

# 폴리머 모르터를 이용한 사면보호재의 개발

## Development of Polymer Mortar Protection Block for Erosion Control Works

유 능 환\* · 연 규 석\* · 김 기 성\* · 이 윤 수\*\*  
Ryu, Neung Hwan · Yeon, Kyu Seok · Kim, Ki Sung · Lee, Youn Su

### Abstract

The objective of this study was to develop a polymer mortar protection block with high strength and durability using unsaturated polyester resin to complement defects of conventional cement mortar protection block. Physical and mechanical properties of the polymer mortar protection block were also investigated. Low absorptivity, high impact strength, and great bending strength of the polymer mortar protection block was compared with those of the conventional cement protection block. In conclusion, the polymer mortar protection block is excellent and useful as industrial products for erosion control works.

### I. 서 론

폴리머 모르터는 결합재로서 시멘트 대신 폴리머를 사용하여 제조된다. 폴리머 모르터는 경제 성장과 건설기술이 발전됨에 따라 한국에서도 사용빈도가 증가하고 있으며, 콘크리트 구조물의 보수용으로부터 공장제품 제조용에 이르기 까지 그 용도가 다양화되고 있다.<sup>1-3)</sup>

이는 폴리머 콘크리트가 다른 건설재료에 비하여 초기에 고강도를 발현하고, 접착성, 수밀성, 내약품성, 내마모성, 내동결융해성 등이 우수할 뿐만 아니라, 개시제 및 촉진제의 첨가량이나 가열에 의해 경화시간을 단축시킬 수 있어 공장제품 제조시 거푸집의 회전율을 높일 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문이다.<sup>4)</sup>

이와 같은 폴리머 모르터의 장점을 이용하여 개발 가능한 공장제품 중의 하나가 사면보호재이다. 기존의 사면보호재는 플라스틱이나 시멘트 모르터를 이용하여 제조되고 있으나, 플라스틱 제품의 경우 외압에 약해 파손되는 경우가 많으며, 시멘트 모르터 제품 역시 외압에 약하고 흡수율이 높아 동결기에 동결융해에 따른 손상이 발생되며, 무거운 자중으로 인해 시공에 어려움을 겪는 등 많은 문제점을 내포하고 있다.

따라서 본 연구에서는 폴리머 모르터에 대한 물리, 역학적 성질과 이를 사용하여 개발한 사면보호재의 특성을 시멘트 모르터를 사용한 기존의 사면보호재와 비교하여 실험적으로 구명코자 한다.

\* 강원대학교 농업생명과학대학  
\*\* 강원대학교 농업생명과학대학(강사)

키워드 : 불포화 폴리에스터 수지, 폴리머 모르터, 사면보호재, 고강도, 경량

## II. 재료 및 방법

### 1. 사용재료

시멘트 모르터 사면보호재는 시중에서 유통되는 공장제품(120×130×1,000mm)을 구입하여 시험하였으므로, 여기서는 폴리머 모르터 사면보호재 제작시 사용된 재료에 대해서만 기술한다.

#### 가. 결합재

결합재로서는 촉진제(CoOc 8% 용액)가 포함된 액상 불포화 폴리에스터 수지(UP)에 개시제인 methyl ethyl ketone peroxide(MEKPO)을 첨가하여 사용하였다. 사용된 액상불포화 폴리에스터 수지의 성질은 Table 1과 같다.

Table 1. Properties of unsaturated polyester resin used

Specific gravity(20℃)	Viscosity (20℃, mPa·s)	Acid value	Styrene content(%)
1.13	325	16.9	38.0

#### 나. 충전재 및 골재

충전재는 가격이 저렴하고 구입이 용이한 중질 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>)을 사용하였으며, 골재는 홍천강에서 채취한 강모래를 사용하였다. 이들 충전재 및 골재의 함수율은 0.1% 이하로 하였으며, 그 성질은 Table 2와 같다.

Table 2. Properties of filler and aggregate

Types	Size (mm)	Specific gravity (20℃)	Water content (%)	Organic impurities
Filler	≤2.5×10 <sup>-3</sup>	2.7	≤0.1	Nil
Aggregate	≤1.2	2.6	≤0.1	Nil

### 2. 시험방법

#### 가. 모르터의 배합

폴리머 모르터에 있어 최적 배합비는 소정의 워커빌리티와 강도를 얻을 수 있는 범위내에서

골재와 충전재의 양을 최대한 하고 결합재인 폴리머의 양을 최소화하는 것이 가장 경제적이다. 그러나 이와 같은 배합비 결정방법이 시멘트 모르터와 같이 규정되어 있지 않으므로 본 연구에서는 반복실험에 의해 얻어진 결과를 사용하였으며, 결정된 배합비는 Table 3과 같다.

Table 3. Mix proportion of polymer mortar

(Unit : wt%)

Binder			Filler	Fine aggregate
Unsaturated polyester resin	Shrinkage reducing agent	MEKPO (phus*)		
13.5	1.5	(2.0)	15	70

Note, \*phus : Parts per hundred parts of UP and SR

#### 나. 시험체의 제작

시험용 사면보호재의 치수는 폴리머 모르터의 강도가 시멘트 모르터 강도의 약 4배 이상을 나타낼 수 있는 점을 고려하여<sup>5)</sup> 부재의 단면을 5×10cm로 하였다.

폴리머 모르터의 비빔에는 강제식 믹서를 사용하였고, 다짐에서 테이블 바이브레이터(3,000vpm)를 사용하였다. 양생은 실내온도 20±2℃인 실험실내에서 24시간 상온 양생하여 탈형한 후, 85℃에서 15시간 가열 양생 하였다.

제작된 시험체의 형상은 Fig. 1과 같으며, 시험체의 치수에 따른 중량은 Table 4와 같다.

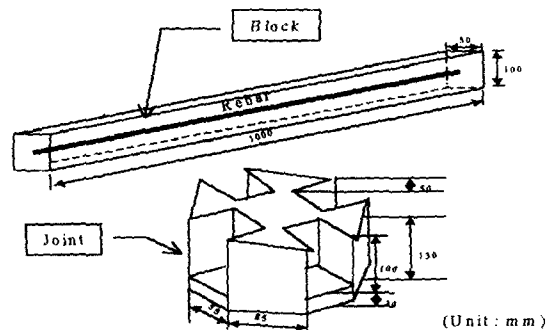


Fig. 1. Shape of polymer mortar protection block

**Table 4. Size of protection block**

Type	b × h × L (mm)
P.P.B.	50 × 100 × 1000
C.P.B.	120 × 130 × 1000

Note, P.P.B. : Polymer mortar protection block  
C.P.B. : Cement mortar protection block

**다. 폴리머 모르타의 물리·역학적 특성시험**

1) 비중 및 흡수율

비중 및 흡수율 시험은 KS F 2518(석재의 비중 및 흡수율 시험 방법)에 준하여 실시 하였으며, 이때 시험체는 직접적인 성질의 비교·분석을 위해 폴리머 모르타 사면보호재와 시멘트 모르타 사면보호재의 일부분을 각각 5×5×10cm 로 절단하여 사용하였다.

2) 가사시간

가사시간은 KS F 2484(폴리에스터 레진 콘크리트의 사용 가능 시간 측정 방법)에 제시된 방법중 관입법 및 감촉법을 병용하여 측정하였다. 이때 가사시간은 액상수지에 개시제(MEK-PO)를 첨가했을 때의 시각부터 측정된 것이며, 시험시의 실내온도는 20℃, 상대습도는 60%였다.

3) 동결융해 저항성

동결융해 저항시험은 KS F 2415(급속동결융해에 대한 콘크리트 저항성 시험방법)에 의해 측정하였으며, 시험체는  $\phi 10 \times 20$ cm 크기의 원주형 시험체를 사용하였으며, 사이클 수는 300 회로 하였다.

4) 압축, 휨, 인장강도

강도는 압축강도, 휨강도 및 인장강도를 측정하였으며, 각각 KS F 2481(폴리에스터 레진 콘크리트의 압축 강도 시험 방법), KS F 2482(폴리에스터 레진 콘크리트의 휨 강도 시험 방법), KS F 2480(폴리에스터 레진 콘크리트의 인장 강도 시험 방법)의 규정된 방법에 의해 실시하였다.

이때 시험체는 압축 및 인장강도용으로  $\phi 7.5 \times 15$ cm 크기의 원주형을, 휨강도용으로 6×6×

24cm 크기의 각주형을 사용하였다.

5) 탄성계수 및 포아슨비

탄성계수 및 포아슨비는 KS F 2438(콘크리트 원주형 공시체의 정탄성 계수 및 푸아송비 시험 방법)에 규정된 방법 중 와이어 스트레인 게이지(wire strain gauge)법을 이용하여 구하였다.

**라. 사면보호재의 중량 및 강도시험**

1) 중량

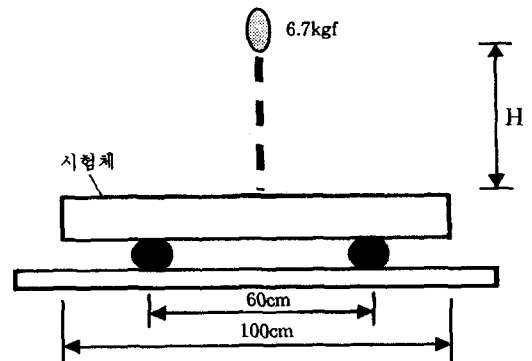
사면보호재의 중량은 105±5℃에서 24시간 건조한 후 실물의 중량을 계량하여 산출하였다.

2) 충격강도

충격강도 시험방법은 KS에 몇가지의 규정이 제시되어 있으나, 이는 주로 금속재료에 대한 것으로서 본 시험체에는 적용이 불가능하다. 따라서 본 시험에서는 Fig. 2와 같이 강구낙하법에 의해 측정하였으며, 폴리머 모르타 사면보호재 및 시멘트 모르타 사면보호재에 대해 시험체에 대해 각각 3회 실시하였다. 이때 사용된 추의 무게는 6.7kgf이고 낙하높이는 5cm단위로 증가시켰으며, 충격강도(kgf·cm/cm<sup>2</sup>)는 강구의 무게(kgf)×낙하높이(cm)÷파괴단면적(cm<sup>2</sup>)으로 구하였다.

3) 휨시험

KS F 4006(콘크리트 경계 블록)에 규정된 방법에 준하여 실험을 하였으며, 시험장치의 개략도는 Fig. 3과 같다.



**Fig. 2. Illustration of impact strength test**

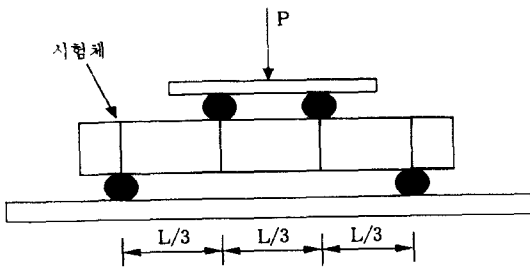


Fig. 3. Illustration of flexural strength test

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 폴리머 모르터의 물리·역학적 성질

##### 가. 비중 및 흡수율

폴리머 모르터 사면보호재 및 시멘트 모르터 사면보호재에 대한 비중 및 흡수율 시험결과는 Table 5 및 Table 6과 같다. 이 결과에서 볼 때 폴리머 모르터 사면보호재의 비중은 2.29로서 시멘트 모르터 사면보호재에 비해 약간 낮게 나타났다. 또한, 흡수율을 비교한 결과 폴리머 모르터 사면보호재의 흡수율은 0.87%로서 시멘트 모르터 사면보호재의 7.75% 보다 훨씬 작은 값을 보였다. 이것은 폴리머 모르터 사면보호재의 방수성이 우수함을 나타내 주는 결과로서 기존의 시멘트 모르터 사면보호재의 가장 큰 문제점인 동결융해에 의한 손상을 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

##### 나. 가사시간

일반적으로 폴리머 모르터의 가사시간은 시멘

Table 5. Test results of specific gravity

Types	Measured values			Mean
P.P.B.	2.28	2.28	2.30	2.29
C.P.B.	2.26	2.31	2.33	2.30

Table 6. Test results of absorption

(Unit : %)

Types	Measured values			Mean
P.P.B.	0.85	0.87	0.88	0.87
C.P.B.	7.56	7.67	8.01	7.75

트 모르터와 달리 결합재로 사용되는 불포화 폴리에스터 수지, 개시제, 촉진제 등의 혼합량에 큰 영향을 받는다. 이것은 결합재인 불포화 폴리에스터 수지의 중합반응이 수지 중의 불포화 결합과 스티렌모노머와의 부가중합에 의해 가교가 연쇄반응으로 일어나고 이 반응속도는 개시제와 촉매제의 양에 따라 차이가 있기 때문이다.<sup>4)</sup> 이러한 차이는 곧 가사시간의 차이를 가져오게 되므로 현장시공이나 공장제품 제조시 적절하게 사용해야 한다.

본 실험에서 사용된 개시제(MEKPO)의 양은 결합재량의 2%이며 온도 20℃, 상대습도 60%에서 폴리머 모르터의 가사시간을 측정하였던 바, 가사시간은 약 30분 정도로 나타났다.

##### 다. 동결융해 저항성

Fig. 4는 각 시험체에 대한 동결융해 시험을 실시하여 상대 동탄성계수를 구한 결과이다.

이 결과에서 보면 상대 동탄성계수는 폴리머 시멘트 모르터의 경우가 300사이클에서 92.8% (내구성지수 93)였으며, 시멘트 모르터의 경우는 120사이클에서 48.3%(내구성지수 49)로 폴리머 모르터가 시멘트 모르터에 비해 동결융해 저항성이 우수함을 알 수 있었으며, 이것은 사용재료의 흡수성과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다.

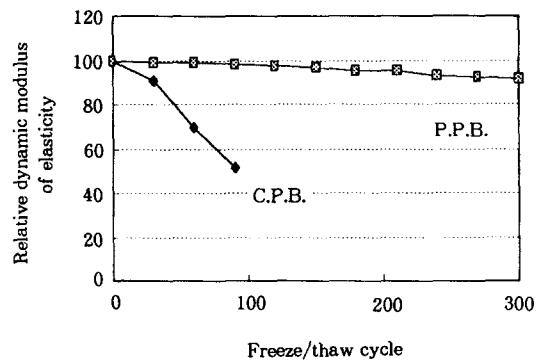


Fig. 4. Number of cycles of freezing and thawing vs. relative dynamic modulus of elasticity

**Table 7. Test results of strengths**

Compressive strength		Flexural strength		Splitting tensile strength	
Measured values	Mean	Measured values	Mean	Measured values	Mean
1,025		214		98	
1,042	1,042	216	217	100	101
1,060		220		105	

**라. 압축, 휨 및 인장강도**

사면보호재용 폴리머 모르타르에 대한 압축, 휨 및 인장강도 시험 결과는 Table 7과 같다.

이 결과에서 볼 때 시멘트 모르타르의 압축강도가 약 260kgf/cm<sup>2</sup>인데 비해 본 연구에서 사용한 폴리머 모르타르의 압축강도는 1,042kgf/cm<sup>2</sup>으로 약 4배 정도 높은 값을 보였으며, 휨 및 인장강도의 경우에도 시멘트 모르타르에 비해 상당히 높은 값을 나타냈다.

이 결과로 부터 기존의 시멘트 모르타르를 사용한 사면보호재보다 부재단면의 축소에 의해 자중의 감소가 가능함을 알 수 있다.

**마. 탄성계수 및 푸아송비**

본 연구에서 사용된 폴리머 모르타르의 탄성계수 및 푸아송비의 시험결과는 Table 8과 같다. 시멘트 모르타르의 탄성계수가 2.18×10<sup>5</sup>kgf/cm<sup>2</sup> 정도 인데 비해 폴리머 모르타르는 1.72×10<sup>5</sup>kgf/cm<sup>2</sup>로 다소 낮은 값을 보였으며, 푸아송비에 있어서는 0.15인 보통 시멘트 모르타르에 비해 0.20으로 다소 큰 나타났다.

**Table 8. Test of modulus of elasticity and poisson's ratio**

Modulus of elasticity (×10 <sup>5</sup> kgf/cm <sup>2</sup> )		Poisson's ratio (ν)	
Measured values	Mean	Measured values	Mean
1.68		0.18	
1.73	1.72	0.20	0.20
1.75		0.21	

**2. 사면보호재의 중량 및 강도특성**

**가. 사면보호재의 중량**

폴리머 모르타르 및 시멘트 모르타르 사면보호재의 중량시험 결과는 다음의 Table 9와 같다

이 결과로 부터 폴리머 모르타르 사면보호재는 시멘트 모르타르 사면보호재에 비해 그 중량이 약 0.34배로 매우 경량이며, 이로 인해 운반 및 시공상의 편리성을 도모할 수 있음을 알 수 있다.

**Table 9. Weight of protection block**

Type	Weight(kg)
P.P.B.	11.2
C.P.B.	30.4

**Table 10. Comparison of impact strength of protection block**

Types	Size b×h×L (mm)	Height of breaking(cm)		Impact strength (kgf·cm/cm <sup>2</sup> )
		Measured values	Mean	
P.P.B	50×100×1,000 A=50cm <sup>2</sup>	40	41.7	5.59
		40		
		45		
C.P.B.	120×130×1,000 A=156cm <sup>2</sup>	30	30.0	1.29
		30		
		30		
	130×150×1,000 A=195cm <sup>2</sup>	35	36.7	1.26
		35		
		40		

**나. 사면보호재에 대한 충격강도**

Table 10은 폴리머 모르타르 및 시멘트 모르타르 사면보호재의 충격강도 실험결과이다.

이 결과에서 볼 때 폴리머 모르타르 사면보호재는 시멘트 모르타르 사면보호재에 비하여 충격강도가 약 4배 정도가 높다. 이는 폴리머 모르타르 사면보호재가 외부 충격하중에 대한 저항성이 뛰어난 것을 보여주는 결과라 할 수 있다.

**다. 사면보호재의 휨강도**

폴리머 모르타르 및 시멘트 모르타르 사면보호재의

휨시험 결과는 Table 11과 같다.

폴리머 모르터 사면보호재는 시멘트 모르터 사면보호재에 비해 부재단면을 약 1/3로 축소했음에도 불구하고 최대 휨모멘트 값이 20,900kgf·cm으로 시멘트 모르터 사면보호재와 비슷한 값을 보였다.

이 결과로 보아 본 연구에서 개발된 폴리머 모르터 사면보호재는 부재와 부재 사이를 조인트에 의해 연결하는 조립식으로서 시공이 간편하고 충분한 강도를 지녔을 뿐 아니라, 부재단면의 축소로 인해 경량화가 가능하며, 노출단면이 작아 자연경관과의 조화를 이루는데도 유리하다고 판단된다.

Table 11. Bending test results of protection block

Types	Size b×h×L (mm)	Breaking load(kgf)		Maximum bending moment (kgf·cm)
		Measured values	Mean	
P.P.B	50×100×1,000	1,993	2,090	20,900
		1,995		
		2,282		
C.P.B.	120×130×1,000	1,510	1,740	20,300
		1,787		
		1,923		
	130×150×1,000	2,004	2,310	25,030
		2,289		
		2,637		



Photo 1. Polymer mortar protection block constructed in field

한편, Photo 1은 본 연구에서 개발된 사면보호재를 사용하여 시범적으로 시공한 현장의 광경을 보인 것이다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 폴리머 모르터를 이용한 사면보호재를 개발하고 소재에 대한 물리, 역학적 성질과 제품의 특성을 실험적으로 구명하였던 바, 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 폴리머 모르터의 비중은 2.29로서 시멘트 모르터에 비해 약간 작은 값을 보였으나, 흡수율은 0.87%로서 7.75%의 시멘트 모르터 보다 훨씬 작은 값을 보여 제품의 방수성이 우수함을 알 수 있었다. 또한 동결융해시험 결과 상대 동탄성계수는 폴리머 시멘트 모르터의 경우가 300사이클에서 92.8%(내구성지수 93), 시멘트 모르터의 경우 120사이클에서 48.3%(내구성지수 49)로 나타나 폴리머 시멘트 모르터가 시멘트 모르터에 비해 동결융해 저항성에 있어서도 우수함을 알 수 있었다.

2. 압축강도는 1,042kgf/cm<sup>2</sup>으로 시멘트 모르터의 약 4배정도의 높은 강도값을 보였으며, 휨 및 인장강도에 있어서도 각각 217kgf/cm<sup>2</sup>, 101kgf/cm<sup>2</sup>으로 높은 값을 보였다. 또한 시멘트 모르터의 탄성계수가 2.18×10<sup>5</sup>kgf/cm<sup>2</sup> 정도인데 비해 폴리머는 1.72×10<sup>5</sup>kgf/cm<sup>2</sup>로 낮은 값을 보였으며, 푸아송비에 있어서는 보통 시멘트 모르터가 0.15인데 비해 0.20으로 높은 값을 나타냈다.

3. 폴리머 모르터 사면보호재의 충격강도는 시멘트 모르터 사면보호재 보다 약 4배 정도로 높아 폴리머 모르터 사면보호재의 충격하중에 대한 저항성이 우수함을 알 수 있었다.

4. 폴리머 모르터 사면보호재의 최대 휨저항모멘트 값은 20,900kgf·cm로서 시멘트 모르터 사면보호재의 단면적이 3배일 때 20,300kgf·cm, 4배일 때 25,030kgf·cm이므로 부재단면적을 1/3

정도로 축소가능함을 알 수 있었다.

5. 이상의 결과로 부터 폴리머 모르터의 사면 보호재는 시멘트 모르터 사면보호재에 비해 낮은 흡수율과 높은 충격강도 및 휨저항모멘트 값을 갖는 것으로 나타나 폴리머 모르터 사면보호재의 성능이 우수함을 알 수 있었다. 또한 부재의 자중을 1/3정도로 줄임으로써 편리한 시공성을 확보할 수 있었고, 부재의 단면 축소로 자연경관의 손상을 최소화 할 수 있는 등 그 실용적 가치가 매우 높은 것으로 평가되었다.

본 연구는 농림부의 농림수산기술개발사업의 연구비 지원으로 수행된 것으로 연구비 지원에 감사 드립니다.

### 참 고 문 헌

1. 出村克宣, “建築用レジンコンクリートの開発に関する研究”, 日本大學 博士學位論文, pp. 4-18, 1982.
2. Kaeding, A. O., and Dikeou J. T., “Design of Polymer Concrete Products”, Proceedings of the 8th ICPIC, Oostende, Belgium, 1995.
3. 연구석, 김성순, 이윤수, 장태현, “폴리머 콘리트의 공장제품에의 응용”, 한국농공학회 발표논문집, pp. 146-150, 1994.
4. 李侖洙, “輕量ポリエステルの性質と調合設計”, 日本大學 博士學位論文, pp. 49-59, 1998.
5. 연구석, 김관호, 이필호, 김동수, 박윤재, “불포화 폴리에스터 수지를 이용한 고강도 폴리머 콘크리트의 역학적 특성”, 한국콘크리트학회지, 제6권, 3월호, pp. 131-141, 1994.
6. Prusinski R. C., “Current Status of Precasting Polymer Concrete Products in the Building and Transportation Industry” ICPIC Working Papers, San Francisco, California, 1991.
7. Dikeou, J. T., “Polymer Concrete Design and Specification”, Proceedings of the ICPIC Workshop on Polymers in Concrete, Bled, Slovenia, 1996.
8. 文翰英, “建設材料學”, 동명사, p. 191, 1996.
9. 한국콘크리트학회, “최신 콘크리트 공학”, p. 681, 1992.