# 고강도·고유동화 콘크리트의 현장 실용화 아쉬워

## - 최근에야 초고층 아파트에 800kgf/cm²급 사용, 동남아보다도 뒤처진 실정 -

필자가 고강도 콘크리트를 접하기 시작한 지 꼭 30년이 되어 온다. 국내에서는 그 용어 자체가 생소하던 때였고, 관련 논문을 조사하는 데도 영어 키워드보다 독일어와 러시아어로 찾곤 했었다. 그러나, 이미 그때 630kgf/cm² 강도의 콘크리트가 미국에서는 Water Tower Palace 74층 건물에 쓰이고 있었으니 이 분야에서도 우리는 상당히 늦은 출발을 한 셈이다. 하기야 30년 전은 레미콘이 극히 일부의 현장에서만 쓰이던 때이고 국내 콘크리트 산업은 규모 면에서도 열악하기 짝이 없을 때였다.

### 국내 건축 현장 적용 늦어

1980년 초 일본에서 귀국한 후 고강도 콘크리트에 관심이 있던 몇몇 교수와 건설업체 연구원 등 약 40여 명으로 시작한 '고강도 콘크리트 연구회'가 발족되어 고강도 콘크리트에 관한 세미나를 개최했던 것이 아무래도 우리나라에서는 고강도 콘크리트의 태동이 아니었나 싶다. 당시 가장 어려웠던 것은 slump lose가 커 실험체를 만들어 흙손으로 마무리하기가 바쁠 정도로 빨리 굳어버리는 바람에 애를 먹었던 일이었는데 요즘에 와서는 성능이 우수한 감수제의 개발로 인해 손쉽게 현장 적용이 가능할 정도로 발전했다. 1988년 올림픽이 서울에서 열리던 해에는 혼화제가 필수적으로 들어가야 하는 공기량 4% 확보 규정이 생겼고, 군소 혼화제 제조회사가 태어나기 시작한 시기이기도 하니 고강도 콘크리트가 만들어질 발판이 생긴 셈이다.

합리적이고 내구적인 RC 설계를 위해서는 고강도·고유동화 콘크리트의 실용화가 절실하다. 우리 업체들이 해외에서 건설한 건축물에도 고강도 콘크리트가 사용되어 왔으나 국내 건축 현장에서는 여전히 주춤거리고 있는 실정이다.

우리나라 건설업체가 국내에서 400kgf/cm² 이상의 고강도 콘크리트를 현장 적용한 것은 늦지만 외국에 나가서는 이미 1970년대 말부터 1980년대에 들어오면서 특히 동남아에 진출해 많이 사용하였다. 우리나라 건설업체가 고강도 콘크리트를 사용하여 해외에 건설한 대표적인 고층 건물로는 싱가포르의 Raffles City Complex (73층), Suntec City (40층), 말레이시아 콸라룸푸르의 Plaza Rakyat Building (79층), Yowchuan Tower (63층), Petronas Tower (88층), 그리고 인도네시아에 건립한 Grand Hyatt Hotel 등 수없이 많다. 이들 해외건설 물량은 IMF 사태가 터지던 1998년까지 계속되었으나 동남아에서도 경제가 곤두박질하는 바람에 많은 업체들이 시공 도중에 손을 놓고 철수하는 아픔을 겪기도 했다.

이처럼 외국에서의 활발한 고강도 콘크리트 시공 실적에 비해 국내에서는 아주 열악한 사정이 계속돼 왔다. 1980년 여의도에 준공한 LG 쌍둥이빌딩 건설에 280kgf/cm² 정도의 고강도 콘크리트를 적용한 것이 고작이었다. 이에 비하면 1991년 평양 시내에 건립한 유경호텔이 약 500kgf/cm² 정도의 콘크리트를 사용했다고

하니 오히려 우리보다 앞선 셈이다. 유경호텔은 높이 300 m의 105 층 건물로 프랑스인 기술자의 도움을 받은 것으로 알려졌다.

토목 분야는 사정이 조금 다르다. 400 kgf/cm²급 콘크리트가 교량 설계에 많이 채택되었고 800kgf/cm²급이 콘크리트 파일이나 철도 침목 등에 많이 사용돼 왔다. 선유도 아치교에 2,000kgf/cm²급의 고강도 콘크리트가 사용된 것이 특이할 만하다.

## 고강도 · 고유동화는 불가분의 관계

고강도와 고유동이라는 두 키워드는 서로 밀접한 불가분의 관계에 있는 것으로 보인다. 고강도 콘크리트가 가능하려면 물 · 시멘트비(W/C)가 낮아야 하기 때문에 유동성이 떨어지게 마련이다. 환언하면 유동성이 좋아야 고강도 콘크리트가 실용화될 수 있는 것이다. 하지만 서두에서 언급했던 것처럼 1980 년대에는 콘크리트의 강도 발현은 가능했지만 몇십 분만 지나면 굳어져버려 타설이 불가능했었다. 결국 이런 문제점을 보완하여 성능이 좋아진 고유동화제로 무다짐 콘크리트의 타설이 손쉬워져 고강도 콘크리트의 실용화가 성공하게 된 것이다.

## 최근에야 500 800kgf/cm²급 사용

초고층 아파트에 800kgf/cm² 정도의 고강도 콘크리트가 쓰인 것은 아주 최근의 일이다. 몇몇 대형 건설업체가 주축이 되어 400 500kgf/cm² 정도의 고강도 콘트리트를 사용해 온 것이 우리 건축 현장의 현실이다.

규모가 작은 기업들은 아직도 300kgf/cm² 정도만 되어도 경험이 없어 선뜻 나서지 못하고 주춤거리는 실정이다. 이는 20 30 년 전의 일본의 경우와 비슷하다. 일본에서는 경험이 없는 건설업체의 높은 강도 설계시에는 관련 연구 보고서를 '건축센터'라는 기관에 제출한 후 판정을 거쳐 허가를 받은 후 시공에 들어가도록 규정되어 있다. 우리나라 기업도 본받을 만한 사례이다. 레미콘 회사의 기술력이 똑같아 필요한 강도를 주문했을 때 모든 레미콘 회사가 제조 가능하다고 볼 수는 없기 때문이다. 과도기라 생각하고 강도의 품질이 확인될 때까지 연구하는 자세가 필요하다.

향후 고강도 콘크리트 전망을 보면 모든 중견 건설업체가 내구성, 내식성, 내중성화 저항 성능, 투수 저항성 등 모든 면에서 훌륭한 제품을 손쉽게 쓸 수 있을 때까지 산학연 공동 연구가 더욱 활성화되어야 한다. 최근 국내 초고층 빌딩 한두 개가 500 800 kgf/cm²급의 고강도 콘크리트로 지어지고 있다고 해서 모든 건설업체가 뒤따라 좇아갈 수 있다고는 볼 수 없기 때문이다.

우선 60 70% 정도의 W/C 비가 20 30% 대로 뚝 떨어져야 '높은 강도 발현'이 가능한 만큼 고유동 콘크리트로 만들기 위한 고성능 감수제의 사용이 필수적이다. 또한, 보통 강도의 콘크리트 제조 때보다 부배합이 되어야 하므로 수화 작용시 수화열이 크게 발생함으로써 이 열을 낮추기 위해 저발열 시멘트를 사용하거나 구조체를 구분 절단 타설하는 등 연구를 해야 한다. 게다가 고유동 콘크리트이므로 거푸집 제작에 더욱 신경을 써야 한다. 사용 재료 선택에도 신경을 써야 할 곳이 많다. 우선 시멘트나 골재 자체 강도가 높아야 하고, 골재 입도 분포, 양생, 사용 믹서의 성능 등이 강도 발현에 영향을 끼치기 때문이다.

## 계속 안전만 따지며 뒤처질 것인가

한편, 앞으로는 콘크리트의 품질뿐만 아니라 페트로나스 타워의 구조처럼 복합 구조 시스템(hybrid structure)의 개발과 맞물려 고부가가치 창출을 시도하려고 노력하는 기업만이 살아 남을 것이다. 이는 고강도 콘크리트 소재의 특성 때문인데 압축 강도에 비해 휨 성능이 상대적으로 약하므로 압축 부재에만 효과가 있고 휨 부재가 되면 단면을 크게 줄일 수 없는 특성도 갖고 있기 때문이다.

고강도 · 고유동화 콘크리트의 실용화 과제는 각종 재료, 혼화재, R&D, 건축주 의지 등 종합적인 노력(team effort)에 의해 성공할 수 있다. 국제 사례에서도 알 수 있는 것처럼 과감히 고층 건물에 적극적으로 도입해야 부재 단면을 줄이는 등 큰 효과를 볼 수 있다. 이처럼 고강도 콘크리트에 관련된 모든 분야가 힘을 합하여 선진 건설업 대열에 하루 빨리 동참하지 않으면 경쟁 우위에서 밀려날 수도 있기 때문이다.

하지만 우리의 실정은 반성해볼 필요가 있다. 연구 개발 문제는 상당 부분 선진국에 뒤지지 않을 만큼 진행되고 있다고 자부할 수 있다. 하지만 강도 면에서는 아직 240 kgf/cm²에서 270kgf/cm²으로 겨우 한 단계씩 설계 강도를 높이는 데도 꽤나 시간이 걸린다. 이처럼 하세월로 전진하는 동안에 미국에서는 몇 년 전 시애틀에 1,300kgf/cm²급의 초고강도 콘크리트를 사용한 Tow Union Square Building (56 층)을 건설한 것을 보더라도 우리나라가 상대적으로 뒤떨어져 있음을 직시할 수 있을 것이다. 동남아에서도 200kgf/cm² 전후의 낮은 강도 콘크리트가 쓰이지 않는 추세인 데 반하여 현재 우리나라에서는 2,400kgf/cm²급의 낮은 강도의 철근을 사용하지 않으면서 콘크리트 강도는 아직까지 낮은 강도를 고수하고 있다. 이는 비합리적이다.

합리적이고 내구적인 RC 설계를 위해서는 고강도 · 고유동화 콘크리트의 도입이 절실하다. 계속해 안전만 따지면서 뒤처질 수만은 없지 않을까. 경제성이나 내구성, 품질 우위의 고강도 · 고유동화 콘크리트 실용화에 건설인 모두가 동참해야 할 때이다.

정헌수
중앙대 건축학과 교수