

# 現場에서의 高強度 콘크리트 品質管理 特性

## Properties of Quality Control for the High Strength Concrete in site

金 然 鍾  
(圓字建設(株) 代表理事)

### 1. 머리말

#### 1.1 연구배경

현재, 일반적으로 현장에서 가장 많이 사용되고 있는 고강도 콘크리트의 강도범위는 수도권 高層아파트의 경우에 설계기준강도 300kg/cm<sup>2</sup> 정도, 토목구조물의 교량 등의 경우 400kg/cm<sup>2</sup> 정도가 대부분이다. 또한, 현재까지 현장에 시험적용한 事例를 보면, 500~700kg/cm<sup>2</sup> 범위가 가장 대표적인 것으로 알려져 있다.<sup>(1)(2)(3)</sup> 이러한 시험적용 사례는 대부분 연구소 및 대학의 공동연구 일환으로 수행된 것으로 명확한 품질관리의 범용화를 위한 기술축적 및 일반적인 技術移轉은 아직 이루어지지 않고 있는 실정이다.

콘크리트의 신기술인 고강도 콘크리트가 아직 실용화에 이르지 못하고 있는 것은 무엇보다도 현장에서의 품질관리 및 시공에 대한 신뢰가 부족한 때문이며, 이에 대한 기술력 향상과 법적인 제도개선이 아울러 이루어져야 할 것이다.

특히, 건설시장 개방 및 지방자치제의 활성화로 이러한 신기술의 보급은 각 지역특성

에 맞게 신속히 보급되어야 하며, 건설현장에서 일반적으로 사용할 수 있는 施工指針書와 같은 규준의 제정이 절실히 필요하다.

또한, 각 지역별 재료특성에 맞는 고강도 콘크리트의 생산 시스템을 확보하기 위해서는 레미콘 공장의 기술향상이 필요하며, 지역 특성에 맞는 고강도 콘크리트의 배합조건이 갖추어져야 할 것으로 사료된다.

따라서, 본 연구에서는 고강도 콘크리트의 시험적용한 사례를 참고로 技術協助를 얻어 군산지역의 재료를 사용한 고강도 콘크리트의 품질성능과 객관성, 실용화 가능성을 확인하기 위한 현장실험을 실시하여, 향후 고강도 콘크리트의 현장 품질관리를 위한 자료축적 및 고강도 콘크리트의 理解와 可能性을 제시하고자 한다.

#### 1.2 연구목적

본 연구에서는 실내시험<sup>(4)</sup>에서 나타난 결과를 레미콘 플랜트의 조건에 맞도록 수정배합을 실시하여 현장 최적배합비를 도출하고자 한다. 따라서, 레미콘 플랜트의 여건에 따른 高性能 減水劑의 투입방법 및 플랜트의 생산

성 시험을 통하여 가장 효율적이고 경제적인 현장 최적배합조건을 선정하고자 하며, 고강도 콘크리트의 품질관리 측면에서 運搬時間에 따른 슬럼프, 공기량 등의 經時變化 特性和 펌프 壓送前·後의 특성, 양생에 따른 특성 등에 대해 실험적인 고찰을 하고자 한다.

### 1.3 연구단계 및 범위

본 연구는 먼저 현장 플랜트에서 사용하고 있는 재료 및 생산조건에 적합한 고강도 콘크리트의 최적배합비를 실험적으로 선정하고, 이에 따른 레미콘 플랜트의 生産性, 경시 변화 특성, 펌핑압송성, 다짐 및 양생과 같은 품질성능을 검토하여 현장타설을 위한 최적 배합과 品質管理를 위한 대책을 마련하고자 한다.

여기서, 레미콘 플랜트의 생산성은 재료 투입방법과 배합시간에 따른 콘크리트의 최적특성을 의미하며, 이에 따른 고강도 콘크리트의 최적 생산성을 도출하고자 한다. 施工性은 슬럼프를 중심으로 공기량, 콘크리트 온도, 슬럼프 플로우를 참고로 하였으며, ACI 363 提案式으로 부터 산정한 현장 배합강도는 [표 1]과 같다.

〈표 1〉 설계기준강도 및 배합강도

배합명	설계기준강도	배합강도		비고
		JASS 5	ACI 363	
H-420	420	504	483	psi ≒ 0.07 kg/cm <sup>2</sup> 단위: kg/cm <sup>2</sup>
H-490	490	574	553	
H-560	560	644	623	
H-630	630	714	693	

JASS 5의 배합설계식은 不良率을 2.3%

로 일반 콘크리트의 4%보다 하향조정된 것으로 ACI 363 提案式에 비해 안전값이 높기 때문에, 현장 배합강도 산정은 ACI 규준식을 기준으로 한다.

또한, 레미콘 플랜트 시험의 배합변수는 施工事例<sup>(1)(2)(3)</sup> 실내실험 결과<sup>(4)</sup> 및 ACI 363 報告書<sup>(5)</sup>, 高強度 콘크리트의 技術現狀<sup>(6)</sup>을 참고로 선정하였다.

고강도 콘크리트의 배합조건은 經濟性, 水和熱 등을 고려하여 단위시멘트량이 500kg/m<sup>3</sup> 이하로 되도록 조정하였으며, F급 플라이애쉬 및 실리카 흙을 치환하여 워커빌리티, 강도 등을 만족하는 범위에서 최대한 결합재량을 낮추도록 하였다.

따라서, 콘크리트의 배합조건은 시멘트를 포함한 결합재의 총량을 550kg/m<sup>3</sup> 이하로 조정하였으며, [표 2]와 같이 선정하였다.

〈표 2〉 배합변수 범위

구분	H-420	H-490	H-560	H-630
설계기준강도	420 kg/cm <sup>2</sup>	490 kg/cm <sup>2</sup>	560 kg/cm <sup>2</sup>	630 kg/cm <sup>2</sup>
물/결합재비	30~37 %		29~31 %	
단위수량	150~185 kg/m <sup>3</sup>			
S/a	38 ~ 44 %			
혼화재	플라이애쉬 치환		실리카 흙 치환	

여기서, 설계기준강도는 ACI의 배합설계법에 준하여 psi단위를 kg/cm<sup>2</sup>으로 환산하였기 때문에, 420~630kg/cm<sup>2</sup>범위로 결정된 것이다.

## 2. 레미콘 플랜트의 시험배합

본 연구의 室內實驗<sup>(4)</sup>에서 확인한 고강도 콘크리트의 설계기준강도에 대한 현장 최적

배합비를 선정하기 위하여 레미콘 플랜트의 시험배합을 실시하였다.

## 2.1 사용재료의 품질시험

시멘트는 군산의 W레미콘 공장에서 사용하고 있는 S社의 보통 포틀랜드 시멘트(1종)로 품질시험 결과는 [표 3]과 같다.

〈표 3〉 시멘트의 품질시험 결과

분말도 (㎎/g)	안정도 (%)	강열 감량 (%)	응결시간 (겉모아)		압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )			비 중
			초결 (분)	종결 (시간)	3일	7일	28일	
3,250	0.1	0.78	255	6:30	192	278	386	3.12

시멘트의 品質試驗은 제조회사의 시험성적표 및 레미콘 공장의 시험실에서 실시한 실험결과를 평균한 값으로 선정하였다.

굵은골재는 군산석산의 20mm 쇄석을 사용하였으며, 잔골재는 강모래와 세척모래를 혼합한 것으로 품질시험 결과는 [표 4]와 같다.

〈표 4〉 골재의 품질시험 결과

종 류 항 목	잔골재		굵은골재	
	결과	기준	결과	기준
비 중	2.58	2.5이상	2.56	2.5이상
조립율(F.M)	3.23	-	6.94	-
흡수율 (%)	0.98	3.0이하	1.12	3.0이하
마모율 (%)	-	-	18.4	25이하
실적율 (%)	62.4	60이상	58.4	57이상
단위중량 (kg/m <sup>3</sup> )	1,610	-	1,570	1,250 이상

고강도 콘크리트용 굵은골재의 규준에서 마모율은 토목학회 규준(40%이하)보다 하향 조절하였으며, 실적율을 추가하였다. 또한, 세척모래를 혼합하였기 때문에, 잔골재의 염분함량은 규준(0.04%) 이하로 관리하였다.

고성능 감수제는 나프탈렌계로 실내실험에서 비교적 우수한 성능을 갖는 것으로 나타난 J社의 표준형 Phoenix를 사용하였으며, 공기연행은 고려하지 않았다. 고성능 감수제의 添加方法은 비교적 減水效果와 分散性能을 최대한 발휘할 수 있는 것으로 알려진 직접투입방법을 사용하였다.<sup>(1)</sup>

혼화제는 보령 화력발전소에서 생성되는 F급 플라이애쉬 및 노르웨이 Elkem社의 마이크로 실리카를 사용하였으며, 품질시험 결과는 [표 5]와 같다.

〈표 5〉 혼화제의 품질시험 결과

특 성 구분	화학적 성분 (%)				물리적 성능	
	산화 물	MgO	습분	강열 감량	비중	분말도 (㎎/g)
Fly Ash	81.9	0.56	0.12	3.5	2.21	3,220
Silica Fume	94.3	0.8	0.21	3.1	2.23	198,000
KS L 5405	70 이상	5.0 이하	1.0 이하	6.0 이하	1.95 이상	2,400 이상

산화물은 SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 의미하며, KS L 5405규준은 F급 플라이애쉬에 局限된 것이기 때문에 실리카 흡은 ASTM 규준을 준용하였다.

## 2.2 시험배합

레미콘 플랜트의 시험배합은 재료투입 순서, 배합시간에 따른 특성 및 설계기준강도에

다른 최적배합비를 측정하기 위한 것이다.

여기서, 콘크리트의 특성은 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량, 콘크리트 온도를 대상으로 하였으며,  $\phi 10 \times 20\text{cm}$  공시체를 제작하여 재령별 강도발현을 측정하였다.

### (1) 배합조건

고강도 콘크리트를 제조할 레미콘 플랜트의 제조믹서는 용량이  $90\text{m}^3/\text{hr}$ 인 전자동 2축 횡형식 믹서로, 선-모르타르 배합방법을 실험할 경우에는 수동으로 재료투입 순서를 조정하도록 하였다. 시험배합을 위해 배치당  $1\text{m}^3$ 씩 제조하였으며, 요구되는 시간동안에 비빈 후 出荷하였다.

시험배합의 배합조건은 각각의 설계기준 강도에 대해 2개의 물/결합재비(W/B)를 선정하여, 최적배합조건을 결정하도록 하였으며 [표 6]과 같다.

〈표 6〉 레미콘 플랜트의 시험배합 조건

No.	W/B (%)	S/a (%)	단위재료량 (kg/m <sup>3</sup> )						S.P (%)
			C	F/A	S/F	W	S	G	
H-420	30	43	400	100	-	150	727	958	1.3 ~ 1.7
	33	44	400	100	-	165	728	920	1.7
H-490	35	42	471	-	-	165	719	986	1.1 ~ 1.3
	37	42	500	-	-	185	688	942	1.3
H-560	30	38	500	50	-	165	620	1003	1.4 ~ 1.6
	31	38	500	40	10	165	620	1004	1.6
H-630	29	38	477	-	53	155	636	1029	1.7 ~ 2.0
	30	38	477	-	53	160	644	1021	2.0

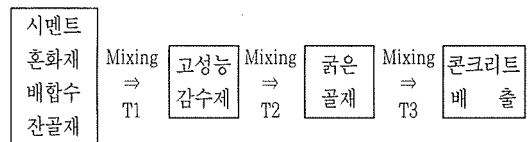
여기서, H-420은 설계기준강도 420, H-490은 490, H-560는 560, 그리고 H-630은  $630\text{kg}/\text{cm}^2$ 인 시험체명을 나타낸 것이다.

### (2) 재료투입순서

고강도 콘크리트의 재료투입순서는 콘크리트의 성능에 영향을 미친다.<sup>(6)</sup> 고강도 콘크리트의 배합방법은 크게 일괄투입과 분할투입 방법으로 나누며, 분할투입에는 배합수 분할방법 및 배합수 일괄투입 방법으로 나누어진다.

배합수를 분할하는 방법은 SEC法 및 Double Mixing(DM法)이 있으며, 배합수 일괄투입하는 방법에는 선-모르타르 배합방법과 건비빔 방법이 있다.<sup>(6)</sup>

본 연구에서는 기존의 일괄투입방법과 先-모르타르배합을 대상으로, 그 특성을 비교하고자 하였다. 선-모르타르 배합방법은 [그림 1]과 같으며, 일괄투입방법은 일반 콘크리트 제조에 사용되는 방법으로 한꺼번에 재료를 레미콘 플랜트의 믹서에 투입하는 방법을 의미한다.



〈그림 1〉 선-모르타르 배합방법

레미콘 플랜트의 설비장치는 혼화제용 Silo가 별도로 설치되어 있지 않기 때문에, 25kg 용량의 포대에 필요한 양을 미리 계량하여 인력으로 레미콘 믹서에 직접투입하도록 하였다.

### (3) 배합시간

일괄투입방법은 재료를 한꺼번에 믹서에 투입하여 배합하면서 믹서에 작용하는 負荷가 일정해지는 시간을 배합시간으로 정하였으며, 先-모르타르 배합방법은 배합시간을 45~105초로 나누어 배합시간에 따른 콘크리트의 특성을 비교하였다.

### 2.3 레미콘 플랜트 시험배합 결과

레미콘 플랜트의 배합성능을 측정하기 위하여 고강도 콘크리트의 배합조건 및 믹서에 콘크리트 재료를 투입하는 순서(배합방법), 그리고 믹서의 배합시간 등에 따른 콘크리트 특성을 측정하였으며, 시험배합의 결과는 다음과 같다.

#### (1) 배합조건에 따른 특성

[표 6]에서 선정된 배합조건에 따른 콘크리트의 특성을 측정하기 위하여 先-모르타르 배합방법으로 레미콘 플랜트의 생산성 시험을 실시하였으며, 측정결과는 [표 7]과 같다.

〈표 7〉 배합조건에 따른 실험결과

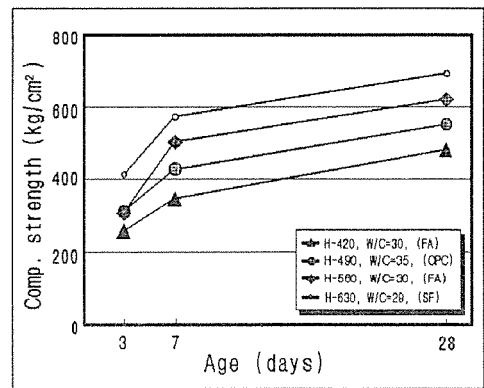
No.	배합조건(%)			콘크리트 특성			압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )		
	W/B	S/a	S.P	Slump (cm)	Flow (cm)	Air (%)	3일	7일	28일
H-420	30	43	1.8	21.0	48.0	1.7	256	345	480
	33	44	1.6	21.5	51.5	1.6	221	305	469
H-490	35	42	1.4	20.5	47.5	2.0	311	428	551
	37	42	1.2	19.0	45.0	1.8	306	421	549
H-560	30	38	1.6	20.0	49.5	1.7	308	502	620
	31	38	1.8	22.0	52.0	1.8	331	521	641
H-630	29	38	2.2	18.5	43.0	1.7	412	572	691
	30	38	2.1	19.0	44.0	1.8	403	558	685

시험배합 결과, 목표 슬럼프(20±2cm)를 만족하기 위한 고성능 감수제 첨가량(S.P)은 실내실험보다 약 0.2%정도 증가하는 것으로 나타났다.

총 배합시간은 믹서의 負荷가 일정한 값에 도달하는 時點으로 정하였는데, 평균 90초 정도가 소요되었다. 플라이애쉬를 사용한 경

우에는 점성이 크고, 플로우가 높게 나타난 반면에 초기재령의 강도발현은 낮은 것으로 나타났다.

따라서, 각 강도수준별 설계기준강도, 배합강도 및 워커빌리티, 粘性, 材料分離 抵抗性이 우수한 최적배합을 선정하였으며, 최적 배합의 재령별 강도발현은 [그림 2]와 같다.



〈그림 2〉 최적배합의 재령별 강도발현

플라이애쉬(FA)를 치환한 경우, 시멘트(OPC) 및 실리카 흙(SF)을 치환한 콘크리트에 비해 초기강도 발현이 낮다는 것을 알 수 있다. 그러나, 점성 및 워커빌리티는 우수하였다.

#### (2) 재료투입순서에 따른 특성

[표 7]은 先-모르타르 배합방법의 측정결과이며, 동일한 배합조건에서 일괄투입방법에 따른 측정결과는 [표 8]과 같다.

이는 고강도 콘크리트가 부배합이기 때문에 먼저 모르타르를 만든 후, 굵은골재를 투입하면 고성능 감수제의 分散性能이 우수하고 굵은골재에 吸着되는 수분을 최소화시킬 뿐 아니라, 매트릭스 자체가 均質해지기 때문으로 사료된다.<sup>(7),(8)</sup>

일괄투입방법은 先-모르타르 배합방법에 비해 동일한 배합조건에서 [그림 3]에 나타난 바와 같이 슬럼프가 저하되는 것으로 측정되었다.

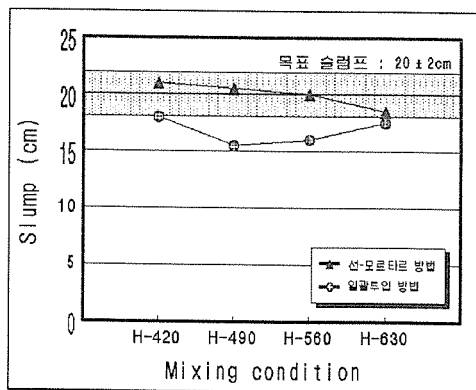
슬럼프 플로우 및 압축강도도 약간 감소하는 경향을 보였으며, 믹서에 작용하는 負荷도 약 20% 정도 증가하는 것으로 측정되었다. 따라서, 레미콘 플랜트의 生産性 측면에서 보면 불리하지만, 콘크리트의 性能 측면에서는 先-모르타르 배합방법이 우수한 것으로 나타났다.

### (3) 배합시간에 따른 특성

레미콘 플랜트의 배합시간이 짧을 수록,

〈표 8〉 일괄투입방법에 따른 콘크리트 특성

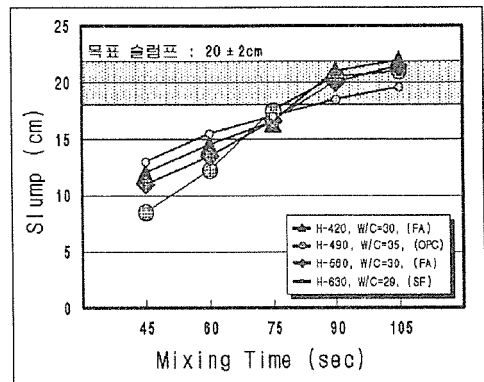
No.	배합조건(%)			콘크리트 특성			압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )		
	W/B	S/a	S.P	Slump (cm)	Flow (cm)	Air (%)	3일	7일	28일
H-420	30	43	1.8	18.0	42.0	1.5	243	335	468
H-490	35	42	1.4	15.5	43.5	1.6	302	411	537
H-560	30	38	1.6	16.0	44.5	1.4	298	478	615
H-630	29	38	2.2	17.5	38.0	1.5	407	568	677



〈그림 3〉 배합방법에 따른 슬럼프 특성

콘크리트의 시간당 생산성은 증대되지만, 콘크리트의 요구성능을 만족하기 위해서는 최소한의 배합시간이 존재한다.

레미콘 플랜트의 배합시간에 따른 슬럼프 특성은 [그림 4]와 같다.



〈그림 4〉 믹서의 배합시간에 따른 슬럼프

배합조건별 약간의 차이는 있으나, 배합시간이 증가할수록 슬럼프가 증가하는 경향을 나타내었다. 고성능 감수제 첨가량이 동일한 조건에서 볼 때, 적어도 90초 이상 배합할 경우에 목표 슬럼프(20±2cm)를 만족한다는 것을 알 수 있다. 이는 고강도 콘크리트의 배합조건이 부배합이고, 단위수량을 최소화시킨 반면에 고성능 감수제의 첨가량으로 요구되는 컨시스턴시를 확보해야 하기 때문으로 사료된다.

따라서, 배합조건에 관계없이 목표 슬럼프를 만족하기 위해서는 고강도 콘크리트의 레미콘 플랜트의 배합시간을 90초 정도로 하는 것이 적합하다는 것을 알 수 있다.

## 3. 현장 품질관리

### 3.1 경시변화 특성시험

고강도 콘크리트는 고성능 감수제의 첨가

량을 증대시켜 낮은 물/결합재비로 제조하는 것이 일반적이다. 따라서, 레미콘 플랜트에서 타설현장까지 운반하는 시간에 따른 슬럼프 저하가 예상되며, 이에 대한 고강도 콘크리트의 품질특성을 파악하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 레미콘 공장에서 생산한 고강도 콘크리트의 운반시간에 따른 경시변화 특성을 측정하기 위하여 [표 8]과 같은 배합조건으로 레미콘 공장의 출하직후부터 90분까지 15분 간격으로 슬럼프 및 슬럼프 플로우와 같은 콘크리트의 특성을 측정하였으며, 경시변화에 따른 콘크리트의 강도변화를 측정하기 위한 공시체를 제작하였다.

일반적으로 고성능 감수제를 사용한 고강도 콘크리트는 고성능 감수제에 의해 시멘트 입자가 분산되기 때문에, 시간이 경과하면서 강한 응집작용이 발생하며 슬럼프 경시변화도 커지게 된다.<sup>9)</sup>

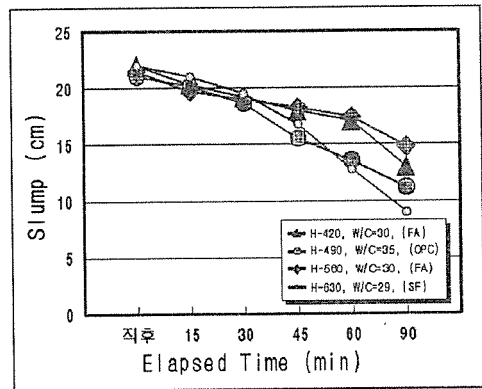
고강도 콘크리트의 슬럼프 및 슬럼프 플로우 측정결과는 [표 9] 및 [그림 5]와 같다.

〈표 9〉 경시변화에 따른 특성

No.	콘크리트 특성 (cm)	경시변화에 따른 슬럼프(cm)					
		직후	15분	30분	45분	60분	90분
H-420	Slump	22.0	20.3	19.2	18.0	17.1	13.0
	Flow	46	42	39	33	31	29
H-490	Slump	21.0	20.2	18.6	15.5	13.6	11.2
	Flow	48	43	38	30	25	-
H-560	Slump	21.5	19.7	19.0	18.3	17.4	14.8
	Flow	45	41	39	36	33	31
H-630	Slump	22.0	21.0	19.5	16.8	12.8	9.0
	Flow	44	41	36	34	23	21

\* 경시변화용 공시체 제작

이때, 슬럼프 손실을 최소화하기 위하여 초기 슬럼프를 약간 증대시켰으며, 배합시간은 90초, 배합방법은 先-모르타르 배합으로 하였다. 초기 슬럼프를 약 22cm로 조정하였을 때, 대부분의 배합에서 경시변화에 따른 슬럼프 및 플로우의 손실을 나타내었다.



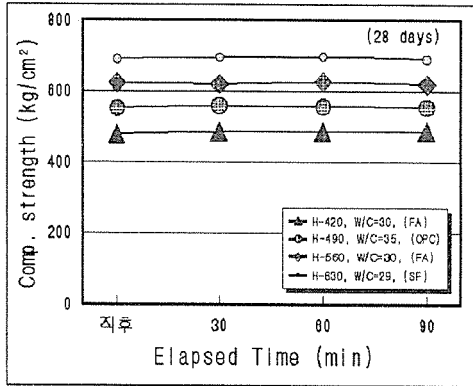
〈그림 5〉 경시변화에 따른 슬럼프

특히, H-420 및 H-560의 경우에는 슬럼프 손실이 서서히 발생하는데, 이는 플라이애쉬 치환에 따른 初期凝結遲延의 영향으로 사료된다.

플라이애쉬를 사용한 고강도 콘크리트는 슬럼프 유지성능 뿐만 아니라, 수화열 저감 및 장기강도 발현에도 효과적이기 때문에 고강도 콘크리트의 배합에 적합한 조건을 제시할 수 있다면 매우 활용도가 높을 것으로 사료된다.

실리카 흙을 치환한 고강도 콘크리트 배합의 경우(H-630)에는 보통 포트랜드 시멘트(OPC)만 사용한 배합과 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.<sup>10)</sup> 경시변화에 따른 고강도 콘크리트의 강도특성을 재령별로 나타내면 [그림 6]과 같다.

경시변화에 따른 강도특성은 약간 증가하는 경향이 있으나, 그 차이는 크지 않았다. 경시변화에 따라 콘크리트의 매트릭스가 치밀



〈그림 6〉 경시변화에 따른 강도특성

해 지기 때문에 어느 정도의 슬럼프를 확보하고 있는 상태에서는 강도저하가 없다는 것을 알 수 있다. 따라서, 운반시간 90분 이내에 콘크리트를 타설하게 되면 施工性, 强度發現에 는 문제가 없는 것을 알 수 있다.

### 3.2 타설성능 특성시험

고강도 콘크리트는 결합재량의 증대로 점성이 증가하기 때문에, 현장에서 일반적으로 사용되는 펌프카로 타설할 경우에는 압송손실이 일반 콘크리트와 다를 것으로 예상된다. 본 연구에서는 최적배합비 4조건과 일반 콘크리트의 펌프 압송성능을 비교·분석하였다.

여기서, 펌프기종 및 토출량은 동일한 조건으로 하고 콘크리트에 따른 압송전·후의 특성과 펌프의 압송압 등을 비교하였으며, 결과는 [표 10]과 같다.

펌프압송성 시험에 사용한 펌프카는 독일의 Schwing으로 최대압송압 500kg/cm<sup>2</sup>인 3단 붐의 트럭 탑재형이다. 토출량은 25m<sup>3</sup>/hr로 조절하였으며, 일반적인 펌핑조건을 사용하였다.

〈표 10〉 펌프압송에 따른 콘크리트의 특성

No.	시험종류	특성시험결과(cm)			펌프 압송압
		압송전	압송후	증감	
H-420	Slump(cm)	22.1	20.3	-1.8	100 kg/cm <sup>2</sup>
	Flow (cm)	48	45	-3.0	
	f'c28(kg/cm <sup>2</sup> )	473	479	+6.0	
H-490	Slump(cm)	22.0	19.8	-2.2	120 kg/cm <sup>2</sup>
	Flow (cm)	45	41	-4.0	
	f'c28(kg/cm <sup>2</sup> )	540	549	+9.0	
H-560	Slump(cm)	21.5	20.1	-1.4	100 kg/cm <sup>2</sup>
	Flow (cm)	46	44	-2.0	
	f'c28(kg/cm <sup>2</sup> )	622	624	+2.0	
H-630	Slump(cm)	21.7	18.4	-3.3	120 kg/cm <sup>2</sup>
	Flow (cm)	45	40	-5.0	
	f'c28(kg/cm <sup>2</sup> )	686	693	+7.0	
N-210 (일반)	Slump(cm)	15.3	11.0	-4.3	80 kg/cm <sup>2</sup>
	Flow (cm)	26	22	-4.0	
	f'c28(kg/cm <sup>2</sup> )	235	243	+8.0	

압송성능에 따른 실험항목은 슬럼프, 슬럼프 플로우 및 28일 재령의 압축강도를 대상으로 실시하였다.

압송성 시험결과, 고강도 콘크리트의 압송에 필요한 압송압은 일반 콘크리트에 비해 20~40kg/cm<sup>2</sup>정도 증가하였으며, 이에 따른 압송전·후의 슬럼프 손실은 일반 콘크리트(4.3cm)보다 낮은 1.4~3.3cm 정도였다. 이는 초기 슬럼프가 높고 콘크리트 매트릭스가 치밀하기 때문에 압송에 따른 손실이 감소된 것으로 사료된다.<sup>10)</sup>

특히, 플라이애쉬를 사용한 고강도 콘크리트는 시멘트 및 실리카 흙을 사용한 콘크리트에 비해 압송압 및 슬럼프 손실이 낮은 것으로 나타났다. 플라이애쉬의 Ball Bearing



效果가 압송성능에도 영향을 미치는지는 명확하지 않지만, 粘性과의 관계에서 규명되어야 할 것으로 사료된다.

압송전·후의 압축강도는 강도수준에 관계없이 압송후가 약간 증가하는 것으로 나타났다.

### 3.3 양생조건에 따른 강도특성

고강도 콘크리트의 양생조건에 따른 강도특성을 비교하기 위하여 펌프압송전에 공시체를 제작하여 현장기건양생, 봉함양생, 표준양생을 대상으로 공시체 강도를 측정하였다. 코아강도는 100×30×25cm부재를 제작하여 ASTM 기준<sup>10)</sup>에 따라 시험재령 2일전에 코아공시체를 채취하여 48시간 표준양생한 후에 압축강도 실험을 실시하였다. 양생조건에 재령별 공시체의 강도 및 비교용 코아공시체의 강도특성은 [표 11]과 같다.

〈표 11〉 양생조건에 따른 강도특성

No.	시험재령(일)	양생조건에 따른 압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )			
		표준양생	기건양생	봉함양생	코아강도
H-420	7	336	312	320	258
	28	473	467	470	412
H-490	7	415	402	405	338
	28	540	529	538	467
H-560	7	499	473	477	375
	28	622	611	616	551
H-630	7	560	553	551	446
	28	686	669	672	626

양생조건에 따른 압축강도는 강도수준에 관계없이 표준양생>봉함양생>기건양생의 순으로 나타났다. 봉함양생의 경우에는 초기에

水分을 공급해 주었기 때문에 기건양생보다 강도발현이 약간 높은 것으로 사료된다.

따라서, 고강도 콘크리트의 강도발현을 위해서는 최소한의 濕潤養生을 초기에 실시하는 것이 바람직하다.

표준양생에 의한 강도와 비교할 때, 코아강도는 재령 7일에 75~80%, 28일에 81~91%의 범위를 나타내었다. 그러나, 설계기준 강도에 대한 코아강도는 대부분 85%이상으로 고강도 콘크리트 규준을 만족하였다.

### 4. 결론

본 연구는 고강도 콘크리트의 현장적용을 위한 品質管理의 특성을 사전에 평가하여, 향후 현장 품질관리에 대한 기본자료의 축적을 위한 것으로 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

- ① 고강도 콘크리트의 現場配合強度는 ACI 363 에 준해서 산정하며, 표준편차는 42kg/cm<sup>2</sup>정도가 적당한 것으로 나타났다.
- ② 고강도 콘크리트의 목표 슬럼프(20±2 cm)를 만족하기 위한 래미콘 플랜트의 總配合時間은 90초이상이어야 한다.
- ③ 先-모르타르 配合方法은 일괄투입방법에 비해 流動性, 強度發現, 믹서의 負荷量 輕減에 우수한 것으로 나타났다.
- ④ 경시변화에 따른 강도저하는 없으며, 슬럼프 손실을 고려하여 90분이내에 타설하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 고강도 콘크리트의 펌프압송에 따른 슬럼프 및 슬럼프 손실은 일반 콘크리트에 비해 약간 낮은 것으로 나타났으나, 압송 압은 20~40kg/cm<sup>2</sup> 정도 증대하였다.
- ⑥ 양생조건에 따른 강도발현은 표준양생>봉함양생>기건양생 순으로 나타났으며,

코아 강도는 설계기준강도의 85%를 상회하였다.

## 참고문헌

- (1) 박칠림, 권영鎬., “建築構造物에 高强度 콘크리트의 現場適用(500~700kg/cm<sup>2</sup>)”, 한국콘크리트학회지, 제 5권 4호, pp.54~65, 1993.12
- (2) 鄭載東 外, “650kg/cm<sup>2</sup> 高强度 콘크리트 寒中 施工 事例報告”, 한국콘크리트학회지, 제 6권 2호, pp.59~67, 1994.4
- (3) 申成雨, 吳貞根 外, “事務室 建物에 플라이에 쉬를 사용한 500kg/cm<sup>2</sup> 이상의 高强度 콘크리트 施工”, 한국콘크리트학회지, 제 5권 2호, pp.83~93, 1993.6
- (4) 金然鍾., “高强度 콘크리트의 配合設計에 따른 特性”, 한국레미콘공업협회 레미콘지 통권 제49호, pp.20~28, 1996.10
- (5) ACI Committee 363, “State-of-the-Art-Report on High Strength Concrete”, No.353R-84, Detroit, July-Aug. 1984.
- (6) “高强度 콘크리트의 技術의 現狀-第2編 材料 施工編”, 日本建築學會, pp.25~204, 1991.
- (7) 田澤榮一, 官地伸吾., “新しい練り混ぜ方法 콘크리트의 性質에 及ぼす影響”, セメント・コンクリート, No.466, 1985
- (8) 魚本健人., “分割方法による 콘크리트의 練りませ方法에 關する 基礎的研究”, 콘크리트工學, 1982.9
- (9) 友澤史紀, 岸谷孝一, 福士 勳., “高强度 콘크리트用 高性能減水劑의 品質規準および 使用規準作成에 關する 研究”, 日本建築學會學術講演 梗概集(關東), pp.657~660, 1988
- (10) 長瀧重義., “高强度 콘크리트에 關する 研究とその 實用化”, 콘크리트工學年次論文報告集, 10-1, 1988
- (11) 高山俊一, 出光 隆, 村田佳齊., “高强度 콘크리트의 ポンパゼリチ-에 關する 基礎的研究”, セメント技術年報 36, pp.382~385, 1982
- (12) ASTM C 42., “Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled cores and sawed Beams of concrete”,