

## 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 농업토목핸드북, 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)승화이앤씨 기술연구소  
\*\*\*\*\* 한국수자원공사 수자원연구원  
† Corresponding author. Tel.: +82-2-450-3750  
Fax: +82-2-2201-0907  
E-mail address: jpwon@konkuk.ac.kr

다. 따라서 내구년한이 감소한 농업용 콘크리트 구조물의 성능 향상을 위하여 보수 및 보강을 실시하여야 한다.

그러나 우리나라 농업용 콘크리트 구조물의 경우 벼 농사의 근간이 되는 관개배수를 위한 구조물이 주를 이루고 있어 관개기간 동안에는 콘크리트 구조물의 표면과 배면이 항상 물과 접촉하고 있다. 이처럼 구조물 내외가 항상 물이 접하고 있음에 따라 콘크리트 구조물의 보수가 가능한 기간에는 일반적인 보수 방법으로는 보수가 불가능한 실정이다. 또한 국내의 기온분포가 여름에는 높지만 겨울에는 매우 혹독한 추위를 나타내고 있어 보수를 위한 특별한 보온대책이 없다면 보수를 실시할 수 없다(Ministry of Agriculture and Forestry, 2005). 만약 이와 같은 환경조건을 무시하고 보수를 실시하게 되면 보수공사시 품질관리가 정확히 이루어지지 않아 보수구조물의 성능저하가 급속히 이루어지고 이로 인하여 재보수 기간이 단축되는 악순환이 반복된다. 따라서 농업용 콘크리트 구조물의 보수는 물과 접촉해 있는 상태에서 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 그러나 이와 같은 방법으로 보수를 실시하기 위해서는 수중에서 성능을 만족시킬 수 있는 재료 및 공법의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 농업용 콘크리트 구조물의 이와 같은 특성을 고려하여 수중에서 보수를 실시할 수 있는 수중 보수용 재료에 대한 적정배합비를 결정하고자 한다. 특히 수중에 노출된 농업용 콘크리트 구조물의 보수를 위해서는 수중환경에 최소한의 영향을 미치면서 재료성능을 극대화할 필요가 있다(Won, et. al., 2002). 즉 수중에 타설되는 보수재료의 재료 분리 및 화학적 성분의 용출을 최대한으로 억제하여 보수성능과 친환경성을 증가시켜야 하며 이와 같은 재료로는 수중불분리성 혼화제와 수분의 침투를 근본적으로 막을 수 있는 재료인 라텍스 등이 있다(Won, et. al., 2001, 2002). 본 연구에서는 라텍스와 수중불분리성혼화제, 시멘트-잔골재비, 물-시멘트 비를 변수로 하여 환경적 유행성과 보수 성능을 평가하여 농업용 콘크리트 구조물용 라텍스 개질 보수용 모르타르의 적정배합비를 도출하였다.

## II. 시험계획

### 1. 성능목표

본 연구에서는 수중에 노출된 농업용 콘크리트 구조물의 보수를 위하여 라텍스 개질 보수재료의 환경적 악영향을 최소화 하는 동시에 보수재료로서 성능을 확보할 수 있도록 재료분리 및 유해물질의 노출을 방지할 수 있는 적정배합비를 결정하였다. 이를 위하여 보수재료의 성능기준은 Table 1과 같은 기준을 기존 보수재료의 성능기준을 고려하여 도입하였다.

Table 1 Target properties of latex modified repair materials for agricultural underwater concrete structures

Properties	Test conditions	Target value
pH	-	< 12
Compressive strength	28 curing days	> 50 MPa
Flexural strength	28 curing days	> 10 MPa
Bond strength	14 curing days	> 2 MPa

### 2. 사용재료

#### 가. 시멘트 및 골재

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

Table 2 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-시멘트 비가 증가함에 따라 플로우 값으로 표시되는 시공성은 개선되나, 재료분리, 블리딩, 강도저하 등의 물리적 성능 손실은 피할 수 없다. 이에 따라 현장에서 작업할 때 작업성을 개선하여 경제적 손실을 줄이면서도 시멘트 모르타르의 성

Table 3 Physical properties of SBR latex

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

능을 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 있었지만 친수콜로이드적인 성질을 가지고 있는 유기계 고분자재료가 시멘트 모르타르의 훌륭한 개질재료로 널리 알려져 있다(Saija, 1994). 이중 라텍스는 윤활유와 같은 작용을 하여 모르타르의 워커빌리티를 향상시킨다. 따라서 라텍스 첨가에 따른 워커빌리티 향상으로 목표 워커빌리티를 얻는데 필요한 단위수량을 감소시킨다(Biswas, 1994). 이러한 단위수량의 감소는 경화된 재료의 강도 증가를 가져온다. 라텍스는 또한 모르타르 속에서 공극구조를 안정화시키는 경향이 있으며, 알칼리성 필름막을 형성하여 철근을 보호하고 충전작용으로 우수한 휨강도, 건조수축의 감소, 불투수성, 동결융해 저항성, 부작강도 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, 물리적 성질은 Table 3과 같다.

다. 실리카 폼

실리카 폼은 실리콘이나 페로실리콘 등의 규소합금을 전기 아크식 노에서 제조할 때 배출가스에 부유하여 발생하는 부산물의 총칭이다. 이는 규소합금의 원료로서 규석, 석탄, 목편, 철가루 등과 환원제로서 코크스를 전기로에 투입하여 약 2,000℃의 고온으로 페로실리콘을 제조한다. 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 실리카 폼이 얻어지는 것이다. 본 연구에서 사용된 실리카 폼의 성분은 Table 4와 같다.

Table 4 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 5 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

Cl<sup>-</sup>: Chloride ion

라. 수중불분리성 혼화제

수중불분리성 혼화제는 셀룰로오스계를 사용하였으며, 기초 물성은 Table 5와 같다.

3. 시험방법

가. pH 시험

수중에서의 시험은 환경적인 요인이 중요하기 때문에 KSCE 95-02(콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준)에 따라 시험을 실시하였다. 시험은 한번의 배치에서 3회 실시하는 것으로 하여 pH meter를 이용하였다.

나. 압축강도

압축강도시험은 KSCE 95-02(콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준)에 준하여 수중에서 50×50×50 mm의 몰드 3개를 제작하여 수중양생한 후, KS L 5105(수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험 방법)에 준하여 재령 7일, 28일 압축강도시험을 2회 반복하였다.

다. 휨강도

휨강도시험은 수중양생 후 KSCE 95-02(콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준)에 준하여 수중에서 40×40×160 mm의 몰드 3개를 제작하여 KS F 2476(폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법)에 준하여 재령 7일, 28일 휨강도를 측정하였으며, 2회 반복하여 실시하였다.

라. 부착강도

KS L 5105(수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험 방법)에 따라 배합한 모르타르를 70×70×20 mm의 밀판으로 이용할 공시체를 제작하여 온도 20±3℃의 수중에서 24시간 양생후 탈형을 하고, 이후 13일 동안 20±2℃의 물속에서 양생하였다. 총 14일동안 양생후 KS L 6003(연마지)에서 규정하는 150번 연마지를 사용하여 사용면을 충분히 연마하였다. 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 여테치먼트를 부착하였다. 시험방법은 KS F 4042(콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르)규정에 따라 시험체를 각각 3개씩 제작하여 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 기본 배합비 결정을 위한 성능 평가

가. 배합변수

본 연구에서 라텍스 개질 수중 보수용 모르타르의 적정배합비를 결정하기 위하여 Table 6과 같은 기본 배합비를 결정하기 위하여 시멘트와 규사비를 1:2와 1.5:1로 하였고, 실리카폼의 치환율을 10%, 15%, 라텍스 혼입율을 5%, 10%, 15%로 변화시켜 압축강도와 휨강도 시험을 실시하였다. Table 6의 배합은 수중

Table 6 Basic mix proportions of latex modified repair mortar for agricultural underwater concrete structures

Mix No.	C : Binder	Silica fume	Latex (×Cement)
1	1:1.5	15%	5%
2		10%	
3		15%	
4	1:2	10%	
5		15%	
6	1:1.5	10%	
7		15%	
8		10%	
9	1:2	15%	
10		10%	
11	1:1.5	15%	15%
12		10%	

보수용 모르타르의 배합을 결정하기 위한 예비시험용 배합으로 모든 시험체는 기중에서 제작하였다. 본 배합의 시험결과는 기중에서 제작하는 시험체가 수중에서 제작되면 강도감소가 발생하기 때문에 강도감소를 고려하여 수중보수재료로서 적합한 배합을 결정하기 위하여 실시하였다.

나. 압축강도

Fig. 1은 압축강도 시험결과를 보여준다. Fig. 1에서 압축강도는 라텍스 혼입율이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내고 있다. 라텍스의 혼입량의 증가는 보수용 모르타르의 물-시멘트 비를 감소시켜 압축강도를 증가시킬 것으로 기대되었으나 라텍스 혼입량의 증가함에 따라 공기량이 증가함으로써 압축강도의 감소가 발생하였다. 또한 실리카폼의 치환율에 따른 압축강도 시험결과 실리카폼의 양이 증가할수록 압축강도는 증가하는 경향을 보여주었다. 이는 미분말의 실리카폼이 라텍스 개질 보수용 모르타르에 포함되어 내부구조를 치밀하게 하는 효과를 발휘하기 때문이다.

시멘트-골재비에 따른 압축강도는 시멘트:골재 비를 1:1.5로 한 경우가 1:2보다 높은 압축강도 결과를 나타내었다. 이는 단위시멘트량이 증가하기 때문에 발생한 결과이다. 그러나 No. 12 배합을 제외한 모든 배합에서 기준강도인 50 MPa를 상회하는 결과를 보여주었다. 그러나 수중에 제작하는 공시체의 강도가 기중에서 제작하는 공시체의 강도보다 감소하는 것을 고려할 때 이를 고려하는 배합을 결정하여야 한다. 대한토목학회의 수중불분리성 콘크리트 품질기준안을 보면 수중에서 제작한 콘크리트와 기중에서 제작한 콘크리트의 강도 비(수중/기중)가 70%이상으로 규정하고 있다. 또한 일본토목학회에서는 수중/기중 강

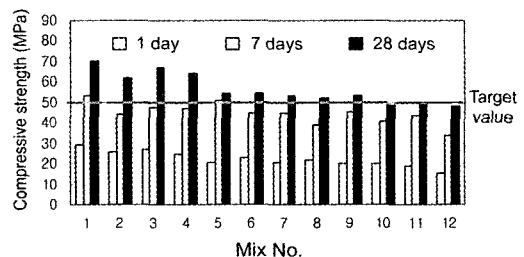


Fig. 1 Compressive strength of basic mix proportions

도비를 80%로 규정하고 있다(Ahn, et. al., 2000). 이와 같은 강도기준비를 고려할 때 본 기본 배합비의 최소 압축강도는 적어도 60 MPa 이상을 만족하여야 한다. 따라서 압축강도 시험결과를 보면 라텍스 혼입률이 5%인 No. 1~4번 배합만이 수중에서의 목표 강도를 만족시킬 수 있는 배합이라 판단되었다.

**다. 휨강도**

Fig. 2에서 보는 바와 같이 라텍스 혼입율이 증가할수록 휨강도는 약간씩 증가하는 것으로 나타났다. 또한 실리카폼 치환율이 높아질수록 시멘트: 잔골재가 낮 질수록 강도는 증가하는 결과를 나타내었다. 압축강도의 경우 라텍스 혼입률이 증가할수록 감소하는 결과를 나타내었다. 휨강도는 약간씩 증가하였지만 이는 그 값이 차이가 크지 않기 때문에 큰 영향은 아니다. 다만 라텍스는 압축강도 보다는 휨강도의 증가에 효과가 있는 것으로 알려져 있는데 이는 라텍스가 시멘트입자와 골재 사이의 필름막을 형성하여 휨하중에 저항하기 때문에 휨강도의 증가를 달성할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 그 정도가 크지 않았다. 또한 본 연구의 모든 배합에서 목표로 한 휨강도를 만족하는 결과를 획득하였다. 압축강도 결과와 마찬가지로 기중에서 제작한 공시체와 수중에서 제작한 공시체의 강도비는 대한토목학회 기준으로 70%, 일본토목학회 기준으로 70%로 설정되어 있는데, 이를 고려하여도 본 연구에서 실시한 모든 배합에서 이를 만족시킬 수 있을 것으로 보인다(Ahn, et. al., 2000). 다만 라텍스의 혼입률이 증가할수록 경제성이 나빠지기 때문에 최소의 라텍스량을 적용하는 것이 보다 효과적인 배합으로 고려할 수 있어, 압축강도 시험결과와 마찬가지로

지로 라텍스 혼입률이 5%인 No. 1~4 배합을 선정하여 수중에서 조건을 평가하도록 하였다.

**2. 수중불분리성 혼화제 혼입률에 따른 성능 평가**

본 연구에서는 상기에서 결정된 No. 1~4번 배합을 기본배합으로 하여 수중에서의 보수를 실시하였을 때의 성능을 평가하였다. 첫 번째로 수중에 타설시 재료의 분리에 의한 성능저하와 유해물질의 용출을 막기 위한 수중불분리성 혼화제의 사용량을 결정하기 위하여 국내·외 문헌을 통해 수중불분리성 혼화제 사용량을 물의 양의 1.0%, 1.3% 및 1.5%를 혼입하는 것으로 시험변수를 결정하였다(Won, et. al., 2001, 2002). 시험은 pH와 압축강도 및 휨강도를 측정하여 수중불분리성 혼화제의 양을 포함한 수중에 노출된 농업용 콘크리트 구조물 보수용 라텍스 개질 모르타르의 적정배합비를 결정하고자 하였다. 또한 물-시멘트 비는 수중불분리성 혼화제 1.0%를 기준으로하여 플로우치 170±5 mm를 유지하게 하고, 수중불분리성 혼화제의 양의 증가에 따른 재료의 응집력의 증가로 인한 플로우치의 감소는 물의 양을 증가시킴으로서 유지하도록 하였다. Table 7은 수중불분리성 혼화제의 사용량에 따른 배합비이다. 수중불분리성 혼화제의 양이 증가할수록 목표 흐름값을 만족시키기 위한 물-바인더비가 증가하는 것을 알 수 있다.

**가. pH**

수중에서 사용할 보수재료의 경우 수중 생태계 및 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 pH시험을

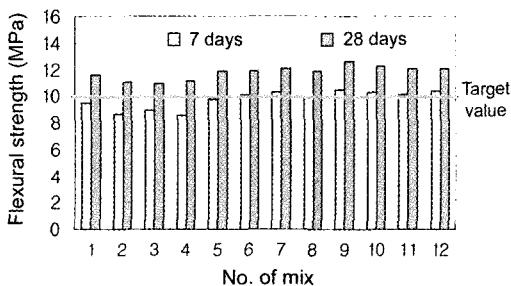


Fig. 2 Flexural strength of basic mix proportions

Table 7 Mix proportion with antiwashout admixture amount

Binder : Sand	Silica fume (%)	Latex (%)	AWA (W×%)	W/Binder	Flow value (mm)
1:2	10 (×Cement)	5 (×Cement)	1.0	0.3	170
			1.3	0.32	169
			1.5	0.35	175
1:1.5	10 (×Cement)	5 (×Cement)	1.0	0.32	174
			1.3	0.33	170
			1.5	0.35	170

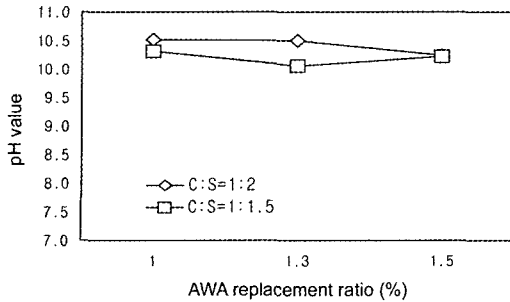


Fig. 3 pH test results

실시하였으며, 시험결과는 Fig. 3과 같다. pH는 시멘트-골재 비에 관계없이 수중불분리성 혼화제의 사용량이 증가할수록 감소하는 경향을 보여 주었다. 이와 같은 결과는 수중불분리성 혼화제의 첨가는 수중 보수용 재료의 분리와 화학적 성분의 용출을 수중불분리성 혼화제가 막는 응집효과 및 흡착력 증가의 효과로 인한 결과이다. 그러나 pH 시험결과 수중불분리성 혼화제의 양이 1.3~15%에서는 거의 큰 차이가 없는 것으로 나타나 경제성을 고려하여 1.3%를 첨가하는 것이 적정한 것으로 보인다. 수중구조물의 보수시 수중환경을 고려할 수 있는 pH를 대한토목학회 수중불분리성콘크리트의 품질규준안에서 12이하를 만족하여야 한다고 규정하고 있다(Ahn, et. al., 2000). 한편 일본토목학회 및 일본어항어촌연구소 역시 대한토목학회와 동일한 기준을 제시하고 있다(Ahn, et. al., 2000). 본 연구의 결과를 살펴보면 pH는 모두 12이하를 만족하여 수중에 노출된 농업용 콘크리트 구조물의 보수시 큰 영향이 없을 것으로 보인다.

나. 압축강도

Fig. 4 및 Fig. 5는 시멘트-잔골재비 1:2 및 1:1.5에서 수중불분리성 혼화제의 사용량에 따른 압축강도시험결과를 보여준다. 시험결과 수중불분리성 혼화제의 혼입율이 1.3%일 때 압축강도가 가장 높게 나타났으며 재령 28일 압축강도 기준인 50 MPa을 상회하는 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 수중불분리성 혼화제의 혼입율이 1.3%이상 혼입하였을 경우, 응결시간 지연 및 물-시멘트비의 증가로 인하여 압축강도가 가장 낮게 나타난 것으로 판단된다. 시험결과를 보면 시멘트: 잔골재비가 1:2인 경우는 모두 기

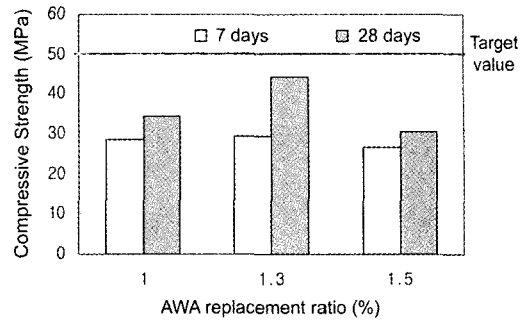


Fig. 4 Compressive strength with AWA replacement ratio (C:S=1:2)

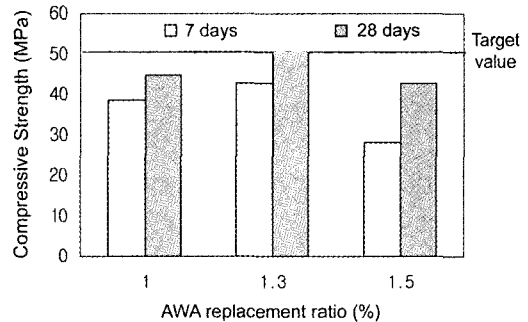


Fig. 5 Compressive strength with AWA replacement ratio (C:S=1:1.5)

준값을 만족하지 못하였으며, 시멘트-잔골재 비가 1:1.5인 경우 수중불분리성 혼화제를 1.3% 첨가하였을 때 목표 강도를 만족하는 결과를 보여 주었다. 이는 시멘트 및 잔골재 비의 증가는 시멘트 량의 증가를 동반함으로써 강도증가효과를 달성할 수 있었으며, 수중불분리성 혼화제 사용량의 증가는 재료 분리를 방지함으로써 강도 증가 효과가 있지만 수중불분리성 혼화제의 양이 1.5%로 증가하게 되면 재료의 응집력이 커져 동일한 작업성을 획득하기 위하여 필요로 하는 물-시멘트 비의 양을 증가시켜 강도를 감소시키는 효과를 발생시켰다.

다. 휨강도

휨강도 시험결과 수중불분리성 혼화제의 혼입율이 1.3%일 때 시멘트: 잔골재 비에 상관없이 큰 휨강도 결과를 얻었으며 재령 28일 휨강도 기준인 10 MPa을 상회하는 결과는 시멘트: 잔골재 비가 1:1.5일 때 수중불분리성혼화제 1.3일때에서만 획득할 수 있었다

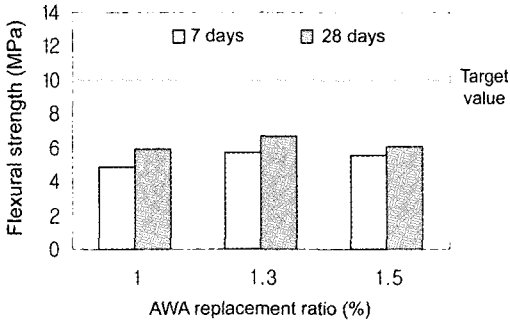


Fig. 6 Flexural strength with AWA replacement ratio (C:S = 1:2)

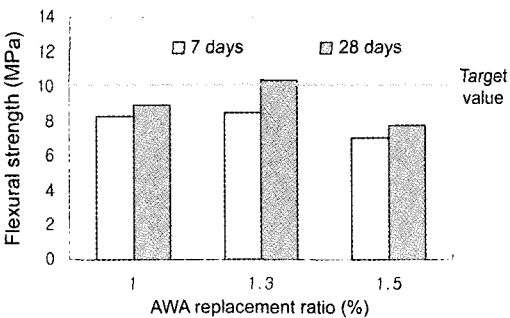


Fig. 7 Flexural strength with AWA replacement ratio (C:S = 1:1.5)

(Fig. 6, Fig. 7). 이와 같은 결과는 압축강도 시험결과와 마찬가지로 시멘트량의 증가에 따른 강도 증가와 수중불분리성 혼화제의 사용량 증가에 따른 재료 분리의 감소에 의한 것이다. 또한 수중불분리성 혼화제의 사용량이 1.5%로 증가하면 단위수량을 증가시켜 강도를 감소시키는 효과가 발생하였다.

수중불분리성 혼화제의 사용량에 따른 pH 및 압축강도, 휨강도 시험결과 수중불분리성 혼화제 혼입율 1.3% 및 시멘트:잔골재 비 1:1.5에서 강도기준을 만족하면서 수중에서의 환경적 영향을 최소화할 수 있음을 알았다. 이와 같은 결과를 기본으로하여 다음과 같은 적정 배합비를 Table 8과 같이 결정하였다.

Table 8 Optimum 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

Table 9 Performance of optimum latex modified repair materials for agricultural under-water concrete structures

Flow value (mm)	pH	Compressive strength (MPa)	Flexural strength (MPa)	Bond strength (MPa)
170	10.05	50.89	10.42	2.15

Table 8의 수중에 노출된 농업용 콘크리트 구조물의 보수를 위한 라텍스 개질 수중 보수용 모르타르의 적정 배합비 도출에 따른 pH, 흐름값, 압축강도, 휨강도 및 부착강도를 평가하였으며, 시험결과는 Table 9와 같다. 시험결과는 모든 목표성능과 기준을 만족하는 결과를 도출하였다.

#### IV. 요약 및 결론

본 논문에서는 수중에 노출된 농업용 콘크리트 구조물의 보수를 위한 라텍스 개질 보수용 모르타르의 적정 배합비를 도출하였다. 이를 위하여 라텍스 혼입량, 시멘트-잔골재 비, 수중불분리성 혼화제의 혼입량 등을 변수로 하여 수중환경에서 영향을 미치지 않으면서도 충분한 보수성능을 발휘할 수 있는 배합비를 결정하였으며, 시험을 통한 결론은 다음과 같다.

1) 라텍스 개질 수중보수용 모르타르의 성능은 라텍스 혼입량 및 시멘트-잔골재 비, 실리카 폼의 치환율에 따라 영향을 받았으며, 라텍스 혼입량이 증가할수록 압축강도는 증가하였고, 휨강도는 약간 증가하였으나 큰 효과는 없었다. 또한 시멘트-잔골재 비가 감소할수록 실리카 폼의 사용량이 증가할수록 강도특성이 우수하였다.

2) 수중불분리성혼화제 사용량에 따른 pH 및 압축강도 및 휨강도 시험결과 수중불분리성 혼화제의 사용량이 증가할수록 pH는 감소하였다. 또한 압축강도 및 휨강도는 수중불분리성 혼화제를 1.3% 사용하였을 때 가장 우수한 결과를 보였으며, 시멘트-잔골재 비 1:1.5에 압축강도 및 휨강도도 만족하는 결과를 보여 주었다.

#### Reference

1. Ahn, T-S, Won, J-P, Lim, K-H, 2000, Quality

- control of antiwashout underwater concrete, Civil Engineering, KSCE, Vol. 49, No. 3, pp. 41-45(In Korean)
2. 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
  3. Leo M. Saija, 1994, Waterproofing of portland cement mortars with a specially designed polyacrylic latex, Journal of Cement and Concrete Research, Vol. 25 No. 3 pp. 503~509
  4. Ministry of Agriculture and Forestry, 2000, Development of system for optimum design, safety appraisal and repair works on agricultural structures.(In Korean)
  5. Ministry of Agriculture and Forestry, 1999, Guideline for repair method of hydraulic structures.(In Korean)
  6. Ministry of Agriculture and Forestry, 1991, Agricultural civil engineering hand book.(in Korea)
  7. Ministry of Agriculture and Forestry, 2005, Study on a scheme of rearranging technologies for repairing & reinforcing irrigation & drainage structure damaged or deteriorated. (In Korean)
  8. 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
  9. 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)
  10. 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)
  11. 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
  12. 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