

구조용 경량콘크리트

구조용 경량콘크리트의 적용사례 및 전망

Applications and Prospection of Structural Lightweight Concrete



신성우*



최명신**

1. 서 언

인류는 로마제국 시대 이전부터 경량골재 콘크리트를 사용하였으며, 경량골재는 그리이스와 이태리 산의 화산경석으로서 강도가 매우 낮았음에도 불구하고 아직까지 지중해 연안에 그 유적이 남아있다.

그 이후 천연 경량골재들을 반가공한 제품들이 사용되었지만 순수한 인공경량골재의 현대적인 대량생산은 1919년에 미국의 유조선 「셀마」를 건조하면서 부터이다. 「셀마」는 길이 132.4m, 선폭 16.5m, 시속 10.5노트, 7,500톤급 대형 유조선으로서 1차세계대전 중 철재의 부족이 심각하여 건조시에 콘크리트를 사용하였으며, 이만한 규모의 배를 경제적으로 건조하기 위해서는 콘크리트의 단위중량을 $1,760\text{kg}/\text{m}^3$ 이하로 낮추면서 압축강도가 $350\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상 되어야만 했

다. 그 후 1차 세계대전 중 13척, 2차대전 중 104척의 대형선박 건조에 경량콘크리트가 사용되었고 2차 세계대전을 전후로 주요 건축공사 및 교량구조에 본격적으로 사용되기 시작하였다. 콘크리트는 현대 구조물의 가장 보편화된 구조재료로서 폭넓게 활용되고 있으며, 그 성능이 비교적 우수한 것으로 평가되고 있으나, 비강도가 낮아서 자중이 증가하고 단면이 커지는 문제가 있다. 따라서 현대 구조물의 고층화 및 대형화, 프리캐스트화, 장스팬화, 에너지 절약 측면에서 비강도가 큰 구조용 경량콘크리트를 사용함으로써 구조물의 자중 감소, 경간확대, 하부지지구조의 단면축소 등의 이점을 얻을 수 있으며, 궁극적으로는 건설비용의 절감 효과를 얻을 수 있다. 또한, 천연골재의 고갈, 건설비용 상승이 심각한 문제가 되고 있는 현 상황에서 인공경량골재를 활용한 구조용 경량콘크리트의 필요성은 더욱 부각될 전망

* 정희원, 한양대학교 건축공학과 교수

* 정희원, 한양대학교 건축공학과 박사과정

이다.

본 기사에서는 구조용 경량콘크리트의 보급 확대를 위하여 그동안 국내외에서 실용화된 구조용 경량콘크리트의 적용사례 및 향후전망에 대하여 정리하여 보고하고자 한다.

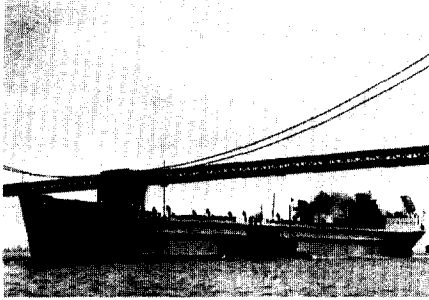


그림 1 경량콘크리트 선박

2. 적용사례

2.1 건축구조물

선진 각국에서는 2차대전 이전부터 구조용 경량콘크리트의 개발에 많은 관심을 기울여 왔다. 미국의 경우 1920년대 후반에 경량골재의 상용화가 이루어져 St. Louis의 Chase Park Plaza Hotel(그림 2, 28층)의 골조공사에 경량콘크리트를 사용한 이후로 많은 고층건물과 대형 구조물에 경량콘크리트를 사용하게 되었다.¹⁾

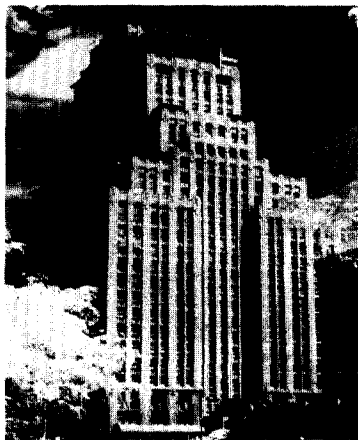


그림 2 Chase Park Plaza Hotel (St. Louis, 1928)

특히, 고층건물(high-rise building)에서는 주로 슬래브의 자중을 줄일 목적으로 경량콘크리트의 사용이 증가되었는데, 미국 Chicago에 있는 Lake Point Tower(그림 3)는 1968년에 건축된 71층의 건물로서, 2층부터 70층까지의 바닥 슬래브에 비중이 1730kg/m^3 이고 7일 압축강도가 20~22MPa 정도되는 경량콘크리트를 사용하였다.²⁾

또한, Houston의 One Shell Plaza는 1969년 완공된 52층의 건물로서, 연약지반 위에 고층 건물을 세우기 위해 구조물의 자중을 줄여야만 했다.(보통중량콘크리트로 설계하였을 경우 35층 규모로 제한) 이를위해 잔골재와 굵은골재를 모두 경량골재를 사용한 all-lightweight concrete (1840kg/m^3)를 슬래브(31.3MPa) 이외에도 전단벽과 기둥, 그리고 매트기초에 까지 사용(41.2MPa)함으로써 연약지반위에 52층 규모의 건물을 효과적으로 건립할 수 있었다.²⁾



그림 3 Lake Point Towers(Chicago, 1968)

한편, Sydney에 있는 Australian Square는 1967년 완공된 지름 42.5m의 둥근 Tower형으로 된 50층 규모(높이 184m)의 건물로서, 7층 이상의 보, 기둥, 슬래브에 단위용적중량 1792kg/m^3 , 압축강도 34.3MPa인 경량콘크리트 $31,000\text{m}^3$ 를 사용하였는데, 구조물의 자중감소에 의해 건설

비용을 약 13% 절감시킬 수 있었다.²⁾

그밖의 사례¹⁻³⁾로서는

- Prudential Building(Chicago, 1955, 42F)
 - National Airlines Hangar (Miami, 1958, 111ft Cantilever roof)
 - Busch Memorial Stadium(St. Louis, 1966)
 - Watergate Apartments (Washington D.C., 1966)
 - Assembly Hall (U. of Illinois at Urbana-Champaign)
 - Marina City Twin Towers(Chicago)
 - MGM Grand Hotel(Reno, 1978, 50,000m³)
 - Nations Bank(Charlotte, NC, 1991)
- 등이 있다.

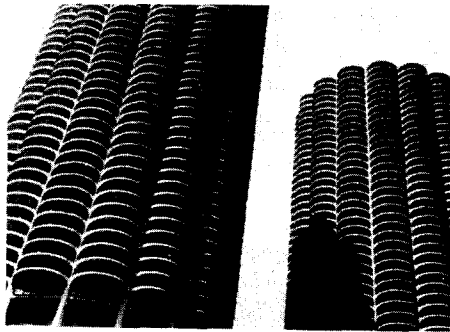


그림 4 Marina City Towers(Chicago)

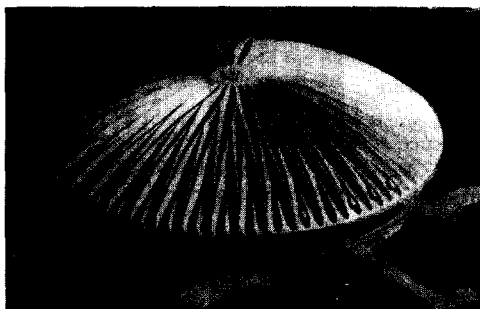


그림 5 Assembly Hall(University of Illinois)

일본의 경우는 40여년 전부터 경량콘크리트를 구조용으로 사용해 왔으나, 경량골재의 가압흡수(加壓吸水)로 인해 슬럼프 15cm이하, 압축강도 240kg/cm² 이상의 경량콘크리트에 대해서는 펌

프압송공법 적용을 제한(1991년 이후 270kg/cm² 까지 허용)하고 있어서 210~270kg/cm²의 시공사례가 대부분이다.⁴⁾ 그러나 최근에는 그 이상의 고강도경량콘크리트에 대한 시공사례도 발표되고 있으며⁴⁾, 펌프압송기술의 발달로 동경도청사, 랜드마크타워 등과, 같이 지상 250~300m에 이르는 고소에 경량콘크리트를 직접 압송하여 시공한 사례도 나타나고 있다.⁵⁻⁶⁾

표 1은 일본에서 설계기준강도 270kg/cm²의 고강도경량콘크리트를 시공한 사례중 일부를 기록한 것이다. 주로 10~40층 규모의 건물로서 철근콘크리트조 보다는 철골조 및 철골철근콘크리트조에서 구조용 데크플레이트와 함께 사용된 사례가 더 많다.

표 1 경량콘크리트 시공사례 일본⁷⁾

공사명	구조층수	설계강도 (kg/cm ²)	콘크리트 무게 (t/m ³)	슬럼프 (cm)	시공연도
新大阪住友生命빌딩	SRC 14F	240/ 270	1.85	18	1984
志木뉴타운	RC 20F	270	1.85	21	1986
廣島市新本廳舎	SRC 16F	240/ 270	1.85	15→21 유동화	1985
岡谷市廳舎	SRC 10F	240/ 270	1.85	15→21	1985
日本生命飯田橋빌딩	RC 13F	270	1.90	15→21	1986
中野島센터프라자	RC 12F	240/ 270	1.85	15→18	1986
東寶·日比谷빌딩	SRC 18F	210/ 270	1.85	18	1986
天津 프린스호텔	S 37F	270	1.85	18	1986
築地興和빌딩	SRC 23F	240/ 270	1.75	15→21	1987
大川端 리버시티21H	SRC 40F	240/ 270	1.85	18	1987
江見 리조트맨션	RC 14F	210/ 270	1.85	18	1988
大川端 리버시티21A	SRC 37F	270	1.90	10→15	1989
愛知현 新文化會館	SRC 12F	240/ 270	1.90	18	1989
東邦榮가스 빌딩	S 18F	240/ 270	1.90	15→18	1989
大川端 리버시티21J	SRC 31F	240/ 270	1.85	18	1990

우리나라의 경우는 천연골재가 비교적 풍부하기 때문에 인공경량골재의 생산은 최근에 와서야 시작되었으며, 이에 관한 연구실적¹¹⁻¹⁷⁾도 부족하여 현장 적용사례가 매우 적은 실정이다. 최근

2~3년 전부터 구조용 경량콘크리트를 대량생산하는 레미콘 업체가 생기면서 기존건물의 증·개축이나 신축, 또는 연구목적의 시험시공 등의 사례가 나타나기 시작하였다.

현대 계동사옥 별관 증축공사(서울, 1995)에서는 데크플레이트 슬래브에 경량콘크리트를 사용하여 기존 건물의 기둥 단면을 확대하지 않고도 3개층을 증축할 수 있었고 이때 사용된 경량콘크리트는 퍼라이트를 이용하였다(그림 6).

또한, 현대무역센터백화점(서울, 1996)과 현대전자반도체공장(이천, 1996), 그리고 현대전자반도체연구소(이천, 1997)의 경우도 자중경감을 위해 퍼라이트를 사용한 경량콘크리트를 데크플레이트에 적용하였으며 특히, 현대전자 반도체공장의 경우는 특수용도에 맞추어 경량콘크리트의 단열효과를 목적으로 사용되었다.

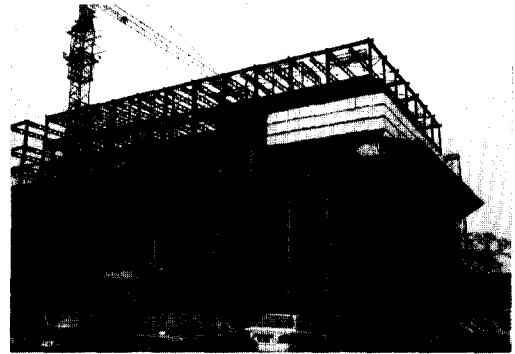
한편, 신한리버타워(서울, 1997)의 건설에는 국내 최초로 고강도경량콘크리트를 시험시공하였으며(팽창점토를 굽은골재로 사용, 단위중량 $1.85t/m^3$, 압축강도 $350kg/cm^2$), 이는 이전까지 시험실 레벨에서 진행되던 고강도경량콘크리트 연구를 실용화하여 레미콘 대량생산에 따른 품질확보 및 현장 시공성 등을 검증하게 된 데 의의가 있다.

2.2 교량구조물

북미지역에서 경량콘크리트로 건설된 교량은 무려 400여개 이상으로서, 대부분 고강도경량콘크리트를 사용하고 있다.⁸⁾ 1936년 완공된 San Francisco의 Oakland Bay Bridge(그림 7)의 경우 교량상판에 경량콘크리트를 적용하여 3백만 달러의 철골 물량을 줄일 수 있었고, 그 이후로 교량구조물에 대한 경량콘크리트의 사용이 널리 전파되었다.²⁾

표 2 경량콘크리트 시공사례 - 한국

공 사 명	설계 강도 (kg/cm^2)	단위 중량 (t/m^3)	슬럼프 (cm)	타설량 (m^3)	타설 위치	시공 년도
현대계동사옥별관증축	135	1.3	15	1,500	Deckplate 슬래브	1995
현대무역센터백화점	180	1.3	15	150	Deckplate 슬래브	1996
현대전자반도체공장	135	1.3	15	2600	Deckplate 지붕슬래브	1996
현대전자반도체연구소	135	1.3	15	400	Deckplate 슬래브	1997
신한리버타워	350	1.85	18	10	Deckplate 슬래브	1997



(a) 증축전경



(b) 콘크리트타설전경

그림 6 현대계동사옥별관증축(서울, 1995)

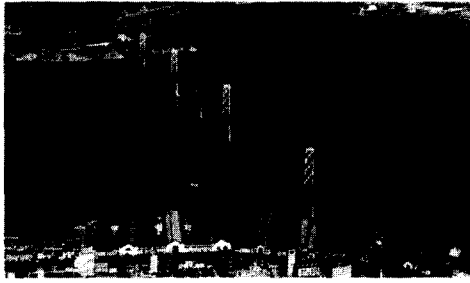


그림 7 Oakland Bay Bridge
(San Francisco, 1936)

교량상판에 고강도경량콘크리트를 사용하면 모르타르 부분의 품질이 향상(high strength combined with high air content)되어 유지비용을 최소화할 수 있게 되며, 이러한 목적으로 미국의 한 주에서는 압축강도 36MPa, 공기량 6~9%, 그리고 기건비중 115pcf(1850kg/cm³) 정도의 고강도경량콘크리트를 20개 이상의 교량 건설에 계속 적용하고 있다. 또한 교통량 증가에 따라 차선을 늘려야할 경우에도 교각 등 하부지지 구조의 단면 증설 없이 교량 상판을 확장할 수 있는 이점이 있다.⁸⁾

북미지역에서 구조용 경량콘크리트를 사용하여 건설된 주요교량은 다음과 같다.

- Oakland Bay Bridge(California)
- Heatley Avenue Overpass
Vancouver, 1963, prestressed 90ft span)
- Parrots Ferry Bridge(California)

- Suwannee River Bridge(Florida)
- Coxakie Bridge(NY)
- Woodrow Wilson Memerial Bridge(Virginia)
- Cooper River Bridge(South Carolina)
- Ohio Turnpike Twin Bridge(Ohio)
- Coronado Bridge(California)

한편, 그림 8, 9는 최근 노르웨이에서 건설된 Nordhordland bridge로서 길이 368m의 사장교(斜張橋)와 1246m 길이의 부교(浮橋)로 구성되어 있다. 사장교는 선박의 출입이 가능하도록 높게 설계하였는데, 여기에 사용된 콘크리트는 무게가 1876kg/m³이고 설계기준강도가 55N/mm²인 고강도 경량콘크리트이다.

이같은 사장교(cable stayed bridge)에 고강도-경량콘크리트를 적용하면 자중이 감소하고, 케이블과 철근을 절약할 수 있으며, 단면을 보다 작게 설계할 수 있는 장점이 있다.

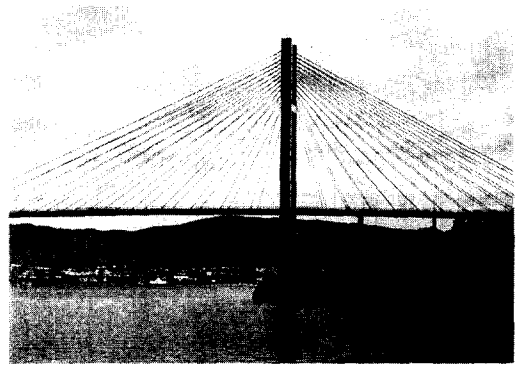


그림 8 Nordhordland Bridge-사장교(Norway, 1994)

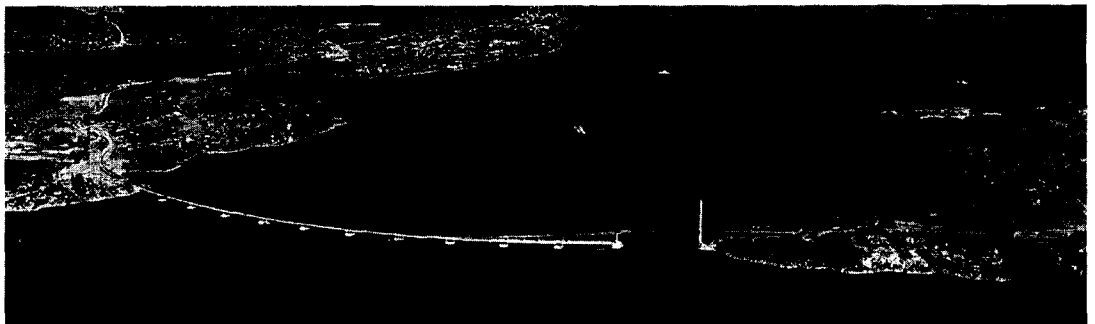


그림 9 Nordhordland Bridge 전경(Norway, 1994)

또한, 부교(floating bridge)는 교각 대신에 10개의 배로 지지되고 있으며, 사장교와 동일한 강도의 고강도경량콘크리트로 만들어졌다.

2.3 해양구조물

1, 2차 세계대전 중에 철강재를 전쟁물자로 사용하기 위해 선박의 제조에 경량콘크리트를 사용한 것을 계기로 해안 및 해양구조물에 대한 경량콘크리트의 사용이 꾸준히 증가하고 있는데, 이는 경량콘크리트가 가벼우면서도 내구성이 뛰어난 장점 때문이다.

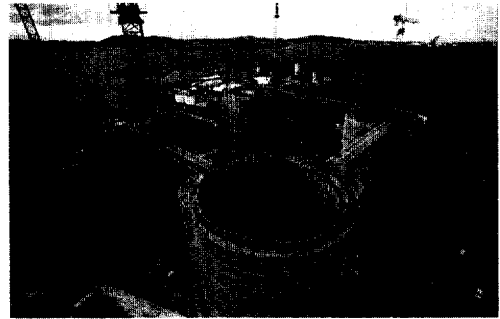
더욱이 최근에는 자원의 고갈에 따라 각국이 해

양자원의 개발에 경쟁적으로 나서면서 해양기지의 건설이 증가하게 되었으며, 이를 콘크리트 구조물로 세우는 경우가 많다. 여기서는 최근에 건설된 해양플랫폼 두가지의 사례를 소개하고자 한다.

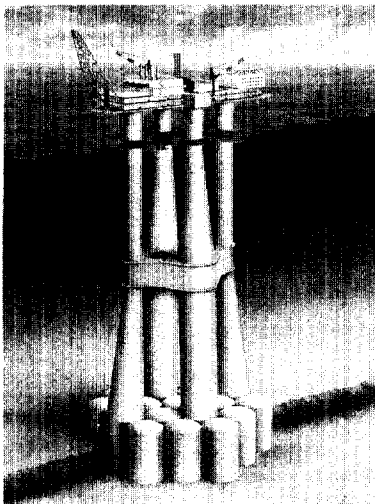
노르웨이의 해양플랫폼 Troll GBS와 Troll OLJE는 구조물의 자중을 줄이기 위하여 천연 골재의 일부(25~50%)를 경량골재로 대체한 Modified Normal Density Concrete를 사용하였다. MND콘크리트의 무게는 $2220 \sim 2230 \text{kg/m}^3$, 압축강도는 80MPa이고, 10% 정도의 자중감소와 함께 압축강도도 10%정도 감소하였다(표3).



(a) 건설중

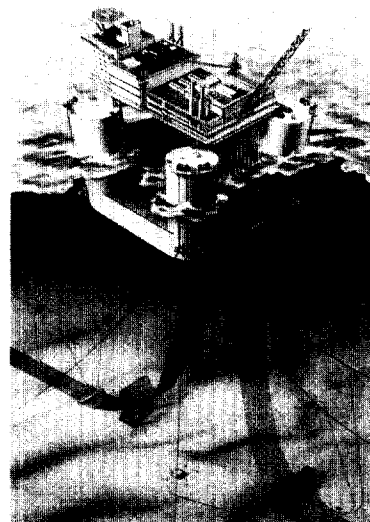


(a) 건설중



(b) 건설후

그림 10 Troll GBS(Norway, 1995)



(b) 건설후

그림 11 Troll OLJE(Norway, 1995)

표 3 해양플랫폼 적용사례

구 분		Troll GBS	Troll OLJE
경량골재	규격(mm)	4~12	4~12
	사용량(m ³)	16,000	6,000
	무게(kg/m ³)	1,450	1,450
콘크리트	총소요량(m ³)	234,000	41,000
	MND소요량(m ³)	60,000	20,000
MND 콘크리트	설계강도(MPa)	80	80
	무게(kg/m ³)	2230	2220
	탄성계수(GPa)	31.5	31.9

* Modified Normal Density 콘크리트 : 골재의 25~50%를 경량골재로 사용

3. 시공성

3.1 펌프압송

경량골재는 내부에 무수한 공극을 형성하여 가벼운 반면, 높은 흡수율 때문에 배합직후의 슬럼프 저하를 유발하게 될 뿐만 아니라 펌프압송시 작용하는 압력에 의한 가압흡수(加壓吸水)로 인해 압송전후의 콘크리트품질에 차이가 나게 되는 문제가 있다. 이 때문에 유럽지역에서는 흡수율이 매우 작은(5~8%) 경량골재를 사용하는 경우가 많으나 우리나라와 미국, 일본 등지에서는 흡수율이 높은(일반적으로 10~30%) 경량골재를 1일에서 3일 정도 충분한 사전흡수(prewetting) 과정을 거쳐서 경량콘크리트를 생산하는 방법을 이용하고 있다.

이러한 사전흡수는 경량골재의 흡수율을 낮추어 펌프압송중에 매트릭스 부분에서 수분이 경량골재로 이동하여 생기는 슬럼프 저하를 최소화시키는 반면, 콘크리트의 단위용적중량을 증가시킨다. 그러나 장기적으로는 양생과정에서 경량골재에서 수분을 조금씩 방출하여 내부양생(internal curing)의 효과와 함께, 기건단위용적중량을 낮추게 된다.

한편, 펌프카를 사용하여 지상에서 직접 콘크리트를 펌핑하는 수직높이의 한계가 150~160m

정도로 인식되어 왔으나, 최근에는 펌핑용 기기의 발전으로 인해 지상 250~300여 미터에 이르는 고소(高所)에까지 경량콘크리트를 직접 압송하여 시공한 사례(동경도청사, 랜드마크타워, Nations Bank 등)가 보고되고 있다.^{5-6), 8)}

동경도청사(S조)는 지상 2층부터 최상층인 48층까지의 데크플레이트 슬래브에 압축강도 210kg/cm², 단위용적중량 1.85t/m³인 경량콘크리트를 사용하였다.(15,200m³) 최상층(243m)까지의 콘크리트 펌프압송을 원활히 하기위해 경량골재의 흡수율을 27~29%까지 높여 사용하고, 18cm의 베이스 콘크리트를 21cm로 유동화하여 압송하였다(그림 12).



(a)전경



(b) 지상 243m로의 경량콘크리트 펌프압송
그림 12 동경도청사 (동경, 1991)

여기서 고소압송을 실현하기 위해 종래의 콘크리트 펌프카에 비하여 최대 이론토출량을 적게함으로서 최대 이론토출압력을 높인 펌프카를 개발하여 사용하였다. 최상층까지 압송한 후 슬럼프는 평균 약 2cm, 공기량은 약 1% 저하하였고, 단위용적중량은 약간 증가하였으나, 펌핑전에 채취한 공시체와 펌핑후에 채취한 공시체의 압축강도 차이는 거의 없었다.

또한, 랜드마크타워(요코하마, 1993)에서는 특별히 고안된 고압펌프와 고압용 배관(내경 125mm)을 사용하여 최고높이 296m(70층)에 까지 각층 슬래브에 경량콘크리트를 직접 펌프압송하여 총 25,000m³를 시공하였다. 단위용적중량 1.85t/m³, 압축강도 210 kg/cm²의 경량콘크리트를 20층 까지는 18cm, 21~61층 까지는 21cm, 62층 이상은 23cm의 슬럼프로 하여 사용하였다.

그리고, 1991년에 시공된 Nations Bank(그림 13) project에서는 60층, 250m 높이에 까지 고강도경량콘크리트를 고소압송하는데 성공하였으며, 이때 사용된 콘크리트의 배합비와 물성은 표 4와 같다.



그림 13 Nations Bank(Charlotte, NC, 1991)

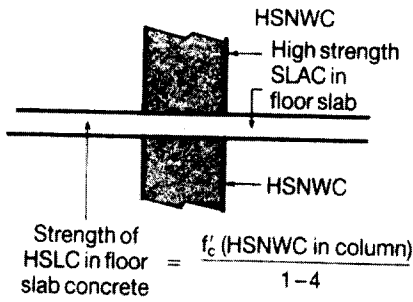
표 4 Nations Bank 고소압송(268m)에 사용된 콘크리트⁸⁾

Mix proportions	Cement typeIII(lbs.)	650
	Fly ash(lbs.)	140
	CA : Solite 3/4 to #4(lbs.)	900
	FA : Sand(lbs.)	1287
	Water(gals.)	36.5
	WRA(oz.)	31.6
	Superplasticizer	81.4
Fresh concrete	Initial slump(inches)	2
	Slump after superplasticizer	7½
	% air	2.5
	Unit weight(pcf.)	118
Compressive strength	4 days(psi)	5110
	7 days(psi)	5790
	28 days(psi)	6810
Splitting tensile strength	28 days(psi)	540

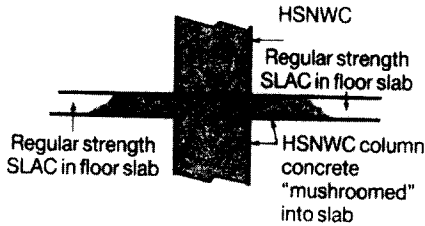
3.2 분리타설

경량콘크리트를 슬래브에만 사용하게 될 경우 보통중량콘크리트를 사용한 부재와의 접합부에서 cold joint가 발생하게 된다.(그림 14(a)) 특히 고층건물의 경우 기둥에 고강도콘크리트를 많이 사용하게 되는데, 이 경우 슬래브에서 기둥으로의 하중전달을 위해 ACI 318에서는 두 부재간의 압축강도 차이를 1.4배 이하로 제한하고 있다.⁸⁾

1991년에 세워진 North Pier Tower(Chicago)에서는 그림 14(b)와 같은 'mushroom 기법' - 기둥 콘크리트를 슬래브 일부에까지 내밀어 타설하는 방법 - 을 이용하여 바닥슬래브에 고강도경량콘크리트를 타설하므로써 cold joint 발생에 따른 시공상의 문제점을 해결하였다. 이때 슬래브 콘크리트의 강도는 기둥 콘크리트(9000psi)와 1.4배 이상 차이가 나지 않도록 9000/1.4 = 6430psi 이상의 고강도경량콘크리트로 하였다.⁸⁾



(a) cold joint



(b) mushroom technique

그림 14 기둥-슬래브 분리타설방법⁸⁾

4. 경제성

구조용 경량콘크리트를 사용한 구조물의 경제성은 콘크리트의 단가상승에도 불구하고 자중감소에 의한 효과로 전체 건설비용이 줄어드는 데 있다. 즉, 경량콘크리트의 1m³당 가격은 보통중량콘크리트에 비해 비싸지만, 구조물의 자중을 줄임으로써 기둥이나 교각, 기초 등 하부지지구조의 단면이 축소되고 철근 및 철골의 물량이 감소되어 전체 건설비용을 줄이게 된다.

구조물 경량화에 의한 경제성은 기본적으로 철근량의 감소에 의해 결정되는데, 특히 프리스트레스트 콘크리트에서는 prestressing force의 계산이 주로 구조물의 자중에 의해 결정되므로 자중감소의 효과가 매우 크게 나타난다.

또한, 구조물의 자중감소로 지진하중이 줄어들게 되므로 내진구조부재의 크기도 줄일 수 있으며, PC부재에 적용할 경우 운송 및 양중기계의

용량감소로 시공비용이 절감되는 등의 효과를 얻을 수 있다.²⁾

실제로, Oakland Bay Bridge(San Francisco, 1936)의 경우 교량상판에 경량콘크리트를 적용하여 3백만 달러의 철골 물량을 줄일 수 있었고, Australian Square(sydney, 1967, 50층)는 7층 이상의 보, 기둥, 슬래브에 31,000m³의 고강도경량콘크리트를 사용하여 13% 정도의 건설비용을 절감할 수 있었으며 그밖의 많은 시공사례를 통해 경제성이 입증되었다.

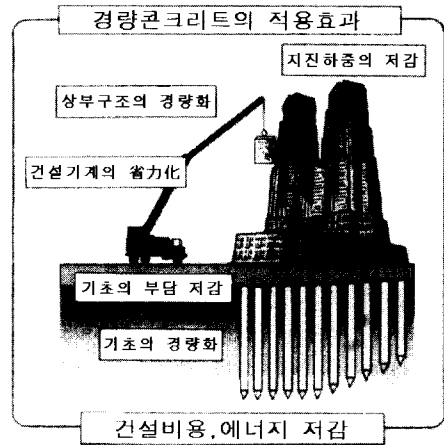


그림 15 경량콘크리트의 적용효과⁹⁾

철골조 건물의 경우 건설단가(재료비+노무비+시공비)가 철근콘크리트조 보다 높기 때문에 자중감소에 의한 비용절감 효과도 더 크게 나타나게 되는데, 최근에 많이 사용되는 내화구조용 데크플레이트는 내화피복과 인장철근이 필요없기 때문에 여기에 구조용 경량콘크리트를 적용할 경우 양자의 이점이 극대화되어 공기단축과 건설비용의 절감이라는 두 가지의 목적을 모두 달성할 수 있게된다.

필자는 최근에 철골조건물에서 슬래브 공사비용을 획기적으로 개선한 내화구조용 데크플레이트에 고강도경량콘크리트를 적용하기위한 연구를 진행 하면서 그 경제성에 관하여 개략적으로 검토해 보았는데, 1개층당 약 10% 정도의 골조공

사비용이 절감되는 것으로 나타났으며, 공기단축과 기초의 공사비절감 등의 부가적인 효과도 고려한다면 실제로는 전체 건설비용이 더 많이 감소될 것이다.

5. 향후전망

천연골재의 고갈과 환경문제의 부각으로 인해 골재의 수급이 점차 어려워지고 천연골재의 단가도 계속해서 상승하게 될 것이다. 현재까지는 인공경량골재의 단가가 보통중량골재에 비해 3~4배 정도 높지만 가격차이는 점차 줄어들 것이며, 산업부산물 등을 이용한 인공경량골재의 개발로 경량콘크리트의 단가는 더 낮아질 것이다.

우리나라에서도 재료비와 노무비의 꾸준한 상승으로 인해 건설비용절감을 위한 많은 노력을 기울이고 있는 실정에서 구조용 경량콘크리트의 개발 필요성은 더욱 부각될 것이며, 이를 실무에 적용하기 위한 노력이 절실하다.

또한, 펌프 압송기술의 향상과 경량골재 및 혼화제의 고품질화로 시공성을 개선하고, 인공경량골재의 초고강도화와 초경량화로 보다 가볍고, 보다 강도가 높은 인공경량콘크리트를 개발하는 것이 세계적인 추세이다. 최근에는 압축강도 500~1000kg/cm²에 이르는 초고강도 경량콘크리트의 개발과 함께, 다른 한편에서는 물에 뜰 정도로 가벼운(비중 1.0이하) 초경량콘크리트의 개발이 진행되고 있다.⁹⁾

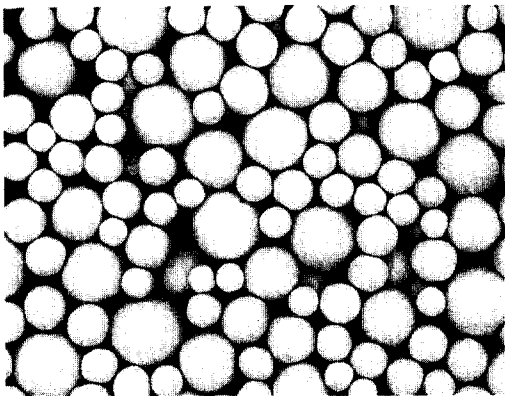


그림 16 초경량골재⁹⁾

표 5 초경량콘크리트의 특성⁹⁾

콘크리트의 종류	초경량	경량	보통
비 중	1.2	1.7	2.3
압축강도(N/mm ²)	35 (1)	(1)	(1)
인장강도(N/mm ²)	2.0(1/18)	(1/10~1/15)	(1/10~1/13)
휨강도(N/mm ²)	4.0(1/9)	(1/6~1/10)	(1/5~1/8)
전단강도(N/mm ²)	3.3(1/11)	(1/6~1/8)	(1/4~1/6)
탄성계(kN/mm ²)	13	19	30

* () : 압축강도에 대한 비율

** 압축강도가 초경량콘크리트와 동일한 경우(35N/mm²)

그림 16은 최근에 일본에서 개발된 초경량골재로서 절건비중이 0.8, 흡수율이 약 4% 정도이며, 이 골재로 만든 경량콘크리트는 비중이 1.2로서 기존의 구조용 경량콘크리트에 비해서도 0.5t/m³ 이상이나 가벼우면서도 압축강도는 무려 350kg/cm²이나 된다(표 5).

6. 맺음말

이상에서 살펴본 바와 같이 고층건물과 교량에서부터 해양플랫폼 등의 특수한 구조물에 이르기까지 구조용 경량콘크리트가 폭넓게 사용되고 있으며, 그 활용 범위는 점차 확대되고 있는 실정이다.

그러나, 이러한 구조용 경량콘크리트의 많은 이점과 경제성, 그리고 다양한 활용성에도 불구하고 국내에서는 아직 본격적인 실용화가 이루어지지 않고 있다.

따라서 우리나라에서도 하루빨리 고품질의 인공경량골재의 개발 및 대량생산으로 골재수급의 문제를 해결하고, 레미콘공장에서는 구조용 경량콘크리트를 제품화 하여 현장수요를 뒷받침하며, PC구조 등에 대한 구조용 경량콘크리트의 응용기술과 초고강도, 초경량 콘크리트를 개발하여 새로운 수요 창출에 나서야 할 때가 아닌가 생각된다.

참 고 문 헌

1. S. Mindess, J. F. Young, "Concrete", Prentice Hall, New Jersey, 1981, pp.581-599.
2. P. K. Mehta, P. J. M. Monteiro, "Concrete Structure, Properties, and Materials", 2nd Ed., Prentice Hall, New Jersey, 1993, pp.358-367.
3. ACI Committee 213, "Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete", ACI Journal, Aug. 1967, pp.433-469.
4. 渡近一弘 外, "高流動コンクリートの利用と高強度軽量コンクリートの高所壓送-中野坂上本町二丁目再開發事業", 콘크리트工學, 1996.9., pp.13-19.
5. 岸谷孝一 外, "地上243mへのコンクリートの壓送-東京都新都廳第一廳舎建設工事", 콘크리트工學, 1991. 12., pp.51-61.
6. 山崎眞司 外, "지상 296m으로의 경량콘크리트의 직접 펌프압송", 콘크리트공학, 1994. 3., pp.31-34.
7. 日本建築學會, "高強度人工軽量骨材コンクリートお使用した建築物の設計と施工", 技報堂, 1992, pp.115-133.
8. S. P. Shah, S. H. Ahmad(Editor), "High Performance Concretes and Applications", Adward Arnold, London, 1994, pp.341-374.
9. 岡本亨久 外, "超軽量コンクリート", 콘크리트工學, 1998. 1., pp.48-52.
10. 일간건설, "물에 뜨는 초경량 콘크리트 개발", 일간건설 1998. 4. 28.
11. 최명신, 김철환, 안종문, 정진, 강훈, 이광수, 신성우, '구조용경량콘크리트의 고강도화를 위한 기초적 실험연구', 대한건축학회 학술발표논문집, 제17권 1호, 1997. 4., pp.625-630.
12. 이재삼, 김정식, 강훈, 최명신, 안종문, 신성우, "고강도-경량콘크리트의 실용화를 위한 기초적 실험연구", 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제9권 2호, 1997. 11., pp.393-400.
13. 최명신, 안종문, 신성우, 강훈, 김정식, "고강도 경량 콘크리트의 개발, 구조특성 및 실용화", 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제10권 1호, 1998. 5., pp.37-44.
14. 김철환, 안종문, 김범조, 소병규, 이광수, 신성우, "Topping 콘크리트 두께 변화에 따른 고강도경량콘크리트를 사용한 Deck Plate 합성슬래브의 휨거동" 대한건축학회 학술발표논문집, 제18권 1호, 1998. 4., pp.721-728.
15. 김철환, 최명신, 안종문, 김범조, 소병규, 이광수, 신성우, "고강도경량콘크리트를 사용한 구조용 Deck Plate의 휨거동에 관한 연구", 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제10권 1호, 1998. 5., pp.505-512
16. 김현식, 최명신, 안종문, 이광수, 신성우, "고강도경량콘크리트에 매립된 이형철근의 부착특성", 대한건축학회 학술발표논문집, 제18권 1호, 1998. 4., 15. 김철환, 최명신, 안종문, 김범조, 소병규, 신성우, "고강도경량콘크리트를 사용한 구조용 Deck Plate의 휨거동에 관한 연구", 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제10권 1호, 1998. 5., pp.505-512. pp.693-700.
17. 최명신, 김철환, 안종문, 강훈, 이광수, 신성우, "고강도경량철근콘크리트 보의 전단거동 및 전단강도 예측에 관한 연구", 대한건축학회 학술발표논문집, 제17권 2호, 1998. 4., pp.1103-1110.
18. 服部勇司 外 "콘크리트 펌프공법의計劃と管理", 鹿島出版會, 1987.
19. W. E. Reilly, "Hydrothermal and Vacuum Saturated Lightweight Aggregate for Pumped Structural Concrete", ACI Journal, July 1972, pp.428-432.
20. ACI Committee 304, "Proposed report : Placing Concrete by Pumping Methods", ACI Materials Journal, Jul.-Aug. 1995, pp.441-464.
21. 日本建築學會, "建築工事標準仕様書・同解説(JASS 5)", 1997 개정, pp.377-388. 