

생황토와 플라이 애시를 혼입한 시멘트 모르타르의 공학적 특성

Engineering Properties of Cement Mortar with Hwangtoh and Fly Ash

임 성 수* · 성 찬 용(충남대)

Im, Sung-Soo* · Sung, Chan-Yong

Abstract

This study is performed to evaluate the engineering properties of cement mortar with hwangtoh and fly ash

The absorption ratio is in the range of 5.22~13.16% and 8.53~13.29% at the curing age 14 and 28 days, respectively. The compressive strength is in the range of 92~458kgf/cm² and 88~316kgf/cm² in water and dry curing at the curing age 28days, respectively. The bending strength and dynamic modulus of elasticity are shown in similar tendency in water and dry curing.

I. 서 론

황토는 우리나라의 전 국토에서 흔하게 볼 수 있는 고유의 전통적인 재료로서, 근래 들어 황토는 그 효용성이 입증되면서 친환경적인 재료로 부각되고 있으며, 시멘트의 일부 치환재로서 건설재료로의 활용이 현재 활발하게 연구되고 있다. 황토는 점토질 포졸란의 일종으로서 광물학적 구분에서 볼 때, 점토광물에 속하며 포졸란 재료와 유사한 성분을 가지고 있어 550~950℃ 정도의 열을 가한 후 냉각시킨 활성황토의 경우 포졸란 반응을 일으키는 것으로 연구 보고되고 있다.^{1,2)} 한편, 석탄회의 생산량이 증가함에 따라 이에 대한 처리문제가 대두되고 있는데, 적정량을 혼화재로 사용할 경우 시공성이 개선되며, 단위수량을 줄일 수 있고, 장기강도가 증진되며 수밀성과 화학저항성이 향상되는 것으로 알려진 플라이 애시를 사용할 경우 환경보호측면에서도 매우 유의할 것이다.

따라서, 본 연구에서는 친환경적이고 경제적인 건자재를 개발하기 위하여 시멘트 대체재료로 사용한 플라이 애시와 황토의 대체율 변화에 따른 공학적 특성을 구명코자 한다.

II. 재료 및 방법

1 사용재료

가. 시멘트

시멘트는 KS F 5201에 규정된 국내 S사 제품의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다

나. 황 토

황토는 비중 2.69인 충청남도 조치원 인근에서 채취한 것을 사용하였다.

다. 플라이 애시

보령화력발전소에서 부산되는 비중이 2.39 비표면적이 3,152cm²/g 인 플라이 애시를 사용하였다

라. 모래

모래는 비중 2.62, 흡수율 0.87, 조립율 2.66인 천연모래를 사용하였다.

마. 고성능감수제

콘크리트의 강도증진과 유동성 확보를 위하여 나프탈렌 설폰산염을 주성분으로 하는 고성능감수제를 사용하였다.

2. 시험체 제작

가. 모르타르 배합

모르타르의 배합은 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법 (KS L 5101)에 준하여 결합재와 모래의 비를 표준배합인 1:2.45로 하였으며, 물-결합재비는 흐름(Flow)시험에 따른 플로우 값이 110~115안에 들도록 하였다. 또한, 모르타르의 강도증진과 유동성 확보를 위해 고성능감수제를 결합재 중량의 1%를 사용하였다. 그리고 시멘트, 황토, 플라이 애시의 배합비에 따른 모르타르의 물리·역학적 특성을 알아보기 위하여 황토를 결합재 중량의 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%로 대체 하였으며, 플라이 애시는 시멘트 중량의 20%를 대체하여^{3,4)} 11가지 배합으로 하였다.

나. 시험체 제작 및 양생

시험체 제작은 KS L 5105(시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법)에 준하였으며, 몰드에 타설된 모르타르는 양생상자 (21℃, 습도 96±2%)에서 24시간 정치 후 탈형하여 소정의 재령까지 수중양생(23±2℃)과 옥외폭로양생(1일에 1회 살수) 2종류로 양생하였다.

3. 시험방법

시험은 다음과 같이 KS에 규정된 방법에 준하여 수중양생, 옥외폭로양생된 시험체를 재령 14일과 28일에 측정하였으며, 3회 반복 시험한 것의 평균값을 실험 결과치로 하였다.

가. 흡수율 시험

흡수율 시험은 KS F 2503에 준하여 $\phi 75 \times 150$ mm 시험체를 표건상태와 절대건조상태의 중량을 측정하여 흡수율을 구하였다.

나. 강도 시험

압축강도 시험은 KS L 5105 (시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법)에 준하여 측정하였고 휨강도 시험은 40×40×160mm인 시험체를 측정하였다.

다. 동탄성계수 시험

동탄성계수 시험은 7.6×7.6×41.2cm인 시험체를 사용하였으며, BS 1881(콘크리트의 동탄성계수 측정방법)에 의해 재령 14일과 28일에 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 흡수율

흡수율은 수중양생 14일과 28일에서 각각 5.58~15.08%와 5.22~13.16%로 나타났으며, 옥외폭로양생 14일과 28일에서 각각 6.35~13.33%와 8.53~13.29%로 나타나 수중양생과 옥외폭로양생 모두 황토의 대체율이 증가함에 따라 흡수율이 증가하였으며, 옥외폭로양생한 경우가 수중양생한 경우보다 흡수율이 크게 나타났다. 이는 황토가 표면이 넓은 벌집구조로 수많은 공간이 복층구조이고 시멘트량의 감소로 내부 밀실화가 덜 일어났기 때문이라 생각되며, 수중양생의 경우 수화작용을 위한 충분한 물공급으로 옥외폭로양생보다 더 밀실하게 양생되어 흡수율이 더 작게 나온 것으로 생각된다.

2. 압축강도

압축강도는 수중양생의 경우 재령14일에서 68~422kgf/cm², 재령28일에서 92~458kgf/cm²의 값을 나타내었고, 옥외폭로양생의 경우 재령14일에서 68~296kgf/cm², 재령28일에서 88~316kgf/cm²의 범위를 나타내어 수중양생과 마찬가지로 황토의 대체율 증가에 따라 압축강도는 감소하였으며, 황토의 대체율이 증가할수록 압축강도는 거의 직선적으로 감소하는 것으로 나타났다. 이는 황토의 대체율 증가에 따른 시멘트량의 감소와 높은 온도로 가공하지 않은 천연 황토를 그대로 사용하여 포졸란 반응이 일어나지 않고 시멘트 입자와 물간의 수화반응에 저해하는 요인으로 작용하였기 때문이라 생각된다. 수중양생에 비해 옥외폭로양생은 재령14일의 경우 0~34%, 재령28일의 경우 1~32%의 압축강도 감소를 나타냈다. 또한, 수중양생이 옥외폭로양생보다 황토의 대체율에 따른 강도감소율이 컸으며 황토를 50% 대체한 경우 양생조건과 재령의 증가에 따른 압축강도의 차이는 그리 크지 않은 것으로 나타났는데, 이는 황토의 대체율이 커짐으로써 시멘트의 절대량 감소로 인해 상대적으로 양생조건이나 재령에 영향을 적게 받은 것으로 생각된다.

3. 휨강도

휨강도는 수중양생의 경우 재령14일에서 20~63kgf/cm², 재령28일에서는 22~67kgf/cm²의 값을 나타내었고, 옥외폭로양생의 경우 재령14일에서 17~61kgf/cm², 재령28일에서 20~62kgf/cm²의 범위를 나타내어 수중양생과 마찬가지로 황토의 대체율 증가에 따라 휨강도는 감소하여 압축강도와 비슷한 경향을 나타내었으며 황토의 대체율이 증가함에 따라 휨강도는 점차적으로 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 황토의 대체율이 증가할수록 시멘트 절대량이 감소하여 수화작용을 위한 수분공급의 영향을 적게 받은 것으로 생각된다.

4. 동탄성계수

동탄성계수는 수중양생의 경우 재령14일에서 $142 \times 10^3 \sim 300 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$, 재령28일에서 $159 \times 10^3 \sim 313 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 를 나타내었고, 옥외폭로양생의 경우 재령14일에서 $93 \times 10^3 \sim 263 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$, 재령28일에서는 $104 \times 10^3 \sim 271 \times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ 범위를 나타내어 황토의 대체율이 증가함에 따라 감소하였으며, 수중양생한 경우가 옥외폭로양생보다 크게 나타났다. 이는 황토의 대체율 증가에 따라 시멘트량이 감소하여 수화작용이 적게 일어났기 때문이라 생각되며, 수중양생의 경우에 충분한 수분공급으로 옥외폭로양생한 경우보다 크게 나타난 것으로 생각된다.

IV. 결 론

이 연구는 시멘트의 일부를 황토와 플라이 애시로 대체한 모르타르의 물리·역학적 특성을 구명한 것으로서, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 흡수율은 수중양생의 경우 재령14일과 28일에서 각각 5.58~15.08% 과 5.22~13.16%로 나타났고, 옥외폭로양생의 경우 각각 6.35~13.33% 와 8.53~13.29%로 나타났으며, 황토의 대체율이 증가할수록 증가하였고 옥외폭로양생의 경우가 수중양생에 비해 크게 나타났다.
2. 압축강도는 수중양생의 경우 재령14일과 28일에서 각각 68~422kgf/cm² 과 92~458kgf/cm²로 나타났고, 옥외폭로양생의 경우 재령14일과 28일에서 각각 68~296kgf/cm² 과 88~316kgf/cm² 의 범위로 나타났다.
3. 휨강도는 수중양생의 경우 재령14일과 28일에서 각각 20~63kgf/cm² 과 22~67kgf/cm²로 나타났고, 옥외폭로양생의 경우 재령14과 28일에서 각각 17~61kgf/cm² 과 20~62kgf/cm² 의 범위로 나타났다.
4. 동탄성계수는 수중양생의 경우 재령14일과 28일에서 각각 $142 \times 10^3 \sim 300 \times 10^3$ kgf/cm² 과 $159 \times 10^3 \sim 313 \times 10^3$ kgf/cm² 로 나타났고, 옥외폭로양생의 경우 재령14일과 28일에서 각각 $93 \times 10^3 \sim 263 \times 10^3$ kgf/cm² 과 $104 \times 10^3 \sim 271 \times 10^3$ kgf/cm² 으로서 황토의 대체율 증가에 따라 감소하였으며 수중양생이 옥외폭로양생한 경우보다 크게 나타났다.

참 고 문 헌

1. Choi, H. Y., H. Z. Hwang, M. H. Kim and M. H. Kim, 2000, A study on the development of Hwangtoh admixture for the application of cement mortar (in Korean), *Architectural Institute of Korea*, 16(6) : 95~102.
2. Frias M., M. I. Sánchez de Rojas and J. Cabrera, The effect of the pozzolanic reaction of metakaolin has on the heat evolution in metakaolin-cement mortars, *Cement & Concrete Research*, 30(2) : 209~216.
3. Oh, B. H., 1996, International workshop on utilization of fly ash : strength, mechanical characteristics and applications of fly ash concrete (in Korean), Korea Electric Power Corporation : 89~111.
4. Sung, C. Y. and Y. K. Han, 1999, Physical and mechanical properties of permeable polymer concrete with fly ash and CaCO₃ (in Korean), *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 41(2) : 104~110.