

초고층 구조물의 기초기술

- 초고강도 콘크리트 -



조윤구, 현대건설 기술연구소 책임연구원

1. 초고강도 콘크리트 개요

최근 국내외에서 초고층 구조물의 계획 및 시공이 많아짐에 따라 보다 강하고 경제적인 초고강도 콘크리트 개발에 대한 열망이 고조되어 가고 있다.

일반적으로 초고강도 콘크리트는 빌딩 구조물의 주요 부재 단면적을 줄이고, 기둥 간격이 큰 설계가 가능하도록 하여 넓은 거주 공간 실현에 공헌할 수 있으며 횡력에 대한 저항능력, 장기 수축변형 감소효과 등을 기대할 수 있어 100층 이상의 초고층 건물시공이 가능하게 한다. 또한 철골을 사용한 복합 구조에 비해 거주 환경이 뛰어나고 전체 공사비를 절감시켜 경제성을 확보할 수 있다.

2. 초고강도 콘크리트의 국내외 동향

2.1 초고강도 콘크리트의 국내동향

국내에서 2000년 이전까지 초고강도 콘크리트의 개발은 80 MPa 수준에서 한동안 정체되었다. 당시 고강도 콘크리트의 수요가 적었고 80 MPa 이상 콘크리트의 가격 경쟁력이 부족하였

다는 점에서 그 이유를 찾을 수 있다.

그러나 2000년대 이후 대만의 Taipei 101 (101층, 508m) 등 초고강도 콘크리트를 사용한 초고층 건축물이 본격화 되고 현재 시공 중인 Burj Dubai (161층, 808m)와 같이 복합구조가 아닌 순수 RC구조의 초고층 건물이 적용되기 시작하면서 초고강도 콘크리트의 수요는 급격히 상승하였다. 국내에서도 인천 송도의 인천타워 (151층 640m), 잠실 수퍼 타워 (112층, 555m), 용산 역세권 초고층 타워(130층, 620m) 등 초고층 건축물의 수요가 증가함에 따라 초고강도 콘크리트는 반드시 필요한 기술로 자리 매김하게 되었고 초고강도 콘크리트 개발 능력이 초고층 건축의 대표기술로 대변됨에 따라 대형 건설사들은 초고강도 콘크리트 개발에 매진 하게 되었다.

국내의 초고강도 콘크리트 개발 연구 및 시공사례를 살펴보면 다음과 같다.

고려 하이믹스는 2004년 100층 이상 초고층 건축물 건설에 사용되는 초고강도 콘크리트 제작기술 개발 및 실용화에 성공했다. 개발된 콘크리트는 100 Mpa급의 초고강도 제품으로 기존 고층건물은 물론 100층 이상 초고층 건축물 건설에 사용할 목적으로 개발하였다.

롯데건설은 2005년 삼표콘크리트, 씨카코리아 등과 120 MPa 강도의 초고강도 콘크리트를 개발하였다. 롯데건설은 앞으로 이 초고강도 콘크리트를 잠실 제2롯데월드, 부산 제2롯데월드 등 초고층 건물의 시공에 사용할 계획이다.

삼성물산 건설부문은 2006년 세계 최고수준인 150 MPa 규모 초고강도 콘크리트를 개발하고 시험타설에 성공했다. 150 MPa 초고강도 콘크리트 개발은 2003년 개발에 성공한 일본에 이어 세계 두 번째이다. 또한, 국내 최초의 설계강도 150MPa 콘크리트 현장적용, 고내화성 콘크리트 개발 및 실용화와 관련하여 세계적인 기술력을 확보하고 있다.

2.2 초고강도 콘크리트의 국외동향

미국의 경우 1987년 시애틀의 유니언 스퀘어 (Twin Union Square) 빌딩에 130 MPa가 적용되었다.

일본의 다이세이 건설은 2003년 9월 150 MPa 콘크리트를 개

발했다. 이 회사는 설계기준강도 100 MPa 콘크리트를 고층 RC 아파트에 1997년에 전면적으로 적용한 바 있다. 이 회사에서는 건축물의 고층화, 장대 스패화를 목표로, 실제 압축강도 150 MPa 초고강도 콘크리트의 개발에 있어서, 배합?역학특성, 구조 내진 성능, 내화성능, 품질관리 등에 대하여 연구를 수행하였다.

3. 200 MPa 초고강도 콘크리트의 개발

이번 200 MPa 수준의 초고강도 콘크리트의 개발을 위해서 (주)삼표(레미콘 플랜트), 성신양회(시멘트), 윈플로(혼화제) 등과 협력관계를 통해 각 회사의 강점을 효율적으로 이끌어 냈다.

초고강도 콘크리트는 물-결합재비가 작고 결합재량이 증가하므로 보통 콘크리트와 달리 매우 큰 점성을 가진다.

동시에 압축강도 발현요인에 미치는 영향이 다양하기 때문에 기존의 고강도 콘크리트와는 다른 제조방법과 배합설계가 필요하다.

배합설계를 위해 물-결합재비, 단위수량, 굵은골재 최대치수, 잔골재율 등과 같은 배합변수와 믹싱, 다짐방법등을 검토하였다.

본 연구에서는 초고강도 재료 확보를 위해 다음과 같은 방식으로 접근하였다.

(1) 시멘트

레미콘 생산 단계에서 시멘트 결합재를 시멘트와 동시에 투입하면서 입자의 분산성과 균질성이 확보되지 못하면 시공성이 크게 저하될 수 있어 초고강도 콘크리트에서는 결합재를 프리 믹싱하여 사용하는 것이 적절한 것으로 알려져 있다. 또한 혼화제로는 가격이 비싼 실리카 폼의 사용은 최소화하였다.

(2) 혼화제

혼화제로는 일반적인 감수제의 기능을 더욱 향상시켜 시멘트를 효과적으로 분산 시키고 응결지연 및 지나친 공기 연행, 강도 저하 등의 악영향 없이 높은 첨가율로 사용이 가능하여 단위수량을 대폭 감소시킬 수 있다.

(3) 골재

골재의 경우 초고강도 콘크리트개발에서 꼭 필요한 요소라 할 수 있으며 국내 석산 선정실험을 통해 확보하였다.

4. 현장 적용 실험

현장적용실험은 올 연말 착공예정인 151층 규모의 인천타워를 비롯한 초고층 건축물에 적용하기 위하여 실시하였다.

실험실에서 개발된 200 MPa 초고강도 콘크리트에 대한 실내

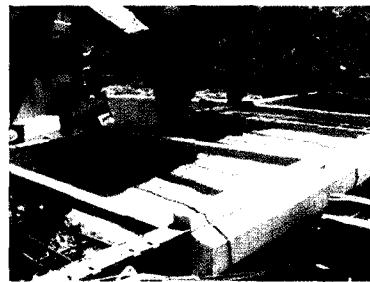


그림 1 현장적용 콘크리트 타설



그림 2 현장적용 콘크리트의 슬럼프 플로우

배합 실험 결과를 근거로 레미콘 배치플랜트에서의 시험생산과 현장적용 실험을 실시하여 현장 적용 시 발생할 수 있는 문제점을 사전에 해결하고 효율적인 품질관리가 가능하도록 하였다.

일본의 경우 초고강도 콘크리트의 높은 점성으로 인해 버킷(bucket)을 이용해 주로 타설하는데, 본 실험에서는 레미콘 트럭을 이용한 타설을 실시하였다.

초고강도 콘크리트의 낮은 물-결합재비와 높은 결합재량으로 인한 콘크리트의 높은 점성이 예상되었으나 현장적용 실험을 통해 현장에서의 작업성, 시공성 측면에서 사진과 같은 결과를 수준의 결과를 얻을 수 있었다.

초고강도 콘크리트의 현장적용실험을 통하여 레미콘 생산 및 시공은 성공적으로 수행되었으며 향후 효율적인 품질관리를 위하여 철저한 사전 품질관리 지침마련과 관련 시공 기술자료의 데이터 베이스화 등 초고강도 콘크리트에 대한 지속적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

5. 결론

초고강도 콘크리트 개발의 성공요인은 무엇보다도 상생협력의 힘이라고 할 수 있다. 초고강도 콘크리트 개발을 위한 재료 및 요소기술에 대하여 강점을 가지고 있는 기업들의 참여를 통해 시행착오를 줄이고 시너지 효과를 극대화한 점이 가장 큰 성공요인이라고 할 수 있다.

이번에 개발된 초고강도 콘크리트 배합의 특성을 활용하여 새로운 구조물이나 환경에 대한 기능성을 부여할 수 있으며 또 다른 특수 콘크리트 활용영역의 개척 및 이에 대한 지속적인 연구 개발의 시작이 될 것이다.