

2024년 춘계학술발표대회 : 일반부문

## 잔골재 별 페로니켈 슬래그 미분말을 혼입한 시멘트 모르타르 경화체의 강도 특성

### Strength Properties of Cement Mortar Hardened Materials Mixed with Ferro-nickel Slag Powder by Fine Aggregate

○전 은 영\*      이 정 택\*      이 상 수\*\*  
Jeon, Eun-Yeong      Lee, Jeong-Taek      Lee, Sang-Soo

#### Abstract

Currently, the use of cement in the construction industry is a big problem when dealing with carbon neutrality. The use of ferro-nickel slag as a cement substitute has advantages such as reduction of industrial waste treatment cost, reduction of cement production, and reduction of carbon dioxide of ferro-nickel slag. Therefore, this experiment examined the strength Properties of cement mortar when ferro-nickel slag fine powders were mixed by fine aggregate. Both silica sand and recycled aggregates showed a tendency to flexural strength and compressive strength to decrease as the substitution rate of ferro-nickel slag fine powder increased, and in the case of compressive strength, the 'KS L 5220' standard was reached up to 20% of the substitution rate of ferro-nickel slag fine powder.

키워드 : 페로니켈 슬래그, 시멘트 모르타르, 시멘트 대체재, 순환골재, 강도

Keywords : Ferro-nickel slag, Cement mortar, Replacement of cement, Recycled aggregate, Strength

#### 1. 서론

##### 1.1 연구 배경

콘크리트의 주재료인 시멘트 1t을 생산할 때 0.8t의 이산화탄소를 배출한다. 그렇기에 산업의 발달로 인해 급격한 경제성장을 이뤄낸 후 탄소중립을 다루는 현재 건설업계에서 시멘트 사용량은 큰 문제로 남아있다. 시멘트 대체재로서의 페로니켈 슬래그의 사용은 산업폐기물 처리비용의 절감과 시멘트 생산량의 절감, 페로니켈 슬래그의 이산화탄소 저감, 총 세 가지의 장점을 가질 수 있게 된다. 그러나 페로니켈 슬래그를 혼입한 콘크리트 경화체는 제작 시 페로니켈 슬래그의 치환율이 매우 낮다는 단점과 소량의 초기강도를 발현하지 못한다는 주된 문제점이 있어 적절한 해결방안 모색이 필요한 실정이다.

##### 1.2 연구 목적

본 연구는 시멘트 사용량을 저감하기 위해 페로니켈 슬래그를 혼입하도록 한다. 이에 페로니켈 슬래그의 낮은 치환율과 소량의 초기강도를 미치지 못하는 주된 단점을 보완하고자 'KS L 5220'에 의거하여 경화체를 제작하고 강도 특성을 분석하고자 한다.

또한 산업폐기물의 재활용을 최대화하고자 잔골재를 순환골재와 천연규사로 선정해 잔골재별 성능을 비교한다. 이후 잔골재 별 페로니켈 슬래그 치환율에 따른 모르타르의 사용 가능성을 검토하기 위해 재령일에 따른 압축강도와 휨강도를 측정하고자 한다.

#### 2. 실험계획

본 실험은 잔골재별 페로니켈 슬래그 미분말의 적정 치환율을 찾기 위해 보통 포틀랜드 시멘트와 혼합하여 실험을 진행한다. W/B는 75%로 고정하였으며, 페로니켈 슬래그 미분말의 치환율 0, 10, 20, 30, 40 (%) 총 5가지의 수준으로 설정한다. 공시체는 온도 20±2(°C) 조건인 표준양생을 실시하였으며, 재령 3, 7, 28(일)에서 강도를 측정하였다. 이에 따른 실험계획은 표 1과 같다.

표1. 잔골재 별 페로니켈 슬래그 치환율에 따른 실험계획

실험 요인	실험 수준	비고
결합재	시멘트, 페로니켈 슬래그 미분말	2
잔골재	천연 잔골재, 순환골재	2
결합재 : 잔골재	1 : 3	1
페로니켈 슬래그 미분말 치환율	0, 10, 20, 30, 40 (%)	5
W/B	75%	1
양생 조건	표준양생(온도20±2°C)	1
실험 항목	휨강도, 압축강도	2

\* 국립한밭대 건설환경조형대학 건축공학과 석사과정

\*\* 국립한밭대 건설환경조형대학 건축공학과 교수, 교신저자

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering,  
Hanbat National University, sslee111@hanbat.ac.kr)

### 3. 실험계획 및 분석

#### 3.1 휨강도

그림1, 그림2는 각각 천연규사와 순환골재를 기반으로 제작한 모르타르에서 페로니켈 슬래그 미분말의 치환율에 따른 휨강도를 재령일에 따라 측정한 그래프이다. 실험결과, 천연규사로 제작한 모르타르의 경우 페로니켈 슬래그 미분말의 치환율이 증가함에 따라 휨강도가 감소하는 경향이 보인다. 순환골재로 제작한 모르타르의 경우 페로니켈 슬래그 미분말의 치환율이 증가함에 따라 휨강도가 감소하는 경향이 보인다. 천연규사로 제작한 모르타르와 순환골재로 제작한 모르타르의 휨강도는 0.1~0.6MPa강도차이로 천연규사로 제작한 모르타르의 휨강도가 비교적 높은 경향을 보인다. 이는 순환골재로 제작한 모르타르의 내부 공극이 천연규사로 제작한 모르타르보다 많아 휨강도의 차이가 생긴 것으로 판단된다.

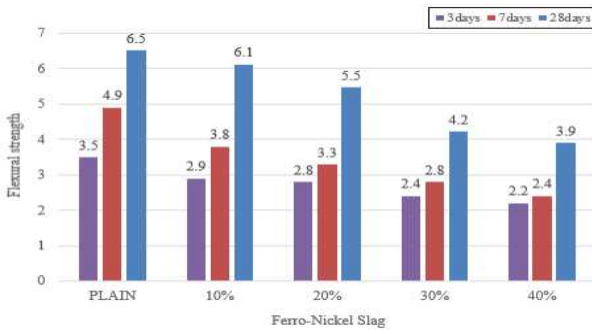


그림 1. 페로니켈 슬래그 혼입에 따른 휨강도(천연규사)

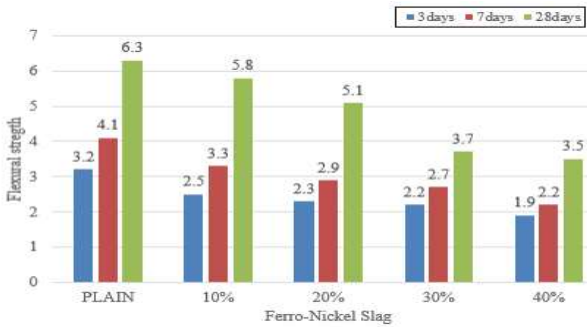


그림 2. 페로니켈 슬래그 혼입에 따른 휨강도(순환골재)

#### 3.2 압축강도

그림3, 그림4는 각각 천연규사와 순환골재를 기반으로 제작한 모르타르에서 페로니켈 슬래그 미분말의 치환율에 따른 압축강도를 재령일에 따라 측정한 그래프이다. 실험결과, 천연규사와 순환골재로 제작한 모르타르의 압축강도는 페로니켈 슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 감소하는 경향이 보이는 것을 알 수 있다. 여기서 천연 규사의 경우 20%의 치환율까지 KS L 5220 「건조시멘트 모르타르」 중 조적용 모르타르의 7일, 28일 강도 기준(각각 7MPa, 11MPa)에 도달하였으며, 30%와 40%의 경우 28일 강도 기준에는 도달했지만, 7일 강도 기준에는 도달하지 못하였다. 또한 순환골재를 활용해 제작한 모르타르의 경

우 치환율 20%까지 KS L 5220 「건조시멘트 모르타르」 중 조적용 모르타르의 7일, 28일 강도 기준에 도달하였으며, 30%, 40%의 경우 7일, 28일 강도 기준에 도달하지 못하였다. 천연규사로 제작한 모르타르와 순환골재로 제작한 모르타르의 압축강도는 2~3MPa의 강도차이로 천연규사로 제작한 모르타르의 압축강도가 비교적 높은 경향을 보인다. 이는 휨강도와 마찬가지로 순환골재와 천연규사로 제작한 모르타르의 내부 공극량 차이로 압축강도의 차이가 생긴 것으로 판단된다.

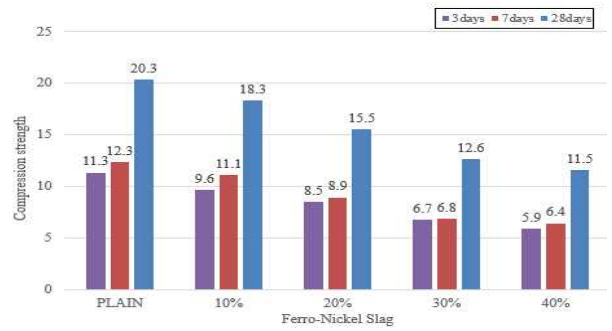


그림 3. 페로니켈 슬래그 혼입에 따른 압축강도(천연규사)

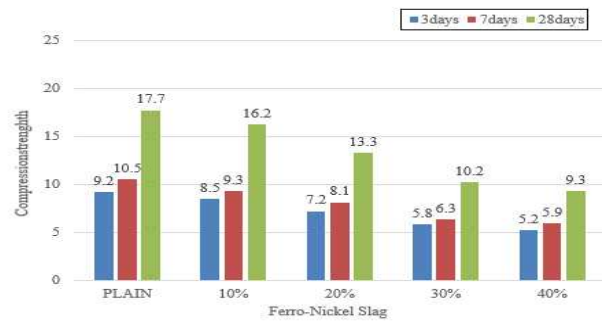


그림 4. 페로니켈 슬래그 혼입에 따른 압축강도(순환골재)

### 4. 결론

본 실험은 잔골재 별 페로니켈 슬래그 미분말을 혼입하였을 때 시멘트 모르타르의 강도 특성을 검토하였다. 천연규사와 순환골재 모두 휨, 압축강도는 페로니켈 슬래그 미분말 치환율이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 압축강도의 경우 페로니켈 슬래그 미분말의 치환율 20%까지 KS L 5220 「건조시멘트 모르타르」 중 조적용 모르타르 기준에 도달하였다.

#### 참고문헌

1. 조설아, 유정환, 박상순, 페로니켈 슬래그 미분말 및 혼화제의 복합사용의 따른 모르타르의 강도 및 내구성 평가, 한국건설순환자원학회 논문집, vol.7 no.3 (2019-09), 2288-3320
2. 김영옥, 김도빈, 최세진, 페로니켈 슬래그 미분말을 사용한 모르타르의 응결시간 및 압축강도 특성에 관한 실험적 연구, 한국건축시공학회 논문집, vol.18 no6 (2018-12), 1598-2033