

생황토와 플라이 애시를 혼입한 시멘트 모르타르의 물리·역학적 특성

Physical and Mechanical Properties of Cement Mortar with Hwangtoh and Fly ash

* 임 성 수(충남대) · 윤 준 노(충남대농과연) · 성 찬 용(충남대)

* Im, Sung-Soo · Youn, Joon-No · Sung, Chan-Yong

Abstract

This study is performed to examine the physical and mechanical properties of cement mortar with Hwangtoh and fly ash. The unit weight is in the range of $2,068\text{kg}/\text{m}^3 \sim 2,137\text{kg}/\text{m}^3$ and $1,899\text{kg}/\text{m}^3 \sim 2,045\text{kg}/\text{m}^3$, the compressive strength is in the range of $92\text{kgf}/\text{cm}^2 \sim 458\text{kgf}/\text{cm}^2$ and $88\text{kgf}/\text{cm}^2 \sim 316\text{kgf}/\text{cm}^2$ and the pulse velocity is in the range of $3,195\text{m}/\text{s} \sim 4,255\text{m}/\text{s}$ and $2,670\text{m}/\text{s} \sim 3,953\text{m}/\text{s}$ in water and dry curing, respectively. Also it is decreased with increase of the content of Hwangtoh.

I. 서 론

황토는 우리나라의 전 국토에서 흔히 볼 수 있는 재료로서, 예로부터 온돌바닥재와 벽체에 많이 사용하여 왔다. 근래 들어 황토는 그 효용성이 입증되면서 친환경적인 재료로 부각되고 있으며, 시멘트 콘크리트의 알칼리 성분을 중화시키고 축열효과가 뛰어나며 흡착력이 탁월하여 쾌적한 주거환경이나 생활환경을 제공할 수 있는 것으로 알려져 있다.¹⁾ 또한, 열을 받으면 원적외선이 발산하는 특징이 있으며 고온으로 가열하여 활성시킬 경우, 포졸란 반응을 일으키는 것으로도 보고되고 있다.^{2,3)}

따라서, 본 연구에서는 황토를 보다 친환경적이고 경제적인 전자재로 개발하기 위하여 시멘트의 일부 대체용으로 황토를 사용한 시멘트 모르타르의 물리·역학적 특성을 구명코자 한다.

II. 재료 및 방법

1 사용재료

가. 시멘트

S회사 제품으로서 비중은 3.15, 산화칼슘(CaO)이 63.85% 함유된 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

나. 황 토

충청남도 조치원 인근에서 채취한 것으로 비중이 2.69, 규사(SiO₂)가 63.9%인 황토를 사

용하였다.

다. 플라이 애시

플라이 애시는 보령화력발전소에서 부산되는 비표면적이 $3,150\text{cm}^2/\text{g}$ 인 것을 사용하였다.

라. 모래

금강유역에서 채취한 비중이 2.62인 천연 모래를 사용하였다.

마. 고성능감수제

콘크리트의 강도 증진과 유동성 확보를 위하여 나프탈렌 설폰산염을 주성분으로 하는 고성능 감수제를 사용하였다.

2. 공시체 제작

가. 모르타르 배합

모르타르의 배합은 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법(KS L 5105)에 준하여 결합재와 모래의 비를 표준배합인 1:2.45로 하였으며, 물-결합재비는 흐름(Flow)시험에 따른 플로우값이 110~115안에 들도록 하였다. 또한, 모르타르의 강도증진과 유동성 확보를 위해 고성능감수제를 결합재 중량의 1%를 사용하였고, 황토를 결합재 중량의 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50% 대체하였으며, 플라이 애시는 적정 대체율로 알려진 시멘트 중량의 20%를 대체하여 총 11가지 배합으로 하였다.^{4,5)}

나. 공시체 제작 및 양생

공시체 제작은 KS L 5105(시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법)에 준하였으며, 몰드에 타설된 모르타르는 양생상자(21°C , 습도 $96\pm 2\%$)에서 24시간 정치 후 탈형하여 소정의 재령까지 수중양생($23\pm 2^\circ\text{C}$)과 옥외폭로양생 2종류로 양생하였다.

3. 시험방법

시험은 다음과 같이 KS에 규정된 방법에 준하여 수중양생과 옥외폭로양생된 공시체를 재령 28일에 측정하였으며, 3회 반복 시험한 것의 평균값을 실험결과치로 하였다.

가. 단위중량시험은 각 배합별로 $\phi 200 \times 100\text{mm}$ 인 공시체의 표면건조포화상태의 중량과 체적을 측정하여 구하였다.

나. 압축강도시험은 KS L 5105(시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법)에 준하여 50.8mm의 입방체 공시체를 제작하여 90kgf/s 의 재하속도로 측정하였다.

다. 초음파진동속도는 $\phi 200 \times 100\text{mm}$ 인 공시체에 영국 C.N.S사의 PUNDIT를 사용하여 계기의 디지털 숫자가 안정된 후 시험체의 아래와 위 중앙에 직경 50mm의 변환기를 단자와 공시체면에 공극이 생기지 않도록 그리이스를 발라 부착하여 BS 4408(콘크리트의 초음파진동속도 측정방법)에 준하여 측정하였으며, 다음 식으로 산출하였다.

$$P \cdot V = \frac{L}{D \times 10^{-6}}$$

여기서, $P \cdot V$ = 초음파진동속도 (m/s)

D = 측정치 (s)

L = 공시체의 길이 (m)

III. 결과 및 고찰

1. 단위중량

각 배합비에 따른 단위중량은 수중양생한 경우 $2,068\text{kg/m}^3 \sim 2,137\text{kg/m}^3$, 옥외폭로양생한 경우 $1,899\text{kg/m}^3 \sim 2,045\text{kg/m}^3$ 로 나타났으며, 황토의 대체율이 증가할수록 단위중량은 점점 감소하였는데, 이는 황토의 단위중량이 시멘트에 비해 작기 때문으로 생각된다. 또한, 옥외폭로양생한 것보다 수중양생한 것이 4.3%~8.2% 정도 단위중량이 더 큰 것으로 나타났는데, 이는 수중양생의 경우 시멘트가 수화작용하기 위한 충분한 물공급으로 옥외폭로양생보다 공시체가 더 밀실하게 양생되었기 때문으로 생각된다.

2. 압축강도

수중양생의 경우 압축강도는 $92\text{kgf/cm}^2 \sim 458\text{kgf/cm}^2$ 의 값을 나타내었고, 옥외폭로양생의 경우에는 $88\text{kgf/cm}^2 \sim 316\text{kgf/cm}^2$ 의 범위를 나타내었으며, 황토의 대체율이 증가함에 따라 압축강도는 감소하였는데, 이는 황토의 대체율 증가에 따른 시멘트량의 감소와 높은 온도로 가공하지 않은 천연 황토를 그대로 사용하여 포졸란 반응이 일어나지 않고 시멘트 입자와 물간의 수화반응을 저해하는 요인으로 작용하였기 때문으로 생각된다. 또한, 수중양생이 옥외폭로양생보다 황토의 대체율에 따른 강도감소율이 크게 나타났으며, 황토를 50% 대체한 경우 양생조건과 재령의 증가에 따른 압축강도의 차이가 크게 나타나지 않았는데, 이는 황토의 대체율이 커짐으로써 시멘트의 절대량 감소로 인하여 상대적으로 양생조건이나 재령에 영향을 적게 받은 것으로 생각된다.

3. 초음파진동속도

수중양생에서의 초음파진동속도는 $3,195\text{m/s} \sim 4,255\text{m/s}$ 를 나타내었고, 옥외폭로양생에서의 초음파속도는 $2,670\text{m/s} \sim 3,953\text{m/s}$ 를 나타내었으며, 황토의 대체율이 증가함에 따라 감소하였다.

IV. 결 론

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

1. 단위중량은 수중양생한 경우 $2,068\text{kg}/\text{m}^3 \sim 2,137\text{kg}/\text{m}^3$ 으로 나타났고, 옥외폭로양생한 경우 $1,899\text{kg}/\text{m}^3 \sim 2,045\text{kg}/\text{m}^3$ 로 나타났다.
2. 압축강도는 수중양생한 경우 $92\text{kgf}/\text{cm}^2 \sim 458\text{kgf}/\text{cm}^2$ 으로 나타났고, 옥외폭로양생한 경우 $88\text{kgf}/\text{cm}^2 \sim 316\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 범위로 나타났다.
3. 초음파진동속도는 수중양생한 경우 $3,195\text{m}/\text{s} \sim 4,255\text{m}/\text{s}$ 로 나타났고, 옥외폭로양생한 경우 $2,670\text{m}/\text{s} \sim 3,953\text{m}/\text{s}$ 의 범위로 나타났다.
4. 단위중량과 압축강도 및 초음파진동속도는 다같이 수중양생한 경우가 옥외폭로양생한 경우보다 크게 나타났으며, 황토의 대체율이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다.

참고문헌

1. Shin, H. T and J. E. Lee, 1999, A study on the characteristics of hardened body in loess-blast furnace slag systems (in Korean), *Journal of Research Inst. of Ind.* 15 : 311~321.
2. Choi, H. Y., H. Z. Hwang, M. H. Kim and M. H. Kim, 2000, A study on the development of Hwangtoho admixture for the application of cement mortar (in Korean), *Architectural Institute of Korea* 16(6) : 95~102.
3. Frías M., M. I. Sánchez de Rojas and J. Cabrera, The effect that the pozzolanic reaction of metakaolin has on the heat evolution in metakaolin-cement mortars, *Cement & Concrete Research* 30(2) : 209~216.
4. 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.
5. Sung, C. Y. and Y. K. Han, 1999, Physical and mechanical properties of permeable polymer concrete with fly ash and CaCO_3 (in Korean), *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 41(2) : 104~110.