
고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 공학적 특성에 관한 연구

A Study on the Engineering Properties of Concrete
Using Blast-furnace Slag Powder



이상수*

Lee, Sang-Soo



원 철**

Won, Cheol



김동석**

Kim, Dong-Seok



박상준**

Park, Sang-Jun

ABSTRACT

There are many methods to improve the performance of concrete. Especially, granuated blast furnace slag, by-products used in concrete as the replacement material of cement, could contribute to improve the fluidity, resistance of chemical attack and strength of concrete. Also, it could contribute to decrease the rate of generating hydration heat, in addition to cost-down of concrete and prevention of environmental pollution.

Therefore, in order to establish the systemical application of granuated blast furnace slag in normal concrete, the engineering properties of concrete, such as fluidity, strength, setting and hydration properties etc., was evaluated. In this study, replacement ratio of granuated blast furnace slag was 0, 30, 50, 70(%), and target slump was 8, 12, 15, 18(cm). Results from the experiment, granuated blast furnace slag showed the outstanding effects of improving the engineering properties of concrete. From now on, positive application of granuated blast furnace slag is expected in the point of improving the performance and cost-down of concrete.

Keywords : granuated blast furnace slag, fluidity, setting, strength, hydration heat

* 정회원, 대우건설기술연구소 선임연구원, 공박
** 정회원, 대우건설기술연구소 주임연구원

· 본 논문에 대한 토의를 2000년 12월 31일까지 학회로 보
내 주시면 2001년 2월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

최근, 건설산업이 발전함에 따라 건설구조물의 주종을 이루고 있는 콘크리트도 고품질 및 고성능화가 필요하게 되었다. 또한, 경제적인 측면에서도 사용재료의 원가절감 및 최적의 배합설계를 통하여 가격경쟁에서 우위를 추구하려는 추세에 있다.

콘크리트의 품질 및 성능을 개선시키기 위한 방안에는 여러 가지가 있겠지만, 그 중에서도 산업부산물인 고로슬래그 미분말을 시멘트의 대체재로 재활용함으로써 콘크리트의 성능을 확보하려는 연구⁽¹⁻³⁾가 최근 주류를 이루고 있다. 또한, 이것은 환경오염방지 및 경제적인 효과를 동시에 얻을 수 있기 때문에, 그 활용성은 매우 클 것으로 기대되고 있다.

일반적으로, 고로슬래그 미분말은 용광로에서 선철과 동시에 생성되는 용융고로슬래그를 물로 급냉시켜 생성된 입상의 고로수쇄슬래그를 건조시켜 미분쇄한 것으로, 시멘트의 대체재로 사용할 경우에 유동성 개선, 수화발열속도의 저감 및 온도상승의 억제, 장기강도 향상, 수밀성 향상 등의 효과⁽⁴⁻⁵⁾를 갖고 있기 때문에 콘크리트에서의 적용범위는 매우 크다.

이와 같은 특성을 고려해서, 건설구조물의 요구성능에 맞는 콘크리트를 체계적인 방법으로 개발하여 적용함으로써, 소요의 품질을 확보하는 것이 무엇보다도 중요하다. 그러나, 현재 레미콘에 사용되는 고로슬래그 미분말은 그의 물성을 제대로 파악하지 않고, 경제적인 효과만을 고려하여 시멘트의 일부분으로 사용하는 것이 대부분으로, 체계적 또는 합리적이지 못한 것이 현실이다.

따라서, 본 연구에서는 일반강도영역의 콘크리트에서 구성재료의 변동에 따른 콘크리트의 특성을 파악하고, 이를 향후 현장적용을 위한 자료로 삼고자 하였다. 고로슬래그 미분말의 사용에 수반되는 경제적인 효과와 대체재의 특성을 고려해서 요구성능에 맞는 콘크리트를 개발하기 위해, 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 유동특성, 강도특성, 응결특성 및 수화특성과 같은 공학적 특성에 관하여 다양한 실험변수를 정하여 연구를 수행하였다.

2. 실험개요

2.1 실험계획

지금까지, 국내에서의 고로슬래그 미분말은 각 배합변수에 따른 특성파악이 미비하기 때문에, 고로슬래그 미분말의 치환율별 사용범위를 확대하기 위한 각종 배합변수에 따른 체계적인 검토가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 Table 1과 같이, 물-결합재비(이하 W/B로 칭함.) 40, 45, 50 및 55%를 대상으로 고로슬래그 미분말의 치환율, 슬럼프별로 각종 굳지 않은 성상 및 강도특성을 검토하였다.

Table 1 Variables and conditions of experiment

Conditions		Variables	
W/B(%)		40, 45, 50, 55	40, 50
Replacement ratio of slag (%)		0, 30, 50, 70	
Target slump(cm)		8, 12, 15, 18	18
Items	Fresh concrete	Slump, Air content	Setting time, Bleeding, Variation of elapsed time, Adiabatic rising temperature
	Hardened concrete	Compressive strength (7,28,56,91D)	-

고로슬래그 미분말의 치환율은 0, 30, 50, 70(%)이며, 플레인 콘크리트의 목표 슬럼프치는 8, 12, 15, 18 cm의 4종류로 계획하였다.

특히, 콘크리트의 블리딩, 응결시간 및 경과시간에 따른 특성 및 콘크리트의 수화발열특성을 알아보기 위한 단일온도상승시험은 W/B 40% 및 50% 범위에서, 목표슬럼프치 18 cm를 대상으로 고로슬래그 미분말의 치환율에 따른 특성을 분석하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 각종 사용재료(시멘트, 혼화

재, 골재 및 AE감수제)의 물리·화학적 성질은 Table 2 ~ Table 5에 나타난 바와 같다.

시멘트는 국내 S사 보통 포틀랜드 시멘트(I종)로써 KS L 5201의 품질규격에 적합하였으며, 혼화제는 고로슬래그 미분말을 사용하였다.

Table 2 Physical properties of cement

Specific gravity	Blaine (cm ³ /g)	Setting time(h:m)		LOI (%)	Soundness (%)	Compressive strength (kgf/cm ²)		
		Initial	Final			3D	7D	28D
3.15	3.200	3:50	6:10	0.7	0.05	195	293	397

Table 3 Physical and chemical properties of slag powder

Specific gravity	Blaine (cm ³ /g)	LOI (%)	Setting time	
			Initial (h:m)	Final (h:m)
2.85	3.860	0.27	4:19	7:35

Chemical composition(%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
33.7	14.4	0.41	41.7	6.4	0.98

Table 4 Physical properties of aggregates

Items	Specific gravity	Absorption (%)	F.M	Solid content (%)	Unit weight (kg/ℓ)	75 μ m passing (%)
Fine	2.60	0.52	2.60	64.8	1.690	0.5
Coarse	2.62	0.53	6.96	58.1	1.497	0.1

Table 5 Physical properties of AE reducing agent

Colour	Main ingredient	Solid (%)	Specific gravity	Set time gap(min)		Strength ratio (%)		
				Initial	Final	3D	7D	28D
Dark blown	Napthalene	33 \pm 5	1.15 \pm 0.05	20	30	135	126	122

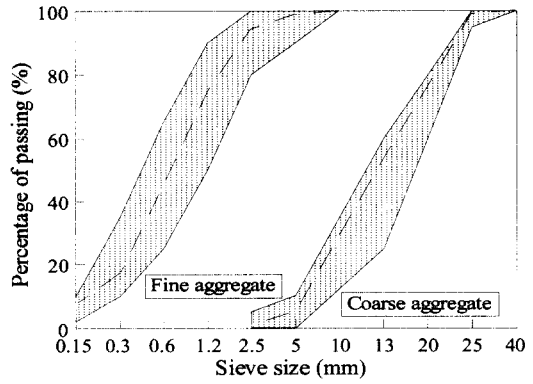


Fig.1 Grading range curve of aggregate

또한, 잔골재는 남양만산 세척사를 사용하였으며, 굵은골재는 용원석산의 25mm 쇄석을 세척하여 사용하였다. 골재의 물리적 성질은 Table 4와 같고, 골재의 입도분포곡선은 Fig. 1과 같다.

혼화제는 일반 콘크리트에서 주로 사용하고 있는 AE감수제(표준형, J사)를 사용하였고, 그 물성 및 품질성능은 Table 5와 같다.

2.3 콘크리트의 배합

본 실험에 사용한 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트 배합⁽⁶⁾은 수차례의 시험비법을 통하여 선정된 것으로 Table 6에 나타난 바와 같다.

본 실험에서 적용한 굵은골재의 겉보기 용적은 W/B 및 목표 슬럼프치에 따라 다소 상이한 것으로 나타나고 있지만, 대략 0.587~0.665범위에서 굵은 골재량을 산정하였다.

콘크리트의 비빔은 Fig. 2에서와 같이, 100ℓ 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 건비법과 모르타르비법을 행한 후, 골재를 투입하는 선모르타르 비빔방법으로 실시하였다.

콘크리트의 슬럼프 및 공기량을 측정후, 재령별 압축강도를 측정하기 위해서 압축강도 측정용 $\phi 10 \times 20$ cm 공시체를 제작하였다. 24시간 후에 몰드를 탈형한 다음, 공시체는 소요의 재령까지 $21 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 수중에서 표준양생을 실시하였다.

Table 6 Mix proportions of concrete

W/B (%)	Slump (cm)	SL (%)	S/a (%)	Unit weight(kg/m ³)					W/B (%)	Slump (cm)	SL (%)	S/a (%)	Unit weight(kg/m ³)				
				C	SL	W	S	G					C	SL	W	S	G
40	8	0	42.0	363	0	145	759	1055	50	8	0	44.3	284	0	142	832	1055
		30	41.5	254	109		746	1059			30	43.9	199	85		821	1058
		50	41.1	181	181		737	1062			50	43.6	142	142		814	1060
		70	40.8	109	254		728	1064			70	43.3	85	199		807	1063
	12	0	42.9	375	0	150	766	1025		12	0	45.4	294	0	147	843	1022
		30	42.4	263	113		752	1029			30	45.0	206	88		832	1026
		50	42.0	188	188		742	1032			50	44.7	147	147		825	1028
		70	41.6	113	263		733	1035			70	44.4	88	206		817	1030
	15	0	43.1	385	0	154	761	1011		15	0	45.3	304	0	152	832	1012
		30	42.5	270	116		746	1015			30	44.9	213	91		820	1016
		50	42.2	193	193		737	1018			50	44.6	152	152		813	1018
		70	41.8	116	270		727	1021			70	44.3	91	213		805	1020
18	0	45.6	395	0	158	797	956	18	0	47.7	316	0	158	864	954		
	30	45.0	277	119		782	961		30	47.2	221	95		852	958		
	50	44.6	198	198		772	964		50	46.9	158	158		844	961		
	70	44.2	119	277		762	967		70	46.6	95	221		836	963		
45	8	0	43.3	318	0	143	800	1056	55	8	0	44.4	267	0	147	834	1053
		30	42.8	222	95		788	1060			30	44.0	187	80		824	1056
		50	42.5	159	159		780	1062			50	43.8	134	134		818	1058
		70	42.2	95	222		772	1064			70	43.5	80	187		811	1060
	12	0	44.3	329	0	148	810	1024		12	0	45.6	276	0	152	849	1018
		30	43.9	230	99		797	1028			30	45.2	193	83		838	1021
		50	43.5	164	164		789	1030			50	45.0	138	138		831	1024
		70	43.2	99	230		781	1033			70	44.7	83	193		824	1026
	15	0	44.3	340	0	153	800	1012		15	0	45.5	285	0	157	836	1010
		30	43.8	238	102		787	1016			30	45.1	200	86		826	1013
		50	43.5	170	170		778	1019			50	44.8	143	143		818	1016
		70	43.1	102	238		770	1021			70	44.5	86	200		811	1018
18	0	46.7	351	0	158	833	956	18	0	47.8	298	0	164	866	951		
	30	46.2	246	105		820	960		30	47.4	209	89		855	955		
	50	45.9	176	176		811	963		50	47.1	149	149		847	957		
	70	45.5	105	246		802	966		70	46.8	89	209		839	960		

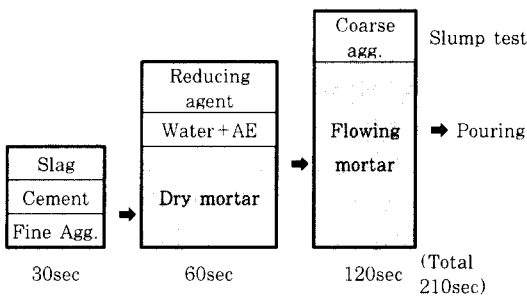


Fig. 2 Mixing of concrete

3. 실험결과 분석 및 검토

3.1 슬럼프 및 공기량 특성

본 실험은 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리

트의 유동특성을 알아보기 위한 것으로서, W/B는 40, 45, 50, 55(%)인 4종류, 목표 슬럼프치는 8, 12, 15, 18(cm)인 4종류로 하였다. 각 목표 슬럼프치를 고로슬래그 미분말 치환율이 0%인 플레인 콘크리트에 적합하도록 배합을 선정한 후, 고로슬래그 미분말을 단위시멘트량에 대하여 중량으로 각각 30, 50, 70%를 대체하여 콘크리트상태에서의 슬럼프 및 공기량 특성을 비교·검토하였다.

본 실험에 사용한 AE 감수제의 첨가량은 각 W/B 또는 목표 슬럼프별로 동일하게 결합재 중량에 대하여 0.5%를 사용하였으며, 고로슬래그 미분말 혼합에 따른 공기량 저하효과를 보완하기 위하여 AE제를 각각 W/B 40%에서 0.02%, W/B 45%에서 0.015%, W/B 50% 및 55%에서 0.01%씩 혼합하였다.

3.1.1 슬럼프 시험결과 분석 및 검토

고로슬래그 미분말의 치환율별 슬럼프 시험결과는 Fig. 3에 나타난 바와 같이, W/B에 관계없이 전반적으로 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 증대하는 것으로 나타났다.

이는 고로슬래그 미분말의 표면성상과 분말도, 치환율 및 시멘트와의 비중차에 따른 페이스트 용적의 증가 및 페이스트 점도의 변화 등의 여러 요인이 균지 않은 콘크리트의 성질에 영향을 미치는 것으로 생각할 수 있으며, 특히, 표면이 시멘트 입자의 표면에 비해서 치밀하고, 유동성 증가에 유리한 형상이므로 페이스트와 골재계면의 마찰이 작아짐⁽⁴⁾에 따른 것으로 생각할 수 있다.

또한, 목표 슬럼프치가 낮을수록 고로슬래그

미분말의 치환율 증가함에 따라 슬럼프 증가율이 커지고 있어, 고로슬래그 미분말이 유동성 측면에서 유리하다는 것을 알 수 있다.

따라서, 고로슬래그 미분말을 사용하면 콘크리트 유동성이 개선되어 콘크리트의 단위수량을 저감시킬 수 있기 때문에, 건조수축에 따른 균열 제어효과는 매우 양호할 것으로 판단된다.

3.1.2 공기량 시험결과 분석 및 검토

고로슬래그 미분말의 치환율에 따른 공기량 시험결과는 Fig.4에 나타난 바와 같이, 전반적으로 치환율이 증가할수록 뚜렷한 감소경향을 보이고 있다. 이와 같이, 고로슬래그 함유량이 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트에서 공기량의 확보에 커다란 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 그러나, 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 경우, 소요 공기연행제의 사용으로 적정 공기량을 확보하는데는 큰 어려움은 없을 것으로 판단된다.

3.2 경시변화 및 블리딩, 응결특성

본 실험에 사용된 콘크리트는 W/B 40%와 W/B 50%를 대상으로 하고, 목표 슬럼프치는 $18 \pm 2.5\text{cm}$, 공기량은 $4.5 \pm 1.5\%$ 로 하여 고로슬래그 미분말의 치환율 변화에 따른 경시변화 특성을 검토하였다.

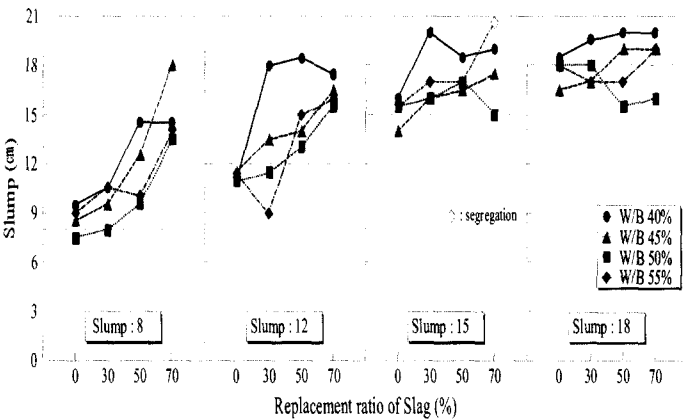


Fig.3 Flowing property according to replacement ratio of slag in target slump

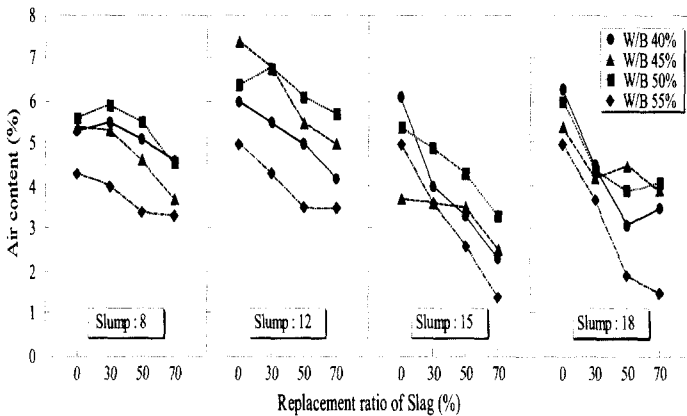


Fig. 4 Air content property according to replacement ratio of slag in target slump

3.2.1 경시변화 실험결과 분석 및 검토

고로슬래그 미분말의 치환율에 따른 슬럼프 및 공기량의 경시변화 실험결과는 Fig. 5 및 Fig. 6과 같다. 실험결과, 혼합직후 시간이 경과함에 따른 슬럼프의 변화는 치환율이 증가할수록 슬럼프의 저하는 감소하는 것으로 나타났다. 특히, W/B 40%이고, 고로슬래그 미분말의 치환율이 70%인 콘크리트의 경우에는, 고로슬래그 미분말을 치환하지 않은 콘크리트보다는 경과시간에 따른 유동성의 유지성능이 우수한 것으로 나타났다.

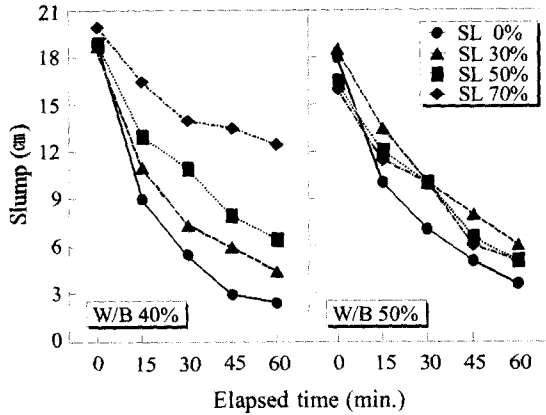


Fig. 5 Flowing property according to replacement ratio of slag in elapsed time

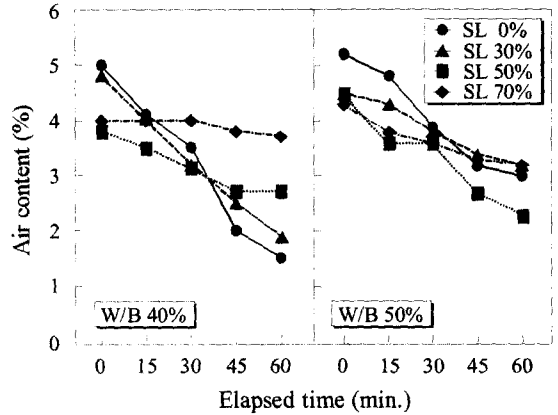


Fig. 6 Air content according to replacement ratio of slag in elapsed time

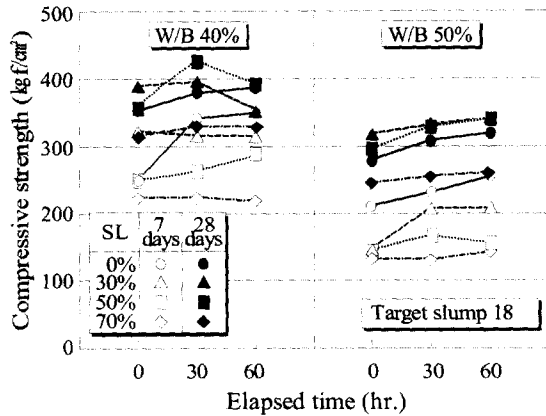


Fig. 7 Compressive strength according to replacement ratio of slag in elapsed time

또한, W/B 50%의 경우에는, 고로슬래그 미분말의 치환율 50% 및 70%인 콘크리트가 플레인 콘크리트에 비해 목표슬럼프 확보를 위해 사용된 감수제가 0.1~0.2×B% 정도 감소되는 것으로 나타났다. 따라서, 고로슬래그 미분말을 다량으로 사용함에 따라 콘크리트의 유동성을 개선시킬 수 있었다. 공기량은 경과시간에 따라 감소되는 경향을 나타냈다. 또한, 고로슬래그 미분말의 치환율에 따라 공기량의 변화가 상이한 것으로 나타났다. 즉, 고로슬래그 미분말의 치환율 50%를 전후하여 경과시간에 따른 공기량 손실은 치환율이 클수록 완만한 경향을 보이고 있었다.

한편, 경시변화에 따른 압축강도는 Fig. 7과 같이, 시간이 경과할수록 대체적으로 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 경과시간에 따른 단위수량

감소 및 공기량 손실과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다.

3.1.2 블리딩 시험결과 분석 및 검토

굳지 않은 콘크리트에서 고로슬래그 미분말의 치환율을 변화에 따른 블리딩 시험결과는 Fig 8(a), (b)와 같다.

블리딩 시험의 경우는 주변온도에 따른 영향이 크기 때문에, 24±1℃로 동일하게 관리하여 시험을 실시하였다.

시험결과, 고로슬래그 미분말의 치환율에 따른 블리딩을 및 블리딩량은 W/B에 따라 상이한 결과를 나타내고 있었다.

W/B 40%의 경우에는 치환율이 증가할수록 블리딩량은 미소하나마 증가하는 경향을 나타내고 있지만, W/B 50%에서는 치환율 30%를 제외하고는 거의 유사한 값을 나타내고 있다.

또한, W/B별 블리딩 발생량은 전반적으로, W/B가 클수록 많은 것으로 나타났는데, W/B 40%의 경우 0.23~0.30cm³/cm³이고, W/B 50%의 경우 0.40~0.53cm³/cm³로서, 日本建築學會「콘크리트의 調査設計指針·同解説」에서 고내구성 콘크리트의 경우에 대해 규정하고 있는 0.3cm³/cm³ 이하를 만족하는 것은 W/B 40%인 것으로 나타났다.

한편, 블리딩의 종료시간은 전반적으로, 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 증대하는 것으로 나타났다.

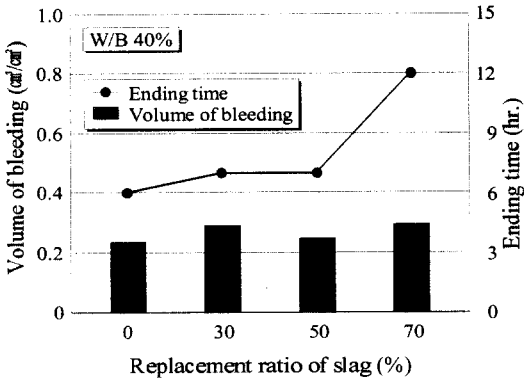


Fig. 8(a) Bleeding property according to replacement ratio of slag(W/B 40%)

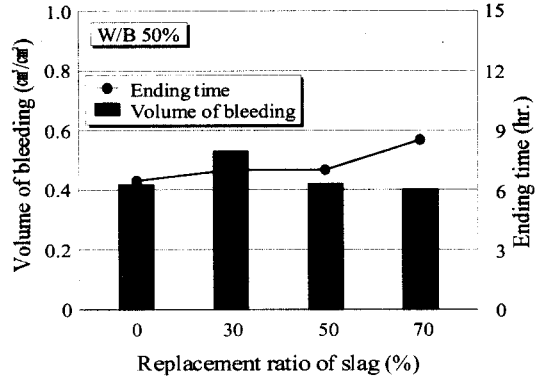


Fig 8(b) Bleeding property according to replacement ratio of slag(W/B 50%)

3.2.3 응결 시험결과 분석 및 검토

굳지 않은 콘크리트에서, 고로슬래그 미분말 치환율에 따른 응결시험(KS F 2436)결과를 Fig. 9(a), (b)에 나타난 바와 같고, 블리딩 시험과 동일한 조건에서 시험을 실시하였다.

시험결과, 고로슬래그 미분말의 치환율의 증가에 따른 응결시간은 W/B에 따라 상이한 결과를 나타내고 있다. 즉, W/B 40%의 경우에는 치환율이 증가할수록 응결시간이 증대하는 경향을 나타내고 있는 것에 반해서, W/B 50%의 경우에는 치환율에 관계없이 거의 유사한 값으로 나타났는데, 이는 단위결합재량의 크기에 따른 영향인 것으로 판단된다. 한편, 고로슬래그 치환율이 70%인 콘크리트의 종결이 플레인 콘크리트의 종결보다 2~3시간 정도 증가하는 것으로 나타나고 있어,

향후, 현장에 적용할 경우에는 응결시간에 따른 거푸집 해체 시기를 선정하는 것이 바람직 하다.

3.3 수화발열 특성

고로슬래그 미분말의 치환율 변화에 따른 콘크리트의 수화발열 특성을 알아보기 위하여, W/B가 40%이고, 목표슬럼프치가 18 cm인 콘크리트를 제조 한 후, 단일온도상승시험(KS L 5121)에 의한 수화특성을 검토하여 Fig. 10과 같은 결과를 얻었다.

고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 최고상승온도는 유사한 경향을 보이고 있으나, 온도상승구배는 치환율이 증가할수록 완만한 것으로 나타났다.

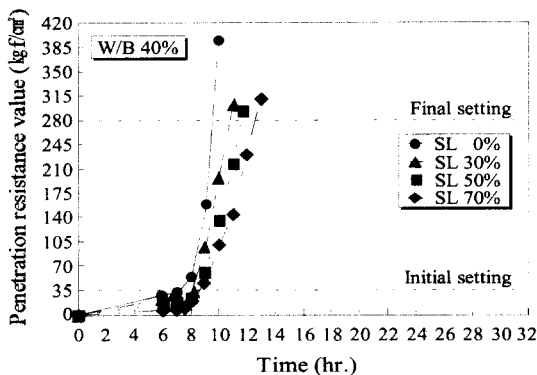


Fig. 9(a) Setting property according to replacement ratio of slag(W/B 40%)

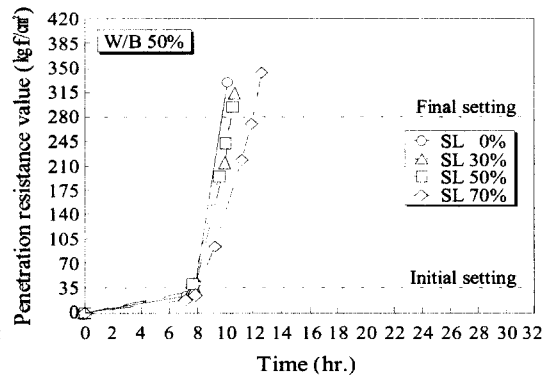


Fig. 9(b) Setting property according to replacement ratio of slag(W/B 50%)

최고상승온도와 온도상승구배는 콘크리트의 온도균열에 영향을 주는 요인들로서, 최고상승온도는 고로슬래그 치환율 50%까지는 유사하나, 치환율 70%에서는 6℃정도 감소하고 있고, 고로슬래그 치환율이 증가할수록 온도상승구배는 더욱더 완만해지고 있어, 고로슬래그를 사용하게 되면 콘크리트의 온도균열을 일으킬 가능성이 상대적으로 감소할 것으로 분석된다.

3.4 압축강도특성

고로슬래그 미분말의 치환율에 따른 경화 콘크리트의 강도발현성상은 Fig. 11(a)~(d)에 나타난 바와 같다.

동일 W/B에서, 고로슬래그 미분말의 치환율에 따른 재령별 압축강도 발현율은 초기재령인 7일

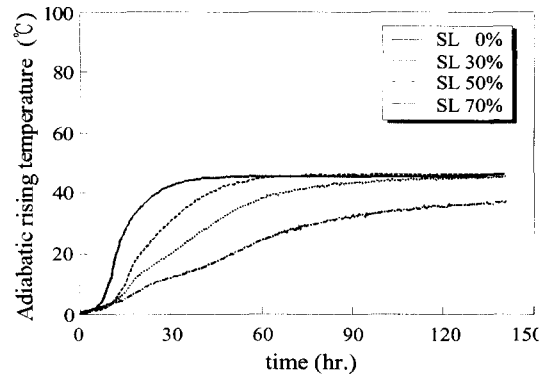


Fig. 10 Curve of adiabatic rising temperature according to replacement ratio of slag

의 경우, 고로슬래그 미분말의 치환율 50%까지는 플레인 콘크리트보다 감소하지만 재령 28일 이후로 증가하고 있어, 고로슬래그 미분말은 재령

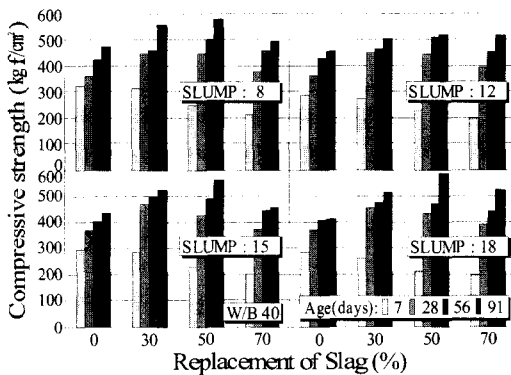


Fig. 11(a) Property of compressive strength according to replacement ratio of slag in ages (W/B 40%)

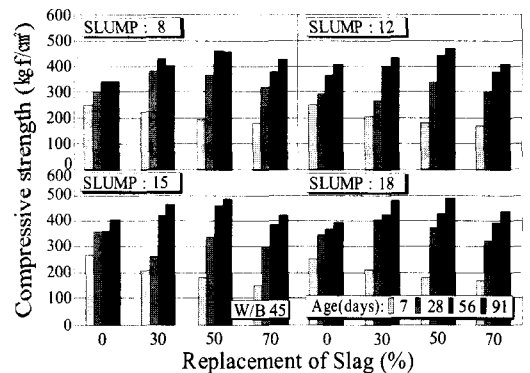


Fig. 11(b) Property of compressive strength according to replacement ratio of slag in ages (W/B 45%)

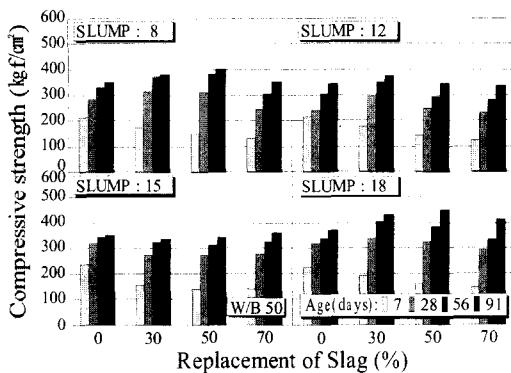


Fig. 11(c) Property of compressive strength according to replacement ratio of slag in ages (W/B 50%)

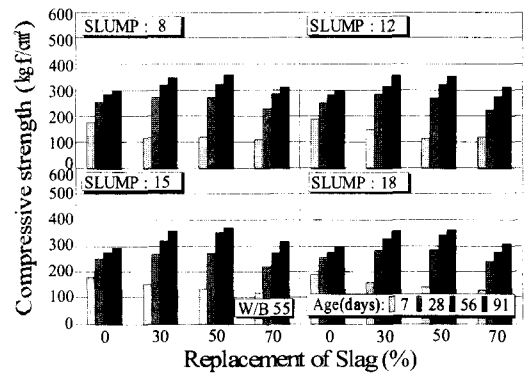


Fig. 11(d) Property of compressive strength according to replacement ratio of slag in ages (W/B 55%)

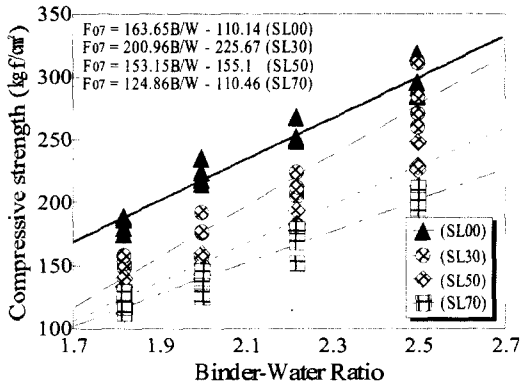


Fig. 12(a) Relationship of binder-water ratio with compressive strength(7D)

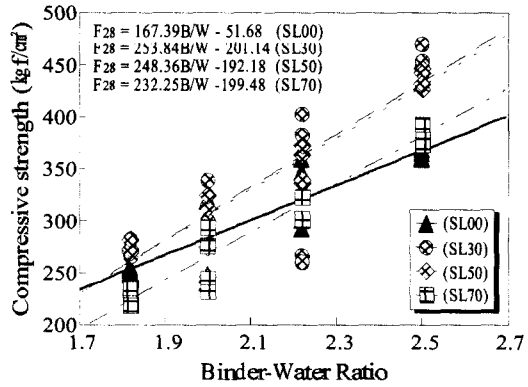


Fig. 12(b) Relationship of binder-water ratio with compressive strength(28D)

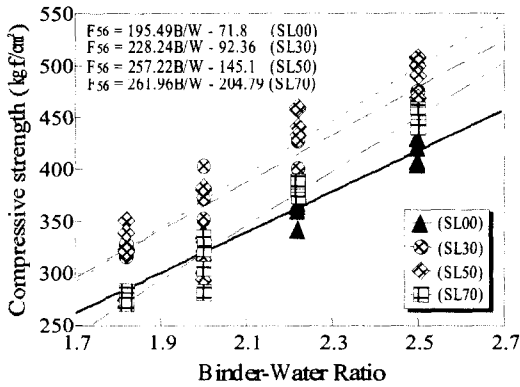


Fig. 12(c) Relationship of binder-water ratio with compressive strength(56D)

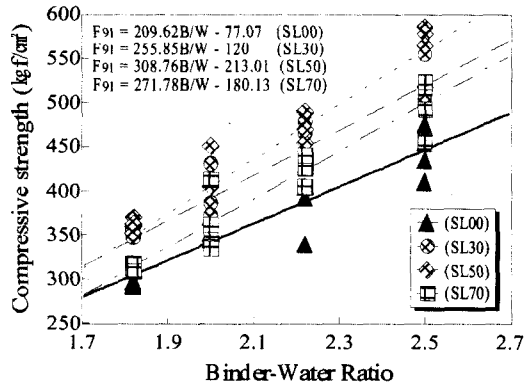


Fig. 12(d) Relationship of binder-water ratio with compressive strength(91D)

7~28일 사이에서 잠재수경성이 발휘되기 시작하여 높은 강도발현을 나타낸 것으로 분석된다.

그러나, 고로슬래그 미분말의 치환율 70%에서는 W/B에 따라 다소 상이하지만, 재령 56일 이후에 플레인 콘크리트와 같거나 높은 강도발현을 하고 있어, 다량의 고로슬래그 미분말을 사용함에 따라 잠재수경성의 반응이 다소 지연되는 경향을 보이고 있었다.

따라서, 콘크리트 구조물에 적용할 경우에는 초기재령에서의 강도 관리가 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다.

3.5 압축강도와 결합재-물비의 관계

고로슬래그 미분말 치환율별 각 재령별 압축강도와 결합재-물비의 관계를 Fig.12(a)~(d)에

나타내고 있다.

그림에서 나타난 바와 같이, 재령이 증가함에 따라 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 압축강도는 결합재-물비에 따라 다소 상이하지만 플레인 콘크리트보다 증가하는 것을 알 수 있다.

재령 7일에서는 플레인 콘크리트의 압축강도가 높게 나타내고 있지만, 재령 28일 이후에는 치환율별로 다소 차이는 있으나 치환율 50%이하에서 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트가 플레인 콘크리트보다 높게 나타내는 것을 알 수 있다.

이는 고로슬래그 미분말의 잠재수경성 반응에 의한 것이며, 결합재-물비가 클수록 잠재수경성 반응이 조기에 일어난다는 것을 알 수 있었다.

이상에서 알 수 있듯이, 고로슬래그 미분말을 콘크리트구조물에 적용할 경우에는 초기재령에서의 강도관리가 무엇보다도 중요하다고 할 것이다.

4. 결 론

고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 유동 특성 및 강도특성을 비롯한 제공학적 특성을 비교·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 변화는 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가함에 따라 증대하는 것으로 나타났다. 또한, 경과시간에 따른 슬럼프의 특성은 고로슬래그 미분말의 사용에 따라 슬럼프 손실이 다소 개선되는 것으로 나타났다.
- 2) 공기량의 경우에는 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타나, 결합재 치환율의 증가에 따라 AE제의 사용량을 증가시켜야만 한다.
- 3) 고로슬래그 미분말을 사용한 굳지 않은 콘크리트의 블리딩량은 W/B에 따라 약간의 차이를 나타내고 있지만, 플레인 콘크리트와 거의 유사한 값을 보이고 있다. 또한, W/B에 따른 블리딩량은 W/B 40%의 경우 $0.23 \sim 0.30 \text{cm}^3/\text{cm}^3$ 이고, W/B 50%의 경우 $0.40 \sim 0.53 \text{cm}^3/\text{cm}^3$ 으로 나타내고 있었다.
- 4) 고로슬래그 미분말의 치환율에 따른 응결시간은 W/B 40%의 경우에는 치환율이 증가할수록 증대하는 경향을 나타내고 있었으나, W/B 50%의 경우, 치환율에 관계없이 거의 유사한 값으로 나타났지만, 치환율이 70%인 콘크리트의 종결시간은 플레인 콘크리트의 종결시간보다 2~3시간 정도 증가하는 것으로 나타났다.

- 5) 수화발열 특성은 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 최고온도는 비슷하거나 감소하고 상승구배는 급속히 완만해졌다. 이는 수화열에 영향을 미치는 단위시멘트량이 상대적으로 감소하였기 때문에 나타난 것으로 사료된다.
- 6) 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 강도발현 성상은 치환율이 증가할수록 초기재령에서는 낮은 강도발현을 나타내는 반면에, 장기재령으로 갈수록 강도발현율이 증가하는 경향을 보이고 있다.

참고문헌

1. 신성우외, 고로슬래그 미분말 혼입 콘크리트의 배합설계방법에 관한 연구, 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제11권 1호(통권제20집), 1999, pp.625~630.
2. 한천구외, 고로슬래그 시멘트를 사용한 콘크리트의 강도증진해석 및 기온 보정강도의 설정에 대한 검토, 대한건축학회 학술발표논문집, 제20권 제1호(통권 제39집), 2000.4.29, pp.259~262.
3. 沼田 管一, 高爐スラグ微分末の利用, 콘크리트工學, Vol. 25, No. 9, 1987.
4. 沼田 管一, 高爐スラグ微分末混和コンクリートの動向, 콘크리트工學, Vol. 33, No. 5, 1995.
5. 阪本好史, 富澤年道, 近田孝夫, 高爐スラグのコンクリートへの利用の現状と展望, 콘크리트工學, Vol. 29, No. 4, 1991.
6. 日本建築學會, 高爐スラグ微分末を用いたコンクリートの技術現狀, 1992.
7. 日本土木學會, 高爐スラグ微分末を用いたコンクリートの施工指針, 1996.
8. 日本建築學會, 콘크리트の配合設計指針・同解説, 1999.

요 약

콘크리트의 품질 및 성능을 개선시키기 위한 방안에는 여러 가지가 있지만, 특히 산업부산물인 고로슬래그 미분말을 시멘트의 대체재로서 재활용하면 콘크리트의 유동성 개선, 수화발열속도의 저감 및 콘크리트의 온도상승 억제, 수밀성 향상, 화학저항성 향상, 강도증진 효과등의 성능개선과 더불어 사용재료의 원가절감과 환경오염방지도 크게 기여할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 고로슬래그 미분말을 일반 콘크리트에의 사용을 체계적으로 정립하기 위하여 시멘트중량에 대한 치환율을 0, 30, 50, 70%, 목표슬럼프를 8, 12, 15, 18 cm로 설정하여 그에 따른 유동특성, 강도특성, 응결특성 및 수화특성과 같은 공학적 특성을 평가하였다. 실험결과, 고로슬래그 미분말은 유동성 개선, 수화발열속도의 저감, 장기강도 개선 등에서 우수한 효과를 보이고 있어, 향후 콘크리트 공사의 성능향상 및 원가절감 차원에서 적극적인 활용이 기대된다.

(접수일자 : 2000. 2. 27)