

슬래그 미분말을 사용한 모르타르 및 콘크리트의 초기강도 보상에 관한 연구

A Study on the Compensation of Early Age Strength in Mortar and Concrete using Blast Furnace Slag Powder

김 성 수*
Kim, Seong Su

연 영 훈**
Yeon, Yeong Hoon

이 성 수***
Lee, Seong Su

ABSTRACT

This study is about the compensation of early age strength on mortar and concrete admixed with blast-furnace slag powder. For study, we have used fine powder of gypsum and kiln dust from cement factory. According to the test results, we have obtained proper mixing ratio of slag powder, gypsum and kiln dust for the compensation of early age strength on mortar and concrete property.

1. 서 론

고로슬래그는 선철을 제조할 때 부산되는 재료로서 기존에는 슬래그시멘트 제조나 시멘트 혼합재로 사용되어 왔다. 그러나 최근에는 고분말도로 미분쇄하여 콘크리트용 혼합재로서 적극적으로 이용되고 있는 실정이다.

고로슬래그 미분말(이하 슬래그 미분말)을 혼합재로 사용한 콘크리트는 수화발열의 저하, 높은 화학 저항성, 장기재령에서의 강도발현 증대 등 여러 장점이 있다. 반면, 초기강도의 저하와 양생온도 및 양생조건에 따라 콘크리트 품질에 민감하게 영향을 주기 때문에 품질관리가 어려운 것 등의 단점도 지적되고 있다. 이로 인해 일본에서는 매스 콘크리트나 해양구조물 등에 혼합시멘트의 형태로 제한적으로 사용되고 있으나, 국내에서는 일반 콘크리트 분야에도 원가절감의 목적으로 시멘트에 치환하여 사용하는 경우가 증가하고 있다.

따라서 본 연구에서는 슬래그 미분말 사용시의 초기강도 보상을 위해 단일계 또는 혼합첨가계의 산업부산물을 자극재로 활용하는 방안을 검토하였으며, 모르타르와 콘크리트의 Flow와 압축강도 특성을 비교·분석하였다.

2. 실험계획 및 방법

- * 정회원, 아세아시멘트 기술연구소 선임연구원
- ** 정회원, 아세아시멘트 기술연구소 연구원
- **** 정회원, 아세아시멘트 기술연구소 연구실장

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획을 표 1에 나타냈다.

2.2 사용재료

사용재료는 1종 시멘트 (비중 3.15, Blaine 3250 cm^2/g)을 사용하였으며, 혼합재료는 슬래그 미분말 외에 시멘트 제조과정 중의 집진 미분말인 Kiln dust와 미분쇄한 화학석고 분말을 이용하였다.

표 2에 사용 혼합재에 대한 화학성분 및 분말도를 나타냈다.

2.3 실험방법

각 혼합재에 대한 단일첨가계 및 혼합계에 대하여 모르타르시험을 실시하였으며, 혼합첨가계에 대해서는 콘크리트 시험을 병행하여 실시하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 석고 단일첨가계의 모르타르 특성

혼합계의 SO_3 함량을 2%로 하여 슬래그미분말에 석고만을 단독 첨가한 경우의 모르타르 Flow比 및 압축강도比를 표 3에 나타냈다.

결과에서와 같이 석고의 자극재로서의 역할은 주로 1, 3일 압축강도에 영향을 미치며, 28일 강

표 1. 실험계획 및 방법

구분	실험요인		실험수준		실험항목		
물 탈	배합비 (C : S)		1	1 : 2.45		· Flow · 압축강도 (1,3,7,28일)	
	W/B		1	0.485			
	혼 합 재	슬래그 미분말	3	0, 20, 30% (시멘트 치환)			
		단일계	석고	3	반수, 이수석고(SO_3 2% Base)		
			Kiln dust	2	2.5, 10%(슬래그미분말 치환)		
혼합계	Kiln dust+석고	3	2.4, 6%(슬래그미분말 치환)				
콘크리트	규격		1	25-240-15		· 슬럼프 · 공기량 · 압축강도 (3,7,28일)	
	W/B		1	50			
	혼합계	Kiln dust + 석고	2	2%, 5% (석고 고정, SO_3 2% Base)			

표 2. 사용재료의 화학성분 및 분말도

성분	화학성분(%)									분말도	
	LOI	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Cl ⁻	Blaine (cm^2/g)	평균입경 (μm)
슬래그 미분말	-0.63	33.34	13.53	0.14	38.53	6.40	2.58	0.36	-	4200	10.8
석고	23.39	2.18	1.08	0.06	32.18	-	43.50	-	-	5500	-
Kiln dust	37.05	12.84	3.88	1.41	42.41	1.23	0.18	0.93	0.036	8200	5.4

표 3. 석고 단일첨가계의 모르타르 특성

슬래그 미분말	석고형태	기호명	Flow比	압축강도比			
				1일	3일	7일	28일
-	-	PL	100	100	100	100	100
20%	-	S2PL	101	68	83	95	106
	이수석고	S2GY	105	84	89	93	99
	반수석고	S2HE	105	89	93	98	105
30%	-	S3PL	99	64	77	80	100
	이수석고	S3GY	102	88	85	83	95
	반수석고	S3HE	101	96	87	88	104

표 4. Kiln dust 단일첨가계의 모르타르 특성

슬래그 미분말	Kiln dust	기호명	Flow比	압축강도比			
				1일	3일	7일	28일
-	-	PL	100	100	100	100	100
20%	-	S2PL	99	68	83	95	106
	2%	S2K2	97	73	90	111	106
	5%	S2K5	94	81	98	114	112
	10%	S2K10	94	82	94	105	100
30%	-	S3PL	101	64	77	80	100
	2%	S3K2	102	65	78	101	108
	5%	S3K5	99	70	89	104	100
	10%	S3K10	99	75	85	102	101

도에서는 오히려 하락하는 현상을 보였다. 초기강도의 보상 역시 OPC의 강도에 미치지 못하여 석고의 단독사용에는 한계가 있는 것으로 생각된다.

3.2 Kiln dust 단일첨가계의 모르타르 특성

슬래그 미분말에 Kiln dust만을 단독 첨가한 경우의 모르타르 Flow比 및 압축강도比를 표 4에 나타냈다. Kiln dust 첨가량이 증가할수록 전재령에서 강도증진효과가 나타났으며, 한계첨가량은 5% 전후인 것을 알 수 있다. 한편 재령별 강도증진 패턴은 1,3일보다 7일 이후의 강도증진이 양호한 것으로 나타나 C-S-H수화물 형성시기와 비교적 일치하는 것으로 나타났다.

3.3 석고-Kiln dust 혼합첨가계의 모르타르 특성

슬래그 미분말에 석고와 Kiln dust를 혼합첨가한 경우의 모르타르 Flow比 및 압축강도比를 표 5에 나타냈다. 결과에서 알 수 있듯이 1, 3일 재령에서 뚜렷한 강도증진을 나타내 기준강도를 크게 상회한 반면, 7,28일 강도에서는 기준강도를 유지하는 것으로 나타났다.

표 5. 석고-Kiln dust 혼합첨가계의 모르타르특성

슬래그 미분말	석고 형태	Kiln dust	기호명	Flow比	압축강도比			
					1일	3일	7일	28일
-	-	-	PL(A)	100	100	100	100	100
20%	이수석고	-	S2PL(B)	101	68	83	95	106
		2%	S2M2(C)	99	118	105	98	100
		4%	S2M4(D)	102	117	108	98	107
		6%	S2M6(E)	98	123	110	98	97
30%	이수석고	-	S3PL(F)	99	64	77	80	100
		2%	S3M2(G)	99	104	100	97	100
		4%	S3M4(H)	101	104	100	99	99
		6%	S3M6(I)	101	110	101	97	96

3.4 석고-Kiln dust 혼합첨가계의 콘크리트 특성

혼합첨가계의 콘크리트 슬럼프 및 압축강도比를 표 6에 나타냈다. 시험결과 3, 7, 28일 전재령에서 강도증진이 양호하여 OPC의 기준강도를 상회하는 것으로 나타났으며, 28일재령에서도 강도증진이 큰 것으로 나타났다. 한편 슬럼프 변화가 크지 않았으며, 공기량은 첨가량 증가에 따라 다소 하락하는 경향을 나타냈다.

표 6. 석고-Kiln dust 혼합첨가계의 콘크리트 특성

슬래그 미분말	석고 형태	Kiln dust	기호명	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	압축강도比		
						3일	7일	28일
0%	-	-	PL(A)	15	5.0	100	100	100
20%	이수석고	-	S2PL(B)	15.5	4.8	92	91	100
		0%	S2GY(C)	15.0	4.2	92	95	114
		2%	S2M2(D)	14.0	4.1	113	114	126
		5%	S2M5(E)	14.5	3.8	115	116	124
30%	이수석고	-	S3PL(F)	15	4.7	87	97	110
		0%	S3GY(G)	14.5	4.7	98	88	111
		2%	S3M2(H)	14.0	4.4	106	105	129
		5%	S3M5(I)	15.0	2.9	122	122	122

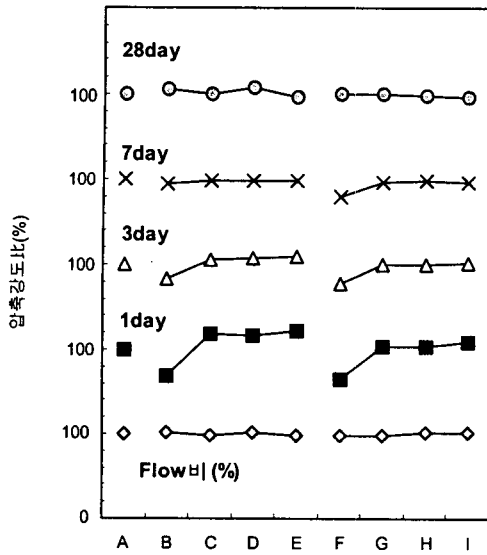


그림 1. 혼합첨가계의 모르타르 압축강도비

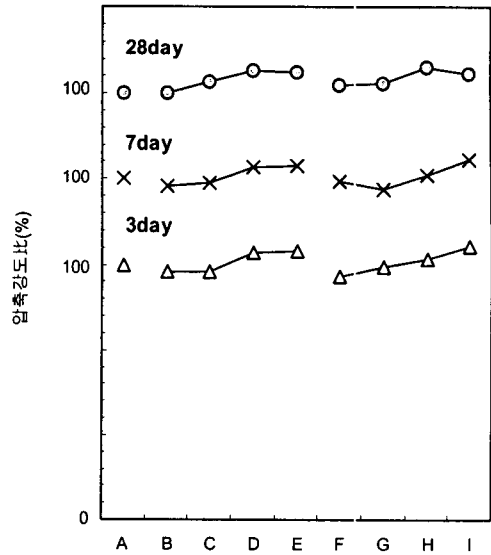


그림 2. 혼합첨가계의 콘크리트 압축강도비

4. 결론

슬래그 미분말 사용시 초기강도 보상을 위해 석고와 부산물인 Kiln dust를 자극재로 활용하는 경우, 모르타르 및 콘크리트의 Flow와 압축강도 발현특성은 아래와 같이 요약된다.

(1) 자극재로서의 석고첨가는 주로 1, 3일 강도보상에 효과적이나 후기강도 하락에 유의해야 하며 단독사용에는 한계가 있는 것으로 판단된다.

(2) 석고와 Kiln dust를 혼합첨가한 경우, 첨가량 2~5% 범위에서 OPC 기준강도 대비 양호한 강도 발현으로 초기강도 보상에 기여하는 것으로 나타났다.

혼합재로서 Kiln dust 첨가효과는 미립자에 의한 충전효과와 일부 화학조성이 자극재로서 상승작용을 하기 때문으로 생각된다.

(3) 이후 상기 혼합첨가계에 있어 콘크리트 내구성에 대한 검증이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 岳上廣光, 仲野三郎, 下林清一: 高爐セメントコンクリートの強度と耐久性におよぼす石灰石粉末の影響, セメント技術年報, 32, 1978.
2. Muhammad S Y Bhatt: Use of cement-kiln dust in blended cements, WORLD CEMENT, May 1984.
3. S P Ghosh, P Padmanathan and K Mohan: STUDY ON EFFECTS OF KILN DUST ADDITION TO PORTLAND AND BLENDED CEMENTS, 9th ICCS, 1992.
4. 한국콘크리트학회(편): 고로슬래그 콘크리트, POSCO Forum 발표집, 한국콘크리트학회, 1999. 11