

가열온도별 습식방식 폐슬러지를 활용한 모르타르의 특성에 관한 연구

A Study on the Properties of Mortar using Wet-type Waste Sludge according to Heating Temperature

(Received March 17, 2011 / Revised March 30, 2011 / Accepted March 31, 2011)

강석표^{1)*}, 조구영²⁾, 이 준³⁾, 김창오⁴⁾

¹⁾우석대학교, 건축인테리어디자인학과, ^{2,3)}한국건설생활환경시험연구원, ⁴⁾(주)영흥산업환경
Suk-Pyo Kang¹⁾, Ku-Young Cho²⁾, Jun Lee³⁾, Chang-Oh Kim⁴⁾

¹⁾Dept. of Architecture & Interior Design, Woosuk University, Wanju, 565-701, Korea

^{2,3)}Korea Conformity Laboratories, Daejeon, 305-343, Korea

⁴⁾Younghung Industry Environment Co., Ltd, Cheonan, 330-844, Korea

Abstract

Recently, urban redevelopment programs and expansion of social infrastructure have caused massive amounts of construction waste in construction fields, and the mounds of it keep increasing every year. The disposal of construction waste is emerging as a national and social issue and the recycled powder generated by the treatment process of waste concrete is all being abolished or buried. Therefore, the purpose of this study is to utilize waste sludge generated by the wet-type treatment process of waste concrete as materials(binder, filler) for cement composite. This study evaluates physical and mechanical properties of mortar using recycled powder according to heating temperature, contents and applications. As a result of the chemical analysis, recycled powder is composed mainly of CaO and SiO₂, and that it is even lower in the content of CaO than OPC. The characteristics of mortar using recycled powder, according to drying and heating temperature, shows that as the heating temperature increases, flow decreases. Also, compressive strength and porosity of mortar using recycled powder was superior when heating temperature was 600°C. Thus, it is revealed that an effective development of recycled powder is possible since the binder by cement composite recovers a hydraulic property during heating at 600°C.

키워드 : 건설폐기물, 폐슬러지, 순환미분말, 시멘트복합체, 습식방식, 가열온도

Keywords : Construction Waste, Waste Sludge, Recycled Powder, Cement Composite, Wet-type, Heating Temperature

1. 서론

우리나라는 매년 약 4000만톤을 상회하는 폐콘크리트가 발생하고 있다. 이는 전체 건설폐기물 발생량 중 가장 많은 양을 차지하고 있는 것으로 폐콘크리트와 벽돌 및 블록류 등을 합치면 건설폐기물의 대부분인 90%이상을 차지

하고 있다^{1,2)}.

국내의 경우 2005년 1월부터 시행되어오고 있는 「건설 폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률」이 시행되어져 순환골재의 활용을 의무화하고 있으며, 이에 따라서 순환골재의 품질기준(안)을 마련하여 천연골재와 동등한 수준의 품질확보를 통한 순환골재의 활용을 도모하고 있다²⁾. 순환골재의 품질이 높아질수록 순환골재 제조시에 다량의 미립분이 부산물로 발생되기 때문에 고품질 순환

* Corresponding author
E-mail: ksp0404@empal.com

골재 생산기술과 더불어 부산물인 미립분의 용도개발도 해결해야할 중요한 과제로 대두되고 있다.

건설폐기물 중간처리시설 중 건식방식에 의하여 발생하는 부산 미립분은 건조상태로 배출되기 때문에 재활용 측면에서도 충분한 가능성이 제기되어지고 있다. 그러나 습식방식에 의하여 발생하는 부산 미립분은 슬러지 상태에서 필터프레스를 통과하여 케이크 형태로 배출되어지기 때문에 그 활용에 있어서 커다란 장애요인으로 작용하고 있다. 습식방식에 의하여 순환골재를 제조하는 과정에서 마찰식 파쇄 및 입도분급의 공정에서 최종 배출되는 슬러지는 자체로 높은 함수율과 낮은 입도 그리고 유기성 물질의 함유 등으로 마땅한 재활용 용도를 찾지 못하고 있는 실정이며, 대부분 불법적인 폐기처리로 2차적인 환경오염의 원인이 되고 있다^{3,4)}.

현재 건설폐기물 중간처리시설에서 발생하는 폐슬러지에 대한 활용 연구는 1990년대부터 일본을 중심으로 재생시멘트, 시멘트 클링커 원료, 고유동화 콘크리트 및 지반고화재료의 활용연구가 활발히 진행되었으나 국내의 경우는 일부 연구자를 중심으로 시멘트 원료화에 대한 일부연구가 수행되기 시작하였으나 아직까지는 기초적인 연구가 주를 이루고 있는 실정이다.^{4~7)}

따라서 본 논문은 건설폐기물 중간처리시설 중 습식방식에 의하여 발생하는 폐슬러지의 재활용을 위한 다양한 방안을 제시하기 위한 연구의 일환으로서 200℃에서 건조시킨 순환미분말을 충전제로서 검토하고, 200℃로 건조된 순환미분말과 600℃ 및 1000℃에서 가열시킨 순환미분말을 시멘트 대체재로서 활용하기 위하여 재수화 반응성을 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구에서는 건설폐기물 중간처리시설에서 발생하는 최종 부산물인 폐슬러지의 유효활용 방안을 도출하기 위

하여 Table 1과 같이 실험조건 및 배합변수를 설정하여 실험을 수행하였다.

먼저 시멘트 복합체의 충전제로서의 적용성을 검토하기 위하여 폐슬러지를 200℃에서 24시간 동안 항량건조시켜 순환미분말을 제조한 후 시멘트 및 잔골재 대체율에 따른 모르타르를 제작하여 플로우, 재령별 압축강도 및 길이변화율을 측정하였다.

그리고 폐슬러지를 시멘트 복합체용 결합재로 활용하기 위한 검토의 일환 일환으로서 200℃로 건조된 순환미분말과 전기로를 이용하여 600℃ 및 1000℃로 2시간 동안 가열한 순환미분말을 시멘트 대체비율별로 혼입한 모르타르를 제작하여 유동성, 강도 및 기공률 등을 분석하였다. 또한 건조 및 가열온도조건별에 따른 순환미분말의 자체물성을 각각 측정하였다.

2.2 습식 폐슬러지 발생과정

건설폐기물을 중간처리하여 순환골재를 생산하는 공정은 크게 파쇄, 선별, 분급의 3단계로 나누어지며, 상기 분급단계는 밀도차에 의해 순환골재에 포함되어 있는 이물질질을 분리, 제거하는 공정으로서 사용되는 유체의 종류에 따라 습식과 건식으로 구분된다.

습식처리 방식은 분급을 위하여 물을 사용함으로써 공기를 활용한 건식에 비하여 상대적으로 분급효율이 우수한 특징을 갖고 있으나 별도의 수처리시스템이 필요하고 고함수율의 슬러지가 대량 발생하는 문제점을 갖고 있다. 하지만 국내의 경우 고품질의 순환골재 생산을 위하여 대부분의 건설폐기물 중간처리 시설이 습식방식을 채택하고 있으며, 콘크리트용 순환잔골재 생산시 전체 처리량의 20% 이상이 폐슬러지로 부산되고 있는 실정이다. 이와 같은 폐슬러지의 발생량은 건설폐기물 발생량 증가와 처리시설의 고도화로 인하여 발생량이 매년 증가하고 있으며, 대부분 토사 혼합하여 매립되고 있는 실정이어서 폐슬러지에 대한 유효 활용방안에 대한 연구 및 기술개발이 절

Table 1 Conditions and variables of experiment

Application	Heating Temp.(℃)	Replacement ratio(%)		Mix design	Test items					
		Cement	Fine agg.		Mortar	Recycled powder				
Filler	200	10, 20	20, 40	C : S = 1 : 2.5 W/C = 40, 50, 60%	·Flow, ·Compressive strength(7, 28, 91일), ·Length change	·Density, ·Chemical composition				
							50, 100	-	C : S = 1 : 2.5 W/C = 50, 65%	·Flow, ·Compressive strength(28일), ·Porosity(MIP)
							50, 100	-		

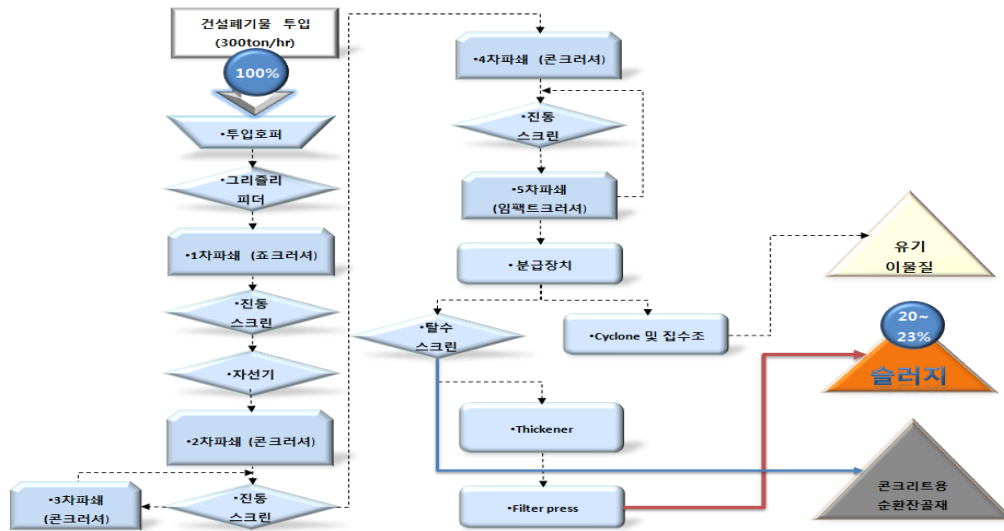


Fig. 1 Treatment process of construction waste



Fig. 2 Generation process of waste sludge and recycled powder

실한 실정이다^{4,5,7~9}).

Fig. 1, 2는 본 연구에 사용된 폐슬러지의 발생과정을 나타낸 것으로서 습식 중간처리 시설에서 발생하는 폐슬러지는 침전조를 거쳐 1차 분리된 후 최종적으로 필터프레스를 통해 함수율 45% 정도의 케익상태로 배출된다. 이와 같은 폐슬러지를 건조시킨 후 분쇄기를 이용하여 순환미분말을 제조하였다.

2.3 사용재료

2.3.1 시멘트

본 연구에 사용된 시멘트는 국내 H사 제품의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 그 특성은 Table 2,

3에 나타난 것과 같다.

Table 2 Physical properties of cement

Density (g/cm ³)	Fineness (cm ² /g)	Setting (min)		Compressive strength (MPa)		
		Initial	Final	3days	7days	28days
3.15	3,492	220	440	23.4	30.7	39.9

Table 3 Chemical compositions of cement

CaO (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Ig. loss
62.8	21.2	4.7	3.1	2.8	2.1	2.2

2.3.2 잔골재

본 연구에 사용된 잔골재는 일반 강사를 사용하였으며, 물성은 Table 4에 나타낸 것과 같다.

Table 4 Physical Properties of fine aggregate

Fine aggregate	Density (g/cm ³)	Water absorption (%)	F.M	Unit weight (kg/m ³)	Ratio of absolute volume(%)
River sand	2.55	1.14	2.91	1,547	60.8

2.3.3 혼화제

모르타르의 단위수량 감소 및 워커빌리티를 개선시키기 위하여 폴리카본산계 고성능 AE감수제를 사용하였으며, 특성은 Table 5에 나타낸 것과 같다.

Table 5 Physical Properties of admixture

Density (g/cm ³)	pH	Solid contents (%)	Water reducing ratio(%)	Bleeding ratio(%)	Amount of total alkali (kg/m ³)
1.06	6.6	44	24	31	0.06

2.4 실험방법

2.4.1 흐름시험

순환미분말을 활용한 모르타르의 흐름 측정은 KS L 5111에 규정된 흐름 시험관 위에 몰드를 놓고 모르타르를 2층으로 투입하여 20회씩 다진 후, 몰드를 들어 올리고 흐름시험관을 15초 동안 25회의 속도로 1.27cm의 높이에서 낙하시켜 모르타르의 흘러 퍼진 지름을 측정하여 산출하였다.

2.4.2 압축강도시험

순환미분말을 활용한 모르타르의 압축강도용 시험체는 KS L 5105에 준하여 50×50×50mm의 공시체를 제작하였으며, 탈형 후 소정의 재령까지 20±1℃에서 수중양생을 실시한 후 만능재료시험기(U.T.M)를 이용하여 압축강도를 측정하였다.

2.4.3 휨강도 시험

휨강도 시험용 공시체는 KS F 2476에 준하여 40×40×160mm의 각주형 공시체를 제작하였으며, 소정의 재령까지 수중양생을 실시한 후 만능재료시험기(UTM)를 이용하여 단순보의 중앙점 하중법에 의해 휨강도를 측정하였다.

2.4.4 길이변화 시험

모르타르의 길이변화 시험은 40×40×160mm의 공시체를 제작한 후 KS F 2424의 다이얼게이지 방법에 준하여 측정하였으며, 공시체는 24시간 탈형 후 20±1℃에서 수중양생을 실시하고 소정의 재령마다 온도 20±1℃, 상대습도 60±5%의 항온항습 조건에서 길이변화를 측정하였다.

2.4.5 기공률 시험

가열온도 조건별에 따른 순환미분말을 활용한 모르타르의 수밀성을 분석하기 위하여 MIP(Mercury Intrusion Porosimetry) 측정장치를 이용하여 복합체의 기공률을 ISO 1590-1에 준하여 측정하였다. 이때 수은의 High Pressure 범위를 30,000psi로 하여 시험을 실시하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 가열온도에 따른 폐슬러지 물성

건설폐기물 중간처리시설(습식)에서 발생하는 폐슬러지를 시멘트복합체용 결합재 및 충전재로 활용하기 위하여 건조 및 가열온도를 변화시켜 순환미분말을 제조하였으며, 그 특성은 다음과 같다.

3.1.1 순환미분말의 밀도

가열온도별에 따른 순환미분말의 밀도 측정결과는 Fig. 3에 나타낸 것과 같으며, 시험결과 가열 전의 미분말 밀도는 2.58g/cm³이었으나 가열온도가 증가할수록 밀도도 증가하여 최고 온도인 1000℃에서는 순환미분말의 밀도가 2.80g/cm³을 나타냈다.

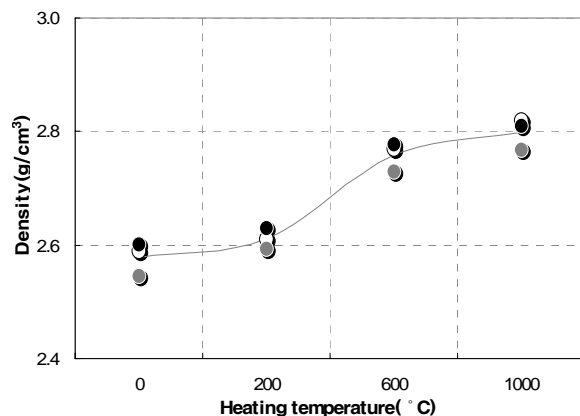


Fig. 3 Density of recycled powder

3.1.2 순환미분말의 화학성분

Table 6 및 Fig. 4는 가열온도별에 따른 순환미분말의 화학적 조성을 나타낸 것이다.

Table 6 Chemical compositions of recycled powder

Chemical compositions	Heating temperature(°C)			
	0	200	600	1000
CaO	18.69	18.99	21.45	22.21
SiO ₂	47.27	47.86	50.34	51.77
Al ₂ O ₃	10.85	11.31	12.01	12.11
Fe ₂ O ₃	3.92	4.01	4.00	4.52
MgO	1.98	1.96	2.05	2.15
K ₂ O	2.81	2.74	2.91	2.95
Na ₂ O	0.74	0.81	0.72	0.95
SO ₃	1.05	1.14	1.25	1.41

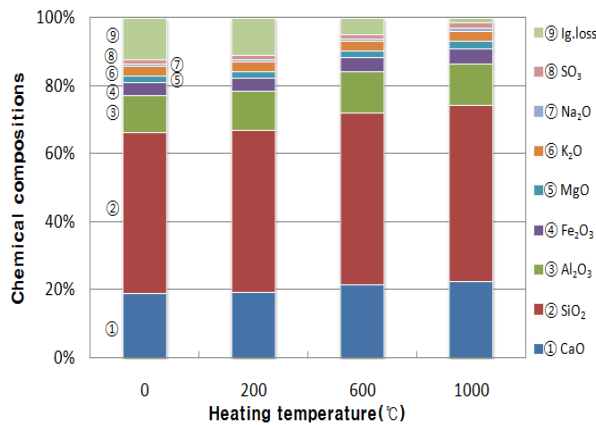


Fig. 4 Chemical compositions of recycled powder

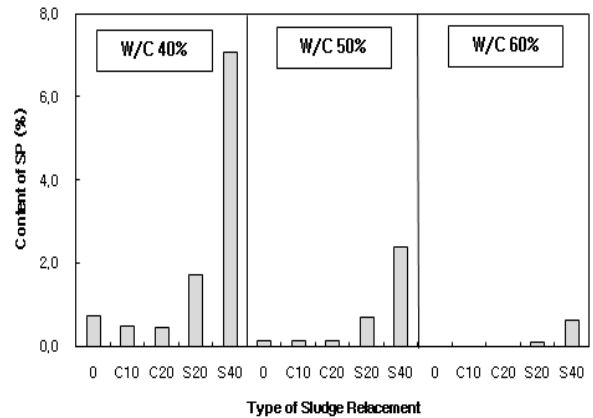
순환미분말의 화학성분 결과를 고찰하여 보면 강열감량의 경우 가열온도가 증가함에 따라 감소되는 뚜렷한 경향을 나타냈으며, 이는 가열온도가 높아질수록 미분말의 자유수와 화학적 결합수가 손실될 뿐만 아니라 순환미분말에 포함되어 있는 유기물질이 제거되어 강열감량이 감소된 것으로 판단된다. 또한 순환미분말의 주요 구성성분은 CaO와 SiO₂인 것으로 나타났으며, 가열온도 증가에 따른 구성성분의 변화정도는 강열감량에 비해 상대적으로 작은 것으로 나타났다.

3.2 건조(200°C) 순환미분말 활용 모르타르의 물성

3.2.1 플로우

물-시멘트비에 따른 목표 플로우 220±20mm를 만족하기 위한 고성능 감수제 혼입율을 Fig. 5에 나타내었다. 건조 순환미분말을 시멘트 대체율로 혼입한 경우 목표 플로우를 만

족하기 위한 고성능 감수제 혼입율은 미분말 20%까지는 대체율에 따라서 큰 영향을 나타내고 있지 않았다. 그러나 잔골재 대체제로 사용한 경우 대체율이 증가할수록 혼화제의 혼입율은 급격하게 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 물-시멘트비가 작을수록 그러한 경향은 크게 나타나고 있다. W/C 40%에서 순환 미분말을 잔골재에 대하여 40% 대체한 모르타르의 경우에는 시멘트만 사용한 모르타르와 비교하여 고성능 감수제 혼입율이 약 10배 정도 증가하였다.



Note, C10: Recycled powder replacement for cement (10%)
S20: Recycled powder replacement for fine agg. (20%)

Fig. 5 SP contents according to recycled powder replacement ratio

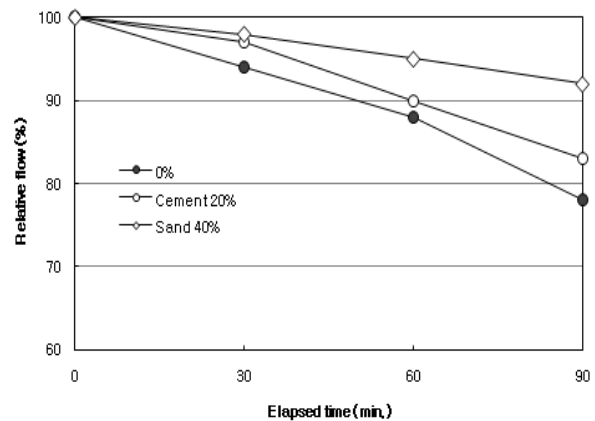


Fig. 6 Elapsed time change of mortar using recycled powder

Fig. 6은 건조 순환미분말을 활용한 모르타르의 플로우 경시변화를 나타낸 것으로서 미분말 무혼입 모르타르의 플로우 경시변화와 비교하여 순환 미분말을 혼입한 모르타르의 플로우 경시변화가 작은 것으로 나타났으며, 시멘트 대체 모르타르보다는 잔골재 대체 모르타르의 경시변화가 작게 나타났다. 이는 순환미분말을 혼입한 모르타르

에서 목표 플로우를 만족하기 위한 고성능감수제 첨가율이 증가하였기 때문에 사료되며, 잔골재 대체 모르타르의 경우 고성능 감수제의 과다 첨가에 따른 응결지연의 문제점이 예상되었다.

3.2.2 압축강도

Fig. 7은 건조 순환미분말을 시멘트 대체비로 혼입한 모르타르의 압축강도 시험결과를 나타낸 것이다. 이를 고찰하여 보면 미분말을 시멘트에 대하여 대체한 모르타르의 압축강도는 무혼입 모르타르와 비교하여 혼입율이 증가할수록 압축강도가 감소하고 있다. 무혼입 모르타르와 비교하여 재령 91의 압축강도는 시멘트 대체 10%의 경우 75~85%, 시멘트 대체 20%의 경우는 60~75%수준을 나타냈다.

Fig. 8은 순환미분말을 잔골재 대체비로 혼입한 모르타르의 압축강도 결과를 나타낸 것으로서 잔골재에 대하여 대체한 모르타르의 압축강도는 무혼입 모르타르와 비교하여 재령 7일에서는 증가하는 경향을 보이고 있으나 재령 91일에는 거의 유사한 수준을 나타내고 있다. 특히 순환미분말 혼입 모르타르의 압축강도는 재령 7일에서 상대적으로 높지만 재령이 지날수록 그 차이는 감소하고 있는데 그 이유는 미분말의 존재가 시멘트의 수화속도에 영향을 미친 것으로 사료된다. 시멘트는 입자 사이에서 수화물이 생성되고, 구속 억제된체로 공극을 채워간다. 그러나 시멘트 입자와 순환미분말이 혼합되었던 경우 시멘트 입자의 수화물은 억제되지 않기 때문에 수화속도가 빠르게 된다^{8,10,11}. 그 결과 초기 강도는 비교적 높지만 장기강도에서는 큰 차이가 없는 것으로 사료되며, 이는 기존 석회석 미분말을 사용한 콘크리트에서 나타난 결과와 유사하다.

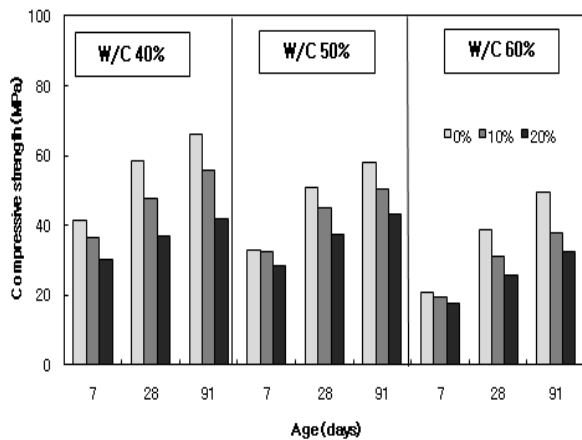


Fig. 7 Compressive strength according to recycled powder replacement ratio for cement

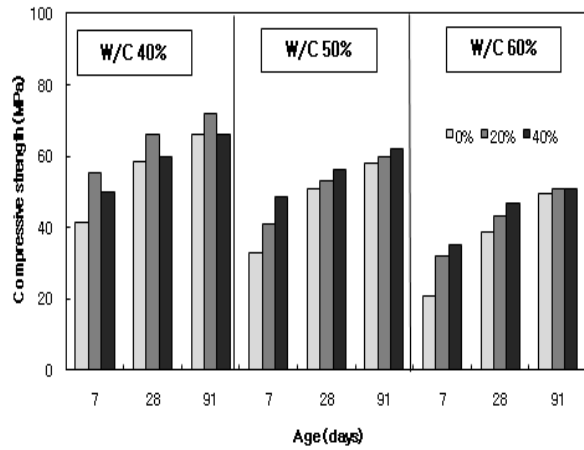


Fig. 8 Compressive strength according to recycled powder replacement ratio for fine aggregate

3.2.3 길이변화

건조 순환미분말 혼입방법에 따른 모르타르의 길이변화를 Fig. 9에 나타내었다.

시험결과를 고찰하여 보면 미분말을 시멘트에 대하여 대체한 모르타르의 건조수축은 무혼입 모르타르와 비교하여 유사한 수준을 보이고 있다. 그러나 순환미분말을 잔골재에 대하여 대체한 모르타르의 건조수축은 순환미분말 무혼입 모르타르와 비교하여 크게 나타나고 있으며, 대체율이 증가할수록 건조수축이 큰 것으로 나타났다.

이는 기존 문헌에서 제시한 바와 같이 순환미분말을 혼입한 모르타르의 경우 무혼입 모르타르와 비교하여 건조수축에 영향을 미치는 직경 0.02 ~ 0.01 μ m의 모세관 공극이 증가하였기 때문에 사료된다^{12 ~ 14}.

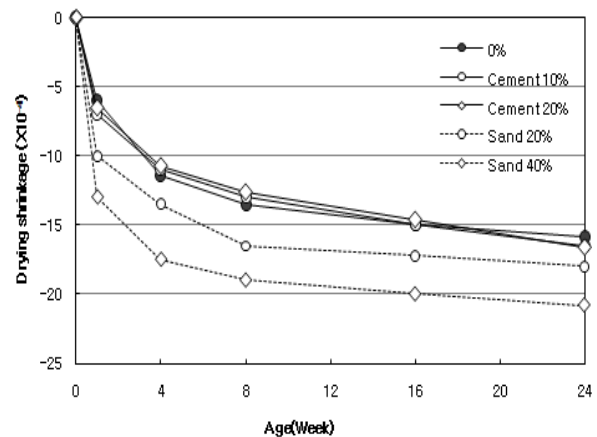


Fig. 9 Dry shrinkage of mortar using recycled powder

3.3 가열 순환미분말 활용 모르타르의 물성

3.3.1 플로우

Fig.10은 W/C가 50%이고 가열온도별 순환미분말을 시멘트 대체비로 50%혼입한 모르타르의 플로우 측정결과를 나타낸 것이다. 시험결과 가열한 순환미분말을 50% 혼입한 모르타르의 플로우는 시멘트만을 사용한 모르타르와 비교하여 약 60 ~ 72%수준인 것으로 나타났으며 가열온도가 높을수록 플로우는 감소하는 것으로 나타났다.

또한 Fig.11은 W/C 65%, 순환미분말을 시멘트 대체비로 각각 50% 및 100% 혼입한 모르타르의 플로우 측정결과로서 시멘트에 대하여 100% 대체한 모르타르의 플로우는 50% 대체한 모르타르와 비교하여 감소하는 것으로 나타났으며, 600°C 이상 가열하여 사용하게 되면 약 60% 수준으로 저하하는 것으로 나타났다. 이와 같은 이유는 가열 및 건조된 순환미분말의 비표면적이 3600 ~ 4000cm²/g으로 시멘트의 경우에 비하여 상대적으로 크게 때문에 순환미분말의 혼입률이 증가할수록 플로우가 감소된 것으로 사료된다.

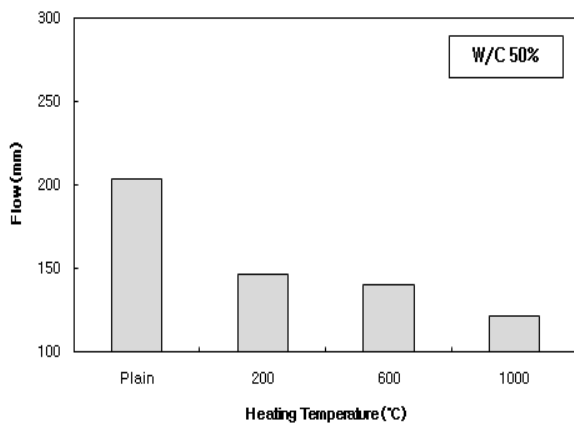


Fig. 10 Flow of mortar using recycled powder according to heating temperature(W/C 50%)

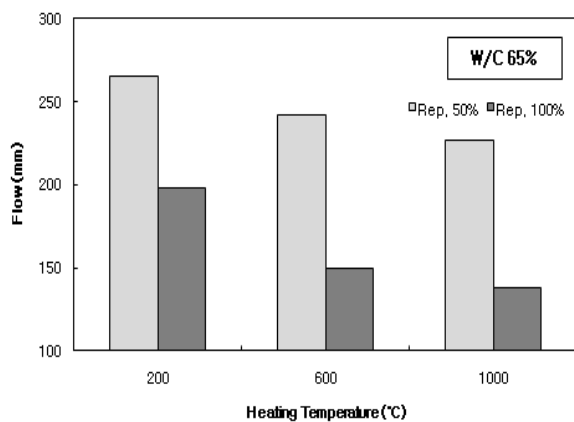


Fig. 11 Flow of mortar using recycled powder according to heating temperature(W/C 65%)

3.3.2 압축강도

Fig.12는 W/C가 50%이고 가열온도별 순환미분말을 시멘트 대체비로 50%혼입한 모르타르의 압축강도 측정결과를 나타낸 것이다. 시험결과 W/C 50%의 경우 순환미분말을 혼입하지 않은 모르타르의 압축강도는 54.4MPa를 나타내고 있지만, 순환미분말을 시멘트에 대하여 50% 대체한 모르타르의 압축강도는 19.2 ~ 33.1MPa 수준을 나타내고 있다.

미분말 가열온도 600°C의 압축강도는 무혼입 모르타르와 비교하여 60%수준을 나타내고 있으나 200°C 및 1000°C의 압축강도는 약 40%수준으로 저하하고 있어 순환미분말을 600°C에서 가열하는 하는 것이 가장 효율적인 것으로 나타났다.

또한 Fig.13은 W/C 65%인 모르타르의 순환미분말 혼입률 및 가열온도별 압축강도 시험결과를 나타낸 것으로서, 순환미분말을 시멘트에 대하여 100% 대체한 모르타르의 압축강도는 50% 대체한 모르타르와 비교하여 급격히 저하는 것으로 나타났다.

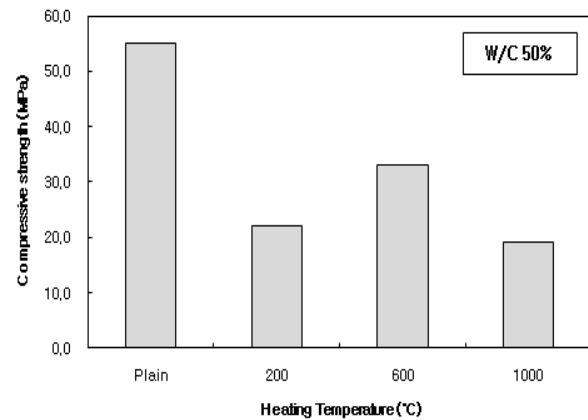


Fig. 12 Compressive strength of mortar using recycled powder according to heating temperature(W/C 50%)

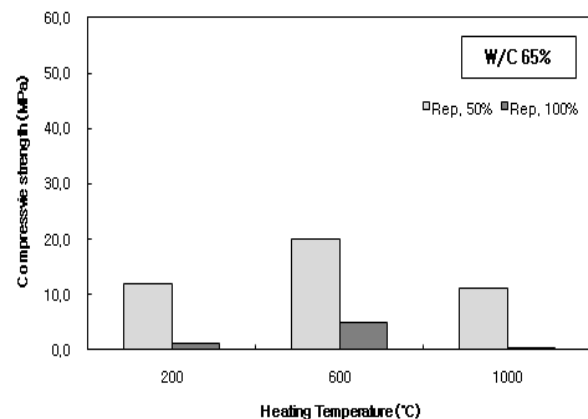


Fig. 13 Compressive strength of mortar using recycled powder according to heating temperature(W/65%)

가열온도 600°C의 순환미분말은 5.3MPa로서 강도발현성을 나타내고 있으나 가열온도 200°C 및 1000°C에서는 강도가 거의 발현되지 않는 것으로 나타났다.

따라서 상기 압축강도 시험결과를 종합하여 보면 모든 물-시멘트비 조건에서 순환미분말을 600°C로 가열한 경우가 다른 가열온도조건에 비하여 가장 우수한 강도특성을 나타내 본 연구조건만을 고려할 경우 순환미분말의 재수화성에 유효한 가열온도 범위대는 600°C 정도인 것으로 나타났다.

3.3.3 기공률

Fig. 14는 W/C 50%, 200°C 건조 및 600°C로 가열한 순환미분말을 시멘트에 대체비율로 50%로 혼입한 모르타르의 기공률을 MIP(Mercury Intrusion Porosimetry) 시험장치를 이용하여 측정된 결과를 나타낸 것이다.

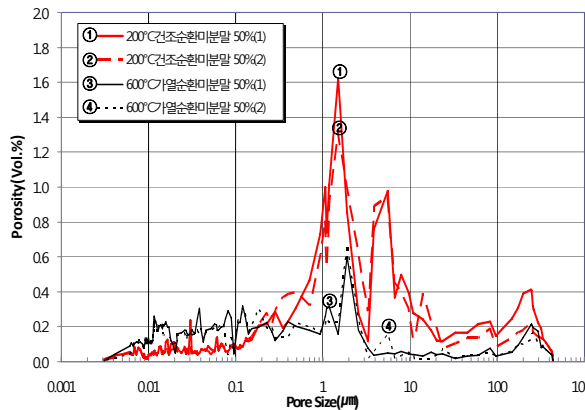


Fig. 14 Porosity of mortar using recycled powder (W/C 50%, Replacement ratio 50%)

순환미분말을 활용한 모르타르의 기공률 시험결과 200°C로 건조한 순환미분말을 시멘트 대체비율로 50%로 혼입한 경우는 20.61 ~ 22.08%의 기공률을 나타냈으며, 600°C로 가열한 순환미분말을 50% 혼입한 경우는 18.18 ~ 19.00%의 기공률을 나타내 건조한 경우보다 복합체의 수밀성이 보다 우수한 것으로 나타났다. 이는 600°C로 가열한 경우는 순환미분말에 포함되어 있는 시멘트 수화물의 탈수반응에 의해 미분말과 혼입수 사이의 재수화가 이루어져 복합체의 수밀성이 개선된 것으로 판단된다.

또한 기공률 분포를 살펴보면 순환미분말을 혼입한 모르타르의 세공직경별 피크치는 약 1 ~ 2µm에서 최대치를 나타내었으며, 600°C의 경우보다는 가열한 200°C의 경우가 보다 뚜렷한 경향을 나타냈다.

4. 결 론

건설폐기물 중간처리시설 중 습식방식에 의해 발생하는 폐슬러지를 시멘트 복합체용 사용재료로 활용하기 위한 가능성을 평가하기 위하여 순환미분말의 건조 및 가열조건, 혼입량에 따른 모르타르의 물리·역학적 특성을 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 가열온도가 증가할수록 순환미분말의 밀도는 증가하는 것으로 나타났으며, 강열감량은 크게 감소하는 결과를 나타냈다. 그리고 미분말의 주성분은 SiO₂와 CaO인 것으로 나타났으나 CaO의 경우는 시멘트 비하여 작은 함량을 나타냈다.

2) 건조 순환미분말을 활용한 모르타르의 유동성 시험결과, 목표 플로우 충족을 위한 혼화제 사용량은 시멘트 대체재로 혼입한 경우는 큰 영향을 나타내지 않았으나 잔골재 대체로 활용한 경우는 최대 10배 정도까지 혼화제 사용량이 증가되었다.

3) 시멘트 대체재로 건조 순환미분말을 활용한 모르타르의 압축강도는 미분말 혼입량이 증가함에 따라 강도는 감소되는 결과를 나타냈으나 잔골재 대체재로 혼입한 경우는 모든 물-시멘트비 및 재령에서 무혼입의 경우보다 우수한 강도특성을 발현하였다.

4) 600°C 및 1000°C로 가열한 순환미분말 모르타르의 유동성은 가열온도가 증가함에 따라 저하되어 순환미분말을 100% 사용한 경우는 미분말을 50% 사용한 경우의 60% 수준까지 감소하였다.

5) 가열 순환미분말을 혼입한 모르타르의 압축강도 시험결과 물-시멘트비 50%, 가열온도 600°C인 경우는 무혼입 모르타르 대비 60% 수준의 강도를 나타냈으나 200°C 및 1000°C의 경우는 40% 수준의 강도를 발현하였다. 그리고 물-시멘트비가 65%이고 순환미분말만을 사용한 경우는 강도발현이 매우 작은 것으로 나타났다.

6) 600°C로 가열한 순환미분말 혼입 모르타르의 기공률은 19% 정도를 나타내 건조된 미분말을 활용한 경우에 비하여 수밀성이 약 14%까지 향상되는 것으로 나타났으며, 이는 순환미분말의 재수화에 의해 복합체의 내부 매트릭스 구조가 치밀해졌기 때문으로 판단된다.

이상으로 본 연구결과를 종합하여 보면, 건조된 순환미분말의 경우 시멘트 복합체용 충전재료로서의 가능성을 확인할 수 있었으며, 또한 본 실험조건만을 고려할 경우 순환미분말의 재수화를 위한 적정 가열 온도 범위는 600°C 정도인 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 “2010년도 산학연 공동기술개발사업”의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 환경부, 폐기물 발생 및 처리현황, 2010
- 2) 오재현외, 건설폐기물의 리사이클링 현황 및 연구동향, 한국자원리사이클링학회 논문집, 제17권, 2호, pp.16 ~ 29, 2008
- 3) 최룡, 폐콘크리트 재생미분의 재활용 기술 개발 방향과 시멘트-콘크리트의 자원순환체제 구축을 위한 정책 제언, 한국과학기술정보연구원, 2004
- 4) 박차원의, 폐콘크리트의 순환이용을 위한 폐미분말의 재활용 기술, 한국건축시공학회 논문집, 제5권, 3호, pp.109 ~ 116, 2005
- 5) 오상균, 폐콘크리트 미분말을 이용한 재생시멘트의 수화성 회복에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 제18권, 10호, 2002
- 6) 송재식, 건설폐기물 정보관리 시스템(CWMS)을 활용한 순환골재 유통지원, 韓中日 건설폐기물 재활용 국제세미나, pp.129, 2007
- 7) 湯淺昇ほか, 再生骨材製造過程で発生するコンクリート微粉末の有効利用に関する研究, 第27回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集, pp.27-32, 2000
- 8) 黒田泰弘ほか, 加熱および炭酸化が再生微粉末の再水和特性に及ぼす影響, 第58回セメント技術大会講演要旨 2004, pp.272-275, 2004
- 9) 新谷彰ほか, 再生骨材と副産微粉末を用いたコンクリートの構造用部材への適用検討実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 材料施工, pp.639-640, 2006
- 10) 依田和久ほか, 再生粗骨材の品質がコンクリートお性状に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1457-1462, 2006
- 11) 石田秀輝ほか, ヒレブランドイトの熱分解により得られた β -C2Sとその水和反応, セメント・コンクリート, No.577, pp.49-56, 1995
- 12) 笠井哲郎ほか, コンクリート再生微粉の地盤改良材としての有効利用に関する研究, セメント・コンクリート論文集, No.55, pp.639-643, 2001
- 13) 吉兼亨ほか, 再生骨材の微粉分とセメントとの反応性, 土木学会第53回年次学術講演会概要集”, V-231, pp.462-463, 1998
- 14) 例えば, 自己収縮研究委員会報告書, 日本コンクリート工学協会, 1996

가열온도별 습식방식 폐슬러지를 활용한 모르타르의 특성에 관한 연구

근래 도시 재개발사업 및 사회기반 시설의 확충 등으로 건설현장에서는 막대한 양의 건설폐기물이 발생량은 매년 증가되는 추세에 있다. 이와 같은 건설폐기물의 처리는 국가, 사회적으로 이슈로 부각되고 있으며, 이중 폐콘크리트의 중간처리 과정에서 발생하는 폐슬러지는 현재까지 유효활용되지 못하고 대부분 폐기 또는 매립되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 건설폐기물 중간처리시설 중 습식방식에 의한 순환골재 생산시 필연적으로 부산되는 폐슬러지를 시멘트 복합체용 사용재료(바인더, 충전재 등)로 활용하기 위한 방안을 모색하기 위하여 순환미분말의 가열온도, 혼입조건, 적용용도별에 따른 모르타르의 물리, 역학적 특성을 검토하였다.

연구결과 모든 가열온도 조건에서 순환미분말의 주성분은 SiO_2 와 CaO 인 것으로 나타났으며, 여기에서 유의할 점은 순환미분말의 CaO 함량은 종래 일반적으로 활용되는 보통 포틀랜드 시멘트에 비하여 작은 함량을 나타냈다. 그리고 건조 및 가열온도 조건별에 따른 모르타르의 유동특성은 가열온도가 증가함에 따라 감소되는 결과를 나타냈고 압축강도 및 기공특성의 경우는 600°C 에서 가장 우수한 특성을 나타냈다. 따라서 건설폐기물 중간처리시설에서 발생하는 순환미분말의 재수화성 부여를 위한 유효 온도조건은 600°C 인 것으로 확인되었다.