

高强度 레미콘 製造에 관한 基礎的 研究

A Fundamental Study on the Making of High Strength Re-Mi-Con

○ 金 光 範¹⁾ 金 基 喆²⁾ 延 洪 欽¹⁾ 崔 康 淳³⁾ 韓 千 求⁴⁾
Kim, Kwang Buem Kim, Gi Cheol Yeoun, Hong Heum Choi, Kang Sun Han, Cheon Goo

Abstract

This study is aimed for producing the high strength Re-Mi-Con about 400kg/cm² with Fly-Ash in consideration of the field condition and material in practice. Test results show that compressive strength for 28 days is 300~470kg/cm² within 30~40% of W/C according to the 15~21cm of target slump.

I. 序 論

最近 高强度 콘크리트의 開發에 관한 국제적인 추세에 발맞추어 國內에서도 高强度 레미콘 개발을 위한 많은 研究와 노력이 있었지만, 많은 수의 研究는 經濟性을 충분히 고려하지 않은 경우도 있고, 단편적인 研究로 實用化에는 곤란한 점도 포함되어 있으며, 使用材料의 변천에도 대응하지 못한 점도 있어 왔다.

그러므로 本 研究에서는 종전과 달리 最近 화력 발전소에서 분급 정제 시설을 갖추고 양호한 品質의 플라이애쉬가 시멘트보다는 저렴한 가격으로 生産되고 있음에 이를 이용하여 레미콘 生産의 경제성을 추구하고 또한, 亞細亞 레미콘사의 實務에서 사용될 수 있는 諸般 材料 및 現場 條件을 감안한 실험 변수를 도입하여 設計基準强度 400kg/cm²의 레미콘을 실제적으로 生産함을 目標으로 本 研究를 진행하였다.

II. 實驗 計劃 및 方法

2.1 實驗 計劃

本 研究의 實驗 計劃은 표 1과 같다.

- 1) 亞細亞 시멘트 工業(株), 大田工場
- 2) 正會員, 淸州大 大學院, 碩士課程,
亞細亞 시멘트 촉탁 연구원
- 3) 亞細亞 시멘트 工業(株), 研究開發室 部長
- 4) 正會員, 淸州大 教授, 工博

즉, 配合事項으로 I 시리즈는 플라이애쉬를 시멘트 使用量에 10%를 치환한 條件에서 W/C 30%, 35%, 40%의 3개 수준에 대하여 각 W/C별 目標 슬럼프를 15cm, 18cm, 21cm의 3개 수준으로 총 9개 배치를 計劃하였는데, 이때 空氣量은 KS規定을 만족시키는 5±1%의 範圍가 되도록 實驗을 통하여 결정하였다.

II~IV시리즈는 I 시리즈의 각 W/C별 목표 슬럼프 18cm인 配合에 대하여 II시리즈는 플라이애쉬 置換率을 0%, 5%, 10%, 15%의 4개 水準으로 변화시켜 총 12개 배치로 實驗 計劃하였고, III시리즈는 굵은골재의 최대치수를 20mm 및 25mm, IV시리즈는 3종류의 고성능 감수제 종류 변화를 實驗 計劃 하였다.

2.2 使用 材料

本 實驗에 사용한 시멘트는 國內產 亞細亞 시멘트 工業(株)의 보통 포틀랜드 시멘트를 使用하였고(표 2 참조), 잔骨材는 강모래와 부순모래를 7:3의 重量比率로 혼합하여 使用하였으며, 굵은骨材는 충북 청원군 부용면산 쇠석을 使用하였다(표 3 참조).

混和材料로 플라이애쉬는 분급 정제된 보령 화력산을 使用하였고, 高性能 減水劑는 멜라민계의 멜멘트와 나프탈렌계의 super-20 및 K-flow를 使用하였으며, 물은 음료 가능한 상수도를 使用하였다.

2.3 實驗 方法

本 研究의 實驗方法으로 콘크리트의 混合, 供試體製作 및 養生, 슬럼프 試驗, 空氣量 및

표 1. 實驗計劃

實驗 시리즈	W/C (%)	目標 슬럼프 (cm)	F.A/C (%)	굵은골재 최대치수 (mm)	混和劑 種類	굳지않은 콘크리트			경화 콘크리트		
						슬럼프	空氣量	單位容積重量	壓縮強度	反撥度	超音波速度
I	30	15 18 21	10	20	M	비빔직후			3일	28일	
II						15분	○	○			
III		30분					28일				
IV		40	18	10	25	S					
				20	K	60분					

표 2. 시멘트의 物理的 性質

比重	粉末度		凝結時間		壓縮強度(kg/cm ²)		
	Blaine (cm ² /g)	44 μ (%)	初結 (分)	終結 (分)	3日	7日	28日
3.15	3,069	16.6	235	335	213	287	342

표 3. 骨材의 物理的 性質

骨材 種類	比 重	粗粒率 (F.M)	空隙率 (%)	吸水率 (%)	磨耗率 (%)	單位容積重量 (kg/m ³)	粒形判定 實積率 (%)
간 骨材	2.58	2.56	38.1	1.63	-	1,622	59.3
굵은 骨材	2.67	6.63	44.1	0.68	20.4	1,510	56.2

單位容積重量 試驗은 KS의 規定에 의거 표준적인 방법으로 실시하였고, 硬化 콘크리트의 壓縮強度는 재령 3일, 7일, 28일에서 KS F 2405의 方法에 의거 실시하였다. 단, 28일 재령에서는 壓縮強度를 측정하기 전에 非破壞 試驗으로 反撥硬度 및 超音波傳波速度를 측정하였다.

III. 實驗結果 및 分析

3.1 굳지않은 콘크리트의 特性

그림 1은 I 시리즈의 實驗 結果로 W/C 및 目標 슬럼프別 경시변화에 따른 슬럼프를 나타낸 것이다.

먼저, 전반적인 경향으로 슬럼프는 시간경과에 따라 급격한 低下 傾向을 나타내고 있

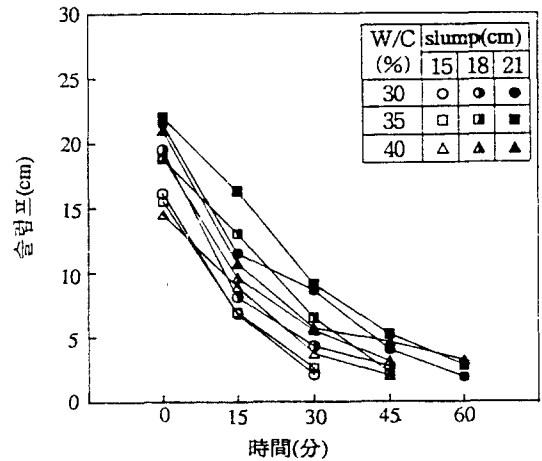


그림 1. 배합별 슬럼프 경시변화

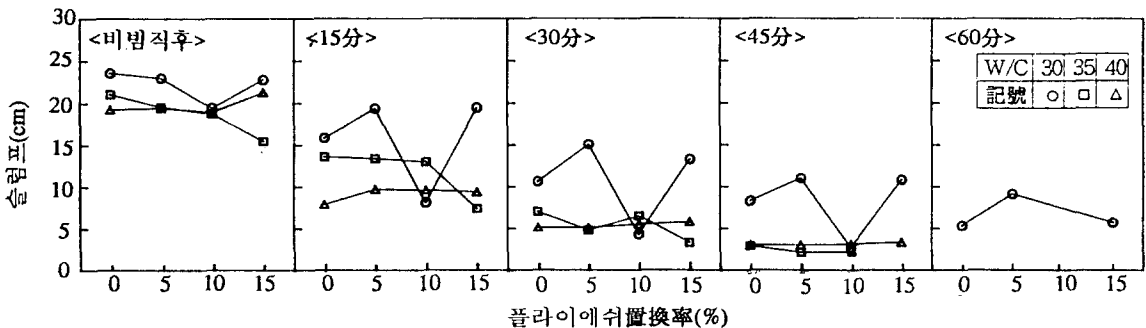


그림 2. 플라이애쉬 置換率에 따른 슬럼프 경시변화

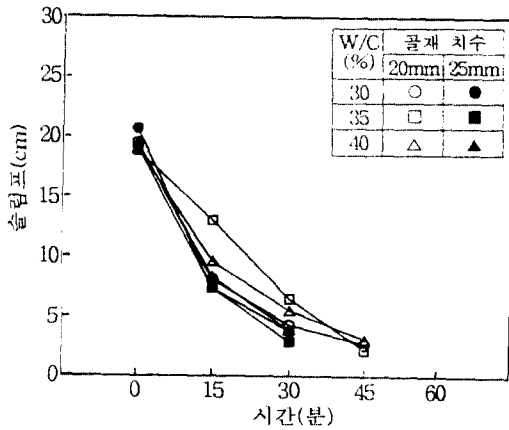


그림 3. 경시변화에 따른 굵은골재 치수별 슬럼프

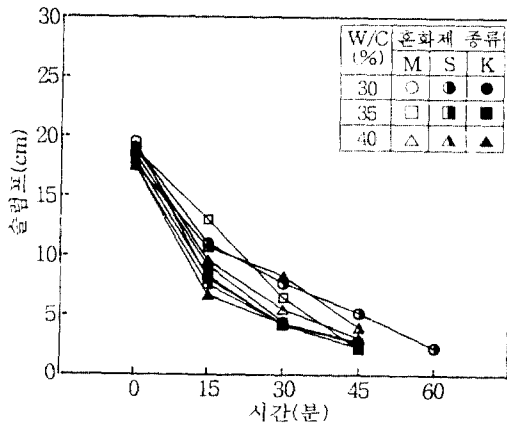


그림 4. 경시변화에 따른 혼화제 종류별 슬럼프

는데, W/C 및 目標 슬럼프別 低下 傾向은 거의 유사하여 60분 經過後에 全配合에서 공히 5cm이하로 나타나 즉, 슬럼프 損失을 방지하기 위한 슬럼프 損失 低減形 混和材의 도입이나, 高性能 減水劑의 첨가 시기적인 檢討가 요구되었다.

그림 2는 II시리즈의 플라이애쉬 置換率別 슬럼프 경시변화를 나타낸 것으로, 플라이애쉬 0~15% 치환한 範圍에서 W/C 40%인 경우는 置換率이 증가할수록 流動性이 커지는 既存의 理論과 일치하는 반면 W/C 30% 및 35%인 경우는 減少하는 傾向으로 나타났다. 결국 高强度 콘크리트 영역인 富配合으로 될수록 플라이애쉬의 添加量이 증가하면 점성의 증대로 슬럼프가 減少하는 것으로 分析되고, W/C 40%에서는 플라이애쉬의 증가가 流動性을 증대시킨 결과로 나타나 플라이애쉬

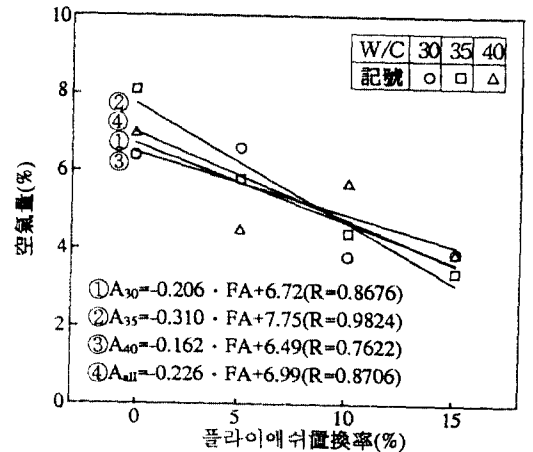


그림 5. 플라이애쉬 置換率에 따른 空氣量

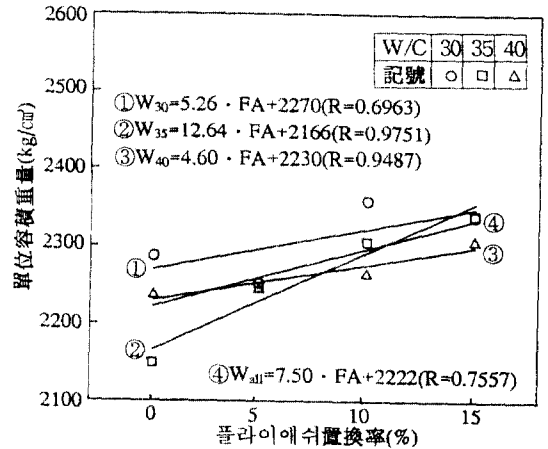


그림 6. 플라이애쉬 置換率에 따른 單位容積重量

置換率에 따른 슬럼프는 W/C의 조건에 따라 상이하게 나타나는데, 즉 本 研究條件의 範圍에서는 W/C 35~40% 사이를 기준으로 그 이상의 配合은 流動性을 증진시키는 반면 그 이하의 富配合에서는 오히려 流動性을 減少시키는 것으로 밝혀졌다.

그림 3은 굵은골재 크기별, 그림 4는 혼화제 종류별 슬럼프의 경시변화를 나타낸 것으로 굵은골재 최대치수는 配合 즉시는 굵은골재의 최대가 클수록 큰 값을 나타내나, 경시변화에 따라 손실이 크게 나타났고, 혼화제 종류별에는 거의 유사한 경향으로 나타났다.

그림 5는 II시리즈의 각 W/C별 플라이애쉬 置換率 변화에 따른 空氣量을 산점도로 나타낸 것이고, 그림 6은 그림 5와 동일한 요령으로 單位容積重量을 나타낸 것이다. 또한, 표 4는 그림 5 및 6의 플라이애쉬 置換率과

표 4. 플라이애쉬 置換率 變化에 따른 空氣量 및 單位容積重量

區分	W/C (%)	回 歸 式	相 關 係 數	變 化 量
空 氣 量	30	$A = -0.206 \cdot FA + 6.72$	0.8676	-0.226%
	35	$A = -0.310 \cdot FA + 7.85$	0.9824	-0.310%
	40	$A = -0.162 \cdot FA + 6.49$	0.7622	-0.162%
	all	$A = -0.226 \cdot FA + 6.97$	0.8706	-0.226%
單 位 容 積 重 量	30	$W = 5.26 \cdot FA + 2270$	0.6963	+5.26kg/cm ³
	35	$W = 12.64 \cdot FA + 2166$	0.9751	+12.64kg/cm ³
	40	$W = 4.60 \cdot FA + 2230$	0.9487	+4.60kg/cm ³
	all	$W = 7.50 \cdot FA + 2222$	0.7557	+7.50kg/cm ³

* A는 空氣量 %이고, FA는 플라이애쉬 置換率이고, 變化量은 플라이애쉬 1% 增加에 따른 空氣量 및 單位容積重量의 절대값임.

空氣量 및 單位容積重量 間의 回歸式과 플라이애쉬 置換率이 1% 增加할때의 空氣量과

單位容積重量의 變化量을 나타낸 것이다.

먼저, 플라이애쉬 置換率의 증가함에 따라 미연소탄분의 AE제 吸着作用에 따라 空氣量은 減少되는 것으로 나타났는데, 플라이애쉬 1% 增加時 空氣量의 變化量은 전반적으로는 0.23%의 減少를 나타내었다. 또한, 單位容積重量은 空氣量과 반대의 傾向으로 플라이애쉬 1% 증가시 平均 7.50kg/m³의 증가를 나타내었다.

3.2 경화 콘크리트의 特性

3.2.1 압축강도 특성

그림 7은 I시리즈의 각 재령별 C/W 變化에 따른 壓縮強度를 비교한 것으로써, 각 재령에서의 C/W와 壓縮強度間의 回歸式은 그림에 제시된 바와 같다.

먼저, 전반적인 傾向으로 당연한 결과이겠

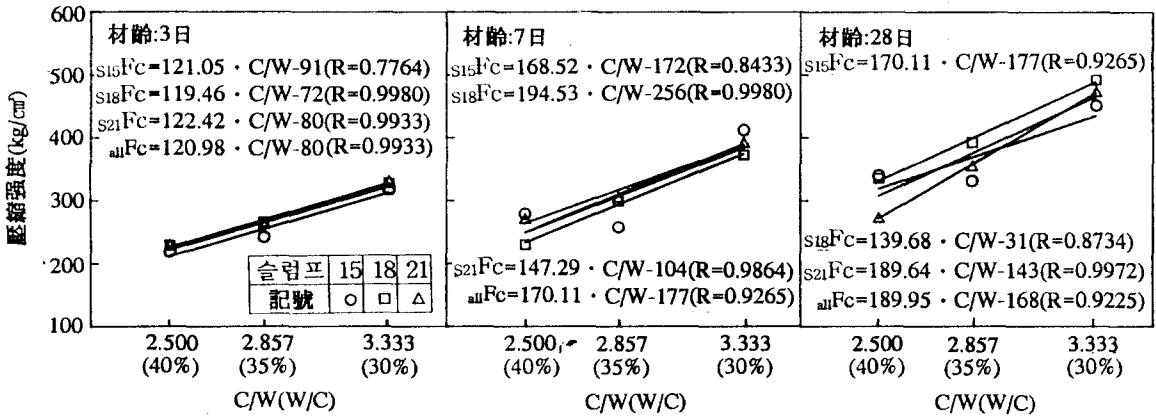


그림 7. C/W와 壓縮強度 關係

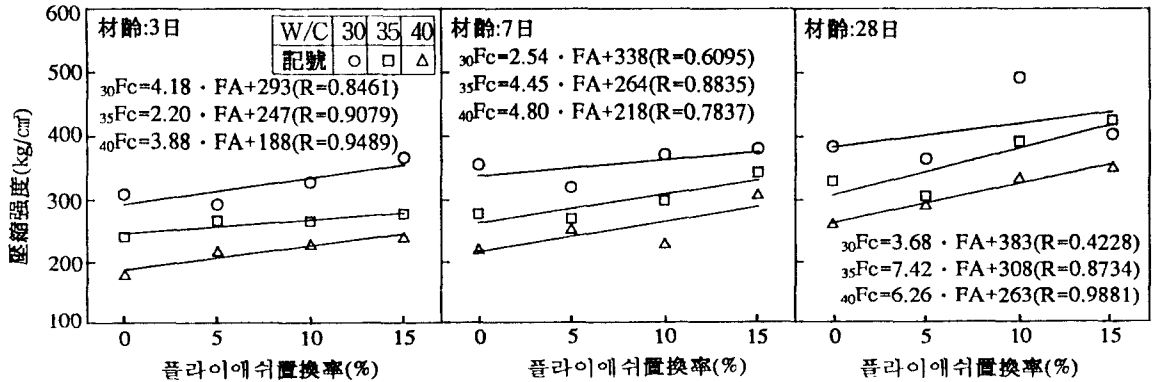


그림 8. 플라이애쉬 置換率과 壓縮強度 關係

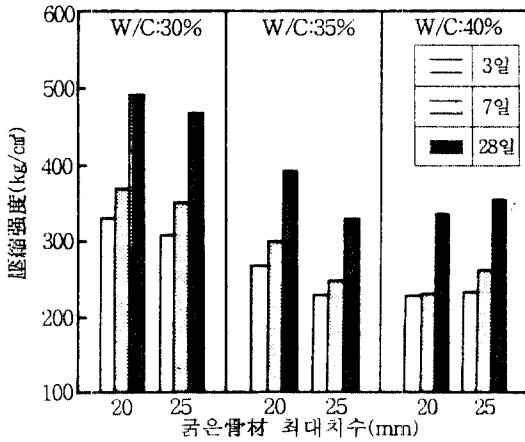


그림 9. 작은骨材 치수별 壓縮強度

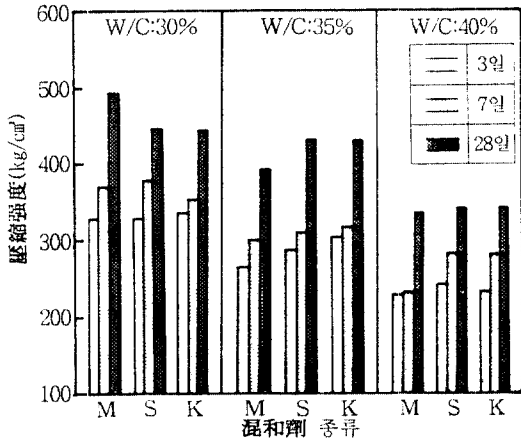


그림 10. 混和劑 種類別 壓縮強度

지만 C/W가 클수록, 재령이 경과할수록 壓縮強度는 크게 나타났는데, 슬럼프 變化에 따른 壓縮強度는 초기 재령인 3일, 7일의 경우는 거의 差異가 없이 나타나지만, 재령 28일의 경우는 C/W가 增加하면 큰 차이로 나타났는데, 이는 誤差에 의한 것일뿐 특별한 원인은 발견되지 않았다.

그림 8은 II시리즈의 각 W/C별로 플라이애쉬 置換率에 따른 壓縮強度를 각 재령별로 비교한 것이다.

壓縮強度는 플라이애쉬 置換率이 증가할수록 미소하나마 壓縮強度도 增加하는 경향이 며 또한, 재령이 경과할수록 플라이애쉬 置換에 따른 強度 增進效果는 커지는 結果로 나타났다.

그림 9는 작은 骨材 크기별 壓縮強度를 W/C별로 비교한 막대 그래프로 W/C 30% 및

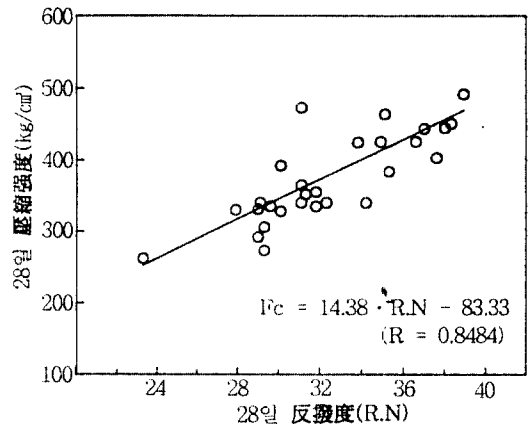


그림 11. 反撥度와 壓縮強度 關係

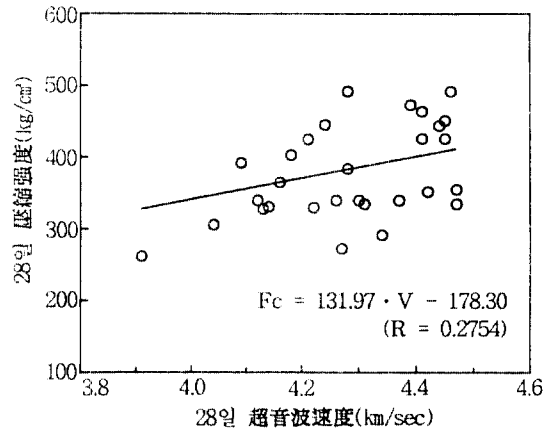


그림 12 超音波速度와 壓縮強度 關係

35%는 20mm골재를 사용한 것이 25mm를 사용한 것보다 壓縮強度가 크게 나타났고, W/C 40%는 반대의 경향으로 나타났다. 그림 11은 혼화제 종류별 壓縮強度를 그림 10과 동일한 요령으로 비교한 것으로 혼화제 종류별 壓縮強度는 유사한 것으로 나타났다.

3.2.2 反撥度 및 超音波速度

그림 11은 I ~ IV시리즈의 28일 反撥度와 28일 壓縮強度間의 相關關係를 配合條件의 구분없이 산점도로 나타낸 것이고, 그림 12는 그림 11과 동일한 요령으로 28일 超音波速度를 분석한 것이다.

각 方法別 壓縮強度 推定 回歸式은 그림에 제시된 바와 같은데, 反撥度와 壓縮強度間의 相關係數는 0.8484, 超音波速度와 壓縮強度間의 相關係數는 0.2754로 既存의 연구 결과와 같이 超音波法 상관계수가 매우 저하하고

있다.

IV. 結 論

高强度 레미콘을 실제적으로 生産하기 위한 研究로 플라이애쉬 치환율, 굵은골재의 최대치수 및 混和劑 種類에 따른 콘크리트 特性을 要約하면 다음과 같다.

1) 플라이애쉬 置換率별 슬럼프는 高强度 콘크리트 領域인 富配合으로 될수록, 플라이애쉬 添加量이 增加하면, 점성 증대로 유동성은 減少하고 W/C 35~40% 사이을 基準으로 그 이상의 配合에서는 流動性を 증진시키는 것으로 나타났다.

2) 플라이애쉬 置換率의 增加에 따른 空氣量은 플라이애쉬 1% 增加時 平均 0.23%의 減少를 나타내고, 單位容積重量은 플라이애쉬 1% 증가시 平均 7.50kg/m³ 增加하는 것으로 나타났다.

3) W/C별 플라이애쉬 置換率에 따른 壓縮強度는 置換率이 증가할수록 3일, 7일, 28일 공히 증진되는 傾向으로 재령이 경과할수록 강도 증진효과는 더욱 크게 나타났다.

4) 굵은골재 최대치수의 영향으로는 최대치수가 클수록 초기 슬럼프는 크나 경시변화에 따라 슬럼프 손실이 크게 나타났고, 壓縮強度는 25mm보다 20mm에서 6.0% 정도 크게 나타났다.

5) 멜라민계 및 나프탈린계의 혼화제 종류에 따른 슬럼프 및 壓縮強度는 특별한 傾向없이 유사함을 나타내었다.

6) 연구 목적인 목표 슬럼프 15~21cm인 조건의 W/C 30~40% 범위에서 28일 壓縮強度는 300~470kg/cm²를 얻을 수 있었다.

7) 28일 反撥度 및 超音波速度와 壓縮強度間의 상관성은 反撥度法이 상관계수 0.8484로 超音波速度法 0.2754보다 양호하게 나타났다.

參 考 文 獻

1) Blick, Ronald L., Peterson, C.F. and winter, M. E. : "Propotioning and Concrete

High-Strength Concrete", Paper for presentaion to the ACI Annual Convwnction, 1972.

2) Celik O. : "High-Performance concrete for transportation structures", ACI Material Journal Jan, 1993.

3) Shondeep L.S. : "Performance of a high-strength field concrete at 7 years", ACI Material Journal Jan, 1993.

4) Neville A.M., Properties of Concrete, 3rd edition, 1981.

5) 日本建築學會 ; 高强度 콘크리트의 技術의 現狀, 1991.

6) 崔靑閣, 宋容一, 尹起源, 韓千求, 潘好鎔 : 混和材料 및 骨材 粒度가 高强度 콘크리트의 性狀에 미치는 影響 -제1보; 아직 굳지 않은 상태의 性질-, 大韓建築學會 學術 발표 論文集, 제 13권 제2호, 1993.

7) 宋容一, 崔靑閣, 尹起源, 韓千求, 潘好鎔 : 混和材料 및 骨材 粒度가 高强度 콘크리트의 性狀에 미치는 影響 -제2보; 경화 상태의 역학적 특성-, 大韓建築學會 學術 발표 論文集, 제 13권 제2호, 1993.

8) 權寧璉, 鎌田英治, 浜幸雄, 韓千求, 金武漢; 混和材를 混入した 高强度 콘크리트의 基礎 性狀 日本建築學會 北海道支部 研究報告集, No.65, PP.5~8, 1992.3

9) 金武漢, 韓千求, 李柄浩; 실리카 흡을 混入한 高强度 콘크리트의 開發 및 그 應用에 관한 研究, 大韓建築學會 論文集, 제8권 제5호, pp.179~188, 1992.5

10) 金武漢, 鎌田英治, 韓千求, 南相駟, 金振晚, 李相洙, 尹起源; 超高强度 콘크리트의 開發 및 그 適用性에 관한 實驗的 研究, 大韓建築學會 論文集, 제10권 제3호, pp.183~193, 1994.3

11) 禹相六, 金基喆, 尹起源, 李正熙, 韓千求, 潘好鎔; 超流動 콘크리트의 特性에 미치는 配合要因의 影響 -第2報: 大韓建築學會 學術 發表 論文集, 제13권 제2호, PP.669~672, 1993.10