

建設汚泥 再活用을 위한 材料的 特性 研究[†]

†成珍慶* · 金淳鎬* · 裴源泰** · 全明勳***

*(株)大同綜合建設 技術研究所, **慶尙大學校 나노新素材工學部 세라믹工學科, ***大韓住宅公社 住宅都市研究院

The material properties study of a construction sludge for recycling[†]

†Jin-Kyeong Soung*, Soon-Ho Kim*, Won-Tae Bae** and Myung-Hoon Jun***

*Institute of Construction Technology, DAEDONG CONSTRUCTION CO.,LTD,

**School Nano and Advanced Materials Engineering Gyeongsang National University

***Housing & Urban Research Institute, Korea National Housing Corporation

요 약

본 연구에서는 건설오니를 이용하여 부가가치가 높은 건설자재로서의 활용을 위한 특성분석 및 고화제의 첨가 재료로 활용하기 위한 슬러지의 재료적 특성 분석에 대해 기술하였다. 본 연구에 사용된 시료는 4개사의 현장에서 다량 발생하는 오니로서 현장에서 발생한 여과 케이크 4종과 여과 전의 슬러리 3종을 사용하였다. 슬러지의 pH, 입도분석, 주사전자현미경 관찰을 수행하였으며, 화학성분은 X선 형광분석기로, 광물상은 X선 회절분석기로 각각 분석 및 동정하였으며 슬러지의 열적 특성 및 가열 중의 휘발 성분의 양은 시차열/중량분석을 실시하여 고찰하였다.

주제어 : 건설폐기물, 건설오니, 고화제, 재활용, 재료적 특성

Abstract

This research constructed property analysis for an high additional value construction materials. We try to utilize by the addition material of soil stabilizer. It was described to the material properties analysis of a sludge. A sample used 4 kinds of filtration cake which occurs by 4 companies and 3 kinds of sludge before filtration. ph of a sludge, a particle analysis and a scanning electron microscope observation were performed. We analyzed on the chemical ingredient by XRF, the phase by XRD, observed and analyzed the thermo-property of the sludge and the amount of the volatile constituent by TG-DTA.

Key words : Construction waste, Construction sludge, Soil stabilizer, Recycling, Material properties

1. 서 론

1996년에 발생한 건설폐기물의 양은 2002년에 이르러 약 400%정도 증가하여 일일 약 120천톤으로, 연간 약 43,850천 톤에 이르고 있다.¹⁾ 수도권 매립지에 반입되는 건설폐기물의 양도 2002년 현재 반입 폐기물 7,343천 톤 가운데 3,900천 톤으로, 이미 매립지에 처리되는 폐기물의 50%를 넘어서는 상태이다.

급격한 경제발전의 과정에서 건설된 건축물의 수명과

60~70년대의 도시집중화 현상에 따른 최근의 건설수요 등을 고려해 볼 때, 건축물 해체와 신축에 따른 폐콘크리트의 양은 앞으로도 꾸준히 증가할 것으로 전망된다.²⁻⁷⁾

특히, 잔토 및 건설오니의 처리와 처분이 사회적인 문제로 받아들여지고 있는 것은 발생량에 비하여 이용 후보지와 처리장이 부족하기 때문이다. 이 때문에 토사 구조물의 자재로서 잔토를 활용할 수 있는 장소가 없어서 급기야는 건설 발생토와 오니가 광의의 의미로 폐기물로 처리되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 건설오니를 이용하여 부가가치 높은 건설자재 활용을 위한 특성분석 및 고화제의 첨가재료로 슬러지의 재료적 세부분석을 하였다.

[†] 2007년 6월 18일 접수, 2007년 7월 25일 수리

*E-mail: dosol14@naver.com

2. 재료 및 시험방법

2.1. 시료 (건설오니)의 종류

본 연구에서 사용한 시료는 4개사의 현장에서 일정하게 다량 발생하는 오폐수로서 현장에서 발생한 여과 케이크 4종과 여과 전의 슬러지 3종이다. 굴착 슬러지는 현장의 암반이나 토양의 성분에 의해 슬러지의 화학조성 및 광물조성이 정해지므로 전형적인 현장 한 군데의 시료를 택하였다. 또한 고화제로의 재활용이 더 용이할 것으로 보이는 페콘크리트 슬러지는 성분상의 큰 변동은 없을 것으로 보이지만 3개사의 시료를 샘플링하여 회사별 공정의 차이, 침강제 등 첨가물의 여부 등에 따라 슬러지의 특성에 차이를 초래하는지를 확인하고자 하였다.

이들 시료는 현장에서의 발생 상태 그대로를 접수시료로 하여 별도의 선별·정제과정 없이 분석하였는데, 이는 발생 상태 그 자체를 고화제용 원료로 활용할 수 있는지를 보고자 한 것이다. 건조 상태의 시료를 필요로 하는 측정에는 케이크를 건조하여 시료로 사용하였으며, 각각의 시료 번호와 발생원은 Table 1과 같다.

2.2. 시험 방법

각 슬러지에 대하여 외관 관찰로 냄새, 색깔, 건조의 용이성 및 건조 후의 강성 등을 관찰하였다. 슬러지의 pH는 pH meter로, 슬러지의 비중은 1000 cc의 무게(용

중, litter weight)로 측정하였으며, 슬러지나 케이크의 수분함량은 105°C의 건조기에서 항량이 되도록 건조한 후 무게를 달아 측정하였다. 슬러지의 입자 크기와 입도 분포는 슬러리의 현탁액을 만들어 입도분석기(PSA, LS230, Coulter Corportion, USA)로 측정하였다. 슬러지 분말의 미세구조와 응집체의 특성은 슬러지의 건조체를 가법계 파쇄한 시료의 파단면을 주사전자현미경(SEM, ABT-32, Topcon, Japan 및 S-4200, HITACHI, Japan)으로 관찰하여 평가하였다. 슬러지의 화학성분은 X선 형광분석기(XRF, Phillips, PW2400, Holland)로, 광물상은 X선 회절분석기(XRD, PW 3710, Phillips, Holland)로 각각 분석 및 동정하였으며 슬러지의 열적 특성 및 가열 중의 휘발 성분(결합수나 CO₂)의 양은 시차열/열중량분석기(DTA/TG, SDT2960, TA Instruments, USA)로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 사용한 시료는 터널 굴착 슬러지 및 페콘크리트 슬러지로서 212 μm의 표준체를 거의 전량 통과하는 분말로써 흙과 돌이 들어 있는 일반 토목공사의 건설 발생토와는 성상이 달라 이 분야에서 실시되는 물성 시험항목들은 대부분 적용할 수 없었다. 또한 슬러리 중의 물의 양이나 비중은 thickener, filter pressing

Table 1. A type of construction sludge

Sample No.	Generation source	Sample shape
A	Railroad tunnel excavation construction sludge	Filtration cake
B	Circulation aggregate manufacturing plant sludge (Waste concrete sludge)	Sludge, Filtration cake
C	Circulation aggregate manufacturing plant sludge (Waste concrete sludge)	Sludge, Filtration cake
D	Circulation aggregate manufacturing plant sludge (Waste concrete sludge)	Sludge, Filtration cake

Table 2. External shape of construction sludge

Sample No.	Specific gravity	Percentage of water content	pH	Hardness	Odor	Color	212 μm Sieving (Residue)
A	-	58.67	11	Strength	-	Bright brown (1)	Soft to the touch like clay (Nothing)
B	1.53	28	12	Strength	Special Oder	Black brown (4)	Organic impurities much mixing (organic)
C	1.17	26.67	12	Weakness	Concrete Oder	Dark brown (3)	Strong cohesion a particle (the minimum cohesion a particle)
D	1.35	31.34	12	Weakness	Concrete Oder	Turbid brown (2)	A little waterorganic impurities mixing (organic)

Table 3. PSA results for sludge samples (range: 0.04 - 2,000 μm)

Sample No.	Mean Diameter(μm)	Median Diameter(μm)	S.D(μm)	Diameter(μm) at 10% / 50% / 90%
A	6.57	4.42	6.22	0.50 / 4.15 / 16.69
B	14.52	6.78	18.10	0.55 / 6.78 / 40.94
C	34.12	11.91	47.39	0.90 / 11.91 / 98.02
D	79.39	38.26	84.06	1.44 / 38.26 / 210.7

공정에서 매우 가변적이고, 고화제의 제조를 위해서는 건조분을 원료로 사용하는 경우가 대부분이므로 분석항목을 생략하였다. 또한 충분히 습윤된 미분말 상태인 flow table을 사용하여 측정된 슬러지의 유동성은 물의 함량에 비례하는 것으로 나타났다. Table 2는 사용한 오니 시료의 4 가지 외관과 성상을 나타낸 것이다. 케이크 수분 함량은 단일 공정에서는 비교적 일정하리라 생각되나 3종의 페콘크리트 슬러지가 서로 다른 값을 보임으로서 함수율은 순환골재 공장에 따라 가변적임을 알 수 있다. 그러나 시료의 pH는 대부분 11~12로 매우 높은 값을 보이고 있다. 이는 페콘크리트 슬러지의 경우는 시멘트 페이스트 경화체의 pH가 원래 높은 것에 기인되며, 굴착 슬러지에서는 팽윤제로 사용된 벤토나이트에 함유된 알칼리 또는 알칼리토류 산화물 때문일 것이다. 또한 슬러지 시료들의 높은 pH 값은 여기에 수쇄 슬래그나 pozzolan 물질이 혼합될 경우 이들의 수화반응성을 유도하는 알칼리 자극제로서의 작용을 기대할 수 있을 것으로 보인다. 케이크의 건조는 모든 시료에서 용이한 편이었으며 A와 B 시료는 건조 후 약간의 강성을 나타내었다. 이는 A의 경우 굴착 오니에 첨가하는 벤토나이트가 건조강도를 나타내기 때문인 것으로 보이나, 페콘크리트 슬러지인 B에서는 다른 페콘크리트 슬러지와 달리 짙은 색과 독특한 냄새가 있는

점으로 볼 때 유기물 또는 어떤 첨가제의 영향일 가능성이 있다고 사료된다. 나머지 2종의 페콘크리트 슬러지의 건조체는 분쇄가 용이한 성상을 나타내었다. 굴착 오니의 높은 pH와 약간의 건조강도는 고화제용 혼합재로서의 가능성을 시사하는 것이다.

Table 3과 Fig. 1은 4종류 시료의 입도분석 결과를 나타낸 것이다. 이 결과에 따르면 골재 표면에 부착된 시멘트 페이스트 경화체를 분리시키는 공정에서 발생하는 페콘크리트 슬러지에 비하여 굴착 공정에서 발생한 분말이 더 미세함을 알 수 있다. 굴착 슬러지의 소립경 측 입자 군에는 미세한 벤토나이트의 몬토릴로나이트(montmorillonite) 입자가 다량 혼입되어 있을 것으로 보이며, 전반적으로 입도는 20 μm 이하로서, 고화제를 비롯한 각종 무기질 재료의 합성용 분체원료나 고화제 혼합용 원료로서 충분한 분말도이다. 페콘크리트 슬러지는 굴착 슬러지에 비하여 다양한 입도의 분말이 혼합되어 있음을 알 수 있는데, 이는 시멘트 페이스트 경화체가 마멸되어 생긴 입자와, 콘크리트의 파쇄 중에 발생된 골재 성분의 분쇄물이 혼합된 결과로 보이며, 미립분 측의 분말에는 시멘트 페이스트 경화체가, 조립분 측 분말에는 충격에 의해 발생한 조골재 및 세골재의 분말이 주류를 이룰 것으로 보인다. 페콘크리트 슬러지 중 B 시료의 입도가 가장 작은 이유는 풍력을 활용한 미립분의 선별 등 회사 고유의 공정에 따른 차이로 보이나, 입도면에서만 본다면 분말도가 작은 것은 고화제로의 재활용에 유리하다고 할 수 있을 것이다. 한편 페콘크리트 슬러지 D에는 100 μm 이상의 비교적 굵은 입자가 혼합되어 있음을 알 수 있는데, 별도의 실험에서는 이 조립분이 검출되지 않는 경우도 있으므로 이는 페콘크리트의 종류, 특히 콘크리트에 사용된 골재의 종류에 기인하는 변동 때문일 것으로 보이며, 이는 순환골재 공장에서 발생하는 페콘크리트 슬러지를 활용하여 고화제를 제조하고자 할 경우 재분쇄나 입도분리 등의 전처리가 필요할 수도 있음을 의미하는 것이다.

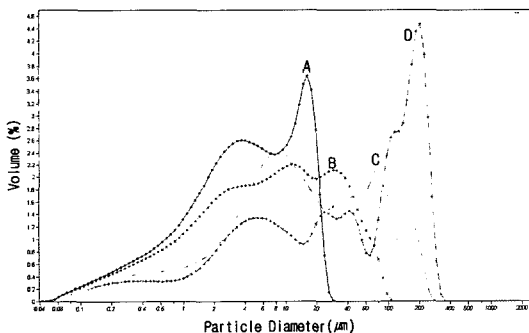


Fig. 1. Particle diameter(μm) - volume(%) curves of sludge samples.

Fig. 2는 케이크 시료 건조물의 파단면을 주사전자현

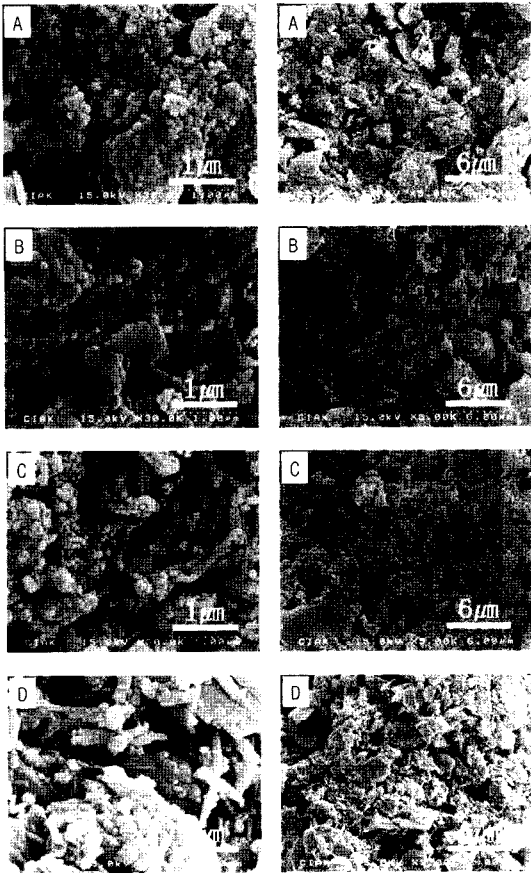


Fig. 2. SEM microphotographs of sludge sample A, B, C and D.

미경으로 관찰한 결과로서, 일차입자의 형태와 그들의 응집상태 및 분말의 morphology 등에 대하여 유용한 정보를 제공하고 있다. 본 연구에 사용된 모든 시료에서는 기본적으로 0.1 μm 정도 크기의 구형을 나타내는 일차입자와 이들이 응집한 이차입자를 구별할 수 있는데, 굴착 슬러지와 폐콘크리트 슬러지 B에서는 배향성이 없

는 응집체가 보이는 반면, 폐콘크리트 슬러지 C와 D에서는 막대 상의 응집체가 확인된다. 폐콘크리트 슬러지에서 형성된 막대 상의 응집체는 형태나 크기로 보아 시멘트 경화체 중에 존재할 수 있는 막대 상 수화물인 에트링자이트(etrtingite, $C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$)에 기초하여 생성되었을 가능성이 클 것으로 생각된다. 그러나 에트링자이트에 어떠한 상이 응집되어 사진에서와 같은 응집체를 이루었는지에 대해서는 더 구체적인 미세구조적 연구와 현장에서 추가되는 첨가제의 거동에 대한 연구가 있어야 할 것으로 보인다. 전자현미경 사진을 확대하여 관찰하면 굴착 슬러지에서는 시료 분말이 대체적으로 각진 형태를 보이는데 비하여 폐콘크리트 슬러지에서는 대체적으로 등골거나 판상인 입자를 보이고 있음을 알 수 있다. 이 차이는 폐콘크리트 슬러지는 굴착 슬러지와 달리 분쇄보다는 주로 마멸(abrasion)에 치중된 공정을 통하여 발생되기 때문일 수도 있고, 시멘트 경화체의 분말이 가진 형태학적 특성 때문일 수도 있다고 생각되나 이렇게 폐콘크리트 슬러지가 보다 덜 예리한 입자각을 보이는 것은 광물 함성공정 없이 이를 그대로 혼화재로 재활용 할 경우에는 유동성 면에서 유리하게 작용할 것이다. 그러나 폐콘크리트 슬러지인 시료 B에서는 막대상의 분말이나 응집체가 보이지 않고 비교적 판상의 morphology만 보이는데 이는 폐콘크리트의 차이, 즉 콘크리트의 용도나 재령, 그리고 그것이 노출된 환경의 차이에 따라 충분히 초래될 수 있는 차이이며, 이러한 미세구조적 불안정성은 폐콘크리트 슬러지를 활용하여 고회체를 제조하고자 할 때 해결해야 할 또 하나의 문제로 대두될 것으로 사료된다.

Table 4는 슬러지 시료의 주요 화학 성분의 조성을 나타낸 것이다. 표에서 볼 수 있는 바와 같이 슬러지의 주성분은 SiO_2 , Al_2O_3 및 CaO 이며 부성분으로는 Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O 및 MgO 가 함유되어 있으며, 그 함량은 시멘트 경화체의 조성에 비하면 SiO_2 , Al_2O_3 ,

Table 4. Chemical composition of sludge samples

Sample No.	Chemical Composition(wt.%)											
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	K_2O	MgO	Na_2O	P_2O_5	MnO	TiO_2	Cl	SO_3
A	52.436	25.896	11.114	2.913	3.446	1.455	1.659	0.081	0.241	0.262	-	0.365
B	52.444	16.514	17.579	4.652	2.325	3.009	1.112	0.23	0.145	0.628	0.059	1.225
C	51.224	13.164	22.931	3.923	2.313	2.122	1.789	0.224	0.179	0.408	0.075	1.573
D	48.399	13.82	24.965	4.341	1.99	2.511	1.307	0.179	0.167	0.534	0.107	1.511

K_2O 및 MgO 가 과다하고 CaO 는 과소하여 전혀 다른 조성임을 알 수 있다. 이러한 결과는 폐콘크리트 슬러지의 주 광물이 시멘트 페이스트이기 보다는 골재로부터 분쇄된 광물이라는 것을 보여준다. 골착 슬러지의 경우, 전자 현미경 사진에서 CaO 의 첨가로 인한 $Ca(OH)_2$ 결정의 징후가 보이지 않았으므로 화학성분은 주로 암반을 구성하는 규산알미늄 광물, 그리고 오니의 취급을 용이하게 하기 위하여 첨가되는 벤토나이트의 규산알미늄 광물(몬모릴로나이트)과 교환성 양이온 층에 있는 알칼리/알칼리토류 이온(Ca , K 및 Na)이 조합된 조성으로 보아 무리가 없으며, CaO 의 함량으로 볼 때 첨가된 벤토나이트는 주로 Ca-montmorillonite인 것으로 보인다. 폐콘크리트 슬러지에 더 많은 양의 CaO 가 함유된 것은 시멘트 페이스트 경화체에서 유래된 것이며, 골착 슬러지보다 SO_3 (석고에서 기인)가 훨씬 많이 함유된 것도 같은 이유 때문임을 알 수 있다. 따라서 이들 성분의 함량이 상대적으로 적은 B 시료는 시멘트 페이스트 분말의 함량이 적게 들어가고 그 대신 규산알미늄질 자갈로부터의 SiO_2 와 Al_2O_3 및 불순물로서의 Fe_2O_3 와 MgO 가 더 함유되게 되었다고 해석된다. 이러한 해석은 Al_2O_3 단일 성분으로 이루어진 광물(골재)이 우리나라에는 거의 없음에도 불구하고 이 함량이 비교적 높으므로 SiO_2 는 세골재인 모래에서 분쇄되어 나온 것뿐만 아니라 다량이 자갈에서 마멸되어 혼합된 것이라는 추론에 의한 것이다. 이렇게 시멘트 페이스트의 함량이 적고 규산알미늄 성분이 많이 함유된 슬러지가 열처리에 의한 pozzolan화로 재수화성을 부여하는 방식의 고화제 합성에 더 유리할 것인지는 확인 실험이 필요할 것이다. 대부분의 시료는 SiO_2 와 Al_2O_3 의 합이 62~78%로서, 열처리를 통하여 수경성 광물을 합성하고자 할 경우에는 염기도가 대폭 부족하므로 상당량의 CaO 성분을 추가로 혼합해야 하는 조성임을 알 수 있다. 이러한 경우 P_2O_5 , MnO , TiO_2 및 Cl 은 함량으로 볼 때 고화제의 합성에는 별 영향이 없을 것으로 보이지만 K_2O 의 함량이 다소 많은 점은 추후 슬러지로 제조한 고화제가 특성의 골재와 알칼리골재반응(alkali-aggregate reaction)을 야기할 우려는 없는지 면밀한 검토가 필요할 것이다.

Fig. 3은 슬러지 시료들의 X선 회절분석 결과를 나타낸 것이다. 앞의 폐콘크리트 슬러지의 화학분석 결과에서는 모든 시료가 시멘트의 조성과는 전혀 다른 조성, 즉 다량의 SiO_2 , Al_2O_3 및 알칼리 산화물이 함유됨으로서 이들이 골재로부터 혼합된 것임을 알 수 있었다. 그러나 X선 회절분석은 세골재인 모래에서 주로 기인

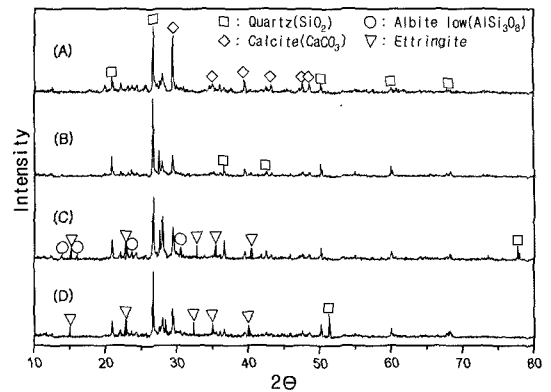


Fig. 3. X-ray diffraction pattern of sample A, B, C and D.

된 α -Quartz의 피크와 C, D 시료에 나타난 조골재에서 기인된 소다장석의 피크, Fig. 2에서 관찰된 에트링자이트 피크를 제외하고는 별 정보를 얻을 수 없음을 알 수 있다. 또한 XRD pattern중 기저부의 형태는 모든 시료에 비정질 상이 함유되어 있음을 보여 주는데, 이는 벤토나이트와 같은 고 활성물질 또는 결정성이 매우 낮은 시멘트 수화물(C-S-H gel)이 높은 pH의 슬러리 상태로 존재하는 시료에서 나타날 수 있는 현상으로 보이며 calcite는 골착 슬러지의 알칼리 분위기에서 생성된 $Ca(OH)_2$ 와 시멘트 수화물 중의 $Ca(OH)_2$ 의 탄산화로 기인된 것으로 사료된다. 회절 피크가 분명한 이들 광물을 제외하면 슬러지를 구성하는 여타의 물질은 비정질 상태이거나 적어도 저결정성인 것으로 볼 수 있는데 이러한 상태는 슬러지를 활용한 고화제의 제조 측면에서는 유리한 상태라고 볼 수 있을 것이다.

Fig. 4는 슬러지 시료들의 열분석 결과를 나타낸 것이다. 1400°C까지의 TG 감량은 골착 슬러지가 약 20%, 폐콘크리트 슬러지인 B, C 및 D 시료가 각각 15%, 15% 및 18% 정도를 나타내고 있으며, 온도 상승에 따른 곡선의 기울기나 700°C 부근의 $CaCO_3$ 의 탈탄산 반응에 의한 CO_2 gas의 방출에 따른 무게 감량 스텝이 매우 유사함을 알 수 있다. 그런데 700°C 부근에서 탈탄산반응에 의해 방출되는 gas의 양은 모든 시료에서 약 1% 정도로서, 전체 감량에 비하여 매우 적으며, 대부분의 감량은 온도가 600°C에 이르기 전에 일어나는 것이 확인된다. 이러한 저온부의 감량이 유기물의 연소에 의한 것이라면 DTA 곡선 상에 발열반응이 나타나야 하나 그렇지 않으므로 이는 비결정성 상(C-S-H gel상 또는 잠정질)에 포함되어 있던 수화물 중의 결합수 탈수에 의한 것이라고 해석된다. 물 이외의

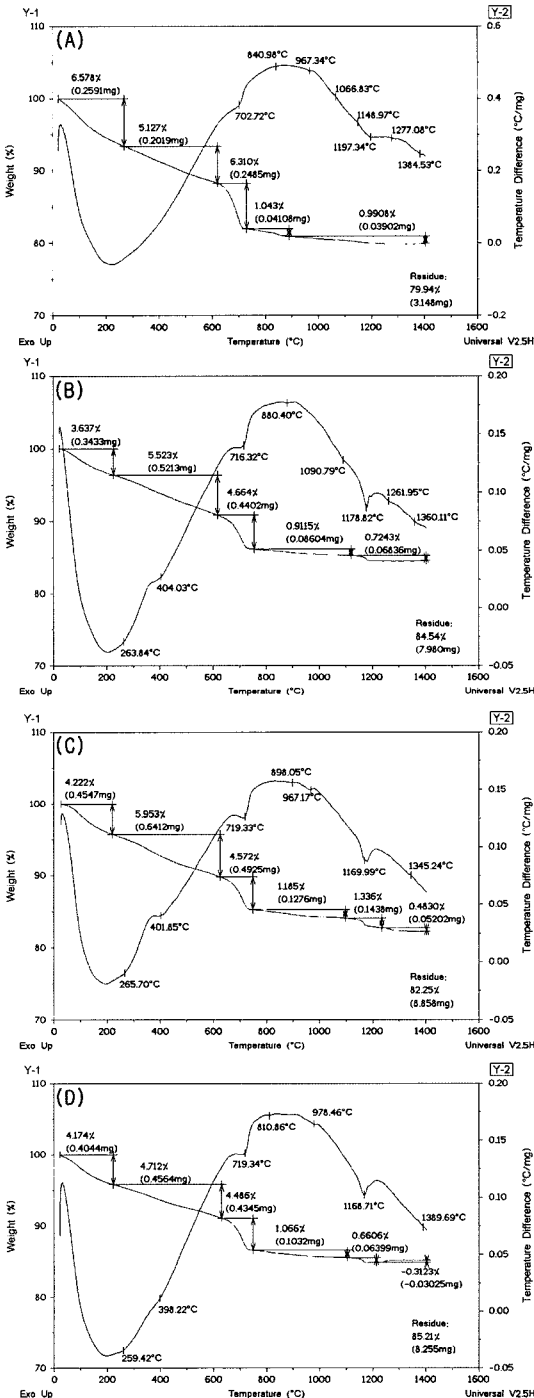


Fig. 4. DTA/TG curve of sample A, B, C and D.

다른 휘발성 물질로 보기에 그 양이 너무 많은 것도 이러한 해석을 뒷받침 한다고 할 것이다. 이러한 결과

는 앞의 X-선 회절분석 결과와 마찬가지로 본 실험에서 사용된 슬러지에는 상당량의 비정질 합수광물이 포함되어 있음을 시사하는 것이며 이러한 상태는 열분해를 통한 활성화나, 수경성 광물의 저온 합성에 매우 유리한 물질상태이므로 이들 슬러지를 활용한 고화제의 제조에 매우 고무적인 결과라고 사료된다. 결정수가 모두 분해된 후의 온도부터 나타나는 DTA 곡선상의 몇 개의 변곡점들은 새로운 광물들의 생성반응을 뜻하며 이는 열분해 산물들의 반응성이 매우 활성화 된 상태임을 나타내고 있다. X-선 회절 pattern에 나타났던 calcite의 분해는 TG 곡선 상에는 거의 나타나지 않음으로서 그 양이 매우 적었음을 보여주며, 따라서 화학 분석치 상의 상당량의 CaO 성분도 대부분 비정질 상으로 존재할 가능성이 크을 알 수 있다. 한편 1170~1180°C 부근에서 일어나는 감량은 시멘트 경화체에서 기인된 황산화물의 분해로 보이나 감량이 극히 미미하므로 중요시하지 않아도 될 것으로 생각된다.

4. 결 론

건설 현장과 건설 폐기물 처리 현장에서 일정하게 발생하는 몇 가지의 대표적 오니를 선택하여, 고화제 제조 원료 원료로서의 물리·화학적 특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 굴착 슬러지나 폐콘크리트 슬러지는 모두 다량의 화학성분이 비정질 상으로 존재함으로서 정교한 열분해를 통한 활성화나, 수경성 클링커 광물의 저온 합성에 매우 유리한 물질상태인 것이 확인되어 이를 활용한 고화제의 제조에 매우 고무적인 결과를 얻었다. 또한 시료로 사용한 슬러지들은 모두 강한 알칼리성을 띄나, 이는 계면화학적 면에서 슬러지의 활용에 오히려 유리하게 작용한다고 보이며 수쇄 슬래그나 pozzolan 물질의 혼합시에는 알칼리 자극제로서의 작용도 기대할 수 있을 것으로 보인다.

2. 슬러지에는 우려할만한 중금속은 포함되어 있지 않지만 골재로부터 분쇄된 광물로 인하여 시멘트 경화체의 조성에 비하면 SiO₂, Al₂O₃, K₂O 및 MgO가 과다하고 CaO는 과소한, 전혀 다른 조성으로 이루어져 있으므로 열처리를 통하여 수경성 광물을 합성하고자 할 경우에는 상당량의 CaO 성분을 추가로 혼합하여 염기도를 높여 주어야하는 조성이며, K₂O 성분으로 인한 고화제의 알칼리플레반응성 우려에 대해 주의 깊게 검증 할 필요가 있다.

3. 대부분의 슬러지, 특히 굴착 슬러지의 입자는 고화제 클링커 합성용 분체원료나 고화제 혼합용 혼합재로서 충분히 작은 입도와 입도 분포를 보이나, 폐콘크리트 슬러지의 경우는 콘크리트의 종류에 따라 슬러지의 입도와 입형이 쉽게 변동되므로 이를 활용한 고화제의 제조에는 입도분리나 재분쇄 등 슬러지의 품질관리를 위한 적절한 전처리 관리 방안이 수립되어야 할 것이며 화학조성의 변동 또한 같은 개념에서 관리하지 않으면 안 될 것으로 보인다.

사 사

본 연구는 2006년 건설교통부 건설기술연구개발 중 '건설폐기물 재활용 기술개발(05건설핵심D02) 사업'의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 2002:건설폐기물 발생량 통계, 환경부.
2. 최 룡, 2004:폐콘크리트 재생미분의 재활용기술 개발 방향과 시멘트-콘크리트의 자원순환체제 구축을 위한 정책 제언, 한국과학기술정보연구원.
3. 최 룡, 2003:폐콘크리트 재생미분의 지반개량재 의 이용 기술 개발 동향, 한국과학기술정보연구원.
4. 안지환, 김형석, 조진상, 2003:폐콘크리트로부터 터 회수된 시멘트 페이스트 미분말의 원료화 연구, 한국세라믹학회지, 40, pp.804-810.
5. 강 현, 1999:건설폐기물의 재활용, 韓國有機性 廢資源學會 著, 東和技術, pp.419-478.
6. 김순호, 2002:굴 패각을 이용한 지반 개량형 고 화제 개발에 관한 연구, 한국폐기물학회지, 19(7), pp.855-863.
7. 이승무, 1989:유해 중금속함유 슬러지의 고화처 리에 관한 연구, 한국폐기물학회지 6(2), pp. 143~151.

成 珍 慶



- 2007 경상대학교 세라믹공학과 석사과정
- 현재, 대동기술연구소 선임연구원

金 淳 鎬



- 2004 경상대학교 재료공학과 공학박사
- 현재, 대동기술연구소 소장

裴 源 泰



- 1987 연세대학교 요업공학과 공학박사
- 현, 경상대학교 나노신소재공학과 교수

全 明 勳



- 2007 한양대학교 건축공학과 박사수료
- 현, 대한주택공사 책임연구원