

# 고로슬래그 시멘트의 제조 및 특성 활용

김상규(대한주택공사 주택도시연구원)

최현국(성신양회(주) 기술연구소)

## 1. 서언

'92년 리우협약을 시점으로 '98년 12월 OECD의 지구 온난화 문제로 환경규제 및 친환경 자원이용에 관한 요청이 크게 부각되었고, 건설측면에도 환경친화적인 재료의 개발 및 산업부산물 등 미이용 자원의 활용에 대한 방안이 활발하게 검토되고 있다.

특히, 일본, 미국 등에서는 철강생산으로 부산되는 고로슬래그를 가지고 고로슬래그시멘트로 사용함으로써 수화열의 저감에 따른 온도균열제어, 유동성 및 수밀성 증대, 장기강도의 증진, 내구성 향상 등 다양한 품질개선 효과를 얻을 수 있다는 점을 중시하여 대부분의 지하구조물에 적극 활용하고 있다.

그러나, 국내에서는 '98년도까지 연간 약 800만톤 정도의 막대한 양이 부산되고 있는 고로슬래그는 대부분 준설시 매립재나 도로 보조기층재 등 저부가성 목적으로 사용되거나 폐기처분되고 있으며 건설재료로의 이용은 극히 한정되어 있는 실정이었다.

더욱이 최근에는 <사진-1>과 같이 고로슬래그시멘트의 시험적용 등으로 그 활용성이 부각되고 있으나, 고로슬래그미분말을 첨가하여 품질향상보다는 원가절감의 목적으로 시멘트 대체재료로 활용하고 있는데, 이와 같은 활용방법은 고로슬래그미분말의 불균질 혼합, 초기강도발현의 지연, 내구성 저하 등 많은 문제점을 내포하고 있는 것이 현실적인 문제라고 할 수 있다.



<사진-1> 콘크리트 타설전경

따라서, 여기에서는 고로슬래그의 장점을 적극적으로 활용하기 위하여 몇 가지 활용가능성을 부각시키고, 사용상의 문제점을 지적함으로써 고로슬래그시멘트의 활용성을 높이기 위한 목적으로 내용을 설명한다.

## 2. 고로슬래그시멘트의 특성

### 가. 고로슬래그시멘트의 활용성

국내외의 관련 연구 결과들에 의하면 고로슬래그를 사용한 콘크리트는 보통 콘크리트에 비하여 아래와 같은 성능 개선의 효과를 얻을 수 있다.

- (1) 워커빌리티의 개선
- (2) 수화열에 의한 온도상승의 억제
- (3) 콘크리트의 고강도화의 가능
- (4) 해수에 대한 화학저항성의 향상
- (5) 알칼리실리카반응의 억제

고로슬래그 시멘트를 사용한 콘크리트는 사용되는 고로슬래그 미분말의 비표면적, 치환율 등의 물리적 특성에 따라 보통포틀랜드 시멘트로 제작한 콘크리트에 비하여 <표-1>과 같은 특성을 발휘할 수 있기 때문에 이 특징을 잘 이해하고 소요의 성능을 지닌 콘크리트를 제조하기 위한 성능검토 및 품질관리 지침이 확보된다면 건축공사나 토목공사 등에의 이용범위는 상당히 폭넓은 것으로 판단된다.

더욱이, 고로슬래그시멘트를 사용한 콘크리트의 이용범위는, 내화학적, 알칼리실리카반응성 억제 등 내구성이 뛰어나 대부분의 지하구조물에 적용할 수 있다. 그러나, 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 경우는 고유동콘크리트나 고강도콘크리트의 제조 등 특수한 기능부여를 목적으로 콘크리트를 제조할 경우 적절한 배합과 시공 및 품질관리를 전제로 한 것이다. 특히, 고로슬래그 미분말은 잠재수경성을 지닌 재료상의 특성에 의해 초기양생을 충분히 하여야 필요한 물성을 확보한다는 사항은 필수불가결한 점으로, 품질관리 및 사용목적에 명확히 하여 충분히 고려된 콘크리트만이 위에서 설명한 효과를 얻을 수 있다는 사실을 염두해 둘 필요가 있다.

<표-1> 고로슬래그시멘트의 사용목적 및 적용가능 구조물

적용구조물	사용목적
해양, 해안콘크리트, 항만구조물	내해수성, 내화학성, 수밀성, 동결융해저항성, 크리프 시지하성, 아카키고케비오.지하성
수중콘크리트	수밀성, 내화학성, 철근부식저항성
매스콘크리트	저발열성, 수밀성
지하구조물	내투수성, 화학저항성
서중콘크리트	응결시간조정, 저발열성
펌핑타설콘크리트	고유동성
화학공장, 온천지역구조물	화학저항성, 알칼리골재반응 저항성

#### 나. 고로슬래그의 생산

앞에서 설명한 고로슬래그시멘트는 크링카와 고로슬래그를 분쇄하여 적당한 양의 석고를 첨가하여 제조하게 된다. 여기에 사용되는 국내의 고로슬래그는 대부분 POSCO의 광양 및 포항 제철소에서 생산되고 있으며, 선철 생산량과 이와함께 부산되는 고로슬래그 양은 <표-2>와 같다. 즉, 선철 1톤 생산시 357~372kg의 고로슬래그가 생성되며, 이 가운데 시멘트용 혼화재료로서 활용이 가능한 수재 고로슬래그의 비율은 포항제철소 36%, 광양제철소 63%를 차지하고 있다. 최근에는 수재슬래그의 수요가 급증하면서 수재설비를 확충하여 수재율을 90%정도까지 높이는 작업을 진행중에 있다.

<표-2> 선철 생산량에 따른 고로슬래그의 생산량

(단위 : 천톤)

고로슬래그 발생량 제철소	고로슬래그량	선철 생산량	슬래그(kg)/선철(t)	수재율(%)
포항제철소	3,698	9,931	372	36
광양제철소	4,422	12,381	357	63

이와 같이 부산되는 고로슬래그는 각종 도로의 보조기층제나 시멘트제조시 혼화재로 사용하여 소비하게 된다. '97년도 일본의 고로슬래그의 활용현황을 살펴보면 <그림-1>과 같다. 전체적으로 생산되는 고로슬래그 중에서 66%정도가 시멘트제조, 즉 고로슬래그 시멘트나 포틀랜드시멘트의 혼화재로 사용되고 있고, 콘크리트의 잔골재로 3.8%정도가 사용되고 있으나 최근에는 세골재의 부족현상이 심화되

어 고로슬래그를 세골재로 사용하는 많은 연구결과를 토대로 그 수요가 급증하고 있다.

<그림-1> 일본의 고로슬래그 활용 현황('98)

**다. 국내외의 고로슬래그시멘트 생산 및 사용현황**

<표-3>은 국내 및 일본의 포틀랜드시멘트와 고로슬래그 시멘트의 생산현황을 비교분석한 것으로서, 포틀랜드시멘트와 고로슬래그 시멘트의 생산량의 합을 100으로 볼 경우 전체 시멘트 생산량에서 고로슬래그 시멘트가 차지하는 비율을 연도별로 나타냈다. 여기서, 일본의 경우 '97년도에는 전체시멘트생산량의 18%정도가 고로슬래그시멘트를 차지하고 있는데 반하여, 국내의 경우에는 약 8%의 점유량을 나타내고 있어, 국가적인 차원에서 고로슬래그시멘트의 사용량을 증대시키기 위하여 시멘트사용시 감면혜택이나 보조금 지급 등 각종 정책적 지원이 필요할 것으로 생각된다.

<표-3> 국내 및 일본의 포틀랜드시멘트와 슬래그시멘트 생산량 비교

(단위 : 천톤)

국가		년도				
		1993	1994	1995	1996	1997
한국	포틀랜드 시멘트	44,476	48,324	51,520	52,505	54,856
	고로슬래그시멘트	2,068	3,310	3,609	4,755	4,940
	계	46,544	51,634	55,129	57,260	59,796
	점유비 (%)	4.4	6.4	6.5	8.3	8.2
일본	포틀랜드 시멘트	71,336	73,275	72,946	75,825	74,684
	고로슬래그시멘트	16,156	16,982	16,372	17,779	16,331
	계	87,492	90,257	89,318	93,604	91,015
	점유비 (%)	18.5	18.8	18.3	19.0	17.9

한편, 국내의 고로슬래그 시멘트 생산업체로는 성신양회(주), 대한시멘트(주) 등 8개사가 <표-4>에 나타낸바와 같이 연간 약 600만톤정도의 고로슬래그시멘트를 생산하다. 고로슬래그시멘트의 총생산가능량은 연간 890만톤 정도로 보통포틀랜드시멘트의 약10%정도를 차지하고 있다. '01년이후 사용량이 급격하게 증가하면서 그 생산추이도 증가하고 있는데, 이는 고로슬래그미분말의 품귀현상 등으로 이의 대체재료로 사용하는 경우 등 고로슬래그시멘트의 소비가 점차 증가하고 있다.

<표-4> 고로슬래그시멘트 년도별 생산량

(단위:천톤)

구분	총생산가능량 (톤/년)	'98	'99	'00	'01	'02
합 계	890만	3,617	4,135	4,165	5,566	5,961

한편, 이와 같이 생산되는 고로슬래그시멘트는 국내 건설현장에서 고로슬래그시멘트가 적용되고 있는 실태는 정확하게 파악되지 않는 실정이지만, 현재 고로슬래그미분말의 경우에 SOC 건설사업 또는 민간건설업체의 대규모 건설현장에서 자체적으로 특기시방을 작성하여 고로슬래그 미분말을 사용하는 것으로 파악되고 있으며, 특히 내구성이 특별히 요구되는 LNG, 발전소, 해안지역의 구조물 등에서의 사용실적이 확인되고 있다. 토목·건축분야 전반에 걸쳐서 고로슬래그 미분말을 혼입한 콘크리트를 적용하고 있으며, 보통포틀랜드시멘트에 대한 치환율은 건축구조물의 경우 12.5%, 토목구조물의 경우 25%까지 적용되고 있다.

#### 라. 고로슬래그시멘트의 각국기준

각국에서 규정하고 있는 고로슬래그시멘트의 시험항목별 비교는 [표 5]와 같다. 여기서 살펴보면, 석고의 함량이 영국이나 독일 등에서는 규정하고 있지 않고, 황 성분이나 슬래그치환율 등 각국의 조건 즉, 고로슬래그의 구성성분, 유리화율, 기 후조건 등 사용하는 환경에 적합하게 규정하고 있다. 그렇기 때문에 국내의 관련 규격도 양질의 시멘트를 제조·사용하기위하여 생산자 및 소비자에게 적합한 규격으로 개정이 필요할 것으로 생각된다.

더욱이, 최근에는 시멘트 및 콘크리트와 관련한 유럽규격이 ISO규격화로의 작업이 진행되고 있다. 이와 관련된 시멘트유럽규격은 EN197은 크게 5종류[보통포틀랜드시멘트(CEM I), 혼합시멘트(CEM II), 고로시멘트(CEM III), 포졸란시멘트(CEM IV), 복합시멘트(CEM V)]의 27개 타입으로 규격화되어 있다. 여기에는 범용적인 시멘트를 생산하여 소비자에 제공하는 것이 아니라 소비자가 필요한 강도나 물성을 제시하면 이를 생산하는 등 새로운 형태로 규격도 개정되어야 할 것이다.

[표 5] 고로슬래그시멘트관련 각국 규격 비교

구 분 시험항목		단위	KS (KS L 5210)		JIS B종 (JIS R 5211)		영국 (BS 146)	독일 (DIN 1164)
슬래그치 환율		%	특급	25~65	A종	5~30	65 이하	36~80
		%	1급	25~65	B종	30~60		
화학 성분		%	특급	3.0이하	A종	3.5이하	3.0이하	3.0이하
			1급	4.5이하	B종	4.0이하		
		C종	4.5이하					
강열감량(Ig. loss)		%	3.0이하		3.0이하		3.0이하	3.0이하
황분(S)		%	특급	2.0이하			1.5이하	
			1급	-				
비표면적(Blaine)		cm <sup>2</sup> /g	2,800이상		A,B종	3,000이상		
					C종	3,300이상		
안정도	오토클레이 브팽창도	%	0.2이하		시험법 다름			
응결시험	길모아시험	분	60이상		60이상		45이상	60이상
		시간	10이하		10이하		10이하	12이하
수화열	7일	cal/g	70이하					
	28일	cal/g	80이하					
압축강도	3일	kg/cm <sup>2</sup>	130이상		A종	127이상	81이상	
					B종	102이상		
					C종	76이상		
	7일	kg/cm <sup>2</sup>			A종	229이상	143이상	183이상
					B종	178이상		
					C종	153이상		
28일	kg/cm <sup>2</sup>			A종	433이상	224이상	356이상	
				B종	433이상			
				C종	407이상			
모르터 공기함유량		%	12이하					
비 고		일본, 영국, 독일의 응결시간은 VICAT법에 의한 것임						

마. 고로슬래그시멘트 활용시의 경제적 효과

시멘트공업은 전력과 원료를 소비하는 산업이다. 전력은 주로 원료의 분쇄, 크링카의 소성 및 분쇄에 사용되고, 연료로는 주로 크링카의 소성에 사용하게 된다. 이 크링카를 제조하기 위하여는 석회석, 점토, 철광석 등의 자원이 투입되어 제조된다.

이와 같이 많은 자원을 소비하여 제조되는 시멘트는 가능한 천연자원의 사용량을 줄이고 발생하는 이산화탄소량을 줄이는 것이 친환경적인 산업을 지향하는 최근의 국제적인 동향에 부합될 수 있을 것이다. <표-6>에는 시멘트 1톤을 생산하는

데 필요한 자원 및 고로슬래그시멘트를 사용할 경우 에너지나 자원의 절감량을 개략적으로 계산한 결과이다. 이 표에서 알 수 있듯이, 고로슬래그시멘트를 사용함으로써 천연자원의 사용을 줄임과 동시에 이산화탄소의 발생량을 줄임으로써, 지구온난화에 일조함은 물론 환경보전 측면에서도 유익하다는 결론을 얻을 수 있다.

<표-6> 시멘트 1톤 생산시의 자원사용 및 이산화탄소발생량

분 류	포틀랜드시멘트	고로슬래그시멘트	절감량
석탄	110kg	67kg	39%
전력	110kwh	92kwh	17%
석회석	1.2ton	0.7ton	42%
CO <sub>2</sub> 발생량	862kg	504kg	42%

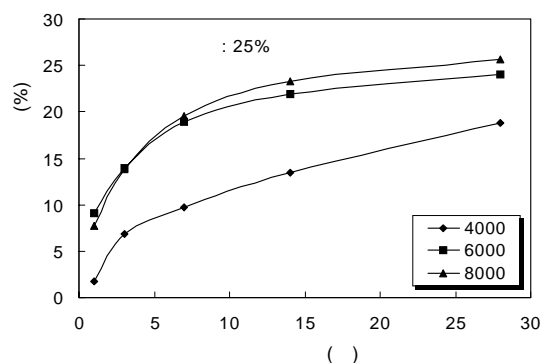
\* 크링카생산시 이산화탄소 배출원단위 : 235kg-c/t-크링카

\* 크링카대체효과 : 235kg/94%(전력사용량 제외)×44/12=862kg-CO<sub>2</sub>/t-슬래그

### 3. 고로슬래그시멘트의 특성 활용

#### 가. 고로슬래그의 반응률

고로슬래그의 함유량 25%, 분말도 4000, 6000, 8000cm<sup>2</sup>/g인 고로슬래그시멘트를 제조하여 수화시켜, 살리칠산메탄올법에 의하여 고로슬래그 반응율의 산출결과를 <그림-2>에 나타낸다. 고로슬래그는 수화 1일에 각각 2, 7 및 9%의 반응율을 나타내면서, 수화 30일 정도에도 18~25%정도의 수화율을 나타내었다. 여기서 알 수 있듯이 분말도 4000cm<sup>2</sup>/g의 경우는 지속적으로 수화가 진행됨을 알 수 있으나, 6000cm<sup>2</sup>/g이상의 분말도에서는 7일이전에서는 급격하게 반응하나 그이후의 반응은 완만하게 된다. 고로슬래그는 경화체에서 어느 정도 수화가 진행되면 반응은 지연되고, 채움재의 역할을 하여 미세구조를 치밀하게 만드는 역할을 한다고 판단된다.

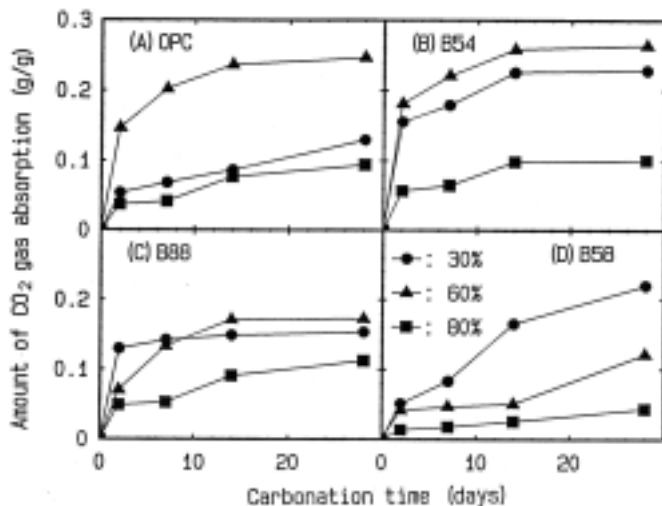


<그림-2> 고로슬래그의 재령별 반응률

## 나. 탄산화 속도 및 공극량의 변화

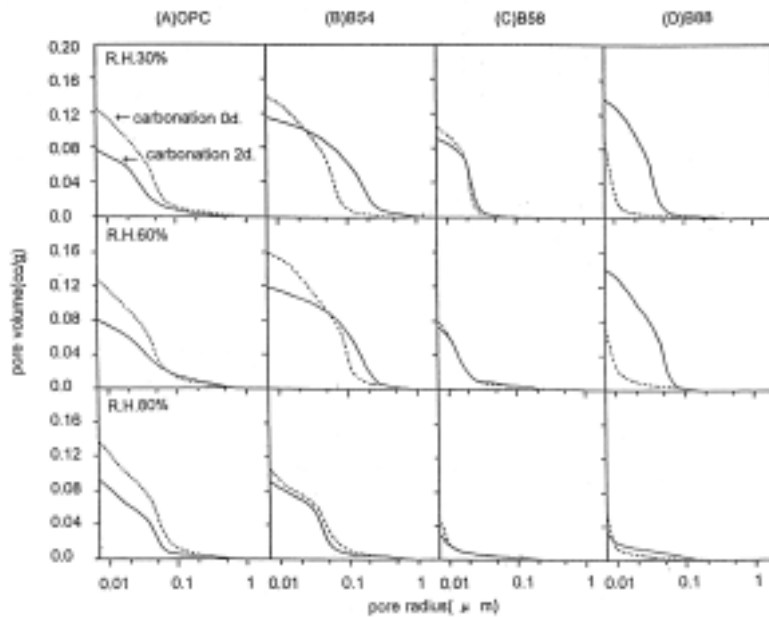
각각의 고로슬래그 경화체는 OPC는 보통포틀랜드시멘트이고, B54은 보통포틀랜드시멘트에 고로슬래그 Blaine 약 4,000cm<sup>3</sup>/g을 50%치환한 경화체이고, 80%치환 경화체는 B58이다, 또한, B88는 Blaine 약 8,000cm<sup>3</sup>/g의 고로슬래그를 50%치환하여 경화체를 제작하여 시료로 사용하였다. 실험조건으로 상대습도 30, 60 및 80%의 조건하에서 이산화탄소 농도 3%의 조건하에서 탄산화반응을 시켜 이산화탄소의 흡수량을 실험한 결과를 <그림-3>에 나타내고, 공극분포의 변화를 <그림-4>에 나타낸다. 이산화탄소의 흡수속도를 보면, 상대습도 60%에서 가장 흡수속도가 빠르고 상대습도 30%에서 반응속도가 지연이 된다. 이는 적정량의 수분이 이산화탄소와의 반응에 매개체 역할을 한다고 판단되며, 이는 고로슬래그시멘트를 사용하는 환경조건, 즉 기후나 습도 등 콘크리트를 사용하는 환경에 민감하다고 판단된다.

또한, 탄산화반응이 진행되면 <그림-5>에서와 같이, 포틀랜드시멘트는 공극분포가 치밀하게 분포되고 전체 공극량은 감소하는데 반하여, 고로슬래그시멘트의 경우는 일정크기이상(0.1 $\mu$ m전후로 강도에 영향을 미치는 공극)에서는 공극이 커지는 반대현상을 나타내고 있다. 따라서 이와 같은 고로슬래그시멘트가 지니고 있는 물성을 충분히 활용하기 위해서는 기후조건이나 환경조건을 고려한 검토가 필요할 것으로 판단된다.



[그림 3] 이산화탄소의 흡수속도  
-상대습도(30, 60 및 80%), 이산화탄소 농도 (3%)





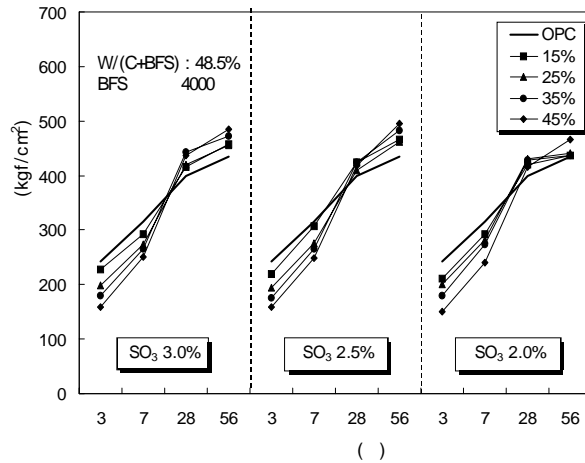
[그림 4] 고로슬래그시멘트 및 포틀랜드시멘트의 탄산화에 따른 공극량 분포변화(재령 7일, 건조 10일)

#### 다. 고로슬래그시멘트의 물성평가

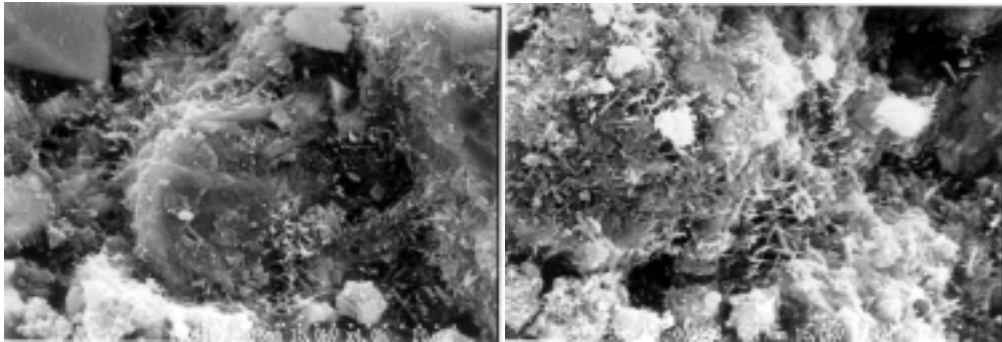
##### (1) 석고첨가량에 따른 압축강도

고로슬래그의 반응을 촉진시키는  $SO_3$ 의 함량을 조사하기 위하여, 고로슬래그시멘트의 슬래그함유량을 15, 25, 35 및 45%로 변화시켜  $SO_3$ 의 함량을 2~3%로 변화시켜 시험한 결과를 <그림-5>에 나타낸다. 일반적으로  $SO_3$ 의 작용은 초기의 수화를 지연시키고 장기강도발현에 절대적으로 필요한 요소로 알려져 있는데, 대부분 천연무수석고를 사용하고 있다. 이 그림에서 고로슬래그의 분말도 및 치환율에 관계없이 대부분의 경우, 재령증가에 따른 강도증가율이 일반포틀랜드시멘트만을 사용한 모르터에 비해 월등히 높은 것으로 나타나 고로슬래그시멘트를 사용하여 콘크리트에 적용하는 경우 장기강도의 증진에 유리하다는 연구결과를 확인할 수 있다.

또한, 일반포틀랜드시멘트와 고로슬래그시멘트의 총결합재 중  $SO_3$ 함량 변화에 따른 재령별 모르터의 압축강도 변화를 살펴보면,  $SO_3$ 함량이 클수록 초기재령에서 모르터의 압축강도가 다소 높게 나타났으나 재령 28일 이후에는  $SO_3$ 함량 2.5%에서 압축강도 증진이 다소 큰 것을 알 수 있다. 더욱이 미세구조의 사진을 살펴보면  $SO_3$ 의 함량이 많을수록 Ettringite의 침상구조가 많이 생성되는데, 이와 같은 적정첨가량은 발휘성능에 적정한 배합설계를 토대로 하여 장기적인 물성값을 평가하여 사용하는 것이 바람직하다고 생각된다.



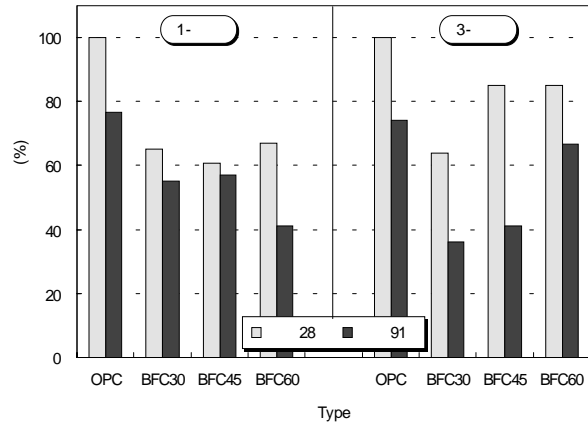
<그림-5> SO<sub>3</sub>함량, 치환율별 재령에 따른 모르터 압축강도



<사진-2> SO<sub>3</sub> 2% 첨가 수화물 사진    <사진-3> SO<sub>3</sub> 3% 첨가 수화물 사진

## (2) 투수성

<그림-6>에는 시멘트의 종류 및 탈형시기와 양생방법에 따른 각 재령에 있어서 콘크리트의 투수량과 재령 28일 포틀랜드시멘트에 대한 투수비를 나타낸 것이다. 전반적으로 시멘트의 종류에 따라서는 고로슬래그시멘트는 보통포틀랜드콘크리트에 비해 투수량이 수중양생의 경우 40%이상 상대적으로 적었고, 양생방법에 따른 투수량을 살펴보면 재령 28일의 투수량은 현장양생에 비해 수중양생의 경우가, 재령 91일에 있어서는 고로슬래그시멘트(슬래그함량 60%)을 제외하고 수중양생에 비해 현장양생의 경우가 투수량이 적은 경향을 나타냈다. 재령에 따른 투수량은 초기재령보다는 장기재령에 있어서 감소하는 경향을 보임을 알 수 있었다. 따라서, 이와 같은 투수성의 탁월한 효과를 이용하여 지하구조물, 특히 수분이 존재하는 조건에서 사용하면 충분히 그 장점이 부각 될 것으로 판단된다.



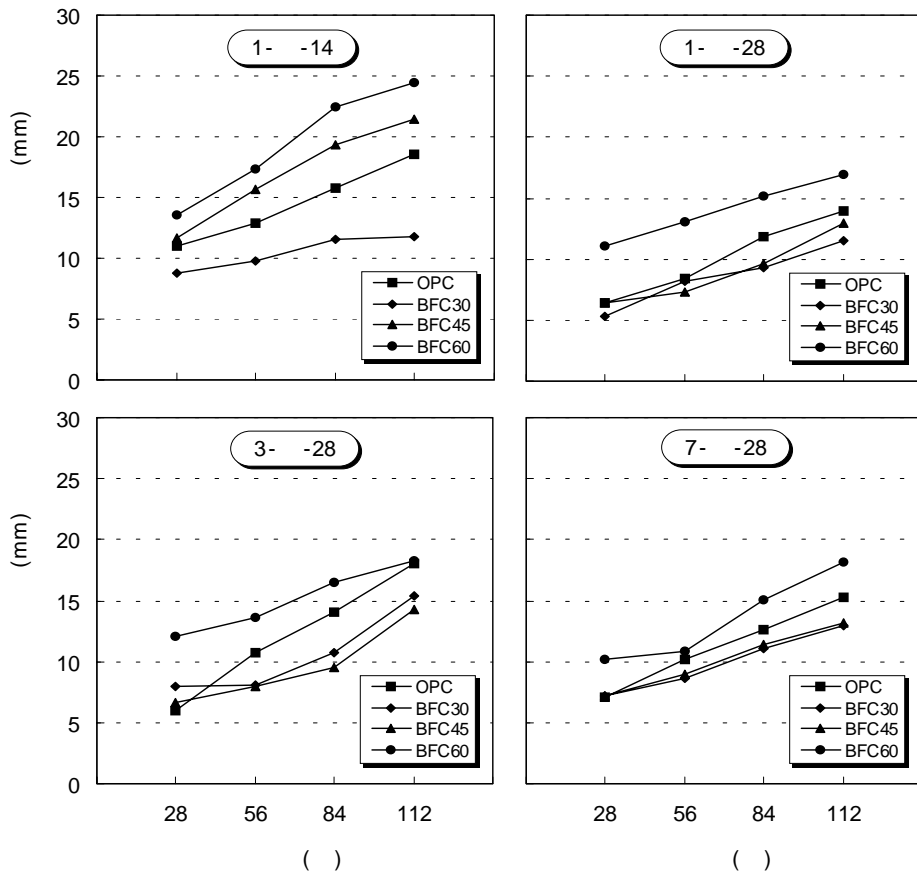
<그림-6> 콘크리트의 종류 및 탈형시기-양생방법에 따른 투수비

### (3) 촉진중성화

<그림-7>은 시멘트의 종류 및 탈형시기와 양생방법에 따라 재령 1일에 탈형하여 14일 및 28일 동안 수중양생을 시킨 시험체와 재령 3일 및 재령 7일에 탈형하여 28일 동안 현장양생을 시킨 시험체를 중성화챔버에 투입한 후 112일 동안 촉진중성화시켜 그 중성화깊이를 나타낸 것이다.

재령 1일에 탈형하여 14일 및 28일 수중양생의 경우는, 고로슬래그시멘트(슬래그함량 30%)가 다른 시멘트에 비해 중성화깊이가 적은 경향을 나타내었다. 또한 재령 3일에 탈형, 28일 동안 현장양생의 경우는, 고로슬래그시멘트(슬래그함량 45%)가, 그리고 재령 7일에 탈형, 28일 동안 현장양생의 경우는 고로슬래그시멘트(함량30%)와 고로슬래그시멘트(함량45%)가 유사하게 그리고 다른 시멘트에 비해 중성화깊이가 적었음을 알 수 있었다. 고로슬래그시멘트(함량 60%)는 전체적으로 탈형시기와 양생방법에 상관없이 다른 종류의 시험체에 비해 중성화깊이가 상대적으로 큰 것을 알 수 있었다.

따라서, 이와 같은 결과를 고려해 볼때 양생기간이 동일한 경우 현장양생에 비해 수중양생을 행한 것이 중성화깊이가 적은 경향을 나타내고 있어 충분한 재령을 통하여 콘크리트를 제조할 경우 중성화에 대한 저항성은 포틀랜드시멘트에 비하여 큰 것으로 판단된다.

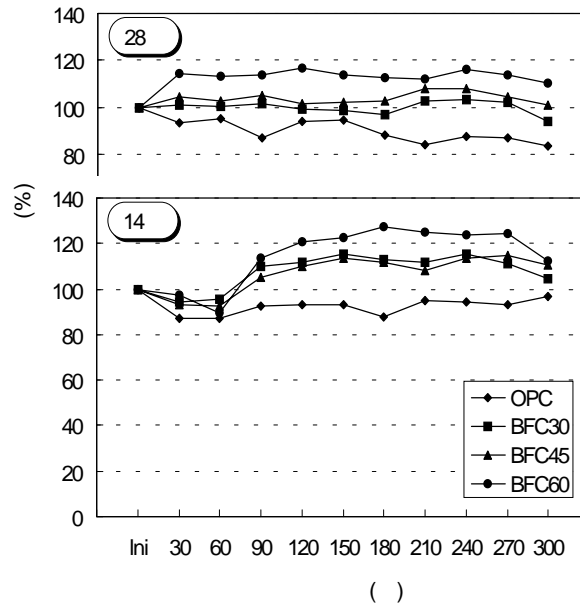


<그림-7> 시멘트의 종류 및 탈형시기-양생방법에 따른 중성화깊이

#### (4) 동결융해저항성

<그림-8>은 포틀랜드시멘트 및 고로슬래그시멘트를 14일 및 28일 동안 수중양생을 행한 후, 급속 동결 융해에 대한 콘크리트의 저항 시험 방법(KS F 2456)에 준하여 1사이클을 3시간으로 하여  $-18^{\circ}\text{C} \sim 4^{\circ}\text{C}$ 의 동결융해시험장치에  $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ 의 각주 공시체를 투입하여 30사이클마다 측정된 상대동탄성계수의 측정결과를 나타낸 것이다.

전반적으로 수중양생 재령일수에 상관없이 시멘트의 종류별로 살펴보면 고로슬래그시멘트의 경우가 포틀랜드시멘트에 비해 다소 높은 상대동탄성계수를 나타내고 있으며, 300사이클에서도 90~100%이상의 높은 계수를 보이고 있다. 이는 시험체 제작시 5~6%의 공기량 확보에 의한 매트릭스내의 수분이동에 따른 팽창압을 억제할 수 있었기 때문인 것으로 판단되며, 또한 고로슬래그의 수화후 채움재의 역할로 조직이 치밀해져 내동해성을 확보할 수 있었기 때문으로 사료된다.



<그림-8> 동결융해사이클수에 따른 상대동탄성계수

고로슬래그시멘트의 물리적 성질은 시멘트의 제조 및 활용방법에 따라 변화하게 된다. 다시 말하면, 석고의 첨가량에 따라 변화하고 충분히 양생을 한 콘크리트가 내구성측면에서 투수성이 필요한 장소나 중성화 및 동결융해저항성의 부담이 적은 부위(지하구조물, 수중이나 해안구조물 등)에 사용하면 그 장점을 부각시켜 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

이상과 같이 고로슬래그 시멘트의 제조 및 이를 사용하여 제조한 콘크리트의 각종 활용성에 대하여 검토하여 보았다.

앞으로 각종 국제규격(ISO)의 제정으로 고로슬래그시멘트의 활용가능성은 갈수록 증대될 것으로 예상된다. 특히, 고로슬래그는 국가산업이 발전하면 할수록 그 부산량은 증가하고, 그 활용도도 높아 질 것으로 판단되어 국가적인 차원에서의 제도나 정책으로 유도해야 할 것으로 생각된다.

따라서, 단순한 원가절감의 효과를 기대하기보다는 장기적인 안목으로 품질향상이나 물성증진의 효과를 근간으로 하는 각종 연구결과를 토대로하여, 일반적으로 사용하고 있는 포틀랜드시멘트를 단순히 대체하기보다는 지하구조물이나 수중구조물 등 고로슬래그시멘트가 지니고 있는 장점을 부각시키고 사용할 수 있는 용도개발이 필요할 것으로 사료된다. 이와 같은 국가적 차원에서의 적극적인 지원과 검토를 통한 여건 조성으로 적절하게 사용한다면 국가자원의 낭비를 최소화하고, 이산화탄소의 발생량을 줄이는 등 친환경적 국가산업발전에 정진하게 되어 국제적인 국가신인도 증진에 일익을 하게 될 것으로 생각된다.