

Effect of Meta Kaolin addition to Activation of waste concrete sludge

황규홍 · 김재준* · 연상흠

<경상대학교 공학연구원>

Abstract

The utilization of calcined clay, in the form of meta kaolin, as a pozzolanic for mortar and concrete has received considerable attention in recent years. so, the influence of waste concrete sludge and meta kaolin on cement concrete strength has been studied. The tested mixtures were composed of different types of waste concrete sludge, including meta kaolin, prepared by optimum proportioning method.

To evaluate better increase of strength compared to control meta kaolin, relative compressive strength was calculated. The experience shows that sludge and meta kaolin behave as an active material, producing an increase of compressive strength compared to control mortars, probably due to pozzolanic properties of sludge and meta kaolin. As a result, compressive strength of sludge cement mortars reaches above 90% of strength of its natural cement mortar.

메타카올린 형태로 하소된 점토의 활용은 포졸란 반응에 따른 모르타르와 콘크리트에 의해서 최근에 중요시되고 있다. 그래서 시멘트콘크리트강도에서 폐콘크리트 슬러지와 메타카올린에 의한 영향에 대하여 연구하였다. 혼합방법은 메타카올린을 포함하는 폐콘크리트 슬러지의 여러가지 혼합타입으로 구성 되며 균형을 잡기 위한 최적의 방법으로 준비하였다. 또한 강도

의 증진을 평가하기 위해 메타 카올린의 배합 비로 비교하였고, 상대적인 압축강도를 측정하였다. 이 실험은 메타카올린과 슬러지가 활성화 물질로 행동하며 슬러지와 메타카올린의 포졸란 특징 때문에 콘크리트 조질에 의해서 압축강도의 증가를 비교 할 수 있었다. 결과적으로 슬러지 시멘트 모르타르는 자연 시멘트 모르타르에 90%정도의 압축강도를 보였다.

1. 서 론

최근 세계적으로 환경에 대한 관심이 높아지면서 이에 관련된 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 많은 건물들이 노후화 됨에 따라 재건축, 재개발이 활발하게 이루어지고 있다. 이러한 이유로 많은 폐기물들이 발생하였고, 폐기물들은 주로 매립하여 처리되어 왔으나 최근에 매립지 확보자체가 또 다른 문제로 제기되고 있다. 환경보존 및 자원의 재활용 관점에서 폐콘크리트를 경제적으로 이용하는 방안은 매우 중요한 과제 중의 하나로 인식되기 시작하였다.

분쇄된 폐콘크리트를 시멘트 콘크리트 재료로 활용하는 방안으로 재생골재에 대한 활용으로 많이 연구되고 있다. 이러한 재생골재는 현재 많이 활용되고 있으며 그 범위가 더욱더 넓혀가고 있는 추세이다. 하지만 재생골재 처리과정에서 또 하나의 부순물인 슬러지가 생겨나는데, 이 슬러지는 폐골재 처리 과정에서 생기는 콘크리트 분말 및 모래 등 여러가지 부순물이 혼합된 슬러지로서 또 다른 환경문제를 발생시키고 있다.

Table 1. Chemical composition of raw materials (%)

	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO(%)	MgO(%)
Cement(OPC)	19.6	7.3	3.3	63.2	2.5
Waste concrete sludge	52	15	13.7	11	3.3
Meta kaolin	57.4	14.4	4.8	15.6	1.9

본 연구는 이러한 슬러지를 최적배합 및 포졸란 물질과의 혼합을 통하여 슬러지 시멘트 개발과 첨가제로의 활용에 대해서 연구하였다.

2. 실험

2.1 원료

출발원료로서 먼저 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 밀도는 3.26g/cm³ 이고 BET는 0.35m²/g 이다. 그리고 포졸란 물질로서 메타 카올린을 사용하였으며 BET는 29m²/g이고 Blaine는 12,000이다. 모래는 표준사를 사용하였으며 슬러지는 폐콘크리트 처리시 생성되는 미분말을 사용하였다.

Table. 1에서 원료에 대한 성분을 표시하였다.

2.2 시멘트 모르타르 공시체 제작 및 특성평가

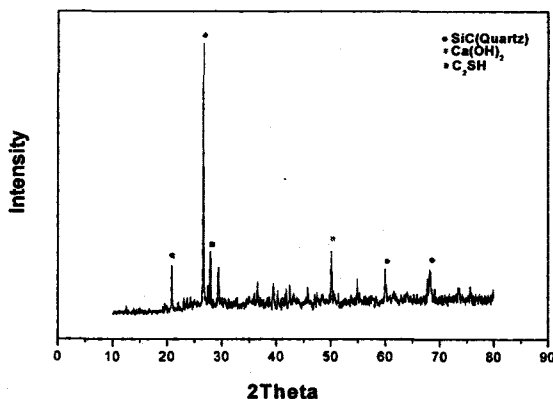


Fig. 1 XRD pattern of the sludge of waste concrete

시멘트 모르타르 실험은 KS F 5105 따라 제작하였으며 물-시멘트(W/C) 0.5로 유지하였다.

제조된 모르타르 시편은 1일 습윤양생 후 온도 23±2℃의 수중에서 양생하였으며 압축강도는 KS F 2405에 따라 각각 양생기간 3일, 7일, 28일로 공시체 9개에 대한 강도의 평균값을 사용하였다. 시편의 특성을 관찰하기 위해서 아르키메데스법(KSL 3114)를 이용하여 흡수율과 기공을 및 밀도를 측정 하였으며 표면 관찰 및 성분분석을 위해서 XRD 및 SEM을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 슬러지 물성

위의 Table. 1에서 보듯이 슬러지는 SiO₂가 절반이상이며 그 나머지는 주로 Al₂O₃와 Fe₂O₃, CaO, MgO 등으로 이루어져 있다. 또한 슬러지의 수분 흡수율은 하수 슬러지가 70~80%인 반면에 폐콘크리트 슬러지는 약 56%로서 기존의 슬러지 보다 수분 흡수율이 낮아서 수분조절이 더욱더 쉽다. 또한 슬러지는 폐콘크리트 미분말로 모래의 성분이 주를 이루고 있지만 폐콘크리트를 분쇄하는 과정에서 나온 미분말로써 Fig. 1에서 보여지듯이 C-S-H의 수화물이 생성되어 있는 것을 알 수 있었고 미량의 Ca(OH)₂가 존재하는 것을 알 수 있었다.

또한 Table. 2에서 슬러지 비율에 따른 밀도를 나타내고 있는데 15%의 혼합비율이 기준시편에 가장 가까이 나타났었다.

Table 2. Bulk density of cement and sludge mortars

Rate(%)	0%	5%	10%	15%	20%
Bulk density	2.2	1.8	1.66	1.92	1.78

3.2 압축강도

Fig. 2에서 보듯이 이러한 슬러지를 이용한 압축강도는 약 50~70%의 기존 모르타르 강도를 나타내었다.

이는 슬러지에 포함되어 있는 CaO성분의 수화와 첨가한 시멘트의 수화로 생성한 Ca(OH)₂의 존재로 슬러지의 잠재수경성을 자극하여 수화가 진행되었지만 슬러지가 가지고 있는 수화물이 대부분 수화가 진행된 상태이며 잠재 수경성 또한 슬러지 만으로는 낮기 때문에 낮은 강도를 나타내었다.

Fig. 3은 슬러지 와 시멘트와의 배합비율에 따른 XRD분석 결과 이다. 슬러지를 각각 5%, 10%, 15%, 20%를 시멘트에 치환하여 모르타르 27일에 대한 분석으로서 모든 배합에서 Ca(OH)₂와 C-S-H의 수화물이 생겨나고 있는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 전체적으로 C-S-H가 비슷한 강도를 나타내는 반면에 Ca(OH)₂의 수화물이 다르게 분포 되었다. 이는 위에 강도 실험결과와의 결정적인 원인으로서 Ca(OH)₂의 수화물의

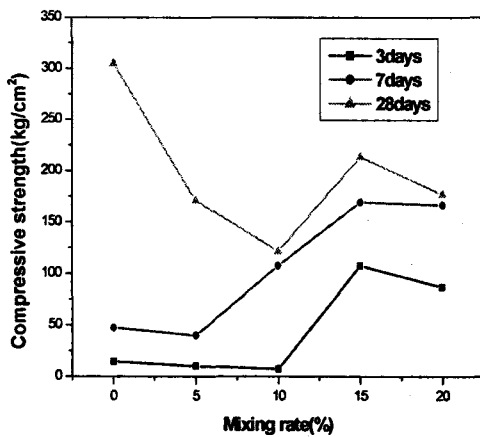


Fig. 2 Compressive strength of cement mortars with sludge

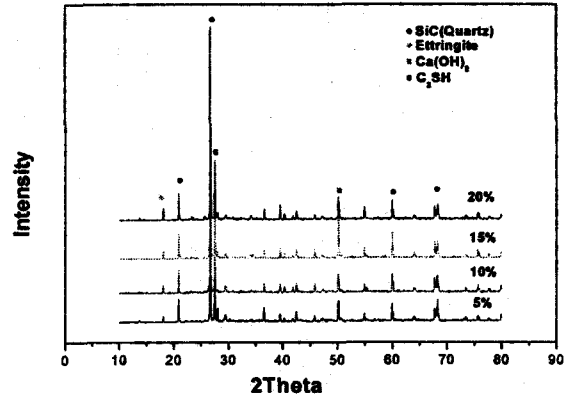


Fig. 3 XRD pattern of the sludge of waste concrete at Mixing rate

분포에 따라 압축강도 값이 달라지는데 이는 위에서 언급했듯이 CaO성분이 시멘트와 함께 수화 되는 것이 다른 배합비보다 15%로 일 때 가장 많은 수화물이 생성될 수 있다는 결과를 가져 올 수 있었다.

Fig. 4에서는 위의 결과물에 대한 SEM으로 파단면에 대하여 관찰해보았다

그림에서 보듯이 5%와 15%, 20%는 Ettringite는 성장이 억제되어 있는 것을 알 수가 있으나 10%의 배합에서는 Ettringite장이 억제되지 못하고 길게 뻗어 있는 것을 알 수가 있었다.

Ettringite는 초기강도에서는 증진의 효과를 가져오지만 후기강도에서는 오히려 증진의 방해가 되므로 성장의 조절이 중요하다는 것은 잘 알려져 있다. 그래서 위의 SEM관찰 결과 10%의 압축강도는 다른 배합에 비하여 낮은 것을 알 수가 있었다.

위의 종합적인 결과로 슬러지와 시멘트의 배합비율은 대략적으로 15%에서 가장 높은 압축강도를 가진다는 것을 알 수가 있었다.

이러한 결과를 바탕으로 배합비에 따른 슬러지의 강도증진에는 한계를 보인다는 것을 확인하고 다양한 슬러지 시멘트의 활성화방법중 포졸란 물질에 의한 강도 증진을 위하여 메타 카올린을 사용하여 배합비를 조절하였다.

Fig. 5는 메타카올린을 슬러지 15%에 각각 5%, 10%, 15%, 20%로 시멘트에 치환하여 나타난 압축강도 이다.

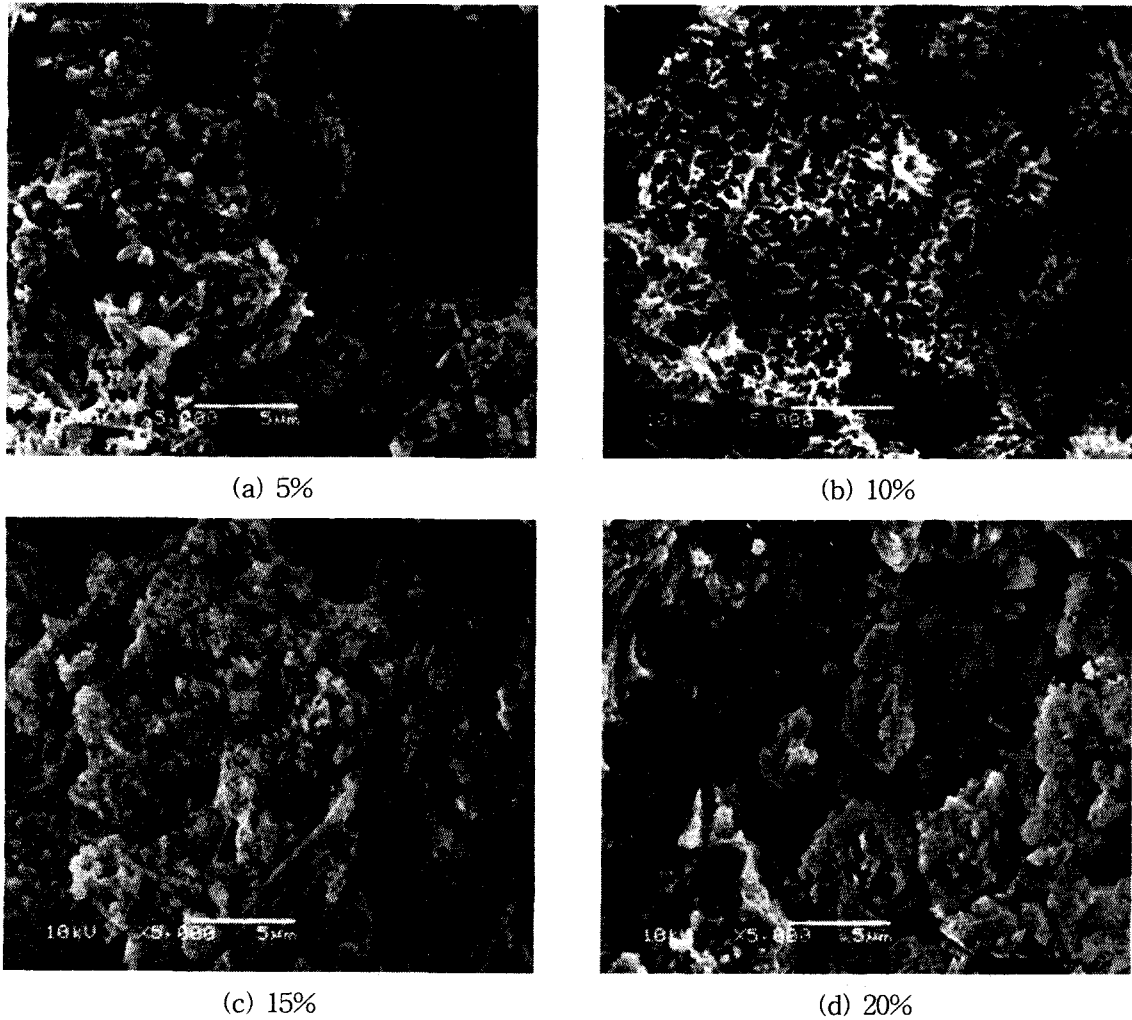


Fig. 4 SEM of sludge in cured mortars

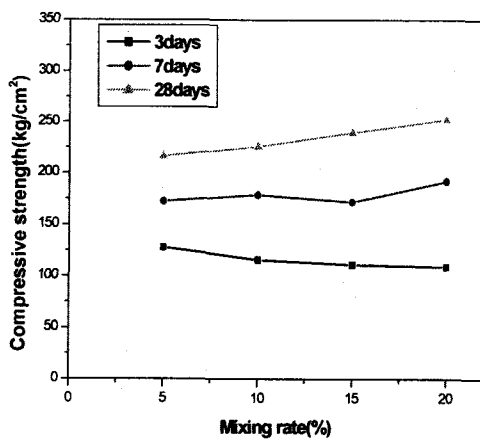


Fig. 5 Compressive strength of sludge(15%) with meta kaolin

Fig. 5결과에서 메타 카올린에 의해서 전반적으로 강도가 10%정도의 강도 증진의 효과를 보였다. 이는 메타 카올린이 잠재수경성 물질로서 슬러지에서 부족했던 수화물반응이 메타 카올린에 의해서 다시 수화되어 강도가 증진되었다.

이는 Fig. 6의 XRD분석에서 그 원인을 찾을 수 있었다.

각 배합에 따른 XRD분석을 보듯이 전반적으로 C-S-H와 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 수화물이 안정적으로 관찰되었다. 하지만 ettringite는 메타카올린의 첨가량에 따라 점차적으로 억제 되었으며 이는 후기 강도 발현의 원인이 되었다.

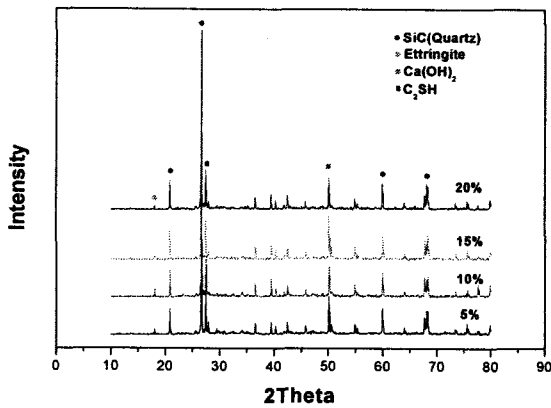


Fig. 6 XRD pattern of the sludge(15%) with meta kaolin

4. 결 론

폐콘크리트 미분말을 시멘트의 첨가제로 활용할 경우 15%의 비율이 가장 높은 압축강도를 얻을 수 있었다

이는 시멘트와 폐콘크리트 미분말(슬러지)의 수화반응이 15%에서 가장 많이 일어난다는 것을 알 수 있었고 이러한 슬러지 배합 비를 활용하여 남아 있는 수경성 물질들과 포졸란 반응을 통하여 압축강도를 시멘트와 모래로 만든 기준 시편의 약 80%의 압축강도를 얻을 수 있었다.

< References >

1. Jin Gun Sohn, Jong Gyu Lee, "Fabrication of the Cement for the Solidification of the Toxic Waste using Waste Concrete Powder," Journal of the Korean Ceramic Society.
2. M. Yamada, "Reuse of waste Concrete for New Concrete," Cement & Concrete,
3. H. Matsushita, H. Tsuruta, Y. Sue and A. Kokubo, "A Study on Compressive Strength and Drying Shrinkage of Recycled Aggregate Concrete." Cement Science and Concrete Technology, 4476(2000).
4. Y. Kojima, T. Tasue and Y. Arai, "Preparation of Reclaimed Cement from Waste Concrete," Gypsum & Lime, 244 153(1993).
5. M. Tamura, F. Tomosawa and T. Noguchi, "Recycled Oriented Concrete with Easy-to-collect Aggregate," Japan Cement Association Proceedings of Cement and Concrete, 51494(1997).
6. M. Tamura, Y. Kitutaka and K. Kobayashi, "Development of Recyclable Hydraulic Powders from Recycled Aggregate Manufacturing Processes," Cement Sci. and Concrete Tech, 54757 (2000).
7. J. H. Won, T. H. Ahn, K. H. Choi, S. H. Choi, J. G. Shon and K. B. Shim, "Environmentally Adaptive Stabilization of Hazardous Heavy Metal Waste by Cementitious Materials(I)," J. Kor. Ceram. Soc., 39[7] 680-85 (2002).
8. J. H. Won, K. h. Choi, S. H. Choi, H. H. Lee, J. G. Shon and K. B. shim, "Environmentally adaptive Stabilization of Hazardous Heavy Metal Waste by Cementitious Materials(II)," J. Kor. Ceram. Soc., 39 [12] 1138-42 (2002)