

고로슬래그 미분말을 사용한 고강도콘크리트의 PC부재 적용 사례

김 화 중

(경북대학교 건축공학과 교수)

- | | |
|-----------------------|----------------|
| 1. 서론 | 3.6 배합표 |
| 2. PC 부재에 대한 일반 현황 고찰 | 3.7 시험방법 |
| 2.1 재료적 측면 | 4. 제작된 시험체의 품질 |
| 2.2 구조적 측면 | 4.1 공기량 |
| 3. 현장적용 | 4.2 슬럼프 플로우 |
| 3.1 현장적용의 내용 | 4.3 압축강도 |
| 3.2 혼화재료의 사용 | 4.4 문제점 및 개선 |
| 3.3 배합계획 | 4.5 실부재의 제작 |
| 3.4 시험내용 | 5. 결론 |
| 3.5 사용재료 | 참고문헌 |

1. 서론

최근 산업의 발달과 더불어 구조물의 규모가 고층화 장대화 되어감에 따라 우리나라에서도 콘크리트의 고품질화에 대한 관심이 증가되고 있다. 이에 부응하여 현재는 학교, 연구소 및 회사에서도 많이 연구되고 있으며, 그 성과도 상당히 나오고 있으며 앞으로도 계속적인 발전이 기대되고 있다.

그리고, 월드컵 경기장, 사회간접 자본 시설 확충 등에 따른 구조물의 대형화, 복합화 등의 재료 및 구조적으로 기능이 매우 다양화되고,

건축물의 라이프사이클에 대한 내구성이 요구되어 점차 고강도콘크리트에서 한층 더 나아가 고유동, 고내구성 및 특수 콘크리트 등 이에 대한 인식이 고조되어, 고부가가치성, 고강도화, 경량화, 고층화 및 유효공간 확보, 우수한 시공성, 환경 친화 등의 장점을 꾀하려는 움직임이 활발히 진행되고 있다.

이 중에서도 고강도 콘크리트의 경우, 현장 시공이 없었던 것은 아니지만, 완전히 실용화 단계에 미치지 못한 것은 지속적이고 체계적인 연구부족도 있지만 가장 중요한 것은 고강도 콘크리트에 대한 품질관리의 확신이나 신

회가 없었기 때문이라 사료된다.

따라서 이번 현장적용에 대한 연구는 고강도 콘크리트에 대한 이론적인 고찰을 몇 가지 검토한 후, 울산의 월드컵 축구 경기장에 적용되는 prestressed concrete(이하 PC)부재 제작을 위해 사용되는 고강도 콘크리트를 레미콘공장에서 제조하여 현장까지의 운반 후 타설 및 양생의 일련의 과정을 통하여 우수한 품질의 부재를 제조하는 방안과 전개과정을 보고하고자 한다.

2. PC 부재에 대한 일반 현황 고찰

PC는 外力에 의하여 일어나는 응력을 소정의 한도까지 상쇄할 수 있도록 미리 인공적으로 그 응력의 분포와 크기를 정하여 内力을 준 콘크리트라고 정의할 수 있다.

이와 같이 외력에 의한 인장응력을 상쇄하기 위하여 미리 인위적으로 콘크리트에 준 응력을 프리스트레스(prestress)라고 한다.

콘크리트에 프리스트레스를 주는 방법에는 PC 강재를 긴장하는 시기에 따라 PC 강재에 인장력을 주어 긴장해 놓은 채 콘크리트를 치고 콘크리트가 경화한 후에 PC강재의 인장력을 서서히 풀어서 콘크리트에 프리스트레스를 주는 프리텐션 방식(pre-tensioning system)과 콘크리트가 경화한 후에 PC강재를 긴장하여 그 끝을 콘크리트에 정착함으로써 프리스트레스를 주는 포스트텐션 방식(post-tensioning system)으로 구분된다.

우선 몇 가지 사항에 대해 검토하면 다음과 같다.

2.1 재료적 측면

PC는 고강도의 콘크리트와 고강도의 鋼線 또는 鋼棒을 주재료로 한다. 그 밖에 보조 재

료로서 쉬스, 정착장치 및 접속장치, 그라우트 등이 필요하다.

PC에 쓰이는 콘크리트는 다음과 같은 성질이 요구된다.

- ① 壓縮強度가 높아야 한다.
- ② 乾燥收縮과 크리프가 작아야 한다.

PC의 목적을 달성하고 그 장점을 충분히 발휘시키기 위해서는 높은 압축강도의 콘크리트가 필요하다. 압축강도가 콘크리트는 다른 강도도 크다. 특히 설계계산에 사용한 압축강도, 즉 설계기준강도가 확실하게 현장시공에서 얻어져야 한다. PC는 RC와 달라서 설계계산상의 큰 응력이 프리스트레싱에 의하여 실제로 콘크리트에 일어나기 때문이다.

따라서 PC에 있어서는 콘크리트의 설계기준강도 σ_{ck} (재령 28일의 압축강도)를 적어도 다음 값 이상이 되게 해야 한다.

포스트텐션 방식의 경우 ... 300kgf/cm² 이상
프리텐션 방식의 경우 ... 350kgf/cm² 이상

RC에 쓰이는 콘크리트의 압축강도는 보통 180-240kgf/cm² 정도이지만, PC에서는 300-400 kgf/cm² 정도 또는 그 이상의 것이 쓰이고 있다.

2.2 구조적 측면

PC구조의 사용성(serviceability), 안전성, 경제성 등에 대하여 RC와 비교해 본다.

1) PC는 균열이 발생하지 않도록 설계되기 때문에 내구성 및 수밀성이 좋다. 충격하중이나 반복하중에 대한 저항력도 RC에 비하여 크다.

2) PC구조에서는 전단면을 유효하게 이용할 수 있을 뿐 아니라 곡선배치한 긴장재의 인장력으로 인한 전단력의 경감에 의하여 복부폭

을 얇게 할수 있기 때문에 가벼운 구조로 된다.

3) PC구조는 안전성이 높다 PC에서는 프리스트레싱 작업때 강재와 콘크리트가 최대응력을 받는다.

그러므로 프리스트레싱 작업은 재료시험을 실시하고 있는 것과 같으며, 이때 안전하였다면 보통의 사용하중하에서는 충분히 안전하다. 또한 PC부재는 파괴의 前兆가 뚜렷하다.

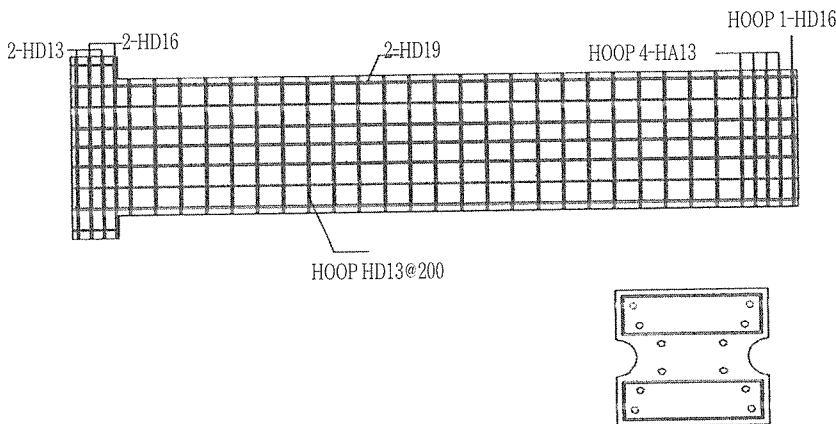
4) 포스트텐션 방식을 이용하면 프리캐스트 부재의 연결 시공이 가능하고, 현장치기 PC의 경우, 이어대기 시공이나 분할 시공이 가능하여 캔틸레버식 시공이 교량 등에 많이 이용된다.

3. 현장적용

3.1 현장적용의 내용

본 현장은 2002년 월드컵축구경기가 개최되는 도시 중의 하나인 울산 월드컵축구경기장을 건설하는 곳으로서 (주)화성산업이 주관을 맡은 PC부재를 이용한 시공법을 채택한 곳이다.

부재 제작시 요구되는 콘크리트의 강도는



(그림 1) 실부재의 개요

450kgf/cm²의 고강도 콘크리트이다. 실부재의 제작은 원래 PC제조공장에서 제작하여 현장에 운반하여 조립을 하여야 하지만, 부재의 치수가 상당히 큰 관계와 운반시의 충격에 따른 손상을 예방하기 위해 현장에 임시공장을 설치하고 제작하게 되었다. 따라서 요구된 품질을 만족시키기 위해 적합한 레미콘 공장을 선정하고, 품질개선에 대한 여러 가지 항목을 검토하게 되었다. 현장적용에서 단위결합재량이 많고 경시변화에 민감한 고강도 콘크리트의 문제점이나 품질관리에 따른 제반특성을 파악하여 실부재 제작에 대비하기 위해 문제점을 파악하여 그 해결방법에 대한 평가와 방향을 검토하고자 하였다.

따라서, 배합 및 소요강도 확보, 운반에 따른 경시변화, 수화열, 표면마감성, 다짐, 양생 등에 대해 실내 실험 및 현장 시험 타설 등 여러 번의 시험을 행하였다.

현장에서 최종 타설될 기둥의 개요는 (그림 1)과 같다.

3.2 혼화재료의 사용

본 현장에서는 기술적으로 고도화, 대형화됨에 따라 콘크리트 자체의 내구성, 신뢰성을 향상시키기 위한 요구가 다양화되고, 고강도 콘크리트의 물성 확보 등의 우수한 품질이 요구됨에 따라 각종의 혼화재료가 사용되고 있다.

1) 혼화제

특히, 고강도 및 고

성능콘크리트의 제조에는 감수제, 유동화제, 고성능감수제 혹은 고성능AE감수제 등의 혼화제(混和劑)사용이 필수적이다. 고성능 감수제는 종래의 일반적인 콘크리트용 혼화제와 그 화학성분이 다르고 시멘트 입자에 대한 흡착성분과 분산성능이 우수하여 콘크리트의 단위수량을 대폭적으로 감소시킬 수 있다.

감수율은 AE제가 8%, 일반감수제가 5-10%, 그리고 고성능 감수제는 10-20%정도 까지 감수시킬 수 있다. 최근에 시판이 시작되고 있는 고성능AE감수제의 경우에는 고성능 감수제와 동등 혹은 그 이상의 높은 감수율과 함께 슬럼프 손실이 현저하게 줄어 고강도 콘크리트의 문제점이었던 시공상의 난점들이 개선되어 향후 많은 사용이 예상되고 있다.

특히, 고성능 감수제는 일반적인 감수제의 기능을 더욱 향상시켜 시멘트를 효과적으로 분산시키고 응결이전 및 지나친 공기연행, 강도저하 등의 악영향 없이 높은 첨가율로 사용하여 단위수량을 대폭 감소시킬 수 있는 혼화제를 말한다.

즉, 고성능 감수제의 뛰어난 감수작용을 이용하여 보통콘크리트와 같은 작업성능을 가지면서 물시멘트비 저감을 주목적으로 사용하는 경우에는 고성능감수제로, 고성능 감수제로 감수시키지 않고 동일한 물시멘트비로서 작업성능이 뛰어난 콘크리트 제조를 목적으로 사용하는 경우에는 유동화제로 일반적으로 불려진다.

고성능감수제, 유동화제는 1960년 초부터 일본, 독일에서 콘크리트에 사용되기 시작하여 유럽, 미국 등으로 보급되기 시작하였으며, 처음에는 고강도 콘크리트용 감수제로서 나프탈렌 설폰상 고축합물염계의 고성능 감수제가 시판되었다. 그 후 축합방향족다환계 및 멜라민계의 고성능 감수제가 시판되어 오토클레이브 및 증기양생 고강도 파일, 정착 PC 콘크리

트 부재 등의 고강도 콘크리트용으로서 사용되고 있으며 최근에는 유동화콘크리트에의 응용이 정착되어 유동화제로서의 시판도 행해지고 있다.

그러나 콘크리트분야에 있어서 무엇보다도 슬럼프 로스의 문제는 여전히 관심의 대상이 되고 있다.

만약, 이 문제가 해결된다면 하나의 기술적인 혁신이며 슬럼프 로스의 방지가 가능하다면 레미콘 공장에서 단위수량을 낮춘 고감수 콘크리트의 제조, 운반 및 취급이 용이하고 종래의 콘크리트와 같이 취급되어 사용될 수 있기 때문에 폭넓은 용도로 보급이 이루어 질 것이다.

2) 혼화제

혼화제(混和材)로서는 플라이애쉬, 슬래그 미분말, 실리카흙, 무수석고, 규산질 광물 등이 사용되고 있으며, 주로 수화열의 억제와 간극충전효과 및 자체 반응성에 의한 강도 증진, 혹은 유동성 및 점착성증대 등을 목적으로 사용되고 있다.

특히, 고로슬래그 미분말은 고강도콘크리트 및 고성능콘크리트, 셀프레벨링제 등의 수요와 함께 그 중요성이 급속히 인식되고 있으며, 분말도를 높이면 고가의 수입제품인 실리카흙의 대체재로서의 역할도 가능하다. 고로슬래그 미분말은 시멘트 절감, 장기강도 증진, 수화열에 의한 균열 및 내구성 저하를 줄이기 위해 사용하였으며, 동결융해에 있어서도 슬래그 치환율이 클수록 유리하게 된다. 또한 포틀랜드시멘트만을 이용한 콘크리트보다 그 화학저항성을 개선한다.

3.3 배합계획

본 시험에서의 콘크리트에 대한요구사항은 설계강도 450kgf/cm²로 정하였으며, 목표슬

럼프 18±2cm, 공기량 3.5±1%을 만족시키기 혼화제투입량의 적정값을 얻기위해 실내 실험결과를 행하였으며 이를토대로 배합을 작성하였다. 또한 높은 단위시멘트량에 의해 발생될 수 있는 수화열 및 높은 점성으로 인한 작업성의 저감을 억제함과 동시에 장기강도의 증진을 목적으로 고로슬래그 미분말을 치환하여 사용하였다.

고로슬래그는 (주)한국고로시멘트에서 생산된 분말도 4400(cm²/g)을 사용하였다. 시험방법으로는 울산의 K레미콘 공장에서 콘크리트를 제작하여 현장까지 약 40-50분 정도의 소요시간을 가지고 운반하였다.

시험은 전반적으로 외부 기온이 높은 조건에서 행하여 공장에서 생산된 콘크리트의 경시변화가 아주 민감하였다. 또한 배합은 두 가지로 하였는데 결과적으로는 슬래그의 치환율을 20%로 결정하게 되었다.

이는 시험과정상에서도 나타나겠지만 조기강도의 확보에 약간 못 미치는 결과로 인하여 얻어졌다. 하지만 그 과정을 계속해서 나타내 고자 한다.

[표 1] 시험 인자 및 수준

시험 인자	변 수	측정항목
물결합재비	33.3%	■ 굳지 않은 상태
잔골재율	43.7%	- 슬럼프, 공기량, 염화물측정
슬래그	20, 25%	■ 경화 상태
치환율		- 압축강도, 표면상태

3.4 시험내용

이번 PC부재에 적용하는 고강도 콘크리트의 시험타설 및 제반실험을 99년 4월20일부터 5월 31일까지 12번의 시험을 현장에서 직접 실시하게 되었다.

레미콘의 운반시간은 공장배합 후 현장 도

착시까지 대체로 40-50분 정도 소요되는 장거리 운반이다. 따라서 운반시간 및 외부의 다소 높은 온도로 인한 경시변화가 가장 고려되어야 될 사항이었다.

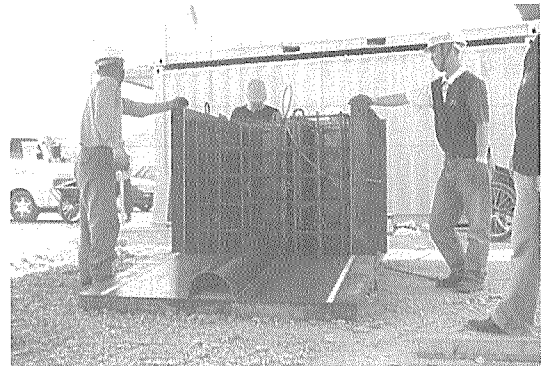
물론 레미콘 공장에서 자체적으로 콘크리트를 배합하고 나서 실제 운반조건과 동일하게 외기에서 시간에 따른 경시변화를 측정 한 후 최종 배합을 도출한 후 현장시험타설에 들어갔다.

첫 번째 시험 타설하는 날에는 혼화제 회사에서도 레미콘공장에서 배합 및 현장까지의 과정을 일일이 검토하기 위해 참석하여 지켜 보았다.

공장출발 직전에 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프, 공기량, 염화물, 콘크리트 온도, 외기 온도를 측정 한 후 현장으로 출발하는 것이었다.

하지만 실내 실험에서의 고강도 콘크리트의 시험 결과를 가지고 직접 B/P에서 생산된 고강도콘크리트의 품질에 적용하기 위해서는 재료의 상태, 배합된 콘크리트의 굳지 않은 상태 및 경화상태의 품질에 대해 매우 신중해야 하였다.

본 시험에서 최종적으로 고강도 콘크리트를 적용할 부재는 기둥과 같은 압축부재이며 시험 타설할 부재의 단면은 1.2×1.2×1.2m의 시험체에 타설하였다. 또한 그 시험체를 [사진 1]에 나타내었다.



[사진 1] 시험 물드

3.5 사용재료

1) 시멘트

본 시험에 사용된 시멘트는 H사의 1종 보통 포틀랜드 시멘트로서 물리화학적 성질은 [표 2]와 같다.

2) 골재

본 시험에 사용된 잔골재는 세척된 해사를 사용하였으며, 굵은골재는 깐자갈을 사용하였다. 그 물리화학적 성질은 각각 [표 3, 4]와 같다.

3) 혼화제

본 시험에서는 단위결합재량이 많고 점성이

높은 콘크리트이므로 혼화제의 선정이 아주 중요하였다.

따라서 혼화제의 사용은 폴리칼본산계의 고성능 감수제와 나프탈렌계 고성능감수제를 동시에 실내시험 및 현장시험에 사용하면서 유동성, 강도, 표면상태 및 경제성 등에 적합한 혼화제를 선택하여 결합재에 대해 일정량을 사용하였다.

3.6 배합표

배합은 고로슬래그 미분말의 치환율의 2가지로 나누어 [표 5]에 나타내었다.

[표 2] 시멘트의 물리화학적 성질

항목 시료명	응결시간 (길모어시험)		압축강도 (kgf/cm ²)			분말도 (브레인) (cm ² /g)	안정도 (오토클레이 브팽창도) (%)	강열 감량 (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)
	초결 (분)	종결 (시간:분)	3일	7일	28일					
시멘트	225	6:30	224	307	385	3285	0.09	1.5	2.9	2.1

[표 3] 잔골재의 물리화학적 성질

골재명	점토 함유량(%)	염화물 (%)	표건비중	0.08mm체 통과량(%)	흡수율 (%)	단위용적 중량	안정성	유기불순 물	조립율
잔골재	0.3	0.001	2.58	1.1	1.16	1606	3.0	연함	2.89

[표 4] 굵은골재의 물리화학적 성질

골재명	마모감량 (%)	염화물 (%)	표건비중	0.08mm체 통과량(%)	흡수율 (%)	단위용적 중량	안정성	실적율 (%)	조립율
잔골재	16.3	0.001	2.62	0.4	0.95	1567	3.6	60.4	6.55

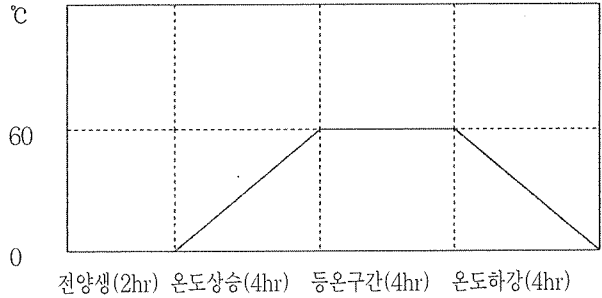
[표 5] 실험배합

배합	설계강도 (kgf/cm ²)	물결합 재비 (%)	잔골 재율 (%)	슬래그 치환율 (%)	공기량 (%)	슬럼프 (cm)	단위재료량(kg/m ³)					혼화제 투입량 (%)
							물	시멘트	슬래그	잔골재	굵은골재	
1	450	33.3	43.7	25	3.5±1	15	169	382	127	719	926	1.4
2	450	33.3	43.7	20	3.5±1	15	169	407	102	720	927	1.4

3.7 시험방법

콘크리트를 타설하기 전에 시험체의 내부에 실부재의 철근간격과 일치하게 철근을 배근하고나서 철제 몰드의 내부에 박리제를 바른 다음, 철근을 끼워 넣고 나서 몰드를 안전하게 조립하고 레미콘이 도착하자마자 슬럼프시험, 공기량 시험을 하면서 시험체의 높이에 3단으로 나누어 타설하면서 다짐작업을 병행하면서 전체를 타설하게 되었다.

시험은 현장에서 준비한 시험기기를 준비하고 굳지 않은 상태의 콘크리트 시험을 KS 규준에 의거하여 실시한 후 각 재령에 따라 압축

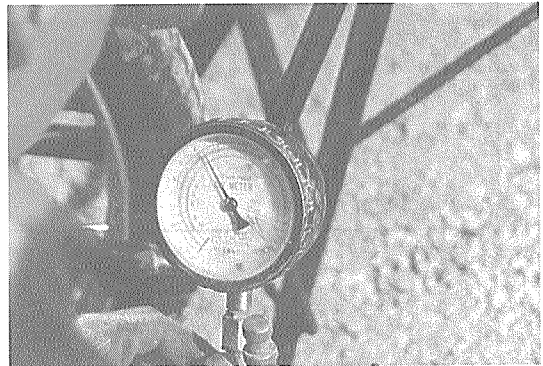


(그림 2) 증기양생 곡선

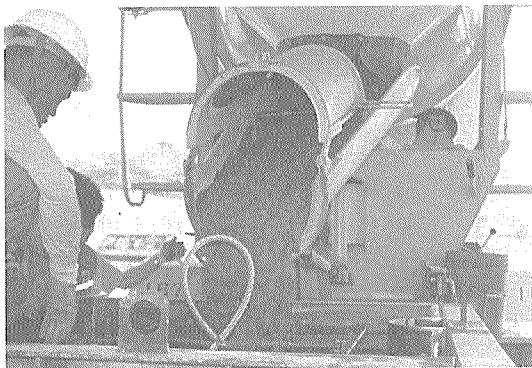
강도를 측정하기 위해 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 의 공시체를 제작하였다. 그리고 제작된 시험체의 양생은 실부재 생산시의 증기양생방법과 동일하게 시험체 제작후 전양생 2시간을 하고 $60 \pm 5^\circ\text{C}$ 의 온도로 4시간을 양생하였다.



(사진 2) 콘크리트의 슬럼프시험



(사진 3) 콘크리트의 공기량 시험



(사진 4) 시험 콘크리트 타설

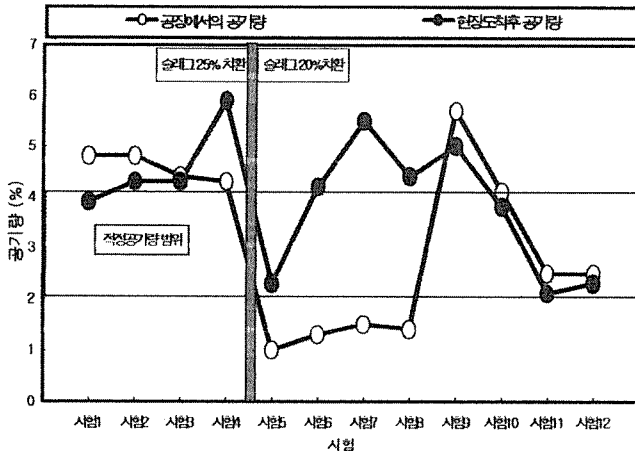


(사진 5) 콘크리트의 진동다짐

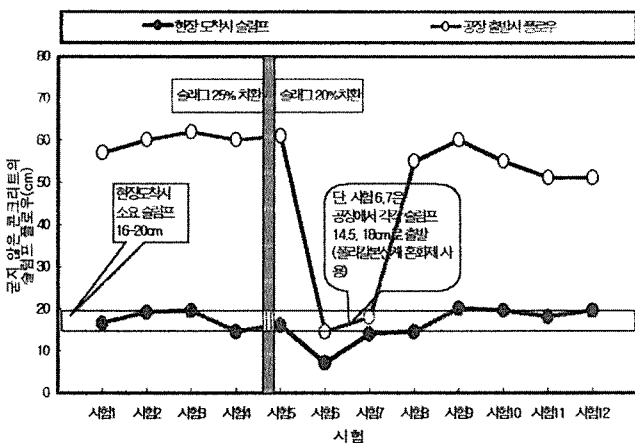
4. 제작된 시험체의 품질

4.1 공기량

[그림 3]은 시험 타설시 굳지 않은 콘크리트의 공기량을 시험순서별로 공장출발 및 현장도착에 따라 나누어 나타내었다. 시험초기에는 공기량의 범위가 4%이상으로 다소 높게 나타났지만, 혼화제에 대한 적절한 공기연행제의 조절로 인하여 한정된 공기량을 확보 할 수 있었다.



[그림 3] 콘크리트의 공기량 변화



[그림 4] 콘크리트의 슬럼프플로우 변화

시방서에서는 콘크리트의 공기량을 $3.5 \pm 1\%$ 의 범위로 하여 겨울철의 동해에 대한 저항성을 확보하도록 규정하고 있었다. 하지만 콘크리트의 거푸집을 해체한 결과 공기량이 4% 이상정도의 경우 진동다짐시의 공기량의 표면 부로의 표출로 인해 상당한 기포가 발생되었다. 실제 시험 타설한 고강도 콘크리트의 경우 단위수량이 낮아 콘크리트 내부에 잔여수량이 보통 콘크리트에 비해 적고, 콘크리트 매트릭스 자체의 강도에 의해서도 동해에 대한 저항성이 높은 관계로 공기량을 약간 낮추는 방안이 제안되어 공기량을 3%으로 확보하도록 혼화제에 대해 검토하여 계속하여 시험하였다.

4.2 슬럼프 플로우

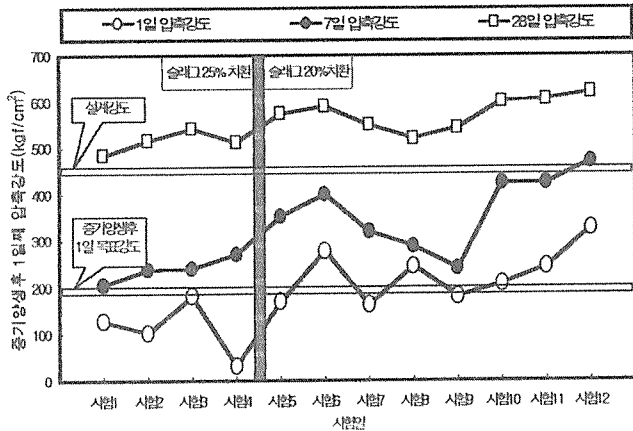
[그림 4]는 시험타설시의 공장출발시의 플로우를 측정하고 현장도착시의 슬럼프 플로우를 나타내고 있다. 시험4회까지는 슬래그 미분말을 25% 치환한 경우의 슬럼프 플로우를 나타낸 것이며, 시험5회 부터는 슬래그 미분말을 20% 치환한 경우의 슬럼프 플로우를 나타내고 있다. 슬래그 치환율의 변화에 따른 슬럼프 플로우의 변화는 거의 일어나지 않았다.

다만 6회, 7회의 경우에는 폴리칼본산계의 고성능 감수제를 시멘트의 중량에 대해 1.4% 첨가한 경우에는 현장작업에서 요구되는 유동성과 경시변화에 대해 만족할 만한 수준을 얻지 못하였다. 그 후 나프탈렌계의 고성능 감수제를 사용한 경우 타설시 요구되는 슬럼프 $18 \pm 2\text{cm}$ 를 얻게 되었다.

이는 2가지 혼화제 중 어느 것이 절대적으로 우수하다고 판단하기는 어렵지만 혼화제의 경제성과 본 현장시험에서 적합한 혼화제인 나프탈렌계의 고성능 감수제를 선택하게 되었다.

4.3 압축강도

[그림 5]는 시험타설시 제작한 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 의 공시체를 시험체의 양생방법과 동일하게 증기양생을 행한 후의 각 재령에서의 압축강도를 나타내고 있다. 시험4회까지는 시험체 제작 후 증기 양생한 공시체의 압축강도이지만 조기강도의 확보가 어려워 시험 5회부터는 슬래그의 치환율을 20%로 줄인후에는 조기강도의 확보가 이루어졌다.



[그림 5] 콘크리트의 압축강도

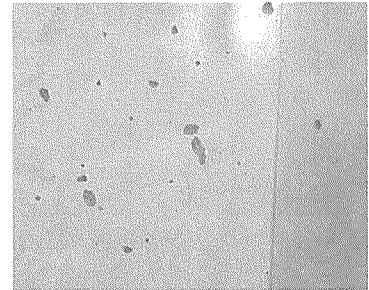
즉, 슬래그의 치환율을 20%로 배합하고 나서 1일 목표 강도인 200kgf/cm^2 확보할 수 있었으며, 마찬가지로 28일의 경우 목표강도를 상회하면서 전반적으로 증가된 압축강도를 얻게 되었다.

4.4 문제점 및 개선

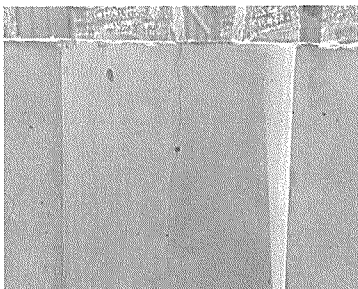
본 현장에서 콘크리트의 강도, 슬럼프도 물론 중요하였지만 이 들 만큼이나 중요한 것이 콘크리트의 표면 상태가 얼마나 양호한지가 관심사였다.

현장의 과도한 진동다짐으로 인한 기포발생, 거푸집 탈형시의 내외부 온도차이로, 양생 초기의 높은 외부온도, 간접적으로 태양에 노출 등이 원인이 되어 표면의 상태가 양호하지 못하였다.

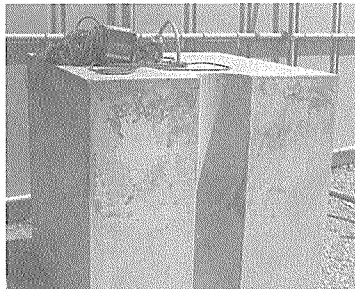
하지만 적절한 다짐과 양생시의 세심한 주의로 표면에서의 품질이 확



[사진 6] 표면 기포 발생



[사진 7] 표면 크랙



[사진 8] 표면 건조수축



[사진 9] 양호한 시험체

보되어 실부재 제작으로의 진행이 시작되게 되었다.

4.5 실부재의 제작

현장에서 실부재의 제작과정을 아래의 사진으로 나타내었다.

5. 결론

본 현장에서의 PC부재의 제작을 위한 콘크리트 시험 타설을 통한 결과를 종합하면 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

1. 고강도 콘크리트의 소요강도와 내구성을

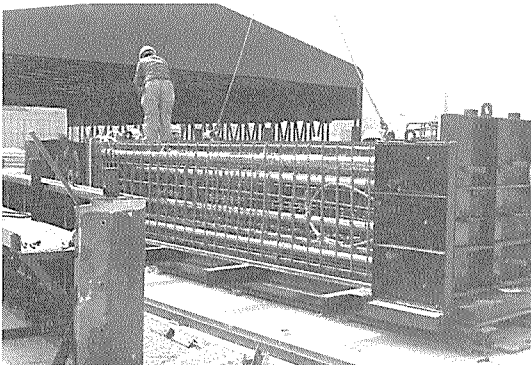
고려하여 굳지 않은 상태 및 경화상태에서의 품질관리에 대한 지속적인 실험이 수반되어야 할 것으로 사료된다.

2. 콘크리트의 소요 재료(시멘트, 슬래그, 골재, 혼화제)에 대한 지속적이고 세심한 관리가 요망된다.

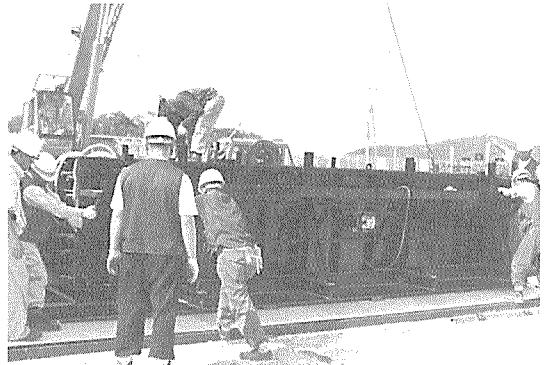
3. 콘크리트의 타설준비 단계에서 철근 배근의 정확성, 진동기의 상태, 몰드의 조립상태 같은 준비작업이 확실히 이루어져야 한다.

4. 콘크리트의 양생시 경화에 필요한 온도 및 습도를 유지해야 한다.

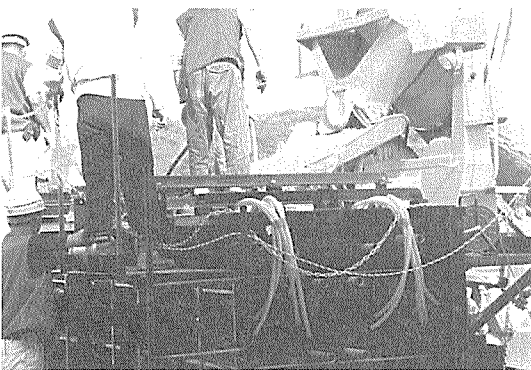
5. 현장 실무자에 대한 주기적인 기술교육이 실시되어 콘크리트 및 기타 제반사항에 대한 기술적인 향상이 병행되어야 할 것으로 사료된다.



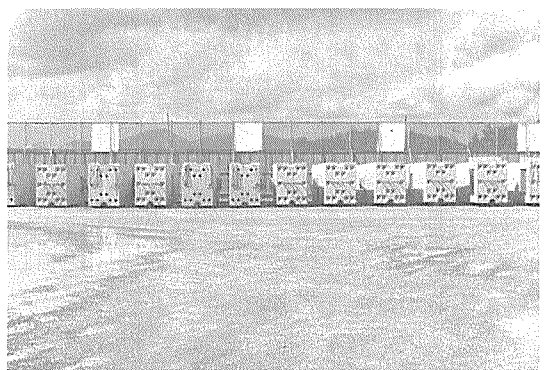
[사진 10] 실부재 배근



[사진 11] 몰드 조립



[사진 12] 콘크리트 타설



[사진 13] 제작된 부재의 배열 상태

6. 본 현장에서의 일련의 시행착오 및 기타 여러 가지 과정을 통하여 PC공법에 대한 지식과 이에 대한 기술의 보급, 그리고 품질향상에 대한 관심이 더 커지길 기대하는 바입니다.

참고문헌

1. 한국콘크리트 학회 : 최신 콘크리트 공학
2. 한국콘크리트 학회 : 콘크리트 표준 시방서, 1999

2. 대한건축학회 : 고강도 -고성능 콘크리트 제조·시공 및 설계, 1996
3. 신현목 : 프리스트레스트 콘크리트, 동명사
4. 조준현 : 건축재료학
5. 이도현외 1인 : 유동화제 및 고성능 감수제, 콘크리트 학회지, 1996.4., pp20-31
6. 노재성 : 고성능 콘크리트 제조를 위한 국내의 혼화제 제조현황, 특성 및 반응 기구, 레미콘, 1994.4.

