

# 高強度 콘크리트의 配合方法과 運搬特性에 관한 實驗的 研究

An Experimental Study on the High Strength Concrete Properties for Mixing Methods and Elapsed time

○ 權 寧 鎭\*      安 宰 鉉\*      朴 沘 林\*\*  
KWON, YEONG HO      AHN, JAE HYEN      PARK, CHIL LIM

## ABSTRACT

The aim of this study is to develop economical High-Strength and High-Quality Concrete, and to assure quality control of Concrete in the field. For this purpose, Five types of Mixing Methods are examined and the relationship between slump loss and slump recovery by transport is studied.

As a result, workability and strength are dependent on the Mixing Method, although the Mixing proportions are same. Also, adding admixture in the field is proposed as an alternative to consider the relationship between slump loss and slump recovery.

## I. 序論

### 1.1 研究目的

최근 構造物의 高層化, 大型化, 特殊化에 따른 高強度 콘크리트의 實用化의 일환으로, 本 研究所에서는 一般現場材料를 사용한 500kg/cm<sup>2</sup> 이상의 고강도 콘크리트 現場 生産, 打設, 施工性 實驗을 遂行하였다. (1) 國內 研究趨勢도 高強度 콘크리트에 대해 文獻研究나 室內 實驗 段階를 脫피해야 하는 시점에 있기 때문에 現場 實用化를 위해 經濟的인 生産 및 品質管理를 어떻게 해야 할 것인가 하는 문제들이 대두되고 있다. 이에 本 研究는 기 수행한 室內 및 現場 打設 實驗에서 얻은 結果를 토대로 同一 配合比에서 配合方法 및 配合時間에 따라 나타나는 特性和 레미콘 運搬에 따른 經時變化 및 슬럼프 回復을 위한 混和劑 添加量, 그리고 高強度 콘크리트의 材料特性을 實驗하여 고강도 콘크리트의 經濟的 配合과 品質管理를 위한 指針을 마련 하는데 그 目的이 있다.

### 1.2 研究方法 및 範圍

本 研究의 遂行方法은 現場實驗과 室內實驗을 並行하여 실시한다. 먼저 配合時間 및 配合方法에 관한 實驗은 室內 最適配合試驗을 거쳐 現

場打設試驗을 하였으며, 이에 따른 보안을 위한 室內 追加實驗으로 構成되어 있다. 또한 運搬 時間에 따른 經時變化 實驗을 하였으며, 고강도 콘크리트의 材料特性 試驗은 彈性係數, 應力-變形度, 포아송比를 대상으로 한국과학기술원의 Instron 8500 U.T.M.으로 遂行하였다.

## II. 實驗概要

### 2.1 材料一般

#### 2.1.1 시멘트

시멘트는 보봉 포틀랜드 시멘트(TYPE I)로 品質試驗 結果는 「표 1」과 같다.

「표 1」 시멘트 品質試驗 結果

특 성 비 중	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )			
		3 日	7 日	28 日	
축정값	3.12	3,200	165	201	424

#### 2.1.2 骨材

組骨材는 25mm 碎石, 細骨材는 강모래를 사용 하였으며, 品質試驗 結果는 「표 2」와 같다.

\* (株) 大宇 建設技術研究所 研究員

\*\* (株) 大宇 建設技術研究所 所長

「표 2」 골재의 品質試驗 結果

구분	종류	세 골 재	조 골 재
비 중		2.61	2.65
조 립 율		7.21	2.64
흡 수 율 (%)		0.54	1.51
안 정 성 (%)		4.59	1.62
마 모 율 (%)		-	18.4
실 적 율 (%)		62.67	62.81
단위용적증량 (kg/m <sup>3</sup> )		1.635	1.667

### 2.1.3 混和劑

混和劑는 室內 最適配合比 選定實驗에서 슬럼프, 空氣量, 經時變化, 壓縮強度 實驗結果 誤차가 작고 要求條件을 만족하는 高性能 減水劑 (SUPER-20), 減水劑(HYCOL-K)를 사용하였으며, 또한 비교용으로 슬럼프 유지용 高性能減水劑 (DARACEM-100)을 사용하였다.

## 2.2 材料投入 方法에 따른 特性

고강도 콘크리트의 生産特性은 동일한 配合比에서 材料投入 方法에 따라서 施工性 및 強度特性이 다르게 나타난다.<sup>(2)</sup> 따라서 本 實驗은 現場 生産性을 고려하여 材料投入 方法을 5가지로 분류하였으며, 이에 따른 施工性 및 強度特性을 比較, 檢討하였다.

### 2.2.1 基本配合

材料投入 方法의 特性을 파악하기 위해 「표 3」과 같은 同一 配合比로 하여 實驗을 遂行하였다.

「표 3」 材料投入 方法에 따른 基本配合

W/C (%)	S/a (%)	단위량(kg/m <sup>3</sup> )				감수제 (%)	고성능 감수제 (%)
		C	W	S	G		
33	38	500	165	650	1079	0.2	0.8

### 2.2.2 材料投入方法

「표 3」과 같은 同一 配合比 조건에서 材料投

入 方法에 따른 特性을 파악하기 위하여 「표 4」에 따른 實驗을 遂行하였다. 이때 선정된 配合時間을 現場配合時의 B/P의 rpm과 室內配合時가경식 소형 믹서의 rpm을 환산하여 정하였다.

「표 4」 材料投入 方法

구분 시험체명	재료투입순서	배합시간 (sec)	비 고
CASE 1	(C+S+W)->Ad->G	60+120+150	C : 시멘트 S : 세골재 G : 조골재 W : 물 Ad : 고성능 감수제
CASE 2	(C+S/2+G/2+W)->Ad-(S/2+G/2)	60+120+150	
CASE 3	(C+G+S+W)->Ad	120+210	
CASE 4	(C+S)->W->G->Ad	30+90+90+120	
CASE 5	(C+S+W/2)->Ad->(G+W/2)	60+120+150	

### 2.2.3 實驗變數

配合方法에 따른 空氣量, 슬럼프, 經時變化, 壓縮強度 등을 比較, 分析하여 그 特性을 把握하였다.

## 2.3 슬럼프 回復과 混和劑 現場 添加量 特性

### 2.3.1 實驗概要

B/P에서 高強度 콘크리트를 生産하여 레미콘 트럭으로 現場까지 運搬하는 시간에 따른 슬럼프 損失과 經時變化 特性은 現場實驗에서 크게 나타남을 알 수 있었으며, 이러한 슬럼프 損失은 高性能 減水劑를 再添加함으로써 施工性을 확보할 수 있고, 또한 強度에도 影響이 없는 것으로 나타났다.

그러나 콘크리트 生産地에서 打設되는 現場까지의 所要時間이 일정하지 않기 때문에 現場 到着後의 슬럼프와 打設時 要求되는 슬럼프를 얻기 위한 고성능 감수제 再添加量의 關係를 定量的으로 나타낼 수 있는 實驗이 要求된다.

### 2.3.2 實驗變數

초기 슬럼프를 18±2cm, 21±1cm로 정하고,

경시변화에 따른 슬럼프 損失과 슬럼프 回復을 위한 혼화제 再添加量의 關係를 導出하고자 한다. 이때 配合比는 「표 2」에 나타난 기본배합으로 하였다.

## 2.4 高強度 콘크리트 特性

### 2.4.1 概要

콘크리트가 高強度化 될수록 급격한 취성파괴에 이르기 때문에 고강도 콘크리트의 이러한 特性을 補完하기 위한 研究가 遂行되고 있다. 本 研究에서도 設計基準強度 500kg/cm<sup>2</sup> 고강도 콘크리트의 彈性係數, 應力-變形度 關係, 그리고 포아송比의 關係를 측정하여 취성특성을 검토하므로 向後 고강도 콘크리트의 構造設計時 反映하기 위한 基礎資料를 얻고자 하였다.

### 2.4.2 試驗方法

U.T.M.은 Instron 8500, 變形率 측정은 KYOWA 제품인 KC-70-A1-11 콘크리트 표면용 게이지를 사용하였다. 하중재하는 Strain Control로 0.001/min로 일정하게 하였으며, 이때 측정된 變位와 荷重은 Instron 자체 System에서 저장하였고, Strain Gage에서 측정되는 데이터는 U-CAM 10A에 貯藏하여 두 측정값을 比較하였다.

## III. 實驗結果 및 考察

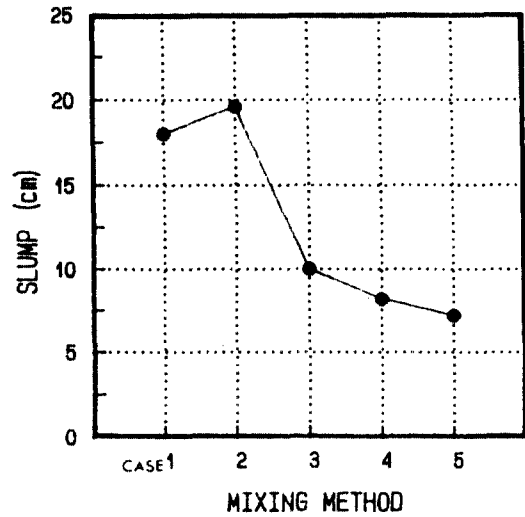
### 3.1 材料投入方法

#### 3.1.1 施工性

材料投入 方法에 따른 각 CASE별 施工特性은 「표 5」와 「그림 1」에 나타나 있다.

「표 5」 材料投入 方法에 따른 特性

구분 시험체명	슬럼프 (cm)	FLOW치 (cm)	TIME (sec)	공기량 (%)	비 고
CASE 1	18.0	18.5	23	1.3	
CASE 2	19.6	18.5	18	1.4	
CASE 3	10.0	-	-	1.35	
CASE 4	8.2	2.0	10	1.3	
CASE 5	7.2	-	5	1.55	



「그림 1」 材料投入方法에 따른 슬럼프

「표 5」와 「그림 1」에서 보듯이 동일한 配合比에서도 配合方法에 따라 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 특히 先 모르타르 配合方式인 CASE 1과 骨材 分離 配合方式인 CASE 2의 경우가 가장 양호한 것으로 나타났다. CASE 3의 경우 보통 콘크리트의 配合方式인 一括投入 方式으로 前者에 비해 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 本 研究에서 選定한 高強度 콘크리트의 配合方式인 CASE 1은 모르타르 상태에서 高性能 減水劑를 添加하므로 시멘트 입자의 分散作用에 효과적일 뿐 만 아니라 고성능 감수제의 效果를 발휘하는 데는 크게 寄與한 것으로 思料된다. 또한 CASE 1과 CASE 3의 경우는 現場 B/P에서 生産하여 그 特性을 「표 6」에 나타내었다.

「표 6」 配合方法에 따른 B/P 生産特性

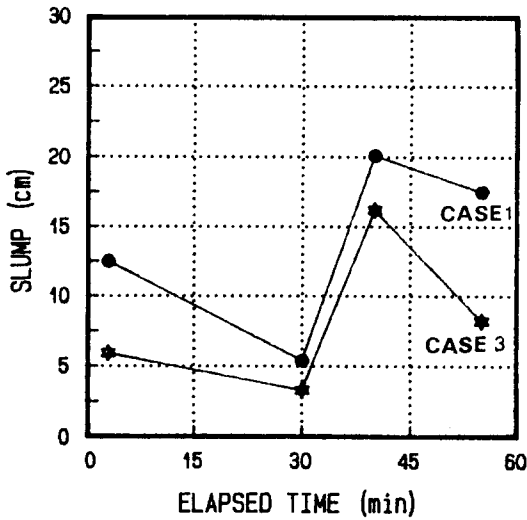
구분 시험체명	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	B/P 부하량 (%)
CASE 1	15	1.9	80
CASE 3	5	2.4	120

「표 6」에 나타나듯이 現場 B/P에서도 配合方法에 따라 큰 차이가 있다. 또한 보통 콘크리트의 경우 슬럼프가 12cm인 配合의 B/P 負荷量

은 70~80% 정도인 점을 감안할때 CASE 1 配合方法을 사용할 경우 B/P 負荷量에도 별 문제가 없음을 알 수 있다.

### 3.1.2 經時變化

材料投入 方法에 따른 슬럼프의 經時變化를 측정하기 위하여 고강도 콘크리트의 配合時 推薦되는 先 모르타르 配合(CASE 1)과 보통 콘크리트의 配合方法인 一括投入 方法(CASE 3)과 비교한 結果가 「그림 2」에 나타나 있다.



「그림 2」 配合方法에 따른 슬럼프 經時變化

「그림 2」에서 보듯이 配合方法에 따라 초기 슬럼프뿐만 아니라 經時變化에 따른 슬럼프에도 영향이 큼을 알 수 있다.

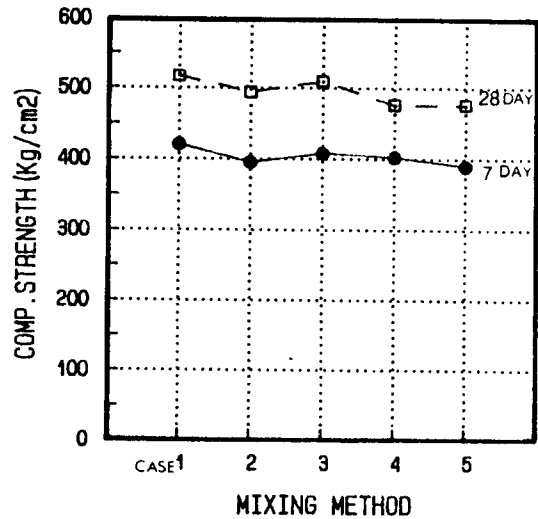
### 3.1.3 壓縮強度

材料投入 方法에 따른 CASE별 壓縮強度 結果는 「표 7」과 「그림 3」에 나타나 있다.

「표 7」과 「그림 3」에서 보듯이 각 配合方法별 壓縮強度 차이가 있음을 알 수 있다. 특히 CASE 1의 경우가 다른 配合方法보다 약간 크게 측정되었는데 이는 先 모르타르 配合으로 인하여 시멘트 粒子가 잘 分散된 상태에서 굵은 골재를 첨가함으로써 骨材 表面에 시멘트 페이스트가 골고루 吸着하게 되어 시멘트 페이스트와 骨材間의 付着力이 다른 方法에 비해 增加하였기 때문으로 思料된다.

「표 7」 材料投入 方法에 따른 壓縮強度

강도	압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7 日	28 日
시험체명		
CASE 1	420.4	516.9
CASE 2	395.0	494.0
CASE 3	407.7	509.5
CASE 4	402.3	476.2
CASE 5	389.8	-



「그림 3」 材料投入 方法에 따른 壓縮強度

이상과 같은 結果로 부터 高強度 콘크리트의 配合時 材料投入 方法은 先 모르타르 配合方法이 施工性, 經時變化, 強度特性 등에서 優秀하였으며, 이는 現場打設 高強度 콘크리트 研究에서도 확인된 바와 같이 向後 高強度 콘크리트 配合方法으로 提案하고자 한다.

## 3.2 슬럼프 回復과 混和劑 添加量

### 3.2.1 初期 슬럼프 選定實驗

초기 슬럼프가 經時變化에 미치는 影響을 검

토하기 위하여 18±2cm와 21±1cm의 경우를 選定하여 실험한 결과가 「표 8」, 「표 9」 그리고 「그림 4」에 나타나 있다.

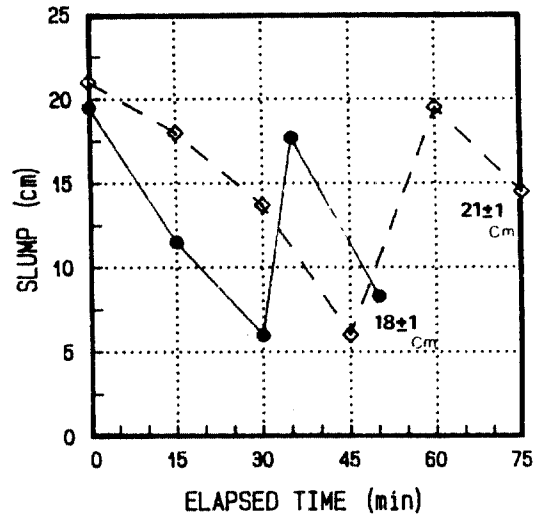
「표 8」 초기 슬럼프 18±2cm의 經時變化

경과시간 측정값	직후	15분	30분	재첨 가후 5분	재첨 가후 15분	비 고
슬럼프 (cm)	19.5	11.5	6.0	17.7	8.3	재첨가 15분후
FLOW치 (cm)	19.0	2.0	2.0	15.0	14.0	공기량 1.5%
TIME (sec)	19	5	3	6	2	

「표 9」 초기 슬럼프 21±1cm의 經時變化

경과 시간 측정값	직후	15분	30분	45분	재첨 가후 15분	재첨 가후 30분	비 고
슬럼프 (cm)	21.0	18.0	13.7	6.0	19.5	14.5	재첨가 30분후
FLOW치 (cm)	43.0	25.0	2.0	-	23.5	11.0	공기량 1.45%
TIME (sec)	23	13	3	-	15	4	

「표 8」, 「표 9」와 「그림 4」에서 보듯이 초기 슬럼프가 높을 수록 슬럼프에 대한 損失率이 둔화되는 傾向을 보이며, 또한 同一量의 高性能 減水劑 재첨가로 인한 슬럼프 回復이 큰 것으로 나타났다. 經時變化에 따른 슬럼프가 6cm 정도로 유지할때까지는 고성능 감수제를 재첨가하여 타설에 적합한 콘크리트를 얻는 것이 經濟的인 면이나 效率性에서 가능할 것으로 思料된다. 따라서 運搬거리가 긴 경우 초기 슬럼프가 21±1cm로 選定하여 레미콘 트럭으로 콘크리트 打設



「그림 4」 초기 슬럼프에 따른 經時變化

場所까지 運搬한 후 슬럼프가 6cm 이하로 되기 전에 고성능 감수제를 재첨가하여 流動化시킨 후 打設하는 것이 효과적이다. 그러나 運搬거리가 매우 먼 경우 초기 슬럼프 유지가 어려우면 運搬중에 再添加하는 方案도 考慮해야 할 것이다.

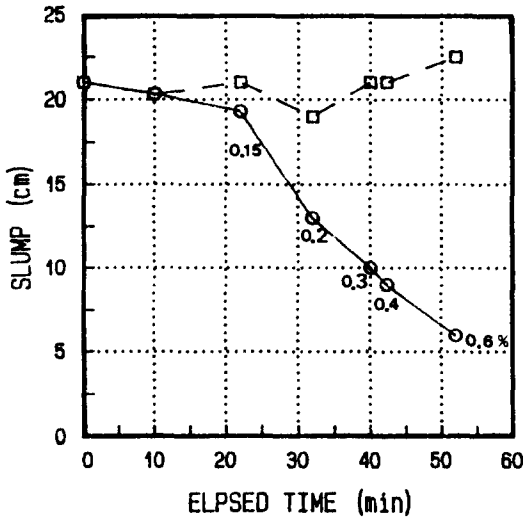
### 3.2.2 슬럼프 回復과 混和劑 添加量

기존의 經時變化 시험을 토대로 現場에 레미콘 트럭이 도착한후 실시한 슬럼프 값에 대해 일정 施工軟度를 갖게 하기 위한 高性能 減水劑의 재첨가량 관계를 규명하기 위하여 각 經過時間별 슬럼프와 첨가량 測定實驗을 實施하였다. 초기 슬럼프 21cm를 基準으로 하여 運搬時間에 따른 슬럼프와 高性能 減水劑 재첨가량의 關係試驗을 수행하였으며, 고성능 감수제를 재첨가한 후 슬럼프는 20±2cm를 목표로 하였다. 초기 고성능 감수제 첨가량을 1.2%로 固定한후 일정시간 경과시 슬럼프값에 대한 混和劑 添加量과 슬럼프 回復에 대한 관계는 「표 10」과 「그림 5」에 나타난 바와 같다.

「표 10」과 「그림 5」에 나타난 바와 같이 시간 경과에 따라 슬럼프 回復을 위한 再添加量은 증가하고 있으나, 그 양은 초기 添加量の 13~15% 정도으로써 충분히 流動化가 可能한 것으로 나타났다. 現場 到着時의 슬럼프와 再添加量の 關

「표 10」 슬럼프 損失에 대한 再添加量과 슬럼프 回復 關係

시간 구분	직후	10분	22분	31분	39분	42분	52분
			15	45	45	15	
슬럼프 (cm)	21	20.3	19.3	13.0	10.0	9.0	6.0
재첨가 량(%)	-	-	0.15	0.2	0.3	0.4	0.6
유동화 슬럼프 (cm)	21	20.3	21.0	19.0	21.0	21.0	22.5



「그림 5」 고성능 減水劑 再添加와 슬럼프 回復關係

係는 향후 現場 條件에 따라 適用할 수 있는 重要한 資料가 되리라 豫상된다.

### 3.3 高強度 콘크리트 特性

Instron 8500과 UCAM-10A를 통해 얻은 高強度 콘크리트의 彈性係數( $E_c$ ), 應力-變形率 및 포아송比 關係를 나타내면 「표 11」과 같다.

「표 11」에서 보는 바와 같이 高強度 콘크리트의 彈性係數는 ACI 318식보다 ACI 363식에 近接함을 알 수 있었다. 또한 포아송比는 0.2 정도로 나타났으며, 이는 포아송比가 強度에 關係없이 일정하다는 다른 研究結果와 일치하였다.

「표 11」 콘크리트 彈性係數 比較 및 포아송比

구분 시험체	압축 강도 kg/cm <sup>2</sup>	탄성계수( $\times 10^5$ )(kg/cm <sup>2</sup> )			Poisson 비
		실측값	ACI 363	ACI 318	
CASE 1	516.9	3.1	3.1	3.4	0.2
CASE 2	494.0	2.45	3.0	3.3	0.21
CASE 3	509.5	2.7	3.1	3.4	0.19
CASE 4	476.2	3.1	3.0	3.3	0.2

## IV. 結論

本 研究를 통하여 얻은 結論은 다음과 같다.

- 1) 高強度 콘크리트 生産時 材料 投入方法으로는 모르타르 先비빔 方法이 施工特性 및 壓縮強度면에서 優秀하였다.
- 2) 高強度 콘크리트의 슬럼프 損失을 줄이기 위한 方案으로써 高性能 減水劑를 다소 增加시켜 添加하는 方案이 바람직하다.
- 3) 現場打設에 必要한 施工을 얻기 위하여 슬럼프에 따른 高性能 減水劑의 添加量과 슬럼프 回復에 관한 基本資料를 제시하였다.
- 4) 高強度 콘크리트의 彈性係數, 應力-變形度, 포아송比에 관한 基本資料를 제시하였으며, 특히 彈性係數는 ACI 363 제안식에 近接하였고, 포아송比는 強度에 關係없이 0.2 정도를 나타내었다.

## 參考文獻

1. 박철림, 조철근, 양은익, 장승규, 권영호, "現場打設 高強度 콘크리트의 施工性 및 強度特性에 關한 實驗的 研究", KCI J, Vol.3, No.2, 1991, pp.97-104.
2. T.Uomoto; Separate on Mixing Methods of Concrete, JCI J, Vol.20, No.9, pp.99-144 (11-26)September 1932.
3. ACI Committee 363, State - of - the - Art Report on High Strength Concrete ACI J. July-Aug. 1984.
4. Jerath, S. and Yamane, L.C, "Mechanical Pro-Perties and Workability of Super Plasticized Concrete", Cement, Concrete and Aggregates CCAGDP, Vol.9, No.1, 1987, pp.12-19.