

PRD시공시 H-PILE 대체 자재로 원가절감 할수 있는 공법 사례

Downward Method of H-PILE Alternative Materials of Percussion Rotary Drill

이 왕 희*
Lee, Wang-Hee

이 일 재**
Lee, Il-Jae

임 시 내***
Iim, Si-Nae

Abstract

In recent years the downtown, Top-down method has been applied in a major method to solve the complaints due to noise, vibration, dust and safety issues such as cracking due to settlement when the excavation close to the building. Until it is installed underground permanent foundation, the Pre-founded Column is a pile foundation as well as a column to bear the upper construction load. The Pre-founded Column is constructed by PRD method generally.

The EnP(Enlarging Pile) method can be expanded locally boring diameter of the embedment zone as compared to the PRD method existing general. Since the bearing capacity is increased by the boring diameter is expanded, the embedment length is reduced, the construction cost is reduced.

키 워 드 : 지하구조물, 역타공법, PRD, EnP공법

Keywords : Underground structures, Downward method, Percussion Rotary Drill, Enlarging Pile Method

1. 서 론

1.1 연구 배경

최근 도심지에서는 인접 건물에 근접한 굴착 공사의 경우 침하로 인한 균열등의 안전 문제와 소음 진동·분진 등으로 인한 민원 해결을 위한 주요 공법으로 역타공법이 적용되고 있다. 이러한 역타 공법을 구성하는 다양한 요소 중 토공이나 철골 등 타공종을 우선하여 시공되는 것이 지하층 영구 기초가 설치되기 전까지 상부 시공하중을 부담하기 위한 기둥이자 말뚝 기초인 선기초 기둥 공사로 일반적으로 PRD 공법이 많이 사용되고 있다. PRD 공법은 매입 말뚝의 한 종류로 항타 말뚝에 비해 소음 및 진동 발생이 적고 시공중 안정성이 높아 도심지 공사에 많이 적용되고 있으며 공내 공벽 붕괴를 방지하기 위하여 케이싱을 근입하고 굴착장비를 이용 소정의 심도까지 굴착한 후 선기초 기둥(철골기둥)을 근입하여 설치한다. 본 논문에서는 일반적으로 PRD 공법에 사용되는 H-Pile을 대체하는 선기초 기둥의 대안들과 특징을 살펴보고 PRD공법의 대안 공법을 살펴 보고자 한다.

2. PRD공법 선기초 기둥 종류별 개요

2.1 Act Column

기존에 사용되어온 CFT 기둥이 직각으로 붙는 2개의 강관 중 한 개의 강관을 개선 후 용접하는 방식으로 제작되어 모서리에 열영향이 집중되어 강관 내 콘크리트 충전시 모서리 부분으로 측압이 집중되어 용접부 내력에 문제가 발생하는 부분을 개선하고자 4장의 플레이트를 절곡하여 ㄱ형으로 제작하고 2장의 플레이트가 맞닿는 폭의 중앙에 4-seam flare 용접하는 방식으로 응력 집중 위치의 용접을 피하고 제작성을 높인 CFT 기둥이다. 콘크리트와 강재의 마찰 면적이 일반 CFT의 약 1.4배로 강재의 콘크리트 구속력이 증가하여 내력증가 및 좌굴에 유리하며 CFT 합성 효과로 기둥 내력이 증가하여 철골 강재량이 30~60%가량 절감되는 효과가 있다. 그러나 용접부 품질 검증 문제와 강관 내부에 충전한 콘크리트의 재료 분리 문제 및 충전 상태 확인 등의 시공 관리에 어려움이 있고 기둥 사용에 대한 별도의 기술료(신기술 제631호)를 지급해야 한다.



그림 1. CFT 기둥용 각형강관 용접방법

* (주)현대산업개발 상무, 정회원
** (주)현대산업개발 부장, 정회원
*** (주)현대산업개발 과장

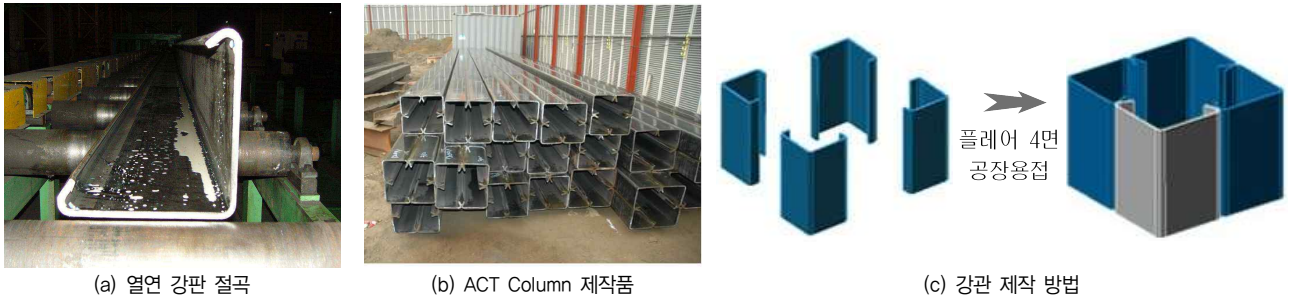


그림 2. ACT Column 관련사진

2.2 E-Column(원형 CFT)

강축과 약축에 구별이 없는 최적의 단면 성능을 나타내지만 기둥과 보의 접합상에 문제를 해결하기 어려워 적용성이 부족했던 원형 강관에 간단한 다이아프램을 설치하고 소부재를 공장 치부함으로써 품질관리 측면 및 시공성을 개선한 CFT 기둥이다. 그러나 원형 강관과의 보부재의 접합 문제 등 시공성 측면은 개선하기 위한 다이아프램 및 소부재를 사용하여 철골부재의 약 30% 정도에 해당하는 추가 부재가 소요된다.

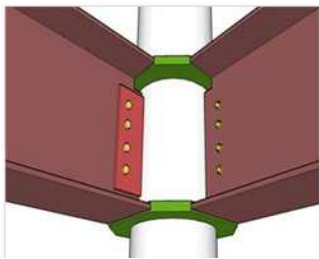


그림 3. E-Column 접합상세

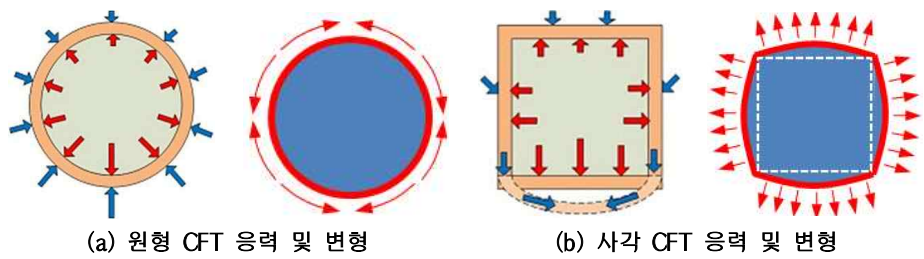
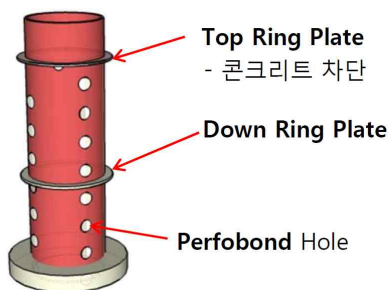


그림 4. 콘크리트 타설압력이 CFT 기둥에 미치는 영향

2.3 Pos-Column

PRD 근입장 공간에 타공 형성되는 Perfobond Hole(전단 저항)을 통하여 강관 내외부 콘크리트를 일체화 하고 원형 기둥 외측에 돌출되는 Ring Plate(지압 저항)를 통하여 상부하중을 지지하는 원형 강관 CFT기둥이다. Stud Bolt를 통한 부착이 아닌 Perfobond Hole을 통하여 콘크리트 합성하므로 강관 외부 돌출부위가 축소되어 굴착 직경이 감소되는 효과되어 천공비가 절감되는 기둥이다. 그러나 별도의 Perfobond Hole 타공비와 Ring Plate 설치를 위한 용접비용이 증가되고 Ring Plate의 지압 저항을 통하여 상부하중을 지지하는 구조이다 보니 Ring Plate의 최소 매입깊이가 필요하고 경우에 따라 Perfobond Hole의 전단 저항을 확보하기 위한 근입부 강관 길이가 Stud Bolt를 통한 합성 말뚝에 비해 다소 증가할 수 있다.



(a) Pos-Column 개요



(b) Ring Plate



(c) Perfobond Hole

그림 5. Pos-Column 구성요소

3. 대안공법제시

3.1 선단 확장 PRD 공법 (EnP(Enlarging Pile) 공법)

기존 공법(PRD, RCD)의 경우 전 길이가 동일한 직경으로 천공되기 때문에 부착을 위해 설치된 Stud Bolt 등 강관 외부의 돌출물과 소요

말뚝 지지력(선단 지지력 + 주변 마찰력)을 확보하기 위하여 설치되는 가동 부재(CFT, H-BEAM 등) 지름보다, 나공부의 천공 지름이 과대하게 천공되는 경우가 발생되고 이로 인하여 천공비 및 공사비가 증가하게 된다. 해당 공법은 이를 개선하기 위해 정착장 부위를 국부적으로 확장 천공이 가능한 합마를 개발하여 나공부 천공비 절감 및 정착길이 축소를 통해 공사비를 절감하는 공법이다.



그림 6. 선단 확장 PRD 공법

3.2 선단 확장 PRD 공법의 효과

3.2.1 말뚝 지지력 증대 효과

정착장 부위를 국부적으로 확장 천공하므로써 선단부 면적이 확대되어 선단 지지력이 증가되고 주변장 역시 증가되어 주변 마찰력이 증가하므로 말뚝의 지지력이 약 35~90% 가량 증가된다. 이로 인해 정착길이 축소는 물론 말뚝 개소의 축소도 가능하다.

표 1은 콘크리트 설계강도 24MPa($f_{ck}' = 0.8f_{ck}$)로 임반의 일축압축강도(q_u) 50MPa인 지반에 사공되는 PRD 직경별 말뚝의 지지력 ($Q_a = Q_p + Q_s$) 변화를 나타낸 것으로 선단 지지력(Q_p)은 Teng(1962) 방법 ($f_p = \frac{1}{5} q_u$)으로 산정하였으며, 주변마찰력(Q_s)은 Horvath and Kenney(1979)방법 ($f_s = 0.65 \times P_a \times \sqrt{\min(q_u, f'_{ck}) / P_a} \div F.S(=3)$)으로 산정하였다.

(단위:tf)

근입 깊이	D=800mm		D=1000mm		D=1200mm		D=1500mm	
	Qp	Qs	Qp	Qs	Qp	Qs	Qp	Qs
	Qa		Qa		Qa		Qa	
3m	502.7	254.3	785.4	317.9	1131.0	381.5	1767.1	476.9
	757.0		1103.3		1512.5		2244.0	
4m	502.7	339.1	785.4	423.9	1131.0	508.7	1767.1	635.9
	841.8		1209.3		1639.7		2403.0	
5m	502.7	423.9	785.4	529.9	1131.0	635.9	1767.1	794.8
	926.6		1315.3		1766.8		2562.0	
6m	502.7	508.7	785.4	635.9	1131.0	763.0	1767.1	953.8
	1011.3		1421.3		1894.0		2720.9	
7m	502.7	593.5	785.4	741.8	1131.0	890.2	1767.1	1112.7
	1096.1		1527.2		2021.2		2879.9	
8m	502.7	678.2	785.4	847.8	1131.0	1017.4	1767.1	1271.7
	1180.9		1633.2		2148.3		3038.9	

표 1. 말뚝 직경 및 근입깊이별 말뚝지지력

일반 PRD	선단 확장 PRD 공법	확공 효과 (지지력 증가)
나공부 직경 $\Phi 800\text{mm}$ 천공부 직경 $\Phi 800\text{mm}$	나공부 직경 $\Phi 800\text{mm}$ 천공부 직경 $\Phi 1,200\text{mm}$ (확공)	선단 면적 125% 증가 주변장 50% 증가 말뚝 지지력 약 90% 증가
나공부 직경 $\Phi 1,000\text{mm}$ 천공부 직경 $\Phi 1,000\text{mm}$	나공부 직경 $\Phi 1,000\text{mm}$ 천공부 직경 $\Phi 1,200\text{mm}$ (확공)	선단 면적 44% 증가 주변장 20% 증가 말뚝 지지력 약 35% 증가
나공부 직경 $\Phi 1,200\text{mm}$ 천공부 직경 $\Phi 1,200\text{mm}$	나공부 직경 $\Phi 1,200\text{mm}$ 천공부 직경 $\Phi 1,500\text{mm}$ (확공)	선단 면적 56% 증가 주변장 25% 증가 말뚝 지지력 약 45% 증가

표 2. 선단 확장에 따른 지지력 증가 효과

3.2.2 천공비 절감 효과

미찬가지로 소요 말뚝 지지력을 확보하기 위하여 천공부 직경을 증가시켜야 하는 경우에는 말뚝 근입이 가능한 범위까지 나공부의 천공 직경의 축소가 가능하므로 이를 통한 천공비 절감이 가능하다. 표 3은 천공부 직경 대비 축소 가능한 나공부의 천공경을 나타낸 것이다.

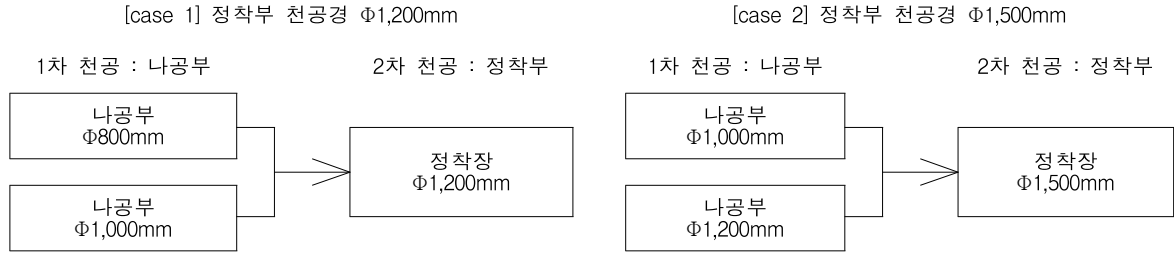


표 2. 규격별 확장 가능 천공 사이즈

3.4 경제성 분석

대안으로 제시한 EnP 공법의 선단부 확장 효과를 통한 경제성 향상 측면을 알아보았다. 경제성 분석을 위하여 경기도 OO 업무시설 현장을 대상으로 공사비 비교를 실시하였으며, PRD 공사를 제외한 지하 공사는 동일조건이므로 공사비 계산에서 제외하였으며 공사비 산정시 천공비와 사용 주요 자재비, 기타 비용으로 특히 기술에 대한 기술료와 용접 및 Stud Bolt 설치비 등을 포함한 PRD공사비로 나누어 산정하였다.

표 3. 각 공법 공사비 비교

구 분	(a) 일반 PRD공법 (기둥 부재:H-Pile)	(b) 일반 PRD공법 (기둥 부재:Act-Column)	(c) 일반 PRD공법 (기둥 부재:Pos-Column)	(c) EnP공법 (기둥 부재:E-Column)
단 면 도				
PRD 본수	116 개소 (D800)	116 개소 (D800-95ea/ D1000-21ea)	116 개소 (D800-95ea/ D1000-21ea)	116 개소 (D800->D1200 확공)
주요 사용 자재	H-428X407X20X35	□-418X418X10.5X10.5	P-558.9x16	P-558.9x16
전체 천공길이	4,340 m	4,340 m	4,375 m	4,252 m
정착장 말뚝 길이	375 m	375 m	410 m	287 m
소요 강재량	2,181 tonf	755 tonf	1,276 tonf	1,144 tonf
CFT 내부 철근량	-	384 tonf	-	-
CFT 내부 콘크리트량	-	760.04 m ³	801.3 m ³	779 m ³
공사비	천공비	1,150,880,000 원	1,224,440,000 원	1,289,168,000 원
	PRD공사비	2,569,410,000 원	2,046,810,000 원	1,742,840,000 원
합 계	3,720,290,000 원 (100%)	3,271,250,000 원 (88%)	3,083,950,000 원 (83%)	3,032,008,000 원 (81%)

4. 결 론

대안공법인 EnP 공법은 기존 일반 PRD 공법에 비해 정착 부위의 천공경을 국부적으로 확공하므로써 지지력 증가 효과 및 정착 길이가 축소됨에 따라 공사비 절감 효과가 있음을 알 수 있었으나 일반적으로 암반의 일축 압축 강도가 우수한 경남 지반보다 지반 강도가 불량하여 정착장 길이와 직경이 과대해 지는 경우와 말뚝 개소당 부담하는 하중에 큰 초고층 건축물에 적용할 경우 보다 우수한 공사비 절감 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 원형 CFT를 이용한 탑다운 공사용 ESTD-Column System 개발, 한국강구조학회, 제25권 제6호, 2013.12
2. 국토해양부, 건축구조기준(KBC 2009), 국토해양부, 2009
3. 구조물 기초 설계기준, 한국지반공학회, 2008