

초고층 건축물 대형기초의 시공 사례 (바레트 말뚝 중심)

A Construction Case of Massive Foundation for High Rise Building (A Case of Barrette Pile)

정경환¹⁾, Gyong-Hwan Joeng, 정동영²⁾, Dong-Young Jung, 문준배³⁾, Jun-Bai Moon, 김동준⁴⁾, Dong-Jun Kim

¹⁾ (주)동아지질 대표이사, CEO, Dong-A Geological Engineering Co., LTD

²⁾ (주)동아지질 상무, Managing Director, Dong-A Geological Engineering Co., LTD

³⁾ (주)동아지질 차장, Deputy General Manager, Dong-A Geological Engineering Co., LTD

⁴⁾ (주)동아지질 대리, Assistant Manager, Dong-A Geological Engineering Co., LTD

SYNOPSIS : The trend of current urban redevelopment and new city development project shows that the superstructure of building is getting larger and higher in consequence of a limited plottage condition and the preference of landmark. For this reason, it is definitely required to extend pile diameter and install the pile in deep foundation to support superstructure.

The pile method causes construction-related problems such as increasing quantities, difficulty of storage & transportation material and decreasing design load while construct pile in deep foundation. The Bored Pile method has applied to minimize those problems. As above shown, this article will be presented construction case study of Barrette Pile and R.C.D in order to make a counterproposal for the quality control of a large building foundation work.

주요어 : 초고층 빌딩, 대형기초, 바레트 말뚝, R.C.D 말뚝, 품질관리

1. 서론

최근 도심지 재건축 및 대단위 신도시 건설공사에서는 협소한 부지여건과 랜드마크 건축물을 선호하는 관계로 상부 건축물의 규모가 대형화 및 초고층화 되는 추세이다. 이는 상부 건축물의 하중을 지지할 수 있도록 말뚝의 단면 확대와 대심도 시공이 절대적으로 요구된다. 또한, 산악지형에 대규모 교량기초 설치시 말뚝 설치를 위한 자재의 운반과 보관 등을 고려했을 때 현장타설말뚝의 필요성은 더욱 증대된다. 이렇듯 기존 기성말뚝 적용시 시공분수의 증가, 대심도 시공시 시공이음에 따른 설계하중 감소, 말뚝 향타로 인한 소음, 자재의 운반 및 보관 등의 문제점이 발생되며, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 현장타설말뚝이 적용되고 있다.

한편, 상부 건축물과 함께 지하층 구조물 또한 고층화가 되어 지하굴토시 벽체 강성이 큰 지하연속벽의 적용이 증가되고 있는 추세이다. 지하연속벽 공법(Diaphragm wall)은 Barrette 말뚝과 시공법이 유사한 하여, 대형화 및 대심도, 도심지 공사시 두 공법을 연계하여 적용하는 사례가 증가하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 현장타설말뚝 중 Barrette 말뚝의 시공 사례와 함께 R.C.D(Reverse Circulation Drill) 말뚝 시공 사례를 소개하고, 이러한 대형기초의 현장품질관리 방안과 향후 개선방안을 도출하고자 한다.

2. 대구경 현장타설말뚝 소개

2.1 개요

기계굴착에 의한 대구경 현장타설 말뚝은 상부 구조물의 하중을 지지층에 전달시키기 위해 기계에 의한 굴착과 케이싱 또는 안정액 등으로 공벽을 유지한 후 그 Hole속에 H-beam, 강관, 철근망 등과 같은 보강재를 삽입하고, 트레미관을 사용하여 콘크리트를 타설하여 말뚝을 조성하는 공법이다. 이러한 대구경 현장타설 말뚝공법은 기계굴착법과 공벽유지법 등에 따라 여러 가지 공법이 있으나 크게 All casing 공법, Earth Drill 공법, R.C.D 공법, Barrette 공법 등이 있다.

2.2 특징

2.2.1 RCD Pile

R.C.D(Reverse Circulation Drill) pile은 청수나 안정액을 이용하여 공내 정수압을 유지하여 공벽을 보호해 가면서 굴착하는 공법으로서 굴착토사가 굴착 선단으로부터 드릴 파이프의 내부를 통하여 지상으로 순환된다. 한편, R.C.D pile 공사는 청수(淸水)를 사용하되, 공벽의 붕괴를 방지하기 위하여 케이싱을 토사층까지 근입시키며, 압층에서는 공내 정수압을 유지함으로써 굴착이 가능한데, 이는 올 케이싱(All casing) 공법 또는 베네토(Beneto) 공법과 유사하다.

2.2.2 Barrette Pile

Barrette pile은 1960년대 중반 유럽에서 대구경 현장타설말뚝의 대안으로 고안된 공법으로 현재 프랑스, 태국 및 홍콩 등지의 건축 및 교량공사에 주로 사용되고 있다. 일반적으로 Barrette pile는 횡방향 하중이나 휨모멘트가 큰 구조물에 유용한 것으로 알려져 있으며, 규격에 따라 1분당 10~30 MN 정도의 연직하중을 기초지반에 전달할 수 있는 기초이다. 기초형상은 폭(w) 0.5~1.5m, 길이(L) 1.8~3.0m를 기본으로 L형, T형, 직사각형 및 십자형 등이 있으며, 지하연속벽(Diaphragm wall)과 동일한 BC cutter 장비 조합으로 시공된다.

Barrette pile은 직사각형 단면으로 시공성이 양호하고 작용하중이 큰 대형구조물 기초공사에 적용시 유리하며, 현장타설말뚝에 비해 시공속도가 빨라 공기단축을 기대할 수 있고, 무소음·무진동 공법이므로 도심지 공사시 민원발생을 최소로 할 수 있다. 또한, 연직 지지력 및 수평 지지력의 분당 지지력이 다른 현장타설말뚝 보다 크므로 말뚝의 시공본수를 줄일 수 있다.

2.3 지지력 산정식

대구경 현장타설말뚝의 지지력 산정은 주로 미국이나 캐나다의 지반을 대상으로 연구된 성과를 국내에서도 동일하게 적용되며, 지반의 구성과 성질이 다른 국내의 경우 이론식에 의한 극한지지력은 실측된 지지력에 비해 상당히 과소평가되는 것으로 알려져 있다(최용규 외, 2000). 지지력산정을 위한 토사 및 암반에 대한 주요 이론을 제안자 별로 요약하면 표 1과 같다.

표 1. 주요 이론 및 기준(천병식 외, 2003)

점 성 토	사 질 토		암 반
	선단지지력	주면마찰력	
-Reese and O'Neill (1988)	-Meyerhof(1971)	-Meyerhof(1971)	-Canadian Geotechnical Society (1985)
-Joseph E. Bowles (1996)	-Reese and Wright (1977)	-Quirios and Reese (1971)	-Peck, Hanson and Thornburn (1974)
-Brajma M. Das (1999)	-Brajma M. Das(1999)	-Touma and Reese (1974)	-Horvath and Kenney(1979)
	-Joseph E. Bowles (1996)	-Brajma M. Das (1999)	-Carter and Kulhawy(1988)
		-Joseph E. Bowles (1996)	-Rosenberg and Journeaux (1976)
			-Reynolds and Kaderabek (1980)
			-Gupton and Logan(1984)
			-Reese and O'Neill(1988)
			-Toh(1989)
			-Crapps(1980)

2.4 국내·외 적용 사례

대구경 현장타설말뚝은 상부구조물의 대형화에 따른 설계하중의 증가로 인하여, pile의 대형화 및 대심도가 요구되고 있는 실정이다. 이에 Barrette pile은 외국에서는 광범위하게 적용되었으나, 국내 적용사례는 미비한 실정이다. 따라서 최근 경향을 고려했을 때 Barrette pile에 대한 활발한 연구가 요구된다.

2.4.1 국내 시공사례

Barrette pile의 국내 적용사례는 표 2와 같다.

표 2. 국내 Barrette pile 적용 사례

공사명	Barrette 규격 (T, mm)	설치심도 (m)	구분
행주대교	800	-	교량
여의도 러키금성 쌍둥이 빌딩	800	34	건축
상계동 미도파백화점 환승센터	800	16.5	
브라운스톤 일산 신축공사	1,200	37	
부산시 수협 수산물백화점 신축공사	1,000	16.5	
포항 삼성생명 빌딩 신축공사	1,000	62	
포항 동아백화점 학산점 신축공사	1,000	36	
한국 산업은행 포항사옥 신축공사	1,000	42	
울산 주리원 백화점	1,000	42	
대우 센텀 리더스 마크 신축공사	1,000	40	
대치주공고층아파트 재건축	800	-	
양산지하차도	800	-	
울산 공용터미널 백화점동	-	-	건축
광주은행 본점	-	-	

2.4.2 국외 시공사례

Barrette pile의 국외 적용사례는 표 3과 같다.

표 3. 국외 Barrette pile 적용 사례

국가	공사명	Barrette 규격(B×L)	설치심도(m)	구분
France (1996)	Dole A39 Viaducs Sur Le Doubs Et La LOUE	2.8 × 1.0	28.5	교량
France (1997)	Lille Ep Est Louis XIV	2.7 × 0.62	18	
Hong Kong (1986)	Eastern Harbor Crossing	2.8 × 0.8~1.0	55	빌딩
Hong Kong (1997)	TDD WK25/06 Kowloon West Reclamation	2.8 × 1.2~1.5	70	
Singapore (2006)	Kim Seng Condominium	2.8 × 0.8~1.6	28~40	
Singapore (2007)	Overseas Union House	1.2~2.8 × 1.2~2.8	24~30	교량
Malaysia (1993)	Kuala Lumpur City Centre Petronas Twin Towers	2.8 × 1.2	40~125	
Thailand (1999)	BEEM Tower Project	3.0 × 1.5	55	지하철
Thailand (2000)	Thiam Ruam Mit Station (S12)	3.0 × 1.2	44~55	

2.5 적용성 분석

대구경 현장타설 말뚝 중 Barrette pile은 큰 지지력이 요구되는 경우 그 필요성이 증대되나 최근 건설 경향을 보았을 때 표 4와 같은 장·단점이 있는 것으로 나타났다.

표 4. Barrette pile 적용성

효율성 증대	효율성 감소
<ul style="list-style-type: none"> • 큰 지지력 • 지하연속벽(Diaphragm wall) 공법과 조합시 • Top-down 현장의 column 연직도 확보시 • 도심지 공사시 무소음·저진동 • 향후 상황을 대비한 pile을 column로 적용시 	<ul style="list-style-type: none"> • 작은 하중이 요구되는 경우 • 안정액과 관련된 환경오염이 예상될 경우

3. 대구경 현장타설말뚝 시공사례

대형기초말뚝이 현장 적용성을 평가하기 위하여 Barrette 말뚝과 대구경 R.C.D 말뚝이 적용된 국내 2개의 현장에 대하여 설계와 시공, 재하시험 결과에 대하여 소개하고자 한다.

3.1 현장개요

Barrette 말뚝과 R.C.D 말뚝이 적용된 현장(A)과 R.C.D 말뚝이 적용된 현장(B)의 말뚝채원 및 지반 조건, 상부 건축물의 개요는 그림 1~2, 표 5와 같다.

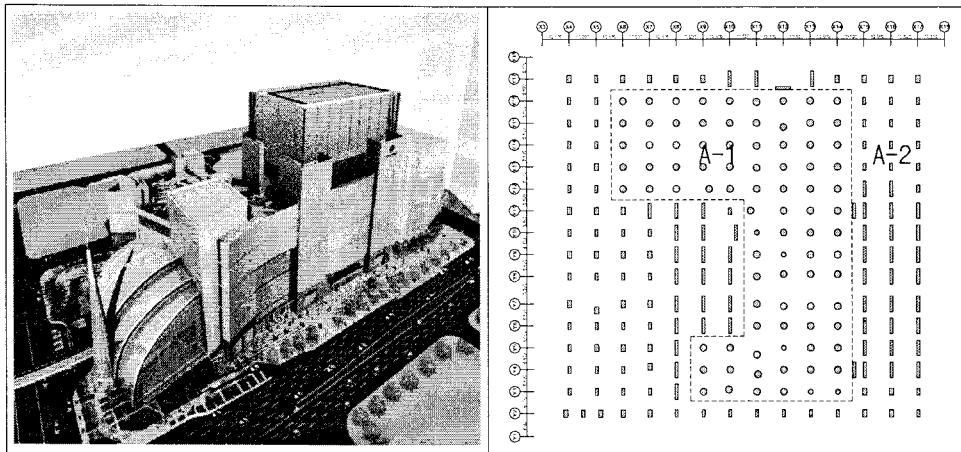


그림 1. 현장 "A"의 조감도 및 말뚝배치도(발체)

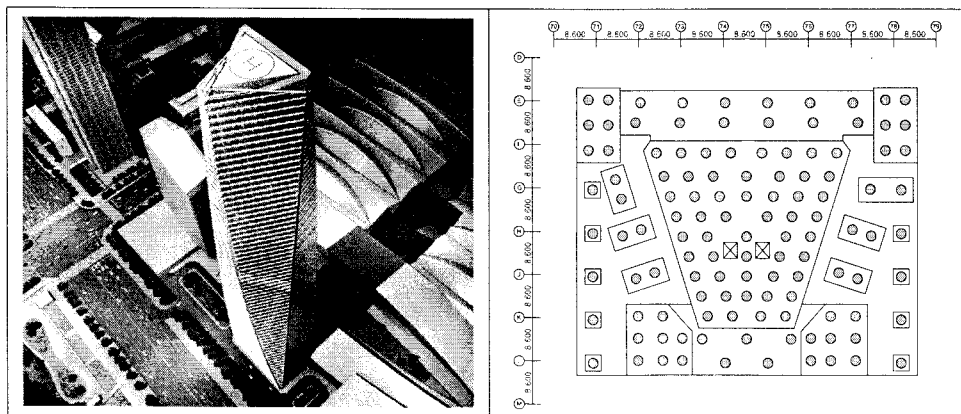


그림 2. 현장 "B"의 조감도 및 말뚝배치도(발체)

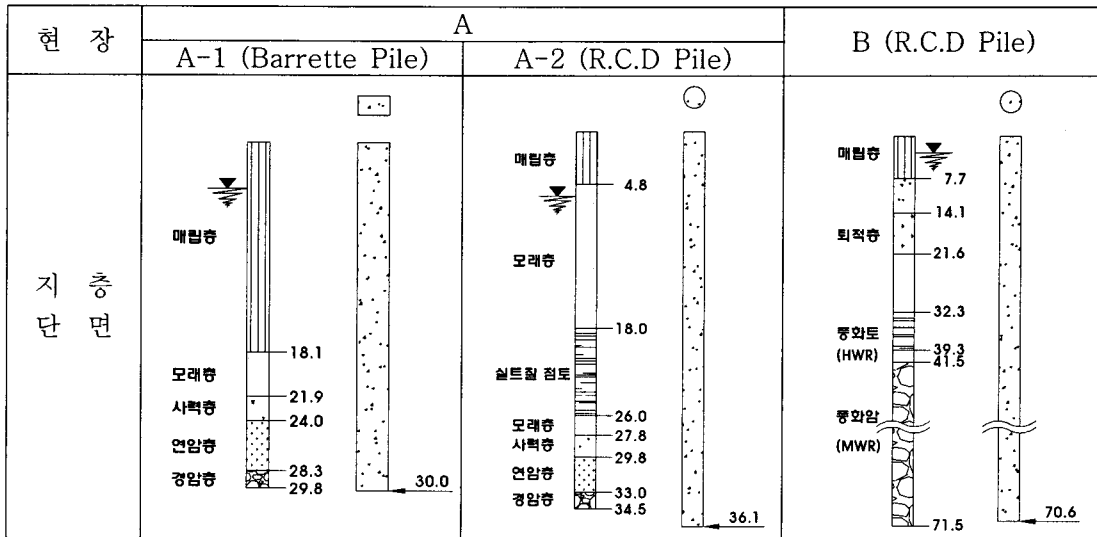
표 5. 대형기초말뚝의 현장 개요

현장	건축물 규모	말뚝 규격	설계 하중 (MN)	콘크리트 호칭강도 (MPa)	설치심도 (m)	비고
A-1	지상 15 층	2.8×1.7 m	14.60	40	30.0	Barrette Pile
A-2	지하 5 층	∅2,000 mm	15.50		31.1	
B	지상 69 층 지하 2 층	∅2,000 mm	35.00	50	70.6	R.C.D Pile

3.2 지층 조건

대구경 현장타설말뚝을 시공한 현장의 지반조사결과 및 말뚝 시공심도는 표 6과 같다.

표 6. 현장 지반 조건



3.3 설계 조건

3.3.1 A 현장

Barrette Pile이 적용된 A-1 현장과 R.C.D Pile이 적용된 A-2 현장의 설계하중은 표 7과 같은 산정식으로 선정되었으며, 선정된 설계하중은 표 5와 같다.

표 7. A 현장에 적용된 지지력 산정식

제안자	산정식		비고
	허용 선단지지력(q_a)	허용 주면마찰력(f_a)	
Teng(1962)	$\left(\frac{1}{5} \sim \frac{1}{8}\right) \times \sigma_c$	-	σ_c : 암반의 일축압축강도 K_{sp} : 경험계수 d : 깊이계수 f'_c : Con'c 설계기준강도 α : 보정계수 β : 감소계수
Landanyi & Roy(1971)	$\sigma_c \times K_{sp} \times d$	-	
Rowe & Armitage(1987)	$0.3 \times \sigma_c$	$0.25 \sqrt{\sigma_c}$	
D'Appolonia et al.(1975)	-	$(0.03 \sim 0.05) \times f'_c$	
Wyllie(1991)	-	$F.S \times \alpha \beta \sigma_c$	
Poulos & Davis(1980)	-	$0.05 f'_c$	

3.3.2 B 현장

R.C.D Pile이 적용된 B 현장의 지반 지내력은 인접현장에서 시행된 재하시험(O-Cell Test)결과 시험 최대하중에 대하여 Pile의 변위량은 6 mm 미만으로 항복 상태에 도달하지 않았으나, 이때를 항복상태로 가정하여 단위면적당 허용 주변마찰력을 산정한 결과 풍화암(HWR, MWR)에서 0.3 MPa로 나타났다. 또한, 지반조사 결과 본 현장의 Drilled shaft의 충하중에 대한 지지 지반이 풍화암에 근입 될 것으로 평가되어, 식 (1)과 같이 풍화암 근입장을 산정하는 방식으로 설계되었으며 그 결과는 표 5와 같다.

$$L = \frac{P_d}{D \times \pi \times f_a} \quad (1)$$

여기서, P_d 는 설계 축하중과 인장하중 중 큰 값(35 MN), L 은 연암층 내 근입장(23.6 m), D 는 R.C.D Pile의 유효경(1.83 m), f_a 는 연암층의 허용 주변 마찰지지력(0.3 MPa)이다.

3.4 현장 시공

3.4.1 Barrette Pile

일반적으로 Barrette pile는 횡방향 하중이나 휨모멘트가 큰 구조물에 유용한 것으로 알려져 있으며, 규격에 따라 1본당 10~30 MN 정도의 연직하중을 기초지반에 전달할 수 있는 기초이다. 기초형상은 폭(w) 0.5~1.5m, 길이(L) 1.8~3.0 m를 기본으로 일자형, L형, T형, 직사각형 및 십자형 등이 있으나 본 현장에서는 일자형으로 시공되었다. 본 말뚝 공법이 적용된 A 현장의 말뚝 시공순서 및 단계별 전경은 그림 3과 같다.

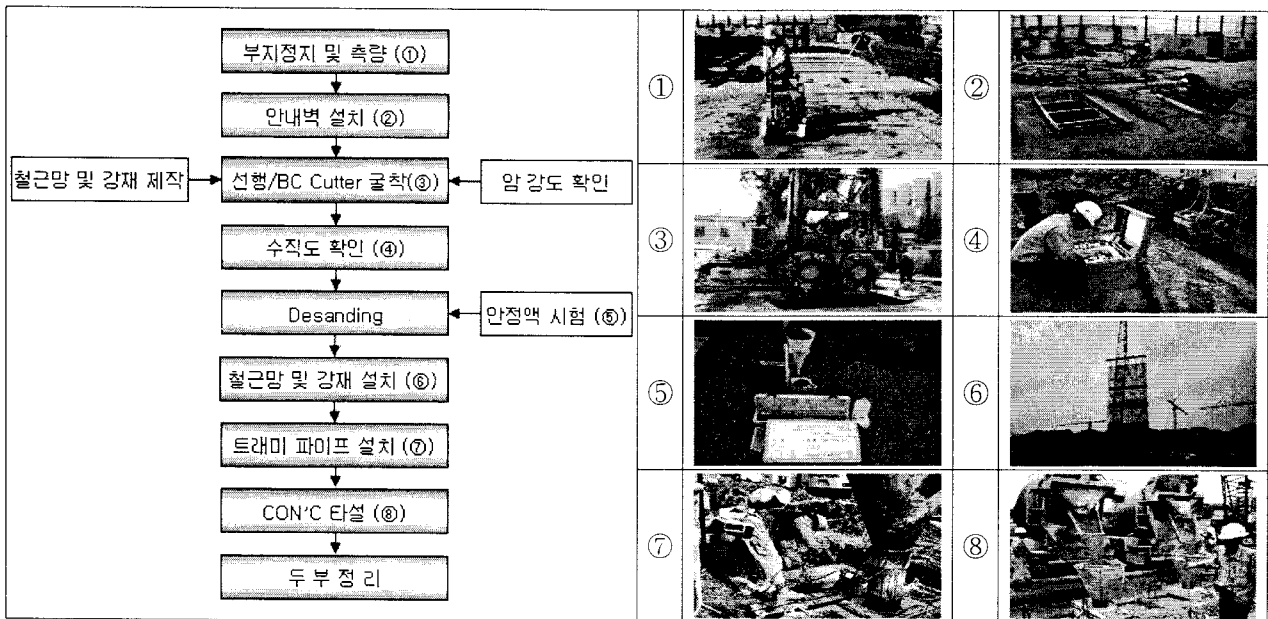


그림 3. "A" 현장 Barrette pile 시공순서 및 단계별 전경

3.4.2 R.C.D Pile

R.C.D Pile은 요동식 굴삭기를 이용하여 대구경(Ø1,000~2,000mm)의 암반, 전석, 사력지반 등과 같은 경질 지반에서 깊게 굴착하여 말뚝을 시공하는 공법으로 종래의 어스오거, 더블 오거, 케이싱오거 등의 공법에서는 불가능 하였던 것이 시공이 가능하고, 시가지 재 개발시에 지하의 철근 콘크리트의 제거에 위력을 발휘한다. 본 공법은 All casing공법으로 Casing tube을 Casing jack본체로 요동회전 하면서 삽입하여 경질지반 등을 빠르게 굴착하고 내부의 토사는 Hammer grab와 BG-40으로 굴착하는 공법이다. 본 말뚝 공법이 적용된 B 현장의 말뚝 시공순서 및 단계별 전경은 그림 4와 같다.

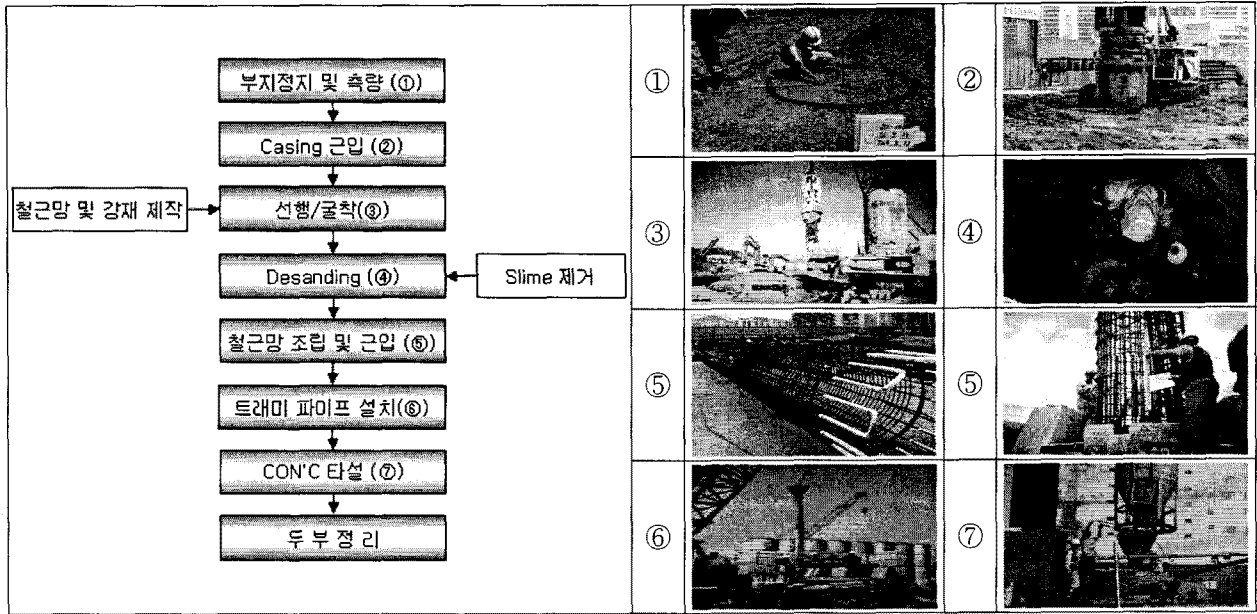


그림 4. "B" 현장 R.C.D 말뚝 시공순서 및 단계별 전경

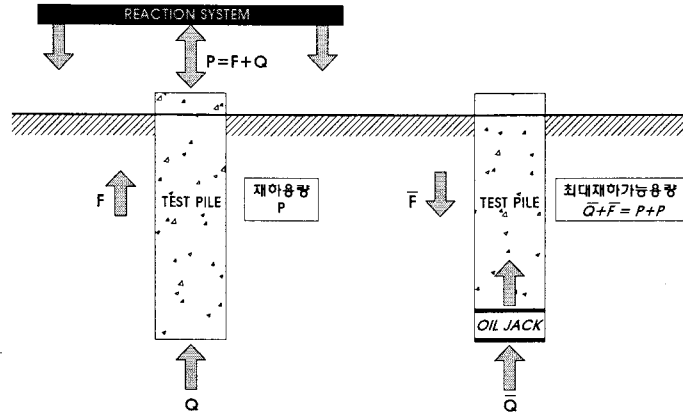
3.5 효율성 분석

Barrette pile과 R.C.D pile이 적용된 A 현장에서 각각 pile의 한 공당 시공시간을 산출하여 pile의 시공효율성을 분석하였다. 분석 결과

3.6 양방향 재하시험을 통한 품질 확인

3.6.1 양방향 재하시험 개요

정재하시험은 시험하중만큼의 사하중이나 반력말뚝, 반력앵커 등의 반력이 필요하고, 이런 반력하중이 확보되지 않으면 재하시험을 할 수 없다. 그러나 양방향 말뚝재하시험에서는 특수하게 제작된 유압식 잭(Jack)이나 압력 셀(Cell)을 일반적으로 말뚝선단 부근에 설치하여 선단지지력과 주변마찰력에 의해 하중재하에 필요한 반력을 상호간에 마련해주어 하중재하를 위한 별도의 대형장치가 필요 없고, 좁은 시험공간이나 경사진 곳에서도 적용이 가능하다. 또한, 설계하중의 증대로 인하여 현장타설말뚝의 대형화 추세에 맞춰 큰 하중을 재하할 수 있는 양방향 말뚝재하시험의 적용이 합리적인 것으로 판단된다. 양방향 말뚝재하시험의 개요도 및 장치 모식도는 그림 5~6과 같다.



(a) 정재하시험

(b) 양방향 말뚝재하시험

그림 5. 양방향 말뚝재하시험 개요도

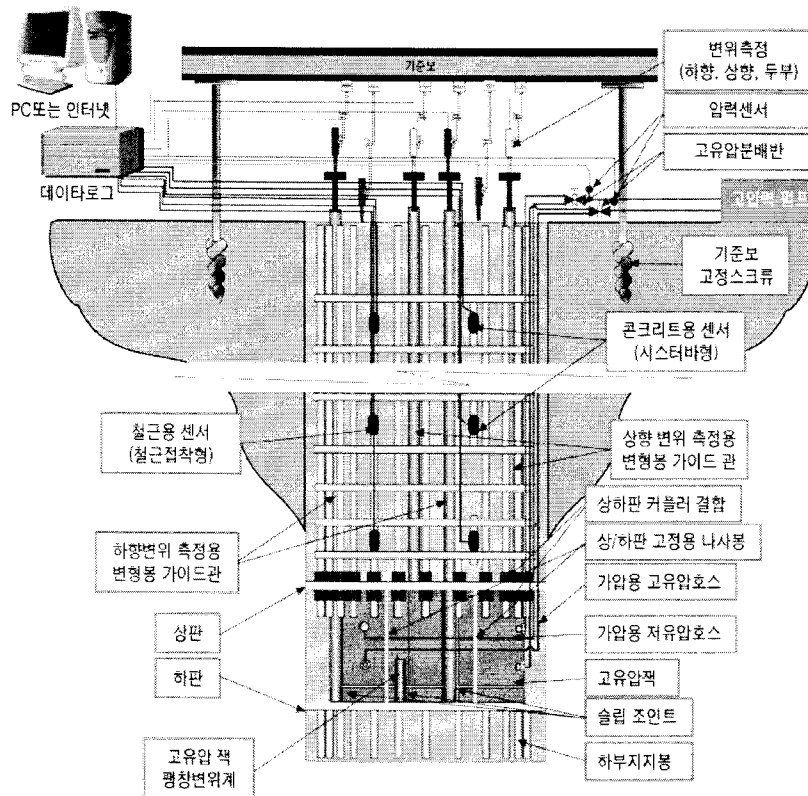


그림 6. 양방향 말뚝재하시험 장치 모식도(BDH PLT)

대구경 현장타설말뚝의 지지력 평가를 위한 양방향 말뚝재하시험의 시간별 하중재하곡선은 그림 7과 같다.

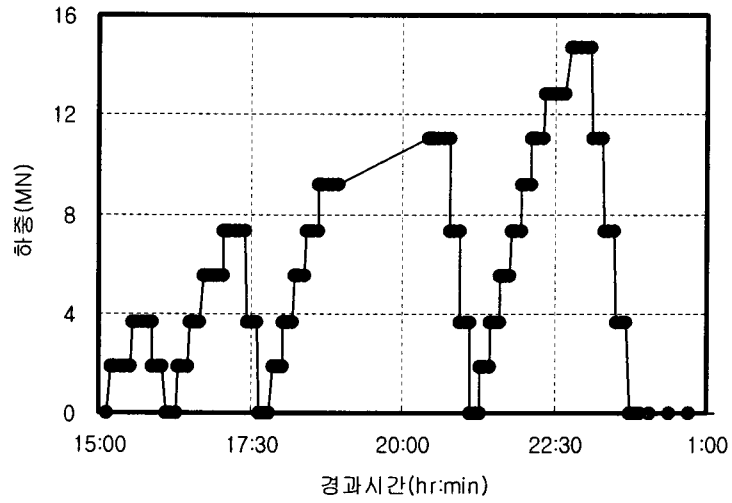


그림 7. 양방향 말뚝재하시험 시간별 하중재하곡선(A-1)

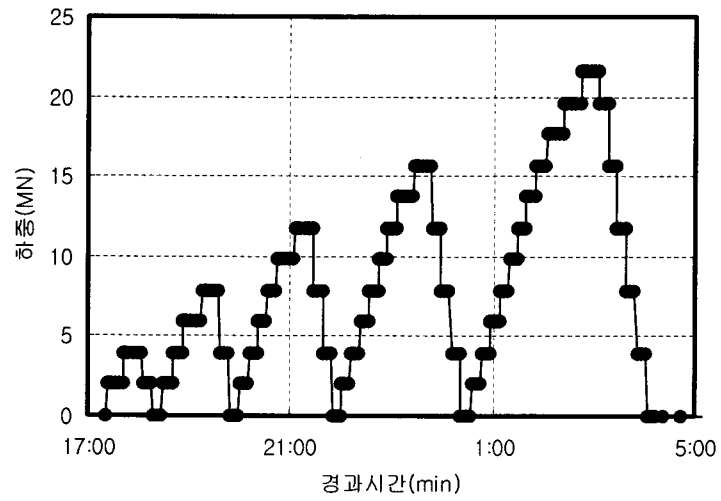


그림 8. 양방향 말뚝재하시험 시간별 하중재하곡선(A-2)

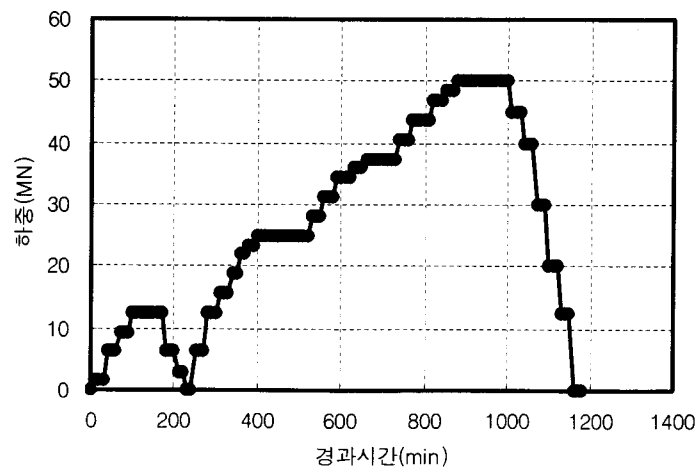


그림 9. 양방향 말뚝재하시험 시간별 하중재하곡선(B)

3.6.2 양방향 재하시험 결과

양방향 재하시험결과 주기별 최대 하중(P)-침하량(s) 곡선은 그림 10~12와 같다.

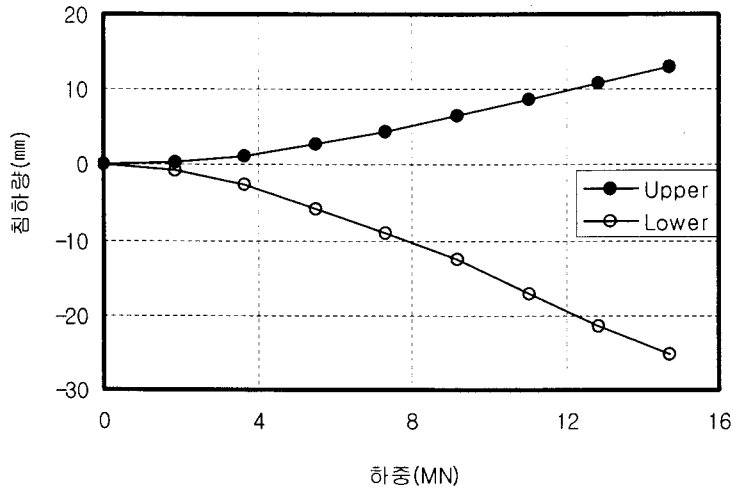


그림 10. 주기별 최대 하중(P)-변위(s) 곡선(A-1)

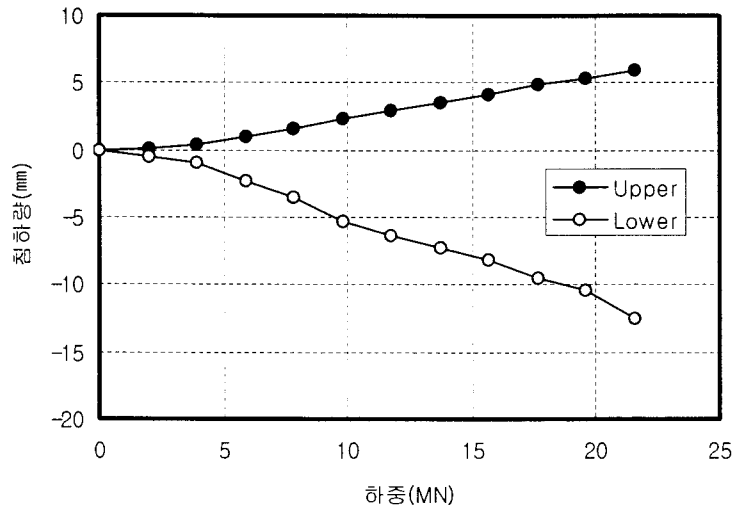


그림 11. 주기별 최대 하중(P)-변위(s) 곡선(A-2)

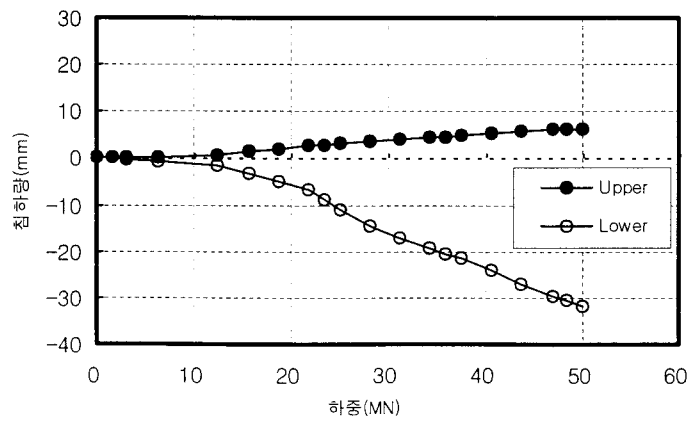


그림 12. 주기별 최대 하중(P)-변위(s) 곡선(B)

상기와 같은 하중(P)-변위(s) 곡선으로부터 등가 하중-변위량 곡선을 작도하면 그림 13~15와 같다.

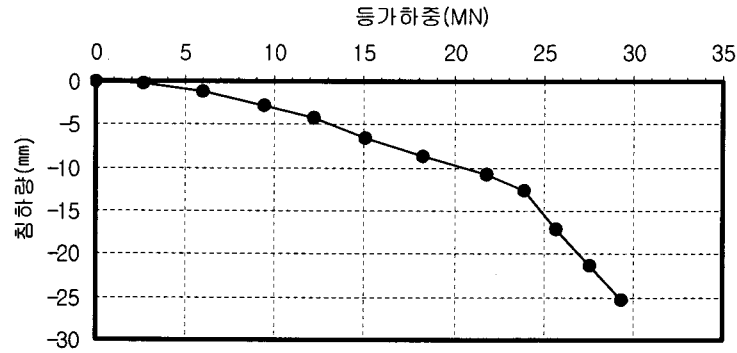


그림 13. 등가 하중(P)-변위(s) 곡선(A-1)

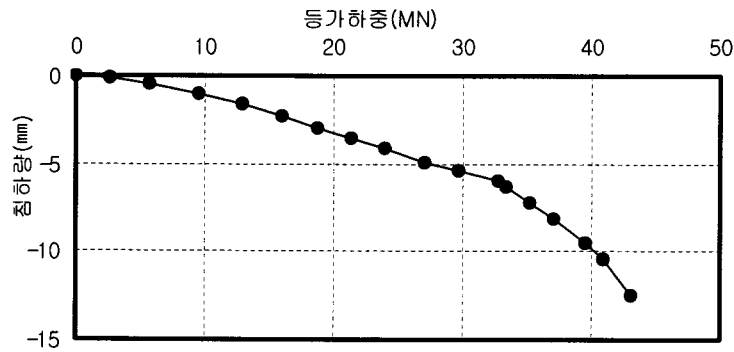


그림 14. 등가 하중(P)-변위(s) 곡선(A-2)

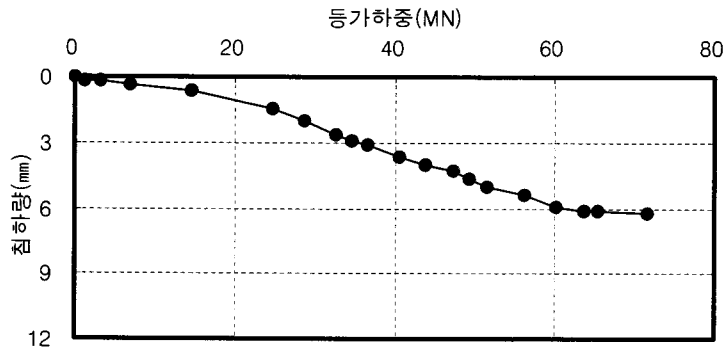


그림 15. 등가 하중(P)-변위(s) 곡선(B)

3.6.3 결과분석

대구경 현장타설말뚝의 지지력 확인을 위한 양방향 재하시험결과는 다음 표 8과 같다.

표 8. 양방향 재하시험 결과

현장	말뚝		설계 하중 (MN)	재하시험 결과		비고
	규격	형식		허용지지력(MN)	침하량(mm)	
A-1	2.8×1.7 m	Barrette Pile	14.60	16.51	5.89	F.S : 2.0
A-2	Ø2,000 mm	R.C.D Pile	15.50	21.54	4.16	
B	Ø2,000 mm		35.00	35.74	2.94	

4. Barrette 말뚝 품질관리

4.1 품질관리

양질의 Barrette 말뚝을 설치하기 위하여 품질관리가 무엇보다도 중요하다. 품질관리는 크게 굴착중 정밀도 관리, 굴착공벽 유지를 위한 안정액 관리, 굴착 종료후 말뚝 저면부의 슬라임(slime)처리, 안정액의 폐액관리, 말뚝시공 완료후 지지력 확인 시험 등으로 구분된다. 각 관리단계별 세부 내용은 다음과 같다.

4.1.1 정밀도 관리

굴착기의 컷터 선단위치를 리얼타임으로 계측, 표시하는 위치계측 시스템으로 굴착 중 오퍼레이터가 모니터에 표시되는 정보(굴착기 본체 경사계, 컷터 회전수, 배출량 유량, 수정 상황, 굴착스피드 등)를 판독하면서 정밀도 관리를 시행한다. 또한, 굴착 중 정밀도 관리를 위하여 초음파 측정기(KODEN)시험을 시행하며, 콘크리트 타설기록지 작성 및 관리가 이루어지고 있으며 그림 16과 같다.


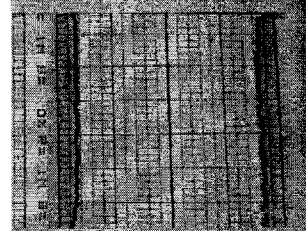
		<ul style="list-style-type: none"> · 검측줄자를 이용하여 굴착심도 확인 · 측정기 설치대 설치 · 윈치 유니트의 중심 조절·설치 · 각종 케이블 접속상태 확인 · 레이저 및 시프트 조절 · 센서의 하강속도, 인쇄속도 조절 · 폭 표시 설정 · 측정결과 소정의 두께 미확보시 재 굴착 (1/300)
시험 전경	기록지(예)	방법 및 평가기준

그림 16. 초음파 측정 전경 및 기록지

4.1.2 안정액 관리

안정액은 굴착개시부터 콘크리트 타설시까지 굴착 벽면의 안정성유지와 굴착 토사의 배출 및 콘크리트 치환성의 기능을 가진다. 이러한 안정액의 배합은 지반의 특수성, 지하수 및 해수의 상황 등 현장여건을 고려하여 배합기준을 설정한다. 안정액의 기능 및 성질은 표 9와 같다.

표 9. 안정액의 기능 및 성질

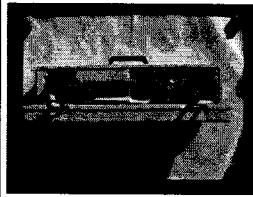
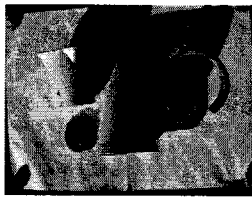
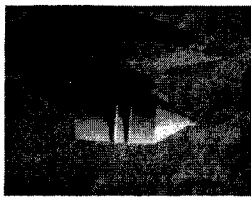

기능	성질	양호한 상태
벽면의 안정	조벽성	저 탈수량
	비중	고 비중
	점성	고 점도
굴착토의 배출	비중	저 비중
	점성	저 점도
	비중	저 비중
콘크리트와의 치환	점성	저 점도
	사분율	저 사분율
	사분율	저 사분율

안정액의 종류로는 벤토나이트(Bentonite)계와 폴리머(Polymer)계가 있으며, 각각의 안정액의 주재료와 첨가제, 열화요인에 따른 특성변화는 표 10과 같다. 또한, 안정액 사용중 현장배합시험을 통하여 얻어진 결과를 기로초하여 표 11과 같은 사용 기준을 적용한다.

표 10. 안정액의 종류 및 특성

구 분		Bentonite 계	Polymer 계
주 재 료		Bentonite	Polymer (수용성 고분자)
첨 가 제		점증제, 분산제, 일액방지제	Bentonite, 일액방지제, 분산제
열 화 요 인	혼합수, 지하수 수질	함유 염분에 따라 응집 기능 저하 가능	영향 극소
	혼입토사	점토성분 다량 혼입시 조벽성 저하	점토성분 다량 혼입시 조벽성 저하
	혼입Cement	Cement 0.5%이상 혼입시 사용 불가	영향 극소
	부 패 성	영향 극소	조벽성 저하

표 11. 안정액의 사용기준 및 측정기기

구 분	비 중	점 성(sec)	사분율 (%)	PH
측정기기				
	Mud Balance	Funnel 점도계	사분계	디지털 PH 측정기
굴 착 전	1.15 이하	32 ~ 48	3 이하	7.0 ~ 11.0
굴 착 중	1.20 이하	34 ~ 50	5 이하	7.0 ~ 12.0
Con'c 타설 전	1.15 이하	32 ~ 46	2 이하	7.0 ~ 11.0
폐액기준	1.20 이상	60	-	12 이상

4.1.3 슬라임 처리

Barrette 말뚝시공을 위하여 굴착부터 콘크리트 타설까지 장시간이 필요하게 되고, 굴착시 안정액 내 부유 상태로 존재하는 세립분이 처리되지 못하고 굴착공 하부에 침전되면 말뚝 조성 후 선단지지를 저하시키고 말뚝 자체의 부동침하를 발생시키게 된다. 즉, 콘크리트와 지반의 접촉 상태에 불량에 따른 말뚝의 부동침하는 상부구조물의 침하를 일으키게 되고, 라멘구조물 등에서는 말뚝반력의 불균형이 생겨 치명적인 균열이 발생하게 되는 원인이 되므로 각각의 말뚝에 대하여 확실한 슬라임 처리가 요구된다.

슬라임 처리는 1차와 2차로 구분하여 시행되게 된다. 1차 슬라임 처리는 양액치환에 의한 슬라임 처리 방법으로 굴착 종료 후 안정액을 전량 양액 치환하게 된다. 2차 슬라임 처리는 Air lift 방식, Suction pump 방식, Water jet 방식, 몰탈 방식, Sand pump 방식 등이 있다.

4.1.4 안정액 폐액관리

Guide Wall로부터의 순환 또는 콘크리트와 치환되어 배출된 안정액은 주요재료(벤토나이트, Polymer 등)소모와 굴착토사의 혼입으로 당초 안정액 성질에서 현저히 변화하고 열화 되어 있다. 즉, 본래의 특성을 상실한 안정액은 그 기능을 발휘할 수 없으므로 열화의 정도에 따라서 폐기 또는 재생 처리를 거쳐 재 사용을 결정하여야 한다.

콘크리트 타설에 수반되어 치환 배출된 안정액은 수중 샌드펌프를 이용하여 안정액 처리조로 회수되어 있지만 특히 콘크리트와 접촉한 부분에 있어서는 열화의 진행도를 평가하여 관리기준치를 초과할 경우 토사분리 및 PH 등을 조정하여 지정된 장소에 폐기한다. 한편, 열화가 진행도가 적거나, 조정처리로 재사용이 가능하다고 판단되는 경우 재사용 한다.

폐액의 폐기를 위한 폐액 처리 방안으로는 현장 내 탈수 방법과 발생된 폐액을 전량 폐기물처리업체에 위임하여 처리하는 경우가 있다.

4.1.5 품질 확인 시험

(1) 양방향 재하시험

상부 건축물의 대형화 추세에 따라서 말뚝 단면의 확대와 설계하중이 증대하고 있는 최근 동향에 발맞춰 재하시험 또한 큰 재하하중을 재하할 수 있는 양방향재하시험의 적용 사례가 증가하고 있다. 앞 3.2.1에서 소개한 바와 같이 기존 정재하시험의 적용상의 문제점을 해소할 수 있는 양방향재하시험은 1단 재하방식과 다단재하방식이 있다. 말뚝의 길이가 지나치게 길거나 1개의 양방향 재하장치로 말뚝의 지지거동을 확인하기 어려울 때는 다단으로 양방향 재하장치를 설치하여 시험을 수행할 수 있다. 이 때, 재하순서는 일반적으로 말뚝선단에 설치된 재하장치의 시험을 먼저 수행하며 이후 상부 재하장치의 시험을 수행하며 추가적인 시험은 기술자의 판단에 따라 수행한다. 또한, 2단 이상의 재하장치 설치 시 시험의 순서는 말뚝의 지지거동을 명확히 확인할 수 있는 방법으로 시험 순서를 결정한다. 2단 이상 설치된 재하장치를 적용한 재하시험시 상·하 방향으로 작용하는 합계하중(또는 최대재하 가능하중)은 재하장치의 설치 단수에 따라 그림 17과 같다.

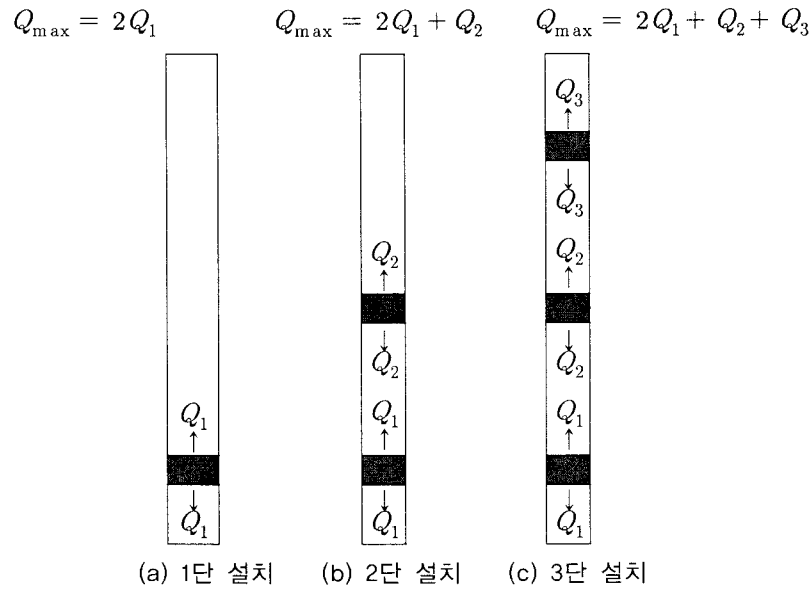


그림 17. 다 단 재하시 최대 재하하중

(2) Sonic Test

Sonic Test의 목적은 현장타설말뚝의 품질관리를 비파괴 검사를 통해 파일의 건전도 여부를 검사하여 완벽한 기초 시공을 유도하고 결함 발생시 시공방법 개선 등에 관한 기초 자료를 제공하는데 있다. 따라서, 현장타설말뚝은 지중 또는 수중에서 콘크리트를 타설하므로 육안으로 판별이 불가능한 곳에서의 파일의 형태와 크기, 밀실하고 균질한 콘크리트의 타설 확인 여부가 중요하기 때문에 파일내부의 콘크리트 타설 상태를 정확하게 파악할 수 있는 방법인 초음파를 이용한 sonic test로 현장타설말뚝의 품질상태를 확인한다(정상태, 2003). Sonic Test 시험 개요도 및 시험전경은 그림 18과 같다.

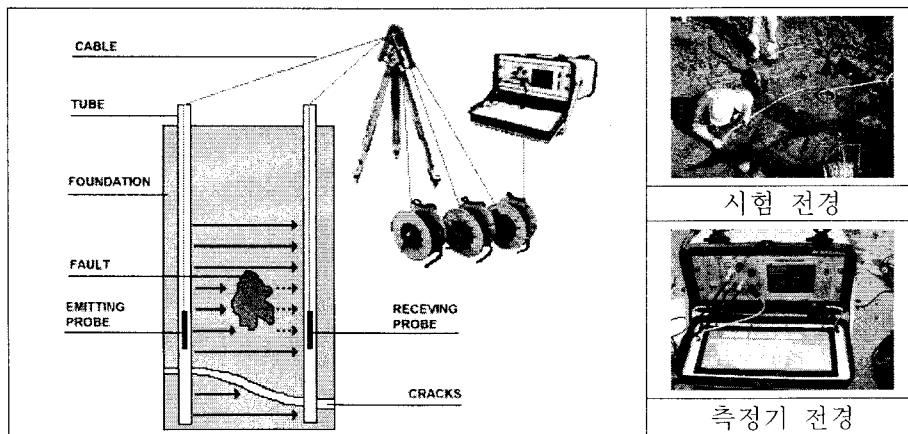


그림 18. Sonic Test 모식도 및 시험전경

4.2 문제점 분석

대구경 현장타설말뚝으로 Barrette pile을 적용시 다음과 같은 문제점이 있다.

- 안정액 폐액처리시 환경오염으로 인한 민원발생 문제
- 접근성이 어려운 산악지역의 교량기초 또는 전신주 및 송신탑 기초, 해안 안벽기초 등에 적용시 Plant 설치 및 이동 문제

4.3 향후 개선방안 도출

점차 대형화 추세에 있는 현장타설말뚝의 적용성을 극대화 시키기 위하여 계획단계에서부터 설계·시공 중 개선사항은 다음과 같다.

- 계획 단계에서부터 예상할 수 있는 진동·소음에 대한 영향과 주변 여건 등을 고려한 공법 선정
- 설계시 Barrette pile의 지지력 특성을 고려한 지지력 산정
- 안정액 폐액처리에 대한 명확한 규정 확립 및 전문처리업체 양성
- 시공후 큰 지지력을 확인할 수 있는 시험방법

5. 결론

1. 상부구조물의 대형화 추세에 맞춰 대심도·대구경 현장타설말뚝의 필요성이 증대되고 있으며, 그 중 Barrette pile의 적용성이 우수한 것으로 나타났다.
2. 양방향재하시험 결과
3. Barrette pile의 지지력 거동특성
4. Barrette pile 적용성 확대에 따른 개선방안
5. 토목현장 적용을 위한 개선사항

참고문헌

1. 정선태(2003), “현장타설말뚝의 하중전이 특성 연구”, 단국대학교 대학원 석사학위논문, pp.54~55
2. 천병식, 김원철, 최용규, 서덕동(2003), “현장타설말뚝의 정재하시험에 의한 지지력과 이론식에 의한 지지력 비교”, 한국지반공학회, 제19권 제2호, pp.237~246
3. 최용규, 김병희, 정창규, 정성기, 이승련(2000), “광안대로 건설공사의 대구경말뚝 정재하시험과 하중전이 측정”, 대한토목학회지, 48권 5호, pp.88~95
4. 유니콘기술연구소(2007), 센텀시티 신세계UEC Project 현장타설말뚝 재하시험 보고서
5. 한국양방향말뚝재하시험협회 외(2007), 송도신도시 블록 36 NATT(Northeast Asia Trade Tower) 신축공사구간 내 현장타설말뚝(Pile No.6, $\varnothing=2,000$ mm)에 대한 양방향 고유압 말뚝재하시험 보고서