

고강도 콘크리트의 개발현황과 방향

신 성 우

(한양대학교 건축공학과 부교수, 공박)

1. 머릿말

현대 구조물의 고층화 및 장시간 스패화에 따른 건설재료의 성능향상과 공법개발은 필수적인 것이었다. 이에 세계 각국에서는 콘크리트의 고성능 및 부가가치화의 일환으로 고강도 콘크리트가 추진되었으며, 이중 미국에서는 1953년에 시카고의 쌍둥이 옥수수 빌딩인 Marina City에 530kg/cm²의 강도를 타설한 이후⁽¹⁾ 1988년에 시애틀에서는 62층의 Two Union Square Bldg.에 1330kg/cm²까지를 타설한 실적이 있다⁽²⁾.

이외에도 캐나다의 국가주도 첨단 Net Work의 가동이나 노르웨이, 독일, 프랑스의 이분야에 대한 열기도 가속되고 있다⁽³⁾.

이웃 일본에서는 내진의 위험성에도 1988년에 새로운 철근콘크리트(New R.C.)5개년 계획⁽⁴⁾을 세워 고강도화를 이루고 있으며, 특기할 점은 고층 주거용인 경우 소음, 진동성 때문에 철골조보다는 콘크리트로서 신축하고 있어 고강도화 이용은 급속화될 전망에 있다.

국내에서는 건축분야에 1990년 5개 신도시 이후 20층에서 30층까지의 초고층 아파트의 등장으로 수직하중과 더불어 횡력의 영향으로

표-1 아파트 층수에 따른 사용면적 차이

아파트 이름	층수	벽두께(mm)	사용면적(평)
B시 D사 아파트 (전용면적 60평)	15~25	150	60
	9~14	180	59.5
	1~8	200	59
S시 S사 아파트 (전용면적 19평)	5~8	180	19
	1~4	200	18.9
B시 D사 아파트 (전용면적 24평)	11~20	150	24
	6~10	180	23.7
	1~5	200	23.6
O시D사 아파트 (전용면적 23평)	6~20	160	23
	1~5	180	22.8
K시 D사 아파트 (전용면적 24평)	6~20	150	18
	1~5	180	17.9
I시 C사 아파트 (전용면적 24평)	12~26	160	21
	3~11	180	20.95
	1~2	200	20.90

하부층벽체 단면의 증대로 인하여 60평인 경우 시공회사에 따라 차이가 있으나 최고 2평까지도 차이가 나고 있다(참조 표-1). 따라서 건설업계가 층수에 따라 분양가를 다르게 하거나 외국처럼 고강도·고품질 콘크리트를

사용하여 아파트 벽체 단면을 일정하게 할 시점에 와 있다.

토목에서는 PSC 교량의 증대에 따라 고강도 콘크리트의 활용이 증대되고 있으나 북부간선도로에 450kg/cm²을 사용한 외에는 아직까지 이렇다할 강도의 증진은 없는 실정이어서 사회적인 불신이나 경제적인 손실을 초래하고 있는 실정이다.

2. 고강도 콘크리트의 정의

2. 1 강도상의 정의

고강도 콘크리트를 사용하기 전 고강도 콘크리트의 정의가 국내에서 우선 명료하게 정의되어야 하는데 이는 콘크리트 강도의 한계에 따라서 그들의 제조, 시공 그리고 구조설계식 등이 다를 수 있기 때문이다. 고강도 콘크리트 정의는 국내·외의 여건차이 뿐만 아니라 국내에서 사용되고 있는 분야(건축, 토목), 사용되는 대상(일반 콘크리트, P.S. 콘크리트), 기준(KS, 콘크리트 시방서, 건축공사 표준시방서) 그리고 기술자나 제품생산업자에 따라 달라질 수 있기 때문이다. 현재 고강도 콘크리트를 건축물에 가장 많이 쓰고 있는 미국에서도 1950년대에는 350kg/cm² 이상이면 고강도로 간주되었으며, 아직도 미국내 일부분에서는 이 350kg/cm² 이상이 물리적이고 심리적 한계로 여지고 있다. 이후 1960년대에는 420kg/cm²에서 520kg/cm² 정도가 상업용으로 이용되어 왔으며, 1970년초에는 630kg/cm²의 콘크리트가 시카고지역을 중심으로 생산되어 왔다. 1980년대에 들어와서는 770kg/cm²의 콘크리트를 사용한 건축물(Chicago Merchantile Exchange)이 1982년 완공되었으며, 1987년에는 Two Union Square 건물에 1330kg/cm²의 강도를 사용한 실적이 있다. 이에 미국 콘크리트학회(American Concrete Institute) 고강도 콘크리트 분과위원회(Committee 363)는 1984년 보고서⁽¹⁾를 통해 그의 제조에 관한 주의사항과 함께 보통중량 콘크리

트(Normal Weight Concrete)는 420kg/cm² 그리고 경량 콘크리트(Light Weight Concrete)는 280kg/cm² 이상을 고강도로 정의하고 있다. 이웃 일본에서는 건축에서는 270kg/cm² 이상 그리고 360kg/cm² 이하를 그리고 토목에서는 600~800kg/cm² 정도를 고강도로 정의하고 있으며, 건축물에서는 이 이상 사용시 심의위원회를 통과하여 사용하도록 규정하고 있다. 국내에서는 1986년도에 발간된 건축공사 표준시방서⁽⁵⁾에 보통중량 콘크리트는 270kg/cm²에서 360kg/cm²의 콘크리트를, 그리고 경량콘크리트는 240kg/cm² 이상을 고강도 콘크리트로 간주하고 있으나 이는 1994년에 보통중량은 300kg/cm² 이상 그리고 경량 콘크리트는 270kg/cm² 이상으로 상향조정할 예정이다. KS에서는 프리캐스트 콘크리트에 대하여 400~500kg/cm²의 강도를 요구하고 있으며, 1988년에 도입된 건설부 제정 극한강도 구조 설계기준⁽⁶⁾이 대개 400~800kg/cm²의 강도의 콘크리트를 대상으로 한 구조 설계기준인 점으로 보아 국내에서도 고강도 콘크리트에 대한 정의가 달라져야 한다. 이에 1994년도에 개정된 극한강도 설계법⁽⁷⁾에서는 구조용 콘크리트의 정의를 150kg/cm² 이상으로 하고, 420kg/cm² 상한선을 철폐함으로써 고강도화의 사용을 용인하도록 하여 향후 실용화를 위한 기틀을 마련하고 있다.

2. 2 제조방법상의 정의

콘크리트를 고강도화하기 위하여는 프리캐스트나 프리스트레스트 부재를 제조하기 위한 방법과 같이 낮은 물-시멘트비의 콘크리트를 원심성형시킨 다음 증기양생(65~75℃)을 한 후에 고온고압양생(Auto Clave)시키는 양생방법 등을 사용하여 특수하게 하는 경우가 있고, 고분자 폴리머나 슬래그 등을 섞어 콘크리트내 공극(porosity)을 매우는 미세분말 침투법(Impregnated Method)등도 있는데 제조원리와 방법은 아래 표-2에 정리되어 있다.

표-2 고강도 콘크리트의 제조원리와 방법

원 리 \ 방 법	감수제	결 합 재		활성 골재	고온 가압 양생	가압 다짐	섬유 보강재
		혼화재	폴리머-레진				
W/C비의 저감	○					○	
공극률의 저감		○	○			○	
골재와의 부착증대			○	○			
시멘트 수화물 개선					○		○
시멘트 이외의 결합재 사용			○				

그러나 미국 ACI 고강도콘크리트분과위원회(')는 재래식 재료에 배합비를 달리하여 고성능 감수제를 첨가하는 방법으로 한정하고 있다. 이는 그의 제조가 경제성이 있어야 될 뿐만 아니라 시공상 등의 어려움 때문으로 생각되며 여기에서도 이러한 제조 지침정의를 따른다.

3. 고강도 콘크리트 사용현황 및 연구동향

3. 1 국외 현황

고강도 콘크리트는 구조물이 초고층화되면서 이미 선진 외국에서는 관심사로 대두되어 (1950년 이후) 이의 사용이 급격히 증대되고 있으며, 사용되는 콘크리트 강도도 계속적으로 증가되고 있다. 이들은 사용되고 있는 용도나 지역 그리고 부위에 따라 시작되는 배경이나 용도가 일부 달라지고 있는데 보통 국가별로 분류하면 다음과 같다.

3. 1. 1 건축물에서의 국외현황

고강도 콘크리트의 실용화 초기단계에서 유럽에서는 그의 시공성향상을 위해 pumpability와 consistency의 조정에 주안을 두었으며, 미국에서는 단위수량의 감소에 따라 고강도 발현에 중점을 두고 있다. 대개 1950년이 후 단시간에 고강도 콘크리트의 응용이 가능하였던 원인은 다음과 같은 상황에 따라 가능하

게 되었다.

- 새롭고 향상된 건설공법
- 대용량 crane
- 고강도 재료(고성능 감수제, 고성능 시멘트 등)
- 혁신적인 구조시스템
- 크고 빠른 컴퓨터용량과 상응하는 software.

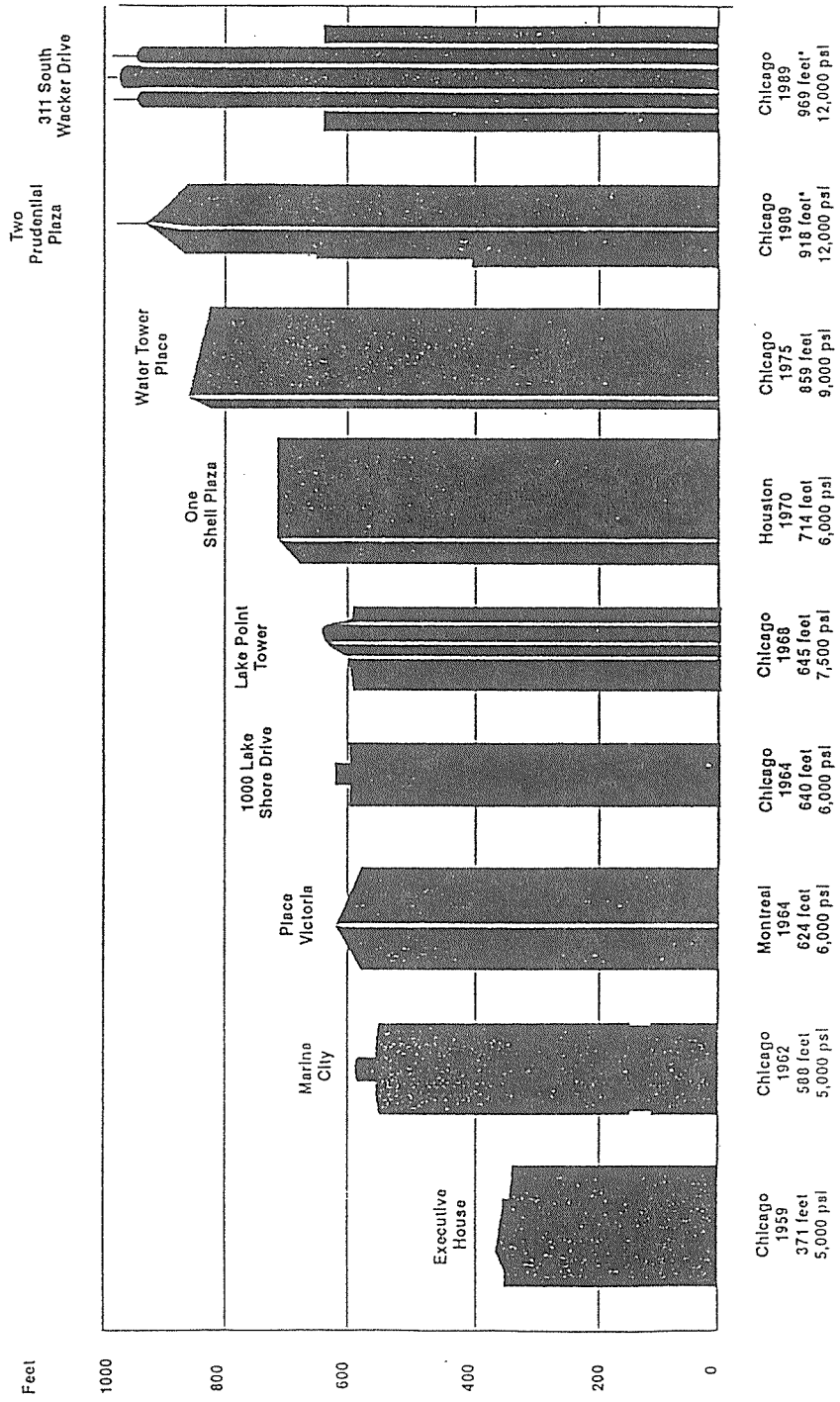
이 가운데 어느 것이 특히 중요하다기보다는 각 요소 나름대로 콘크리트 건물의 높이가 상승하는데 큰 기여를 한 것으로 보인다.

각 지역별 주요 건축물의 응용실태 및 연구 현황은 다음과 같다.

(1) 북미 지역

이 지역에는 주로 고층건물에 압축을 받는 부재에 많이 쓰여지고 있는데 이는 주어진 압축하중을 부담하기 위하여는 콘크리트 압축강도의 증가가 가장 효과적이며, 경제적이기 때문이다.

그림-1은 9개 건물을 보여주고 있는데 Two Prudential Plaza를 제외하고는 그것이 완공될 시점에서는 세계에서 가장 높은 콘크리트 건물이었다. 여기에서 건축물의 높이가 올라갈수록 콘크리트 강도도 함께 증가하고 있음을 보여주고 있다. 9개 건물중 7개 건물이 시카고에 위치하고 있는 점이 흥미로우며, 최근에는 700kg/cm² 이상의 초고강도 콘크리트가 미국 전지역에 차츰 분산되고 있는 경향이 보



* Silhouette shown includes steel structure at top of building.

Source: Portland Cement Association

그림 - 1 북미에서 고강도 콘크리트를 사용한 건축물의 층수 변화

인다. 800kg/cm²이상의 콘크리트로서 1991년 Cleveland의 Society Center와 그리고 Atlanta의 One Peactree Center에 840kg/cm²을, New York시의 Trump Palace에 875kg/cm²을, 그리고 미네아 폴리스의 Daln Bosworth Tower에 980kg/cm²을 사용하여 최근 3~4년 사이에 미국 전지역에 골고루 이용되고 있음을 보여주고 있다.

가장 높은 강도를 사용한 곳은 시애틀에서 1988년에 사용한 62층의 Tower Unicon Square Bldg.으로 1330kg/cm²을 사용하고 있다. 이러한 강도는 W/C가 0.22, 고급의 시멘트, 고성능 감수제, 10mm 크기의 골재, 실리카흙을 사용함으로써 가능하였다. 그림-1에서 층수로는 1989년에 시카고에 79층의 311 S. Waker Drive건물이 완공된 건물로서는 세계에서 가장 높은 층수를 보여주고 있는데 사용된 강도는 840kg/cm²이다.

(2) 캐나다 지역

북미 지역중 캐나다 지역은 1964년 몬트리올지역의 Place Victoria에 420kg/cm²을 사용한 후 1987년에 Toronto에 Scotia Plaza(68층)에 HPC 콘크리트가 처음으로 이용되었다.

캐나다는 국가주도 12개 첨단 Net Work중

하나가 High Performance Network으로서 4개년 계획이 완료된 시점에 있다.

(3) 일 본

이웃 일본은 지진때문에 건축물에서의 응용은 표-3에서 보는 바와 같이 1970년대까지는 400kg/cm²이상의 고강도 콘크리트 사용이 극히 제한적이었으나 1980년 이후에는 420kg/cm²이상의 사용이 급증되고 있다. 연구로서는 1988년에 새로운 철근 콘크리트 5개년 계획(New R.C.)을 학·산·관 합동으로 시작하여 1993년 5월에 완료하였으며, 1200kg/cm²까지의 강도발현을 목적으로 하여 제반 기초 역학적 실험($\sigma-\epsilon$, Capping방법 등)을 광범위하게 수행하였다⁽⁴⁾.

1992년에는 45층 건물을 설계강도 600kg/cm²으로 시공한 실적이 있으며, 근래에는 고층 주거용을 대상으로 그의 응용범위를 넓혀나가고 있다. 건축학회에서 1975년에 ‘고강도 콘크리트 설계 지침서’를 발간한 후 1991년에 ‘고강도 콘크리트의 기술현황’을 발간한 바 있다.

(4) 유럽현황

유럽지역에서 서독의 경우는 고강도의 목적보다는 시공성의 향상을 위하여 유동화에 중점

표-3 일본에서의 콘크리트의 최대설계강도와 RC건물의 최대 층수 및 높이

년도	건물수	최대층수	최대높이(m)	설계강도(kg/cm ²)	건물수	
					10	20
1972	1	18	48.1	300		
1978	1	25	71.4	360		
1984	2	30	88.0	420		
1985	1	30	87.3	420		
1986	5	30	88.4	420		
1987	8	31	92.5	420		
1988	6	41	129.8	420		
1989	8	31	98.3	420		
1990	14	33	121.2	480		
1991	22	35	120.8	480		

을 두어 개발되어 왔으며 이는 건물의 슬라브에 콘크리트를 타설하거나 원자력 발전소 등에 500kg/cm² 이상의 압축강도를 사용하고 있으며, 고강도 콘크리트의 90% 이상이 유동화 콘크리트로 제조되고 있다. 이를 위하여 1974년에 서독 철근콘크리트협회 위원회에서 유동화 콘크리트의 제조와 시공에 관한 지침이 작성되었다.

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 Platform 인 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 Melamin계의 고성능 감수제를 사용하였다. 북유럽 국가중 노르웨이는 이 분야의 활용이 근래에 가장 많은데 주로 해양구

조물에 내구성과 강도증진의 목적으로 사용되고 있으며 1990년에 고강도 콘크리트에 관한 지침서를 작성하였다.

프랑스에서는 1985년에 르데팡스 Arche에 600kg/cm²을 사용한 실적이 있으며⁽⁴⁾ 1996년에 High Strength-Performance Congress를 파리에 유치함으로써 이 분야의 보급확대에 주력하고 있다.

(5) 아시아 지역

홍콩에서는 700kg/cm²을 그리고 대부분의 동남아시아에서는 400~500kg/cm²을 여러 곳에 이용하고 있으며 근래 삼성건설에서 공사중인 세계 최고의 건축구조물인 말레이시아 'KLCC' 센타(446m)는 Column 강도로서 800kg/cm²을 사용하고 있으며 상세한 층별 강도 구분은 표-4와 같다.

한반도내에서도 건축중인 평양 유경 Hotel (105층)도 R.C.조로서 콘크리트 강도를 500kg/cm²정도 사용한 것으로 보고되고 있다.

표-4 KLCC Project 층별 강도 구분

구 분	Tower 2		Bastle 2	
	Floor	Grade(Mpa)	Floor	Grade(Mpa)
COLUMN	P4-22	80	P4-16	80
	23-60	60	17-26	60
	60-84M2	40	27-40	40
CORE WALL	P4-14	80		
	15-44	60		
	45-84M3	40		
RING BEAM	P3-23	80	P3-17	80
	24-61	60	18-27	60
	62-84M3	40	28-40	40
CON'C SLAB ON METAL DECK	-	30	-	30
C.I.P SLAB(U.O.N)	-	40	-	40

<한국콘크리트학회지 6권 1호, 1994>

표-5 고강도 콘크리트를 사용한 교량(미주 지역)

Bridge	Location	Year	Maximum Span		Maximum design strength	
			ft	m	1bf/in ²	MPa
Willow Bridge	Toronto	1967	158	48	6000	41
Houston Ship Canal	Texas	1981	750	299	6000	41
San Diego to Coronado	California	1969	140	43	6000L	41L
Linn Cove Viaduct	North Carolina	1979	180	55	6000	41
Pasco-Kennewick	Washington	1978	981	299	6000	41
Coweman River Bridges	Washington	-	146	45	7000	48
Huntington to Protovilliee	W.Va.to ohi	1984	900	274	8000	55
Annacis	British Columbia	1986	1526	465	8000	55
Tower Road	Washington	-	161	49	9000	62

* Lightweight concrete

3. 1. 2 토목 구조물에서의 국외 현황

고강도 콘크리트의 토목 구조물에의 응용은 주로 보의 깊이를 줄이거나 마모에 대한 저항을 높이기 위하여 교량에 주로 사용되어 왔으며 차츰 원자력발전소, 지하 구조물 등에도 이의 이용 범위가 넓어져 가고 있다. 주요 지역별 사용현황은 다음과 같다.

(1) 북미 지역

이 지역에서의 고강도 콘크리트는 주로 교량에 사용되어 왔으며 이는 주로 장스팬의 교량에서 이전 이점과 더불어 자중을 줄일 목적으로 사용되고 있다. 또한 크리이프 변형의 감소는 프리스트레스 상실을 줄여주기 때문에 P.S 부재에 많이 응용되고 있다. 근래에는 내구성 증진 등의 효과 때문에 해양 구조물등 특수 구조물에의 응용이 넓어지고 있으며 자세한 것은 표-5에 나타나 있다.

(2) 유럽 및 일본 지역

토목 구조물의 고강도 콘크리트의 응용은 유럽 및 일본에서 시공성의 개선을 목적으로 미주 지역보다 비교적 일찍 1960년대부터 이용되어 왔으며, 근래에는 미주 지역과 마찬가지로 장스팬 교량의 보, 프리스트레스트 슬라브

상판에 고강도의 목적으로 이용되고 있으며, 포장 콘크리트에 2일 강도를 210~280kg/cm² 되게 하여 1~2일 이내에 보행 가능하도록 하였으며 대개 600~800kg/cm²을 일본에서 사용하고 있다.

Norway에서는 1981년에 Gulfaks Off-shore 플레트 폼(216m 높이)을 600kg/cm²의 HPC로 이용하여 시공하였으며, 1991년에는 Bok nosundet교량에 550kg/cm²의 고강도 경량콘크리트를 사용하여 자중을 줄여주고 있다.

3. 2 국내현황

3. 2. 1 건축구조물

1985년에 280kg/cm²의 Lucky Twin Tower에 시공한 이후 분당 신도시 삼성 시범단지에서 600kg/cm²/365일, 530kg/cm²/28일 콘크리트를 지하 전층에 시공한 후⁽⁸⁾ (주)대우에서 진해 현장에 3층건물에 실리카 흡을 사용하여 700kg/cm²까지 시험 시공을 하였으며 삼성이 순천에서 Mock-up Test를 실시하여 시험시공한 실적이 있다. 구조설계 반영으로서는 1993년에 준공된 양재동 삼성생명 사옥이 500kg/cm²을 사용한 경우가 있으나 아직까지 저변 확대가 요원한 느낌이다.

3. 2. 2 토목 구조물

토목 구조물도 1985년에 올림픽대교 상판에 400kg/cm²을 사용한 후 대부분의 장지간 교량과 PSC교량에 400kg/cm²을 사용하고 있으며 삼성 북부순환도로에 450kg/cm²의 시공 실적이 최고강도 사용예로 머물고 있어 이 분야의 중사원들의 분발이 기대된다.

4. 고강도 콘크리트의 이점

4. 1 사용상의 이점

고강도 콘크리트를 사용함으로써 얻을 수 있는 이점으로서는 다음 3가지로 나타낼 수 있다.

- 단위 경비당 강도(Strength)가 큼
- 단위 무게당 강도(Strength)가 큼
- 단위 경비당 강성(Stiffness)이 큼

미국지역에서는 제조단가의 상승이 강도의 상승비율보다 훨씬 작아 보다 경제적인 구조재료로서 이용이 증가추세에 있다.

4. 2 시공상의 이점

고강도 콘크리트는 보통중량 콘크리트로서 단위면적당 재료적인 효과가 높을 뿐만 아니라 부재단면의 간소화를 통해 넓은 공간을 얻을 수 있으며, 자중을 감소시킬 수 있는 부차적인 효과를 얻을 수 있다. 또한 고강도 콘크리트는 고유동화제(Super Plasticizer)를 사용함으로써 시공성(유동성)을 향상시킬 수 있으며 이러한 이점을 구체적으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- (1) 시공능률의 향상
- (2) 공기의 단축
- (3) 작업량의 감소
- (4) 진동의 감소

이들이 응용되고 있는 건축물의 부재와 용도를 열거하면 다음과 같다.

- 철근이 집결되어 있거나 진동이 곤란한

부분 : 유동화 콘크리트의 사용으로 진동기를 사용하지 않고도 능률적으로 콘크리트를 타설할 수 있다.

- 바닥 슬라브, 지붕 슬라브, 간막이 등과 같은 부재
- 초고층 건물과 같이 높은 부분까지 교압 펌프에 의해 콘크리트를 압송하는 경우
- 균일하고 수밀한 끝 마감 콘크리트를 사용할 경우
- 벽체, 기둥, 보, P.C.부재 : 보다 빠른 시공이외에도 얇은 박판, 많은 철근이 배근된 단면에 효과적이다.

이외에도 아파트의 벽체, 지하실 연속벽 등에 사용될 경우 30~80%의 임금을 절약할 수 있는데, 이는 정확한 강도를 보장할 뿐 아니라 인력, 설비에 대한 요구가 낮고 보다 빠르게 진행되기 때문이다.

(2)항의 공기의 단축은 거푸집의 조기 탈형으로 가능한데 이는 고성능 감수제를 사용한 콘크리트는 초기재령에서의 강도가 일반 콘크리트보다 높기 때문이다. 즉 일반 콘크리트는 재령 7일의 강도가 70~75% 정도인데 비하여 고성능 감수제를 사용한 고강도 콘크리트의 경우는 80~90%에 달하기 때문이다. 이는 고강도 콘크리트가 초기 재령에서 높은 수화열에 의해 콘크리트의 내부온도가 상승하며, 낮은 물-시멘트비에 의해 수화입자사이의 거리가 가까워지기 때문인 것으로 판단된다. 이러한 조기 경화 현상은 조기탈형이 요구되는 공사나 겨울철의 공사에 보다 적절히 이용될 수 있다. 또한 건조수축과 크리이프가 주로 콘크리트의 경화초기에 발생하므로 P.S.C.부재에서 프리스트레스의 손실을 초기강도 증가로 방지함으로써 효과적인 대응방법이 될 수 있다.

4. 3 사용상의 문제점

콘크리트의 고강도화는 국제적인 추세임에도 불구하고 국내에서, 특히 건축 구조분야에서 각광을 받지 못하고 있는 이유는 아직 불확실한 경제적 배합비, Q.A., Q.C.문제, 낮은연성,

고강도부재의 설계시 상세하지 않은 설계규준 등 많은 문제점을 가지고 있기 때문이지만 근본적인 이유로는 높은 경제성에도 불구하고 고강도 콘크리트에 대한 이해와 확신의 부족으로 인하여 고강도 콘크리트를 사용할 때 발생할 수 있는 위험부담 및 기존 건축공사 시방서의 미비, 실무자들의 경험상의 부족으로 인한 두려움 등에 기인한다고 생각된다.

근래에는 상기 문제점 중 Co-polymer계통의 제3세대 고성능 감수제가 국내에서 제작되어 슬럼프상실 및 강도 증진에 많은 기대가 모아지고 있다.

5. 결 언

국내에서의 고강도 콘크리트의 필요성을 언급할 나위가 없다. 강도의 저하에 따른 단면확대, 층고 단축, 내구성 단축, 품질 및 성능저하 등 많은 문제를 노출하고 있다. 더구나 현 국내에서의 콘크리트 강도는 동남아시아 국가의 1/2정도, 그리고 선진외국의 1/3정도임을 감안하면 부끄러운 일이며, 이는 해당분야에 종사하는 학·산·관의 공동적 책임이 아닐수 없다. 더우기 수입원자재인 철골조 아파트 등 철골조의 이용이 늘고 있는 시점에 많은 느낌을 갖게 한다.

따라서 콘크리트에 관련된 많은 분들이 분야의 개발을 위한 노력이 필요하며 더우기 저

변확대를 위하여 레미콘업계에 종사하시는 분들의 분발에 기대를 모아본다.

[參 考 文 獻]

1. ACI-363, "State of the Art Report on High Strength Concrete.", ACI-363 R-84, Journal of ACI, July/Aug., 1984.
2. Godfrey, K.A., "Concrete Strength Record Jump 36%". Civil Eng., 1987, 10.
3. Ivar Holand "Utilization of High Strength Concrete", Vol.1, 2 Jun, 1993.
4. KCI 국제 워크숍, "고성능 유동화제를 이용한 고강도 콘크리트의 제조 특성 및 활용", 한국콘크리트 학회, 1993. 10
5. 건설부, "건설부 제정 건축공사 표준시방서", 1986
6. 건설부, "극한강도 설계법에 의한 철근 콘크리트 설계규준 및 해설", 1988
7. 대한건축학회, "극한강도 설계법에 의한 철근 콘크리트 설계규준 및 해설", 1994 개정판
8. 신 성우, "고강도 콘크리트", 한국콘크리트 학회 학회지, 제 2권 1호, 1990. 3