

잔골재로 사용한 동슬래그의 입도에 따른 모르타르의 기초적 특성 연구

A Study on the Basic Property of Mortar as the Grading Distribution of Copper Slag Used as Fine Aggregate

이 종 찬 이 문 환* 이 세 현**
Shim, Jong-Woo Lee, Mun-Hwan Lee, Sea-Hyun

Abstract

The purpose of this study is to research the basic property of mortar as the grading distribution of copper slag used as fine aggregate and the results are as follows.

The compressive strength of mortar as the size of largest diameter of copper slag granule is the highest when the largest size is in 2.5~5mm, and flow of mortar is in proportion to the size.

As the largest size of copper slag particle is under 2.5mm(Type 1) the compressive strength and flow is higher as the big granules is more included than small ones. As the largest size of copper slag granule is under 5mm(Type 2) the compressive strength and flow is similar to situation of Type 1, except compressive strength is higher as the percent of the size of granule in 2.5~5mm is under 35%. F.M.(Fine Modulus), compressive strength and flow is relative each other except the batch with 2.5~5mm granule size of copper slag.

1. 연구의 범위 및 목적

동슬래그는 동정광 중의 철분과 석회석, 규석이 결합하여 생성된 물질을 용융상태에서 고압수에 의해 급냉, 수쇄하여 세립화한 것으로 자용로공법과 연속로 공법에 따라 그 화학조성 및 형상이 다르게 나타나며 주로 시멘트 가철재료, 콘크리트 제품용 골재, Sand blasting 등으로 사용된다. 특히 독일이나 일본 등에서는 오래전부터 콘크리트용 골재, 시멘트 벽돌, 인터로킹 블록 등 경계석 등의 2차 제품에 사용되었으며 일본에서는 동슬래그를 사용한 콘크리트의 내구성 및 강도발현이 양호하고 2차제품의 원료로 이용될 수 있음을 확인하여 JIS A 5011-3(콘크리트용 동 슬래그 골재 - 제3부 : 동슬래그 골재)를 제정하였으며 이에 준하여 국내에서도 증가되는 동슬래그의 활용을 위하여 KS F 2543(콘크리트용 동슬래그 골재)을 제정하여 동슬래그의 품질과 입도분포, 시험방법 등을 규정하고 있다. 이 규정은 동슬래그를 단독으로 잔골재로 사용하는 경우에 적용되며 천연잔골재나 혼합골재는 KS F 2506(콘크리트용 골재)을 만족해야 한다. 여기서, 일반 천연모래는 채취장소에 따라 그 종류가 다르므로 입도분포나 특성 등이 다양하게 나타나므로 품질관리에 어려움이 있으나, 동슬래그는 동제련 제조시에 인위적인 조절에 의하여 제조되므로 유사한 품질의 골재를 생산 할 수 있는 장점이 있다. 동슬래그를 이용한 기존의 연구는 적절한 입도분포를 가지는 골재를 이용하여 모르타르나 콘크리트를 제조하여 그

* 정회원, 한국건설기술연구원 Post Doc

** 정회원, 한국건설기술연구원 선임연구원

*** 정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원

※ 본 논문은 LG-Nikko동제련(주)에서 지원한 과제의 일부임.

특성을 평가하는 내용이 대부분이다^{1)~5)}. 그러나 보다 기초적인 연구로써 동슬래그의 입도분포에 따른 특성을 평가한 경우는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 동슬래그의 입도범위를 인위적으로 한정하여 모르타르를 제조시 그 기본 특성에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

2. 실험 및 결과

2.1 실험방법

2.1.1 배합

모든 시험체는 시멘트와 모래비율이 1:3인 동일 배합의 모르타르를 배합하고 단위시멘트량은 보통콘크리트에 사용되는 콘크리트의 모르타르 상당량으로 560kg/m^3 , 물시멘트비는 50%로 정하였다.

2.1.2 체가름시험

체가름시험은 KS F 2543에서 규정한 잔골재용 표준망인 0.15, 0.3, 0.6, 1.2, 2.5, 5, 10mm를 사용하여 각 체를 통과하는 잔골재의 질량백분율을 표준입도곡선에 표시하였다.

2.1.3 모르타르 플로우 및 압축강도시험

모르타르의 플로우 및 압축강도는 KS L 5105에 따라 KS L 5111에서 규정한 플로우 테이블을 이용하여 15초동안 1.27cm의 높이를 25회 낙하시켜 4개의 지름을 측정하여 평균값으로 나타내었으며, 압축강도시험체는 $5\times 5\times 5\text{cm}$ 의 각형물드를 배합당 3개씩 제조하여 $23\pm 3^\circ\text{C}$ 의 항온수조에서 28일간 양생한 후 측정하였다.

2.1.4 동슬래그의 입도

동슬래그의 입도는 크게 0.6~10mm사이의 최대입경을 단계별로 구분한 경우와 2.5mm이하의 입경만을 고려한 경우, 그리고 5mm 이하의 입경만을 고려한 3가지 범위를 인위적으로 조절하였다.

1) 최대입경의 조정(Type C, F)

KS F 2543에서 제시한 표준망체중 0.6mm 통과 동슬래그, 1.2mm 통과 동슬래그, 2.5mm 통과 동슬래그, 5mm 통과 동슬래그, 10mm 통과 동슬래그를 채취하였으며 그 입도곡선은 그림 1과 같다.

(2) 2.5mm이하 입경 조정(Type 1)

2.5mm 이하의 입경만을 선택한 동슬래그는 전체 잔골재량을 100%라고 할때, 그림 2와 표 1과 같이 Type 1- H와 L로 구분한 IV와 I의 범위에 속하는 입경을 가진 동슬래그의 통과율을 기준으로 30~90%까지 단계별로 조절하고 이외의 골재는 I 과 III, 그리고 II와 IV의 범위에 속하는 골재를 각각 50%씩 혼합하였다.

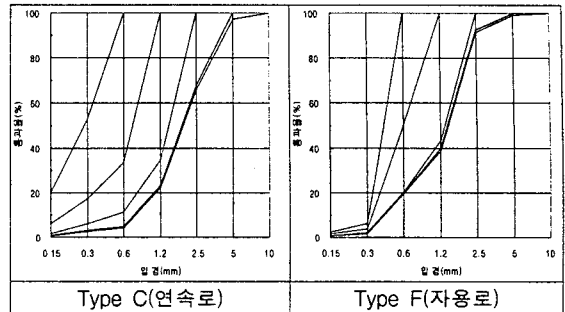


그림 1. 입경 크기를 0.6~10mm사이에서 단계별로 채취한 동슬래그 입도곡선

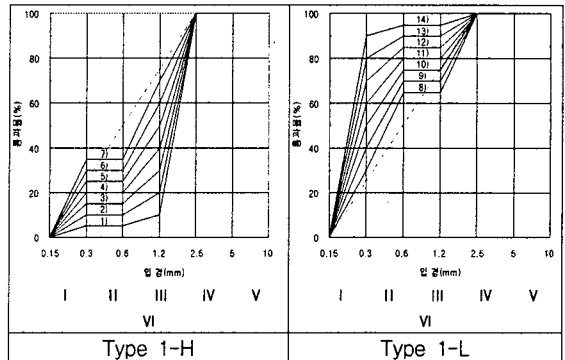


그림 2. 최대입경 2.5mm인 동슬래그의 통과율을 달리한 입도곡선

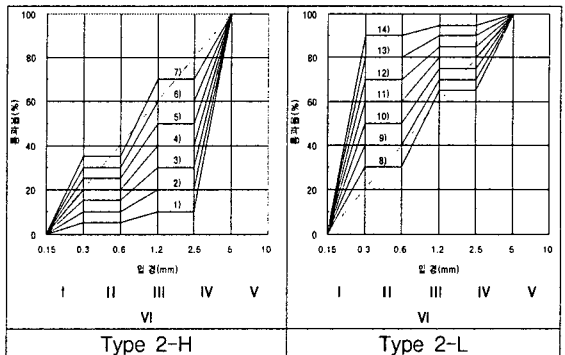


그림 3. 입경 크기를 5mm 이하로 제한한 동슬래그 입도곡선

(3) 5mm이하 입경조정(Type 2)

2.5mm 이하의 입경만을 선택한 동슬래그는 전체 골재량을 100%라고 할때, 그림 3과 표 1과 같이 Type 2- H와 L로 구분한 V와 I의 범위에 속하는 입경을 가진 동슬래그의 통과율을 기준으로 30~90%까지 단계별로 조절하고 이외의 골재는 I과 III, 그리고 III과 V의 범위에 속하는 골재를 각각 50%씩 혼합하였다.

표 1. 최대입경 2.5mm, 5mm인 동슬래그의 통과량 혼합비율

혼합비율(%)			
Type 1-H (Type 2-H)		Type 1-L (Type 2-H)	
IV(V)	I ₅₀ +III ₅₀ (I ₅₀ +III ₅₀)	I	II ₅₀ +IV ₅₀ (III ₅₀ +V ₅₀)
90	10	90	10
80	20	80	20
70	30	70	30
60	40	60	40
50	50	50	50
40	60	40	60
30	70	30	70

2.2 실험결과

2.2.1 Type C 및 F 사용 모르터의 특성

최대입경을 0.6~10mm 구분하여 채취한 동슬래그를 사용한 모르터 시험결과, 플로우는 최대입경의 증가에 따라 비례하여 증가하였고, 압축강도는 최대입경이 2.5~5mm일 때 가장 높았으며, 그 이상이 되는 경우 감소하는 추세를 보였다. 생산방식에 따른 차이는 입형이 다소 거칠고 침상형인 연속로 방식의 동슬래그가 최대입경이 1.2mm이하인 경우 다소 낮게 나타났으나 최대입경이 증가하면서 유사하였으며 압축강도 또한 연속로 방식이 다소 높게 나타났다.

2.2.2 Type 1 사용 모르터의 특성

2.5mm 이하의 입경 중 큰 입경의 분포가 높은 Type 1-H를 사용한 모르터가 작은 입경의 분포가 높은 Type 2-H를 사용한 모르터보다 전반적으로 플로우와 압축강도가 높은 것으로 나타났다. 특히 Type 1-H를 사용한 모르터의 경우 그림 2와 같이 자용로 방식은 1.2~2.5mm 입경을 갖는 골재량이 증가할수록 슬럼프와 압축강도가 증가하다가 통과량 50%이상이 되면서 감소하는 현상을 보였으나 연속로 방식은 계속 증가하였다. Type 1-L을 사용한 모르터는 0.15~0.3mm 입경을 갖는 골재량이 증가할수록 플로우와 압축강도 모두 감소하였다. 자용로와 연속로의 차이는 압축강도의 경우 자용로가 유사하거나 우수한 반면 플로우는 유사하게 나타났다.

2.2.3 Type 2 사용 모르터의 특성

5mm 이하의 입경 중 큰 입경의 분포가 높은 Type 2-H를 사용한 모르터의 경우 그림 3과 같이 자용로 방식은 2.5~5mm 입경을 갖는 골재량이 증가할수록 슬럼프와 압축강도가 증가하다가 통과량

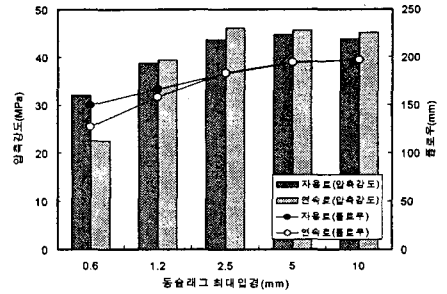


그림 4. Type C, F 사용 모르터 시험 결과

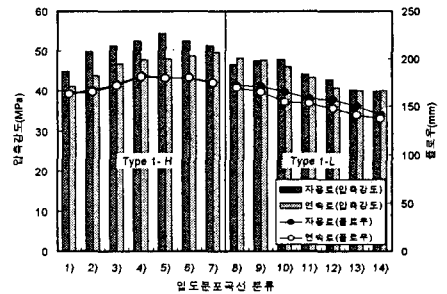


그림 5. Type 1 사용 모르터 시험 결과

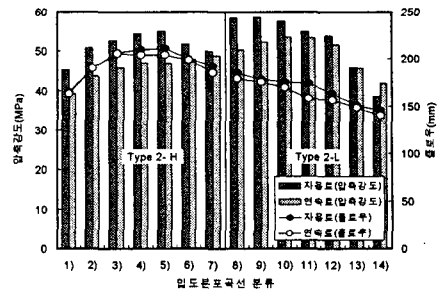


그림 6. Type 2 사용 모르터 시험 결과

50%이상이 되면서 감소한 반면 연속로 방식은 계속 증가하였다. Type 2-L을 사용한 모르터는 0.15~0.3mm 입경을 갖는 골재량이 증가할수록 플로우와 압축강도 모두 감소하였고 자용으로 생산방식에 의한 동슬래그 사용 모르터가 압축강도가 우수하게 나타났는데 이는 모두 Type 1을 사용한 모르터와 동일한 추세를 알 수 있다. 또한 Type 2-L을 사용한 모르터의 압축강도가 크게 나타났는데 이는 2.5~5mm 이하의 동슬래그 분포가 전체의 35% 미만인 경우로 압축강도에 효과적인 것으로 판단된다.

2.2.4 동슬래그 조립율과 모르터의 관계

그림 7, 8은 동슬래그 조립율과 모르터의 플로우 및 압축강도를 나타낸 것으로 Type 2의 동슬래그를 사용한 모르터를 제외하고는 높은 상관성이 있으며 Type 1 및 2를 사용한 모르터의 조립율이 3을 넘으면서 플로우 및 압축강도가 감소하는 것을 알 수 있다.

2.2.5 플로우와 압축강도

모르터의 플로우와 압축강도는 Type C,와 P 그리고 Type 1을 사용한 모르터의 경우 상관성이 높은 반면, Type 2를 사용한 모르터는 상관성이 없는 것으로 나타났다. 따라서 2.5mm이하의 동슬래그를 사용하는 것이 기본 특성에 유리하다고 판단된다.

3. 결론

1. 동슬래그의 최대입경에 따른 모르터의 특성은 최대 입경이 2.5~5mm일 때 압축강도가 가장 향상되었으며 플로우는 최대입경의 크기와 비례하였다.

2. 최대 입경 2.5mm이하의 동슬래그 중 큰 입경의 골재 분포가 높은 경우의 플로우와 압축강도가 작은 입경의 골재 분포가 높은 경우와 비교하여 높게 나타났다.

3. 최대입경 5mm이하의 동슬래그 사용 모르터는 최대 입경 2.5mm 이하를 사용한 경우와 플로우 및 압축강도가 전반적으로 유사하게 나타났으나 입경 2.5~5mm의 동슬래그 분포가 전체의 35% 미만인 경우는 압축강도 향상에 매우 효과적인 것으로 판단된다.

4. 조립율과 압축강도, 플로우는 2.5~5mm의 입경분포를 갖는 배합을 제외하면 상관성이 높은 것으로 나타났다.

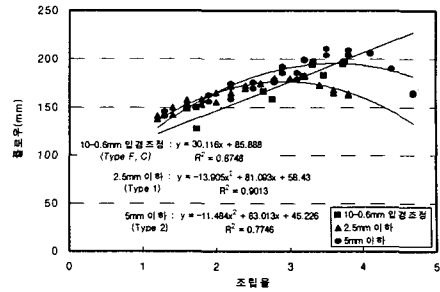


그림 7. 조립율과 플로우와의 관계

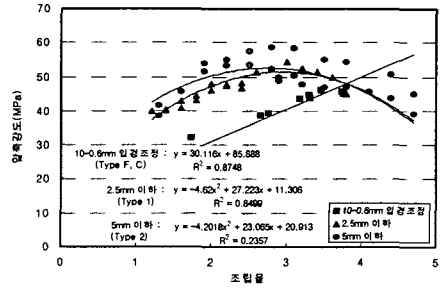


그림 8. 조립율과 압축강도와의 관계

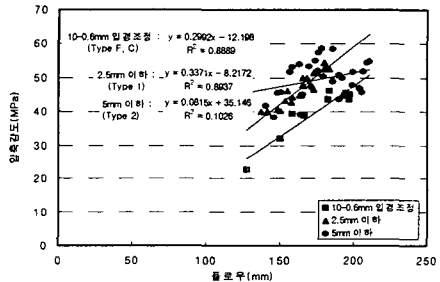


그림 9. 플로우와 압축강도와의 관계

참고문헌

1. 박정우외, 동제련슬래그 잔골재를 치환한 고강도 콘크리트 성상에 대한 기초적 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제21권, 제2호, 2001. 10
2. 송태협외, 동슬래그의 콘크리트용 골재 활용에 관한 기본연구, 한국콘크리트학회 논문집, 제15권, 1호, 2003, pp.35~42.
3. 이문환외, 동슬래그를 잔골재로 사용한 콘크리트의 물리·역학적 특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회 논문집, 제15권, 3호, 2003, pp.362~368
4. 이진우외, 동슬래그 혼합 잔골재를 이용한 콘크리트의 물리적 특성, 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 제15권, 2호, 2003
5. 지석원외, 동제련슬래그를 사용한 콘크리트의 물리적 특성 및 중성화에 미치는 영향, 대한건축학회논문집 구조계, 제18권, 7호, 2002. 7, pp.27~34