

CFT에 적용하기 위한 고유동화 콘크리트의 물성 및 충전성에 관한 실험적 연구

An Experimental study on the properties and the concrete packing ability of Super Flowing concrete for adapt to CFT

강 동 현* 강 용 학* 박 희 곤* 김 종 구* 정 근 호** 정 상 진***

Kang, Dong-Hyun Kang, Yong-Hak Park, Hee-Kon Kim, Jong-Gu Jung, Keun-Ho Jung, Sang-Jin

Abstract

CFT concrete has high flowing, high strength and resistance to material separation to use skyscraper structure. It is considered that concrete could fill the lower part of Diaphragm up.

This kinds of CFT concrete hardly apply to building below 20 stories.

Using the common use strength concrete to building below 20 stories brings to reduce construction cost.

This concrete is needed that valid fluidity and packing ability with unit cement content as common use strength concrete.

Offering a fundamental data and proportioning in CFT concrete of below 20 stories, it is executed basic property test, analysis of proportioning and mock up test.

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

콘크리트 충전형 합성강관기둥 「CFT(Concrete Filled steel Tube)」은 철근 콘크리트의 특성을 살린 합리적인 구조형식으로 각형 또는 원형의 강관에 콘크리트를 충전하여 강관의 구속효과에 의해 충전 콘크리트의 내력상승과 충전콘크리트에 의한 강관의 국부좌굴 보강효과에 의해 부재내력이 상승하고, 뛰어난 변형성능을 발휘함으로써 최근 주목을 받고 있다. 그리고, 일반구조체에 비해서 기둥의 강성이 높으므로 태풍 및 지진시의 움직임에 대한 사용성의 개선도 가능하며, 시공시 강관은 거푸집 역할을 하므로 기둥부재의 철근 거푸집공사가 배제되어 인건비의 절감 및 시공공정 측면에서도 공기단축이 가능하여 대부분 초고층 건축물에 사용하고 있다.

이러한 CFT의 우수성 때문에 20층 이하의 중·저층 건축물에도 CFT구조 사용이 증가하리라 예상된다.

하지만 20층이하의 건축물에 고강도콘크리트를 사용하기에는 불합리하기 때문에 보통강도 콘크리트를 사용함으로써 비용절감을 이룰 수 있다.

본 실험은 CFT 시공에 있어서 필요한 유동성과 충전성을 만족하는 일반강도 콘크리트 배합들에 대한 기본적 물성을 조사하여 비교·분석한 후 모의시험체 실험을 통하여 CFT 콘크리트 타설에 있어서

* 정희원, 단국대학교 대학원 석사과정

** 정희원, 단국대학교 대학원 박사과정

*** 정희원, 단국대학교 건축공학과 교수, 공학박사

사용하기 적절한 콘크리트 수준을 도출해 내는 실험으로 CFT 공법의 현장 시공의 적용에 있어서 기초적 자료를 제공하고자 한다.

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 각각 표 1과 같다.

표 1 시멘트의 화학적 조성

화학적조성	성분	강열감량	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Al ₂ O ₃
	구성비(%)	1.0	21.1	2.9	62.5	3.3	2.2	6.5
물리적성질	비중	분말도(cm ³ /g)	안정성	응결시간		압축강도(kgf/cm ²)		
	3.15	2900	양호	초결	총결	3일	7일	28일
				4h	6h	198	272	389

* S사의 실험결과표

2.1.2 골재

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

표 2 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	경기도광주석산	20.0	2.62	0.95	1,527	57.8	7.12

2.1.3 혼화제

본 실험에 사용된 혼화제는 국내 J사의 폴리카본산을 주성분으로 한 고성능AE감수제를 사용하였고, 혼화제 특성은 표 3과 같다.

표 3 유동화제의 물리적 성질

고성능감수제	유형	색상	고형분	주성분	pH	비중
Phoenix	액상	암갈색	36.4%	폴리카본산계	9±1	1.202

2.2 배합

본 실험에서는 현장에서 사용되는 일반 레미콘 조건하의 고유동 콘크리트가 제조되는 것을 고려하여 배합계획을 하였다.

이러한 고유동 콘크리트를 현장에 적용하기에 앞서 필요한 강도 유동성, 분리저항성 및 충전성 등에서 요구되는 품질이 확보되었는지를 판단하는 목표는 표 4와 같다

본 실험에 사용된 콘크리트 설계강도는 240kgf/cm²이고, 그 외에 목표하는 유동성을 충족시키기 위한 최적 배합비를 도출하기 위한 흐름도는 그림 1 과 같고 그로인한 배합계획은 표 5에 나타냈다.

표 4 배합 목표치

	슬럼프 (단위 : cm)	슬럼프플로우 (단위 : cm)	블리딩량	침하량	공기량 (%)
목표치	20±2	40~50	0.1cm/cm ² 이하	2mm이하	4.5±1.5

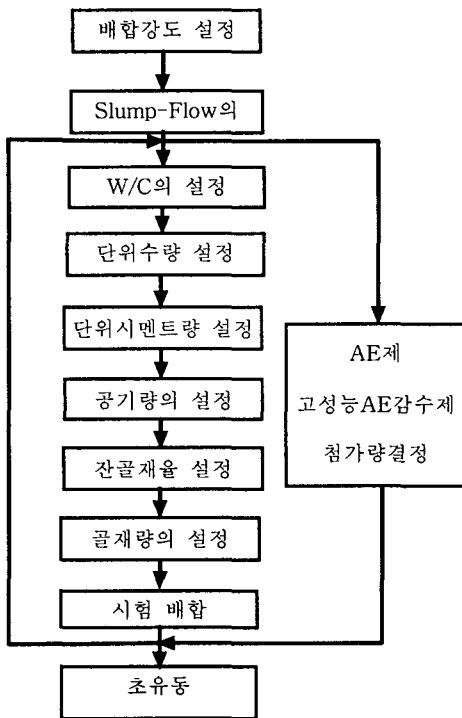


그림1 최적배합비 흐름도

배합명	W/C (%)	S/A (%)	고성능 AE 감수제 (C×%)	AE 제 첨가율 (C×%)	단위량(kg/m ³)					
					W	C	S	G	SP	AE
NA-1-1	52	44.3	0.0	0.02	165	318	790.9	1018.4	0	0.063
NA-1-2			0.5						1.59	
NA-1-3			1.0						3.18	
NA-1-4			1.5						4.77	
NB-1-1	45	44.2	0.0	0.02	175	388.9	757	967.1	0	0.077
NB-1-2			0.5						1.945	
NB-1-3			1.0						3.889	
NB-1-4			1.5						5.834	
NB-2-1	45	51.1	0.0	0.02	175	388.9	875	847.57	0	0.077
NB-2-2			0.5						1.945	
NB-2-3			1.0						3.889	
NB-2-4			1.5						5.834	
NC-2-1	43.8	51.1	0.0	0.02	175	400	875.8	843.2	0	0.08
NC-2-2			0.5						2.0	
NC-2-3			1.0						4.0	
NC-2-4			1.5						6.0	

표 5 콘크리트 배합

2.3 실험방법

콘크리트의 혼합은 KS F 8009에 규정된 강제식 혼합믹서(용량 100ℓ)를 사용하여 다음과 같이 혼합하였다. 혼합은 1차로 잔골재와 시멘트를 투입하여 30초간 건비빔하고 2차로 물을 투입하여 다시 1분간 혼합하였으며, 최종적으로 굵은골재와 고성능AE감수제를 투입하여 1분 30초간 혼합함으로써 혼합을 완료하였다.

2.3.1 굳지 않은 콘크리트 실험

유동성 시험으로는 KS F 2402의 포틀랜드 시멘트 콘크리트의 슬럼프 시험과 슬럼프 시험 후 내려앉은 콘크리트의 최대지름과 직교하는 두 지점의 지름을 측정하여 그 두 값의 평균으로한 슬럼프플로우 시험을 하였다.

2.3.2 굳은 콘크리트 실험

굳은 콘크리트의 강도특성을 분석·고찰하기 위하여 압축강도 시험과 인장강도 시험을 실시하였다. 압축강도는 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험 방법)의 시험 방법에 따라 측정하였다.]

또한, 인장강도는 KS F 2423(콘크리트 인장강도 시험 방법)의 시험 방법에 따라 측정하였다.

압축강도는 200t 용량의 U.T.M(만능시험기)을 이용하여 측정하였으며, 3개 공시체의 평균값을 시험 결과로 채택하였다.

2.3.3 모의시험체 실험

CFT 콘크리트 타설에 있어서 필요한 기초물성을 만족하는 배합들을 사진1, 2와 같이 자체 제작한 모의시험체(∅30×H100: 아크릴 제작) 중앙에 다이아프램을 설치하여 타설시 충전성을 육안으로 확인하면서 타설후 28일 후의 다이아프램 하부 공극의 분포 및 공극비율을 조사하였다.



사진 1 모의시험체 전체

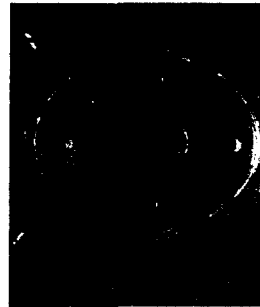


사진 2 모의시험체 내부

2.4 공시체 제작 및 양생

압축강도 및 인장강도 공시체는 $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ 의 원형몰드를 사용하였다. 시험체의 제작은 KS F 2403(콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작방법)에 따른 방법에 의해 각각의 공시체를 3단으로 채워넣고 다짐봉을 이용하여 25회씩 다짐을 실시하여 제작하였다.

이들 공시체의 양생은 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 수조에서 표준수중양생을 하였다.

3 실험결과 및 고찰

3.1 굳지 않은 콘크리트 실험

3.1.1 슬럼프

배합별 고성능AE감수제 첨가율에 따른 슬럼프 실험 측정결과는 그림2에 나타내었다. 각각 배합들은 고성능AE감수제 첨가율이 높아질수록 슬럼프 값이 높아졌으며 첨가율이 1.5일 때 가장 높은 값을 나타내었으며 CFT 기둥 타설에 적합한 목표치를 충족하였다.

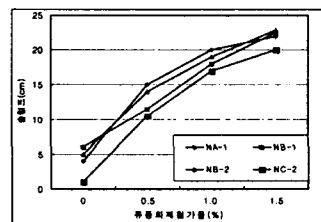


그림2 고성능AE감수제 첨가율에 따른 슬럼프

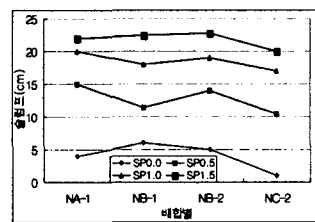


그림3 배합별 슬럼프

배합별 슬럼프 측정결과(그림 3)에서는 NB-2배합이 모든 고성능AE감수제 첨가율에서 우수하게 나타났다.

3.1.2 슬럼프 플로우

배합별 고성능AE감수제 첨가율에 따른 슬럼프 플로우 실험 측정결과는 그림4에 나타내었다. 슬럼프에서와 마찬가지로 첨가율이 높아질수록 결과가 높게 나타났고 고성능AE감수제 첨가율 1.5%에서 가장 높게 나타났고 CFT 기둥 타설에 적합한 목표치를 나타내었다.

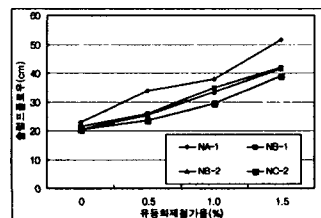


그림4 고성능AE감수제 첨가율에 따른 슬럼프 플로우

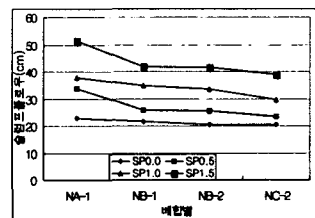


그림5 배합별 슬럼프 플로우

배합별 슬럼프 플로우 측정결과(그림 5)에서는 NA-1에서는 물시멘트비가 높고 단위시멘트량이 낮아서 슬럼프에서는 좋게 나타났으나 재료분리 현상이 나타나서 슬럼프 플로우가 크게 나타났다. 나머지 배합에서는 유동성이 CFT 기둥 타설에 있어서 모두 만족할 만한 결과치를 나타내었다. NC-2에서는 단위 시멘트량이 높아서 유동성이 약간 떨어진 결과를 나타내었다.

3.2 굳은 콘크리트 실험

3.2.1 압축강도

배합별 압축강도 측정결과는 다음 그림6~9에 나타내었다. 각각의 배합에서 28일 강도는 240kgf/cm² 이상의 보통강도를 만족하는 것으로 나타났다.

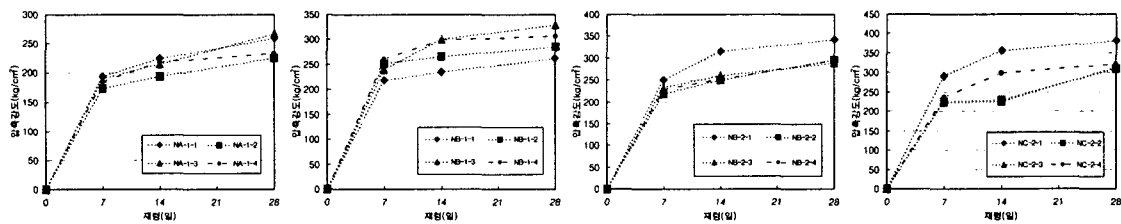


그림6 NA-1

그림7 NB-1

그림8 NB-2

그림9 NC-2

고성능AE감수제 첨가율에 따른 압축강도를 보면은 첨가율 0.5%까지는 단위시멘트량이 많고 물시멘트비가 작은 NC-2 배합에서 강도가 높게 나타났으나 그 이상에서는 단위시멘트량이 많고 잔골재율이 작은 NB-1 배합에서 강도가 높게 나타났다.(그림 10~13)

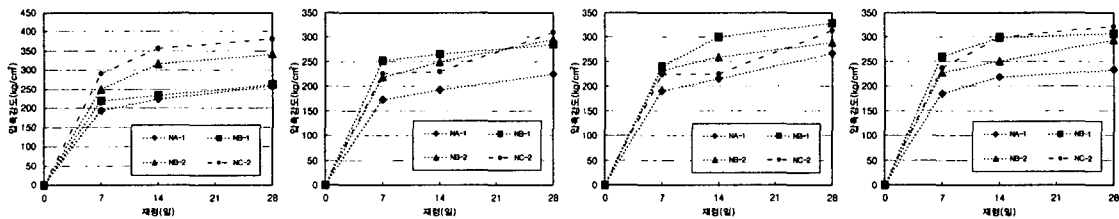


그림10 SP0.0

그림11 SP0.5

그림12 SP1.0

그림13 SP1.5

3.2.2 인장강도

인장강도 측정결과는 압축강도와 유사한 경향을 나타냈고 그결과를 그림 14~17까지 나타내었다.

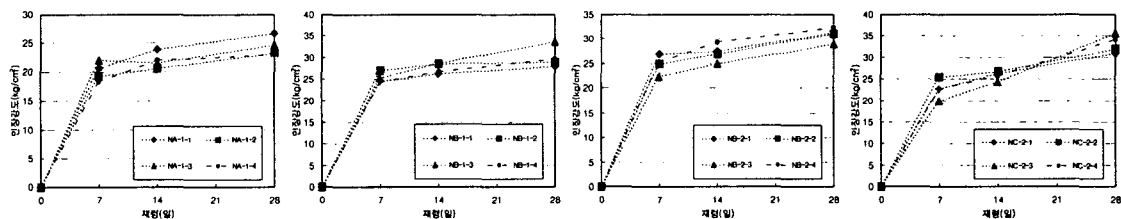


그림14 NA-1

그림15 NB-1

그림16 NB-2

그림17 NC-2

3.3 모의시험체 실험

다이아프램 하부 공기포의 양을 측정하기 위해 공극별로 콘크리트에 물이 흡수되지 않도록 단시간에 채워나가면서 흡산하여 공극량을 측정하였다. 물의 체적으로 공극량을 정밀하게 측정하기는 불가능하나 네가지 배합에 동일한 조건으로 측정하여 각각을 비교하는데 한정하여 사용하였다.(사진3~6참조)

표 6 배합별 공극분석

구분	공극면적(cm ²)	공극체적(cm ³)	평균공극깊이(cm)	비고
NA-1-4	506.24	136.68	0.27	공극이 넓고 깊다
NB-1-4	138.43	37.37	0.27	-
NB-2-4	84.35	21.93	0.26	-
NC-2-4	62.47	16.24	0.26	공극이 작고 얇다

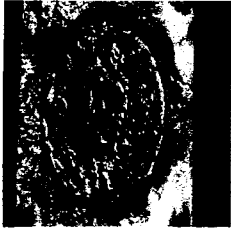


사진3 NA-1-4



사진4 NB-1-4



사진5 NB-2-4



사진6 NC-2-4

4. 결론

이상과 같이 본 실험의 범위에서 나온 결과를 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) 슬럼프, 슬럼프 플로우 측정결과 고성능AE감수제 첨가율이 1.5일 때 가장 높은 값이 나타났고, 배합별 슬럼프에서는 NB-2가 모든 고성능AE감수제 첨가율에서 우수하게 나타났고, 배합별 슬럼프 플로우에서는 NA-1에서 재료분리 현상이 나타나서 슬럼프 플로우가 크게 나타났고, 나머지 배합에서는 만족할 만한 결과치를 얻었다.

(2) 각각의 배합들의 28일 강도에서는 일반강도를 충족시켜주었고, 고성능AE감수제 첨가율에 따른 압축강도를 보면은 첨가율 0.5%까지는 단위시멘트가 많고 물시멘트비가 적은 NC-2가 강도가 높게 나타났으나 그 이상에서는 단위시멘트가 많고 잔골재율이 적은 NB-1에서 강도가 높게 나타났다.

(3) 다이아프램 하부 공극 측정결과 물시멘트비가 높고 단위시멘트량이 적은 NA-1에서 재료분리 현상이 나타나 공극이 넓고 깊게 나타났고, 물시멘트비가 적고 단위시멘트량과 잔골재율이 높은 NC-2에서 공극이 적고 얇게 나타났다.

참고문헌

1. 정상진 외. 충전 강관 콘크리트의 물성 및 시공 평가. 콘크리트학회지. 제12권5호. 2000.9. pp81~87.
2. 대한주택공사 주택연구소, 유동화콘크리트의 실용화방안 연구, 1995.5f0
3. 김상섭, 유동화 콘크리트 공법, 대건사, 1993
4. 新都市ハウジング協會: CFT構造記述指針・同解説,1996
5. 日本建築學會: コンクリト充填鋼管構造設計施工指針