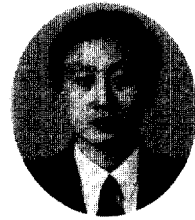


700kg / cm² 이상의 초고강도 콘크리트 최적배합비 도출 및 현장적용

The Application and Optimum Mix Design for
Ultra-High Strength Concrete (above 700kg / cm²)



신 성 우*



노 병 용**

1. 현 황

1.1 국외 현황

1962년 미국에서는 시카고지역에 Lake point Tower에 420kg/cm²를 시공한 이후 1965년에는 530kg/cm²를 시공함으로써 고강도 콘크리트 구조물의 시발을 알리는 계기가 되었다. 이후 1975년에는 74층의 Water Tower place에 630kg/cm²를, 그리고 1984년에는 225 Waker Dr. 건물에 980 kg/cm²을, 그리고 1988년에는 시카고의 Two Union Square 빌딩에 1330kg/cm²를 사용하여⁽¹⁾ (Fig. 1 참조) 초고강도 콘크리트의 응용에 박차를 가하고 있으며 이러한 경향은 시카고지역을 벗어나 미국 및 북미지역에 확산되고 있다. 캐나다도 1990년에 국가주도 12개 첨단 네트워크 중

High Performance Concrete Network이 선택되어 1차 4개년 계획이 완료되었으며, 이후 재심결과 2차 4개년 계획을 시작하여 현재 Concrete Canata라는 이름으로 활동하고 있으며, 이들은 주로 기술 이전에 초점을 맞추고 있다.

이웃 일본에서도 1988년부터 5개년 New R.C. Project을 통하여 고강도, 고유동화 콘크리트 개발을 하였으며, 올해에는 600kg/cm² 콘크리트를 최초로 건축구조물에 시공하고 있다. 이외에도 프랑스는 라데팡스에 500kg/cm²를 시공한 후 New Way for Concrete라는 이름으로 연구하고 있으며, 가까운 동남아시아 지역도 400~700kg/cm²를 실제 응용하고 있는 실정이다.

1.2 국내현황 및 문제점

국내에서도 1990년에 삼성 분당신도시 고층아파트(28층) 하부에 615kg/cm²/365일을 500kg/cm² 이상으로는 최초 시험시공한 후⁽²⁾, 1991년에

* 정회원, 한양대학교 건축공학과 부교수, 공학박사
** (주)삼성건설, 신대방동현장, 과장

는 수화열 및 제조단가 절감, 고층 펌프성능 등의 목적으로 산본 삼성아파트에 500kg/cm²/28일의 콘크리트를 13층에 시험타설한 바 있다. 이후 1992년에는 500kg/cm²의 고강도 콘크리트 시방서 제작 및 공청회를 개최하였으며, 나아가 1993년에는 사무실 건물(삼성생명 양재사옥)의 구조 설계부터 반영되어 500kg/cm²를 설계에 반영한 최초의 건물이 되었다. 그리하여 500kg/cm² 이상의 콘크리트가 국내에서도 일반화될 수 있는 기틀이 마련되었다. 이후 1993년에는 700kg/cm²의 콘크리트에 관한 시험시공이 (주)대우 진해현장(3층)에서 시도되었으며¹³⁾ 삼성건설에서는 700kg/cm² Mock-up 시험결과를 시방서로 제작하였다.¹⁴⁾ 그러나 이러한 기존의 연구(삼성, 대우)의 경우 수입품인 실리카흙의 과다한 사용(8.10%)으로 경제성이 부족할 뿐만 아니라 대상 구조물 또한 시험시공 성적을 벗어나지 못하고 있다. 이러한 실

리카 흙은 소량 사용으로 콘크리트 압축강도 증진에 효과가 큰 것으로 알려져 있으나 과다한 사용은 전체적인 공사비의 상승에 크게 영향을 미치며, 또한 국내에서는 생산이 되지 않아 전량을 수입해야 하므로 제반 여건을 고려할 때 실리카흙의 사용량을 줄이는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 만약 실리카 흙을 다량으로 사용하면 압축강도가 높은 콘크리트를 얻을 수 있을지라도 제조단가가 상승하므로 경제성이 없으며, 또한 국제 경쟁력에서도 뒤처지게 될 것이다. 그러므로 국내외적인 추세와 필요성에 따라 국내 실정에 맞는 경제적인 고강도 및 초고강도 콘크리트의 개발이 절실하게 요구되는 상황이라 하겠다. 이외에도 700kg/cm² 이상의 초고강도 콘크리트를 일반적으로 사용하기 위해서는 B/P에서의 대량 생산 시설을 위한 생산 line 변경, 그리고 초고강도 콘크리트인 경우 정확한 시험(공시체, 구조체) 방법의 제시, 양생

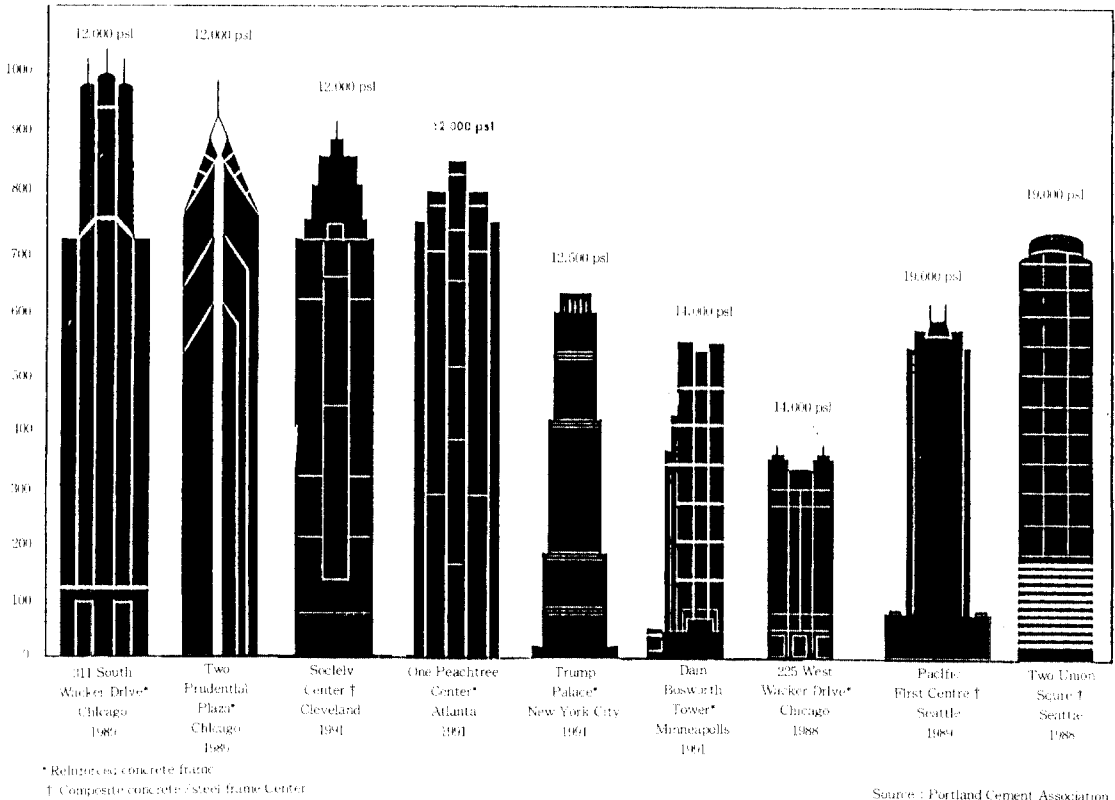


Fig. 1 미국에서의 고강도콘크리트 발전현황

및 수화반응 조절 등 많은 문제점을 던져주고 있다.

2. 추진목적

본 연구는 현재 국내에서 일반적으로 통용되는 270kg/cm²의 콘크리트부터 고강도로서 근래 가장 필요한 350kg/cm², 700kg/cm²를 실제 구조 설계에서부터 반영하여 효과를 극대화하고 경제적이고도 국내실정에 맞게 개발된 700kg/cm²를 36층(지상 28층, 지하 8층)구조물에 지하 4개층 Core 부분에 타설함으로써 초고강도 콘크리트를 본격적으로 시공하는데 목적을 두고 있다. 나아가 추후에는, 1200kg/cm²를 1층에 실제 타설함으로써 보통강도부터 고강도, 그리고 초고강도를 근래 사회적 이용이 높아지고 있는 초고층 주상복합구조물에 동시에 적용함으로써 본격적으로 콘크리트의 고강도화를 실현해 나가는 데 그 목적이 있다.

3. 공사개요

보통강도-고강도-초고강도 콘크리트의 적용을 위하여 본 연구에서는 신대방동에 신축중인 주상복합 건물을 대상으로 구조설계에 대한 반영, 그리고 실제 시공하였으며, 자세한 공사 개요는 다음과 같다.

시공자 : 삼성건설 (소장 : 이승일)
 이 름 : 삼성 신대방 주상복합
 공 기 : 1994년 1월 - 1997년 3월 (37개월)
 규 모 : 지상 28층, 지하 8층
 구 조 : 지하 8층~1층 기둥 : RC 라멘조
 2층 바닥~10층 기둥 : P.C. 골조
 11층 바닥~28층 : RC 라멘조
 용도별 구분
 지하 7-8층 : 기계실, 저수조 등
 지하 2-6층 : 지하주차장
 지하 1층 : 근린생활시설
 지상 1-10층 : 업무시설
 지상 11층 : 아파트 부대 복지시설
 지상 12-28층 : 아파트

4. 추진방안

실제 구조물에 일반강도와 함께 고강도 및 초고강도 콘크리트를 응용하기 위하여 초기 단계에서는 각종재료 분석을 시작하여 실험실 배합을 실시하였으며, 이후 레미콘 B/P에서 실제 레미콘 배합을 통하여 확보한 후 실제 구조물에 타설하도록 하였다.

5. 실험적 접근

5.1 재료 및 실험변수

시멘트는 일반적으로 사용되는 보통 포틀랜드 시멘트와 원자재 선정 및 제조공정 품질관리 측면에서 내수용보다 품질이 우수한 것으로 알려진 수출용시멘트를 사용하여 시멘트에 따른 영향을 비교하였다. 조골재는 레미콘 회사에서 일반적으로 사용하는 것으로 하되 구입이 용이한 25mm와 19mm를 사용하였으며 강도발현에 유리한 것으로 알려진 채석을 사용하였다. 세골재는 근간 골재의 품귀현상에 따라 널리 사용되는 해사를 사용하되 내구성에 영향을 주는 것으로 알려진 염분에 대한 대책으로 염분의 함유량이 한계치 이내인 세척사를 사용하였다. Micro silica fume은 경제적인 여건을 고려하여 최소한의 범위내로 사용하도록 하였으며 사용하지 않은 경우와 압축강도 발현 정도를 비교검토 하였다. 그리고 유동화제와 함께 사용할 경우 유동성 증진에 도움이 되며, 수화열 저감, 장기강도에 유리한 플라이애쉬를 시멘트 대체제로 사용하였다. 또한, 고강도 콘크리트의 현장 적용을 위해서는 재료의 선정 및 B/P시설에 대해서도 충분한 고려가 되어야 하며, 현장여건을 고려하여 실험실에서 수행한 실험결과에 충분한 안전치를 확보하도록 하였다. 이상과 같은 재료의 선정에 따라 본 연구의 주요 변수로는 단위시멘트량, 물/시멘트비, 실리카흄의 양, 플라이애쉬의 양, 고성능감수제의 투여량으로 하였다. 각 재료에 대한 물성시험결과와 화학적 구성성분등이 Table 1~3에 나타나 있다.

Table 1 Material properties of cement

Type	Bleine (cm ³ /g)	Initial Setting Time	Final Setting Time	f _{c1}	f _{c3}	f _{c7}	f _{c28}
for domestic	3,117	272(sec.)	7:12(min.)	77	206	282	376
for exportation	3,170	240(sec.)	6:20(min.)	99	241	336	437

Table 2 Material properties of fly-ash

Specific Gravity	Bleine(cm ³ /g)	Unit Water Ratio(%)	f _{c28} (%)
2.18	3,263	100	95.7

★ Specific Gravity : 2.22(Test Result)

Table 3 Material properties of Micro silica fume

GRADE	SiO ₂	H ₂ O	LOI	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
940	90	1.0	3.0	3.0	1.5	2.0	3.0	3.0	2.5

★ Specific Gravity (Test Result) : 2.247(Powder), 1.32(Slurry)

Table 4 Test variables

Specimen	Cement	Water /Cement	Sand / Agg.	Fly-Ash	Silica Fume
	Kg / m ³	%			
1	520	30	38	-	-
2		33			
3		30			
4		33			
5		30			
6	33				
7	580	30			
8		33			
9		30			
10	600	33			
11	520	27	38	10	-
12	540				
13	560				
14	580				
15	540				
16	560				
17	560				
18	580				
19	600				
20	620				
21	520	30(W/B)	38	4	4
22		33(W/B)			
23		30(W/B)			
24		33(W/B)			
25		32(W/B)			
26	520	27(W/B)	38	-	-
27		30(W/B)			
28		27(W/B)			
29		30(W/B)			
30	520	30(W/B)	37		
31	540	33(W/B)	38		

5.2 변수선정

실험진행에 관한 변수는 국내외의 고강도 콘크리트 관련 실험자료 및 보고서^(1~4)를 참조하였으며, 또한 기존의 본 연구실에서 수행한 실험결과를 토대로하여 선정하였다. 본 실험에서 선정한 변수가 Table 4에 나타나 있다.

5.3 실험결과

5.3.1 제반 기초실험 결과

1) 캡핑(capping)방법에 따른 압축강도 비교

동일한 배합으로 제작한 공시체의 압축강도 실험을 통하여 나타난 결과에 따르면, 캡핑 방법에 따라 압축강도에 약간의 차이를 보였다. Table 5에 나타난 바와 같이 유황캡핑을 한 경우 연마기로 그라인딩한 경우보다 약 6%정도 낮은 압축강도를 나타냈으며 시멘트페이스트 캡핑의 경우 가장 낮은 수치를 나타냈다.

Table 5 Comparison of capping methods

Capping Method	f _{c3} (kg / cm ²)
Sulfur	297
Cment Paste	276
Grinding	314

* Design Strength : 500kg / cm²

2) U.T.M과 유압식 강도측정기에 의한 압축강도 비교

본 실험에 사용한 유압식 강도측정기의 신뢰성 확인을 위해서 U.T.M.에 의한 압축강도 측정결과와 비교하였다. 실험결과, 두 값이 큰 차이는 나타나지 않았으나 압축강도가 크게 증가할 경우 유압식 측정기를 사용하면 가압속도가 일정하지 않아 동일한 배합 및 양생된 각 공시체별로 압축강도에 많은 차이가 있는 것으로 나타났으므로 측정시 가압속도가 일정한 U.T.M.을 사용하는 것이 바람직한 것으로 사료된다. 이에 관한 비교가 Table 6에 나타나 있다.

Table 6 Comparison of testing apparatus

Test Apparatus	f_{cs} (kg/cm ²)
U.T.M.	314
Oil Jack	313

* Design Strength : 500kg/cm²

3) 실리카흙의 성상에 따른 압축강도 비교

기준에 사용되는 실리카흙은 크게 분말과 액상의 두가지 형태이며 이에 따른 압축강도 발현 정도를 비교하기 위하여 동일한 배합으로 압축강도를 측정하여 비교하였다. 배합은 단위시멘트량 = 540kg/cm², W/C=33%, S/A=38%, 플라이 애쉬-단위시멘트량의 4%, 실리카흙-단위시멘트량의 4%로 하였으며, 배합에서 액상의 경우 질량비 50%를 물/시멘트비에 보정하였다. 실험결과가 Table 7에 나타나 있으며, 분말을 사용한 경우 액상의 경우에 비하여 28일 압축강도비에서 21%, 56일 압축강도 비교에서는 11% 크게 나타나 분말을 사용하는 것이 강도발현에 유리한 것으로 나타났다.

Table 7 Comparison of silica fume type

Type	f_{cs}	f_{c7}	f_{c28}	f_{c56}
	kg/cm ²			
Slurry	459	522	577	641
Powder	459	594	700	709

4) 세갈재의 종류에 따른 압축강도 비교

일반적으로 강사가 해사(세척사)보다 압축강도 발현에 유리한 것으로 알려져 있으며 이를 검증하기 위하여 동일한 배합일 때 세갈재의 종류에 따른 압축강도를 비교하였다. 배합은 단위시멘트량 = 540kg/cm², W/C=27%, S/A=38%, 플라이 애쉬-단위시멘트량의 10%로 하였으며 조골재는 최대 치수는 25mm로 하였다. 압축강도 측정결과 세척사가 대체적으로 모든 재령에서 우수한 것으로 나타나 내구성에 영향을 미치는 염분도 분체만

Table 8 Comparison of fine aggregate

Aggregate Type	f_{cs}	f_{c7}	f_{c28}	f_{c56}
	kg/cm ²			
River Sand	412	518	556	679
Sea Sand	442	535	556	624

* Design Strength : 700kg/cm²

해결된다면 세척사를 사용하여도 강도발현에는 문제가 되지 않는 것으로 나타났다. 세갈재에 따른 압축강도 비교가 Table 8에 나타나 있다.

5.3.2 슬럼프(slump) 측정결과

작업성 평가방법중의 하나인 슬럼프값을 비교하여 보면 물/시멘트비 뿐만 아니라 단위수량에 의해서도 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉, 동일한 물/시멘트비에서도 결합재량에 따른 단위수량이 증가함에 따라 동일한 슬럼프값을 얻기 위한 S.P. 제의 사용량이 크게 줄어드는 것으로 나타났다. 실험결과를 분석하여 보면 물/시멘트비가 작고 단위수량이 140kg/m³이하가 되면 수화반응을 일으키는데 필요한 설태수량이 크게 부족하게 되어, S.P. 제를 단위시멘트량의 5%이상 사용하여도 소요작업성을 확보하기 어려운 것으로 나타났다. 일반적으로 S.P. 제와 기타 혼화제와의 적합성 문제를 고려하여 볼때 S.P. 제의 사용량은 약 2%를 넘지않는 범위에서 배합하는 것이 적당한 것으로 알려져 있으므로, 고강도 콘크리트 제조시 낮은 물/시멘트비 상태에서 S.P. 제의 사용량을 2% 이내로 제한하고 소용의 작업성을 확보하기 위해서는 단위수량이 160kg/m³ 이상은 되어야 하는 것으로 나타났다. 또한 동일한 물/시멘트비에서 S/A가 38%에서 40%로 증가함에 따라 슬

Table 9 Test results of compressive strength

Specimen	f_{cs}	f_{c7}	f_{c28}	f_{c56}	Specimen	f_{cs}	f_{c7}	f_{c28}	f_{c56}
1	467	569	605	628	2	397	431	547	535
3	480	551	709	696	4	408	470	564	408
5	461	551	605	581	6	384	454	592	501
7	461	551	605	581	8	418	539	539	599
9	501	547	650	658	10	459	480	577	581
11	509	556	656	607	12	492	568	641	615
13	488	509	624	700	14	488	526	649	679
15	518	501	586	719	16	526	534	586	-
17	467	552	603	-	18	450	416	518	586
19	390	484	361	530	20	437	488	539	586
21	569	660	668	658	22	475	569	645	641
23	-	518	790	758	24	450	594	700	709
25	-	573	751	702	26	-	-	630	-
27	501	590	602	662	28	-	-	692	650
29	-	475	641	671	30	249	522	590	700
31	420	-	632	-					

* unit : 700kg/cm², f_c : Average Compressive Strength

럼프값이 다소 증가하는 경향을 나타내 잔골재율이 작업성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

5.3.3 압축강도 측정결과

압축강도 측정결과는 Table 9에 나타나 있으며 각 배합에 따른 압축강도 발현정도는 다음과 같이 변수에 따라 세분하여 비교하였다.

1) 실리카흙의 사용없이 단위시멘트량의 8%를 플라이애쉬로 대체한 경우

플라이애쉬의 대체량이 8%이며 물/시멘트비가 30%인 경우 물/시멘트비가 33%인 경우에 비하여 단위시멘트량이 520kg/cm²에서 600kg/cm²로 증가함에 따라 각 단위시멘트량에서의 압축강도가 물/시멘트비가 30%인 경우 33%인 경우에 비해 큰 것으로 나타났으며 단위시멘트량이 540kg/cm²이며 물/시멘트비 30%인 경우 압축강도가 가장 큰 것으로 나타났다.

2) 플라이애쉬 대체율을 10%로 하고 물/시멘트비가 27%인 경우

단위시멘트량이 520kg/cm²에서 580kg/cm²으로 증가함에 따라 28일 압축강도는 비슷하게 나타났으나 56일 강도에서는 단위시멘트량이 큰 560, 580kg/cm²에서 압축강도의 발현이 큰 것으로 나타났다. 이는 물/시멘트비가 27%로 작아 물과 결합재가 결합하는데 소요되는 최소한의 수량이 확보되었기 때문인 것으로 사료된다.

3) 잔골재율을 38%와 40%로 비교한 경우

단위시멘트량이 540kg/m³인 경우 잔골재율이 38%에서 40%로 증가될 때 강도저하 현상을 나타냈으며, 단위시멘트량이 560kg/m³일 때는 잔골재율이 38%에서 40%로 증가하여도 강도저하 현상이 발생하지 않는 것으로 나타났다.

4) 플라이애쉬를 대체하지 않고 단위시멘트량을 변수로 한 경우

물/시멘트비 27%, S/A 38%인 경우 단위시멘트량이 560kg/cm²에서 620kg/cm²으로 증가함에 따라 압축강도는 오히려 감소하여 단위시멘트량이 560kg/cm²인 경우 압축강도가 가장 큰 것으로 나타났다.

5) 플라이애쉬(4%)와 실리카흙을 변수로 한 경우

단위시멘트량이 520kg/cm², F.A. 4%, S.F. 4%, 물결합재비 30%인 경우 물결합재가 33%인 경우에 비하여 초기강도 발현이 우수한 것으로 나타났으나 장기강도에서 비슷하게 나타났다. 결합재비 33%, S.F. 4%, F.A. 4%인 경우 단위시멘트량이 540kg/cm²으로 증가함에 따라 28일 56일 압축강도에서 각각 700kg/cm²이상의 압축강도가 발현되었으며 또한 단위시멘트량이 540kg/cm², S/A 37%, F.A. 8%, S.F. 4%이며 결합재비가 30, 32%인 경우 결합재비의 영향을 크게 받아 결합재비가 30%인 경우 700kg/cm² 크게 상회하는 압축강도가 발현되어 소량의 실리카흙(시멘트의 약 4%) 첨가로 현장타설 가능한 콘크리트를 제조하는 것이 가능한 것으로 나타났다.

6) 물/결합재비를 27%, 30%, 33%로 한 경우

F.A.나 S.F.의 대체없이 물/시멘트비만을 변수로 한 실험에서는 단위시멘트량이 520kg/cm²이며 물/결합재비 30%, S/A 37%에서 가장 우수한 강도를 나타낸 것으로 나타났다.

6. 현장적용

6.1 콘크리트 강도 구분

구조시스템의 최적화를 위하여 Fig. 2에서 보는 바와같이 지하 8층~지하 4층까지의 전단벽에는 700kg/cm², RC골조에는 420kg/cm², 그리고 지상 1층~10층사이의 PC골조 (보, 기둥)는 420

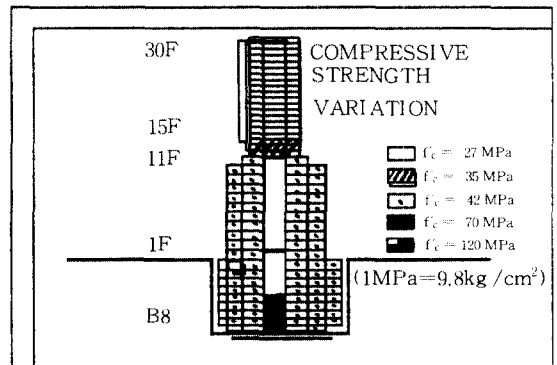


Fig. 2 삼성 신대방 주상-복합 건물의 콘크리트 강도구분

kg/cm²를 공장에서 제작하여 조립시공방법을, 12층~15층은 350kg/cm², 그리고 15층에서 지붕(29층 바닥)까지는 R.C.로 270kg/cm²을 사용하였다.

6.2 사용재료

1) 조골재(F_c=420, 700kg/cm²)

크기	흡수율	조립율	마모율	단위중량/공극률
19mm	0.27	6.8	16.7	$\frac{1558}{44}$

2) 세골재(세척사)

비 중	흡 수 율	조 립 율	단위중량/공극률
2.607	0.81	2.6	$\frac{1668}{36}$

3) 시멘트

한라, 동양, 현대 포틀랜드 1종 시멘트

4) 플라이애쉬

충남 보령(유연탄) 정제 제품

5) 철근

이형철근으로는 항복강도 $f_y=4000\text{kg/cm}^2$ (SD40)을 사용하였다.

6.3 거푸집

품질확보를 위하여 Euro Form을 배제하고 대형코팅합판을 사용하였다.

6.4 레미콘조달 방법

레미콘의 생산을 위하여 구로공단에 소재한 아주레미콘 B/P에 실리카흙 투여를 위한 투입구를 설치한 후 시험시공을 거쳐 공급되도록 진행하였다.

6.5 제조

- 타설된 콘크리트의 배합비 및 제조시간은 다음과 같다.

(1) 배합비

구 분 (kg/cm ²)	W/B*	S/A (%)	단위량(kg/m ³)		
			F.A.	S.F.	S.P.
420	33	41	53	0	2.76
700	28	36	8	5.8	(1.46)**

* B=Binder (결합재량) (예) B = C + S.F. + F.A.

** S.P.재는 B/P에서 1/2를 투여한 후 현장 도착후 최종 조정하였음.

(2) 배합

강 도 (kg/cm ²)	420	700
배합시간	60 초	90 초
간 격	6 분	7 분
물 드	1, 3, 7, 29일	1, 3, 7, 28, 56일

6.6 타설당일

타설 당일의 최종 배합비는 골재표면수 측정 및 제반 현장여건을 고려하여 조정하였다. 한 현장에 여러 종류의 콘크리트가 투입되므로 레미콘 출하시에는 운전석앞에 700kg/cm²은 붉은 표시판을, 그리고 420kg/cm²은 연두색표시판을 부착하여 타설시 혼란이 없도록 하였다. 이외에도 실제 벽 두께와 같은 18, 20, 30cm의 Core 채취용 벽을 제작하여 표준 양생된 실린더의 결과와 함께 비교하였다. 수화온도의 추정을 위하여 온도측정용 실험 벽에 게이지를 매립하여 수화온도를 측정하여 거푸집 존치기간 등에 기준이 되도록 하였다.

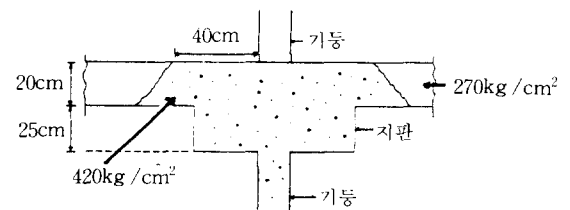


Fig. 3 플랫폼 슬래브의 고강도콘크리트 내민길이 확보

6.7 타설길이 확보

420kg/cm²이 현장타설될 지하 주차장(지하 7

층~지하 2층) 경우는 flat 슬래브 형식이므로 편칭전단 등을 고려하여 기둥부위에는 $420\text{kg}/\text{cm}^2$ 을, 슬래브에는 $270\text{kg}/\text{cm}^2$ 을 사용함에 따라 슬래브와 기둥의 강도차이가 40% 이상이 되어 지판부분도 $420\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 타설한 후 Fig 3에서 보는 바와 같이 고강도콘크리트를 슬래브방향으로 슬래브 두께의 2배를 내밀어 콘크리트를 타설하도록 하여 편칭전단을 방지하도록 조치하였다.

7. 결 론

시험체 압축강도는 1, 3, 7, 28, 56, 90일까지 측정하였으며, 그 결과 재령 7일에 $544\text{kg}/\text{cm}^2$, 28일에 $696\text{kg}/\text{cm}^2$ 그리고 56일에 $731\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 나타나 설계기준강도를 만족하였으며, 공기량은 최저 1% 그리고 최고 2.5%로서 평균 1.7%를 보였다. 작업성을 위한 슬럼프도 B/P에서 평균 21.5cm였으며, 1시간~1시간 30분 경과후에도 18cm 이상이 되어 충분한 슬럼프를 확보할 수 있었다. 따라서 본 연구결과와 성공으로 국내에서도 실제 구조설계에 고강도 콘크리트를 고려한 본격적인

시대가 도래함을 확인하여 주었으며, 더욱이 $700\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 경우 국내 설정에 맞게 수입품인 실리카흄(S.F.) 사용량을 최소화시킴으로써 향후 이의 사용 가능성을 한층 높여주고 있다. 고성능 감수제의 경우 나프탈렌계의 기존 감수제보다 고성능 AE감수제는 유동성의 상승과 슬럼프 상실 지연성이 나타나 분산투여의 필요성이 감소되었으며 일부 강도저하현상이 나타나 배합설계시 고려되어야 할 사항으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Godfrey, Jr. K. A., "Concrete Strength Record Jumps 36%", Civil Engineering, Vol. 57, No. 10, pp.84~88.
2. 신성우, "분당 삼성 초고층 APT에 $500\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상의 고강도 콘크리트 시공 및 구조적 거동", 한국콘크리트학회지, 제2권 4호, 1990. 12, pp.8~21
3. 권영호 외, " $700\text{kg}/\text{cm}^2$ 고강도 콘크리트의 현장 적용", 한국콘크리트학회 추계 학술발표대회 논문집, 1993. 11, pp.124~131
4. 삼성건설 기술연구소, "고강도 콘크리트 현장적용 PROJECT", 1994. 1