

잔골재 종류 및 치환율에 의한 속경성 폴리머 모르타르의 재료 특성

신승봉¹, 김규용^{2*}, 남정수³, 신경수¹, 이보경⁴

Material Properties of Fast hardening Polymer Mortar by Fine Aggregate Types and Replacement Ratio

Seung-Bong Shin¹, Gyu-Yong Kim^{2*}, Jeong-Soo, Nam³, Kyoung-Su, Shin¹, Bo-Kyeong Lee⁴

Abstract : The Physical performance of use materials was evaluated to improve durability of fast-paced repair mortar used at rapid construction sites. The fastening performance and basic performance were evaluated by substituting ferronickel grinding slag residues, rapid settlement, and EVA-based polymer for mortar. As a result, the compressive strength, flexural strength and adhesion strength were increased due to the use of FS Fine Aggregate and RS Fine Aggregate. The chloride ion promotion test of fast-polymer mortar kept the chloride inhibitory performance from 7 days to 28 days when FNS was used less than 50%. Durability degradation due to the use of FS Fine Aggregate and RS Fine Aggregate has not been found, and it is believed that further consideration of economic and long-term durability will be required for use as alternative Aggregate for construction and civil engineering.

Keywords : Ferronickel Slag, Recycled aggregates, Chloride ion penetration, Set accelerator

1. 서 론

장시간에 걸쳐 노후화가 진행된 콘크리트 구조물은 진동 및 충격, 하중작용 등 외부영향으로부터 균열발생에 취약하며, 발생한 균열은 염화물과 탄산화의 이동을 촉진시켜 복합 열화에 의한 철근 부식과 콘크리트 체적팽창을 유발함으로써 종국에는 구조물의 내력 저하로 이어져 사용수명이 단축되게 된다(Kim et al., 2018).

국내 일부 도로의 경우 겨울철 재설제의 과용으로 인한 염화칼슘이 구조물의 내구성을 저하시키는 피해사례가 증가되고 있다. 특히, 대규모 산업단지 및 해안 구조물과 같이 생화학적인 침식환경에 노출된 콘크리트의 경우 내구성저하 문제로 인한 환경오염, 구조물 수명단축, 기술신뢰도 하락 등 부정적 영향이 표출되고 있어 이를 방지하기 위한 고기능성 보수재료의 개발이 필요한 실정이다(Lee 2015). 폴리머 시멘트 모르타르는 혼합시멘트, 기능성 첨가제, 골재를 혼입시켜 고내구성을 요하는 바닥재 및 포장재의 보수를 위해 널리 사용되

고 있다(Song et al., 2007).

폴리머시멘트 모르타르에 칼슘술포알루미네이트(Calcium sulfo-aluminate, CSA)를 사용할 경우 에트링자이트의 생성으로 조직은 치밀화 되고 건조수축은 저감되어 수밀성이 증대되는 것으로 보고되고 있다(Song H. S., 2005).

최근에는 교통량이 많은 노후도로를 중심으로 3시간 이내 20~30 MPa의 압축강도 발현이 가능한 초속경 시멘트(Ultra rapid hardening cement, URHC) 폴리머복합체 공법이 각광받고 있다(Hanet al., 2000). 초속경시멘트는 급결재 종류에 따라 C₁₁ A₇-CaF₂를 주성분으로 하는 알루미나시멘트(Alumina cement, AC)계와 12CaO·7Al₂O와 CaSO₄를 주요 성분으로 하는 비정질 알루미네이트(Amorphous aluminate, AL)계 그리고 CSA를 주성분으로 하는 아원(Hauyne)계가 있다.

기존 URHC의 급결성 원료는 경제적 기능적 측면에서 AC가 주로 이용되어져 왔으나, AC는 수화반응 후 발생하는 급결한 생성물 전이로 인해 겨울철 재설제 사용 시 콘크리트 표면이 쉽게 박리·박락되며, 특히 구조물의 인성을 위해 AC와 탄소섬유(carbon fiber)를 동시 사용할 경우 부식속도가 증가되는 문제가 보고되고 있다(Garces et al., 2012). 한편, 페로니켈 슬래그(Ferronickel Slag, FNS)를 천연골재에 치환시켜 축진 염분침투시험을 실시한 경우 천연골재를 사용한 시험체보다 낮은 확산계수를 보이고 있어 염화물 이온 확산에 대한 억제효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Ishikawa, 2010). 또한 FNS골재 및 FNS미분말 사용을 통해 콘크리트의 점성개선 및

¹정회원, 충남대학교 건축공학과 박사과정

²정회원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 교신저자

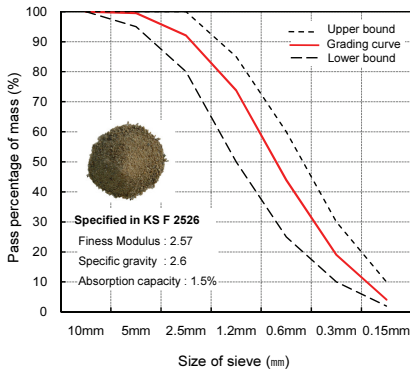
³정회원, 충남대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

⁴정회원, 경북대학교 지능형건설자동화연구소, 연구교수, 공학박사

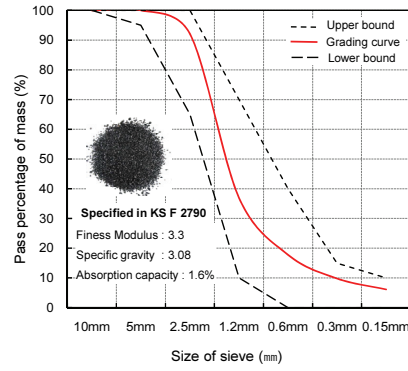
*Corresponding author: gyuyongkim@cnu.ac.kr

Dept. of Architectural Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

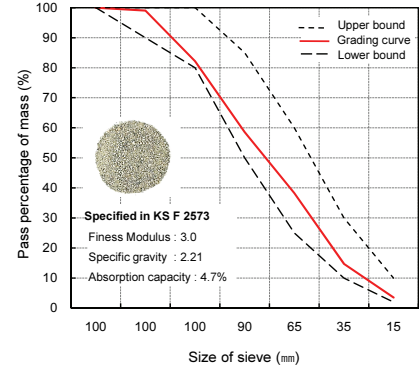
• 본 논문에 대한 토의를 2019년 8월 1일까지 학회로 보내주시면 2019년 9월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.



(a) Natural sand



(b) Ferronickel slag sand



(c) Recycled sand

Fig. 1 Grading curve of used sands

Table 1 Physical & chemical properties of URHC

Type	Physical properties			chemical properties				
	Fineness (cm ² /g)	Density (g/cm ³)	Stability (%)	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	CaO
URHC ¹⁾	5,360	2.85	0.05	0.7	16.1	17.1	11.3	59.2
AL ²⁾	3,800	2.63	0.01	0.7	46.8	2.9	9.3	51.3

¹⁾ URHC : Ultra rapid hardening cement

²⁾ AL : Amorphous Aluminate accelerator

Table 2 Chemical components of the sands used

Type	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
NS ¹⁾	0.01	0.03	1.44	96.9	0.30	0.1	0.07	0.0	0.34
FNS ²⁾	0.06	31.7	2.16	48.9	0.09	0.4	0.04	1.35	14.40
RS ³⁾	0.3	0.8	18.9	65.8	0.95	1.1	1.04	0.0	4.16

¹⁾ NS : Natural sand, ²⁾ FNS : Ferronickel slag sand,

³⁾ RS : Recycled sand

Table 3 Mix proportions of polymer mortar

Specimen	W/M ¹⁾ (%)	Mortar design (%)				Retarder ³⁾ (M×wt%)	Set accelerator ⁴⁾ (M×wt%)
		URHC ²⁾	NS	FNS	RS		
1	NS		60	-	-		
2	F3N7		42	18	-		
3	F5N5		30	30	-		
4	F7N3	17	40	18	42	0.2	1.0
5	R3N7		42	-	18		
6	R5N5		30	-	30		
7	R7N3		18	-	42		

¹⁾ W/M : Water - mortar ratio

²⁾ URHC : Ultra rapid hardening cement

³⁾ Retarder : Citric acid

⁴⁾ Set accelerator : Amorphous aluminate type

Table 4 Experimental program

Experimental variables	Experimental level	Evaluation items
Sand type	<ul style="list-style-type: none"> • Natural sand • Ferronickel slag • Recycled sand 	<ul style="list-style-type: none"> • Setting time • Compressive strength • Flexural strength • Adhesive strength • Chloride ion penetration resistance test
Replacement ratio (%)	• 0, 30, 50, 70	• SEM micrograph

수축억제효과를 얻게 되는 것으로 보고되고 있다(Kim, 2013).

최근 해양생태 환경의 보존의식 고취로 EEZ배타적 경제 수역을 관할하는 지자체의 바닷모래 채취중단으로 이어져 바닷모래를 골재로 사용하는 건설현장의 경우 골재수급이 불안정한 상태이다. 특히 시멘트와 잔골재를 주재료로 하는 모르타르 제품의 경우 현장 품질현상마저 발생되고 있어 이에 대한 대책마련이 시급히 요구되어지고 있다. 반면, 대규모 장치 산업인 국내 석탄화력 발전소 및 제강사업장의 경우 산업부산물 발생량이 매년 급속히 증가되고 있어 이를 건설재료로 활용하고자 하는 다양한 연구가 오래전부터 진행되고 있다.

스테인레스강 생산 시 발생하는 FNS골재의 경우 2018년 KS F 2527 콘크리트용 골재 규격에 통합되어 그 품질이 천연골재와 동등한 수준임을 인정받아 천연골재를 대체할 수 있는 골재자원으로 부각되고 있으나 아직까지 일부 수요처의 폐자원 재이용이라는 선입관으로 그 이용사례는 토목용 성토재 또는 노반재 등과 같이 한정적인 가운데 근래에 들어 FNS골재 및 FNS미분말을 천연골재에 대체시켜 연구하는 사례가 많아지는 추세이다(Park, 2017).

따라서 본 연구에서는 비정질 알루미늄이트계 급결제와 CSA 급결성 원료가 사용된 초속경 시멘트와 천연잔골재(Natural sand, NS)와 수쇄 페로니켈 슬래그 FNS와 건설폐기물 중간처리 과정에서 재생산된 순환 잔골재(Recycled Sand,

RS)를 사용한 속경성 폴리머모르타르를 제조함으로써 잔골재 종류와 치환율에 따른 재료적 특성과 염화물확산 억제 효과를 분석하고자 하였으며, 또한, 주사전자현미경 관찰을 통해 속경성 폴리머 모르타르의 미세구조와 결정구조를 분석하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

Table 1에는 실험에 사용된 초속경시멘트와 급결재 AL의 물리적 특성과 화학 조성비를 나타냈다.

초속경시멘트는 국내 A사에서 생산되는 초속경시멘트로서 급결(flash setting)성능을 위해 국내 C사의 비정질 알루미늄네이트계 급결재 AL과 가사시간 확보를 위해 무수구연산(Citric acid) 지연제를 사용하였다. AL은 고온에서 수시간 동안 생석회(CaO), 보크사이트($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$)와 혼합-용융의 과정에서 합성된 제품으로서 시멘트와 사용 시 기존 CA계 알루미늄시멘트 보다 높은 반응성과 수화열을 발산해 반응속도가 매우 빠른 것이 장점이다.

Table 2는 본 실험에 사용된 잔골재의 성분분석 결과이다. 경기도 이천산 자연사 NA, 경남 하동 S사에서 입도를 개선시킨 페로니켈 수쇄슬래그 잔골재 FNS 그리고 경기 파주 K사의 건설폐기물 처리과정에서 생산된 순환잔골재 RS의 입도분포 결과를 나타내고 있다.

2.2 실험계획

Table 5에 본 연구의 실험계획을 나타내었다. 속경성 폴리머모르타르에 사용된 잔골재는 FNS와 RS 총 2종의 순환 잔골재를 천연잔골재 NS를 기준으로 0, 30, 50, 70 %로 치환시켜 사용하였다. 결합재와 골재의 중량비(S/B)는 1:1.5로 하였으며, 물-결합재비(W/B)는 17%로 고정하였다. 안정적 가사 시간 및 경화시간을 얻기 위해 무수구연산(Citric Acid) 지연제와 비정질 알루미늄네이트계 급결재를 모르타르 중량대비 각각 0.2%와 1.0%사용하였으며, 나프탈렌 설폰산염 PNS계 분산제와 실리콘 계열 소포제, EVA계 폴리머수지를 혼입시킨 초속경 시멘트를 속경성 폴리머 모르타르에 사용하였다.

Table 6은 본 실험에 사용된 속경성 폴리머모르타르의 배합을 나타내었다. 잔골재 종류 및 치환율에 따른 폴리머 모르타르의 재료적 특성을 평가하기 위하여 사용된 잔골재의 종류는 자연사NS, FNS잔골재 그리고 RS잔골재를 사용하였으며, Fig 1과 같이 속경성 폴리머 모르타르에 사용된 잔골재는 KS F 2502 굵은 골재 및 잔골재 체가름 시험방법에 따라 입도 및 조립율을 평가하였다. 실험의 평가항목으로는 잔골재의

종류 및 치환율에 따른 속경성 폴리머 모르타르의 응결시간, 압축강도, 휨강도 및 부착강도를 측정하였으며, 속경성 폴리머 모르타르의 NT-BU ILD 492법에 준하여 재령 7일과 28일 양생된 시험체의 시간경과에 따른 염소이온 확산계수를 측정하여 속경성 폴리머 모르타르의 염화물 침투 억제성능을 평가하였다.

2.3 실험방법

Fig 1에 골재의 종류 및 치환율에 따른 입도 및 조립율 측정 결과를 나타냈다. KS F 2502 굵은 골재 및 잔골재 체가름 시험방법에 따라 잔골재의 입도 및 조립율을 평가하였다. FNS의 경우 KS F 2790 콘크리트용 페로니켈슬래그 잔골재 입도 범위를 참고하였으며, RS의 경우 KS F 2573 콘크리트용 순환 골재에서 규정하는 잔골재입도 범위를 참고하였다. NS천연 잔골재를 기준으로 FNS와 NS 그리고 RS와 NS를 각각 0, 30, 50, 70%로 치환, 통합된 KS F 2527 콘크리트용 골재 규격을 적용시켜 평가하였다. 응결시간은 KS L 5108 「비카트 침에 의한 수경성 시멘트의 응결시간 시험 방법」에 따라 측정하였다. 압축강도와 휨강도는 KS L ISO 679 「시멘트의 강도 시험 방법」에 따라 측정하였으며, 부착강도는 KS F 2476 「폴리머 시멘트 모르타르의 시험 방법」에 따라 측정시편을 제작한 후 $40 \times 40 \times 10$ mm 크기의 부착강도측정용 지그를 시료표면에 에폭시로 접착시켜 24시간이 경과한 뒤 부착강도를 측정하였다. 속경성 폴리머모르타르의 염소이온 확산계수는 NT Build 492 「Chloride Migration Coefficient from Non-Steady-State Migration Experiments」 전기화학 축진법을 사용하여 염화물 확산계수는 다음 식 (1)를 이용하여 계산하였다.

$$D_{r_{cpt}} = \frac{RTL}{zFU} \cdot \frac{xd - \alpha \sqrt{x_d}}{t} \quad (1)$$

여기서,

$$E = \frac{U-2}{L}, \alpha = 2 \sqrt{\frac{RT}{zFE}} \cdot \operatorname{erf}^{-1}\left(1 - \frac{2c_d}{c_0}\right)$$

D : 비정상 상태 전위차 축진 염소이온 확산계수 (m^2/sec)

R : 기체상수, $R=8.314 J/K \cdot mol$

T : 애노드 용액(양극셀)의 초기 및 마지막 온도평균 값(K)

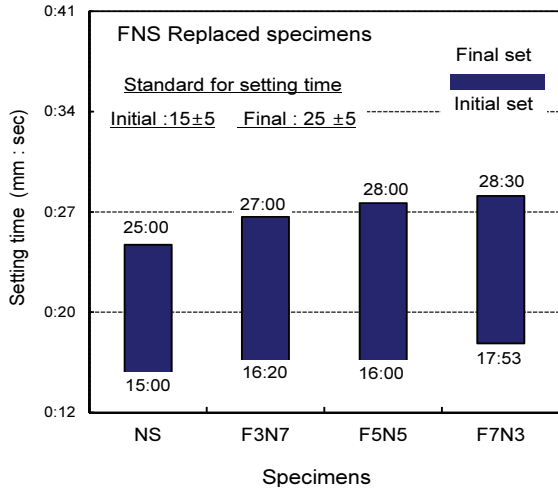
L : 시편의 두께(m)

z : 이온의 원자가(염소이온의 경우 $z=1.0$)

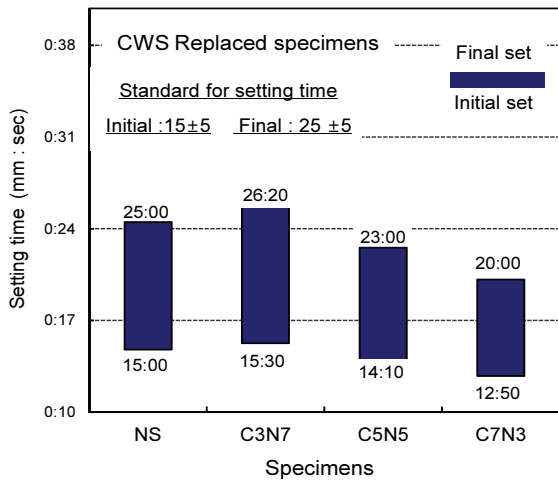
F : Faraday 상수, $F=96,500 J/V \cdot mol$

U : 양극과 음극 사이의 전위차 (V)

x_d : 비색법에 의한 시편의 염소이온 침투깊이 평균값 (m)



(a) FNS Replaced specimens



(b) RS Replaced specimens

Fig. 2 Setting time of mortar by Vicat needle

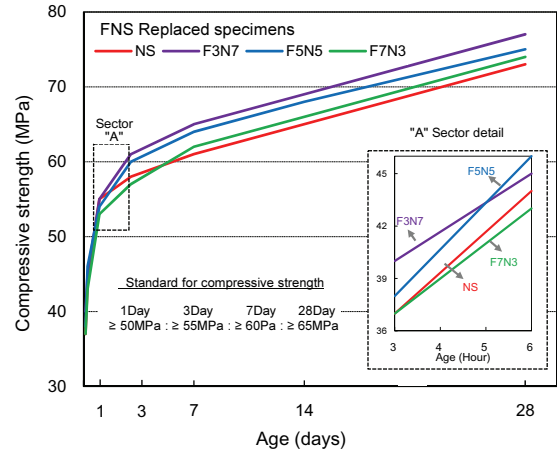
t : 실험 전위차 지속시간(sec)

erf^{-1} : Error function

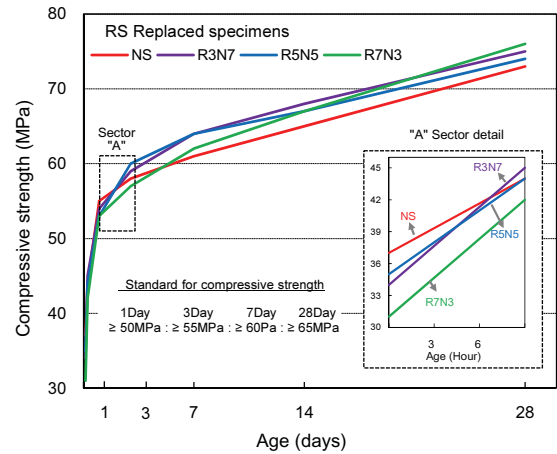
c_d : 비색법에 의한 반응 농도(mol/l), 0.07N

c_0 : 캐소드 용액 (음극 셀)의 염소물 이온 농도(mol/l), 2N

시험은 $\Phi 100 \times 200$ mm 원주형 공시체를 두께 50 ± 2 mm로 절단, rubber sleeve 내부에 체결 한 뒤 양극(+)에는 0.3M의 NaOH 수용액, 음극 (-)에는 10%의 NaCl수용액을 시험체 상단에 채운 후 전기적 전위차를 가하였으며, 초기 전압은 30V로 하여 최초 인가시의 전류 값을 측정하였고 그에 따른 인가 전압을 설정하여 전류 값에 따른 시험시간을 결정하였다. 시험종료 후 시험체를 쪼갠 면에 0.1N의 질산은 ($AgNO_3$)수용액을 분무하여 은색의 염화물 침전물을 대략 10 mm 간격으로 염화물 침투깊이를 측정한 평균값을 산출하였다. 또한 시험체의 미세구조는 주사전자현미경을 활용하여 재령 7일에 샘플



(a) FNS Replaced specimens



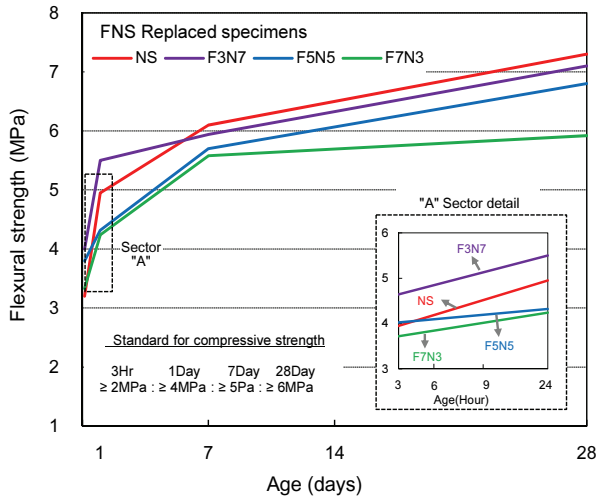
(b) RS Replaced specimens

Fig. 3 Compressive Strength for mortar

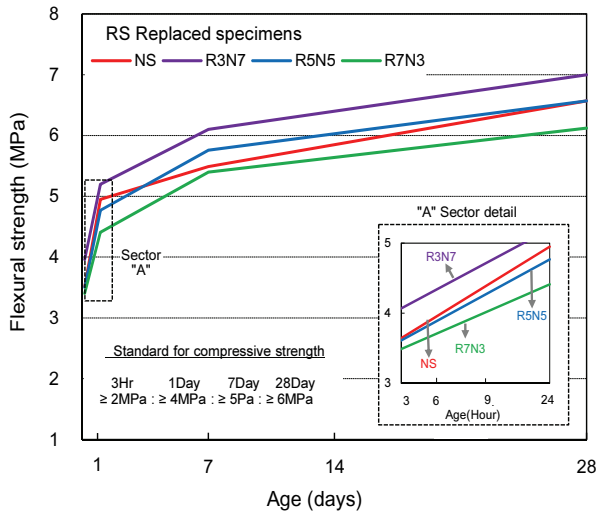
플을 백금으로 코팅한 후 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 NS, FNS 및 RS의 잔골재 체가름 시험을 통한 입도 및 조립률을 비교하여 나타낸 것이다. NS, FNS, RS의 조립률은 각각 2.57, 3.30, 3.0으로 나타났으며, NS대비 FNS 잔골재를 30, 50, 70% 치환시킨 F3N7, F5N5, F7N3의 조립률은 각각 2.92, 3.07, 3.20으로 산출되며, 입도분포곡선의 비교결과 F3N7과 F5N5만이 정규 입도범위에 만족되는 품질결과를 보였으나, FNS를 70%이상 치환한 F7N3의 경우 2.5 mm 이상의 입자 부족과 1.2 mm 이하의 입자가 많은 입도분포곡선 결과를 보이고 있다. NS 대비 RS 잔골재를 30, 50, 70% 치환시킨 경우 조립률은 각각 2.80, 2.87, 2.94로 산출되며, KS F



(a) FNS Replaced specimens



(b) RS Replaced specimens

Fig. 4 Flexural strength of mortar

2526 콘크리트용 잔골재로서 정규입도분포 곡선에 모두 도달함에 따라 입도 및 조립율에 문제가 없는 것으로 판단된다. Fig 2는 잔골재 종류 및 치환율에 따른 속경성 폴리머 모르타르의 응결시간 측정결과를 나타내고 있다. Fig 2 (a)의 경우 FNS 대체율이 증가할수록 응결시간이 늦어지는 것이 관찰되고 있다. 초결시간의 경우 NS 시험체 대비 F3N7, F5N5, F7N3 각각 1분30초, 1분, 2분53초 늦어지는 경향을 나타내고 있으며, 종결시간의 경우 F3N7, F5N5, F7N3 각각 2분, 3분, 3분 30초 지연되는 경향을 보이고 있으나 실험목표 기준 초결 15±5분, 종결 25±5분에는 모두 만족하고 있는 수준이므로 FNS 잔골재 치환에 따른 응결성능의 문제는 없는 것으로 판단된다. Fig 2 (b)의 경우 RS 대체율이 증가할수록 응결시간이 빨라지는 경향이 관찰된다. 초결시간의 경우 NS 시험체 대비 R3N7, R5N5, R7N3 각각 30초, 1분10초, 2분10초 빨라지는 경향을

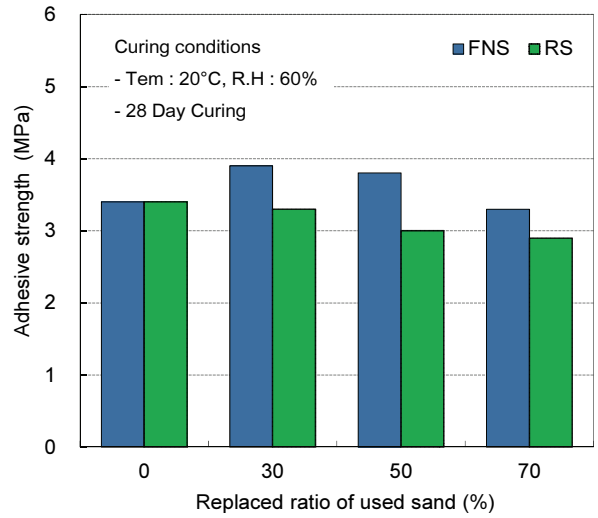
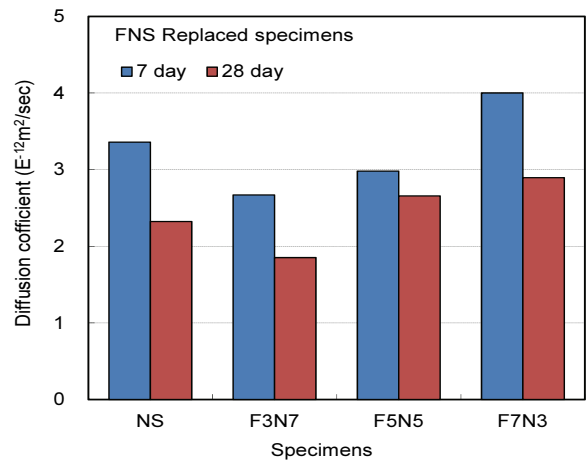
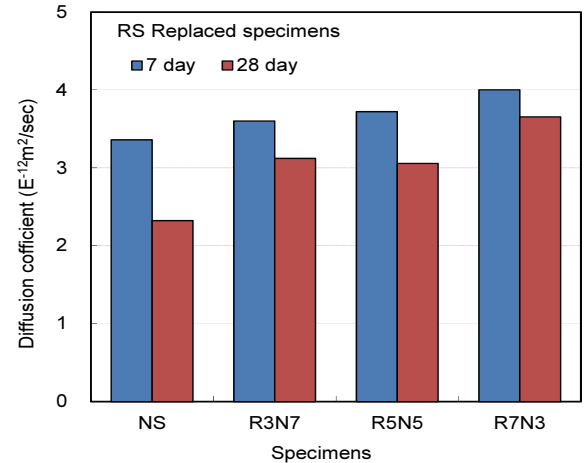


Fig. 5 Adhesive strength for mortar



(a) FNS Replaced specimens



(b) RS Replaced specimens

Fig. 6 Chloride coefficients of diffusion

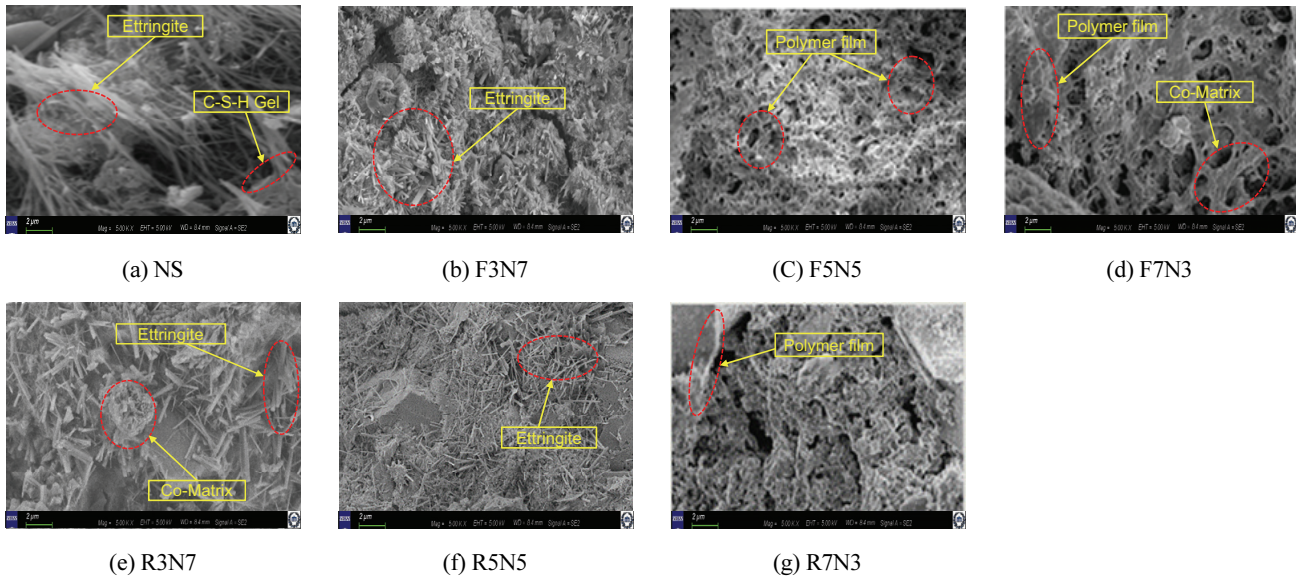


Fig. 7 SEM micrographs of specimens

나타내고 있으며, 종결시간의 경우 C3N7이 1분20초 지연되는 경우를 제외하고 R5N5, R7N3 각각, 2분, 5분 앞당겨지는 경향을 보인다. FNS시험체와 동일하게 실험목표 기준 초결 15±5분, 종결 25±5분에는 도달하므로 RS잔골재 치환에 따른 응결성능의 문제는 없는 것으로 판단된다.

Fig 3에 잔골재 종류 및 치환율에 따른 속경성 폴리머 모르타르의 압축강도 측정결과를 나타냈다. 전체 시험배합의 재령 1, 3, 7, 28일 압축강도 값은 모두 NS대비 강도가 증가된 결과를 보이고 있으며, Fig 3(a)의 경우 FNS잔골재 치환율이 50%이상 증가 될수록 강도는 감소되는 경향을 보이고 있으며, 70%치환한 경우 강도 감소경향은 뚜렷하게 나타난다. 하지만 NS를 기준으로 한 목표성능에는 모두 만족하는 강도결과를 보이고 있다. Fig 3(b)는 RS를 치환한 속경성 폴리머 모르타르의 압축강도 값을 나타낸 것으로 모든 시험체가 1, 3, 7, 28일 재령에서 NS대비 2.7%~3.9%의 강도 차이를 보이고 있다. 그러나 치환율 증가에 따른 강도 30%와 50%, 70% 치환한 시험체 순으로 강도발현이 낮게 나타났다.

Fig 4는 잔골재종류 및 치환율을 달리한 속경성 폴리머 모르타르의 휨강도 측정결과를 나타낸 것이다. Fig 4(a)는 FNS 골재를 치환한 시험체의 휨강도 측정결과로 FNS의 치환율이 증가할수록 휨강도가 감소되는 경향을 보이고 있다. Fig 4(b)는 RS를 치환한 시험체의 휨강도 값을 나타낸 것으로 RS치환율 30%의 R3N7시험체와 50%의 R5N5시험체에서 높은 강도 증가율을 보이는 반면 70%를 치환한R7N3시험체에서 강도 감소경향이 뚜렷하게 관찰되고 있다.

Fig 5는 잔골재종류 및 치환율을 달리한 속경성 폴리머 모르타르 시험체의 재령 28일 부차강도 측정 결과이다. 압축강

도 및 휨강도의 결과와 유사한 잔골재의 치환율 증가에 따른 강도 감소율이 크게 나타났으며, 이러한 경향은 FNS골재 보다 RS잔골재를 사용한 시험체에서 크게 나타나며, RS잔골재 다량 포함된 0.08 mm이하 미립분이 부차강도 감소에 영향을 준 것으로 판단된다.

Fig. 6은 속경성 폴리머 모르타르의 잔골재 종류 및 치환율 변화에 따라 재령별 시험체의 염소이온 확산계수를 측정 하였다. Fig.6(a)에서 NS의 경우 $3.36 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$ 에서 $2.32 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$ 로 감소하며, FNS잔골재가 사용된 F3N7은 $2.67 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$ 에서 $1.85 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$, F5N7은 $2.98 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$ 에서 $2.10 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$, F7N3의 경우 $2.98 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$ 에서 $2.98 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$ 로 감소하였으며, RS골재를 사용한 경우 R3N7은 $3.32 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$ 에서 $2.11 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$, Fig. 7(b)의 R5N7은 $3.72 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$ 에서 $2.87 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$, R7N3의 경우 $4.42 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$ 에서 $4.11 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$ 로 감소하였다. 이는 기존 연구와 같이 EVA 폴리머 필름이 다수의 공극을 차단, 보수성으로 인해 지속적인 수화반응을 촉진시켜 콘크리트 조직을 치밀하게 하기 때문이라 판단된다(Jo, 2009).

Fig. 7은 속경성 폴리머 모르타르의 잔골재 종류 및 치환율 변화에 따라 재령 7일 주사전자현미경 관찰 결과를 나타낸 것이다. NS 시험체는 주로 C-S-H가 다량으로 나타난 반면, FNS 계열 시험체는 치환율이 증가 될수록 그물망 형태의 Co-Matrix 결정체가 넓게 분포하는 것으로 관찰되었다. RS계열 시험체 또한 수용성 Polymer의 가 그물망 형태로 넓게 분포되어 있는 F5N5시험체와 R5N5시험체에서는 굵고 긴 형태의 Ettringite로 둘러 싸인 polymer 결합체가 전체적으로 넓게 분포되어 있는 것을 확인하였다. 따라서, 속경성 폴리머 모르타

르에 FNS잔골재와 RS잔골재를 치환할 경우 지속적으로 존재하는 Ettringite의 영향으로 압축강도 발현과 수밀성 증대에 효과적인 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 속경성 폴리머 모르타르의 잔골재 종류 및 치환율 변동이 염화물이온 침투에 미치는 영향을 검토하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) FNS를 70%이상 치환하여 사용할 경우 2.5 mm이상의 입자 부족과 1.2mm 이하의 입자가 많은 입도분포를 보이고 있어 혼합사용이 필요하며, RS의 경우 0.08mm 미분량에 의해 응결시간이 짧아지는 경향이 확인되었으나 모르타르의 성능기준에는 문제가 없는 것으로 확인되었다.
- 2) 속경성 폴리머 모르타르의 FNS잔골재를 50%이하 대체시켜 사용할 경우 자연사를 사용한 배합과 비교하여 압축강도 및 휨강도, 부착강도는 증가하며, 염화물 확산방지에 유리한 것으로 나타났다.
- 3) 초속경 폴리머 모르타르의 FNS잔골재 혼입에 의한 염화물이온 침투 억제 효과는 잔골재 치환율 50%이하 조건에서 효과적인 것으로 확인되었다.

감사의 글

이 연구는 충남대학교 학술연구비에 의해 지원되었음.

References

1. Kim, G. T., K, S. J., Park, H. K., Choi, Y. C. (2017), Evaluation of Flexural Bond Performance of Hybrid Concrete Repair Materials, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and*

Inspection, 22(6), 176-181.

2. Lee, S. T. (2015), Evaluation on the Performance of Mortars Made with Calcium Aluminate Cement, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 19(6), 80-87.
3. Jung, U. I., Kim, B. J., Kim, J.M., Kwak, E. G. (2018), An Experimental Study on Rapid Repairing Mortar for Road with Steel Slag, *Journal of The Korea Institute of Building Construction*, 18(5), 419-427.
4. Ishikawa, Y. T., Yuta, F. K. (2010), Long Term Strength and Durability of Concrete Using Carbon Melting Slag Fine Aggregates, *Journal of the Japan Concrete Institute*, 32(1), 2010, 71-76.
5. Kim, P. S. (2013), The Study on Performance Evaluation of Eco-friendly Concrete Using Ferro-Nickel Slag for Fine Aggregate Master's thesis, Hanyang University, 30-42 (in Korean).
6. Song, H. S., Lee, C. Y., Min, C. S. (2007), Effects of Admixtures in Properties of Polymer Cement Mortar for Concrete Repair, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 11(1), 85-94.
7. Song, H. S. (2005), A study on effects of admixtures in polymer cement mortar for concrete repair, Master's thesis, Dongguk University, 23-36 (in Korean).
8. Park, S. S. (2017), Strength and Resistance to Chloride Penetration in Mortar Containing Ferronickel Slag Powder by Vibrated and Rolled Manufacturing Method, *Journal of the Korea Concrete Institut*, 29(6), 633-640.
9. Han, C. G., and Han, M. C. (2000), Determination of the Protecting Periods of Frost Damage at Early Age in Cold Weather Concreting, *Journal of Korea Concrete Institute*, 12(3), 47-55.
10. Yang, S. K, Jung, Y. S., Um, T.S. (2005), Properties of Prepacked Concrete Using Super Early Hardening Mortar, *Journal of the Korea Concrete Institut*, 17(2), 651-655.
11. A. Farahani, H. Taghados, M. Shekarchi. (2015), Prediction of long-term chloride diffusion in silica fume concrete in a marine environment, *Cem. Concr.Compos*, 59, 10-17.
12. A Study on the Water Permeability and Dry Shrinkage of Polymer Cement Composites, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 9(5), 73-79.

Received : 04/12/2019

Revised : 06/25/2019

Accepted : 06/30/2019

요 지 : 급속공사 현장에 사용되는 속경성 보수모르타르의 내구성능 증진을 위해 사용재료의 물리적 성능을 평가하였다. 이를 위해 염화물 확산 억제 성능을 보유한 페로니켈 수쇄슬래그 잔골재와 급결제, EVA계 폴리머를 모르타르에 치환시켜 급결성능과 기초적 성능을 평가하였다. 그 결과 FNS잔골재 및 RS잔골재 사용에 따른 압축강도, 휨강도, 부착강도가 증가되었다. 속경성 폴리머 모르타르의 염화물 이온 촉진시험의 결과 FNS를 50%이하 사용 시 재령 7일에서 재령 28일간 염화물 억제 성능이 유지되었으며, FNS잔골재 및 RS잔골재 사용에 따른 내구성 저하는 발견되지 않았으나, 건축 및 토목용 대체골재로 사용하는데 경제성 및 장기 내구성에 대한 추가 검토가 필요할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 페로니켈 슬래그, 순환 잔골재, 염화물이온침투, 급결제