

CFT 기둥의 서중 시공 적용을 위한 기초적 연구

An Experimental Study on the Construction of CFT Column Over the High Temperature

이 장 환* 강 용 학* 공 민 호* 정 근 호** 김 진 호*** 정 상 진****
Lee, Jang Hwan Kang, Yong hak Gong, Min Ho Jung, Keun Ho Kim, Jin Ho Jung, Sang Jin

ABSTRACT

The basic Physical properties, Slump, Slump Flow, Air content, Bleeding, and Settlement of concrete was investigated to test Characteristic of Setting and to evaluate the relation between Model Specimen and Heat of hydration for construction Over the High Temperature (CFT).

The objective of this study is to take the partial core after the cementation of Model Specimen, test the compression intensity and analyze the relation to Test Piece.

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

최근 도심지의 상업 및 사무용 건물에 대하여 지가의 상승으로 인한 토지효율 극대화를 위하여 한정된 부지를 효율적으로 사용하고 종래의 구조적 제약 조건을 극복하고 장스팬 및 공간의 효율적 이용을 가능하게 하는 구조형식으로 콘크리트 충전강관구조(Concrete Filled steel Tube, 이하 CFT 구조라 함)가 각광을 받고 있다.

CFT 구조는 강관의 구속효과에 의해 압축내력이 상승하고 충전 콘크리트가 강관의 국부좌굴 보강 효과를 발휘하므로 강관재료의 효율성이 증대된다. 그러나 CFT 구조는 강관에 다이아프램을 설치한 후 그 내부에 콘크리트를 타설하게 되므로 다짐작업이 곤란하여 이에 콘크리트는 강관 내부 구석구석을 밀실하게 채울 수 있는 기초적 물성을 갖고 있어야 하며, 또한 소요의 강도와 내구성이 확보되어야 한다.

본 연구는 서중조건에서의 CFT구조의 시공적용에 앞서 슬럼프 및 슬럼프 플로우, 블리딩, 침하량 등의 경시변화 및 응결성상을 조사하고 모의 부재 실험을 통한 강도 성상 및 수화 성상을 분석함으로써 서중조건에서의 CFT구조 시공을 위한 기초적 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

* 정회원, 단국대학교 대학원 석사과정

** 정회원, 단국대학교 대학원 박사과정 수료

*** 정회원, 포항산업과학연구원, 책임연구원

**** 정회원, 단국대학교 건축대학 건축공학과 교수

2. 실험

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 실험에 사용한 시멘트는 KS L 5201의 규정에 적합한 국내 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 그 화학적 조성과 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 2 시멘트의 화학적 조성 및 물리적 성질

성분	강열감량	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Al ₂ O ₃	비중	분말도 (cm ² /g)	안정성	응결시간				압축강도 (kgf/cm ²)	
											초결 4h	종결 6h	3일	7일	28일	
구성비 (%)	1.0	21.1	2.9	62.5	3.3	2.2	6.5	3.15	3200	양호						
												198	272	389		

* S사의 보통 포틀랜드 시멘트 실험결과표

2.1.2 골재

본 실험에 사용된 잔골재는 북한강산으로 최대크기를 5mm이하로 입도조정 하였고, 굵은골재는 경기도 광주 석산의 쇄석으로 최대치수 20mm이하로 입도조정하여 사용하였다. 골재의 물리적 성질을 표 2에 나타내었다.

표 3 잔골재 및 굵은골재의 물리적 성질

	생산지	최대치수(mm)	표건비중	흡수율(%)	단위용적중량(kg/m ³)	실적율(%)	조립율
잔골재	북한강산	5.0	2.59	0.98	1,590	61.2	2.87
굵은골재	경기도 광주석산	20.0	2.62	0.95	1,527	57.8	7.12

2.1.3 플라이애쉬

본 실험에 사용된 플라이애쉬는 보령산으로 KS L 5405 규정에 적합한 것이며, 그 물리·화학적 성질은 표 3과 같다.

표 4 플라이애쉬의 물리·화학적 성질

강열감량(%)	단위수량비(%)	분말도(cm ² /g)	비중	압축강도비(%)	SiO ₂ (%)	습분(%)
3.9	100	3,818	2.20	93	45.4	0.2

2.1.4 혼화제

본 실험에 사용된 혼화제는 국내 D사의 나프탈렌 축합물을 주재료로 하는 고성능 AE 감수제를 사용하였고, 혼화제 특성은 표 4와 같다.

표 5 고성능 AE 감수제의 물리적 성질

고성능감수제	유형	색상	고형분	주성분	pH	비중
CONFLUX	액상	암갈색	40%	Naphthalene Sulfonate	7.16	1.20

2.2 배합

이러한 고강도 고유동 콘크리트의 현장적용에 앞서, 필요한 강도와 유동성, 분리저항성 및 충전성

등에 요구되는 관리 목표치는 표 5와 같다.

표 6 배합목표치

슬럼프 (cm)	슬럼프 플로우(cm)	공기량 (%)	단위수량 (kg)	물결합재비 (%)	블리딩량 (cm ³ /cm ²)	침하량 (mm)	서중조건에서 (25℃이상)타설시간
18이상	55, 60, 65	2.0이상 4.5이하	175이하	50이하	0.1이하	2 이하	90분이하

위에서 설정된 관리목표값을 기준으로 하여 최종적으로 선정된 배합은 표 6과 같다.

표 7 최종배합비

배합명	W/B(%)	S/a(%)	고성능감수제(B×%)	단위량(kg/m ³)					
				W	C	F	S	G	SP
최종배합	32.9	45	1.836	168	383	127	731	911	9.18

※W/B:물결합재비 S/a:잔골재율 W:단위수량 C:단위시멘트량 F:플라이애쉬 S:잔골재 G:굵은골재 SP:고성능 감수제

2.3 콘크리트 제조

본 실험에 사용된 콘크리트의 생산은 S레미콘 P공장 배치 플랜트를 이용하였고 레미콘 공장은 실험장소까지의 운반 시간이 1시간 정도 예상되는 거리에 위치하여 장시간의 경과에도 콘크리트 슬럼프의 손실을 방지하고 양호한 작업성의 확보가 가능한 고성능 AE감수제를 콘크리트 제조시 첨가하였다.

2.4 콘크리트 타설

모의 시험체 콘크리트 타설은 지하층 또는 상부층에서 주로 행해지고 있는 트레미관법으로 하였으며, 펌프압송을 이용하여 원형강관 위에서 타설하였다.

2.5 실험방법

2.5.1 굳지않은 콘크리트 실험

굳지 않은 콘크리트의 유동성 평가를 위해 콘크리트가 현장에 도착한 직후부터 슬럼프 및 슬럼프 플로우, 공기량 등에 대한 경시변화를 측정하였다.

2.5.2 콘크리트 응결 실험

콘크리트 응결시험은 KS F 2436(관입저항침에 의한 콘크리트 응결시간 시험)에 따라 서중(25℃ 이상)조건에서의 경과 시간을 측정하였다.

2.5.3 굳은 콘크리트 실험

모의부재 타설시 제작한 관리용 공사체를 통하여 강도관리 및 현장적용 여부를 분석·비교하고자 각각의 양생방법(표준수중양생, 밀봉양생, 단열양생, 현장수중양생, 현장대기양생)에 따라 양생하고 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험 방법)의 시험방법에 따라 압축강도를 측정하였다.

2.5.4 블리딩 및 침하량 실험

블리딩 시험은 KS F 2414(콘크리트의 블리딩 시험 방법)에 따라 실시하였으며, 침하량 시험(Φ20×H100cm의 용기에 타설하고 상단의 침하량을 다이얼게이지로 측정)을 하였다.

2.5.5 모의부재 실험

모의부재 (Φ600×1500(mm)는 사진 1과 같이 양생에 따라 2분을 제작하고 다이아프램의 개구부 크기는 12mm 강판에 충진성이 가장 양호하게 나타나는 개구율 49%, 직경 420mm의 타설구를 사진 2와 같이 하고, 다이아프램의 주변부에 균등하게 직경 30mm의 공기빠짐 구멍 4개소를 설치하였다.

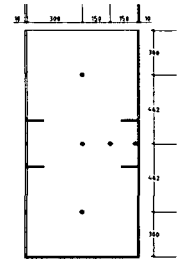
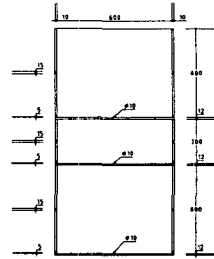
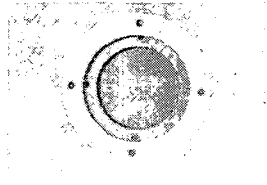


사진 1 강판 모의시험체

사진 2 강판 모의시험체 내부

그림 1 모의시험체 단면도

그림 2 모의시험체 온도센서 매립위치

3. 실험결과 및 고찰

3.1 실험실 실험

3.1.1 굳지않은 콘크리트 실험

콘크리트의 유동성을 파악하기 위하여 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량 등 기초물성의 경시변화를 측정하여 1시간 경과 후 확인한 결과 그림 3, 그림 4, 그림 5와 같이 배합목표를 만족하는 결과를 얻어냈다.

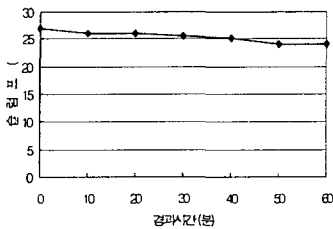


그림 3 슬럼프 경시변화

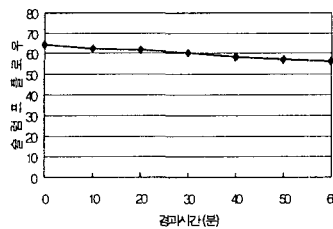


그림 4 슬럼프 플로우 경시변화

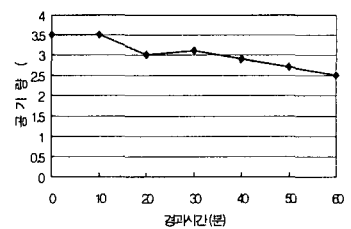


그림 5 공기량 경시변화

3.1.2 블리딩 및 침하량 실험

블리딩량 측정결과에서는 0.08cm³/cm³로 나타났고, 침하량 측정결과에서는 1.73mm의 침하가 나타났다. 이는 CFT 구조의 기둥 타설에 맞는 콘크리트의 목표치를 만족하는 결과값이다.

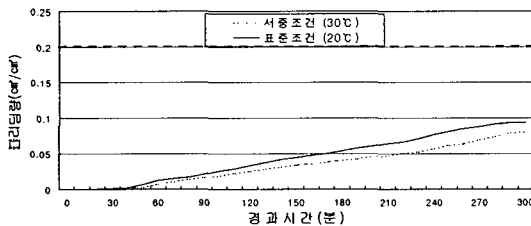


그림 6 경과시간에 따른 블리딩량

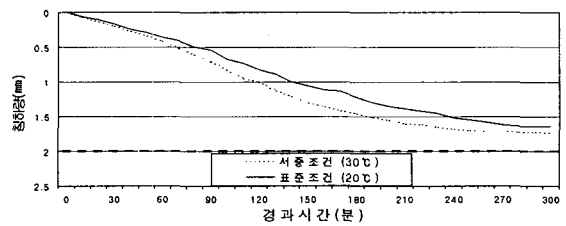


그림 7 시간에 따른 콘크리트 상단의 침하량

3.1.3 굳은 콘크리트 실험

모의시험체 타설과 동시에 제작한 관리용 테스트 피스의 압축강도 실험결과 재령에 따른 각 양생별 공시체의 압축강도는 그림 8과 같은 결과치를 나타내었다.

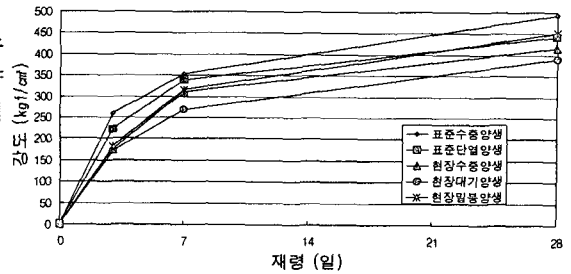


그림 8 관리용 공시체의 압축강도

3.1.4 콘크리트 응결 실험

콘크리트의 응결성상을 확인하기 위하여 응결시험을 행한 결과 그림 9와 같이 초결은 약 9시간이 지나서 시작되었고 종결은 약 10시간이 지난 후에 이루어졌다. 초결이 이루어진 시간은 기중양생한 모의시험체의 초기 수화반응이 이루어지기 시작하는 시간과 거의 동일한 양상을 나타내었다.

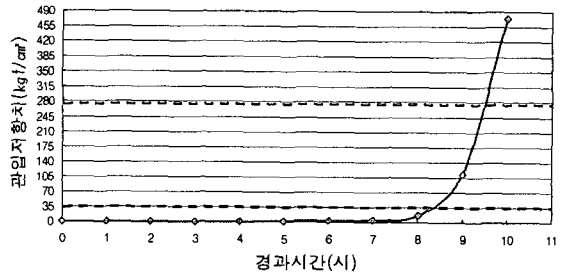


그림 9 콘크리트 응결시간

3.2 모의부재 실험

3.2.1 수화 온도이력 실험

기중과 단열된 각각의 모의 시험체에 콘크리트를 타설한 후 수화 온도이력을 측정하여 그림 10과 같은 결과를 얻었다.

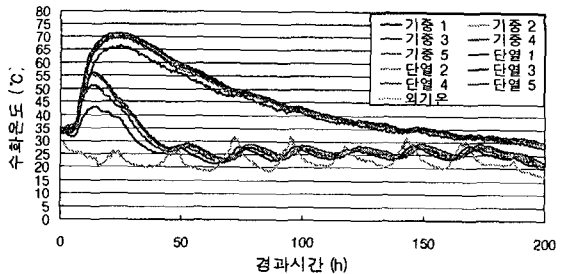


그림 10 모의시험체 수화온도이력

3.2.2 굳은 콘크리트 시험

표 7과 그림 11에 모의시험체 타설 전 제작한 각 양생별 관리용 공시체의 압축강도 실험결과를 나타내었다.

표 7 관리용 공시체 압축강도 측정결과

시험체	재령	3일	7일	28일
표준수중양생		226	321	484
밀봉양생		202	322	456
단열양생		242	311	449
현장수중양생		223	342	474
현장대기양생		214	329	433

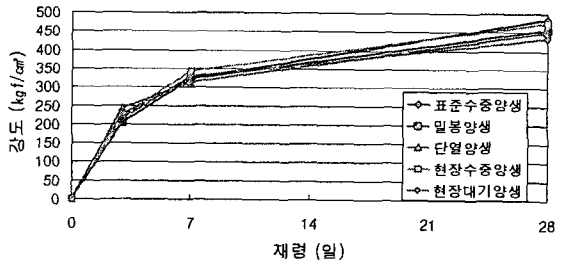


그림 11 재령에 따른 관리용 공시체 압축강도

3.2.3 부위별 코어 채취 및 압축강도 실험

그림 12와 같이 부위별 코어를 채취하여 압축강도 및 단위용적 중량을 실험한 결과 그림 13 및 14에 나타내었다.

모의시험체의 부위별에 따른 압축강도 측정 결과 단열양생한 모의시험체의 압축강도가 기중양생한 모의시험체의 압축강도 보다 다소 높게 나타났고, 또한 모의시험체의 하부에서 상부로 올라갈수록 강도 및 단위용적 중량 이 저하하는 것을 볼 수

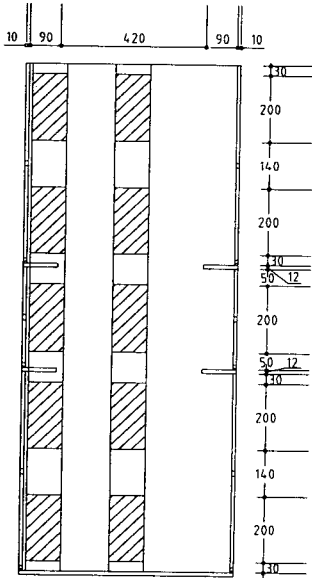


그림 12 코어 채취 부분

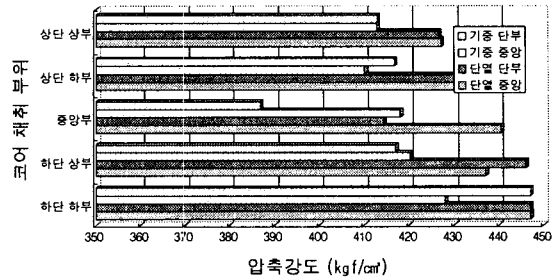


그림 13 부위별 압축강도

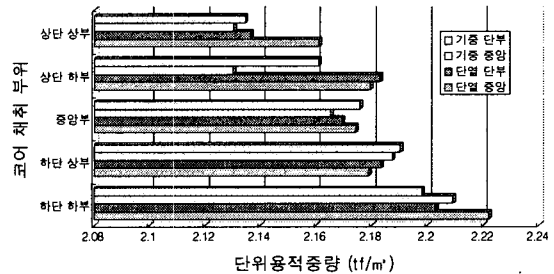


그림 14 부위별 압축강도 중량

4. 결론

이상과 같이 본 실험의 범위에서 나온 결과를 분석하면 다음과 같다.

(1) CFT 구조용 기둥 타설에 사용되는 콘크리트 배합은 공기량, 슬럼프 경시변화, 및 블리딩과 침하량 모두 관리목표치에 만족하였다.

(2) 모의 시험체의 수화온도이력 시험에서는 강의 높은 열전도율로 인해 충전된 콘크리트의 온도가 급격히 상승하는 것을 볼 수 있었다. 응결시험에서 콘크리트가 초결되는 시점인 약 9시간부터 기중양생한 모의시험체 콘크리트의 수화반응이 시작되는 경향을 나타내었다.

(3) 관리용 공시체의 압축강도 실험에 있어서 모든 공시체가 400kgf/cm²을 상회하였다. 또한 밀봉양생한 관리용 시험체는 모의시험체에서 채취한 코어 강도값과 유사한 값을 나타내었다.

(4) 굳은 모의시험체에서 코어를 채취하여 강도를 측정된 결과 상부로 올라갈수록 값이 저하하는 것을 볼 수 있었으나, 다이어프램이 설치되어있는 650mm ~ 850mm 부근의 압축강도 값이 저하하는 경향을 보였다. 또한 코어의 단위 용적 중량을 측정된 결과 하부로 내려갈수록 값이 증가하는 경향을 보였다.

참고문헌

1. 정상진외, 저온상태에서의 충전강관 콘크리트 기둥의 시공을 위한 실험적 연구, 대한건축학회학술발표논문집 제22권 제 2호 2002.10 p.335-358
2. 콘크리트 충전강관구조 설계 및 시공지침, 한국강구조학회, 2000.1
3. 日本建築學會, 콘크리트 충전鋼管構造設計施工指針, 1997