

수재사 모르타의 Flow특성에 관한연구

An Experimental Study on the Flow Characteristics of Mortar use Quenched Blst-Furnace Slag

양 범 석* 임 남 기** 이 영 도** 이 종 균** 정 란*** 정 상 진***
Yang, Beom-seok Lim, Nam-Gi Lee, Young-do Lee, Jong-Kyun Chung, Lan Jung, Sang-jin

ABSTRACT

Flow experimental on not to be solid mortar Which use Quenched Blast-furnace Slag as a fine aggregate was carried out for basic research data about fundmental study of application possibility of Quenched Blast-furnace Slag as a fine aggregate. It gives following result. The substitution rate is inversely proportional to Flow and C/S-rate same that. The relation with W/C-rate augment appear proportional : in case of C/S-rate,1:3 increasing degree is a half of sand mortar that. Consequencely, Quenched Blast-furnace Slag mortar is a counteraction to Flow in a same water content per unit. But suitable substitution rate and C/S-rate influence aa little to the mortar consistency. And that reason, if C/S-rate and substitution rate will be regulated when we mix the mortar with Quenched Blast-furnace Slag, that will be economic mixture.

KeyWords : Quenched Blast-Furnace Slag, Substittion Rate,C/S-rate, Flow

1.서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건축, 토목분야의 천연골재 부족현상에 대한 대체골재의 개발이 요구되고 있는 실정이다. 이에 따라 대체골재의 역할을 수행하는데 있어서 강사의 역할을 대신하면서, 추가로 콘크리트의 강도에 기여할 수 있는 재료로서 고로급냉슬래그를 택하였다. 본고에서는 수재사의 치환율 및 잔골재율에 따른 실험으로 각각의 배합조건을 비교분석하여 고로급냉슬래그(이하 수재사라 한다.)를 사용한 건축용 콘크리트의 실용화에 위한 시멘트모르타의 플로우에 대한 기초적연구로서 수재사를사용한 콘크리트에 대한 기초자료로 활용하고자 한다.

* 정희원 : 단국대학교, 건축공학과 석사과정

** 정희원 : 단국대학교, 건축공학과 박사과정

***정희원 : 단국대학교, 건축공학과 교수, 공학박사

1.2 수재사의 생성

고로슬래그(Blast-Furance Slag)는 철광석과 코크스를 장입하고 1200~1250°C의 고온 열풍을 불어 넣어 코크스를 연소 시킴으로써 발생하는 연소열과 환원성 가스(CO gas)를 이용하여 철광석을 환원, 용해하여 철 함유율 94~95%의 선철을 제조하는 과정에서 발생하는 부산물이다.

고로슬래그는 선철의 원료가 되는 철광석과 석회석 중 철이외의 성분이 용해되어 철 위에 뜨는 광재(廣才)로서 비중의 차이를 이용하여 철과 분리해 내게 되며, 선철 1톤을 생산하는데 약 330kg의 슬래그가 생성된다.

생성된 슬래그는 그 냉각방법에 따라 여러 가지로 구분되는데 수재사는 생성된 슬래그를 급속냉각시켜 생성된 것이다.

1.3 수재사의 특성

고로슬래그는 보통포틀랜드시멘트와 비교하여 CaO가 적고 SiO₂가 많은 비결정질의 유리질 재료로서 시멘트의 수화반응후에 생성된 수화생성물인 Ca(OH)₂, Na(OH)₂와 반응하여 칼슘실리케이트, 알루미늄 수화물을 생성시키는 잠재수경성을 가진다. 따라서, 고로슬래그는 수산화칼슘과 수산화나트륨 등의 알칼리성 물질이 첨가되면 SiO₄로 구성된 망상 및쇄상구조중에서 규산구조가 이탈하여 점차로 산화칼슘과 산화마그네슘 등의 알칼리성 물질이 용출되면서 슬래그의 비결정질 구조의 파괴가 촉진된다. 이런 이유로 재령이 증가함에 따라 잠재수경성에 의한 수화활성이 커지기 때문에 콘크리트의 장기강도는 크게 발현되는 것이다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

(1) 시멘트

시멘트는 비표면적이 3,112cm²/g인 S사 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 화학성분 및 물리적 성질은 표1과 같다.

(2) 모래

잔골재는 춘천산 강모래를 사용하였으며, 물리적 성질은 표2와 같다.

(3) 수재사

수재사는 포항제철에서 슬래그 처리업체에 제공하여 수재사로 생산된 것을 사용하였다.

표1. 시멘트의 화학성분 및 물리적 성질

항목 시료명	화학성분(%)							비중
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Total S	
보통포틀랜드시멘트	21.9	6.59	2.81	60.12	3.32	2.11	2.58	3.15

표2. 잔골재의 물리적 성질

항목 종류	비중	흡수율 (%)	조립률 (F.M.)	유기 불순물	단위용적중량 (kg/m ³)	실적률 (%)
춘천산강모래	2.60	1.83	3.14	양호	1.584	61.0

수재사는 각각의 생성과정에 따라 약간의 성분량의 차이를 보이기도 하지만 대체적으로 수재사의 구성원소는 일반암석과 같으며, 성분은 시멘트와 유사하다. 슬래그의 화학성분 및 물리적 성질은 표3과 같다.

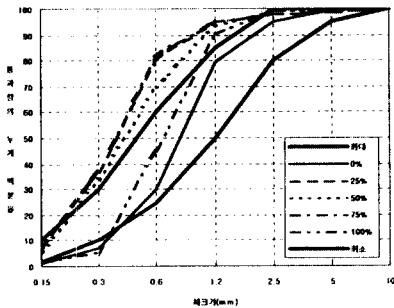
수재사의 조립률은 그림1에 나타낸다. 수재사의 잔골재의 체가름시험기준(KS F 2502)에 입각하였으며, 체가름시험에 따른 조립률은 강사의 조립률을 기준으로 할 때 No.16번과 No.30번 표준망체에 남은 양이 최대치를 약간 상회하고 있으며, 슬래그잔골재 조립률기준(KS F 2559)의 조립률범위 3.57~5.05에는 모두 포함되었다. 수재사를 사용한 잔골재의 조립률은 강사가 가장 낮고 다음으로 치환율 100%, 50%, 25%의 순으로 나타났다. 또한 수재사의 입도분포는 2.5mm이하에서 강사보다 많은 비율을 나타내고 있음을 알 수 있다.

표3. 고로슬래그의 화학성분 및 재질

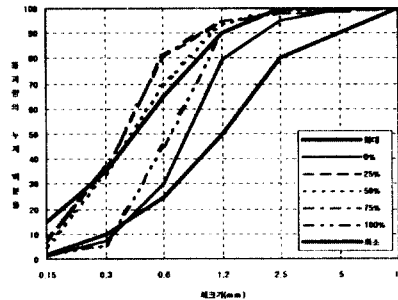
성분	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	S	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅
종류									
고로 슬래그	30 ~41	35 ~45	12 ~20	0.3 ~1.7	3 ~7	0.6 ~1.6	0.3 ~1.7	0.2 ~2.2	0.004 ~0.051
재질	절대건조비중		흡수율(%)			단위부피무게 kg/ℓ			
규정값	2.5이상		3.5이하			1.45이상			

표4. 강사와 수재사의 치환율에 따른 조립률

치환율	0% (강사100%)	25% (강사75%)	50% (강사50%)	75% (강사25%)	100% 강사0%
F.M	3.14	4.16	4.02	4.18	3.71



(기준-일반 강모래의 조립률)



(기준-고로슬래그잔골재의 조립률)

그림1. 수재사의 치환율에 따른 조립률

(4) 물

물은 서울시의 상수도수를 상온상태에서 사용하였다.

2.2 배합

모르타의 배합조건은 수재사 첨가량(0%, 25%, 50%, 75%, 100%), 물시멘트비(45%, 50%, 55%), 잔골재율(C:S=1:2, 1:3)을로 변화시켜 배합하였다.

모르타의 배합을 표5에 나타낸다.

표5. 모르타의 배합(단위:kg/ m³)

W/C	S/C	치환율 (%)	W	C	Sand	Slag	W/C	S/C	치환율 (%)	W	C	Sand	Slag	W/C	S/C	치환율 (%)	W	C	Sand	Slag			
45%	2.0	0	320	713	1177	-	2.0	344	688	50	344	688	1136	-	2.0	366	665	50	366	665	1098	-	
		25			882	271							852	262							25	824	253
		50			588	543							568	524							50	549	507
		75			294	814							284	786							75	274	760
		100			-	1086							-	1049							100	-	1014
	3.0	0	273	607	1504	-	3.0	287	574	50	287	574	1422	-	3.0	302	549	50	302	549	1359	-	
		25			1128	347							1067	328							25	1020	313
		50			752	694							711	656							50	680	627
		75			376	1042							355	984							75	340	941
		100			-	1388							-	1312							100	-	1255

2.3 비빔

본 연구의 실험방법은 수재사를 사용한 경우 강사와 수재사를 넣고 1분간 건비빔한 후에 시멘트를 넣고 다시 1분간 건비빔하고 물을 투입하고 3분간 비빔하였다.

3. 실험결과

3.1 압축강도 측정결과

수재사 모르타의 압축강도와 휨강도를 표6에 나타낸다. 압축강도는 KS F 2405에 의거하여 3일, 7일, 28일 강도를 측정하였다.

표6. 시험체별 압축강도 측정결과

C:S	W/C	치환율 (%)	3일강도	7일강도	28일강도	C:S	W/C	치환율 (%)	3일강도	7일강도	28일강도
1:2	45%	0	289	390	472	1:3	45%	0	259	376	476
		25	276	356	436			25	232	390	455
		50	254	335	422			50	272	323	470
		75	250	316	395			75	222	352	391
		100	241	361	408			100	183	279	362
	50%	0	249	348	449		50%	0	229	316	428
		25	203	283	367			25	259	282	400
		50	221	296	364			50	221	293	362
		75	177	256	322			75	181	260	331
		100	158	297	347			100	153	261	334
	55%	0	193	267	362		55%	0	189	206	333
		25	225	322	410			25	198	269	349
		50	218	328	387			50	175	245	346
		75	212	283	389			75	156	231	320
		100	114	251	335			100	117	195	294

3.2 플로우측정결과

굳지않은 수재사 모르터의 플로우를 표준적인 방법으로 측정하였으며, 그 결과는 표6에 나타낸다. 수재사는 강사와 비교하여 비중은 비슷한 편이나 강사에 비해 조금 낮고, 표면이 매우 불규칙하며, 흡수율이 강사보다 2배정도 많다.

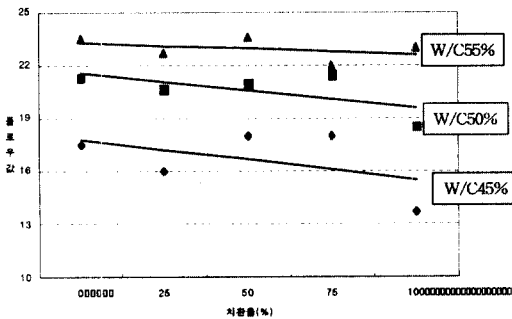
표6. 수재사모르터의 플로우 측정값

W/C (%)	S/C	치환율 (%)	Flow값 (cm)	W/C (%)	S/C	치환율 (%)	Flow값 (cm)	W/C (%)	S/C	치환율 (%)	Flow값 (cm)
45%	1:2	0	17.5	50%	1:2	0	21.3	55%	1:2	0	23.5
		25	16			25	20.7			25	22.7
		50	18			50	21			50	23.6
		75	18			75	21.5			75	22
		100	13.7			100	18.5			100	23
	1:3	0	12.7		1:3	0	18.4		1:3	0	23
		25	16.5			25	18			25	18.1
		50	13.5			50	18.1			50	18.2
		75	10			75	14.5			75	18.1
		100	10			100	11.5			100	12

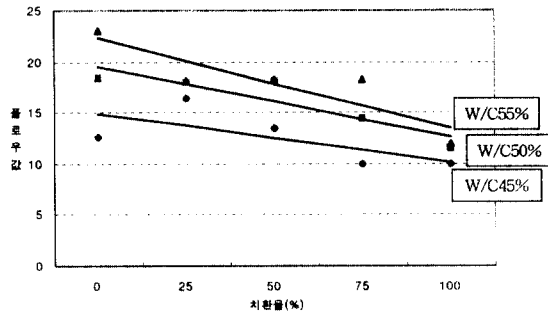
4. 결과의고찰

4.1 수재사 모르터의 플로우

수재사모르터의 치환율에따른 플로우값의변화를 그림3에 나타내었다. 수재사 모르터의 플로우는 치환율이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다. 그 이유는 수재사의 흡수율은 강사의 2배정도이며, 표면형상은 불규칙한 유리질이므로 잔골재 입자간 마찰이 강사보다 월등이 많기 때문이다.



(C:S=1:2)

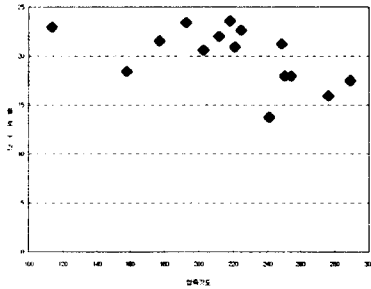


(C:S=1:3)

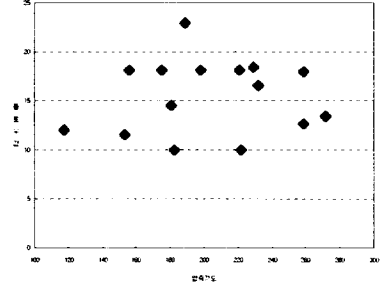
그림3. 치환율에따른 플로우

4.2 플로우에 따른 압축강도의 고찰

수재사 모르터의 압축강도는 치환율에 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 압축강도의 추세는 플로우의 감소추세와 동일한 경향을 나타내었다. 이는 수재사의 입형 및 흡수율에 의한 모르터 컨시스턴시의 영향이 굳은 모르터에 작용한 것으로 판단된다.(그림4.5)

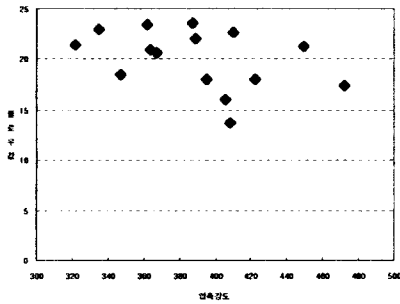


(C:S=1:2, 3월강도)

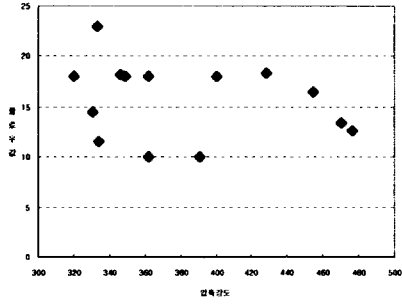


(C:S=1:3, 3월강도)

그림4. 플로우값과 압축강도의 관계



(C:S=1:2, 28월강도)



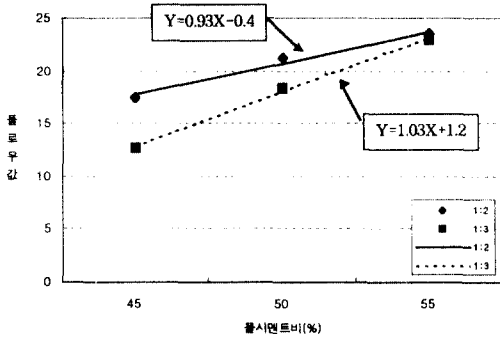
(C:S=1:3, 28월강도)

그림5. 치환율에 따른 모르터의 압축강도

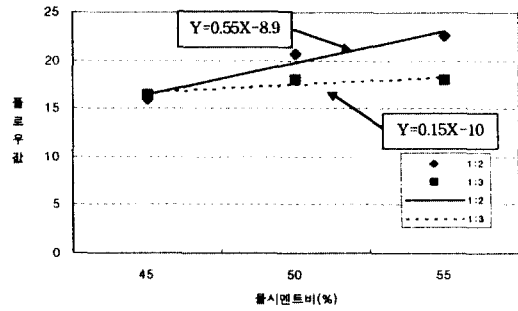
4.3 물시멘트비에 따른 플로우

치환율에 따른 플로우의 변화를 그림6에 나타낸다.

수재사 모르터의 물시멘트비에 따른 플로우값의 변화는 일반모르터와 동일하게 비례관계를 나타내었다. 다만 일반모르터에 비해 플로우값의 증가에서 잔골재율 1:2에 비해 1:3은 플로우값의 증가정도가 그다지 높지 않은 것으로 나타났는데 이는 수재사의 양이 많아질수록 플로우에 역효과를 내는 것으로 사료된다. 즉 잔골재율 1:2정도의 배합은 모르터의 컨시스턴시에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

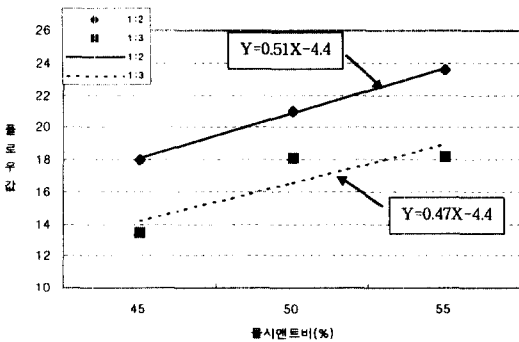


(감사)

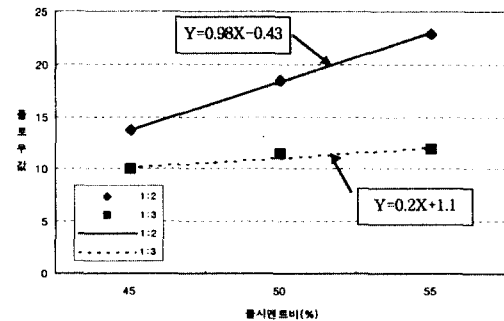


(수재사치환율25%)

그림6. 물시멘트비에 따른 플로우



(수재사50%)



(수재사 치환율100%)

그림7. 물시멘트비에 따른 플로우

5. 결론

수재사의 건축용 골재로서의 활용가능성에 대한 기초적 자료를 확보하기위한 연구로서 수재사 모르타의 플로우 특성에 대해 실험하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 수재사 모르타의 플로우는 수재사의 치환율이 증가할수록 낮아진다. 즉 수재사는 모르타의 컨시스턴스에 역작용을 한다.
- (2) W/C비의 증가와 플로우는 비례하였으며, 잔골재율 1:3의 경우에는 동일배합의 일반모르타와 비교할 때 플로우의 증가정도는 1/2정도이다. 그러나 수재사의 양이 적은 1:2의 배합에서는 컨시스턴스에 큰 영향을 미치지 않는다.

결과적으로 수재사를 사용한 모르타의 플로우에 대한 변화는 플로우값이 적을수록 강도는 우수했고, 특히 치환율 25%와 50%와 잔골재율 1:2에서는 일반강사를 사용한 모르타에비해 강도가 그다지

낮지 않아 수재사의 배합시에 잔골재량의 조정으로 경제적인 배합이 될 수있는 가능성이 있는 것을 알수 있었다.

참고 문헌

1. 정상진 외10名, 「건축재료학」, 1986, 보성각, p132~135.
2. 「콘크리트용 고로슬래그 골재 설계시공지침」사단법인 대한토목학회
3. 依田彰彦, 『産業副産物高爐スラグのコンクリート用セメント, 混和材, 骨材への有効利用に関する實驗研究』
4. 日本土木學會 『高爐スラグ 細骨材を用いたコンクリートの 設計施工指針』(案,)1983. 2
5. 任入豊和, 外1名, 「高爐水碎のコンクリート用細骨材としての性質とそれを用いたモルタル コンクリートの作業性ならひに強度性状に関する實驗, 昭和50年.