

초기재령에서 동결을 받은 고로슬래그 콘크리트의 강도발현특성에 관한 실험적 연구

최성우^{1)*} · 반성수¹⁾ · 유득현¹⁾ · 최봉주²⁾

¹⁾ 유진종합개발(주) 기술연구소

²⁾ 유진종합개발(주) 서서울공장

(2002년 4월 9일 원고접수, 2002년 12월 2일 심사완료)

An Experimental Study on Strength Properties of Concrete Using Blast-Furnace Slag Subjected to Freezing at Early Age

Sung-Woo Choi^{1)*}, Seong-Soo Ban¹⁾, Deuk-Hyun Ryu¹⁾, and Bong-Joo Choi²⁾

¹⁾ Eugene Development, Tec. Research Center, Go Yang-City, Korea

²⁾ Eugene Development, West-Seoul factory, Go Yang-City, Korea

(Received April 9, 2002, Accepted December 2, 2002)

ABSTRACT

Recently, to consider financial and constructive aspect usage of Admixture such as Blast-Furnace Slag and Fly-Ash, are increased. Also the use of cold-weather-concrete is increased.

Blast-Furnace Slag, a by-product of steel industry, have many advantage to reduce the heat of hydration, increase in ultimate strength and etc. But it also reduces early-age strength, so it is prevented from using of Blast-Furnace Slag at cold-weather-concrete.

In this study, for the purpose of increasing usage of Blast-Furnace Slag at cold-weather-concrete, it is investigated the strength properties of concrete subjected to frost damage for the cause of early age curing.

The factors of this experience to give early frost damaged were Freezing temperature(-1, -10, -15 °C), Early curing age(0, 12, 24, 48 hour), Freezing times(0, 12, 24, 48 hour).

According to this study, if early curing is carried out before having frost damage, the strength of concrete used admixture, subjected to frost damage, is recovered. And that properties are considered, the effect of using admixture like blast-furnace-slag, is very high

Keywords : blast-furnace slag, frost damage at early age, compressive strength

1. 서 론

최근, 지구환경문제를 고려하여, 시멘트의 제조에 따른 이산화탄소 배출량의 저감을 위해 시멘트의 대체재로서 플라이애시 및 고로슬래그와 같은 산업부산물의 이용이 증가하고 있는 추세이며, 고성능(AE)감수제의 개발이나 각종 혼화제의 사용에 따른 시멘트량의 절감을 도모하기 위한 연구가 진행되고 있다.

또한, 콘크리트의 제조 측면에서 보면, 시멘트, 골재 등과 같은 원재료의 단가 상승으로 인해, 시멘트 대체재의 사용 및 감수율이 높은 혼화제를 사용하여 단위 시멘트량

을 감소시키는 등의 배합설계 측면에서의 원재료비의 절감에 대한 검토가 진행되고 있다¹⁻³⁾.

한편, 건설현장에서는 공기단축을 통한 비용 절감 효과 및 콘크리트 제조기술의 발달로 인해 한중콘크리트의 적용이 활발해지고 보편화되어 가고 있다. 그러나 일반적으로 동절기 콘크리트를 타설할 경우 기온의 저하에 따라 콘크리트 비빔수의 동결에 의해 시멘트의 수화지연 및 동결에 따른 체적팽창으로 인하여 내부조직의 성능저하를 초래하는 등의 초기동해에 의한 열화가 발생하기 쉽고, 이러한 초기동해를 받은 콘크리트는 양생방법을 개선시켜도 콘크리트의 성능회복이 어려운 것으로 알려져 있다^{4,5)}.

최근 콘크리트의 성능개선 및 제조단가 절감을 위해 고로슬래그미분말 및 플라이애시 등의 혼화제의 사용량이

* Corresponding author

Tel : 031-966-9111 Fax : 031-969-6983

E-mail : friendpo@eugeneco.kr

증가하고 있다. 그러나 이러한 혼화제는 시멘트 수화물에 의한 반응생성물로 인해 콘크리트의 강도 및 성능을 향상시키지만 한중콘크리트에 적용할 경우, 초기재령에서의 수화에 영향을 미치는 단위시멘트량이 감소하여 초기동해에 대한 저항성이 저하하는 것으로 알려져 있어서⁴⁻⁶⁾ 동절기에는 그 혼화제의 사용을 경시하는 실정이다.

본 연구는 혼화제의 사용, 특히 고로슬래그 미분말의 사용에 따른 콘크리트의 초기동해에 대한 내동해성 및 강도 회복 성능을 평가하기 위한 것으로서, 기존의 콘크리트의 내동해성에 관한 연구의 경우, 실험조건으로서 주로 ASTM C 666에 의거하여 동결융해시험에 의한 콘크리트의 내동해성을 평가한 연구결과가 많다. 그러나, 이러한 동결융해시험의 경우 경화콘크리트를 대상으로 극한적인 조건에 의해 콘크리트의 내동해성을 평가한 것으로서, 본 연구에서는 이러한 평가방법과는 달리 실제 콘크리트의 제조 및 시공에 있어서의 초기 양생조건 및 고로슬래그 미분말 치환율의 변화에 따른 초기동해에 대한 내동해성을 평가하고자 하였다.

따라서, 본 연구에서의 실험조건은 콘크리트 제조 직후 초기 양생조건을 변화시켜 동절기 초기동해를 입은 고로슬래그 미분말 및 플라이애시를 사용한 콘크리트의 강도 발현 특성을 검토하고, 한중콘크리트 시공에 있어서 고로슬래그 미분말 및 플라이애시의 적용을 증대시키기 위한 기초자료로 제시하고자 하는데 그 목적이 있다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 연구의 프로세스

본 연구의 프로세스를 Fig. 1에 나타내었다.

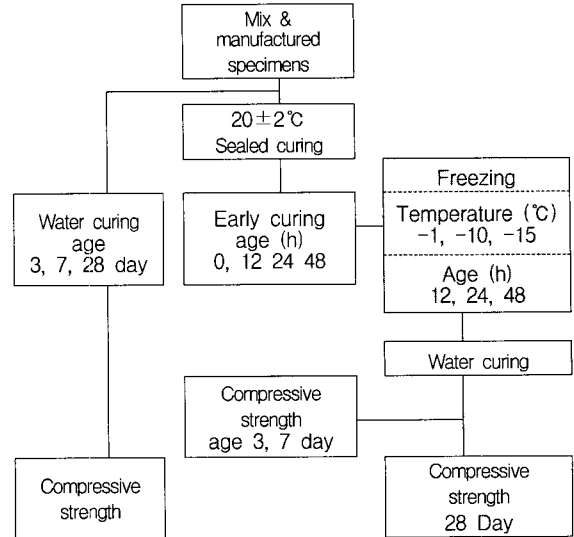


Fig. 1 Process of study

일반적으로 동해에 의한 성능저하 메카니즘은 수분의 동결에 의한 체적팽창으로 콘크리트 내부에 인장응력을 발생시켜 성능저하를 초래하는 것으로 알려져 있으며^{6,7)}, 콘크리트의 성능평가를 위해 압축강도와 더불어 인장강도도 측정하여 콘크리트의 내동해성을 평가하는 경우가 많지만, 본 연구에서는 콘크리트의 성능평가를 위해 일반적으로 사용되는 압축강도에 의해 초기 양생조건에 따른 콘크리트의 강도발현특성을 검토하였다.

초기 양생조건에 따른 강도발현특성을 평가하기 위해, 콘크리트 제조 직후 양생조건에 따라 초기양생을 실시한 후, 각각의 재령에서 압축강도를 측정하여 강도 회복 성능을 평가하고자 하였다.

2.2 실험계획 및 배합

Table 1 Mix proportion of concrete

W/B (%)	No.	Target air-content (%)	Dosage of AE-plasticizer (%)	s/a (%)	Replace ratio of admixture (%)		Unit weight (kg/m ³)				
					FA	BS	C	FA	BS	S	G
50	ST	4.5±0.5	0.5	47.0	0	0	348	-	-	830	942
	10				0	313	35	-	822	936	
					10	278		65	822	934	
					20	244		70	820	934	
					30	209		104	820	934	
40	BS 0	4.5±0.5	0.5	45.0	0	408	45	-	739	910	
	10				362	45		739	910		
	20				317	91		736	907		
	30				272	136		736	907		
60	BS 0	4.5±0.5	0.5	49.0	0	261	29	-	882	926	
	10				232	29		882	923		
	20				203	58		882	923		
	30				174	87		882	923		

* FA : Fly ash BS : Blast-furnace slag

Table 2 Experimental program

Concrete	W/B (%)	40, 50, 60
	Types of admixture	Blast-furnace-slag Fly-ash
	Target air-content (%)	4.5 ± 0.5
	Target slump (cm)	15 ± 2.5
Cause of Freezing	Temperature	-1, -10, -15 °C
	Early curing age	0, 12, 24, 48 (h)
	Freezing time	0, 12, 24, 48 (h)
Test of items	Fresh concrete	Air content Slump Setting time
	Harden concrete	Compressive strength

본 연구에서는 동결기 콘크리트 시공시 타설 후 초기재령에서 콘크리트가 동결할 경우 양생 및 재령의 경과에 따라 콘크리트의 강도회복특성을 검토하기 위한 것으로서 실험에 사용된 콘크리트 배합을 Table 1에, 실험계획을 Table 2에 나타내었다.

물결합재비는 50%를 기준으로 설정하였고, 비교용으로 40%와 60%를 실험하였으며, 한중콘크리트의 내구성을 고려하여 목표 공기량을 4.5±0.5%로 설정하였다.

초기동해를 입히기 위한 콘크리트의 동결조건으로서, 동결온도는 -1, -10, -15°C 3수준, 동결개시는 콘크리트 비빔 직후, 12, 24, 48시간 경과 후 각각 동결시켰으며, 동결지속시간은 각각의 조건에서 12, 24, 48시간으로 설정하였다.

본 실험에 사용된 콘크리트의 배합은, 혼화재를 사용하지 않은 기본 배합과 플라이애시 대체율을 10%로 고정하고, 고로슬래그미분말의 대체율을 0, 10, 20, 30%로 변화시켜 고로슬래그 미분말 치환율의 변화에 따른 초기동해를 받은 콘크리트의 강도 회복 성능을 검토하였다.

2.3 사용재료

본 실험에 사용된 재료를 Table 3에 나타내었다.

시멘트는 1종 보통포틀랜드시멘트를, 혼화제는 보령산 플라이애시와 고로슬래그미분말을 사용하였으며, 세척사d와 부순자갈을 사용하였다. 또한 소요의 유동성 및 공기량을 확보하기 위한 혼화제는 AE감수제를 사용하였다.

고로슬래그 미분말은 K사의 1종 고로슬래그 미분말을 사용하였으며, 기초물성은 Table 4에 나타내었다.

2.4 시험방법

Fig. 1 및 Table 2에 나타낸 바와 같이, 본 연구는 초기재령에서의 양생조건을 변화시켜, 재령의 경과에 따른 강도발현특성을 검토하기 위한 것으로서, 초기재령에서 동결시키지 않은 경우의 양생조건은 한중콘크리트의 타설은

Table 3 Property of material

Cement	O.P.C	Gravity : 3.15 Brain : 3,454 cm ² /g
Mineral admixture	FA	Gravity : 2.22 Brain : 3,610 cm ² /g
Sand	Washed sand	Gravity : 2.61, FM : 2.64 Water absorption : 0.64
Aggregate	Crushed stone	Gravity : 2.63, FM : 6.68 Water absorption : 1.03 Max. size : 25mm
Chemical admixture	AE plasticizer	Ligno-sulfonate

Table 4 Property of BFS

Gravity	2.85	
Brain (cm ² /g)	4201	
Ratio of activity (%)	3 day	51
	7 day	70
	28 day	111
Ratio of flow (%)	104	
MgO (%)	5.93	
SO ₃ (%)	0.16	
Ignition loss (%)	0.54	

도 5~20°C의 조건⁸⁾을 고려하여 20°C 봉합양생을 실시하였다. 콘크리트의 기초물성을 평가하기 위해 굳지않은 콘크리트에서는 공기량 및 슬럼프를 측정하였으며, 특히 물결합재비 50%의 경우 콘크리트의 응결성상을 측정하여, 고로슬래그 미분말의 치환율에 따른 초기 수화진행의 차이를 검토하였다.

또한 동결 받지 않은 기준 공시체와 초기 양생조건에 따른 시험공시체의 압축강도를 재령 3, 7, 28일에서 측정하여 기준공시체에 대한 강도발현율을 비교·검토 하므로써, 배합조건 및 초기양생조건에 따른 콘크리트의 강도발현특성 및 회복성능을 비교·검토하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트의 성상 (W/B 50%)

Fig. 2는 물결합재비 50%의 응결성상을 나타낸 그래프이다.

혼화제가 첨가되지 않은 ST의 경우 초결은 약 7시간, 종결은 약 9시간 10분으로 초결에서 종결까지는 2시간 10분이 소요되었다. 플라이애시 및 고로슬래그 미분말이 첨가된 배합 BS 0, 10, 20은 초결이 8시간 20분 내외, 종결은 10시간 30분 내외로 유사하게 나타났으며, ST에 비해 초결은 1시간 20분, 종결은 1시간 30분 정도 지연되는 것으로 나타났으나 초결에서 종결까지 소요된 시간은 2시간 10분 정도로서 ST와 비교하여 응결에 소요된 시간이 거

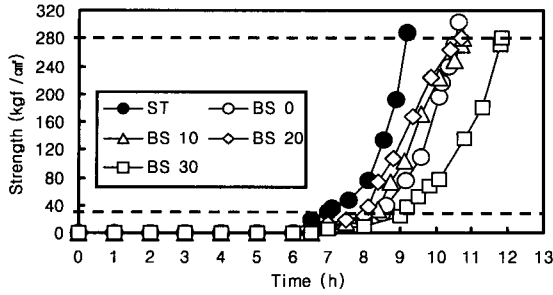


Fig. 2 Setting time

의 유사한 것으로 나타났다. 그러나 플라이애시가 10%, 고로슬래그 미분말이 30% 치환된 BS30의 경우 초결이 9시간 10분, 종결이 11시간 50분으로 나타나 ST에 비해 초결은 2시간 10분, 종결은 2시간 40분이 지연되는 것으로 나타났으며, 초결에서 종결까지의 시간도 2시간 40분으로 나타나 ST 및 BS 0, 10, 20에 비해 대략 30분 정도 지연되었다.

3.2 초기재령에서의 압축강도 검토 (W/B 50%)

Fig. 3은 표준양생의 경우 초기재령에서의 혼화재 치환율별 압축강도를 나타낸 것이다.

혼화재의 치환에 따른 압축강도는 혼화재를 사용하지 않은 ST가 가장 높게 나타나고 있으며, 혼화재의 치환율이 증가할수록 압축강도는 저하하는 것으로 나타났다. 한중콘크리트 시공시 초기양생기간을 고려하여 확보되어야 하는 최소 압축강도 50 kgf/cm²는⁸⁾ 본 실험의 범위에서는 BS30의 경우 24시간 내외로 가장 지연되는 것으로 나타났다.

3.3 압축강도 검토 (W/B 50%)

Fig. 4는 동결시간, 동결개시시간, 동결온도에 따른 재령별 압축강도를 나타낸 것이다.

동결온도 -1℃에서 콘크리트 비빔 직후 동결을 시킨 경우, 초기재령 3일에서의 강도발현특성은 동결을 시키지 않은 경우에 비해 압축강도가 매우 저하하는 것으로 나타났으며, 양생방법을 개선시켜 표준수중양생을 실시하여도 28일 압축강도는 동결시키지 않은 공시체에 비해 약 100~170kgf/cm² 정도 저하하는 것으로 나타났다.

콘크리트 제조 후 소정의 양생을 실시한 경우 동결에 따른 강도저하는 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 12시간 경과 후 동결 받은 경우에서는 재령 3일에서 다소 강도가 저하하는 것으로 나타났으나, 재령 28일에서는 강도저하 폭이 매우 적은 것으로 나타났다. 24시간 이상 경과 후 동결 받은 경우에서는 동결의 유무에 따른 재령별 강도발현의 뚜렷한 차이는 없는 것으로 나타났다.

동결온도 -10 및 -15℃의 경우에 있어서도 동결온도 -1℃와 동일한 경향으로서, 제조 직후에 동결시킨 경우

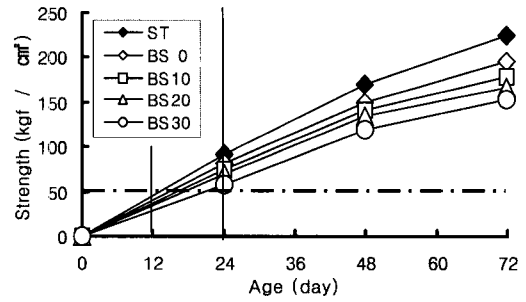


Fig. 3 Compressive strength at early age

동결시키지 않은 경우에 비해 매우 낮은 압축강도를 발현하고 있으며, 양생방법을 개선시켜도 강도증진효과는 기대하기 어려운 것으로 나타났으나, 초기재령에서 소정의 양생을 실시한 경우에는 양생방법을 개선시킬 경우 재령의 경과에 따라 강도회복이 가능한 것으로 나타났다.

Fig. 3에 나타난 바와 같이, 한중콘크리트의 시공시 양생종료를 고려한 소요압축강도 50 kgf/cm²는⁸⁾ 모든 배합에서 12시간을 초과하고 있으며, BS30의 경우 초기재령이 20시간 이상 소요되는 것으로 나타나고 있다. 따라서, 본 실험의 범위에서 제조 직후 동결시킨 경우 외에 콘크리트의 응결이 종결되는 시점에서 동결시키는 초기양생 12시간에서도 동결에 따른 강도저하가 나타날 것으로 예상되었으나, 실험 결과 초기양생 12시간에서의 재령 28일 압축강도는 강도저하가 거의 나타나고 있지 않았다.

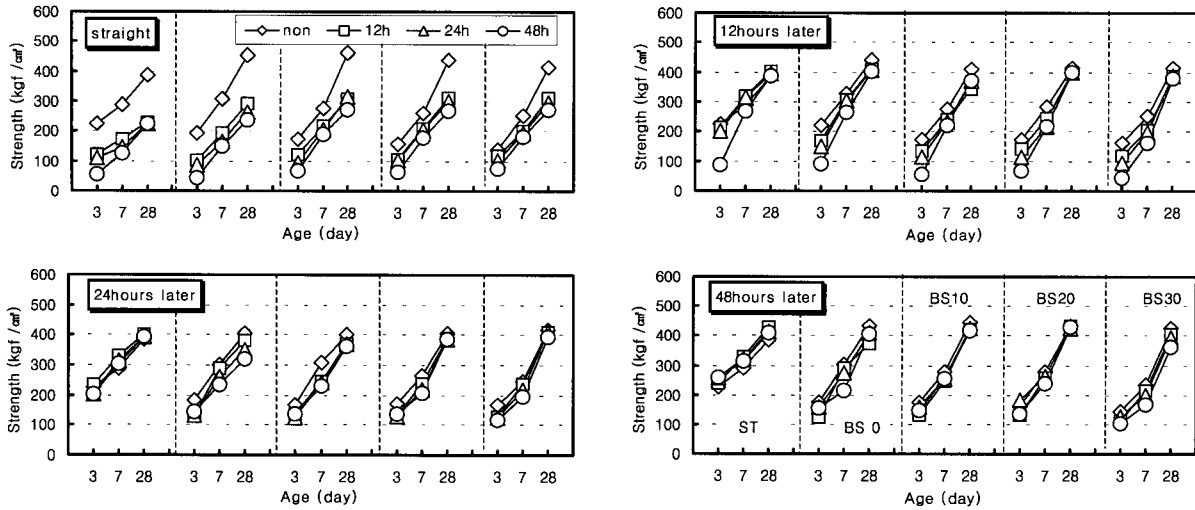
따라서 초기동해를 고려한 초기양생기간을 설정할 경우 소요압축강도 이외에 콘크리트의 응결성상도 고려할 필요가 있을 것으로 판단되며, 추후 콘크리트의 응결과 내동해성과의 상관성에 관한 보다 심도 깊은 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

3.4 고로슬래그 미분말의 치환율에 따른 강도발현특성 검토 (W/B 50%)

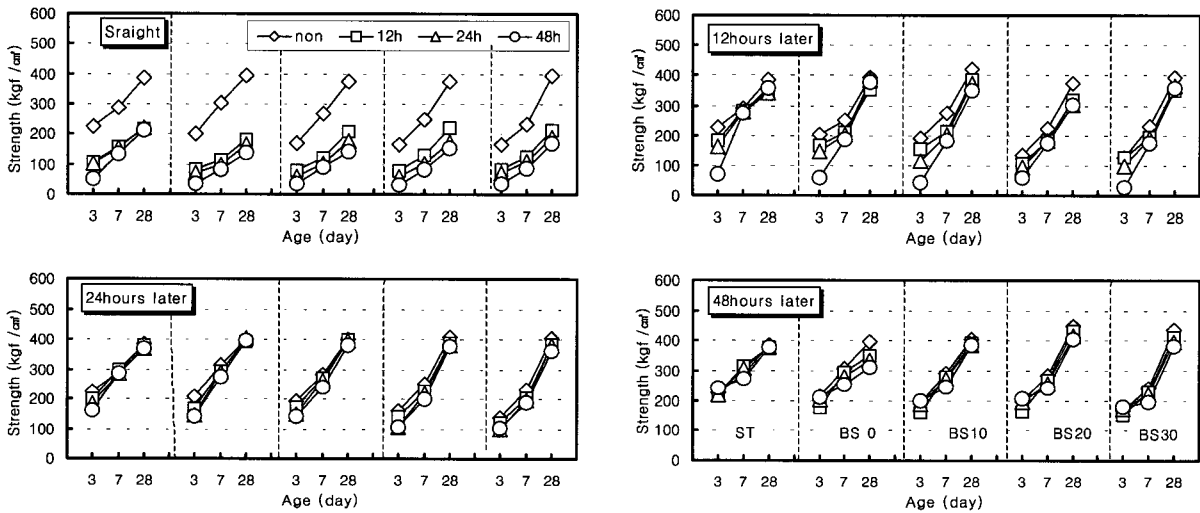
Fig. 5는 고로슬래그미분말 치환율 및 동결온도에 따른 초기양생기간별 재령 28일 압축강도를 나타낸 것이다.

초기양생기간에 따른 강도발현특성의 차이는, 제조 직후 동결을 받은 경우, 동결시키지 않은 경우에 비해 압축강도는 매우 저하하는 것으로 나타났지만, 고로슬래그 치환율이 증가함에 따라 압축강도는 증가하는 경향을 나타내고 있다. 특히 고로슬래그 치환율 30%의 경우 동결온도와 상관없이 대부분 ST에 비해 높은 강도를 발현하고 있으며, 동결온도 -1℃의 경우 이러한 경향이 뚜렷이 나타나고 있다. 이는 고로슬래그 미분말 및 플라이애시의 포졸란반응에 기인한 것으로 사료되며, -1℃의 경우 -10 및 -15℃에 비해 동결온도가 낮기 때문에 온도에 의한 영향이 상대적으로 감소하여 압축강도발현이 다소 향상된 것으로 사료된다.

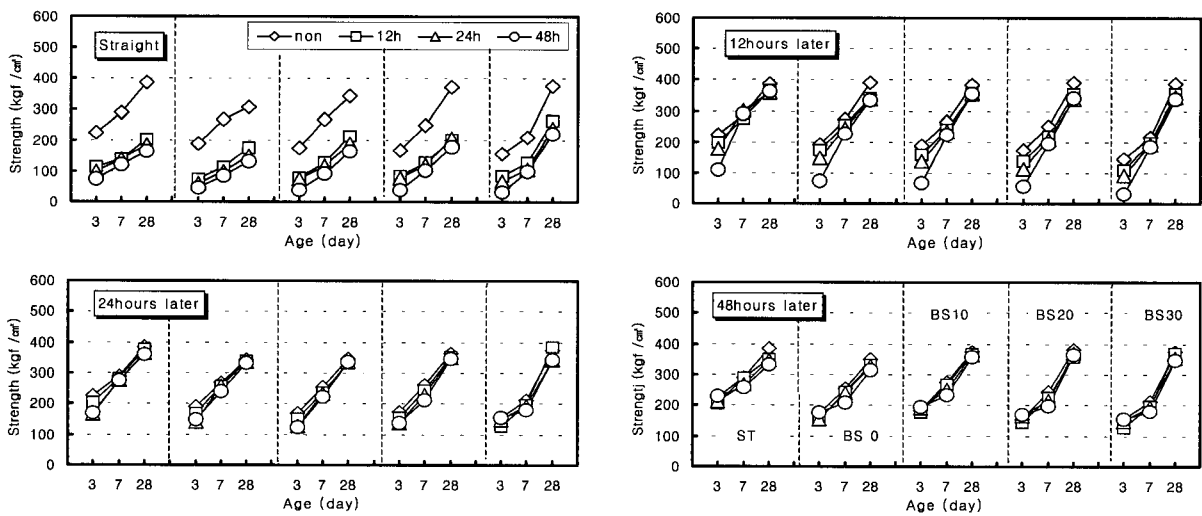
초기양생을 12시간 이상 실시한 경우, 고로슬래그 미분



Freezing temperature -1°C



Freezing temperature -10°C



Freezing temperature -15°C

Fig. 4 Compressive strength for freezing temperature (W/B 50%)

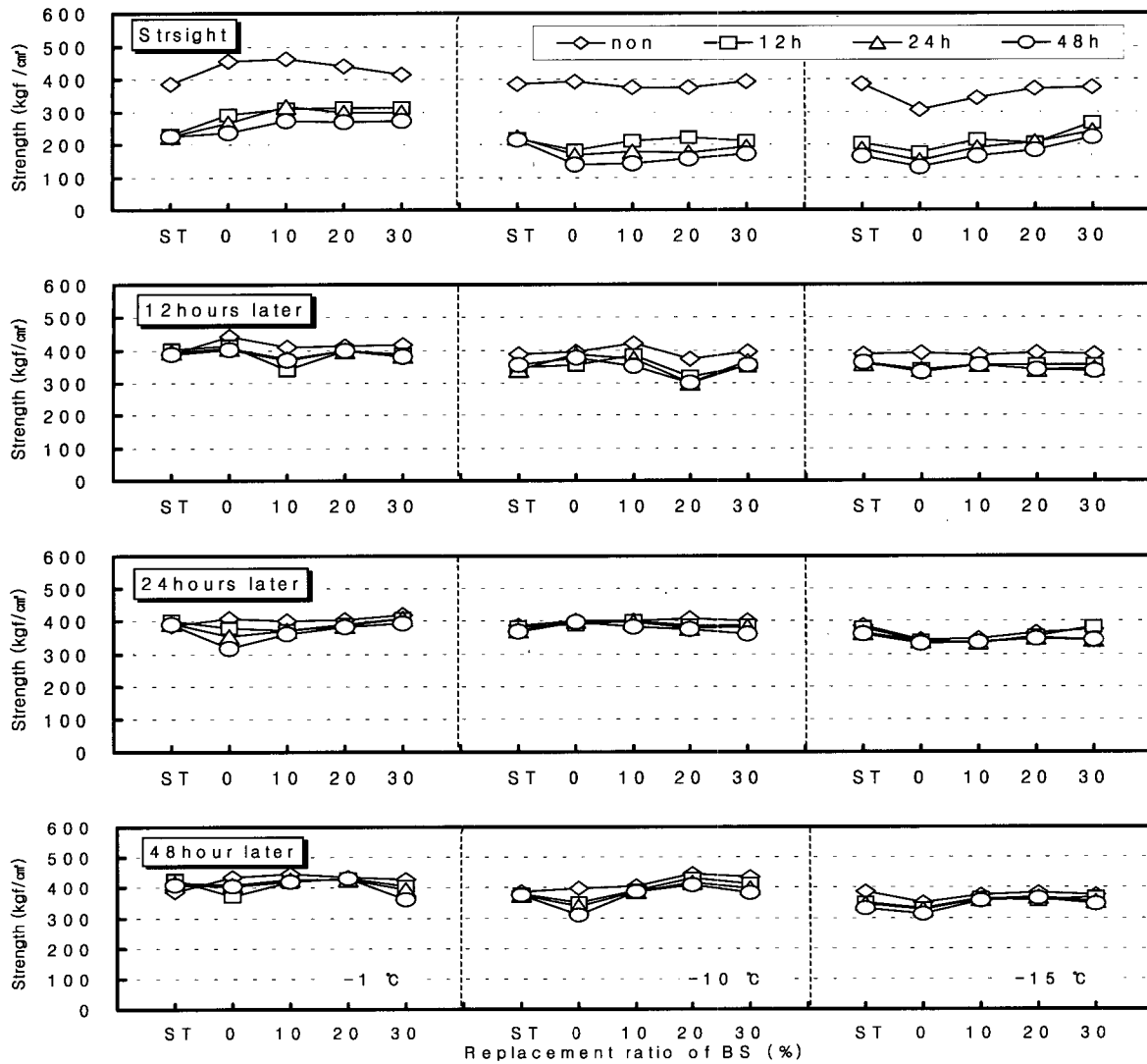


Fig. 5 Compressive strength by replacement ratio of BS

말 치환율의 변화에 따른 강도발현특성의 차이는 ST와 비교하면 거의 나타나지 않고 있으며, 동결지속시간에 따른 차이도 거의 나타나고 있지 않다. 따라서 동결기 재령에서 소정의 양생을 실시한다면 오히려 재령에 따른 강도발현특성을 고려할 경우 혼화재의 사용이 더 효과적일 것으로 사료된다.

3.5 물결합재비에 따른 강도발현특성 검토

Fig. 6은 동결온도 -10°C 에서 초기양생기간 및 물결합재비에 따른 재령별 강도발현특성을 나타낸 것으로, 동결을 받지 않은 표준 공시체에 대한 동결을 받은 공시체의 강도발현율을 나타내었다.

비빔 직후 동결시킨 경우에 있어서는 물결합재비에 상관없이 대부분 강도발현율이 60~80% 범위를 나타내며, 재령 초기 저온에서 양생시킨 경우 강도발현이 50% 내외라는 기존의 연구결과⁵⁾에 비해 다소 높은 강도를 발현하

고 있다.

물결합재비가 높은 60%에서는, 콘크리트 제조 직후 동결을 받은 경우 재령의 경과에 따라 동결시간이 짧을수록, 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 강도는 증가하는 경향을 나타내고 있지만, 동결시키지 않은 경우에 비해 강도발현율은 80%를 넘지 못하는 것으로 나타났다. 그러나, 고로슬래그 미분말을 사용하지 않은 BS 0에서 48시간 동결시킨 경우 재령 28일에서 약 40%의 강도를 발현하고 있지만, BS30의 경우 약 70% 이상을 발현하고 있어서, 고로슬래그 미분말에 의한 강도증진효과가 확인되었다. 따라서 동결기 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트를 시공할 경우, 양생방법에 따른 강도증진효과를 기대할 수 있으며, 강도증진효과를 고려하여 한중콘크리트에 있어서도 혼화재의 사용이 증대될 수 있을 것으로 사료된다.

초기양생시간에 따른 강도발현율의 변화를 살펴보면, 초기양생 12시간의 경우 재령3일에서의 동결시간에 따른

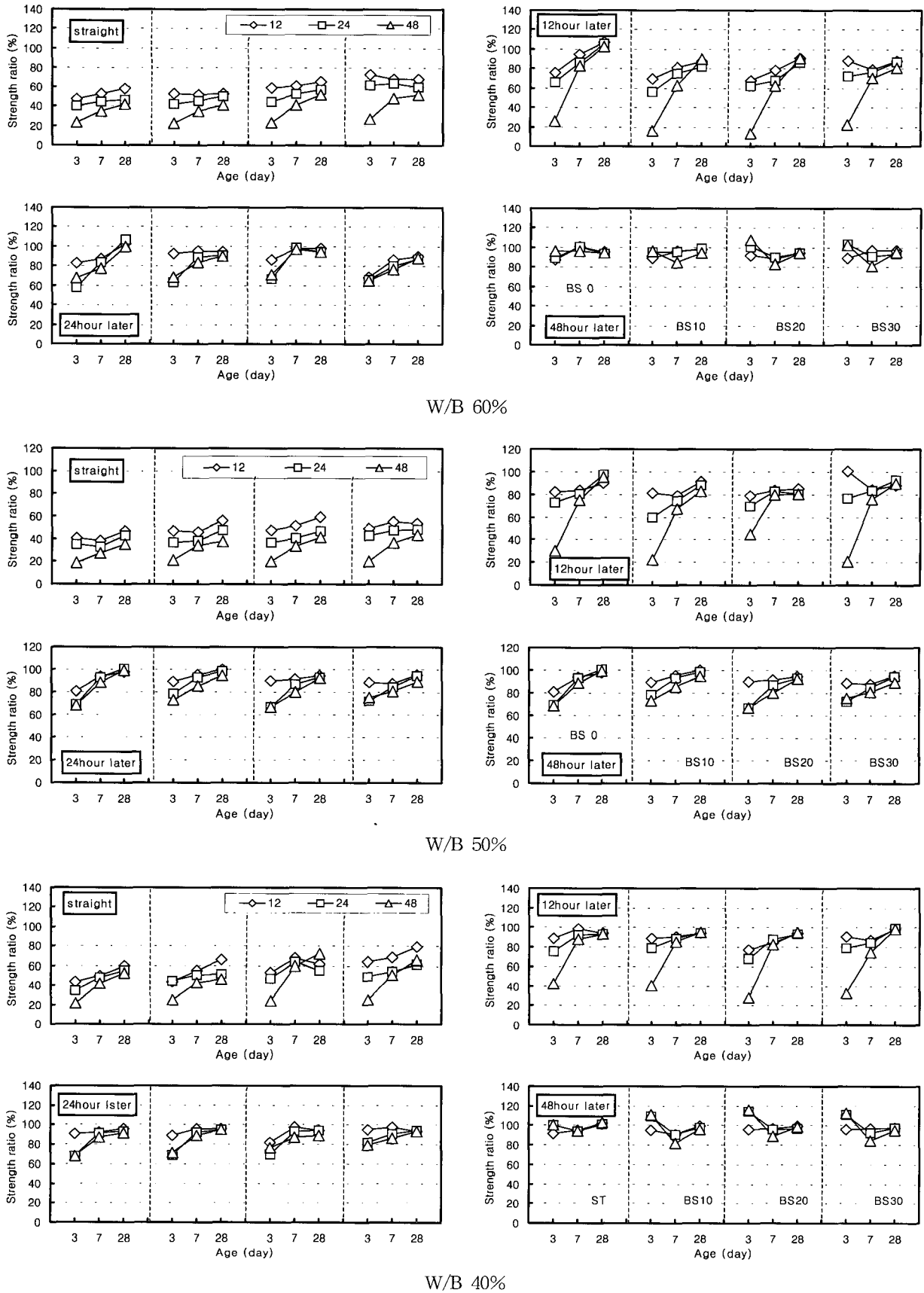


Fig. 6 Compressive strength ratio on ST for water-binder ratio (Freezing temperature -10°C)

강도발현율의 차이는 다소 큰 폭으로 나타나고 있지만, 재령이 경과함에 따라 강도발현율의 차이는 감소하고 있으며, 재령 28일에서는 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 초기양생시간이 증가할수록 재령3일에서의 강도발현율의 차이는 감소하는 것으로 나타났으며, 특히 초기양생 48시간의 경우 동결의 유무, 혼화재의 치환율 및 재령에 따른 강도발현율의 차이는 거의 나타나지 않고 있다.

물결합재비 50%와 40%의 경우에 있어서도 물결합재비 60%와 유사한 경향으로, 콘크리트 제조 직후 동결을 시킨 경우에는 재령 28의 강도발현율이 50~70%의 범위를 나타내고 있지만, 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 강도발현율은 증가하는 경향을 나타내고 있다. 또한 초기양생시간이 증가할수록 강도발현율은 증가하는 것으로 나타났으며, 소정의 양생을 실시할 경우 재령 28일에서의 강도발현율은 거의 100% 내외를 나타내고 있다. 따라서, 동절기 초기재령에서 소정의 양생을 실시한다면, 혼화재의 사용에 따른 초기동해는 거의 없을 것으로 사료되며, 장기재령에서의 강도발현을 고려한다면, 오히려 동절기에도 혼화재의 사용을 고려할 필요가 있을 것으로 사료된다.

4. 결 론

이상의 동절기를 고려한 초기양생에 있어서 동해를 받은 고로슬래그 콘크리트의 강도발현특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 초기양생을 실시하지 않은 경우, 동결온도와 상관없이 초기동해에 따른 강도저하가 매우 큰 것으로 나타났으며, 초기재령에서 소정의 양생을 실시한 경우에는 양생방법의 개선에 의해 강도회복이 가능한 것으로 나타났다
- 2) 본 연구 결과의 범위에서는 초기동해에 대한 내동해 연구성은 소요 압축강도는 물론 응결성상과도 관련이 있는 것으로 나타났으며, 이에 대한 추후 심도 깊은 연구가 진행될 필요가 있을 것으로 사료된다.
- 3) 고로슬래그 미분말의 치환율에 따른 강도발현특성은 치환율이 증가할수록 초기강도는 저하하지만 재령 28일에서는 거의 차이가 없는 것으로 나타났으며, 초기동해를 받은 경우 치환율이 증가할수록 강도증진효과는 증가하는 것으로 나타났다.

- 4) 물결합재비에 따른 압축강도발현특성은 물결합재비가 높을수록 초기양생조건에 따른 강도발현특성의 차이가 다소 감소하는 것으로 나타났으나, 물결합재비보다는 초기재령에서의 양생조건이 강도발현특성에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.
- 5) 초기동해에 대한 동결온도의 영향은 동결온도에 따른 차이는 거의 나타나지 않고 있으며, 초기동해에 대한 내동해성은 동결온도의 영향보다는 동결 받기 전 양생의 유무에 의한 영향이 큰 것으로 나타났다.

따라서, 동절기 외기온을 고려한 한중콘크리트의 시공에 있어서 초기재령에서 소정의 양생을 실시할 경우, 초기동해에 의한 성능저하를 개선시킬 수 있는 것으로 사료되며, 특히 혼화재를 사용할 경우 양생방법의 개선에 의한 성능향상을 기대할 수 있는 것으로 나타나, 동절기에 있어서도 혼화재의 사용가능성이 매우 높은 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 유득현, 최봉주, 반성수, 전영환, 조현태, “고로슬래그 초기 품질 하락 극복을 위한 연구,” 한국콘크리트학회 가을 학술발표대회 논문집 Vol. 12, No. 2, pp.1215~1220.
2. 김무한, “콘크리트 동해와 초기동해 기구에 관한 기초적 고찰,” 한국레미콘공업협회 레미콘23호, 1993, pp.8~23.
3. 長谷川寿夫, “凍害(コンクリート構造物の耐久性シリーズ),”技報堂, 1988, pp.1~92.
4. 三浦尚 外, “寒冷地において使用される高炉スラグ微分末混和コンクリートの強度発現性に関する研究,” 콘크리트工学論文集 第2巻第2号, 2001.5, pp.41~49.
5. 洪悦郎, 鎌田英治, 長島弘, 寒中コンクリート, 技術書院, 2000, pp.52~87.
6. 鎌田英治, “コンクリートの凍害とは—その現状とメカニズムについて,” 日本建築學會材料施工委員會 콘크리트構造物の凍害とその對策シンポジウム論文集, 1993, pp.59~170.
7. 권영진, “동절기 초기재령에서 동해를 받은 고강도콘크리트의 내동해성 평가에 관한 실험적 연구,” 한국콘크리트학회 논문집, 제13권 2호, pp.139~145.
8. 한국콘크리트학회, 콘크리트 표준시방서, 건설교통부 제정, 1999, pp.133~140.

요 약

동절기 콘크리트 시공에 있어서 낮은 외기온에 따른 콘크리트의 강도발현이 저하되며, 동결 및 용해에 따른 콘크리트의 내부조직의 이상으로 인해 내구성이 저하하는 것으로 알려져 있다. 따라서 한중콘크리트 제조시 초기강도를 확보하기 위해 혼화재의 사용을 경시하고 있는 실정이다.

본 연구는 한중콘크리트의 제조시 혼화재의 사용에 따른 초기동해의 영향을 평가하기 위한 실험을 실시한 것으로서, 초기동해를 입히기 위한 실험 조건으로서, 본 연구는 초기 재령에서 콘크리트에 영향을 미치는 동결온도 및 동결지속시간, 초기양생시간에 따른 혼화재를 사용한 콘크리트의 강도발현특성을 검토하였으며, 실험조건으로서 초기양생시간을 비빔 직후, 12, 24, 48시간, 동결시간을 12, 24, 48시간, 동결온도는 -1, -10, -15 °C로 설정하여 실험을 실시하였다.

본 연구의 실험결과 고로슬래그 미분말의 대체율이 증가할수록 초기재령에서의 강도발현은 지연되는 것으로 나타났으나, 응결을 고려할 경우 고로슬래그 미분말 대체율 20%까지는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 동결에 따른 강도발현 특성을 살펴보면, 비빔 직후 동결시킨 경우에는 동결온도와 상관없이 재령 28일에 있어서 동결 받지 않은 경우의 80%를 발현하는 것으로 나타났으나, 12시간 이상 양생을 실시한 후 동결시킨 경우에 있어서는 동결온도 및 동결시간과 상관없이 동결시키지 않은 경우와 거의 유사한 강도를 발현하는 것으로 나타났으며, 모든 실험조건에서 혼화재를 사용한 경우에 있어서는 고로슬래그 미분말에 의한 강도회복효과가 매우 큰 것으로 나타났다.

따라서 동절기 초기재령에서 적절한 양생을 실시한다면, 한중콘크리트 제조시 고로슬래그 및 플라이애시와 같은 혼화재의 사용에 따른 콘크리트의 성능향상 효과가 매우 클 것으로 사료된다.

핵심용어 : 고로슬래그 미분말, 초기동해, 압축강도
