

流動化 콘크리트의 施工性 및 工學的 特性에 미치는 高性能減水劑의 添加時期 및 方法에 관한 基礎的 研究

A Fundamental Study on the Addition Time and Method of Superplasticizing Agents on
the Workability and Engineering Properties of Flowing Concrete

○ 宋 河 永* 金 武 獲**
Song, Ha Young Kim, Moo Han

ABSTRACT

This is the study on the feature of workability and engineering properties of flowing concrete using the superplasticizing agents which is using to effect considerable reductions in water contents in the same level of consistency and workability.

It is the aim of this study to compare workability and engineering properties of flowing concrete according to the addition time and method of superplasticizing agents. In this experimental study, 2cm slump of concrete, 18cm slump of conventional concrete, two kinds of aggregates and addition time and method of superplasticizing agents of 0,15,30,45,60 and 90 minutes were included to analyze and investigate the workability and engineering properties of flowing concrete.

1. 序 論

高性能減水劑(以下 SP劑라 칭함)를 使用한 流動化 콘크리트의 流動化 效果 및 諸物性에 미치는 各種 要因 으로서는 SP劑의 種類, 添加量, 添加時期 및 方法 그리고 베이스 콘크리트의 반죽질기, 使用 시멘트와 骨材의 種類, 溫度 등을 들 수 있다. 1) 2) 5)

本 研究는 상기와 같은 諸 要因 가운데 流動化 콘크리트의 現場適用時 많은 問題點으로 指摘되고 있는 SP劑의 添加時期 및 方法에 따른 流動化 콘크리트의 施工性 및 工學的 特性을 實驗的으로 究明하여 品質管理의 한 參考資料로 제시함과 아울러 流動化 콘크리트의 工法開發에 관한 基礎資料의 蓄積에 그 目的이 있다.

2. 實驗概要 및 方法

SP劑의 添加時期 및 方法에 따른 流動化 콘크리트의 流動化 性能 및 施工性和 工學的 特性을 骨材種類에 따라 比較·檢討하기 위한 本 研究의 實驗計劃은 表 1과 같다.

또한, 本 實驗에 使用한 시멘트, 骨材 및 SP劑의 物理的 性質은 各各 表 2, 3, 4와 같고 콘크리트의 調合은 目標슬럼프 18cm를 基準으로 參考調合表 1) 3)를 利用한 시험비법에 의해 表 5와 같이 定하였다. 여기서 攪자갈을 使用한 베이스콘크리트의 調合은 강자갈 베이스콘크리트의 調合과 同

一 調合으로 하였으며 콘벤셔널 및 베이스콘크리트는 3분비빔(1분비빔-1분休止-2분비빔)을 채용하였고 流動化 콘크리트는 同時添加方法의 경우 외에는 베이스콘크리트를 製造한 다음 經過時間에 따라 SP劑를 添加한 後 2分間 재비빔을 行하였다.

한편, 本 實驗에서 實施한 各種 試驗方法은 KS를 비롯한 각급준에 의한 標準的인 方法을 따라 行하였으며 壓縮強度試驗用 물드는 $\phi 10 \times 20$ cm, 反撥度試驗用 물드는 $\phi 15 \times 30$ cm 실린더형 물드를 製作하여 각 측정재령까지 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 水中標準養生을 實施하였다.

3. 實驗結果 및 考察

3.1 아직 굳지 않은 콘크리트의 物性 및 流動化性狀

表 1. 實驗計劃

要 因	水 準	
	물·시멘트비(°/wt)	40
目標 슬럼프(cm)	18(콘벤셔널), 2(베이스)	
조골재의 種類	강자갈	攪자갈
SP劑의 添加率(%)	1.2	1.8
SP劑의 添加時期 및 方法	同時, 直撥, 15, 30, 45, 60, 90분후	
아직 굳지 않은 콘크리트 시험	콘식스면시험	슬럼프, 물로우, 내침계수측
	기 타 시험	공기량, 변위용계측량, 불리형량
경 화 콘크리트 시험	測定재령(일)	7, 28, 60, 90, 180
	強度 試 驗	壓縮 強度
콘크리트 시험	동면성계수, 경면성계수, 변위도, 응력-변형도곡선, 單位體積重量	
	기 타 시험	

*정회원, 대전공대 조교수, 충남대 대학원 박사과정

**정회원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공박

表 2. 시멘트의 物理的 性質

종 류	비 중	분말도 (cm ² /g)	응 결 (h-m)		인 경 성	압축강도 (kg/cm ²)		
			초 결	중 결		3월	7월	28월
보통포틀랜드	3.15	3,240	5~06	7-20	양호	194	261	323

表 3. 骨材의 物理的 性質

구 분	입 경 (mm)	조 립 율 (F·M)	비 중	흡 수 율 (%)	선 계 율 (%)	단 위 용 적 중 량 (kg/l)	비 고
강모래	5	2.56	2.64	1.11	60	1.573	세련한
강자갈	20	6.78	2.59	1.65	64	1.643	세련한
갠자갈	20	6.57	2.82	0.93	54	1.531	-

表 4. SP劑의 物理的 性質

종 류	유 형	색 상	주 성 분	특 성	비 중	비 고
Rheobuild-716	액상	흑색	Synthetic Polymers	무	1.10	일산

表 5. 콘크리트의 調合

콘크리트 (%wt)	골재 종 류	목표 슬럼프 (cm)	전용계율 (%v)	단위 수량 (kg/m ³)	전대용적 (l/m ³)			비고
					시멘트	모래	자갈	
40	강모래	18	35	221	175	208	386	콘벤셔널
	강자갈	2	35.7	168	133	246	443	에이스
	강모래	18	35	239	189	197	365	콘벤셔널
	갠자갈	*	35.7	168	133	246	443	에이스

*강모래·강자갈 콘크리트와 동일 調合

그림1은 骨材種類別 SP劑 添加時期 및 方法에 따른 空氣量의 變化를 도시한 것으로 베이스 및 流動化콘크리트가 콘벤셔널콘크리트보다 크게 나타났다. 또한 갠자갈 流動化콘크리트의 경우가 강자갈 流動化콘크리트보다 약 1%정도 공기연행이 큰 것으로 나타났다. 한편 添加時期에 따라서는 유의적인 차이가 없는 것으로 보이나 後添加時期가 길어질수록 全般的으로 약간 減少하는 傾向을 나타내고 있다.

그림2는 骨材種類別 SP劑 添加時期 및 方法에 따른 블리딩양을 나타낸 것으로 강자갈을 使用한 流動化콘크리트의 경우에는 콘벤셔널콘크리트에 비해 현저히 적은 블리딩을 나타내고 있으며 後添加時期가 지연될수록 대체적으로 블리딩이 적어지는데 비해 갠자갈을 使用한 경우는 콘벤셔널콘크리트와 거의 동일한 水準을 보이며 또한 添加時期 및 方法에 따른 影響도 거의 없는 것으로 나타나 骨材種類에 따라 상이한 傾向을 보이고 있다.

그림3은 SP劑 添加時期 및 方法에 따른 비빔直後의 初期슬럼프·폴로우·다짐계수치의 變상을 나타내주고 있는 것으로, 먼저 슬럼프에 있어

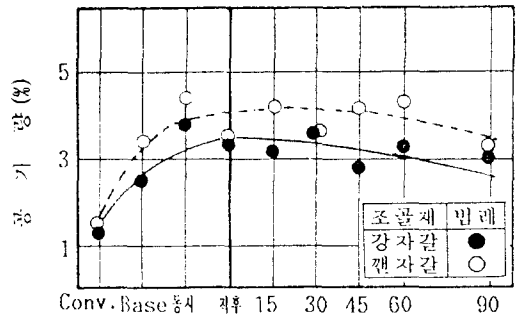


그림 1. SP劑의 添加時期 및 方法에 따른 空氣量의 變化

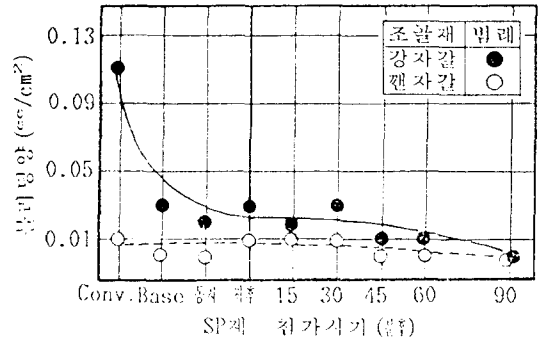


그림 2. SP劑의 添加時期 및 方法에 따른 블리딩양의 變化

서는 SP劑를 同時 添加한 경우보다 後添加한 경우가 현저하게 增大됨을 알 수 있으며 이는 服部 등의 연구와도 동일한 傾向으로 나타났다. 또한 폴로우 및 다짐계수치에 있어서는 유사한 傾向을 나타내 流動化콘크리트工法에 있어서는 後添加 方法이 유리할 것으로 判斷된다. 다만 添加時期를 90分後로 하였을 경우에는 강자갈콘크리트와 갠자갈 콘크리트에 있어 比較的 큰 차이를 보임에 따라 骨材種類 및 SP劑의 添加量과 添加時期의 問題는 더욱 深度있는 研究가 계속되어야 할 것으로 사료 된다.

그림4는 SP劑 添加時期 및 方法에 따른 슬럼프의 經時變化를 骨材種類別로 도시한 것으로 강자갈의 경우는 SP劑를 同時 添加하거나 베이스콘크리트를 製造한 直後 添加한 콘크리트가 콘벤셔널콘크리트에 비해 經時에 따른 슬럼프 損失이 매우 急激하게 나타났으나 後添加時期의 지연에 따른 經時變化는 대체적으로 鈍化되고 있다. 한편 갠자갈의 경우는 同時 및 비빔直後 添加時의 슬럼프 損失은 比較的 작게 나타났으나 添加時期가 늦어질수록 初期 슬럼프의 회복에 비해 經過時間에 따른 슬럼프 損失이

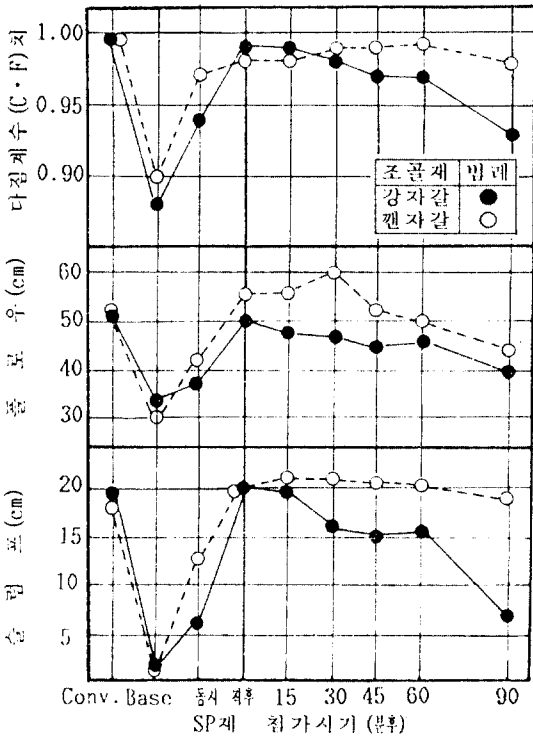


그림 3. SP劑의 添加時期 및 方法에 따른 初期 슬럼프·플로우·다짐계수치의 變化

급격하게 나타나고 있어 骨材種類別로 상이한 傾向을 보이고 있다. 이러한 傾向은 시멘트의 수화반응과 SP劑 흡착량과의 관계에 의한 영향과 骨材種類別 SP劑 添加率의 차이로 인한 結果로 생각되어진다. 또한, 그림5의 플로우의 經時變化에서도 슬럼프의 경우와 유사하게 나타나고 있으나 그림6의 다짐계수의 經時變化에 있어서는 SP劑 添加時期 및 方法에 따라 일정한 傾向을 보이지는 않고 있다.

3.2 硬化콘크리트 力學的 性狀

그림7은 SP劑의 添加時期 및 方法에 따른 재령별 壓縮強度의 變化를 骨材種類別로 나타낸 것으로 먼저 강자갈의 경우 全般적으로 流動化 콘크리트가 콘벤셔널 및 베이스콘크리트보다 큰 強度를 보여주고 있고 또한 同時 添加한 方法에 비해 後添加한 경우가 보다 큰 強度를 발현하고 있다. 이러한 傾向은 아직 굳지 않은 狀態에서의 流動化 性能과도 밀접한 關係가 있는 것으로 사료되며 또한 수화효과의 增進과 空氣量의 變化에 기인된 공극의 低減 및 비빔상태로부터 일정한 期間이 지남에 따른 水分의 증발에도 그원인이 있는 것으로 分析되나, SP劑 添加前·後 強度에 있어 유의할만한 差異가 確認되지않는다는 既往

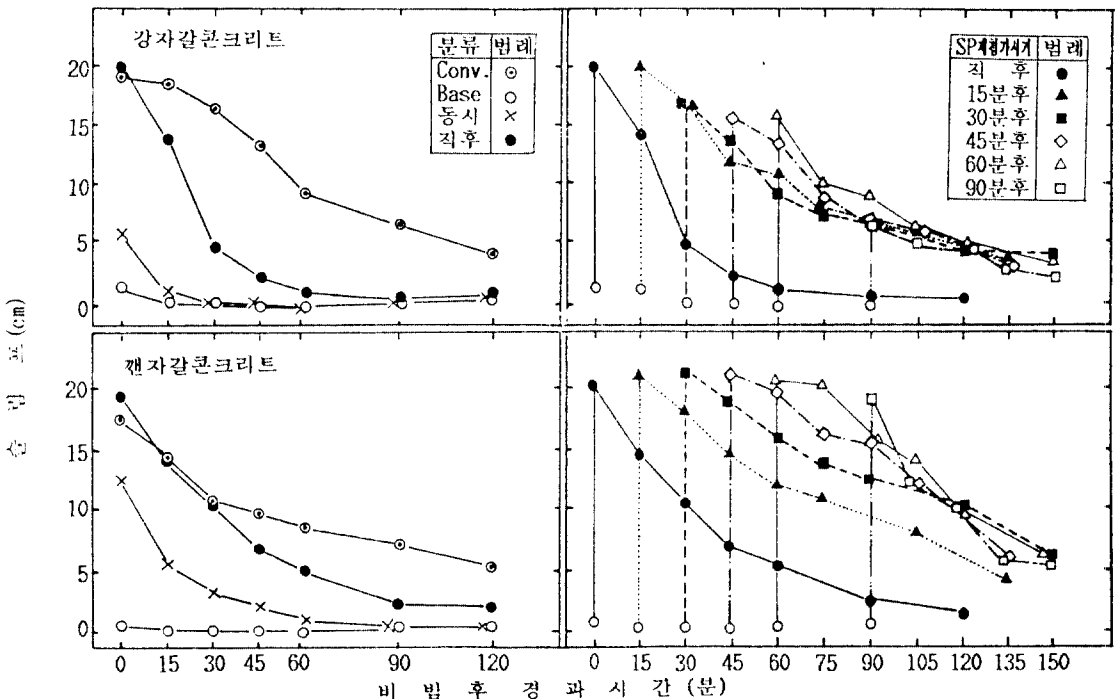


그림 4. SP劑의 添加時期 및 方法에 따른 슬럼프의 經時變化

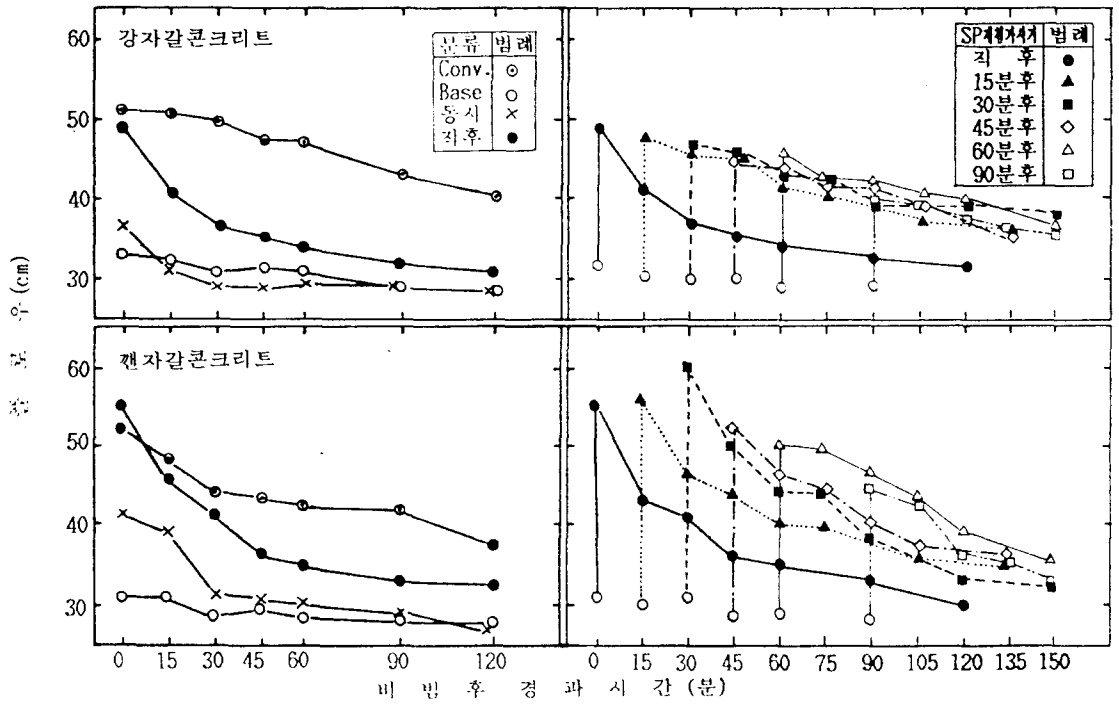


그림 5. SP劑의 添加時期 및 方法에 따른 플로우의 經時變化

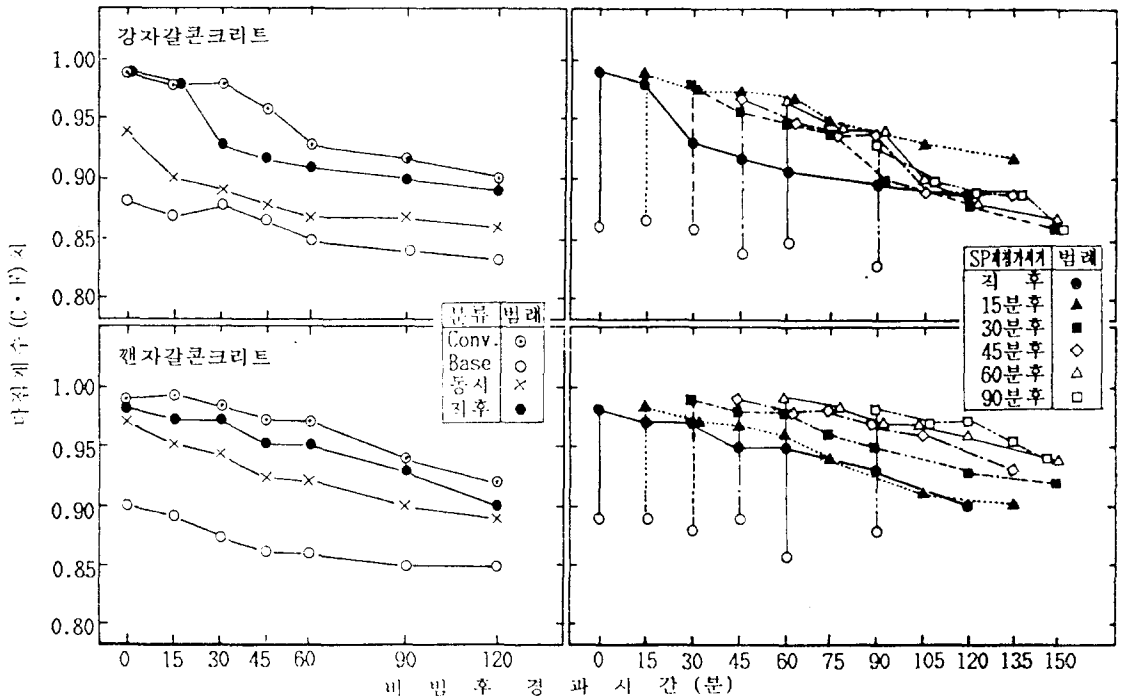


그림 6. SP劑의 添加時期 및 方法에 따른 다짐계수치의 經時變化

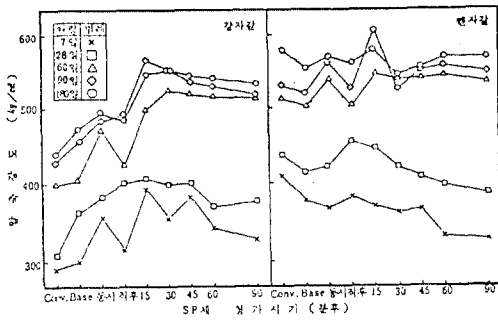


그림 7. SP劑 添加時期 및 方法에 따른 壓縮強度의 變化

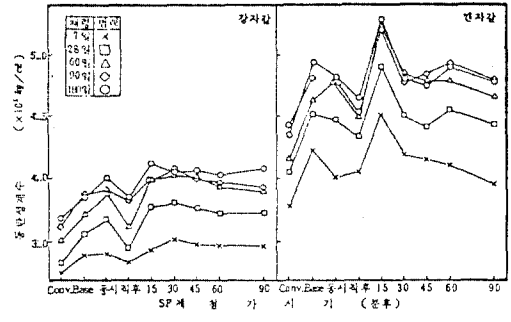


그림 8. SP劑 添加時期 및 方法에 따른 動彈性係數의 變化

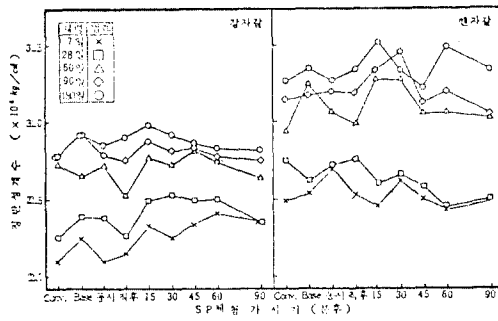


그림 9. SP劑 添加時期 및 方法에 따른 靜彈性係數의 變化

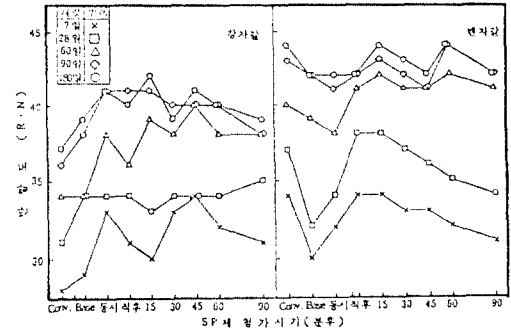


그림 10. SP劑 添加時期 및 方法에 따른 反撥度의 變化

의 연구⁵⁾와는 상이한 결과로서 보다 深度있는 研究의 必要性을 시사하고 있다.

한편, 켄자갈콘크리트의 경우는 대체적으로 添加時期에 의한 영향이 크지 않은 것으로 보이나 재령 7, 28일의 경우는 添加時期가 지연될수록 強度低下 現狀을 나타내고 있다. 이러한 傾向은 켄자갈 콘크리트의 콘시스테스 確保를 目的으로 강자갈콘크리트에 比해 相對的으로 많은 1.8%의 SP劑를 添加함에 따른 응결지연의 影響으로 사료되며 아울러 長期 재령에서도 보다 양호한 強度 增進을 나타내지 않은 것으로 分析되어 SP劑 添加時期 및 方法에 따른 骨材 및 添加量의 影響도 함께 考慮할 必要가 있음을 시사해 주고 있다.

그림 8, 9는 SP劑 添加時期 및 方法에 따른 동탄성계수와 정탄성계수의 變化를 각각 도시한 것으로 SP劑의 添加時期 및 方法에 기인한 현저한 變化를 나타내고있지는 않으나 다만 강자갈콘크리트에 비해 켄자갈 콘크리트의 경우가 보다 큰 값을 보이고 있다. 그림 10은 반발도의 變化로서 壓縮強度 성장과 유사한 傾向을 나타내고 있다.

3.3 SP劑 添加時期 및 方法에 따른 流動化콘크리트의 工學的 特性

그림 11, 12, 13은 각각 壓縮強度와 동탄성계수, 壓縮強度와 정탄성계수 및 정탄성계수와 동탄성계수와의 關係를 分析한 것으로 대체적으로 骨材 要因에 기인한 結果를 나타내고있으며 壓縮強度와 정탄성계수의 關係에서는 既存의 學會式과 比較해 약간 하단으로 나타나고있음을 알 수 있다.

한편, 그림 14의 반발도와 壓縮強度의 關係에서는 骨材 要因, SP劑 添加時期 및 方法에 의한 影響이 크지 않은 것으로 나타나 流動化 콘크리트의 品質管理時에도 반발도법의 適用이 양호할 것으로 豫想된다.

그림 15는 各 콘크리트의 재령 28일에 있어서 응력·변형곡선을 도시한 것으로 流動化 콘크리트의 경우 유의할 만한 傾向은 없는 것으로 보인다.

4. 結 論

이상의 本 實驗的 研究結果를 綜合하면 다음과 같다.

- 1) SP劑의 添加時期 및 方法에 따른 空氣量 및 블리닝양의 變化에서 유의할만한 차이는 나타나지 않으나 全般的으로 後添加時期가 지연될수록

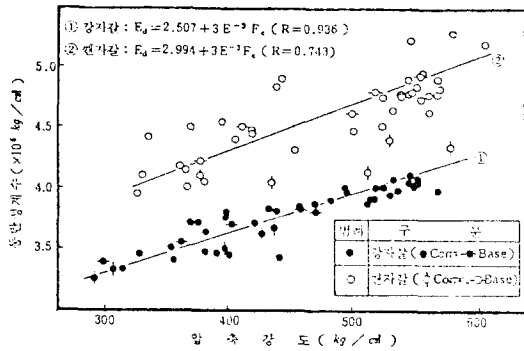


그림 11. 壓縮強度와 動彈性係數의 關係

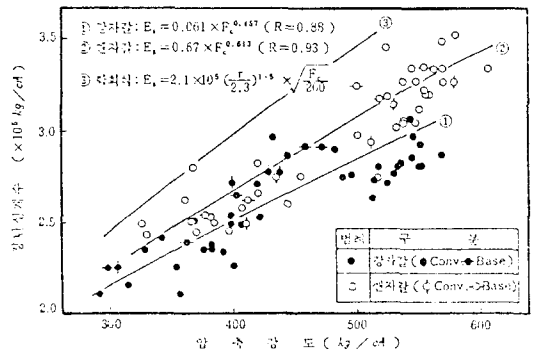


그림 12. 壓縮強度와 靜彈性係數의 關係

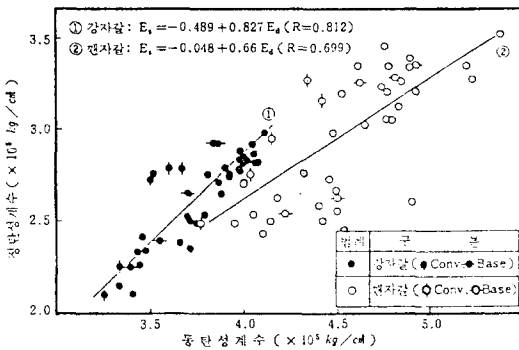


그림 13. 動彈性係數와 靜彈性係數의 關係

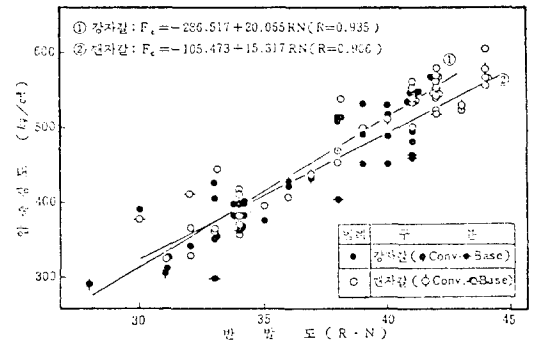


그림 14. 반발도와 壓縮強度의 關係

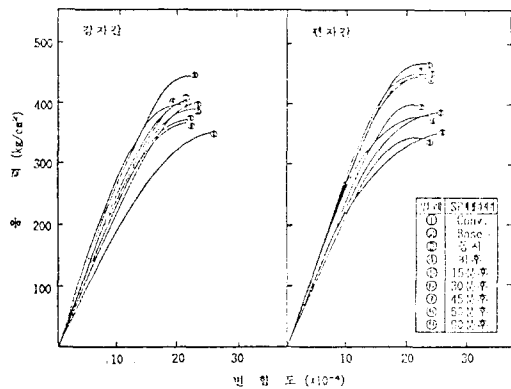


그림 15. 재령28일의 應力·變形度 曲線

減少하는 傾向이 있다.

2) SP劑의 添加時期 및 方法에 따른 콘시스템의 變化에서 同時 添加 보다는 後添加 方法이 양호한 結果를 보이며 後添加 時期가 길어질수록 流動化 效果의 減少 現狀 또는 急激한 經時 變化가 나타나고 있어 施工時 品質管理에 세심한 配慮를 要한다.

3) SP劑의 後添加로 인한 流動化 性能의 向上이 壓縮強度 발현에도 有效한 것으로 사료되나 骨材 種類에 따른 添加量의 影響도 함께 考慮할 必要가 있다.

4) SP劑의 添加時期 및 方法에 따른 彈性係數의 變化에서는 유의할만한 差異를 보이지 않으나 骨材 種類에 따라 구분되는 傾向이며 반발도법에 의한 品質管理는 效果的일 것으로 사료된다.

參 考 文 獻

- 1) 日本建築學會, 流動化 콘크리트 施工 指針 案·同解説, 1983, pp.180~187
- 2) 友澤史紀ほか, 流動化 콘크리트 現狀と問題點, 콘크리트 工學 vol.16No.8, 1978, pp.1~7
- 3) Banfil, Workability of Flowing Concrete, Magazine of Concrete Research 32, No.110, 1982
- 4) 服部ほか, 流動化 콘크리트, 세멘트·콘크리트, No.357, Nov.1976
- 5) 池田ほか, 高性能減水劑의 遲延添加による 高流動 콘크리트의 研究 (1~4), 日本建築學會大會 學術講演梗概集, 1976.10