

고강도-고성능 콘크리트의 개발현황 및 방향

신 성 우 (한양대학교 건축학부 교수)

1. 구조물의 과거, 현재, 미래

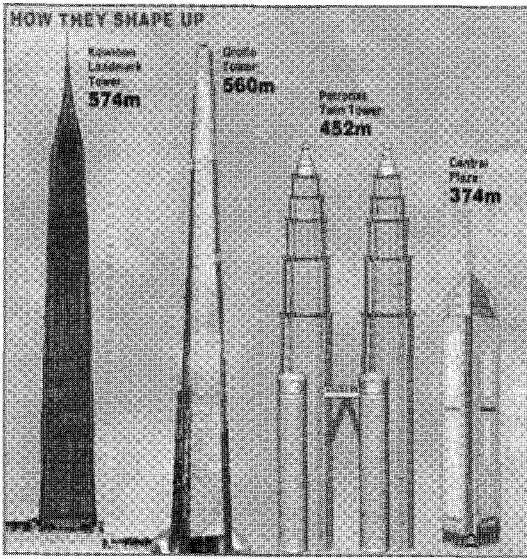
현대사회는 도시집중화에 따른 인구 과밀화와 시설의 집중이 이루어지고 있으며, 이중 건설분야에 뚜렷이 나타나는 현상은 구조물의 초고층화, 대형화(장지간 교량, 극저온 탱크, 체육관) 그리고 특수화(해양, 지하공간 구조물, 원자력 구조물 등) 경향이 며 이에 상응하는 재료성능향상, 구조 및 설계기술 개발 및 시공능력 향상을 요구하고 있다.

세계적인 고층건물 분야는 1880년대 이후, 미국이 주도해 오고 있다. 철골구조물인 경우 10층 전후로 시작하여 1890년대 20층, 1913년에는 57층, 1931년에는 102층 381m의 엠파이어스태이트빌딩을 거쳐, 1974년에는 443m의 110층 시어즈 타워에 이르러 절정에 달하였다. 철근콘크리트 구조물의 초고층은 조금 늦게 시작되어 1958년 38층, 1962년에 50층 아메리카 호텔, 1976년에 74층 262m의 Water Tower Place 등이 세워진 바 있으며, 최근에는 시카고에 108층 472m의 사우스 더번 빌딩을 150여층으로 변경하여 건축할 예정에 있다.

지금까지 건축된 대부분의 고층 건물들이 미주지역에 편중되어 있었지만 최근에는 홍콩(Central Plaza 빌딩, 78층 374m, 1992년), 중국, 싱가포르(Raffles city, 223m, 72층, 1986년), 말레이시아(페트로나스 타워, 453m, 92층, 1996년), 태국 등 아시아 지역에서도 많은 초고층건물들이 계획되거나 시공이 진행 중에 있는데, 중국의 경우 상하이에

101층 높이의 월드파이낸셜 센터는 이미 건물을 짓기 위한 기초공사를 마친 상태이며, 홍콩에서는 높이 579m로 현재 세계 최고층 건물인 말레이시아의 페트로나스 타워보다 120m 이상 높은 건물을 세울 것으로 계획하고 있다. 그리고 브라질의 상파울로에서는 피라미드 모양의 103층 높이의 빌딩건설을 계획 중에 있으며, 인도에서는 224층, 677m의 인디아 타워를 2008년 완공목표로 계획하고 있다. 또한 이웃나라 일본에서는 최근에 196층 1000m의 Sky City, 500층 2001m에 달하는 에어로폴리스 2001, The Mile High Dream(170층, 860m) 등의 연구를 통하여 점차 초고층화되어 가는 현대건축의 경향을 나타내고 있으며 이러한 계획들은 머지 않은 21세기에는 현실화될 것이며, 21세기 중반에는 4,000m의 초초고층 구조물이 등장할 것으로 보인다.

우리나라의 고층빌딩으로는 1978년의 37층 138m의 롯데호텔, 1980년대의 63빌딩 249m(지상 60층, 지하 3층)과 한국종합무역센터 229m(지상 55층, 지하 2층) 등을 꼽을 수 있으며, 최근에 이르러 102층의 도곡동 삼성전자 Project는 취소되었으나, 다시 도곡동에 Tower Palace I, II, III(69층)로 건설 또는 추진 중에 있으며, 대우 부산 수영만 Project나, 부산 롯데 Project 등이 일부 변경되어 추진되고 있다. 또한 최근 서울 잠실에 112층(555m)높이의 제 2 롯데월드 프로젝트나 서울 상암동의 110층(553m) 높이의 초고층 구조물 건설계획이 발표되는 것과 함께 서울 도심에 최고 350m까지 건물을



〈그림-1〉 초고층 구조물의 현재, 미래

신축할 수 있도록 용적률이 완화되는 등 국내에서도 초고층 건물의 요구가 크게 증대되고 있다.

2. 고강도 콘크리트의 정의

구조체에 사용되는 콘크리트의 성능을 평가하기 위한 가장 중요한 기능중의 하나가 압축강도이며 이는 구조설계에 요구되는 설계기준강도(f_{ck})로 대표되고 있다. 많이 사용되는 고강도 콘크리트는 보통 콘크리트보다 강도가 높은 콘크리트를 뜻하는 것이나 그 의미는 시대와 지역에 따라 많은 차이가 있다. 즉 1950년대에는 압축강도 350kgf/cm^2 (5,000 psi) 이상을, 그리고 1960년대부터는 420kgf/cm^2 고강도 콘크리트로 분류하였다.

한편 미국 콘크리트학회 고강도 콘크리트 분과위원회(Committee 363)는 1984년 보고서를 통해 고강도 콘크리트의 제조에 관한 주의사항과 함께 보통 중량 콘크리트는 420kgf/cm^2 , 그리고 경량 콘크리트(light weight concrete)는 280kgf/cm^2 이상을 고강도로 분류하였으며, 최근에는 압축강도 $1,050\text{kgf/cm}^2$ 이상을 초고강도 콘크리트(ultra high

strength concrete)로 구분하고 있다. 그러나 ACI 318-95에는 최소 전단보강설계 경우 700kgf/cm^2 이상인 경우 보강비를 2배 이상하도록 하고 있는 점이 특이하나, 대체로 강도의 상한선을 두지 않고 실험 등을 통하여 검증 후 이용하도록 하고 있다. 일본의 경우 건축에서는 270kgf/cm^2 이상 그리고 토목에서는 $600\sim 800\text{kgf/cm}^2$ 정도를 고강도로 정의하고 있으며, 건축물에서는 600kgf/cm^2 이상 사용시 건축센타 심의위원회의 허가 후 이용하도록 규정하고 있다.

국내의 경우는 고강도 콘크리트 적용을 위한 많은 변화가 시도되었는데, 강도 구조설계법에서는 구조용 콘크리트의 정의를 1988년에는 보통중량 콘크리트 경우 150kgf/cm^2 이상, 그리고 420kgf/cm^2 이하로 제한하고 있어 420kgf/cm^2 이상을 사용할 경우 일부 제약이 따랐으나, 1994년 개정판에서는 상한선을 삭제하고 구조용 콘크리트 강도를 180kgf/cm^2 이상으로 채택함으로써 고강도 콘크리트의 이용이 활발하게 되었다. 또한 건축공사 표준시방서에서도 1986년 판에는 고강도 콘크리트 정의를 $270\sim 360\text{kgf/cm}^2$ 이하로 하고 있으나 1994년 판에는 이를 300kgf/cm^2 이상으로 개정하였으며, 시공을 위한 구체적인 지침도 보완되었다. 그리고 1999년 개정된 콘크리트 표준시방서에서는 400kgf/cm^2 이상을 고강도 콘크리트로 정의하고 있다.

3. 고강도 콘크리트의 사용현황

가. 국외 현황

초고층 철근콘크리트 골조는 세계 대도시에서 세워져 왔는데, 근래의 특징으로는 지진의 규모가 크게 분류되는 대도시에서도 사용성이나 경제성 때문에 콘크리트골조의 사용이 증가되고 있는 추세에 있어 고강도 콘크리트의 활용은 보다 증가될 추세이다. 〈표-1〉은 고강도 콘크리트의 이용이 활발한 주요 선진국에서의 적용현황과 사용상의 특징이다.

〈표-1〉 각국별 설계기준 강도 및 고강도 콘크리트 적용범위

각 국 기 준	보통콘크리트 (kgf/cm ²)	고강도콘크리트 (고강도경량콘크리트) (kgf/cm ²)	경량콘크리트 (kgf/cm ²)	비 고
한 국 ▶ 허용응력도설계법 ▶ 건축공사표준시방서 - 1986년 - 1994년 ▶ 콘크리트표준시방서 - 1999년 ▶ 콘크리트건설 제요령 (한국콘크리트학회) ▶ KS 4009	150 이상 150 ~ 270 150 ~ 300	 270 ~ 360 300 이상 400 이상 400 이상 400 이상은 특수품		 PS경우 800까지 가능
미 국 ACI 318-89 ACI 363	210 이상	 420 이상	 280 이하	 고강도의 강도 상한이 없음
영 국 BS 8110 (구조용 콘크리트 표준규준)			 255 이하	 내구성 고려시 Fc=305 ~ 510 까지 고려
일 본 일본건축학회 ▶ R/C구조계산규준 ▶ 고강도 철근콘크리트조 설계시 시공지침안 ▶ JASS 5 (철근콘크리트공사) ▶ PSC 설계시공규준 Pre-tension Post-tension 토목학회 ▶ 콘크리트표준시방서 PSC ▶ 고강도콘크리트 설계시공지침(안) 건축 기준법 ▶ 시행령 74조	 135 ~ 360 150 ~ 240 350 이상 300 이상	 270 ~ 360 (240 ~ 270) 360 600 ~ 800	 120 ~ 270 150 ~ 225 900 이상	 고내구성 Fc=210 ~ 360
New Zealand ▶ NZS 3101	205 ~ 560			

(1) 미국

1950년초 미국에서는 20층 정도가 콘크리트 건물로서는 가장 고층이었으나 1975년에 74층의 Water Tower Place에 $630\text{kg}/\text{cm}^2$ 을 사용함으로써 세계에서 최고의 고강도를 사용한 최고층 콘크리트건물이 세워짐으로 콘크리트건물의 고강도화에 획을 그을 수 있게 되었다. 이후 1979년 일리노이 대학 시카고 캠퍼스에서 High Strength Concrete Workshop이 개최되어 고강도 콘크리트 사용, 특히 역학적 측면에서 불명확한 부분에 관하여 많은 연구결과가 발표되었으며, 향후 필요한 연구내용에 대한 제안이 있었다. 이후 1984년에는 고강도 콘크리트 분과위원회(ACI 363)에서 제조, 구조 및 시공전반에 관한 종합보고서가 제시되었다.

최근에는 $700\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상의 초고강도 콘크리트가 등장하고 있는데 $800\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상 콘크리트가 지난 4~5년 사이에 애틀란타와 클리블랜드, 미네아폴리스, 뉴욕 등 미국 전역에 확산되고 있으며 지진구역이 UBC code로 규모 3정도인 시애틀까지 이용되고 있다. $800\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상의 콘크리트는 New York시의 Trump Palace (68층)에 $875\text{kg}/\text{cm}^2$, 그리고 미네아폴리스시의 Daln Bosworth Tower에 $980\text{kg}/\text{cm}^2$ 을 사용하고 있다. Trump Tower는 고유동성을 고려함으로 철골조로 예정된 기간보다 6개월 정도 가능하였다.

지금까지 건축물에 이용된 최고의 콘크리트 강도는 $1,300\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 초고강도 콘크리트가 시애틀의 Two Union Square(Skilling Ward Magnusson Barkshive Inc., 구조설계사)에 62층(230m) 복합기둥(composite column)에 사용되었다. 이는 고성능 감수제외에도 낮은 물시멘트비(W/C=0.22), 품질 양호한 시멘트와 높은 시멘트량, 작고(10mm) 품질 좋은 골재, 그리고 실리카퓌름(25% 정도 강도증가) 때문에 가능하였으며, 이때의 설계강도는 28일이 아니고 56일을 기준하였다.

이때 $1,300\text{kg}/\text{cm}^2$ 강도는 강도(Strength)의 목

적이외에도 $436,500\text{kg}/\text{cm}^2$ 까지의 탄성계수에 의한 극도로 큰 강성(stiffness)의 요구사항 때문에 제조되었다. 이러한 높은 강성의 요구는 시애틀에서 철골조인 경우 고층부분의 사람이 흔들림에 의해 업무가 어려운 정도여서 강성이 큰 초고강도 콘크리트를 사용하게끔 되었다.

(2) 캐나다

1988년 5월 캐나다 정부는 10~15개의 연구센터(Networks of Excellence)에 대하여 향후 4년간에 걸쳐 약 2억 4천만달러의 연구비를 투자하여 자연과학 및 공학, 의학, 사회과학 등의 분야에 집중적인 연구수행 계획을 선포하였다. 이러한 연구프로그램의 목적은 국가적으로 중요한 장기적인 연구 프로젝트에 대하여 캐나다 최고의 연구자들을 유도하는데 있으며, 그 실행방법으로서 전 캐나다에 걸쳐 회사, 산업체, 정부 및 대학을 연결하는 연구센터를 설립하는 것이었다.

이러한 선포이후 6개월 동안 연구응모를 실시하였으며, 그 결과 캐나다에서 158개의 연구체위가 모집되었고, 또한 여기에 포함된 연구자의 수는 4,000명에 달하였다. 그후 제의된 연구내용은 국제적인 전문가에 의해 평가되어 최종적으로는 15개의 제의가 선택되었는데, 이중 5개가 의학분야이며, 3개가 전자분야이고 나머지가 우주공학, 펄프 및 제지, 해양공학 등인데 토목공학 분야로서는 유일하게 고성능 콘크리트 연구센터(Network of Centre of Excellence on High-Performance Concrete)가 설립하여 1990년 6월 1일부터 시작되었으며 8년에 걸쳐 Concrete Canada라는 이름아래 기존에 개발된 기술을 산업체로 이전하기 위한 Technology Transfer에 주요 목적을 두고 활동하였다. 캐나다는 1964년 몬트리올 지역의 Place Victoria에 $420\text{kg}/\text{cm}^2$ 을 최초로 사용한 후 1987년 코론시에 있는 Scotia Plaza(68층)에 $700\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 설계압축강도를 사용한 최초 건물을 세웠다. 이 건물은 고로슬래그를 사용한 세계 최초 건물이다.

이때 평균압축강도는 934kgf/cm²이고 표준편차가 65kgf/cm²이었으며 제조는 Dry Mixer 기법을 사용하였다.

(3) 유럽지역

유럽지역은 콘크리트의 성능향상 일환으로 FIP/CEB에서 1990년 High Strength Concrete State of The Art Report를 발간하여 유럽지역을 중심으로 지침서를 발간하였으며, 각국별 추진내용은 다음과 같다.

1) 노르웨이는 가장 고강도 콘크리트를 많이 활용하고 있는데 이는 북해(North sea)에 콘크리트 해양 플랫폼이 세워짐으로 내구성이 좋은 고강도 콘크리트를 대상으로 1970년대 이후 활발하게 되었다. 1970년 초에는 28일 강도가 400~450kgf/cm²까지 사용된 후 1980년대에는 450~600kgf/cm²인 콘크리트가 사용되었다. 여기서 사용되는 시멘트는 주로 5종에 가까운 시멘트를 그리고 펌프 향상을 위해서 실리카흙을 사용하는 것이 흥미롭다. 노르웨이는 이외에도 고속도로와 교량에 마모율이 큰 600~700 kgf/cm²의 고강도 콘크리트를 적극적으로 사용하고 있으며 근래에는 포장용으로 1,600kgf/cm²까지 사용하였다는 보고가 있다.

2) 영국에서는 고강도 콘크리트에 관한 지침이 아직 없으나 1976년 시멘트협회와 시멘트 혼화제협회가 공동으로 유동화 콘크리트에 관한 보고서를 작성하여 주로 유동성 확보에 중점을 두고 있는데 이는 프리캐스트 콘크리트분야에 사용되고 있으며, 특히 세계 최대의 석유 Platform인 니니안 석유 Platform에는 22개의 P.C 단위체가 모두 우수한 내구성 및 시공성의 필요성에 의해 고강도 콘크리트가 사용되었다. 이때 물-시멘트비는 30%, 슬럼프 값은 20cm, 그리고 Melamin 계의 고성능 감수제를 사용하였다.

3) 독일의 경우는 초기에는 유동성의 증진을 목적으로 개발되어 왔으나 근래에는 고강도 콘크리트의 응용이 활발하게 증가되고 있다. 적용은 건물의 슬래브에 콘크리트를 타설하거나 원자력 발전소 등에 500kgf/cm² 이상의 압축강도를 사용하고 있으며, 고강도 콘크리트의 90% 이상이 유동화 콘크리트로 제조되고 있다. 이를 위하여 1974년에 서독 철근 콘크리트협회 위원회에서 유동화 콘크리트의 제조와 시공에 관한 지침이 작성되었다.

4) 프랑스에는 현재 600kgf/cm²까지 설계규준으로 채택하고 있으며 취급은 기존 콘크리트와 같이 하고 있다. 600~800kgf/cm²의 범위는 경우에 따라

<표-2> 고강도 콘크리트를 사용한 초고층 건축물

건 물 명	소 재 지	완 공	층 수	높이(m)	강도(kgf/cm ²)	용 도
Petronas Tower	쿠알라 룸프	1998	88	452	800	사무실
Citic Plaza	광쑤우	1996	80	391	700	다목적
Texas Commerce Plaza	Houston	1982	79	305	530	사무실
311 S-Wacker Drive	Chicago	1990	85	295	840	사무실
Two Prudential Plaza	Chicago	건설중	64	274	900	사무실
Water Tower Place	Chicago	1976	74	262	630	다목적
Messeturm	Frankfurt	건설중	70	259	-	사무실
NCNB	Charlotte	건설중	60	251	-	사무실
City Spite	New York	1987	72	248	-	사무실
Two Union Square	Seattle	1988	56	244	1,330	사무실
Rialto Center	Melbourne	1986	70	243	-	사무실

서 별도의 조치를 요구하고 있다. 그리고 고강도-고성능 콘크리트의 활성화를 위하여 수 개년 계획의 연구프로젝트인 IREX를 시작하고 있는데 이는 내구성과 800~1000kgf/cm²의 적용에 초점을 맞추고 있다. 건축물에 최초로 사용한 경우는 1985년 라데팡스 아치(The Great Arch of La Defence)에 600 kgf/cm²을 사용하였으며, 이후 대부분의 고층건물에 고강도-고성능 콘크리트를 이용하고 있으며, 향후 다음세대를 위한 원자력발전소의 표준설계법에 이를 포함시키고 있다.

1994년에 완공된 Bibliotheque de France에 600kgf/cm²의 설계강도를 4개의 90m 높이 Tower 동 기둥에 반영하였으며, 그 결과 실제 700kgf/cm²이 얻어졌으며 이때 일반 실리카 흙을 사용하지 않았는데, 이는 강도 이외에도 건물의 아름다운 외관을 위하여 특히 색상과 균질성을 요구하였기 때문에 Zirconia 공장에서부터 흰 실리카흙을 사용하였다. 그리고 하중을 가장 많이 받는 기둥들은 750kgf/cm²까지 일부분 적용하였다. 이외에도 1994년에 라데팡스 서쪽 상업지구에 38층의 Tower Societe Generale 건물 지하 6층부터 지상 24층까지 600kgf/cm²을 20m³/hr의 펌프속도로 타설하였으며 실제로 740kgf/cm²이 얻어졌다.

(4) 일본

일본에서 최근 10년간 철근콘크리트 골조에서 채택되는 골조 형식은 고층 벽식 라멘 구조형식으로 주로 주거용 공동주택을 위해 사용되고 있다. 일본에서 철근콘크리트 건축물은 지진 때문에 15~18층 이하로 층수 제한이 되다가 근래에 고강도 콘크리트의 개발 및 시공 기술수준의 향상에 힘입어 30~40층 고층아파트까지 세우고 있으며, 최근에는 고층공동주택의 대부분에 활용하고 있고, RC조 초고층 주택이 전체 주택형식의 66.4%를 차지하고 있는 등 점차 RC조 주택이 크게 확대되고 있다.

(5) 아시아 지역

홍콩에서는 700kgf/cm²을, 그리고 대부분의 동남 아시아에서는 400~500kgf/cm²을 여러 곳에 이용하고 있으며 삼성건설에서 시공한 세계 최고높이의 건축구조물인 말레이시아 페트로나스 타워는 Column 강도로 800kgf/cm²을 사용하고 있다. 북한에 건설된 평양 유경 Hotel(105층)도 R.C.조로서 콘크리트 강도를 500kgf/cm²정도 사용한 것으로 보고되고 있어 아시아 국가 내에서는 국내의 콘크리트 수준이 매우 뒤져 있음을 보여 주고 있다.(〈표-2〉, 〈표-3〉)

〈표-3〉 고강도 콘크리트를 사용한 국외 교량

Bridge	소재지	완공년	최대지간(m)	강도(kgf/cm ²)
Willow Bridge	Toronto	1967	48	420
San Diego to Coronado	Califonia	1969	43	420
Pasco-Kennewick	Washington	1978	299	420
Linn Cove Viaduct	North Carolina	1979	55	420
Houston Ship Canal	Texas	1981	299	420
Coweman River Bridge	Washington	-	45	490
Huntington to Protovilliee	W. Va. to Ohio	1984	274	560
Annacis	British Columbia	1986	465	560
Tower Road	Washington	-	49	630
Srilanka Queen Elizabeth Quay	Srilanka	2001	Deck	400
홍콩 Container terminal	홍콩	2002	Beam	450

〈표-4〉 고강도 콘크리트를 사용한 국내 건축물

공사명	발주처	시공회사	년도	배합강도 (kgf/cm ²)	비고
Lucky Twin Tower	럭키	럭키개발	85	280	336(28일)
올림픽수영장	럭키	코오롱건설	87. 10	400	
랜드로바	랜드로바	한일건설	87. 3	유동성 목적	
영등포지점	국민투자신탁	(주)신성	89. 11	300	8층
마포사옥	한국신용유통	(주)대우	89. 12	300	Post-Tension
분당시범 초고층아파트	삼성·현대·한양 등	삼성·현대·한양 등	90	300	
삼성 분당 초고층아파트	삼성	삼성종합건설	90	530	
영남일보사옥	영남일보	(주)대우	91	280	
삼성 산본아파트	삼성	삼성종합건설	91	500	fly-ash사용(12층)
삼성생명 양재사옥	삼성생명	삼성중공업	93	420	시공강도 500kg/cm ² 보-기둥 분리타설
대우진해현장	(주)대우	(주)대우	93	700	• 시험시공 • 실리카흙 사용
삼성 대방동 주상복합빌딩	삼성건설	삼성건설	95	400, 700, 1200	1200 시험시공
우성 도곡동 캐릭터 199	우성건설	우성건설	95	420	고강도 콘크리트 구조설계 및 시공
한국통신 서울통신센터	한국통신	두산건설	96	500	시험시공
서초동 업무시설빌딩	미원건설	미원건설	97	500	
여의도 River Tower	신한건설	신한건설	97	350	고강도 경량콘크리트 시험시공
트럼프 월드	대우건설	대우건설	02	400	여의도, 41층
아크로빌	대림산업	대림산업	02	400	도곡동, 46층
슈퍼빌	현대산업	현대산업	02	철골	46층
타워 팰리스 I	삼성건설	삼성건설	02	500	도곡동, 55층
타워 팰리스 II	삼성건설	삼성건설	02	500	도곡동, 66층
타워 팰리스 III	삼성건설	삼성건설	03	800	도곡동, 69층
I-Park	현대산업	현대산업	03	600	삼성동, 47층

나. 국내현황

국내 건축물에 대한 고강도 콘크리트의 응용은 대부분의 고층 구조물이 건축주들의 선입관념에 따라 철골조와 철골-철근 콘크리트 골조로 이루어지고 있는 현황에서 고강도 콘크리트 개발은 1980년 중

반까지는 지지부진하여 왔으나 1985년에 준공된 럭키 Twin Tower는 30층 이상의 고층 사무실(골조-Tubular R.C.구조)에 설계기준강도 280kgf/cm²의 압축강도를 갖는 콘크리트를 사용한 국내 최초 건축물이 되었다. 이후에도 한일건설의 랜드로바, (주)신성의 영등포 지점, (주)대우의 한국 신용유통 등

에 300kgf/cm²의 고강도 콘크리트가 사용되었으나 Post-Tension 구조물용이나 유동성 확보 등의 측면에서 사용된 것이었고 고강도 콘크리트의 최대 이점인 고층 건물에서의 수직부재 응용측면에서는 미흡한 실정이었다. 이렇게 지지부진한 고강도 콘크리트의 개발은 1990년에 신도시에서 초고층 아파트(20~30층)의 출현으로 아파트 하부벽체의 단면증대 및 고층 펌핑을 위한 유동성 확보 등의 측면과 콘크리트 가수(加水)방지를 위한 대책 등에 관심이 고조되기 시작하였다. 이에 따라 1990년 산·학 협동(삼성종합건설-한양대)으로 삼성분당시험단지 초고층 아파트 109동(28층)의 전 지하층에 500kgf/cm²/28일(610kgf /cm²/년)의 고강도 콘크리트가 최초로 시험 시공되었다. 이때에는 콘크리트 내부의 수화열 측정, 레미콘 수송에 따른 경시변화 조절방안, 타설 및 양생방안 그리고 구조 역학적 문제점 등이 검토되었으며, APT 내부에 시험용 실험벽(Dummy Wall)을 설치하여 코아채취, 수직부등변위, 수화열 등을 측정하여 고강도 콘크리트의 실용화를 위한 각종 자료를 축적하였다. 1991년에는 삼성산본 고층 APT(15층)의 13층 벽체에 같은 강도가 시험시공되었는데 이때에는 수화열 경감을 위한 Fly-Ash 사용, 고층펌프성상 등이 주로 검토되었다. 이후 1992년에는 보-기둥 분리타설에 따른 접합부

시공 및 구조성능시험과 고강도 콘크리트에 관한 최초의 국내용 시공지침서가 발간되었으며 이를 위한 의견수렴으로 공청회가 개최되어 차츰 이 분야의 저변확대를 위한 노력이 산·학 협동으로 계속되어 왔다. 1993년에 와서는 설계기준강도 420kgf/cm², 그리고 시공강도 500 kgf/cm²를 목표로 삼성생명 양재사옥(지상 6층)에 시공하여 설계에서 시공까지 완료한 최초의 골조구조 건축구조물이 되었다.

이후에는 (주)대우 진해현장 3층 건물이 700kgf/cm²으로 시험 시공되었으며, 1994년에 한양대탑은대방동 삼성주상복합건물에 270, 350, 420kgf/cm²을 구조설계에 반영되고, 700kgf/cm²과 1200kgf/cm²이 시험 시공되어 초고강도 콘크리트의 응용을 위한 길잡이가 되었다. 이외에도 1995년에 우성도곡동 캐릭터 199(38층) 전지하층에 420 kgf/cm²까지를 구조설계에 반영하여 고강도 콘크리트의 실용화를 촉진하였으며, 근래에는 일부 건설회사 연구소(현대, 두산, 금호, 우성, 한국중공업, POSEC)와 레미콘 회사(고려산업, 쌍용, 아주, 진성, 동양 등)에서 이에 관한 활발한 연구 및 투자를 하고 있어 조만간 국내에서도 400kgf/cm²~600kgf/cm²의 강도에 대하여 많은 실용화가 있을 것으로 전망된다. 아래 표에는 국내에서 고강도 콘크리트를 사용한 건축구조물의 현황이 나타나 있다. ▲

시사 용어 해설

▶ 상장지수펀드

종합주가지수 수익률을 추구하는 인덱스펀드를 주식처럼 실시간으로 거래소 시장에서 매매할 수 있는 것을 말한다. 즉 인덱스펀드와 마찬가지로 KOSPI200이나 KOSPI50 등 주가지수와 같은 수익률을 내도록 설계돼 최소한 지수상승폭 만큼의 수익을 거둘 수 있고 거래소에 상장되기 때문에 환금성도 높다. ETF는 마치 인덱스펀드를 거래소에 상장시켜 주식처럼 사고 팔수 있는 금융상품으로 펀드와 주식의 특징을 모두 갖추고 있는 것이 강점이고, 특히 소액으로 지수 상승률을 따라잡을 수 있다는 이점이 있어 개인 투자자들에게 유용한 투자수단이 될 것으로 예상.