

# 비소성 시멘트 모르타르의 작업성 및 강도 개선을 위한 페로니켈슬래그 골재의 적용방안

## Application of Ferronickel Slag Aggregate to Improve Workability and Strength of Non-Sintered Cement Mortar

장경수<sup>1</sup> · 나형원<sup>2</sup> · 형원길<sup>3\*</sup>

Jang, Kyung-Soo<sup>1</sup> · Na, Hyeong-Won<sup>2</sup> · Hyung, Won-Gil<sup>3\*</sup>

**Abstract** : Slag and ash generally have a higher powder degree than portland cement, so workability may deteriorate under the same unit quantity condition, and strength and durability decrease when the unit quantity is increased. At this time, if an aggregate having a low water absorption and an appropriate particle size is used to recover the loss of strength, it can contribute to reducing the unit quantity of the binder. Therefore, for the purpose of improving the workability and strength of non-sintered cement mortar using slag and ash, ferro nikel slag whose particle size was adjusted was used as an aggregate and its applicability was identified. In this experimental condition, it was confirmed that non-sintered cement mortar tends to improve workability and secure strength when ferro nikel slag having various particle size distributions is used as an aggregate. This can be analyzed as the effect of ferro nikel slag material properties including glassy properties and mixing conditions with a wide particle size distribution.

**키워드** : 고로슬래그, 플라이애시, 비소성시멘트, 페로니켈슬래그

**Keywords** : blasted furnace slag, fly ash, non-sintered cement, ferro nikel slag

### 1. 서론

포틀랜드 시멘트(Ordinary Portland Cement, 이하 OPC)는 우리 생활 전반을 차지하고 있는 중요한 건설재료이나 고온의 소성공정을 통해 온실가스를 다량으로 배출하는 것으로 알려져 있다. 이에 따라 제철 및 화력발전으로 발생하는 슬래그(Slag) 및 애시(Ash)를 일정비율로 치환한 혼합시멘트 및 온실가스 배출 단위가 낮은 시멘트의 제조방안이 제안되고 있다. 그러나 슬래그 및 애시는 일반적으로 OPC보다 분말도가 높아 동일한 단위수량 조건에서는 작업성이 저하될 수 있고 단위수량을 증가시키면 강도와 내구성 저하가 우려된다. 이때 손실되는 강도 저하를 회복하기 위해 흡수율이 낮고 적당한 입도의 골재를 사용하면 결합재의 단위수량 감소에 기여할 수 있다. 따라서 슬래그 및 애시를 사용한 비소성 시멘트 모르타르의 작업성 및 강도 개선을 목적으로 입도를 조정된 페로니켈 슬래그(Ferro Nickel Slag, 이하 FNS)를 골재로 사용하고 적용성을 파악하였다.

### 2. 실험 계획 및 방법

비소성 시멘트(Non-sintered cement, 이하 NSC)는 고로슬래그 미분말(Blasted furnace slag, 이하 BS)과 순환유동층 애시(Circulating fluidized bed combustor fly ash, 이하 CA), 미분탄 애시(Pulverized coal combustion fly ash, 이하 FA)를 혼합하여 제조하였다.

표 1은 골재 종류에 따른 NSC 모르타르의 배합조건을 나타낸 것이다. 배합수(Water)와 바인더(Binder)의 중량비(W/B)는 40%, 바인더(Binder)와 잔골재(Sand)의 중량비(B:S)는 1:3으로 설정하였다. 골재는 표준사(Sand)와 페로니켈 슬래그(FNS)를 사용하였으며, FNS는 물로 급냉한 수쇄 페로니켈 슬래그를 사용하였다. 이때 체가름 시험을 통해 1.2~1.5mm로 입도를 조정된 FNS와 5mm 이하의 입도를 조정하지 않은 FNS로 구분하여 사용하였다.

NSC 모르타르는 재료 계량 후 건비빔하고 배합수를 넣어 혼합하였다. 혼합 후에는 강제식 3연 몰드를 사용하여 공시체를 제작하고 수중양생(20±2°C)을 실시하였다. NSC 모르타르의 플로우는 KS L 5105 규격을 참조하여 측정하였으며, 압축강도 시험은 KS L ISO 679 시멘트의 강도 측정 시험방법을 참조하여 재령 7, 14, 28, 56일의 강도를 측정하였다.

1) 영남대학교 건축공학과, 박사과정

2) 영남대학교 건축공학과, 교수, 공학박사

3) 영남대학교 건축공학과, 교수, 공학박사, 교신저자(beda@yu.ac.kr)

표 1. 비소성 시멘트 모르타르의 배합조건

양생방법	배합명	W/B	바인더 중량배합(g)			B:S(F)	사용 골재
			BS	CA	FA		
표준양생 (20°C)	S-NSC	0.4	420	53	53	1:3	Sand 0.5mm
	F-NSC		420	53	53		FNS 1.2~1.5mm
	MF-NSC		420	53	53		Mixed FNS

### 3. 실험 결과

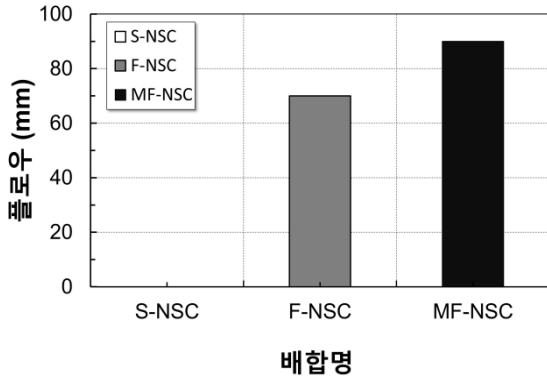


그림 1. NSC 모르타르의 플로우 시험 결과

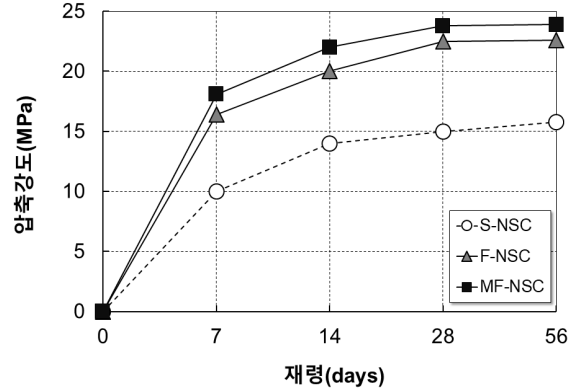


그림 2. NSC 모르타르의 압축강도 시험 결과

그림 1은 NSC 모르타르의 플로우 시험 결과를 나타낸 것이다. S-NSC 배합의 플로우를 0으로 설정하고 비교한 결과, F-NSC 배합은 약 70mm, MF-NSC 배합은 약 90mm의 플로우 값을 나타내었다. 선행연구[1]에 따르면 FNS 표면은 유리질을 포함하므로 FNS를 골재로 사용하는 경우 표준사보다 낮은 흡수율을 나타낸다. 따라서 F-NSC 배합과 MF-NSC 배합조건에서 개선된 플로우 값을 확인할 수 있다.

그림 2는 NSC 모르타르의 압축강도 시험 결과를 나타낸 것이다. F-NSC 배합과 MF-NSC 배합은 재령 7일 S-NSC 배합보다 높은 강도를 나타내며, 재령 7일 이후에도 안정적인 강도 향상을 나타낸다. 또한 강도 시험 결과를 바탕으로 입도를 조정하지 않은 MF-NSC 배합조건이 F-NSC 배합보다 조밀한 입도 분포를 가지는 것으로 판단된다.

본 실험조건에서 NSC 모르타르는 다양한 입도 분포를 가지는 FNS를 골재로 사용하는 경우 작업성 개선과 동시에 강도 확보에 유리한 경향이 있음을 확인하였다.

### 4. 결론

본 실험에서는 NSC 모르타르의 작업성 및 강도 개선을 목적으로 FNS를 사용한 결과, NSC 모르타르의 플로우와 강도는 개선된 경향을 나타낸다. 이는 유리질을 포함하는 FNS 재료 특성과 입도 분포가 넓은 배합조건에 따른 효과로 분석할 수 있다. 향후 NSC 모르타르의 작업성 및 강도 개선을 위해 다양한 순환자원의 검토와 동일한 입도 조건의 골재를 사용하여 NSC 모르타르의 특성을 파악할 필요가 있다.

### 감사의 글

본 논문은 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단(과제번호: 2023R1A2C20039)의 지원을 받아 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

### 참고문헌

1. 최연왕, 박만석, 이광명, 배수호, 김지상. 수쇄 페로니켈슬래그 잔골재를 이용한 콘크리트의 최적 혼합률 및 내구 특성 평가. 한국건설순환자원학회 논문집. 2011. 제6권 1호. pp. 120-127.