

유동화제가 알칼리 활성화 슬래그 모르타르의 유동 특성 및 압축 강도에 미치는 영향

Influence of Superplasticizers on Fluidity and Compressive Strength of Alkali Activated Slag Mortar

(Received February 13, 2013/ Revised March 18, 2013 / Accepted March 18, 2013)

김대왕^{1)*}, 오상혁¹⁾, 이광명¹⁾

¹⁾성균관대학교, 건설환경시스템공학과

Dae-Wang Kim, Sang-Hyuk Oh, Kwang-Myong Lee

¹⁾Dept. of Civil, Architectural and Environmental System Engineering, Sungkyunkwan University,
Suwon 440-746, South Korea

Abstract

The cement industry brought very severe environment problems with massive carbon dioxide during its production. To solve this problem, attempts on Alkali-Activated Slag (AAS) concrete that perfectly substitutes industrial by-products such as ground granulated blast furnace slag (GGBFS) for cement are being actively made. AAS concrete is possible to have high strength development at room temperature, however, it is difficult to ensure the working time due to the fast setting time and the loss of workability because of the alkali reaction. In this study, the early age properties of alkali activated slag mortar are investigated to obtain the fundamental data for AAS concrete application to structural members. The water-binder ratio (W/B) was fixed at 0.35 and sodium hydroxide and waterglass as alkali activator was used. The compressive strength, the flow and the ultrasonic pulse velocity were measured according to the type of superplasticisers, which were naphthalene(N), lignin(L), melamine(M) and PC(P), up to a maximum of 2 percent by the mass of GGBFS. The results showed that adding melamine type of superplasticizer improved the fluidity of AAS mortar without decreasing the compressive strength, while naphthalene and polycarbonate type of superplasticizer had little effect on the fluidity of AAS mortar.

키워드 : 고로슬래그 미분말, 알칼리 활성화제, 유동화제, 압축강도, 유동성

Keywords : *Ground granulated blast furnace slag, Alkali-activator, Superplasticizers, Compressive strength, Fluidity*

1. 서론

전 세계적으로 지구 온난화와 같은 환경오염 문제가 중요한 사안으로 대두됨에 따라 시멘트는 제조 시에 발생하는 다량의 이산화탄소 발생으로 인해 대표적인 공해 배출원으로 주목받고 있다.

따라서 최근에는 시멘트의 생산량 및 사용량을 줄이는

동시에 콘크리트 품질을 개선시킬 목적으로 시멘트 대체 재료로 고로슬래그 미분말을 사용한 알칼리 활성화 슬래그 콘크리트에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다.¹⁻²⁾

1978년 프랑스의 Dacidovits³⁾가 최초로 알칼리 활성화제를 사용하여 중합반응을 유도하는 이론을 정립한 이후, 지금까지 알칼리 활성화 슬래그 콘크리트 배합 기술은 독일, 미국, 호주, 러시아에 의해 주도되어 오고 있다. 알칼리 활성화 슬래그 콘크리트는 상온에서도 강도 발현이 우수하여 압축강도가 40~70MPa 범위의 고강도 콘크리트 제조가

* Corresponding author
E-mail: osh4499@naver.com

가능하나⁴⁾⁻⁶⁾ 높은 알칼리 환경과 낮은 W/B로 인해 빠른 응결과 유동성 손실이 발생하여 작업시간 확보가 어려운 것으로 알려져 있다.⁷⁾⁻⁹⁾

따라서 낮은 W/B에서의 유동성 저하 현상을 해결하기 위해 유동화제와 같은 화학혼화제의 첨가가 요구되나¹⁰⁾, 현재 사용되고 있는 유동화제는 포틀랜드 시멘트에 적합하게 개발되어 있어 알칼리 활성 슬래그 콘크리트의 유동 특성에 미치는 영향에 대한 검토가 필요하다.

본 연구에서는 낮은 W/B를 사용하는 알칼리 활성 슬래그 콘크리트의 유동성 개선을 목적으로 알칼리 활성 슬래그 모르타르에 일반 포틀랜드 시멘트에 사용되고 있는 화학 혼화제(나프탈렌계, 리그닌계, 멜라민계, PC계)를 첨가하여 유동 특성 및 압축강도에 미치는 영향을 비교, 분석하였다.

2. 실험 연구

2.1 사용 재료 및 배합

본 연구에서는 결합재로 밀도가 2.90g/cm³, 분말도 4.253cm²/g, 염기도 1.79로 KS 기준에 적합한 3종 고로슬래그 미분말(GBFS)을 사용하였다. 고로슬래그 미분말의 화학적 조성은 Table 1과 같으며 잔골재로는 밀도가 2.62g/cm³인 해사를 사용하였다.

알칼리 활성화 슬래그(AAS) 콘크리트에 사용되는 알칼리 활성화제는 일반적으로 용해성 알칼리 또는 알칼리염이 사용되고 있다¹¹⁾. 본 연구에서는 알칼리 활성화제로 AAS 모르타르의 압축강도 발현에 유리하다고 알려진 분말상태의 NaOH(밀도 2.13 g/cm³, 순도 93%)와 물유리를 사용하였다.

유동화제는 H사의 리그닌계(L), 나프탈렌계(N), 멜라민계(M), 폴리카르보산계(P)를 사용하였으며 물성을 Table 2에서 나타내었다.

알칼리 활성화 슬래그(alkali activated slag, AAS)모르타르의 배합비는 Table 3와 같이 W/B는 0.35, 결합재 : 잔골

재를 1 : 1.5로 고정하였고 알칼리 활성화제의 첨가량은 사전 실험에서 강도 발현이 우수했던 Na₂O=5%, Ms=0.75로 설정하였다.¹²⁻¹³⁾

Table 1 Chemical composition of GBFS

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	TiO ₂	MnO
GBFS	33.7	0.11	13.8	44.04	5.20	1.23	0.48	0.74	0.24

Table 2 Composition of superplasticizers

Type	Specific gravity	Solid content (%)	pH
Lignin	1.208	43	5.0~6.0
Naphthalene	1.200	40	8.0~9.0
Melamine	1.234	40	7.5~8.5
Polycarboxylate	1.100	50	2.0~3.0

2.2 실험 계획

사용된 알칼리 활성화제의 종류에 따라 알칼리 활성화제로 NaOH를 사용한 Task I과 NaOH와 물유리를 사용한 Task II로 구분하였으며 유동화제의 첨가 방법에 따라 Task I-1, I-2로 세분화하였다.

알칼리 활성화제로 NaOH를 사용한 Task I-1에서는 4종류의 유동화제를 슬래그 질량 대비 0~2%를 각각 첨가하였으며 Task I-2에서는 리그닌 계와 멜라민계 유동화제를 Table 3에 나타낸 바와 같이 5가지 비율로 혼합하여 첨가하였다.

알칼리 활성화제로 NaOH와 물유리를 사용한 Task II에서는 Task I-1과 동일한 조건으로 유동화제를 슬래그 질량 대비 0~2%를 첨가하였다.

2.3 실험 방법

2.3.1 플로우 시험

KS L 5111 에 준하는 플로우 시험 기구를 이용하여 온도 20±1℃, 습도 70±5%의 환경에서 유동화제를 첨가한 AAS 모르타르의 시간 변화(0, 30, 60, 90분)에 따른 모르타르의 플로우 변화를 관찰하였다.

Table 3 Mix proportions of alkali activated slag mortar

Task	W/B	S/B	Type of activator	Na ₂ O/GBFS (weight %)	Type of SP	SP/GBFS (weight %)
I-1	0.35	1.5	NaOH	5% Na ₂ O	M, L, N, P	0, 1, 1.5, 2%
M : L					2:0, 1.5:0.5, 1:1, 0.5:1.5, 0:2	
II	0.35	1.5	NaOH+Waterglass	5% Na ₂ O, Ms=0.75*	M, L, N, P	0, 1, 1.5, 2%

* Ms = SiO₂/Na₂O of alkali-activator

2.3.2 압축강도 시험

큐빅 몰드(50×50×50mm)를 사용하여 모르타르 압축강도 시험용 공시체를 제작하였으며 온도 20±1℃, 습도 70±5%의 항온·항습기에서 24시간 양생 후 탈형하여 수중 양생(20±1℃)을 실시하였다. KS L 5105에 따라 재령 1일, 3일, 7일, 28일에 공시체의 압축강도를 측정하였다.

2.3.3 초음파속도 시험(UPV)

본 연구에서는 모르타르 배합 직후 24시간 동안 온도 20±1℃, 습도 70±5%의 환경에서 주파수 54kHz의 초음파 속도 측정기를 이용하여 15분 간격으로 초음파 속도를 측정하여 NaOH와 고로슬래그의 초기 알칼리 활성화 반응 속도를 확인하였다.

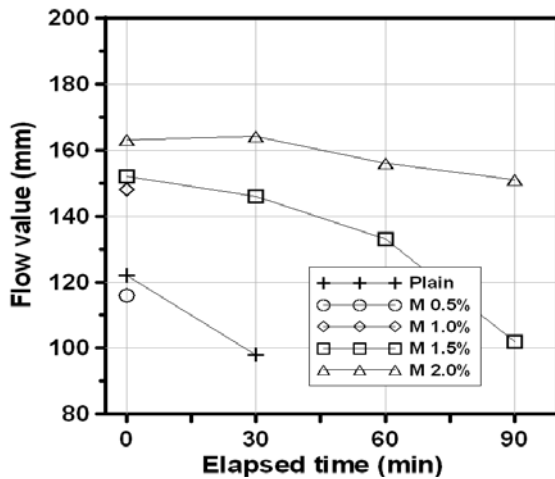
일반적으로 초음파 속도 시험 장치는 콘크리트 혹은 모르타르의 응결 거동 및 수화 속도에 따른 미세구조 변화를 파악하는 데 사용된다.¹⁴⁻¹⁵⁾

3. 실험결과 및 분석

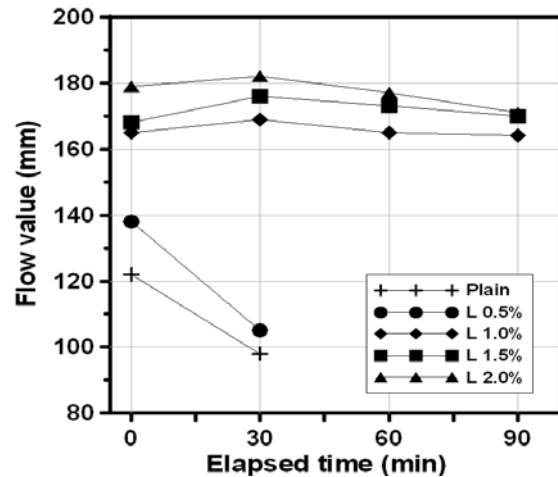
3.1 플로우

3.1.1 Task I-1: SP제 종류가 미치는 영향

Fig. 1과 Table 4는 SP제의 종류에 따른 AAS 모르타르의 초기 플로우를 나타낸 것이며 사용된 유동화제는 나프탈렌(N)계, 리그닌(L)계, 멜라민(M)계, PC(P)계로 표기하였다.



(a) Melamine SP



(b) Lignin SP

Fig.1 Flow change according to the SP type

Plain의 경우에는 배합 초기부터 급격하게 유동성이 손실되어 30분 이후부터 플로우의 측정이 어려웠으며 이는 NaOH 첨가량이 증가함에 따라 고로슬래그의 CaO 성분과 NaOH가 급격히 반응하기 때문으로 판단된다.¹⁶⁾

M계 SP제의 경우 첨가량이 0.5, 1, 1.5, 2%로 증가함에 따라 초기 플로우가 116mm, 148mm, 153mm, 163mm로 증가하여 AAS 모르타르의 유동성이 향상되는 것을 알 수 있었고 L계 SP제도 첨가량이 증가할수록 138mm, 165mm, 168mm, 179mm로 초기 플로우가 증가하였다. 반면에 N계와 P계 SP제의 경우는 그 영향이 미미하여 그래프로 나타내지 않았다.

한편, M계 SP제를 1.5% 첨가한 경우에는 경과 시간 30분 동안, 2%를 첨가한 경우에는 90분 동안

150mm 이상의 플로우를 유지하였다. 그러나 0.5%와 1%를 첨가한 경우에는 30분 이후부터 플로우의 측정이 불가능하였다. L계 SP제의 경우에는 첨가량 1% 이상에서 90분 동안 160mm 이상의 플로우가 유지되어 M계 SP제 보다 플로우 증가에 더 효과적인 것으로 나타났다.

실험 결과 N계와 P계에서는 플로우 개선효과가 나타나지 않았다. Fig. 2의 4종의 유동화제 화학구조를 살펴보면 L계와 M계 SP제와는 달리 N계와 P계 SP제는 CH와 R(H, CH₂, C₂H₅)의 결합과 C와 CH₂의 결합으로 이루어져 있는데 활성화제인 강알칼리성 NaOH의 OH⁻가 그 화학적 결합을 파괴시켜 유동화제의 분산효과를 저해하는 것으로 사료된다.¹⁷⁾

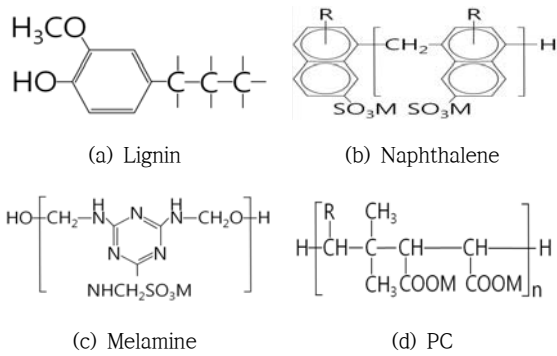


Fig.2 Chemical structure of SP

Table 4 Flow change of AAS mortars with SP

Type	Dosage	Initial	60min	90min
M	0.5%	116mm		
	1.0%	148mm		
	1.5%	153mm	133mm	103mm
	2.0%	163mm	156mm	151mm
	0.5%	138mm		
L	1.0%	165mm	165mm	164mm
	1.5%	168mm	174mm	173mm
	2.0%	179mm	176mm	173mm
	0.5%	138mm		

3.1.2 Task I-2: 첨가 방법이 미치는 영향

Fig. 3은 플로우 개선 효과를 보인 L계와 M계 SP제를 Table 3과 같이 5가지의 혼합비율로 첨가하여 모르타르의 플로우를 측정된 결과이다.

초기 플로우는 L : M = 1.5 : 0.5에서 183mm으로 가장 높은 초기 플로우가 나타났고 L계 SP제의 첨가량이 1, 0.5, 0%로 감소함에 따라 플로우도 180mm, 173mm, 163mm로 감소하였다.

시간에 따른 플로우 실험 결과에서도 L : M = 1.5 : 0.5에서 90분 동안 180mm 이상의 플로우를 나타내어 L계 SP제를 단독으로 첨가한 경우보다 높은 플로우가 유지되었다.

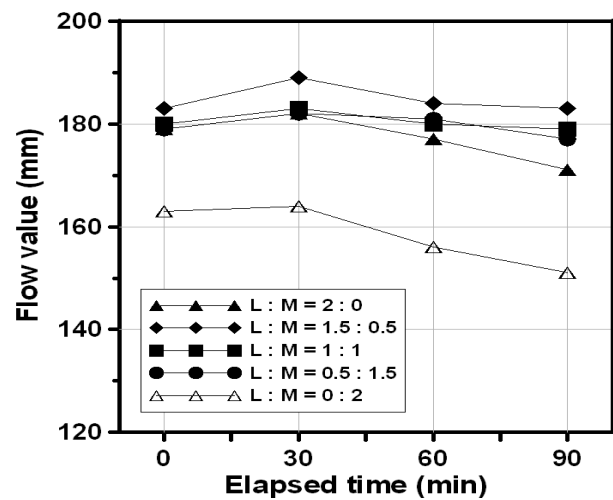


Fig. 3 Flow change according to adding method of SP (L:M)

L계와 M계 SP제를 혼합하여 사용할 경우, L계 SP제를 단독으로 사용한 경우보다 초기 플로우가 증가하고 시간에 따른 플로우 손실량이 감소하는 것을 알 수 있었으며, 특히, L계 SP제 첨가비율이 1.5인 경우에서 가장 높은 플로우가 측정되었다. 또한 M계 SP제의 첨가비율이 증가할수록 30분 이후부터 플로우가 빠르게 감소하는 것으로 나타났다.

3.1.3 Task II: 알칼리 활성화제의 영향

Fig. 4는 알칼리 활성화제로 NaOH와 물유리를 사용한 AAS 모르타르의 플로우 실험 결과이다. 4종류의 SP제를 각각 1%, 2% 첨가하여 실험하였으나 P계 SP제의 경우에는 플로우 개선효과가 미미하여 그래프로 나타내지 않았고, Task I-1에서 플로우가 개선되지 않았던 N계 SP제의 경우에는 M계 및 L계 SP제와 비교하여 낮은 플로우가 측정되었으나 90분 동안 유사한 경향의 플로우가 측정되었다.

초기 플로우는 SP제 첨가량 1%를 기준으로 L계 159mm, M계 153mm, N계 151mm로 L계 SP제에서 가장 큰 초기 플로어를 보였으며 첨가량 2%에서도 L계 SP제를 첨가한 경우에 177mm로 가장 높은 초기 플로어가 측정되었으나 SP제 종류에 따른 플로우 값의 큰 차이는 없으므로 나타났다.

시간 경과에 따른 플로우 시험 결과를 보면 SP제의 종류와 첨가량에 관계없이 배합 직후부터 플로우가 빠르게 감소되었다. 다만, L계 SP제를 2% 첨가한 경우에는 경과 시간 30분~60분 구간에서 플로우가 155mm로 유지되었고 90분 동안 가장 높은 플로우가 유지되었다.

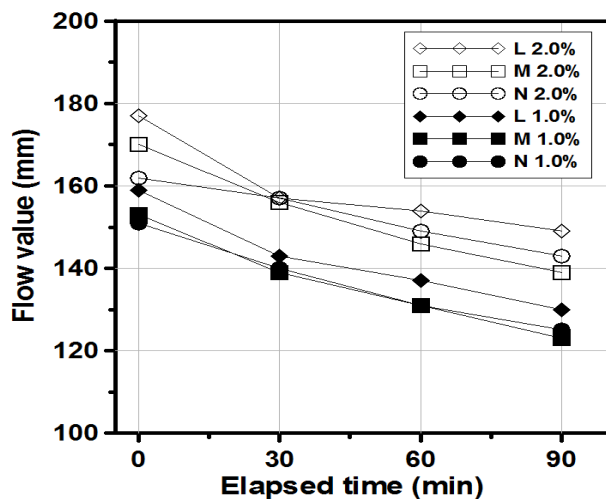


Fig. 4 Flow change of AAS mortar according to the SP type

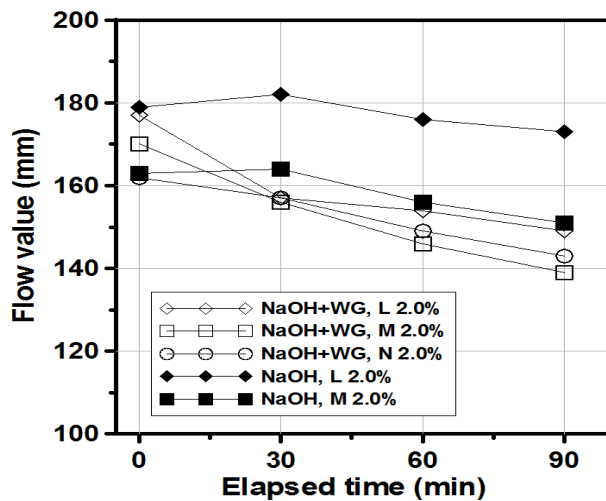


Fig. 5 Flow change of AAS mortar according to the alkali activator and SP type

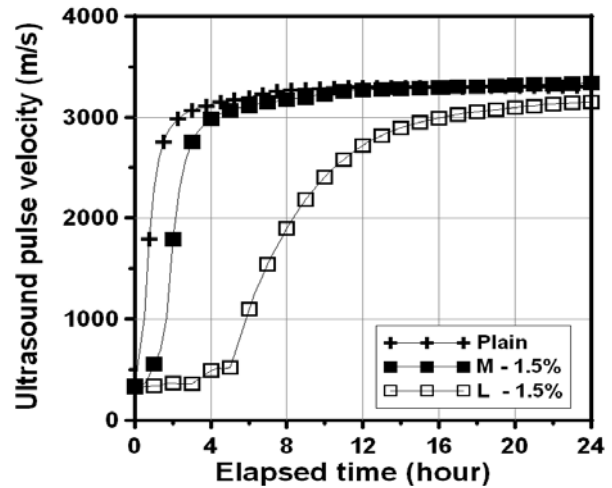


Fig. 6 UPV of AAS mortar according to the SP type

Fig. 5는 SP제 2%를 기준으로 알칼리 활성화제의 종류에 따른 플로어를 비교 정리한 그래프이다. NaOH와 물유리를 활성화제로 사용한 경우에는 NaOH를 단독으로 사용한 경우와 비교하여 M계와 L계 SP제에서도 배합직후부터 플로우가 빠르게 손실되는 것을 알 수 있으며 90분에서의 플로우도 상대적으로 낮게 측정되었다.

이는 알칼리 활성화제로 물유리를 함께 사용할 경우에 NaOH를 단독으로 첨가했을 때 보다 pH는 낮지만 음이온의 발생으로 빠른 알칼리 반응 속도가 진행되기 때문으로 사료된다.¹⁸⁾

3.2 초음파 속도

SP제를 종류에 따른 모르타르의 응결 거동을 파악하기 위해 Task I에 대하여 초음파 속도 시험을 수행하였고 그 결과를 Fig. 6에서 나타내었다. Plain의 경우에는 배합 직후부터 초음파 속도가 빠르게 증가하는 것을 알 수 있으며 M계 SP제를 첨가한 경우에는 1시간 이후부터 초음파 속도가 증가하기 시작하였다. 반면 L계 SP제를 첨가한 경우에는 초음파 속도 증가 시점이 4시간 이후로 나타나 AAS 모르타르의 응결 시간을 지연시키는 것으로 판단된다.

모르타르의 초음파가 3,000m/s 내외에 도달하는 시간을 보면 Plain의 경우 2시간, M계 SP제의 경우에는 4시간, L계 SP제를 첨가한 경우에는 12시간 이후로 나타났다. 이는 M계 SP제를 첨가한 경우 고로슬래그 표면에 감수제가 코팅되어 알칼리 활성화반응이 Plain에 비해 느린 속도로 일어나기 때문으로 판단되며 L계 SP제를 첨가한 경우에는 L계 SP제의 당류 성분으로 인하여 알칼리 반응 속도가 지연되는 것으로 판단된다.

3.3 압축강도

3.3.1 Task I-1: SP제 종류가 미치는 영향

Fig. 7은 M계와 L계 SP제에 따른 AAS 모르타르의 압축강도 실험 결과를 나타낸 것이다. 실험 결과 L계 SP제가 1% 이상 첨가된 경우에는 응결 지연 현상이 과도하게 발생하여 1일 압축강도가 측정되지 않았고 재령 28의 압축강도 역시 첨가량이 1%, 2%로 증가함에 따라 30MPa, 27.5MPa로 감소하여 SP제를 첨가하지 않은 Plain의 31.5MPa 보다 낮은 압축강도가 발현되었다. 반면 M계 SP제를 첨가한 경우에는 1일에서부터 높은 압축강도가 발현되었고 28일 압축강도를 기준으로 SP제 첨가량이 1%, 2%로 증가함에 따라 33.3MPa, 42.3MPa로 증가하였다.

3.3.2 Task I-2: 첨가 방법이 미치는 영향

Fig. 8은 SP제 첨가 방법이 AAS 모르타르의 압축강도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 재령 1일을 기준으로 L계 첨가량이 1% 이상인 경우에는 압축강도가 측정되지 않았고 0.5 : 1.5의 혼합비율에서는 8MPa, 0 : 2의 경우에는 17.8MPa로 M계의 혼합 비율이 증가할수록 초기 압축강도가 증가하였다.

28일 압축강도에서도 1일 강도와 동일한 경향으로 L계 SP제의 혼합 비율이 증가하면 Plain 보다 낮은 압축 강도가 발현되었고, M계 SP제의 비율이 증가할수록 압축강도가 증가되었다.

이는 플로우 시험과 초음파 속도 시험에서 나타난 L계 SP제의 응결 지연 현상을 뒷받침하는 결과이며 M계 SP제는 모르타르의 플로우를 개선시켜 Plain 보다 균질한 혼합과 시편의 치밀성을 증가시켜 압축강도가 증가한 것으로 판단된다.

3.3.3 Task II: 알칼리 활성화제의 영향

Fig. 9는 알칼리 활성화제로 NaOH와 물유리를 사용한 AAS 모르타르의 압축강도에 SP제가 미치는 영향을 나타낸 것이다. 모르타르의 플로우에 영향을 미친 N계, M계, L계 SP제에 대해 모르타르 시편의 압축강도를 측정하였다.

알칼리 활성화제로 NaOH와 물유리를 사용한 경우에는 NaOH만 사용한 Task I에 비해 약 30MPa이 증가한 66MPa이 발현되었다. 이는 물유리를 첨가할 경우에 음이온이 발생하여 고로슬래그 표면을 녹여 초기에 빠른 알칼리 반응 속도와 높은 압축강도가 발현되는 것으로 판단된다.¹⁸⁾

Task I에서 리그닌을 1% 이상 첨가하였을 경우 1일 압축강도가 측정되지 않은 반면 활성화제로 NaOH와 물유리를

사용한 Task II에서는 N계 SP제를 2% 첨가한 경우에서만 19MPa로 Plain의 25MPa 보다 낮은 1일 강도가 발현되었다.

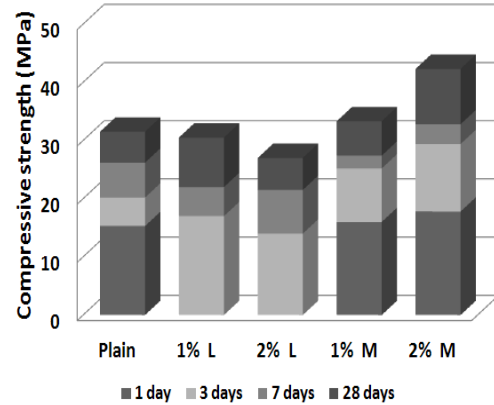


Fig. 7 Compressive strength of AAS mortar according to the SP type (Task I-1)

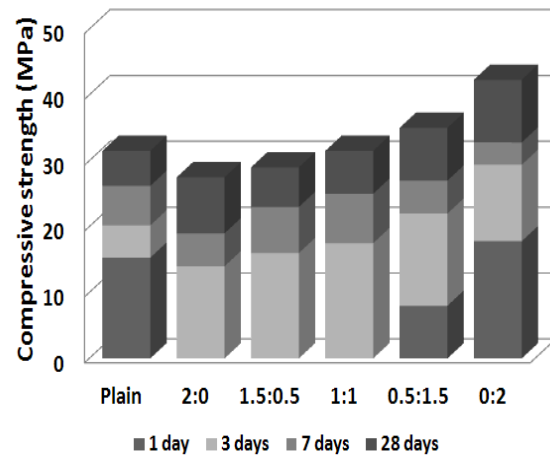


Fig. 8 Compressive strength of AAS mortar according to adding method of SP (Task I-2)

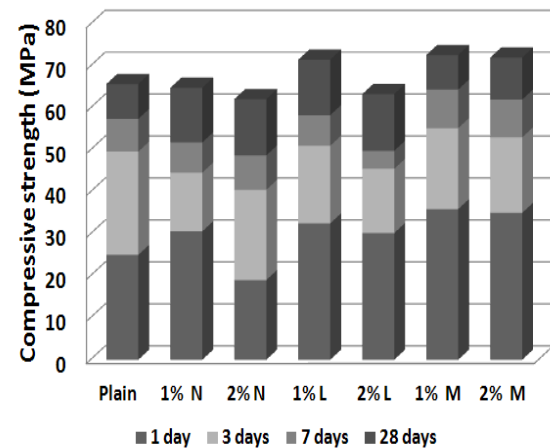


Fig. 9 Compressive strength of AAS mortar according to the SP type (Task II)

한편, 재령 28일을 기준으로 N계와 L계 SP제가 2% 첨가된 경우에 각각 62MPa, 63MPa가 발현되어 Plain의 66MPa 보다 낮은 강도를 보였고 M계 SP제에서는 첨가량과 관계없이 72MPa로 가장 높은 압축강도를 나타냈다.

4. 결 론

본 연구에서는 고강도 알칼리 활성화 슬래그 콘크리트의 급결 현상과 낮은 유동성을 개선할 목적으로 유동화제의 종류 및 투입 방법에 따른 알칼리 활성화 슬래그 모르타르의 유동 특성과 압축강도의 변화를 분석하였다.

(1) 포틀랜드 시멘트에 사용되는 유동화제는 알칼리 활성 슬래그 모르타르의 높은 알칼리 환경으로 인해 정상적인 감수 및 유동 효과가 발휘되지 못하는 것으로 나타났다. 나프탈렌 계와 PC 계의 경우에는 플로우 개선효과가 미미하였고 압축강도가 저하되는 현상을 확인하였다.

(2) SP제를 첨가하지 않은 모르타르의 경우에는 배합 직후부터 급격하게 플로우 손실이 발생하고 응결이 빠르게 진행하여 시편 제작 과정에서 작업성이 확보되지 않아 다짐불량 등 시편의 품질이 저하되어 강도가 낮게 측정된 것으로 판단된다. 반면 M계 SP제를 첨가한 경우 초기 플로우 증가로 균질한 다짐이 가능하고 시편의 제작이 용이해짐으로써 상대적으로 압축강도가 높게 나타난 것으로 사료된다.

(3) 리그닌 계의 경우에는 알칼리 활성화제로 NaOH가 사용된 경우에는 플로우 개선 효과가 가장 우수하였으나 첨가량 1% 이상에서는 응결시간이 지연되어 초기 압축강도가 크게 저하되는 문제점이 발생하였다.

(4) 알칼리 활성화제로 NaOH와 몰유리를 사용한 경우에는 PC계를 제외한 3종의 SP제가 유사한 플로우를 나타냈으며 나프탈렌 계 SP제에서 압축강도 저하 현상을 확인하였다.

본 실험을 통하여 4 종류의 유동화제 중 알칼리 활성 슬래그 모르타르에 가장 적합한 혼화제는 멜라민계로 판단할 수 있으나, 플로우 개선 및 감수효과가 미미하기 때문에 향후 고강도 AAS 콘크리트 부재 제작 및 실용화를 위해서는 알칼리 활성 슬래그 콘크리트에 적용 가능한 새로운 화학혼화제가 개발되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 “탄소저감형 건설재료 기술개발” (과제번호: 11기술혁신F04)의 일환으로 국토해양부 건설기술혁신사업의 재정적 지원을 받아 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) Yang, K.H., Song, J.G., The Properties and Applications of Alkali-Activated Concrete with No Cement, Korea Concrete Institute, Vol.19, No.2, pp.42~48, 2007 (In Korean)
- 2) Shi C., Krivenko P.V., and Roy D., Alkali-Activated Cements and Concretes, Taylor & Francis, 2006
- 3) Davidovits J., Geopolymers and Geopolymeric Materials, Thermal Analysis and Calorimetry, Vol.35, No.2, pp.429~441, 1989
- 4) Park, S.S, Kang, H.Y., Han, K.S., Development of Fly Ash/Slag Cement Using Alkali-Activated Reaction(1)-Compressive Strength and Acid Corrosion Resistance-, Journal of Korean Society of Environmental Engineers, Vol.29, No.7, pp.801~809, 2007 (In Korean)
- 5) Bakharev T., Sanjayan J.G., and Cheng Y.B., Effect of Elevated Temperature Curing on Properties of Alkali-Activated Slag Concrete, Cement and Concrete Research, Vol.29, No.10, pp.1619~1625, 1997
- 6) Bakharev T., Sanjayan J.G., and Cheng Y.B., Sulfate Attack on Alkali-Activated Slag Concrete, Cement and Concrete Research, Vol.32, No. 2, pp.211~216, 2002
- 7) Song, J.K., Yang, K.H., Kim, G.W., Kim, B.J., Properties of Sodium Alkali-Activated Ground Granulated Blast-Furnace Slag(GGBS) Mortar, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol.26, No.6, pp.61~68, 2010 (In Korean)
- 8) Antonio A., Neto M., and Repette W., Drying and Autogenous Shrinkage of Pastes and Mortars with Activated Slag Cement, Cement and Concrete Research, Vol.38, No.4, pp.565~574, 2008
- 9) Collins F., and Sanjayan J.G., Early Ages Strength and Workability of Slag Pastes Activated by NaOH and Na₂CO₃, Cement and Concrete Research, Vol.28, No.5, pp.655~664, 1998

- 10) Bakharev, T., Sanjayan, J.G., and Cheng, Y.B., Effect of Admixture on Properties of Alkali-Activated Slag Concrete, Cement and Concrete Research, Vol. 30, No. 9, pp.1367~1374. 2000
- 11) Glukhovskiy V.D., Rostovsky G.S., and Rumyna G.V, High Strength Slag-Alkali Cement, 7th International Congress on the Chemistry of Cements III, Paris, France, pp.164~168, 1980
- 12) Oh, S.H., Kim, D.W., Lee, K.M., Characteristics of Compressive Strength and Workability of AAS Mortar According to Modulus of Waterglass, Korea Concrete Institute in autumn 2012, Vol.24, No.2, pp.493~494. 2012 (In Korean)
- 13) Oh, S.H., Kim, D.W., Lee, K.M., A Study of Factors Influencing the Compressive Strength of Alkali Activated Slag Mortar, Korean Recycled Construction Resource Institute in autumn 2012, pp.206~209, 2012 (In Korean)
- 14) Lee, H.K., Lee, K.M., Setting Assessment of High Strength Concrete Using the Ultrasonic Pulse Velocity Monitoring, Journal of the Korea Concrete Institute, Vol.14, No.6, pp.973~981, 2002 (In Korean)
- 15) Lee, H.K., Lee, K.M., Kim, Y. H., and Bae, D.B., Ultrasonic In-situ Monitoring of Setting Process of High Performance Concrete, Cement and Concrete Research, Vol. 34, No. 4, pp.631~640, 2004
- 16) Koh, K.T., Ryu, G.S., Lee, J.H., Kang, H.J., Jeon, Y.S., Flowability and Compressive Strength of Cementless Alkali-Activated Mortar Using Blast Furnace Slag, Korean Recycled Construction Resource Institute, Vol.6, No.1, pp.63~71, 2011 (In Korean)
- 17) Korea Concrete Institute, Superplasticized Concrete, Korea Concrete Institute, Kimoon dang, pp.17~20, 2004 (In Korean)
- 18) Wang S., Scrivener K.I., and Pratt P.L., Factors Affecting the Strength of Alkali-Activated Slag, Cement and Concrete Research, Vol.24, No.6, pp.1033~1043. 1994

유동화제가 알칼리 활성화 슬래그 모르타르의 유동 특성 및 압축 강도에 미치는 영향

최근 시멘트 생산 시에 발생하는 다량의 CO₂로 인한 환경문제가 심각한 실정이며, 이러한 환경문제를 해결하기 위해 고로슬래그 미분말과 같은 산업부산물을 시멘트 대체 재료로 사용한 알칼리 활성화 슬래그 콘크리트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. AAS 콘크리트는 상온에서 고강도 발현이 가능하지만 알칼리 반응으로 인한 빠른 응결시간과 유동성 손실로 인해 작업시간 확보에 어려움이 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 알칼리 활성화 콘크리트의 구조 부재 적용을 위한 기초 자료 확보를 위해 AAS 모르타르의 압축강도 및 유동 특성에 시멘트용 유동화제가 미치는 영향을 분석하였다. 물-결합재비(W/B)는 0.35로 고정하고 알칼리 활성화제로 수산화나트륨과 물유리를 사용하여 AAS 모르타르를 제조하였으며, 유동성 확보를 위해 4종의 유동화제인 나프탈렌(N), 리그닌(L), 멜라민(M), PC(P) 계를 각각 슬래그 질량대비 최대 2%까지 첨가하여 압축강도, 플로우, 초음파 속도를 측정하였다. 실험결과, 멜라민계 유동화제를 첨가한 경우 AAS 모르타르의 압축 강도 저하 현상 없이 유동성이 증진되는 것으로 나타났다. 나프탈렌계와 PC계의 경우에는 유동성 개선효과가 미미한 것으로 나타났다.