

流動化콘크리트의 施工性 및 工學的 特性에 미치는 베이스콘크리트의 施工軟度에 관한 基礎的 研究

A Fundamental Study on the Consistency of Base Concrete Influencing on the Workability and Engineering Properties of Flowing Concrete

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

ABSTRACT

The objective of this report is to investigate and analyze the influence of the different base concrete in consistency for the good production of superplasticized concrete (SPC) on the basis of the experimental results.

The principal conclusions are summarized as follows.

1. SPC exhibited only slight bleeding in both cases of low and medium consistency of the base concrete, compared to the conventional concrete.
2. SPC lost slump and flow value at a much faster rate than the conventional concrete with an equivalent water/cement ratio and initial consistency.
3. The compressive strength of SPC was found to be higher than that of base and conventional concrete, and the case of base concrete with medium consistency showed a little more increment than low consistency.

1. 序 論

流動化콘크리트를 위한 베이스콘크리트의 調合設計 및 品質管理에는 보통콘크리트의 그것보다 세심한 주의를 필요로 할 뿐만 아니라 流動化 方法 側面에서도 아직 究明되지 않은 점이 있어 제외국에서도 流動化콘크리트 工法에 대한 많은 研究開發이 행해지고 있다. (1~4)

이러한 관점에서 본 연구는, 高性能減水劑 (SP제)를 사용한 流動化콘크리트의 調合設計 및 品質管理을 위한 基礎資料를 축적하고 향후 流動化콘크리트 工法의 開發 및 實務適用을 위한 參考資料로 제시하고자 계획한 일련의 실험 가운데 하나로서, 流動化콘크리트의 물성에 미치는 여러요인 중 베이스콘크리트의 施工軟度를 중심으로 SP제의 添加率 變化와 流動化 性狀 및 工學的 特性을 比較 分析한 것이다.

2. 實驗 概要

2.1 實驗 計劃

본 연구를 위한 실험계획은 Table 1과 같이, 물시멘트비는 40% 骨材 種類는 강모래·강자갈로 동일하게 한 베이스콘크리트에 있어 슬럼프

2cm(원비빔) 및 8cm(중간 비빔)로 施工軟度를 달리한 두 경우를 설정하여 콘벤셔널콘크리트와 베이스 및 유동화콘크리트 상호간의 諸物性을 比較 分析하고자 計劃하였다.

Table 1. Outline of experiments

Factor		Level	
W/C (% /wt)		40	
Kind of aggregat		River sand & gravel	
Slump (cm)	Conv. concrete	18	
	Base concrete	2	8
Dosage of SP(x)		0.0, 0.4, 0.8	0.0, 0.2, 0.4
		1.2, 1.6	0.6, 0.8
Fresh concrete	Test item	Air content, Bleeding, Unit weight, Mixing temperature, Slump, Flow, Compacting factor	
	Time(min.)	0, 15, 30, 45, 60, 90, 120	
Hardened concrete	Test item	Unit weight, Compressive Strength, Stress-strain curve, Dynamic modulus of elasticity, Static modulus of elasticity, Rebound number	
	Age (days)	7, 28, 60, 90, 180	

*正會員, 忠南大 建築工學科 教授, 工學博士
**正會員, 大田工大助教授, 忠南大學院博士課程

Table 2. Physical properties of cement

Type	Spec. gravity	Blaine (cm ² /g)	Setting time (h-m)		Soundness	Comp. strength (kg/cm ²)		
			Init.	Final		3d	17d	28d
Ordinary portland cement	3.15	3.240	5-06	7-20	Good	194	261	323

Table 3. Physical properties of aggregate

Kind of aggregate	Max. Size (mm)	P.M	Specific gravity	Water absorption (%)	Solid vol. (%)	Unit weight (kg/t)
River sand	5	2.56	2.64	1.11	60	1,573
River gravel	20	6.78	2.59	1.65	64	1,643

Table 4. Physical properties of super-plasticizer

Type	Main component	Specific gravity	Virulence	Color
Liquid	Synthetic polymers	1.10	None	Black

Table 5. Mix proportions of concrete

W/C (* /wt)	Slump (cm)	s/a (* /vt)	Water (kg/m ³)	Absolute vol. (l/m ³)			Remarks
				Cement	Sand	Gravel	
40	18	35.0	221	175	208	386	Conv.
	2	35.7	168	133	246	443	Base
	8	35.8	192	153	231	414	Base

2.2 使用 材料

본 실험에 사용된 시멘트는 보통 포틀랜드시멘트로서 國內産 S사제품, 骨材는 천연 잔·굵은 골재로서 충북 심천산, SP제는 일반적인 나프타린계로서 日本産 M사제품이며 이들 재료의 物理的 性質은 각각 Table 2, 3, 4와 같다.

2.3 콘크리트의 調合 및 各種 試驗方法

콘크리트의 調合은 大韓建築學會의 建築工事標準示方書⁵⁾ 및 日本建築學會의 流動化콘크리트 施工指針案·同解說⁶⁾의 參考調合表를 기초로 수차의 시험비법에 의해 Table 5와 같이 정하였다.

試驗用 콘크리트의 製造에 있어 베이스콘크리트 및 콘벤셔널콘크리트의 경우는 3분 비빔, 流動化콘크리트의 경우는 각 베이스콘크리트의 제조후 SP제를 첨가하여 2분간 재비빔을 행하였으며, 비빔 후 콘크리트의 壓縮強度, 彈性係數 등 諸 物性試驗用 $\phi 10 \times 20$ cm 및 反撥度測定用 $\phi 15 \times 30$ cm 실린더형 물드를 제작하여 소정의 재령까지 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 수중 표준양생을 목표로 하였다.

한편, 본 실험에 이용된 各種 試驗 方法은 KS를 비롯한 각 規準에 준하여 실시하였다.⁷⁾

3. 實驗結果 및 考察

3.1 아직 굳지않은 콘크리트의 物性 및 流動化 性狀

Fig.1은 베이스콘크리트의 施工軟度에 따른 SP제 첨가율별 空氣量의 變化를 도시한 것이다. 전반적인 경향은 된비빔 및 중간비빔 베이스콘크리트 공히 콘벤셔널콘크리트에 비해 약간 많은 공기량을 보이고 있으며, 또한 施工軟度에 따라서는 된비빔 베이스콘크리트의 경우가 중간비빔 베이스콘크리트의 경우보다 조금 상회하는 경향이나 1% 내외로서 크게 유의할 만한 정도는 아닌 것으로 사료된다. 따라서 耐久性 側面에서 所要 空氣量을 확보하기 위해서는 별도의 공기연행제가 要求됨을 알 수 있다.

Fig.2는 베이스콘크리트의 施工軟度에 따른 SP제 첨가율별 불리딩양의 變化를 나타낸 것으로서 전반적인 경향은 콘벤셔널콘크리트에 비해 流動化콘크리트의 불리딩양이 현저하게 적은 값을 보이고 있어, 일종의 分離現狀 低減側面에서 콘크리트의 品質向上에 유리하게 작용할 것으로 판단된다. 한편 베이스콘크리트의 施工軟度에 따른 각 流動化콘크리트의 불리딩양은 SP제 첨가율의 변화에 따라 서로 다른 경향으로 된비빔 베이스콘크리트를 유동화시킨 경우는 첨가율의 증가와 함께 약간 상승하는 반면 중간비빔 베이스콘크리트를 유동화시킨 경우는 첨가율이 증가됨에 따라 점차 감소하고 있다. 이는 베이스콘크리트 調合에 있어 시멘트웨이스트량의 多少에서 기인된 流動化 效果의 差異로 판단되나 이에 대해서는 좀 더 심도 있는 研究가 필요할 것으로 사료된다.

Fig. 3은 SP제 첨가율에 따른 初期 슬럼프의 變化를 나타낸 것으로 된비빔 베이스콘크리트의 경우는 1.2%, 중간비빔 베이스콘크리트의 경우는 0.6% 첨가시 콘벤셔널콘크리트와 유사한 슬럼프 수준을 나타냄을 알 수 있다. 따라서 중간비빔 베이스콘크리트에 대한 適正 添加量은 調合에 따라 다소 차이는 있겠지만 된비빔 베이스 콘크리트의 약 1/2가량이 될 것으로 판단된다. 한편 된비빔 베이스콘크리트의 경우는 一定 添加量의 範圍에서 매우 민감한 경향을 보이고 있으며 중간비빔 베이스콘크리트를 流動化한 경우는 적정 이상의 첨가에서 骨材分離 現狀이 나타나고 있어 첨가율 조정에 유의할 필요가 있음을 시사하고 있다.

Fig. 4는 Fig. 3과 동일조건 初期 플로우 값을 도시한 것으로 동일 슬럼프를 나타낸 각 첨가율에 있어 중간비빔 베이스콘크리트의 경우와 된비빔 베이스콘크리트의 경우의 플로우 값은 다소 차이를 보이고 있어 베이스콘크리트의 시공연도 및 그에 따른 SP제 添加量은 流動化콘크리트의 粘性에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

Fig. 5는 Fig. 3과 동일조건 初期 다짐계수 값을 도시한 것으로 플로우 값과는 달리 베이스콘크리트의 施工軟度는 流動化콘크리트의 초기 다짐계수에 유의할 만한 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

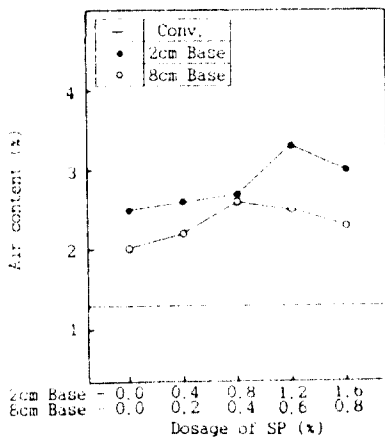


Fig.1. Influence of different base concrete in consistency on air content of SPC

Fig. 6은 베이스콘크리트의 施工軟度別 비빔 후 經過時間에 따른 유동화콘크리트의 슬럼프 變化를 도시한 것으로 베이스콘크리트의 施工軟度에 따른 큰 변화는 보이지 않으나 콘벤셔널 콘크리트에 비해서는 두 경우 공히 슬럼프 損失이 현저하게 나타나고 있어, 이는 기왕의 研究報告³⁾⁸⁾에서 지적한 바와 마찬가지로 流動化콘크리트의 施工管理上 重要한 問題點으로 판단된다.

Fig. 7은 Fig. 6과 동일조건 初期 플로우 變化를 도시한 것으로 슬럼프의 경우와 동일하게 콘벤셔널콘크리트에 비해 큰 損失을 보이고 있다. 다만 된비빔 베이스콘크리트를 流動化한 경우가 비교적 낮은 플로우 값을 나타내고 있는 것은 시멘트페이스트량 및 SP제 첨가량의 差異에서 기인된 것으로 분석된다.

Fig. 8은 Fig. 6과 동일조건 初期 다짐계수 變化를 도시한 것으로 슬럼프 및 플로우의 경우와는 相異하게 콘벤셔널콘크리트와 비교한 다짐계수의 損失幅이 현저하지는 않은 것으로 보인다. 한편 중간비빔 베이스콘크리트를 流動化한 경우가 된비빔 베이스콘크리트를 유동화한 경우보다 비교적 큰 다짐계수 손실을 나타내고 있어, 이러한 점을 定量的으로 究明하기 위해서는 워커빌리티 測定方法에 대한 다각적인 檢討가 있어야 할 것으로 생각된다.

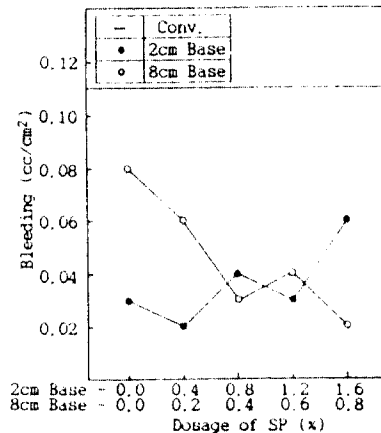


Fig.2. Influence of different base concrete in consistency on bleeding of SPC

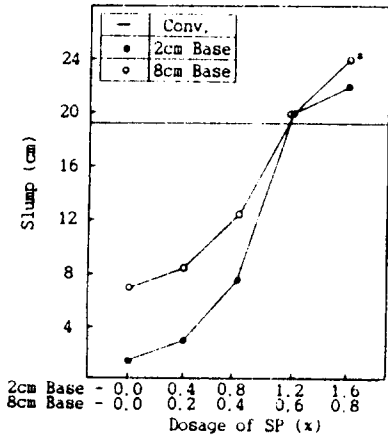


Fig. 3. Variation in initial slump of SPC with different base concrete in consistency
 Note : * Segregation of aggregate

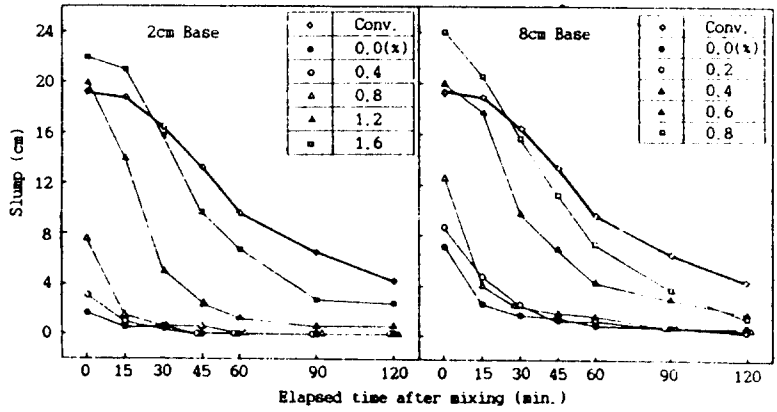


Fig. 6. Slump loss of SPC with different base concrete in consistency

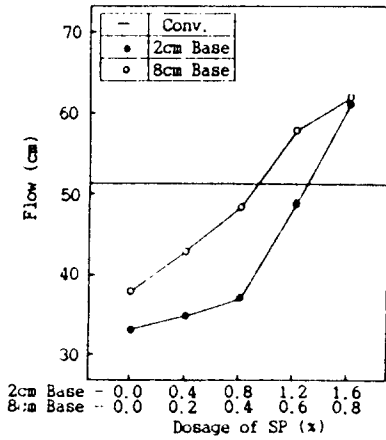


Fig. 4. Variation in initial flow of SPC with different base concrete in consistency

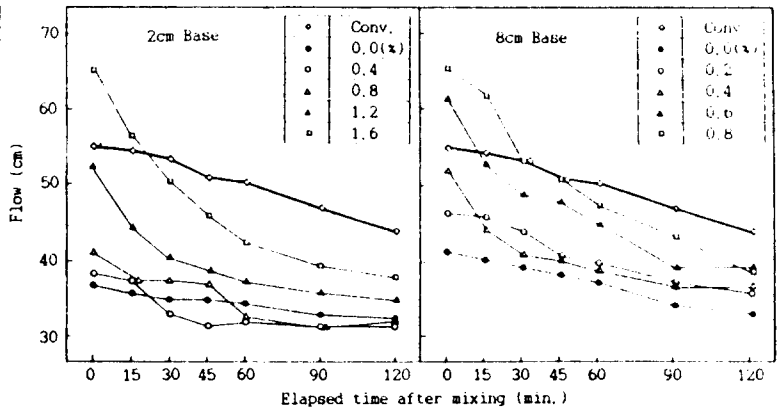


Fig. 7. Flow loss of SPC with different base concrete in consistency

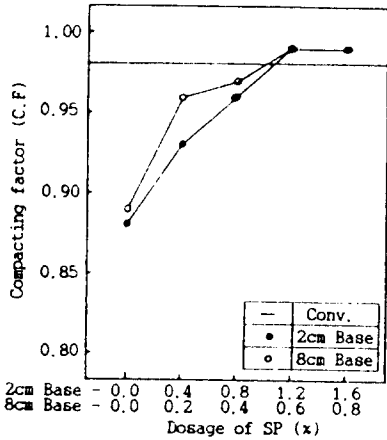


Fig. 5. Variation in initial compacting factor of SPC with different base concrete in consistency

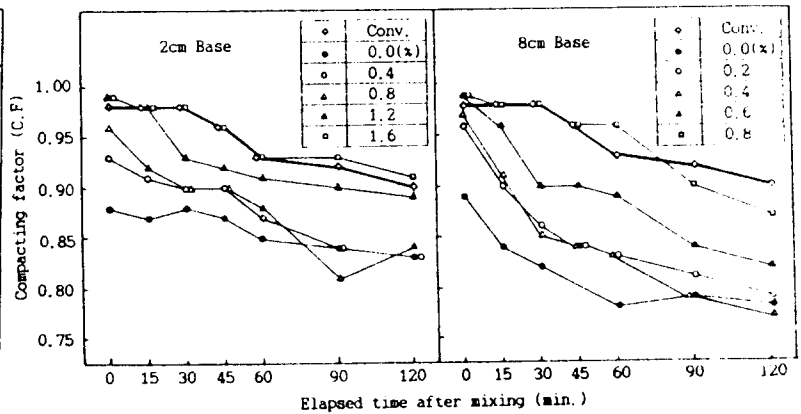


Fig. 8. Compacting factor loss of SPC with different base concrete in consistency

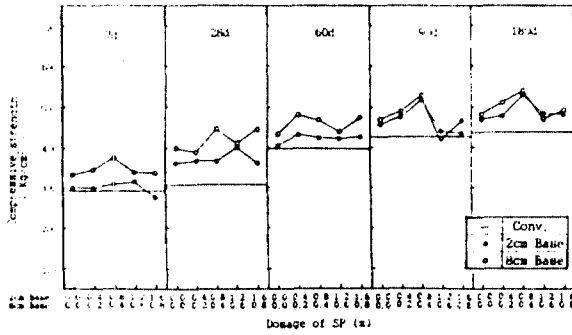


Fig. 9. Change in compressive strength of SPC with different base concrete in consistency

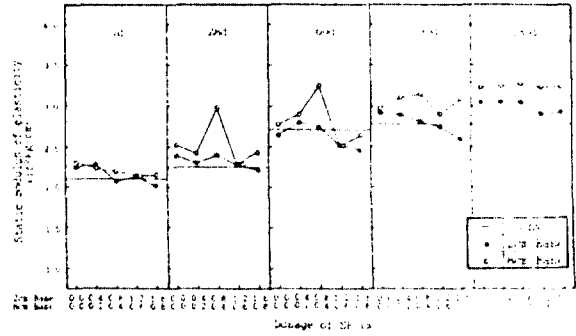


Fig. 11. Change in static modulus of elasticity of SPC with different base concrete in consistency

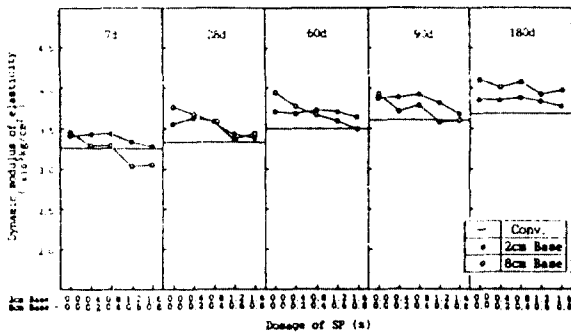


Fig. 10. Change in dynamic modulus of elasticity of SPC with different base concrete in consistency

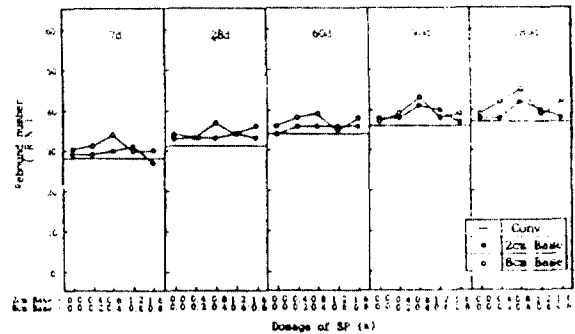


Fig. 12. Change in rebound number of SPC with different base concrete in consistency

3.2 硬化콘크리트의 物性 및 工學的 特性

Fig. 9는 베이스콘크리트의 施工軟度別 流動化콘크리트의 壓縮強度를 재령에 따라 나타낸 것이다. 全般的인 傾向은 既存의 研究報告와 같이(2)8)9) 된비빔 및 중간비빔 베이스콘크리트의 경우 모두 동일 물시멘트비의 콘벤셔널콘크리트의 壓縮強度에 비해 10~25% 정도 增進됨을 나타내고 있으며, 베이스콘크리트에 비해 각 流動化콘크리트의 경우가 보다 良好한 強度를 발현하고 있어 SP제의 高分散性能에 따른 流動化 效果 및 다짐성의 向上이 콘크리트의 품질에 유효하게 작용한 것으로 판단된다.

또한, 된비빔 베이스콘크리트의 경우에 비해 중간비빔 베이스콘크리트의 경우가 약간 큰 強度를 發現하고 있으나 SP제의 過多添加에 따른 惡影響도 보이고 있어 品質管理에 유의하지 않으면 안될 점으로 지적될 수 있다.

Fig. 10은 Fig. 9와 동일 조건의 動彈性係數를 도기한 것으로 대체적으로 콘벤셔널콘크리트에 비해 베이스 및 유동화콘크리트의 경우가 높은 동탄성계수치를 나타내나 SP제의 添加率 이 많아질수록 약간 減少하는 경향이며 중간비빔 베이스콘크리트의 경우는 유동화시 다소 낮은 값을 나타내고 있어 耐久性 側面의 문제점으로 지적될 우려가 있으므로 공기연행제의 혼용이 필요할 것으로 사료된다.

Fig. 11은 靜彈性係數의 변화를 도기한 것으로 SP제의 첨가율에 따라 다소 차이는 있지만 대체적으로 된비빔 베이스콘크리트의 경우에 비해 중간비빔 베이스콘크리트의 경우가 큰 값을 나타내고 있다.

Fig. 12는 콘크리트 品質管理를 위한 非破壞試驗 特性 가운데 하나인 反撥度의 變化를 도기한 것으로 壓縮強度의 변화상과 거의 유사한

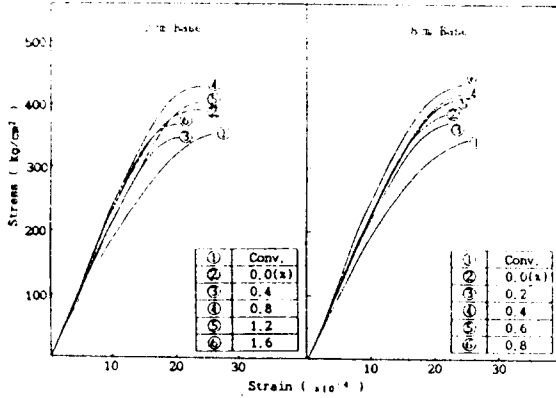


Fig. 13. Stress-strain curve of concrete at 28 days

경향을 보이고 있다.

Fig. 13은 재령 28일에 있어서 각 콘크리트의 應力-變形度 曲線을 나타낸 것으로 콘벤셔널콘크리트에 비해 베이스 및 유동화콘크리트 경우의 기울기가 급하게 나타났으나 베이스콘크리트의 시공연도에 따른 유의할만한 차이는 없는 것으로 보인다.

4. 結 論

베이스콘크리트의 施工軟度에 따른 流動化콘크리트의 施工性 및 工學的 特性을 實驗的으로 비교 분석한 이상의 결과를 종합하면 다음과 같다.

1) 空氣量의 비교에서는 된비빔 베이스콘크리트의 경우가 중간비빔 베이스콘크리트의 경우보다 약간 상회하는 경향이나 1% 내외로 유의할 만한 정도는 아닌 것으로 나타났다.

2) 블리딩의 비교에서는 두 경우 공히 流動化콘크리트의 블리딩양이 콘벤셔널콘크리트의 블리딩양보다 현저하게 적게 나타났으며, 된비빔 베이스콘크리트의 경우는 添加率의 增加와 함께 약간 上昇하는 반면 중간비빔 베이스콘크리트의 경우는 添加率의 增加에 따라 점차 減少하는 것을 보였다.

3) SP제의 適正 添加率은 조합에 따라 다소 차이는 있겠지만 초기 슬럼프 중대를 기준으로 중간비빔 베이스콘크리트의 경우 된비빔 베이스콘크리트의 경우의 약 1/2정도로 나타났으며, 流動化콘크리트에 있어서는 워커빌리티의

經時變化가 급격하게 저하되고 있어 施工管理時 유의하여야 할 점으로 판단된다.

4) 流動化콘크리트의 壓縮強度 發現性狀은 既存의 研究와 유사하게 콘벤셔널콘크리트보다 양호하게 나타났으며, 된비빔 베이스콘크리트의 경우에 비해 중간비빔 베이스콘크리트의 경우가 약간 크게 발현되고 있으나 SP제의 過多 添加에 따른 惡 影響도 나타났다.

5) 動彈性係數에 있어서 된비빔 베이스콘크리트의 경우는 流動化에 따른 유의할 만한 변화가 없었으나 중간비빔 베이스콘크리트의 경우는 流動化에 따라 약간 減少되는 경향이고, 靜彈性係數 및 反撥度의 경우는 壓縮強度 性狀과 유사한 경향을 보였으며, 應力-變形度 曲線에 있어서는 콘벤셔널콘크리트에 비해 베이스 및 유동화콘크리트의 경우 기울기가 급하게 나타났으나 베이스콘크리트의 施工軟度에 따른 유의할 만한 차이는 없는 것으로 사료된다.

參 考 文 獻

- 1) 小川鑑, 流動化 콘크리트 工法, 理工圖書, 1980, pp. 1~5
- 2) P. Kumar Mehta, Concrete, Prentice-Hall, 1986, pp. 256~258
- 3) ACI, Superplasticizers in Concrete, SP-62, 1979
- 4) ACI, Developments in the Use of Superplasticizers, SP-68, 1981
- 5) 大韓建築學會, 建築工事標準示方書, 1988
- 6) 日本建築學會, 流動化 콘크리트 施工指針案·同解説, 1983
- 7) 金武漢, 構造材料實驗 方法論, 학문사, 1984
- 8) 宋河永, 金武漢 外, 流動化콘크리트의 施工性 및 工學的 特性에 미치는 베이스콘크리트의 調合 條件에 관한 基礎的 研究, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집 제3권 1호, 1991, pp. 29~32
- 9) 趙헌영 외, 國內에서 流通되고 있는 β -NSF계 高性能減水劑의 性能比較, 콘크리트학회지 제3권 4호, 1991, pp. 125~132