

500~700kg/cm² 高強度 콘크리트의 現場適用과 品質管理

權 寧 鎬

<(株)大宇 建設技術研究所 研究員>

1. 머리말

1. 1 현장적용 배경

고강도 콘크리트가 국내에 소개된 것은 '80년대 후반으로 주로 학계에서 이에 대한 연구를 시작하였다.^{1),2)} 그러나 국내 고강도 콘크리트 연구는 실내실험 단계에 머물러 있으며, 또한 반복적이고 중복되는 연구를 하게 되므로 실용화 단계와는 다소 거리가 있었던게 사실이다. '90년 초부터 기업 연구소에서 고강도 콘크리트 연구를 시작하므로써 실용화를 위한 연구가 시도되고 있다는 것은 참으로 다행스런 일이라 생각된다.

이러한 고강도 콘크리트 실용화 연구의 일환으로 (株)大宇 建設技術研究所 고강도 콘크리트팀은 '88년에는 “高強度 콘크리트의 經濟的 配合比 決定 및 實用化에 관한 研究”를 시작으로 그해 “高強度 콘크리트 品質管理 指導書”를 발간하였다. '89년에는 “高強度 콘크리트 實用化를 위한 部材試驗 研究”를 실시하여 고강도 콘크리트 연구를 위한 본격적인 준비를 마치게 되었다.

'90년에는 “500kg/cm² 高強度 콘크리트 現場 打設 實驗”³⁾을 성공하므로써 현장에서의 고강도 콘크리트의 生産, 運搬, 打設, 養生, 強度管理 등에 대한 품질관리 방안을 마련하여 '91년 “高強度 콘크리트 施工指針(案)”을 작성한다.

있다.

또한, 콘크리트 전문가가 아니더라도 현장 사용자가 쉽게 콘크리트의 배합설계 및 품질관리를 할 수 있는 “EXPERT SYSTEM”⁴⁾을 개발하였다.

국내 실정상 고강도 콘크리트 시험시공이 없었던 것은 아니지만, 빈번히 논문을 발표하는 수준을 벗어나지 못한 것은 지속적이고 체계적인 연구부족도 있지만 가장 중요한 것은 고강도 콘크리트에 대한 품질관리의 확신이나 신뢰가 없었기 때문으로 사료된다.

미국이나 일본과 같은 선진국의 실용화 사례를 열거하지 않더라도 가까이 동남아 지역의 수준을 살펴보면, 대만, 말레이시아, 싱가포르 등의 국가에서도 400~600kg/cm² 고강도 콘크리트가 초고층 구조물에 실용화 되고 있다.

따라서 이번 현장적용은 '92년도에 실시한 “混和材를 사용한 高強度 콘크리트의 品質改善 研究”⁵⁾에 이은 체계적이고 지속적인 연구의 결실을 현장에 실용화로 접목시키고, 더 나아가 국내 고강도 콘크리트의 범용화를 위한 품질관리나 시공성 확보에 그 의의를 찾고자 한다.

이번 현장적용을 통해 고강도 콘크리트의 품질 관리 및 강도관리의 의문을 불식시키고, 향후 고강도 콘크리트의 설계 및 종합적인 施工 시스템을 완비하여 콘크리트 분야의 先進化에 寄與하는 계기가 될 것으로 확신한다.

1. 2 현장적용 목적 및 내용

연구성과를 현장에 실용화한다는 것이 이번 현장적용 연구의 가장 큰 목적일 것이다. 그러나, 연구성과의 실용화란 그 자체의 의의도 중요하지만, 연구성과를 현장에 적용하면서 나타나는 문제점이나 품질관리에 따른 제반특성을 파악하여 향후 실용화 기술을 확보하는 것이 더 중요하다고 할 것이다.

따라서 본 원고에서는 고강도 콘크리트 실용화를 위한 기본 연구단계의 결과를 요약하고 현장적용에서 나타난 품질관리 방안 및 결과를 서술하고자 한다. 이러한 내용을 요약하면 아래와 같다.

첫째, 고강도 콘크리트 실용화를 위한 기초 연구 및 응용연구의 결과 및 현장적용에 따른 적합성을 요약하였다.

둘째, 고강도 콘크리트 실용화를 위한 사전 준비단계와 현장개요 및 현장협의과정에 있어서 고려사항을 요약하므로써, 실용화의 접근에 관한 방향성을 제시하였다.

셋째, 고강도 콘크리트를 Batch Plant(이하B/P)에서 제조·생산하는 과정과 담당기술자의 업무능력 및 업무분담에 관해 요약하고 향후 실용화 가능성을 제시하고자 하였다.

넷째, B/P에서의 고강도 콘크리트 생산성 및 운반시간에 따른 경시변화, 펌핑 압송에 따른 타설성능, 다짐, 양생등과 같은 품질관리 영향과 이에 따른 결과를 요약하고, 현장 작업자들의 품질인식을 중심으로 향후 실용화에 요구되는 품질관리 방안을 요약하였다.

다섯째, 고강도 및 초고강도 콘크리트의 현장적용에 따른 결과를 전반적으로 요약하고, 또한 구체적인 검토사항에 대해 향후 규명할 문제점을 중심으로 그 해결 방법에 대한 평가와 방향 제시를 하고자 한다.

2. 실내실험 결과요약

2. 1 실내시험 범위

이번 현장적용은 '92년에 실시한 “혼화재를 사용한 고강도 콘크리트의 품질개선 연구”⁵⁾의 결과를 바탕으로 이루어진 것이다. 실내실험은 국내산 플라이애쉬와 수입산 액상 실리카 흙 및 분말 실리카 흙을 사용하였다. 또한 혼화재의 성능을 비교하기 위하여 혼화재를 사용하지 않은 고강도 콘크리트 시험도 함께 수행되었다.

실내시험의 범위 및 변수는「표1」과 같다.

「표1」 실내시험 변수 및 범위

구분 종류	특성	치환율 (%)	물/결합재 비(%)	치환방법
실리카 흙	분말	0~30	25~36	-시멘트중량 -시멘트체적
	액상	0~20	22~33	
플라이 애쉬	분말	0~50	25~36	-잔골재중량 -잔골재체적

「표 1」을 주변수로 하여 목표 슬럼프는 20 ± 2 cm로 하고 이에 만족하는 고성능 감수제의 첨가량을 결정하였다.

고강도 콘크리트 분야에서 가장 중요하다고 할 수 있는 단위수량은 유동성과 강도특성을 만족하는 범위에서 결합재-페이스트/골재 체적비의 개념으로 최적배합 조건을 도출하고자 하였다.

최적배합 조건에 대해 경시변화 특성, 수화열, 강도발현성을 비교·검토하였다.

2. 2 실내실험 결과요약

「표 1」에 나타난 변수를 조합하여 각각 실험을 통해 규명한 최적배합 결과를 요약하면 다음과 같다.

2. 2. 1 혼화재 특성 시험결과

국내산 플라이애쉬는 단위수량비 및 압축강도비를 만족하는 것으로 나타났으나, 실리카 흙의 경우 액상은 품질규준을 만족하나 분말 실리카 흙은 단위수량비 규준을 초과하는 것으로

로 나타났다. 자세한 것은 현장 재료시험 결과에서도 나타난 결과를 참조하면 그 특성을 알 수 있다.

2. 2. 2 혼화재 치환방법 및 치환율

실리카 흙 및 플라이애쉬와 같은 혼화재의 치환방법은 시멘트 일부로 치환하는 방법(Replacement Method : 內割)과 잔골재의 일부로 첨가하는 방법(Addition Method : 外割)로 나눌 수 있으며, 이러한 두가지 방법에 대해 중량비 및 체적비로 다시 나눌 수 있다. 이러한 각각의 방법에 대한 실험을 수행한 결과⁽⁶⁾, 시멘트 중량비로 치환하는 방법으로 결정하였다.

혼화재의 치환율은 유동성, 강도특성, 경제성 등을 고려하여, 플라이애쉬는 20~30%, 실리카 흙은 10%로 결정하였다.

2. 2. 3 강도범위 선정

혼화재를 사용한 고강도 콘크리트의 강도발현 범위는 치환율에 따라 차이가 있으나, 플라이애쉬는 500 kg/cm², 분말 실리카 흙은 700kg/cm², 액상 실리카 흙은 800kg/cm² 정도로 강도범위를 선정하였다. 물론 이러한 강도범위는 현장조건과 여러가지 차이가 있으나, 실내시험의 최적배합으로 결정된 배합조건을 현장에 적합하도록 수정배합하는 단계가 필요한 것이다.

또한 실리카 흙의 경우 액상이든 분말이든 전량을 수입해야 하는 입장에 있기 때문에 현장적용을 하기 위해서는 경제적인 검토도 함께 이루어져야 할 것이다.

3. 현장선정 및 현장개요

3. 1 현장선정

고강도 콘크리트를 현장에 적용하기 위해서는 일단 적용할 구조물에 따라 여러가지 고려해야 할 사항들이 있다. 현재 국내 실정상 레미콘 공장에서는 500~700kg/cm² 고강도 콘크리트를 생산할 수 있는 능력이나 품질확보에 대

한 경험이 없기 때문에, 고강도 콘크리트를 현장에 적용하기 위해서는 콘크리트를 생산할 수 있는 장비가 구비된 현장이어야 한다.

따라서 B/P의 용량과 설비조건, 현장실정을 고려하여 가장 적합한 현장을 선정하도록 하였다.

3. 2 현장개요

고강도 콘크리트 현장적용을 위한 장비 및 구조물을 구비한 현장으로 가장 적합하다고 판단되는 현장은 (株)대우에서 시공중인 진해현장이다.

진해현장은 B/P뿐 만 아니라 시공중인 구조물의 조건도 다양하였다. 현장에서 고강도 콘크리트를 적용할 구조물 선정은 현장 공사일정과 감독관, 감리단, 현장 실무진과 협의를 통해 가장 적합하다고 판단되는 대상으로 하였다.

현장의 공사개요 및 고강도 콘크리트를 적용할 구조물은 「표 2」와 같다.

「표 2」 공사개요 일람표

구 분	내 용	구 분	내 용
현장위치	경남 진해시 현동	설계사	(주)대우엔지니어링
공사기간	'92.1~'94.12	층 수	지하 1층, 지상 3층(A棟) 지하 2층, 지상 4층(B棟)
건물구조	철근콘크리트조	감리사	동명기술공단
시 공 자	(주)대우	현장명	(주)대우 진해 건축현장

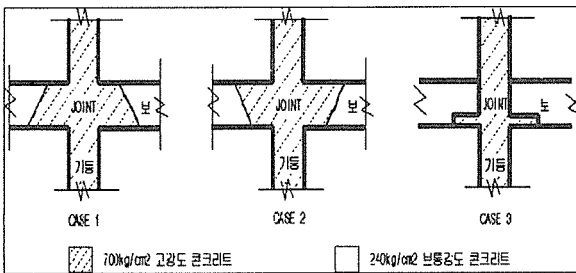
「표 2」에서 보듯이 현장적용 대상 구조물로 지하 1층, 지상 4층인 B棟은 보통 포틀랜드 시멘트(1종)을 사용한 600kg/cm²급 고강도 콘크리트의 적용대상이며, 지하 1층, 지상 3층인 A棟은 플라이애쉬(이하 F/A), 실리카 흙(이하 S/F)을 각각 치환한 500~700kg/cm²급 고강도 콘크리트를 적용한 프로젝트이다.

본 현장에는 생산용량이 90m³/hr인 B/P가 설치되어 있으며, 1日 평균 콘크리트 생산량이 300~500m³ 정도되기 때문에 고강도 콘크리트 생산을 할 경우 B/P의 시간당 생산성이 매우 중요하다는 것을 암시해 준다. 따라서

이러한 현장여건 및 콘크리트 타설일정에 대한 충분한 고려가 현장적용 계획에 반영되어야 하겠다.

3. 3 고강도 콘크리트 현장적용 대상

고강도 콘크리트를 적용할 부재는 기둥과 같은 압축부재를 원칙으로 하였으며, 보-기둥 접합부처리는 3Case로 나누어 사전에 시공성 여부를 검토하였으며 「그림 1」과 같이 콘크리트 강도별 분리타설하는 방안을 검토하였다.



「그림 1」 기둥-보 분리타설 접합부

「그림 1」에서 보듯이 어떤 경우로 고강도 및 보통강도 콘크리트를 분리타설 하더라도 보-기둥접합부의 철근 배근이 매우 복잡하기 때문에 접합부 처리가 품질관리상 쉽지는 않았다.

따라서 이번 현장적용에서는 비교적 시공성 측면에서 비교적 수월한 방법으로 나타난 Case1 방법을 선택하여 현장타설을 하도록 하였다.

그러나, 향후 접합부의 처리에 따른 구조성능을 함께 검토하는 것이 필요하며, 현장 시공성과 구조성능을 만족하는 설계방법까지 정립해야 할 것이다. 이번 현장적용에서는 구조적 특성보다 시공성 측면에서 접합부 처리를 결정하였으며, 최소한의 접합부 내민길이를 확보하는 조건을 검토하였다.

압축부재인 기둥은 A동과 B동에 따라 갯수 및 크기가 차이가 있으며, 타설할 기둥부재의 상세는 「표 3」에 나타난 바와 같다.

「표 3」 현장적용 기둥 상세

구분	층수	기둥크기(cm × cm) 총고 : 380cm			
A棟	1층~2층	50	60	205	75
		40 C1	40 C2	30 C3	30 C4
B棟	3층	50	60	60	75
		40 C1	40 C2	30 C3	30 C4
B棟	1층~4층	45		40	
		45 C1		40 C2	

「표 3」에서 A棟은 F/A 20% 치환한 500kg/cm² 고강도 콘크리트와 S/F 10% 치환한 700kg/cm² 고강도 콘크리트로 기둥을 구획하여 각각 타설하였다. A棟의 기둥은 각층마다 C₁이 10개, C₂가 18개, C₃는 3개 그리고 C₄가 4개로 층당 총 34개 기둥으로 구성되어 있다.

또한, B棟은 내수용 보통 포틀랜드 시멘트(1종)을 사용한 600kg/cm² 고강도 콘크리트로 타설되었으며, 3층까지는 C₁이 6개, C₂가 18개로 구성 되었으며, 4층은 C₁이 4개, C₂가 4개로 구성되어 있다.

3. 4 현장적용 준비

(株)大宇 진해현장은 B/P설비 (용량 90 m³/hr),믹서트럭, 펌프카등 보통강도콘크리트와 마찬가지로 고강도콘크리트의 생산, 운반, 타설에 필요한 장비가 구비되어 있었다. 특히 B/P의 믹서는 횡축으로 믹서팬이 두개로 장치된 것으로 낮은 슬럼프의 콘크리트나 점성이 강한 고강도 콘크리트의 배합에 적합한 장비로 되어 있었다.

또한 현장자체의 품질관리를 위한 실험실이 있으며, 실험장비는 물론 품질시험 관리자와 시험사들이 현장내 상주하고 있었다.

따라서, (株)大宇建設 技術研究所 연구팀은 현장적용에 필요한 혼화재료와 수화열등을 측

정할 장비를 현장으로 운반하여 제반특성을 측정할 수 있도록 하였다.

현장 담당자와 감리단, 감독관의 협의를 거치면서 고강도 콘크리트의 생산방법, 시공성, 강도특성, B/P 생산성, 경시변화, 펌프압송성능, 공기문제, 품질관리 그리고 결과에 대한 평가방법을 협의하였다.

이를 위해 (株)大宇 建設技術研究所의 연구성과와 현장 시험배합의 결과를 검토한 후, 최적배합조건으로 타설하기로 결정하였다. 물론 이단계에서는 고강도 콘크리트에 대한 이해를 높이기 위한 충분한 자료와 검증이 필요하였다.

현장타설 일정은 플라이애쉬 및 실리카흙을 각각 치환한 500kg/cm³, 700kg/cm³ 고강도 콘크리트를 적용할 A棟의 경우, 한층 타설후 그 다음 층 타설하는 기간을 20일로 하였으며, 혼화제를 사용하지 않은 600kg/cm³ 고강도 콘크리트를 적용할 B棟의 경우는 15일로 정하였다.

특히 장마철에 대비한 품질관리 방안과 이로 인한 일정지연을 고려하였으며, 현장 타설기간을 제외한 시간은 B/P 시험배합, 운반에 따른 경시변화 특성, 펌프 압송성능에 따른 특성등 각종 품질관리 시험을 수행하여 “고강도 콘크

Pump Car	SFP-100BL	-최대압력 : 700kg/cm ² -관경 : 13cm, 분형식 : 4단 굴절식 -최대압송거리 : 수평 306m, 수직 90m -압 송 량 : 10~100m ³ /hr
Vibrator	DE-180DG	-엔진식 봉형 -직경/길이 : 42mm/100cm -최대출력 : 5.0PS/3600rpm
코아 채취기	SHIBUYA	-LOAD SPEED : 500~900rpm -전동수 : 50~60Hz -용 량 : 2.4KW, 220V -직 경 : φ10cm

리트 시공지침(안)을 보완하는 것으로 하였다.

이번 현장적용에 사용된 현장장비의 제원은 「표 4」에 나타난 바와 같다.

4. 현장적용 시험배합

4. 1 재료시험

현장적용을 위한 시험배합은 「표 4」에 나타난 바와같이 보통강도 콘크리트를 생산하기 위한 현장장비 및 굵은 골재, 잔골재, 시멘트를 그대로 사용하였다. 그러나 高性能 減水劑 및 플라이애쉬, 실리카 흙등의 혼화재료는 실내시험에서 적합한 것으로 선정한 제품을 사용하였다.

4. 1. 1 시멘트

현장에서 사용한 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트(1종)로써 60톤급 Silo 2기에 저장된 Bulk 형태인 국내 S사와 D사의 제품을 사용하였다.

시멘트의 품질시험 결과는 「표 5」 및 「표 6」과 같다.

「표 5」 시멘트 화학적 특성

항목 구분	강열감량 (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)
D사(X)	0.76	21.2	5.95	2.97	63.45	2.5	2.02
S사(X)	0.9	21.5	5.80	3.30	-	2.0	2.3

「표 4」 사용장비 제원 일람표

종류	특성	모델명	제 원 및 특 성
Batch Plant (B/P)		HYMIX-1500H	-용 량 : 90m ³ /hr -축 회 전 : 20rpm(회형속식) -배출개폐 : 에어실린더 -혼합용량 : 1.5m ³ /Batch -전 력 : 30KW x 2 -골재입도 : 자갈(0~150mm) 쇄석(0~120mm)
Mixer Truck		V-235T	-드럼길이 : 4030mm -최대직경 : 2150mm -드럼용량 : 10.7m ³ , 혼합용량 : 6m ³ -드럼회전수 : 혼합시(8~12rpm) 교반시(1~3rpm) 투입·배출시(1~10rpm)

「표 6」 시멘트의 물리적 특성

항목 구분	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	응결시간 (길모아)		압축강도 (kg/cm ²)			비 중
			초결 (분)	종결 (시간)	3일	7일	28일	
D사(X)	3.031	0.4	145	4:37	180	278	382	3.08
S사(X)	3.250	0.1	255	6:30	188	280	370	3.10

시멘트의 품질시험 검사는 현장반입시 국립 화학시험소, 시멘트 생산업체의 시험성적표 및 현장실험실에서 실험한 결과의 평균값으로 모두 KS규격을 만족하였다.

4. 1. 2 골 재

골재는 현장에서 보통강도 콘크리트를 생산하기 위해 사용하는 것으로 굵은 골재는 김해 용원석산에서 생산되는 25mm 碎石, 잔골재는 함천산모래를 사용하였다. 골재의 품질시험 결과는 「표 7」과 같다.

「표 7」 골재의 품질시험 결과

구분	종류	잔 골 재	굵은 골재
비 중		2.5(≥2.5)	2.55(≥2.5)
조 립 율(F.M)		3.23(-)	6.94(-)
흡 수 율 (%)		1.48(≤3.0)	1.48(≤2.5)
마 모 율 (%)		-	18.4(≤25)
실 적 율 (%)		62.4(≥60)	57.0(≥57)
단위용적중량(kg/m ³)		1,610	1,470

()안은 당 연구소 高強度콘크리트 施工指針(案) 規準에 의거한 규정값임.

골재의 품질시험 결과, (株)大宇 建設技術研究所 “高強度 콘크리트 施工指針(案)”에서 규정한 골재품질 규준을 만족하였다. 이러한 골재의 품질시험은 골재 호퍼용량(17m³)당 1회 실시하는 것을 원칙으로 하였으며, 表面水率은 2회/日 측정하여 골재 호퍼에 매설된 함수량

측정 센서의 측정결과와 비교하여 배합설계에 반영하였다.

현장 타설시 표면수량의 변동을 최소화하기 위해 통풍이나 증발로 인한 변화를 방지하는 장치를 설치하였다.

4. 1. 3 혼화재

高強度 콘크리트의 물/시멘트비를 낮추고 유동성을 확보하기 위해 배합설계에 반영되는 의미로 사용되는 混和劑는 “高性能 減水劑”라 한다. 또한, 현장적용 이전의 연구성과에 의하면, 高性能 減水劑를 첨가할 때 배합수와 희석할 경우 분산성능이나 감수효과가 저하되는 것으로 나타났다.

따라서 이번 현장적용에서의 고성능 감수제 투입방법은 B/P의 믹서에 콘크리트를 배합하면서 직접 지연첨가하는 방법으로 수행하였다.

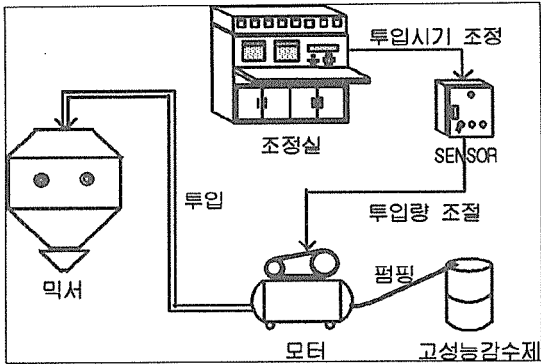
현장적용에 사용된 高性能 減水劑는 GRACE사의 DAREX-SUPER 20으로 품질시험 결과는 「표 8」에 나타난 바와 같다.

「표 8」 고성능 감수제 품질시험 결과

구 분	주성분	형 태 상	비중	pH	고형성분 (%)	사용량 (C%)
DAREX	SNF*	액 상 암갈색	1.21	8.24	41.0	0.3 ~2.5

SNF : Sulphonated Naphthalene Formaldehyde

현장에서 사용중인 B/P에서의 混和劑 공급 설비는 300 ℓ 저장탱크에서 1인치 기어펌프에 의해 계량된 후 배합수에 희석하여 함께 투입되는 설비로 되어 있다. 따라서 이번 고강도 콘크리트 현장적용에서 고성능 감수제의 투입은 배합믹서에 직접투입하는 방법으로 「그림 2」과 같이 별도의 설비를 장치하여 재료투입 순서에 따라 미리 입력된 Timer에 의해 자동 투입하는 방법을 채택하였다.



「그림 2」 고성능 감수제 자동투입 장치

4. 1. 4 혼 화 재

混和材는 콘크리트의 구성요소중 결합재의 개념으로 다량 사용되는 재료이며, 이번 현장 적용에서 사용할 F/A, S/F을 포함한다. F/A는 이전의 실내실험 및 일반적으로 국내에 비교적 잘 알려진 보령 화력발전소의 산업부산물로, 이번 현장적용을 위하여 약 10ton 정도를 사용하였다. 이는 산업부산물을 건설사업에 再活用하므로 자원 절약은 물론 환경보호에도 큰 역할을 할 수 있을 것으로 사료된다.

또한 S/F는 노르웨이 ELKEM사의 Micor-Silica로 이번 현장적용을 위해 2.5ton 정도가 사용되었다. 혼화재의 치환방법이나 치환율에 대해서는 실내실험 결과에서 나타난 결과를 이용하도록 하였다.

이번 현장적용에 사용한 혼화재의 품질시험 결과는 「표 9」에 나타난 바와 같다.

「표 9」 혼화재 특성시험 결과

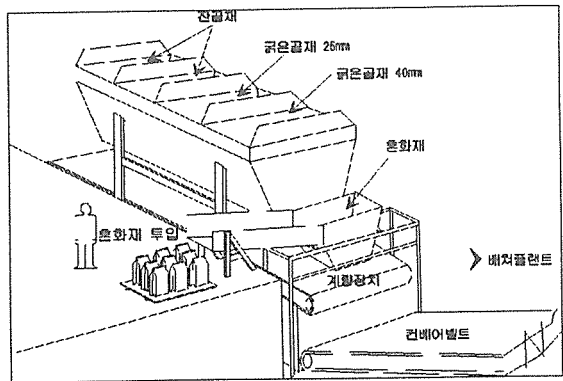
구분	화학적 성분(%)						물리적 특성	
	SiO ₂	MgO	CaO	NaO	K ₂ O	lg. loss	비중	분말도 (㎎/g)
종류	+Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃							
S/F	94.7	0.7	0.6	0.4	2.2	2.3	2.20	200,000
F/A	78.6	0.2	-	0.2	-	3.6	2.33	3,124

「표 9」는 순수 혼화재의 화학적, 물리적 특성을 나타낸 것이다. 그러나 이러한 재료가 콘크리트 구성요소로 어떤 역할을 하는가를 예측하기 위하여 KS L 5402 규준에 따라 표준모르타르 시험과 비교한 특성시험 결과는 「표 10」에 나타난바와 같다.

「표 10」 혼화재의 특성시험 결과

시험종류	단위 재료량(g)			FLOW (cm)	단 위 수량비 (%)	압 축 강도비 (%)
	Cement	Sand	혼화재			
표준 모르타르	510	1250	-	21	100	100
실리카흄(S/F)	510	1125	125	21	126	132
플라이애쉬(F/A)	510	1125	125	21	101	117

「표 10」에서 나타난 결과를 보면, 압축강도비는 S/F 이나 F/A 모두가 KS 규준(100% 이상)에 만족하나, 단위수량비 시험결과 S/F은 KS 규준(105% 以下)보다 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과로 보아 S/F 을 사용한 고강도 콘크리트의 배합설계에 있어서 요구되는 유동성을 확보하기 위해서는 단위수량이나 고성능 減水劑의 添加量を 증가해야 한다는 것을 알 수 있다.



「그림 3」 혼화재 투입 장치

또한 혼화재를 B/P의 배합믹서에 투입하는 장치는 향후 대량사용이 이루어 질 경우에 시멘트 Silo로 같은 설비에서 자동으로 계량하여 투입하는 장치를 만들 수 있지만, 이번 현장적용에서는 Silo 설치가 현실적으로 불가능하였기 때문에, 「그림 3」과 같은 장치를 계량기에 설치하여 필요한 량을 人力에 의해 수동투입하도록 하였다.

4. 2 B/P 생산성 시험

B/P 생산성 시험에서 고강도 콘크리트를 생산하기 위한 생산조건의 시험배합을 위해 「표 11」과 같은 변수로 시험을 실시하였다.

「표 11」 B/P 생산성 시험 배합변수

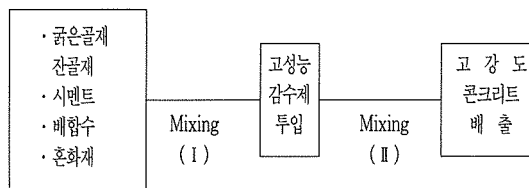
배합 변수	물/결합재비 (%)	배합시간 (sec)	단 위 시멘트량 (kg/m ³)	고성능 감수제 (C×%)	B/P 배합량 (m ³)
범위	30~33	60~180	450~500	1.0~2.0	0.25~1.5

「표 11」과 같은 배합변수를 각각 조합하여 B/P생산성 시험을 실시하였으며, 주 변수는 각 조합에 대해 보통 포틀랜드 시멘트(1종), S/F 10% 치환, F/A 20% 치환등 3가지이다. 이러한 3가지 각각 다른 고강도 콘크리트에 대해 배합시간, 배합방법, 최적 배합조건을 도출하기 위해 유동성 및 강도특성을 비교·분석하였다.

4. 2. 1 배합시간 및 배합방법

보통강도 콘크리트에 비해 고강도 콘크리트의 배합특성은 매우 다른 경향이 있다. 그 중에서도 배합시간 및 배합방법은 B/P생산성에 미치는 영향이 매우 크기 때문에 고강도 콘크리트의 실용화에 있어 선결되어야 할 과제이다.⁷⁾

이번 현장적용은 「그림 4」와 같은 배합방법에 의해 시험배합을 실시하였다.



「그림 4」 고강도 콘크리트 배합방법

이번 현장적용에서 보통 포틀랜드 시멘트(1종)를 사용한 고강도 콘크리트의 생산은 B/P의 자동설비에 의한 생산이 가능하기 때문에 배합방법에 큰 문제가 없으나, F/A 및 S/F와 같은 混和材를 B/P에 투입하는 고강도 콘크리트의 생산은 혼화재의 투입시간을 최소화하기 위해 미리 필요한 혼화재 량을 계량하여 「그림 3」과 같은 投入口에 한꺼번에 투입하여 배합믹서로 운반되도록 하였다. 이때 B/P의 Operator와의 投入者間의 연락은 계량호퍼에 장치된 관측카메라의 통신시설을 최대한 이용하도록 하였다.

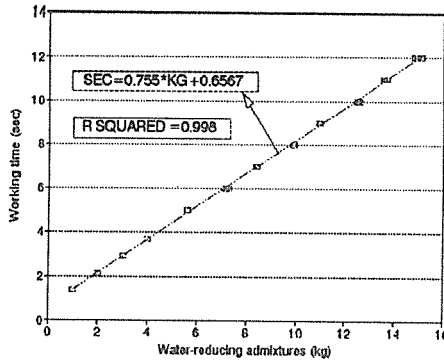
배합방법은 일괄투입으로 배합시간을 최대한 단축하도록 하였으며, 고성능 감수제의 투입시간도 자동투입으로 하여 배합시간에 미치는 영향을 가능한 적도록 하였다.

총 배합시간은 「그림 4」의 I 과 II를 합해 60~180秒까지 5개 변수로 선정하여, 이에 따른 굳지 않은 콘크리트의 특성, 경시변화 특성, 강도특성을 측정·비교하였다.

4. 2. 2 고성능 감수제의 첨가시간과 첨가량

고성능 감수제의 감수효과는 B/P에서 배합을 할 때, 재료의 투입순서, 첨가방법 및 첨가 시기에 따라 그 영향이 매우 다르다. 이번 현장적용에 있어서 高強度 콘크리트를 생산하기 위한 고성능 감수제의 투입장치는 전술한 「그림 2」와 같다. 고성능 감수제의 첨가시기는 모든 콘크리트 구성재료를 믹서에 투입한 후 10~20초 정도로 예비배합을 한 후에 투입하도록 하였다.

또한 고성능 감수제의 첨가량은 「그림 5」에



「그림 5」 고성능 감수제 첨가량과 Timer 관계

서 보듯이 자동계량 Timer와 첨가량의 상관관계에서 나타난 측정시험 결과로 정하였다.

「그림 5」에서 보듯이 고성능 감수제의 첨가량과 Timer의 상관 관계는 신뢰도 95% 이상으로 매우 정확하였다.

현장적용시 각층의 고강도 콘크리트 타설시 기마다 첨가량-Timer의 상관도를 검증하여 그 정확도를 확인한 결과, Timer Sensor의 상관도는 매우 정확한 것으로 나타났다.

4. 2. 3 배합시간에 따른 특성결과

B/P의 배합시간은 가능한 짧을수록 생산성 측면에서 바람직하다. 그러나 高強度 콘크리트가 단위결합재량이 많은 부배합 특성을 고려하여 60~180秒의 배합시간에 따른 특성을 비교하였다.

실험결과, 배합시간이 75秒일 때 콘크리트의 요구성능 및 B/P의 생산성을 만족하였기 때문에 이번 현장적용의 배합시간은 75秒로 선정하였으며, 각 배합조건별 B/P의 생산성 시험결과는 「표 12」 및 「표 13」에 나타난 바와 같다.

「표 12」와 「표 13」에서 PC 시리즈는 보통 포틀랜드 시멘트(1종)만 사용한 高強度 콘크리트이며, FA는 플라이애쉬 20%, SF는 실리카 흙 10%씩 각각 置換한 고강도 콘크리트를 의미한다.

「표 12」에서 보듯이 배합시간 75秒로 B/P의 생산성을 향상시키고, 또한 굳지않은 콘크

「표 12」 B/P 생산성 시험결과(流動性)

구분 시험채명	W/ C+P (%)	배합 시간 (초)	단위 C (kg)	S.P 제 (%)	소성 콘크리트 특성			
					SLUMP	FLOW	AIR	TEMP
PC-150-75	30	75	500	1.3	20.4	44	1.2	28
FA-160-75	30	75	427	1.0	22.0	54	1.1	29
SF-160-75	30	74	480	1.7	23.0	60	1.2	24

「표 13」 B/P 생산성 시험결과(強度)

구분 시험채명	재령별 압축강도(kg/cm ²)					
	1일	3일	7일	14일	28일	56일
PC-150-75	230	361	452	509	662	698
FA-160-75	218	324	405	461	522	533
SF-160-75	294	369	482	641	727	766

리트의 특성도 재료분리가 일어나지 않았으며 이번 현장적용에서 요구되는 슬럼프(20±2cm)를 만족한 것으로 나타났다.

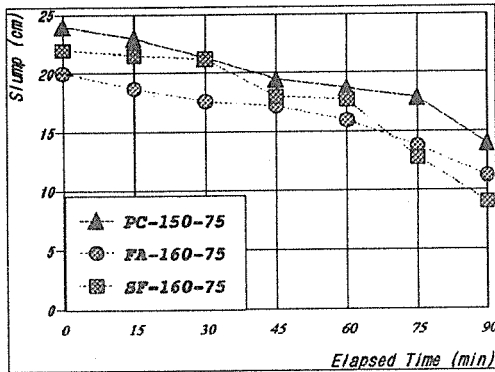
「표 13」은 각 재령별 콘크리트의 강도를 나타낸 것이다. 강도발현성도 이번 현장적용에서 계획한 500kg/cm²~700kg/cm² 이상의 고강도 콘크리트를 나타내었기 때문에 현장적용을 위한 최적배합비로 선정하였다.

4. 3 경시변화 특성시험

B/P의 생산성 시험결과에서 선정된 최적배합조건이 생산성 조건을 만족하더라도 운반시간에 따른 콘크리트 특성을 유지해 주어야 한다. 따라서 생산성 시험에서 선정된 최적배합을 대상으로 현장적용에 따른 품질관리를 위해 믹서트럭의 운반시간에 따른 經時變化 特性을 측정하였다. 이때 보통 포틀랜드 시멘트(PC-150-75), 실리카 흙치환(SF-160-75), 플라이애쉬를 치환(FA-160-75)한 각각의 高強度 콘크리트에 대한 經時變化 特性은 「표 14」 및 「그림 6」과 같다.

「표 14」 운반시간에 따른 경시변화 특성

시험체명	구분 콘크리트 특 성	운반 시간에 따른 경과시간						
		직후	15분	30분	45분	60분	75분	90분
PC-150-75	슬럼프(cm)	24.0	23.0	21.3	19.5	18.7	17.9	14.0
	FLOW(cm)	48.0	47.0	45.0	43.0	39.0	38.0	30.0
FA-160-75	슬럼프(cm)	20.0	18.7	17.6	17.2	16.0	13.8	11.2
	FLOW(cm)	40.0	34.0	33.0	33.0	31.0	26.0	23.0
SF-160-75	슬럼프(cm)	22.0	21.5	21.2	18.0	17.7	12.8	9.0
	FLOW(cm)	46.0	42.0	40.0	34.0	31.0	26.0	21.0



「그림 6」 운반시간에 따른 슬럼프 경시변화

고성능 감수제를 사용한 고강도 콘크리트는 고성능 감수제의 화학작용에 의해 시멘트 입자를 분산시키기 때문에, 시간이 경과하면서 粒子間에 강한 凝集作用이 일어나며 따라서 슬럼프 경시변화에 따른 슬럼프 손실이 커지게 되는 것이 일반적인 경향이다. 그러나, 「표 14」에서 보듯이 운반시간에 따른 슬럼프 손실은 매우 완만한 것으로 나타났다. 이는 배합설계와 초기슬럼프 선정을 최적조건으로 한다면, 현장까지의 운반시간이 90분이내인 경우에는 큰 문제가 없을 것이다.

이러한 현상을 두고 혹자는 고성능 감수제가 지연형이 아니냐 하는 의문을 갖을 수 있으나, 이번 현장적용에 사용한 고성능 감수제는 표준형임을 밝혀두는 바이다.

또한 현장에 믹서트럭이 도착한 후, 슬럼프 손실을 회복하기 위해 사용하는 혼화제는 유동

성증가를 위해 추가적으로 사용하는 혼화제이기 때문에 사용목적상 유동화제라 한다.

현장에 도착하는 시간이 필요이상 소요되어 유동화제를 후첨가하여 펌프압송에 필요한 유동성을 확보하는 방안도 미리 검토해 두어야 한다.

經時變化에 따른 空氣量은 운반시간에 따라 감소하는 것으로 나타났다.

4. 4 타설성능 특성시험

고강도 콘크리트의 특성이 B/P의 생산성 및 운반에 따른 경시변화 특성을 만족하더라도 현장타설에 있어서 펌프압송에 의한 타설성능을 만족하지 않으면 안된다.

따라서 이번 고강도 콘크리트 현장적용에 앞서 고강도 콘크리트와 보통강도 콘크리트의 壓送前·後 性能을 비교·분석하여, 그 특성을 평가하므로 현장타설에서 요구되는 品質管理의 자료로 삼고자 하였다.

압송前·後의 타설성능으로는 슬럼프, 플로우, 공기량과 압송압력을 비교하였다.

「표 15」는 보통 포틀랜드 시멘트(PC-150-75), 실리카 흙 10% 치환(SF-160-75)한 고강도 콘크리트와 보통 강도 콘크리트의 압송전·후 특성을 측정된 시험결과이다.

「표 15」 콘크리트의 압송성능 비교

시험체명	구분	시험종류	압 송 전		압 송 후		압송압 (kg/cm ²)
			값	값	값	값	
PC-150-75		슬럼프(cm)	$\bar{x}=22.6$	$\bar{x}=20.2$			100
		FLOW(cm)	$\bar{x}=58.7$	$\bar{x}=55.3$			
SF-160-75		슬럼프(cm)	$\bar{x}=21.7$	$\bar{x}=18.3$			100
		FLOW(cm)	$\bar{x}=54.0$	$\bar{x}=48.0$			
FA-160-75		슬럼프(cm)	$\bar{x}=23.0$	$\bar{x}=19.8$			100~80
		FLOW(cm)	$\bar{x}=58.0$	$\bar{x}=55.0$			
보통강도 콘크리트		슬럼프(cm)	$\bar{x}=15.2$	$\bar{x}=10.5$			100
		FLOW(cm)	$\bar{x}=24.0$	$\bar{x}=21.2$			

「표 15」에서 보듯이 각 변수별 고강도 콘크

리트와 보통강도(210kg/cm²)콘크리트의 압송 전·후 특성 및 압송압을 비교해 볼 때, 거의 유사한 경향을 보였다. 이때 펌프카의 콘크리트 토출량은 32m³/hr로 동일하였다. 따라서 이는 고강도 콘크리트의 슬럼프 22cm 정도가 보통강도 콘크리트의 슬럼프 12~15cm 와 펌핑에 요구되는 압송압이나 콘크리트 특성이 유사하다는 기존의 연구⁸⁾와도 일치된 결과를 보였다.

고강도 콘크리트의 점성이 보통강도 콘크리트에 비해 매우 크지만 재료분리가 일어나지 않는 최적범위로 콘크리트를 배합설계하여 생산할 경우, 펌프압송에는 큰 문제가 없을 것으로 思料된다.

5. 현장타설

5.1 현장타설 계획

고강도 콘크리트의 현장타설은 「표 4」에 나타난 현장장비를 사용하였으며, 고성능 감수제 및 F/A, S/F를 투입할 설비는 각각 「그림 2」, 「그림 3」에 나타난 바와 같다.

현장타설은 B棟(보통 포틀랜드 시멘트 사용)의 1層부터 타설하며, 7日 간격으로 A棟(플라이애쉬, 실리카흙 사용)의 1層을 타설하도록 계획하였다. 또한 한층을 타설한 후 그 위층을 타설하는 기간을 15~20日로 계획하였을 때, 장마철로 인한 雨期를 고려하지 않는다면 매우 빠듯한 日程임을 알 수 있다.

고강도 콘크리트의 생산은 시험배합의 최적 조건에 따라 B/P의 Operator가 담당하도록 하였으며, 技術研究所 연구팀은 고강도 콘크리트의 압송전·후 특성과 품질관리에 따른 실험을 실시하고, 그 결과를 분석·비교하였다.

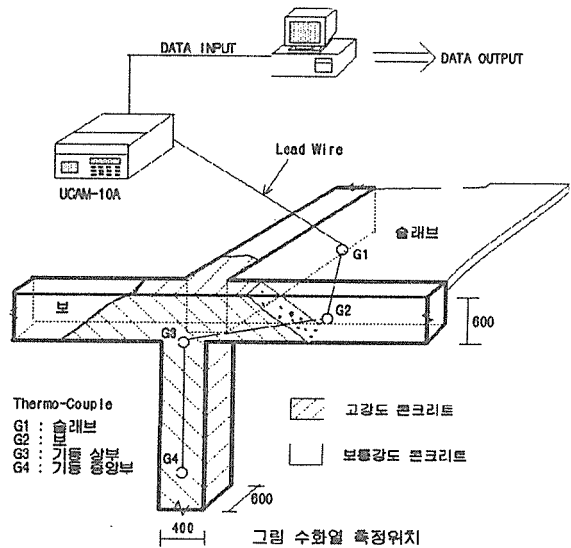
현장타설에 있어서 펌프카의 시간당 콘크리트 吐出量은 32m³/hr(20 x 1.6)로 하였기 때문에 믹서트럭 1대(적재량 : 7m³)의 물량을 타설하는데 소요되는 시간은 계산상 약 15分 정도이나, 각기동위치에 따른 펌프 팔의 이동과 다짐공정을 포함하여 소요되는 시간을 고려

하면 30分 정도가 되었다. 따라서 이러한 짧은 시간에 콘크리트의 특성시험과 공시체 제작 및 코아부재 제작, 다짐성능 비교등 여러가지 실험을 하기 위해서는 인원계획과 장비계획이 매우 중요함을 알 수 있다.

또한, 당 연구소에서 作成한 “高強度 콘크리트 施工指針(案)”에 따른 품질관리와 현장실정에 있어서의 차이점을 해소하기 위해서는 무엇보다 현장 작업자의 품질인식이 요구되었다. 그리고, 장비계획에 있어서 진동기의 댓수나 예비진동기도 필요하지만, 이번 현장적용은 현장에서 보통강도 콘크리트 타설과정과 동일한 조건에서 실시하는 것을 원칙으로 하였다.

5.2 현장타설 준비

현장타설에서 측정할 시험항목에 따른 시험장비를 준비하였으며, 또한 고강도 콘크리트 및 보통강도 콘크리트의 수화열 특성을 측정하기 위해 「그림 7」에서 나타난 부재 위치에서 수화열 측정용 게이지 (Teflon T Type)를 매립하였다.



「그림 7」 수화열 측정용 게이지 매립(SF)

실리카흙을 사용한 초고강도 콘크리트(SF-160-75)의 부재에 매립한 수화열 측정용 게이

지와 플라이애쉬(FA-160-75)를 사용한 고강도 콘크리트 게이지는 「그림 7」과 동일한 크기의 기둥에 각각 매립하였다.

그러나, 보통 포틀랜드 시멘트(PC-150-75)만을 사용한 고강도 콘크리트의 경우 기둥 크기가 450×450mm인 부재에서 동일한 위치에서 게이지를 매립하였다.

현장타설에서 측정된 콘크리트 특성은 펌프壓送前·後의 콘크리트 특성외에 코아 부재의 다짐성능을 비교하기 위한 부재를 제작하였다.

5. 3 현장타설

2개棟을 현장타설할 때, 평균 외기온은 28℃ 정도였으며, 높은 기온에 의한 재료특성의 변화에 대응하기 위해 잔골재 및 굵은 골재의 表面水量을 정확히 측정하여 配合設計에 반영하도록 하였다. B/P에서 고강도 콘크리트의 생산은 시험배합에서 나타난 결과를 반영하여 굵은 골재, 잔골재, 混和材(실리카흄, 플라이애쉬), 시멘트, 배합수를 동시에 믹서에 투입한 후 15~20초의 예비배합을 거쳐 高性能 減水劑를 투입하였다. 콘크리트 배출까지 소요되는 총 배합 시간은 75秒가 소요되었다.

B/P에서의 고강도 콘크리트 배합은 한 배치당 1.4m³씩 5번 생산하여 믹서트럭 1대에 7m³씩 적재하였으며, 이때까지 소요되는 시간은 7~8分 정도였다.

타설층에 따라서 펌프카를 한 곳에 定置시켜 놓고 전층을 모두 타설할 수도 있지만, 상부층은 펌프카의 팔길이로 인해 타설 도중에 펌프카를 이동하는 경우도 발생하였다. 이때 펌프카의 이동시간은 40分 정도 소요되었다. 이러한 경우에 고강도 콘크리트의 생산은 배차계획에 따라 조절할 수 있지만, 펌프카의 壓送管內 남아있는 고강도 콘크리트가 이동시간내에 응결될 우려가 예상되었다.

방법상 일반강도 콘크리트로 대체시키고 펌프카를 이동하는 방법을 고려하였지만, 고강도 콘크리트의 경시변화 특성에 나타난 결과를 바탕으로 流動性을 유지할 수 있는 시간을 60分

정도로 보았을 때 별 문제가 되지 않기 때문에, 펌프카를 이동후 연속적으로 타설하였고 결과 또한 양호하였다.

5. 3. 1 펌프압송에 따른 유동성

현장적용에서 펌프壓送에 따른 콘크리트의 流動性은 층 높이에 관계없이 압송전 콘크리트의 유동성에 따라 약간 차이는 있으나 슬럼프, 공기량, 플로우가 감소하는 것으로 나타났다. 현장적용에서 나타난 고강도 및 보통강도 콘크리트의 펌프압송전·후 특성은 「표 16」과 같다.

「표 16」 펌프압송에 따른 유동성

구분	종류	시험종류	압송전	압송후	압송압 (kg/cm ²)
PC-150-75 (B棟)		슬럼프(cm)	$\bar{x}=22.3$	$\bar{x}=21.0$	100
		FLOW(cm)	$\bar{x}=52.0$	$\bar{x}=51.0$	
		공기량(%)	$\bar{x}=1.5$	$\bar{x}=1.4$	
SF-160-75 (A棟)		슬럼프(cm)	$\bar{x}=21.2$	$\bar{x}=18.6$	100
		FLOW(cm)	$\bar{x}=56.0$	$\bar{x}=44.0$	
		공기량(%)	$\bar{x}=1.2$	$\bar{x}=1.0$	
FA-160-75 (A棟)		슬럼프(cm)	$\bar{x}=22.0$	$\bar{x}=19.5$	100 ~80
		FLOW(cm)	$\bar{x}=60.0$	$\bar{x}=59.0$	
		공기량(%)	$\bar{x}=1.5$	$\bar{x}=1.0$	
보통강도 콘크리트 (210kg/cm ²)		슬럼프(cm)	$\bar{x}=16.0$	$\bar{x}=12.3$	100
		FLOW(cm)	$\bar{x}=27.0$	$\bar{x}=27.0$	
		공기량(%)	$\bar{x}=3.0$	$\bar{x}=3.0$	

일반적으로 고강도 콘크리트의 굳지않은 콘크리트 특성 가운데 항복값이 작기 때문에 소성점도가 현저하게 크게 되고, 관벽의 Slip層에 저항이 커지게 되며, 또한, 항복값이 적어 栓流半徑이 낮은 범위에서 流動化되기 때문에 보통강도 콘크리트보다 펌프압송에 따른 압력손실이 높다고 한다.

그러나, 「표 16」에 나타난 결과에서 보듯이 최적 배합설계조건과 타설 슬럼프 및 플로우값을 조절하면 보통강도 콘크리트와 유사한 압송

압으로 고강도 콘크리트를 타설할 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 근래에 콘크리트 타설용 펌프카의 성능이 우수하며, 압송압 500~700 kg/cm²의 용량을 갖추고 있는 것이 일반적이기 때문에 向後 고강도 콘크리트 타설에 큰 문제는 없을 것으로 思料된다.

그러나, 고강도 콘크리트의 품질관리 측면에서 운반시간에 따른 슬럼프 저하와 펌프압송에 의한 슬럼프 손실을 함께 고려하고, 강도발현에 반영해야 할 것이다.

5. 3. 2 펌프압송에 따른 강도특성

고강도 콘크리트의 펌프 압송에 따른 강도발현을 측정하기 위하여 현장에 믹서트럭이 도착한 후, 펌프 압송전에 유동성 측정과 아울러 재령별 요구되는 실린더 공시체와 코아 천공을 위한 부재를 제작하였다. 또한, 타설층에서 펌프로 압송된 고강도 콘크리트의 특성 측정과 실린더 공시체 그리고, 코아 천공용 부재를 제작하여 각 재령별 강도발현을 비교·검토하였다.

「표 17」은 압송전·후 강도특성을 재령별로 나타낸 것이다.

「표 17」 압송전·후 강도특성

시험명	구분	시험체 조건	재령별 압축강도(kg/cm ²)						
			1일	3일	7일	14일	28일	56일	
PC-150-75	압송전	공시체	227	361	466	509	603	-	
		코아	-	-	-	513	566	621	
	압송후	공시체	233	412	563	566	608	-	
		코아	-	-	-	555	636	674	
SF-160-75 (A-棟)	압송전	공시체	294	465	592	714	729	-	
		코아	-	-	553	706	718	-	
	압송후	공시체	296	465	580	731	740	-	
		코아	-	-	612	729	734	-	
FA-160-75 (A-2棟)	압송전	공시체	248	307	379	425	518	529	
		코아	-	-	-	441	502	518	
	압송후	공시체	241	304	362	416	516	537	
		코아	-	-	-	451	514	521	

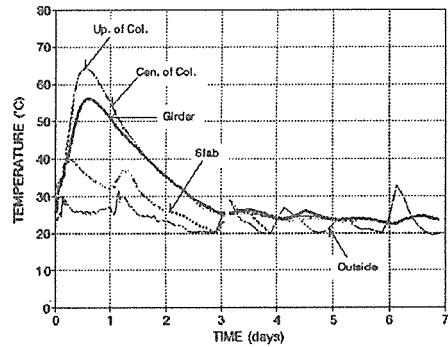
「표 17」에서 보듯이 재령별 약간의 차이는

있으나, 대체로 펌프 압송후의 강도발현이 큰 것으로 나타났다. 특히 코아부재의 경우에는 펌프압송에 의해 콘크리트 매트릭스가 치밀해 진다는 것과 함께 다짐의 여부가 큰 영향을 준 것으로 사료된다.

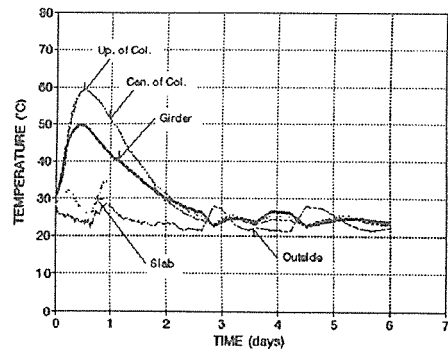
5. 4 수화열 특성분석

고강도 콘크리트의 수화열 측정시 외기온은 평균 25~28℃였으며, 「그림 7」과 같은 위치에서 콘크리트 타설후 1일간은 15분 간격으로, 3일간은 30분, 그후 외기온과 거의 비슷한 기간까지 1시간 간격으로 UCAM 10A를 이용하여 수화열 측정하였다.

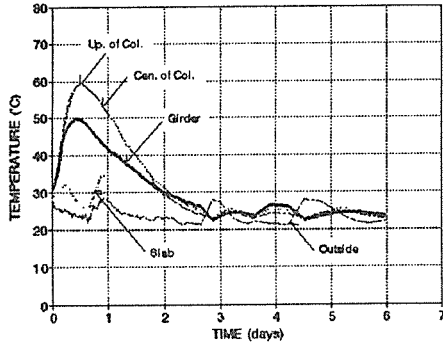
「그림 8」은 보통 포틀랜드시멘트(B동 : PC-150-75), 실리카흙 치환(A동 : SF-160-75)한 고강도 콘크리트 및 보통강도 콘크리트의 수화열 특성을 각각 비교한 것이다.



「그림 8-a」 보통 포틀랜드시멘트 : PC-150-75(B동)



「그림 8-b」 실리카 흙 치환 : SF-160-75(A동)



「그림 8-c」 플라이애쉬 치환 : FA-160-75(A동)

「그림 8」에서 보듯이 PC-150-75(B동)의 경우, 600kg/cm² 고강도 콘크리트의 수화열은 타설 후 약 13시간 경과한 다음에 최고온도(64.2°C)에 도달하였으며, 반면 보통강도(210kg/cm²) 콘크리트부재에서는 타설 후 약 15시간 경과하여 최고온도(56.1°C)에 도달하였다.

플라이애쉬를 20% 치환한 FA-160-75(A동)의 경우, 고강도 콘크리트의 수화열은 타설 후 12시간 경과한 다음 최고온도(59.2°C)에 도달하였으며, 반면 보통강도 콘크리트는 타설 후 약 11시간 경과후에 최고온도(49.8°C)에 도달하였다. 그리고 실리카 흙 10%를 치환한 SF-160-75(A동)의 경우, 고강도 콘크리트의 수화열은 타설 후 9시간이 경과하여 최고온도(63.5°C)에 도달하였다.

대체로 고강도 콘크리트의 수화열은 타설 후 9~13시간 정도에서 최고온도에 도달하며, 플라이애쉬를 치환한 경우를 제외하면 보통강도 콘크리트보다 2~5시간 빠르게 최고온도에 도달하였다.

이번 현장적용이 더운 하기공사(7월~9월)라는 특성을 감안해 볼 때, 플라이애쉬 치환으로 인한 수화열 감소효과는 5°C 정도로 크지 않았다.

따라서 향후 고강도 콘크리트 수화열 특성에 따른 보양방법, 양생방법, 거푸집 존치기간에 대한 연구 검토가 이루어져야 할 것이다.

5. 5 현장적용시의 품질관리

고강도 콘크리트의 현장적용에 있어서 B/P 생

산은 근래 기계설비가 자동화되어 있기 때문에 별 어려움이 없다. 또한 경시변화 특성에 적합한 배합 조절과 초기슬럼프 선정 및 고성능 감수제의 후첨가 방안으로 운반시간에 따른 콘크리트 특성에 관한 요구성능을 얻을 수가 있으며, 펌핑 압송전·후 콘크리트 특성이나 강도관리에서 나타나듯이 큰 문제점이 없는 것으로 밝혀졌다.

또한 강도측정에 있어서 공사체 표면을 연마하는 것이나 캡핑재료 선택에 있어서도 기계연마기가 없으면 그라인딩하여 유황 컴파운드 캡핑을 하는 것이 바람직하다. 캡핑두께는 6mm를 넘지 않도록 하여야 하며, 강도 측정시 편심이 일어나지 않도록 유의해야 한다.

이번 현장적용에 있어서 “고강도 콘크리트 시공 지침(안)”에 따른 타설높이, 다짐시간, 다짐간격 등은 엄격히 준수하기에는 현장 기능공들의 인식 부족으로 품질관리에 어려움이 많았다. 특히 근래에 들어 건설기능직의 고령화와 기피현상등은 이번 현장적용에서 뿐만 아니라 건설업계가 당면한 전반적인 현상이 아닐 수 없다. 이번 현장적용에서는 펌핑압송 슬럼프를 20±2cm 정도로 선정하여 타설하였기 때문에, 일반적인 다짐을 하더라도 거푸집 제거후 콘크리트 표면 마감이나 충전성은 양호하였다.

따라서, 품질관리를 사전에 엄격히 하는 것도 중요하지만, 현장실정을 반영하여 이러한 문제를 해결하는 방안의 하나로, 향후 고성능 콘크리트(High Performance Concrete)가 연구·개발되어 건설업계의 당면과제를 해결해 나가는 방법이 바람직할 것으로 사료된다.

6. 맺는말

이번 현장적용은 고강도 콘크리트의 실용화를 앞당기고자 하는 연구팀의 노력과 아울러 기술연구소 경영자의 의지와 현장 책임자, 감독관, 감리단, 그리고 현장에서 공사를 담당하고 있는 실무자들의 확고한 신뢰와 성원으로 무사히 마칠 수 있었다.

본 프로젝트가 국내의 고강도 콘크리트 실용화에 긍정적이고 적극적인 역할을 할 수 있으리라 생각하며, 실무자의 한사람으로써 실용화란 그리 멀리

있는 문제가 아니라 바로 눈앞에 닿는 가능한 현실 입을 느끼지 않을 수 없다.

현장적용 기간동안 경탄에 가까운 관심(?)을 보여준 현장소장님, 감독관, 감리단 관계자의 인식변화와 영남지역 레미콘 업계 품질관리 담당자의 관심과 현장확인을 통해 고강도 콘크리트의 실용화 행진은 더 넓고 실용적으로 확산될 것으로 생각된다.

끝으로 이번 현장적용을 통해 얻은 결론을 정리하면 다음과 같다.

- ① 본 현장적용은 현장실험이나 일부적용이 아닌 2개동의 건물에 500~700kg/cm² 고강도 콘크리트를 국내에서 처음으로 대량 타설함으로써, B/P 생산성, 운반, 타설, 다짐, 양생등의 품질관리에 따른 의문점을 해결하였고 향후 고강도 콘크리트 실용화의 가능성을 제시하였다.
- ② 본 현장적용은 '91년에 작성한 “고강도 콘크리트 시공지침(안)”에 의거하여 품질관리를 실시하였으며, 현장적용에서 나타난 문제점을 중심으로 시공지침(안)을 보완하여 보다 실용적인 품질관리 지침을 만들 수 있는 자료를 확보할 수 있었다.
- ③ B/P의 배합시간은 가능한 짧게 하는 것이 생산성 측면에서 유리하나, 혼화재를 사용할 경우 품질확보를 위해 75초로하는 것이 바람직하다.
- ④ 운반시간에 따른 슬럼프손실을 최소화하기 위한 방안으로 고강도 콘크리트 생산시 초기슬럼프를 증대시키고, 경시변화 특성에 따라 배차계획은 60분 정도로 하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 펌핑 압송후 슬럼프, FLOW, 공기량등은 약간 감소하나, 강도발현은 펌프압송에 의한 압밀화의 영향으로 약간 증대하는 경향을 보였다.
- ⑥ 펌핑에 따른 고강도 콘크리트의 펌프압송압은 100kg/cm² 정도로, 이는 보통강도 콘크리트의 압송압과 비슷한 수준으로 나타났다.
- ⑦ 보-기둥 접합부 처리방식은 구조검토 및 현장 시공성을 고려하여 검토할 필요가 있으며, 향후 고강도화에 따른 종합적인 설계 및 시공 시스템이 확보되어야 할 것이다.

『감사의 글』

이번 현장적용을 위해 아낌없이 지원해 주신

(주)대우 진해현장의 홍대일 이사님, 이흥모 부장님을 비롯한 현장직원 여러분, 감리단, 감독관, 그리고 콘크리트 생산에서 타설까지 성공적으로 마칠 수 있도록 도와주신 시험실 김환식 실장님과 중기사업소 직원 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- 1) 申成雨, 權寧鎬, “高強度 콘크리트의 역학적 거동 및 그의 최적배합비”, 대한 건축학회 추계학술발표회 논문집, 제8권1호, 1988.pp. 475~478
- 2) 오병환, 엄주용, “실리카흙을 사용한 고강도 콘크리트의 역학적 특성과 최적배합연구”, 한국콘크리트학회논문집, 제1권1호, 1989.9, pp.75~86
- 3) 박칠림, 권영호, 양은익, 장승규, 조철근, “현장타설 高強度 콘크리트의 시공성 및 강도특성에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 논문집 제3권2호, 1991, pp.97~104
- 4) 박칠림, 권영호, 양은익, 장승규, 조철근, “콘크리트 배합설계를 위한 전문가 시스템 개발”, 한국콘크리트학회 논문집 제3권2호, 1991, pp. 105~113
- 5) 박칠림, 이보근, 권영호, 박정국, “혼화재를 사용한 고강도 콘크리트의 품질개선에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집 제5권1호, 1993, pp.79~88
- 6) 박칠림, 권영호, 안재현, “실리카흙 및 플라이애쉬의 치환방법에 따른 고강도 콘크리트의 실험적 연구”, 대한 건축학회 논문집 제9권2호, 1992, pp.605~608
- 7) 柿崎正義・分廣英俊, “シリカフェームフライアッシュ, 高爐 スラグ微粉末 を用いた超高強度現場打コンクリートの研究(その4. 練混ぜ方法による強度特性)”, 日本建築學會大會 學術講演梗概集, 1987.10
- 8) 尾上 修・佐原晴也・兼平淳徳, “高強度コンクリートポンプ壓送性に關する實驗” 日本建築學會大會 學術講演梗概集, 1989, pp.257~258