

동슬래그 혼합 잔골재를 이용한 콘크리트의 물리적 특성

Physical Properties of Concrete mixed with Fine Sand and Copper Slag

이진우* 김경민* 배연기** 이재삼***
Jin-Woo Lee Kyung-Min Kim Yeoun-Gi Bae Jae-Sam Lee

ABSTRACT

Development of the construction industry generally exhausts natural aggregate. Hence it is problem to the lack of supply and quality deterioration, so the resource saving and protection of environment is made an effort through recycling by-product.

This study presents that fundamental properties of concrete which used cooper slag as alternate sand of low fineness modulus and plan of cooper slag as concrete aggregate. Testing factors are concrete's slump, air contents, unit weight and compressive strength.

The results of this study are as follows;

- (1) Concrete slump is generally satisfied with the condition but is inferior to the others in substitution rates 30%. Also air contents are 3.1~4.1% and go up according to increase substitution rate.
- (2) Unit weight increase in 1.1% as the mixing ratio of cooper slag argument 10%.
- (3) compressive strength of cooper slag concrete is similar to plain and especially higher 11~15% in W/C 45%, 50%. So it seems that aggregate mixed cooper slag is suitable to low water-cement ratio mixture.

1. 서론

산업의 발달과 함께 콘크리트의 사용량이 점차 늘어감에 따라 천연골재자원의 부족이 심각해지고 천연골재의 수급에 있어 어려움이 커져가며, 특히 경남지역의 천연잔골재의 경우 조립률이 2.0이하로써 콘크리트용 골재로서의 활용에 난점을 가지고 있는 실정이다.

이에 따라 천연골재를 대체 할 수 있는 각종 산업부산물의 재활용과 그에 따른 관련기술개발이 다각적으로 추진되고, 최근 동슬래그가 한국산업규격(KS F 2543, KS F 4009)에 제정되어 콘크리트 및 건설용 골재로서 사용이 인정받았으나 비중 및 조립률 등의 제한적 요소로 그 활용이 미미하다.

따라서 동슬래그의 건설용 골재로서 활용방안의 기술적 검토가 필요하며, 이는 곧 환경보전과 산업부산물의 재활용이라는 측면에서 사회적, 경제적으로 큰 의미를 갖는 일이라 할 수 있겠다.

이에 본 연구에서는 세사와 동슬래그의 혼합골재를 이용한 콘크리트를 제조하고 그 특성을 분석하여 경남지역 천연잔골재 문제점을 해결함과 동시에 동슬래그 활용방안의 기초자료를 제시하고자 한다.

* 정회원, 고려산업개발(주) 연구개발실
** 정회원, 고려산업개발(주) 연구개발실 대리
*** 정회원, 고려산업개발(주) 연구개발실 실장

2. 실험개요

2.1 실험재료

2.1.1 시멘트 및 혼화제

본 실험에 사용된 시멘트는 KS L 5201에 규정된 국내 H사의 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 혼화제는 H사의 표준형 AE 감수제를 사용하였다.

2.1.2 골재

(1) 잔골재

잔골재는 Plain 배합으로 인천산 세척해사를 사용하였으며, 혼합골재로 울진산 세척해사를 사용하였다. 물리적 성질은 KS F 2504와 KS F 2505에 따라 시험을 실시하였으며, 그 결과는 표 1과 같다.

표 1 잔골재의 물리적 성질

구 분	비 중	조립율	단위용적증량 (t/m ³)
울진산해사	2.59	1.80	1,674
인천산해사	2.60	2.77	1,654
동슬래그	3.74	3.50	2,400

(2) 동슬래그

본 실험에 사용한 동슬래그 골재는 국내 L사에서 생산된 CUS 5~0.3 규격을 사용하였다.

2.2 실험계획 및 배합

콘크리트용 골재로서 동슬래그 골재의 활용방안을 검토하기 위하여 Plain 배합에서 슬럼프를 15±2.5cm로 고정하여 인자로 하고, 물시멘트비

표 3 실험계획 및 인자

요 인	슬럼프	W/C(%)	동슬래그 혼입율(%)
인 자	15cm	45, 50, 55	Plain, 30, 50, 70
수 준	1	3	4

를 45에서 55까지 3수준으로 하였으며, Plain 배합에서 목표 슬럼프를 나타낸 배합에 따라, 각 배합별로 동슬래그를 잔골재의 대체제로 하여 혼입율을 30%에서 70%까지 20%씩 늘려 3단계로 배합하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 슬럼프 및 공기량 시험

슬럼프 시험은 KS F 2401에 따라 시료를 채취하여 KS F 2402에 의거 시험하였으며, 공기량 측정에는 KS F 2421에 의하여 워싱턴형 공기량 측정기로 측정하였다.

2.3.2 시험체 제작

시험체의 제작은 배합계획에 따라 중량배합으로 실시하였으며 기계비빔으로 제작하였다. 공시체 제작은 KS F 2403에 의거하여 각 배합별로 압축강도용 공시체(φ10×20cm)를 제작하고 20±3℃의 항온 수조에 넣어 수중양생 하였다.

2.3.3 압축강도 시험

압축강도 시험은 KS F 2405에 따라 시험용 공시체 높이의 중앙에서 서로 직교하는 두 방향의 지름을 0.05mm의 정밀도로 측정하여 그 평균값을 계산하고 공시체의 단면적을 구하였으며 높이의 측정도 같은 방법으로 계산하였다. 시험은 3, 7, 28일을 측정하여 초기강도발현과 재령강도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 잔골재의 조립률

동슬래그골재의 혼입에 따른 콘크리트 특성을 고찰하기 위하여 먼저 혼합골재의 입도를 검토하였다. 혼합잔골재의 조립률은 동슬래그골재의 혼입율에 따라 2.4~3.0 범위를 나타내었으며, 특히 동슬래그골재를 50% 혼입하였을 때 인천산 해사와 유사한 입도분포를 나타내었다.

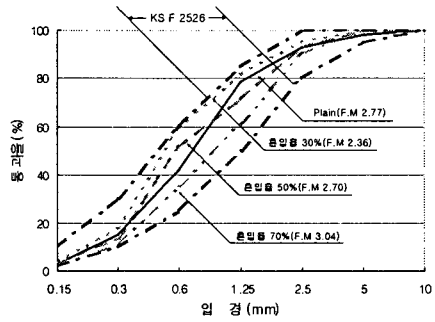


그림 1 잔골재 조립률

3.2 슬럼프 및 공기량

(1) 슬럼프

동슬래그의 혼입에 따른 슬럼프의 영향은 대체로 목표 슬럼프를 만족하였으며 Plain과 유사함으로, 슬럼프 특성만을 기준으로 볼 때 동슬래그가 전체적인 유동특성에 양호한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 다만 혼입율 30%의 경우 다소 낮게 나타났으며, 이는 조립률의 영향인 것으로 판단된다.

(2) 공기량

본 실험에 사용된 배합은 전체적으로 목표 공기량인 $4.5 \pm 1.5\%$ 를 만족하고 있으며, 동슬래그골재의 혼입율이 증가함에 따라 공기량도 다소 증가하는 것으로 나타났다.

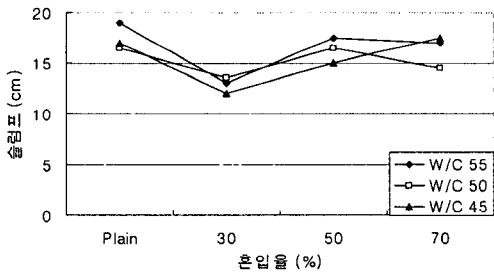


그림 2 혼입율에 따른 슬럼프의 변화

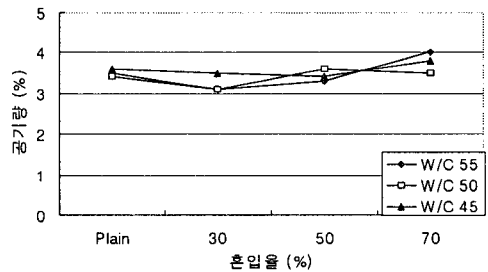


그림 3 혼입율에 따른 공기량의 변화

3.3 단위용적중량

동슬래그골재는 천연잔골재보다 비중이 크므로 콘크리트의 제조시 단위용적중량의 증가를 고려하여야하며, 이를 측정된 결과 전체적으로 $2.40 \sim 2.51 t/m^3$ 의 범위로서 Plain 대비 약 3.35~8.20% 정도 단위용적이 증가한 것으로 동슬래그골재의 혼입율이 10% 증가함에 따라 단위용적중량은 약 1.1% 증가하는 것으로 나타났다.

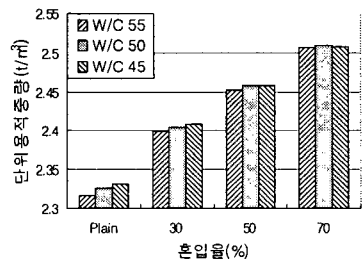


그림 4 혼입율에 따른 단위용적중량

3.4 압축강도

동슬래그혼합잔골재를 이용한 콘크리트의 재령별(3일, 7일, 28일) 압축강도를 측정된 결과 Plain 대비 W/C 45%에서 약 12~15%, 50%의 경우에는 약 11~13% 정도 높게 나타났으나 W/C 55%에서는 Plain과 유사하게 나타나 물시멘트비가 낮을수록 강도발현에 유리한 것으로 판단된다. 다만 동슬래그 혼입율에 따른 압축강도의

변화는 거의 없는 것으로 나타났다.

4. 결 론

(1) 동슬래그 혼입을 증가에 따른 슬럼프는 대체로 목표치를 만족하였으나 동슬래그를 30% 혼입하였을 경우 슬럼프의 저하를 나타내었으며 50, 70% 경우 Plain과 유사한 값을 나타내었다. 공기량 또한 3.1~4.0%로 기준범위를 만족하였으며 혼입율이 증가함에 따라 증가하였다.

(2) 동슬래그의 비중에 따른 콘크리트의 단위용적중량이 약 2.40~2.51t/m³으로 Plain에 비해 0.10~0.20t/m³ 정도 증가하였으며, 동슬래그 혼입율이 10% 증가함에 따라 단위용적중량은 1.1% 정도 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 동슬래그 혼합잔골재를 사용할 경우 콘크리트의 타설위치에 따라 혼입율을 결정할 필요성이 있다.

(3) 압축강도의 경우 Plain과 비교하여 유사하거나 더 높은 강도를 나타냈으며 혼입율에 따른 압축강도의 변화는 없는 것으로 나타났다. 특히 W/C 45%, 50%의 경우 11~15%의 강도증진을 나타냈다. 따라서 물시멘트비가 낮은 배합일수록 동슬래그 혼합골재의 사용에 적합한 것으로 판단된다.

이상과 같이 동슬래그 혼합골재를 이용한 콘크리트의 배합실험을 통하여 제반 특성을 검토한 결과 조립률이 낮은 잔골재의 보정으로 콘크리트의 품질향상을 기대할 수 있으며, 향후 구조물의 테스트와 장기적인 이력의 적립, 내구성에 대한 자료의 확보 등 실제 적용시 품질에 대한 보다 많은 연구가 필요하다 할 수 있다.

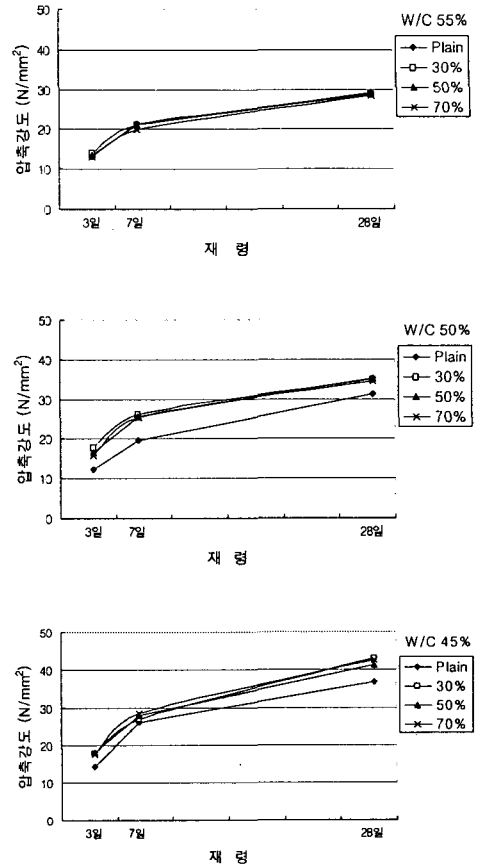


그림 5 혼입율에 따른 재령별 압축강도

참고문헌

1. 한국건설기술연구원, LG-Nikko동제련(주), “동슬래그 골재 콘크리트 실용화 기술 개발”, 2003.
2. KS F 2543, “콘크리트용 동슬래그 골재”, 2000. 11. 28.
3. Hojin Ryu 외, “A Study on the Strength and Grindability of Granulated Copper Smelting Slag Produced by Water Quenching,” 資源·素材學會誌, 107. No. 1, 1991.
4. 梶原 敏孝 외, “JIS A 5011 콘크리트용 슬래그 骨材”의改正にかかわる主要點について, 月刊 生コンクリート, Vol. 16, No. 7, 1997. 9.
5. 梶原 敏孝 외, “銅슬래그 細骨材”, 콘크리트工学 - 特輯 : 骨材問題を考える, Vol. 34, No. 7, 1996. 7.