고강도 및 초고강도 콘크리트 제조기술

金 壽 萬
〈아주산업(주) 구로공장 기술 개발부 次長〉

1. 머 릿 말

시멘트를 이용한 콘크리트 분야에 종사하는 기술자는 다음 네가지를 만족하는 제품을 만들려고 부단히 노력하고 있다. 첫째는 콘크리트 작업 공사 기간을 단축시키기 위하여 초기강도 발현 연구이다. 이는 재령 1일, 3일 강도를 시험하여 재령 1일강도는 150－200kg/㎠ 이상 발현 된다면 조기 거푸집 탈형으로 공사를 계속 진행 하여도 구조물에는 영향을 받지 않을 것이다. 또한 3일 강도는 300kg/㎠ 이상 증진이 되어 견고한 건축물이 탄생 될 것이다.

둘째는 콘크리트 자중을 이용한 토목 및 MASS CONCRETE 공사 이외는 경량 인공골재를 이용하여 가볍고 견고한 구조물의 축조이다. 현재 우리나라에서는 제조되어 널리 공급되지 않았지만, 조·세골재의 고갈이 멀지 않았기 때문에 서둘러 연구 개발 해야 할 것이다.

세째는 콘크리트의 고강도화이다. 콘크리트 고강도 시공 경험은 전 세계적으로 최초의 초고강도는 1980년대 후반 미국 시애틀에서 1,330kg/㎠의 콘크리트를 제조하여 시공을 하였고 그 후로 10여년이 지난 최근에 국내에는 초고강도(1,200kg/㎠)가 제조되어 현장에 투입되어 구조물에 시공 되었다. 국내 고층건물들이 대부분 철골구조로 시공되고 있지만 국내 최초 R/C 구조로 설계된 고층 건물이 곧 완공될 예정이다. 이는 사용 층수별로 강도가 다소 차이는 있지만 주로 1,200kg/㎠, 700kg/㎠, 420kg/㎠, 350kg/㎠, 270kg/㎠ 등 다양하게 이용 되었고 중요한 점은 유동성이 확보된 콘크리트를 이용하여 PUMP CAR로 압송시켜 타설을 실시 하였다.

네째는 초 유동성에 의한 내구성 확보이다. 고강도라함은 SLUMP 개념보다는 FLOW의 개념으로 생각 하는 것이 올바른 방법이라 판단 된다. 적정 S/A와 W/C로 FLOW가 50cm이상 되어야 유동이 좋은 큰크리트라 칭하며 고강도 콘크리트라 할지라도 최소한의 공기량이 확보 되어야 내구성 또한 증가된다.

고강도 콘크리트를 이용하는 주된 목적은 공사기간 단축과 실 사용 면적의 증가와 건축 구조물의 구조적 안전성 때문에 앞으로 우리나라에서도 널리 확산되어 보급될 전망이다. 1980년대 후반 일본에서도 내진설계가 되면서 고층건물의 탄력성을 주고 소음 및 진동을 흡수하기 위하여 철골구조에서 R/C 구조로 설계되어 가고 있다. 우리나라에서도 널리 보급되어 빠른속도로 확산될 전망이다.

2. 고강도 콘크리트의 사용 재료

2.1 고강도 콘크리트에 사용되는 원 부자재의 고찰

2.1.1 시멘트

시멘트 종류는 보통 포틀랜드 1종 A급 KS 품

으로 지정하여 보통콘크리트에 사용되는 동일한 시멘트 재료를 선택하였고, 초기강도가 고강도 콘크리트의 생명이라 할 수 있기 때문에 BLAIN이 약간 높은 시멘트를 사용하는 것이 유리하다.

2.1.2 굵은골재

굵은골재의 선정 시험시 물리적 및 화학적 시험을 실시하고, 특히 중요한 시험항목은 조립율과 마모감량이다.

2.1.3 잔골재

고강도로 갈수록 조립율의 정도가 높아야 하고, 청결하고 점토덩어리가 함유되어 있지 않아야 하며, 현재 국내에서 생산되는 세척사가 적당하며, 염분도 관리에 특히 주의 하여야 한다.

2.1.4 FLY-ASH

고강도 콘크리트에서 콘크리트 수화열을 감소시켜주며 헤어크랙을 줄여주고 장기강도를 증진시켜주는 역할을 한다. FLY-ASH의 적정 사용량은 결합재량(시멘트량+실리카흄+FLY-ASH)의 10%-15%를 사용하는 것이 좋으나 CABON 함량에 따른 IG-LOSS의 정도에 따라 증감하여 사용하여야만 한다.

2.1.5 사용수

고강도 콘크리트의 유동성을 확보하고 SLUMP LOSS를 최소화 하기 위하여 회수수는 사용하지 않아야 하며, 꼭 사용할때는 PH와 고용분이 단위 수량에 영향을 받지 않아야 한다. 압축강도시험시 공시체 파쇄내부가 깨끗하고 청결하며 산, 알카리 등을 포함하여서는 안된다.

2.1.6 실리카흄

시멘트 입자보다 약 200배정도 미세한 입자로 구성되어 있으며 액상과 분말의 두가지 종류가 있다. 주성분은 SiO_2로 되어 있으며 현재 국내에서는 생산되지 않고 있으나 700kg/㎠이상 고강도 콘크리트에는 필수적으로 사용되어야 밀실한 콘크리트를 확보할 수 있으며 요구하는 강도에 따라 5-20%까지 사용되어야 한다.

2.1.7 AE감수제

최근 많은 혼화제가 시판되고 있지만 고강도 콘크리트를 제조하기 위하여 연구하고 개발된 혼화제는 흔하지 않다. 또한 고강도에서 내구성을 얻기 위하여 적정 공기량을 확보 한다는 것이 쉬운일은 아니다. 콘크리트 선진국에서도 공기량의 확보에 대하여 찬반의 목소리가 높으며 서로의 장, 단점은 있다. AE감수제의 선택은 고성능 혼화제와 화학적인 결합이 될수 있는 종류를 선택하여야 한다.

2.1.8 고성능 감수제

일반적으로 고유동화제로 명칭하며, 감수율이 20%이상 유지 되어야 사용상 유익하다. KSF 2560(콘크리트 화학 혼화제)에는 규정이 표시되지 않았지만, 일본 규격에서는 감수율이 16%이고 적재후 60분이 경과된 후 경시변화에 대한 슬럼프 및 공기량까지도 규정하고 있다.

2.2 재료 선정의 중요성 및 선정시험 실시

2.2.1 시멘트

시멘트란 물과 혼합하여 수화반응을 일으켜 표면 부착에 의해 물체를 결합시켜 경화하여 무기질의 흡착제 고체상태로 결합시켜 요구하는 형태로 만들어 일체화되고 그 자신도 구조의 주요한 구성체로되어 소요강도를 발휘하는 광물질의 풀이라 정의 할 수 있다.

국내에서 보통 포틀랜드 시멘트가 생산되는 업체는 8개사로서 생산업체마다 품질의 성능이 장, 단점이 있지만 양질의 품질이 사용되어야만 할것이다. 고강도 콘크리트에 사용되는 시멘트의 종류는 1종과 3종의 2가지 종류가 있고 사용 용도에 따라 시멘트를 선정 하여야 한다. 시멘트 종류

에 따른 구분은 표-2.1과 같이 하고 보통 포틀랜드 1종 A급의 물리적 및 화학적 성분은 표-2.2, 2.3과 같다.

〈표-2.1〉 시멘트의 종류에 대한 구분

종 류	구 분
1 종	보통 포틀랜드 시멘트
2 종	중용열 포틀랜드 시멘트
3 종	조강 포틀랜드 시멘트
4 종	저열 포틀랜드 시멘트
5 종	내황산염 포틀랜드 시멘트

2.2.2 굵은골재

고강도 콘크리트에서는 화강암이나 석회암이 적당하며 골재 MAX-SIZE는 철근간격이나 콘크리트의 Consistency, Workability, finishability를 고려하여 13㎜나 19㎜가 적당하며, 편석은 절대 허용되지 않아야 한다. 굵은골재의 물리적 성질중 중요한 점은 입도, 마모감량, 흡수율, 실적율등이 중요하며 표-2.4와 같은 시험치를 나타냈고, 자연석(강자갈)보다는 쇄석이 입도나 부착응력 면에서 유리하나 단위수량을 증가 또는 작업연도 감소성이 있을 수 있다.

〈표-2.2〉 화학적 구성(Chemical Composition) (ASTM C 150-73)

산지 : 삼척

시 험 항 목	단 위	KS 규격	결 과 치
Magnesium oxide (MgO)	%	5.0 이하	3.11
Sulfur trioxide (SO_3) C3A〈8%일때	%	3.0 이하	-
C3A〉8%일때	%	3.5 이하	2.25
Loss on ignition (L. O. I)	%	3.0 이하	0.90

〈표-2.3〉 물리적 특성(Physical Properties) (ASTM C 150)

산지 : 삼척

시 험 항 목	단 위	KS 규격	결 과 치
Fineness, specific surface : Blaine	㎠/g	2,800 이상	3280
Autoclave expansion	%	0.8 이하	0.28
Time of setting(alternative methods) Gillmore test :			
Initial set, min, not less than	min	60 이상	200
Final set, min, not less than	min	600 이하	335
Vicat test :			
Initial set, min, not less than	min	45 이상	-
Final set, min, not less than	min	375 이하	-
Compressisve strengt :			
3 days	kg/㎠	130 이상	198
7 days	kg/㎠	200 이상	288
28 days	kg/㎠	290 이상	352

〈표-2.4〉 굵은 골재의 물리적 성능(19㎜쇄석)

산지 : 안성

조립율	마모감량	표건비중	절건비중	흡수율	단위중량	실적율	편석율
6.48	18.9%	2.670	2.684	0.89%	1628kg/m³	60.7%	3.2%

2.2.3 잔골재

. 고강도 배합비는 단위 결합제량이 500kg/m³-750kg/m³이므로 자체량이 일부가 잔골재 역활을 하기에 입도가 #50, #100체 통과량이 적은 골재를 사용하는 것이 유익하다. 통상적인 S/A는 소요강도나 슬럼프에 따라 다소 차이는 있지만 35%내외가 양호한 Workability 얻을수 있다. 잔골재의 고갈로 강사나 육사를 이용한다는 것은 국내에서 현실상 어렵고, 사용한다 해도 유해물질 검사에 더욱더 철저한 검사가 필요 할 것이다. 수도권 지역에서 쉽게 구할수 있는 세척사가 적합하다. 염분도 제거시 세척을 실시함에 따라 미세한 #50, #100 통과량이 적으며 조립율은 2.9-3.3 범위로 고강도 콘크리트 제조시 적합하다. 점토덩어리 및 기타 유해물질이 없고 깨끗하여 굵은골재와 철근에 부착응력이 높으며, 잔골재 물리적성능은 표2.5와 같다.

〈표-2.5〉 잔골재 물리적 성능

산지 : 인천 세척사

조립율	비 중	흡수율	#200 통과량	염분도	단위중량
3.08	2.607%	0.950%	0.07%	0.011%	1508kg/m³

2.2.4 FLY ASH

고강도 콘크리트에 사용되는 결합재로서 여러가지 목적으로 사용하지만 많은 시멘트량에서 발생되는 높은 내부 수화열을 저하시키고 내구성 및 수밀성을 증대 시키며 장기강도 발현에 큰 도움을 준다.

고강도(700kg/㎠이상) 콘크리트 타설후 내부 수화열은 10시간-12시간사이에 최고점에 달하며 기둥의 경우 82-85℃까지 올라가 콘크리트 내부와 외부의 온도 차이로 미세한 균열이 발생될 우려가 있다.

현재 국내에서 생산되고 있는 보령산 유연탄을 정제(AIREION)시켜 공급되는 품질을 사용하며, 품질 특성상 CABON 함량에 따라 혹은 원료의 산지따라 IG-LOSS(강열감량)의 편차가 있으나 다음 표-2.6과 같다.

〈표-2.6〉 FLY ASH 성능

화학적 성분

산지 : 보령

이산화규소	습 분	강열감량	비 고
63.5	0.13%	3.45%	

물리적 성질

비 중	비표면적 (브레인)	단위수량비	압축강도비		비 고
			7일	28일	
2.20	3290㎠/g	98.5%	85%	89%	

2.2.5 사용수

청결하고 깨끗한 공업용수를 사용함

2.2.6 Micro Silica Hume

주성분이 SiO_2로 구성되어 있으며 국내에는 많이 알려지지 않았지만 700kg/㎠이상 고강도 생산시 필수적으로 사용하여 지는 혼화재료이다. 먼저 시멘트와 비교해보면 표-2.7과 같다.

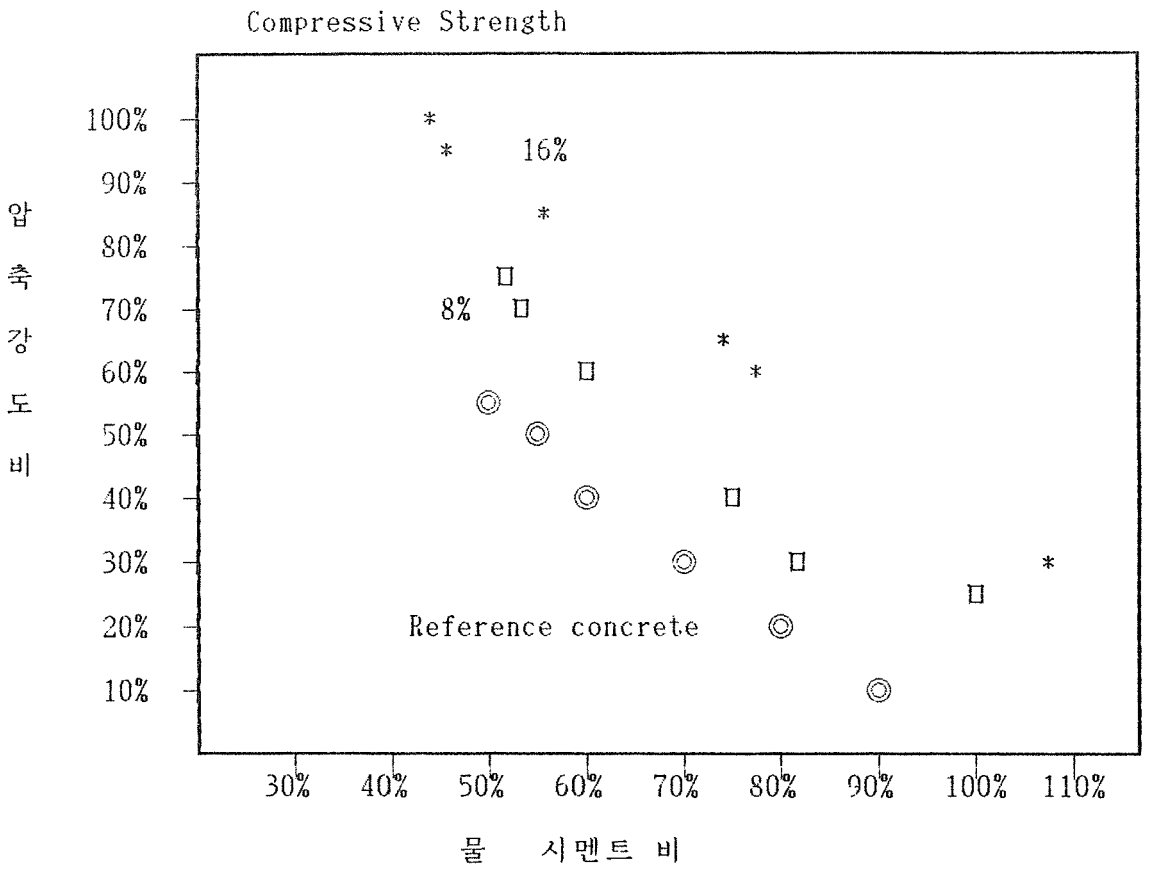
미세한 입자로 구성되어 있기 때문에 분말로 사용은 어려운점이 많다. 계량의 문제와 저장의 문제, 수송의 문제등이 설비를 하기에는 상당히 많은 비용이 투자되며 분말은 콘크리트 제조시

〈표-2.7〉 Silica와 시멘트와 비교(물리적 성능)

항 목	비표면적	입 경	비 중	SLURRY 비중	비 고
시멘트	2,800㎠/g	15-20㎛	3.15	—	—
Silica Hume	200,000㎠/g	0.15㎛	2.18	1.35	물(50%희석)

화학적 성질

항 목	SiO_2	AlO_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O
시멘트	86-96%	0.4-1.0%	0.1-0.5%	0.3-2.0%	0.4-0.5%	0.3-0.3%
Silica Hume	20%	4%	63%	2%	0.4%	1%



〈표-2.8〉 W/C와 Silica Hume 투입량과의 비교표

시멘트 입자에 몰려서 부착이되며 품질 상태도 수시로 변화되며 고강도 및 초고강의 품질에 많은 변수를 작용시킨다. 그러나 SLURRY로 사용하게 되면 물과 자체적으로는 수변성이 없기 때문에 50 : 50 혹은 60 : 40으로 희석시켜 완성된 제품사용을 하여 콘크리트 내부에 분해가 빠르며 일정하고 표준편차가 적은 고강도및 초고강도 콘크리트를 생산 할 수 있을 것이다.

고강도 콘크리트 생산시 일정한 배합비에 실리카흄을 8%, 16%를 투입시켜 W/C의 변화에 따라 압축강도 변화를 알수 있다.

2.2.7 고강도용 AE 감수제

고강도 콘크리트에 공기량의 기준을 두고 찬반의 결론이 명확하게 나지 않았지만 당사에서는 콘크리트에 고성능 AE 감수제를 사용하여 Workability 개선 및 동결융해 저항성을 향상시키고 단위수량을 감소시켜 공기량으로 발생되는 강도 저하를 회복시켜주며, 또한 고강도의 점성을 낮추어 펌핑시 마찰력을 최소화 시켜주기 위하여 AE 감수제 사용을 여러가지 시험을 거쳐 사용을 하였다.

〈표-2.9〉 고강도용 AE감수제 성능 시험

종 류	감수율	비 중	색 상	고형분	압축강도비			비 고
					3일	7일	28일	
나프타린 설폰산 축합물	17.4%	1.220	암갈색	45.2%	124%	119%	117%	0.45% 투입시

2.2.8 고성능 감수제(Superplasticizer)

단위수량을 감소시켜주며 유동성을 확보하고 슬럼프 복원을 하기 위하여 주로 사용되며 다음과 같은 종류들이 있다.

단점으로서는 Slump Loss가 심하여 고성능 감수제에 특수한 저감제를 개발하여야 하는 연구과제가 남아있다. 또한 사용시 철저한 경시변화 시험을 실시하여 20-30분 간격으로 운반 시간과 거리, 대기온도에 따른 Slump Loss치를 기록 유지시켜 현장에 적용토록 하여야 할 것이다.

〈표-2.10〉 고성능 감수제 종류

종 류	특 성
나프타린계	나프타린 설폰산 포르말린 축합물을 농축시켜 일정한 온도로 반응시켜서 고분자를 활성화 시킨 혼화제
변형나프타린계	나프타린 설폰산 포르말린 축합물에 특수 리그닌 설폰산 포르말린 축합물을 합하여 변형 나프타린으로 제조된 혼화제
멜라민계	멜라민 설폰산 포르말린 축합물에 지연제를 첨가시켜 슬럼프 loss를 저감시켜 고강도용 혼화제에 이용됨.
폴리카르본산계	폴리카르본산 화합 합성물에 변형된 합성물을 첨가시켜 제조된 혼화제로서 제조상 어려움으로 사용이 적음.
아미노설폰산계	

3. 실내 시험배합 실시

3.1 시험배합설계

3.1.1 실내시험시 배합강도 결정

실내시험시 배합강도 결정은 변동계수 및 표준편차의 data를 적용하여 다섯 종류의 변수를 적용하여 아래와 같이 표-3.1과 배합강도의 기준을 설정 하였다.

또한, 정규분포($Z=\frac{X-\mu}{\sigma}$) 곡선상에서 $\pm 3\sigma$ (99.73%)를 적용하고 KS F4009의 기준에 따라 건축학회 방법으로 배합설계를 실시함.

표-3.1과 같이 보통콘크리트는 단위수량을 배합설계 기준대로 적용시키고 420kg/㎠이상은 고성능 감수제(Superplasticizer)를 사용하여 W/C를 35%이하로 하여 적절한 단위 수량을 확보 하였다.

〈표-3.1〉

설계기준강도 (kg/㎠)	표준편차 (σ)	변동계수 (V)	활증계수 (α)	배합강도 (kg/㎠)
270	28.8	9.0	1.185	320
350	35.8	8.7	1.177	412
420	47.7	9.5	1.190	500
700	68.3	8.5	1.143	800
1,200	110.0	8.1	1.125	1,350

3.1.2 최적 S/A 및 W/C 산출

잔골재 및 굵은골재의 조립율에 따라 다소의 차이는 나겠지만 잔골재 FM=3.05-3.15로 하고 0.2%이상의 조립율 변화가 있을때 배합설계에 반영시키고, KS F4009규격에 의한 건축학회 시험방법에 의하면 양질의 AE 감수제 사용시 19㎜골재를 사용하면 S/A의 대략값이 43%로 되어 있지만 조건의 변화가 많다. W/C=55%, FM=2.8, SLUMP=8㎝일때 공기량, 슬럼프, S/A, W/C, 부순돌사용등 보정을 하여야 한다. 그러나 계산상 S/A를 실제 실내시험과 현장작업용 S/A는 차이점이 발견된다. 우선적으로 펌핑작업시 압송성을 높이고, 고 Slump에도 재료분리가 일어나지 않아야 하며 Workability 및 Finishability가 우수하도록 최적 S/A를 산출하여야 한다. 콘크리트가 양생되어지기까지 소요 최소한의 W/C는 24~26%이다. 그러나, 초고강도는 고품질의 AE감수제 사용과 고성능 유동화제를 사용하여 20%이하의 W/C를 활용하여야 한다. 수차례의 실내시험으로 최소량의 W/C를 선택하여야 한다.

3.2 실내 시험배치의 방법 및 이론

3.2.1 W/C의 변화에 따른 적용

계산상 W/C의 중앙점에서 +1%, +2%, -1%, -2%에서 물의 양을 변화시켜 Workability및 압축강도 시험을 실시하여 최적 물시멘트비를 결정한다.

3.2.2 시멘트량의 변화에 따른 적용

시멘트의 품질 변동이 계절별로 심하게 나타날 수 있으므로 시멘트 K강도 20kg/㎠이상 변화 될 때마다 배합을 변경해야 됨에 따라 산출된 시멘트량에 +20, +10, −10, −20kg을 실내배합을 하여 적기에 사용할수 있도록 자료를 남겨둔다.

3.2.3 잔골재 조립율 변화에 따른 배합적용

기준 FM을 3.1로하고 0.2%씩 변할때마다 S/A및 기타 배합비를 수정한다.

3.2.4 시험배치시 공기량, 슬럼프, 공시체제작(1일, 3일, 7일, 14일, 28일)을 실시하며, 700kg/㎠는 56일강도까지, 1,200kg/㎠는 91일강도를 설계기준강도로 설정한다.

3.2.5 압축강도 시험용 공시체제작은 1회시험시 4개의 시료를 준비하고, 가능한 편심을 피할수 있는 잘 조립된 몰드를 사용한다.

3.3 PILOT TEST

3.4 고강도 및 초 고강도의 배합비 최종 결정

규 격	W/B (%)	S/A (%)	S.P (%)	F.A (%)	S.F (%)	단위재료량(kg/m³) W	C	AD	F.A	S.F	TOTAL (kg/m³)
25-270-18	42.5	40.8	−	−	−	185	435	1.31	−	−	2,311
19-350-21	37.0	41.0	0.40	5	−	178	458	1.93	24	−	2,344
19-420-21	33.0	41.0	0.46	10	−	175	477	3.45	53	−	2,345
19-700-21	26.9	38.0	1.46	10	7	175	540	3.90	65	45.5	2,344
19-1200-23	18.0	37.0	3.00	5	18	135	578	7.50	37	135	2,404

※ 참고사항

1. 배합설계에 적용된 비중
   1) 시멘트 비중 : 3.15
   2) 잔골재 비중 : 2.607
   3) 25㎜골재 비중 : 2.620
   4) 19㎜골재 비중 : 2.677
   5) FLY-ASH 비중 : 2.20
   6) 실리카 흄 비중 : 2.18

2. 혼화제 비중
   1) S.P제 비중 : 1.220
   2) AE 감수제 : 1.214

3. 설계공기량 적용
   3% (970 l 적용)

4. 흡수율
   1) 잔골재 흡수율 : 0.85%
   2) 25㎜골재 흡수율 : 0.88%
   3) 19㎜골재 흡수율 : 0.51%

5. 혼합공정
   1) 25-270-18 : 원재료 투입후 45초 혼합
   2) 19-350-21 : 원재료 투입후 45초 혼합하여 S.P제 후 첨가
   3) 19-420-21 : 원재료 투입후 BASE 콘크리트 슬럼프치가 6±0.5㎝까지 되게 150초 혼합한후 S.P제 투입후 150초 혼합하여 방출함. (믹샤암페어 : 28~29)
   4) 19-700-21 : 420과 동일한 방법이나 실리카흄이 별도 추가 투입됨(7%)
   5) 19-1200-21 : 700과 동일한 방법이나 최초 혼합시간을 180초로 하고 1차 S.P제 투입후 60초 2차 S.P제 투입후 150초 혼합후 방출(실리카흄 18%)

현장에 본 배합의 물량이 투입되기전에 최종적으로 B/P에서 확인시험을 실시하여 배합을 최종 결정하고, 될수 있는 한 현장까지 운반하여 시험체까지 타설할 수 있도록 하고 다음 순서에 준하여 실시 하도록 한다.

3.3.1 고강도 콘크리트의 믹싱 타임을 결정하기 위하여 믹서 성능검사를 실시한다.

3.3.2 S.P제 후첨가로 유동성을 확보하기 위하여 5m³이하로 적재하도록 한다.

3.3.3 배합비별로 2Batch씩 2.5m³로 혼합하여 적재한다.

3.3.4 고성능 감수제를 1차 투입후 대기온도 및 콘크리트 온도에 따라 경시변화
시험을 실시하여 슬럼프 감소에 따른 고성능 감수제 추가 투입량을 결정하고 슬럼프 2㎝증가시키기 위하여 0.09%가량의 고성능 감수제가 필요하다.

3.3.5 별첨 자료와 같이 Pilot Test 실시때 기록 보관 유지 하여야 하며 배합비 결정에 최종적인 검토를 실시한다. 고강도 및 초고강도는 계산적 W/C나 S/A보다 실질적인 실내시험 및 현장시험을 바탕으로 배합비를 결정하며, Pilot Test를 현장 타설과 동일한 조건으로 시험체를 만들어 타설하고 초결과 종결 사이의 콘크리트 수화열까지 측정하여 내부온도 축소 방안을 검토한다.

3.3.6 콘크리트 수화열의 피크치는 타설후 10−12시간 사이에 최고점에 달하며 이때 구조체에 지속적으로 살수를 실시하거나 양생제를 살포하여 외부 온도와 차이를 축소시켜 헤어크랙 방지에 노력한다.

3.3.7 최악의 조건에서 콘크리트 각 재료의 온도를 측정하여 산술식에 대입시켜 구한 계산적 온도와 실질적인 콘크리트 온도와의 차이를 일일 1시간 간격으로 측정하여 이때 적절한 콘크리트 온도를 유지할 수 있는 시간대를 이용하여 콘크리트 작업을 실시한다.

4. 제품검사

4.1 콘크리트 경시변화 시험실시

최초공장 생산시 슬럼프 테스트 측정결과와 현장도착후 슬럼프 테스트 실시후의 차에 따라 S.P제 추가 투입량을 결정한다.

4.2 콘크리트 공시체 제작

18개씩 제작하여 각 재령별로 압축강도 시험을 실시하고 표면은 콤파운드나 그라우팅을 하여 편심하중을 받지 않게 한다.

4.3 공기량 시험

KS F2449(굳지않는 콘크리트의 용적에 의한 공기량 시험방법)에 따른다.
공기량은 될 수 있는 한 3%가 유지될수 있도록 AE제량을 조절하여 사용하는 것이 좋다.

4.4 생콘크리트 염화물 시험

이온전극법과 질산은 적정법의 시험방법을 동시병행실시함.

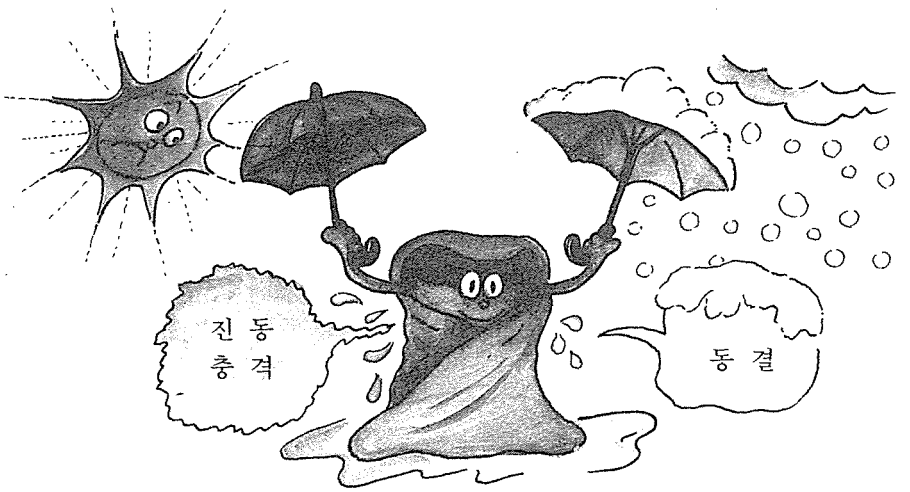
5. 결 론

고강도 콘크리트 및 초고강도 콘크리트 제조기술 및 생산관리에 대하여 같이 연구하고 도움을 주신 한양대 신성우 교수와 삼성기술연구소 고강도 팀에게 먼저 감사드리며 국내 최초로 초고강도를 생산하여 현장에 공급하게 되어 회사적으로

는 상당한 영업적인 성과를 거두었으며 개인적으로는 많은 시험과 DATA를 확보 하였고 굳지않은 콘크리트의 물리적 성질 및 화학적 성능에 대한 이론을 새롭게 정립 하였다.

고강도 콘크리트의 제조방법 및 이론에 대한 기술적 검토는 마무리 단계이지만 실질적인 구조설계팀에는 아직까지 새로운 변화가 되지 않아 아쉬움이 남는다. 물론 최근에 극한강도 설계법에 의한 건축물이 축조되고 있지만 고층 건물에는 210kg/㎠, 240kg/㎠, 270kg/㎠의 소요강도가 대부분이며 또한 철골부재로 설계되는 사례가 많다.

고강도 콘크리트 유동성을 최대한 확보하고 좋은 콘크리트를 만들도록 노력하여야 할 것이다.

96. 4. 1일 부로 모든 품목이 製造物 責任制度(Product Libility)및 리콜(Recall)제도가 확산될 전망이다. 따라서 구조물의 시공자나 원.부자재 납품자도 국가적인 사명감을 바탕으로 튼튼하고 안전한 토목 및 건축 구조물이 축조되길 기술자의 한사람으로 바랄 뿐이다.

양생시에는 콘크리트에 진동이나 충격을 주지 않도록 각별히 주의한다.