

Top-Down 공사용 원형충전강관기둥과 피어기초의 개발

Development of Connection between CFT Column and Pier Foundation for Top-Down Construction

정미라 임홍철 김승원 김동건 강승룡
Jeong, Mee-Ra Rhim, Hong-Chul Kim, Seung-Weon Kim, Dong-Gun Kang, Seung-Ryong

Abstract

Building foundations for Top-Down construction require a special setting, because the foundations have to be placed way before excavation for the substructure of main building. Usually, the foundation goes into the layer of rock and it is often called rock-pier foundation. Currently, a cage of steel reinforcing bars is inserted to the pre-excavated hole in the rock layer, hanging down from the wide flange steel column above. This paper presents a new method for connecting the prefounded column and the steel cage with a coupler for better connection between the two. The use of a circular Concrete Filled Tube (CFT) as a prefounded column makes it possible to have this type of connection. The details of the connection and application to a Top-Down construction site is also included in this paper.

키 워 드 : 탑다운 공사, 선기초기둥, 피어기초, 철근망
Keywords : Top-Down Construction, Pre-founded Column, Pier Foundation

1. 서 론

1.1 연구 배경과 목적

도심지에서의 건축공사는 근접시공이 많고, 민원발생이 잦으며 안정성 확보 및 공기 단축에 대한 요구가 높은 현상이 많다. Top Down 공사는 진동, 소음 등에 대한 민원의 발생을 방지하는 데 효과적이며, 지상과 지하의 동시 시공으로 공기 단축이 가능하다. 또한 안정성 있게 근접시공이 가능하다. 따라서 도심지 공사에서는 Top Down 공사를 선택하는 경우가 많다.

Top Down 공사는 굴토 전 지반을 천공하여 지중에 지하기둥 및 기초를 시공 한 후 굴토를 진행하며 지상과 지하를 동시 시공한다. 이와 같이 Top Down 공사 시 굴토 전 시공하는 기둥을 선기초기둥이라 한다. 선기초기둥은 Top Down 공사의 필수요소 중 하나로, 공사 중에는 시공하중을 지지하고, 공사 완료 후에는 지하층의 기둥부재로서 영구 구조체가 된다(전봉수 외 5인, 2001).

굴토 완료 후 상향으로 진행되는 Bottom Up 공사의 경우 기초 및 지하층의 기둥이 노출되어 직접적인 확인이 가능한

데 비해(정철호, 2003), Top Down 공사의 기초는 확인이 어려운 지중에 시공된다. 이 때문에 기존의 H형강 선기초기둥과 기초의 연결 공법은 시공성 및 안정성의 확보에 있어서 어려움이 존재한다. 현재 일반적인 건축물의 기초에 관한 연구는 다양하게 진행되어 가고 있는 반면, Top Down 공사의 선기초기둥 및 기초에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 도심지 공사에 있어서 Top Down 공사의 필요성을 고려할 때 이러한 연구는 Top Down 공사의 이해와 적용성을 높이는 데 도움이 될 수 있다.

1.2 연구 범위 및 방법

본 연구에서는 Top Down 공사용 선기초기둥 중 선기둥과 매립기초와의 연결방법을 그 연구 범위로 한다. 시공방법을 고안하여 제작된 커플러의 현장 적용분석을 통한 방법으로 연구를 진행하였다.

본 연구에서는 1) 협소한 국내 도심지에서 Top Down 공사가 활성화 되고 있는 가운데, Top Down 공사에 필요한 선기초기둥과 피어기초의 역할에 대해 정리하고, 2) H형강에 피어철근망을 결합한 기존 피어기초 공법에 비해 효율적인 CFT와 피어기초를 커플러로 결합한 신 공법을 제시하고자 한다. 또한, 3) 개발 공법을 현장에 적용하여 검증하고 그 사례를 소개하였다.

* 연세대학교 건축공학과 첨단구조연구실 석사과정, 정회원
** 연세대학교 건축공학과 교수, 정회원
*** 뉴테크 구조기술사사무소 대표, 정회원
**** 뉴테크 구조기술사사무소 과장, 정회원
***** 뉴테크 구조기술사사무소 사원, 정회원

2. Top Down 기초의 선정 특징

2.1 시공방식별 기초타설방법

모든 건축물에는 건축물의 하중을 지반에 안정적으로 전달할 수 있는 기초가 필수적이다. 기초의 형태는 지반조건에 따라 얇은기초, 깊은기초 등으로 결정된다. 얇은기초는 건축물의 하중을 직접적으로 기초지반에 전달하며 지지지반까지의 굴토 깊이가 얇다. 깊은 기초는 지중 깊은 곳에 위치한 지지지반까지 말뚝을 박거나 현장에서 말뚝을 타설하여 이루어진다. 이처럼 현장 콘크리트를 타설하여 이루어지는 기초를 깊은기초의 일종인 피어기초 (pier foundation)라고 한다. 피어기초는 천공 과정으로 인해 공사비가 증가될 수 있으나 지지지반까지의 응력 전달이 확실하고 지지력이 커서 대규모 공사에 사용된다 (Braja, 2008).

Bottom Up 공법은 지하층의 깊이까지 굴토 후 기초를 타설하고 최하층부터 상향으로 공사를 진행하는 방식이다. 최종 굴토면에서부터 지지지반까지의 깊이가 깊을 경우 굴토 후 깊은 기초를 시공하기도 한다. 그러나 일반적으로는 그 깊이가 깊지 않아 주로 건축물에 직접 연결되는 얇은 기초판을 타설한다. 기초의 타설은 직접적으로 확인이 가능하다 (그림 1).

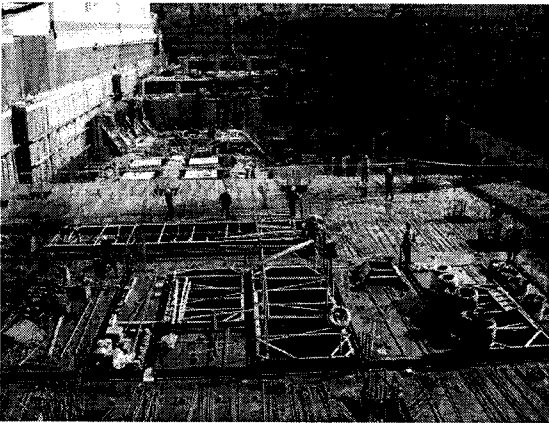


그림 1. Bottom-up 시공 사진

Top Down 공법은 지면에서부터 지상층과 지하층을 상하로 병행하여 시공하는 방식으로, 시공중의 지상 및 지하 구조체를 지지하기 위한 선기초기둥을 우선적으로 시공한다. 선기초기둥으로는 주로 H형강이 사용되는데, 먼저 지하 기둥의 위치에 천공한 후, 피어철근망과 H형강을 삽입하고 피어콘크리트를 타설하여 이루어진다 (O'Neill and Reese 1999). 굴토를 하지 않은 상태에서 천공구 내 하부에 피어콘크리트를 타설하므로 지면에서부터 지지지반까지의 거리가 상대적으로 멀어져, 깊은기초로 시공된다 (그림 2).

2.2 Top Down 공사의 기초결정

선기초기둥은 공사시에 계획된 지하층과 지상층의 구조체 및 시공 활하중 등을 지지한다. 또한 시공 완료시에는 콘크리

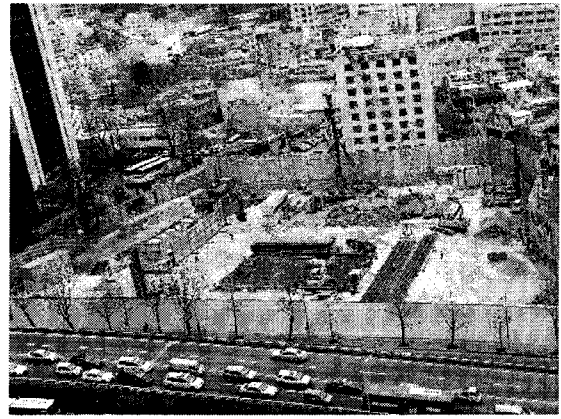


그림 2. Top Down 시공장면

트로 감싸 합성기둥으로써 영구구조체가 된다. 따라서 시공되는 위치가 지하층 기둥 위치로써 정해져 있으며 이 한정된 위치로 시공 하중을 지지할 수 있어야 한다. 그러므로 깊은기초 중에서도 지지력이 큰 피어기초를 필수적으로 사용하게 된다.

깊은 기초는 직접적인 확인이 어려운 지중의 천공구내에 시공하므로 시공상의 어려움이 존재한다. Top Down 공사용 선기초기둥과 피어기초의 경우 역시 지중에 시공하는 조건이므로 시공상의 어려움은 동일하다. 그리고 일반적인 깊은기초와 달리 선기초기둥이 바로 지하층 구조체가 되므로 지지력의 산정 (임홍철, 황희선, 2006), 수직도의 확보(임홍철 외 2인, 2006), 피어기초와의 부착력 확보 및 정확한 응력 전달 등이 추가적인 해결해야할 문제점이 있다.

2.3 피어기초의 하중지지력

피어 기초는 깊은기초의 일종인 말뚝 기초보다 큰 구경으로 시공되며 더욱 큰 하중지지력을 갖는다. 피어기초는 PRD (Percussion Rotary Drill Method) 또는 RCD (Reverse Circulation Drill Method) 공법을 이용해 일반적으로 800 mm 이상 직경으로 천공한다. 지지하중의 크기나 지반조건에 따라 더 작거나 큰 직경으로 시공하기도 한다.

피어기초는 일반적으로 암반 또는 견고한 지반과 같은 지지 지반에 타설되어 건축물의 하중을 지지지반에 전달한다. 하중에 대한 저항력은 선단 지지력과 말뚝의 주면과 암 사이에서 발생하는 마찰저항력 또는 선단 저항력으로 발휘된다. 피어에 따라 선단 지지력만으로 발휘되는 경우도 있으나 이러한 피어는 하중 지지력이 크지 않다. 하중지지력을 결정하는 요소로는 지반의 종류 및 상태, 기초의 형상 및 단면적, 작용응력 등이 있다 (이준환 외 4인, 2007). 피어의 형태를 종형 또는 돔 형으로 시공할 경우 기초의 단면적이 넓어져 선단 지지에 유리하나 Top-Down 공사에서는 일반적으로 암반정착피어를 적용하므로 연직형태로 기초를 타설한다.

3. 선기초기둥과 피어기초의 연결

3.1 기존 H형강 선기초기둥 공법

H형강은 일반적인 기둥 부재로 널리 쓰이며, 부재의 설계 및 조달이 쉬워 선기초기둥의 기둥 부재로써 주로 사용된다. H형강을 이용한 피어기초는 두 가지 방식이 있다.

첫 번째, 전단 스티드나 피어기초 철근망 없이 H형강을 굴착면까지 내려 기초를 타설하는 선단지지 방식이다. 기초 콘크리트만을 타설한 후 H형강을 박아서 시공한다. 스티드 및 피어철근망이 없이 H형강이 들어갈 수 있는 공간만을 확보하면 되므로, 소구경 천공구로도 가능하다. 이러한 시공방식의 피어는 구조적인 신뢰성이 떨어져 큰 압축력을 지지하는 기둥의 피어에서는 거의 사용하지 않는다.

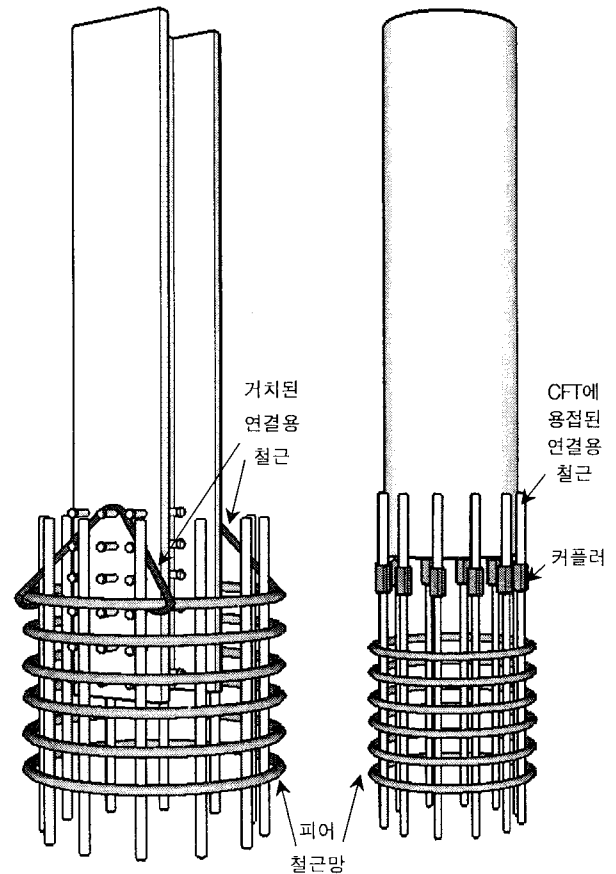
두 번째, 전단 스티드와 피어기초 철근망을 H형강 주변에 연결하여 시공하는 방식으로, 가장 일반적으로 사용된다 (그림 3-a). 천공 후 피어기초 철근망을 H형강에 가볍게 용접 결합하거나 철사로 걸어 지지반까지 삽입 후 기초를 타설하여 시공한다. 철근망은 시공오차에 대응할 수 있도록 유동적이거나 시공 도중 빠지거나 빠뜨어지는 시공 오차가 종종 발생한다. 이 형태는 피어기초 철근망이 굴착면까지 내려가며 H형강은 공중에 떠 있는 상태로 타설되어 강재량 절감이 가능하다. 그러나 스티드로 인해 트레미관의 삽입이 곤란하여 공내 공간 확보를 위해 요구되는 지지력보다 큰 직경으로 천공할 경우에는 경제성 면에서 불리하다. 스티드 및 피어기초 철근망의 설치는 H형강의 하중을 전단스티드의 지압과 콘크리트의 부착력에 의해 피어구체에 전달하도록 하며, 상대적으로 안정성이 높다.

3.2 원형 CFT 선기초기둥 공법

원형 CFT는 등방향성 단면을 가짐으로써 기둥부재로서의 구조적 성능이 뛰어나고, 강관의 콘크리트 구속력이 작용하여 동일 단면의 H형강에 비해 허용 응력이 크다 (강승룡 외 6인, 2008). 원형 CFT를 선기초기둥으로 사용할 경우 천공단면 및 트레미관의 단면 형태가 동일해짐으로써 공간의 낭비 없이 시공이 가능하다. 이에 따라 소구경으로 천공이 가능하며 직경이 큰 트레미관으로 기초를 타설할 수 있다.

원형 CFT를 선기초기둥으로 사용하는 방식 중 Casing을 CFT로 적용한 공법이 있다. Casing은 천공 시 공벽 붕괴를 막기 위해 연약지반까지만 근입하는 것이나, 이 형태에서는 Casing을 지지반까지 근입하고 천공 후 타설하여 Casing 자체를 CFT로써 적용한 것이다. 일반적으로 필요 단면에 여유 공간이 있는 직경으로 천공을 하게 되는데, 이 공법에서는 필요 단면만큼 천공을 하게 되므로 가장 작은 직경으로 천공이 가능하다. 그러나 케이싱 주변에 여유공간이 없어 천공구의 수직도가 기둥의 수직도와 같게되어 시공오차를 조정할 수 없

고, 강관(케이싱)을 선단까지 내릴 경우에는 강관 주변의 틈에 콘크리트가 밀실하게 채워지지 않아 강관의 외면과 콘크리트의 부착력의 구조적 성능을 기대할 수 없으므로 선단지지가 되어 피어의 지지력이 작다.



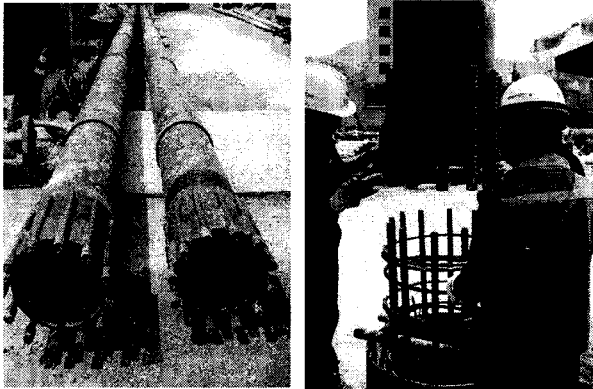
a) 기존 H형강 선기초기둥에 연결한 피어철근망 b) 원형 CFT 선기초기둥에 커플러를 적용한 피어철근망

그림 3. H형강과 CFT 피어기초 철근망 비교

본 연구에서 제시하는 선기초기둥과 피어기초 철근망 연결 공법은 원형 CFT와 철근망을 커플러로 연결하는 형태이다 (그림 3-b). 원형 CFT에는 커플러를 미리 용접 접합하고, 철근망은 끝부분을 가공한다. 천공 후 원형 CFT와 철근망을 커플러로 연결한 후 지지반까지 삽입하여 기초를 타설한다. 콘크리트 타설용 트레미관은 강관 내부에 삽입하므로 필요한 공내 공간이 적어 소구경으로 천공이 가능하다. 이 형태에서 응력 전달은 강관에서 철근망으로 이어져 직접적이고 확실하게 이루어지며, 철근망이 빠지는 등의 시공상 오류도 발생할 위험이 적다. 가장 일반적으로 사용되는 H형강과 피어기초 철근망 공법에 비교하여 볼 때 동일 하중 지지 조건에서 보다 작은 직경으로 천공하여 보다 확실한 응력 전달이 가능하다.

4. 현장적용사례

커플러를 이용한 원형 CFT 선기초기둥과 피어철근망의 접합부가 서울시의 한 탑-다운 공사현장에 적용되었다. 이 접합부를 적용하기 위하여 커플러의 사용을 위해 한쪽 끝이 가공된 철근을 공장에서 원형 강관에 용접하여 현장에 반입하였다(그림 4-a). 이렇게 반입된 원형강관은 현장용접을 통하여 소요길이의 선기초기둥으로 제작하였다. 이 선기초기둥의 지중 근입을 위하여 PRD장비를 이용하여 직경 800mm의 천공구를 천공하였다. 이 천공구내로의 원형 CFT 선기초기둥의 근입시 현장에서 커플러를 사용하는 기둥과의 접합부분을 가공하여 제작된 피어 철근망을 해당 천공구내에 거치시키고, 원형 CFT 기둥을 크레인 등을 이용하여 세운 후, 커플러를 이용하여 피어철근망과 원형 CFT 선기초기둥을 결속하고, 천공구내로 근입하였다(그림 4-b). 기둥의 근입 후 원형 CFT 강관 내부의 공간을 이용하여 트레미관을 삽입하고, 피어콘크리트와 함께 강관내부 콘크리트를 동시에 타설하였다.



(a) 공장제작하여 반입된 강관기둥 (b) 피어철근망과 강관의 접합 시공

그림 4. CFT기둥의 피어 철근망 접합부 시공 사례

5. 결 론

본 논문에서는 Top Down에서의 선기초기둥과 피어기초의 역할에 대해 고찰하고, 원형 CFT를 사용한 신 공법을 기존의 H형강을 사용하던 공법과 비교 제시하였다. 또한 신 공법을 현장에 적용하여 검증하였다.

- 1) 도심지 공사에 있어 Top Down 공사의 수요는 높아지고 있는데 반해 Top Down 공사의 필수 구성 요소인 선기초기둥과 기초에 대한 연구는 크게 다루어지지 않았다. Top Down 공사의 기초는 굴토 이전에 시공되어야 하는 특징으로 인해, 현장에서 지반을 천공하여 타설하는 피어기초가 가장 적합한 형태이다. 선기초기둥과 피어기초의 연결은 구조 및 시공 측면에서 문제를 발생시킬 수 있는 부분으로 구조적 신뢰성이 높고 효율적이며, 경제

적인 연결 공법의 개발이 필요하다.

- 2) 기존의 선기초기둥으로는 일반적으로 H형강을 사용한다. 선기초기둥과 기초의 연결 형태 중, 선단지지는 구조적 안정성이 떨어지므로 가장 일반적으로 사용하는 공법은 스티드가 부착된 H형강에 피어철근망을 매다는 형태이다. 본 논문에서 제시하는 원형 CFT와 커플러로 연결한 피어기초 철근망은 기존 형태에 비해 하중을 직접적으로 전달하며, 철근망의 연결로 인해 발생하던 기존 공법의 시공 오류에 대해서도 안정적이다.
- 3) 실제 공사현장에서 H형강으로 설계된 기존 안을 원형 CFT와 피어기초를 커플러로 연결하는 신 공법으로 대체하여 시공하여 경제성과 적용성을 검증하였다.

참 고 문 헌

1. 강승룡, 임홍철, 김승원, 김동진, 송지운, 정미라, 이해출, Top Down 공사에서의 CFT 선기초기둥 활용방안, 한국건축시공학회 춘계학술발표대회 논문집, 제8권 1호, pp. 31-34, 2008
2. 이준환, 백규호, 김대홍, 황성욱, 김민기, 말뚝형태 및 지반조건에 따른 현장타설말뚝의 수평지지력 평가, 한국지반공학회 논문집, 제23권 2호, pp. 61-69, 2007
3. 임홍철, 신천균, 김승원, Top Down 공사의 선기초기둥 수직도 예측, 한국건축시공학회 논문집, 제6권 4호, pp. 77-83, 2006
4. 임홍철, 황희선, 굴착순서에 따른 Top Down 선기초기둥 지지력 산정, 한국건축시공학회 논문집, 제6권 4호, pp. 45-52, 2006
5. 전봉수, 김승원, 김상범, 김세익, 김덕태, 손주혁, Top-Down 공법의 연구, 포스코개발주식회사, 2001
6. 정철호, 지반 실무 적용, 구미서관, 2003
7. Braja M. Das, Principles of Foundation Engineering, Cengage Learning, 2008
8. O'Neill, M. W., and Reese, L. C., Drilled Shafts: Construction Procedure and Design Methods, FHWA Report No. IF-99-025, 1999