

재유화형 분말수지와 초속경 시멘트를 혼입한 모르타르의 압축강도 및 접착강도 특성

Compressive and Adhesive Strengths of Mortars using Re-emulsification Type Polymer and Ultra-Rapid-Hardening Cement

이 광 일¹

윤 현 섭¹

양 근 혁^{2*}

Lee, Kwang-Il¹

Yoon, Hyun-Sub¹

Yang, Keun-Hyeok^{2*}

Department of Architectural Engineering, Kyonggi University Graduate School, Seoul, 03746, Korea ¹

Department of Architectural Engineering, Kyonggi University, Suwon, 16227, Korea ²

Abstract

The objective of this study is to develop a mortar mixture with high workability and adhesive strength for section jacketing in seismic strengthening technology of existing concrete structures. To achieve targeted requirements of the mortars (initial flow exceeding 200 mm, compressive strength of 30MPa, and adhesive strength exceeding 1MPa), step-by-step tests were conducted under the variation of the following mixture parameters: water-to-binder ratio, sand-to-binder ratio, polymer-to-binder ratio, dosage of viscosity agent, and content of ultra-rapid-hardening cement. The adhesive strength of the mortars was also estimated with respect to the various surface treatment states of existing concrete. Based on the test results, the mortar mixture with the polymer-to-binder ratio of 10% and the content of ultra-rapid-hardening cement of 5% can be recommended for the section jacketing materials. The recommended mortar mixture satisfied the targeted requirements as follows: initial flow of 220 mm, high-early strength gain, 28-day compressive strength of 35MPa, and adhesive strength exceeding 1.2MPa.

Keywords: high flow, bond strength, repair mortars, polymer, ultra-rapid-hardening cement

1. 서 론

최근 경주, 포항 등의 지진 발생으로 기존 구조물의 내진 보강에 대한 관심이 높아지고 있다[1]. 구조물의 내진보강을 위한 실용적인 기술로는 유리섬유 및 탄소섬유 시트 공법, 강판 접착공법 및 단면증설 공법 등이 있다. 섬유 시트 및 유리섬유 등은 가볍고 시공성은 우수하지만 보강재가 외부에 노출되어 있어 화학적인 침식이나 화재에 대한 약점이

있다. 강판 접착공법은 강재의 우수한 연성 능력이 있어 취성적인 파괴를 방지할 수 있지만 강재의 부식 또는 강판과 기존 구조물과의 접착시공이 어려운 단점이 있다[2].

한편, 단면확대 보강공법에서 추가단면에서의 주철근에 대한 적절한 정착과 구속이 이루어진다면 부재의 강성, 내력 및 연성 향상에 유리할 수 있다. 하지만 기존 구조물과 신설된 모르타르의 접착이 낮을 경우 신설 단면의 부분적 탈락 및 박리로 기존 단면에서의 콘크리트 응력부담이 높아질 수 있다[3]. 보수·보강 모르타르의 접착성능 향상을 위해 Kim[4]은 폴리머-시멘트비(Polymer-to cement ratio, P/C)를 높이는 방법을 제시하였다. 그러나 폴리머-시멘트비가 증가할수록 모르타르의 압축강도는 오히려 감소하는 경향을 보였다. Lee et al.[5]은 급결제를 활용한 보수 모르타르 접착강도 향상을 제시하였지만 유동성이 저하되는 문

Received : March 29, 2018

Revision received : May 29, 2018

Accepted : July 11, 2018

* Corresponding author : Yang, Keun-Hyeok

[Tel: 82-31-249-9703, E-mail: yangkh@kgu.ac.kr]

© 2018 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

제점을 보였다.

본 연구의 목적은 기존 부재의 단면증설 보강을 위해 필요한 유동성과 높은 접착성의 폴리머 시멘트 모르타르 배합의 개발이다. 이를 위해 물-결합재비(water-to-binder ratio, W/B), 잔골재-결합재비(sand-to-binder ratio, S/B), 폴리머-결합재비(polymer-to-binder ratio, P/B), 증점제 첨가 유무 및 초속경시멘트 치환 비율에 따라 모르타르 배합을 수행하였다. 단면증설 보강 모르타르의 목표 성능으로서 접착강도 1.0MPa 이상, 압축강도 30.0MPa 이상 및 플로우 200mm 이상을 설정하였다. 모르타르의 압축강도를 30MPa 이상으로 한 것은 기존 부재의 콘크리트 압축강도를 21MPa로 가정하여 동일한 수준의 탄성계수를 고려하였기 때문이다. 개발된 보강 모르타르의 접착강도는 기존 콘크리트의 면 처리 특성에 따라 평가하였다.

2. 실험상세

2.1 사용 재료

단면증설 보강 모르타르 배합에서 결합재로 사용된 보통 포틀랜드 시멘트(ordinary portland cement, OPC) 및 초속경 시멘트(ultra rapid hardening cement, URHC)의 물리적 특성 및 화학적 조성을 Table 1에 나타내었다. OPC 및 URHC의 밀도는 각각 3.15g/cm^3 와 2.90g/cm^3 이며, 분말도는 각각 $3,284\text{cm}^2/\text{g}$ 와 $5,989\text{cm}^2/\text{g}$ 이다. OPC의 주요 화학 성분은 CaO 및 SiO_2 로서 전체 화학 조성의 약 83%를 차지하였다. URHC는 CaO, Al_2O_3 및 SO_3 가 주요성분으로 전체 화학 조성중 약 83%를 차지하는데, Al_2O_3 및 SO_3 가 OPC에 비해 각각 10% 및 13% 높았다. OPC 및 URHC의 광물 조성을 Table 2에 나타내었다. URHC는 OPC와 달리 다량의 $\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$ 를 포함하고 있다. 또한 수화활성도가 높고 안정한 수화물을 생성시키는 $3\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4$ 을 다량 함유하고 있다. 이에 따라 수화 반응시 매우 빠른 속도로 침상 결정의 Calcium sulfo-aluminate 수화물(ettringite)을 생성시켜 수 시간 내에 높은 강도를 발현할 수 있다[6].

사용된 폴리머는 밀도 및 평균입자 크기가 각각 0.5g/cm^3 와 $100\mu\text{m}$ 로서 에틸렌 초산 비닐(ethyl vinyl acetate, EVA)계 재유화형 분말 수지이다(Table 3). 유리 전이 온도(glass transition temperature, T_g) 및 점성도는 각각 16°C 와 $2,000\text{MPa} \cdot \text{s}$ 이다. 더불어, 폴리머의 분산성 확보 및 공기연행 방지를 위해 분산제와 소포제를 사용하였다.

단면증설 모르타르와 모체 콘크리트와의 접착성능 향상을 위한 재료로서 밀도 및 점도가 각각 1.01g/cm^3 와 $3,000\text{MPa} \cdot \text{s}$ 인 메틸 셀룰로오스계 증점제를 사용하였다. 감수제로서는 밀도 및 고체함유량이 각각 1.48g/cm^3 와 39.8%인 폴리카르복산(polycarboxylic acid, PC)계 재료를 사용하였다. 잔골재는 밀도 및 조립률이 각각 2.60g/cm^3 와 2.17인 해사를 이용하였다.

Table 1. Physical properties and chemical composition of cementitious materials

Type of cement	Physical properties		Chemical composition (%)							
	Density (g/cm^3)	Fineness (cm^2/g)	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	SO_3	LOI
OPC	3.15	3,260	21.0	6.6	3.0	61.9	2.6	0.9	2.0	2.0
URHC	2.90	5,989	10.2	16.7	1.3	50.8	1.4	0.4	15.5	3.7

Table 2. Mineral composition of cementitious materials (% by mass)

Type of cement	C_3S	C_2S	$\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$	C_3A	C_4AF
OPC	43.1	27.9	-	11.2	8.5
URHC	16.0	16.0	30.0	3.0	6.0

Table 3. Properties of polymer used

Density (g/cm^3)	Average particle size (μm)	Viscosity ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	Glass transition temperature ($^\circ\text{C}$)	pH
0.5	100	2,000	16	6~8

Table 4. Mixture proportion of mortars for section jacketing of existing members

Group	Specimens	W/B (%)	S/B (%)	P/B (%)	Unit weight (kg/m^3)				V.D (%)	S.P (%)	
					Water	OPC	URH C	Polym er			Sand
-	C			0	211.5	470.0	0	0	1,410	0.0	1.0
I	G1-2	45	3	5	211.5	446.5	0	23.5	1,410	0.0	0.5
	G1-3				211.5	446.5	0	23.5	1,410	0.2	0.5
II	G2-1				164.5	423.0	0	47.0	940	0.0	1.5
	G2-2	35	2	10	164.5	399.5	23.5	47.0	940	0.0	1.4
	G2-3				164.5	376.0	47.0	47.0	940	0.0	2.5

W/B = water to binder ratio by weight, S/B = sand to binder ratio, P/B = polymer-to-binder ratio, OPC : ordinary portland cement, URHC : ultra rapid hardening cement, V.A = viscosity agent S.P = superplasticizer

2.2 실험계획

단면증설 보강 모르타르의 접착성능 향상을 위한 배합실험의 상세는 Table 4에 나타내었다. 배합실험은 증점제 첨가유무 및 UHPC 사용에 따라 두 그룹으로 구분하였다. 기

준 배합으로서 UHPC와 폴리머가 치환되지 않은 모르타르 C도 준비하였다. 그룹 I의 경우 UHPC를 치환하지 않았으며, 주요 변수로서 증점제의 첨가유무와 P/B 를 0% 및 5%로 변화하였다. 그룹 I에서 W/B 및 S/B 는 각각 45% 및 3.0으로 고정하였다. 증점제, 분산제 사용량은 폴리머 질량 대비 0.5%이다. 그룹 II에서는 실험변수로서 초속경 시멘트의 치환율을 결합재량의 0%, 5% 및 10%로 변화하였다. 이 때 W/B , S/B 및 P/B 는 각각 35%, 2.0 및 10%로 고정하였다. 또한 그룹 II에서는 단면증설 보강 모르타르의 접착강도를 모재의 면 처리 방법에 따라 평가하였다. 모재의 면 처리 방법은 무 처리, 치핑, 페인트 도포, 접착제 도포 및 치핑+접착제 도포로 구분하였다(Figure 1). 모재의 면 처리 방법에 따른 접착강도 변화의 평가는 그룹 II의 실험결과에서 우수한 접착강도 성능을 나타낸 G2-2배합을 선정하여 실시하였다.

2.3 실험방법 및 측정항목

단면증설 보강 모르타르의 플로우는 KS L 5111에 따라 측정하였다. 배합이 완료된 단면증설 모르타르는 50×50×50mm 큐브형 몰드에 타설 하였으며, 항온항습(습도 60±5%, 온도 20±1℃)의 환경에서 양생을 실시하였다. 압축강도 측정은 KS L 5105에 따라 재령 1, 3, 7, 14일 및 28일에서 측정하였다. 접착강도는 KS F 4042에 따라 70×70×20mm 콘크리트 모재를 제작하였으며, 제작된 단면증설 보강 모르타르를 타설 한 후 재령 14일 및 28일에서 측정하였다. 단면증설 보강 모르타르 반응생성물은 X선 회절 분석(X-ray diffraction, XRD)을 통해 평가하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 플로우

증점제 첨가 유·무 및 UHPC 사용량 변화에 따른 보강

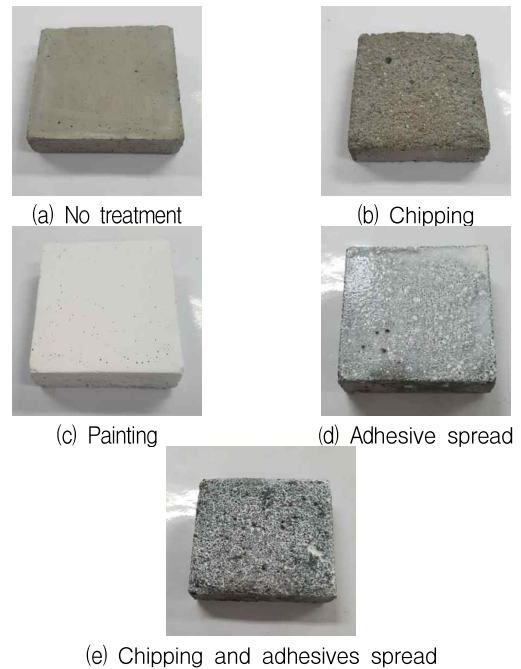


Figure 1. Surface treatment state of existing concrete for adhesive strength tests of the developed mortars

모르타르의 플로우 측정결과는 Table 5에 나타내었다. 측정결과 그룹I에서는 P/B 가 5%인 G1-2 배합의 플로우가 235 mm로 가장 높았다. 기준 배합인 C의 경우 플로우는 185 mm로 G1-2 배합대비 약 27% 낮았다. 폴리머 시멘트 모르타르의 경우 폴리머 입자들의 볼 베어링 작용 및 폴리머에 함유된 계면활성화제의 분산작용에 의해 유동성이 증가된 것으로 판단된다[7]. 반면, 폴리머 및 증점제를 첨가한 G1-3배합의 경우에는 플로우가 185mm로 기준 배합인 C와 유사하였다. 한편 G1-3 모르타르는 G1-2 모르타르와 동일한 감수제 양을 갖으며 증점제가 0.2% 첨가된 것이지만 G1-2 모르타르에 비해 플로우가 낮게 나타났다. 이는 증점제 첨가로 인한 높은 점성으로, 폴리머 첨가에도 불구하고 유동성이 오히려 감소한 것으로 판단된다.

Table 5. Summary of test results

Group	Specimens	Flow (mm)	Compressive strength (MPa)					Adhesive strength (MPa)	
			1 day	3 days	7 days	14 days	28 days	14 days	28 days
-	C	185	13.2	18.8	22.5	23.6	29.2	0.17	0.28
I	G1-2	235	10.7	17.8	19.3	19.8	20.3	0.43	0.51
	G1-3	185	9.7	14.7	16.5	17.0	20.0	0.41	0.45
II	G2-1	250	7.2	31.3	39.9	40.1	44.5	0.77	1.02
	G2-2	220	13.0	16.9	31.2	34.3	35.5	1.05	1.20
	G2-3	165	14.3	20.1	37.4	38.5	44.1	1.03	1.18

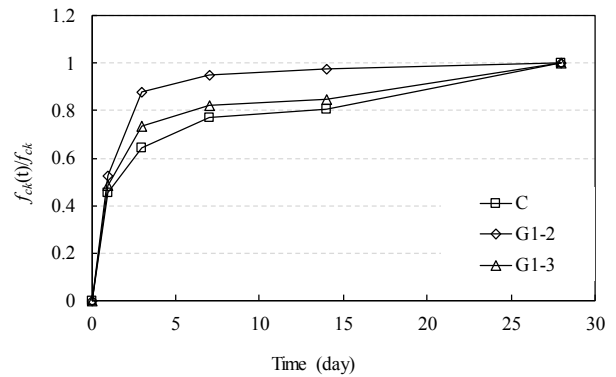
그룹 I에서는 UHPC 무혼입 G2-1배합의 플로우가 250 mm로 가장 높았다. UHPC 치환율이 5% 및 10%인 G2-2와 G2-3배합은 각각 220 mm 및 160 mm로 G2-1대비 각각 12%와 36% 낮았다. 이는 UHPC의 높은 분말도에 의한 시멘트 페이스트의 점성 증가 및 Calcium sulfo-aluminate 수화물을 생성하는 $3\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4$ 를 다량 함유함에 따라 경화축진과 함께 유동성이 감소된 것으로 판단된다[6].

3.2 28일 압축강도

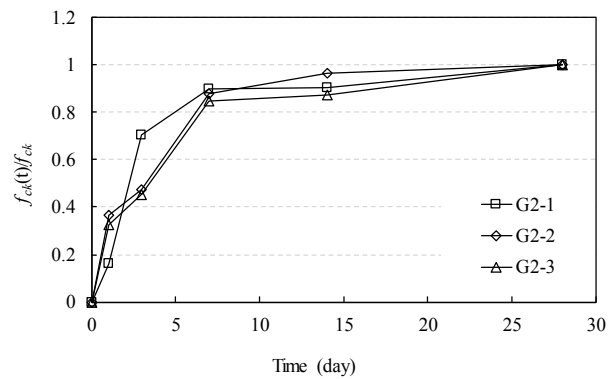
그룹 I에서 측정한 단면증설 보강 모르타르의 재령 28일 압축강도(f_{ck})는 폴리머를 혼합한 경우 감소하는 경향을 보였다(Table 5). 기준 배합인 C의 f_{ck} 는 29.2 MPa로서 가장 높았다. G1-2 및 G1-3 배합들의 f_{ck} 는 각각 20.3 MPa 및 20.0 MPa로 큰 차이를 보이지 않았는데, 이들 값은 기준 배합인 C의 값에 비해 각각 30% 및 32% 낮은 것이다. 이는 폴리머 사용에 의한 시멘트 수화과정에서 자체강도를 가지고 있지 않은 폴리머 필름의 형성과 함께 연행공기량의 발생이 증가함에 따라 강도가 저하된 것으로 판단된다[7]. 그룹 II에서의 f_{ck} 는 UHPC를 혼입하지 않은 G2-1 배합이 44.5 MPa로 가장 높았다. UHPC를 10% 첨가한 G2-3 배합의 경우에는 재령 28 압축강도가 44.1 MPa로 G2-1 배합과 유사한 수준이었다. UHPC가 5% 치환된 G2-2 배합의 f_{ck} 는 35.5 MPa로 G2-3 배합의 80% 수준이었다. 폴리머 시멘트 모르타르는 폴리머 필름의 형성 및 연행공기량의 증가로 인해 f_{ck} 가 감소하는데, 초기재령에서 급격한 경화성능을 나타내는 UHPC를 활용하는 경우 그 효과는 더욱 크게 나타날 수 있다[8]. 이에 따라 UHPC 및 폴리머를 혼입한 G2-2 및 G2-3배합이 UHPC를 사용하지 않은 G2-1배합보다 f_{ck} 가 낮게 나타난 것으로 판단된다.

3.3 압축강도 발현

단면증설 보강 모르타르의 경우 초기 재령에서의 압축강도 발현은 공기단축 등의 이유에서 매우 중요하다. 모르타르의 초기강도 발현을 평가하기 위하여 각 재령에서 측정한 압축강도의 측정값을 재령 28일 압축강도로 무치원화하여 Figure 2에 나타내었다. 그룹 I에서 폴리머를 사용한 시멘트 모르타르의 초기 압축강도 발현율은 증점제 첨가에 관계없이 기준 배합인 C에 비해 높았다. 기준 배합인 C의 재령 1일 압축강도 발현율은 45%이었다. 한편, P/B가 5%인 G1-2 배합의 재령



(a) Group I



(a) Group II

Figure 2. Compressive strength development of mortars tested

1일 압축강도 발현율은 53%로 가장 높았다.

그룹 II에서는 UHPC를 사용한 모르타르의 재령 1일 압축강도 발현율은 그룹 I의 폴리머 시멘트 모르타르보다 낮았다. UHPC가 5% 치환된 G2-2 배합의 재령 1일 압축강도 발현율은 37%로 G2-1보다 높았다. UHPC를 혼입하지 않은 G2-1 배합의 재령 1일 압축강도 발현율은 16%로 가장 낮았다. UHPC가 10% 치환된 G2-3 배합의 경우 재령 1일 압축강도 발현율은 33% 수준으로 G2-2 배합과 비슷하였다.

단면증설 보강 모르타르의 재령에 따른 압축강도 발현의 기울기는 초기 재령에서 급격히 증가하였으며, 재령 7일 이후 완만해지는 포물선 형태를 나타냈다. 콘크리트 구조기준 [9]에서는 포물선 형태의 콘크리트 강도발현은 다음 식과 같이 나타내고 있다.

$$f_{ck}(t) = \exp[\beta_{sc}(1 - \sqrt{\frac{28}{t}})]f_{ck} \quad \text{-----} \quad (1)$$

여기서, $f_{ck}(t)$ 는 재령 t (일)에서의 압축강도, f_{ck} 는 재령

28일 압축강도, β_{sc} 는 압축강도 발현 기울기를 결정하는 상수이다. 발현상수 β_{sc} 값이 작을수록 콘크리트의 초기 강도 발현율은 높다. 콘크리트 구조기준에서는 OPC 콘크리트에서 증기 양생 및 습윤 양생 조건에 따라 β_{sc} 값을 각각 0.15와 0.35로 제시하고 있다. Figure 2에 나타난 단면증설 보강 모르타르의 실험결과를 이용하여 식 (1)의 β_{sc} 값을 계산하면 G1-2 및 G1-3 배합의 경우 β_{sc} 값은 각각 0.07 및 0.11로, 설계기준에서 제시하는 증기 양생된 OPC 콘크리트에서의 값에 비해 낮는데, 이는 초기 강도 발현이 우수함을 의미한다. 그룹 II에서 G2-1, G2-2 및 G2-3 배합의 β_{sc} 값은 각각 0.20, 0.16 및 0.14로 평가되었다. 그룹 II 배합에서의 초기 압축강도 발현 속도는 설계기준에서 제시하는 습윤 양생된 OPC 콘크리트에 비해 높으며, 증기 양생된 OPC 콘크리트와 유사한 수준이다.

3.4 접착강도

폴리머가 혼입된 모르타르의 접착강도는 기준 배합 C에 비해 높았다(Table 5). P/B 가 5%인 G1-2 배합의 재령 28일 접착강도는 0.51 MPa로 G1-3 배합의 경우에 비해 약 13% 높았다. 기준 배합 C의 접착강도는 0.28 MPa로 가장 낮았는데, 이 값은 G1-2 배합에 비해 약 45% 낮은 것이다. 압축강도 결과와 비교할 때 폴리머를 혼입한 배합은 압축강도 발현은 낮지만, 접착강도는 상대적으로 높은 경향을 보였다. 이는 폴리머 혼입에 따른 폴리머 필름이 시멘트 수화물과 골재간의 모르타르 접착력 개선 및 모재와의 계면의 결합력 증가로 접착강도가 높아진 것으로 판단된다[7]. 그룹 II의 배합에서는 UHPC를 5% 치환한 G2-2 배합의 접착강도가 1.20 MPa로 가장 높았다. UHPC를 혼입 하지 않은 G2-1 배합은 1.02 MPa로 가장 낮았는데, 이 값은 G2-2 배합에 비해 15% 낮은 것이다. UHPC를 10%치환한 G2-3 배합의 접착강도는 1.18 MPa로 G2-2와 비슷한 수준이었다. 이는 유동성 측정 결과와 마찬가지로 UHPC의 높은 분말도에 따른 시멘트 페이스트의 점성 증가에 의한 영향으로 판단된다. 더불어, 재령 28일에서 그룹 II의 모든 배합에서는 KS F 4042에 제시된 폴리머 시멘트 모르타르의 품질규격에서 요구하는 접착강도(1.0MPa 이상)를 만족하였다.

단면증설 보강 모르타르의 재령 28일 접착강도를 압축강도의 루트승으로 무차원화 결과는 Figure 3에 나타냈다. 그룹 I에서 P/B 가 5%인 G1-2 배합의 무차원 접착강도 값은 0.113으로, 기준 배합 C의 경우에 비해 약 2.1배 높았다.

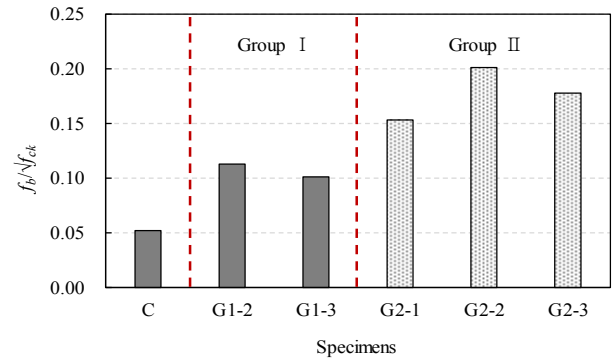


Figure 3. Normalized adhesive strength of each mortar

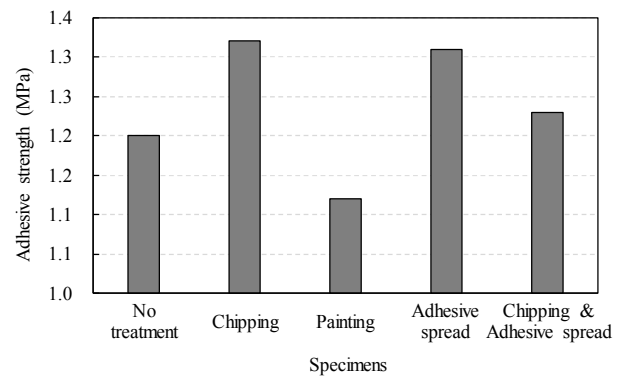


Figure 4. Adhesive strength of the GII-2 mixture at different surface treatments of existing concrete

증점제 첨가 및 P/B 가 5%인 G1-3배합의 무차원 접착강도 값은 0.101로, G1-2 배합에 비해 다소 낮았다. 그룹 II의 UHPC를 사용하지 않은 G2-1 배합의 무차원 접착강도 값은 0.153이다. G2-2 및 G2-3 배합에서 무차원 접착강도 값은 각각 0.201과 0.178로서, 이들 값은 G2-1 배합에 비해 각각 31%와 16% 높은 것이다.

재령 28일 부착강도 측정결과 가장 우수한 접착 성능을 나타낸 G2-2 배합에서 모재의 면 처리 변화에 따른 접착강도 측정 결과 및 파괴 단면의 형상을 각각 Figure 4와 Figure 5에 나타내었다. 콘크리트 모재에서 다양한 면처리에 따른 접착강도는 치핑처리의 경우에서 1.32MPa로 가장 높았다. 콘크리트 면을 페인트 도포한 경우의 접착강도는 1.12MPa로 가장 낮았는데, 이는 치핑 한 경우에 비해 약 15% 낮은 값이다. 모재의 면 처리를 하지 않은 경우의 접착강도는 1.20MPa로 치핑 면의 경우에 비해 9% 낮았다. 접착제를 도포한 콘크리트 면에서의 접착강도는 1.31MPa로 치핑한 경우와 비슷하였다. 한편, 모재의 면 처리 변화에 따른 파괴

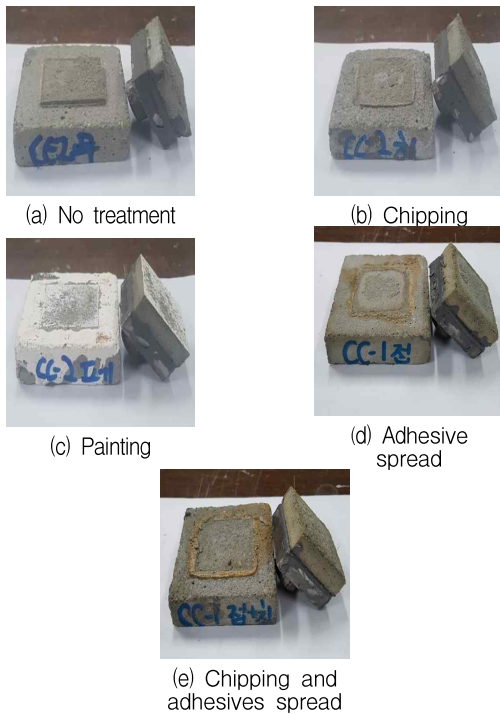


Figure 5. Typical images after the adhesive failure at the existing concrete surface

형상은 큰 차이를 보이지 않았다. 모든 면 처리에서 폴리머 모르타르와 모래의 경계면에서 파괴가 발생하였다.

3.5 수화생성물

단면증설 모르타르 페이스트의 XRD 분석 결과를 Figure 6에 나타내었다. 모든 시험체에서 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$), 칼슘실리케이트(Ca_2SiO_4), 에트링가이트(Ettringite) 및 SiO_2 가 관찰되었다. 기준 배합 C 및 그룹 I에서 시멘트 페이스트의 수화 생성물은 폴리머 및 증점제 첨가량 변화에 따라 차이를 보이지 않았다. 모든 시험체에서 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 피크강도가 18° 및 34° (2 theta) 부근에서 형성되었으며, Ca_2SiO_4 에 경우 32° (2 theta) 부근에서 피크 강도가 관찰되었다. 시멘트의 수화생성물인 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 은 UHPC에 다량 함유된 $\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$ 와 반응하여 수산화알루미늄($\text{Al}(\text{OH})_3$) 및 C-A-H gel 수화물을 형성한다. 생성된 C-A-H gel 및 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 은 황산칼슘(CaSO_4)과 연속적으로 반응하여 에트링가이트를 형성한다. 이에 따라 그룹 II의 경우 UHPC의 치환율이 0%에서 10%로 변화함에 따라 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 피크 강도는 감소하는 반면 에트링가이트의 피크 강도는 증가하는 경향을 나타내었다.

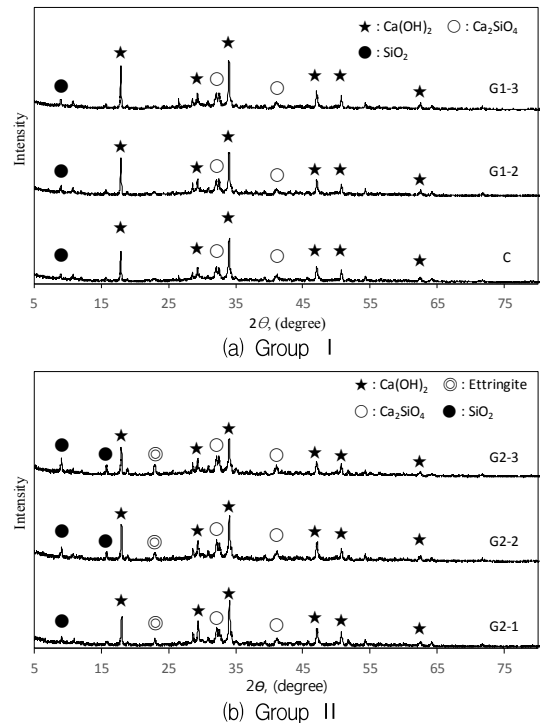


Figure 6. XRD analysis results of repair mortar pastes

4. 결 론

기존 부재의 단면증설 보강을 위한 폴리머 시멘트 모르타르 배합의 개발을 위하여 물-결합재비, 잔골재-결합재비, 폴리머-결합재비, 증점제 첨가 유무 및 초속경시멘트 치환 비율의 변수에서 실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 단면증설 보강 모르타르의 유동성은 증점제 사용 및 초속경시멘트의 치환율이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다.
- 2) 폴리머가 5% 치환된 G1-2 및 G1-3 배합의 재령 1일에서의 압축강도는 재령 28일 강도대비 평균 35% 수준이었다.
- 3) 폴리머가 10% 치환된 G2-2 및 G2-3배합의 28일 접착강도는 초속경시멘트를 혼입하지 않은 G2-1 배합에 비해 약 16~18% 증가하였다.
- 4) G2-2 및 G2-3 배합에서 압축강도 루트승으로 무차원한 접착강도 값은 각각 0.201과 0.178로서, 이들 값은 폴리머를 사용하지 않은 G2-1 배합에 비해 각각 31%와 16% 높은 것이다.
- 5) 개발된 보강 모르타르의 재령 28일 접착강도는 모래콘크리트 면을 치핑 한 경우에서 1.32MPa로 가장 높았

으며, 페인트 도포한 콘크리트 면에서는 1.12MPa로 가장 낮았다.

- 6) 유동성, 압축강도 발현 및 접착강도를 고려하면 단면증설 보강 모르타르로서 P/B 가 10%, 초속경시멘트 치환율이 5%인 G2-2 배합이 추천될 수 있었다. 이 배합은 플로우가 220mm, 높은 초기강도 발현, 28일 압축강도가 35MPa 및 접착강도는 1.2MPa 이상의 성능을 보였다.

요 약

본 연구의 목적은 기존 콘크리트 건물의 단면확대 내진보강 기술에서 필요한 고유동·고접착성의 보강 모르타르 배합의 개발이다. 보강 모르타르의 목표성능(플로우 220mm 이상, 압축강도 30MPa, 접착강도 1MPa 이상)을 위해 물-결합재비, 잔골재-결합재비, 폴리머-결합재비, 증점제 사용 및 초속경시멘트의 혼입 등을 변수로 단계적으로 배합실험을 수행하였다. 모르타르의 접착강도는 기존 콘크리트의 다양한 면 처리 상태에 따라 평가하였다. 실험결과로부터 단면증설용 보강 모르타르의 배합을 위해 폴리머-결합재비는 10%, 초속경시멘트의 치환율은 5%가 추천될 수 있었는데, 이 배합은 초기 플로우 220 mm, 높은 초기강도 발현, 압축강도 35 MPa 그리고 접착강도 1.2 MPa 이상의 성능을 보였다.

키워드 : 고유동성, 접착강도, 보수 모르타르, 폴리머, 초속 경시멘트

Acknowledgement

This research was supported by the Research Grant from Kyonggi University through the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport of the Korean government(18TBIP-C126470-02).

References

1. Ha IS, Lee SG, Kim NR, Lim JY. A proposal of seismic failure probability estimation chart of the korean small and medium sized earthfill dams. *Journal of the Korean Geo-Environmental*

- Society*. 2017 Mar;18(3):31-8.
2. Kim YI, Jo BH, Hong SH. An experiment on anchorage and usefulness of expanded steel-plate nets of RC beams strengthened by increasing section. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*. 2008 Aug;24(8):65-74.
3. Oh BH, Cho JY, Cha SW. Failure behavior and separation criterion for strengthened concrete members with steel plates. *Journal of the Korea Concrete Institute*. 2002 Feb;14(1):126-35.
4. Kim WK. Properties of polymer-modified mortars using a VA/E/MMA terpolymer powder. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*. 2010 Jul;26(7):111-8.
5. Lee CW, Mun KJ, Song H, Kim BC, Choi NW, Soh YS. Evaluation of durability and bond strength of polymer powder modified mortars with accelerators. *Proceedings of the Korea Concrete Institute*. 2005 Nov 5; Incheon, Korea. Seoul (Korea): Korea Concrete Institute; 2005. p. 559-62.
6. Koo JS, Yoo SY, Kim JM. Engineering character of ultra hardening concrete-polymer composite using CAC and gypsum mixed CAC. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2016 Apr;16(2):97-105.
7. Bang JW, Lee SM, Kim YY. Mechanical properties and field implementation of floor mortar incorporated with VAE polymer. *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*. 2017 May;21(3):27-34.
8. Lee BH, Hong CW, Lee JH, Joung WK. Strength development properties of rapid setting latex modified concrete for early stage form removal. *Journal of Advanced Mineral Aggregate Composites*. 2001 Oct;6:105-16.
9. Korea Concrete Institute. 2012 Concrete Design Code of Korea. Korea: Korea Concrete Institute. 2012.