

고로슬래그 미분말과 석고를 사용한 저발열 콘크리트의 특성

Properties of Low Heat Concrete Using Blast

Furnace Slag Powder and Gypsum

* 조 일 호(동양시멘트) · 김 영 익 · 성 찬 용 (충남대)

* Cho, Il-Ho · Kim, Young-Ik · Sung, Chan-Yong

Abstract

This study is performed to properties of low heat concrete using blast furnace slag powder and gypsum.

The test result shows that the air content is in the range of 4.1%~5.1%, the unit weight is in the range of 2,306kg/m³~2,334kg/m³.

The compressive strength of concrete mixed blast furnace slag(BFS) low than ordinary portland cement(OPC) at the curing age of 7days, but it is high or same at the curing age of 28days. And the natural gypsum shows superior compressive strength than the chemical gypsum.

I. 서론

고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트 배합의 기본은 보통 콘크리트의 경우 소요 강도, 내구성, 수밀성, 양호한 작업성을 얻을 수 있는 범위내에서 단위수량을 되도록 적게 정하는 것이 원칙이다. 더욱이 고로슬래그 미분말의 배합을 정하는데 있어서는 사용목적에 충분히 달성할 수 있도록 배합을 정하는 것이 보다 중요하다.^{1,3)}

고로슬래그 미분말을 혼화재로 사용한 프래쉬콘크리트의 성질은, 다른 혼화재와 마찬가지로 무혼입콘크리트와는 다른 성질을 갖고 있다. 일반적으로 고로슬래그 미분말의 표면은 구형에 가깝고 미끄러운 성질이 있으며 이러한 표면성질과 분말도 및 치환율에 따라 보통포틀랜드시멘트와의 비중차이에 의해 페이스트 용적이 증가하는 것으로 알려져 있다. 또한 보통포틀랜드시멘트에 비해 점도가 크기 때문에 프래쉬콘크리트의 성질에 미치는 영향이 다른 것으로 보고되고 있다.^{2,4)}

따라서, 본 연구에서는 저발열 콘크리트 제조의 기초자료 준비를 위하여 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트 제조시 콘크리트 성질에 영향을 미칠 수 있는 고로슬래그 미분말 치환율 및 첨가석고(화학석고, 천연석고)에 따른 프래쉬콘크리트 및 경화콘크리트의 특성을 구명하고 기초자료를 제공코저 한다.

II. 재료 및 방법

1 사용재료

가. 시멘트 및 혼화재

시멘트는 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함)이며, 혼화제는 고로슬래그 미분말(이하 BFS로 약함)을 사용하였다.

나. 석고

석고는 화학이수석고와 천연무수석고 2종류로 고로슬래그 미분말량의 5%씩 첨가하여 사용하였다.

다. 골재

굵은골재는 최대치수 25mm, 비중 2.61, 흡수율 0.86% 및 조립률 6.97인 쇄석을 사용하였으며, 잔골재는 비중 2.84, 흡수율 1.25% 및 조립률 2.84인 강모래를 사용하였다.

라. 화학혼화제

감수제는 D사의 리그닌계로써, 시멘트중량의 0.3%를 사용하였으며, AE제는 소요 공기량 ($4.5 \pm 1\%$)을 얻을 수 있도록 사용하였다.

2. 공시체 제작

가. 배합설계

고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트를 제조하기 위한 배합은 물결합재비 45%에 따른 치환율(0,15,30,40,50%)을 5개로 선정하였으며, 잔골재율은 굵은골재의 단위용적중량이 965~975kg/m³가 되는 범위에서 만족할 만한 작업성을 발휘하도록 최적 잔골재율을 결정하였다.

나. 공시체 제작 및 양생

콘크리트의 비빔은 80ℓ의 강제식 믹서를 사용하여 시멘트와 고로슬래그 미분말을 잔골재와 건비빔한 후 석고와 굵은골재를 첨가하여 다시 건비빔하고 물과 혼화제를 첨가하는 방법으로 실시하였다. 콘크리트의 공기량을 측정후, 재령별 압축강도를 측정하기 위해서 KS F 2403(콘크리트 강도시험용 공시체 제작방법)에 준하여 압축강도 측정용 $\phi 10 \times 20$ cm 원주형 공시체를 각 재령별로 3개씩 제작하여 1일간 기건 양생한 후 탈형하여 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 수중양생을 하였다.

3. 시험방법

시험은 다음과 같이 KS에 규정된 방법에 준하였으며, 3회 반복 시험한 것의 평균값을 실험 결과치로 하였다.

가. 공기량 시험

공기량 시험은 KS F 2421(균지않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험 방법)에 준하여 워싱턴 에어미터를 사용하여 실시하였다.

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2002년 10월 12일)

나. 단위중량 시험

콘크리트의 단위용적중량시험은 KS F 2409(굳지 않은 콘크리트의 단위용적중량 시험방법)에 준하여 실시하였다.

다. 압축강도 시험

콘크리트의 압축강도시험은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도시험 방법)에 준하여 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 의 공시체를 사용하였으며, 재령 1, 3, 7, 및 28일에 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1 공기량과 단위용적중량

공기량은 천연석고를 사용한 경우에는 4.4~5.1%의 범위로 나타났으며, 화학석고를 사용한 경우에는 4.1%~5.1%의 범위로 나타났다. 단위용적중량은 천연석고를 사용한 경우에는 $2,306\text{kg/m}^3 \sim 2,334\text{kg/m}^3$ 의 범위로 나타났으며, 화학석고를 사용한 경우에는 $2,319\text{kg/m}^3 \sim 2,334\text{kg/m}^3$ 의 범위로 나타났다. Fig 1은 공기량과 단위용적중량과의 관계를 나타낸 것으로 전반적으로 반비례 관계를 나타내고 있음을 알 수 있었다. 이들 관계를 상관관계식을 사용하여 환산하면 공기량 1% 증가에 대해 단위용적중량은 화학석고 사용시 약 19kg/m^3 , 천연석고 사용시 약 47kg/m^3 감소하는 것으로 나타났다.

2 압축강도

고로슬래그 미분말의 혼입에 따른 천연석고와 화학석고의 재령에 따른 압축강도의 결과는 Fig.2에서 보는 바와 같다. 압축강도는 무혼입콘크리트 및 고로슬래그 미분말을 혼입한 콘크리트에 대하여 고로슬래그 미분말의 치환율이 커질수록 재령 7일의 압축강도발현이 작아지는 경향을 나타냈다. 그러나 재령 28일에서는 치환율에 따른 강도차이는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. W/B가 45%에서 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 압축강도가 무혼입콘크리트의 28일 압축강도보다 더 높게 나타나 장기강도발현에 있어서 OPC만을 사용한 콘크리트보다 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트가 유리하다는 사실을 알 수 있다.

또한, 천연석고를 사용한 경우가 화학석고를 사용한 경우보다 압축강도가 더 높게 나타나 천연석고에 의한 수화반응이 화학석고를 사용한 경우보다 더 우수하다는 것을 알 수 있다.

고로슬래그 미분말의 치환율이 클수록 재령 7일의 압축강도가 낮게 나타나는 이유는 치환율이 높을수록 고로슬래그 미분말의 양이 증가하게 되므로 초기 수화반응이 지연됨으로써 초기 압축강도발현은 무혼입콘크리트에 비해 작게 나타나는 것이라 할 수 있다. 반면, 재령 28일에서는 치환되는 고로슬래그 미분말의 양이 많아도 재령결과에 따른 OPC의 수화물인 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 가 생성되면서 슬래그의 잠재수경성을 자극시켜 주는 역할을 수행하게 되면서 강도발현이 OPC와 큰 차이를 보이지 않는 것으로 생각할 수 있다.

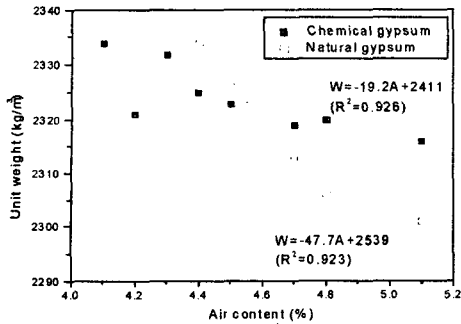


Fig. 1 Correlation between unit weight and air content

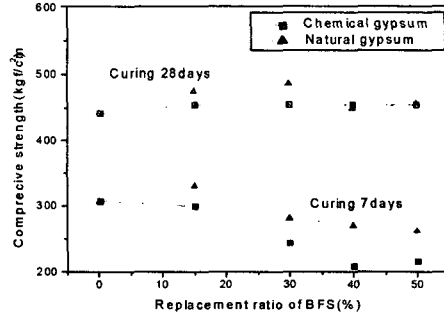


Fig. 2 Relationship between replacement ratio of BFS and compressive strength

IV 결론

고로슬래그 미분말과 석고를 사용한 저발열 콘크리트의 공기량, 단위용적중량, 압축강도 특성을 구명한 것으로써 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 공기량은 천연석고를 사용한 경우에는 4.4%~5.1%, 화학석고를 사용한 경우에는 4.1%~5.1% 범위로 나타났다.
2. 단위용적중량은 천연석고를 사용한 경우에는 $2,306\text{kg/m}^3 \sim 2,334\text{kg/m}^3$, 화학석고를 사용한 경우에는 $2,314\text{kg/m}^3 \sim 2,334\text{kg/m}^3$ 의 범위로 나타났다.
3. 고로슬래그 미분말을 사용한 경우 압축강도는 무혼입 콘크리트에 비해 재령 7일까지는 작은 것으로 나타났으나, 재령 28일에서는 무혼입콘크리트의 압축강도와 거의 차이가 없거나 오히려 약간 높게 나타나 장기강도발현 측면에서 우수한 결과를 나타냈다.
4. 첨가석고에 따른 압축강도 차이는 천연석고를 사용한 경우가 화학석고를 사용한 경우보다 고로슬래그 미분말의 반응성이 우수하였다.

참 고 문 헌

1. Noh, J. H , C. H. Han, Y. S. Song, I. H. Choi and J. H. Cheon, 1997, The application of super-flowing concrete using low heat cement (in Korean), *Proc. of the Korea Concrete Institute* 9(1) : 649~656.
2. P. K. Metha, P. Schiessl and M. Raupach, 1992, Performance and durability of concrete, 9th International Congr, Chem, of Cement, New Delhi 1 : 571~585.
3. Shin, S. W., H. S. Lee, G. W. Han, J. S. Kim, G. S. Park and H. Kang, 1999, Study on the mixing design method of concrete using finely granulated furnace blast slag (in Korean), *Proc. of the Korea Concrete Institute* 11(1) : 625~630.
4. Williamson. R.B., 1991, *Process in materials science*, 15 : 189.