

## 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\*\*\*\* · 김완영\*\*\*\*\*

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 근간이 되는 관개배수를 위한 구조물이 주를 이루고 있어 관개기간 동안에는 항상 물과 접촉하고 있다. 또한 국내의 기온분포가 여름에는 높지만 겨울에는 매우 혹독한 추위를 나타내고 있어 콘크리트 내부로 침투한 관개용수나 지하수는 동절기에 동결되어 부피팽창을 발생시켜 농업용 콘크리트 구조물을 파괴시키게 된다(Ministry of Agriculture and Forestry, 2005).

현재 국내에서 농업용 콘크리트 구조물의 설계 내

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

구연한에 대한 규정은 1982년 농업토목핸드북, 1998년 농어촌진흥공사의 농촌용수계획 설계편람, 1967년 농수산부의 농업토목설계편람에 제시되어 있으며 각 구조물 및 기준에 따라 어느 차이를 보이고 있지만 대부분의 농업용 콘크리트 구조물은 내구연한을 30년에서 100년 정도로 규정하고 있다.(Ministry of Agriculture and Forestry, 1991, 1999, 2000, 2005) 그러나 실제적으로 농업용 콘크리트 구조물의 경우 사용 내구연한이 평균 18년에 불과한 것으로 추정되고 있어 목표 내구연한과는 큰 차이를 보여주고 있다(Ministry of Agriculture and Forestry, 2005). 따라서 내구연한이 감소한 농업용 콘크리트 구조물의 성능 향상을 위하여 보수 및 보강을 실시하여야 한다. 그러나 농업용 콘크리트 구조물 특히 관개 및 배수용 구조물의 경우 봄, 여름 및 가을 등 보수작업을 진행할 수 있는 계절에는 구조물이 물속에 잠겨 있는 특수한 상황에 처해 있어 일반적인 보수재료 및 공법으로는 보수가 매우 힘든 실정이다(Won 등, 2001, 2002). 따라서 본 연구에서는 농업용 콘크리트 구조물의 이와 같은 특성을 고려하여 수중에서 보수를 실시할 수 있는 라텍스 개질 수중 보수용 모르타르에 대한 역학적 특성 및 내구성능을 평가하고자 한다. 특히 본 연구에서는 수중 콘크리트 구조물의 보수가 수중에서 이루어지므로 이와 같은 환경을 고려하여 수중에서 공시체를 직접 제작하여 성능 평가를 실시하였으며 이를 통하여 라텍스 개질 수중 보수용 모르타르의 적용성을 평가하였다. 이와 같은 연구를 통하여 본 논문에서는 수중에 노출되어 있는 농업용 콘크리트 구조물의 효과적인 보수재료를 제시하고자 한다.

## II. 실험계획

### 1. 보수재료의 성능기준

본 연구에서는 수중에 노출된 농업용 콘크리트 구조물의 보수를 위하여 라텍스 개질 보수모르타르의 보수재료로서의 성능을 평가하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 수중에서 공시체를 제작하여 역학적 특성 및 내구성능을 평가하였다. 일반적으로 공기중에서 공

시체를 제작할 때와 수중에서 공시체를 제작할 때의 차이점은 수중 공시체의 경우 재료분리 등과 공시체 제작시 수분의 침투로 인한 물-시멘트 비의 증가, 공기량의 증가 등이 발생하여 공기중에서 공시체를 제작할때와 비교하여 역학적 특성 및 내구성능이 감소할 가능성이 높아진다. 본 연구에서는 수중에 노출된 농업용 콘크리트 구조물의 보수가 수중에서 이루어지므로 이를 고려하여 실험공시체를 수중에서 제작하였으며, 목표기준은 충분한 보수성능을 만족하도록 Table 1과 같이 결정하였다.

## 2. 사용재료

### 가. 시멘트 및 골재

본 연구에서는 H사에서 제조한 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 물리·화학적 특성은 Table 2와 같다. 잔골재는 인조규사를 사용하였다. 인조규사는 원석의 순도가 높고 석영질로 SiO<sub>2</sub>의 성분이 높고 색도가 백색이며, 경질이고 내화도가 높다. 본 연구에서는 국내 D사에서 제조한 제품을 사용하였으며 화학적 성분은 Table 3과 같다.

Table 1 Target properties of latex modified repair materials

Properties	Test conditions	Target value
Compressive strength	28 curing days	> 50 MPa
Flexural strength	28 curing days	> 10 MPa
Bond strength	14 curing days	> 2 MPa
Chloride permeability	AASHTO T 159 ASTM C 1202	1,000 columbs
Resistance to chemical solution	CaCl <sub>2</sub> NaSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	> 80% residual strength > 80% residual strength > 65% residual strength

Table 2 Physical and chemical properties of cement

Physical properties	Fineness (cm <sup>2</sup> /g)	Specific gravity	Stability (%)	Setting time		Compressive strength(MPa)		
				Initial (min)	Final (min)	3 days	7 days	28 days
	3,449	3.15	0.07	245	5:40	23.0	30.5	39.4
Chemical properties	Loss on ignition(%)			MgO(%)		SO <sub>3</sub> (%)		
	1.3			2.8		2.1		

Table 3 Chemical composition of fine aggregate

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Total
96.0	2.0	1.0	0.1	0.5	0.2	0.2	100

나. 라텍스

시멘트 모르타르는 물-시멘트비가 증가함에 따라 플로우 값으로 표시되는 시공성은 개선되나 실제 적용시 재료분리, 블리딩, 강도저하 등의 물리적 성능 손실은 피할 수 없다. 이에 따라 현장에서 작업할 때 작업성을 개선하여 경제적 손실을 줄이면서도 시멘트 모르타르의 성능을 동등 혹은 그 이상으로 향상시킬 수 있는 재료와 방법에 대하여 많은 연구가 진행되어 왔다(Barluenga, 2003). 시멘트 모르타르의 작업성을 개선하면서 내구성을 개선시키는 데는 많은 재료적 접근 방법이 있겠지만 친수콜로이드적인 성격을 가지고 있는 유기계 고분자재료가 시멘트 모르타르의 훌륭한 개질 재료로 널리 알려져 있다(Saija, 1994). 이중 라텍스는 윤활유와 같은 작용을 하여 모르타르의 워커빌리티를 향상시킨다. 따라서 라텍스의 첨가로 인한 일정 수준의 워커빌리티를 얻기 위하여 요구되어지는 단위수량을 감소시킨다(Biswas, 1994). 이러한 단위수량의 감소는 경화된 재료의 강도 증가를 가져온다. 라텍스는 또한 모르타르 속에서 공극 구조를 안정화 시키는 경향이 있으며 알칼리성 필름막을 형성하여 철근을 보호하고 충전작용으로 우수한 휨강도, 건조수축의 감소, 불투수성, 동결융해 저항성, 부착강도 등을 나타내게 된다(Barluenga, 2003). 따라서 상기와 같은 특성을 가진 라텍스를 이용한 보수재료를 농업용 콘크리트 수리구조물에 적용하면 사용수명 증가에 큰 효과가 있다. 본 연구에서 사용한 라텍스는 SBR(Styrene-Butadien Rubber)이며 특성은 Table 4와 같다.

다. 실리카폼

실리카폼은 실리콘이나 페로실리콘 등의 규소합금

Table 4 Physical properties of Latex

Concentration (%)	Specific gravity	pH	Surface tension (dyne/cm)	Particle size (A)	Viscosity (cps)
46.9	1.02	10.55	30.565	1793	44.33

을 전기 아크식 노에서 제조할 때 배출가스에 부유하여 발생하는 부산물의 총칭이며, 규소합금의 원료로서 규석, 석탄, 목편, 철가루 등과 환원제로서 코크스를 전기로에 투입하여 약 2,000℃의 고온으로 페로실리콘을 제조하게 된다. 이때 중간생성물인 SiO가 가스화되어 이것이 공기에 의해 산화하여 SiO<sub>2</sub>로 되고 다시 응축하여 초미립자로 생성된다(Won et. al., 2003). 이 초미립자를 전기집진장치를 이용하여 실리카폼이 얻어지는 것이다. 본 연구에서 사용된 실리카폼의 화학적 성분은 Table 5와 같다.

라. 수중불분리성 혼화제

수중불분리성 혼화제는 셀룰로오스계를 사용하였으며 기초 물성은 Table 6과 같다.

3. 실험방법

가. 압축강도

압축강도 시험은 KSCE 95-02(콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준)에 준하여 수중에서 50×50×50 mm의 몰드 3개를 제작하여 수중양생을 실시한 후 KS L 5105(수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험 방법)에 준하여 재령 7일, 28일 압축강도 시험을 2회 반복 실시하였다.

나. 휨강도

휨강도 시험은 KSCE 95-02(콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준)에 준하여 수중에서 40×40×160 mm의 몰드 3개를 제작하여 수중 양생을 실시한 후 KS F 2476(폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법)에 준하여 재령 7일, 28일 휨강도 시험을 실시하였으

Table 5 Chemical composition of silica fume

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	CaO+MgO
Min.90	Max.2	Max.2	Max.5

Table 6 Properties of antiwashout admixture

Ingredient	Appearance	Specific gravity	Viscosity	Cl <sup>-</sup> content(%)
Hydroxyethyl cellulose(HEC)	White colored powder	1.3	40,000~60,000	Less than 1

며 2회 반복하여 실시하였다.

#### 다. 부착강도

KS L 5105(수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험 방법)에 따라 배합한 모르타르를 70×70×20 mm의 밑판으로 이용할 공시체를 제작하여 온도 20±3°C의 수중에서 24시간 양생 후 탈형을 하고 이후 13일 동안 20±2°C의 물속에서 양생하였다. 총 14일 동안 양생 후 KS L 6003(연마지)에서 규정하는 150번 연마지를 사용하여 사용면을 충분히 연마한다. 그 후 라텍스 개질 모르타르를 수중에서 약 5 mm의 두께로 도포하여 14일간 수중양생 시킨다. 그 후 중앙에 40 mm×40 mm크기로 절단한 후 에폭시 수지를 이용하여 어테치먼트를 부착하였다. 시험방법은 KS F 4042(콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르)규정에 따라 부착강도를 측정하였다. 공시체는 각각 3개씩 제작하여 시험을 실시하였다.

#### 라. 염소이온 침투저항성 시험

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 실시하였다. Φ100×200 mm의 공시체를 수중에서 제작하여 수중양생을 28일 실시한 후 시편을 50 mm두께로 자른다. 시편을 진공 데시케이터 안에 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±2시간 동안 시편을 담가 놓는다. 그 후 A.V Cell을 이용하여 공시체를 고정하고 A.V Cell의 (+)전극에는 0.3 mol의 NaOH용액을 채우고 (-)전극에는 3%의 NaCl 용액을 채운 후 공시체에 직류 60 V를 공급하여 6시간동안 전류값을 측정한다.

#### 마. 내약품성 시험

내약품성 시험을 위하여 농업용 콘크리트 구조물

이 시공되어 있는 수중환경에 따른 영향을 평가하였다. 일반적으로 수중에 노출된 농업용 콘크리트 구조물은 저수지 등 일반 물에 노출되는 경우가 발생하나 간척지에 노출되어 있는 구조물과 같이 해수에 직접적인 영향을 받는 구조물의 경우도 다양으로 존재하고 있다. 따라서 이와 같은 환경에는 황산염, 염화칼슘, 황산나트륨과 같은 화학적 환경에 보수재료가 영향을 받게 되므로 이를 고려한 실험평가가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 50×50×50 mm의 입방체 공시체를 수중에서 제작하여 1일 후 탈형하였으며, 재령 28일간 수중 양생을 실시하였다. 그 후 CaCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>의 약품에 침지하여 침지 후 재령 30일, 40일, 50일 후의 압축강도를 평가하기 위하여 KS L 5105에 준하여 측정하였다.

### 4. 수중에 노출된 농업용 콘크리트 구조물의 배합비

본 연구에서 사용한 수중에 노출된 농업용 콘크리트 구조물의 보수를 위한 라텍스 개질 보수용 모르타르의 배합비는 Table 7과 같다. 본 연구의 배합비는 라텍스 혼입량, 수중 불분리성 혼화제의 혼입량, 시멘트: 잔골재 비 등을 변수로하여 기본 성능 실험을 통하여 결정된 값으로 수중에서 적용되어 재료분리, 수중 생물 및 환경에 큰 영향을 미치는 화학적 유해물질의 용출을 최소화한 배합비이다(Won 등, 2007).

### III. 실험결과 및 고찰

#### 1. 개요

라텍스 개질 수중 구조물 보수용 재료의 역학적 특성 및 내구성능을 평가하기 위하여 기존 2가지 종류의 보수재료에 수중불분리성 혼화제 혼입률 1.3%를

Table 7 Mix proportion of latex modified repair materials for under water concrete

Cement:Sand	Latex	Silica fume(%)	Antiwashout admixture(W×%)	W/C
1:1.5	5%	10%	1.3%	0.33

적용한 후 비교실험을 실시하였다. 실험은 압축강도, 휨강도 및 부착성능의 역학적 특성과 염소이온투과 저항성 및 내약품성 실험을 통한 내구성능을 평가하였다. 실험결과는 다음과 같다.

## 2 실험결과

### 가. 압축강도

압축강도를 비교 실험한 결과는 Fig. 1과 같으며 실험결과에서 볼 수 있듯이 기존의 제품은 재령 28일 압축강도인 50 MPa에 미치지 못하는 결과를 보였으나 도출된 적정배합에서는 50 MPa를 상회하는 압축강도 결과를 보여 수중 구조물 보수용 재료로서 요구되는 보수 성능을 충분히 확보할 수 있었다. 이는 본 연구에서 결정된 수중 보수용 모르타르의 적정배합비가 수중에 타설되었을 때 강도발현에 영향을 미치는 시멘트의 분리를 포함한 전체적인 재료분리를 억제하였다는 것을 나타낸다. 또한 기존 제품의 경우에도 수중불분리성 혼화제를 라텍스 개질 수중 보수용 재료와 동일한 1.3%를 사용하였기 때문에 라텍스가 추가적으로 재료분리를 억제하고 강도를 증가시키는데 영향을 미쳤다는 것을 알 수 있다.

### 나. 휨강도

수중에서 사용될 라텍스 개질 보수 모르타르의 적정배합과 기존 제품과의 휨강도 비교 시험결과는 Fig. 2에 나타내었다. 휨강도 시험 결과 강도 차이는 많이 나지는 않았지만 기존 제품은 재령 28일 휨강도 기준인 10 MPa에 미치지 못하는 결과를 보였으나 적

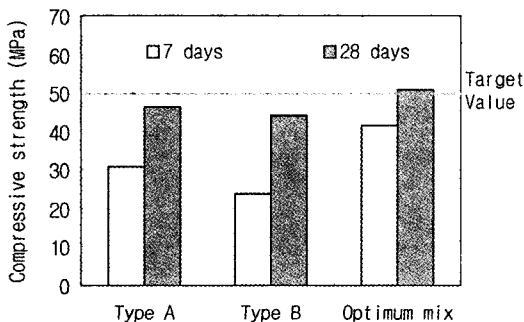


Fig. 1 Compressive strength of repair mortar for underwater concrete

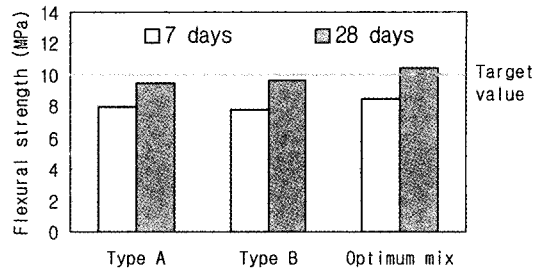


Fig. 2 Flexural strength of repair mortar for underwater concrete

정배합에서는 10 MPa를 상회하는 결과를 나타내었다. 이는 라텍스 개질 보수용 모르타르가 수중에 타설되었을 때 수중불분리성 혼화제의 재료분리 억제 이외에 라텍스가 추가적으로 재료분리 및 강도발현을 유도하였기 때문이다.

### 다. 부착강도

Fig. 3은 수중에서 사용될 라텍스 개질 보수 모르타르의 적정배합과 기존의 제품을 비교 실험한 결과로써 A제품과 적정배합에서 재령14일 기준 부착강도인 2 MPa를 상회하는 결과를 보였는데 적정배합에서 가장 큰 2.15 MPa를 보였으며 B제품에서 1.93 MPa의 결과를 보였다. 본 실험의 결과로 적정배합이 기존제품보다 높은 부착강도를 보여 수중에 노출된 기존 콘크리트와의 부착성능이 우수함을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 수중에 타설되는 보수용 모르타르의 재료분리에 대한 영향으로 라텍스 개질 보수용 모르타르가 재료분리에 대한 영향을 최소화하며 장기적으로 강도발현이 우수하였기 때문이다. 즉 라텍스가 수중 보수용 모르타르의 부착강도 증가에 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있다.

### 라. 염소이온 투과저항성 시험

염소이온 투과저항성 시험 결과, 기존제품의 경우 Type A와 B에서 각각 평균 1,598 Coulombs와 평균 1,955 Coulombs으로써 Low에 해당하는 결과를 얻었으나, 적정배합의 경우 평균 730 Coulombs의 결과로 Very Low에 해당하는 값을 얻을 수 있었다 (Fig. 4). 이와 같은 결과로 보아 기존 제품과 라텍스 개질 보수용 모르타르 모두 성능 목표치를 만족하는

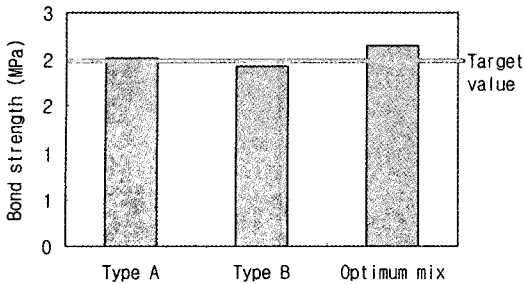


Fig. 3 Bond strength of repair mortar for underwater concrete

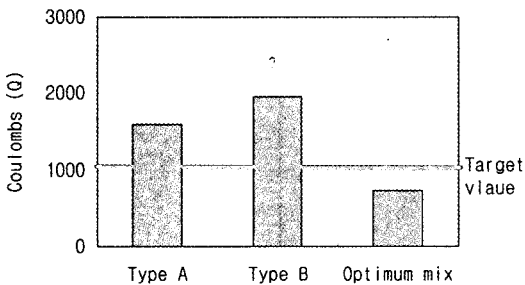


Fig. 4 Chloride permeability of repair mortar for underwater concrete

결과를 보여 주어 수중 구조물 보수시 투수저항성에는 큰 영향이 없을 것으로 보인다. 또한 염소이온 투과저항성 시험결과는 라텍스가 수중에 타설되었을 때에도 보수용 모르타르에서 분리되지 않고 전체적으로 라텍스 막을 형성하고 공극의 발생을 억제하여 보수용 모르타르의 충분한 수밀성을 확보함으로써 투수저항성을 향상시킬 수 있다는 것을 보여준다.

#### 마. 내약품성 시험

내약품성 시험 결과는 Fig. 5, Fig. 6 및 Fig. 7에 나타나 있다. 기존 제품과의 비교에서 라텍스 개질 보수용 모르타르는 내약품성에서 거의 차이가 없는 결과를 나타내었다. 또한 사용된 보수재료 모두 세가지 환경 모두에서 우수한 저항성을 가지고 있어 수중 구조물에 적용시 내약품성에는 큰 문제가 없을 것으로 보인다. 이는 보수용 모르타르의 경우 폴리머제품이기 때문에 내약품성에 강한 특성을 가지고 있으며 라텍스 개질 보수용 모르타르 역시 라텍스가 필름막을 형성함으로써 외부 화학적환경에 대한 영향을 최소화할 수 있는 특성을 가지고 있기 때문이다.

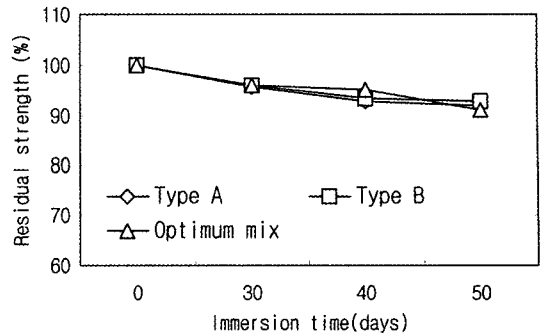


Fig. 5 Residual strength of repair mortar after 10% CaCl<sub>2</sub> solution immersion

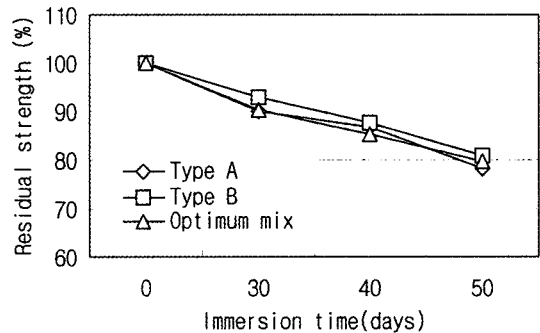


Fig. 6 Residual strength of repair mortar after Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution immersion

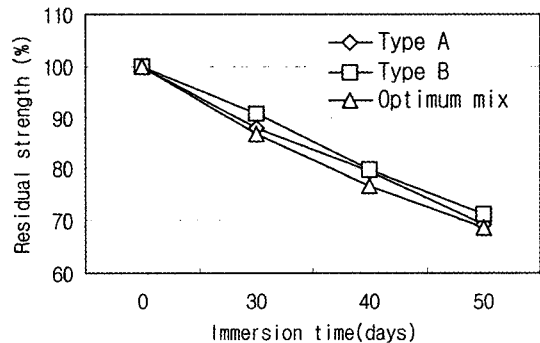


Fig. 7 Residual strength of repair mortar after 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution immersion

#### V. 요약 및 결론

본 논문에서는 수중에 노출된 농업용 콘크리트 구조물의 보수를 위한 라텍스 개질 보수용 모르타르의 역학적 및 내구성능을 평가하였으며 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 압축강도 및 휨시험결과 라텍스 개질 수중 보수용 모르타르가 기존 보수용 모르타르보다 우수한 강도를 나타내어 성능목표를 달성하였다. 이는 라텍스가 보수용 모르타르가 수중에 타설되었을 때 추가적으로 재료분리를 방지하고 강도를 증가시키는 효과가 있기 때문이다.

2. 부착강도 시험결과 라텍스 개질 수중 보수용 모르타르는 성능목표를 달성하였으며 이는 라텍스가 수중에 타설되었을 때 강도발현에 영향을 미치는 재료의 분리를 방지하고 기존 콘크리트 구조물과의 부착력을 강화시켜 부재의 탈락이나 열화를 방지하는데 효과적이라 할 수 있다.

3. 염소이온 투과저항성 시험결과 라텍스 개질 수중 보수용 모르타르는 수중에서 라텍스 필름막을 형성하는 동시에 충전효과가 있어 수밀성을 향상시키는 것을 알 수 있다.

4. 내약품성시험결과 라텍스 개질 수중 보수용 모르타르는 모든 환경에서 영향을 받지 않았다. 이와 같은 결과는 라텍스 개질 보수용 모르타르 수중에 타설하였을 때 라텍스가 필름막을 형성하고 충전효과가 있기 때문에 외부환경에 대한 영향을 최소화하였기 때문이다.

본 연구는 농림기술개발사업에 의하여 수행된 결과의 일부임.

### References

1. 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
2. Leo M. Saija, 1994, Waterproofing of portland cement mortars with a specially designed polyacrylic latex, Journal of Cement of Concrete Research, Vol. 25 No. 3 pp. 503~509
3. Ministry of Agriculture and Forestry, 2000, Development of system for optimum design, safety appraisal and repair works on agricultural structures.(in Korean)
4. Ministry of Agriculture and Forestry, 1999, Guideline for repair method of hydraulic structures.(in Korean)
5. Ministry of Agriculture and Forestry, 1991, Agricultural civil engineering hand book.(in Korean)
6. Ministry of Agriculture and Forestry, 2005, Study on a scheme of rearranging technologies for repairing & reinforcing irrigation & drainage structure damaged or deteriorated.(in Korean)
7. 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
8. Won, J-P, Lee, C-M, and Park, C-G, 2003, Durability characteristics of blended cement mortar, Journal of KSAE, Vol. 45, No. 3, pp. 41~49.(in Korean)
9. Won, J-P and Park, C-G, 2005, Enhanced Durability performance of polymer modified cement composites for concrete repair under combined aging conditions, Journal of KSAE, Vol. 47, No. 6, pp. 27~34.(in Korean)
10. Won, J-P, Lim, K-H, Park, C-G, 2001, Statistical Evaluation of Mix Proportion Factor of Antiwashout Underwater Concrete, Journal of KSAE, Vol. 43, No. 3, pp. 66~76
11. Won, J-P, Lim, K-H, Park, C-H and Kim, W-Y, 2002, Characteristics of Antiwashout Underwater Concrete with Mineral Admixtures for Underwater Concrete structures, Journal of KSAE, Vol. 44, No. 6, pp. 90~98