 농업수리시설물의 경우 외부환경에 노출되는 조건으로 인해 동결-융해에 의한 손상이나 스케일링에 따른 열화가 대부분이기 때문에 이러한 손상원인에 따른 차별화된 공법의 개발이 필요하다. 따라서 농업시설 콘크리트 구조물에 적용할 수 있는 재료 즉, 항상 물과 접촉해 있거나 수중에 노출된 콘크리트 구조물의 공사가 가능한 보수재료이며 동결-융해에 의한 손상에 대한 저항성이 높으며 스케일링에 의한 표면 박리에 대한 저항성이 높은 재료 및 공법의 개발이 절실히 요구된다. 특히, 재료적으로 충분한 방수성능 확보를 통한 외부로부터의 물이나 오염물질의 침투를 방지하기 위해서는 재료의 구성자체가 충분한 투수저항성을 가지고 있어야 하는데 라텍스 개질 보수 재료의 경우 라텍스 필립막을 형성함으로써 충분한 수밀성을 확보할 수 있어 장기적으로 내구성 향상을 통한 경제성 향상과 유지관리 비용의 감소로 인한 경비 절감을 획득할 수 있다. 또한, 이를 적용한 보수 공법 역시 유동성, 작업성, 펴핑성 등의 확보로 시공기간의 감소 및 시공성의 향상을 통한 공사비의 절감을 또한 획득 할 수 있다.

3. 사회·문화적 측면

현재 농업시설 콘크리트 구조물의 성능저하로 인한 많은 문제가 발생하고 있다. 즉 농업시설 콘크리트 구조물의 안전성의 문제로 인하여 사회적인 문제점으로 대두되고 있는데 특히 농촌 지역에서는 농업생산성에 가장 큰 역할을 하는 농업용수를 적절하게 공급하기 위해서는 농업시설 콘크리트 구조물의 충분한 안전성과 신뢰성이 확보되어야 한다. 또한 외부에 주로 노출되어 있는 구조물들이 육안으로 보기에 손상이 심한 경우 안전성에서 많은 문제점을 나타낼 수 있다. 따라서 현재 성능이 저하된 농업시설 콘크리트 구조물의 신규 건설은 막대한 예산이 필요함으로써 그 적용가능성이 매우 낮다. 그러나 기존 농업시설 콘크리트 구조물을 보수하여 사용하면 막대한 예산을 절감할 수 있다. 또한, 보수된 농업시설 콘크리트 구조물 주변의 생활문화 공간의 조성으로 농촌마을의 문화생활 공간을 확보할 수 있다.

제 2 절 연구개발의 목표 및 내용

농업 수리시설 콘크리트 구조물은 다양한 종류의 외부요인에 의한 손상으로 보수가 요구되는 시점이 도래되었다. 이에 본 연구에서는 이러한 보수가 필요한 구조물의 보수에 적합한 재료의 개발 및 시공공법을 개발하는 것을 목적으로 하고 있으며 이러한 목적에 부합되는 재료 및 시공공법의 개발을 위하여 연도별 연구목표 및 내용은 다음과 같다.

1. 연구개발의 목표

가. 최종목표

본 연구의 최종목표는 손상을 입은 농업시설 콘크리트 구조물의 특성을 고려한 수중 및 기중에 노출되어있는 상태에서 손상된 콘크리트 구조물을 원래의 기능을 회복하기 위한 라텍스 개질 보수재료 및 공법을 개발하기 위한 것으로 총 3년간에 걸쳐 실험 및 이론적 연구와 현장 적용성 평가를 실시함으로써 목표로 한 보수 재료 및 공법을 개발하고자 하는 것이다.

나. 1차년도 목표

본 연구의 1차년도 목표는 농업시설 콘크리트 구조물의 보수 성능을 최적으로 할 수 있는 라텍스 개질 보수 모르타르의 개발에 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 다음과 같은 세부 연구목적을 결정하였다.

- a) 국내외 콘크리트 구조물의 보수 재료 및 보수 공법 조사 분석
- b) 기존제품의 성능 분석(성분분석, 배합비분석, 물리·역학적 특성 분석)
- c) 농업시설 콘크리트 구조물의 사용수명 연장을 위한 보수재료 개발(압축강도, 부착강도, 휨강도 등 역학적 특성 평가)
- d) 기중, 물과 일부 접촉 및 수중에 노출되어 있는 농업시설 콘크리트 구조물용 라텍스 개질 보수 모르타르의 최적 배합비 도출
- e) 기중, 물과 일부 접촉 및 수중에 노출되어 있는 농업시설 콘크리트 구조물용 라텍스 개질 보수 모르타르의 최적성능을 발휘하기 위한 보수 공법 개발

다. 2차년도 목표

본 연구의 2차년도 목표는 농업시설 콘크리트 구조물의 개발된 라텍스 개질 보수 모르타르의 내구성능 평가에 있다. 즉, 개발된 농업시설 콘크리트 구조물 보수용 라텍스 개질 보수 모르타르의 실내 시험을 통한 내구성 평가와 개발된 공법을 적용하여 실제 환경에 노출시켜 내구성능 저하 매카니즘 및 내구성 저하 정도를 평가하여 이를 해결할 수 있는 방안을 확보 하고자 다음과 같은 세부 연구목적을 결정하였다.

- a) 기중, 물과 접촉 및 수중에 건설된 농업시설 콘크리트 구조물 보수용으로 개발된 제품의 내구성 검증(개발제품 검증 및 성능개선, 개발제품의 내구성 검증)
- b) 내구성 시험을 통한 내구성 지수 결정
- c) 실내모형실험실시(모형실험을 통한 내구성에 미치는 주요 재료 및 시공 변수 도출)
- d) 시험결과를 통한 개발 제품의 성능 개선 방안 수립 및 적용 후 물리·역학적, 내구성능 검토
- e) 실내모형실험을 통해 얻어진 결과를 바탕으로 다양한 현장의 적용성 검토

라. 3차년도 목표

본 연구의 3차년도 목표는 1차년도 및 2차년도의 연구결과로 개발된 농업시설 콘크리트 구조물 보수용 라텍스 개질 보수 모르타르의 현장 적용성 평가 및 시공지침, 품질관리 지침, 유지관리 지침의 개발에 있다. 이를 위하여 3차년도에서는 현장 시험시공을 실시하여 성능을 평가하고자 하며 이를 토대로 품질관리 방안, 시공지침, 유지관리방안을 제시하고자 하며 궁극적으로 농업시설 콘크리트 구조물 보수용 시공기술을 개발하고자 한다. 이를 위하여 다음과 같은 세부 연구목적을 결정하였다.

- a) 현장시험시공 실시
- b) 공사 시방서 제시
 - 시공의 체계화를 위한 시방서 제시
 - 열화정도에 따른 시공방법 제시
- c) 공사지침서 및 품질관리안 제시
 - 보수공법에 따른 품질관리안 제시
 - 품질을 향상시키기 위한 관리 지침 개발
 - 시공후 품질관리를 위한 시험법 제시

c) 유지관리 방안제시

상기와 같은 3개년도 목표에 따라 본 연구의 최종 목표는 손상을 입은 농업시설 콘크리트 구조물의 원래의 성능을 회복하기 위한 라텍스 개질 보수 모르타르와 공법 개발을 하는 것으로 다음과 같이 정리 될 수 있다.

가. 기중, 물과 접촉 및 수중에 건설되어 있는 농업시설 콘크리트 구조물용 라텍스 개질 보수 모르타르 개발

- 기존제품과 차이점 분석
- 시제품 개발
- 시제품의 물리적, 화학적 특성 연구
- 기중, 물과 일부접촉, 수중 구조물용 보수재료의 최적배합비 도출
- 실용성을 증진시키기 위한 연구 개발
- 내구성 시험

나. 보수 공법 개발

- 국내 노후된 콘크리트 구조물의 열화 상태 및 열화의 형태를 분석
- 열화 형태에 따른 보수공법 연구
- 보수공법에 따른 재료 선택
- 농업수리 시설물의 보수 공법으로서 경제성 및 시공성이 우수한 공법 개발

다. 현장적용성 평가, 공사 지침서 및 품질관리(안), 유지관리방안 개발

- 개발된 제품 및 공법의 현장 적용성 평가를 위한 시험시공 실시
- 개발된 제품 및 공법의 적용을 위한 시방서 작성
- 보수공법에 따른 품질관리(안) 제시
- 일반 및 농업시설 콘크리트 구조물 보수 공사의 차이점분석
- 품질을 향상시키기 위한 관리 지침 개발
- 시공 후 품질관리를 위한 시험법 제시

2. 연구개발 목표에 따른 연구내용

가. 1차년도

연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
<p>국내외 콘크리트 구조물의 보수 재료 및 보수 공법 조사 분석</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 문헌조사 - 압축강도 - 휨강도 - 부착강도 - 공학적 기준 - 시공방법
<p>농업시설 콘크리트 구조물의 사용수명 연장을 위한 보수재료 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 사용재료 분석 및 선택 - 사용재료에 따른 영향의 문헌적 검토 및 분석 - 사용재료에 따른 역학적 특성 평가 - 실험결과 분석 및 평가
<p>농업시설 콘크리트 구조물용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비 도출</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 통계적 개념 및 방법에 의한 기중, 물과 일부 접촉 및 수중 콘크리트 구조물 보수용 재료의 최적배합비 결정 - 역학적 성능 검토 - 성능 보완
<p>농업시설 콘크리트 구조물용 수용성 폴리머 모르타르의 최적성능을 발휘하기 위한 보수 공법 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 보수 공법 조사 및 분석, 평가 - 개발된 보수재료에 맞는 공법 개발 및 검토 - 시공성 및 경제성이 우수한 보수 공법 개발 및 적용

나. 2차년도

연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
개발 제품의 내구성 검증 (개발제품 검증 및 성능개선, 개발제품의 내구성 검증)	<ul style="list-style-type: none"> - 투수저항성 시험 - 동결융해저항성 평가 - 내약품성 평가 - 부식저항성 평가
내구성 시험을 통한 내구성 지수 결정	<ul style="list-style-type: none"> - 시험결과를 통한 내구성 지수 결정
개발 제품과 콘크리트 모체와의 외부환경 노출후의 부착성능 검토	<ul style="list-style-type: none"> - 투수저항성 시험 - 동결융해저항성 평가 - 내약품성 평가 - 부식저항성 평가
실내 모형실험실시 (모형실험을 통한 내구성에 미치는 주요 재료 및 시공 변수 도출)	<ul style="list-style-type: none"> - 개발된 보수 공법을 이용한 현장모형 실내 실험실시 후 성능 평가 및 내구성 평가 - 시험결과를 기초로하여 내구성에 미치는 주요 재료 및 시공변수 도출 - 도출된 변수를 이용하여 내구성 개선 방안 수립
개발 제품의 성능 개선 방안 수립 및 적용 후 물리·역학적, 내구성능 검토	<ul style="list-style-type: none"> - 압축강도 - 휨강도 - 부착강도 - 투수저항성 시험 - 동결융해저항성 평가 - 내약품성 평가 - 부식저항성 평가
현장 조건에 노출 후 내구성 시험 실시	<ul style="list-style-type: none"> - 실제 농업시설 콘크리트 구조물의 노출될 수 있는 환경조건을 고려한 환경노출 시험 실시 - 외부현장조건에 대한 시공 시공을 위한 기초적용성 검토 시험실시

다. 3차년도

연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
개발된 제품 및 공법의 현장 적용성 평가를 위한 시험시공 실시	- 개발된 보수 재료 및 공법을 실제 농업수리 시설물에 적용하기 위한 현장시험시공 실시 및 보수 후 성능평가
개발된 제품 및 공법의 적용을 위한 시방서 작성	- 농업시설 콘크리트 구조물에 적용 확대를 위한 공사 시방서 개발 및 제안
일반 및 농업시설 콘크리트 구조물 보수 공사의 차이점분석	- 일반 및 농업시설 콘크리트 구조물의 보수 공사의 차이점 분석을 통한 현장 애로사항 해결
보수부위 및 열화정도에 따른 공법 및 품질관리방안 제시	- 보수 부위 및 열화정도에 따른 적절한 공법 및 품질 관리방안 제시
품질을 향상시키기 위한 관리 지침 개발	- 농업시설 콘크리트 구조물의 사용수명 증가를 위한 관리지침 개발 및 보급
시공 후 품질관리를 위한 시험법 제시	- 시공후 지속적인 유지관리를 위한 시험방법 제시 및 보급

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

제 1 절 국내 기술동향

국내에서는 성수대교 붕괴 이후 보수보강에 대하여 많이 주의를 기울이고 있으며 일반 토목 및 건축용 콘크리트 구조물에 적용할 수 있는 보수 및 보강공법이 개발되어 있는 상태이다. 보수공법으로서는 표면처리공법, 균열주입공법과 단면복구공법, 리프리트공법들이 활발하게 쓰이고 있으며, 보강공법으로서는 섬유보강공법, 철판압착공법, 스테인레스 와이어 메쉬를 이용한 보강공법이 널리 쓰이고 있으며 건설교통부에서 신기술을 받아 국내에 보급하고 있다. 그러나 이러한 공법들은 일반 토목 및 건축용 구조물에서 사용되는 공법으로서 농업시설 콘크리트 구조물에 적용하기 위해서는 부적절하다. 특히 이러한 공법에 사용되는 접착제 계통의 에폭시 등의 단면복구재의 경우 물과 항상 접촉해 있거나 수중에 노출된 농업시설 콘크리트 구조물에서는 바로 적용하지 못하고 물을 차단한 후 시공하는 불편을 감수하여야 한다. 또한 작업공간이 협소하고 소규모 구조물이 많은 농업시설 콘크리트 구조물에 적용하기 위해서는 공사비가 과대하게 투자되는 문제점을 내포하고 있다.

그러므로 농업시설 콘크리트 구조물의 성능을 회복하기 위해서는 특성에 맞는 보수재료 및 공법의 개발이 절대적으로 필요하다.

따라서 농업시설 콘크리트 구조물에 맞는 보수재료의 개발이 절실한 상태이고, 보수가 완벽하게 이루어질 수 있는 보수공법의 개발이 절실한 형편이다.

1. 국내 건설 신기술 중 보수공법 현황

건설신기술을 중심으로 현재 국내에서 적용되고 있는 구조물 보수공법을 조사 분석하였다. 조사 분석방법은 현재 건설교통부에 등록되어 있는 신기술중 보수재료 및 공법을 주로 조사 분석 하였으며 분석결과 현재 건설신기술로 지정된 기술은 2005년 12월 31일 현재 476건으로 이중 77건이 보수공법이다. 즉 현재 건설신기술중 16%가 구조물의 보수에 대한 것이다. 77개의 보수공법 들에는 도로포장(콘크리트 및 아스팔트 포함) 보수공법, 구조물 보수공법 등 다양한 기술을 포함하고 있다. 이중 폴리머 모르타르를 이용한 보수공법에는 약 16개의 공법이 있다. 폴리머 모르타르에 대한 것은 전체 신기술 중 약 3.4%이며, 보수

공법 중에는 약 21%가 폴리머 모르타르 보수재에 관한 것이다.

<표 2.1> 국내 건설신기술 중 보수공법 현황

	전체신기술	보수공법	수중보수공법	보수재료 (폴리머 모르타르)
건수(개)	476	77	1	16
백분율(%)	100	16	0.2	3.4

그러나 본 연구에서 개발하고자 하는 재료는 이미 신기술로 등록되어 있는 폴리머 모르타르 공법들과는 다르게 수용성의 재료를 사용함으로써 보다 안정적인 품질의 확보가 가능한 특성을 갖도록 한 공법으로서 아직까지 이러한 수용성 폴리머를 이용한 공법은 개발되지 않았다. 또한 현재까지 등록된 수중콘크리트 전문 폴리머 모르타르계 보수재료 역시 개발되지 않은 상태이다. 지금까지는 기중에 사용되는 제품을 수중에 그대로 적용하는 공법이 1개 공법이 등록되어있다. 현재까지 건설신기술에 등록된 공법의 자세한 설명은 다음과 같다.

- 1) 무기질단면피복재(RH방식피복재) 및 항균성개질재(RH 프라임)와의 복합에 의한 RC 구조물의 방식·보수공법
 - 기술개발자 : 리플래시기술(주)
 - 지정번호 : 건설신기술 제 330호
 - 신기술범위 : ① 습윤면에서 방식층을 형성하기 위한 무용제형 친수성 폴리머와 고강도 실리카 및 미립분 시멘트, 폴리아민계 경화제를 혼합하여 무기질 단면피복재(RH 방식 피복재)를 제조하는 기술 ② 화학적 침식을 유발하는 세균의 발생 억제형 항균성개질재(RH 프라임)와 무기질 단면피복재(RH 방식 피복재)를 사용하여 RC 구조물의 화학적 부식부위를 방식·보수하는 기술
 - 신기술의 내용 : 본 신기술은 습윤면에 대한 고품질의 방식 및 보수공사를 위하여 습윤 환경하에서 장기부착강도가 우수한 무기질 단면피복재(RH 방식 피복재)를 개발하고, 항균성 개질재(RH 프라임)와 복합하여 시공하므로써, 기존에 취약했던 화학적 부식에 대한 유지관리기술을 정립하여 하수암거시설, 화학공장시설, 항만시설 등에 활용할 수 있도록 하였다. 무기질 단면피복재(RH 방식 피복재)는 습윤면에서 방식층을 형성하기 위한 무용제형 친수성 폴리머와 고강도 실리카 및 미립분 시멘트, 폴리아민계 경화제를 혼합하여

제조하며, 항균성개질재(RH 프라임)는 화학적 침식을 유발하는 세균 발생을 억제하는 항균성 기능과 알칼리 환경부여, 표면부착강도 증대 등의 기능을 가진 개질재이다.

2) 방청복합알칼리회복제 및 아질산계분말방청제가 혼입된 폴리머시멘트모르터를 이용한 손상된 RC구조물의 보수공법

- 기술개발자 : 이한승, 박승만 나정일
- 지정번호 : 건설신기술제 288호

- 신기술범위 : ① 방청복합 알칼리 회복제(CR-1000) 및 아질산계 분말 방청제 혼입 폴리머 시멘트 모르터(CR-10, CR-30, CR-20)를 이용한 RC 구조물의 손상부 보수공법
- 신기술의 내용: 본 신기술은 고알칼리성, 고농도 방청성분(NO₂ 이온)을 갖는 방청복합 알칼리 회복제와 아질산계 분말 방청제 혼입 폴리머 시멘트 모르터(방청 모르터, 방청 표면 피복재, 방청 단면 수복재)를 병용 사용하여 중성화 및 염해 등에 의해 손상된 RC 건축·토목 구조물을 보수하는 공법이다.

3) 고압습식스프레이방식에 의한 MDF시멘트모르타르단면수복보수공법

- 기술개발자 : 동원건설(주), 하경개발(주), 중앙크리텍(주)
- 지정번호 : 건설신기술 제 246호

- 신기술범위 : 고압 습식 스프레이에 의한 단면수복 공법(MDF 스프레이 공법) 1. 구조물의 용도별 특성에 따른 시멘트 모르타르(TS 200, TS 250, TS 300, GM, FM)의 고압 스프레이 기계를 사용한 재료혼합, 압축, 이송방법 2. 콘크리트 구조체 보수부위의 단면을 복원하기 위한 초벌→충전→마감 3단계 고압 스프레이 시공조건 및 방법
- 신기술의 내용 : 본 MDF 스프레이 공법은 콘크리트 구조물의 보수용 단면수복 공법으로서 구조물의 용도별 특성에 따라서 제조된 분말형의 모르타르를 현장에서 정량의 물만 넣고 혼합한 후, 고압펌프에 의해 압축 및 이송시킨 시멘트 모르타르를 특수 제작된 노즐을 통해 고압으로 3단계 스프레이(초벌→단면충전→마감스프레이)하여 콘크리트 내부 입자사이의 기공을 제거(MDF : Macro Defect Free)하여 보수 단면의 성능을 향상시켜주는 신개념의 단면수복공법이다.

4) 실리카흙과 현장기계함침을 이용한 유리섬유복합재(CAF)의 콘크리트 구조물 보수보강공법

- 기술개발자: (주) 콘크리트닉

· 지정번호: 건설신기술 제 233호

- 신기술범위: 현장기계함침을 이용한 유리섬유 복합재(CAF) 제조공법 2. 1항의 재료를 이용한 콘크리트 구조물 보수·보강공법
- 신기술의 내용: 본 신기술은 실리카흙과 현장기계함침을 이용한 유리섬유 복합재(CAF : Conclinic Advanced FiberWrep)의 제조와 이 복합재를 이용한 콘크리트 구조물의 보수·보강공법이다. 미국에서 기술 도입한 고강도 유리섬유와 에폭시 및 접착제를 국내생산 소재로 국산화하였으며, 실리카흙을 이용하여 복합재의 성능을 개량하고 함침기계를 사용하여 현장에서 복합재를 제조하여 시공하는 공법이다

5) 스테인레스스틸와이어메쉬와 침투성폴리머모르터(RC-A0401)를 이용한 콘크리트 구조물의 보수·보강공법

· 기술개발자 : 유성권

· 지정번호 : 건설신기술 제 222호

- 신기술범위 : 스테인레스 스틸와이어 메쉬와 침투성 폴리머 모르터(RC-A0401)를 이용한 콘크리트 구조물의 보수·보강 공법
- 신기술내용 : 본 기술은 기존 콘크리트와 거의 같은 물성 및 특성을 갖춘 침투성 폴리머 모르터(RC-A0401)와 스테인레스 스틸 와이어 메쉬에 의한 콘크리트 구조물 보수·보강공법으로서 부식의 발생이 없고, 강성이 우수한 스테인레스 스틸 와이어 메쉬를 보강재료로 하여 침투성 폴리머 모르터와 함께 기존 콘크리트에 부착되어 거동하게 된다. 이때 침투성 폴리머 모르터의 강력한 접착력으로 기존 콘크리트와의 일체화가 이루어지고 스테인레스 스틸 와이어 메쉬에 의한 강성 증가로 내하력 향상을 도모함과 동시에 침투성 폴리머 모르터를 이용한 박리·박락부위의 면 보수를 통해 내구성 저하를 방지하여 계면상의 이상거동 문제를 해결하고 기존 콘크리트에 더 이상의 균열 발생 및 철근부식을 예방하는 신기술 보수·보강공법이다.

6) 시멘트계방청도포재 및 SBR계단면복구모르터를 이용한 염해 및 중성화를 입은 RC구조물의 보수공법

· 기술개발자 : 쌍용엔지니어링(주), 쌍용양회공업(주)

· 지정번호 : 건설신기술 제 209호

- 신기술범위 : 본 기술의 적용범위는 염해 및 중성화 등과 같은 환경조건에 의해 손상을 받거나, 부적절한 시공 등의 요인에 의해 보수 및 개수를 필요로 하는 콘크리트 구조물을

주 대상으로 한다. 또한 사용범위로는 열화 특히 중성화와 염해를 입은 철근 콘크리트 구조물로 한다.

- 신기술의 내용 : 본 신기술은 일본 리프리트공법의 도입·개량으로서 화학적, 물리적 보수이며, 국산화 및 개량시킨 보수재료는 방청도포재와 SBR계 단면복구재이다. 염해 및 중성화 등과 같은 환경조건에 의해 손상받은 콘크리트 구조물을 보수하는데, 일반적으로 열화원인별 보수공법으로 세분되며, 중성화를 입은 경우에는 일반적인 본 공법이 적용되고, 특히 염해를 입은 경우에는 도포형 염해방지재에 의한 처리방법이 적용된다. 본 기술은 현재 일반적으로 행해지고 있는 개수공법에 의한 일차적인 보수와는 다르며, 기존의 유기와 무기를 혼용한 구조체 강화를 위한 신공법이다.

7) 콘크리트 구조물에 대하여 시멘트계열의 그라우트재를 이용한 누수방지보수공법
(WGS방수 그라우팅 시스템)

- 기술개발자 : 최춘식
- 지정번호 : 건설신기술 제 178호
- 신기술범위 : 콘크리트 구조물의 누수유형 및 규모 등 누수특성에 따라 시멘트계열의 방수성 그라우트재를 사용하여 전면·충전·배면 방수 그라우팅기법을 단독 또는 복합적으로 적용하는 누수방지시스템
- 신기술의 내용 : 본 신기술은 누수가 발생하는 콘크리트 구조물에 대하여 시멘트를 주재료로 하여 고안된 방수성 그라우트재(WGS 그라우트재)를 압력주입식(그라우팅) 방수기법을 적용하여 누수를 효과적으로 방지할 수 있는 보수공법이다.

8) 비정질의 실리카를 이용한 콘크리트구체강화 및 수성아크릴, 에폭시, 폴리머를 이용한 방식,보수,보강복합화공법

- 기술개발자 : (주)리폼시스템
- 지정번호 : 건설신기술 제 59호
- 신기술범위 : ① 비정질의 실리카를 이용하여 콘크리트 구체를 강화한 후 가넷혼입 수성 아크릴 폴리머 몰탈과 V.O.C삭감형 수중 접착 에폭시 몰탈로 피복하고 강력 수성 에폭시로 마감하는 복합화 수중 및 일반 노출 콘크리트 방식, 보수, 보강 공법, ② 가넷혼입 수성 아크릴 폴리머 몰탈, V.O.C 삭감형 수중 접착 에폭시 몰탈 배합 공법
- 신기술의 내용 : 본 신기술은 일반 노출 및 수중 열화콘크리트를 방식 보수 보강하는데 있어서 비정질의 실리카를 이용하여 그동안 소홀히 다루어 왔던(재료 및 기술부재) 콘크

리트 구체 내부의 철근 방청은 물론 열화된 콘크리트를 강화시키는 기술이다. 일반 노출 열화 콘크리트 부위에는 개발된 가넷 혼입 수성 아크릴 폴리머 몰탈과 콘크리트를, 수중 콘크리트 부위에는 V.O.C 삭감형 수중 접착 에폭시몰탈과 콘크리트를 단면적의 1/10~1/5로 도포하여 기존 열화된 콘크리트의 압축강도와 굴곡강도를 높여 방식 보수 보강한 후 외부 환경 여건에 따라 수성 에폭시를 마감층으로 하여 현재 쓰고 있는 에폭시 주입의 문제점인 철의 부식과 콘크리트 중성화에 따른 접착 문제 및 조기 열화를 방지하여 기존 토목 건축물의 수명을 늘려 유지 관리를 할 수 있다. 강모래 대신 해사를 써서 문제가 되고 있는 콘크리트의 보수 보강과 교량, 터널, 복개천, 운동장 등 구조물의 콘크리트를 환경과 열화 원인별로 방식 보수 보강하는 공법이다.

9) 유리섬유 앵커와 알루미늄 실리케이트계의 결합재에 중합조절제를 첨가한 고내구성 폴리머 모르타르를 이용한 콘크리트 구조물의 보수공법

- 기술개발자 : (주)캐에콘, (주)엠티마스타
- 지정번호 : 건설신기술 제 430호
- 신기술범위 : 기술의 범위는 다음과 같다. 유리섬유 앵커를 단부에 설치하여 단면의 층분리를 방지하고, 알루미늄 실리케이트계의 결합재에 중합조절제를 첨가한 고내구성 폴리머 모르타르를 이용한 단면보수공법
- 신기술의 내용 : 본 신기술은 열화된 콘크리트 구조물 단면에 부착력을 확보하기 위해서 유리섬유로 만든 앵커를 단부에 설치하여 단면의 층분리를 방지하고 알루미늄 실리케이트계의 결합재에 중합조절제를 첨가한 고내구성 폴리머 모르타르를 이용하여 계면에서 부착력을 확보하고 단면을 보수하는 공법이다.

10) 아질산계 하이드로탈사이트를 혼입한 단면복구모르타르 및 밀폐형 건·습식 복합 분체이송·압송장치에 의한 콘크리트 구조물의 보수공법

- 기술개발자 : 한일시멘트(주)
- 지정번호 : 건설신기술 제 462호
- 신기술범위 : [Mg/Al/OH]층 사이에 NO₂⁻의 음이온을 적층시킨 아질산계 하이드로탈사이트를 혼입하여 철근부식억제 기능을 지닌 단면복구모르타르를 건식방식과 습식방식이 자동화 시스템으로 연결된 밀폐형 건·습식 복합 분체이송·압송장치에 의하여 시공하는 콘크리트 구조물의 보수공법
- 신기술의 내용 : 본 신기술은 [Mg/Al/OH]층 사이에 NO₂⁻의 음이온을 적층시킨 아질산계 하이드로탈사이트를 혼입하여 철근부식억제 기능을 지닌 단면복구모르타르를 재료의

분리가 없이 150m까지 밀폐형으로 분체이송하는 건식 이송방법과 이송된 단면복구모르타르의 혼합과 펌핑이 동시에 수행되는 일체형 믹싱 압송장치를 사용하는 습식공법이 결합된 건.습식 복합 분체이송 기계장치에 의한 대형 철근콘크리트 구조물의 단면복구 보수공법이다.

11) 알콕시실란계 무기질 폴리머가 혼합된 표면처리제(세라탑)와 표면개질처리된 섬유 및 3원계 폴리머가 함유된 난용성 충전용 모르타(리노몰탈)를 이용한 콘크리트 보수공법

· 기술개발자 : (주)세라캡, 티엔알비(주),

· 지정번호 : 건설신기술 제 363호

· 신기술범위 : ① 알콕시 실란계 무기질 폴리머가 혼합된 계면 및 표면처리제(세라탑)를 이용한 콘크리트 구조물의 표면 처리 및 보수공법, ② 표면 개질 처리된 섬유와 3원계 폴리머가 함유된 난용성 충전용 모르타(리노몰탈)와 몰리브데이트계 방청제를 첨가한 철근 방청용 페이스트를 이용한 콘크리트 구조물의 보수공법

· 신기술의 내용 : 본 기술은 콘크리트의 모세관 공극에 유해성 염화인자보다 크기가 작은 미세공극을 형성할 수 있는 알콕시 실란계의 무기질 폴리머를 이용한 코팅제를 계면 및 표면에 도포하고, 표면 개질 처리된 섬유와 3원계 난용성 폴리머가 함유된 충전용 모르타 및 몰리브데이트계 방청제를 첨가한 철근 방청용 페이스트를 사용하여 콘크리트 구조물을 보수하는 기술이다.

12) 열중합 이소시아네이트수지(MDI) 보수모르타를 이용한 콘크리트 균열파손 보수 공법

· 기술개발자 : 한일피엔티(주), 김한상

· 지정번호 : 건설신기술 제 359호

· 신기술범위 : 열중합 이소시아네이트수지(MDI) 보수모르타를 이용한 콘크리트 도로 및 박스 컬버트(Box Culvert) 균열파손 보수 공법

· 신기술의 내용 : 본 기술은 콘크리트의 균열 파손 지점에 열중합 이소시아네이트수지 모르타를 사용하여 보수하는 공법으로 콘크리트 도로, 박스 컬버트(Box Culvert) 등의 손상 부위에 파손형태와 규모별로 적용하여 보수를 쉽게 할 수 있도록 개발한 기술로서 공장에서 제조된 열중합 이소시아네이트 수지 모르타를 현장에서 물만 첨가하여 보수할 수 있도록 하였다.

13) 신율이 높은 에폭시수지(UME Resin)와 변성우레아용액(요변제) 및 규사를 상온 혼합한 미끄럼방지용 모르타의 제조 및 상온도포공법

· 기술개발자 : 김동규

· 지정번호 : 건설신기술 제 344호

· 신기술범위 : 상온에서 재료분리 없이 도포 가능한 미끄럼방지공법용 신율이 높은 에폭시수지(UME Resin)와 변성우레아용액 1.8~2.2%, 50mesh 규사를 혼합한 2성분형(Pre-Mix) 모르타의 제조 및 상온도포 공법

· 신기술의 내용 : 본 신기술은 도로포장, 건축물의 마감부분 및 안전가시설 등에서 마찰저항을 증가시켜야 하는 곳이나 공용에 따라 마찰저항이 저하된 부분의 보수에 적용하기 위한 미끄럼 방지제의 제조 및 상온도포 공법이다. 미끄럼 방지제는 규사와 에폭시수지를 주재료로 하고 변성 우레아 용액을 요변제로 선정하여 상온에서 재료분리 없이 단순 롤러작업으로 도포, 시공 및 거칠기의 형성이 가능하도록 하였으며, 신율이 높은 에폭시 수지를 개발하여 기존의 재료를 개선하였다. 따라서, 재료선정, 계절별 온도 특성에 적합하게 배합비 결정 및 혼합공정의 개선 등에 의해 유색의 2성분형(Pre-Mix)의 에폭시 수지 모르타 제조가 가능하며, 상온에서 재료분리 없이 도포 가능한 미끄럼방지공법이다.

14) 하이브리드 바탕조정제 및 프리폴리머 피복재에 혼성섬유보강재를 혼입한 상수도 염소처리 구조물 방수방식공법

· 기술개발자 : (주) 삼성건업, (주)한국종합기술개발공사

· 지정번호 : 건설신기술 제 466호

· 신기술범위 : 습윤 콘크리트 바탕에서의 부착성을 향상시킨 하이브리드 바탕조정제 및 프리폴리머 피복재에 혼성섬유보강재(T-Binder)를 혼입하여 복합 균열저항 성능을 갖는 상수도 염소처리 구조물 방수방식공법

· 신기술의 내용 : 본 기술은 친수성과 소수성 기능을 겸비한 하이브리드 프리폴리머와 바탕조정제에 콘크리트의 균열에 대한 저항 성능이 있는 혼성섬유보강재(폴리아미드섬유와 폴리비닐알콜섬유 혼합 :T-Binder)를 혼입하고, 수경화성 칼슘 알루미늄 실리케이트를 첨가하여 3차원 망상 구조의 유-무기 매트릭스를 형성함으로써 습윤 콘크리트 바탕면에서 접착 성능 및 내구성을 향상시키기 위한 상수도 염소처리 구조물 방수방식 공법이다.

2. 기존 보수공법의 시공 장비 조사 분석

국내 건설 신기술에 적용되고 있는 장비 및 시공방법을 위주로 조사 및 분석을 실시하였으며 <표 2.2>에 그 내용을 정리하였다. 보수공법은 미장공법, 습식 뿔칠공법 및 건식 뿔칠공법으로 나눌 수 있었으며 이에 대한 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<표 2.2> 기존 보수공법보수공법의 적용 장비 분석

공법의 종류	공법	미장공법	뿔칠공법	주입공법	미장·뿔칠 겸용
건수(개)	16	12	2	1	1
비율(%)	100	75	13	0.6	0.6

1) 손미장공법

보수면적이 비교적 작은 경우에 사용되며 폴리머시멘트모르타르 또는 경량에폭시수지 모르타르를 손미장에 의하여 충전하는 공법이다. 국내의 대부분의 공사의 경우 미장공법이 주로 적용되어 왔다. 손미장공법은 시멘트+모래+혼화재료를 미리 혼합한 건조 폴리머시멘트모르타르에 현장에서 물을 첨가하고 인력에 의하여 혼합한 후 손미장을 행하는 공법을 말한다. 손미장공법은 전 공정이 인력에 의하여 시공되어지기 때문에 시공능률이 떨어져 연속적이지 않고 국부적 시공단면이 주를 이루는 소규모 현장에 적합하다. 국내의 대부분의 건설신기술에서는 믹서를 사용하여 비빔을 하고 비빔후의 작업은 대부분 인력에 의한 손미장으로 표면보수를 하는 것으로 건설신기술을 획득하였다. 따라서 필요장비 역시 단순히 비빔작업을 할 수 있는 믹서와 손미장을 할 수 있는 장비만이 필요하다.

2) 모르타르 주입공법

보수면적이 비교적 큰 경우에 사용되며, 보수면적을 포함시킨 형상으로 거푸집을 조립하고 유동성이 우수한 폴리머시멘트모르타르 또는 시멘트모르타르를 펌프 압송하여 충전하는 공법으로 구조체의 하면 및 측면등의 부위에 적용되어진다. 건설신기술 중 주입공법에 의한 보수 공법은 건설신기술 제 178호 콘크리트 구조물에 대하여 시멘트계열의 그라우트 재를 이용한 누수방지보수공법(WGS방수 그라우팅 시스템)이 있으며 콘크리트 구조물의 표면 보수 보다는 그라우팅공법에 대한 것이라 할 수 있다. 이 공법에 필요한 장비는 시멘트계 그라우팅 재료를 압력 주입하여 그라우팅 할 수 있는 장비가 필요하다.

3) 뽐칠공법

보수면적이 비교적 큰 경우에 사용되며 미리 혼합된 보수재료를 뽐칠분체와 물 또는 혼화액을 별도로 압송하여 뽐칠하는 것으로 각각의 전용 장비를 사용하며 현재 국내에서 행하여지고 있는 뽐칠공법에 관하여 살펴보면 시멘트+모래+혼화재료를 미리 혼합한 건조 폴리머시멘트모르타르에 현장에서 물을 첨가하고 기계에 의하여 혼합한 후 뽐칠미장을 행하는 습식뽐칠공법(스프레이 공법)등 으로 분류할 수 있다. 뽐칠공법 중 국내에서 일반적으로 사용되어지고 있는 습식뽐칠공법은 재료의 야적 및 투입은 여전히 인력에 의하여 이루어지지만 비빔.압송 및 뽐칠의 기계화 작업이 가능하여 재래식 공법 및 손미장공법과 비교하여 상대적으로 시공능률이 향상되어 중형규모 현장에 적합하다. 뽐칠공법에는 건설신기술 제 246호인 고압스프레이방식에 의한 MDF시멘트 모르타르 단면수복 보수공법과 아질산계 하이드로탈사이트를 혼입한 단면복구 모르타르 및 밀폐형 건습식 복합 분체이송, 압송장치에 의한 콘크리트 구조물의 보수공법 등이 있다. 이와 같은 공법에는 현장 비빔을 위한 믹서, 및 뽐칠장비가 필요하다. 그러나 습식뽐칠공법은 시공현장에서 가장 중요하게 고려되어야하는 인적요인에 대한 품질변동 즉 혼합수의 첨가가 일률적으로 이루어지지 못함으로서 품질편차가 크게 발생하고, 폴리머시멘트모르타르의 생산지대가 폐기물로서 발생하게 되며 투입시 건조 폴리머시멘트모르타르의 비산에 의한 시공환경이 저해된다. 또한 압송시 호스막힘 현상이 발생하기 쉽고 압송거리가 길수록 호스막힘 현상의 발생우려가 높다. 이로 인하여 시공범위가 최대 반경 50m이내로 한정되고 그 이상의 공사범위 현장에 있어서는 공사를 중단하고 장비를 재배치함으로써 시공작업의 연속성이 불가능하다는 문제점이 있다. 따라서 최근 급증하고 있는 대형 콘크리트구조물의 보수공사에 대응하기 위한 시공방법으로서는 재료분리 및 호스막힘 현상이 발생되지 않고 시공범위를 확대할 수 있도록 연속적으로 뽐칠시공하기 위한 재료공급 및 믹싱, 펌핑, 뽐칠 시공시스템이 요구되어진다.

4) 수중보수공법

현재 건설신기술에 등록된 국내에서 적용하고 있는 수중구조물 보수공법은 1가지로 조사되었다. 조사된 공법은 비정질의 실리카를 이용한 콘크리트구체강화 및 수성아크릴, 에폭시, 폴리머를 이용한 방식, 보수, 보강복합화공법으로 가넷혼입 수성 아크릴 폴리머 모르타르와 V.O.C 삭감형 수중 접착 엑폭시 모르타르를 이용한 공법이 있다. 이공법은 수중 콘크리트 부위에 주입공법과 동일한 방법으로 표면을 도포할 수 있도록 압송 주입하는 방법이 사용되며, 주입호스 및 펌프 등이 필요하다.

3. 국외기술현황

유럽을 비롯하여 미국, 일본 등 많은 선진외국에서는 오래 전부터 수리 구조물용 보수 재료 및 공법에 대한 연구가 지속적으로 이루어져 다양한 재료 및 공법이 적용되고 있다. 특히, 캐나다의 경우 브리티시 콜롬비아 대학에서 라텍스 개질 강섬유보강 숏크리트로 수리시설물을 보수하여 우수한 성능을 발휘한 연구결과를 가지고 있다. 이는 라텍스의 우수한 물리·역학적 성능 및 내구성능과 작업성에 의한 것으로 파악되고 있다. 이밖에 다양한 방법으로 수리구조물의 보수를 위한 라텍스의 적용에 대한 연구가 이루어지고 있으나 실제적으로 본 연구에서 개발하고자 하는 항상 물과 접해있거나 수중에 노출되어 있고, 작업장소가 협소하며, 구조물의 규모가 작은 농업시설 콘크리트 구조물에 적용하기 위한 연구는 거의 없고 연구가 시작하는 단계이다.

4. 기술동향 분석 결론

현재까지 개발된 보수재료 및 공법에 대한 분석결과 다양한 공법들이 개발되어 적용되고 있는 실정에 있지만 대부분이 일반 토목 및 건축용 콘크리트 구조물에 적용하기 위하여 개발된 제품으로서 농업시설 콘크리트 구조물에 사용 시 적합성에 대한 문제점을 의심하게 된다. 특히 농업시설 콘크리트 구조물에서 발생하는 문제점에 대한 보수를 위해 적합한 공법은 아직까지 개발되어 적용되고 있지 않으며, 외국에서 국내 농업시설 콘크리트 구조물의 보수를 위한 적합한 보수재료 및 공법을 찾기도 매우 어렵다. 따라서 농업시설 콘크리트 구조물의 현재 상태를 조사 및 분석하여 열화 메커니즘에 대한 분석을 통해 보다 보수재료로서 적합한 공법의 개발이 절실한 상태이다.

농업시설 콘크리트 구조물의 보수용 재료 및 공법으로서 본 연구에서 개발하고자 하는 라텍스 개질 보수재료에 대한 연구는 해외에서도 시작하는 단계이며 현장에 적용하기 위해서는 많은 연구가 필요한 실정이다. 따라서 국내 농업시설 콘크리트 구조물의 보수재료 및 공법으로 적용하기 위한 라텍스 개질 보수재료 및 공법에 대한 선도적으로 연구를 실시하여 실제 적용하면 국익차원에서 기술력 증대의 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

5. 앞으로의 전망

농업시설 콘크리트 구조물의 보수는 일반 토목 및 건축용 콘크리트 구조물과 달리 작업여건이 불리하고 구조물의 규모가 소규모이며 항상 물과 접촉해 있거나 수중에 건설되어 있기 때문에 부설시공의 가능성이 높으며, 현재 품질관리가 적절히 이루어지고 있지 않기 때문에 이에 대한 개선이 필요한 상태이다.

본 연구의 성과로 농업시설 콘크리트 구조물용 보수재료 및 공법을 개발되면 현재 농업시설 콘크리트 구조물의 보수공사에서 부적절하게 사용하고 있는 재료 및 공법을 개선함으로써 농업시설 콘크리트의 보수공법기술을 향상시키고 노후화된 콘크리트 구조물의 수명을 최대한 연장시킬 수 있을 것으로 생각된다.

그리고 개발된 기술을 적극적으로 활용하기 위하여 발주기관 및 설계사에 자재 및 공법의 특징을 보급함으로써 추후에 발주되는 농업시설 콘크리트 구조물의 보수공사에서 적극적으로 활용될 수 있도록 조치를 할 것이고 현장 적용시 발생하는 문제점을 개선하여 개발된 보수자재와 공법이 선진국에서 사용하고 있는 자재나 공법보다 우수하게 될 수 있도록 노력할 예정이다.

6. 기술도입의 타당성

가. 농업수리시설 콘크리트 구조물의 현황

콘크리트 구조물 중 농업용 수리 구조물은 현재 총 68,000여 개소가 있으며, 이 중 약 46.7%의 시설이 30년 이상 되어 노후화된 시설물이 상당한 부분을 차지하고 있다. 이 상당수의 시설을 재시공을 할 경우 상당한 비용을 낭비하게 된다. <표 2.3>을 보면 1950년대부터 2003년까지의 수리구조물에 대한 개보수 사업비를 알 수 있다.

<표 2.3> 수리구조물 개보수 사업비

(단위:개소,ha, 백만원)

연대별	지구수	면적	투자사업비	소비자물가지수	현가액(2003년)
'50년대	1,324	579,820	827	1.0	75,070
'60년대	910	370,810	1,238		41,685
'70년대	827	215,751	7,726		47,720
'80년대	2,441	1,046,702	92,480		218,431
'90년대	3,718		899,976		1,119,791
2000	368	424,497	247,000	90.3	273,533
2001	369	434,161	252,500	94.0	268,617
2002	355	455,566	286,300	96.6	296,377
2003	368	456,790	520,040	100.0	520,040
소계	1,460		1,305,840		1,358,567
합계			2,308,087		2,861,262

이러한 농업용 콘크리트 수리 구조물의 특징중의 하나는 일반 콘크리트 구조물과는 달리 농번기에는 항상 물과 접촉되어 있거나 수중에 노출되어 있고, 반대로 농한기에는 물과 접촉이 없기 때문에 농번기에 콘크리트 조직으로 침투한 물이 동결되어 콘크리트 조직의 파괴로 구조물의 수명을 단축시키게 된다. 또한 농업시설 콘크리트 구조물의 경우 공사의 규모가 소규모이며 가장 큰 문제점으로 항상 물에 접하여 있고, 특히 수중에 있는 구조물도 있기 때문에 일반 콘크리트 구조물에 적용하고 있는 보수재료나 공법을 이용하기에는 적합하지 않다. 따라서 이를 고려한 보수재료와 공법의 개발이 절실히 필요하다.

나. 농업 수리시설 콘크리트 구조물의 종류에 따른 분류

농업용 수리시설은 수원공(저수지, 양수장, 양·배수장, 배수장, 보, 집수암거 및 관정 등)과 평야부(용배수로)로 크게 분류할 수 있다. <표 2.4>와 <표 2.5>는 각 농업용 수리시설을 수원공과 평야부로 나누어 정리하였다.

<표 2.4 > 수원공 시설현황

(단위:개소)

구분	계	농업기반공사	시·군
	시설수	시설수	시설수
계	68,018(100%)	12,685(18.6%)	55,333(81.4%)
저수지	17,820	3,323	14,497
양수장	6,212	3,152	3,060
양·배수장	123	100	23
배수장	597	508	89
보	18,113	3,932	14,181
집수암거	3,397	372	3,025
관정	21,756	1,298	20,458
기타	-	-	-

<표 2.5> 평야부 시설현황

(단위:개, Km)

구분	계	농업기반공사			시·군		
		소계	토공	공작물	소계	토공	공작물
합계	178,659	94,512	60,644	33,508	84,507	61,064	23,443
용수로	114,669	60,534	32,749	27,785	54,135	37,173	16,962
간선	26,493	15,247	5,850	9,397	11,246	7,473	3,773
지선	36,433	18,056	8,961	9,095	18,377	12,265	6,112
지거	51,743	27,231	17,938	9,293	24,512	17,435	7,077
배수로	63,990	33,618	27,895	5,723	30,372	23,891	6,481
간선	8,977	3,681	2,847	834	5,296	4,036	1,260
지선	19,696	8,557	6,590	1,967	11,139	8,513	2,626
지거	35,317	21,380	18,458	2,922	13,937	11,342	2,595

다. 농업 수리시설 콘크리트 구조물의 준공연도별 현황

수원공 시설의 준공연도별 분포를 보면 전체 68,018개소 중 1945년 이전에 준공된 시설이 22.4%이고 1946~1961년까지의 시설은 6.2%, 1962~1971년까지 시설은 18.1%로 30년 이상 된 시설이 46.7%로 거의 절반을 차지하고 있어 노후화 된 시설이 많음을 알 수 있다.

그 이후 10년 기간마다 비슷한 수량이 설치되었다. <표 2.6>은 준공연도별 수원공 현황을 나타낸 것이다.

<표 2.6> 준공연도별 수원공 현황

(단위:개소)

구분	농업기반공사					시·군				
	저수지	양·배수장	보	집수암거	관정	저수지	양·배수장	보	집수암거	관정
계	3,323	3,760	3,932	372	1,298	14,497	3,172	14,181	3,025	20,458
45년 이전	1,458	104	454	37	2	8,131	64	4,835	97	35
46~61년	768	185	626	17	3	1,771	87	733	39	3
62~71년	461	405	911	105	189	3,185	390	2,484	1,581	2,599
72~81년	280	786	1,245	92	64	1,017	1,383	4,800	1,066	1,400
82~91년	178	1,055	526	78	153	276	694	999	189	3,490
91년이후	178	1,225	170	43	887	117	554	330	53	12,458

라. 농업 수리시설 콘크리트 구조물의 실태

농업용 수리 구조물은 농번기에 항상 물이 가득 차 있고, 농한기에는 물과 접촉하지 않기 때문에 환경이 자주 바뀐다. 농번기에 차있던 물들이 농한기에 접어 들면서 콘크리트의 조직으로 침투하여 철근을 부식시키고 균열을 발생시키는 등 구조물의 노후화 현상을 일으킨다. <그림 2.1>은 현재 농업용 수리구조물의 노후화된 모습을 보여주고 있으며, <표 2.7>은 수리구조물의 파손원인에 대해 정리한 것이다.



<그림 2.1> 노후화된 농업 수리시설 콘크리트 구조물

<표 2.7> 농업용 수리구조물의 파손 원인

구분		원인
재료	사용재료	<ul style="list-style-type: none"> · 시멘트 이상응결, 수화열, 이상팽창 · 저품질 골재, 반응성 골재
	콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> · 콘크리트 속의 염화물 · 콘크리트의 침하, 블리딩 · 콘크리트의 건조수축
시공	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
	철근	<ul style="list-style-type: none"> · 배근의 부적절
	거푸집	<ul style="list-style-type: none"> · 거푸집으로부터의 누수 · 거푸집의 조기 제거 · 지지공의 침하
사용·환경	물리적	<ul style="list-style-type: none"> · 환경 온도, 습도의 변화 · 부재 양면의 온도, 습도 차 · 동결, 융해의 반복 · 표면 가열
	화학적	<ul style="list-style-type: none"> · 산 또는 염류의 화학작용 · 중성화에 따른 내부철근의 녹 · 침입 염화물에 의한 철근의 녹
구조·외력	하중	<ul style="list-style-type: none"> · 설계하중에 미달 또는 초과하는 영구하중, 장기하중 · 설계하중에 미달 또는 초과하는 동적하중, 단기하중
	구조설계	<ul style="list-style-type: none"> · 단면, 철근량 부족
	지지조건	<ul style="list-style-type: none"> · 구조물의 부등침하 · 동상

마. 기술도입의 타당성 결론

위에서 조사된 농업수리 시설 콘크리트 구조물의 현황에서와 같이 현재 보수되어야 하거나 보수를 필요로 하는 구조물이 많이 존재하는 것을 알 수 있다. 하지만 이러한 엄청난 양의 구조물을 개보수하기 위해서는 막대한 비용이 투입되어야 할 것이다. 따라서 보수에 적합한 공법의 선정 및 적용은 매우 신중하게 검토되어야 한다.

현재 농업시설 콘크리트 구조물의 보수를 위한 보수재료 및 공법에 대한 연구는 미국, 유럽, 일본 등에서 활발하게 이루어져 적용되고 있다. 특히 일본의 경우 다양한 보수재료가 개발되어 용도 및 목적에 맞게 적용되고 있다. 그러나 이와 같은 보수용 재료의 경우 국내에 수입하여 적용하기 위해서는 가격이 비싸 경제성이 악화되는 한편 국가 기술경쟁력 향상에도 바람직하지 않다. 또한, 국내에 농업시설물의 특성상 소규모이고 작업공간의 협소함의 문제점을 가지고 있어 국내의 환경에 맞는 재료 및 공법의 개발이 필요하기 때문에 외국 기술을 도입하여 적용하는 것은 바람직하지 않다.

따라서 농업수리 시설 콘크리트 구조물의 파손원인과 이에 대한 향후 대책에 적합한 공법의 개발이 매우 중요하다고 할 수 있다. 따라서 구조물의 손상 메커니즘에 대한 저항성이 우수한 재료의 개발이 우선시 되어져야 하며, 이와 함께 현장에서의 적용성이 높은 시공공법이 개발되어야 할 것이며, 이러한 특성을 만족할 수 있는 공법으로서 본 연구에서 제시하고 있는 라텍스 개질 모르타르는 매우 적합한 재료라 판단된다.

제 2 절 기대효과

농업수리 콘크리트 구조물의 보수를 통한 단면회복을 위하여 새로운 재료 및 시공공법이 적용은 기존 공법들에 비해 보다 저렴하고 내구성 증진을 통한 재보수 비용의 절감과 함께 다양한 이점을 제공할 수 있으며 이러한 새로운 재료의 평가를 통한 본 연구의 기대효과를 분석해 보면 다음과 같다.

1. 기술적 측면

개발 기술은 일반 콘크리트 구조물에서 적용하던 보수 공법과 달리 농업시설 콘크리트 구조물의 특성상 협소한 작업장소, 소규모성, 항상 물과 접촉해 있거나 수중에 노출되어 있는 특성을 고려하여 개발될 보수재료 및 공법으로서 농업시설 콘크리트 구조물의 보수공사 등에 적용하여 우수한 재료특성을 가지기 때문에 기술적 파급효과가 클 것으로 판단되며 이는 라텍스가 다음과 같은 우수한 재료적 특성을 가지고 있기 때문이다.

- 부착강도가 1.6~2.3MPa이상으로 농업시설 콘크리트 구조물과의 완전부착이 가능하다.
- 라텍스 필름막 형성 및 라텍스 고형분 충전에 의해 투수성 낮다.
- 휨·인장강도가 크므로 균열저항성이 우수하다.

이와 같이 재료적인 특성이 우수한 라텍스와 본 연구에서 개발된 농업시설 콘크리트 구조물용 보수 공법을 결합한 라텍스 개질 보수재료 및 공법은 기존 공법에 비하여 다음과 같은 장점을 가진다.

- 라텍스의 계면활성 작용에 의하여 보수작업시 작업성을 증가시킨다.
- 라텍스의 점성에 의하여 보수재료의 점착성을 증가시킴으로써 리바운드량을 감소시킴으로써 재료 손실을 감소시킨다.
- 라텍스의 혼입에 의하여 유동성 및 펴핑성을 증가시킴으로써 압송호스의 마모손상 및 파열을 방지할 수 있다.
- 라텍스는 굳지 않은 콘크리트의 공극시스템을 안정화 시켜 동결융해 저항성 등을 증가시킨다.

- 보수재료의 휨·인장강도 증가로 인한 균열을 방지한다
- 라텍스 혼입은 보수재료의 투수저항성 및 치수안정성을 증가시키는 동시에 휨인성 및 강도를 증가시킴으로서 내구성 향상을 도모할 수 있다.
- 유지관리 비용의 대폭 절감 및 사용성이 증가한다.

이와 같은 우수한 농업시설 콘크리트 구조물용 라텍스 개질 보수재료에 대한 연구를 실시하여 제조 및 실용화기술을 개발하면 기술적 측면에서 다음과 같은 성과를 얻을 수 있다.

- 고내구성 농업시설 콘크리트 구조물용 보수 재료의 개발 및 사용기술의 확립
- 보수재료 품질의 향상
- 국내외에서 선도적인 재료 및 공법 개발로 인한 기술 경쟁력 강화
- 농업시설 콘크리트 구조물용 라텍스 개질 보수 재료의 설계기준 및 시공기술의 체계화
- 라텍스 개질 보수 재료의 내구성 향상 방법의 확립
- 지식재산권(특허 및 실용실안) 확보를 통한 국가 기술경쟁력 강화

2. 경제 ■ 사회적 측면

농업시설 콘크리트 구조물용 라텍스 개질 보수재료 및 공법 개발은 농업시설 콘크리트 구조물의 특성인 작업장소의 협소함, 구조물의 소규모성, 항상 물과 접촉 및 수중에 건설되어 있다는 특성을 고려하여 개발된 재료 및 공법으로 우수한 투수저항성 및 내구성을 가지고 있어 다양한 부분의 경제성을 증가 시킬 것으로 판단되며 이를 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

- 1) 농업시설 콘크리트 구조물용 라텍스 개질 보수재료의 고품질화를 통한 내구년한의 증가로 경제성향상
- 2) 농업시설 콘크리트 구조물용 라텍스 개질 보수재료의 부착성능 등 우수한 성능을 통한 재료 손실 감소로 경제성향상
- 3) 라텍스의 사용으로 인한 투수성의 증가에 따른 내구년한 증가로 인한 유지관리 비용 감소
- 4) 농업시설 콘크리트 구조물에 적합한 보수 공법의 개발로 인한 시공비 감소와 시공 기간 단축을 통한 경제성향상

5) 지식재산권 확보에 따른 기술 수출로 경제성 확보

따라서, 농업시설 콘크리트 구조물용 라텍스 개질 보수재료 및 공법은 보수 공법으로 적용시 시공성 향상과 재료비 절감 등을 통한 예산절감에 따른 경제적 과급효과가 상당히 클 것으로 예상되며, 특히 개발기술의 재료적인 특징들로 말미암아 내구연한을 증진시킴으로써 예산절감효과를 극대화할 수 있을 것으로 기대된다.

제 3 절 활용방안

본 연구의 최종목표인 농업수리시설 콘크리트 구조물의 단면복수를 위한 최적의 재료 및 시공공법의 개발을 통해 얻어진 제품 및 시공기법은 다음과 같은 형태의 활용방안을 가질 수 있다.

1. 농업시설 콘크리트 구조물의 사용수명 연장을 위한 보수재료로 이용
2. 농업시설 콘크리트 구조물용 라텍스 개질 보수 모르타르의 최적성능을 발휘하기 위한 보수 공법의 적용
3. 신기술 신청을 통한 산업재산권 확보 및 개발 재료의 제품화를 통한 방수 및 부작을 요구하는 단면의 시공재료로 활용
4. 건축구조물 지붕이나 옥실 내부 방수모르타르 시공과 같이 방수를 필요로 하는 분야에서의 시공재료로 활용

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 개 요

본 연구는 열화 및 손상이 발생된 농업시설 콘크리트 구조물의 표면 및 단면복구에 적용하는 보수공법 개발에 관한 것으로 주요 연구개발 내용을 살펴보면, 1) 콘크리트 구조물 보수용 수용성 폴리머 모르타르 개발과 2) 개발 보수재료의 특성을 최적화하여 시공성 및 경제성을 향상시킬 수 있는 시공법 개발로 구분할 수 있으며 총 3년간에 걸쳐 실험 및 이론적 연구와 현장 적용성 평가를 실시하였다.

본 연구의 1차년도 연구는 콘크리트 구조물의 보수 성능을 최적으로 할 수 있는 수용성 폴리머 모르타르의 개발을 목표로 하였다. 이를 위하여 국내외 콘크리트 구조물의 보수재료 및 보수 공법을 조사하고 기존 제품의 성능 분석(성분분석, 배합비 분석, 물리·역학적 특성)을 통한 기존 보수재료 및 공법이 갖고 있는 문제점을 도출하여 이러한 문제점을 해결할 수 있는 수용성 폴리머 모르타르의 최적 배합비를 도출하고 기본성능(압축, 부착, 휨강도 등)을 평가하였으며 개발 보수재료가 최적의 성능을 발휘할 수 있는 보수공법을 검토하였다.

2차년도에서는 기본성능 평가가 완료된 수용성 폴리머 모르타르의 내구성능 평가를 위한 실내시험을 실시하였고 실내 모형 및 시공장비를 활용한 현장 Mock-up 시험을 통해 장비와의 적용성(재료흐름상태, 뿔칠력 등), 작업성(흙손바름, 면사무리)평가 및 실제 환경 노출하에서 내구성능 저하 정도를 평가하여 개발제품 및 보수공법의 문제점을 파악하고 개발제품 및 시공장비 등의 성능개선을 위한 지속적인 연구를 실시하였다.

3차년도에서는 1, 2차년도의 연구결과로 개발된 콘크리트 구조물 표면 및 단면복구용 수용성 폴리머 모르타르 및 보수공법을 실제 현장에 적용하여 현장 적용성을 평가하였고 이를 토대로 품질관리, 시공 및 유지관리 방안을 제시하는 것으로 연구개발이 진행되었으며 연차별 주요 연구수행내용은 <표 3.1>과 같다.

<표 3.1> 연차별 주요 연구내용

개발단계	개발기간	주요내용
연구개발 계획수립	2005. 01 ~ 2005. 04	<ul style="list-style-type: none"> · 기술개발 환경 분석 (기술경쟁력, 시장성 등) · 국내 관련기술의 수준 및 개선점 분석 · 기술개발 확보 전략 수립 (기술적, 경제적 측면) · 기술개발 목표 수립 및 개발범위 선정
연구개발 1 단계	2005. 04 ~ 2006. 04	<ul style="list-style-type: none"> · 수용성 폴리머 모르타르 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 보수재료의 성능분석(성분, 배합비, 역학적 특성 등) - 개발 보수재료의 최적배합비 도출 및 기본 성능 평가 · 수용성 폴리머 모르타르 적용을 위한 시공법 검토 및 선정 <ul style="list-style-type: none"> - 구조물의 열화상태 및 형태 분석 - 기존 보수공법의 특징 분석
연구개발 2 단계	2006.04 ~ 2007.04	<ul style="list-style-type: none"> · 개발 보수재료 및 공법의 성능개선 및 보완사항 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 개발보수재료의 성능평가(역학적 특성, 내구성능 등) - 실내 모형 실험 및 현장 Mock-up 시험 실시를 통한 성능 개선 방안 검토 및 보완
연구개발 3 단계	2007.04 ~ 2008.04	<ul style="list-style-type: none"> · 개발 보수재료 및 공법의 현장적용성 평가 및 지침 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 현장적용을 통한 개발 재료 및 공법의 성능 검증 - 시공, 품질, 유지관리 방안 제시 및 개발
특허출원	2007.12	<ul style="list-style-type: none"> · 명칭 : 콘크리트 구조물 단면 및 표면보수용 수용성 폴리머 모르타르 조성물 및 그 제조방법 · 출원번호 : 10-2007-0135717
시험시공	2008. 04	<ul style="list-style-type: none"> · 일시 : 2008. 4. 7 ~ 2008. 4. 11 · 장소 : 서울시 은평구 응암동 · 대상구조물 : 하수암거

제 2 절 기존 보수재료의 성능평가 및 분석

1. 개 요

본 연구의 농업시설 콘크리트 구조물 보수용 수용성 폴리머 모르타르 연구개발에 있어 기초자료로 활용하기 위하여 현재 국내에서 사용되고 있는 일반적인 뿔칠용 폴리머 시멘트 모르타르 제품(A), 해외에서 널리 사용되며 보강섬유가 적용되어 있는 제품(B), 국내에서 뿔칠용 제품으로 건설신기술을 획득한 제품(C)의 기본성능을 평가하였다.

2. 시험항목 및 방법

가. 흐름시험

KS F 2476 (폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법)에 준하여 흐름시험을 실시하였다. 각각의 모르타르 혼합(건비빔)을 동일하게 3분을 실시하고 적정량의 물을 첨가한 뒤 믹싱을 3.5분으로 동일하게 실시하였다.

나. 응결시간시험

응결시간시험은 KS L 5103(길모어 침에 의한 시멘트의 응결시간 시험방법)에 준하여 측정하였다. 혼합수의 온도와 실험실 온도 조건을 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 로 하였고 시험실의 상대습도는 50% 이상을 유지하였으며 습기함의 습도는 90% 이상을 유지하였다. <그림 3.1>은 길모어 침으로 응결시간을 측정하는 모습이다.

다. 압축강도시험

압축강도 시험은 KS F 2476 (폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법)에 준하여 압축강도 시험을 실시하였다. 각 제품별로 50mm 입방체 공시체를 제작 1일 후 탈형하여 2일동안 수중 양생시킨 뒤 나머지 채령동안 기건 양생을 실시하였다. 압축강도는 1일, 7일, 28일 채령을 측정하였다.

라. 휨강도시험

휨강도 시험은 KS F 2476 (폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법)에 준하여 휨강도 시험을 실시하였다. 40×40×160mm 공시체를 제작 1일 후 탈형하여 2일간 수중 양생시킨 뒤 채령 7일, 28일의 휨강도 측정을 실시하였다. <그림 3.2>는 휨강도 시험을 하는 모습이다.



<그림 3.1> 응결시간 시험



<그림 3.2> 휨강도 시험

마. 부착강도시험

부착강도 시험은 먼저 KS L 5105에 따라 배합한 모르타르로 70×70×20mm 의 공시체를 만들어 온도 20±3℃, 습도 80% 이상의 상태에서 24시간 양생시키고, 탈형한 후 6일동안 20±2℃의 물속에서 수중양생을 실시하였다. 그런 후 다시 7일 이상 양생실에서 양생시킨 뒤 KS L 6003에서 규정하는 150번 연마지를 사용하여 성형할 밀면을 충분히 연마해서 시험용 밀판에 사용하였다. 3가지 보수재료를 두께 1cm로 도포하여 28일에 40×40mm 크기의 어테치먼트를 부착하여 KS F 4715, KS F 4716 에 준하여 부착강도를 측정하였다.

3. 실험결과

가. 흐름시험

흐름시험 측정결과는 <표 3.2>와 같으며 각 제품마다 주어진 최적 수량으로 동일한 시간으로 믹싱한 뒤 흐름시험을 실시하였다. 제품 A의 경우 다른 제품들보다 밝은 색을 띠었으며 단위용적중량이 가장 낮았다. 제품 B와 제품 C는 조금 어두운 색을 띠었으며 두 제품이 비슷한 흐름값을 보였으며 다른 물성들도 비슷한 경향을 나타내었다. 제품 A의 흐름값은 조금 크게 나왔지만 뿔어붙이기에는 적당한 흐름값이라 사료되며 제품 C도 뿔어붙이기에 적당한 흐름값인 170±5mm의 조건을 만족하고 있다.

<표 3.2> 기존 보수재료의 흐름시험 결과

종 류	Flow Test (cm)			Avg. (cm)
	I	II	III	
제품 A	18.2	17.9	18.1	18.1
제품 B	16.8	17.3	17.5	17.2
제품 C	17.7	17.3	17.5	17.5

나. 응결시간

기존 제품 A, B 및 C 의 응결시간 측정결과는 <표 3.3>과 같다. 제품 A의 경우 초결이 120분, 종결이 220분으로 가장 응결시간이 길었으며 제품 B와 제품 C는 초결과 종결이 거의 비슷한 시간에 일어났다. 제품 B는 초결이 77분 종결이 200분으로 시공하기에 가장 적합한 응결시간을 보였으며, 제품 C도 제품 B와 비슷한 응결시간을 확보함으로써 시공시

적당한 가사시간을 확보할 수 있을 것이라 사료된다.

<표 3.3> 기존 보수재료의 응결시간 측정결과

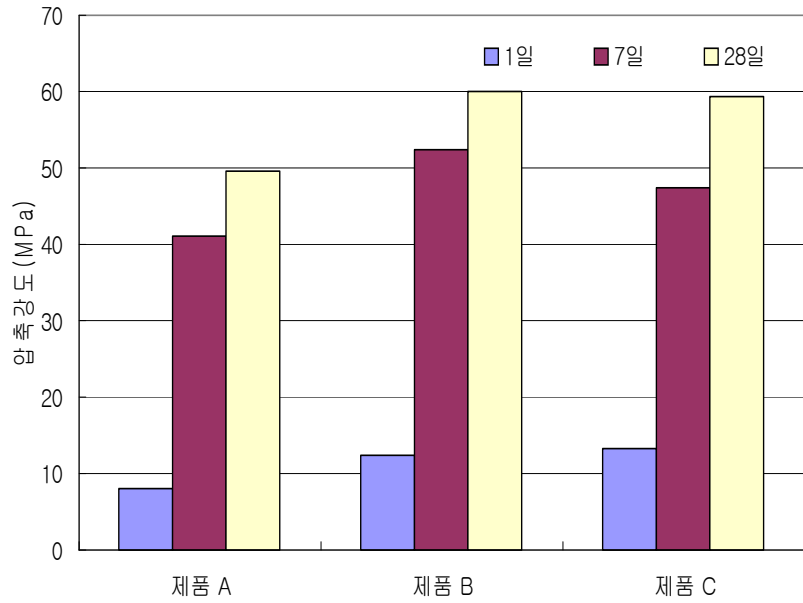
종류	응결시간(분)	
	초 결	종 결
제품 A	120	220
제품 B	77	200
제품 C	67	180

다. 압축강도

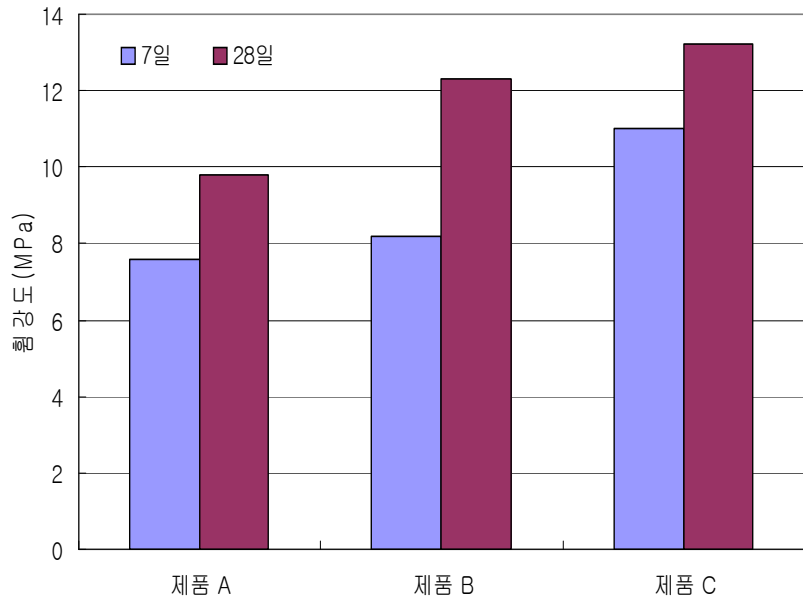
공시체 제작 1일후 탈형하여 2일간 수중양생 시킨 후 나머지 재령동안 기건 양생시킨 공시체를 재령 1일, 7일, 28일에 압축강도를 측정하였다. 각각의 모르타르 재령별 압축강도는 <그림 3.3>에 나타나있다. <그림 3.3>에서 보듯이 제품 B와 C의 재령 28일 압축강도는 60MPa 내외를 나타내었으며 제품 A의 경우에는 50MPa를 나타내었다. 세 가지 모르타르 모두 50MPa을 상회하므로 보수용 재료로써 요구되는 압축강도를 충분히 확보하였으며 재령별 강도 발현 특성 또한 안정된 모습을 보이고 있다.

라. 휨강도

기존 보수재료의 휨강도 시험결과를 <그림 3.4>에 나타내었다. 제품 A는 재령 28일에서 휨강도 9.85MPa을 나타내었으며 제품 B와 C는 12.3MPa, 13.2MPa 을 각각 나타내었다. 제품 B와 제품 C의 휨강도가 확연히 높음을 알 수 있는데 이는 제품에 혼입된 섬유영향으로 사료된다. 3가지 제품 모두 휨강도가 10MPa 내외이므로 보수용 재료로서 충분한 휨강도를 가지고 있다.



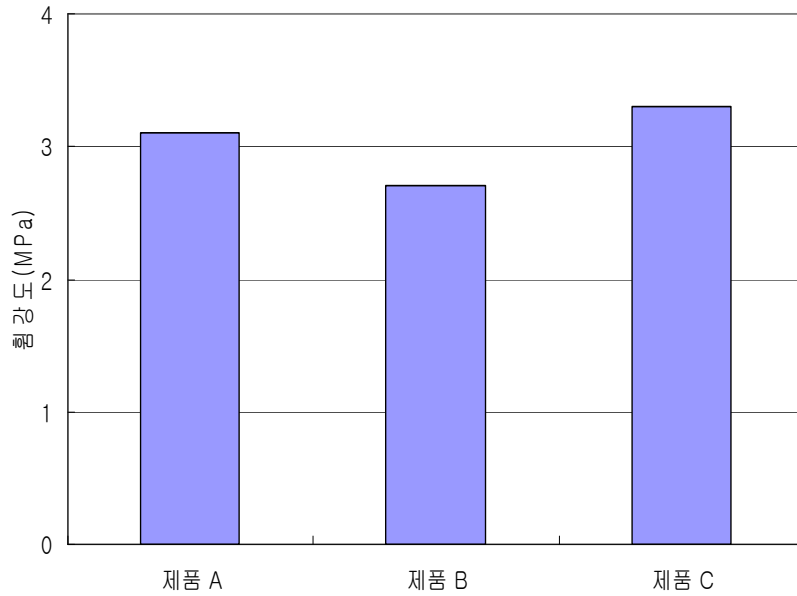
<그림 3.3> 기존 보수재료의 압축강도



<그림 3.4> 기존 보수재료의 휨강도

마. 부착강도

기존 보수재료의 경우 3가지 제품 모두 2.5MPa를 상회하는 부착강도값을 보였으며 그 결과를 <그림 3.5>에 나타내었다.



<그림 3.5> 기존 보수재료의 부착강도

제 3 절 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 기본배합비 도출

1. 개 요

수용성 폴리머 모르타르의 개발을 위하여 농업시설 콘크리트 구조물 및 부재의 종류 혹은 그것들이 놓여진 여러 환경조건, 발생 가능한 손상 종류, 손상 및 결함으로 초래되는 유해정도 등을 조사하여 구조물의 열화원인 및 서비스 수준 상태 등을 분석하고 기존 보수 재료의 기본적인 성능평가(배합비, 사용재료, 역학적 성능)을 통하여 수용성 폴리머 모르타르의 목표성능기준(표 3.4) 및 주재료(표 3.5)를 결정하였으며 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비 도출에 앞서 기본재료인 시멘트, 규사, 실리카폼의 적정 사용량 및 배합비를 도출하고자 하였다.

<표 3.4> 수용성 폴리머 모르타르의 목표성능

항 목	시험조건	목표 성능(규격)
압축강도	재령 28일 표준 양생후	50 MPa 이상
휨 강 도	재령 28일 표준 양생후	10 MPa 이상
부착강도	표준 양생 후	2 MPa 이상
중성화 저항성	중성화 촉진환경 노출 후	깊이 1mm 이하
염화물 침투저항성	AASHTO T 159, ASTM C 1202	Very low
동결융해 저항성	동결융해 촉진시험 후	80%이상 (잔존강도율, 상대동탄성계수)
내약품성	표준 양생후 (알칼리, 염해, 산 환경 등)	매우 양호함

<표 3.5> 수용성 폴리머 모르타르 구성 재료 및 역할

구성재료	규격 및 성분	역 할
시멘트	1종 보통 포틀랜드 시멘트	<ul style="list-style-type: none"> · 강도발현 및 결합재 · 콘크리트 모체와의 일체성 부여
규 사	표준사(4,6호)	· 표면조도, 장비 / 운송호스 내마모성 향상
수용성 폴리머	라텍스	<ul style="list-style-type: none"> · 유동성, 점성, 내구성능(수밀성, 동결융해 등) 향상 · 미세공극 충전, 균열발생 억제, 휨인장강도 향상 · 콘크리트 모체와의 부착성능 향상
실리카 폼	분말상 포졸란계	<ul style="list-style-type: none"> · 경화체의 치밀성 부여 및 강도증진 · 유해물질 침투 억제 및 내화학적 향상

2. 실험계획

수용성 폴리머 모르타르의 기본재료인 시멘트, 잔골재, 실리카폼을 변수로 하여 기본 배합을 실시하였다. 기본배합의 실험 항목으로는 압축강도와 부착강도, 그리고 내구성 평가의 기준으로 염소이온 투과시험을 실시하였다. 보수용 뿔어붙이기 모르타르의 적정한 흐름 값인 $170 \pm 5 \text{mm}$ 를 맞추기 위하여 유동화제를 첨가하지 않고 물-바인더 비를 조절하여 요구 흐름값을 얻을 수 있도록 하였다.

가. 배합설계

국내 기존 제품의 배합비와 사용 재료 등을 참고하고 기존 문헌 및 자료에서 배합비를 추출한 뒤 일정한 범위안에서 각 재료 범위를 2수준으로 한 모든 조합을 고려하여 <표 3.6>과 같은 배합 변수 및 범위를 결정하였고 세가지 변수 중 시멘트 및 규사만을 고려한 <표 3.7>과 같은 기본배합 및 실리카폼 혼입량에 따른 영향을 살펴보기 위한 <표 3.8>과 같은 배합설계를 실시하였으며 <표 3.8>의 HHH란 시멘트량이 High (34), 규사량이 High

(70), 혼화재 치환율이 High (30%-실리카폼)를 뜻하는 것이다.

<표 3.6> 재료별 적정 사용량 결정을 위한 배합 변수 및 범위

배합변수	배합수준	비고
시멘트	23 , 34	H사 1종 보통
규사	45 , 70	SiO ₂ > 90%
실리카폼	(B×%) 5, 30	Blain 23m ² /g

<표 3.7> 기준배합(실리카폼 무혼입)

No.	배합명	시멘트	규사
1	HH	34	70
2	HL	34	45
3	LH	23	70
4	LL	23	45

<표 3.8> 실리카폼 혼입 배합

No.	배합명	비율		SF/C (%)	사용재료량(g)		
		시멘트	규사		시멘트	규사	실리카폼
1	HHH	34	70	30	22.88	67.31	9.81
2	HHL			5	31.06	67.31	1.63
3	HLH	34	45	30	30.13	56.96	12.91
4	HLL			5	40.89	56.96	2.15
5	LHH	23	70	30	17.31	75.27	7.42
6	LHL			5	23.49	75.27	1.24
7	LLH	23	45	30	23.68	66.18	10.15
8	LLL			5	32.13	66.18	1.69

나. 실험방법

1) 압축강도, 부착강도

압축, 휨, 부착강도 시험은 제 3장 1절의 기존 보수재료의 성능평가에 사용하였던 방법과 동일하게 실시하였다.

2) 염소이온 투과시험

보수재료의 투수성은 강도뿐만 아니라 내구성에서도 중요한 의미를 갖는다. 투수성의 증가는 균열의 확장에 의해 강도를 저하시키는 작용뿐만 아니라 동결융해 및 마모 등 내구성능을 약화시킨다. 본 실험에서는 ASTM C 1202 (Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration) 에 준하여 실험을 실시하였다. \varnothing 100×200mm의 실린더형 공시체를 2단 봉다짐으로 제작하여 재령 28일 동안 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 온도로 수중 양생한 뒤 공시체의 가운데 부분을 \varnothing 100×50mm로 절단해서 실험을 실시하였다. 각 제품별로 3개의 공시체를 제작하여 절단 후 공시체 내부의 갇힌 공기를 제거하기 위해 데시게이터 안에 넣고 진공펌프를 3시간 동안 작동시킨 후, 다시 공시체를 물로 포화시키기 위하여 데시게이터 안에 물을 넣어 1시간 동안 펌프를 작동시켰다. 그 후에 진공펌프의 작동을 중지시키고 공시체를 물 속에서 완전히 포화시킨 상태로 18 ± 1 시간 동안 유지하였다. 상기와 같이 투수시험을 위한 공시체 준비단계가 끝난 후 투수성을 시험하기 위하여 공시체를 A.V.Cell(Applied Voltage Cell, 그림 3.5)에 고정시킨다. A.V.Cell의 (+)전극에는 0.3N의 NaOH 용액을 채우고, (-)전극에는 3%의 NaCl 용액을 채운 후 공시체에 직류 60V를 공급하여 6시간 동안 흐른 전류값을 측정하였다. <표 3.9>는 ASTM C 1202에 명시되어 있는 염소이온투과 전하량에 대한 콘크리트의 투과성능 평가기준을 정리한 것이다.

<표 3.9> ASTM에서 제시한 염소이온 투과 평가 기준

Charge passed (Coulombs)	Chloride permeability
> 4,000	High
2,000~4,000	Moderate
1,000~2,000	Low
100~1,000	Very low
<100	Negligible

3. 실험결과

가. 흐름시험

흐름시험 측정 결과는 <표 3.10> 및 <표 3.11>과 같다. 실리카폼이 혼입된 배합의 실험결과를 살펴보면 실리카폼의 혼입율이 커지면 소정의 흐름값을 얻기 위하여 물-바인더 비가 커짐을 알 수 있다. 또한 기본배합과 실리카폼 혼입 배합의 물-바인더 비가 추후 폴리머가 혼입되는 배합에 가서는 폴리머의 불-베어링 효과와 계면 활성제의 역할로 인하여 더욱 낮아질 것이라 사료된다. 따라서 기본배합의 물-바인더 비는 강도 비교 등의 기준이 되고 폴리머를 혼입한 배합에서 물-바인더 비의 상향 값으로 참고할 것이다.

<표 3.10> 기본배합(실리카폼 무혼입)의 흐름값 측정결과

배합명	물-바인더비(%)	흐름값(mm)	마무리성*
HH	47	175	B
HL	35	170	A
LH	65	165	D
LL	45	172	B

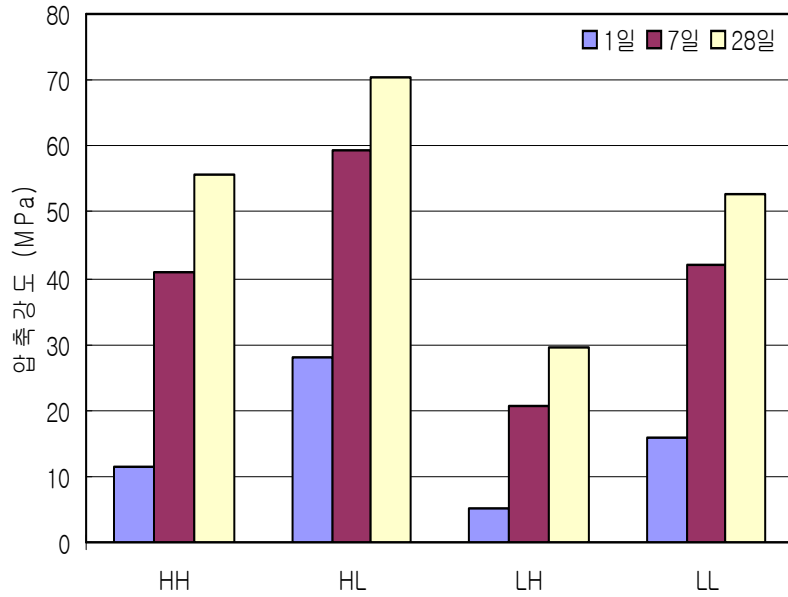
* : A(가장양호) B(양호) C(보통) D(나쁨)

<표 3.11> 실리카폼 혼입배합의 흐름값 측정결과

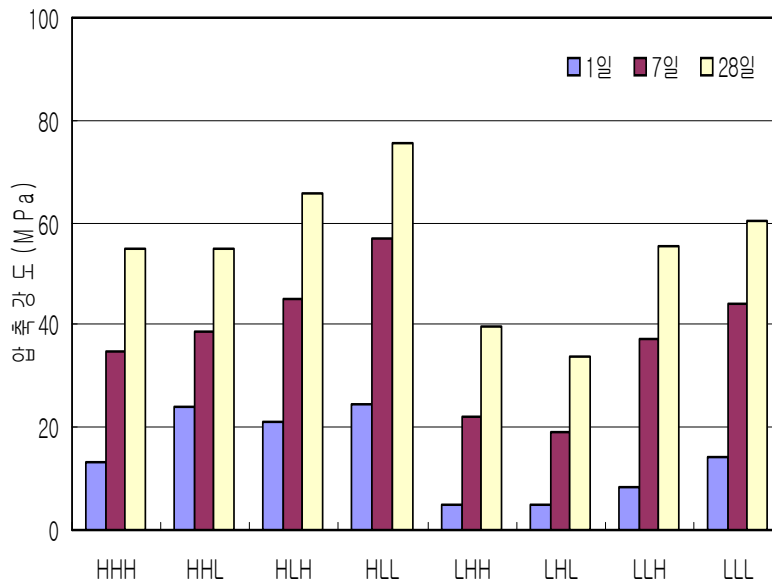
배합명	물-바인더비 (%)	흐름값 (mm)	마무리성	배합명	물-바인더비 (%)	흐름값 (mm)	마무리성
HHH	60	165	C	LHH	65	165	B
	60	165	C		65	165	B
HHL	49	170	B	LHL	65	166	B
	49	171	B		65	166	B
HLH	53	165	D	LLH	60	167	C
	53	168	C		60	167	C
HLL	40	170	C	LLL	48	172	B
	40	168	A		48	170	B

나. 압축강도

<그림 3.6>은 실리카폼을 혼입하지 않은 기본배합의 재령별 압축강도 측정 결과를 나타낸 것으로 시멘트량에 따라 압축강도 값이 변함을 알 수 있으며 실리카폼을 혼입한 배합의 재령별 압축강도를 <그림 3.7>에 나타내었다. 실리카폼 혼입 배합에서도 HL 배합은 압축강도가 너무 크고, LH 배합은 목표강도에 미치지 못하고 있다. 따라서 HH 배합과 LL 배합을 선택, 비교하여 목표성능에 맞는 배합비를 도출하고자 한다. 실리카폼의 혼입율 5%와 30%에서 압축강도는 약간의 증가는 있었지만 큰 차이는 보이지 않았다. 오히려 실리카폼의 혼입율은 압축강도 측면보다 내구성 측면을 고려한 혼입율을 찾는 것이 더욱 바람직할 것으로 사료된다. 선행된 연구 및 기존 문헌을 참고하면 실리카폼의 혼입에 있어 압축강도 및 내구성 측면에 가장 적합한 혼입율은 10% 내외를 사용하는 것이 권장되고 있다.



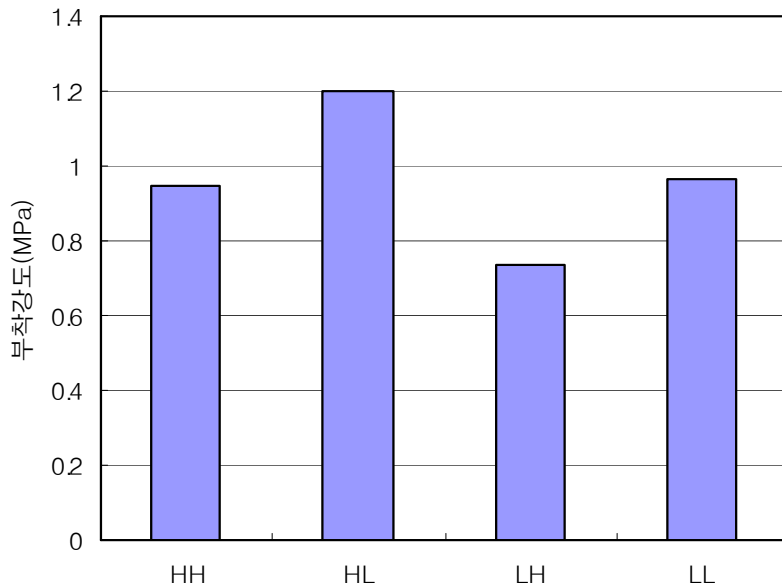
<그림 3.6> 기본배합(실리카폼 무혼입) 압축강도



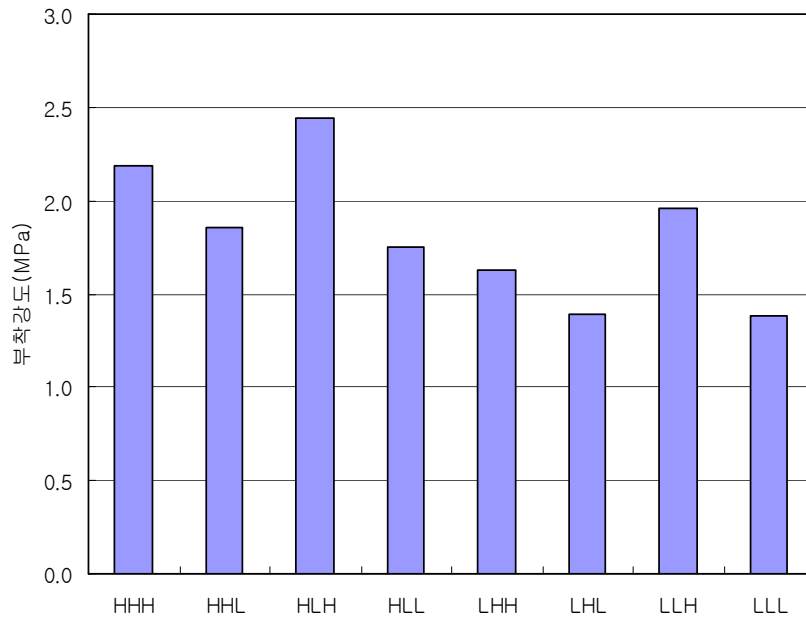
<그림 3.7> 실리카폼 혼입배합 압축강도

다. 부착강도

<그림 3.8>은 실리카폼을 혼입하지 않은 기본배합의 부착강도 측정결과를 정리한 것으로 결과를 보면 대체적으로 시멘트량에 따라 부착강도가 영향을 받는 것을 알 수 있다. <그림 3.9>는 실리카폼을 혼입하였을 때 부착강도 시험결과로 부착강도의 증가가 뚜렷함을 알 수 있다. 따라서 압축강도와 염소이온 투과시험의 결과를 고려하여 각 배합별로 기본적인 부착강도를 나타내는 HH 배합과 LL 배합을 선별하였다. 실리카폼을 혼입한 배합에서는 1.4~2.2 MPa를 나타내었지만 폴리머 및 증점제를 혼입하지 않은 부착강도로서 모두 1.0MPa 이상을 발휘하므로 추후 폴리머 및 혼화제가 혼입되면 목표 부착강도 2.0MPa를 선회하는 강도를 발휘할 수 있을 것이라 사료된다.



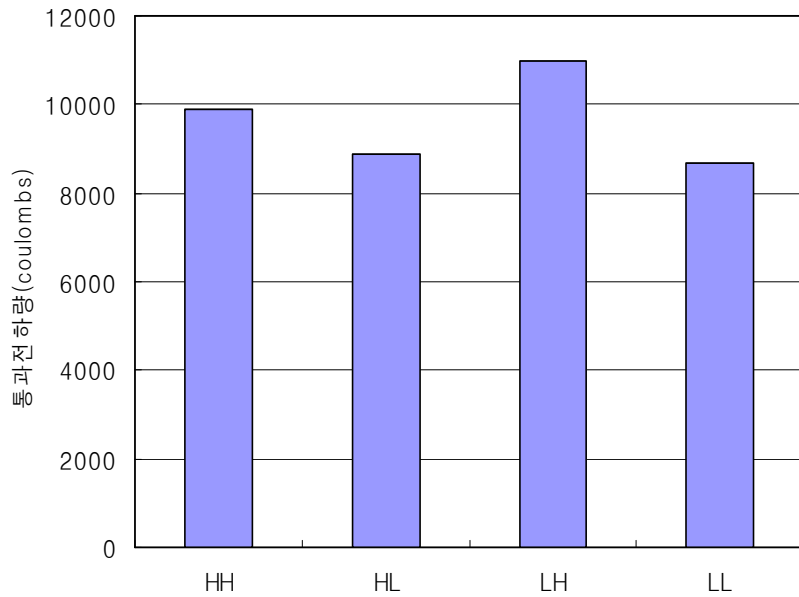
<그림 3.8> 기본 배합(실리카폼 무혼입) 부착강도



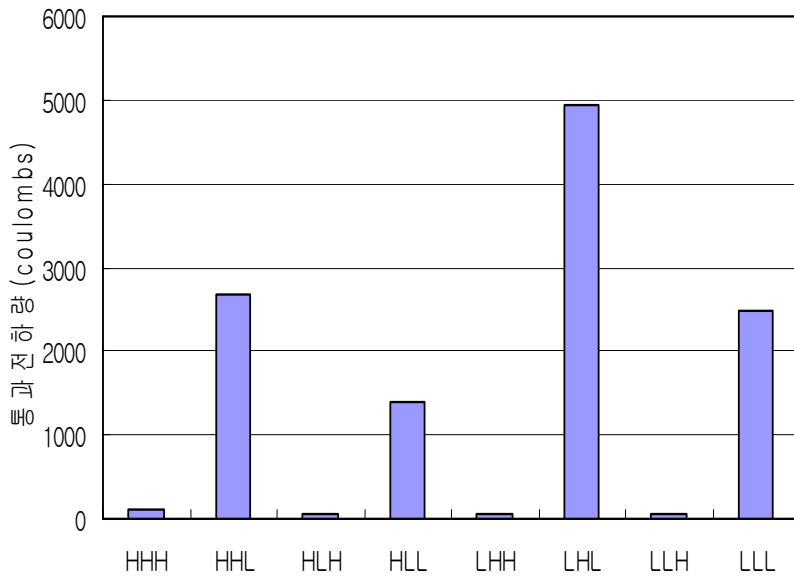
<그림 3.9> 실리카폼 혼입배합 부착강도

라. 염소이온 침투저항성

염소이온 투과에 의한 전하량 측정방법에 따라서 기본배합의 투과성을 측정하였다. 혼화재를 혼입하지 않은 기준 배합의 염소이온 투과시험 결과는 <그림 3.10>와 같다. 기본배합의 염소이온 투과시험의 결과를 보면 시멘트량에 관계없이 모두 High의 높은 투수성을 보였으며 이는 압축강도는 발현되었지만 내부의 미세구조가 치밀하지 못하기 때문에 치밀하고 내구성 있는 모르타르를 만들기 위해서는 혼화재의 첨가가 불가피하다고 판단된다. 실리카폼의 혼입에 따른 염소이온 투과 시험의 결과를 <그림 3.11>에 나타내었다. 염소이온투과시험 결과를 보면 시멘트량 및 결합재 비에 더 큰 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 동일한 시멘트 양에서 염소이온 투과시험의 결과를 보면 실리카폼의 치환율에 따라 매우 다른 값이 보이고 있다. 또한 실리카폼 치환율 30%에서는 100coulombs 미만을 모두 나타내고 있으며 5%를 치환한 결과는 Moderate~Low를 기록하고 있다. 따라서 목표성능인 Very Low를 나타내기 위해서는 30% 미만의 치환율도 고려해 볼 만하며, 5% 이상을 치환하고 추후 폴리머 및 혼화제들을 첨가하면 목표치인 Very Low를 기록 할 수 있을 것이라 사료된다.



<그림 3.10> 기본배합(실리카프리 무혼입)의 염소이온 투과시험 결과



<그림 3.11> 실리카프리 혼입배합 염소이온 투과시험 결과

4. 요약 및 결론

- 농업시설 콘크리트 구조물 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 개발에 앞서 선행된 기본배합은 대체적으로 35~65%의 물-바인더 비 사이에서 적합한 흐름값을 기록하였다. 대체적으로 실리카폼의 치환율이 커질수록 요구된 흐름값을 맞추기 위해 물-시멘트비가 커졌으나 수량 자체가 부족한 것은 아니었다. 이는 실질적으로는 반죽질기가 매우 좋았으나 실리카폼의 점착력 때문에 오히려 흐름값은 제대로 나오지 않았다. 실리카폼 사용에 따른 유동화제 및 감수제 등의 화학혼화제의 사용여부도 검토할 필요가 있을 것으로 판단되며 흐름값의 적합성보다 직접적인 반죽질기의 변화를 살펴야 할 것이다.
- 실리카폼을 혼입하였을때의 압축강도는 대체적으로 기준 배합의 압축강도 보다 조금 크게 나왔다. 대체적으로 실리카폼을 30% 치환한 배합이 가장 큰 압축강도를 나타내었지만 실리카폼의 혼입율에 따른 압축강도의 증가는 그렇게 뚜렷하진 않았다. 10% 적정량의 사용시 압축강도뿐만 아니라 염소이온, 부착강도에도 가장 좋은 성능을 나타낼 것이라 사료된다.
- 부착강도 결과에서 실리카폼의 혼입에 따른 부착강도 증진이 가장 컸으며, 물-바인더비와 시멘트량에 따라서 달라지는 결과를 보였다. 따라서 본 실험에서 기록한 부착강도의 크기는 추후 실험의 기본 데이터로 쓰일 것이다. 결과가 모두 1MPa 을 기록하여 보수재료로서 적합한 성능을 나타내었다.
- 실리카폼의 혼입에 따라 가장 큰 차이를 보인 염소이온 투과시험을 보면 30% 치환시 100 coulombs 미만을 나타낼 정도로 매우 작았다. 따라서 적정 혼입량인 10%를 사용하는 것이 압축강도 측면과 염소이온의 값에서 가장 적합한 성능을 발휘할 것이라 사료된다.
- 시멘트와 규사의 비는 모든 조건을 만족하고 있는 HH 배합과 LL 배합을 분석하여 추출하였다. HH 배합과 LL 배합의 시멘트 : 규사비가 각각 2.06 과 1.96 이므로 본 연구에서는 시멘트 : 규사비를 1:2를 사용하는 것이 가장 바람직하다고 판단된다.

- 이상의 결과를 종합하여 보면, 시멘트 : 규사비는 1:2를 사용하며 실리카폼은 적정 사용량인 시멘트 중량을 10% 치환하여 사용하는 것이 가장 바람직한 것으로 보인다. 실험배합 모두 목표 성능에 가장 부합되는 성능을 발휘하였기 때문에 라텍스 및 기타 화학혼화제를 첨가한 뒤의 성능 향상의 정도에 따라 최종 배합비를 결정할 것이다.

제 4 절 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비 도출

1. 개 요

제 3절에서는 농업시설 콘크리트 구조물 보수용 수용성 폴리머 모르타르 주재료인 시멘트, 규사, 실리카폼의 적정 사용량과 치환율을 얻기 위하여 압축강도, 부착강도, 염소이온 투과시험을 실시하였고 그 결과를 비교·분석하여 <표 3.12>와 같은 기본재료의 배합비를 도출하였다. 본 절에서는 콘크리트 또는 모르타르 혼입시 폴리머디스퍼전의 불베어링 효과로 굳지않은 모르타르(콘크리트)의 유동성이 향상되고 시멘트가 수화하는 과정에서 그 조직 속에 시멘트 수화물과 폴리머 필름과의 강고한 복합체를 형성하고 폴리머 필름막에 의해 흡수저항성이 증가함으로써 염화물 이온의 내부확산 장벽을 만들어 염화물 이온의 이동 억제 및 물, 산소확산, 중성화 억제 등에 대한 저항성이 높은 경화체를 만들 수 있는 라텍스 및 폴리머를 <표 3.12>의 배합비에 첨가한 후 특성변화를 분석하여 라텍스 및 폴리머의 적정 혼입율 및 사용량을 결정하고 추가적으로 소포제, 증점제 등의 기타 화학혼화제의 사용여부를 판단하기 위한 실험을 실시하여 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비를 도출하였다.

<표 3.12> 수용성 폴리머 모르타르 주재료의 기본배합비

기본재료	배합비 및 혼입율
보통포틀랜드시멘트	시멘트 : 규사 = 1 : 2
규사	
실리카폼	10%

2. 라텍스 및 폴리머 혼입율에 따른 특성평가

가. 배합설계

기본배합에서 얻어진 배합비에 라텍스, 폴리머를 일정한 혼입율에 따라 첨가한 후 물리·역학적 특성변화를 분석하여 라텍스 및 폴리머의 적정 혼입율을 결정하기 위하여 라텍스 혼입율은 시멘트 중량의 5%, 10%, 15%로, 폴리머의 혼입율은 0%, 0.5%, 1%로 하여

<표 3.13>과 같은 배합설계를 실시하였다. 또한 모르타르의 유동성 및 작업성 확보를 위한 목표 흐름값인 $170\pm 5\text{mm}$ 을 만족시키기 위하여 물-바인더비를 조절하였다.

<표 3.13> 라텍스 및 폴리머 혼입을 결정을 위한 배합설계

No.	시멘트 : 규사 (C : S)	실리카 폼 (C×%)	라텍스 (C×%)	폴리머 (C×%)
1	1 : 2	10	5	0
2				0.5
3				1
4			10	0
5				0.5
6				1
7			15	0
8				0.5
9				1

나. 시험항목 및 실험방법

1) 흐름시험

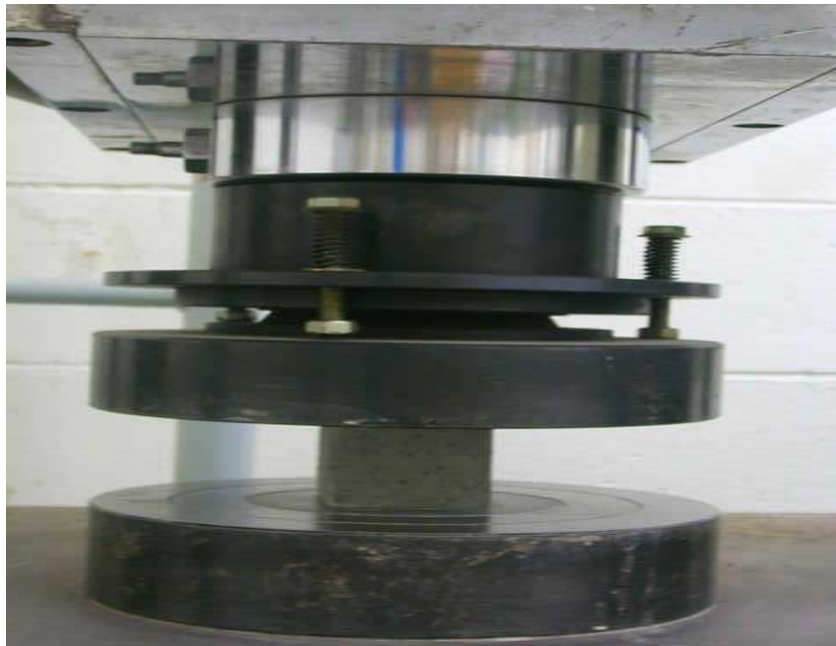
흐름시험은 KS F 2476(폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법)에 준하여 <그림 3.12>와 같이 실시하였다.

2) 압축강도 시험

50×50×50mm의 입방체 몰드를 3개씩 제작하여 KS L 5105(수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법)에 준하여 재령 1일, 14일, 28일의 압축강도 시험을 <그림 3.13>과 같이 실시하였다.



<그림 3.12> 흐름값 측정



<그림 3.13> 압축강도 측정

3) 휨강도 시험

40×40×160mm의 몰드 3개를 제작하여 <그림 3.14>와 같이 KS F 2476(폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법)에 준하여 재령 7일, 28일에서의 휨강도 시험을 실시하였다.



<그림 3.14> 휨강도 측정

다. 실험결과

1) 흐름시험 및 공기량

<표 3.14>는 배합별 흐름값 측정결과를 정리한 것으로 라텍스의 혼입율이 증가할수록 목표 흐름값을 만족시키기 위한 배합수량은 감소하는 것으로 나타났으며 라텍스의 혼입율이 일정한 경우, 폴리머의 혼입율이 증가할수록 배합수량 역시 증가하는 것으로 나타났다.

<표 3.14> 라텍스 및 폴리머 혼입율에 따른 흐름측정 결과 및 공기량

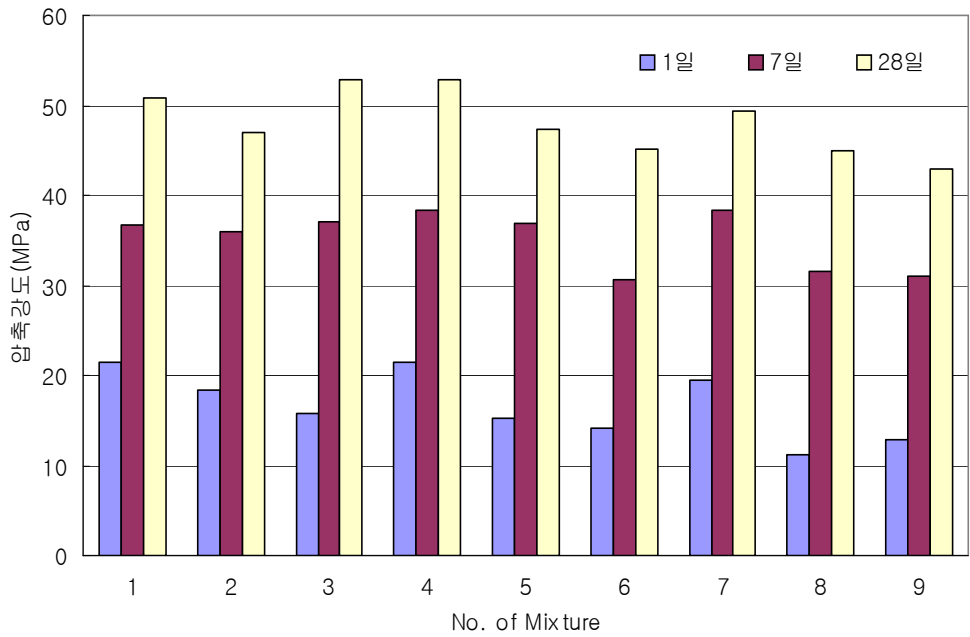
No.	W/B	Flow (mm)	공기량
1	0.33	170	6.9
2	0.37	172	8.8
3	0.38	172	7.2
4	0.3	173	7.9
5	0.36	170	9.9
6	0.36	174	6.4
7	0.27	166	6.7
8	0.34	174	7.5
9	0.34	171	8.2

나) 압축강도

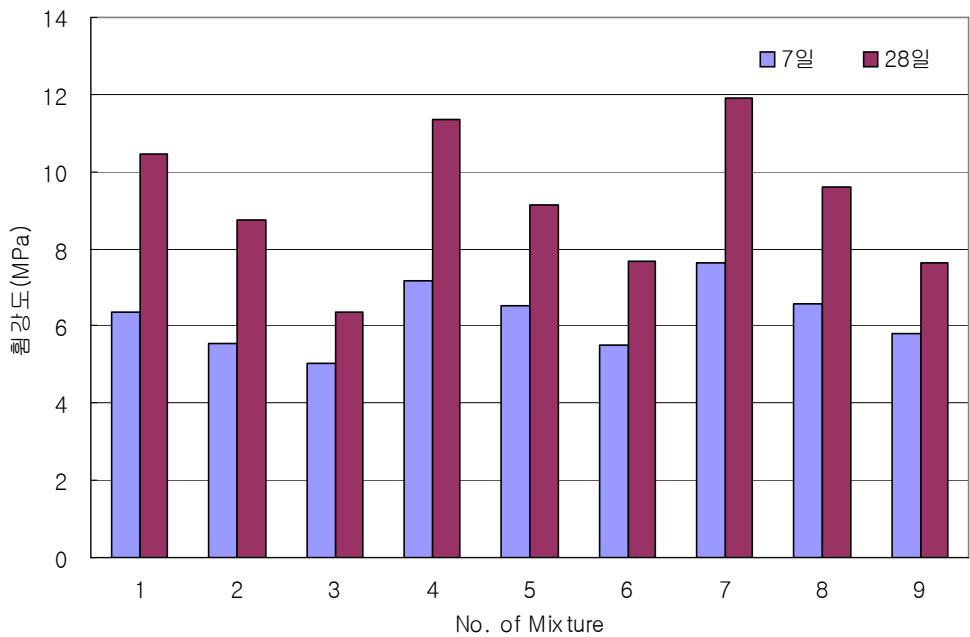
<그림 3.15>는 압축강도 시험 결과로 대부분의 배합이 재령 28일에서 목표기준강도인 50MPa를 만족하지 않았으며 흐름시험결과와 마찬가지로 라텍스의 혼입율이 일정할 경우, 폴리머의 혼입율이 증가할수록 압축강도는 감소하는 것으로 나타났다. 이는 W/B의 증가때문인 것으로 판단된다.

다) 휨강도

휨강도 시험결과는 <그림 3.16>에 정리하였고 압축강도 시험결과와 유사한 경향을 보이고 있으며 라텍스의 혼입율이 증가할수록 휨강도는 증진되는 것으로 나타났다. 이는 라텍스를 첨가함으로써 라텍스 고형분의 미세공극 충전효과와 연속적인 필름막 형성에 의한 미세균열의 진전이 억제되고 인장성능이 향상되었기 때문인 것으로 사료된다. 또한 라텍스의 혼입율이 일정할 경우, 폴리머의 혼입율이 증가할수록 휨강도는 감소하는 것으로 나타났다.



<그림 3.15> 라텍스 및 폴리머 혼입을 결정을 위한 압축강도 시험결과



<그림 3.16> 라텍스 및 폴리머 혼입을 결정을 위한 휨강도 시험결과

3. 소포제 및 증점제 사용여부 결정을 위한 특성평가

가. 배합설계 및 실험방법

일반적으로 구조물 보수용 폴리머 모르타르계 재료는 과도한 공기연행을 억제하고 제품의 점성을 증가시켜 재료분리방지, 부착력 향상, 펌핑 압송성 향상 등을 목적으로 소포제 및 증점제를 사용하고 있다. 이에 본 연구에서는 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비 도출에 있어 소포제 및 증점제의 사용에 따른 영향을 평가하고 사용여부를 결정하기 위하여 <표 3.15>와 같은 배합을 설계하였고 흐름시험, 공기량, 압축강도 및 휨강도 시험을 실시하였다.

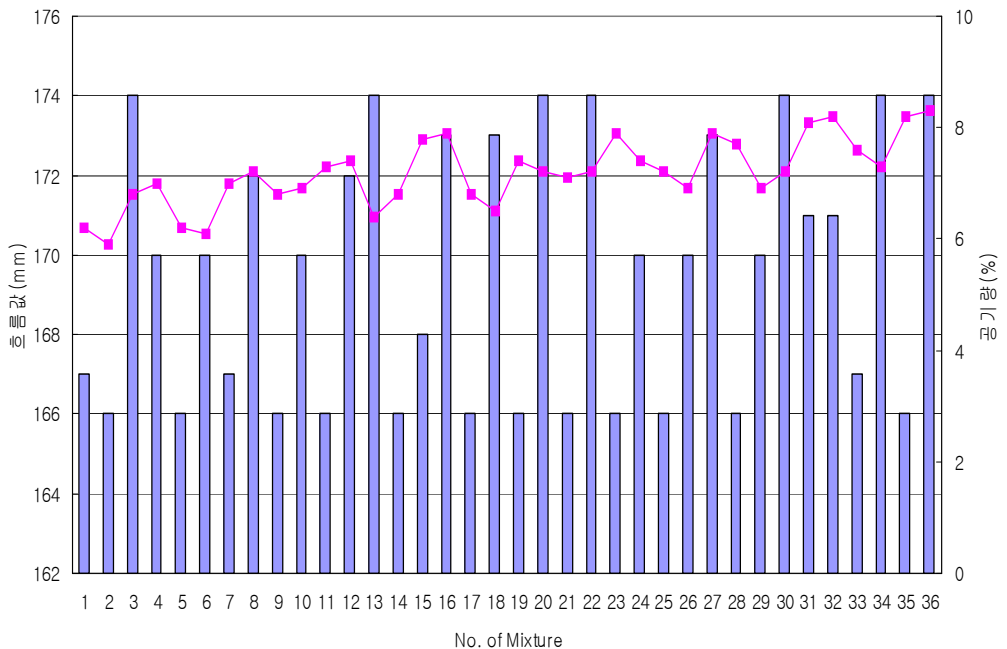
<표 3.15> 소포제 및 증점제 사용여부를 결정하기 위한 배합설계

No.	시멘트:규사 (C : S)	실리카 폼 (C×%)	라텍스 (C×%)	폴리머 (C×%)	소포제	증점제	
1	1:02	10%	5	0	○	○	
2					×	×	
3					×	○	○
4						×	×
5				0.5	○	○	
6					×	×	
7					×	○	○
8						×	×
9				1	○	○	
10					×	×	
11					×	○	○
12						×	×
13			10	0	○	○	
14					×	×	
15					×	○	○
16						×	×
17				0.5	○	○	
18					×	×	
19					×	○	○
20						×	×
21				1	○	○	
22					×	×	
23					×	○	○
24						×	×
25			15	0	○	○	
26					×	×	
27					×	○	○
28						×	×
29				0.5	○	○	
30					×	×	
31					×	○	○
32						×	×
33				1	○	○	
34					×	×	
35					×	○	○
36						×	×

나. 실험결과

1) 흐름시험 및 공기량

<그림 3.17>은 흐름값 및 공기량 측정 결과를 정리한 것으로 증점제가 첨가된 일부 배합의 경우, 재료의 점성이 증가하였기 때문에 단순한 W/B의 조절로는 목표 흐름값을 맞추는 것에 한계가 있었으며 고유동화제의 사용을 고려해 볼 필요가 있었다. 또한 공기량 시험결과를 살펴보면 라텍스의 혼입율이 적고 소포제를 사용한 배합의 경우, 공기량이 다소 감소하는 결과를 보였으나 그 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.



<그림 3.17> 소포제 및 증점에 혼입에 따른 흐름값 및 공기량

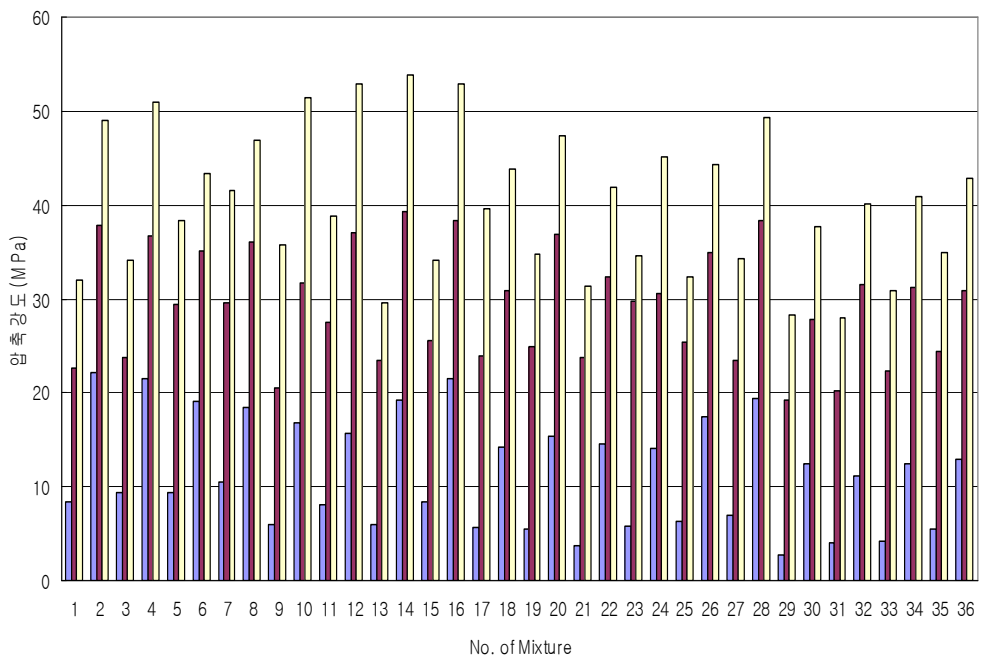
2) 압축강도

압축강도 시험결과는 <그림 3.18>과 같다. 시험결과 폴리머에 대한 영향을 살펴보면 폴리머의 사용량이 증가할수록 압축강도는 감소하는 경향을 보여주었으며 증점제의 사용 여부에 따른 압축강도 시험결과는 증점제를 사용한 배합에서 압축강도가 감소하는 경향을 보여주었다. 또한 소포제 사용에 따른 압축강도의 경향은 소포제를 사용한 대부분의 배합에서 압축강도가 다소 증가하는 결과를 보여주었다. 이는 라텍스 및 폴리머의 사용에 따른 공기량의 증가로 압축강도가 감소할 수 있는데 소포제를 사용함으로써 시험 공시체 내부의

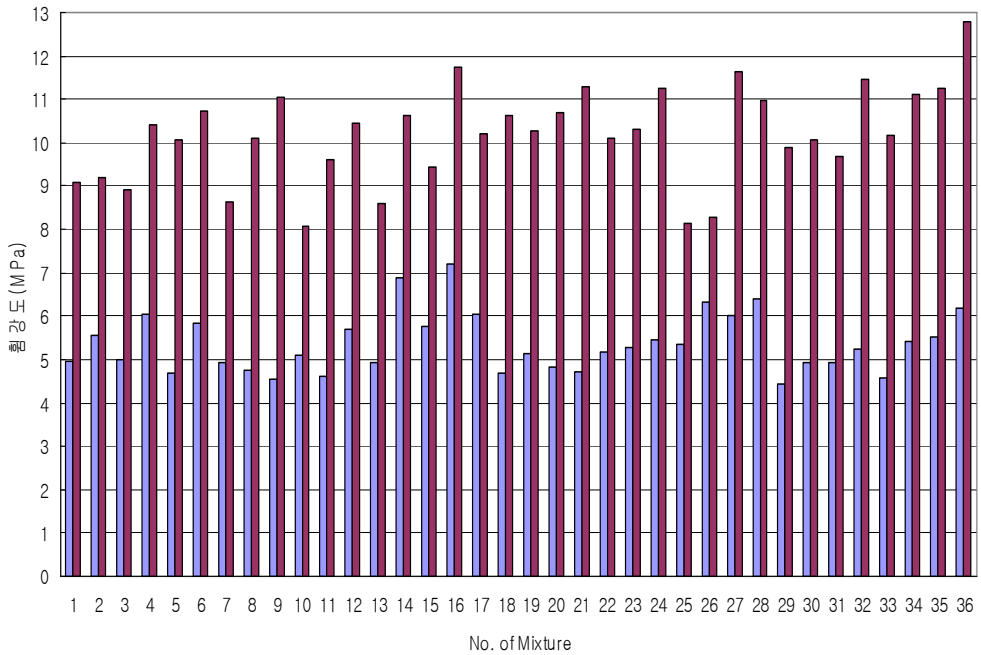
공기량을 감소시켜 강도를 유지시켜 주는 것으로 사료된다.

3) 휨강도

<그림 3.19>는 휨강도 시험결과를 정리한 것으로 압축강도결과와 마찬가지로 증점제를 사용한 배합에서 휨강도가 감소하는 것으로 나타났으며 라텍스의 혼입율이 증가할수록 휨강도가 증가하였다. 이는 앞서 말한 바와 같이 경화제 내부에서의 라텍스의 충전효과 및 연속적인 필름막 형성 등으로 인한 인장성능의 향상되었기 때문인 것으로 사료된다.



<그림 3.18> 소포제 및 증점에 혼입에 따른 압축강도 시험결과



<그림 3.19> 소포제 및 증점에 혼입에 따른 휨강도 시험결과

4. 요약 및 결론

제 3절에서 도출된 수용성 폴리머 모르타르의 기본 배합비에 라텍스, 폴리머 및 기타 화학혼화제의 사용에 따른 영향을 상기 2, 3에서 평가하였다. 그 결과 폴리머를 사용하면 강도를 만족하지 못하는 결과를 가져왔으며, 증점제의 사용 역시 강도 감소에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 소포제의 사용은 배합의 공기량을 감소시켜 강도를 증가시키는 결과를 가져왔으며 그 효과가 미비하였으며, 라텍스의 혼입률은 증가할수록 휨강도 역시 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과를 토대로 본 연구에서 개발하고자 하는 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르는 라텍스를 제외한 폴리머 및 기타 화학혼화제는 사용하지 않는 것으로 하였다. 또한 시멘트, 규사 및 실리카폼에 비해 상대적으로 고가인 라텍스의 혼입율은 경제성을 고려하여 제 2절 <표 3.4>의 목표성능을 만족시키고 있는 5%로 결정하였으며 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비는 <표 3.16>과 같다.

<표 3.16> 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비

시멘트 : 규사	실리카폼	라텍스
1 : 2	10%	5%

제 5 절 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비 도출

1. 개 요

대부분의 토목 및 건축용 콘크리트 구조물이 항시 기중에 노출되어 있는 것과 달리 농업시설 콘크리트 구조물의 경우 농번기에는 항상 물과 접촉되어 있거나 수중에 노출되어 있고, 반대로 농한기에는 기중에 노출되는 독특한 특성으로 현재 일반 콘크리트 구조물에 적용하고 있는 보수재료 및 공법 적용에는 한계가 있으며 이러한 특성을 고려한 보수재료의 개발이 필요하다. 이에 본 절에서는 제 4절에서 도출된 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르를 참고로 하여 수중에 노출된 농업시설 콘크리트 구조물 보수에 적용가능한 보수재료의 최적배합비를 도출하고자 하였다.

2. 수중 콘크리트 구조물용 보수재료의 기본배합비 결정

가. 개 요

수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비 도출에 앞서 시멘트, 규사, 실리카폼, 라텍스 이외에 콘크리트 및 모르타르 첨가시 시멘트풀 공극구조내에 존재하는 수화생성물인 수산화칼슘 및 수산화알칼리 혼합물이 침투수에 의해 석출되는 것을 억제하고 시멘트풀 중의 공극을 채움으로써 콘크리트의 투수성 및 수밀성을 개선하고 침식성 화학물질에 대한 침투저항성을 향상시킨다고 알려진 플라이애시 및 고로슬래그 미분말을 추가적으로 혼입하기로 하였으며 적절한 혼입율을 결정하기 위한 시험을 실시하여 기본 배합비를 결정하고자 하였다.

나. 배합설계

실리카폼, 플라이애시 및 고로슬래그 미분말의 세가지 혼화재료를 고려하여 통계적인 방법의 하나인 반응표면분석법(Response surface method)을 사용하였다. <표 3.17>은 결합재의 양을 통한 3개의 변수를 지정한 표이다. 국내외 문헌 및 기존 본 연구실의 많은 실험 자료들을 통하여 실리카폼 치환율의 범위를 0~7%, 플라이애시의 범위를 0~10%, 고로슬래그 미분말의 범위를 0~10%로 결정하였다. 반응표면분석법에 의해 예비실험을 위한 17개의 실험배합이 산출되었으며, 목표값은 재령 28일의 압축강도는 50MPa, 염소이온투과 저항성은 1000 coulombs 이하로 하였다. <표 3.18>은 이에 대한 배합설계를 보여준다. 실험

항목으로는 흐름시험, 압축강도 및 염소이온투과시험을 실시하였으며 흐름값 170±5mm를 맞추기 위하여 유동화제를 추가로 첨가하지 않고 물-바인더 비를 조절하여 목표 흐름값을 얻었다.

<표 3.17> 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 기본배합비 도출을 위한 변수 및 범위

Factor	Name	Units	Low actual	High actual
A	silica fume	%	0	7
B	fly ash	%	0	10
C	slag	%	0	10

<표 3.18> 반응표면분석법을 사용한 배합설계

배합명	시멘트: 규사	실리카폼	플라이애시	고로슬래그 미분말
1	1:2	0%	0%	5%
2		0%	5%	0%
3		0%	5%	10%
4		0%	10%	5%
5		3.5%	0%	0%
6		3.5%	0%	10%
7		3.5%	5%	5%
8		3.5%	5%	5%
9		3.5%	5%	5%
10		3.5%	5%	5%
11		3.5%	5%	5%
12		3.5%	10%	0%
13		3.5%	10%	10%
14		7%	0%	5%
15		7%	5%	0%
16		7%	5%	10%
17		7%	10%	5%

다. 실험결과

1) 흐름시험

흐름시험 측정 결과는 <표 3.19>에 나타나 있다. 모든 배합이 목표 흐름값인 $170\pm 5\text{mm}$ 의 범위에 들어있는 것을 볼 수 있다. 실리카폼이 혼입된 배합의 실험결과를 살펴보면 실리카폼의 혼입율이 커지면 소정의 흐름값을 얻기 위하여 물-바인더 비가 커짐을 알 수 있다. 또한 플라이애시나 고로슬래그 미분말의 치환율이 높아질수록 흐름값도 증가하는 것을 볼 수 있는데 이는 이 혼화재의 특성상 치환율이 증가하면 워커빌리티가 향상되기 때문으로 판단된다.

<표 3.19> 흐름시험 결과

배합명	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
물/바인더 (%)	0.38	0.38	0.37	0.37	0.41	0.40	0.40	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.41	0.40	0.40	0.39
흐름값 (cm)	16.7	17.1	16.8	17.0	16.8	17.0	16.9	17.2	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	16.9	16.5	17.0	16.6

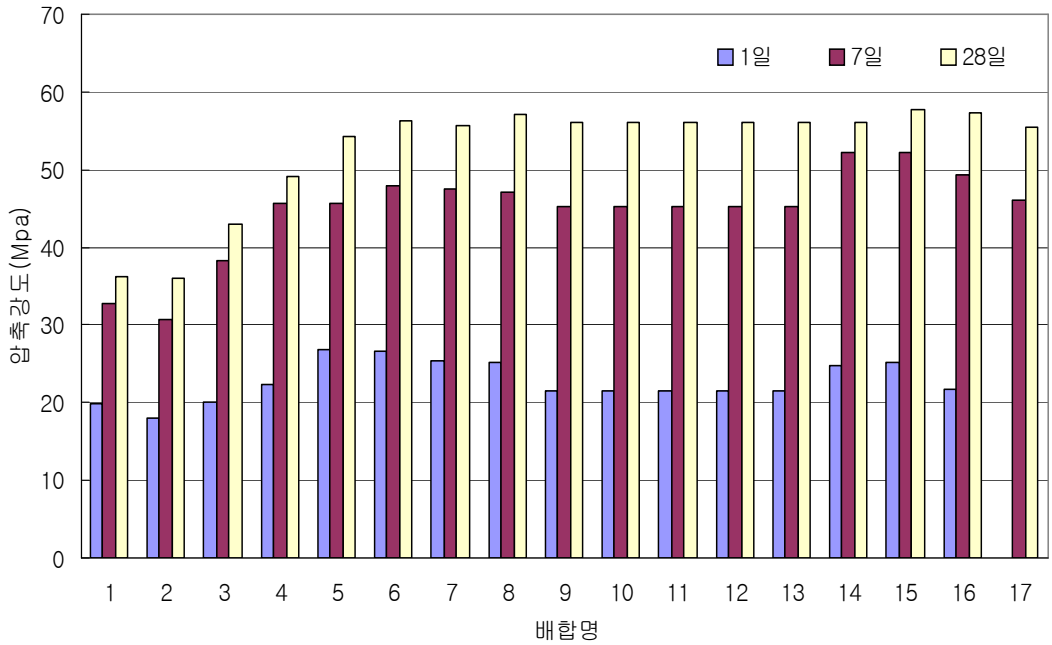
2) 압축강도시험

흐름시험에서 얻은 물-바인더 비를 사용하여 제작한 공시체의 재령 1일, 7일 및 28일의 압축강도를 측정하였으며 각 재령별 압축강도는 <그림 3.20>과 같다. 전반적으로 1일 재령시 20MPa 내외의 압축강도를 나타냈으며 재령 28일에는 1, 2, 3번 배합을 제외한 모든 배합이 목표강도인 50MPa를 상회하는 것으로 나타났다. 재령이 지날수록 안정적인 강도발현을 하였지만, 실리카폼이 0%인 배합에 비해 실리카폼을 혼합한 배합(5~13번 : 3.5%, 14~17번 : 7.0%)이 장기적으로 봤을 때 높은 강도발현을 하였는데, 이는 실리카폼을 혼합한 모르타르 내에서의 포졸란 반응으로 인해 강도발현성이 증가했기 때문으로 판단된다. 또한 플라이애시 및 고로슬래그 미분말을 치환율에 따른 강도발현은 큰 차이를 보이지 않았다.

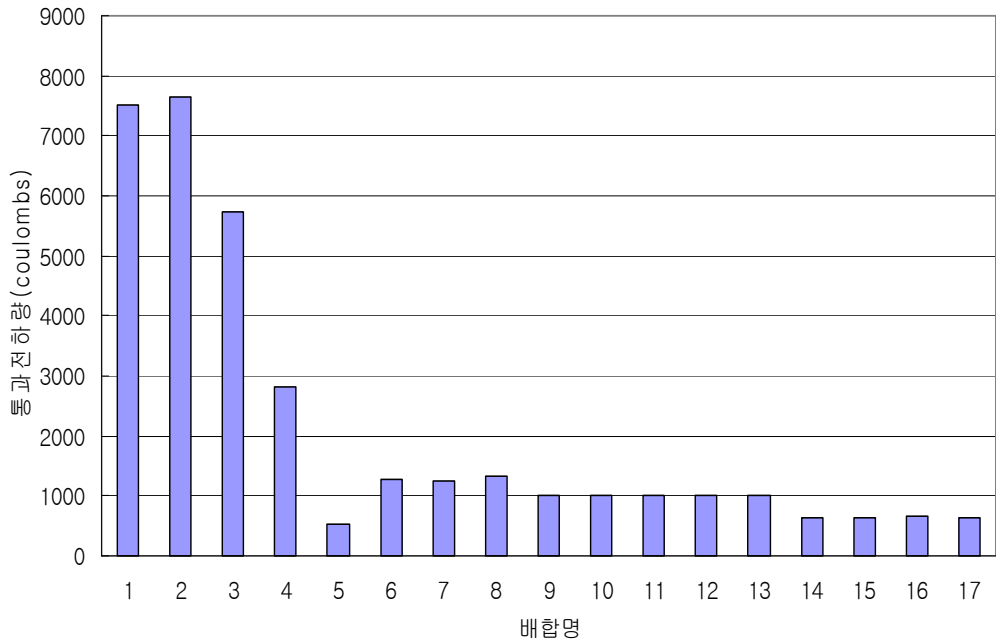
3) 염소이온투과시험

염소이온투과에 의한 전하량 측정방법에 따라서 예비시험에 대한 투과성을 측정하였으며, 이에 대한 결과는 <그림 3.21>과 같다. <그림 3.21>에서 보면 실리카폼이 0%인 배합에 비해 실리카폼을 혼합한 배합(5~13번 : 3.5%, 14~17번 : 7.0%)의 투과성이 확연하게 우수한 결과를 보였는데, 실리카폼은 매우 미세한 비정질의 실리카로 되어 있어서 수화 초

기부터 수산화칼슘과 결합하는 포졸란 반응을 하며 미세한 공극을 감소시켜 모르타르 경화체의 공극을 보다 치밀하게 하여 투과성을 감소시켰기 때문에 사료된다. 또한 플라이애시 및 고로슬래그 미분말의 혼합은 염소이온침투성에 있어서 큰 영향을 미치지 않았다.



<그림 3.20> 압축강도 시험결과



<그림 3.21> 염소이온 침투저항성 시험결과

라. 요약 및 결론

- 수중에 노출된 구조물의 보수에 적용하기 위한 라텍스 개질 보수재료의 기본 배합비 도출에 앞서 선행된 기본 배합은 대체적으로 적합한 흐름값을 보였다. 그리고 실리카폼의 혼입율이 커질수록 소정의 흐름값을 얻기 위하여 물-바인더 비가 커짐을 알 수 있다. 이는 실리카폼의 점착력 때문이라 사료된다. 또한 플라이애시나 고로슬래그 미분말의 치환율이 커질수록 흐름값이 증가하는데 이는 혼화재의 특성상 치환율이 증가하면 워커빌리티가 향상되기 때문으로 판단된다.
- 대부분의 배합이 1일 재령시 20MPa 내외의 압축강도를 나타냈으며 1, 2, 3번 배합을 제외한 모든 배합이 목표강도인 50MPa를 상회하는 것으로 나타났다. 그리고 실리카폼을 혼입한 배합이 장기적으로 봤을 때 높은 강도발현을 하였는데, 이는 실리카폼을 혼입한 모르타르 내에서의 포졸란 반응으로 인해 강도발현이 증가했기 때문으로 판단된다.

- 염소이온 투과시험을 보면 실리카폼을 혼합한 배합(5~13번: 3.5%, 14~17번: 7.0%) 이 투과성이 확연하게 우수한 결과를 보였는데, 이는 실리카폼이 매우 미세한 비정질의 실리카로 되어 있어 미세 공극을 감소시켜 모르타르의 구조를 보다 치밀하게 하여 투과성을 감소시켰기 때문으로 사료된다. 또한 플라이애시 및 고로슬래그 미분말의 혼합은 염소이온 투과성에 있어서 큰 영향을 미치지 않았다.

이상의 결과를 종합하여 보면, 실리카폼을 사용한 배합이 모두 목표 성능에 부합되는 성능을 발휘하였고, 그 혼입량이 높을수록 낮은 염소이온 투과성을 보이고 있다. 그러나 상대적으로 실리카폼의 양이 증가할수록 목표 흐름치는 만족하였으나 흐름값이 약간 감소하는 결과를 보여주었다. 본 연구에서는 목표성능과 작업성 및 경제성을 고려하여 실리카폼의 양을 최소로 하고 플라이애시 및 고로슬래그의 양을 증가시켜 성능을 만족할 수 있는 배합을 찾고자 하였으며 <표 3.20>과 같은 기본배합비를 결정하였다.

<표 3.20> 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 기본배합비

시멘트 : 규사	실리카폼	플라이애시	고로슬래그
1 : 2	7%	8.6%	14%

3. 폴리머 및 수중불분리성 혼화제 첨가에 따른 특성평가

가. 배합설계 및 실험계획

수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 기본배합비는 <표 3.21>과 같이 결정하였으며 기본배합비를 이용하여 수중불분리성 혼화제, 라텍스 및 폴리머 사용량에 따른 성능을 평가하고자 하였다. 라텍스의 혼입율은 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합 도출시 결정한 5%로 고정하였고 폴리머의 양을 0%, 0.5%로 변화시켰으며 수중불분리성 혼화제의 사용량은 1%, 1.3%, 1.5%로 하였다. 배합변수의 범위 및 배합설계는 <표 3.21>, <표 3.22>와 같다. pH, 탁도, 압축강도, 휨강도, 부착강도 시험을 실시하였으며 압축강도 및 휨강도 시험시편은 기중 및 수중에서 재령별로 각각 3개씩 제작하였으며 2회 반복하였다.

<표 3.21> 최적배합비 도출을 위한 배합변수 및 범위

재료	변수 범위
시멘트	시멘트:규사=1:2
규사	
실리카흙	7%
플라이애시	8.6%
고로슬래그	14%
라텍스	5%
폴리머	0%, 0.5%

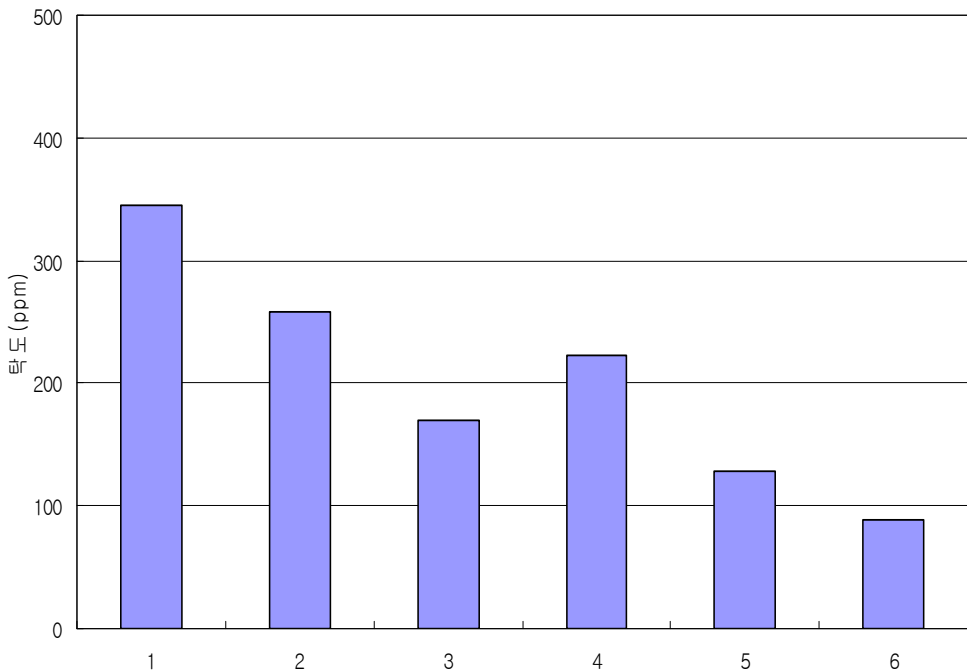
<표 3.22> 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비 도출을 위한 배합설계

No.	시멘트: 규사	실리카흙	플라이애시	고로슬래그	라텍스	폴리머	수중불분리성 혼화제
1	1:2	7%	8.6%	14%	5%	0%	1.0%
2							1.3%
3							1.5%
4						0.5%	1.0%
5							1.3%
6							1.5%

나. 실험결과

1) 탁도측정결과

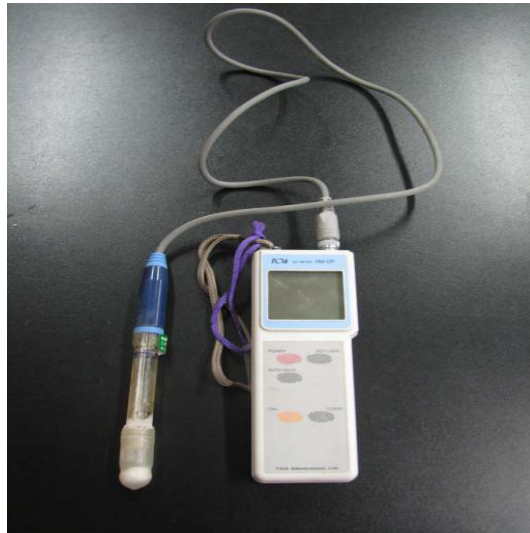
1,000cc 비이커에 800cc의 증류수를 채우고 수중불분리성 콘크리트 500g을 10등분으로 분할하여 수면에서부터 자유 낙하시켰다. 콘크리트를 자유 낙하시키는 시간은 10~20초에 끝냈다. 이 후 3분간 정치 후 비이커 내의 물을 스포이드를 이용하여 비이커 내부의 콘크리트가 혼탁되지 않도록 가만히 600cc를 분취하였다. 이 600cc의 물에 대하여 탁도계를 이용하여 탁도를 측정하였다. 시험결과 탁도는 폴리머를 사용한 배합에서 작게 나왔다. 또한 수중불분리성 혼화제의 사용량이 증가할 수록 감소하는 경향을 보여주었다. 현재까지 탁도에 대한 명확한 기준은 없고 다만 150ppm 이상이면 5급수이상으로 정의하고 있어 폴리머를 사용하지 않을 경우 모든 배합이 5급수 이상으로 나타났다. 다만 No. 3배합에서 150ppm에 근접한 결과를 보여주어 폴리머를 0.5% 사용한 No. 4배합보다는 우수한 결과를 보여주었다(그림 3.22)



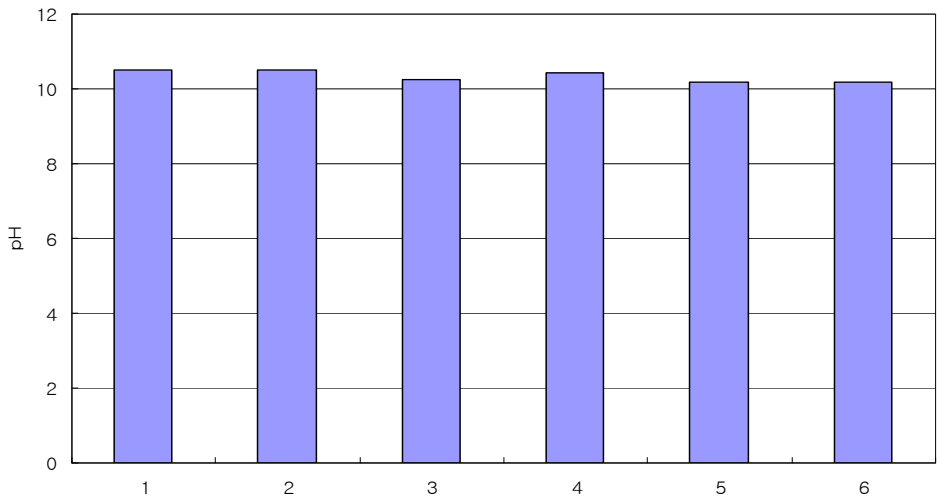
<그림 3.22> 탁도시험 결과

2) pH

<그림 3.23>은 pH 측정에 사용된 시험기구의 모습이며 탁도 측정과 동일한 방법으로 채취한 물에 대하여 pH meter를 사용하여 pH를 측정하였다. 시험결과는 <그림 3.24>와 같으며 수중불분리성 혼화제 및 폴리머 사용량에 관계없이 모든 배합에서 모두 약 pH 10 정도를 보여주어 본 연구에서 목표로 한 건설교통부 수중콘크리트 품질기준인 pH 12이하를 모두 만족시켰다.



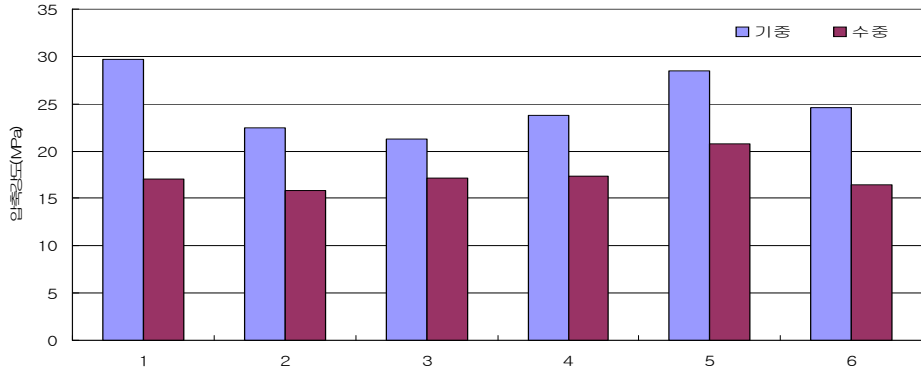
<그림 3.23> pH meter



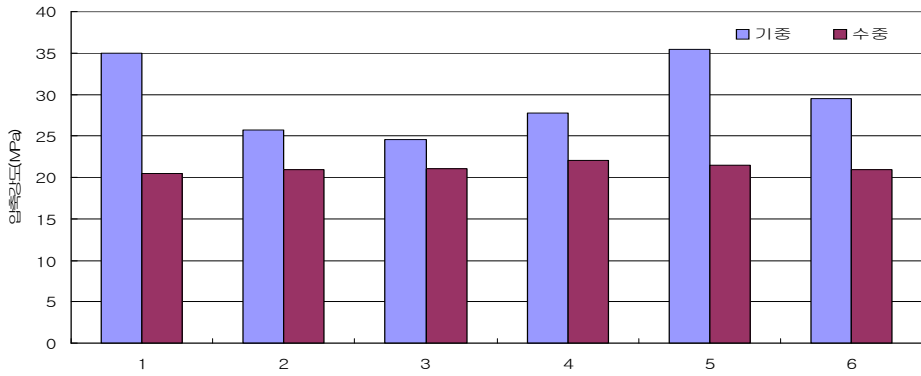
<그림 3.24> pH시험결과

3) 압축강도

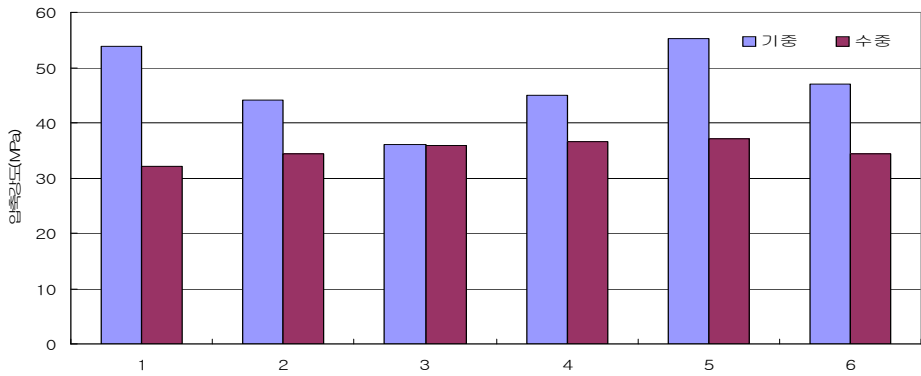
시험결과를 살펴보면 재령 28일에서 기중에서 제작된 공시체에 비하여 약 60~100%의 범위로 다양하게 나타났다(그림 3.25). 28일 기준으로 볼 때는 라텍스 5%에 폴리머 0.5%, 수중불분리성 혼화제 1.3%를 사용한 배합이 수중에서 가장 높은 강도를 보여주었다. 그러나 기중공시체의 강도와 비교한 강도 보유율 측면에서는 폴리머를 사용하지 않은 No.3 배합 즉 라텍스 5%에 수중불분리성 혼화제 1.5%를 사용한 배합이 가장 우수한 강도를 보여주었다. 이는 폴리머가 수분에 민감하기 때문에 강도 감소가 크게 발생한 것으로 폴리머를 사용하지 않은 것이 경제성 측면이나 성능 측면에서 좀더 유리한 측면이 있는 것으로 판단된다. 그러나 수중 콘크리트 구조물 보수재료에 대한 명확한 기준이 없어 추후 이에 대한 대책이 필요하다.



(a) 7일



(b) 14일

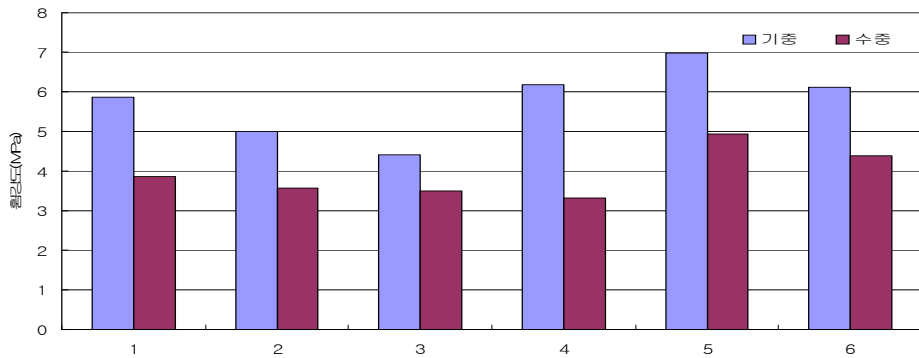


(c) 28일

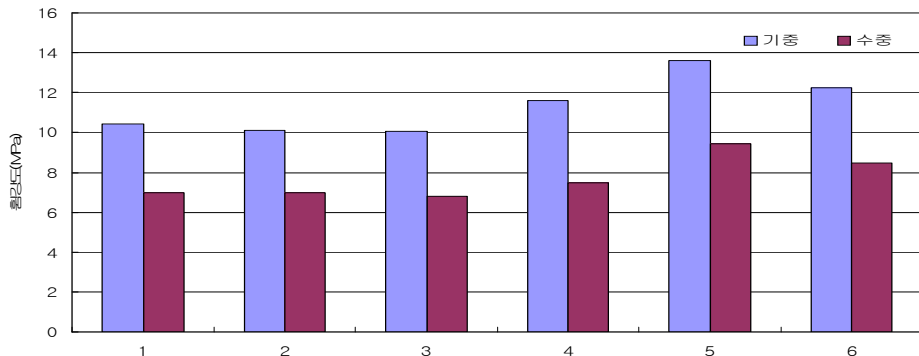
<그림 3.25> 압축강도 시험결과

4) 휨강도

시험결과를 살펴보면 재령 28일에서 기중에서 제작된 공시체에 비하여 약 65%~70%의 범위로 다양하게 나타났다(그림 3.26). 28일 기준으로 볼 때는 압축강도 시험결과와 마찬가지로 라텍스 5%에 폴리머 0.5%, 수중불분리성 혼화제 1.3%를 사용한 배합이 수중에서 가장 높은 강도를 보여주었다. 또한 수중불분리성 혼화제는 휨강도에 영향을 미쳐 사용량이 증가할 수록 강도가 감소하는 경향을 보여주었다. 이는 수중불분리성 혼화제를 사용할 경우 흐름 값은 만족시키기 위하여 배합수의 양을 증가시켰기 때문이다. 본 연구에서는 또한 경제성 등을 고려하여 휨성능의 차이가 크게 발생하지 않으면 폴리머의 사용을 감소시키고자 한다. 따라서 폴리머를 사용하지 않은 배합 중에는 수중불분리성 혼화제의 사용량이 1.5%인 배합이 가 큰 휨강도 보유율을 보여주었다. 또한 수중 콘크리트 구조물 보수 재료에 대한 명확한 기준이 없어 추후 이에 대한 대책이 필요하다.



(a) 7일



(b) 28일

<그림 3.26> 휨강도 시험결과

다. 요약 및 결론

본 연구에서는 수중에 노출되어 있는 농업시설 콘크리트 구조물용 라텍스 개질 보수 재료를 개발하기 위하여 수중불분리성혼화제 및 폴리머 사용량에 따른 시험을 실시하였다. 시험결과 폴리머는 휨강도에는 영향을 미쳤으나 압축강도 및 탁도, pH에는 영향을 미치지 않아 경제성을 고려하여 라텍스를 단독 혼입한 배합을 사용하기로 결정하였다. 또한 수중 불분리성 혼화제의 사용량이 증가할수록 탁도, pH 및 압축강도 보유율이 증가하여 본 연구에서는 1.5%의 수중불분리성 혼화제를 사용하기로 하였다. 이와 같은 시험결과를 통하여 개발된 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비는 <표 3.23>과 같다.

<표 3.23> 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비

시멘트: 규사	실리카폼	플라이애시	고로슬래그	라텍스	수중불분리성 혼화제
1:2	7%	8.6%	14%	5%	1.5%

제 6 절 기중 및 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 성능평가

1. 개 요

본 절에서는 기중 및 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 성능을 평가하기 위하여 제 4절 및 5절에서 도출된 최적배합비에 의해 실내에서 시편을 제작하고 역학적 시험(압축강도, 휨강도, 부착강도) 및 내구성능(염소이온 침투저항성, 동결융해 저항성, 중성화 시험, 내약품성 시험, 소성 및 건조수축시험, 열팽창계수 시험)을 실시하여 그 결과를 현재 국내에서 상용중인 2가지의 프리믹스 타입의 보수용 모르타르 제품(A, B)과 비교·분석하였다.

2. 기중 및 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 성능평가

가. 실험계획

기중 및 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르는 <표 3.24> 및 <표 3.25>의 최적배합비에 의해 목표흐름값인 $170\pm 5\text{mm}$ 를 만족하는 배합을 실시하고 역학적 특성 및 내구성능을 평가하는데 필요한 시험체를 각각 기중 및 수중에서 제작하였으며 성능비교를 위한 두 가지 프리믹스 형태의 보수용 모르타르는 각 제조상에서 제시하고 있는 배합비에 따라 배합을 실시하여 시험체를 제작하였다. 또한 수중 보수를 목적으로 연구된 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 경우, 재료 믹싱을 제외한 대부분 작업이 수중에서 이루어지며 수중에 존재하기 때문에 소성수축 시험, 건조수축 시험, 동결융해 저항성 시험, 열팽창계수 시험 및 중성화 시험은 실시하지 않았다.

<표 3.24> 기중 콘크리트 구조물의 보수재료의 최적 배합비

시멘트 : 규사	실리카폼	라텍스
1 : 2	10%	5%

<표 3.25> 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비

시멘트: 규사	실리카폼	플라이애시	고로슬래그	라텍스	수중불분리성 혼화제
1:2	7%	8.6%	14%	5%	1.5%

나. 실험방법

1) 압축강도

압축강도 측정은 KS L 5105에 따라 50×50×50mm의 입방체 몰드를 3개씩 제작하여 1일, 7일, 28일 재령에서 2회 반복 실험을 하였고 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 경우 수중에서 시험체를 제작하였기 때문에 재령 1일에서의 강도측정은 실시하지 않았다.

2) 휨강도

휨강도 측정은 KS F 2476에 따라 40×40×160mm의 입방체 몰드를 3개씩 제작하여 재령 7일, 28일의 휨강도를 2회 반복 실험하였고 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 경우 수중에서 시험체를 제작하였기 때문에 재령 1일에서의 강도측정은 실시하지 않았다.

3) 부착강도

KS L 5105에 따라 배합한 모르타르를 70×70×20mm의 밀판으로 이용할 공시체를 제작하여 온도 20±3℃, 습도 80%이상의 상태에서 24시간 양생후 탈형을 하고 이후 6일 동안 20±2℃의 물속에서 양생하였다. 다시 양생실에서 온도 20±2℃, 상대습도 60±10%의 조건으로 7일을 양생시킨다. 총 14일동안 양생후 KS L 6003(연마지)에서 규정하는 150번 연마지를 사용하여 사용면을 충분히 연마한다. 그 후 라텍스 개질 모르타르를 약 5mm의 두께로 도포하여 14일간 기건양생 시킨다. 그 후 중앙에 40mm×40mm크기로 절단한 후 에폭시 수지를 이용하여 어테치먼트를 부착한 후 KS F 4042에 따라 부착강도를 측정하였다.

4) 염소이온 침투저항성

모르타르 및 콘크리트의 투수성을 간접적으로 확인할 수 있는 염소이온 침투저항성 시험은 ASTM C 1202(Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Ion Penetration)에 준하여 실시 하였다. Φ100×200mm의 공시체를 제작하여 온도 20±1℃와 습도 60±5%의 항온항습실에서 기건양생을 28일 실시한 후 시편을 50mm두께로 자른다. 시편을 진공 데시케이터안에 시편을 넣고 데시케이터를 완전히 봉한 후 3시간동안 진공펌프를 작동시켜 진공상태를 유지한다. 3시간 후 시편이 잠길 정도의 물을 붓고 1시간정도 진공펌프를 작동시켜 진공상태를 유지 시킨 후 진공펌프의 작동을 멈춘 후 18±2시간동안 시편을 담가 놓는다. 그 후 염소이온 침투저항성시험에 사용되는 A.V Cell을 이용하여 공시체를 고정하고 A.V Cell의 (+)전극에는 0.3mol의 NaOH용액을 채우고 (-)전극에는 3%의 NaCl 용액을 채운 후 공시체에 직류 60V를 공급하여 6시간동안 전류값

을 측정한다.

5) 동결·융해 저항성

겨울철 동결과 융해가 반복되는 환경에서 제품의 내구성을 알아보기 위하여 KS F 2456(급속 동결 융해에 대한 콘크리트의 저항성 시험 방법)에 준하여 실험을 실시하였다. 동결·융해 시험을 실시하기 위하여 50×50×50mm의 공시체를 3개씩 준비하여 50짜이클 마다 중량변화 및 압축강도 감소율을 측정하였다. <그림 3.27>는 동결·융해 저항성 시험기 모습이다.



<그림 3.27> 동결융해 저항성 평가 시험기

6) 중성화 시험

100×200mm의 실린더형 공시체를 각각 2개씩 제작하여 23±2℃의 항온항습 조건으로 28일 동안 양생을 실시한 후 중성화 시험은 중성화 촉진 장비를 사용하여 중성화 촉진기내의 이산화탄소 촉진환경에 90일간 노출하였다. 중성화 깊이의 측정은 각각의 공시체를 할렬과괴 후 1%의 페놀프탈레인 용액을 분무하여 변색의 유무에 따른 중성화 깊이를 측정하였다. <표 3.26>에 중성화 촉진 실험조건을 정리하였으며 <그림 3.28>은 중성화촉진시험 장치의 모습이다.

<표 3.26> 중성화 촉진 실험조건

이산화탄소농도 (%, vol)	온도 (°C)	습도 (%)
10	50	50



<그림 3.28> 중성화 촉진시험장치

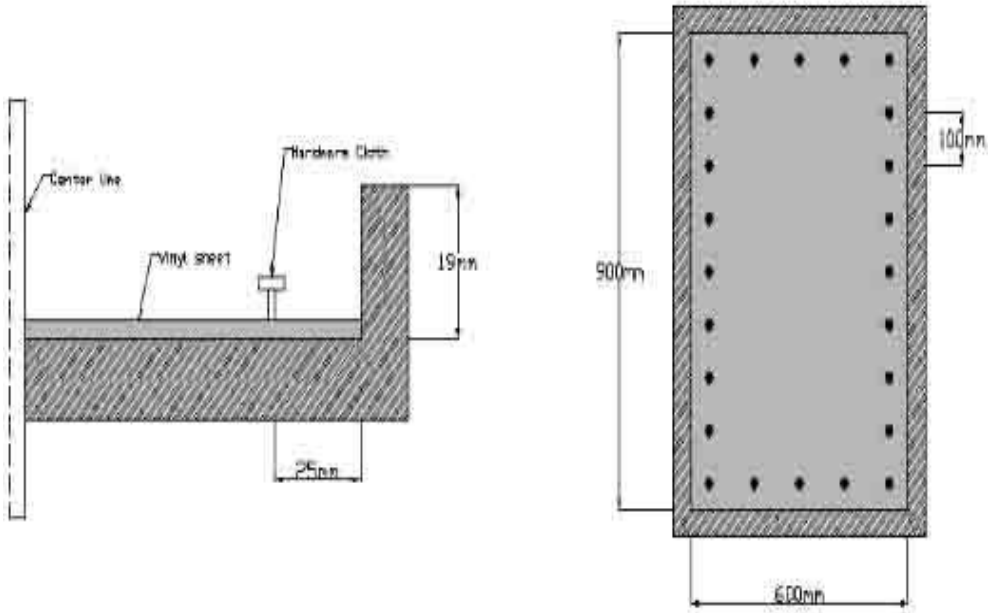
7) 내약품성 시험

50×50×50mm의 입방체 공시체를 제작하여 1일 후 탈형한 후 재령 28일간 기건 양생을 실시하였다. 그 후 CaCl₂, NaSO₄, H₂SO₄의 약품에 침지하여 침지 후 재령 30일, 40일, 50일 후의 압축강도를 평가하기 위하여 KS L 5105에 준하여 측정하였다.

8) 소성수축 시험

<그림 3.29>과 같이 900×600×19mm의 소성수축 몰드를 제작한 후 소성수축 시험을 실시 하였다. 믹싱한 모르타르를 몰드에 가득 담은 후 각 시편마다 동일한 방향으로 미장 하였다. 그 후 온도 28±3°C, 습도 40±5%, 풍속 4.5~5m/s의 항온 항습실에서 24시간동안

유지한 뒤 균열량을 측정하였다.



<그림 3.29> 소성수축 균열시험

9) 건조수축 시험

건조수축시험은 KS F 2424(모르타르 및 콘크리트의 길이변화 시험방법- 다이얼게이지 방법)에 준하여 실험을 실시하였다. 25.4×25.4×285.75mm의 시편을 제작하여 1일후 탈형을 실시한 후 즉시 측정하였다. 그 후 온도 20±1℃와 습도 60±5℃%를 유지하는 항온항습실에 공시체를 기건양생 하였다. 재령7일이 되었을 때 다시 측정을 하고 이 시점을 기준으로 하여 15주간 매주 공시체의 수축량을 다이얼 게이지로 측정을 하고 기록하였다.

10) 열팽창계수 시험

도출된 보수재료를 25.4×25.4×285.75mm의 시편을 제작하여 ASTM C 696(Standard Test Method for Coefficient of Linear Thermal Expansion of Plastics)와 KS F 2424(모르타르 및 콘크리트의 길이변화 시험 방법-다이얼게이지 방법)에 준하여 실험을 실시하였다.

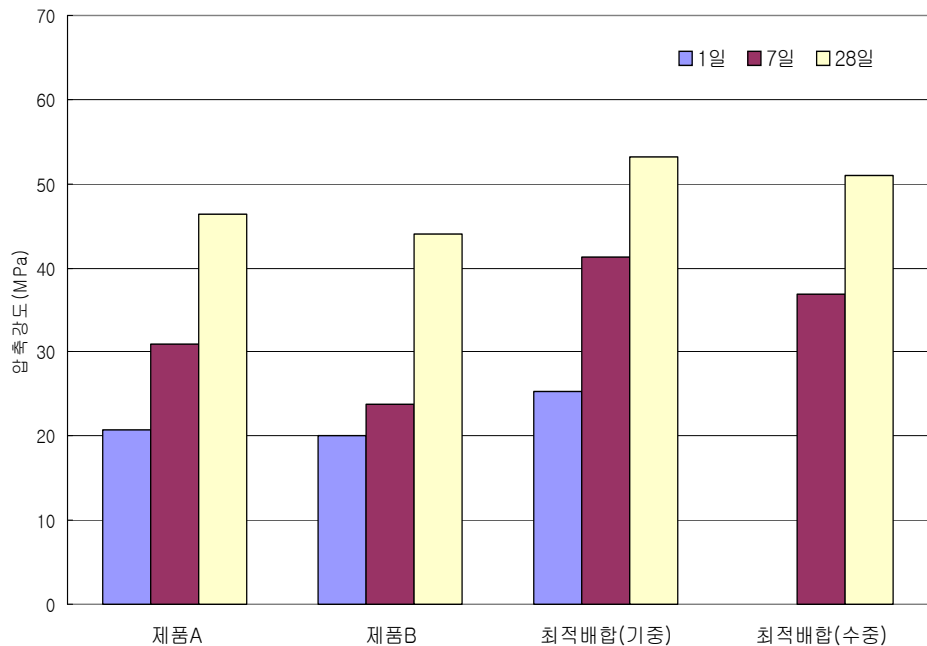
다. 실험결과

1) 압축강도

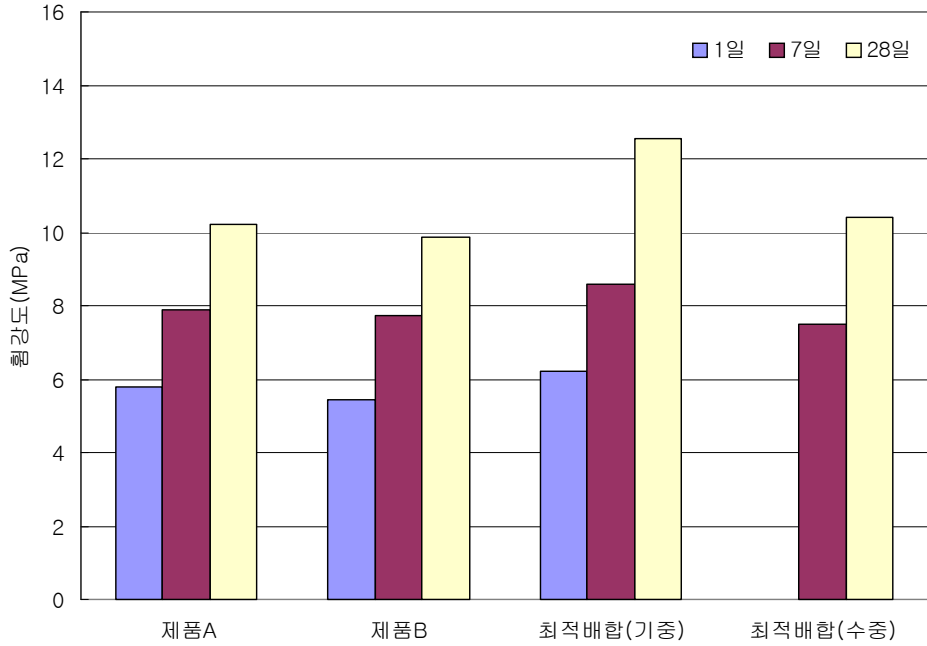
수용성 폴리머 모르타르의 압축강도 시험결과는 <그림 3.30>에 정리하였으며 기중 및 수중 최적배합을 제외한 두 제품은 재령 28일에서의 목표기준강도인 50MPa를 만족시키지 못하는 것으로 나타났다. 또한 기중재료의 경우 다른 두 제품에 비해 재령 증가에 따른 강도발현이 안정적인 결과를 보여주고 있어 본 연구를 통하여 도출된 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합의 보수재료로써 강도특성은 매우 우수한 것으로 판단된다.

2) 휨강도

<그림 3.31>에서 보듯이 휨강도 역시 압축강도 시험결과와 마찬가지로 기중 및 수중 최적배합의 경우 목표기준강도인 10MPa를 만족하는 결과를 보여주었으며 재령 증가에 따른 강도발현이 안정적인 것으로 나타났다. 제품 B의 경우 목표기준강도를 만족시키지 못하는 9.8MPa 정도의 강도값을 보였다.



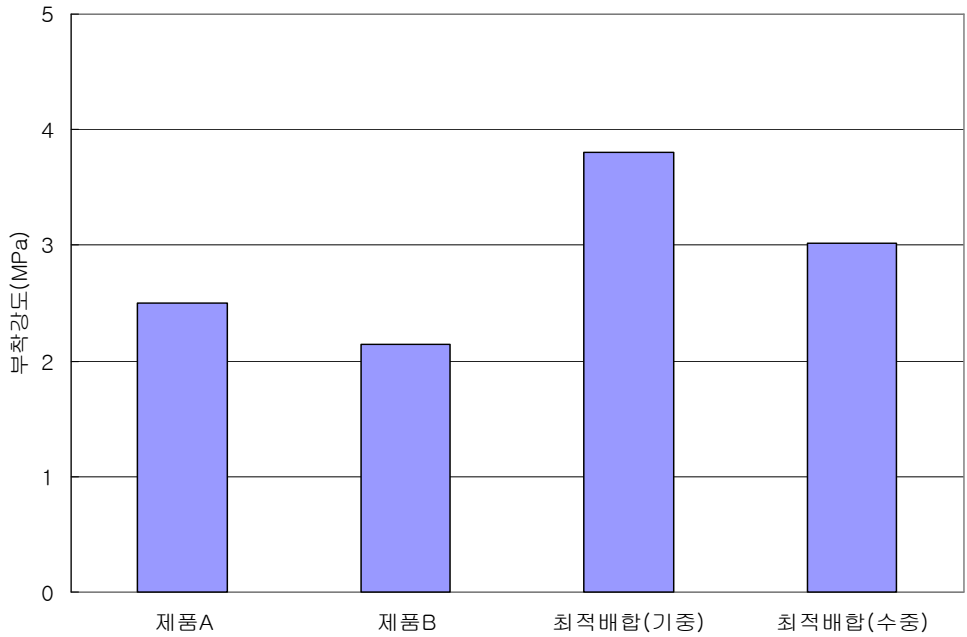
<그림 3.30> 수용성 폴리머 모르타르의 압축강도 시험결과



<그림 3.31> 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 휨강도 시험결과

3) 부착강도

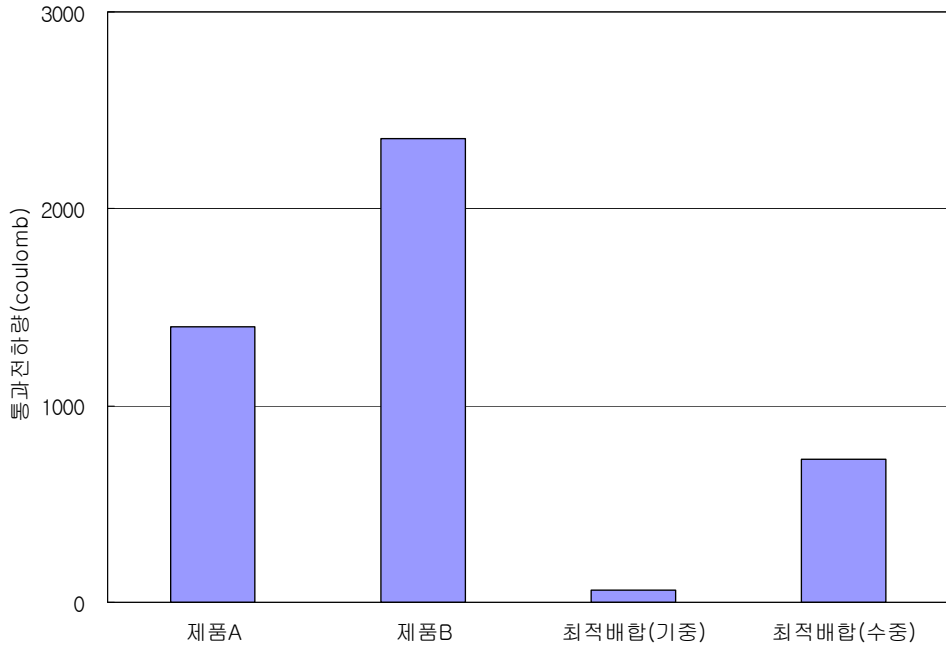
<그림 3.31>는 부착강도 시험결과로, 기중 및 수중 최적배합의 경우 목표 기준강도를 상회하였고 다른 두 제품에 비해 부착성능이 우수한 것으로 나타나 향후 수용성 폴리머 모르타르의 실제 현장 적용시 기존 구체와의 일체화 거동이 좀 더 유리하고 보수면의 박리 및 탈락을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.



<그림 3.32> 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 부착강도 시험결과

4) 염소이온 침투저항성

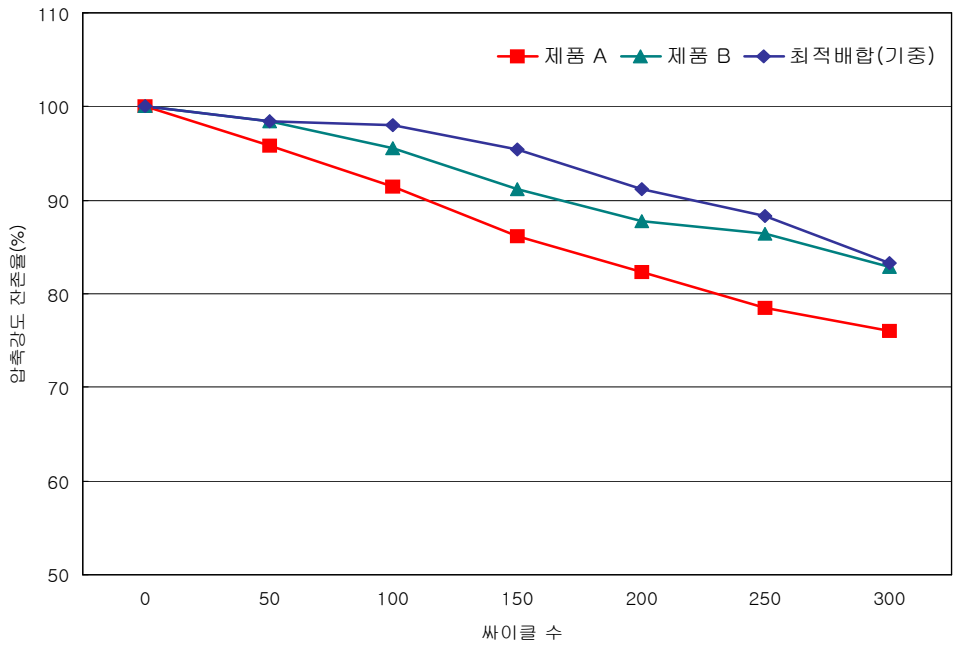
<그림 3.33>은 염소이온 침투저항성 시험 결과로 제품A의 경우 대략 1400Coulomb로서 Low범위 내에 속해있는 반면 제품B의 경우 2300Coulomb으로 Moderate범위에 속해있다. 두 제품 모두 본 연구에서 기준으로 제시한 1000Coulomb이하를 초과하는 값을 나타내었고 본 연구의 기중 및 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합들의 경우, 최적배합(기중)은 63Coulomb으로 Negligible의 범위, 최적배합(수중)은 730Coulomb으로 Very Low의 범위안에 속해있어 기존 제품에 비해 훨씬 우수한 투수저항성을 보이고 있었으며 이는 라텍스 및 실리카폼의 혼입으로 인한 시험체 내부의 구조가 치밀화되어 수분의 침투를 억제하였기 때문인 것으로 사료된다.



<그림 3.33> 수용성 폴리머 모르타르의 염소이온 투과시험 결과

5) 동결융해 저항성

동결융해 반복 후 사이클 당 압축강도 변화는 <그림 3.34>에 나타내었다. 제품 B를 제외하고는 모든 배합에서 동결융해 저항성 시험 기준인 300Cycle 동결융해 후 압축강도 잔존율 80%이상을 만족하였다. 최적배합(기중)에서 가장 좋은 압축강도 잔존율 83.3%을 보였으며 이러한 결과로 본 연구에서 도출한 적정배합의 내동결융해성은 보수재료로써 우수한 성능을 갖는 것으로 판단된다.



<그림 3.34> 수용성 폴리머 모르타르의 동결융해 저항성 시험결과

6) 중성화 저항성

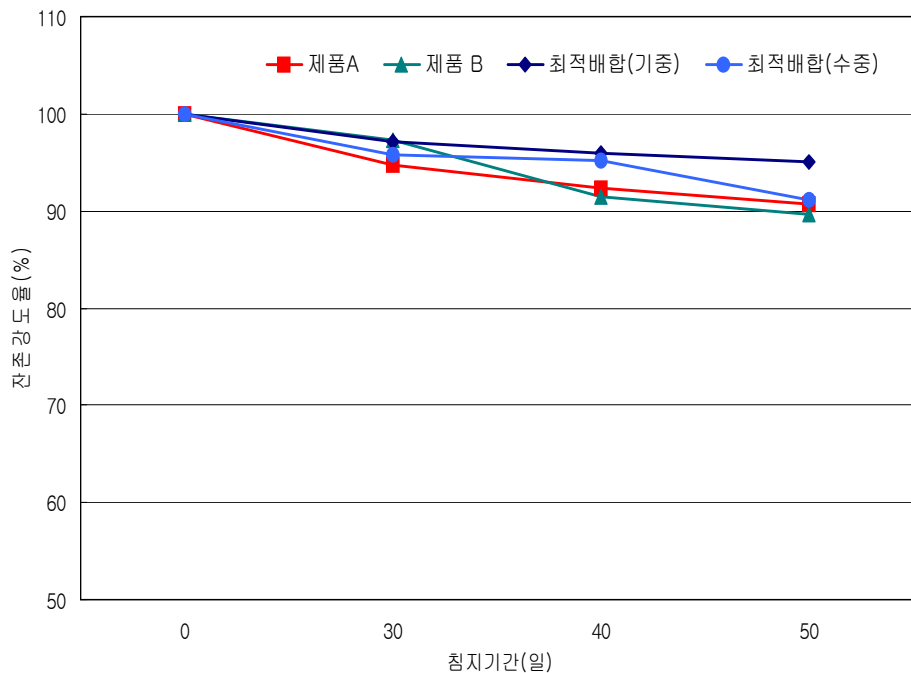
90일간 중성화 촉진 환경 노출시킨 뒤 중성화 깊이를 측정한 결과는 <표 3.27>과 같으며 최적배합(기준)만이 본 연구의 목표성능기준을 만족하는 것으로 나타났으며 다른 두 제품 역시 중성화가 진행된 깊이가 미비한 편으로 대체적으로 모든 제품이 중성화에 대한 저항성은 우수한 것으로 판단된다.

<표 3.27> 중성화 깊이 측정결과

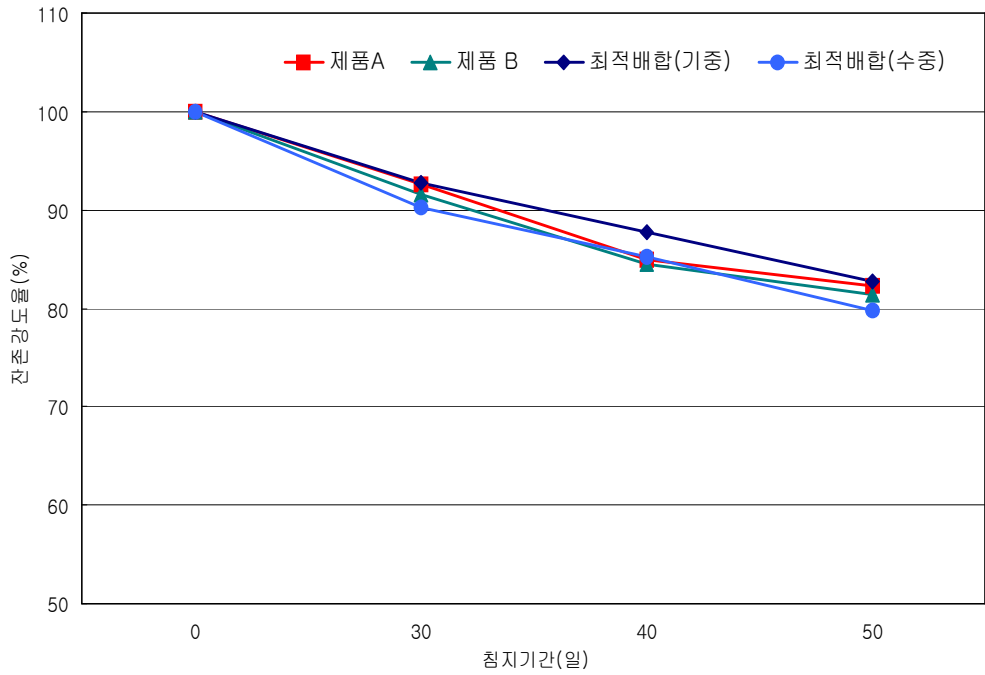
배합명	중성화 깊이 (mm)		
	1	2	평균
제품 A	2.5	2.9	2.7
제품 B	2.9	2.8	2.85
최적배합(기준)	0.5	-	0.25

7) 내약품성

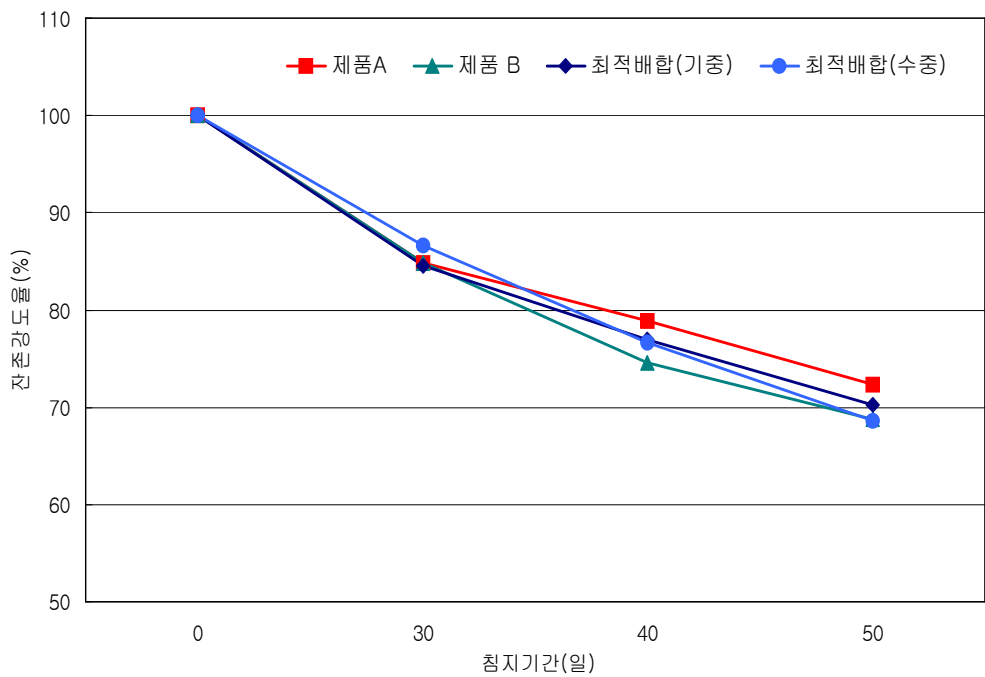
내약품성 시험 결과는 <그림 3.35>, <그림 3.36> 및 <그림 3.37>에 나타나 있다. 10% CaCl₂과 10% Na₂SO₄에서의 압축강도 잔존율을 81.43%~95.07%로 4가지 배합 모두에서 우수한 성능을 보였으나 5% H₂SO₄에서는 압축강도 감소율이 68.54%~72.30%로 낮았다. A사 제품이 72.30%로 가장 높은 압축강도 잔존율을 보인 반면 최적배합(수중)에서 가장 낮은 68.54%의 잔존율을 보였다. 대체적으로 최적배합(기중, 수중)은 기존 제품과 비슷한 성능을 갖는 것으로 나타났다.



<그림 3.35> 10% CaCl₂ 용액에 침지한 모르타르별 강도잔존율 측정결과



<그림 3.36> 10% Na₂SO₄ 용액에 침지한 모르타르별 강도잔존율 측정결과



<그림 3.37> 5% H₂SO₄ 용액에 침지한 모르타르별 강도잔존율 측정결과

8) 소성수축 시험

<그림 3.38>에서 볼 수 있듯이 기존 제품 A, B와 도출된 최적배합 모두 균열이 발생하지 않았다. 하지만 상용되고 있는 제품들의 경우 표면 미장이 잘 이루어지지 않는 것을 볼 수 있었다. 또한 경화 후 표면에 얼룩이 발생하고 부분적으로 거치름 현상이 나타났다. 이와 같은 이유는 수분의 증발이 일률적으로 이루어지지 않아 표면 마무리가 매끄럽게 이루어지지 않았기 때문이다. 그러나 최적배합비(기중)의 경우 기존 제품에 비해 마감성 및 유동성이 좋아 표면이 좀 더 매끄럽게 되었다.



(a) 최적배합(기중)

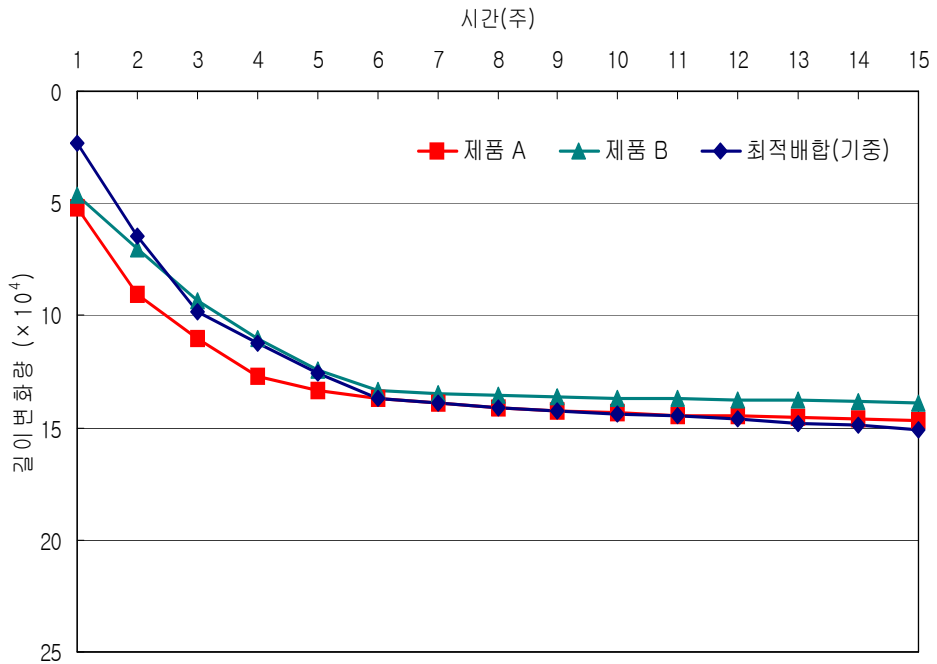
(b) 제품 A

(c) 제품 B

<그림 3.38> 소성수축시험 후 표면상태

9) 건조수축 시험

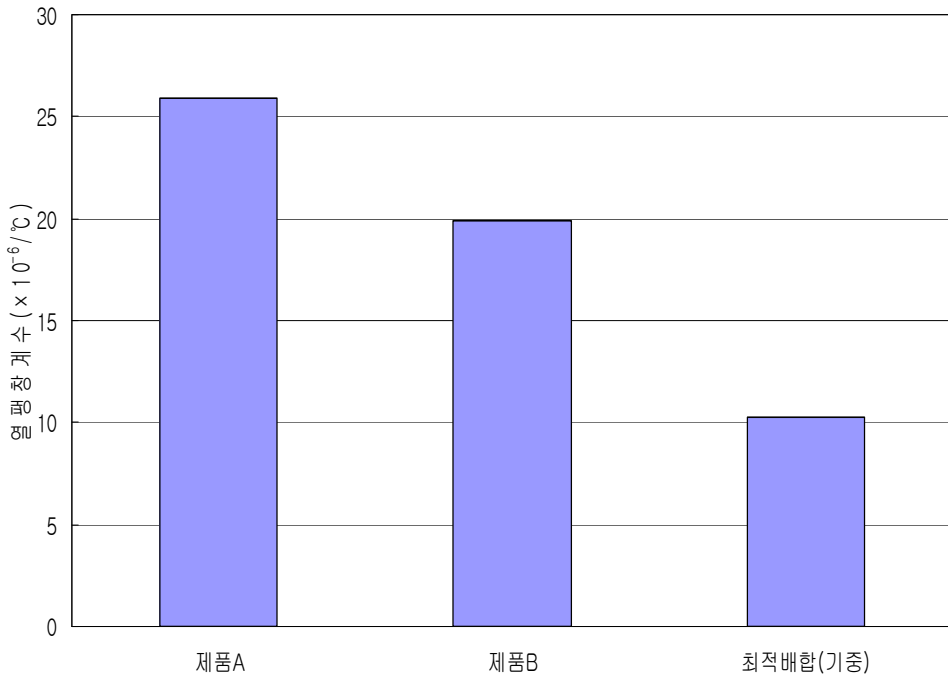
<그림 3.39>는 15주간의 건조수축 시험결과이다. <그림 3.39>에서 알 수 있듯이 건조수축은 초기에 가장 많이 발생하는 것으로 나타났으며 제품 B에서 가장 적은 건조수축량을 나타내었다. 모든 배합에서 건조수축 기준 길이변화인 20×10^{-4} 이하를 만족하는 결과를 나타내어 목표성능 기준을 만족하였으며 따라서 건조수축으로 인한 균열 및 구체 콘크리트와의 계면에서의 탈락은 발생하지 않을 것으로 판단된다.



<그림 3.39> 건조수축 시험결과

10) 열팽창계수 시험

열팽창계수는 구조물을 보수함에 따라 기존 구조물과의 일체거동을 이루는가를 알아보는 실험으로써 콘크리트의 열팽창계수는 약 $9\sim 14\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 로 알려져 있다. <그림 3.40>에서 보는 바와 같이 열팽창계수 결과는 적정배합비에서 $10.26\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 를 나타내어 기준 열팽창계수인 $10\sim 14\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 를 만족하여 기존 콘크리트와 일체거동을 이룰 수 있을 것이라 판단된다. 그러나 기존 제품의 경우 기준에 만족하지 못하는 결과 값을 나타내었다.



<그림 3.35> 열팽창계수 시험결과

3. 요약 및 결론

본 절에서는 기중 및 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 성능평가를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 압축강도 및 휨강도 시험결과 기중 및 수중 최적배합의 경우 목표강도값을 훨씬 상회하는 값을 보여주었으며 이에 비해 기존 보수 제품 A, B는 압축강도 및 휨강도 기준을 만족시키지 못하는 것으로 나타났다. 또한 수용성 폴리머 모르타르의 경우 다른 두 제품에 비해 재령 증가에 따른 강도발현이 안정적인 것으로 보여진다.
- 부착강도 시험결과 역시, 기중 및 수중 최적배합의 경우 압축 및 휨 강도 결과와 마찬가지로 목표 기준강도를 훨씬 상회하는 결과를 보여주었으며 다른 두 제품에 비해 부착성능이 우수한 것으로 나타나 향후 수용성 폴리머 모르타르의 실제 현장 적용시 기존 구체와의 일체화 거동이 좀 더 유리하고 보수면의 박리 및 탈락을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

- 간접적인 투수성을 알아보기 위한 염소이온 침투저항성 시험결과, 기중 및 수중 최적배합은 각각 63Coulomb, 730Coulomb의 통과전하량 값을 기록하여 본 연구의 목표기준인 Very Low(통과전하량 1000Coulomb이하)의 범위에 속하고 있었으며 기존 제품 A, B는 목표기준을 만족시키지 못하는 것으로 나타났다. 기중 및 수중 최적배합의 투수저항성은 기존제품에 비해 훨씬 우수한 것으로 보여지며 이는 라텍스 및 실리카폼을 혼입함에 따라 모르타르의 경화체 내부의 조직이 치밀해져 수분의 침투를 억제하였기 때문인 것으로 판단된다.
- 동결융해 저항성 시험은 기온차이에 의한 구조물의 열화정도를 판단하기 위한 시험으로 동결융해 시험 결과는 기중 최적배합 및 기존 제품 A, B 모두 잔존강도를 80%이상인 목표기준을 모두 만족하는 것으로 나타나 동결융해저항성은 모두 우수한 것으로 판단된다.
- 중성화 촉진환경 노출시킨 시편의 중성화 깊이를 측정한 결과 최적배합의 경우 중성화가 거의 진행되지 않은 것으로 나타났으며 기존 제품 A, B 역시 중성화 깊이가 2mm내외인 것으로 나타났다.
- 내약품성 시험은 화학약품의 저항성을 알아보는 시험으로써 10% CaCl_2 와 10% Na_2SO_4 용액은 기중 및 수중 최적배합과 기존 제품 A,B 모두 내약품성 기준으로 선정한 압축강도 잔존율 80%를 상회하는 우수한 성능을 보였으나 5% H_2SO_4 용액에서는 모든 배합에서 68.80%~72.30%로써 낮은 저항성을 나타내었다. 그러나 기중 및 수중 최적배합 및 기존 제품에서 비슷한 결과를 얻어 내약품성에 대한 화학저항성은 상당히 우수한 것으로 보여진다.
- 소성수축실험 결과 모든 배합에서는 육안으로 관찰되는 균열은 발생하지 않아 보수재료로써 초기균열은 발생하지 않을 것이라 판단된다. 또한 시편의 표면상태 및 마무리성은 최적배합이 가장 우수한 것으로 나타났다.
- 건조수축은 경화후의 수분증발에 의한 수축을 알아보는 시험으로써 15주간 길이변화율을 측정한 결과이다. 모든 배합에서 건조수축 기준으로 선정한 20×10^{-4} 이하를 만족하였으며 기존제품의 경우 13.88×10^{-4} 과 14.69×10^{-4} 의 결과를 얻을 수 있었다. 최적배합의 경우 15.11×10^{-4} 로써 기존의 제품에 비해 높은 건조수축율을 보였으나

기준에 만족하는 결과를 얻을 수 있었다.

- 기존 콘크리트와의 일체거동 유무를 알아보기 위한 열팽창계수 실험에서는 적정배합에서 $10.26 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 의 열팽창계수 결과를 얻어 콘크리트 열팽창계수인 약 $9 \sim 14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 와 기준으로 선정한 $10 \sim 14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 을 만족하는 결과를 얻을 수 있었다. 기존 제품에서는 약 $20 \sim 30 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 의 열팽창계수를 얻어 적정배합에서 기존 콘크리트와 일체거동을 할 수 있을 것이라 판단된다.

제 7 절 수용성 폴리머 모르타르를 활용한 보수공법 개발

1. 개 요

콘크리트 구조물은 기후변화, 온도 및 각종 하중에 의해 발생하는 응력, 건조수축, 구조물의 부등침하, 시공상태 불량 및 사용재료의 내구성 저하 등의 복합적인 영향으로 콘크리트의 열화 및 손상이 진행되고 결국 구조체의 내하력 및 내구성의 저하를 가져와 콘크리트 구조물의 성능향상 및 유지관리를 위한 보수가 필요하며 주로 박리, 탈락 등의 손상이 진행된 콘크리트 구조물의 일정부분을 치핑 및 절삭작업 등을 통하여 걷어낸 후 그 단면을 모르타르 및 콘크리트 등의 단면복구재를 사용하여 단면을 수복하는 방법이 가장 널리 이용되고 있다.

제 2장의 내용에서 알 수 있듯이 현재 국내 콘크리트 구조물의 보수보강분야에서는 70여 가지의 공법들이 신기술로 지정되어 활용되고 있으며 그 외의 보통 모르타르(콘크리트)를 사용한 재래적 방법이나 특허 및 연구개발 등을 통해 얻어진 산업재산권을 활용한 기술까지 포함할 경우 수많은 공법들이 실제 콘크리트 구조물의 보수 및 보강에 활용되고 있다. 또한 대부분의 공법들이 보수단면 부위의 밀실한 재료 충전이 가능하고 시공속도가 빨라 대규모 보수공사 적용시 인력시공에 비해 공기단축 등의 시공효율 및 경제적 이점이 있는 스프레이 장비를 활용한 기계화 시공법을 사용하고 있는 것으로 나타났다.

이에 본 연구를 통하여 개발된 수용성 폴리머 모르타르를 실제 농업시설 콘크리트 구조물 보수에 적용함에 있어 인력시공에 비해 많은 이점이 있는 스프레이 장비를 활용한 기계화 시공법을 채택하였고 기존 공법에 사용되는 시공 장비에 대한 조사, 분석을 통하여 농업시설 콘크리트 구조물 보수에 적합한 시공장비 및 시공법을 개발하였으며 그 내용을 본 절에 기술하였다.

2. 수용성 폴리머 모르타르의 적용을 위한 최적 시공 장비 및 공법 개발

제 2장에서 국내의 건설신기술에 등록된 기술을 중심으로 보수공법 및 보수장비에 대하여 조사 분석하였다. 상기의 분석결과를 토대로 본 연구에서는 뿔칠공법이 가장 효과적인 방법임을 알 수 있었다. 즉, 손미장 및 주입공법은 사용하는데 한계가 있고, 구조물의 보수부위가 증가하고 보수할 구조물의 양이 증가하고 있는 상황에서 적합하지 않은 것으로 판단된다. 따라서 뿔칠공법을 적용하여 최적보수공법을 적용하고자 하였다. 그러나 현재 적용되고 있는 뿔칠공법에도 다양한 문제점을 가지고 있다. 즉 시공현장에서 가장 중요하게 고려되어야 하는 인적요인에 대한 품질변동, 혼합수의 첨가가 일률적으로 이루어지지 못함으로써 품질편차가 크게 발생한다는 것이다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 <그림 3.41>과 같은 모빌믹서를 이용하여 기계식 자동계량 및 배합하는 방법을 도입·적용하였다. 모빌믹서는 차량자체에 자동계량 및 배합장치를 탑재하고 있어 인력에 의한 계량 및 비빔시간 등의 조절이 필요하지 않고 자동적으로 계량 및 비빔이 이루어지는 시스템으로 현장에 적용할 경우 연속 계량, 비빔 및 배출이 가능하다.



<그림 3.41> 본 연구에 도입 적용된 모빌믹서

또한 기존 공법은 재료 압송시 호스막힘 현상이 발생하기 쉽고 압송거리가 길수록 호스막힘 현상의 발생우려가 높다. 이로 인하여 시공범위가 최대 반경 50m이내로 한정되고 그 이상의 공사범위 현장에 있어서는 공사를 중단하고 장비를 재배치함으로써 시공작업의 연속성이 불가능하다는 문제점이 있다. 따라서 최근 급증하고 있는 대형 콘크리트 구조물의 보수공사에 대응하기 위한 시공방법으로서는 재료분리 및 호스막힘 현상이 발생되지 않고 시공범위를 확대할 수 있도록 연속적으로 뿜칠시공하기 위한 재료공급 및 믹싱, 펌핑, 뿜칠의 시공시스템이 요구되어진다. 이를 위하여 본 연구에서는 대량의 재료를 연속적으로 믹싱이 가능한 모빌믹서의 도입과 함께 <그림 3.42>과 같은 수용성 폴리머 모르타르용 스프레이 장비를 개량하였다.



<그림 3.42> 본 연구에서 개량된 스프레이 타설장비

개량된 스프레이 장비를 살펴보면, 우선 스프레이 장비의 투입된 보수재료의 운송거리를 증가시키기 위하여 펌프의 압력을 증가시켰다. 그러나 펌프의 압력의 증가에는 한계가 있어 외부에 컴프레셔(그림 3.43)를 두어 펌프의 압력이 약해졌을 시 컴프레셔로 호스내에 있는 보수재료를 밀어 내도록 하는 방법을 사용하였다. 이때 펌프의 압력의 감소 등은 콘트롤박스(그림 3.44)를 이용하여 자동적으로 감지하여 처리할 수 있는 방법을 사용하였다.



<그림 3.43> 컴프레셔



<그림 3.44> 콘트롤 박스

또한 스프레이 장비에서 수용성 폴리머 모르타르의 토출압력의 측정은 압력게이지를 토출구에 설치하여 측정하도록 하였다. 이때 토출게이지의 압력은 콘트롤박스에서 뿐만 아니라 육안으로도 관찰할 수 있게 하여 발생할 수 있는 오차를 최소한으로 하였다(그림 3.45)



(a) 압력계



(b) 토출구에 설치된 압력게이지

<그림 3.45> 토출압력 측정을 위한 압력계

또한 모빌믹서에 의해 믹싱된 재료를 스프레이 장비의 토출구로 이동시키기 위한 <그림 3.46>과 같은 배치믹서를 스프레이 장비에 설치하였으며 배치믹서를 투입된 보수재료에 이물질이 끼어드는 것을 방지하기 위한 망을 설치하였다.



<그림 3.46> 스프레이 장비에 설치된 자체 믹서

자체믹서에 투입된 보수재료는 뿔칠장비에 설치된 펌프에 의해서 압송된 후 토출되는데 이때 펌프는 최소한의 크기로 최대의 효과를 달성할 수 있게 하였다. <그림 3.47>은 스프레이 장비에 설치된 펌프의 모습을 보여준다.



(a) 스프레이 장비에 설치된 펌프의 정면모습



(b) 스프레이 장비에 설치된 펌프의 측면모습

<그림 3.47> 스프레이 장비에 설치된 펌프

펌프의 압송압력을 이용하여 이동된 보수재료는 토출구를 이동되며 토출구를 통하여 운송호스를 통하여 보수장소로 이동하게 된다. 보수장소로 이동하게 되면 스프레이건을 통하여 스프레이 작업을 하게된다. 이때 스프레이건의 모습은 <그림 3.48>과 같다.



<그림 3.48> 스프레이건의 모습

상기의 내용과 같이 본 연구에서 개량된 수용성 폴리머 모르타르용 스프레이 장비는 농업시설 콘크리트 보수시 작업공간이 협소한 점을 감안하여 모빌믹서와 컴프레셔를 제외한 모든 시스템은 모두 일체화시켰다. 즉 펌프와 콘트롤 박스, 배치믹서, 스프레이건 등은 모두 종합적인 시스템으로 동일한 장비에 부착시켜 설치공간을 감소시키고, 이동시 편의성을 도모하였다

특히 본 개량 장비는 기존 장비보다 대량으로 비빔이 가능하고 기계화 계량 및 비빔을 실시하기 때문에 품질관리가 용이한 한편 압송거리가 약 150m정도로 농업시설 콘크리트 구조물의 보수에 매우 효과적이다. 또한 본 공법은 수중구조물의 보수에 적용이 가능하도록 하였다. 수중구조물의 경우 본 시스템에서 스프레이건을 토출량을 감소시켜 분사면적을 작게하여 재료분리를 방지하는 방법을 사용하였다. 즉 보수가 필요한 수중 구조물에 스프레이건의 방출입구를 최소한으로 작게 하여 투입하고 이때 압력은 수중에서 급격한 토출로 인한 재료분리를 방지하기 위하여 적절하게 압력을 감소시킨 후 보수 부위에 정확하게

분사하는 방법을 사용하였다. 기존 공법과 비교하여 본 공법의 장점을 설명하면 <표 3.28>과 같다.

<표 3.28> 개발 공법의 특성

특성	기존공법	개발공법
재료 계량	인력계량	모빌믹서트럭(자동계량)
재료 비빔	믹서 및 인력	기계비빔, 자동화
재료 비빔량	소량	대량
압송거리	50m 내외	150m 내외
뿔칠 조절	수조절	콘트롤박스를 이용한 자동조절
수중타설	방법 없음	수중타설 가능

제 8 절 모형시험을 통한 수용성 폴리머 보수공법의 성능보완

1. 개 요

농업시설 콘크리트 구조물 보수를 위한 수용성 폴리머 모르타르 및 시공법을 상기의 절들을 통하여 개발하였으며 본 절에서는 연구 개발을 통하여 도출된 수용성 폴리머 모르타르 및 시공장비를 이용하여 실내 모형시험을 실시하여 작업성 및 시공성(뿔칠성능 및 리바운드량)을 평가하여 개선점을 검토하여 본 연구의 수용성 폴리머 모르타르 및 시공법을 보완하고자 하였다.

2. 실험방법

실내 모형시험을 위하여 <그림 3.49>와 같이 제작된 수직형 및 경사각 45°의 모형판넬에 5cm 내외의 보통 콘크리트를 타설하여 양생시킨 후 본 연구에서 도출된 <표 3.29> 및 <표 3.30>의 배합을 강제식 팬 믹서에 의해 믹싱한 뒤 스프레이 장비를 이용하여 스프레이 작업을 실시하여 수용성 폴리머 모르타르의 리바운드량, 작업성 및 마감성을 육안으로 관찰하고 측정하였다.

<표 3.29> 실내 모형시험에 사용된 수용성 폴리머 모르타르의 배합비(기중용)

시멘트 : 규사	실리카폼	라텍스
1 : 2	10%	5%

<표 3.30> 실내 모형시험에 사용된 수용성 폴리머 모르타르의 배합비(수중용)

시멘트: 규사	실리카폼	플라이애시	고로슬래그	라텍스	수중불분리성 혼화제
1:2	7%	8.6%	14%	5%	1.5%



(a) 수직형



(b) 경사형 45°

<그림 3.49> 실내모형시험을 위해 제작된 모형판넬

3. 실험결과

<그림 3.50>, <그림 3.51>과 같이 실제 스프레이 타설장비를 활용한 모형실험 결과, 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르는 <표 3.31>에서 보는 바와 같이 본 연구의 강도 기준을 만족하는 것으로 나타났으나 유동성 및 작업성 확보를 위한 목표 흐름값을 만족시키고 있음에도 불구하고 점성이 높고 끈적거리 스프레이 타설장비를 통한 뿔칠작업 후 마무리 작업시 <그림 3.52>와 같이 뿔칠면이 다소 거칠어지고 흠손에 재료의 일부가 묻어나는 등 작업성이 다소 불량한 것으로 나타났으며 수용성 폴리머 모르타르의 경우, 기중용 수용성 폴리머 모르타르에 비해 점성 및 끈적거리의 정도가 더 심하였다. 이는 수용성 폴리머 모르타르의 혼입재료로 사용된 미세한 구형 분말의 비표면적이 큰 실리카폼이 시멘트 수화물의 조성물인 수산화칼슘과 매우 짧은 시간에 반응하여 겔상의 물질을 생성하여 점성을 증가시켰고 또한 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 경우, 수중 타설시 재료의 분리저항성을 향상시키기 위한 목적으로 첨가된 수중불분리성 혼화제 사용으로 점성이 더욱 높아졌기 때문인 것으로 사료된다.

또한 스프레이 작업시 균일한 흐름에 의한 재료의 연속적인 분사가 어려웠으며 운송 호스를 통하여 스프레이건으로 유입된 재료의 일부가 분사되지 못한채 밖으로 흐르거나 분사된 재료가 넓은 면적에 고르게 시공되지 못하고 한 부분에 집중적으로 타설되어 리바운드를 발생시켜 재료의 손실을 가져오는 문제점이 발생하였다.

<표 3.31> 압축강도 및 휨강도 시험결과

구분	압축강도(MPa)				휨강도(MPa)			
	1	2	3	평균	1	2	3	평균
기중	52.65	53.89	53.24	53.26	12.99	12.42	11.88	12.43
수중	50.36	51.28	50.04	50.56	10.56	11.37	10.75	10.89



<그림 3.50> 스프레이 타설장비를 이용한 스프레이 작업모습



<그림 3.51> 강도시험용 공시체 제작모습



<그림 3.52> 스프레이 작업 완료 후 시공면 상태

이와 같은 실험결과, 재료의 손실을 최소화하며 시공성 및 작업성을 확보할 수 있는 기중 및 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비 및 시공장비에 대한 다음과 같은 보완을 실시하였다.

가. 수용성 폴리머 모르타르의 최적 배합비 수정

기중용 수용성 폴리머 모르타르의 경우, 규사의 사용량을 줄이고 시멘트의 중량의 10%를 사용하였던 실리카폼의 혼입율을 5%로 줄이고 그에 따른 성능저하를 감안하고 추가적인 유동성 확보를 위한 목적으로 라텍스의 사용량을 기존의 5%에서 7%로 늘려 <표 3.32>와 같이 배합비를 수정하였고 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 경우 역시 규사의 사용량을 줄이고 실리카폼 및 라텍스의 혼입율은 기중용 수용성 폴리머 모르타르와 동일하게 하였으며 수중불분리성 혼화제를 혼입율을 0.5%로 한 <표 3.33>과 같은 배합비를 결정하였다.

<표 3.32> 수정된 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비

시멘트 : 규사	Latex	실리카폼
1 : 1.1	7%	5%

<표 3.33> 수정된 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비

시멘트 : 규사	실리카폼	플라이애시	고로슬래그	라텍스	수중불분리성 혼화제
1 : 1.1	5%	8.6%	14%	7%	0.5%

나. 시공장비의 개선

본 연구에서 도입한 스프레이 타설장비는 토출압이 1~2 bar 정도의 압력을 가진 장비로서 수용성 폴리머 모르타르의 적용시 리바운드량이 발생하는 문제점을 발생시켰다. 따라서 이를 해결하기 위하여 펌프의 압력을 약 30±10bar로 증가시켜 고압에 의한 연속적인 재료 분사가 가능하도록 하였으며 타설 압력을 조절할 수 있는 장치를 설치하여 분사거리와 분사압력을 조절할 수 있게 하여 스프레이 타설 단계별 재료의 분리 및 탈락, 리바운드량을 감소시킬 수 있게 하였다.

또한 본 연구의 스프레이 타설장비는 분사되는 재료의 흐름을 조절할 수 없는 <그림 3.53>와 같은 스프레이건이 장착되어 있어 시공부위 및 타설 두께에 따른 재료의 분사상태 및 흐름 조절이 불가능하여 분사되는 재료의 흐름 및 상태, 분사각 등의 조절이 가능한 노즐이 장착된 <그림 3.54>과 같은 스프레이건을 적용하였다.



<그림 3.53> 기존 스프레이건의 모습



<그림 3.54> 개량된 스프레이건의 모습

4. 요약 및 결론

본 연구에서 개발된 수용성 폴리머 모르타르 및 시공장비를 이용하여 모형 관널에 시험을 실시하여 시공성 및 작업성을 평가하였으며 이러한 결과를 재료의 손실을 최소화하며 시공성 및 작업성을 확보할 수 있도록 기중 및 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비를 상기의 <표 3.32>, <표3.33>과 같이 수정하였으며 시공장비의 펌프 압력을 증가시키고 재료의 흐름 및 상태를 조절할 수 있는 노즐이 장착된 스프레이건을 도입하여 스프레이 작업시 발생할 수 있는 재료의 손실 및 시공성 등을 향상시킬 수 있도록 하였다.

제 9 절 수정된 수용성 폴리머 모르타르의 성능평가

1. 개 요

제 8절에서는 본 연구에서 개발된 수용성 폴리머 모르타르를 스프레이 타설장비를 이용한 실내 모형실험을 실시하여 뿔칠성능, 리바운드량, 작업성, 마무리성 등을 평가한 결과를 바탕으로 수정된 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비를 결정하였으며 이에 본 절에서는 수정된 기중 및 수중용 폴리머 모르타르의 성능평가를 위하여 실제 스프레이 타설장비를 이용하여 공시체를 제작하고 역학적 특성 내구성능 시험을 실시하였다.

2. 실험계획

수정된 기중 및 수중 보수용 폴리머 모르타르의 성능평가를 위하여 <표 3.34> 및 <표 3.35>의 최적배합비에 의해 목표흐름값인 $170\pm 5\text{mm}$ 를 만족하는 모르타르를 강제식 팬믹서로 믹싱한 후 스프레이 타설장비를 이용하여 각각 기중 및 수중에서 공시체를 제작하였으며 제 3장 6절과 동일한 방법으로 역학적 특성 및 내구성능 관련 시험을 실시하였다.

<표 3.34> 수정된 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비

시멘트 : 규사	Latex	실리카폼
1 : 1.1	7%	5%

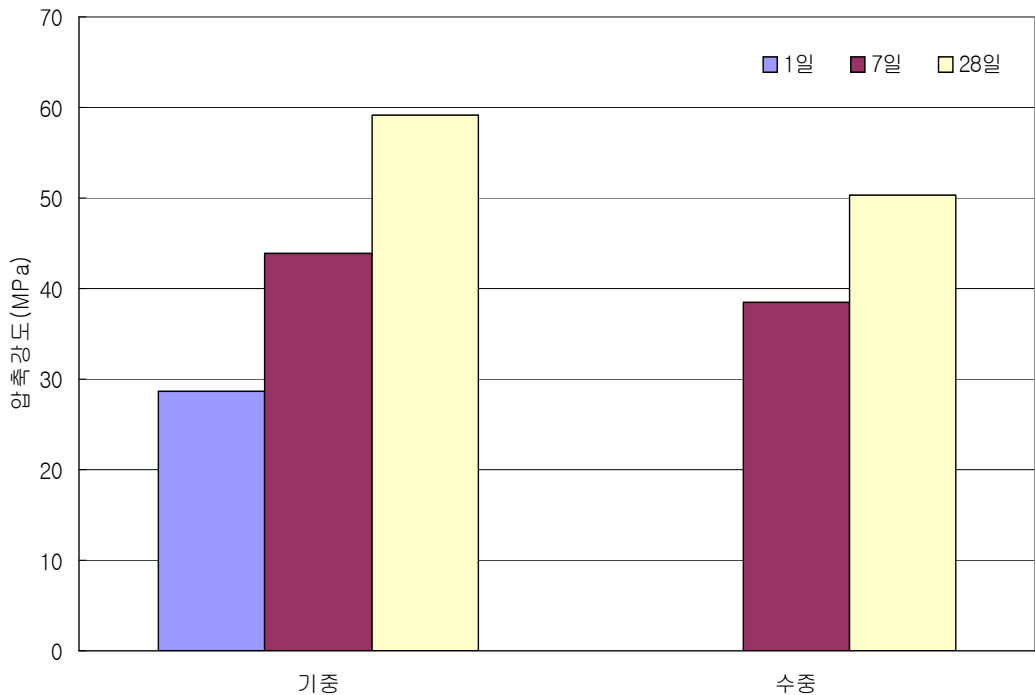
<표 3.35> 수정된 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비

시멘트 : 규사	실리카폼	플라이애시	고로슬래그	라텍스	수중불분리성 혼화제
1 : 1.1	5%	8.6%	14%	7%	0.5%

3. 실험결과

가. 압축강도

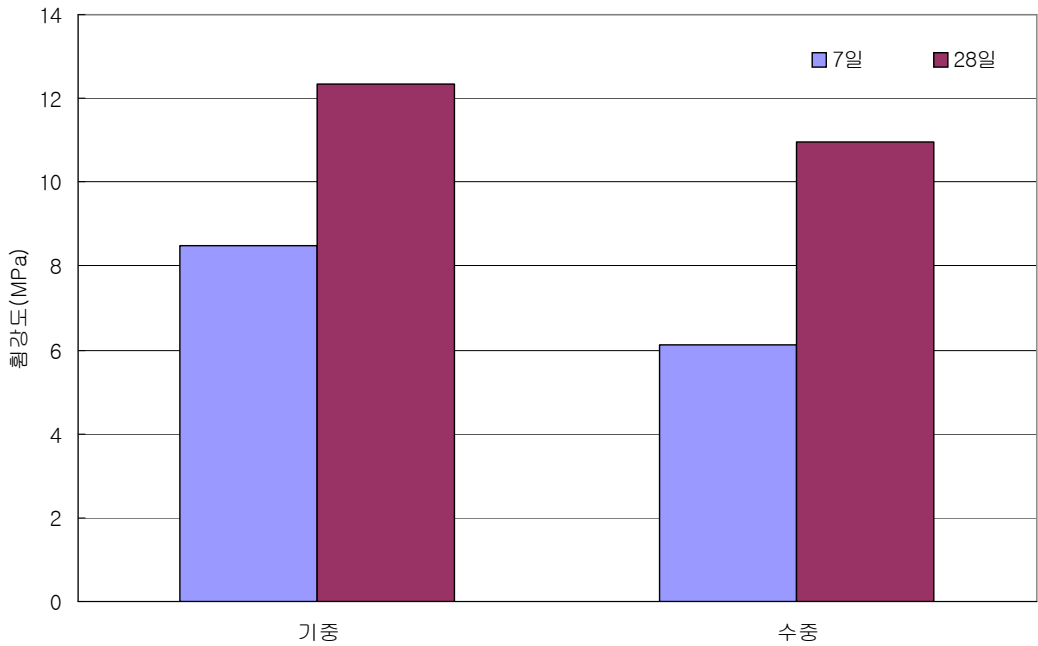
기중 및 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 압축강도 시험 결과는 <그림 3.55>와 같다. 기중용 모르타르의 경우, 재령 1일 및 28일에서 목표 기준강도값을 모두 만족하는 것으로 나타났으며 수중용 모르타르의 경우, 공시체를 수중에서 제작하였기 때문에 충분한 경화가 이루어지지 않아 재령 1일에서의 강도 측정은 불가능하였지만 재령 28일에서는 목표기준강도를 만족하는 결과를 보여주었다.



<그림 3.55> 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 압축강도 시험결과

나. 휨강도

휨강도 시험결과 역시, 압축강도 시험결과와 마찬가지로 기중 및 수중용 모르타르 모두 본 연구의 목표 기준강도값을 만족하는 것으로 나타나 강도발현 특성은 우수한 것으로 판단되며 <그림 3.56>은 휨강도 시험결과를 정리한 것이다.



<그림 3.56> 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 휨강도 시험결과

다. 부착강도

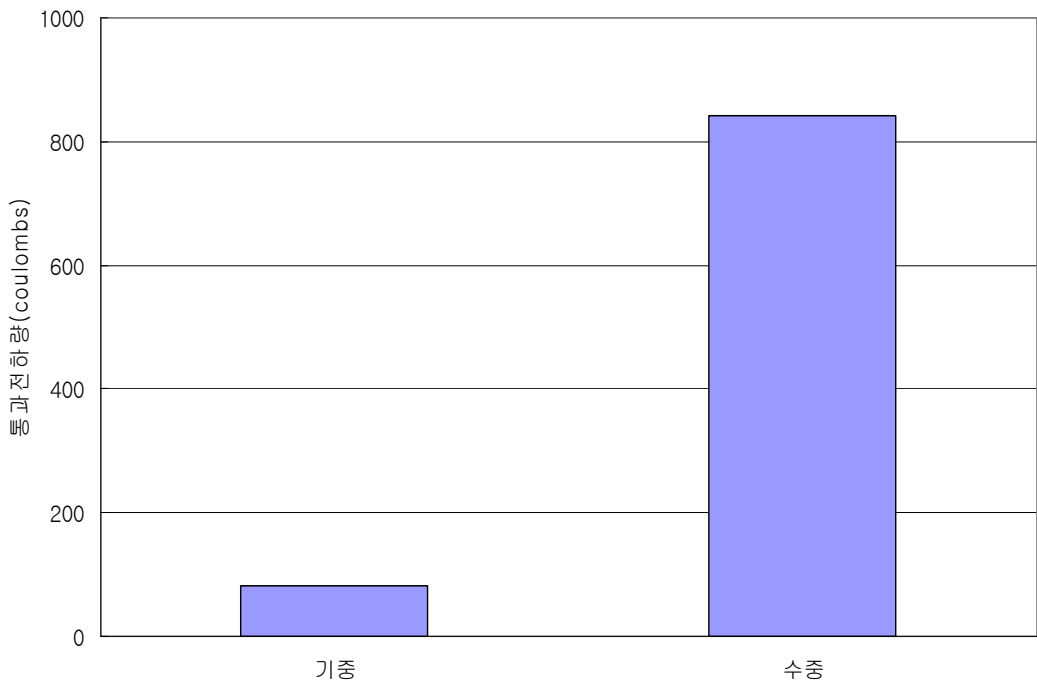
부착강도 시험결과는 <표 3.36>과 같으며 기중 및 수중용 모르타르 모두 목표 기준강도값을 만족하는 것으로 나타났으며 보수재료로의 활용시 기존 콘크리트 구조물과의 부착력 감소에 의한 탈락과 박락에 의한 조기성능 저하에 대한 문제는 거의 없을 것으로 판단된다.

<표 3.36> 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 부착강도 시험결과

부착강도	14일강도			
	1	2	3	평균
기중배합	3.26	3.12	2.94	3.11
수중배합	2.2	2.1	2.0	2.1

라. 염소이온 침투저항성

스프레이 타설 작업에 의한 공시체 제작 후 투수성능을 알아보기 위한 염소이온 투수저항성 시험결과는 <그림 3.57>과 같으며 기중용 모르타르의 염소이온 투수저항성은 ASTM 기준상에 무시할만한 수준의 결과를 나타내어 매우 우수한 성능을 발휘하였다. 또한 수중 보수용 재료 역시 우수한 염소이온 투수저항성을 나타냈다. 따라서 보수재료의 투수성 증가로 인한 기존 콘크리트 구조물과 부착표면의 수분의 침투로 인한 탈락 및 박락을 최대한으로 억제할 수 있을 것으로 보인다.



<그림 3.57> 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 염소이온 투과시험결과

라. 소성수축

기중 및 수중 보수용 재료의 스프레이 직후 발생할 수 있는 소성수축균열에 대한 영향을 평가하기 위한 소성수축균열 실험결과는 <그림 3.58>와 같다. 실험결과에서 볼 수 있듯이 모두 균열이 발생하지 않았으며 표면이 깨끗하게 마감되었음을 알 수 있다. 따라서 기중 및 수중 보수용 재료는 소성수축에 의한 조기 성능저하의 위험성을 최소화 할 수 있을 것으로 보인다.



(a) 기중용



(b) 수중용

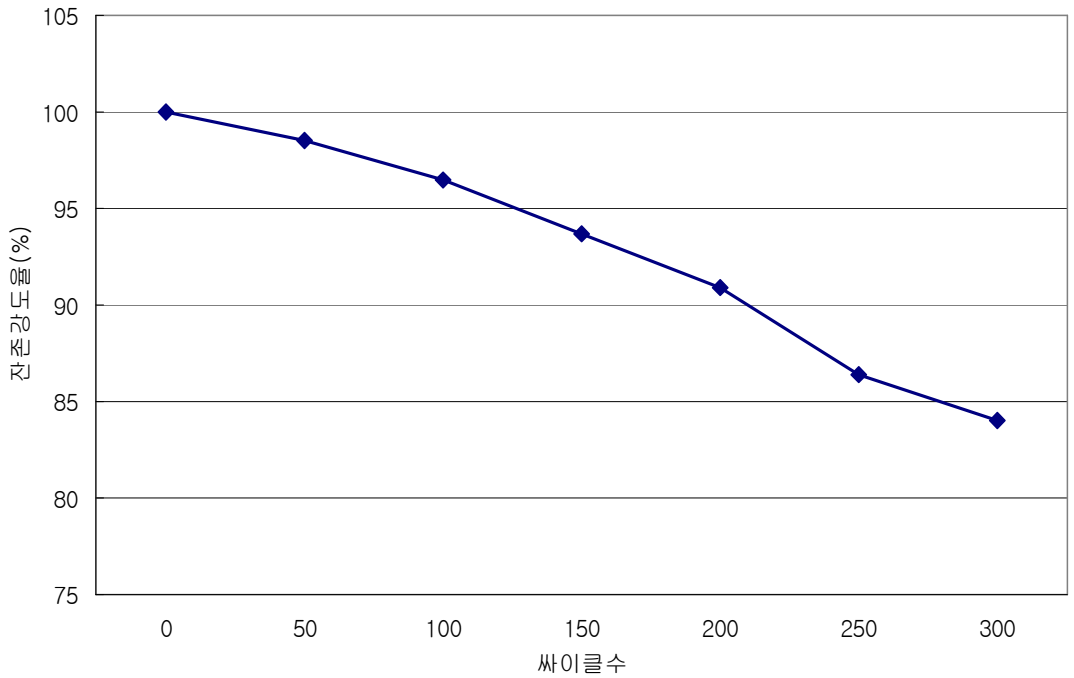
<그림 3.58> 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 소성수축시험 후 시편모습

마. 열팽창계수

기중 보수용 재료의 스프레이 타설 후 기존 구체 콘크리트 구조물과 열팽창계수의 차이에 의한 영향을 평가하기 위한 열팽창계수 시험결과 기중용 모르타르는 $10.84 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 의 값을 보여 목표성능을 만족하는 것으로 나타났으며 기중 보수용 재료의 경우 열팽창계수에 의한 영향은 없을 것으로 보인다. 또한 수중 보수용 재료의 열팽창계수 시험은 열팽창계수 시험의 경우 수중에서는 온도의 변화가 크지 않은 관계로 실시하지 않았다.

바. 동결융해 저항성

기중 보수용 재료를 스프레이 장비로 타설하여 제작한 공시체의 동결융해 반복 시험 결과는 <그림 3.59>와 같다. 시험결과 기중 보수용 재료는 약 84% 정도의 압축강도 잔존율을 보여주어 동결융해로 인한 큰 영향이 없는 것으로 판단된다. 수중 보수용 재료의 동결융해 저항성 시험의 경우 수중에서는 동결융해에 의한 영향이 적은 관계로 실시하지 않았다.



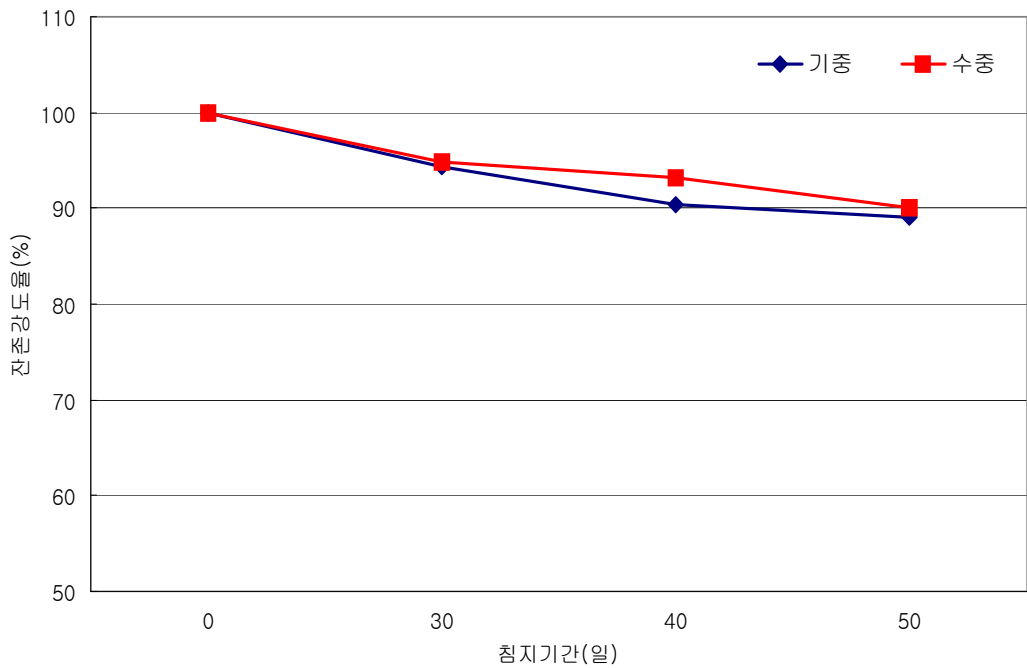
<그림 3.59> 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 동결융해 시험결과

사. 내약품성

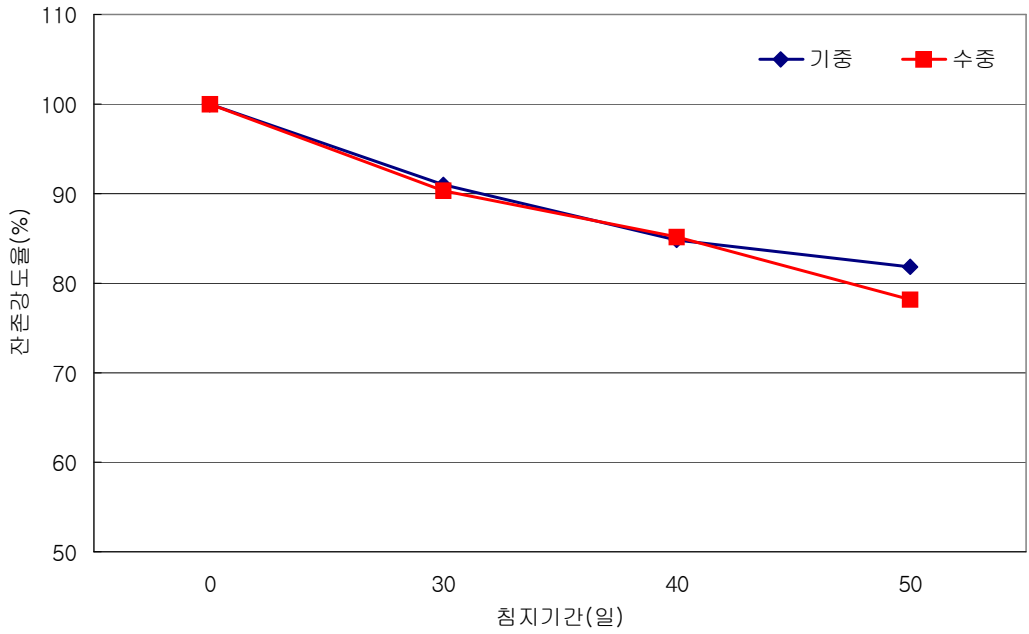
기중 및 수중 보수용 모르타르의 내약품성 시험 결과는 <표 3.37> 및 <그림 3.60>, <그림 3.61>, <그림 3.62>와 같으며 CaCl_2 , Na_2SO_4 용액에서는 목표기준을 상회하는 80% 이상의 강도 잔존율을 보이고 있었으며 H_2SO_4 용액에서는 다른 두 용액에 비해 강도 잔존율이 낮은 것으로 나타났으나 대체적으로 제 3장 6절의 기존 제품 A, B의 시험결과와 비교하였을 시 유사한 결과를 보여 내약품성에 대한 저항성은 대체적으로 양호한 것으로 판단된다.

<표 3.37> 약품침지 후 기중 및 수중용 수용성 폴리머 모르타르의 압축강도 결과

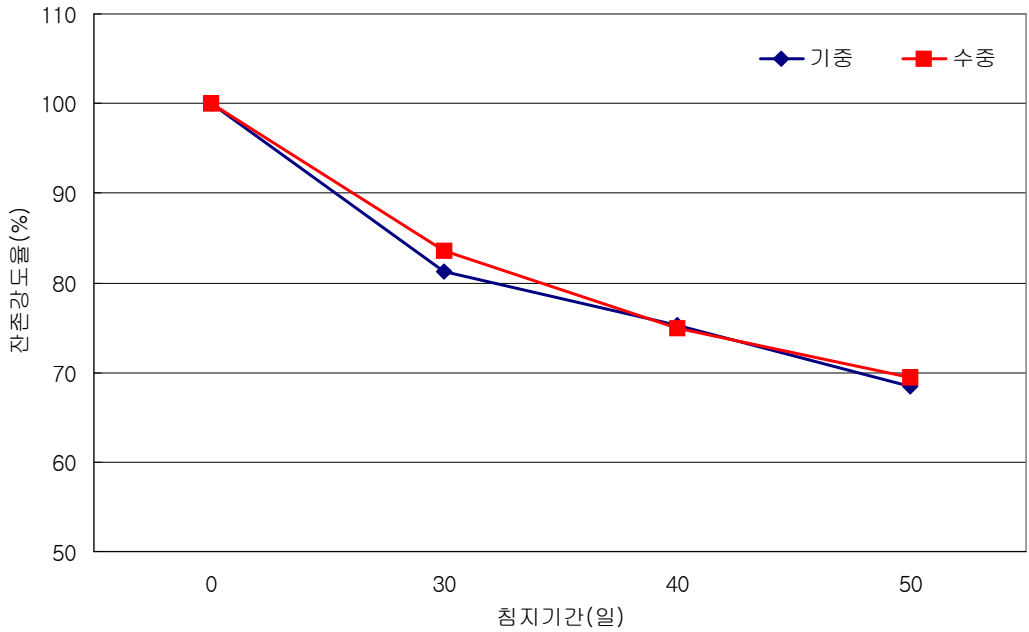
구분	기준시편 압축강도 (MPa)	10% CaCl ₂			10% Na ₂ SO ₄			5% H ₂ SO ₄		
		30일	40일	50일	30일	40일	50일	30일	40일	50일
기중배합	59.2	55.8	53.5	52.7	53.9	50.2	48.4	48.1	44.6	40.5
수중배합	50.3	47.6	46.8	45.2	45.4	42.7	39.2	41.9	37.6	34.9



<그림 3.60> 10% CaCl₂ 용액에 침지한 모르타르의 잔존강도를 변화



<그림 3.61> 10% Na₂SO₄ 용액에 침지한 모르타르의 잔존강도율 변화



<그림 3.62> 5% H₂SO₄ 용액에 침지한 모르타르의 잔존강도율 변화

4. 요약 및 결론

- 기중 및 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 압축 및 휨강도 시험결과, 본 연구의 목표기준강도값을 만족하는 것으로 나타났으며 보수재료로서의 강도발현성은 우수한 것으로 판단되어진다.
- 부착강도 시험결과, 기중 및 수중용 모르타르 모두 목표 기준강도값을 만족하는 것으로 나타났으며 보수재료로의 활용시 기존 콘크리트 구조물과의 부착력 감소에 의한 탈락과 박락에 의한 조기성능 저하에 대한 문제는 거의 없을 것으로 판단된다.
- 염소이온 투수저항성 시험결과, 기중용 모르타르의 염소이온 투수저항성은 불투수성에 가까운 정도의 매우 우수한 성능을 보였으며 수중용 모르타르 역시 목표 기준을 만족하는 것으로 나타나 보수재료의 투수성 증가로 인한 기존 콘크리트 구조물과 부착표면의 수분의 침투로 인한 탈락 및 박락을 최대한으로 억제할 수 있을 것으로 보인다.
- 기중 및 수중 보수용 모르타르의 타설 후 소성수축균열은 발생하지 않았으며 표면이 깨끗하게 마감되었음을 알 수 있다. 따라서 기중 및 수중 보수용 재료는 소성수축에 의한 조기 성능저하의 위험성을 최소화 할 수 있을 것으로 보인다.
- 기중 보수용 재료의 스프레이 타설 후 기존 구체 콘크리트 구조물과 열팽창계수의 차이에 의한 영향을 평가하기 위한 열팽창계수 시험결과 기중용 모르타르는 $10.84 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 의 값을 보여 목표성능을 만족하는 것으로 나타났다.
- 기중 보수용 재료의 스프레이 타설하여 제작한 공시체의 동결융해 반복 시험결과, 기중 보수용 모르타르는 약 84% 정도의 압축강도 잔존율을 보여 동결융해로 인한 큰 영향이 없는 것으로 판단된다.
- 기중 및 수중 보수용 모르타르의 내약품성 시험 결과는 CaCl_2 , Na_2SO_4 용액에서는 목표기준을 상회하는 80%이상의 강도잔존율을 보였으며 H_2SO_4 용액에서는 다른

두 용액에 비해 강도잔존율이 낮은 것으로 나타났으나 내약품성에 대한 저항성은 대체적으로 양호한 것으로 판단된다.

제 10 절 현장 적용성 평가

1. 개 요

실내에서 결정된 배합을 통하여 역학적 특성 및 내구성능 평가를 위한 실내실험만으로는 스프레이 타설장비를 이용한 현장작업의 조건을 100% 만족시킬 수 없다. 특히 스프레이 타설장비를 이용한 뿔칠작업시 압력에 의한 보수재료의 공극의 감소에 의해서 성능증가를 추가적으로 달성할 수 있는 반면 타설시 재료의 단위중량의 차이에 의한 재료분리의 발생으로 성능감소가 발생할 수 있는 가능성 등을 동시에 가지고 있다.

이에 본 연구에서는 스프레이 타설장비를 이용하여 수용성 폴리머 모르타르의 현장적용성을 검토하고자 실물크기의 콘크리트 구조물에 대한 현장 Mock-up 시험 및 시험시공을 실시하였다.

2. 현장 Mock-up 시험

가. 시험목적

본 보고서의 상기 연구결과를 통하여 개발된 수용성 폴리머 모르타르 및 시공법의 현장 적용성을 평가하기 하기 위한 것으로 주요 평가내용은 아래와 같다.

- 1) 개발보수재료의 부착성능, 균열발생여부, 작업성 등 상태평가를 통하여 문제점 파악 및 보완사항 검토
- 2) 개발보수재료의 장비 적용성 평가(뿔칠 및 재료의 흐름상태 등)
- 3) 개발보수재료 및 보수공법의 시공성 검토
- 4) 시험시공을 대비한 작업소요비용 산출

나. mock-up test 개요

- 1) 장 소 : 충남 보령시 주교면 주교리
- 2) 일 시 : 2007년 11월 26~27일

3) 시험계획

<그림 3.63>과 같은 환경수로관(내측부 2개소, 바닥부 1개소) 및 PC암거 BOX(내측부 2개소, 천정부 1개소)를 실제 콘크리트 구조물 보수와 동일하게 2~3cm내외의 치핑 및 절삭작업을 실시한 후 수용성 폴리머 모르타르를 스프레이 타설장비에 의해 뿜칠하였다.



(a) 환경수로관(2.0×1.0×2.0m)



(b) PC암거 BOX(2.5×2.0×2.0m)

<그림 3.63> 현장 Mock-up 시험에 사용된 콘크리트 구조물

4) 사용배합

현장 Mock-up 시험에 사용된 배합은 <표 3.38> 및 <표 3.39>와 같다.

<표 3.38> 현장 Mock-up 시험에 사용된 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르 배합

시멘트 : 규사	Latex	실리카폼
1 : 1.1	7%	5%

<표 3.39> 현장 Mock-up 시험에 사용된 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르 배합

시멘트 : 규사	실리카폼	플라이애시	고로슬래그	라텍스	수중불분리성 혼화제
1 : 1.1	5%	8.6%	14%	7%	0.5%

5) 시공물량

수용성 폴리머 모르타르 및 스프레이 타설장비를 이용한 현장 Mock-up시험의 전체 시공물량은 <표 3.38>과 같으며 시공물량의 산정시 타설두께는 3cm로 가정하였다.

<표 3.40> 현장 Mock-up시험시 시공물량

종 류	시공면적	시공물량
환경수로관	<ul style="list-style-type: none"> · 내측부(2개소) <ul style="list-style-type: none"> - 1.0(h)m×2.0(L)m×2(개소) = 4.0m² · 바닥부(1개소) <ul style="list-style-type: none"> - 2.0(h)m×2.0(L)m×1(개소) = 4.0m² 	<ul style="list-style-type: none"> · 4.0m²×0.03m = 0.12m³ · 4.0m²×0.03m = 0.12m³
PC암거BOX	<ul style="list-style-type: none"> · 내측부(2개소) <ul style="list-style-type: none"> - 2.0(h)m×2.0(L)m×2(개소) = 8.0m² · 천정부(1개소) <ul style="list-style-type: none"> - 2.5(B)m×2.0(L)m×1(개소) = 5.0m² 	<ul style="list-style-type: none"> · 8.0m²×0.03m = 0.24m³ · 5.0m²×0.03m = 0.15m³
합 계	21m ²	0.63m ³

다. 현장 mock-up 시험결과

<그림 3.64>와 보는 바와 같이 스프레이 타설장비를 이용한 뿔칠 작업시 수용성 폴리머 모르타르의 시공두께는 3~4cm 정도로 다소 두꺼운 편이었으나 천정부(PC박스암거) 및 내측부(환경수로관 및 PC암거 BOX)의 시공시 분사재료의 탈락 및 리바운드는 거의 발생하지 않았다. 또한 뿔칠작업 완료 후 시공면의 마무리 작업 역시 매우 양호하였으며 <그림 3.65>와 같은 시공면을 얻을 수 있었다. 또한 현장 Mock-up 시험이 일교차가 심한 11월말 경에 이루어졌음에도 불구하고 시공직 후 소성수축 등에 의한 균열은 발생하지 않았으며 본 연구의 종료시점인 현재까지 지속적인 추적조사를 실시하였으나 시공면의 탈락 및 박리 등의 문제는 발생하지 않은 것으로 나타났다. <표 3.41>은 현장Mock-up 시험시 제작된 시험시편의 강도시험 결과를 정리한 것이다.



<그림 3.64> 스프레이 타설장비를 이용한 현장Mock-up 시험 모습



<그림 3.65> 현장 Mock-up시험 완료 후 시공 마무리면

<표 3.41> 압축강도 및 휨강도 시험결과

구분	압축강도(MPa)				휨강도(MPa)				부착강도(MPa)
	1	2	3	평균	1	2	3	평균	
기중	52.35	51.22	54.02	52.53	12.88	13.05	11.37	12.43	3.64
수중	51.09	50.33	50.41	50.61	11.64	10.05	11.31	11.0	3.09

3. 현장 시험시공

본 연구의 수용성 폴리머 모르타르 및 시공법을 활용한 현장 시험시공이 이루어진 곳은 서울시 은평구 응암동에 위치한 <그림 3.66>과 같은 하수암거 시설물로 2006년 유지보수를 위한 시설물 보수가 진행되어 시설물의 상태는 매우 양호한 편이었다. 이러한 이유로 넓은 면적에 대한 시험시공은 불가능하였으며 <그림 3.67>과 같이 폭 3.5m 길이의 천정부 및 측면부에 치핑기를 이용하여 2~3cm 내외로 이틀간 절삭작업을 실시한 후 수용성 폴리머 모르타르와 스프레이 시공장비를 이용한 수용성 폴리머 모르타르의 뿔칠작업을 통하여 시공단면을 수복하였다.



<그림 3.66> 시험시공 현장전경



<그림 3.67> 현장 시험시공시 시공면의 치핑작업

현장 시험시공 결과(그림 3.68), 현장 Mock-up 시험 결과와 마찬가지로 천정부 및 측면부 뿔칠작업 시 분사재료의 탈락 및 리바운드는 발생하지 않았으며 <그림 3.69>와 같이 매우 양호한 시공면을 얻을 수 있었으며 시공면의 경화 후 균열 및 탈락 등을 확인할 수 없었으나 시험시공이 2008년 4월초에 실시된 관계로 시공면의 균열 및 탈락 등의 발생여부를 조사할 수 있는 기간이 짧아 향후 지속적인 현장조사를 실시해야 할 것으로 판단된다.



<그림 3.68> 현장시험시공시 뽐칠작업 모습



<그림 3.69> 현장 시험시공 완료 후 시공 마무리면

제 11 절 종합결론

본 연구는 열화 및 손상이 발생된 농업시설 콘크리트 구조물의 표면 및 단면복구에 적용하는 보수재료 및 공법 개발에 관한 것으로,

- 1) 농업시설 콘크리트 구조물 보수용 수용성 폴리머 모르타르 개발
- 2) 개발 보수재료의 특성을 최적화하여 시공성 및 경제성을 향상시킬 수 있는 공법 개발

을 위하여 총 3년간에 걸쳐 실험 및 이론적 연구와 현장 적용성을 평가하였으며 주요 연구 결과를 정리하였다.

1. 농업시설 콘크리트 구조물 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비 도출

국내외 콘크리트 구조물의 보수재료의 성능(성분분석, 배합비 분석, 물리·역학적 특성)을 실내실험 및 문헌을 참고로 하여 조사 분석한 기초자료를 활용하여 농업시설 콘크리트 구조물의 최적배합비를 도출하고 그에 따른 기본적인 성능평가를 실시하였으며 실제 스프레이 장비를 이용한 실내 모형실험 및 현장 Mock-up 시험을 통하여 도출된 최적배합비의 문제점을 보완하여 최종적으로 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비를 다음과 같이 도출하였다.

<표 3.42> 본 연구를 통하여 도출된 기중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비

시멘트 : 규사	Latex	실리카폼
1 : 1.1	7%	5%

<표 3.43> 본 연구를 통하여 도출된 수중 보수용 수용성 폴리머 모르타르의 최적배합비

시멘트 : 규사	실리카폼	플라이애시	고로슬래그	라텍스	수중불분리성 혼화제
1 : 1.1	5%	8.6%	14%	7%	0.5%

2. 수용성 폴리머 모르타르에 적합한 시공법 개발

국내의 건설신기술에 등록된 기술을 중심으로 보수공법 및 보수장비에 대하여 조사 분석하여 기존 공법의 갖고 있는 문제점을 해결하고 상기 1항의 농업시설 콘크리트 구조물 보수용 수용성 폴리머 모르타르가 보수재료로서 최적의 성능을 발휘할 수 있는 공법을 개발하였으며 본 연구를 통하여 개발된 공법의 특징을 아래의 표에 정리하였다.

<표 3.44> 본 연구를 통하여 개발된 공법의 특성

특성	기존공법	개발공법
재료 계량	인력계량	모빌믹서트럭(자동계량)
재료 비빔	믹서 및 인력	기계비빔, 자동화
재료 비빔량	소량	대량
압송거리	50m 내외	150m 내외
뿔칠 조절	수조절	콘트롤박스를 이용한 자동조절
수중타설	방법 없음	수중타설 가능

3. 수용성 폴리머 모르타르 및 시공법을 이용한 현장시험시공

본 연구의 개발 기술을 활용하여 실물 크기의 현장 Mock-up 시험 및 하수암거 시설물에 대한 현장시험시공을 실시한 결과, 수용성 폴리머 모르타르의 재료적 특성(부착성능, 리바운드, 뿔칠성능 등) 및 시공성이 매우 우수한 것으로 나타났으며 농업시설 콘크리트 구조물을 포함한 콘크리트 구조물 보수에 있어 적용 가능한 기술로 판단된다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 고내구성 보수재료의 개발

기존 구조물 보수공법에서 적용되고 있는 재료들은 콘크리트의 염해 및 중성화 등에 의한 손상 방지를 주목적으로 개발되어 적용되고 있다. 하지만 이러한 손상의 대부분의 원인은 콘크리트 표면으로부터의 유해물질의 침투에 기인한다고 할 수 있다. 따라서 표면으로부터의 유해물질의 침투를 차단하고 내부 재료들과의 반응을 억제할 수 있는 재료가 선택되어 져야 한다. 이러한 점에 있어서 라텍스의 첨가를 통한 보수재료의 개발은 상당히 높은 장점을 가질 수 있다. 또한 보수재료의 생명인 기존 구조물과의 부착력에 있어서도 대부분의 재료가 사용기간에 따른 부착력 감소로 인한 보수부위 재탈락이 우려되고 있는 실정이지만 수용성의 라텍스 첨가는 이러한 시간에 따른 부착력의 감소 문제를 해결할 수 있는 장점을 갖는다. 따라서 이러한 재료에 대한 적용성을 검토하기 위한 연구 및 평가가 이루어졌으며, 목표로 하는 보수재료의 특성과 성능 목표치를 충분히 만족할 수 있는 결과를 얻을 수 있었다.

<표 4.1> 개발재료의 성능 목표치 및 실험결과

항 목	시험조건	목표 성능(규격)	실험결과	달성도
압축강도	재령 28일 표준 양생후	50 MPa 이상	53MPa	100%
휨 강 도	재령 28일 표준 양생후	10 MPa 이상	12MPa	100%
부착강도	표준 양생 후 동결융해, 내알칼리성	2 MPa 이상	2.5MPa	100%
중성화 저항성	중성화 촉진시험 후	깊이 1mm 이하	0.5mm	100%
염화물 침투저항성	AASHTO T 159 ASTM C 1202	Very low	200쿨롱	100%
동결융해 저항성	동결융해 촉진시험 후	상대동탄성계수 80%이상	86%	100%
내약품성	표준 양생후 (알칼리, 염해, 산 환경 등)	매우 양호함	매우양호	100%

본 연구에서 개발된 재료는 기존 재료에 비해 우수한 성능, 특히 내구성을 저해할 수 있는 요인들에 대한 검토를 바탕으로 장기간 성능을 발휘할 수 있는 특성을 갖는 재료로 보수부위에서 발생할 수 있는 유지관리비용을 최소화할 수 있는 장점을 가지며, 폴리머 개질제의 첨가를 수용성 형태로 함으로서 재료투입비용의 절감이 가능하였다. 이러한 특성으로 기존 제품보다 20%정도의 재료비 절감이 가능하였다. 또한 적용범위를 확대함으로써 제품의 활용도를 넓힐 수 있을 것으로 판단된다. 특히 물과 자주 접하는 부위에서의 표면 복구 및 표면마무리에 있어서 매우 적합한 재료로 판단되며, 외부에 노출되어 있는 구조물 표면이나 옥상 슬래브 등에 매우 적합하게 적용될 수 있다.

제 2 절 최적 보수 공법 및 장비 최적화 개발

폴리머 개질제를 사용하는 보수공법들의 대부분이 분말형태로 첨가되는 시스템으로 구성되어졌다. 이는 수용성 형태의 유기질폴리머를 사용할 경우 시공성에 있어 관리가 매우 힘들고 이로 인한 장비의 별도 개조가 요구되기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 수용성 폴리머를 사용하고 시공성을 확보할 수 있는 재료점도의 확보와 시공장비의 개량을 통한 최적의 보수공법을 개발하고자 하였다. 이를 위하여 장비적용성을 검토하여 보수재료의 배합에 대한 검토를 하였으며 이와 함께 수중에서의 작업도 가능한 재료의 최적배합을 검토하고 이를 바탕으로 장비 시공점검을 통한 보수공법을 개발하였다.

특히 수용성 폴리머 사용으로 인한 뿜칠의 작업성 확보를 위하여 점도의 조절 및 뿜칠장비 노출의 개량을 통하여 원활한 분사가 가능하도록 하였다.

<표 4.2> 개발공법의 특성

특성	기존공법	개발공법	달성도
재료 계량	인력계량	모빌믹서트럭(자동계량) 및 인력	100%
재료 비빔	믹서 및 인력	기계비빔, 자동화	100%
재료 비빔량	소량	대량	100%
압송거리	50m 내외	150m 내외	100%
뿜칠 조절	수조절	콘트롤박스를 이용한 자동조절 노출개량을 통한 분사범위 확대	100%
수중타설	방법 없음	수중타설 가능	100%

이러한 장비개발을 통하여 다양한 형태의 작업이 가능하였다. 즉 대량 작업이 필요할 경우 모빌믹서트럭을 이용함으로써 작업의 효율성을 증대시킬 수 있으며, 소량작업에서 필요로 하는 작업인원을 크게 감소시킬 수 있다. 또한 분사범위를 확대시킴으로써 재료의 리바운드량을 크게 감소시켜 재료의 낭비를 방지할 수 있고 보수부위 두께를 안정적으로 확보할 수 있다. 또한 기존 공법들에 비해 시공두께의 감소가 가능하여 전체적인 공사비 절감효과가 매우 클 것으로 사료된다.

본 연구를 통해 얻어진 결과를 바탕으로 다양한 종류의 구조물 보수, 특히 물과 지속적으로 접촉해야하는 구조물에서의 보수공법으로서 매우 활용도가 높을 것으로 판단되며, 농업수리시설 콘크리트 구조물뿐 아니라 토목 및 건축구조물 등에도 매우 활용가치가 높으며, 이러한 기술의 개발을 통해 기존 제품의 한계를 극복하는데 큰 기여가 가능할 것이다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 개발된 재료의 제품화

본 연구를 통해 얻어진 결과를 바탕으로 보수재료를 제품화하였다. 보수재료는 25kg 포대와 이에 따른 수용성 재료를 한 셋으로 하여 제품화하였으며, 이러한 제품의 제품화를 통해 공장생산이 가능하도록 하였다. 재료의 제품화는 소규모 현장에서의 적용을 효율적으로 할 수 있는 장점이 있다. 또한 각각의 구성 재료를 고르게 혼합시킬 수 있는 장점을 가지고 있기 때문에 모빌믹서트럭을 이용한 대량 생산 시에도 보다 효율적인 시공이 가능한 장점을 가질 수 있다. 이와 함께 재료의 제품화를 통한 판매는 이용자로 하여금 재료의 품질을 용이하게 확보할 수 있다는 장점과 쉽게 적용성을 쉽게 할 수 있다는 장점을 갖는다. 또한 기존 제품과는 다르게 분말재료와 수용성 재료를 분리하여 포장함으로써 현장에서 정확한 계량없이 추가되는 물로 인한 품질저하를 방지할 수 있는 장점을 갖는다.

본 연구를 통해 개발된 재료에 대한 판매를 위하여 제품화된 재료를 다음 <그림 5.1>에 나타내었다.



<그림 5.1> 개발재료의 제품화 포장상태

제 2 절 개발공법의 신기술등록 추진

본 연구를 통해 개발된 재료 및 공법을 현장에 적용하여 실용화하기 위해서는 개발 공법에 대한 신기술 등록이 우선적으로 추진되어야 한다. 특히 발주기관에서 공사발주시 우선적으로 선정되도록 하기 위해서는 신기술로의 등록이 가장 중요한 작업이라할 수 있다. 신기술 등록을 추진하기 위해서는 개발공법에 대한 품셈작업과 설계내역 등의 작업도 실시되어야 할 것이며, 신기술 등록을 바탕으로 개발공법의 상용화를 위해 발주기관에 설계 반영토록 해야 할 것이다. 특히 건설신기술로 등록될 경우 본 개발공법은 기존 공법들과 비교해 상당히 우수한 특성 및 경제성을 확보할 수 있기 때문에 공법의 보편화가 쉽게 이루어질 수 있을 것으로 판단된다.

제 3 절 적용분야 및 공법의 다양화 추진

본 연구를 통해 개발된 기술은 농업수리시설 콘크리트 구조물의 열화부위보수를 대상으로 개발되어졌다. 하지만 재료가 가지는 특성상 농업수리시설 콘크리트 구조물의 보수 이외에도 다양한 분야에서의 적용이 가능할 것으로 판단된다. 특히 건축구조물의 옥상 슬래브에 별도의 방수층 설치 없이 직접 본 공법을 적용함으로써 방수효과 및 슬래브 보호효과를 얻을 수 있으며, 지하주차장 슬래브에서도 동일한 효과를 얻기에 충분한 공법으로 적용이 가능할 것으로 판단된다. 특히 외부에 노출되는 경우에는 미관을 고려하여 다양한 색상을 첨가함으로써 시각적으로도 만족스러운 시공결과를 얻게 할 수 있다.

이와 함께 부분적인 보수부위와 부착을 요하는 공사, 그리고 방수를 요하는 공사에서 다양하게 적용이 가능하며, 추가적인 연구개발을 통한 경우 보다 많은 분야의 적용이 가능할 것으로 판단된다.

제 6 장 참고문헌

1. KS F 4042 “콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르”
2. 대한토목학회 “콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준”
3. 고경택, 김성욱(2000) “국내외 보수재료 관련 규정에 대한 고찰” 대한토목학회 2000년도 학술발표회 논문집 pp.541~544
4. 김무한, 김재환 외(2006) “ 성능 저하된 철근콘크리트구조물 폴리머 시멘트계 보수용 단면복구제의 내구성 평가에 관한 실험적 연구” 한국구조물진단학회 제10권 1호 pp.123~130
5. 김재성 배준영 외(2005) “내화학적 단면복구 모를라트 및 건습식 복합 분체이송시공 시스템을 이용한 하수처리 시설물의 보수공사” 한국구조물 진단학회 제 9권 4호 pp.82~88
6. 농림부, 강원대학교(1996) “농업용 수리구조물의 보수보강 신기술 개발 보고서”
7. 농림부, 농업기반공사(2002) “농업기반 콘크리트 수리구조물의 내구성 향상 기술개발 연구 보고서”
8. 농림부, 농업기반공사(2003) “농업여건 변화에 따른 수리시설개보수사업의 효율적 추진방안에 관한 연구”
9. 농림부, 농업기반공사(2000) “수리시설 개보수사업 대상지 일제조사 보고서”
10. 농림부, 농업기반공사(2003) “수리시설물 품질개선방안 연구 보고서”

11. 도정윤(2006) “콘크리트 구조물 보수용 폴리머계 보수재료의 사용과 선정 방법” 한국 콘크리트학회 콘크리트학회지 Vol.18 No.4 pp73~79
12. 박지용(2002) “철근콘크리트 구조물의 균열발생에 따른 보수·보강에 관한 연구” 경일대학교 산업대학원 토목공학과.
13. 연구석, 이운수, 지경용(1998) “콘크리트 보수용 폴리머 복합재료의 접착강도 특성”, 한국콘크리트학회 1998년도 가을학술발표회 논문집 : Vol.10 No.2 pp.330~335
14. 연구석(1992) “일본에서의 폴리머 모르타르 및 콘크리트 이용사례” 한국콘크리트학회 Vol.4 No.2 pp.30~40
15. 윤경구, 이종명, 이주형, 홍창우 “라텍스 개질 콘크리트의 강도발현 및 내구특성” 석재연 논문집 pp. 117~125.
16. 우종태, 장석환, 김용철(2003) “고압스프레이 방식 신보수 공법의 개발에 관한 연구” 구조물진단학회 논문집 Vol.7 No.1 pp.279~288
17. 이운수, 정인수, 주명기 (2004)“고유동 폴리머 시멘트 모르타르의 강도 특성” 한국 콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집 pp. 312~315
18. 이재용, 김영수(2005) “단면복구재로서 폴리머 시멘트 모르타르의 성능 평가” 대한건축학회 논문집 구조계 21권 4호 pp.157~164
19. 이진용, 권혁우(2001) “노후된 콘크리트 구조물의 보수재료 및 보강공법” 대한토목학회 학술발표 논문집 pp.1~4
20. 이찬민(2003), 건국대학교 “혼합시멘트 모르타르의 내구특성”

21. 황의환 황택성 외(1994) “폴리머-시멘트 모르타르의 미세구조와 동결융해 저항성의 관계” Journal of the Korean Ceramic Society Vol.31 No.9 pp.949~956
22. Artemio Palos, Nandika Anne D' Souza, CTodd Snively, Richard F. Reidy III (2001) “Modification of cement mortar with recycle ABS” Journal of Cement and Concrete Research Vol.31 No.7 pp.1003~1007
23. ASTM C 1202 "Standard Test Method for Electical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration"
24. Daniel Cusson, Noel Mailvaganam(1996) “Durability of repair material” Concrete Internationa I Vol.18 No.3 pp.34~38
25. Etsuo Sakai and Jun Sugita (1995),"Composite mechanism of polymer modified cement",journal of Cement and Concrete Research, Vol. 25, No.1, pp.127~135
26. G. Barluenga, F. Hernández-Olivares (2003)“SBR latex modified mortar rheology and mechanical behavior”, Journal of Cement and Concrete Research, Vol.34 No.3 pp.527~535
27. Gengying Li,(2003) " A new way to increase the long-term bond strength of new-to-old concrete by the use of fly ash",journal of Cement and Concrete Research Vol 33, pp.799~806
28. Jack.J.Fontana and Walter Reams (1985)," The Effect of Moisture on the Physical and Durability Properties of Methyl Methacrylate Polymer Concrete", Polymer Concrete: Uses, Materials and Properties, SP-89-5, pp.91~103
29. J.M.Gao, C.X.Qian(2002),"Experimental study on properties of polymer-modified cement mortars with silica fume",journal of Cement and Concrete Research, Vol. 32, pp.41~45

30. Joachim Schulze and Otmar Killermann,(2001) "Long-term performance of redispersible powders in mortars",journal of Cement and Concrete Research, Vol. 31, pp.357~362
31. Joachim schulze(1999), "Influence of water-cement ratio and cement content on the properties of polymer-modified mortars",journal of Cement and Concrete Research, Vol. 29, pp.909~915
32. oshua B.Kardon (1997), "Polymer-Modified Concrete", Journal of Materials in Civil Engineering pp.85~92
33. K.E. Hassan, P.C.Robery, L.Al-Alawi(2000)"Effect of hot-dry curing environment on the intrinsic properties of repair materials" Journal of Cement and Concrete Composites, Vol.22 No.6 pp.453~458
34. Ke-Ru Wu, Dong Zhang, Jun-Mei Song(2002) "properties of polymer-modified cement mortar using pre-enveloping method" Journal of Cement and Concrete Vol.32 No.3 pp.425~429
35. Kosednar, J.(2005) "Selection and use of polymer-based materials in the repair of concrete structures", Journal of Performance of Constructed Facilities, Vol.19 No.3 pp.229~233
36. K.S. Rebeiz, S.P. Serhal and A.P.Craft (2004),"Properties of Polymer Concrete Using Fly Ash",journal of materials in Civil Engineering, Jan-Feb, pp.15~19
37. Leo M.saija (1995)," Waterproofing of portland cement mortars with a specially designed polyacrylic latex",journal of Cement and Concrete Research, Vol. 25, No.3, pp.503~509

38. M. Biswas(1994)“Effect of latex and superplasticiser on portland cement mortar in the fresh state” Journal of Cement and Concrete Composites Vol.16 No.4 pp.309~316
39. M.Heikal, I.Aiad and M.M.Shoaib (2001)," Physico-chemical characteristics of some polymer cement composites", journal of Materials Chemistry and Physics, Vol.71, pp.76~83
40. M.J.Shannag (2000)," High strength concrete containing natural pozzolan and silica fume", journal of Cement and Concrete Composites, Vol 22, pp.399~406
41. M.M. Al-Zahrani, M.Maslehuddin, S.U. Al-Dulaijan, M. Ibrahim(2003) “Mechanical properties and durability characteristics of polymer- and cement-based repair material” Journal of Cement and concrete composite Vol.25 No.5 pp. 527~537
42. M. Sakuta, Y.Yoshioka and T.Kaya, " Use of Acryl-type polymer as admixture for underwater concrete" , Polymer Concrete: Uses, Materials and Properties, SP 89-14, pp. 261~278
43. M.U.K. Afridi Y. Ohama, M.Zafar Iqbal & K.Demura(1995), "Water Retention and Adhesion of Powdered and Aqueous Polymer-Modified Mortars", Elsevier Science
44. M.U.K Afridi and Y, Ohama, K.Demura(2003), "Development of polymer films by the coalescence of polymer paticles in powdered and aqueous polymer-modified mortars", journal of Cement and Concrete Research, Vol 33, pp.1715~1721
45. P.J.P Gleize, A.Muller and H.R.Roman(2003), "Microstructural investigation of a silica fume-cement-lime mortar" journal of Cement and Concrete Composites, Vol. 25, pp.171~175

46. Ru Wang, pei-Ming Wang, Xin-Gui Li(2004) "Physical and mechanical properties of styrene-butadiene rubber emulsion modified cement mortar", Journal of Cement Concrete Research Vol.35 No.5 pp900~906
47. S.A Austin and P.J Robins, " Wet process sprayed Concrete Technology for Repair", Final Report of EPSRC Grant, April 1999.
48. Yoshihiko Ohama(1998) "Polymer-based admixture" Journal of Cement and Concrete Composite, Vol. 20 No.2~3 pp.189~212
49. Yoshihiko Ohama (1997), "Recent Progress in Concrete-Polymer Composites", Elsevier Science
50. Z. Su, J.M.J.M Bijen, J.A. Larbi(1991) "Influence of polymer modification on the hydration of potland cement" Journal of Cement and Concrete Research, Vol. 21 No.3 pp.242~250

부 록

APPENDIX A : 시 방 서

APPENDIX B : 유지관리 지침서

APPENDIX C : 현장 Mock-up 시험 및 시험시공 관련 사진

APPENDIX D : 학술논문집 및 학술발표회 논문집 게재 논문

APPENDIX E : 특허결정서

APPENDIX A : 시 방 서

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방서는 수용성 폴리머 모르타르를 이용한 기중 및 수중 농업용 수리구조물의 단면 복구에 필요한 품질관리 및 시공 등의 전반에 관한 사항에 적용한다.

1.2 참조규격

본 절에 언급된 관련 규격은 품질시험에 필요한 시험방법을 나타낸 규정이다.

1) 한국 산업 규격(KS)

KS F 2476 - 폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법

KS F 4042 - 콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르

KS F 2424 - 모르타르 및 콘크리트의 길이변화 시험 방법

KS L 5105 - 수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험 방법

KS L 5109 - 수경성 시멘트 페이스트 및 모르타르의 기계적 혼합방법

2) 관련시방

본 시방서에 규정되어 있지 않은 사항은 콘크리트 표준시방서를 따른다.

2. 재 료

2.1 재료의 품질기준

1) SBR 라텍스

SBR 라텍스의 사용은 유통기한이 지나지 않은 것으로 표 2-1과 같은 성질을 만족하는 것을 사용한다.

표 2.1 라텍스의 성질

고형분 농도 (%)	비중	pH	표면장력 (dyne/cm)	입자크기 (Å)	점도	색상
46.9±2	1.02	8~11	35이하	1800이하	50이하	유백색

2) 잔골재

잔골재는 인조규사를 사용하며, 화학적 성질은 표 2-2를 만족시키는 것으로 한다.

표 2.2 잔골재의 화학적 성질

오차범위: ±10%이내

시험항목	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	계
결과치	96.0	2.0	0.1	0.5	0.2	0.2	0.2	100

3) 시멘트

시멘트는 KS L 5201에 적합한 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한다. 표 2-3은 포틀랜드 시멘트의 물리적 성능을 나타낸 것이다.

표 2.3 KS 규정에 명시 되어 있는 보통 포틀랜드 시멘트의 물리적 성능

분말도 (cm ² /g)	응결시간			수화열(cal/g)		압축강도(MPa)	
	길모어침	초결(분)	초결 60이상	7일	—	1일	—
2800이상		종결(시간)	종결 10이하			28일	3일
	비카시험	초결(분)	45이상 375이하	7일			10
28일				29			

4) 물

배합수는 해수를 사용할 수 없으며, 알칼리, 산등의 모르타르에 나쁜 영향을 미치는 물질은 함유하지 않는 깨끗한 것을 사용한다.

5) 혼화재료

라텍스 개질 보수 모르타르에 사용되는 실리카흙 혼화제는 시험배합을 거쳐 확인한 후 사용하여야 한다.

6) 수중불분리성 혼화제

본 지방에서 사용하는 수중불분리성 혼화제는 수중 콘크리트 구조물 보수를 위해 사용하며 별도로 정하는 기준(콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질 기준)에 적합한 것 이어야 한다. 수중불분리성 콘크리트는 칠 때 수중불분리성을 가지며 경화전까지 유동성을 유지하며 경화후에는 소정의 강도 및 내구성을 가져야 한다.

3. 시공장비

3.1 세척장비

세척장비는 콘크리트 구조물의 열화된 부위를 세척 및 이물질 제거를 목적으로 하는 장비로써 15MPa이내의 압력을 사용한다.

3.2 계량 및 혼합장비

시공현장에서 가장 중요하게 고려되어야하는 인적요인에 대한 품질변동, 혼합수의 첨가가 일률적으로 이루어지지 못함으로써 품질편차가 크게 발생한다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 모빌믹서를 이용하여 기계식 자동계량 및 배합하는 방법을 도입·적용한다.

3.3 이동식 믹서

모빌 믹서를 이용하여 시멘트 계량의 오차 범위 $\pm 2\%$ 이내, 라텍스 계량의 오차범위는 $-1\% \sim 2\%$ 이내, 물 계량의 오차범위는 $\pm 1\%$ 이내에서 계량할 수 있어야 한다. 또한 모빌믹서를 정기적으로 점검하여 배합에 영향이 없도록 해야 한다. 믹서는 항상 청결을 유지하여야 하며 믹싱 후 믹서 내부에 경화된 재료가 없도록 한다.

3.4 뿔칠장비

뿔칠용 장비는 펌프형식으로 모노펌프 7.5HP(5.5kw)이상 최대 토출량은 2.4m³/h이어야 한다. 또한 최대 이송 거리는 50m 이상으로 한다. 콤프레서는 10HP이상의 장비를 이용하여 시공한다.

4. 시 공

4.1 조 사

농업용 콘크리트 구조물의 열화상태 및 열화요인, 시공계획의 작성 등을 안전진단 보고서 및 유지관리 지침서를 참조하여 필요하다고 판단되는 사항을 조사한다.

1) 일반적인 조사

구조물의 용도, 구조물의 연령 및 열화내용 및 종류 등의 요소를 조사

2) 시공환경 조사

장비 진출입의 용이, 시공장비의 위치, 자재의 보관, 기타 현장주변의 제반환경 조사

4.2 열화단면 처리

1) 열화부분의 제거

열화된 부분을 고압수로 처리하거나 기타 적절한 공법을 채택하여 제거한다.

2) 청소 및 물 뿌리기

가. 열화된 단면을 고압수(10~15MPa)를 이용하여 먼지나 이물질을 제거하거나 고압의 공기를 이용하여 완전히 제거한다.

나. 단면에 부착력을 향상시키기 위하여 청소 후 보수 모르타르를 작업하기 직전에 물을 뿌린다.

4.3 배 합

농업수리구조물용 라텍스 개질 보수 모르타르의 일반적인 배합에서는 라텍스에 의한 공기연행이 활발해 지므로 AE제는 사용하지 않는다. 라텍스는 고형분과 물의 혼합물질 이므로 라텍스에 포함된 물의 양을 고려하여 실제 사용될 물의 양을 줄여야 한다.

1) 배합설계

표4-1와 같은 배합설계기준으로 3.2절의 오차범위 내에서 배합을 실시하도록 한다.

표 4.1 배합설계기준

항목	시험방법	기준범위	
압축강도	KS F 4042	재령 1일	10MPa
		재령 28일	50MPa
휨강도	KS F 4042	재령 28일	10MPa
흐름치(flow)	KS F 2476	170±5mm	

2) 시방배합

감독관이 승인한 농업 수용성 폴리머 모르타르 재료를 사용하여 시방배합을 정하며, 이를 토대로 감독관 입회하에 현장배합을 결정한다.

3) 현장 배합

각종 혼화재를 이용하여 라텍스 개질 보수재료의 시방배합을 실시하고 그 결과를 감독관에게 제출하여 감독관과 협의를 통하여 현장 배합을 결정한다. 단 혼화재의 비율을 조절할 수 있으나 라텍스의 고형분 및 성질은 조절할 수 없다.

4.4 라텍스 보수재료의 스프레이를 이용한 보수

1) 재료확인 및 제품저장

가. 재료의 보관상태 및 제품포장 파손 유무를 확인한다.

- 나. 제품의 제조일자 등을 확인한다.
- 다. 재료는 품목별모 구분하여 저장한다.

2) 제품 취급시 주의사항

- 가. 본 제품은 반드시 밀봉하여 직사광선이 닿지 않고 건조한 곳에 보관하여야 한다.
- 나. 본 제품은 얼지 않도록 하며 용기는 밀폐시켜 상온에 보관한다.
- 다. 본 제품을 개봉하였을 때 굳은 재료는 사용하지 않는다.
- 라. 비 오는 날이나 습도가 높은 날(RH 85%이상), 대상면 온도가 5℃이하 35℃이상 이면 작업을 피한다.
- 마. 부득이 동절기(5℃이하)에 시공을 해야 할 경우 임시로 가설 난방 등으로 작업장온도를 5℃이상을 유지하도록 한다.
- 바. 제품의 용도 외에 사용은 금한다.
- 사. 작업 중 또는 작업 후 제품과 접촉한 피부는 깨끗이 씻는다.
- 아. 본 제품의 폐기는 시공한 업체에서 환경부 처리규정에 준하여 폐기한다.

3) 열화단면 처리

4.2절에 따라 고압수 또는 고압의 공기를 이용하여 이물질을 제거한다..

4) 장비의 설치

- 가. 본 제품을 사용하기 위한 기본장비는 모르타르믹서, 고압펌프, 콤프레셔 등이 있으며, 주위에 동력이 없을 경우 발전기를 추가 설치하여야 한다.
- 나. 작동방법이나 세척 및 장비 유지관리에 대해서는 장비사양에 따른다.
- 다. 펌프와 노즐과의 높이는 되도록 수평을 유지한다.
- 라. 모르타르 호스내에 원활한 압송을 위하여 호스내부를 적셔 놓는다.
- 마. 펌프 및 믹서의 회전방향이 맞는지 확인한다.

5) 뿔칠 시공

- 가. 비비기를 마친 라텍스 개질 보수 모르타르를 뿔칠 장비의 자체 믹서에 투입한다.
- 나. 뿔칠 장비의 뿔칠 압송 속도를 조정하여 뿔칠 속도 및 압력을 조절한다.
- 다. 콤프레셔에서 압송되는 압축공기를 뿔칠 장비 노출에 연결하여 압축공기와 보수 모르타르가 함께 분사되도록 한다.

라. 콘크리트 보수면에 수직하게 분사한다.

6) 스프레이 시공시 주의 사항

가. 스프레이 작업자는 반드시 작업복, 작업화, 보안경, 마스크를 착용후 시공한다.

나. 스프레이 작업은 고압분사에 의해 이루어지므로 안전사고에 대한 대책을 취해야 한다.

다. 소음 발생에 대한 대책을 마련해야 한다.

7) 스프레이 시공 후 표면 처리 및 양생

가. 시공 후 표면은 즉시 평탄작업이 가능하며 시공시 연결부위나 열화단면과의 분리 등에 주의 하여야 한다.

나. 표면처리시간은 온도 및 습도의 영향을 고려하여 조정한다.

다. 표면처리는 헤라, 흙손 등을 이용하여 표면을 매끄럽게 한다.

5. 품질관리 및 검사

5.1 재료관리

1) 본 제품은 ①설계도서와 주문서와의 일치여부 확인 ②제품 포장의 손상여부 확인 ③보존조건 명세서 확인 ④제조일자 및 보존기간 확인 등을 확인하고 사용해야 한다.

2) 배합수는 산이나 모르타르의 품질에 영향을 줄 수 있는 이물질등이 없어야 한다.

5.2 배합관리

1) 스프레이용 보수재료는 물/시멘트 비, 시공온도, 교반속도 등에 따라 품질의 차이가 발생하므로 모빌믹서의 상태를 사전에 점검해야 한다.

2) 대기온도와 사용되는 보수재료의 온도 및 물의 온도를 수시로 체크해야 한다.

3) 계량오차 범위를 벗어날 수 있으니 수시로 계량 오차범위를 체크해야 한다.

5.3 품질시험

- 1) 품질시험은 재령 28일에 부착강도, 압축강도시험을 실시하여 시험결과를 공사감독관에게 서면으로 제출하여 확인 받아야 한다.
- 2) 부착강도시험은 KS F 4042(콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르)에 따라 시험을 실시한다.
- 3) 감독자는 현장에 상주하여 시공면 준비, 배합, 비비기, 스프레이 시공, 표면 마무리 등 시공의 전반적인 과정을 조사하여야 한다.

APPENDIX B : 유지관리 지침서

유지관리를 위한 안전점검 및 진단은 구조물의 현상태를 파악하여 안정성과 사용성에 악영향을 미치는 열화손상을 조기에 발견함으로써 적절한 조치를 가능하게 하고 필요시 보수 및 보강을 실시하여 내구성, 내하성, 안정성 등 건전도를 확보하기 위함이다. 따라서 경험과 기술을 갖춘 육안 또는 점검기구 등을 사용하여 정기적 혹은 비정기적으로 안전점검을 실시하여야 한다.

제 1장 일반사항

구조물의 시공이 완료(준공검사)된 후 시공자는 품질의 사후관리를 위한 점검계획을 수립하여 점검을 수행하여야 하며 그 시기는 매년 1~2월에 실시한다.

제 2장 설계도서의 보관

구조물의 시공 완료 후 사후 품질관리를 위하여 시공자는 발주처로부터 제공받은 설계도서(설계도, 시방서, 내역서 등)를 식별이 용이하도록 일정장소에 보관하여야 하며 시공자가 협력업체일 경우에는 공사 준공후 7일이내에 설계도서를 신기술 개발자에게 송부하여야 한다.

제 3장 점검의무

구조물을 시공한 자는 점검에 대한 의무가 있으며 시공자라 함은 구조물의 시공에 참가한 자를 말한다.

제 4장 점검범위

본 공법을 활용하여 시공한 구조물을 점검범위로 한다.

제 5장 점검기준

구조물 시공시 공사발주처(구조물 관리 주체)에서 제공한 공사시방서와 품질절차서를 기준으로 하고 점검정도는 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침의 정기 점검방법에 따른다.

제 6장 점검내용

6.1 구조물 시공 후 균열상태, 박리, 박락, 파손, 마모 등에 대하여 일상 또는 정기적으로 육안 또는 적절한 점검기구를 사용하여 점검을 실시하고 허용 균열폭 및 보수기준은 아래와 같다.

표 6.1 내구성에서의 허용균열폭

조 건	허용균열폭 Wa(mm)
건 조 환 경	0.40
습 윤 환 경	0.30
부 식 성 환 경	0.20
고부식성환경	0.15
수 밀 성 환 경	0.10

표 6.2 구조적 안전성, 내구성, 방수성 측면에서의 보수기준

분 류	평 가	균열폭(mm)		
		구조적 안전성 기준	내구성 기준	방수성 기준
미세균열 (Fine)	구조적 문제는 없음 보수 불필요 균열 관찰 관리	구조적 허용균열폭 Wa이하	환경조건별 허용균열폭 Wa이하	0.1이하
중간균열 (Medium)	구조적 문제의 검토 균열보수 균열부위 관찰 관리	Wa ~ 0.5	Wa ~ 0.5	0.1 ~ 0.2
대균열 (Wide)	구조내하력 저하 구조적 검토 필요 즉각적인 균열보수	0.5이상	0.5이상	0.2이상

6.2 시공된 구조물의 강도 검사는 슈미트 해머에 의한 비파괴 검사 및 구조물의 콘 크리트로부터 취한 코아에 대하여 시험하는 파괴시험에 의해 시행한다.

제 7장 점검 후 조치

- 7.1 구조물의 상태를 사후 점검한 시공자(기술개발자 또는 협력업체)는 점검 결과를 점검일지에 기록하고 제반 관계서류는 하자기간 만료 익년말까지 보관하여야 한다.
- 7.2 시공자는 공사시방서와 신청신기술의 품질절차서의 기준을 초과하는 이상 징후가 발생되었을 경우 이에 대한 대책을 수립하고 발주처 또는 구조물의 관리주체에 서면으로 보고하고 우선적으로 처리한다.
- 7.3 기술개발자는 당해연도에 실시한 사후점검결과를 종합적으로 검토 및 분석하여 향후 품질관리에 활용하고 재발되지 않도록 한다.

APPENDIX C : 현장 Mock-up 시험 및 시험시공 관련 사진

1. 현장 Mock-up 시험



현장 Mock-up 시험체 모습



스프레이 타설장비 셋팅모습



수용성 폴리머 모르타르 생산모습



스프레이 타설장비에 의한 뽐칠작업모습 - 1차(초벌용)



스프레이 타설장비에 의한 뽐칠작업모습 - 2차(마감용)



시공면 마무리작업 모습



시공완료 후 시공면 상태모습

2. 현장 시험시공



시험시공현장 모습



시공면 철삭작업 모습



시공면 절삭작업 완료 후 모습



시공면 청소모습



수용성 폴리머 모르타르의 사용재료 모습



수용성 폴리머 모르타르 생산 모습



스프레이 타설장비에 의한 뿔칠모습 - 1차(초벌용)



스프레이 타설장비에 의한 뿔칠모습 - 2차(면마감용)



시공면 마무리 작업 모습



시공완료 후 시공 면상태 모습

농업용 콘크리트 구조물을 위한 라텍스 개질 보수용
모르타르의 적정 배합비 도출

Optimum Mix Proportion of Latex Modified Repair Mortar for
Agricultural Concrete Structures

원 종 필*† · 이 재 영** · 박 찬 기*** · 박 성 기****

Won, Jong Pil · Lee, Jae Young · Park, Chan Gi · Park, Seong Gi

Abstract

The service life of agricultural concrete structures is designed in about 30 to 100 years, but actual service life is estimated in an average 18 years. Therefore, as the service life of the agricultural concrete structures increases, necessity of repair by aging from various environment condition exposure increases.

This study was to determinate the optimum mix proportion of latex modified repair mortar and to improve the durability performance of agricultural concrete structures. The physical and mechanical tests of latex modified repair mortar were performed. Tests of flow, compressive strength, flexural strength and bond strength tests were conducted.

Test results show that the optimum mix proportion of latex modified repair mortar, when used in 5% latex volume fraction (weight of cement), 1.5% antifoaming agent (weight of latex), 0.2% PVA fiber volume fraction, 1:2 (binder-sand ratio), 10% silica fume replacement ratio (weight of cement), could result in best performance for the repair of agricultural concrete structures.

Keywords : Agricultural concrete structure, Life cycles, Latex modified repair materials, Mechanical properties, Optimum mix proportions

I. 서 론

농업용 콘크리트 구조물의 설계 및 시공은 농업 기반조성사업에 따라 목표 내구연한을 기준으로 설계 및 시공을 실시하고 있다(Ministry of Agriculture and Forestry, 2005). 현재 농업용 콘크리트 구조물에 대한 설계 내구연한에 대한 규정은 1982년 농업토목핸드북, 1998년 농어촌진흥공사의 농촌용수계획 설계편람, 1967년 농수산부의 농

* 건국대학교 사회환경시스템공학과
** 건국대학교 대학원 사회환경시스템공학과
*** 건국대학교 BK21 사회기반시설물 유지관리 기술사업팀
**** (주)승화이엔씨 기술연구소
† Corresponding author. Tel.: +82-2-450-3750
Fax: +82-2-2201-0907
E-mail address: jpwon@konkuk.ac.kr

수중에 노출된 농업용 콘크리트 구조물 보수용 라텍스개질 모르타르의 적정 배합비 도출

Optimum Mix Proportions of Latex Modified Repair Mortar for Agricultural Underwater Concrete Structure

원종필* · 이재영** · 박찬기*** · 이상우**** · 김완영*****

Won, Jong Pil · Lee, Jae Young · Park, Chan Gi · Lee, Sang Woo · Kim, Wan Young

Abstract

The purpose of this study was to determine the optimum mix proportion of latex modified mortar for agricultural underwater concrete structures repair. The experimental variables included a latex and antiwashout admixture amount, binder-sand ratio, water-binder ratio. This study were evaluated a repair performance and environment effect of latex modified repair mortar for agricultural underwater concrete structures. The pH test was conducted to evaluated the environmental effect and the flow test was performed to evaluated the workability. Also, compressive, flexural and bond tests were conducted.

Test results show that the optimum mix proportion of latex modified repair mortar for agricultural underwater concrete structures, was achieved by 1 : 1.5 binder-sand ratio, 5% latex ratio (weight of binder), 1.3% antiwashout admixture ratio (weight of binder), 0.33 water-binder ratio and 10% silica fume replacement ratio (weight of cement). The environmental effect and repair performance of optimum mix proportion satisfied all target performance.

Keywords : Agricultural underwater concrete structure, Durability, Performance, Life cycles, Latex modified repair materials, Mechanical properties

1. 서 론

농업용 콘크리트 구조물은 환경적 요인에 의하여 내구성 감소 및 파괴가 조기에 찾아오는 경향이 있

다. 현재 국내에서 농업용 콘크리트 구조물의 설계 내구년한에 대한 규정은 1982년 농업토목هند북, 1998년 농어촌진흥공사의 농촌용수계획 설계편람, 1967년 농수산부의 농업토목설계편람에 제시되어 있으며 각 구조물 및 기준에 따라 어느 차이를 보이고 있지만 대부분의 농업용 콘크리트 구조물은 내구년한을 30년에서 100년 정도로 규정하고 있다 (Ministry of agriculture and forestry, 1991, 1999, 2000, 2005). 그러나 실제적으로 농업용 콘크리트 구조물의 경우 사용 내구년한이 평균 18년에 불과한 것으로 추정되고 있어 목표 내구년한과는 큰 차이를 보여주고 있

* 건국대학교 사회환경시스템공학과
** 건국대학교 대학원 사회환경시스템공학과
*** 건국대학교 BK21 사회기반시설물 유지관리 기술사업팀
**** (주)송화이앤씨 기술연구소
***** 한국수자원공사 수자원연구원
† Corresponding author. Tel.: +82-2-450-3750
Fax: +82-2-2201-0907
E-mail address: jpwon@konkuk.ac.kr

농업용 콘크리트 구조물용 라텍스개질 보수용 모르타르의 수축 및 내구성능 평가

Shrinkage and Durability Characteristics of Latex Modified Repair Mortar for Agricultural Concrete Structures

원 종 필* · 이 재 영** · 박 찬 기** · 박 성 기*** · 김 완 영****

Won, Jong Pil · Lee, Jae Young · Park, Chan Gi · Park, Seong Gi · Kim, Wan Young

Abstract

This research was to evaluate the shrinkage and durability performance of latex modified repair mortar and to improve the service life of the agricultural concrete structures. The shrinkage characteristics of the repair material creates the delamination of repair materials and existing concrete. It may reduce the service life of structures. Also, the reduction of durability performance of the repair materials induces the destruction of the repaired concrete structures at early stage. In this research, plastic and drying shrinkage, thermal expansion coefficient for shrinkage properties, durability performance, permeability, repeated freezing and thawing, and resistance of chemical solution test were performed.

Test results showed that the latex modified repair mortar indicated the shrinkage amount which the delamination does not happen, and the latex modified repair mortar appeared excellent long-term durability performance which can increase the service life.

Keywords: Agricultural concrete structure, Durability performance, Life cycles, Latex modified repair materials, Shrinkage performance

1. 서 론

농업용 콘크리트구조물을 설계, 시공할 때 설계자나 시공자는 구조물의 안정성과 사용성 및 내구성 등을 고려하여 설계 및 시공하게 된다. 일반적으로 농업용

콘크리트 구조물의 설계 및 시공은 농업기반조성사업에 따라 목표내구연한을 기준으로 설계를 실시하고 있다(Ministry of agriculture and forestry, 2005). 농업용 콘크리트 구조물에 대한 설계내구연한에 대한 규정은 1982년 농업토목핸드북, 1998년 농어촌진흥공사의 농촌용수계획 설계편람, 1967년 농수산부의 농업토목설계편람에 제시되어 있으며, 각 규정마다 설계내구연한은 각 구조물 및 기준에 따라 차이를 보이고 있으나 대부분의 농업용 콘크리트 구조물은 내구연한을 30년에서 100년 정도로 설계하고 있다(Ministry of Agriculture and Forestry, 1991,

* 건국대학교 사회환경시스템공학과

** 공주대학교 지역건설공학 전공

*** (주)승화이앤씨 기술연구소

**** 한국수자원공사 수자원 연구원

† Corresponding author. Tel.: +82-2-450-3750

Fax: +82-2-2201-0907

E-mail address: jpwon@konkuk.ac.kr

수중에 노출된 농업용 콘크리트 구조물 보수용 라텍스개질 모르타르의 역학적 특성 및 내구성능 평가

Mechanical and Durability Characteristics of Latex Modified Repair Mortar for Agricultural Underwater Concrete Structure

원종필* · 이재영** · 박찬기*** · 성상경**** · 김원영*****

Won, Jong Pil · Lee, Jae Young · Park, Chan Gi · Sung, Sang Kyung · Kim, Wan Young

Abstract

The most agricultural concrete structures for the irrigation and drainage are exposed to the underwater condition at the irrigation period and they take the influence on very severe cold in the winter. Therefore, it is impossible to use repair materials used to the general concrete structures. The research need the development of the repair material for a performance enhance of the agricultural underwater concrete structures. This research evaluated the mechanical and durability performance of the latex modified repair mortar for underwater concrete structures which performed the repair in the underwater according to the characteristic of the agricultural concrete structure. The latex modified repair mortar is a material that minimize the effect of the ecosystem, environment and the segregation. In this research, the construction condition of the latex modified repair mortar for agricultural concrete structures was considered and the test specimens made in the underwater condition. Test results was then compared with target performance and commercial repair mortar.

Experimental test results indicated that the mechanical and durability performance of latex modified repair mortar for agricultural underwater concrete structure satisfied all target performance. Also, the latex modified repair mortar resulted in better repair performance than the commercial repair mortar.

Keywords : Agricultural underwater concrete structure, Durability performance, Latex modified repair materials, Mechanical properties

1. 서 론

우리나라의 농업용 콘크리트 구조물의 경우 벼농사

의 기간이 되는 관개배수를 위한 구조물이 주름 이
루고 있어 관개기간 동안에는 항상 물과 접촉하고 있
다. 또한 국내의 기온분포가 여름에는 높지만 겨울에
는 매우 혹독한 추위를 나타내고 있어 콘크리트 내부
로 침투한 관개용수나 지하수는 동절기에 동결되어
부피팽창을 발생시켜 농업용 콘크리트 구조물을 파
괴시키게 된다(Ministry of Agriculture and Forestry,
2005).

현재 국내에서 농업용 콘크리트 구조물의 설계 내

* 건국대학교 사회환경시스템공학과
** 건국대학교 대학원 사회환경시스템공학과
*** 건국대학교 BK21 연구교수
**** (주)송화이엔씨 기술연구소
***** 한국수자원공사 수자원연구원
† Corresponding author. Tel.: +82-2-450-3750
Fax: +82-2-2201-0907
E-mail address: jpwon@konkuk.ac.kr

콘크리트 구조물 보수용 라텍스개질 모르타르의 내구성능 평가

Evaluation of Durability on Latex Modified Mortar for maintenance in concrete structure

성상경* 박성기* 이상우* 원종필** 박찬기***
Sung, Sang Kyoung Park, Sung Ki Lee, Sang Woo Won, Jong Pil Park, Chan Gi

ABSTRACT

Concrete structures are occur many various deteriorations in the course of time and many efforts have progressed to improve on performance of concrete.

The purpose of this study is to evaluate the durability of latex modified mortar in order to repair concrete structure which are happened deterioration. In this study, we tested plastic shrinkage, drying shirnkage, repeated freezing and thawing, permeability and resistance of chemical solution. Latex modified mortar and two kinds of sprayed polymer mortar used on durability test.

As a result of test, latex modified repair mortar was exhibited durablilty improvement compared to the conventional sprayed polymer mortars. It is judged the fact that latex modified mortar have no problem in site application but additionally many research will be necessary.

요 약

콘크리트 구조물은 시간이 지남에 따라 각종 열화현상이 발생하고 그로 인해 구조물의 내하력 및 내구성능이 저하되어 콘크리트 구조물의 내구연한을 증가시키기 위한 보수 및 보강이 필요하며 현재 다양한 종류의 보수재료 및 공법이 개발되어 적용되고 있는 실정이다.

본 연구의 목적은 콘크리트 구조물 보수재료로서 라텍스개질 모르타르의 내구성능을 평가하기 위한 것으로 현재 국내에서 널리 적용되고 있는 2가지 종류의 뽀칠용 보수재료와의 비교 실험을 실시하여 내구성능(소성수축, 건조수축, 동결융해저항성, 염소이온 침투저항성, 내약품성)을 비교·분석하였다.

라텍스개질 모르타르의 경우 기존에 적용되고 있는 제품에 비해 우수하거나 동등한 성능을 보이는 것으로 나타났으며 현장적용에 있어 라텍스개질 모르타르는 문제가 없을 것으로 판단되나 추가적인 연구가 필요할 것이다.

* 정회원, (주)승화이엔씨 기술연구소

** 정회원, 건국대학교 사회환경시스템공학과 교수

*** 정회원, 공주대학교 지역건설공학 전공 교수

APPENDIX E : 특허결정서

발송번호: 9-5-2008-031352918
 발송일자: 2008.06.10

수신 경기 부천시 원미구 춘의동 203-1 조강빌딩 3층(모든국제특허법률사무소)
 이명택

420-857

YOUR INVENTION PARTNER

특 허 청 특허결정서

출원인명칭	명칭	주식회사 승화이엔씨 (출원인코드: 120000132715)
주 소	주 소	서울시 송파구 마천동 41 승화빌딩 4층, 5층
대리인성명	명칭	이명택 외 1명
주 소	주 소	경기 부천시 원미구 춘의동 203-1 조강빌딩 3층(모든국제특허법률사무소)
발명자성명	명칭	이상우
주 소	주 소	서울 서대문구 연희1동 437-19 동양빌라트 201호
발명자성명	명칭	박성기
주 소	주 소	경기 수원시 장안구 조원동 한일타운아파트 119동 401호
발명자성명	명칭	성상경
주 소	주 소	서울 강동구 성내동 590 삼성아파트 202동 1808호
발명자성명	명칭	원종필
주 소	주 소	서울 송파구 잠실동 101-1 우성아파트 26동 101호
발명자성명	명칭	장창일
주 소	주 소	서울 광진구 자양1동 661-13
출원번호	번호	10-2007-0135717
발명명의명칭	명칭	콘크리트 구조물 단면 및 표면보수용 수용성폴리머모르타르 조성물 및 제조방법
청 구	항	항 2

이 출원은 특허법 제66조의 규정에 의하여 특허결정합니다.
 (특허법 제87조의 규정에 따라 특허권은 특허료를 납부하여 설정등록함으로써 발생하게 됩니다.)

[특기사항]

이 건 특허발명의 선출원에 대한 검색은 2008.06.09 까지 공개된 자료를 대상으로 하였으며, 이 날짜 이후 공개되는 선출원과 관련하여 특허법 제29조제3항 및 제4항 또는 제36조제1항 내지 제3항의 규정에 대한 위반여부의 판단은 하지 아니하였다. 끝.

[참고문헌]

1. KR100625411 B1
2. JP2004244288 A
3. KR1020050040898 A

2008.06.10

특허청

화학생명공학심사국
무기화학심사과

심사관

고흥열



<<특허등록료, 실용신안등록료 납부, FD(플로피디스크제출 및 특허기술상신청안내)>>

※ 등록료 납부안내

1. 특허료 납부예정금액(1~3년차분) : 156,000 원(1~3년차분을 정상납부기간내에 납부하는 경우), 78,000 원(50% 감면대상자인 경우), 46,800 원(70% 감면대상자인 경우)

* 특허료의 정상납부기간을 경과하여 추가납부하거나, 특허료납부기간 중 특허료의 변경요인이 있을 때에는 위 납부금액이 달라질 수 있습니다.

2. 납부기간 : 이 특허결정서를 받은 날로부터 3월 이내에 최초 3년분의 특허료를 일시에 납부하여야 하며, 이 납부기간이 경과한 후에는 6월이내(추가납부기간)에 한하여 2배의 금액을 납부하여야 합니다. 이 추가납부기간도 경과하면 출원포기로 간주되어 등록받을 수 없습니다.

3. 납부방법 :

① 「납입고지서 및 영수증」을 이용하는 방법 : 특허결정서와 함께 송달받은 「납입고지서 및 영수증」상의 정상납부일까지 은행, 우체국 등 국고수납기관 또는 인터넷지로서이트(<http://giro.or.kr>)에서 특허료를 납부합니다.

② 특허료납부서를 이용하는 방법 : 특허료납부서를 특허청(서울사무소)에 먼저 제출한 후 부여받은 접수번호를 납부자번호로 하여 제출일의 다음날까지 은행, 우체국 등 국고수납기관 또는 인터넷지로서이트(<http://giro.or.kr>)에서 특허료를 납부합니다. 다만, 특허료납부서를 우편으로 제출하려는 경우에는 특허료에 해당하는 통상환증서를 함께 보내셔야 합니다.

* 보내실 곳 : 우)302-701 대전광역시 서구 선사로 139, 정부대전청사 특허청 등록서비스과

4. 국민기초생활보장법상 수급자, 학생, 소기업, 중소기업 등이 특허료를 감면받고자 하는 경우에는 특허료납부서와 함께 감면 또는 면제 대상임을 입증하는 서류를 제출한 후 특허료를 납부하여야 하고, 일부청구항을 포기하려는 자는 특허료납부서와 함께 일부청구항포기서를 제출한 후 특허료를 납부하여야 합니다.

※ FD출원

- FD출원 후 특허결정의 등본을 받기 전에 보정을 한 자는 특허료납부서 제출시까지 보정내용의 전부 또는 일부가 반영된 최종본의 FD 1통을 첨부하여 민원실에 제출하여야 합니다.

※ 특허기술상은 내국인의 경우, 이의신청기간만료일로부터 설정등록 후 2년이내에 해당 심사과(팀)에 추천의뢰신청을 할 수 있습니다.

※ 서식 또는 절차에 대하여는 특허고객 콜센터(☎1544-8080)로 문의하시기 바라며, 기타 문의사항이 있으시면 ☎ 042-481-5595(담당심사관 고흥열)로 문의하시기 바랍니다.

※ 우 302-701 대전광역시 서구 선사로 139, 정부대전청사 특허청