

초고층 빌딩용 상층부 콘크리트의 조기강도 확보를 위한 최적배합 도출에 관한 연구 (Part I - 40MPa를 중심으로)

A Study on the Optimum Mix Proportion for Early Strength of Concrete in the Upper Layers of High Rise Building (Part I - 40MPa)

전 인 기* 박 용 규** 이 주 현** 최 명 화*** 윤 기 원****
Jeon, In Ki Park, Yong Kyu Lee, Joo Hun Choi, Myung Hwa Yoon, Gi Won

ABSTRACT

Recently increasing interest in high-rise building around the world for more than 100 floor, the trend is the increasing use of high-strength and high-flowable concrete so as of productivity improvements and cost savings to improve the performance of the early strength development. This study is to reach the optimal combination by reviewing the performance of high-rise building which is required.

The results show that 30.0~32.5% of W/B, 155kg/m³ of unit water and FA10+SP10 is best properties for early strength of concrete.

요 약

현재 전 세계적으로 100층 이상의 초고층 구조물에 대한 관심이 증대로 인한 고강도, 고유동콘크리트의 사용이 증가하고 있는 추세이며 공사기간의 단축을 통한 생산성의 향상과 비용의 절감을 위해 콘크리트의 조기강도 발현성능을 향상시키고자 많은 노력을 기울이고 있다. 따라서, 본 연구에서는 초고층 빌딩 상부콘크리트에 요구되는 조기강도발현 성능 및 기초적 물성을 검토하여 이에 적합한 최적화된 배합을 도출하고자 한다.

실험 결과 W/B가 30~32.5%의 범위에서 조기강도 및 유동성능이 우수했으며, 단위수량은 155kg/m³의 경우 가장 적합한 것으로 판단되었으며, 혼화재 치환율의 경우에는 시멘트량에 대해 플라이애시 10%, 고로슬래그 미분말 10%를 치환하는 경우가 조기강도 발현성능에 가장 유리한 것으로 판단되었다.

* 정회원, 아주산업(주) 기술연구소 연구원
** 정회원, 아주산업(주) 기술연구소 주임연구원
*** 정회원, 아주산업(주) 기술연구소 선임연구원
**** 정회원, 아주산업(주) 기술연구소 연구소장

1. 서 론

현재 건설산업은 전 세계적으로 Land Mark로서 초고층 구조물의 시공이 증가하고 있으며, 국내에서도 50~70층 규모의 초고층 건축물의 건설이 활발하게 진행되고 있다. 최근에는 서울 IBC센터나 부산 롯데월드2 등의 100층 이상의 초고층 구조물이 건설 예정이며, 향후 5년 이내에 100층 이상의 초고층 구조물이 다수 건설될 것으로 예상된다.

이러한 초고층 건축물은 공사기간의 단축을 통한 생산성의 향상과 비용의 절감 등이 매우 중요한 사항으로 대두되고 있으며, 현재 공사기간을 단축하기 위한 방법으로 시스템 거푸집 활용, 조립철근의 배근 등이 강구되고 있지만, 콘크리트 자체의 초기강도 발현성능을 향상시켜 거푸집 탈형 시기를 단축하는 방법이 중요시되고 있다.

따라서 본 연구는 실제 건설현장에서 주로 사용되는 플라이애시 및 고로슬래그 미분말을 시멘트량에 대해 일부 치환한 콘크리트의 배합을 바탕으로 W/B, 단위수량 변화 및 혼화제 치환율에 따른 조기강도 발현성능 및 기초적 물성을 검토하여 초고층 빌딩용 상층부 콘크리트의 최적화된 배합을 도출하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획 및 요구성능은 표 1과 표 2에서 나타낸 바와 같으며 모든 배합의 목표 플로우는 초고층 구조물의 압송에 용이한 슬럼프 플로우 700±100mm으로 선정하였다. 우선 기본배합은 본사에서 생산·출하되는 40MPa 콘크리트 배합을 바탕으로 W/B 변화에 따른 조기강도 발현성능 및 기초적 물성을 검토하고자 W/B 27.5, 30.0, 32.5(%)의 3 수준을 선정하였고, 단위수량 변화에 따른 콘크리트의 기초적 물성을 파악하기 위하여 단위수량 145, 155, 165(kg/m³)의 3 수준, 플라이애시, 고로슬래그 미분말의 치환율 변화에 따른 4 수준으로 실험계획하였다.

실험사항으로 굳지 않은 상태의 초기의 슬럼프 플로우 및 60분 경시변화를 검토하고 경화 콘크리트에서는 계획된 재령에 따른 압축강도를 측정하는 것으로 하였다.

표 1 실험계획

항 목		조 건	비 고
시리즈 I	W/B (%)	27.5	단위수량 : 155kg/m ³ 혼화제치환율 : FA10+SP10
		30.0	
		32.5	
시리즈 II	단위수량 (kg/m ³)	145	W/B : 30.0% 혼화제치환율 : FA10+SP10
		155	
		165	
시리즈 III	혼화제 치환율 (%)	FA 10 + SP 10	W/B : 30.0% 단위수량 : 155kg/m ³
		FA 10 + SP 20	
		FA 10 + SP 15	
		FA 5 + SP 10	
		FA 15 + SP 20	
시험 항목	굳지않은 콘크리트	슬럼프 플로우(mm), 경시변화(60분)	
		경화 콘크리트 (18h, 1, 3, 7, 14, 28일)	

표 2 콘크리트의 요구성능

항 목		목표치	비 고	
설계기준 강도 (MPa)	조기 강도 (MPa)	40	KS F 2403 KS F 2405	
		18h		10
		1일		15
	3일	25		
슬럼프 플로우 (mm)		700±100		

1) FA : 플라이애시, SP : 고로슬래그 미분말

2.2 사용재료

본 연구의 사용재료로 시멘트는 국내산 L사의 보통 포틀랜드 시멘트(밀도 3.15g/cm³, 분말도 3,480 g/cm³), 플라이애시는 국내산 E사의 플라이애시(밀도 2.2g/cm³, 분말도 3,650g/cm³), 고로슬래그 미분말은 국내산 V사의 고로슬래그 미분말(밀도 2.9g/cm³, 분말도 4,500g/cm³)를 사용하였다. 잔골재는 북한 해주산의 세척사(밀도 2.59g/cm³, 조립율 2.9), 굵은 골재는 W사의 양주산 부순 굵은 골재(밀도 2.62g/cm³, 조립율 7.2)를 사용하였으며, 혼화제는 L사의 AE제와 SP제를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 혼합하였고, 굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프 플로우는 KS F 2594 규정에 의거하여 실시하였으며, 슬럼프 플로우 경시변화는 콘크리트의 혼합·배출 후에 60분 경과시 동일한 방법으로 측정하였다.

경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 Ø100×200mm공시체를 제작하여, 계획된 재령에서 KS F 2405 규정에 의거 실시하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 W/B의 변화에 따른 콘크리트의 특성

W/B의 변화에 따른 콘크리트의 유동성을 시험한 결과, 그림 1에서 나타난 것과 같이 슬럼프 플로우는 W/B 30, 32.5, 27.5(%) 순으로 크게 나타났으며 전반적으로 플로우 유지성능이 높은 결과를 나타내었다. W/B 30% 범위에서 목표성능인 700±100mm에 가장 적합한 것으로 판단되었다.

조기강도 발현성능은 그림 2에서 같이, W/B가 감소할수록 압축강도가 증가하는 경향을 나타내었고, 경화초기인 재령 18시간 및 24시간의 압축강도에서 목표성능인 10MPa, 15MPa에 각각 만족하는 것으로 나타났다.

따라서 초고층 구조물의 유동성 및 조기강도확보를 위하여 배합설계시 W/B 30~32.5% 정도의 범위가 가장 적합한 것으로 나타났다.

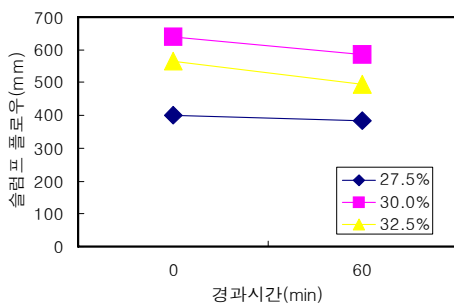


그림 1 W/B의 변화에 따른 유동성 비교

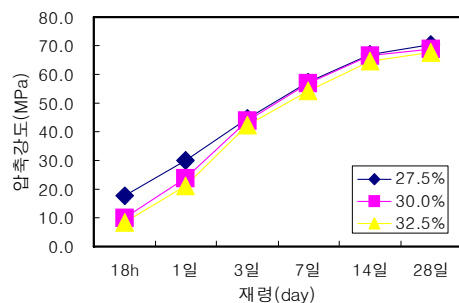


그림 2 W/B의 변화에 따른 압축강도 비교

3.2 단위수량변화에 따른 콘크리트의 특성

단위수량변화에 따른 콘크리트의 유동성은 그림 3에서 나타난 것과 같이 단위수량이 증가함에 따라 슬럼프 플로우도 증가하는 경향을 나타냈으며 단위수량 155~165kg/m³의 범위에서 목표성능을 만족시키는 것으로 확인되었고, 경화초기인 재령 18시간 압축강도에서는 그림 4에서와 같이 단위수량 145~155kg/m³의 범위에서 목표성능을 만족시키는 것으로 확인되었다.

따라서 단위수량변화에 따른 콘크리트의 유동성 및 조기강도확보를 위하여 배합설계시 단위수량 155kg/m³가 가장 적합한 것으로 판단되었다.

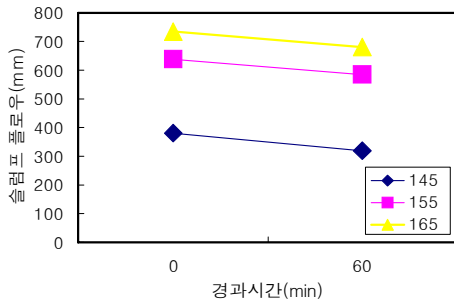


그림 3 단위수량변화에 따른 유동성 비교

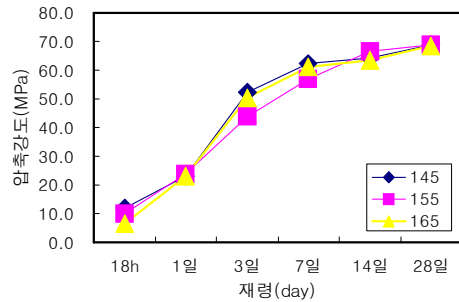


그림 4 단위수량변화에 따른 압축강도 비교

3.3 혼화제 치환율에 따른 콘크리트의 특성

혼화제 치환율에 따른 콘크리트의 유동성은 그림 5에서와 같이 FA10+SP10와 FA10+SP15가 목표 성능에 근접하여 우수한 것으로 나타났고, 경화초기인 재령 18시간 압축강도는 그림 6에서 나타낸 바와 같이 FA10+SP10와 FA5+SP10가 조기강도발현성능이 우수한 것으로 나타났다.

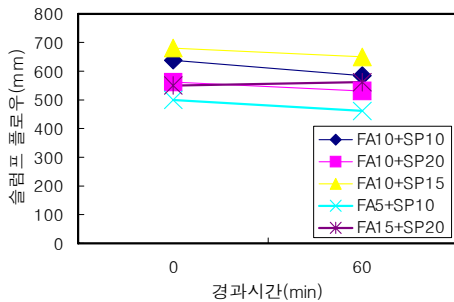


그림 5 혼화제치환율에 따른 유동성 비교

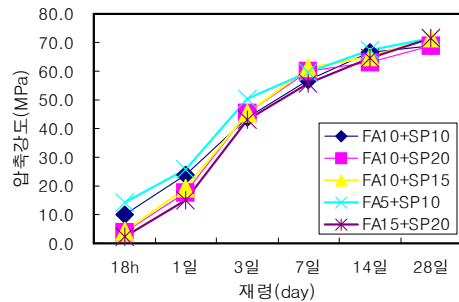


그림 6 혼화제치환율에 따른 압축강도 비교

4. 결론

- 1) W/B 변화에 따른 콘크리트의 슬럼프 플로우와 경시변화에 따른 유지성능 및 조기강도 발현성능을 검토한 결과, 조기강도 및 유동성능 측면에서는 W/B 30~32.5%의 범위가 가장 적합한 것으로 판단되었다.
- 2) 단위수량 변화에 따른 콘크리트의 기초적 물성을 비교 검토한 결과 배합설계시 단위수량 155kg/m³가 가장 적합한 것으로 판단되었다.
- 3) 혼화제 치환율에 따른 콘크리트의 경우에는 시멘트량에 대해 플라이애시 10%, 고로슬래그 미분말 10%를 치환하는 경우가 조기강도 발현성능에 가장 유리한 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. 한국콘크리트 학회, 고강도콘크리트 실용화 연구, KCI, 1991
2. 일본 건축학회, 고강도콘크리트 시공지침안(동해설), 2005
3. PCI, Engineering properties of commercially available High Strength Concrete, 1994