

폴리머 모르타를 이용한 사면보호재의 개발

Development of Polymer Mortar Defensive Block for Erosion Control Works

유 능 환 연 규 석* 김 기 성 지 경 용(강원대)
Ryu, Neung Hwan Yeon, Kyu Seok Kim, Ki Sung Ji, Kyung Yong

Abstract

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

I. 서 론

폴리머 모르타는 다른 건설재료에 비하여 초기에 높은 강도를 발현하고, 접착성, 수밀성, 내약품성, 내마모성, 내동결융해성 등이 우수할 뿐만 아니라, 공장제품 제조시에는 개시제 및 촉진제의 첨가량이나 가열에 의해 경화시간을 단축시킬 수 있어 거푸집의 회전율을 높일 수 있다는 장점을 가지고 있다.⁴⁾ 따라서 폴리머 모르타는 콘크리트 구조물의 보수용으로부터 공장 제품 제조용에 이르기 까지 그 용도가 점점 다양화되어 가는 추세에 있다.^{1),2),3)}

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

따라서 본 연구에서는 시멘트 모르타나 콘크리트를 사용한 사면보호재에 비해 고강도이고, 경량이며, 동결융해 저항성이 우수한 폴리머 모르타를 사용한 사면보호재를 개발하고 그 특성을 실험적으로 구명하여 보았던바 그 결과를 보고한다.

II. 재료 및 방법

1. 사용재료

시멘트 모르타 사면보호재는 시중에서 유통되는 공장제품을 구입하여 시험하였으므로, 여기 1998년도 한국농공학회 학술발표회 논문집(1998년 10월 24일)

서는 폴리머 모르터 사면보호재 제작시 사용된 재료에 대해서만 기술한다.

가. 결합재

결합재로 사용된 액상 불포화 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

충진재는 중질탄산칼슘(CaCO₃)을 사용하였으며, 세골재는 홍천강에서 채취한 강모래를 사용하였다. 충전재 및 골재의 함수율은 0.1% 이하로 하였으며, 각각의 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 ⁻³	2.7	≤0.1	Nil
Aggregate	≤1.2	2.6	≤0.1	Nil

2. 시험체 제조방법

가. 모르터의 배합

폴리머 모르터의 최적 배합비 이론은 시멘트 모르터나 콘크리트와 같이 정립되어 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

폴리머 모르터의 비빔에는 강제식 믹서를 사용하였고, 다짐에는 테이블 바이브레이터(3,000 vpm)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 치수별 중량은 Table 4와 같다.

다. 물리·역학적 특성 시험 방법

1) 비중 및 흡수율

비중 및 흡수율 시험은 KS F 2518 (석재의 비중 및 흡수율 시험방법)에 준하여 실시 하였으며, 폴리머 모르터 사면보호재와 시멘트 모르터 사면보호재의 일부분을 각각 5×5×10cm 로 절단하여 사용하였다.

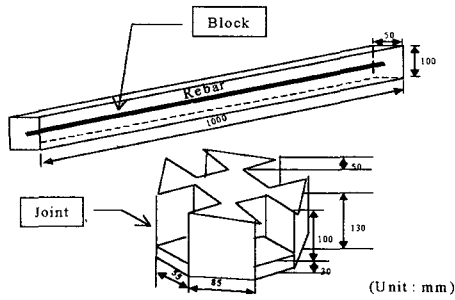


Fig.1 Shape of polymer mortar defensive block

Table 4. Size of defensive block

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

Note, P.D.B. : Polymer mortar defensive block
C.D.B. : Cement mortar defensive block

2) 동결융해 저항시험

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

3) 압축, 휨, 인장강도

강도는 압축강도, 휨강도 및 인장강도를 측정하였으며, 각각 KS F 2481(폴리에스터 레진 콘크리트 압축강도 시험방법), KS F 2482 (폴리에스테르 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법), KS F2480 (폴리에스테르 레진 콘크리트의 인장강도 시험방법)의 규정된 방법에 의해 실시하였다.

이때 압축 및 인장강도용 공시체는 $\phi 7.5 \times 15$ cm 크기의 원주형을, 휨강도용 공시체는 $6 \times 6 \times 24$ cm 크기의 각주형을 사용하였다.

4) 충격강도

충격강도 시험은 강구낙하법에 의해 측정하였으며, 사용된 추의 무게는 6.7kg, 낙하높이는 5cm단위로 증가시켰다. 충격강도 ($\text{kg} \cdot \text{cm}/\text{cm}^2$)는 강구의 무게(kg) × 낙하높이(cm) ÷ 파괴 단면적(cm^2)으로 구하였다.

5) 휨시험

KS F 4006 (콘크리트 경계블록)에 규정된 방법에 준하여 휨 실험을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 비중 및 흡수율

비중 및 흡수율 시험결과는 Table 5 및 Table 6과 같다. 이 결과에서 폴리머 모르타 사면보호재의 비중은 2.29로 시멘트 모르타 사면보호재에 비해 약간 낮게 나타났다. 또한, 흡수율을 비교한 결과 폴리머 모르타 사면보호재의 흡수율은 0.87%로서 시멘트 모르타 사면보호재의 7.75% 보다 훨씬 낮은 값을 보였다. 이것은 폴리머 모르타 사면보호재의 방수성이 우수함을 나타내 주는 것으로서 기존의 시멘트 모르타 사면보호재의 가장 큰 문제점인 동결융해에 의한 블록의 손상을 방지할 수 있는 결과라고 할 수 있다.

Table 5. Test results of specific gravity

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

Table 6. Test results of absorption

(Unit : %)

Types	Measured value			Mean
P.D.B.	0.85	0.87	0.88	0.87
C.D.B.	7.56	7.67	8.01	6.75

2. 동결융해 저항성

Fig.2는 각 시험체에 대해 동결융해 시험을 실시하여 상대 동탄성계수를 측정한 결과이다.

이 결과에서 보면 상대 동탄성계수는 폴리머 시멘트 모르타의 경우가 300사이클에서 92.8%(내구성지수 93)였으며, 시멘트 모르타의 경우는 120사이클에서 48.3%(내구성지수 49)로 폴리머 시멘트 모르타가 시멘트 모르타에 비해 동결융해 저항성이 우수함을 알 수 있다.

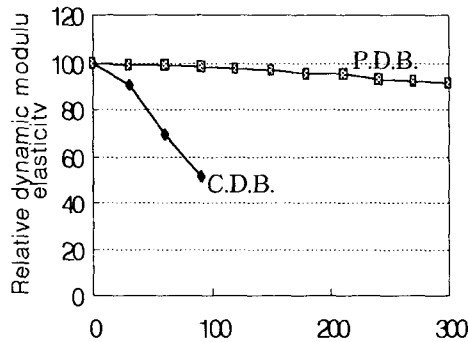


Fig. 4 Number of cycles of freezing and thawing vs. relative dynamic modulus of elasticity of polymer mortar

3. 압축, 휨 및 인장강도

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

Table 7. Test results of strengths

(kg/cm ²)					
Compressive strength		Flexural strength		Splitting tensile	
Measured values	Mean	Measured values	Mean	Measured values	Mean
1025	1042	214	217	98	101
1042		216		100	
1060		220		105	

이 결과에서 보면 시멘트 모르타의 압축강도가 약 260kg/cm²인데 비해 본 연구에서 사용한 폴리머 모르타의 압축강도는 1042kg/cm²로 약 4배정도 높은 값을 보였으며, 휨 및 인장강도의 경우에도 시멘트 모르타에 비해 상당히 높은 값을 나타냈다.

이 결과로부터 기존의 시멘트 모르타 또는 플라스틱 재료를 사용한 사면보호재보다 부재단면의 축소에 의해 자중의 감소가 가능함을 알 수 있다.

4. 사면보호재의 충격강도

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

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

Table 10. Comparison of impact strength of defensive block

Types	Size b×h×l (mm)	Height of breaking (cm)		Impact strength (kg·cm/cm ²)
		Measured values	Mean	
P.D.B	50×100×1000 A=50cm ²	40	41.7	5.59
		40		
		45		
C.D.B.	120×130×1000 A=156cm ²	30	30.0	1.29
		30		
		30		
	130×150×1000 A=195cm ²	35	36.7	1.26
		35		
		40		

5. 사면보호재의 휨강도

폴리머 모르타 및 시멘트 모르타 사면보호재에 대한 휨시험 결과 최대 휨저항모멘트는 Table 11과 같다. 폴리머 모르타 사면보호재는 시멘트 모르타 사면보호재에 비해 부재단면을 약 1/3로 축소했음에도 불구하고 최대 휨모멘트 값이 20,900 kg·cm으로 시멘트 모르타 사면보호재와 비슷한 값을 보였다.

Table 11. Bending test results of defensive block for erosion control works

Types	Size b×h×l (mm)	Breaking load (kg)		Maximum bending moment (kg·cm)
		Measured values	Mean	
P.D.B.	50×100×1000	1993	2090	20,900
		1995		
		2282		
C.D.B.	120×130×1000	1510	1740	20,300
		1787		
		1923		
	130×150×1000	2004	2310	25,030
		2289		
		2637		

III. 결론

본 연구에서 폴리머 모르타를 이용한 사면보호재를 개발하고 소재에 대한 물리, 역학적 특성 및 제품의 성능을 실험적으로 구명하였던 바, 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 폴리머 모르타의 비중은 2.29로서 시멘트 모르타에 비해 약간 작은값을 보였으나, 흡수율은 0.87%로서 7.75%의 시멘트 모르타 보다 훨씬 작은 값을 보여 제품의 방수성이 우수한 것으로 나타났으며, 동결융해시험 결과 상대 동탄성계수는 폴리머 시멘트 모르타의 경우가 300사이클에서 92.8%(내구성지수 93), 시멘트 모르타의 경우 120사이클에서 48.3%(내구성지수 49)로 나타나 폴리머 시멘트 모르타가 시멘트 모르타에 비해 동결융해 저항성에 있어서도 우수함을 알 수 있었다.

2. 압축강도는 $1042\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 시멘트 모르타의 약 4배정도의 높은 강도값을 보였으며, 휨 및 인장강도에 있어서도 각각 $217\text{kg}/\text{cm}^2$, $101\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 높은 값을 보였다.

3. 폴리머 모르타 사면보호재에 있어 충격강도는 시멘트 모르타 사면보호재보다 약 4배 정도로 높아 폴리머 모르타 사면보호재의 충격하중에 대한 저항성이 우수함을 알 수 있었다.

4. 폴리머 모르타 사면보호재의 최대 휨저항모멘트 값은 $20,900\text{ kg}\cdot\text{cm}$ 이며 시멘트 모르타 사면보호재는 단면적이 3배일 때 $20,300\text{ kg}\cdot\text{cm}$, 4배일 때 $25,030\text{ kg}\cdot\text{cm}$ 로 부재단면적을 1/3정도로 축소가능함을 알 수 있었다.

5. 이상의 결과로 부터 폴리머 모르타의 사면보호재는 시멘트 모르타 사면보호재에 비해 낮은 흡수율과 높은 충격강도 및 휨저항모멘트 값을 갖는 것으로 나타나 폴리머 모르타 사면보호재의 성능이 우수함을 알 수 있다. 또한 부재의 자중을 1/3정도로 줄임으로써 편리한 시공성을 확보할 수 있었고, 부재의 축소로 인한 자연경관의 손상을 최소화 할 수 있는 등 그 실용적 가치가 매우 높다고 할 수 있다.

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

참고문헌

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 콘크리트의 공장제품에의 응용”, 한국농공학회 발표논문집, 1994, pp. 146-150
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, 1994, pp 131-141.
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 International 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”, 한국콘크리트학회, 1992, p. 681, 1992