

流動化콘크리트의 施工性向上 및 強度特性에 관한 基礎的 研究 (I)

(제 1 보 . 아직 굳지 않은 콘크리트의 유동화성상을 중심으로)

A Fundamental Study on the Workability Improvement and Strength Properties of Superplasticized Concrete (I)

(Part 1, In the Case of Fluidity Performance and Properties of Fresh Concrete)

金 武 漢* ◦ 權 寧 璉**

Kim, Moo Han Kwon, Young Jin

ABSTRACT

The effect of superplasticizing agents on the workability performance in fresh concrete have been analyzed and investigated under various mix proportions of water cement ratio of 0.40, 0.50, 0.60 and 0.70, superplasticizing agents of NL-4000 and Rheobuild-716, and addition rate of sp. agents of 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 in the practical range.

It is the aim of this study to provide the fundamental data on the fluidity performance and workability improvement of superplasticized concrete such as time-dependent change of slump, flow value and compacting factor, air content, bleeding, mixing temperature and setting rate of fresh concrete comparing with base concrete and conventional concrete for the practical use and research data accumulation of superplasticized concrete in the side of development of concrete construction technology and management.

1. 序 論

최근 建築施工技術 및 管理技法의 발달에 따라 콘크리트 펌프공법을 비롯한 콘크리트공사의 기계화 시공과 시스템정비에 따라 건축구조물의 콘크리트 공사에서 종래와 같은 묽은비빔콘크리트와 동일한 施工性을 유지하면서 된비빔콘크리트에 가까운 工學的인 性能 및 品質을 갖춘 콘크리트의 개발이 큰 문제로 대두되고 있다. 또한 콘크리트공사에 있어서 콘크리트의 조강화, 경량화 및 고강도화는 상당히 중요한 과제로 등장하여 구미 및 일본에 있어서는 高性能減水劑의 강한 減水作用¹⁾에 착안하여 고유동화에 의한 작업성 및 시공성의 향상뿐만 아니라 조기강도화 및 고강도화를 기함으로서 콘크리트구조물의 시공에 있어서 경제성향상에 많은 진전을 가져왔다. 반면 국내에 있어서는 고성능감수제의 성능 및 효과에 관한 기초적인 연구도 미흡한

상태로 일부에서 단편적으로 행하여져 왔으며 시공실적에 대한 경험축적이나 연구데이터도 미비한 실정이다.

본 연구는 콘크리트의 유동화효과를 중심으로 고성능감수제를 사용한 유동화콘크리트의 고유동화성능 및 특성에 의한 콘크리트의 시공성향상 및 경화콘크리트의 조기강도 및 고강도효과등의 강도특성에 관한 기초적인물성을 실험적으로 구명하는데 그 목적이 있으며 본 보고는 아직 굳지않은 콘크리트의 유동화성상에 관한 실험 결과이다.

2. 實驗計劃 및 實驗方法

표 2. 고성능감수제의 물리적 성질

SP제종류	유형	색 상	주 성 분	독성	P.H.	비 중
NL-4000	액상	담갈색	High condensation triazine	無	7-9	1.13 ± 0.07
Rheobuild-716	액상	흑 색	Synthetic polymers	無	-	1.10

표 1. 실험 계획

W/C (%wt)	SP. 제 종 류	Slump (cm)	SP 제 첨 가율 (%)	아직 굳지 않은 콘크리트 시험					유동화콘크리트의 슬럼프, 플로우, 다짐계수(C·F)치의 경시변화(분)								경화콘크리트의 단위용적 중량, 압축강도, 동탄성 계수, 정탄성계수, 응력 변형곡선 시험 (일)
				슬럼프 (cm)	공기량 (%)	비빔온 도(°C)	브리딩 (%)	0	15	30	45	60	90	120			
40	NL-4000 (NL이라 약함)	18	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7, 28, 60	
50		2	0.0														
60	Rheobuild-716 (RH라약함)	2	0.5														
		1.0															
		1.5															
70		2.0															

* 정희원 · 충남대 건축공학과 교수 · 공박 ** 충남대 건축공학과 · 박사과정

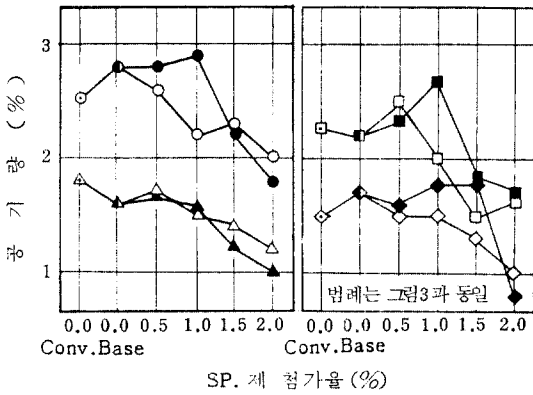


그림 2. 물시멘트비, SP제종류 및 첨가율별 공기량의 변화

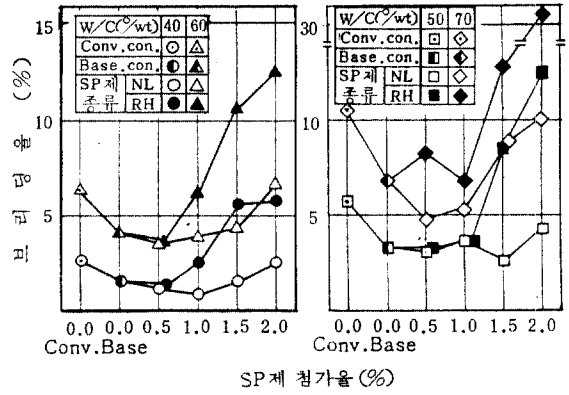


그림 3. 물시멘트비, SP제종류 및 첨가율별 브리딩율의 변화

제첨가율 0.0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%의 유동화콘크리트를 제작하였다. 그리고 각 실험요인 및 수준별로 공기량, 브리딩율, 비빔온도, 슬럼프, 플로우, 다짐계수등의 아직궁지않은 콘크리트의 물성을 측정 한후 유동화콘크리트의 슬럼프, 플로우, 다짐계수등의 경시변화를 SP제 첨가직후, 15분후, 30분후, 45분후, 60분후, 90분후, 120분후에 각각 측정하여 콘벤셔널콘크리트(Conventional concrete) 및 베이스 콘크리트(Base concrete)와 상호 비교·검토하고 경화콘크리트의 압축강도, 동탄성계수, 정탄성계수등을 7일, 28일, 60일의 소정의 재령까지 양생한 후 측정하였다.

2.2 使用材料

본시험에 사용된 고성능감수제는 표 2와 같은 NL-4000과 Rheobuild-716의 2종류를 사용하였고, 시멘트는 국내 S사의 보통포틀랜드시멘트로 그 물리적 성질은 표 3과 같다. 또한 골재는 표 4와 같은 강모래, 상자갈을 사용하였으며 그 입도곡선은 그림 1과 같다.

2.3 콘크리트의 調査·供試體의 製作 및 各種 試驗方法

콘벤셔널콘크리트 및 베이스콘크리트의 조합은 일본 건축학회 「콘크리트 조합설계·조합관리·품질검사 지침안·동해설」²⁾ 및 「유동화콘크리트 시공지침안·동해설」¹⁾의 참고조합표를 기초로 각각 슬럼프 18cm 및 2cm를 목표로 시험비빔을 행하여 표 5와 같이 결정하였다. 콘크리트의 비빔은 베이스콘크리트 및 콘벤셔널콘크리트는 3분비빔(1분비빔 - 1분휴지 - 2분비빔)을 채용하였고 유동화콘크리트의 제조는 베이스콘크리트 제조후 고성능감수제를 첨가하여 2분간 재비빔을 행하였으며, 비빔후의 콘크리트는 10φ × 20cm의 실린더몰드로 제작하여 소정의 재령까지 20 ± 3°C 수중표준양생을 목표로 하였다. 또한 본실험에 사용된 각종시험방법은 각 규준에 준하여 행하였다.³⁾

3. 實驗結果 및 考察

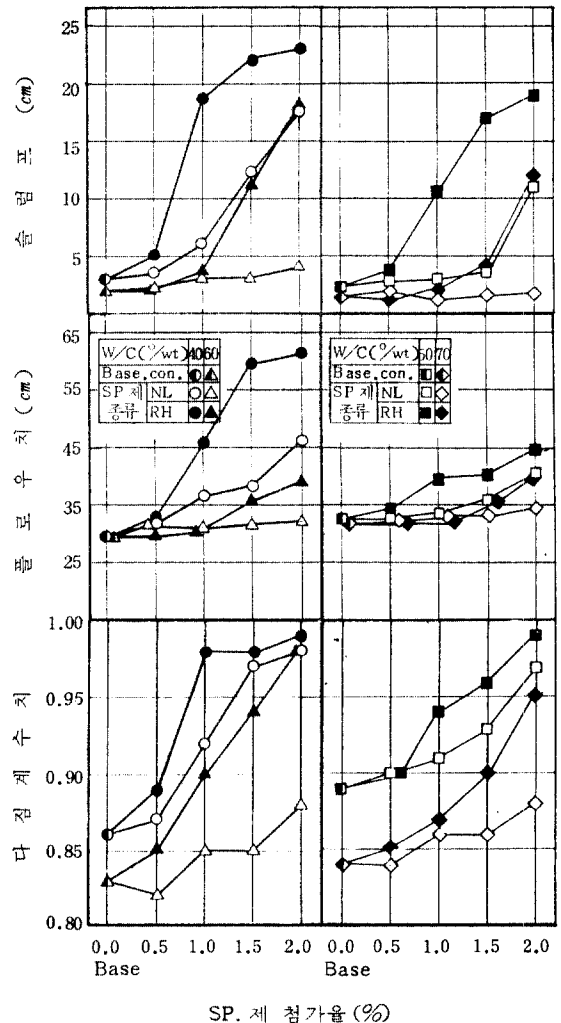


그림 4. 물시멘트비·SP제종류 및 첨가율별 초기슬럼프치, 초기플로우치, 초기다짐계수치의 변화

3.1 아직굳지않은 콘크리트의 物性

3.1.1 물시멘트비·SP제종류 및 첨가율별 공기량의 변화

표 6 은 아직굳지않은 콘크리트의 시험결과로 각 물시멘트·고성능감수제 종류 및 첨가율별로 아직굳지않은 콘크리트의 물성과 콘크리트의 유동화성능 및 효과

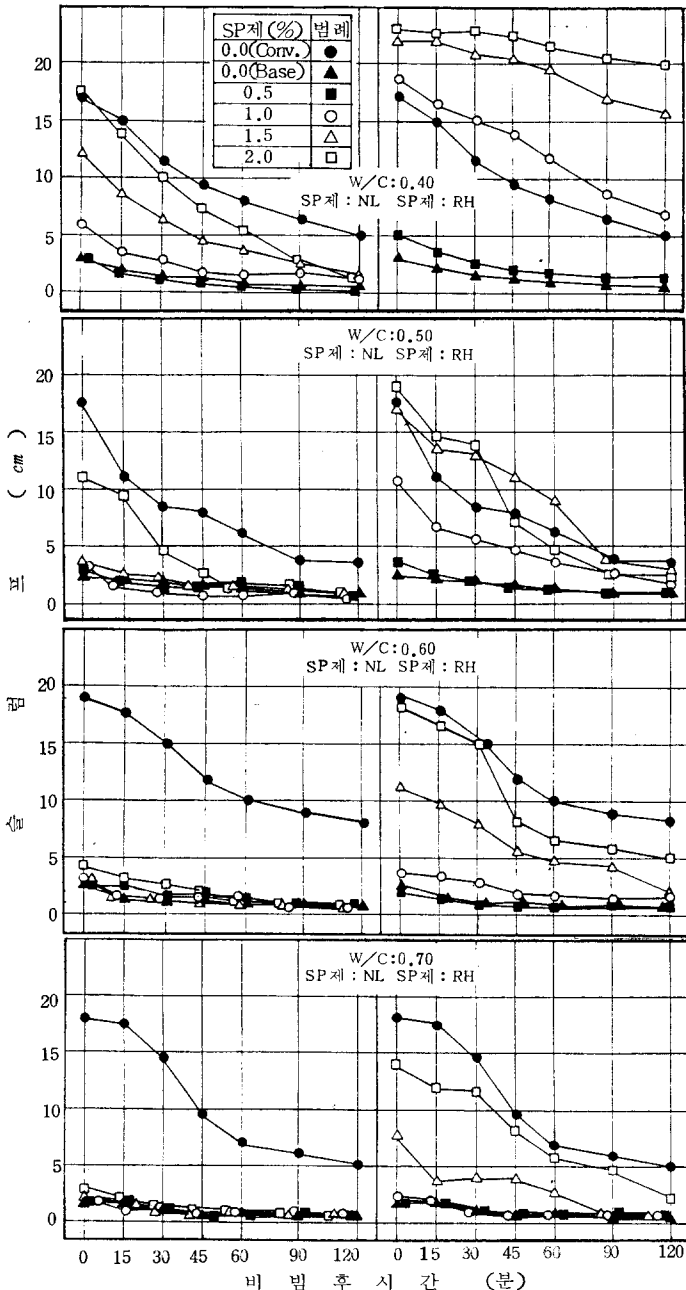


그림 5. 물시멘트비·SP제종류 및 첨가율별 슬럼프치의 경시변화

를 정성적·정량적으로 비교·검토하기 위하여 슬럼프치, 플로우치, 다짐계수치의 경시변화를 경시시간별로 120분까지 측정한 결과이다.

물시멘트비·SP제 종류 및 첨가율별 공기량의 연행 상태를 보여준 그림 1 에 의하면 일반적으로 물시멘트비 40%, 50%에서, 60%, 70%의 경우보다, 고성능감수제, RH의 경우가 NL보다 첨가율 1.0%까지 공기연행성이 큰 영향을 보이고 또한 고성능감수제의 종류에 관계없이 첨가율이 1.5% 및 2.0%로 증가될수록 50%의 NL의 경우를 제외하면 일반적으로 공기량감소현상이 나타나고 있음을 알 수 있다. 이것은 고성능감수제는 본래 氣泡作用이 없으므로 첨가량을 증가시켜도 콘크리트의 공기연행에는 거의 영향을 미치지 않음으로서 이점이 고강도용 감수제로서 중요한 성질로 인정되어온 것과는 다른 현상으로 일반적으로 유동화제 첨가후의 공기량이 시멘트의 분산, 재비빔등에 의해 감소하는 경향이 있다는 연구보고¹⁾와 일치하고 있으며 이로 인해 소요의 공기량을 확보하기 위해서는 보조적으로 AE제등을 첨가하는 것이 좋을 것으로 생각된다.⁴⁾

3.1.2 물시멘트비·SP제의 종류 및 첨가율별 브리딩율의 변화

그림 3은 물시멘트비, 고성능감수제 종류 및 첨가율에 따른 콘크리트의 브리딩율을 나타낸 것으로 NL의 경우 물시멘트비 40%, 50%, 60%, 70%의 모든 경우에 있어서 첨가율 1.5%까지 브리딩율이 베이스콘크리트와 거의 같은 정도이고 첨가율 2.0%에 있어서는 약간 증대하는 경향을 보이나 콘벤셔널콘크리트와 같은 수준을 보이고 있다.

반면 RH의 각물시멘트비에 있어서 50%와 70%의 0.5%를 제외하면 대체적으로 브리딩이 베이스 및 콘벤셔널보다 현저하게 증가하고 있어 철근과의 부착강도, 수밀성, 내구성면에서 큰 저해요인이 될것으로 예상된다.^{5) 6)}

3.1.3 물시멘트비 SP제의 종류 및 첨가율에 따른 초기슬럼프, 플로우, 다짐계수의 변화

그림 4는 물시멘트비·고성능감수제 종류 및 첨가율별 초기슬럼프, 플로우, 다짐계수의 변화를 보여 주는 것으로 물시멘트비 및 고성능감수제의 종류에 따라 큰 차이가 있

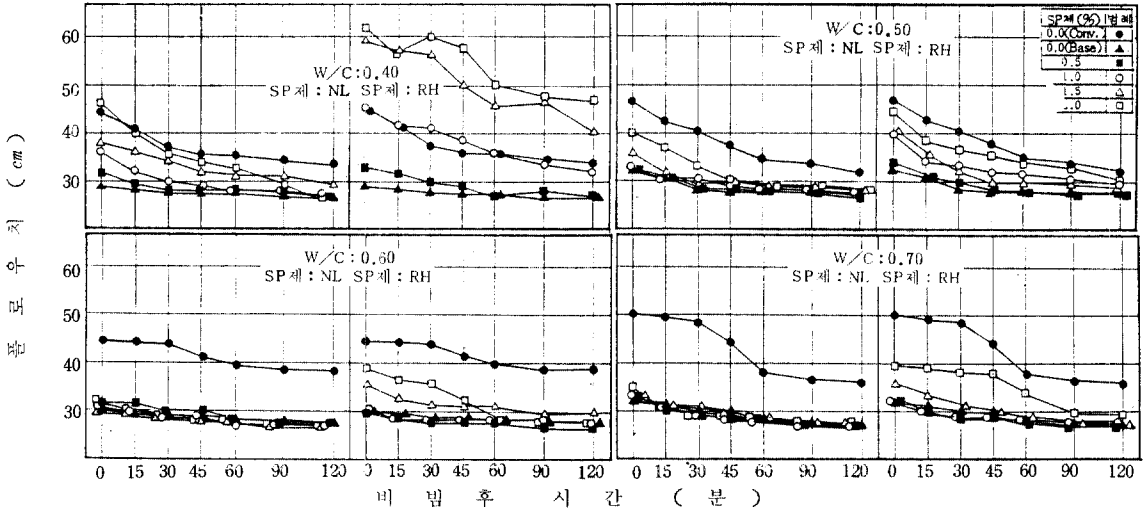


그림 6. 물시멘트·SP제 종류 및 첨가율별 플로우치의 경시변화

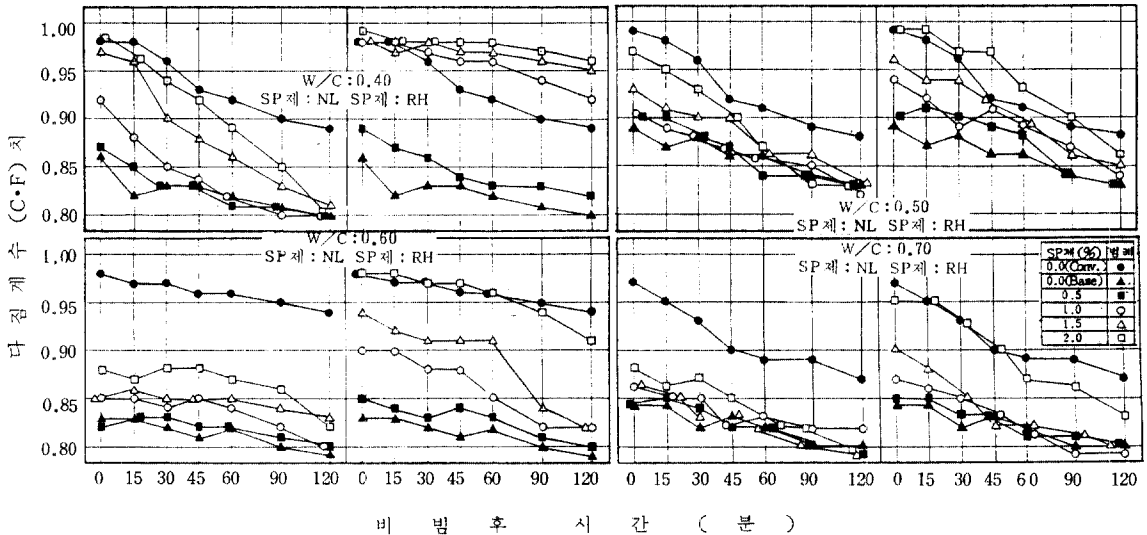


그림 7. 물시멘트비·SP제 종류 및 첨가율별 플로우치의 경시변화

음을 알 수 있다. 즉 NL의 경우, 물시멘트비 40%에서 첨가율이 증가함에 따라 슬럼프가 크게 증진하고 있어 분산성능이 우수한 것으로 보여지고 있으나 물시멘트비 50%, 60%, 70%의 경우에는 슬럼프증진의 정도가 아주 미약한 것으로 나타나고 있고, 또한 물시멘트비가 증가할수록 그 정도가 크게 나타나고 있어 큰 대조를 보이고 있다. 반면 물시멘트비 50% 이상의 RH의 경우는 NL과 달리 슬럼프가 크게 증진하고 있고 물시멘트비가 적어짐에 따라 슬럼프증진효과가 크게 나타나고 있으며 또한 물시멘트비 40%에 있어서도 NL보다 슬럼프가 크게 높아 동일첨가시 NL보다 더욱 우수한 분산성능을 기대할 수 있으나 반면 물시멘트비 40%의 RH의 경우, 첨가율 1.5% 및 2.0%

에서는 골재분리현상이 현저하게 나타나고 있어 적정범위를 초과하면 과도한 블리딩, 응결지연, 골재분리 등 콘크리트품질에 악영향을 미친다는 연구보고^{4) 5)}와 일련의 관련성이 있다고 보여지며 현재 시판되고 있는 고성능감수제를 정성적·정량적으로 구명할 필요가 있다는 것을 시사해 주고 있다.

또한 물시멘트비·SP제종류 및 첨가율별 초기플로우치는 SP제의 첨가율증가와 더불어 계속 증가하는 경향을 보여주고 있고, 물시멘트비·SP제종류 및 첨가율별 초기다짐계수치는 SP제의 첨가율이 많아짐에 따라 큰 값을 나타내고 있어 콘크리트의 자체다짐효과가 현저히 증가함을 보여주고 있다.

3.1.4 물시멘트비별 SP제의 종류 및 첨가율에

다른 유동화콘크리트의 경시변화

그림 5는 물시멘트비·고성능감수제 종류 및 첨가율 별 경시에 따른 슬럼프의 변화를 나타낸 것으로 물시멘트비 40%의 NL의 경우, 일반적으로 첨가율이 증가할수록 초기슬럼프가 증가됨에 따라 슬럼프로스가 크게 나타나고 있으며 일반적으로 콘벤셔널콘크리트보다 유동화콘크리트가 슬럼프로스가 큰것으로 나타나고 있다. 또한 물시멘트비 50% 이하의 경우에는 첨가율에 따른 시멘트입자 분산능력의 저하에 기인한 초기슬럼프의 미약한 증진으로 큰슬럼프로스 현상은 나타나지 않고 있다. 반면 RH에 있어서 물시멘트비 40%의 경우, 첨가율 1.5% 및 2.5%에서 슬럼프로스가 콘벤셔널콘크리트보다 더욱 완만하게 나타나고 있고, 물시멘트비 50% 이하의 경우에는 이와 달리 슬럼프가 물시멘트비 40%에 비해 상대적으로 크게 저하하나 초기슬럼프치가 콘벤셔널과 비슷한 경우에는 콘벤셔널콘크리트의 슬럼프로스와 거의 같은 수준으로 저하하고 있는것을 알 수 있다.

이상을 종합하여 보면 콘크리트의 슬럼프로스는 고성능감수제의 종류, 첨가율, 콘크리트의 조합조건 등에 따라 큰 차이를 보이고 있으며 특히 고성능감수제 RH의 경우, 물시멘트비 40%, 첨가율 1.5% 및 2.0%에서 골재분리현상이 일어났고 몰드제작후 24시간까지 물시멘트비 40%, 50%, 60%의 첨가율 1.5% 및 2.0% 또한 물시멘트비 70%의 2.0%에서 응결지연현상이 나타난 것으로 미루어 볼때 고성능감수제 RH는 시멘트분산능력은 극히 우수하나 적정범위이상 다량으로 첨가하게 되면 시멘트입자에 흡착하여 시멘트와 물의 접촉을 차단하고 일시적으로 수화를 늦추는 지연작용이 강한 고성능감수제로 판단된다. 따라서 고성능감수제 RH를 1.5% 이상 첨가하게 되면 부배합일수록 골재분리 및 응결지연현상이 심화되고 더욱 콘크리트의 품질, 특히 조기강도발현에 큰 문제가 있을 것으로 생각된다.^{7) 8) 9)}

그림 6과 그림 7은 플로우로스 및 다짐계수르스를 나타내 주는 것으로 일반적으로 슬럼프로스와 비슷한 경향을 보여주고 있으며 특히 다짐계수의 경우, 슬럼프가 아주 적은 경우에 다짐난이도의 정도를 측정하는데 유효할 것으로 판단된다.

4. 결 론

고성능감수제를 사용한 유동화콘크리트의 시공성 향상 및 강도특성에 관한 실험적 연구의 일환으로 각 실험요인 및 수준을 설정하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 물시멘트비가 적을수록 즉 40% 및 50%에서 60% 및 70%보다 공기연행성이 큰 경향을 보이고 있으며 SP제의 종류에 관계없이 첨가율이 1.5% 및 2.0%로 증가될수록 공기량연행의 감소현상이 현저하며

리당율은 SP제 NL의 경우, 첨가율 1.5%까지 베이 스펙콘크리트와 거의 같은 수준이고 첨가율 2.0%에서는 약간 증대하는 경향을 보여 콘벤셔널콘크리트와 같은 수준을 보이고 있으나, RH의 경우 각물시멘트비에 있어서 첨가율 0.5% 및 1.0%를 제외하면 브리당율이 베이스 및 콘벤셔널콘크리트보다 현저하게 증가하고 있다.

2) SP제 NL의 경우, 물시멘트비 40%에서 첨가율이 증가함에 따라 초기슬럼프가 크게 증진하고 있으나 50%, 60%, 70%의 순으로 물시멘트비가 커질수록 슬럼프증진의 정도가 아주 미약한 반면 RH의 경우는 상대적으로 슬럼프증진효과가 크고, 동일첨가시 우수한 분산능력을 기대할 수 있으나 물시멘트비 40%의 RH의 경우 첨가율 1.5% 및 2.0%에서 골재분리현상이 현저하게 나타나 첨가율의 적정범위가 시공성 및 작업성에 중요함을 시사하고 있다.

3) 유동화콘크리트의 유동화효과 특성 및 경시변화는 SP제 NL의 경우 물시멘트비 40%에서 유동화효과가 큰것으로 나타나고 있으나 50%, 60%, 70%의 순으로 초기슬럼프 증진의 폭이 아주 미약하여 작업성 및 시공성에 문제가 있음을 시사하는 반면, RH의 경우 50%, 60%, 70%의 순으로 유동화효과가 물시멘트비 40%보다 상대적으로 크게 저하하나 초기슬럼프치가 콘벤셔널콘크리트와 비슷한 경우에는 거의 같은 수준의 슬럼프손실을 보이고 있어 SP제의 종류, 첨가율 및 콘크리트조합조건등의 요인파 수준에 의해서 큰 차이가 있음을 보여주고 있다.

參 考 文 獻

1. 日本建築學會, 流動化コンクリート施工指針案・同解説, 1983, pp. 1 ~ 22.
2. 日本建築學會, 콘크리트의調査設計・調査管理・品質檢査指針案・同解説, 昭51, pp. 145 ~ 192.
3. 金武漢, 構造材料實驗方法論, 學文社, 1982, pp. 194 ~ 270.
4. 金武漢, 高性能減水劑의 應用에 관한 研究(제1보, 콘크리트의 유동화효과를 중심으로) 대한건축학회 논문보고집, Vol.26, No.107, 1982, pp. 64 ~ 69.
5. 日本材料學會, 콘크리트用化學混和劑, 昭44, pp. 104 ~ 150
6. 兒玉和巳, 高性能減水劑의 메카니즘, 세멘트·콘크리트, No.427, 1982.9, pp. 8 ~ 16.
7. Ravindra, K. Dhir & Andrew W. F. Yap, Superplasticized high workability concrete, some properties in the fresh and hardened states, Mag. of concrete research, Vol. 35, No.125.(1983.12), pp.214 ~ 228.
8. 岡田英三郎, スランプロス・流動化コンクリートの應用, 세멘트·콘크리트, No.480, Feb., 1987, pp.32~37.
9. 友澤史紀, 福士 勳, 流動化コンクリートの 現状と問題點, 콘크리트工學, Vol.16, No.8, 1978.8, pp. 1 ~ 7.