

高性能減水劑를 사용한 碎石콘크리트의 流動化性能 및 工學的特性 에 관한 實驗的 研究

An Experimental Study on the Fluidity Performance and Engineering
Properties of Crushed Stone Concrete Using Superplasticizers

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

ABSTRACT

The effect of superplasticizers on the fluidity performance in fresh concrete and physical properties in hardened concrete have been analyzed and investigated under mix proportions of water cement ratio of 0.4, 0.6, crushed stone aggregates, and addition rates of superplasticizers of 0.0, 0.5, 1.0 and 1.5 in the practical range.

It is the aim of this study to provide the fundamental data on the workability improvement and engineering properties of crushed stone concrete using superplasticizers comparing with conventional concrete for the practical use and research data accumulation of superplastized concrete.

1. 序 論

콘크리트 수요의 급증으로 인한 양질의 天然骨材 부족 및 고갈현상이 심화됨에 따라 그 使用量이 점점 증가하고 있는 碎石콘크리트는 強度特性상 유리한 점을 갖고 있음에도 불구하고 콘시멘스 및 펄파빌리티의 확보등 作業性側面의 불량함을 改善하기 위해 무분별한 單位水量, 單位시멘트량 및 細骨材率의 증대를 유발하고있어 매스콘크리트 또는 주요구조용 콘크리트의 경우 큰 문제점으로 지적되고 있다.¹⁾²⁾

本 研究는 이러한 碎石骨材콘크리트의 효과적인 활용방안의 일환으로서 高性能減水劑(이하 SP제라 칭함)의 適用性³⁾⁴⁾⁵⁾을 분석검토하고자 강자갈콘베서날콘크리트(이하 NC콘크리트라 칭함)와 동일조합인 갠자갈베이스콘크리트를 기준으로 물시멘트비 및 SP제 첨가량에 따른 갠자갈유동화콘크리트의 基礎的 性狀을 實驗的으로 究明하는데 그 目的이 있다.

2. 實驗概要 및 方法

2.1 實驗計劃

SP제를 사용한 갠자갈콘크리트의 流動化性能 및 工學的特性을 비교 검토하기 위한 本 研究의 實驗計劃은 表 1과 같다.

2.2 使用材料, 콘크리트 調合 및 製造

本 實驗에 사용한 시멘트, 골재 및 SP제의 物理的 性質은 각각 表 2, 3, 4와 같고 콘크리트의 調合은 목표슬럼프 18 cm 를 기준으로 참고조합표²⁾³⁾를 이용한 수차의 시험비법에 의해 表 5와 같이 정하였다. 여기서 NC콘크리트와 同一調合의 묽은골재를 쇄석으로 대체한후 단위수량 및 단위시멘트량을 점증시켜 보통

의 묽은비빔콘크리트와 유사한 슬럼프 18 cm 를 나타낸 경우를 갠자갈콘베서날콘크리트(이하 CC콘크리트라 칭함)調合으로 결정하였으며 NC, CC 및 베이스콘크리트는 3분비빔(1분비빔 - 1분휴지 - 2분비빔)을 채용하였고 流動化콘크리트는 베이스콘크리트를 제조한 직후 SP제를 添加하여 2분간 재비빔을 행하였다. 한편 압축강도시험용 공시체는 10 ϕ × 20 cm, 반발도시험용은 15 ϕ × 30 cm 실린더형물체를, 방사선차폐 시험용은 두께 5 cm × 가로 15 cm × 세로 15 cm 의 물체를 작제하여 각 측정재령까지 20 ± 3 °C의 수중표준 양생을 실시하였다.

2.3 實驗方法

本 實驗에서 실시한 각종 試驗方法은 KS를 비롯한 각 규준에 의한 표준적인 방법을 따라 행하였으며 수화열에 의한 단열온도 상승측정은 독일 T社의 Adiabatic Calorimeter 를 이용하여 120시간 측정하였으며 방사선차폐측정은 선원(Co-60r 선 1 Ci 급)에서 발생한 방사선이 차폐체가 없는 경우와 있는경

表 1. 實驗計劃

要 因	水 準
물시멘트비 (%wt)	40, 60
목표슬럼프 (cm)	18
콘크리트의 종류	콘베서날, 베이스, 유동화
SP제첨가율(%wt)	0.0, 0.5, 1.0, 1.5
아직굳지않은 콘크리트시험	콘시멘스시험 기 타 시 험
경 화 콘크리트시험	슬럼프, 플로우 공기량, 단위용적중량, 수화열 측정재령(일) 7, 28, 60, 90, 180
측 정 항 목	압축강도, 동탄성계수, 반발도, 단위용적중량, 초음파속도, 방사선차폐

* 정희원, 대전공업대학 조교수, 충남대학원 박사과정
** 정희원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공박

表 2. 시멘트의 物理的 性質

종 류	비중	분말도 (cm^2/g)	응결(h-m)		안정성	압축강도(kg/cm^2)		
			초결	종결		3일	7일	28일
보통포틀랜드 시멘트	3.15	3,240	5-06	7-20	양호	194	261	323

表 3. 骨材의 物理的 性質

구분	입 경 (mm)	조립율 (F.M)	표 건 비 중	흡수율 (%)	실적율 (%)	단위용적중량 (kg/l)	비고
강모래	2.5	2.49	2.56	1.63	59.6	1.527	심천산
강자갈	20	6.69	2.57	2.40	67.9	1.705	심천산
갠자갈	20	6.74	2.84	1.26	59.2	1.680	-

表 4. 高性能減水劑의 物理的 性質

종 류	유형	색상	주성분	특성	P.H.	비중
NL-4000	액상	담갈색	고 축 합 트리아진	무	7~9	1.13 ± 0.07

表 5. 콘크리트의 調査

w/c (%wt)	조골재 종 류	목 표 슬럼프 (cm)	s/a (% vl)	단위 수량 (kg/m^3)	절대용적(l/m^3)			비고
					시멘트	모래	자갈	
40	강자갈	18	35	221	176	207	386	NC
		18	35	231	183	202	374	CC
	갠자갈	-	35	221	176	207	386	베이스
		-	35	221	176	207	386	베이스
60	강자갈	18	42	213	113	282	382	NC
		18	42	220	117	277	376	CC
	갠자갈	-	42	213	113	282	382	베이스
		-	42	213	113	282	382	베이스

우 각각 1 m 거리의 Detector 에 감지되는 방사선 조사선량을 측정하여 그 효과를 검토하였다.

3. 實驗結果 및 考察

3.1 아직금지않은 콘크리트의 物性 및 流動化性狀

그림 1은 SP제 첨가율에 따른 空氣量의 變化를 도시한 것으로 NC 및 CC 콘크리트에 비해 베이스콘크리트의 경우가 약간 증가하나 SP제 첨가량이 많아질수록 점차 감소하고 있으며 W/C 40% 경우 더욱더 커지는 경향을 나타내고 있다. 이러한 경향은 공극율의 저감으로 인해 강도성상에 유리한 측면을 나타낼 것으로 사료되나 耐久性側面의 적절한 공기연행의 필요성을 시사하고 있다.

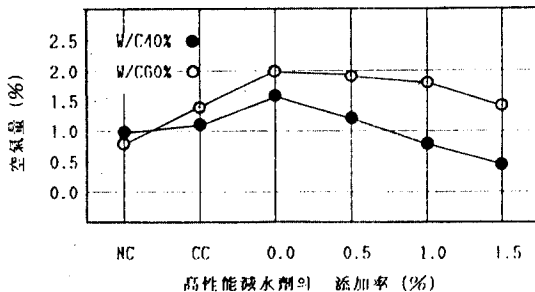


그림 1. SP제 첨가율에 따른 공기량의 변화

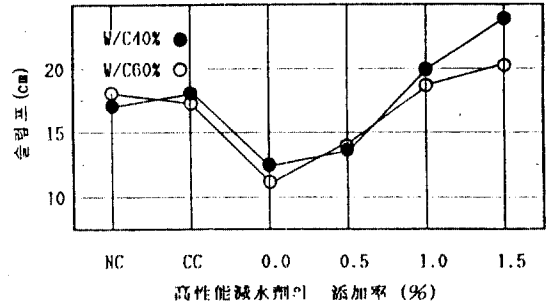


그림 2. SP제 첨가율에 따른 슬럼프의 변화

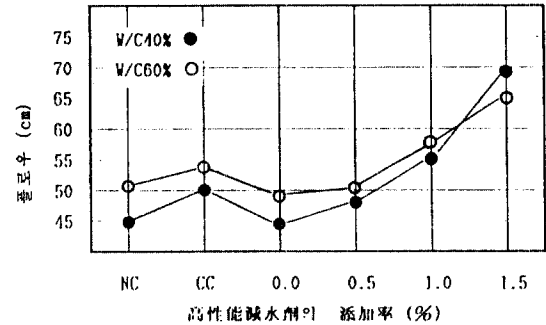


그림 3. SP제 첨가율에 따른 플로우의 변화

그림 2는 SP제 첨가율에 따른 슬럼프의 變化를 나타낸 것으로 NC 콘크리트에 비해 同一調合의 갠자갈 콘크리트는 약 30%의 슬럼프저하를 보이지만 조합조건별로 다소의 차이는 있으나 SP제 첨가율 1.0%에 의해 동일수준의 콘시멘트사로 회복되는 것을 알 수 있다. 한편 W/C 60%의 경우에 비해 40%의 경우가 SP제첨가율에 따른 슬럼프증가정도가 더욱 커질 것으로 예상되고 있어 단위시멘트량 및 베이스콘크리트의 슬럼프와 적정첨가율의 관계에 대한 좀더 심도있는 연구가 요망되고 있다.

그림 3은 SP제 添加率에 따른 플로우의 變化를 나타낸 것으로 슬럼프의 경우와 유사한 경향을 보이고 있다.

3.2 硬化中 콘크리트의 斷熱溫度上昇

그림 4는 콘크리트의 水和熱에 의한 斷熱溫度上昇 變化를 도시한 것으로 實驗條件상 3種類를 각각 측정한 결과 단위시멘트량 $22 kg/m^3$ 의 차이는 수화열에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 보이나, 향후 단위시멘트량을 대폭 감소시킨 된비빔콘크리트를 베이스콘크리트로 한 유동화콘크리트의 경우에 대해서도 다각적인 검토가 진행되어 대규모 구조물의 건설 및 매스콘크리트의 사용중대에 따른 수화열 억제대책을 위한 流動化콘크리트의 활용가능성에 관해 심도있는 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.⁶⁾

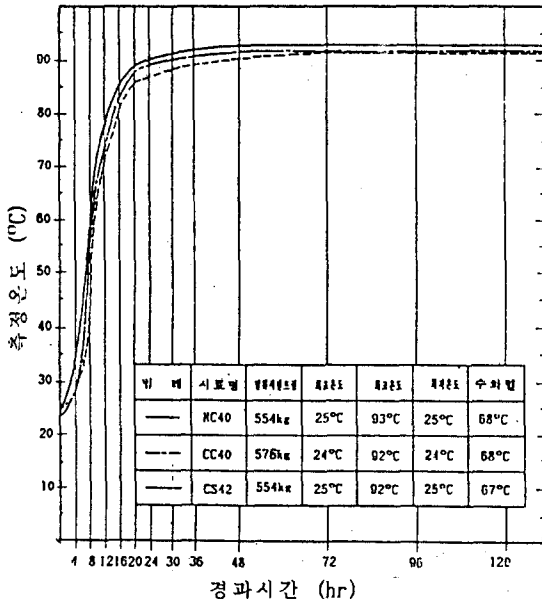


그림 4. 수화열에 따른 단열온도 상승 곡선

3.3 硬化콘크리트의 壓縮強度 및 工學的 特性

그림 5는 재령에 따른 압축강도의 변화를 도시한 것으로 W/C 40%, 60% 공히 NC콘크리트, CC콘크리트, 젠자갈베이스콘크리트 및 유동화콘크리트순으로 높은 압축강도 발현성상을 보이며 단위수량 및 단위시멘트량을 증가시켜 콘시스템을 조절한 CC콘크리트에 비해 유동화콘크리트의 경우가 콘크리트 품질 개선에 있어 유리함을 알수 있으며 이러한 경향은 부조합의 경우가 더욱 심하여 재령 180일의 경우 SP제를 1.5% 첨가한 유동화콘크리트의 압축강도는 554kg/cm²로서 CC콘크리트보다 89kg/cm²정도 더 높은 강도를 발현하고 있다. 한편 유동화콘크리트의 압축강도 발현에 미치는 SP제 첨가량의 영향은 조합조건에 따라 다소 차이가 나타나고 있으나 장기재령으로 갈수록 거의 유사한 경향을 나타내고 있다.

그림 6은 NC콘크리트에 대한 젠자갈콘크리트의 압축강도성상을 비교한 것으로 고강도콘크리트가 될수록 유동화콘크리트의 품질개선효과가 더욱 우수한 것으로 나타나고 있다.

그림 7은 재령에 따른 동탄성계수의 변화를 도시한 것으로 사용골재에 따라 크게 대비되고 있으며 碎石骨材를 사용한 경우에도 調査條件이 다른 CC콘크리트가 약간 적은 값을 나타내나 SP제의 첨가에 의한 유의할 만한 영향은 없는 것으로 보인다.

그림 8은 SP제 添加量에 따른 流動化콘크리트의 방사선 차폐효과를 비교한 것으로 기왕의 연구보고와¹⁾²⁾ 유사하게 특이한 경향은 나타나지 않고 있어 방사선차폐구조물에의 적용에도 큰 문제가 없을 것으로 사료된다.

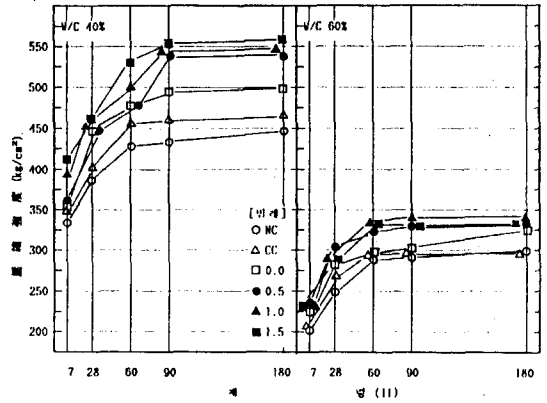


그림 5. 재령에 따른 압축강도의 변화

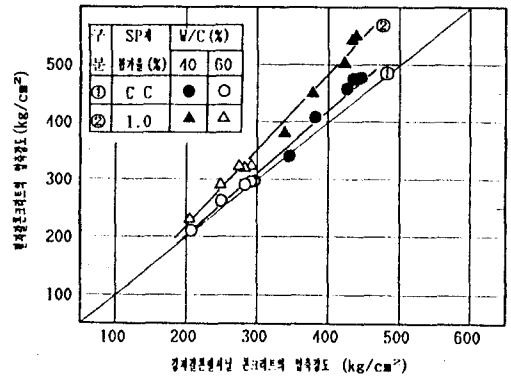


그림 6. NC콘크리트와 젠자갈콘크리트의 압축강도관계

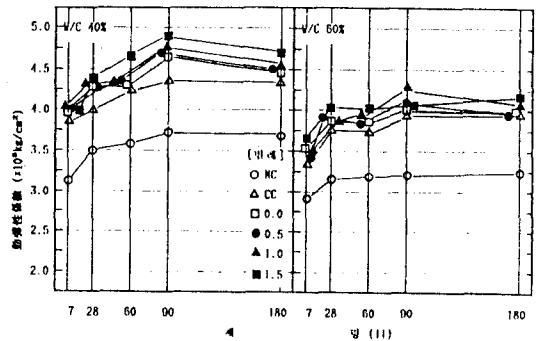


그림 7. 재령에 따른 동탄성계수의 변화

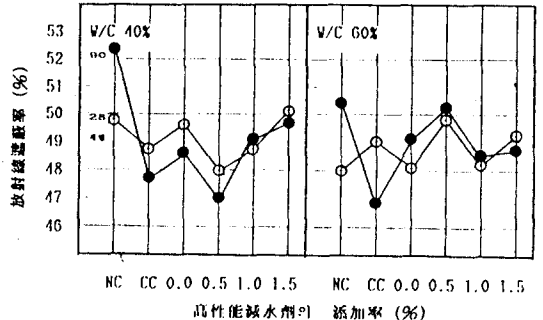


그림 8. SP제 첨가율에 따른 방사선차폐율의 변화

그림 9는 압축강도와 동탄성계수의 관계를 도시한 것으로 骨材種類에 따라 크게 구분되고 있으며, 그림 10은 반발도와 압축강도의 관계, 그림 11은 초음파 속도와 압축강도의 관계를 각각 도시한 것으로 이들 상호

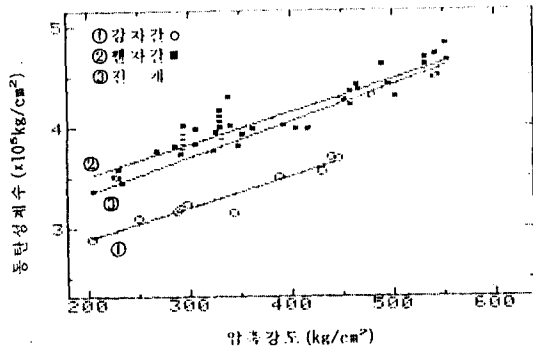


그림 9. 압축강도와 동탄성계수의 관계

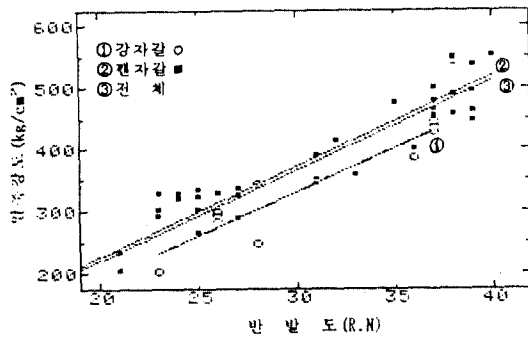


그림 10. 반발도와 압축강도의 관계

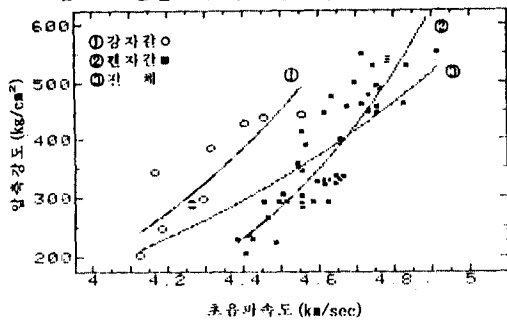


그림 11. 초음파속도와 압축강도의 관계

表 6. 各種 試驗値와 壓縮強度와의 回歸式

구분	압축강도-동탄성계수		반발도-압축강도			초음파속도-압축강도				
	$E_s = (MBR) \times 10^6$		상관 $F_c = A + B \cdot RN$		상관 $F_c = A \times V_p^B$		상관			
	A	B 계수	A	B 계수	A	B 계수	계수			
전체	2,641	3×10^{-9}	0.808	-73.4	14.66	0.333	0.136	5.19	0.707	
W/C	0.4	1,788	3×10^{-9}	0.836	-174.5	17.44	0.808	4.218	3.05	0.764
	0.6	1,942	3×10^{-9}	0.732	23.0	10.53	0.592	2.659	3.14	0.681
골재	강자갈	2,282	3×10^{-9}	0.962	-92.8	14.15	0.940	92×10^{-3}	7.19	0.852
	켄자갈	2,888	3×10^{-9}	0.938	-37.9	14.71	0.945	25×10^{-3}	9.27	0.833

간의 回歸式을 정리한 表 6에서 보는바와 같이 전체적인 상관성은 양호한 편이나 W/C 要因에 의한 영향보다는 骨材 要因에 의한 편이 더욱 양호한 상관성을 나타내고 있어 非破壞 試驗에 의한 壓縮強度의 추정은 使用 骨材에 따라 구분함이 신뢰도를 높일 것으로 사료된다.

4. 結 論

以上の 本 實驗 要因과 水準에 따른 諸物性을 비교 분석한 결과 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 강자갈 콘벤서날콘크리트와 동일조합의 켄자갈 콘크리트는 약 30%의 콘시스턴시저하를 나타내며 본 실험에 사용된 SP제의 경우 1.0%첨가에 의해 동일 수준의 슬럼프치로 회복되었으나 調合條件 및 단위시멘트량에 따른 적정 첨가량에 대해 좀더 심도있는 研究의 필요성이 있다.

2) 대규모 구조물과 매스콘크리트를 위한 콘크리트의 수화열 억제대책의 일환으로 流動化콘크리트를 적용함에 있어서는 단위시멘트량을 대폭 감소시킨 된비 침베이스콘크리트를 사용함이 유용할 것이며, 이에 대한 세부연구가 계속될 필요가 있다.

3) 단위수량 및 단위시멘트량의 증가에 의한 경우보다 SP제의 첨가에 의해 콘시스턴시를 조절한 켄자갈 流動化콘크리트의 경우가 압축강도를 비롯한 콘크리트의 품질개선에 있어 보다 효과적이며 비파괴시험에 의한 압축강도의 추정은 使用 骨材에 따라 구분하는 것이 바람직하다.

4) 켄자갈 유동화콘크리트의 적용에 있어 내구성을 요하는 구조물용 콘크리트의 경우에는 적절한 공기연행이 요구되며 방사선차폐용구조물의 경우에는 골재요인을 제외한다면 SP제의 첨가에 따른 유의할만한 영향은 없는 것으로 사료된다.

參 考 文 獻

1. 中井裕, 新版碎石, 技術書院, 1980, pp.54-64.
2. 金武漢外, 骨材種別에 따른 流動化콘크리트의 施工性 및 強度特性에 관한 實驗的 研究(Ⅲ), 대한건축학회 학술발표논문집 제 8권 1호, 1988, pp.573-576.
3. 日本建築學會, 流動化콘크리트 施工指針案·同解説, 1983.
4. 小川鑑, 流動化콘크리트法, 1980, pp.119-150.
5. R.K.Dhir & A.W.Yap, Superplasticized high-workability concrete, Magazine of Concrete Research Vol.35 No.125, 1983, pp.214-228
6. 日本建築學會, JASS 5N, 1985, pp.89-95
7. 金武漢, 宋河永外, 고성능감수제의 사용에 의한 원전시설용 콘크리트의 물성개선에 관한 기초적연구, 대한건축학회 학술발표논문집 제 8권 2호, 1988, pp.489-492