

# 급냉 슬래그 잔골재의 팽창성을 활용한 모르타르 및 콘크리트의 건조수축저감에 관한 연구

이동규<sup>1</sup>, 민경환<sup>\*</sup>, 정용욱<sup>2</sup>

<sup>1</sup>충청대학교 공학기술연구원, <sup>2</sup>계명대학교 첨단건설재료시험센터

## Reduction of Drying Shrinkage of Mortar and Concrete by Expansion of Rapid Cooling Slag Fine Aggregate

Dong-Gyu Lee<sup>1</sup>, Kyung-Hwan Min<sup>\*</sup>, Yong-Wook Jeong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute for Engineering & Technology, Chungcheong University

<sup>2</sup>Advanced Construction Materials Testing Center, Keimyung University

**요약** 본 지하매설 구조물용 콘크리트는 보수가 어려워 내구성을 극대화할 필요가 있는데, 콘크리트의 건조수축에 의한 균열은 재료의 특성상 발생하는 열화현상으로 대안이 필요하다. 본 연구에서는 건조수축 저감방안의 하나로써 급냉 슬래그 잔골재의 반응에 의한 팽창을 활용하여 콘크리트의 건조수축 발생량을 저감시키고자 하였는데, 실험결과 초기 재령에서 발생하는 수축을 효과적으로 억제하는 것으로 확인되었으며, 급냉 슬래그 잔골재의 치환사용량과 비례하여 전 재령에 거쳐 압축강도가 상승하는 것을 확인할 수 있었다.

**Abstract** It is necessary to maximize the durability of Concrete for the underground structure because its maintenance and reinforcement are difficult. For cracks due to drying shrinkage of the concrete on the characteristics of the material, there is a need for an alternative in the deterioration phenomenon that occurs. In this study, fundamental properties including drying shrinkage of mortar and concrete were investigated to replace fine aggregate from cooling slag for reducing drying shrinkage of mortar and concrete. In the case of rapid cooling slag fine aggregate, it was effective to reduce and restrain initial shrinkage of mortar and concrete, and compressive strength was increased through the all specimen in proportion to its replacement ratio.

**Key Words** : Drying shrinkage, Drying shrinkage length change, Expansive admixture, Fine aggregate from rapid cooling slag, Shrinkage reducing agent

### 1. 서론

지하구조물용 콘크리트는 보수나 보강이 어렵고 시공 비용이 매우 커 내구성을 극대화할 필요가 있다. 하지만 콘크리트는 재료의 특성상 수화 및 양생과정 중에 발생하는 수분의 건조로 인해 용적이 감소하는 문제점을 지니고 있으며 이로 인한 수축균열은 콘크리트의 미관 및

구조적인 성능의 저하를 유발시킬 수 있어 이를 해결하기 위해 많은 연구진들이 수축저감에 관한 연구를 진행 중에 있다[1].

콘크리트의 재료적 요인에 의한 수축은 소성, 자기 및 건조수축으로 나뉘게 되는데, 소성수축은 주의를 요하면 미연에 방지할 수 있으며, 자기수축은 고강도에서 큰 영향이 있지만 일반강도 콘크리트에서는 차지하는 비

본 논문은 전력산업융합원천기술개발(과제번호 : 20131010501790) 연구비 지원에 의해 수행되었음.

\*Corresponding Author : Kyung-Hwan Min(Chungcheong University)

Tel: +82-43-230-2692 email: alskh@ok.ac.kr

Received April 7, 2015

Revised May 6, 2015

Accepted May 7, 2015

Published May 31, 2015

중이 적다[2]. 일반적인 콘크리트에서는 건조수축이 가장 지배적인 역할을 하는데, 콘크리트의 건조수축은 콘크리트 경화제 내부에 존재하는 수분이 표면의 수분증발에 의해 발생하는 표면장력에 따른 수분이동에 의해 발생한다[3].

콘크리트의 건조에 의한 수축을 저감하기 위한 방안으로 대표적인 것이 팽창제와 수축저감제이다. 하지만 팽창제는 초기 팽창량 과다로 인한 균열을 초래할 수 있다. 수축저감제는 콘크리트의 표면장력을 저감시켜 표면 건조에 따른 내부수분이동을 억제하는 것으로 콘크리트의 재료분리 및 강도저하의 요인이 되는 문제를 지니고 있다.

고로슬래그 미분말은 용광로에서 철광석의 철 성분을 추출하고 남는 광물성 부산물로 이를 공기중에서 냉각시켜 미분쇄한 것을 말하는데, 급냉 슬래그는 냉각과정에서 냉풍기를 사용해 급냉을 시켜 반응성을 높인 것을 말한다. 기존의 급냉 슬래그는 빠른 반응성에 의한 강도 증진에 초점이 맞추어져 연구가 진행되고 있으며, 슬래그 잔골재는 높은 밀도에 의해 충전재로서 활용이 연구되고 있다. 하지만 급냉과정을 거쳐 미분쇄하기 전의 작은 알갱이로 그 사이즈가 콘크리트용 잔골재에 해당되는 급냉 슬래그 잔골재의 연구는 미비한 상황이다. 본 연구에서는 약간의 반응성과 팽창성을 지니고 있어 이를 활용한 저수축 콘크리트의 개발이 가능할 것으로 판단되며, 잔골재가 부족한 현재의 콘크리트 산업에서 산업부산물의 적극적인 활용차원에서도 큰 의미를 가질 것으로 판단된다.

따라서 본 실험에서는 콘크리트의 건조수축 방안의 하나로써 급냉 슬래그 잔골재의 반응에 의한 팽창을 활용하여 콘크리트의 건조수축 발생량을 저감시키고자 하였다.

## 2. 실험계획

### 2.1 실험계획

본 연구에서는 우선 팽창성을 지닌 급냉 슬래그의 잔골재로써의 활용 및 기타 수축저감용 혼화재료가 모르타르의 공학적 특성에 미치는 영향을 검토하여 기존의 방안의 문제점과 각 재료의 최적사용량을 도출하고자 하였다. 또한 기존의 수축저감방안인 팽창제와 수축저감제의 최적 사용량 적용과 급냉 슬래그의 잔골재로써의 활용이

콘크리트의 공학적 특성에 미치는 영향을 검토하고자 하였는데, 모르타르 및 콘크리트의 실험계획은 Table 1 과 같다. 모르타르 및 콘크리트의 배합사항은 각각 Table 2 ~3과 같다.

모르타르 실험에서는 기존 수축저감방안으로 사용되던 팽창제와 수축저감제를 적용하고 그 사용량에 따른 특성을 검토하고자 하였으며, 급냉 슬래그 잔골재를 잔골재에 치환하여 팽창성에 의한 콘크리트의 특성을 분석하고자 하였다. 모르타르의 측정사항으로는 굳지 않은 모르타르에서 플로와 공기량은 KS L 3136에 의거 측정하였으며, 압축강도는 KS L ISO 679, 길이변화는 KS F 2424의 모르타르 길이변화 시험체에 매립형 게이지를 이용하여 측정하였다.

콘크리트 실험에서는 모르타르 실험에서 도출된 배합을 기준으로 급냉 슬래그 잔골재의 사용량 변화에 따른 공학적 특성 및 수축특성을 확인하고자 하였다.

Table 1. Experimental design for mortar and concrete

mortar test	
W/B(%)	· 48
C:S	· 1:2.1~2.2(depend on paste volume)
binder(kg/m <sup>3</sup> )	· 605.6
binder proportion	· 7(OPC):2(BS):1(FA)
variation	· EA* (2, 4, and 6 %/B) · SRA** (1, 2, and 3 %/B) · BSS*** (1, 2, 3, 4, 5, and 10 %/s)
measurement	· flow · air content · compressive strength (1, 3, 7, and 28 days) · drying shrinkage(1, 2, 3,.....56 days)
concrete test	
W/B(%)	· 48
S/a(%)	· 1:2.1~2.2(depend on paste volume)
binder(kg/m <sup>3</sup> )	· 340
water(kg/m <sup>3</sup> )	· 165
binder proportion	· 8.5(OPC):1.5(FA)
variation	· EA* (2 %/B) · SRA** (2 %/B) · BSS*** (1, 2, 3, 4, and 5 %/s)
measurement	· slump · air content · compressive strength (1, 3, 7, and 28 days) · drying shrinkage(1, 2, 3,.....56 days)

Table 2. Mixing design for mortar test

item	W/B (%)	unit weight (kg/m <sup>3</sup> )								SRA (%/b)	AD (%/b)
		W	B	C	BS	FA	EA	CS	BSS		
Plain	48.0	291	606	424	121	61	-	1305	-	-	0.7
EA2				415	119	59	12	1296	-	-	
EA4				407	116	58	24	1284	-	-	
EA6				398	114	57	36	1272	-	-	
SRA1				285	-	-	-	-	-	1	
SRA2		279	-	-	-	-	1305	-	2		
SRA3		273	-	-	-	-	-	3	-		
BSS1		291	424	121	61	-	1173	138	-	-	
BSS2							1044	276	-	-	
BSS3							913	413	-	-	
BSS4	783						552	-	-		
BSS5	652						689	-	-		
BSS10	-	-	-	-	-	1378	-	-			

Table 3. Mixing design for concrete test

item	W/B (%)	S/a (%)	unit weight (kg/m <sup>3</sup> )								SRA (%/b)	
			W	B	C	FA	EA	CS	BSS	G <sub>25</sub>		
Plain	48.4	48.0	165	340	289	51	-	859	-	923	-	
EA2					283	50	7	861	-	926	-	
SRA2					158	-	-	-	859	-	2	
BSS1					165	289	51	-	773	91	-	-
BSS2									687	181	-	-
BSS3			601	272					-	-		
BSS4			515	362					-	-		
BSS5			429	454					-	-		

콘크리트의 측정사항으로는 KS F 2402에 의거 슬럼프를 측정하였으며, KS F 2421에 의거 공기량을 측정하였다. 또한 압축강도는 KS F 2405, 길이변화는 KS F 2424의 콘크리트 길이변화 시험체에 매립형 게이지를 설치하여 측정하였다.

### 2.2 사용재료

본 연구에 사용한 시멘트는 국내산 1종 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 사용골재는 모르타르 및 콘크리트 실험의 잔골재는 국내산 부순 모래와 고로슬래그 생산과정에서 생성되는 클랭커를 냉풍기에 의해 급냉시켜 팽창성과 반응성을 띄는 급냉 슬래그 잔골재를 사용하였다. 콘크리트의 잔골재는 모르타르와 동일하며, 굵은 골재는 25 mm의 국내산 부순 골재를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 4와 같다.

Table 4. Physical properties of aggregate

item	density (g/cm <sup>3</sup> )	fineness modulus	absorptance (%)	passing 0.08 mm(%)	
fine aggregate	crushed sand	2.65	3.14	1.42	3.53
	cooling slag	2.80	3.17	0.14	0.15
coarse aggregate	2.63	6.55	0.58	0.40	

Table 5. Properties of expansive admixture

density (g/cm <sup>3</sup> )	blain (cm <sup>2</sup> /g)	chemical composition(%)				
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	F-CaO
2.90	2,000	1~5	8~15	50~55	27~31	16

Table 6. Properties of expansive admixture

component	color	form	density(g/cm <sup>3</sup> )
alcohol	none	liquid	0.90±0.05

모르타르 및 콘크리트 실험에 사용된 혼화재로 플라이에서는 밀도 2.20 g/cm<sup>3</sup>, 분말도 3,800 cm<sup>2</sup>/g의 물리적 성질을 지닌 분급 정제된 국내산 재료를 사용하였으며, 모르타르에서 사용된 고로슬래그는 밀도 2.90 g/cm<sup>3</sup>, 분말도 4,500 cm<sup>2</sup>/g의 국내산 재료를 사용하였다.

기존의 수축저감에 사용되던 팽창제와 수축저감제는 Table 5와 6과 같으며, 사용된 화학 혼화제는 모두 국내산으로 고성능 감수제는 폴리칼본산계 감수제로 황갈색의 액상이며 고품분은 15 %이고, AE제는 무색무취의 액상으로 고품분은 50 %이다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 급냉 슬래그 잔골재의 잔골재 치환사용이 모르타르에 미치는 영향평가

#### 3.1.1 모르타르의 기초적 특성

본 연구는 산업 부산물인 급냉 슬래그의 팽창성능의 효용성을 기존의 수축저감 방안과의 비교를 통해 확인하고자 하였다. 팽창제는 기존의 보편적인 사용량인 2~4 %를 적용하고 이를 초과하는 6 %를 추가하였으며, 수축저감제도 동일한 방식을 적용하였다. 급냉 슬래그의 사용량은 미분이 거의 없는 단점으로 인해 50 % 이하의 수준에서 실시하였으며 최대 팽창을 확인하기 위한 100 %를 추가로 실험하였는데, 유동성 및 공기량 시험결과는 Figure 1~2와 같다.

W/B와 고성능 감수제의 사용량을 고정시켜 실험을 실시한 결과 팽창제는 초기 반응으로 인해 사용량이 증가할수록 Plain 대비 유동성이 저하하는 경향을 나타냈으며, 공기량 또한 감소하였다.

수축저감제의 경우 사용량이 증가할수록 유동성이 크게 증가하는 경향을 나타냈는데, 이는 알코올 성분이 모르타르의 알칼리와 반응하여 물이 생성되는 가수분해에

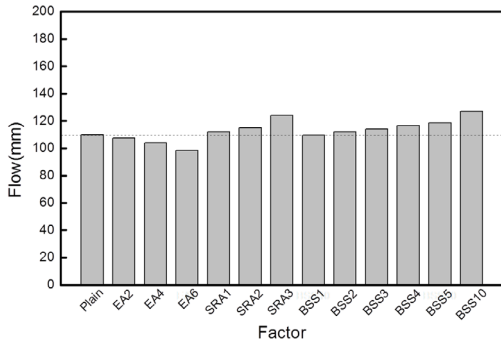


Fig. 1. Flow test result of mortar

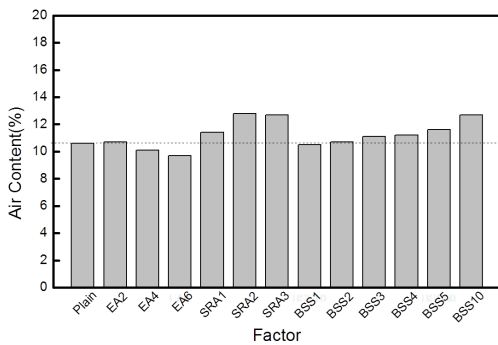


Fig. 2. Air content test result of mortar

의한 것으로 분석된다. 이로 인해 모르타르의 점성이 크게 저하하여 사용량 3 %의 경우 약간의 재료분리 현상 및 블리딩의 증가를 확인할 수 있어 수축저감제의 사용시 3 % 이상의 사용은 자제해야 할 것으로 판단된다. 공기량은 점성 저하로 인해 증가하는 경향을 나타냈다.

급냉 슬래그의 경우 사용량이 증가할수록 유동성 및 공기량이 소폭 증가하는 경향을 확인할 수 있었는데 이는 잔골재의 특성상 미분이 없기 때문으로 판단된다. 급랭슬래그를 100 % 치환 사용할 경우에는 예상한 결과처럼 재료분리 현상이 발생하여 급냉 슬래그 잔골재의 단독사용은 어려울 것으로 판단된다. 하지만 50 % 이하의 사용에서는 Plain과 약간의 차이만을 보여 사용이 가능할 것으로 사료된다.

압축강도 시험결과 팽창재 사용량이 증가할수록 초기 재령에서 상승하는 결과를 나타냈다. 하지만 장기강도는 Plain에 비해 저하하는 경향을 나타냈는데, 이는 초기 팽창을 유발하는 에트링가이트의 과다생성이 장기강도에는 오히려 악영향을 미치는 것으로 사료된다.

수축저감제의 경우는 초기강도가 크게 저하하는 것으로 확인되었는데 이는 유동성 증가를 일으키는 가수반응

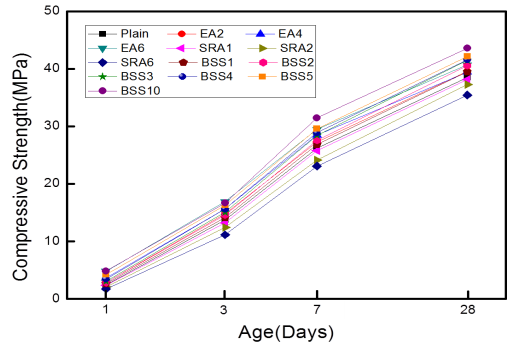


Fig. 3. Compressive strength of mortar

에 기인한 결과로 판단된다. 즉, 수축저감제의 주성분인 알코올이 모르타르내의  $Ca^{2+}$  이온과 결합하여 반응을 일으키기 때문에 모르타르의  $Ca(OH)_2$ 의 생성을 방해하여 알칼리의 농도를 낮추기 때문으로 사료된다[4].

급냉 슬래그 잔골재의 경우의 압축강도는 전 재령에 걸쳐 증가하는 경향을 나타냈는데 이는 급냉 슬래그 잔골재의 반응성이 바인더의 반응에 악영향을 미치지 않기 때문으로 사료된다.

### 3.1.2 모르타르의 수축특성

급냉슬래그의 잔골재로써의 활용 및 기타 수축저감용 혼화재료가 모르타르의 수축특성에 미치는 영향 검토 결과는 Figure 4~5와 같다.

모르타르 및 콘크리트의 건조수축은 위에서 언급한 것과 같이 팽창재와 수축저감제를 이용하는 경우가 가장 대표적이며 팽창제는 총 분체량의 약 2~4 %, 수축저감제는 총분체량 대비 약 1~2 %를 사용한다.

팽창제는 미분말의 형태를 띄고 있어 초기 반응속도가 상당히 빠르기 때문에 초기 팽창량이 매우 크다. 그리고 팽창 이후에 수축이 Plain과 거의 유사한 형태로 발생하는 문제가 있는데, 과도한 팽창으로 인한 균열이 발생하는 원인이 되기도 한다. 팽창재가 사용된 모르타르는 주로 바닥의 마감이나 옥상의 마감재로 사용되어 지는 데 필로티와 바닥의 연결부에서 팽창으로 인한 솟아오름 현상이 종종 발생하여 후속 공정에 지장을 초래하기도 한다. 팽창재의 경우 사용량이 증가할수록 초기 2일 이내에 크게 팽창을 일으키는 것으로 확인되어 구속조건인 경우 초기 인장강도 부족에 의한 균열발생이 우려된다. 또한 팽창 이후 거동은 Plain과 유사하게 발생하는 것을 확인할 수 있어 사용량 2~6 %의 범위에서 약 15~20 %의 수축저감 효과가 나타났다.

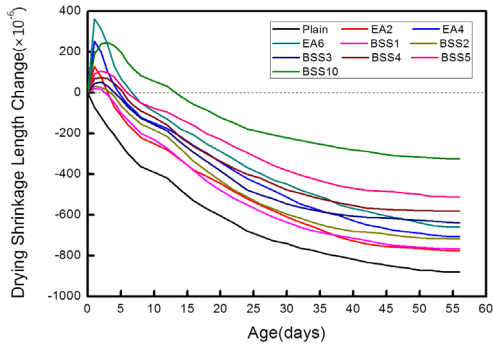


Fig. 4. Drying shrinkage of EA and BSS

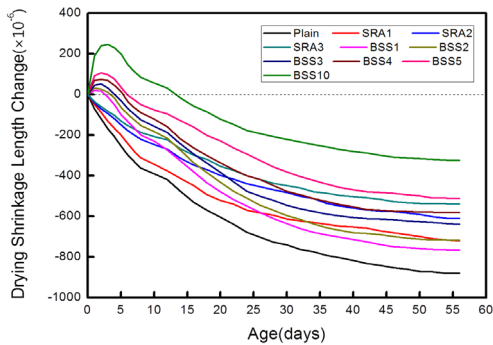


Fig. 5. Drying shrinkage of SRA and BSS

수축저감제는 모르타르 및 수분의 이동에 의해 모르타르 및 콘크리트의 수축이 발생하는 메커니즘에 의거하여 내부의 표면장력을 감소시켜 수분의 이동을 억제하는 원리를 이용하는 것이다. 수축저감제를 적용한 경우 초기부터 수축의 발생량이 저감되는 것을 확인할 수 있어 수축저감에 효과가 팽창제에 비해 양호한 것으로 확인되었다. 하지만 유동성, 공기량 및 압축강도 등의 기초적인 특성에 악영향을 미치는 결과가 확인되어 실 적용에 무리가 있을 것으로 판단된다.

급냉 슬래그 잔골재의 경우 팽창제와 유사한 효과를 보이지만 그 반응시간이 길고 팽창량이 적어 초기 팽창에 의한 균열의 우려가 적은 것으로 확인되었는데, 잔골재를 모두 치환하는 경우에는 팽창제와 유사한 결과를 나타냈다. 모르타르의 수축은 초기 재령에서 크게 발생하고 장기재령으로 갈수록 점점 감소하여 수렴되는 양상을 나타내는데 급냉 슬래그 잔골재의 경우 미세한 팽창반응이 약 5일 이상 지속되어 초기 재령에서의 수축발생을 억제하는 효과를 나타내어 수축저감에 매우 우수한 효과를 나타내는 것으로 확인되었으며, 수축저감제와 동시에 사용하는 경우 그 효과는 극대화 될 것으로 판단된다.

### 3.2 급냉 슬래그 잔골재의 잔골재 치환사용이 콘크리트에 미치는 영향평가

#### 3.2.1 콘크리트의 기초적 특성

모르타르 실험결과 팽창제의 사용량은 2%를 초과하는 경우 초기 팽창량이 매우 커 균열발생의 우려가 있다. 또한 유동성 및 공기량이 현저하게 저하되며 초기재령 이후의 강도발현율도 오히려 Plain에 비해 낮아져 콘크리트 배합실험에서는 사용량을 2%로 고정하여 급냉 슬래그 잔골재와 비교하고자 하였다. 수축저감제의 경우 약간의 초기강도 저하의 우려가 있으나 사용량 2%의 경우 수축저감능성이 양호하여 이를 기준으로 하였다. 급냉 슬래그 잔골재의 경우 100% 치환시 팽창과대 및 재료분리의 발생으로 50% 이하의 수준을 검토하려고 하였다.

Table 7은 굳지 않은 콘크리트의 실험결과 및 각 배합의 목표 슬럼프 및 공기량에 도달하기위해 소요된 고성능 감수제 및 공기연행제의 양을 나타낸 것이다.

Table 7. The results of fresh concrete

factor	slump (mm)	amount of AD for target slump(%/B)	air content(%)	amount of AE for target air content(%/B)
Plain	180	1.0	4.6	0.015
EA 2	165	1.0	4.1	0.015
SRA 2	200	1.0	5.2	0.010
BSS 1	190	1.0	4.8	0.010
BSS 2	185	0.95	4.4	0.009
BSS 3	180	0.90	4.8	0.009
BSS 4	190	0.90	4.2	0.008
BSS 5	185	0.85	4.6	0.008

콘크리트의 실험은 모르타르 실험과는 달리 목표 슬럼프를 180±25 mm, 목표 공기량을 4.5±1.5%로 설정하여 목표치에 도달시키는 고성능 감수제 및 공기연행제의 사용량을 토대로 분석을 실시하였는데, 이는 콘크리트의 초기물성을 동일하게 설정하여 사용 물질의 강도 및 수축저감 성능을 비교하는데 목적이 있었다.

실험결과 모두 목표 슬럼프를 만족하는 결과를 나타냈는데, 모르타르의 실험결과와 유사한 경향을 나타냈다. 즉, 팽창제는 유동성 및 공기량을 저하하여 소요 고성능 감수제 및 AE제량이 증가하는 것으로 확인되었다. 수축저감제는 팽창제와 반대경향을 나타냈으며 급냉 슬래그 잔골재의 경우도 모르타르 실험결과와 동일하게 부순모래에 비해 미분말이 적어 소요 고성능 감수제 및

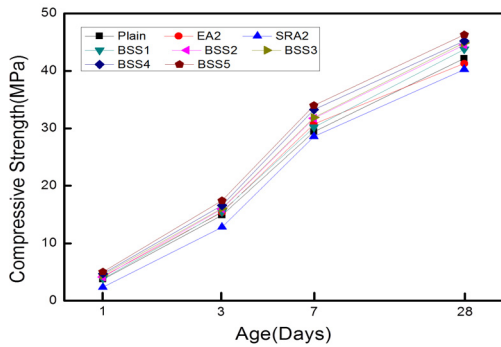


Fig. 6. Compressive strength of concrete

AE제량이 적은 것으로 나타났다.

Figure 6은 재령경과에 따른 압축강도 측정결과를 나타낸 것으로, 모르타르와 동일하게 급냉 슬래그 잔골재의 반응에 의해 전 재령에서의 강도발현이 증가되는 것을 확인할 수 있었다.

팽창재와 수축저감제는 모르타르 실험결과에서 각 재료별 가장 양호한 성능을 나타낸 사용량이었으나 Plain과 비교시 팽창재 및 수축저감제 모두 28일 압축강도의 측정결과가 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 특히 수축저감제의 경우 모르타르의 결과와 동일하게 알코올의 가수반응에 의한 초기 재령에서의 강도저하가 확인되었으며 28일 강도 측정결과에서도 소폭 저하되는 경향을 나타냈다. 기존의 문헌에서는 이러한 초기강도의 저하문제를 해결하고자 초기강도 발현을 촉진하는 물질을 일부 수축저감제에 치환사용하기도 한다.[1] 특이사항으로 팽창재와 유사한 팽창반응을 통한 강도발현의 증가이나 팽창제는 분체의 일부가 치환되어 장기적으로는 강도가 소폭 저하하나 급냉 슬래그 잔골재의 경우 분체외의 반응이 없는 잔골재의 일부가 반응하는 것에 의해 강도가 상승한다는 것이다.

### 3.2.2 콘크리트의 수축특성

전체적으로 콘크리트의 수축은 굵은 골재의 완화작용에 의해 모르타르 대비 약간 감소하는 추세를 보인다.

Figure 7은 기존의 수축저감 방안이던 팽창재와 수축저감제의 적용과 급냉 슬래그가 사용 잔골재에 대해 10~50% 치환되어 사용된 경우와의 콘크리트 길이변화 결과를 나타낸 것이다.

팽창재의 경우 초기 팽창량으로 인한 콘크리트의 수축량을 보상해주지만 초기의 팽창량에 의한 균열이 우려되어 팽창재의 사용이 매우 적게 사용되어야 한다. 또한

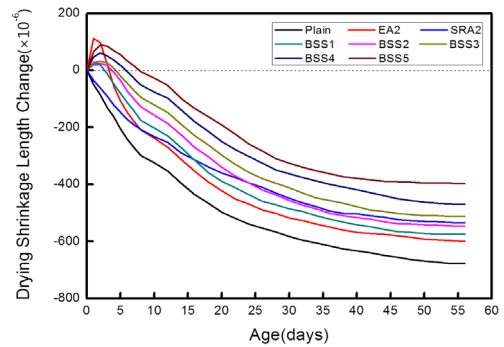


Fig. 7. Drying shrinkage of concrete

Plain의 수축경향을 그대로 반영하여 결론적으로 수축을 최대한 줄이기 위해서는 초기 팽창을 최대한으로 해야 한다는 문제점이 있다.

수축저감제의 경우 수축발생량 감소에는 양호한 성능을 발현하나 그 외의 공학적 특성에 악영향을 미치는 요인이 되며, 초기 압축강도의 저하로 인한 공기지연으로 공사비 증대의 원인이 될 우려가 있다.

급냉 슬래그를 잔골재로 치환사용하는 경우 분체의 수화반응에 아무런 영향을 미치지 않을 뿐만 아니라 잔골재 자체도 초기 재령에서 서서히 반응하여 팽창재처럼 급격한 팽창으로 초기 균열의 원인이 되지 않고 점차적으로 팽창하여 초기 팽창에 의한 우려가 적으며 초기의 지속적인 팽창에 의해 급격한 수축량 발생을 억제하는 효과가 있는 것으로 확인되었다. 또한 이 팽창반응은 약 7일 내외로 수렴하는 양상을 나타내 콘크리트의 특성에도 큰 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

## 4. 결론

급냉 슬래그 잔골재는 약간의 반응성과 팽창성을 지니고 있어 이를 실험한 결과 콘크리트의 건조수축을 저감시킬 수 있는 것으로 확인되었으며, 잔골재가 부족한 현재의 콘크리트 산업에서 산업부산물의 적극적인 활용 차원에서도 큰 의미를 가질 것으로 기대된다. 추후 콘크리트의 내구성 및 급냉 슬래그 잔골재 자체의 안정성 검토가 필요할 것으로 판단된다.

본 실험에서는 콘크리트의 건조수축 방안의 하나로써 급냉 슬래그 잔골재의 반응에 의한 팽창을 활용하여 콘크리트의 건조수축량을 저감시키고자 하였다.

실험결과 팽창재의 경우 초기강도는 증가하나 유동성

및 공기량이 저하하며 초기 팽창이 매우 커 균열발생우려가 있다. 또한 보편적으로 사용되는 사용량을 적용할 경우 수축저감효과가 다른 수준에 비해 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 수축저감제의 경우 수축저감효과는 양호하나 초기 재령의 강도가 크게 저하되며 유동성 및 공기량에 악영향을 미치고 점성저하로 인한 재료분리의 우려가 있는 것으로 확인되었다.

급냉 슬래그 잔골재의 경우 초기 팽창량이 크지 않으며 초기 재령에서 발생하는 수축을 효과적으로 억제하는 것으로 확인되었으며, 전 재령에 거쳐 압축강도가 상승하는 것을 확인할 수 있었다. 치환 사용량 20 % 이상시 기존의 수축저감 방안보다 우수한 저감효과를 발휘하는 것을 확인할 수 있었다.

### References

- [1] H. S. Han, Development and Application of High Performance Shrinkage Reducing Agent for Concrete, Doctoral Dissertation, Keimyung University, Korea, 2013.
- [2] D. G. Lee, Mitigation of Autogenous Shrinkage for High Strength Concrete Applying Edible Oils, Doctoral Dissertation, Cheongju University, Korea, 2011.
- [3] Bazant, z. p., Baweja, S., Creep and shrinkage prediction model for analysis and design of concrete structures; Model B3, Materials and structures, 29(2), pp. 126, 1996.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02486204>
- [4] S. M. Kang, H. J. Kang, M. S. Song, P. H. Park, A Study on the Early Hydration-Retarding Mechanism of Polymer Modified Cement, Proceedings of the Korea Concrete Institute, 21(1), pp. 221~222, 2009.

### 이 동 규(Dong-Gyu Lee)

[정회원]



- 2009년 2월 : 청주대학교 건축공학과 (공학석사)
- 2012년 2월 : 청주대학교 건축공학과 (공학박사)
- 2010년 2월 ~ 2014년 8월 : 동남기업 중앙연구소, 선임연구원
- 2014년 9월 ~ 현재 : 충청대학교 공학기술연구원, 선임연구원

<관심분야>  
콘크리트, 건설재료

### 민 경 환(Kyung-Hwan Min)

[정회원]



- 2007년 2월 : 고려대학교 일반대학원 구조공학 (공학석사)
- 2012년 8월 : 고려대학교 일반대학원 구조공학 (공학박사)
- 2009년 3월 ~ 2013년 6월 : 고려대학교부설 공학기술연구소
- 2013년 7월 ~ 현재 : 충청대학교 공학기술연구원, 선임연구원

<관심분야>  
콘크리트, 구조공학

### 정 용 욱(Yong-Wook Jung)

[정회원]



- 1999년 2월 : 계명대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2004년 8월 : 계명대학교 토목공학과 (공학박사)
- 2004년 12월 ~ 2011년 8월 : 계명대학교 첨단건설재료실험센터 책임연구원
- 2011년 9월 ~ 현재 : 계명대학교 첨단건설재료실험센터 조교수

<관심분야>  
콘크리트 구조, 건설재료