

## 바이오 폴리머를 이용한 구조물 보수용 모르타르의 역학적 특성 평가

이선목<sup>1</sup>, 현정환<sup>2</sup>, 권기성<sup>3</sup>, 김윤용<sup>4\*</sup>

### Mechanical Properties of Repair Mortar Incorporated with Bio Polymer

Sun-Mok Lee<sup>1</sup>, Jung-hwan Hyun<sup>2</sup>, Ki-Seong Kwon<sup>3</sup>, Yun-Yong Kim<sup>4\*</sup>

**Abstract:** In recent years, more than 5,000 tons of sargassum honeri have been infested in the southern coast and the coast of Jeju Island, causing serious damage to the farms and fisheries, and environmental problems. The alginate contained in the sargassum honeri is a natural polymeric substance mainly used for medicines and foods. However, since there is no way to utilize it in large quantities, a study was carried out to utilize bio polymer obtained from sargassum honeri in producing polymer mortar for repairing deteriorated infrastructures. From the tests of setting time, it was found that the LOBP12 mixture containing 12% of bio polymer increased the setting time by 20% as compared with the L12BP0 mixture using only synthetic polymer. From the tests of water absorption, the LOBP12 combination decreased by 0.36% compared to Plain-URHC using ultra rapid hardening cement. This indicated that the watertightness of the mortar was increased by the incorporation of the bio polymer. In the compressive and flexural strength tests, the strength decreased as the amount of bio polymer increased. The incorporation rate of the maximum bio polymer satisfying the KS F 4042 standard was determined to be 12%. In addition, the bond strength of the mortar produced with biopolymer was higher than that of Plain-URHC specimens, and it was confirmed that incorporation of bio polymer improves bond strength of mortar.

**Keywords:** Repair mortar, Ultra rapid hardening cement, Synthetic polymer, Bio polymer, Sargassum honeri

## 1. 서 론

최근 남해안과 제주도 연안에서는 5,000톤 이상의 갯쟁이 모자반(sargassum honeri)이 중국에서 유입 되어 양식장과 조업에 큰 피해를 주고 있다. 또한, 더운 날씨가 지속 되면서 이로 인한 환경 훼손 및 악취가 사회적 문제로 부각되고 있다.

Photo 1은 제주도 연안에 유입된 갯쟁이 모자반을 수거하는 모습이다. 이렇듯 갯쟁이 모자반을 처리하기 위한 사회·경제적 비용이 발생하고 있어 이에 대한 해결 방안이 필요한 실정이다. 갯쟁이 모자반에 존재하는 알긴산(algin acid)은 미역, 다시마, 톳 등과 같은 갈조류에서 추출되는 성분이다. 이는 주로 식품 및 의·공학 분야에 응용되는 천연 고분자 물질로써 가공식품이나 건강식품, 의약품 등의 캡슐, 기능성 원료 등으로 사용되고 있다. 그러나 갯쟁이 모자반을 조류를 타고 떠밀려 오는 동안 오염 되어 상기와 같은 분야의 원료로 사용

하기 어려운 실정이다. 따라서, 현재 제주 농가의 농업용 비료 및 퇴비 정도로 사용되고 있으나 꾸준한 수요처가 확보되지 않아 사용처 확보가 필요하다.

최근들어 콘크리트 구조물의 내구성 확보를 위한 다양한 보수 공법과 보수재료 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에대한 연구로서 기존 시멘트 모르타르나 페이스트에 합성폴리머를 혼입함으로써 역학적 성능을 개선시킨 연구가 진행된 바 있다(Choi et al., 1998). 특히, ethylene-vinyl acetate copolymer(EVA) 및 styrene butadiene rubber(SBR) 등의 합성폴리머는 경화과정에서 시멘트 조직의 미세구조를 성장형 유기 화학 결정체 성분으로 채워 수분의 이동을 차단, 내부 공극



Photo 1 Sargassum honeri in Jeju seashore

<sup>1</sup>정희원, (주)정우소재 기술연구소 차장

<sup>2</sup>정희원, 충남대학교 건설방재연구소 박사후 연구원

<sup>3</sup>정희원, 충남대학교 토목공학과 박사과정

<sup>4</sup>정희원, 충남대학교 토목공학과 교수

\*Corresponding author: yunkim@cnu.ac.kr

Department of Civil Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

•본 논문에 대한 토의를 2018년 12월 1일까지 학회로 보내주시면 2019년 1월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

감소, 골재와의 부착 성능을 향상시키는 등 구조물용 보수재료에 활용하는 연구가 진행된 바 있다(Yeon et al., 2005; Chang and Choi., 2013). 그러나 액상 형태의 합성 폴리머는 현장사용 후 세척과정에서 발생하는 환경 오염문제, 현장 상황으로 인한 계량 오차 문제 등으로 인하여 재유화형 분말 수지가 모르타르에 사전 혼입된 제품들이 상용화 되었지만 재유화형 분말수지의 높은 가격으로 인하여 경제적 우위를 확보하지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 합성 폴리머가 사용되는 콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르에 본 연구를 위해 제조한 바이오 폴리머 분말을 적용하여 KS F 4042 「콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르」의 규격에 따른 역학적 특성 비교 및 분석에 대한 연구를 진행하였다.

## 2. 사용재료 및 실험 방법

### 2.1 사용재료

본 연구에서는 콘크리트 구조물 보수용 폴리머 모르타르에 사용하기 위해 팽생이 모자반을 수거한 후, 이물질 및 염분을 제거하였고, 소정의 과정을 거쳐 바이오 폴리머 분말을 제조하였다. 합성폴리머를 사용하는 기존 보수용 폴리머 모르타르 배합에 제조된 바이오 폴리머를 대체하여 구조물 보수용 폴리머 모르타르를 제작하였다.

#### 2.1.1 시멘트

본 연구에서 콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르의 제작에 사용된 시멘트는 시공시 속경성 확보를 위해 직접 분쇄 제조한 이원계 초속경 시멘트를 사용하였다. 초속경 시멘트의 물리·화학적 특성을 Table 1 및 Table 2에 나타내었다.

**Table 1** Chemical composition of URHC

Type	Chemical composition (%)								
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Ig.loss
URHC	51.4	11.9	12.9	13.5	2.4	1.7	0.6	0.5	2.4

- URHC: ultra rapid hardening cement

**Table 2** Physical properties of URHC

Type	Setting time		Stability (%)	Fineness (cm <sup>2</sup> /g)	Density (g/cm <sup>3</sup> )
	Initial (min)	Final (min)			
OPC	59	399	0.07	3,302	3.15
URHC	30	45	0.06	5,722	2.94

- OPC: ordinary portland cement

- URHC: ultra rapid hardening cement

### 2.1.2 잔골재

모르타르 제작에 사용한 잔골재는 KSL ISO 679 「시멘트의 강도 시험 방법」 기준을 만족하는 표준사를 사용하였다. 본 연구에서 사용된 잔골재의 물리·화학적 특성을 Table 3에 나타내었다.

**Table 3** Physical and chemical properties of sand

Color	Appearance	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Ingredients	Particle-size distribution	
				Size of sieve (mm)	Residue of the sieve (%)
White	Powder	2.62	SiO <sub>2</sub> ≥ 98%	2	0
				1.6	7±5
				1	33±5
				0.5	67±5
				0.16	87±5
				0.08	99±1

### 2.1.3 합성폴리머

본 연구에서 사용한 합성 폴리머는 SBR을 사용하였다. 이 재료는 styrene과 butadiene의 공중합체이며 액상형태이다. 현재 시중에는 재유화형 분말 수지 타입의 제품이 모르타르에 사전 혼합되어 출시되고 있으나 본 연구에서는 현재 콘크리트계 부분 단면 보수재료에 초속경 시멘트와 함께 일반적으로 사용되고 있는 제품을 사용하였다. 합성 폴리머의 물리·화학적 특성은 Table 4와 같다.

**Table 4** Physical and chemical properties of SBR

Density (25°C)	pH	Viscosity (cps 25°C)	Surface tension (dynes/cm at 25°C)	Ratio	
				Styren	Butadien
1.01	8.1	24	32	66 ± 1.5%	34 ± 1.5%

### 2.1.4 바이오 폴리머

본 연구에서는 팽생이 모자반을 원료화하기 위한 방법으로 볼밀을 사용하였고, 평균입도가 60µm 이하가 되도록 세분쇄하였다. 레이저 회절 입도분석장치를 활용하여 바이오 폴리머 입도를 분석한 결과 세분쇄 시료의 평균 입도는 56 µm가 측정되었다. 또한 분쇄시 석회석 미분말을 약 1~5% 가량 첨가하여 효율적인 분쇄와 재응집 현상을 방지하고자 하였다. 제조된 바이오 폴리머의 입도 특성은 Table 5에 나타내었고, EDS 분석으로 도출된 바이오 폴리머의 화학성분 Table 6에 나타낸 바와 같다.

### 2.1.5 혼화제

본 연구에서는 바이오폴리머를 사용한 모르타르의 유동성 확보를 위하여 분말형의 폴리카르복산계 고성능 감수제를 사용하였으며, 그 물리·화학적 특성은 Table 7과 같다.

### 2.2 사용 배합

폴리머 모르타르의 성질은 물-시멘트비 보다 폴리머-시멘트 비에 의해 물성이 지배되므로 용도에 따라 적당한 폴리머 시멘트 비를 선택하여야 한다(Ohama.,1995). 본 연구에서는 합성 폴리머의 기본 혼입률을 고품분을 기준으로 시멘트 대비 12 %로 결정하였다. 바이오 폴리머의 혼입률은 합성 폴리머를 4 %씩 대체하여 0 %, 4 %, 8 %, 12 %, 16 %까지 혼입하여 합성폴리머를 대체하는 방법으로 물성변화를 검토하였다. 이중, 바이오 폴리머의 혼입률 12 %, 16 % 배합인 LOBP12, LOBP16 배합은 합성폴리머의 혼입 없이 바이오 폴리머로만 구성된 배합이며 이를 통해 바이오 폴리머의 최대 혼입률을 검토하고자 하였다. 또한, 초속경 시멘트의 특성을 비교하기 위한 시험체를 OPC를 사용하여 별도 제작 하였다. 본 연구에서 계획한 초속경 모르타르의 배합은 Table 8 에 나타난 바와 같다.

**Table 5** Physical properties of bio polymer powder

Item	Pulverization hour	Average particle size ( $\mu\text{m}$ )	Apparent density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	pH	Appearance
B.P.*	2 hr	$\leq 60$	0.85	6.5	Green powder

\* B.P. : bio polymer

**Table 6** Chemical composition of bio polymer

Element	Apparent Concentration	k Ratio	Wt. (%)	Atomic (%)	Standard Label
C	0.17	0.00170	9.60	15.97	C Vit
O	2.96	0.00995	45.55	56.89	SiO <sub>2</sub>
Mg	0.27	0.00182	2.68	2.20	MgO
Al	0.46	0.00331	4.30	3.18	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Si	1.42	0.01129	13.10	9.32	SiO <sub>2</sub>
S	0.07	0.00057	0.67	0.42	FeS <sub>2</sub>
K	0.06	0.00053	0.55	0.28	KBr
Ca	2.52	0.02250	23.54	11.73	Wollastonite
Total:			100	100	

**Table 7** Physical and chemical properties of super plastizer

Appearance	density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	pH	Ingredients
Brown powder	0.5	5.5	Polycarboxylate

**Table 8** Mixture proportions of mortar

Mix.	W/C (%)	Weight (g)						Ad (wt. %)
		W	C		S	Synthetic Polymer	Bio Polymer	
			OPC	URHC				
Plain-OPC	50	225	450	-	1350	-	-	-
Plain-URHC	50	225	-	450	1350	-	-	-
L12 BP0	50	225	-	450	1350	54	-	-
L8 BP4	50	225	-	450	1350	36	18	0.1
L4 BP8	50	225	-	450	1350	18	36	0.2
L0 BP12	50	225	-	450	1350	-	54	0.3
L0 BP16	50	225	-	450	1350	-	72	0.4

## 3. 실험 방법

### 3.1 플로우 실험

바이오 폴리머를 활용한 모르타르의 유동성을 평가하기 위하여 KS F 2476 「폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법」에 준하여 각 배합별 3회씩 플로우를 측정하였다.



**Photo 2** View of flow test



Photo 3 View of air contents test Photo 4 View of vicat Test

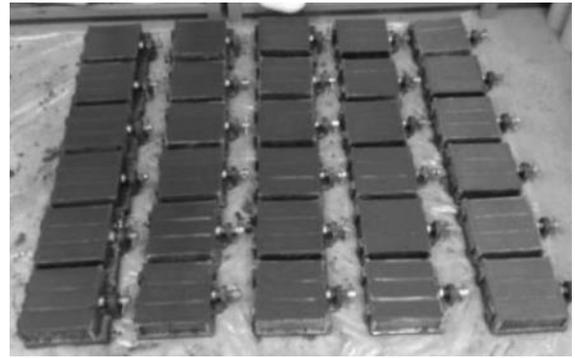


Photo 5 Specimen preparations of compressive and flexural strength

### 3.2 공기량 시험

바이오 폴리머를 혼입한 모르타르의 공기량 측정을 위하여 KS F 2421 「굳지 않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험방법-공기실 압력법」에 준하여 각 배합별 3회씩 공기량을 측정하였다.

### 3.3 응결시간 시험

KS F 2436 「관입 저항침에 의한 콘크리트 응결시간 시험방법」에 준하여 바이오 폴리머 모르타르의 응결 시간을 각 배합별 3회씩 측정하였다.

### 3.4 흡수율

흡수율 시험은 KS F 2476 「폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법」에 준하여 각 배합별 3회씩 수행하였다. 시편을  $80 \pm 2$  °C 온도에서 건조한 이후, 데시케이터 내에서 냉각하고 질량을 측정하였다. 이후 공시체를 온도  $20 \pm 2$  °C의 물에 48시간 동안 침지 후 공시체의 각 면을 수포로 재빨리 닦고 질량을 측정하였다. 흡수율 계산은 식 3.1을 활용하여 계산하였다.

$$W_a = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100 \quad (\text{식 3.1})$$

여기서,  $W_a$  : 흡수율(%)

$W_0$  : 건조 후의 질량(g)

$W_1$  : 흡수 후의 질량(g)

### 3.5 압축 및 휨강도 시험

압축 및 휨강도 시험은 재령 4시간, 7일, 28일에서 KS F 2476 「폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법」에 준하여 각각 3회씩 수행하였다. 휨강도 공시체는  $40 \times 40 \times 160$  mm의 각주형 이고, 공시체 중앙에 하중을 가하여 휨강도를 구하였다. 압축

강도 시험용 공시체는 휨강도 측정에 사용한 공시체의 절편을 사용 측정하였다.

### 3.6 부착강도 시험

부착강도의 측정은 KS F 2476 「폴리머 시멘트 모르타르」의 시험방법에 준하여 측정하였다. Photo 6 (a)에 나타낸 35 MPa 이상의 시험용 밀판을 연마한 후, 습윤 상태를 유지하여, 안쪽 치수  $40 \times 40 \times 10$  mm의 금속제 또는 합성 수지제 형틀을 놓고, 믹싱 한 재료를 형틀과 동일한 높이까지 채워 성형하였다. 그 후 압축강도 및 휨강도 시편과 동일한 환경에서 양생하였다. 정해진 양생이 끝난 시험체를 양생실 내에 수평으로 놓고 시편 도포면에 급경화형 접착제를 바른 후 Photo 6 (b)와 같이 하부 인장용 지그 및 강철제 받침을 사용해서 시료 면에 대해 수직 방향으로 인장력을 가해 최대 인장하중을 측정하였다. 부착강도를 측정은 4시간, 7일 및 28일 재령을 기준으로 각 3회씩 측정하였다.

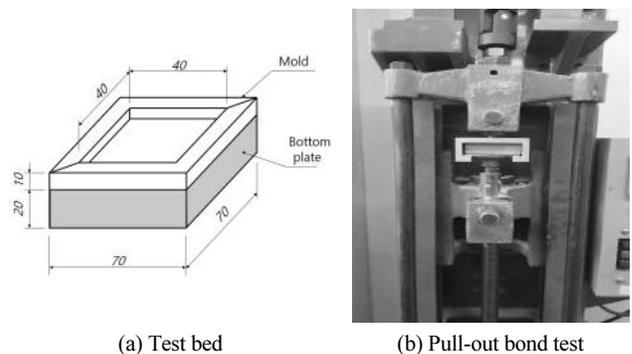


Photo 6 Test of bond strength

## 4. 실험결과 및 분석

### 4.1 플로우 및 공기량

Fig. 1 및 Table 9에 바이오 폴리머 혼입율에 따른 모르타르의 플로우 및 공기량 측정 결과를 표기하였다. 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 Plain-OPC 시험체와 초속경 시멘트를 사용한 Plain-URHC 시험체의 플로우는 각각 170 mm, 170 mm로 동일하게 측정되었다. 합성 폴리머를 단독으로 12% 혼입한 L12BP0 시험체의 플로우는 280 mm로 측정되었고, 이것은 170 mm로 측정된 Plain-URPC 시험체에 비하여 64.7% 증가된 값이다. 이러한 결과는 합성 폴리머의 혼입에 의한 불베어링 효과로 유동성이 증가되었기 때문으로 판단된다(Betioli et al., 2012). 또한, 합성 폴리머가 각각 8%, 4% 혼입된 L8BP4, L4BP8 시험체의 경우 플로우 값이 Plain-URHC 시험체 대비 47.0%, 35.3% 향상되었으나, 합성라텍스의 혼입률이 감소할수록 유동성이 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 바이오 폴리머를 12%, 16% 단독으로 사용한 L0BP12, L0BP16 시험체의 플로우는 각각 170 mm와 150 mm로 측정되었다. 즉, 바이오 폴리머의 혼입률이 증가할수록 유동성은 감소하는 것으로 나타났다. 공기량 시험결과와 같이, 플로우 측정 경향과 상반되는 결과를 나타내었고, 합성 폴리머의 혼입률이 제일 큰 L12BP0 시험체의 공기량이 가장 작은 2.8%를 보였다. 이 원인은 합성 폴리머에 혼입되어 있는 소포제의 감소에 기인하여 공기량이 증가된 것으로 판단된다(Kim, 2006). 따라서 합성 폴리머의 혼입률이 감소하고 바이오 폴리머의 혼입률이 증가할수록 공기량이 증가하는 경향이 나타나 과도한 공기량의 발

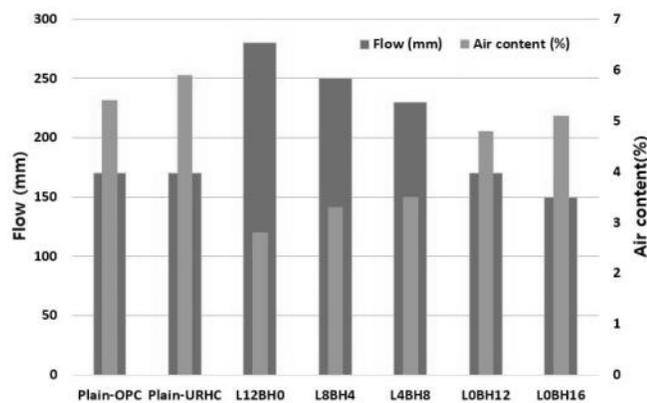


Fig. 1 Result of flow and air content test

Table 9 Result of flow and air content test

	Plain- OPC	Plain- URHC	L12 BP0	L8 BP4	L4 BP8	L0 BP12	L0 BP16
Flow (mm)	170	170	280	250	230	170	150
Air content (%)	5.4	5.9	2.8	3.3	3.5	4.8	5.1

생을 막기 위해 바이오 폴리머의 사용과 함께 효과적인 소포제의 선택적 사용이 필요할 것으로 판단된다.

### 4.2 응결시간

Fig. 2 및 Table 10에 모르타르의 응결 시험 결과를 표기하였다. 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 Plain-OPC 시험체의 초결과 종결은 각각 284분, 422분으로 측정되었고, 초속경 시멘트를 사용한 Plain-URHC 시험체는 각각 15분, 25분으로 측정되었다. Plain-URHC의 경우 초속경 시멘트를 사용하였기 때문에 Plain-OPC 시험체보다 초결과 종결 시간이 빨라진 것을 확인할 수 있다. 합성 폴리머 12%를 초속경 모르타르에 적용한 L12BP0 시험체는 비교 실험체인 Plain-URHC와 비교하여 초결이 4분가량 느려진 것을 확인하였으나 종결은 동일한 것으로 측정되었다. 합성 폴리머만을 12% 혼입한 L12BP0 시험체와 바이오 폴리머만 12% 사용된 L0BP12 시험체의 초결은 각각 19분, 15분, 종결은 각각 25분, 35분으로 측정되었다. L0BP12의 경우 초결은 Plain-URHC와 15분으로 동일하나 종결은 35분으로 10분 지연되는 것으로 측정되었으며 L0BP16 시험체는 대조 시험체인 Plain-URHC와 동일한 초결값이 측정되었으나 종결값은 20분 지연되는 것으로 측정되었다. 모르타르의 초결 반응이 빠르고 종결 시간이 길어질 경우 배합 후 가사 시간이 짧아 현장 작업성능이 저하될 가능성이 크다. 이 결과를 종합할 때, 바이오 폴리머의 혼입률이 높아질수록 모르타르의 종결 시간이 지연되는 것으로 나타났다. 이는 분말 형태의 바이오 폴리머 입자들이 시멘트 입자와 배합수의 접근을 방해하면서 수화반응을 지연 시켰기 때문으로 판단된다(Lee et al., 2002).

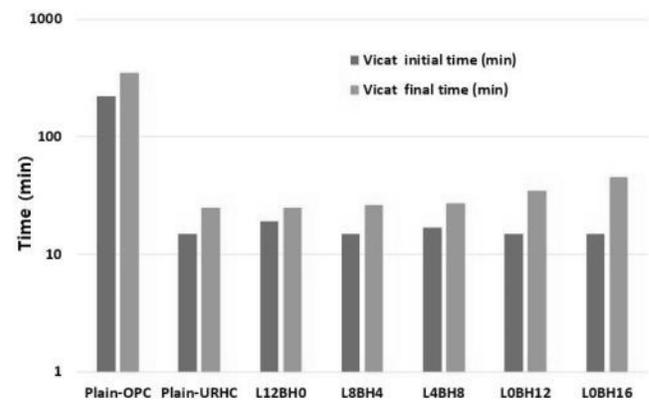


Fig. 2 Results of vicat test

Table 10 Result of vicat test

	Plain- OPC	Plain- URHC	L12 BP0	L8 BP4	L4 BP8	L0 BP12	L0 BP16
Initial set (min)	284	15	19	15	17	15	15
Final set (min)	422	25	25	26	27	35	45

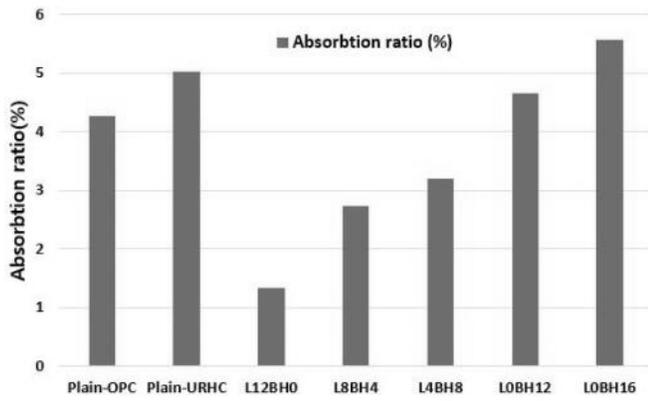


Fig. 3 Results of water absorption

Table 11 Measured water absorption ratio

	Plain-OPC	Plain-URHC	L12BP0	L8BP4	L4BP8	L0BP12	L0BP16
Absorption (%)	4.26	5.02	1.34	2.73	3.20	4.66	5.56

### 4.3 흡수율

Fig.3 및 Table11에 바이오 폴리머를 적용한 모르타르의 흡수율 시험 결과를 나타내었다. Plain-OPC와 Plain-URHC의 흡수율은 각각 4.26 %, 5.02 %로 측정되었다. 라텍스가 12 %로 가장 많이 혼입된 L12BP0 시험체의 흡수율은 1.34 %로 가장 낮은 값을 나타내었다. 이 값은 초속경 모르타르를 사용한 Plain-URHC 시험체보다 275 % 이상 높은 값으로, 합성 폴리머의 혼입이 모르타르의 수밀성을 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다. 합성 폴리머의 혼입률이 감소하고, 바이오 폴리머의 혼입률이 증가할수록 모르타르의 흡수율은 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 바이오 폴리머만 12 %, 16 % 사용한 배합인 L0BP12, L0BP16의 흡수율은 각각 4.66 %, 5.56 %로 측정되었고, 바이오 폴리머를 16 % 이상 혼입할 경우 기준 실험체인 Plain-URHC보다 흡수율이 큰 것으로 나타났다.

### 4.4 압축 및 휨 강도

Table 12과 Fig.4, Fig.5에 모르타르의 압축 및 휨강도 시험 결과를 표시하였다. 4시간 기준 모르타르의 평균 압축강도는 Plain-URHC가 21.1 MPa로 측정되었다. 합성 폴리머가 12 % 혼입된 L12BP0 시험체는 27.0 MPa로 측정되어 기준배합인 Plain-URHC 보다 28% 향상된 압축강도 성능을 보였다. 모든 배합의 4시간기준 압축강도는 합성라텍스의 비율이 감소하고, 바이오 폴리머의 혼입률이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다.

Table 12 Measured compressive strength and flexural strength

Mixture	Compressive strength(MPa)					Flexural strength(MPa)						
	4h	rate* (%)	7d	rate* (%)	28d	rate* (%)	4h	rate* (%)	7d	rate* (%)	28d	rate* (%)
Plain-OPC	-	(-)	39.9	(-)	51.4	(-)	-	(-)	7.8	(-)	8.2	(-)
Plain-URHC	21.1	(100)	39.2	(100)	48.0	(100)	5.7	(100)	7.9	(100)	8.2	(100)
L12BP0	27.0	(128)	43.3	(110)	46.5	(97)	8.7	(151)	11.9	(151)	13.8	(168)
L8BP4	24.2	(115)	38.8	(99)	41.5	(86)	6.1	(106)	9.6	(122)	10.2	(124)
L4BP8	22.5	(107)	37.5	(96)	42.9	(89)	5.2	(90)	7.6	(96)	8.9	(109)
L0BP12	21.3	(101)	31.4	(80)	39.5	(82)	4.9	(86)	6.9	(87)	8.9	(109)
L0BP16	14.9	(71)	22.0	(56)	27.7	(58)	3.5	(62)	5.1	(65)	6.5	(79)

\* Rate is the percentage of the ratio to the strength of plain-URHC

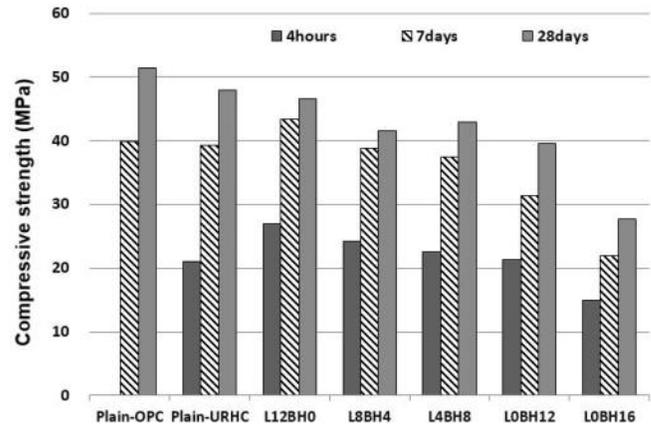


Fig. 4 Results of compressive strength test

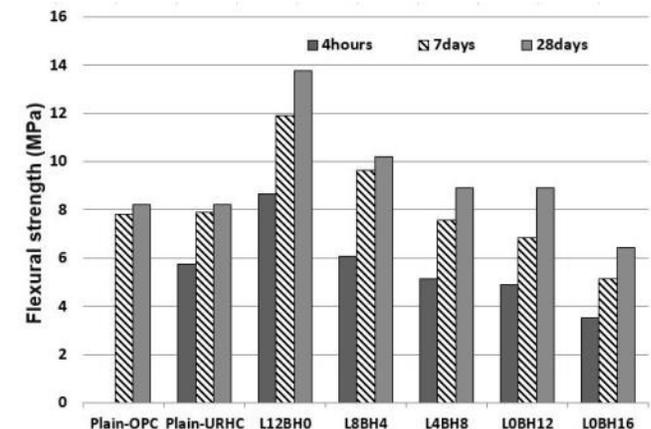


Fig. 5 Results of flexural strength test

바이오 폴리머를 12 % 혼입한 L0BP12 시험체는 4시간 압축 강도가 21.3 MPa로 측정되었으나 바이오 폴리머를 16 % 혼입

한 L0BP16시험체의 경우 14.9 MPa로 측정 되어 Plain-URHC 시험체에 비하여 29.3 %의 강도가 저감되는 것을 확인하였다. 따라서 L0BP16시험체를 제외하고 URHC를 사용한 모든 수준의 시험체에서 KS F 4042 「콘크리트구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르」에서 정하고 있는 목표 압축강도인 20 MPa를 재령 4시간 만에 모두 상회하는 것을 확인하였다.

또한 휨강도의 경우, Plain-URHC 시험체의 재령 4시간 휨강도는 5.7 MPa로 측정되었다. L12BP0, L8BP4, L4BP8의 휨강도는 각각 8.7 MPa, 6.1 MPa, 5.2 MPa로 측정되었다. L0BP12의 경우 4.9 MPa로 측정되었다. L0BP16의 시험체의 경우 3.5 MPa로 측정 되었다. L4BP8 시험체 및 L0BP12 시험체의 경우 7일 이후에 6.0MPa 이상의 휨강도가 발현 되는 것으로 보아 초기 4시간 압축 및 휨 강도의 발현은 바이오 폴리머의 혼입률에 따라 응결 시간이 지연되면서 영향을 미친 것으로 판단된다.

#### 4.5 부착 강도

Table 13 및 Fig.6 에 모르타르의 부착강도 시험결과를 표기 하였다. 4시간 기준 모르타르의 평균 압축강도는 Plain-URHC 가 0.5 MPa로 측정되어 KS F 4042 「콘크리트구조물 보수용

폴리머 시멘트 모르타르」에서 정하고 있는 목표 부착강도인 1.0 MPa의 요구 강도를 초기 재령에는 만족하지 못하였다. 반면, 라텍스가 12% 혼입된 L12BH0 시험체의 경우 재령 4시간 부착강도가 1.4 MPa로 측정되어 초기 재령에도 요구 성능을 만족한 것을 확인하였다. 이 결과는 폴리머 자체의 우수한 접착성과 폴리머와 시멘트 수화물 사이의 상호작용이 접착강도 증진에 크게 기여하였기 때문으로 판단된다. 또한, 합성폴리머의 혼입률이 각각 8%, 4%인 L8BP4 시험체와 L4BP8 시험체의 경우 합성폴리머와 바이오 폴리머가 혼용된 배합으로 합성폴리머의 혼입률이 각각 4%, 8% 감소하였지만, 바이오 폴리머의 증가로 인하여 각각 1.9 MPa, 1.7 MPa로 우수하게 측정되었다. 또한 바이오 폴리머 혼입률이 12% 혼입된 L0BP12 시험체는 1.4 MPa로 측정되었다. 바이오 폴리머가 16% 혼입된 시험체의 경우 7일 이후에는「KS F 4042 콘크리트 구조물 폴리머 시멘트 모르타르」의 품질 기준에 만족하는 1.0 MPa 을 만족 하였으나 수화 반응을 모두 마친 28일의 부착강도가 Plain-URHC 시험체에 비하여 9% 가량 작게 측정되었다.

## 5. 결론

본 연구에서는 콘크리트 구조물의 보수용으로 사용되는 폴리머 시멘트 모르타르의 합성 폴리머를 대체하기 위하여 바이오 폴리머의 대체율에 따른 모르타르의 물리적 특성 및 역학적 특성을 분석하였으며, 본 연구 범위에서 도출된 결과는 다음과 같다.

- (1) 응결 특성 평가 시험결과를 통하여 바이오 폴리머의 혼입률이 증가할수록 응결시간이 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 합성 폴리머를 12% 사용한 L12BH0 시험체는 바이오 폴리머를 12% 혼입한 L0BP12 시험체와 비교할 경우, 응결시간이 20분 지연되는 것으로 나타났다. 이 결과는 바이오 폴리머 입자들이 시멘트 입자와 배합수의 접근을 방해하면서 수화반응을 지연시켰기 때문으로 판단된다.
- (2) 합성 라텍스가 12% 혼입된 L12BP0 시험체의 경우 1.35%의 흡수율이 측정되어 가장 작은 값이 측정되었다. 반면, 바이오 폴리머의 혼입률이 증가할수록 모르타르의 흡수율은 증가하는 경향을 나타내었고, Plain-URHC에 비해 바이오 폴리머가 12% 혼입된 L0BP12 시험체의 경우 0.36% 흡수율이 감소한 것으로 보았을 때 바이오 폴리머 혼입이 모르타르의 수밀성이 증대되는 것으로 나타났다.
- (3) 재령 4시간 L12BP0 시험체의 압축 및 휨강도는 각각 27.0 MPa, 8.7 MPa 로 측정되었다. 기준배합인 Plain-

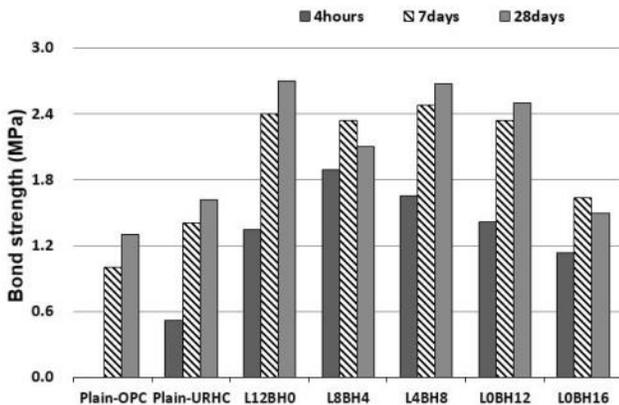


Fig. 6 Results of bond strength test

Table 13 Results of bond strength

Mixture	Bond Strength(MPa)					
	4h	rate* (%)	7d	rate* (%)	28d	rate* (%)
Plain-OPC	-	-	1.0	-	1.3	-
Plain-URHC	0.5	(100)	1.4	(100)	1.6	(100)
L12BH0	1.4	(280)	2.4	(171)	2.7	(169)
L8BH4	1.9	(380)	2.3	(164)	2.1	(131)
L4BH8	1.7	(340)	2.5	(179)	2.7	(169)
L0BH12	1.4	(280)	2.3	(164)	2.5	(156)
L0BH16	1.1	(220)	1.6	(114)	1.5	(94)

\* Rate is the percentage of the ratio to the bond strength of plain-URHC

URHC 보다 압축 및 휨강도가 28%, 51% 향상되었고, 합성 폴리머의 불베어링 효과로 인한 물시멘트비의 감소에서 기인 한 것으로 판단된다. 반면, 바이오 폴리머의 혼입이 증가할수록 압축 및 휨강도가 감소하는 경향을 나타내었고, L0BP12 시험체까지 KS F 4042 기준을 만족하는 것으로 나타나 바이오 폴리머의 적정 혼입률은 12%인 것을 실험을 통해 확인하였다.

(4) 부착강도 실험결과에서는 재령 4시간 부착강도 기준인 1.0 MPa 이상을 L12BP0, L8BP4, L4BP8, L0BP12, L0BP16 시험체가 만족하였다. 단 Plain-URHC 시험체의 경우 초속 경시멘트로 제조한 모르타르 임에도 불구하고 부착강도의 발현이 늦어지는 것으로 볼 때 바이오 폴리머는 합성라텍스와 마찬가지로 모르타르의 부착강도를 향상시킬 수 있는 것을 확인하였다.

## 감사의 글

이 논문은 2015년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2015R1A5A1037548).

## References

Shon, J. W. (2009), A study on Korean seaweed foods by literature review, *Korean J Food Nutr*, 22, 75-86.

Choi, S. G., Park, Y. S., Lee, B. Y., and Byun, Y. S., (1998), A Study of Acrylic, Epoxy, Urethane, SBR mixed vinyl acetate emulsion latex, *Elastomer*, 33(5), 324-334.

Yeon, G. S., Joo, M. K., and Jung, J. H. (2005) Durability of Polymer-Modified Mortars Using Redispersible Polymer Powder,

*Journal of the Korea Concrete Institute*, 17(1), 539.

Chang, J. H., and Choi, S. M. (2013), Workability Evaluation of the Inorganic Surface Preparation Materials Including EVA Redispersible Polymer Powder for Wall Surface preparation, *Journal of Korea Architectural Institute*, 29(11), 53-62.

KS F 4042. (2017), Polymer modified cement mortar for maintenance in concrete structure.

KS L ISO 679. (2016), Methods of testing cements Determination of strength.

Betioli, A. M., Gleize, P. J., Jhon, V. M., and Pileggi, R. G. (2012), Effect of EVA on the fresh properties of cement paste, *Cement & Concrete Research*, 255-260.

Kim, W. K. (2006), Strength and adhesion properties of polymer-modified mortars using redispersible powders and polymer dispersions, *Journal of Korea Architectural Institute*, 22(4), 119-126.

Yoshihiko, Ohama (1995), Handbook of polymer-modified concrete and mortars, *William Andrew*, 24-52.

Lee, Y. S., Joo, M. K., Yeon, G. S., and Jeong, I. S. (2002), Durability of Ultrarapid-Hardening Polymer-Modified Mortar Using Redispersible Polymer Powder, *Journal of the Korea Concrete Institute*, 17(1), 539.

Choi, H. G., Lee, G. C., Ko, K. T., and Ryu, G.S. (2015), Effect of VAE Type Powder Polymer on Strength Properties of High Strength Polymer Cement Mortars, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 15(3), 299-306.

KS F 2476. (2017), Test method for polymer-modified mortar.

Park, P. H. (2009), A Study on the Influence of VAE Polymers on the Cement Hydration, Ph.D. dissertation, MyeongJi University, department of new materials engineering.

Received : 08/16/2018

Revised : 09/27/2018

Accepted : 10/29/2018

**요 지 :** 최근 남해안과 제주도 연안에는 5,000톤 이상의 갯생이 모자반이 유입되어 양식장과 조업에 큰 피해를 주고 있으며, 환경훼손 등 사회 문제 부각되고 있다. 갯생이 모자반에 존재하는 알긴산은 주로 의약품, 식품 등으로 활용되는 천연 고분자 물질이다. 하지만, 대량으로 활용할 수 있는 수요처가 확보되지 않아 본 연구에서는 갯생이 모자반을 활용한 바이오 폴리머를 구조물 보수용 폴리머 모르타르에 활용하기 위한 연구를 수행하였다. 응결특성 평가 시험에서는 바이오 폴리머가 12% 혼입된 L0BP12 배합은 합성폴리머만 혼입된 L12BP0 배합보다 종결시간이 최대 20% 증가하는 것을 확인하였다. 흡수율 시험에서는 L0BP12 배합이 초속경 시멘트 배합인 Plain-URHC보다 0.36% 감소하는 것으로 나타나 바이오 폴리머 혼입으로 모르타르의 수밀성이 증가하는 것을 확인하였다. 압축 및 휨강도 시험에서는 바이오 폴리머의 혼입이 증가할수록 강도가 감소하는 경향을 나타내었고, KS F 4042 기준을 만족하는 최대 바이오 폴리머의 혼입률은 12%로 결정되었다. 또한, 재령 4시간 기준 부착강도는 Plain-URHC 시험체 보다 모두 향상되었으며, 1 MPa 이상을 확보하여 바이오 폴리머의 혼입이 모르타르의 부착강도를 향상시킬 수 있는 것을 확인하였다.

**핵심용어 :** 보수용 모르타르, 초속경 시멘트, 합성 폴리머, 바이오 폴리머, 갯생이 모자반