

고유동 시멘트를 사용한 고성능 콘크리트특성에 관한연구

A Study on the Properties of High Performance Concrete using High Flowable Cement

최광일* 현석훈** 박춘근*** 강민호****
Choi, Kwang Il Hyun, Suk Hoon Park, Choon Keun Kang, Min Ho

Abstract

High-Belite cement had a better slump flow characteristics than type I cement and slag cement, and its variation of slump flow with time was also excellent. As the amount of binder added was increased, the strength increased while material separation decreased. This phenomena was obvious when the amount of cement was above 500kg/m^3 .

When the amount of cement and S/a were 516kg/m^3 and 52% respectively, the application strength of 600kg/cm^2 was satisfied. Since, however, the aggregate size of 25mm was somewhat unsatisfactory, the characteristics of high performance concrete could be obtained by the addition of the viscosity-enhancing agent.

1. 서 언

최근 콘크리트 구조물은 고층화 및 대형화의 추세에 있으며, 요구되는 성능도 고강도, 고유동, 저발열, 고내구성 즉 고성능화된 콘크리트라고 할 수 있다. 일반적으로 고강도 콘크리트를 사용하여, 만드는 구조물은 철근두께가 굵고, 과밀배근되기 때문에 종래의 콘크리트로는 형틀내 및 충전이 어려워, 더욱 고성능 콘크리트의 필요성이 부각되는 것이 현실이다. 이를 위해 선진국을 비롯 국내에서도 각종 혼화재 및 고성능 혼화재를 활용하는 연구가 활발히 수행되어 왔다. 쌍용양회에서는 상기재료에서 일어날 수 있는 품질관리 및 내구성 문제 등을 보완하고자, Cement 광물자체의 구성비를 변경한 고베라이트계의 고유동시멘트를 개발하였다. 고베라이트계 시멘트는 일본에서 시멘트회사 중심으로, 90년

* 쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 실장

** 쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 책임연구원

*** 쌍용중앙연구소 자원연구실 책임연구원 (공학박사)

**** 쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 연구원

이후 시험타설을 거쳐 실용화 단계에 있는 상태이다. 당사는 현장 양산공정을 통하여 고베라이트계 시멘트를 개발생산하고, 콘크리트 특성을 검토하여 본바, 600kg/cm² 압축강도의 콘크리트를 제조하기 위하여 실험실적 배합 실험을 한 후, 실제 레미콘 Batcher Plant에서 생산하여 현장 모형시공 거푸집에 타설을 하므로써, 고성능 콘크리트로서의 실용 가능성을 검토하였다.

2. 고 Belite계 Cement의 고유동성과 Mechanism

Cement paste의 항복치의 감소는 기본적으로 고성능 AE감수제의 혼화제 분자가 Cement에 흡착하여 「정전기적 반발력」, 「입체장애」 등의 작용에 의해 Cement 입자를 분산시키는 것이다. 따라서 혼화제가 성능을 충분히 발휘하기 위해서는 균일하게 Cement 입자에 흡착되지 않으면 안된다. 그러나 혼화제는 물과 접촉후 먼저 Cement 중의 C₃A, C₄AF 광물에 흡착하고, 그후에 C₃S, C₂S에 흡착하기 때문에, C₃S, C₂S에의 혼화제 흡착은, C₃A, C₄AF에의 흡착에 좌우되어, Cement중에 이 양이 많으면 Cement 입자에의 혼화제 흡착이 불균일하게되어, 혼화제의 분산효과가 발휘하지 못한다. 따라서 고belite계 Cement는 낮은 W/C에서 항복점이 적은 Paste를 얻기위해, C₃A & C₄AF를 적게 조정한 Cement이다.

따라서, 적절한 고성능 AE 감수제를 첨가할 경우, 항복점은 감소하고, 소성 점도는 유지되기 때문에 고유동 콘크리트용의 Cement로서는 최적임이 확인된다.

3. 실험내용

3.1 재 료

(1) Cement

본 실험에 사용한 시멘트는 표 1의 고유동 시멘트이다.

표 1 시멘트의 광물조성 및 압축강도

구분	광물조성 (%)				압축강도			
	C3S	C2S	C3A	C4AF	1d	3d	7d	28d
고유동	35	45	3	9	95	189	288	480
1종	55	20	10	10	102	227	279	386

- (2) 골 재 : 단양산 20m/m 골재
- (3) 모 래 : 부강산 강모래
- (4) 혼화제 : 폴리카본산계 (Mighty-2000)

3.2 Fresh concrete 평가방법

- (1) 유동성 : Slump flow, Slump flow loss (가경식 Mixer에서 혼합후 경시변화)
- (2) 재료분리 저항성 : V-Lot
- (3) 간극 통과성 : U자형 Box

3.3 콘크리트 배합실험 및 결과(실험실적)

Cement 종류별 {Belite, 1종, 1종+slag(35%)} 콘크리트의 특성

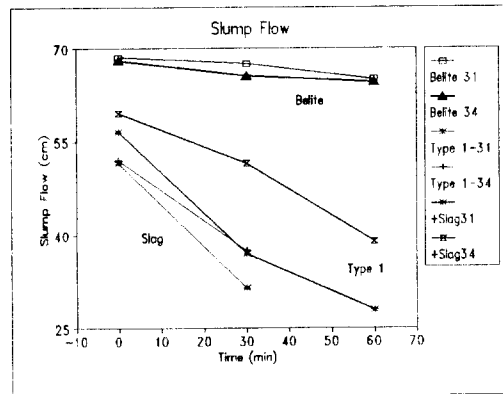
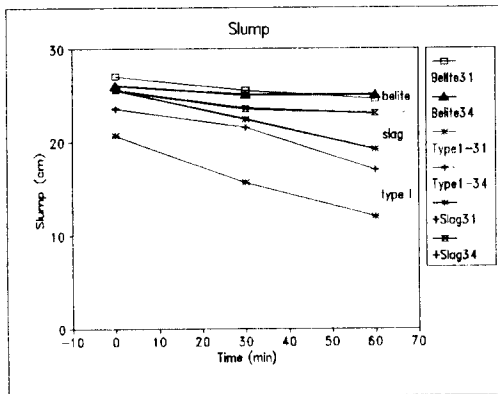
표 2 시멘트 종류별 배합 및 콘크리트 data

구 분	배 합 내 용					Slump	Slump flow	강도 (kg/cm ²)			
	cement	water	w/c	s/a	유동화제			3d	7d	28d	56d
Belite	425	170	40	41	M-20001.2%	23	53×55	285	366	630	843
	500	"	34	:	"	26	65×64	386	478	748	945
1종	425	"	40	"	"	21	41×39	278	407	509	529
	500	"	34	"	"	24	52×52	375	477	607	626
1종+slag (35%)	277+148	"	40	"	"	22	51×52	218	359	563	576
	325+175	"	34	"	"	24	61×60	290	441	694	709

Concrete별 slump 및 slump flow loss 경시변화

표 3 시멘트 종류별, W/C별 Slump 및 Slump flow (경시변화)

구 분	W/C	Slump (cm)			Slump flow (cm)		
		0	30분	60분	0	30분	60분
Belite	31	27	25.5	24.5	68×69	67×68	66×64
	34	26	25	25	69×67	66×65	65×64
1종	31	20.7	15.6	12.	51×52	32×31	-
	34	23.5	21.5	17.0	52×52	37×38	-
1종+slag (35%)	31	25.5	22.4	19.2	56×57	37×37	28×28
	34	25.5	23.5	23	58×61	52×51	39×39



- (결과) :
- Belite는 28일 이후 강도발현이 우수하고, 시멘트 500kg/m³ 이상에서 slump flow 가양호 하다 (65±5cm 범위)
 - Belite의 경우 slump 및 slump flow loss 경시변화가 작다
 - Slump flow는 Belite > 1종+slag > 1종 순이다.

Belite concrete의 분체량 변동에 따른 제특성 (400kg/m³~640kg/m³)

표 4 시멘트량별 콘크리트 data

구 분	배 합 내 용					Slump	Slump flow	강도 (kg/cm ²)			
	cement	water	w/c	s/a	유동화제			1d	3d	7d	28d
Belite	400	160	40	41	M-20001.2%	20	45×48	89	193	318	506
	432	"	37	"	"	22	55×57	166	267	390	647
	471	"	34	"	"	22.4	64×65	189	287	413	686
	516	"	31	"	"	24	65×64	236	344	494	785
	571	"	28	"	"	25.0	69×69	282	398	607	843
	640	"	25	"	"	26.5	71×71	342	504	700	1006

(결과) : • 강도를 600kg/cm²얻기 위해서는, Slump flow가 (65±5cm)정도이고, Cement량은 cement량은 재료분리가 적은 500kg/m³이상 수준에서 선정

• S/a가 41수준에서 concrete의 재료분리가 약간 있어, 현장 타설시에는 S/a의 최적수준을 정하고저함

S/a의 선정 배합실험 (42~50%)

표 5 S/a별 콘크리트 data

구 분	배 합				slump flow	V-Lot(초)	U-자Box (cm)
	cement	water	w/c	s/a			
Belite	550	180	32.7	42	64×66	27	-
	550	"	"	46	65×66	16	9
	550	"	"	48	65×68	13	7
	550	"	"	50	68×70	9	5

(결과) : S/a가 낮은수준에서 일부 재료분리현상이 있고, S/a 50수준에서 가장 양질의 콘크리트를 얻을수 있었다.

3.4 현장 Mock up 타설시험

재료 배합선정 : 600kg/cm² 배합강도를 얻기위해서 상기분체량별 data에서 slump flow가 65cm±5 범위에 있고, cement량은 516kg/m³을 선정하며, 기선정한 S/a(=50)을 중심으로 최종배합 실험을 한 결과 S/a를 52로하고 현장 25m/m 골재감안 증점제를 소량사용함 (0.0125%)

(1) 레미콘제조

- 장 소 : 쌍용양회 신탄진 Remicon 공장
- 제조량 : 0.5m³/Batch × 10Batch(5m³)
- 이송시간 : 50분

표 6 콘크리트 배합

시멘트	물	굵은골재	잔골재	잔골재율(s/a)	고유동화제	증점제
516kg	180kg	793kg	859kg	52%	1.3%	0.0125%

(2) 타설(Mock up, 벽체 (w₁, w₂))

표 7 콘크리트 타설조건

실험체	단면(cm)	Slump(flow)	타설속도	온도	다짐방
W ₁	180×260	27cm(61×62cm)	6m/hr	26℃	불사용
W ₂	270×220				

- (결과) : • 개발된 고 Belite계 고유동 콘크리트를 현장 모형시공 거푸집에 성공적으로 타설하므로써, 다짐을 하지 않고 양호한 구조체를 얻을 수 있었다.
• 구조체의 경화체 특성은 별도 분석 예정임

4. 결과종합

고성능 콘크리트로써 고Belite 시멘트를 사용하여 배합시험 및 현장타설을하여 본 결과

- 1) 타재료(1종, 1종+slag)와 비교하여 slump flow가 양호하고 경시 변화도 적어 고유동콘크리트로써 적합함을 알 수 있다.
- 2) 분체량 증가에 따라, 강도 증진과 함께 재료분리현상을 적어졌으며, 시멘트 500kg/m³미만에서는 추후 별도의 최적배합 연구가 필요하다.
- 3) 현장 배합강도 600kg/cm² 감안시, cement량은 516kg/m³으로 하고, 현장골재(25m/m)감안 s/a는 52로 조정하였으며, 증점제를 소량 사용하였다.
- 4) 본 내용은 새로운 개발 제품인 Belite Cement를 이용하여, 현장 타설시험을 목표로한 배합 실험으로써, 추후 지속적인 연구가 필요하겠다.

● 참고문헌 ●

- 名和豊春, 深谷泰文의 2인 : 「고 Belite계 시멘트를 사용한 고유동 고강도 콘크리트에 관한 연구」콘크리트 공학 년차 논문 보고집 Vol.15, No.1 (1993)