

TOP-DOWN공법에 의한 지하기둥의 시공성 향상을 위한 기초적 연구

An Elemental Study for construction elevation of a Underground Columns in Top-Down construction Method

임형일^{*} 박희곤^{*} 백민수^{**} 조상영^{**} 이영도^{***} 정상진^{****}
Lim, Hyoun Il Park, Hee Gon Baik, Min Su Cho, Sang Young Lee, Young Do Jung, Sang Jin

ABSTRACT

This study is about accurate steel column position method in the Top down method's delicate part. When the concrete is placing, it is required that complementary measures to the transformation due to concrete pressure, column buckling, the trouble due to bar net inserting and so on. To solve the problem of exist method, the concrete is placed at the bottom of excavated hole in advance. then, the steel column is inserted into the excavated hole.

With a new method try, the problem due to placing pressure and others is could be prevented.

In this study, the concrete is examined with test-slump, slump flow, and compressive strength to do quantitative analysis of concrete.

The factors of the experiment is plasticizer, retarder addition rate, fly ash substitution rate to cement. Considering of the new method try, the retarder added concrete properties-fluidity, viscosity, strength-is investigated as time lapsing.

1. 서론

Top-Down공사를 위하여는 흙막이 벽체와 지하기둥이 필수적이며, 이들 수직재가 수평버팀재인 슬래브나 보를 지지하게 된다. 일반적으로 대구경 천공에 의한 철골기둥 공법(RCD-Reverse Circulation Drill)이 주로 사용되고 있으며, 저층 건물의 경우 기둥에 작용하는 하중이 적으므로 소구경 천공에 의한 강관파일공법을 이용하기도 한다.

이러한 굴착공사시 굴착작업이 끝나면 공기압출로 굴착공의 밑바닥에 침전되어 있는 슬라임을 제거하며 미리 가공해 둔 철근망과 기둥을 굴착공내에 설치하여 고정시킨 후, 트레미파이프를 설치하고 파이프를 통해 굴착공의 밑바닥에서부터 콘크리트를 타설한다. 콘크리트의 타설이 완료되면 바이브레이

* 정회원, 단국대학교 건축공학과 석사과정
** 정회원, 단국대학교 건축공학과 박사과정
*** 정회원, 단국대학교 건축공학과 박사수료
**** 정회원, 단국대학교 건축학부 건축공학전공 교수

선 햄머를 사용하여 케이싱을 서서히 뽑아낸다. 이 때 케이싱의 인발이 너무 늦게 시작되면 케이싱이 콘크리트와 응결하여 뽑히지 않는 수가 있으며, 트레미파이프에 의한 콘크리트 타설시 타설측압으로 인하여 철골기둥의 좌굴 및 편심에 의한 수평변형 등의 요인이 야기 될 수도 있다.

1.1 연구목적

본 연구는 콘크리트의 타설시 측압으로 인한 변형 및 좌굴이나 작업 공정상에 있어서 철근망 근입, 철골에 철근망 setting, casing에 철골 고정 등 번거로운 작업에 대한 문제점 등을 보완하기 위한 연구로서 기존의 시공방법에 따른 타설방식에서 굴착공의 밑바닥에 미리 콘크리트를 타설한 후 기둥을 근입하는 방식으로 타설측압으로부터 발생할 수도 있는 문제점을 미리 제거하고자 하는 것에 그 목적을 두었으며, 이러한 방식으로 타설시 작업공정 상에 있어서도 유리할 것으로 판단되어 본 실험을 실시하게 되었다.

2. 실험계획 및 배합

2.1 계획

플라이애쉬를 시멘트 중량의 30%를 대체한 콘크리트에 유동화제와 지연제의 첨가율에 따른 콘크리트의 경시변화와 유동성 및 강도와와의 관계를 분석, 검토하여 역타공법에 적합한 콘크리트의 적정 배합을 도출하여 역타공법의 지하기둥부에 사용될 콘크리트에 대한 품질관리의 기초적 자료를 제공하고자 하였다.

유동성 및 경시변화의 측정은 배합 완료 후 토출된 콘크리트에 대하여 혼합직후부터 1시간 경과까지 10분 간격으로 경시변화를 측정하여 선타설 된 콘크리트가 철골이 완전히 근입되는 시기까지 굳지않고, 또한 충분한 유동성을 가질 수 있도록 실험을 계획하였다.

이것은 기존의 시공방법에서 콘크리트 타설이 너무 늦어지면 콘크리트가 굳어져 작업상의 문제를 갖기 때문에 작업시간을 1시간 이내로 설정하는 것에 기준을 두었다.

슬럼프는 유동성을 고려해 $21 \pm 3\text{cm}$ 를 목표로 하였고, 슬럼프플로우는 역타공법에서와 같이 유동성과 충전성이 요구된 기존 연구에서의 실험결과를 참고하여 $60 \pm 5\text{cm}$ 를 목표로 하였다.

2.2 사용재료 및 배합

2.2.1 사용재료

(1) 시멘트

시멘트는 비표면적 $3,112\text{cm}^2/\text{g}$ 인 국내 S사 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

(2) 골재

골재는 북한강산 강모래와 광주석산 쇄석을 사용하였으며, 입도조정은 KS F 2502 체가름 시험방법에 의거하였다.

(3) 혼화제

본 실험에 사용된 혼화제는 유동성 확보를 위해 국내 J사의 폴리카본산계의 유동화제를 사용하였으며, 지연제는 리그닌숄폰산염을 주성분으로 하는 것으로 사용하였다.

2.2.2 배합

고유동 콘크리트를 현장에 적용하기에 앞서, 필요한 강도와 유동성, 분리저항성, 지연성 등에서 요구되는 품질의 배합을 도출하기 위하여 기초물성 실험을 시행하여 모의 실험을 목적으로 얻어낸 최종배합비로 본 실험에서는 단위수량 180kg/m³, 물시멘트비 50%, 잔골재율 47%로서, 현장에서 요구되는 설계기준강도 240kgf/cm² 내외의 일반 콘크리트를 기준 콘크리트로 배합계획을 하였다.

적정 유동성 및 경시변화 특성을 파악하기 위하여 플라이애쉬를 시멘트 중량에 대해 30%로 대체하고 유동화제 및 지연제 첨가율을 결합재량에 대해 0, 0.5, 1.0, 1.5%로 변화시켰다.

본 실험의 배합계획을 표1에 나타내었다.

표1. 콘크리트 배합

W/C (%)	유동화제 첨가율 (C×%)	S/a (%)	FA/C (%)	지연제 첨가율 (C×%)	단위용적중량						
					W	C	S	G	P	FA	R
50	0	47	30	0	180	252	810	924	0	108	0
				0.5							1.26
				1.0							2.52
				1.5							3.78
	0.5			0					0		
				0.5					1.26		
				1.0					2.52		
				1.5					3.78		
	1.0			0					0		
				0.5					1.26		
				1.0					2.52		
				1.5					3.78		
	1.5			0					0		
				0.5					1.26		
				1.0					2.52		
				1.5					3.78		

3. 실험방법

실험인자로 플라이애쉬를 시멘트 중량의 30%로 대체 하고, 유동특성 및 강도특성을 고찰하기 위하여 유동화제는 결합재량의 0, 0.5, 1.0, 1.5%로 첨가하여 유동화제 첨가율에 따른 물성 변화를 고찰하고자 하였다. 또한 경시변화에 대한 특성을 파악하기 위하여 유동화제 0, 0.5, 1.0, 1.5% 첨가한 콘크리트의 각각의 배합에 지연제 첨가율을 0, 0.5, 1.0, 1.5%로 하였다.

유동화제 첨가율 0%, 지연제 첨가율 0%인 배합을 기준으로 하여 유동화제 및 지연제 첨가율에 따른 콘크리트의 제반 특성 변화를 검토하고 콘크리트의 역학적 특성을 고찰하기 위해 7, 14, 28일 동안 표준 수중양생한 공시체에 대하여 압축강도를 측정하였다.

4. 실험결과

유동화제 첨가율 0.5, 1.0, 1.5% 각각의 인자에 지연제 첨가율 0, 0.5, 1.0, 1.5%로 배합 후 실험값을 측정한 결과 지연제의 첨가율과는 관계없이 유동화제 0%와 0.5%에서는 슬럼프와 슬럼프플로우가

목표값에 미치지 못하는 것으로 나타났다.

4.1 슬럼프

유동화제와 지연제의 첨가에 따른 콘크리트의 슬럼프 측정결과를 표2에 나타내었다.

유동화제 첨가량이 0.5%이상인 콘크리트에서는 모두 20cm 이상의 상당히 양호한 슬럼프값을 나타내고 있다.

그러나, 유동화제를 1.5% 첨가한 경우 플라이애쉬 혼입에 따른 단위 시멘트량의 감소로 인하여 상대적인 유동화제의 첨가율이 증가함으로써 콘크리트의 재료분리가 발생하는 것으로 나타났다.

표2. 콘크리트의 슬럼프 측정결과 (단위 : cm)

		유동화제 첨가율(%)			
		0	0.5	1.0	1.5
지연제 첨가율	0	10	18	20	21
	0.5	15	20	22	23
	1.0	15	19	22	25
	1.5	14	21	23	25

표3. 슬럼프플로우 측정결과 (단위 : cm)

		유동화제 첨가율(%)			
		0	0.5	1.0	1.5
지연제 첨가율	0	20	45	55	59
	0.5	33	52	59	61
	1.0	40	51	60	63
	1.5	43	50	62	60

4.2 슬럼프플로우

슬럼프플로우의 실험결과를 표3에 나타내었다. 표에 나타난 것처럼 유동화제 첨가율이 증가할수록 슬럼프플로우값이 대체적으로 증가하는 것으로 나타났으나 유동화제 첨가율이 1.5%, 지연제 첨가율이 1.5%인 경우에는 슬럼프플로우가 일시적으로 감소하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 유동화제 첨가율 1.0%이상인 경우에는 대체적으로 슬럼프플로우가 60cm 이상으로 나타나 상당히 우수한 결과를 보이고 있다.

4.3 슬럼프 경시변화

지연제 첨가율에 따른 슬럼프의 경시변화를 표4와 그림1에 나타내었다. 유동화제 첨가율이 1.0%인 경우에는 혼합 완료후 30분까지 목표 슬럼프 21 ± 3 cm를 만족하는 것으로 나타났으나 30분 이후부터 감소율이 커지는 경향을 보이고 있는 반면, 유동화제 첨가율 1.5%인 경우에는 지연제 첨가율이 0%인 경우를 제외하고는 대체로 1시간까지의 측정값이 목표 슬럼프를 모두다 만족하는 것으로 나타났다.

4.4 슬럼프플로우 경시변화

유동화제 첨가율과 시간 경과에 따른 슬럼프플로우 변화를 표5와 그림2에 나타내었다.

유동화제 첨가율 1.0, 1.5%인 경우의 시간 경과에 따른 슬럼프플로우의 변화는 혼합 30분 이후부터 감소율이 커지고 있으나 대체적으로 모두 양호한 것으로 나타났다.

유동화제 첨가율 1.0%인 경우에는 지연제 첨가율이 0%, 0.5%인 경우 30분 이후에서는 슬럼프플로우의 목표치인 60 ± 5 cm에 미달하는 값을 보이는 반면 유동화제 첨가율 1.5%에서는 지연제 첨가량이

0%인 경우를 제외하고는 대체로 모두다 목표값을 상회하는 것으로 나타났다.

표4. 경시변화에 따른 슬럼프 측정결과(단위:cm)

경과시간 배합기호	혼합 직후	10분	20분	30분	40분	50분	60분
P1.0-R0.0	20	20	18	16	15	14	12
P1.0-R0.5	22	22	20	18	18	15	13
P1.0-R1.0	22	22	22	20	19	19	16
P1.0-R1.5	23	22	22	21	21	20	19
P1.5-R0.0	21	21	20	18	16	14	11
P1.5-R0.5	23	23	22	21	20	20	18
P1.5-R1.0	25	25	24	24	22	23	21
P1.5-R1.5	25	26	25	23	20	21	21

표5. 경시변화에 따른 슬럼프플로우 측정결과(단위:cm)

경과시간 배합기호	혼합 직후	10분	20분	30분	40분	50분	60분
SP1.0-P0.0	55	55	53	52	50	48	45
SP1.0-P0.5	59	58	57	55	55	52	50
SP1.0-P1.0	60	60	60	58	58	56	53
SP1.0-P1.5	62	61	60	60	58	57	54
SP1.5-P0.0	59	58	57	57	55	50	50
SP1.5-P0.5	61	61	59	59	57	56	54
SP1.5-P1.0	63	62	62	60	61	58	55
SP1.5-P1.5	60	60	58	58	57	55	55

* P - 유동화제, R - 지연제

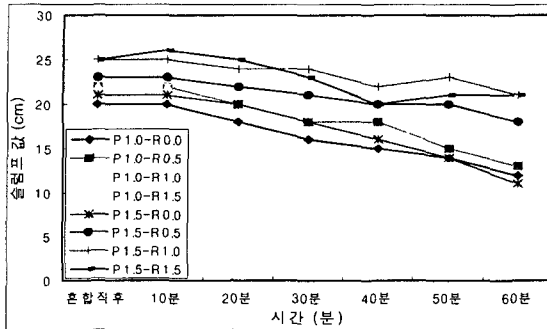


그림 1 경시변화에 따른 슬럼프 측정결과 (단위 : cm)

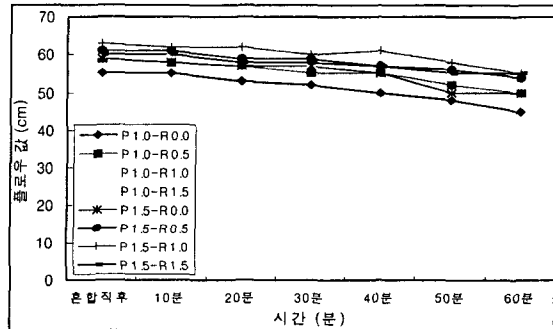


그림 2 경시변화에 따른 슬럼프플로우 측정결과 (단위 : cm)

4.5 압축강도

표준수준양생한 콘크리트의 압축강도 실험결과를 표6에 나타내었다.

표6. 압축강도 측정결과 (단위:kgf/cm²)

시험체	재령	7일	14일	28일
SP1.0-P0.0		233	299	331
SP1.0-P0.5		220	265	315
SP1.0-P1.0		216	259	327
SP1.0-P1.5		240	278	362
SP1.5-P0.0		203	269	328
SP1.5-P0.5		198	231	295
SP1.5-P1.0		208	242	304
SP1.5-P1.5		236	283	382

유동화제가 0%, 0.5%인 경우의 압축강도는 슬럼프와 슬럼프 플로우가 목표값에 미치지 않았기 때문

에 강도측정에서 제외하기로 하였다.

표에 나타난 것처럼 유동화제를 첨가한 경우 압축강도가 베이스 콘크리트에 비해 다소 증진되어 기존의 연구결과와 유사한 경향을 나타내었으며, 유동화제 첨가율이 높아질수록 강도가 다소 증가되거나 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

5. 결론

콘크리트를 선 타설한 후 철골, 철근을 근입해야 하는 점을 고려하여 충분한 유동성 및 강도를 발현할 수 있는 고유동 콘크리트를 기초부위에 타설하기 위해 콘크리트의 기초실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 유동화제 첨가율에 따른 실험결과 유동화제 첨가율 1.0%이상에서 대체적으로 모두 20cm 이상의 상당히 양호한 슬럼프값을 보였으며, 슬럼프플로우가 60cm 이상으로 나타나 상당히 우수한 결과를 보였다.

(2) 지연제 첨가율에 따른 슬럼프의 경시변화는 유동화제 첨가율이 1.0%인 경우 혼합 완료후 30분까지는 목표 슬럼프 21 ± 3 cm를 만족하는 것으로 나타났으며, 유동화제 첨가율이 1.5%인 경우에는 지연제 첨가율이 0%인 경우를 제외하고는 대체로 1시간 내의 모두 목표 슬럼프에 만족하는 것으로 나타났다.

(3) 유동화제 첨가율과 시간 경과에 따른 슬럼프플로우 변화는 유동화제 첨가율이 1.0%인 경우에서 지연제 첨가율이 0%, 0.5%인 경우 30분 이후에서는 슬럼프플로우의 목표치인 60 ± 5 cm에 미달하는 값을 보이는 반면 유동화제 첨가율이 1.5%인 경우에는 지연제 첨가량이 0%인 경우를 제외하고는 대체로 모두다 목표값을 상회하는 것으로 나타났다.

(4) 압축강도는 유동화제를 첨가한 경우 베이스 콘크리트에 비해 다소 증진되어 기존의 연구결과와 유사한 경향을 나타내었으며, 유동화제 첨가율이 높아질수록 강도가 다소 증가되거나 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

이상에서와 결과에서와 같이 유동화제 및 지연제의 첨가량의 적정배합에 의해 경시변화에 따른 슬럼프의 손실을 효율적으로 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 정상진 외, 건축재료실험, 형설출판사, 1995.2.
2. 최응규 외, “합성강관 충전용 고강도-초유동 콘크리트의 현장적용에 관한 연구”, 한국콘크리트학회 봄학술 발표논문 제8권 1호, 1996.
3. 西山直洋洋 外 2人, “構眞柱の建翔る時の貫入抵抗値に關する實驗研究”, 日本建築學 學術講演梗概集, 2000.
4. 境 敏保 外 5人, “逆打ちコンクリート工法にける高流動コンクリートの壁への適用實驗”, 日本建築學會大會學 術講演梗概集, 1996.9.
5. 柿崎正義 外 4人, “逆打ちコンクリート工法に伴う地下階柱・壁への高流動コンクリートの適用”, 日本建築