고강도 콘크리트, 생산성 향상 · 기능 인력 절감에 기여

- 선진국 · 동남아 등에서는 이미 상용화 추세, 국내 현장은 활용 미흡 -

현재까지 국내 건설산업에 있어 고강도 콘크리트의 활용이 원활하지 못한 가장 큰 이유는 우선, 고강도 콘크리트는 일반적으로 생산 원가가 높아 건설산업에 대량으로 도입하는 것이 어렵다는 점을 들 수 있다. 둘째, 기존 콘크리트만으로도 어느 정도 성능을 확보할 수 있기 때문에 굳이 고강도 콘크리트를 사용할 필요가 있는가에 대해 회의적인 시각이 지배적이었다. 셋째, 고강도 콘크리트의 활용 효과에 대한 수요 및 이해가 상당히 부족했기 때문이다. 그러나 건설 현장의 기능 인력 수급 불균형 심화와 같은 사회적 · 환경적 요소가 변화하고 있고, 건설 생산물의 요구 성능이 고도화되는 현실에서 경제성을 충족시킬 수 있다는 전제 아래에서는 고강도 콘크리트의 활용 확대가 필수 불가결하다.

고강도 콘크리트 활용의 이점

압축 강도가 400 kgf/cm^2 이상인 고강도 콘크리트를 사용할 경우, 고강도화에 따른 부재 단면의 축소와 그에 따른 구조체 자중의 감소, 고내구성 및 고성능 감수제(super-plasticizer)의 사용에 따른 유동성의 증진 등이 가능하다. 경제적인 이점으로는 첫째, 단위 경비에 비해 높은 강도를 보유함으로써 제조 가격 상승 대비 강도의 증가 비율이 크고, 둘째, 단면 축소에 따른 거푸집 작업의 감소, 그리고 콘크리트 타설 작업이 용이해지며, 콘크리트 타설공의 감소 등으로 현장 기능 인력의 수요 절감을 유도할 수 있다. 그리고 콘크리트의 대량 타설이 필요한 시설물 공사에서 작업 인력에 의한 진동 다짐이 불가능한 경우, 또는 많은 작업 인력이 필요할 경우, 고강도 · 고유동화 콘크리트(high flowing concrete)를 이용한 무진동 다짐을 활용함으로써 콘크리트 작업 인력의 절감을 유도할 수 있다.

국내외 사용 현황

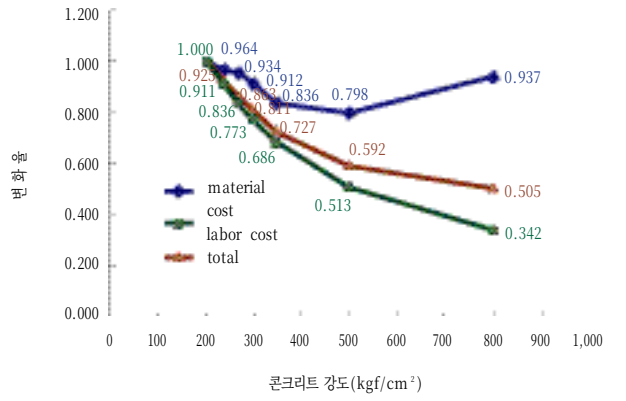
미국의 경우 1975년 74층의 Water Tower Palace에 630 kgf/cm^2 강도의 콘크리트를 사용한 이래 현재에는 1,000 kgf/cm^2 이상 콘크리트의 사용이 미국 전역에 확산되고 있는 추세이다. 캐나다는 1988년 정부 차원의 '고성능 콘크리트 연구센터' 설립을 통해 연구가 본격화되었으며, 1997년에는 압축 강도 3,000 kgf/cm^{2}의 초고강도 콘크리트를 Sherbrook 교량에 실제 적용하였으며, 1998년에는 압축 강도 8,000 kgf/cm^{2}의 초고강도 콘크리트를 개발하였다. 일본은 지진으로 인하여 1970년대까지 건축 구조물에 400 kgf/cm^2 이상의 고강도 콘크리트를 적용하는 것이 극히 제한적이었으나, 1980년 이후에는 420 kgf/cm^2 이상의 콘크리트 사용이 급증하고 있다. 아시아 지역인 홍콩에서는 700 kgf/cm^{2}를, 그리고 태국, 인도네시아 등 대부분의 동남아시아 국가에서도 400 500 kgf/cm^{2}의 고강도 콘크리트가 상용화되고 있으며, 특히 말레이시아의 KLCC 현장의 기둥에는 800 kgf/cm^{2}의 고강도 콘크리트가 사용되었다.

국내의 경우 고강도 콘크리트에 대한 연구는 1980년대 중반까지 별다른 연구 결과물이 나오지 않았으나, 1990년 신도시에 초고층 아파트가 등장하면서 S건설사의 아파트 지하층에 최초로 500 kgf/cm^{2}의 고강도 콘크리트가 시험 시공된 바 있다. 또한, 최근 서울시내 초고층 주상복합 건물이 건축되면서 기둥에 800 kgf/cm^{2}의 초고강도 콘크리트를 사용하기 시작하였으나, 외국과 비교할 때 국내 고강도 콘크리트의 상용화 수준은 상당히 뒤쳐져

고강도 콘크리트의 생산성 향상 및 기능 인력 절감 효과가 실증되고 있다. 그러나 우리나라 건설 현장에서의 활용도는 낮은 편이다.

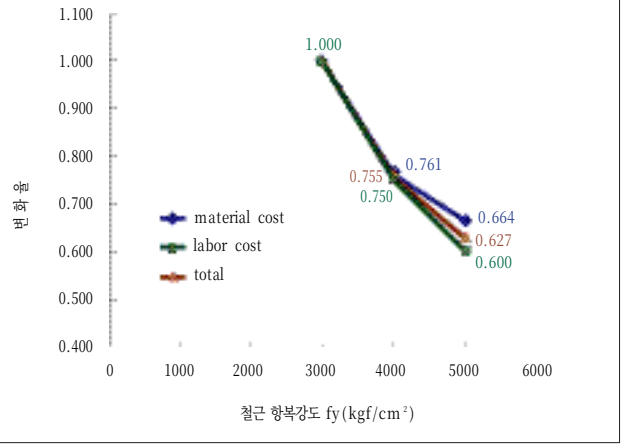
콘크리트 강도 변경에 의한 재료비와 노무비 변화

*가정 : 주철근 강도 fy = 4,000 kgf/cm², 주철근비 : 0.02, 작용 축하중 Pu : 100 tonf, 기둥 높이 : 3m



철근 강도 변경에 의한 재료비와 노무비 변화

* 가정 : 보 단면 = 30 × 50 cm, 보 길이 = 8m, 작용 모멘트 : 21 tfm



있는 실정이다.

기능 인력 수요 절감 효과 분석

위의 그림은 단일 부재를 타설할 때 콘크리트의 강도 및 철근의 강도에 따른 재료비와 노무비의 변화 비율을 나타내고 있다. 단일 부재에 대해서만 강도 변경에 따른 변화를 계산하였으므로 전체 공사비의 변화를 정확히 예측할 수는 없으나 재료비 및 노무비 절감에 상당한 효과가 있음을 알 수 있다. 앞 그림은 단일 기둥(column)의 설치시, 압축 강도 210 kgf/cm²의 콘크리트를 500 kgf/cm²로 변경한 경우로서, 초기에 제조 단가는 상승하나 단면 축소에 따른 물량의 감소로 재료비는 약 20 % 가량 절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한, 노무비는 거푸집 단면 축소, 콘크리트 타설 물량 감소 등에 의하여 약 45 % 가량 절감할 수 있는 것으로 판단되므로 콘크리트 공사비는 약 40 % 정도 절감이 가능한 것으로 보인다.

뒷 그림은 단일 보(girder)에 배근되는 철근의 항복강도를 fy = 3,000 kgf/cm²에서 fy = 4,000 kgf/cm²로 변경한 경우로, 재료비와 노무비는 각각 25 % 정도 절감되는 것으로 나타났다. 특히 항복 강도 fy = 5,000 kgf/cm²를 사용하게 되면 철근량의 대폭 감소로 인하여 철근 배근 및 운반에 필요한 기능 인력의 대폭적인 절감이 가능하여 노무비의 절감뿐만 아니라 배근 대수의 감소로 인하여 재료비의 절감이 가능하다.

실제로 시공된 지하 6층, 지상 69층의 주상복합 건축물을 대상으로 하여 고강도 콘크리트 사용에 의한 시공성 향상 및 기능 인력 절감 효과를 분석한 결과(박형규, 고강도 콘크리트의 특성과 적용 효과에 대한 분석)에 의하면, 철골 부재의 감소로 인한 철골 전체 중량 22 %에 해당하는 금액을 절감하였고, 철근의 규격을 변경(35→32 mm)함으로써 철근 중량을 당초 물량보다 17 % 감소 및 콘크리트 시공 물량 감소에 따른 거푸집 시공 물량을 4.8 % 절감하였다. 따라서, 종합적으로는 약 14 % 정도의 공사비를 절감한 것으로 산출되었고, 전체 공사비 중 노무비가 차지하는 비율 약 28.5 %를 적용하면 콘크리트 강도 변경으로 약 4.0 %의 기능 인력 절감을 달성한 것으로 유추할 수 있다.

국제 경쟁력 제고 위해선 적극 활용해야

고강도 콘크리트는 생산성 향상 및 기능 인력 절감 효과에 기여할 수 있다. 그러나 국내의 경우 400 kgf/cm² 이상의 고강도 콘크리트를 일반적으로 사용하고 있는 동남아시아 국가와 비교하여도 미흡한 수준으로 시급히 개선해야 할 필요성이 있다. 발주자 측에서 기존의 성능에 만족하고, 고강도 콘크리트를 요구하지 않고 있는 상황에서 건설업체나 레미콘 제조업체가 레미콘 공장 및 현장에서의 품질 관리 업무를 감수하면서까지 굳이 고강도 콘크리트를 사용할 필요는 없다. 그러나 한국 건설업체의 주요 경쟁 시장인 저개발 국가 및 동남아시아 등지에서는 고강도 콘크리트 사용이 일반화 및 상용화되어 있다는 현실을 고려해볼 때, 국제적 경쟁력을 높이고 시공 기술 수준을 배가하기 위해서는 고강도 콘크리트의 활용에 능동적인 태도를 견지하고 관리 기술을 배양해야 한다.

또한, 향후 예상되는 건설 기능 인력의 부족, 고임금의 문제를 해결하기 위해서는 건설 기능 인력의 공급 확대를 위한 정책을 시행함과 동시에 건설 현장 기능 인력의 수요 자체를 감소시키는 방안이 연구되어야 한다. 이를 위해서는 산·학·연 공동 협력을 통한 기존 자재의 성능 향상, 고강도 콘크리트 사용의 활성화, 새로운 재료의 개발, 건설시장에서의 활용을 위한 제도적 정비 및 관련 도서의 통일화 등이 필요하다. CJ

이종수
한국건설산업연구원 책임연구원
jjong321@cerik.re.kr