

초음파를 이용한 역타기둥 이음부의 공극특성에 관한 연구

A Study on Void Characteristics with V-meter in Top-Down Column Joint Part.

이 영 도* 정 상 진**
Lee, Young-Do Jung, Sang-Jin

Abstract

When top down method is used, it could be a construction method trouble in column joint, between the former concrete and the latter.

It could bring a void and weak concrete in column. The purpose of this study is finding a way to prevent concrete void and concrete suitable for top down , through V-metering for top down column and concrete experiment.

To minimize the void of reverse placement joint, It is more effect to use the sheath method then direct method in concrete placement.

키워드 : 역타설, 초음파탐사, 콘크리트, 공극, 시스템

Keywords : Top-Down, V-metering, concrete, Void, Sheath method

1. 서 론

최근에 이루어지는 대도시에서의 건축공사는 대형화, 복잡화, 다기능화, 되어가고 있으며 부지의 부족과 고지가, 용적률, 주차장 확보 등의 문제로 지상층은 고층화 되어가고 지하층은 지하굴착 깊이가 깊어지고 있다.

또한 매립부지와 하천주변 등 지금까지 건물신축부지로 이용이 불가능했었고 지질조건이 좋지 않은 부지에서 건축공사 진행으로 지하토공사가 매우 어렵고 위험하여 안전한 공사계획 및 시공이 한층 더 요구되고 있다.

특히 도심시가지에서는 기존건물과 구조물이 부지경계선 아주 가까이 근접하게 계획되어 보통의 지하 토공사 및 흙막이 공법으로는 주변건물과 인근에 피해를 줄 수밖에 없는 상황으로 공사안전성의 확보에 어려움이 있으며 주변민원에 대비할 수 없는 것이 현실이다.

지금까지 사용해온 토류벽 지지공법은 크게 어스앵커(Earth Anchor)공법과 버팀대(Strut)공법으로 나눌 수 있다. 어스앵커공법은 인접건물 지하실과 공공구조물로 인하여 앵커를 시공할 수 없는 경우와 인접지하부분의 임의사용 불가 등의 이유로 적용이 불가능한 경우가 많으며, 버팀대공법은 지하구조물시공의 어려움과 Strut의 변형과 좌굴로 인한 인접건물의 균열과 침하 및 변위발생 등의 위험성으로 인하여 시공을 기

피하는 경우가 발생하고 있다.

TOP-DOWN공법은 건축물의 지하구체를 시공하면서 지상층 공사를 병행할 수 있는 공법의 하나로 우선 Slurry Wall을 시공하여 지하외벽을 축조한 뒤에 RCD 공사로 지하의 철골기둥을 설치한다.

1층의 보, 슬래브를 시공한 후 그 하부의 지반을 굴착하고 지하 1층 바닥구조를 시공하는 과정을 반복하여 하부층으로 진행, 최후에 기초보를 시공하여 구조체를 완성시키는 공법으로 그 중간에 타설 되어지지 않은 지하층의 기둥과 옹벽을 타설하게 되는데 여기서 역타설이 이루어진다.

그러나 역타설 기둥의 신, 구 콘크리트 이음부위는 콘크리트자체의 재료적 특성과 하부 기둥콘크리트를 선타설된 상부콘크리트 면에 밀어올려 접착시키는 시공방법상의 문제로 인하여 공극발생의 우려가 있음에도 불구하고 원인규명 및 보완 대책수립의 노력이 부족하고 이에 대한 연구도 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 역타설에 사용되는 콘크리트 종류 및 타설방법에 따라 발생하는 이음부분의 공극을 초음파 탐사로 규명하여 공극제거에 도움이 되는 방법을 도출하기 위한 기초자료로 사용하고자 한다.

2. 배 합

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 실험에 사용된 시멘트는 KS L 5201에 규정된 국내산 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

* 정회원, 경동대 건축공학부 교수, 공학박사

** 정회원, 단국대 건축공학과 교수, 공학박사

본 연구는 2001학년도 경동대학교 학술연구비 지원에 의하여 수행되었음

2.1.2 골재

본 실험에 사용된 잔골재는 북한강산으로 최대직경 5mm이하로 입도 조정하였고, 굵은골재는 경기도 광주 석산의 쇄석으로 최대직경 20mm이하로 입도조정하여 사용하였다.

2.1.3 혼화제

본 실험에 사용된 혼화제는 국내 J사의 폴리카본산계 고성능 AE감수제를 사용하였으며, 점성 증가를 위해 증점제는 국내 J사의 Phoenix-v를 사용하였다.

2.1.4 플라이애쉬

본 실험에 사용된 플라이애쉬는 보령산 F급으로 KS L 5405 규정에 적합한 것을 사용하였다.

2.2 배합계획

본 실험에 사용한 콘크리트는 일반공사에 사용하는 일반콘크리트와 역타공사에 많이 채용하고 있는 보통콘크리트에 유동화제를 혼합한 고유동 콘크리트, 유동성과 접착력이 우수하여 역타설에 가장 적합한 고성능 콘크리트를 실험에 사용하였다. 실험에 사용한 배합은 물시멘트비 50%, 단위수량 180kg/m³, 잔골재율 47%인 일반 콘크리트 배합과 여기에 고성능 감수제를 사용한 고유동 콘크리트 배합, 그리고 점성과 유동성을 고려하여 증점제와 플라이애시를 첨가한 고성능 콘크리트로 배합을 계획하였다.

본 실험의 배합계획을 표 1에 나타내었다.

표 1. 콘크리트 배합

종류	물시멘트비 (%)	고성능감수제 첨가율 (C×%)	잔골재율 (%)	FA 첨가율 (%)	단위량(kg/m ³)						고성능감수제	AE제	증점제
					W	C	FA	S	G				
일반	50	-	0.47	-	180	360	-	804	917	-	0.54	-	
고유동	50	1.0	0.47	-	180	360	-	804	917	3.6	0.54	-	
고성능	45	4.5	0.42	0.3	161	358	107	701	940	16.1	0.48	0.16	

3. 실험방법

3.1 몰드 제작

역타설 기둥 이음부위의 공극 상태를 조사하기 위한 공식체를 타설하기 위하여 두께 10mm투명아크릴로 250×250×400mm의 몰드를 제작하였다. 또한 타설방법에 따라 전과속도에 차이가 있을 것으로 예상하여 직접타설(사진1) 몰드와 시스타설(사진2) 몰드로 구분하였다.

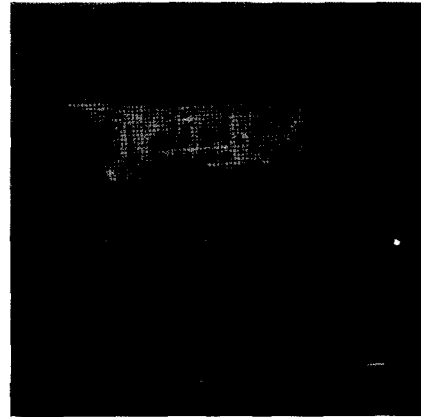


사진 1. 직접타설 몰드

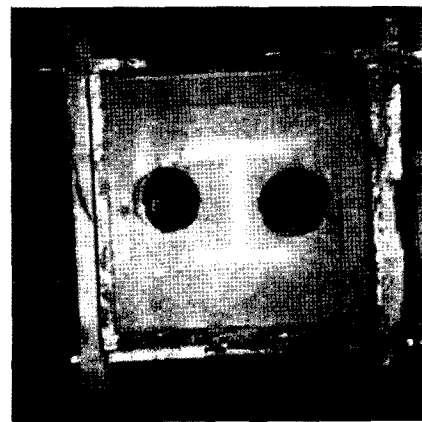


사진 2. 시스타설 몰드

몰드내에는 역타설 상황과 동일한 환경으로 H형강 기둥 역할을 하는 H형 목재기둥을 설치하고 상하로 고정하였으며 타설시 측압에 대비하여 2개의 크램프로 몰드를 고정하였다.

역타설 전의 상부콘크리트를 완성하기 위하여 몰드를 뒤집어 놓고 콘크리트를 두께 100mm로 타설하여 선타설된 상부 콘크리트를 완성한다.

그 후 역타설 방법 중 2가지인 직접법과 시스타설 방법으로 몰드에 콘크리트를 역타설 하는데 각각 타설방향을 웨브방향과 플랜지 방향으로 타설하여 시험체를 제작하였으며 이음부위 면은 평면으로 하였다.(그림1)

3.2 초음파탐사

역타설 상·하 이음부위의 공극을 조사하기 위하여 초음파 탐사기를 이용하여 측정하였다. 측정시에는 대상면과 단자와의 접촉을 밀접히 하기 위하여 그리스를 도포해서 접촉부에 있는 공기를 쫓아내어 단자를 밀착하도록 설치하였고, 설치방법은 발·수신단자를 대향면에 설치한 직접투과법으로 하여 공극의 여부 및 내부결함을 판단하였고 각 실험조건에 따른 비교를 하였다.

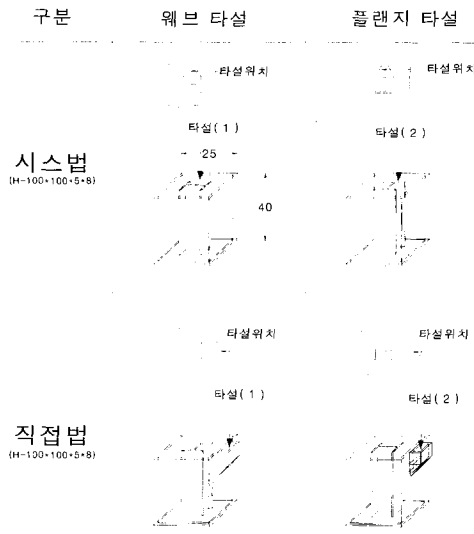


그림 1. 타설방법과 타설방향

콘크리트의 전파속도 $V(m/s)$ 는 다음 식에 의해 계산하였다.

$$V = L / T$$

여기서, L 은 진동자간의 거리(m), T 는 콘크리트내의 전파시간(sec)이다.

4. 타설방법에 따른 속도분석

초음파 탐사를 위한 시험체는 콘크리트를 역타설하여 상부, 하부의 이음부가 생성된 상태에서 직각방향으로 양편에서 진자를 접촉시켜 전파속도를 측정하였다. 또한 콘크리트 종류별 건전타설 전파속도는 하부 콘크리트의 횡방향으로 진자를 접촉시켜 4개소의 전파속도를 평균하여 산출하였다.

초음파탐사기를 이용한 시험의 결과를 표 2, 표 3 및 표 4에 나타내었다.

시험결과에 의하면 콘크리트 타설위치 측과 타설반대측에 있어 전파속도의 차이는 타설위치측이 빠르게 나타나고 있는데 이것은 타설측 하부가 보다 밀실하게 타설되어 공극이 적은 것을 나타내고 있는 것이다. 또한 각 배합별, 타설방법, 타설위치에 따라 다른 결과를 보이고 있다.(그림 2)

콘크리트 종류별로는 고성능, 고유동, 일반 콘크리트의 순서로 전파속도가 빠르게 나타나고 있다. 이것은 유동성이 좋은 순서로서 역타설의 조건상 당연한 결과로 판단된다.

타설방법인 시스템과 직접법을 비교하면 시스템으로 타설한 시험체의 전파속도가 빨라 공극이 적음을 알 수 있었고, 웹과 플랜지 방향에서 타설한 시험체에

어서는 유사한 수준을 보이고 있다.

각 배합에서의 평균값을 살펴보면, 가장 빠른 전파속도는 고성능 콘크리트의 시스템플랜지 타설은 3404.9m/sec, 가장 느린 전파속도는 일반콘크리트의 직접법웹 타설에서는 1407.2m/sec로 나타났다.

표 2. 일반 콘크리트의 초음파탐사 결과

구분	측정 위치	전파 거리(L) (m)	전파 시간(T) (μ sec)	전파 속도(V) (m/sec)	평균 전파속도(V) (m/sec)
일반 시스템 웹	1	0.251	115	2182.6	2082.6
	2	0.251	126.6	1982.6	
	3	0.251	168	1494.0	1476.7
	4	0.251	172	1459.3	
일반 시스템 플랜지	1	0.230	138.2	1664.3	1598.3
	2	0.230	150.1	1532.3	
	3	0.230	173.4	1326.4	1278.2
	4	0.230	187	1229.9	
일반 직접법 웹	1	0.226	160.8	1405.5	1626.0
	2	0.226	122.4	1846.4	
	3	0.226	185.6	1217.7	1188.4
	4	0.226	195	1159.0	
일반 직접법 플랜지	1	0.219	158.6	1380.8	1465.4
	2	0.219	141.3	1549.9	
	3	0.219	162.7	1346.0	1539.3
	4	0.219	126.4	1732.6	

※ 타설1, 2 : 타설위치측, 타설3, 4 : 타설반대측

고성능 콘크리트 시험체의 초음파 탐사결과 평균전파 속도에서 시스템플랜지(3404.9m/sec)와 직접법플랜지(3186.4m/sec)의 차이는 218.5m/sec로 공극의 편차가 비교적 적게 나타나고 있다.

이것은 자체의 충전성능이 우수하여 모두 빠른 전파속도를 나타내고 있으며, 고성능 콘크리트에서는 타설방법에 따라서 전파속도가 큰 영향을 받지 않고 있음을 보여주고 있고, 타설 방법별 모두가 근사치를 나타내고 있어 이음부분의 공극을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

일반콘크리트 시험체의 초음파 탐사결과 균전파속도에서 시스템웹타설(1779.7m/sec)과 직접법웹타설(1407.2m/sec)의 차이가 372.5m/sec로 가장 크지만 고성능, 고유동에서 보다는 차이가 적은 것으로 나타났다.

또한 건전타설 일반콘크리트의 전파속도가 3580.4m/sec인 것을 감안하면 내부의 공극이 상당히 존재할 것이라는 것을 파악할 수 있고 방법별 속도의 차이가 적어 일반콘크리트로는 어떠한 방법으로 타설하여도 공극을 줄일 수 없을 것으로 판단된다.

고유동 콘크리트 시험체의 초음파 탐사결과 평균전파 속도에서 두드러진 현상은 시스템플랜지(3315.5m/sec)와 직접법웹(1501.7m/sec)와의 차이가 1813.8m/sec (55% 차이)로 고유동 콘크리트에서는 타설방법의 선택에 따라

공극을 상당부분 줄일 수 있음을 나타내고 있다.

건전타설 고유동콘크리트의 전파속도가 3694.9m/sec 인것과 비교하면 시스법을 이용하는 것이 공극을 줄일 수 있는 최선의 방법이 될 것으로 판단된다.

표 3. 고성능 콘크리트의 초음파탐사 결과

구분	측정 위치	전파 거리(L) (m)	전파 시간(T) (μ sec)	전파 속도(V) (m/sec)	평균전파속도(V) (m/sec)
고유동 시스법 웹	1	0.201	63	3190.5	3066.7
	2	0.201	68.3	2942.9	
	3	0.201	68.5	2934.3	2951.6
	4	0.201	67.7	2968.9	
고유동 시스법 플랜지	1	0.241	74	3256.8	3325.6
	2	0.241	71	3394.4	
	3	0.241	74.6	3230.6	3305.3
	4	0.241	71.3	3380.0	
고유동 직접법 웹	1	0.240	138	1739.1	1588.1
	2	0.240	167	1437.1	
	3	0.240	158	1518.9	1415.2
	4	0.240	183	1311.5	
고유동 직접법 플랜지	1	0.236	119	1983.2	1995.8
	2	0.236	117.5	2008.5	
	3	0.236	121	1950.4	1867.1
	4	0.236	132.3	1783.8	

※ 타설1, 2 : 타설위치측, 타설3, 4 : 타설반대측

고성능 콘크리트 시험체의 초음파 탐사결과 평균전파속도에서 시스법플랜지(3404.9m/sec)와 직접법플랜지(3186.4m/sec)의 차이는 218.5m/sec로 공극의 편차가 비교적 적게 나타나고 있다. 이것은 자체의 충전성

표 4. 고성능 콘크리트의 초음파탐사 결과

구분	측정 위치	전파거리(L) (m)	전파시간(T) (μ sec)	전파속도(V) (m/sec)	평균전파속도(V) (m/sec)
고성능 시스법 웹	1	0.285	82.4	3458.7	3510.6
	2	0.285	80.0	3562.5	
	3	0.285	86.4	3298.6	3287.3
	4	0.285	87.0	3275.9	
고성능 시스법 플랜지	1	0.235	69.6	3376.4	3378.9
	2	0.235	69.5	3381.3	
	3	0.235	69.0	3405.8	3430.8
	4	0.235	68.0	3455.8	
고성능 직접법 웹	1	0.228	66.2	3444.1	3413.5
	2	0.228	67.4	3382.8	
	3	0.228	86.0	2651.2	3120.9
	4	0.228	63.5	3590.5	
고성능 직접법 플랜지	1	0.227	70.4	3224.4	3199.6
	2	0.227	71.5	3174.8	
	3	0.227	72.4	3135.4	3173.1
	4	0.227	70.7	3210.7	

※ 타설1, 2 : 타설위치측, 타설3, 4 : 타설반대측

능이 우수하여 모두 빠른 전파속도를 나타내고 있으며, 고성능 콘크리트에서는 타설방법에 따라서 전파속도가 큰 영향을 받지 않고 있음을 보여주고 있고, 타설방법별 모두가 근사치를 나타내고 있어 이음부분의 공극을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

배합별 전파속도 순서는 고성능, 고유동, 일반 콘크리트의 순이며 일반 콘크리트에서 건전타설 콘크리트와의 전파속도가 상당히 많은 차이를 보이고 있어 공극이 가장 많이 분포되어 있는 것으로 판단된다. (표 5)

모든 배합에서 시스법이 빠른 속도를 나타내고 있으며 플랜지와 웹방향에서는 대체적으로 웹방향에서 타설한 시험체가 빠른 전파속도를 나타내고 있다.

표 5. 콘크리트 종류별 평균전파속도(m/sec)

구분	시스법 웹		시스법 플랜지		직접법 웹		직접법 플랜지		
	타설측	반대측	타설측	반대측	타설측	반대측	타설측	반대측	
일반	속도	2082.6	1476.7	1598.3	1278.2	1626.0	1188.4	1465.4	1539.3
	평균	1779.7		1438.3		1407.2		1502.2	
		1609.0				1454.7			
		1531.85							
고유동	속도	3066.7	2951.6	3325.6	3305.3	1588.1	1415.2	1995.8	1867.1
	평균	3009.2		3315.5		1501.7		1931.5	
		3162.35				1716.6			
		2439							
고성능	속도	3510.6	3287.3	3378.9	3430.8	3413.5	3120.9	3199.6	3173.1
	평균	3398.9		3404.9		3267.2		3186.4	
		3401.9				3226.8			
		3314.35							

그러나 이음면이 평면인 상태이고 기둥 속의 H철골 기둥이 콘크리트 흐름을 방해하므로 공기포의 배출이 어려워 이로 인한 공극이 남아있을 것으로 판단된다.

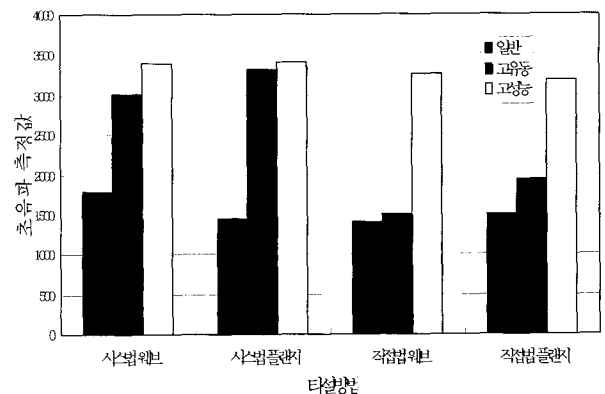


그림 2. 종류별 초음파탐사 결과

5. 결 론

역타설기둥의 이음부분에 발생할 수 있는 공극의 성상을 타설방법과 타설방향 그리고 콘크리트종류별로 나누어 초음파 전파속도를 이용하여 조사분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 공극조사용 시험체를 초음파 탐사를 통하여 분석한 결과 타설위치측이 타설반대측보다 빠른 전파속도를 나타내고 있어 공극이 상대적으로 적은 것으로 판단된다. 이는 역타설기둥의 콘크리트 타설시에는 기둥의 양방향에서 타설해야 함을 보여주고 있다.

2) 콘크리트의 종류별로는 고성능(3314.4m/sec), 고유동(2439.5m/sec), 일반 콘크리트(1531.9m/sec) 순서의 속도를 나타내고 있어 고성능콘크리트에서 공극이 적게 발생함을 알 수 있었다.

3) 현장에서 주로 사용하는 고유동 콘크리트를 사용한 시험체의 초음파탐사 평균 전파속도에서는 시스템이 직접타설 보다 80%정도의 높은 속도가 나타나고 있으므로 현장에서 역타설방법의 선택시에 고려되어야 하나 이음면이 평면일 경우 공기포가 제거되지 않아 공극이 존재할 수 있다.

4) 초음파탐사에서 시스템 타설이 공극이 가장 작게 나타나 역타설 방법 중에서 가장 합당한 타설법이라고 판단되며 역타설기둥의 양방향에서 균등하게 타설하는 것이 중요하다.

참 고 문 헌

1. 정상진 외 4인, 역타공법 적용을 위한 콘크리트 강도성상 연구, 한국콘크리트학회 가을학술발표논문집 제 10권 2호, 1998.11
2. 이영도 외 3인, 역타설 콘크리트의 유동성과 강도에 관한 실험적 연구, 대한건축학회논문집, 16권 2호, 2000.2
3. 주택공사, "초음파법에 의한 PC 집합부 품질관리방안에 관한 기초적 검토", 1993.7
4. 한국콘크리트학회, "콘크리트 구조물의 비파괴 조사 및 안전진단", 1993
5. 일본콘크리트공학협회, "콘크리트 구조물의 비파괴 시험법 연구위원 보고서", 1992.3
6. 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, 日本建築學會技術報告集 第1号, 1995.2