

고슬럼프 보통강도 콘크리트의 실용화를 위한 시공특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Workability for Practical Use of High Workable and Normal Strength Concrete

정 양 희*
Jung, Yang-Hee

김 용 로*
Kim, Yong-Ro

이 도 범**
Lee, Do-Bum

장 선 근***
Jang, Sun-Ken

Abstract

The purpose of this study is to suggest a reference data for the development of high workable and normal strength concrete using Polycarboxylate superplasticizer and granulated blast furnace slag as concrete admixtures. So in this study, it is quantitatively evaluated the workability, compressive strength, the heat of hydration and dry shrinkage of high workable concrete on normal compressive strength(21~27MPa) for the practical use in construction field.

As a result of this study, it is appeared that the performance of high workable and normal strength concrete is superior than that of ready-mixed concrete of the same strength through the B/P tests in the plants.

키워드 : 고슬럼프 보통강도 콘크리트, 압축강도, 슬럼프, 건조수축, 수화열

Keywords : high workable and normal strength concrete, compressive strength, slump, dry Shrinkage, heat of hydration

1. 서 론

최근 공동주택공사의 규모가 초고층화 및 대단지화 되어감에 따라 구조재료로서 건설현장에서 광범위하게 사용되고 있는 콘크리트의 대량 타설이 일반화되면서 시공 품질을 확보하기 위해 새로운 단계의 콘크리트 품질 및 성능개선에 대한 요구가 증대되고 있는 실정이다. 이러한 요구에 따라 국내외적으로 고성능 콘크리트의 실용화 기술개발에 많은 관심과 연구들이 진행되고 있으며 이러한 연구를 토대로 고성능 콘크리트의 현장 적용 가능성이 입증되고 있다.

그러나 최근까지 개발 및 현장 적용된 고성능 콘크리트는 대부분이 50MPa 이상의 고강도 영역에만 한정되어 있으며, 보통강도 콘크리트 영역에 대해서도 일부 개발 적용되었으나 그 범위가 매우 제한적이었다¹⁻³⁾.

이러한 가운데 최근 잔골재 수급 불균형으로 인한 부순모래 사용 급증 및 레미콘 원자재의 가격 상승으로 인해 레미콘의 품질저하가 우려되고 있는 실정에서 보통강도 콘크리트를 사용하는 대다수 건설 현장에서는 콘크리트 시공 품질 확보를 위해 작업성이 우수한 콘크리트를 요구하고 있으나 레미콘 제조회사는 근본적인 콘크리트 품질개선의 방법이 아닌 단순히 잔골재 표면수율을 임의로 변동하여 유동성을 증대시키는 등의

방법을 통해 대응하고 있는 사례가 대부분이었다⁴⁻⁶⁾.

따라서 본 연구에서는 현장에 반입되는 레미콘의 품질관리 에 대한 보다 적극적이고 근본적인 대책 수립의 일환으로서 시공성, 압축강도 및 내구성에 대한 신뢰성이 높은 고슬럼프 보통강도 콘크리트 배합을 개발하여 건설현장에 실용화하기 위한 기초 자료를 제시하고자 한다.

2. 연구 방법 및 범위

2.1 고슬럼프 보통강도 콘크리트 배합 및 사용재료

본 연구에서는 일반적으로 공동주택 건설현장에서 주로 사용하고 있는 콘크리트 강도 21~27MPa 범위의 현장 적용 가능한 보통강도 고슬럼프 콘크리트에 대한 최적의 배합설계를 실내시험을 통해 도출한 후 현재 레미콘 제조사에서 시판되고 있는 동일 강도 범위의 콘크리트와 비교 검토하였다.

표 1은 고슬럼프 보통강도 콘크리트(이하 고슬럼프 콘크리트)와 일반 시판용 콘크리트의 규격별 배합수준을 나타낸 것이다. 고슬럼프 콘크리트의 경우 건설현장의 작업성 요구를 고려하여 일반적으로 적용하고 있는 슬럼프 규격인 $15 \pm 2.5\text{cm}$ 보다 높은 수준인 $21 \pm 2.5\text{cm}$ 으로 규정하였으며, 공기량은 $4.5 \pm 1.5\%$ 의 동일한 기준을 적용시켰다.

압축강도는 배합의 규격 이상으로 발현되는 것을 원칙으로 하였으며, 단위수량은 최대 165kg/m^3 이상을 넘지 않도록 하였다.

* 대림산업(주) 기술연구소 건축연구지원팀 주임연구원

** 대림산업(주) 기술연구소 건축연구지원팀 팀장

*** 대림산업(주) 남양주 양지 e-편한세상 현장소장

표 1. 고슬럼프 보통강도 콘크리트 및 일반시판 콘크리트 배합표

구성	규격	W/B (%)	s/a (%)	단위 결합재량 (kg/m ³)	단위 수량 (kg/m ³)	단위 질량 (kg/m ³)					
						OPC	BFS	F/A	S1	S2	G
고슬럼프 콘크리트	25-21-21	50.0	47.0	310	155	233	62	15	858	-	1001
	25-24-21	47.8	49.0	335	160	234	67	34	875	-	928
	25-27-21	43.7	48.0	366	160	256	73	37	844	-	932
일반시판 콘크리트	25-21-15	54.7	48.0	322	176	290	-	32	840	-	942
	25-24-15	51.8	50.0	349	181	297	-	52	866	-	882
	25-27-15	47.6	48.6	382	182	325	-	57	826	-	891

2.2 고슬럼프 콘크리트 사용재료

시멘트는 1종 보통 포틀랜드 시멘트 또는 슬래그시멘트를 사용하도록 하였으며, 슬래그시멘트를 사용할 경우 고로슬래그 미분말의 대체율이 30% 이상을 넘지 않도록 하였다. 시멘트 이외의 결합재로서는 고로슬래그미분말 3종과 플라이애쉬를 최대 30%까지 혼합하도록 하였으며, 고로슬래그미분말의 경우 무수석고 등에 의해 SO₃가 보정되어 조기에 강도발현이 지연되지 않는 제품을 사용하도록 제한하였다. 또한 플라이애쉬의 경우 강열감량에 의한 품질변동이 심한 혼화재이므로 정제된 제품을 사용하고 강열감량을 반드시 확인하도록 하였다.

혼화제의 경우 현재 일반적으로 사용하고 있는 나프탈렌계 고성능 AE감수제에 비하여 감수율이 높고 슬럼프 로스도 거의 없는 것으로 보고되고 있는 폴리카르본산계 고성능 AE감수제를 0.8~1.0% 범위에서 사용하도록 하였다.

2.3 고슬럼프 콘크리트의 성능 평가

굳지 않은 콘크리트의 유동성을 평가하기 위하여 KS F 2402 규정에 따라 슬럼프값을 측정하였으며, 현장에서 반입되는 품질시험 기준에 준하여 공기량도 같이 측정하여 비교하였다. 또한 시간의 경과에 따른 유동성 저하를 측정하기 위하여 비빔 직후(0분), 비빔 후 60분에서 슬럼프와 공기량을 각각 측정하였다. 이때 비빔 후 콘크리트는 외부 공기와의 접촉을 방지하여 보관하였다.

각 배합의 재령에 따른 압축강도를 측정하기 위하여 재령강도 1, 3, 7, 28일에 대해서 3개씩 시험체를 제작한 후 200tonf 용량의 UTM을 이용하여 KS F 2405에 따라 압축강도 시험을 실시하였다.

고슬럼프 콘크리트 배합 중 25-27-21과 일반 25-27-15 배합에 대해서는 콘크리트 내부의 수화열 및 건조수축 변형율을 측정하였다. 수화열 측정 시험체는 1.3×1.3×1.3m 크기로 제작하였으며 실제 부재와 같이 외기와의 차단을 위해 두께 10cm의 스티로폼으로 전체를 단열하였다. 스티로폼은 수분흡수를 방지하기 위하여 비닐로 방수처리 하였다. 콘크리트 내부 수화열 이력을 파악하기 위하여 온도 게이지는 시험체의 중앙부 및 외기와 접하는 단부에서 5cm 이격된 위치에 각각 설치하였다. 콘크리트 타설 시 위치변화가 없게 하기 위하여 철근에 결속하였다. 시간이력에 따른 콘크리트 건조수축을 측정하기 위해 각 배합에 대해 KS F 2424에 준하여 실험하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 슬럼프 및 공기량

그림 1은 고슬럼프 콘크리트와 일반시판 콘크리트 배합의 비빔 직후 및 60분 후 슬럼프와 공기량을 측정한 그래프이다. 고슬럼프 콘크리트의 경우 각각의 배합에 대해서 비빔 60분 이후 슬럼프 및 공기량의 변화가 거의 미미하나, 일반시판 콘크리트의 경우 공기량에 비해 슬럼프 손실율이 뚜렷이 발생함을 확인할 수 있었다.

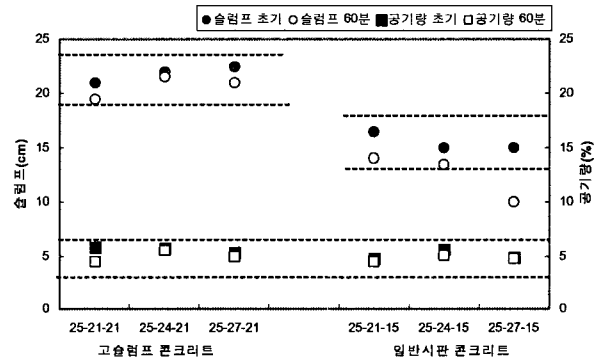


그림 1. 비빔 초기 및 60분후 슬럼프와 공기량

슬럼프는 굳지않은 콘크리트의 유동성을 나타내는 지표이므로 건설 현장 타설 시 공장 비빔 직후 현장으로의 이동, 타설 대기 및 지연 등으로 인해 슬럼프 손실이 발생하게 될 경우 콘크리트 유동성을 저해하여 타설 품질 저하를 초래할 가능성이 크다고 할 수 있다.

3.2 각 재령별 압축강도

그림 2는 고슬럼프 콘크리트 및 일반시판 콘크리트의 1, 3, 7, 28일 압축강도를 나타낸 것이다. 일반시판 콘크리트에 비하여 단위결합재량이 12~16kg/m³ 감소하였으며 혼화제 혼입률도 5~25% 증가하였음에도 불구하고 고슬럼프 콘크리트의 압축강도가 모든 재령에 대해 더 큰 값을 나타내고 있었으며, 이는 단위수량을 165kg/m³ 이하로 제한함으로써 물결합재비가 일반시판 콘크리트에 비해 낮아졌기 때문인 것으로 판단된다.

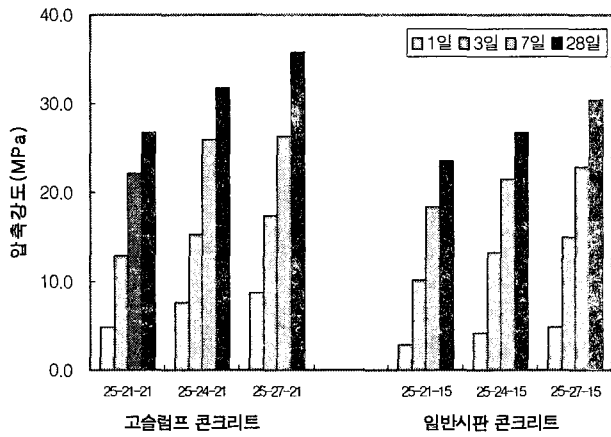


그림 2. 각 재령별 압축강도

3.3 건조수축 및 수화열

고슬럼프 콘크리트 및 일반시판 콘크리트 배합 중 압축강도 27MPa에 대해서 각각 재배합 한 후 슬럼프, 압축강도, 건조수축 및 수화열을 측정하였다.

그림 3은 두 배합에 대한 비빔직후와 60분, 90분 후의 슬럼프 변화 및 재령 1, 3, 7, 28일에서의 압축강도를 나타낸 것으로서, 앞의 시험 결과와 같이 고슬럼프 콘크리트의 경우 슬럼프 손실이 거의 없었으며, 각 재령별 압축강도 모두가 일반시판 콘크리트에 비해 높음을 확인할 수 있었다.

그림 4-(a)에서는 수화열을 측정하기 위해 공시체를 제작하는 과정을 나타내고 있으며, 그림 4-(b)는 건조수축 길이변화를 측정하기 위해 KS F 2424 규격에 따라 공시체를 제작한 후 양생 및 측정하는 과정을 나타내고 있다.

그림 5와 같이 재령 1일까지 고슬럼프 콘크리트와 일반시판 콘크리트의 초기 변형율은 비슷한 형상을 보이나 재령 20일까지의 변형율을 측정해 본 결과 고슬럼프 콘크리트의 경우 시간의 경과에 따라 완만하게 변화하나 일반시판 콘크리트의 경우 변형율이 급격히 변화함을 확인할 수 있었다. 이는 고슬럼프 콘크리트가 일반시판 콘크리트에 비해 건조수축의 주요 인자인 단위시멘트량 및 단위수량이 적기 때문인 것으로 판단된다.

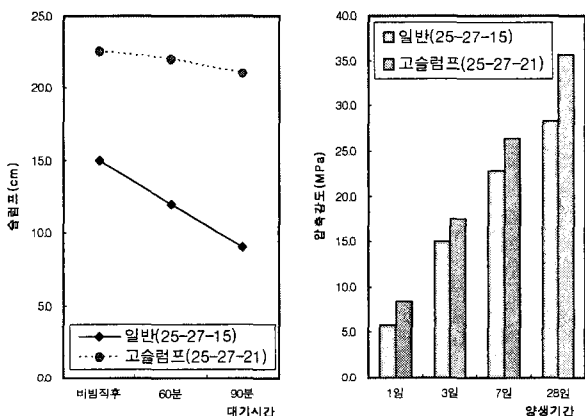
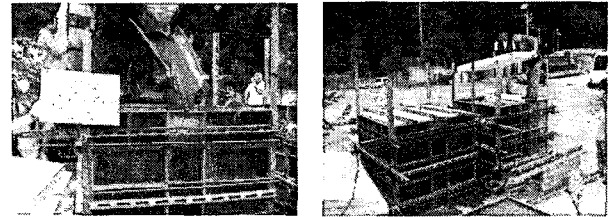


그림 3. 각 재령별 압축강도



(a) 수화열 측정 공시체 제작



(b) 건조수축 공시체 양생 및 측정

그림 4. 수화열 및 건조수축 측정

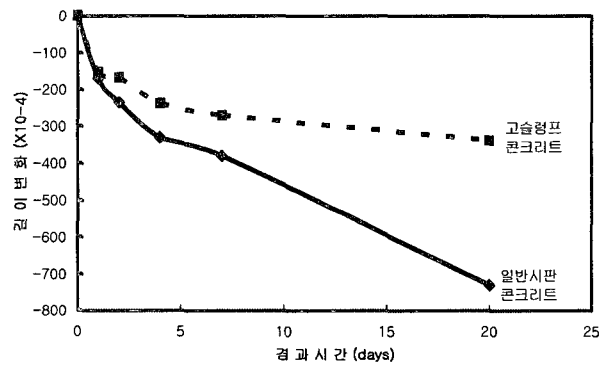


그림 5. 각 배합별 건조수축 길이변화

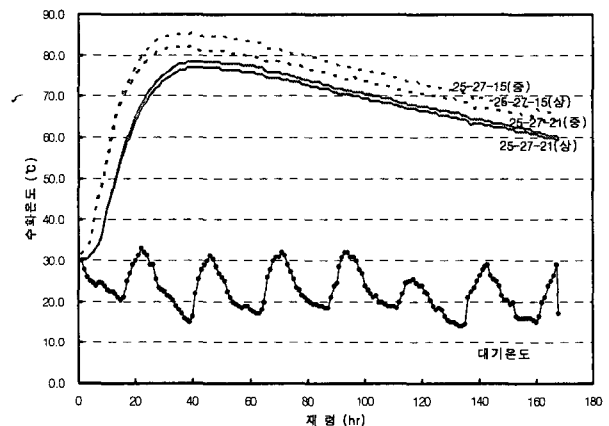


그림 6. 각 배합별 수화열 측정값

그림 6은 두 배합에 대한 중앙부와 표면부의 수화열을 측정 한 결과이다. 고슬럼프 콘크리트의 내부 최고 온도는 78.5℃로서 일반시판 콘크리트의 내부 최고 온도 85.5℃에 비해 7℃ 정도 낮았다. 이는 고슬럼프 콘크리트의 단위결합재량이 일반시판 콘크리트에 비해 16kg/m³ 감소하였고, 플라이애쉬 및 고로슬래그미분말의 치환량만큼 수화반응을 일으키는 시멘트량이 감소하였기 때문인 것으로 판단된다.

4. 결 론

압축강도 21~27MPa, 슬럼프 21±2.5cm 수준의 고슬럼프 보통강도 콘크리트의 현장 실용화를 위해 일반시판 콘크리트와 성능을 비교 검토한 결과 본 연구의 범위 내에서 다음과 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 굳지않은 콘크리트의 유동성을 비교하기 위해 비빔직후 및 60분 후 슬럼프 측정 결과 고슬럼프 콘크리트의 경우 초기 슬럼프 21±2.5cm에 대해 슬럼프 손실율이 거의 없는 것으로 나타났다.
- 2) 각 재령별 압축강도 측정결과 고슬럼프 콘크리트의 경우 일반시판 콘크리트에 비해 단위결합재량이 적고 혼화재 혼입율이 높음에도 불구하고 모든 재령에서 압축강도 발현율이 더 양호하였다.
- 3) 건조수축 길이변화 측정 결과 고슬럼프 콘크리트의 경우 재령 20일까지 변형율이 일반시판 콘크리트에 비해 상대적으로 완만하였다.
- 4) 수화열 측정 결과 고슬럼프 콘크리트 내부 최고 온도는 일반시판 콘크리트에 비해 7℃ 정도 낮아졌음을 확인할 수 있었다.

이상과 같이 본 연구를 통하여 주요 구조부재가 압축강도 21~27MPa 범위의 철근 콘크리트로 설계된 건설현장에 유동성, 압축강도 발현율, 수화열 저감 및 건조수축 저감 등 그 품질이 일반시판 콘크리트에 비해 우수한 고슬럼프 보통강도 콘크리트를 실제 적용함으로써 시공 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 윤재환 외, “고유동/보통강도 콘크리트 제조에 관한 기초적 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제 19권 2호, 1999.10, pp554-558
2. 윤재환 외, “고유동/보통강도 콘크리트의 제조와 활용에 관한 실험적 연구(제1보~제2보)”, 대한건축학회 1997년도 춘계학술발표대회 논문집, 1997.04, pp669~706
3. 한천구 외, “중점제를 이용한 고유동 콘크리트의 특성에 관한 기초적 연구(제1보~제5보)”, 대한건축학회 1995년도 추계학술발표대회 논문집, 1995.10, pp789-810
4. 이도범 외, “굳지않은 콘크리트의 단위수량 측정기술 개발 및 활용현황”, 한국 콘크리트 학회지 기술기사 2003. 09, Vol. 17 No.5, pp 58-64
5. 이도범 외, “국내 레미콘 플랜트의 단위수량관리 현황 검토에 관한 연구”, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 2006. 05, Vol.18 No.1
6. 日本コンクリート工學協會, フレッシュコンクリートの單位水量迅速測定及び管理システム調査研究委員會報告書, 2004. 6