

高强度 레미콘의 構造體 適用에 관한 實驗的 研究

- 第 1 報 : 굳지 않은 상태의 특성 -

An Experimental Study on the Structure Application of High Strength Ready Mixed Concrete

- part 1 : Properties of Fresh State -

○ 李 鎮 圭¹⁾ 金 基 喆²⁾ 尹 起 源³⁾ 延 洪 欽⁴⁾ 崔 康 淳⁵⁾ 韓 千 求⁶⁾

Lee, Jin Kyu Kim, GI Cheol Yoon, Gi Won Yeoun, Hong Heum Choi, Kang Sun Han, Cheon Goo

ABSTRACT

This study is designed for producing and analyzing the structure application properties of the ready mixed concrete of specified concrete strength about 400kg/cm² in the batcher plant. And this part is designed for analyzing to the slump, slump flow, air content and unit weight in fresh state. By the test results of fresh concrete state, the slump, slump flow and air content are decreased, but unit weight is increased while open time is passed.

I. 序 論

高强度 콘크리트의 開發 및 實用化에 관한 국내의 研究는 대부분 實驗室的인 研究로 實務 및 構造體 適用性을 고려하지 않은 경우가 많아 왔다.

그러므로 本 實驗研究에서는 設計基準强度 400kg/cm² 전·후의 高强度 레미콘을 實際 레미콘 製造 공정에서 출하하고, 또한 構造體에 부어넣기하므로써 종합적인 高强度 콘크리트의 構造體 적용성을 檢討하도록 하였는데, 本 報에서는 實驗計劃과 굳지않은 콘크리트 狀態의 性狀에 대하여 分析·報告하므로써 高强度 레미콘 生産實務에 한 參考資料로 提示하고자 研究 目的하였다.

II. 實驗計劃 및 方法

2.1 實驗計劃

本 研究의 實驗要因 및 水準은 表 1과 같고, 실험은 1994년 12월 27일 실시하였다.

먼저, 配合事項으로 물결합재비(이하 W/B라 칭함)는 標準偏差를 設計基準强度(350, 400, 450kg/cm²)에 10%로 가정하여 KS F

4009의 規定에 따라 산출한 配合强度(410, 469, 528kg/cm²)를 발휘하는 것으로 既 發表한 基礎的 研究¹⁾ 結果에서 W/B와 壓縮强度間의 回歸式($F_c = 189.64 \cdot B/W - 143$)을 토대로 推定하면 각각 34, 31, 28%이고, 일반강도(210kg/cm²)의 W/B는 실험하고자 하는 레미콘 공장에서 현재 使用하는 配合를 추가로 도입하여 비교하는 4개 수준으로 하였다.

또한, 혼화제로써 플라이 애쉬의 置換率(이하 F.A/C)은 10%의 1개 수준으로 하였고, 슬럼프 로스를 감안하여 출하직후의 슬럼프치가 21~24cm가 되도록 單位水量과 高性能 減水劑의 添加量을 정하였으며, AE減水劑는 출하직후의 空氣量을 5±1%를 만족하도록 정하였다.

이때 本 實驗의 콘크리트 配合計劃은 基礎的 研究¹⁾ 結果에서 추정된 配合資料를 基本으로 하되 기존 실험研究 당시와 달라진 條件(材料의 物理的 特性 變化 등)을 감안하여 약간의 調整을 하였는데, 이때 콘크리트의 配合는 表 2와 같다. 단, 레미콘 제조시 各 材料의 計量은 매처플랜트에서 실무조건으로 計量되어 약간의 誤差가 發生하였는데, 그 誤差는 실제 計量된 量을 토대로 콘크리트의 配合比率로 換算하였다.

實驗事項으로 굳지않은 狀態에서는 경시변화에 따른 각종 物理的 特性和 펌프압송 전·후의 物理的 性狀 變化를 實驗하고, 硬化狀態에서는 養生方法別·재령별로 區分하여 각종 力學的 特性을 分析하며, 構造體의 온도이력과

- 1) 正會員, 淸州大 大學院, 碩士課程
- 2) 正會員, (株)信和 엔지니어링, 工學碩士
- 3) 正會員, 淸州大 大學院, 博士課程
- 4) 亞細亞 시멘트 工業(株), 大田工場 品質管理室長
- 5) 亞細亞 시멘트 工業(株), 研究開發室 部長
- 6) 正會員, 淸州大 教授, 工學博士

表 1. 實驗要因 및 水準

實驗要因		水 準	
配合事項	W/B	4	28%, 31%, 34%, 51.8% · 目標슬럼프 : 출하직후 21~24cm · 目標공기량 : 출하직후 5±1% · 콘크리트 溫度 : 10~20°C
實驗事項	굳지않은狀態	6	슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량, 單位容積重量, 콘크리트 溫度 및 강도 조기추정을 위한 比重值 · 經時變化는 출하직후부터 120분까지 30분 간격으로 측정 · 60분에서는 펌프 압송전 후로 구분하여 측정
	硬化狀態	5	· 供試體의 壓縮強度 및 反撥硬度 측정 · 標準養生(3, 7, 28, 91日) · 氣中養生(1, 3, 7, 14, 21, 28, 42, 56, 91日, 4, 5, 6개월) · 길이변화 · 氣中(1, 3, 7, 14, 21, 28, 42, 56, 91日, 4, 5, 6개월) · 구조체 內部溫度 · 구조체 코아強度(28日)측정 · 구조체 反撥硬度(28日)측정

表 2. 콘크리트 配合表

W/B (%)	S/A (%)	SP/C (%)	FA/C (%)	AE/C (%)	單位水量 (kg/m ³)	容積配合 (ℓ/m ³)				
						C	S		G	F.A
							Sn	Sc		
28.9	43.0	1.19	10.15	0.85	180	177	142	102	324	30
31.4	46.6	1.30	10.11	0.70	177	161	155	120	315	27
33.9	48.7	1.01	10.24	0.70	174	146	168	129	313	25
48.9	54.7	—	—	0.29	177	115	294	68	301	—

* Sn : 강모래, Sc : 부순모래

코아강도 등을 測定하도록 하였다. 또한, 추후 고강도 레미콘의 品質管理의 可能性 分析을 위하여 굳지않은 狀態에서의 比重計法에 의한 強度 早期推定과 硬化狀態에서의 反撥度法에 의한 非破壞試驗을 實施하도록 하였다.

2.2 使用材料

本 實驗에 使用한 시멘트는 亞細亞 시멘트 工業(株)의 보통 포틀랜드 시멘트를 使用(비중 3.15)하였고, 骨材는 KS의 標準粒度 範圍에 包含되는 것으로 잔골재는 강모래와 부순모래를 6:4의 重量比率로 混合(비중:2.59, F.M:2.74)하여 使用하였으며, 굵은골재는 충북 청원군 부용면산 #67(비중:2.71, F.M:6.84) 부순돌을 使用하였다.

또한, 混和材料로 플라이 애쉬는 分給 精製된 보령화력산(비중:2.1, 분말도:3200cm²/g)을 使用하였고, 高性能 減水劑는 나프탈린계의 SUPER-20(비중:1.21)을 使用하였으며, AE減水劑는 리그닌 설펜산계의 國內産 LIGNAL-GA(비중:1.14)를 使用하였고, 물은 大田 亞細亞 레미콘 工場에서 使用하는 레미콘 用水를 使用하였다.

2.3 實驗方法

本 연구의 實驗方法으로 아직 굳지않은 狀態 및 硬化狀態 콘크리트의 諸般實驗은 KS規定의 해당 규격에 의거 표준적인 方法으로 實施하였다.

III. 實驗結果分析

3.1 經時變化에 따른 굳지않은 狀態의 특성

그림 1은 출하를 基準으로 하여 時間 經過에 따른 W/B別 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량, 단위용적중량의 變化를 꺾은선 그래프로 나타낸 것이다.

먼저, 슬럼프치는 시간경과에 따라 低下하는 것으로 나타났는데, 출하직후의 슬럼프치를 基準으로 할 때 60分 經過後의 슬럼프치는 W/B 31.4%와 33.9%의 경우는 2~4cm程度 低下하는 것으로 나타났고, W/B 28.9%에서는 약간의 增加나 減少는 있으나 60分 經過後는 물론 120分 經過後까지 거의 減少가 없는 것으로 나타나 初期 슬럼프치가 클수록 슬럼프 로스가 작아지는 結果로 나타났다.

즉, 本 研究의 結果는 既 發表된 基礎的 研究¹⁾와 달리 슬럼프 低下가 매우 작게 나타났는데, 이는 空氣量을 확보하기 위하여 使用된 AE減水劑의 리그닌 成分이 보통강도의 경우보다 使用量이 많았음에 따라 이의 成分이 지연 작용과 함께 슬럼프 損失을 저감시킨 점과 實驗時期가 겨울철이었다는 점 및 實驗室 實驗과 는 달리 많은 量의 콘크리트를 레미콘 믹서 트럭 내에서 지속적으로 混合하면서 經過時間別로 實驗하였으므로 콘크리트 중의 수분증발을 최소화한 점 등에 起因한 結果로 사료된다.

또한, 슬럼프 플로우의 低下는 슬럼프와 유사한 傾向으로 즉, W/B別 슬럼프 플로우의 經時變化는 W/B 31.4%와 33.9%는 60分 經過

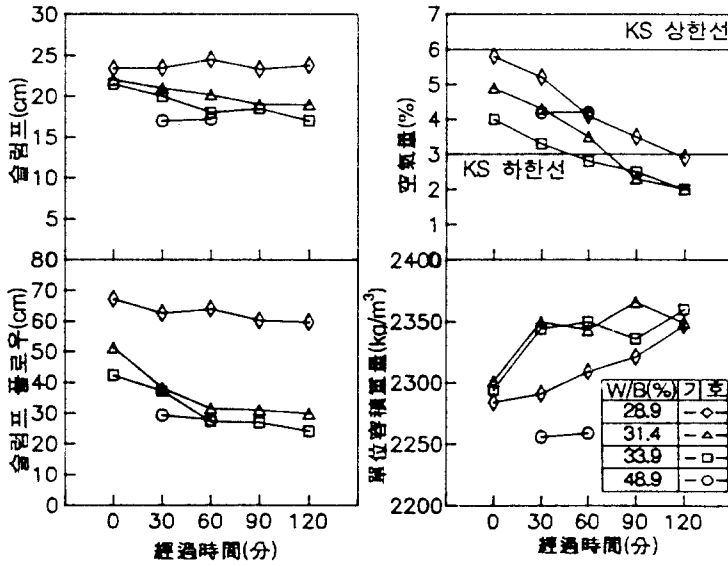


그림 1. 經時變化에 따른 굳지않은 狀態의 物性變化

後까지 급격히 低下하는 것으로 나타났다. 이는 時間變化에 따른 結果이기보다는 슬럼프와 슬럼프 플로우의 變化傾向 差異로 기존의 연구²⁾는 슬럼프 약 16cm, 본 연구에서는 그림 2의 슬럼프와 슬럼프 플로우의 관계를 회귀식으로 나타낸 것으로 슬럼프 약 16.4cm에서 슬럼프와 슬럼프 플로우의 변화량이 같아 16cm 전·후를 기점으로 그 以上에서는 슬럼프 플로우의 變化量이, 그 以下에서는 슬럼프의 變化量이 큰 것으로 나타났다.

한편, 공기량 그래프 중의 빗금친 部分은 KS F 4009 레디믹스트 콘크리트에서 규정하

는 공기량의 범위를 나타낸 것으로, 혼합 후 時間이 경과할수록 空氣量은 減少하는 것으로 나타났는데, 출하직후의 空氣量에 비하여 60分 經過後의 空氣量 減少는 1.2~1.7% 범위로서 平均적으로는 1.4% 程度 減少하는 것으로 나타났으며, 60分 經過後 空氣量은 W/B 33.9%를 제외하고는 KS의 基準에 合格하는 것으로 나타났다. 이는 AE 空氣量의 消失에 기인한 結果로 實務에서 豫상되는 經過時間(實務의 경우 운반시간 및 대기시간) 등을 고려하여 初期 空氣量을 높게 設定하여야 할 것으로 사료된다.

單位容積重量은 時間이 經過할수록 空氣量과는 반대의 傾向으로 增加하는 것으로 나타났다. 그 增加量은 1時間에 26kg/m³程度로 나타났다.

한편, 그림 3은 空氣量과 單位容積重量의 關係를 산점도로 나타낸 것으로서 相互間의 회귀식은 그림 중에 제시된 바와 같다.

全般的인 傾向으로 空氣量과 單位容積重量의 變化는 反比例 關係로써 회귀식을 근거로 환산하면 空氣量 1%의 增加에 대하여 單位容積重量은 약 20kg/m³ 程度 減少하는 것으로 나타났다.

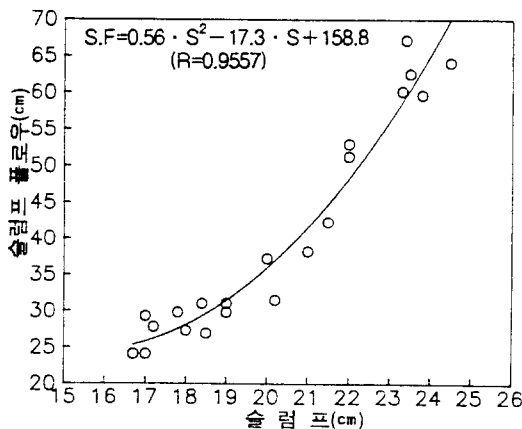


그림 2. 슬럼프와 슬럼프 플로우의 關係

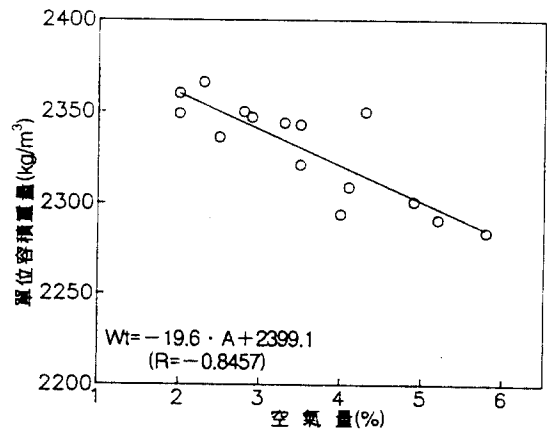


그림 3. 空氣量과 單位容積重量과 關係

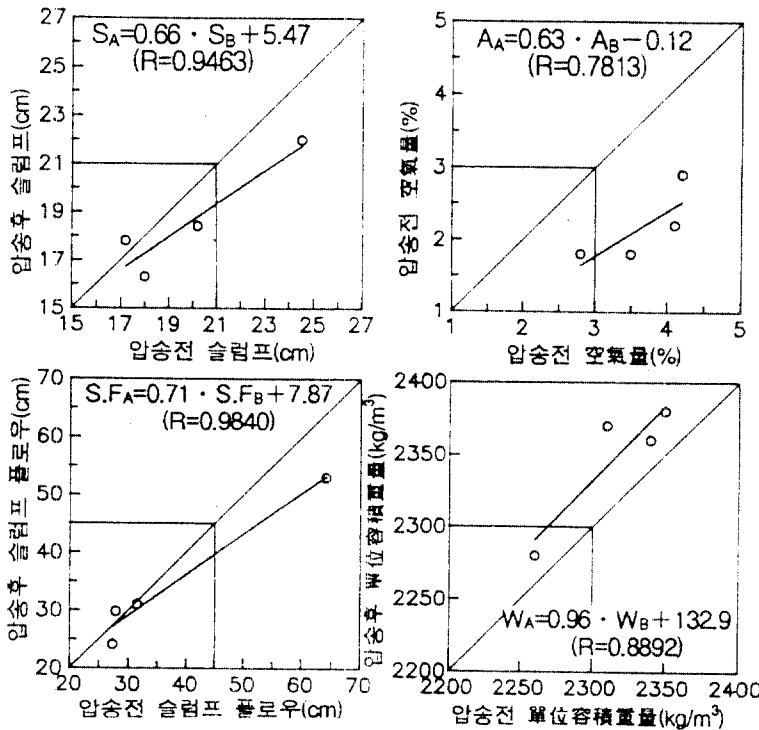


그림 4. 펌프 압송 전·후의 물성 변화

3.2 펌프 압송 전·후의 특성 변화

그림 4는 펌프 압송 전·후 콘크리트의 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량, 단위容積重量 등의 相關關係를 산점도로 比較한 그래프로써 각 회귀식은 그래프중에 제시된 바와 같다.

全般的인 傾向으로 슬럼프, 슬럼프 플로우 및 공기량은 압송후가 압송전에 비하여 모두 작게 나타났으며, 단위容積重量은 압송후가 크게 나타났다.

특히, 슬럼프와 슬럼프 플로우는 流動性이 클수록, W/B가 작을수록 압송 전·후의 差異가 크게 나타났는데, 이는 펌프 압송 과정에서 壓力을 받아 갇혀 있던 空氣가 消失됨에 따라 空氣의 불배어링 작용이 減少되어 나타난 結果로 보여진다. 또한, 時間經過에 따라 空氣量 低下가 매우 크게 나타난 점 등과도 聯關하여 既往의 유사한 研究者들의 研究結果 펌프 압송후 0.2%정도 감소³⁾와 比較하면 공기량 약1.4% 감소로서 國內產 AE減水劑의 性能은 약간 問題點이 있는 것으로 推測된다. 단, 단위容積重量의 增加原因은 空氣量 減少에 따른 것으로 分析된다.

IV. 結 論

高强度 레미콘을 構造體 條件에 適用한 實驗研究으로써 굳지 않은 콘크리트의 性狀으로 슬럼프, 슬럼프 플로우, 空氣量, 單位容積重量 및 압송 전·후의 콘크리트 特性變化를 要約하면 다음과 같다.

1) 레미콘의 經時變化에 따른 슬럼프 및 슬럼프 플로우의 減少는 리그닌 성분의 AE減水劑 사용 및 試驗時期가 겨울철이었던 점 등에 기인하여 既往의 研究結果보다 작게 나타났으며, 流動性 測定 方法面에 있어서는 슬럼프 약 16cm 以上에서는 슬럼프 플로우, 그 以下에서는 슬럼프의 測定이 良好한 것으로 나타났다.

2) 高强度 콘크리트의 경우 1 時間 經過에 따라 空氣量은 약 1.4%減少로, 단위容積重量은 약 26kg/m³ 程度 增加하는 것으로 나타났는데, 空氣量 1% 減少에 의해 增加하는 단위容積重量은 약 20kg/m³ 程度인 것으로 나타났다.

3) 콘크리트 펌프차의 압송 전·후 特性으로 슬럼프와 슬럼프 플로우 및 공기량은 압송후 減少하는 것으로 나타났는데, 이는 펌프 압송시 펌핑壓으로 인한 空氣泡 消失과 이에 따른 불배어링 作用의 減少效果로 보여지며 반면에 단위容積重量은 增加하는 것으로 나타났다.

參 考 文 獻

1) 金光範, 金基喆, 延洪欽, 崔康淳, 韓千求; 플라이 에쉬를 利用한 高强度 콘크리트의 生産에 관한 基礎的 研究(第 1報 : 아직 굳지 않은 콘크리트의 性狀), 大韓建築學會 學術發表 論文集, 第14卷 第2號, 1994.

2) 金基喆; 混和材料 요인이 高强度 콘크리트의 性狀에 미치는 影響에 관한 研究, 淸州大學校 大學院 碩士學位論文, 1994.

3) 日本建築學會; 콘크리트의 調合設計 指針·同解説, 1994.