

양생조건에 따른 알칼리활성슬래그 모르타르의 강도발현 특성

† 송진규 · 김병조* · 오명현*

† 전남대학교 건축공학과 교수, 전남대학교 대학원*,

Strength Development Properties of Alkali-Activated Slag Mortar by Curing Conditions

† Jin-Gyu Song · Byeong-Jo Kim* · Myeong-hyeon Oh*

† Scholl of Architecture, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

*Graduate school of Chonnam National University, Gwangju, 500-757, Korea

요 약 : 알칼리 활성 슬래그 결합체의 초기 보양과 양생조건에 따른 강도발현 특성을 파악하고자 활성화제의 종류와 조합을 달리한 3가지 결합체를 초기 보양과 서로 다른 조건으로 양생시킨 후 강도를 측정하였다. 실험결과 3가지 결합체는 초기 보양 여부와 양생조건에 따라 다른 결과를 나타냈으며, 이는 모르타르의 경화속도와 공극수에 이온화된 활성화제의 음이온의 역할이 지배적인 것으로 판단된다.

핵심용어 : 알칼리활성슬래그, 무시멘트, 압축강도, 양생조건

Abstract : This study consist of research on the strength development properties of alkali activated slag(AAS) by differential combination of activators, initial protecting and curing conditions. 3 type of binders cured in the atmosphere, underwater and sealed were estimated compressive strength of 3, 7 and 28 days. Test results showed that strength development properties of binders varied with initial protecting and curing conditions because of ionized anions in pore water.

Key words : alkali-activated slag, cementless, compressive strength, curing condition

1. 서 론

알칼리활성슬래그(이하 AAS)는 CO₂ 부하가 큰 OPC(보통 포틀랜드 시멘트)를 대체할 수 있고, 산업부산물을 재활용한다는 측면에서 환경 친화형 재료로 인식되고 있으며, 이를 콘크리트 산업에 적용하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만 AAS는 활성화제의 종류와 조합에 따라 물리적, 화학적, 내구적 특성들이 달라지기 때문에 이에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 AAS의 강도 발현 특성 중 활성화제 종류와 조합을 달리한 결합체들의 초기 보양과 양생 조건에 따른 강도 발현 특성에 대해 연구하였다.

2. 실험계획

2.1 실험개요

본 연구에서는 시멘트를 사용하지 않고 알칼리제를 이용하여 고로슬래그를 활성화 시켜 시험체(모르타)를 만들었다. 시험체

는 AAS의 계열 및 음이온 별 3가지로 구분하여 제작하였으며, 시험체의 초기 보양(initial protecting)과 양생 방법을 달리하여 강도 발현의 특성을 알아보려고 실험을 진행하였다.

2.2 실험방법

본 실험에서 사용한 고로슬래그는 KS F 2563에 규정되어 있는 3종(분말도 4,204cm²/g) 콘크리트용 고로슬래그(비중과 염기도는 각각 2.93과 1.81)이며, 알칼리 활성화제는 모두 분말형을 사용하였다.

Table 1 Mix proportions

결합재	모재료	활성화제	W/B	골재율
B1	GGBS	NaOH + Na ₂ CO ₃	48.5 wt%	1:2.45
B2		Na ₂ SiO ₃		
B3		Ca(OH) ₂ + Na ₂ SO ₄ + Na ₂ SiF ₆		

시험체 제작은 KS L 5105 수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법에 따랐으며, 모르타르 압축강도 측정용 몰드(50×50×50mm)를 사용하였다. 각 결합체의 시험체 1조는 몰드

† 교신저자 : jgsong@jnu.ac.kr

* mavimoon@naver.com

성형 후 1일간 항온습실에서 보양 후 탈형하여 기건, 수중, 밀봉 양생 하였으며, 시험체 2조는 몰드 성형 후 3일 간 항온습실에서 보양 후 탈형하여 1조와 동일한 양생 조건으로 양생 하였다. 초기 보양은 몰드 성형 즉시 대기에 노출된 시험체의 상부에 비닐을 덮어 주는 방법으로 수행하였다.

3. 실험결과 분석 및 고찰

Table 1 배합의 실험결과는 Fig. 1과 같다.

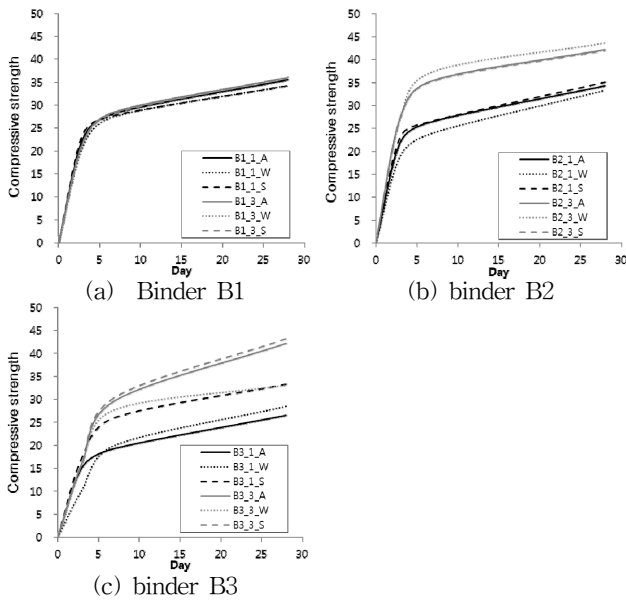


Fig. 1 Compressive strength of binders by initial protecting curing

AAS의 종류별 초기 보양에 따른 강도 발현 특성을 살펴보면, Fig 1과 같이 NaOH와 Na_2CO_3 조합인 B1은 초기 보양과 관계 없이 일정한 수준의 강도를 나타냈다. 하지만 Na_2SiO_3 를 사용한 B2는 양생조건과 관계없이 초기 보양에 따라 강도차이가 뚜렷하게 나타났고, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 와 Na_2SO_4 , Na_2SiF_6 조합인 B3도 동일 양생 조건에서 초기 보양에 따라 강도 차이를 보였다.

양생 조건에 따른 각 결합체의 강도는 Fig. 2와 같이 B1은 초기 보양 여부와 마찬가지로 양생조건의 차이에서도 강도 차이가 거의 없었으며, B2 또한 초기 보양 조건에서는 큰 강도 차이가 나타났지만, 양생 조건에서는 뚜렷한 강도 차이는 없었다. B3는 초기 보양 1일에서 수중 양생이 대기 양생보다 강도가 높았으나, 초기 보양 3일에서는 수중 양생이 대기 양생보다 강도가 낮게 나타났다. B3의 대기양생 시험체 중 보양 3일 시험체의 표면은 깨끗했지만, 보양 1일 시험체의 표면은 하얗게 백화가 발생했으며, 백화의 성분은 XRD 결과 황산염으로 나타났다. B2와 B3의 초기 보양에 따른 강도 차이는 양생 초기의 건조(탈

수) 과정에서 중장기 강도 발현에 기여하는 SiO_3^{2-} , SO_4^{2-} 이온이 공극수에 이온화 되어 있다가 수분의 모세관 이동에 의해 밖으로 배출 되어 강도 발현에 기여하지 못한 것으로 판단된다. 그러나 시험체를 3일간 보양하게 되면 많은 CSH의 생성으로 내부 구조와 표면의 밀도가 높아지고, 공극수의 양도 줄어들어 수분의 이동이 거의 없기 때문에 이온 손실로 인한 강도 저하가 없는 것으로 보인다. 하지만, B3는 B2와 달리 수중에서 양생 하면 대기나 밀봉 양생 시험체 보다 강도가 낮아지는데, B2는 배합 후 3일 이상이 되면, 이온들이 대부분 고정화(결합에 참여)되어 물에 의해 용출되지 않지만, B3는 아직 고정화 되지 않았거나, 내부 구조에 흡착되어 있던 중·장기 강도 발현에 기여하는 어떤 이온(SO_4^{2-} 또는 SiF_6^{2-})들이 수중에서 용출되어 강도 발현이 낮아지는 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 AAS 모르타르의 강도 발현 특성을 파악하기 위해 활성화제의 종류에 따라 결합체를 B1($\text{NaOH}+\text{Na}_2\text{CO}_3$), B2(Na_2SiO_3), B3($\text{Ca}(\text{OH})_2+\text{Na}_2\text{SO}_4+\text{Na}_2\text{SiF}_6$)로 구분하고, 양생 조건을 초기 보양과 대기, 수중, 밀봉 방법으로 양생하여 실험을 수행하였으며, 이를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 활성화제 NaOH와 Na_2CO_3 의 조합인 B1 시험체의 압축강도 발현은 초기 보양과 양생 조건에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.
- 2) 반면 활성화제 Na_2SiO_3 인 B2와 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2SO_4 , Na_2SiF_6 의 조합인 B3는 초기 보양 여부에 따라 강도 발현 차이가 뚜렷하게 나타났는데, 경화 초기에 표면 보양이 없으면 공극수의 건조(탈수)에 의해 강도 발현에 기여하는 이온이 손실 되어 강도 발현이 낮아지는 것으로 판단된다.
- 3) 강도 발현에 있어서 시험체 B1과 B2는 대기, 수중, 밀봉 양생 조건에 크게 영향을 받지 않지만, B3는 양생 조건에 따라 영향을 받는다. 특히 수중 양생에서 강도 발현이 현저히 낮아지는데, 이는 중·장기강도 발현에 기여하는 특정 이온이 수중에서 용출되기 때문으로 보는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 건설교통기술지역특성화사업 연구개발사업의 연구비지원(10 RTIP B01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] 송진규(2010), 고로슬래그와 나트륨계열 활성화제를 이용한 무시멘트 모르타르의 특성, 대한건축학회 논문집 - 구조계, 26권 6호, pp. 61~68.