고분말 리젝트애시를 혼입한 시멘트복합체의 기본물성에 관한 연구

Fundamental Physical Properties of Cement Composites Containing Fineness Reject Ash

이 강 필¹

홍 만 기²

이 상 수^{1*}

송 하 영¹

Lee, Kang-Pil¹

Hong, Man-Gi²

Lee, Sang-Soo^{1*}

Song, Ha-Young¹

Department of Architectural Engineering, Hanbat National University, Yuseong-Gu, Daejeon, 305-730, Korea ¹

Institute of Technology, Sungshin Cement, Buyong-Yeon, Cheongwon, 136-777, Korea ²

Abstract

This study considered reject ash, wastes of coal-fired power plants, to use mineral admixtures for cement. The pozzolan activity selected the fineness of the efficient reject ash through comparison and it compared to the fly ash that are widely used for concrete mixed material. Cement composites was prepared replacing of slag cement by fineness reject ash and fly ash, and properties of cement composites was tested by paste(setting time, fluidity, instrumental analysis) and mortar(compressive strength). Instrumental analysis results showed hydration reaction of fineness reject ash was not different from fly ash, but had more dense micro structures. Results of physical properties showed fineness reject ash shorten setting time, increased compressive strength compared by fly ash. Therefore using fineness reject ash with 6,000 $\mu\text{m/g}$ to concrete mineral admixtures or cement composites was might be possible and could contribute to improve properties of concrete.

Keywords : fly ash, fineness reject ash, replacement ratio

1. 서 론

1.1 연구의 배경

20세기 후반에 접어들어 세계적으로 지구환경에 대한 관심이 집중되고 환경에 미치는 온실가스 효과에 의한 지구온난화의 영향이 크게 부각되면서 온실가스는 전 세계적인 이슈가 되고 있는 실정이다. 특히 인위적으로 발생하는 온실가스 배출량 중 CO₂가 차지하는 비중이 50%를 상회하고 있다[1]. 최근 우리 정부는 2020년까지 ‘온실가스 배출 전망치(BAU)’ 대비 국가 온실가스 배출량의 30% 감축을 주요 목표로 정한 저탄소 녹색성장 기본법을 시행함으로써 ‘저

탄소 녹색성장’에 대한 강력한 의지를 공식화하여[2], 온실가스 배출량 규제에 대한 세계적인 흐름에 대응하고 있다. 한편 시멘트 산업은 우리나라 전체 에너지 소비량 및 CO₂ 발생량에 큰 비중을 차지하고 있어, 정부의 ‘저탄소 녹색성장’ 정책에 부응하기 위해서는 에너지 소비량을 감소시키거나 CO₂ 발생량을 감소시키는 것이 시급한 실정이다.

현재 시멘트 생산시설에 새로운 기술을 접목하여 생산설비를 모두 개량하는 것은 현실적으로 많은 어려움이 따르며, 이에 비하여 혼합재의 생산량은 전력수요 증가와 용광로 증설 등으로 계속 증가하고 있어, 시멘트 대체재로서 산업부산물인 고로슬래그 미분말, 실리카 흙, 플라이애시, 리젝트애시 등 혼화재를 사용하여 시멘트 및 콘크리트 산업의 CO₂ 배출량을 대폭 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다[3].

1.2 연구의 목적

본 연구에 사용되는 리젝트애시는 플라이애시와 함께 화력발전소에서 전기를 생산하는 과정에서 얻어지는 산업 부

Received : June 6, 2011

Revision received : July 7, 2011

Accepted : July 11, 2011

* Corresponding author : Lee, Sang-Soo

[Tel: 82-42-821-1635, E-mail: sslee@hanbat.ac.kr]

©2011 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

산물(by-product)이다. 현재 폐기물로 지정되어 있으며, 대부분 매립 처리되고 있어 재활용을 위한 연구가 아직 초기단계에 머물러 자원화 되지 못하고 있는 실정이다[4].

따라서 본 연구에서는 리젝트애시의 분말도를 향상시킨 고분말 리젝트애시를 사용하여, 혼합재 기본특성(포졸란 활성도, 입도분포) 및 혼합시멘트의 기본특성(입도분포, 미소수화열, 유동성, 응결, 압축강도, 수화반응)을 통해 시멘트 복합재 및 콘크리트용 혼합재로서의 사용가능성을 평가하고자 하였다. 또한 단순한 자원재활용을 넘어서 매립에 의한 환경파괴 억제 및 화력발전소의 매립지 부족 심화 문제를 해결하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 더 나아가 CO₂발생 저감으로 ‘저탄소 녹색성장’에도 기여할 것으로 보인다[5].

2. 실험개요

2.1 사용재료

2.1.1 리젝트애시 (Reject ash)

석탄 화력발전소에서 석탄을 연소하고 발생하는 애시를 크게 플라이애시(Fly ash)와 바텀애시(Bottom ash)로 구분하고 플라이애시는 석탄이 보일러에서 연소된 후 전기집진기에 포집되는 분말상태의 애시를 말한다. 플라이애시는 다시 정제화와 잔사회로 분류되는데 아직 정제하지 않은 플라이애시를 정제공장에서 원심분리방식 등으로 정제한 애시를 정제회라고 하고 이때 하부로 낙하된 애시를 리젝트애시(Reject ash)라고 한다.

본 연구에 사용된 리젝트애시는 국내 S 발전소에서 발생된 것을 사용하였고, 입자의 형태를 비교하기 위하여 실시한 전자주사현미경(Sem Electron Microscope) 관찰사진은 Figure 1과 같다.

전자주사현미경 관찰사진을 분석한 결과, 리젝트애시와 플라이애시 모두 석영(Quartz)과 산화알루미늄과 산화규소의 화합물(Mullite)이 주요 결정상으로 나타났으며, 플라이애시의 경우 입자는 전체적으로 구형(Figure 4)인 반면 리젝트애시는 구형의 입자와 함께 부정형의 입자들이 다수 관찰되었다. 따라서 리젝트애시 및 플라이애시의 경우 굳지 않은 콘크리트에 사용될 경우 구형입자에 의한 볼베어링 효과로 인해 목표 슬럼프를 확보하는데 필요한 단위수량을 감

소시킬 수 있으며, 재료분리 저항성을 개선하고, 블리딩 현상을 감소시킬 것으로 판단된다.

Table 1은 시멘트에 사용되는 혼합재의 화학조성 분석결과를 나타내는 것으로, 분석결과 리젝트애시는 플라이애시와 비교하여 SiO₂, Al₂O₃의 함량이 낮은 반면, Fe₂O₃, CaO의 함량은 오히려 높은 것으로 나타났으며, 분말도가 상대적으로 낮고 잔사(residue)의 함량이 높아 반응성(포졸란 반응성)이 떨어지는 단점을 가지고 있다.

따라서 리젝트애시의 낮은 반응성을 개선하여, 플라이애시 대체재료로서 활용하는 방안을 검토하기 위하여, 본 연구에서는 Figure 2에 나타난 바와 같이 입자 자신의 관성력에 의한 충돌 및 마찰에 의한 분쇄 방식인 ball mill을 사용하여 리젝트애시의 분말도를 Figure 3과 같이 6,000cm²/g 수준으로 향상시켜 고분말 리젝트애시를 제조하였다.

Figure 1. SEM of reject ash

Table 1. Fineness and chemical properties

	Blane	Chemical Compositions (wt.%)						
		cm ² /g	Ig-Loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO SO ₃
S/C ¹⁾	3720	0.63	26.05	8.86	2.54	56.26	2.74	1.37
FA ²⁾	3270	2.54	63.33	25.24	2.29	1.68	0.61	0.00
RA ³⁾	2080	4.09	56.32	22.25	7.64	6.40	1.41	0.00
FRA ⁴⁾	6050	4.11	56.30	22.28	7.61	6.44	1.37	0.00

1) S/C : Slag Cement

2) FA : Fly Ash

3) RA : Reject Ash

4) FRA : Fineness Reject Ash

Figure 2. The grinding method by the ball mill that is crash and friction of inertial force of the particle

Figure 3. SEM of fineness reject ash

Figure 4. SEM of fly ash

2.1.2 플라이애시 및 슬래그 시멘트

국내 동 발전소에서 발생하는 플라이애시(Fly ash)와 S사에서 시판중인 슬래그 시멘트(Slag cement)를 사용하였으며, 상기 재료의 화학조성 분석 결과는 Table 1과 같다.

또한 Figure 4는 플라이애시의 전자주사현미경(SEM) 관찰사진이며, 광물학적 조성으로 비정질 함량이 90 %이하이며, 결정질로는 석영(Quartz), 산화알루미늄과 산화규소의

화합물(Mullite), 적철석(Hematite), 자철석(Magnetite) 등이 존재한다[6,7].

2.2 기초 물성 분석

2.2.1 입도분포

Table 2와 Figure 5는 사용재료의 입도분포를 비교한 결과를 나타낸 것으로, FA(Fly ash)는 입자 크기가 크며, 45 μm 잔사의 함량이 높은 것으로 나타났다. 이와 비교하여 FRA(Fineness Reject Ash)는 FA뿐만 아니라 S/C(Slag Cement)와 비교하여 입자의 크기가 작은 것으로 나타났으며, 45 μm 잔사의 함량이 1 % 이내인 것으로 나타났다.

2.2.2 포졸란 활성도

Table 3과 Figure 6은 포졸란 활성도를 비교한 결과를 나타낸 것이다. FRA는 재령 7, 28일에 FA보다 포졸란 활성도가 높게 나타나고 있다. 또한 시멘트의 혼화재료로 사용하기에 충분한 강도 발현 특성을 나타내어, 재령 28일의 경우 활성도 지수가 100 %를 초과하는 결과를 나타내었다.

Table 2. Particle size distribution

	Proportion (%)			
	1 μm	5 μm	10 μm	45 μm
S/C (Slag Cement)	8.93	33.61	53.87	95.39
FA (Fly Ash)	5.56	20.85	34.88	79.79
FRA (Fineness Reject Ash)	12.12	47.83	72.90	99.73

Figure 5. Cumulative particle size distribution

Figure 6. Activity factor

Table 3. Activity factor

	Pozzolanic Activity (%)			
	3days	7days	14days	28days
FA (Fly Ash)	86.32	79.25	74.07	89.00
RA (Reject Ash)	75.73	89.95	76.13	96.27
FRA (Fineness Reject Ash)	82.74	96.78	88.58	103.05

Table 4. Mix proportions

	Mixing Proportion (%)			Measure items
	S/C ¹⁾	FA ²⁾	FRA ³⁾	
S/C	100	-	-	
FA30	70	30	-	•SEM
FA20-FRA10	70	20	10	•XRD
FA10-FRA20	70	10	20	•Mini flow
FRA15	85	-	15	•Setting test
FRA30	70	-	30	•Compressive strength
FRA45	55	-	45	

1) S/C : Slag Cement 2) FA : Fly Ash 3) FRA : Fineness Reject Ash

2.3 실험계획

RA(Reject Ash)의 분말도를 상향시킨 FRA(Fineness Reject Ash)의 유동특성 및 강도발현 특성을 평가하기 위한 실험요인 및 수준은 Table 4에 나타난 바와 같으며, 시멘트 복합체의 특성에 미치는 FA의 영향을 검토하기 위하여 S/C(Slag Cement)의 대체율을 30 %로 하였다. 또한 FA와 FRA를 같이 사용했을 때의 영향을 검토하기 위하여, FA10 % - FRA20 %, FA20 % - FRA10 %로 선정하였으며, FRA의 사용량 변화에 따른 시멘트복합체의 특성 비교를 위하여 단독으로 15, 30, 45 (%) 치환한 시멘트복합체를 선정

하여 평가를 실시하였다.

S/C의 일부를 FRA 및 FA로 치환하여 제조한 시멘트복합체의 기본물성을 평가하기 위한 시험으로서 입도분포 측정, 응결시간 측정, 유동성 평가, 모르타르 압축강도 등을 측정하였고, FRA 및 FA를 사용한 시멘트복합체의 수화반응을 검토하기 위하여 페이스트 경화체에 대하여 X선 회절 분석, 전자주사현미경(SEM) 등으로 분석하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 시멘트복합체의 물성 분석

3.1.1 입도분포

Figure 7은 입도분포 측정결과를 나타낸 것으로, FA30은 S/C와 비교하여 입자크기가 증가하는 경향을 나타냈으며, FRA를 사용한 시멘트복합체에서는 FRA의 사용량이 증가함에 따라 미립분의 비율이 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 FRA의 입자크기가 10 μ m 이하인 비율에서는 FA보다 2배 이상 높고, 45 μ m 잔사의 비율은 1 % 이내이기 때문에 입자크기가 적은 영역에서 커다란 차이를 나타내고 있는 것으로 판단된다.

Figure 7. Particle size distribution

3.1.2 미소수화열

Figure 8은 시멘트복합체의 미소수화열을 측정한 결과로, S/C의 일부를 FRA 또는 FA로 대체하는 경우 72시간 동안의 누적수화열이 감소하고, 물과 접촉직후 발생하는 1차 피크의 최고점이 낮아지는 경향을 나타내었다. 수화열 감소 효과는 FRA보다 FA가 크게 나타났으며, FRA의 사용량이 증가함에 따라 전체 수화열은 감소하는 경향을 나타내었다. FRA는 FA와 비교하여 상대적으로 분말도가 높고 초기 수화반응에 큰 영향을 미치는 미분의 함량이 높아 초기 수화반응이 FA보다 상대적으로 빠르며, 수화반응에 의해 생성되는 수화열 역시 증가하는 것으로 나타났다. 또한 FRA를 45 % 치환한 시멘트복합체의 경우 FRA의 사용량이 높음에도 불구하고 약 20시간까지는 누적수화열이 크게 증가한 다음 완만하게 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 FRA의 미립자들이 초기 수화발열에도 영향을 미치는 것으로 판단된다.

Figure 8. Hydration heat

3.1.3 유동성

Table 5는 W/B 34 %로 설정한 후 고성능 감수제 (polycarboxylate계)를 시멘트 질량대비 1.1 % 사용하여 1

분간 혼합하여, 혼합된 페이스트의 미니플로우 측정값을 나타낸 것이다. 미니플로우 측정결과, S/C의 일부를 FRA 및 FA로 대체하는 경우가 미니플로우 값이 증가하는 것으로 나타내었다. 또한 FRA보다는 FA를 사용하였을 경우 미니플로우의 값이 증가하는 경향을 나타내었는데, 이는 FRA보다 FA의 입자들이 구형으로 이루어져 있으며, 볼베어링효과로 인한 것으로 판단된다.

Table 6은 레오미터를 사용하여 페이스트의 유동성을 측정한 결과를 나타낸 것으로서, FRA 및 FA가 사용됨에 따라 항복응력(yield stress) 및 소성점도(plastic viscosity)가 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 경향은 FRA 및 FA를 혼합한 시멘트가 적은 외력에도 유동성을 나타냄을 의미하며, 외력이 계속해서 작용하였을 때 유동성의 증가폭이 증가하는 것을 의미한다.

Table 5. Flowing according to mix proportion

	W/B(%)	AD/C (%)	Mini Flow (mm)
S/C ¹⁾			194
FA ²⁾ 30			221
FA20-FRA10			215
FA10-FRA20	34	1.10	212
FRA ³⁾ 15			217
FRA30			214
FRA45			203

1) S/C : Slag Cement 2) FA : Fly Ash 3) FRA : Fineness Reject Ash

Table 6. Viscosity and yield stress

	Rheological Properties		
	Area	Yield Stress(Pa)	Plastic Viscosity(Pa)
S/C ¹⁾	29.67	5.71	4.060
FA ²⁾ 30	39.56	1.41	3.672
FA20-FRA10	28.92	1.78	3.169
FA10-FRA20	25.49	2.45	3.254
FRA ³⁾ 15	16.98	2.65	2.513
FRA30	18.62	2.24	2.944
FRA45	14.60	4.32	3.828

1) S/C : Slag Cement 2) FA : Fly Ash 3) FRA : Fineness Reject Ash

Figure 9(a). Flowing properties

Figure 9(b). Flowing properties

Figure 9는 전단응력(shear rate)–응력(stress) 그래프에서 전단응력의 증가 → 감소에 의해서 형성되는 피크의 면적이 감소하는 경향을 나타내었으며, 이러한 피크 면적의 감소는 페이스트의 유동성 증가를 의미하며 미니플로우 측정결과와 일치하는 경향을 나타내고 있다.

Table 7. Setting and compressive strength of mortar

	Setting Time(min.)		Compressive Strength (MPa)		
	initial	final	3d	7d	28d
S/C ¹⁾	280	367	24.5	34.3	59.7
FA ²⁾ 30	377	459	17.1	25.1	51.9
FA20–FRA10	344	422	17.4	24.6	52.7
FA10–FRA20	289	380	18.4	25.7	53.3
FRA ³⁾ 15	288	370	23.0	33.8	57.0
FRA30	301	388	19.7	29.3	60.4
FRA45	333	431	15.6	25.2	52.1

1) S/C : Slag Cement 2) FA : Fly Ash 3) FRA : Fineness Reject Ash

3.1.4 응결 및 압축강도

FRA 및 FA가 시멘트복합체의 물성에 미치는 영향을 검토하기 위한 페이스트 응결시간 및 모르타르 압축강도의 측정값을 나타낸 것으로서, 측정값은 Table 7과 같다. FRA 및 FA가 응결을 지연시키는 것으로 나타났으며, 이러한 응결지연 효과는 FRA 및 FA를 사용한 만큼 S/C의 함량이 감소하기 때문으로 판단된다. 또한 FRA의 응결지연 효과가 FA보다 적은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 FRA의 초기 반응성이 FA보다 우수하기 때문인 것으로 판단되며, 수화열 측정결과 및 포졸란 활성도 측정결과와 동일한 경향을 보이고 있다.

모르타르 압축강도 측정결과, 초기 압축강도는 FA 및 FRA 치환율이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 재령 28일에서는 FRA15 및 FRA30을 제외하고 S/C의 90 % 이하의 강도를 나타내었다. 또한 FRA와 FA의 강도발현을 비교하기 위하여 FA 30을 기준으로 압축강도를 비교한 결과, FRA가 전체적으로 우수한 강도 발현 특성을 나타내고 있으며, 특히 FRA는 시멘트복합체의 초기 강도발현에 있어서 FA보다 우수한 특성을 갖는 것으로 확인되었다.

(a) 1 Day

(b) 28 Days

Figure 10. XRD in 1day and 28days

3.2 수화반응 분석 결과

3.2.1 X선 회절분석(XRD)

시멘트복합체의 수화반응을 검토하기 위한 X선 회절분석은 RIKAGU Dmax2200H(일본)장비를 이용하여 $5 \sim 65^\circ$ (2θ 기준), 4° /분, 가속전압 40kV, 전류40mA의 조건에서 실시하였으며, 분석결과는 Figure 10과 같다.

1일 시편의 X선 회절분석결과, 모든 시편에서 약 9° 및 23° (2θ 기준)에서 에트린자이트(Ettringite) 피크가 나타났고, 약 18° , 34° (2θ 기준)에서 수산화칼슘의 피크가 관찰되었다. FRA를 사용한 시편에서는 FA를 단독 사용한 시편FA30 보다 에트린자이트 피크가 상대적으로 뚜렷하게 관찰되고 있는 특징을 나타내었다. 한편 28일 시편의 X선 회절분석결과에서는 에트린자이트 피크가 관찰되지 않았으며, 약 11° 및 22° 에서 칼슘알루미늄 수화물(C_4AH_{13} 또는 C_4AHx)의 피크가 나타났다.

3.2.2 SEM 관찰

시멘트복합체의 수화반응을 확인하고 페이스트 경화체의 미세조직의 특성을 검토하기 위하여 HITACHI S-3200H(일본)장비를 사용하여 전자주사현미경 관찰을 실시하였으며, SEM 관찰사진은 Figure 11과 같다.

재령 1일 페이스트 경화체 시편의 SEM 관찰결과 S/C 시편에서는 에트린자이트로 판단되는 다량의 침상수화물과 판상의 수산화칼슘 및 초기수화물이 관찰되었으며, S/C 일부를 FA로 대체한 시편에서는 구형의 FA 입자가 다량 관찰되고 있어 생성되는 수화물은 유사한 경향을 나타내었다.

하지만 FRA의 사용량이 증가함에 따라 구형의 입자는 거의 관찰되지 않았으며, 수화생성물의 크기가 감소하고 미세조직의 치밀성이 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 미세조직의 특징은 FRA의 함량이 증가함에 따라 입자크기가 감소하여 반응성이 향상되기 때문으로 판단된다.

재령 28일 시편의 SEM 관찰결과, S/C 시편에서는 다량의 CSH상과 모노설페이트상이 관찰되었으며, 미세조직이 매우 치밀하게 발달된 모습을 보여주고 있다. 재령 1일 시편에서 관찰되었던 침상의 에트린자이트 수화물은 관찰되지 않았다. 이는 재령이 경과함에 따라 에트린자이트 생성에 필요한 황산염 부족으로 에트린자이트가 모노설페이트 및 $C_4AH_{13}(3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Ca(OH)_2 \cdot 12H_2O)$ 로 상전이(相轉移)되고, C_3A 가 더 이상 에트린자이트를 생성시키지 못하기 때문으로 판단된다[8,9].

FRA를 사용한 시편 역시 관찰되는 수화생성물들은 큰 차이를 나타내지는 않았지만 미세조직의 치밀성은 크게 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

또한 FRA30인 시편이 FRA15 및 FRA45와 비교하여 가장 치밀한 미세조직을 나타내고 있다. 이러한 결과는 FRA15 시편의 경우는 미세조직의 치밀성을 충분히 개선하기에는 FRA 사용량이 적고, FRA45 시편은 시멘트의 함량이 약 30 % 수준으로 너무 적어 S/C 및 FRA의 수화반응을 충분히 활성화 시키지 못하였기 때문으로 판단된다.

Figure 11. SEM in 1day and 28days

4. 결 론

본 연구에서는 불밀을 사용하여 분말도를 상향시킨 고분말 리젝트애시(Fineness Reject Ash)가 플라이애시(Fly Ash)를 대체할 수 있는 콘크리트용 혼화재로 활용가능성을 검토하기 위한 것으로서, 고분말 리젝트애시를 혼입한 시멘트복합체의 각종 물성을 검토한 결과, 본 연구 범위내에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 화학조성 분석 및 기기분석결과, FRA는 FA와 유사한 화학조성을 가지며, 주요 광물상으로는 석영(quartz)과 산화알루미늄과 산화규소의 화합물(mullite)이 존재하는 것으로 확인되었다. 또한 전자현미경을 사용하여 FRA와 FA 입자형태를 비교한 결과, 대부분의 입자가 구형인 FA와 달리, FRA는 입자형태가 부정형이었으며, 미립입자를 다량 분포하는 것으로 나타났다.
- 2) 동일한 치환율 조건에서, FRA의 함량이 증가할수록 응결시간이 단축되었으며, 강도가 증진되는 것으로 나타났다. 특히 FRA는 FA와 비교하여 초기강도가 우수한 특성을 나타내었다. 또한 페이스트 유동성 측정결과, FRA 및 FA가 사용됨에 따라 항복응력(yield stress) 및 소성점도(plastic viscosity)가 감소하는 경향을 나타내었으며, FRA 및 FA를 사용할 경우 유동성이 S/C에 비해 개선되는 경향을 나타냈다.
- 3) X선 회절분석결과, FRA를 사용한 시편에서는 에트린자이트 피크가 상대적으로 뚜렷하게 관찰되었으며, 칼슘알루미늄 수화물(C_4AH_{13} 또는 C_4AHx)의 피크가 폭이 넓은 특징을 나타냈다.
- 4) 전자현미경을 사용하여 경화체의 미세조직을 관찰한 결과, FRA의 사용량이 증가할수록 수화생성물이 미세해지는 경향을 나타내었으며, 경화체 조직의 치밀성이 크게 향상되는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구에서는 화력발전소에서 발생하는 폐기물인 리젝트애시를 자원화하기 위하여 시멘트 혼합재로 사용하는 방안을 검토하고자 하였다. 이를 위하여 포졸란 활성도 비교를 통하여 효율적인 리젝트애시의 분말도를 선정하였으며, 현재 널리 사용되고 있는 콘크리트용 혼합재인 플라이애시와

비교하였다. 고분말 리젝트애시와 플라이애시를 슬래그시멘트와 혼합하여 시멘트복합체를 제조하였으며, 제조한 시멘트복합체 및 고분말 리젝트애시의 성능 평가를 위하여 페이스트(응결, 유동성, 기기분석), 모르타르(압축강도) 실험을 실시하였다. 기기분석 결과 고분말 리젝트애시의 수화반응기구는 플라이애시와 유사하지만 미세조직이 치밀해지는 특성을 나타내었다. 물성 측정결과에서는 고분말 리젝트애시가 플라이애시와 비교하여 응결지연이 감소하고, 초기강도 및 장기강도에서 우수한 성능을 나타내었다. 따라서 리젝트애시의 분말도를 $6,000\text{cm}^2/\text{g}$ 수준으로 상향시킨다면 시멘트복합체에 활용하는 것이 가능하며, 시멘트 물성 향상에도 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

키워드 : 플라이애시, 고분말 리젝트애시, 치환율

References

1. Lee SS, A Study on the Strength and Flowing Properties of Cementless Type Eco-friendly Inorganic Composites by Using Alkali Accelerator, Journal of the Architectural Institute of Korea, 2010 May;26(5):67-74.
2. Choi WZ, Park EK, Park KH, Environmental Impact Analysis on Cement Manufacturing Process with Waste Utilization, Magazine of the Korea Concrete Institute, 2010 May;22(3):36-40.
3. Choi DW, The design of environment of the concrete structure, concrete academic journal, 2009 July;21(4):35-40.
4. Choi L, Kwon-YJ, Solving Direction of the Environmental Friendly Policy in Korea Cement industry, Magazine of the Korea Concrete Institute, 2006 Jan;18(1):8-13.
5. Ryu DW, Physical Properties of Ultrafine Ash Blended Cement [master's thesis], Seoul (Korea): University of Dankook; 2007. 58 p.
6. Park SB, Kim JS, Kim YY, Rheology Control of Cement Paste for Applying ECC Produced with Slag Particles to Self-Consolidating and Shotcreting Process, Magazine of the Korea Concrete Institute, 2008 Feb;20(1):67-75.
7. Lee SS, Rho HN, Song HY, A Study on the Engineering Properties of Ultra High-Strength Concrete Utilizing Crushed Sand, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2008 Aug;8(4):45-51.
8. Peter C, Hewlett, Lea FM, Lea's Chemistry of Cement and Concrete, 4th ed, London (UK): Butterworth-Heinemann; c2004. p. 228-30.
9. Song JT, Kim JY, Choi HK, Byun SH, Properties of Blended Cement Using Ground Blastfurnace Slag with Low Blaine Value, Journal of the Korean Ceramic Society, 2000 Jan;37(1):70-6.