

# CFT 선기초기둥과 슬래브 접합부 개발

## Development of Connection between CFT Prefounded Column and Slab

송 지 윤\*      임 흥 철\*\*      김 승 원\*\*\*      김 동 건\*\*\*\*      강 승 룡\*\*\*\*\*      정 미 라\*

Song, Jee-Yun Rhim, Hong-Chul Kim, Seung-Weon Kim, Dong-Gun Kang, Seung-Ryong Jeong, Mee-Ra

### Abstract

For the construction of Top-Down structures, it is crucial to have a solid connection between prefounded columns and slabs. This paper presents a new construction method for the connection when using a circular Concrete Filled Tube (CFT) as a prefounded column as an alternative to currently using wide flange type columns. The development of shear studded jackets along with a shear band suitable for the circular shape of the column has been made. The details and mechanism of the connection is explained together with the results of experiments which verified the structural integrity of the connection.

키 워 드 : Top-Down 공법, CFT, 슬래브, 접합부, 전단지압띠

Keyword : Top-Down Construction, Concrete Filled Tube, Slab, Connections, Shear Band

### 1. 연구의 배경 및 목적

최근 국내 건설 현장에서 Top-Down 공법의 사용빈도가 높아지고 있다. Top-Down 공법은 주변지반에 영향이 적으며, 대심도, 대형 공사에 유리하여 건물이 밀집된 도심지에서 많이 이용되고 있다 (Xie et al, 2006). 또한, 1층 바닥이 선시공되어 날씨에 영향을 적게 받으며, 소음 및 민원발생이 감소되고, 지상층과 지하층이 동시에 시공되기 때문에 일정 높이 이상의 건물에서는 공기단축의 효과도 가져올 수 있다 (전봉수 외 5인, 2001). Top-Down 공사의 순서를 크게 나누면, 흙막이벽 설치, 선기초기둥 매립, 지하층 굴토, 슬래브 타설로 나눌 수 있다 (Wang et al, 2006). 선기초기둥은 공사 중 발생하는 하중을 지지하고 공사완료시 건물 기둥의 역할을 하는 것으로써, 매립 전에 지지력을 산정해야 하고 (임흥철, 황희선, 2006), 매립 후 수직도 측정이 필요하다 (임흥철 외 2인, 2006).

기존에는 선기초기둥의 부재로써 주로 H형강을 사용해왔다. H형강을 사용할 경우, H형강에 슬래브와의 접합을 위한 전단 스티드가 부착되는데, 이로 인해 트레미파이프를 H형강의 웹 부분에 설치하기가 곤란하여 트레미파이프의 설치를 위한 별도의 공간이 필요하다. 또한, H형강의 단면의 형태가 원형에

비해 비틀림에 취약하여 선기초기둥 설치 후 케이싱 인발시 비틀리는 경우가 있을 수 있다. 이에 비해 CFT 원형강관은 트레미파이프를 강관 내에 설치하게 되므로 트레미파이프를 위한 별도의 공간이 필요하지 않게 되어, 상대적으로 작은 직경으로 천공을 할 수 있다. 또한, 원형 단면으로 단면특성상 H형강에 비해 케이싱 인발시 비틀림 우려가 적다 (강승룡 외 6인, 2008).

선기초기둥 매립 후 굴토를 진행하면서 슬래브를 타설하게 되는데, 타설 후 슬래브의 하중이 접합부를 통하여 선기초기둥으로 전달된다. 기존 H형강에는 주로 기둥과 슬래브를 연결하는 접합부로서 전단 스티드를 기둥에 용접하여 사용하였으나, 선기초기둥 매립시에 전단 스티드가 변형되거나 파손되는 문제점이 있었다. 이를 해결하기 위한 새로운 접합부는 시공성을 고려하여 분할된 곡형의 플레이트에 전단스티드를 공장에서 미리 용접한 전단연결장치를 제작하고, 선기초기둥 매립 후에 전단연결장치를 조립하는 형식이다. 굴토가 진행된 후 전단연결장치를 설치하게 되므로 스티드가 변형, 파손되는 일이 발생하지 않게 된다. 전단연결장치 하부에는 전단 지압띠를 설치하여 전단연결장치를 지지하도록 하였다. 하중은 슬래브로부터 전단스티드로 전달되고, 스티드판으로 전달된 후 전단지압띠를 거쳐 최종적으로 기둥으로 전달된다.

본 논문에서는 콘크리트 슬래브와 CFT 선기초기둥의 접합부로서 개발한 전단연결장치와 전단연결장치를 지지하고 CFT와 연결을 위한 장치로써 개발한 전단지압띠에 대하여 소개하였다. 이에 따라 전단연결장치와 전단지압띠로 구성된 접합부

\* 연세대학교 건축공학과 첨단구조연구실 석사과정, 정회원

\*\* 연세대학교 건축공학과 교수, 정회원

\*\*\* 뉴테크 구조기술사사무소 대표, 정회원

\*\*\*\* 뉴테크 구조기술사사무소 과장, 정회원

\*\*\*\*\* 뉴테크 구조기술사사무소 사원, 정회원

의 형태와 특징을 서술하였고, 하중재하에 따른 하중전달 경로를 나타내었다. 또한, 접합부의 제작을 통해 현장적용 사례를 소개하고자 한다.

## 2. 선기초기등으로써의 CFT

Top-Down 공사의 시공은 흙막이벽 설치, 선기초기등 매립, 굴토, 슬래브 설치의 순서로 진행된다. 선기초기등의 설치 순서를 보게 되면, 먼저 케이싱을 설치한 후에 천공장비로 지반 천공을 하고, 선기초기등을 근입한다. 그 후에 기초를 타설하고 쇠석으로 뒷채움을 한 다음, 케이싱을 제거하여 선기초기등을 완성한다.

### 2.1 기존 H형강 선기초기등

기존에는 선기초기등의 부재로써 H형강을 사용하였다. H형강을 사용하게 되면, 강축과 약축이 존재하여 방향성이 생기고 피어철근망 및 전단스트리트의 돌출과 트레미파이프를 설치할 공간으로 인해 별도의 공간이 추가로 필요하게 되어, 지지에 필요한 피어기초의 천공직경보다 더 큰 직경으로 천공해야 한다. 이로 인해 천공을 위한 공사비가 증가하게 되며, 공사시간도 늘어나게 된다. 또한, 선기등 매립 전에 피어철근망을 매립하게 되는데, 피어철근망을 H형강에 매달아서 사용하기 때문에 근입 중에 이동하거나 연결 부분이 끊어질 우려가 있어 공사 정확도에 문제가 생긴다.

선기초기등 매립 후에 케이싱 인발을 하는데, 케이싱 인발시 H형강의 방향성 존재로 인해 기등이 비틀릴 우려가 있다. 이로 인해 시공오차가 생기며, 구조 계산된 강도를 충분히 발휘하기가 어렵다. 또한, H형강 선기초기등을 매립하고 추후에 콘크리트를 타설하게 되는데, H형강의 기하학적 형태로 인해 타설 공간이 4개의 공간으로 분리되어 콘크리트가 밀실하게 채워지지 않는 단점이 있다. 그림 1은 H형강을 사용한 선기초기등 피어기초의 콘크리트 타설 모습을 나타낸 것이다.



그림 1. H형강 선기초기등 콘크리트 타설 모습

### 2.2 CFT 선기초기등

기존 H형강의 문제점을 보완하기 위해 CFT 원형 강관을 선기초기등으로 사용할 수 있다. CFT 원형 강관을 선기초기등으로 사용할 경우, 형태가 원형이기 때문에 방향성이 존재하지 않고, 트레미파이프를 원형 강관 내부에 설치가 가능하므로, 트레미파이프를 위한 별도의 공간이 필요하지 않아 H형강을 사용하는 경우에 비해 상대적으로 천공직경이 줄어들게 된다. 이로 인해 공사비 및 공기를 줄일 수 있게 된다. 또한, 원형 CFT 하부에 커플러로 연결장치를 만들어 피어철근망과 CFT 원형 강관을 연결하도록 하였는데, 기존의 방법에 비해 연결하기가 용이하고, 매립시 피어철근망이 흔들리지 않아 수직도를 유지하기가 상대적으로 쉽다.

선기초기등 매립 후 케이싱 인발시에도 CFT 원형강관이 방향성이 존재하지 않기 때문에, 비틀림이 거의 발생하지 않는다. 또한, CFT 기등은 공간분할이 되지 않아 H형강에 비해 콘크리트 타설이 용이하며, 필요한 압축강도에 따라 내부에 콘크리트를 채울 수 있으며, 철근 또한 내부에 배근할 수도 있다. CFT 원형강관은 내부에 채워지는 콘크리트를 구속하여 횡보강 효과를 나타내기 때문에 압축강도가 증가되고, 3축 응력상태가 되어 H형강에 비해 동일 단면적 대비하여 압축내력이 더 커지게 된다. 그림 2는 CFT 원형강관을 사용한 선기초기등이 설치되어 있는 모습이다.



그림 2. CFT 선기초기등 설치 모습

## 3. CFT와 슬래브 접합부 개발

### 3.1 기존 H형강과 슬래브 접합부

선기초기등을 매립한 후 굴토를 진행하면서 슬래브를 타설하게 된다. 이 때, 슬래브와 기등의 연결을 위해 접합 장치가

필요하게 되는데, 기존 H형강을 선기초기둥으로 사용하였을 경우에는 그림 3과 같이 슬래브와 연결되는 부분에 전단 스티드를 용접하여 기둥과 슬래브가 연결되도록 하였다. 전단 스티드는 H형강을 공장에서 제작할 때 미리 기둥과 슬래브가 연결될 부분에 용접을 하여 현장으로 운반된다.



그림 3. 굴토시 전단스티드가 훼손된 모습

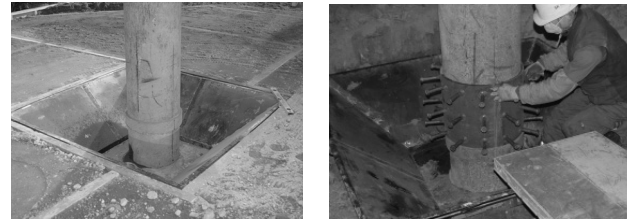
전단 스티드가 선기초기둥에 부착되어 지중에 설치되었기 때문에, 굴토시에 H형강 선기초기둥은 그림3과 같이 굴토장비에 의하여 전단 스티드가 휘어지거나 파손될 우려가 있다. 전단스티드가 일정각도 이상 휘어지거나 파손되면 그 부분의 스티드는 전단키로써의 역할을 잃어버리게 되므로, 다시 그 자리에 전단 스티드를 용접해야 한다. 하지만 별도로 현장에서 스티드를 용접해야하므로 공정이 번거로워지고, 용접여건이 좋지 않아 용접상태가 불량하게 된다.

### 3.2 CFT와 슬래브 접합부

CFT 원형 강관을 선기초기둥으로 사용한 경우에 H형강과 마찬가지로 슬래브와의 접합 장치가 필요하게 된다. 이전까지 CFT 강관과 슬래브 접합부에 관한 연구가 많이 진행되지 않아 새로운 접합부의 개발이 필요하였다. 기존의 연구내용을 살펴보면, CFT 각형 강관과 슬래브와의 접합부에 대한 연구가 있는데, 접합부로 H형강이나 T형강을 기둥에 용접하여 슬래브와 연결을 하였다(이철호, 김진원, 2006). 이것은 CFT 원형 강관의 기하학적 형태로 인해 CFT 원형강관에 용접하기에는 어려움이 있다. 또한, 지상 접합부와 달리, 선기초기둥은 수평 변위가 없는 지하층의 기둥으로 사용되므로 연직하중에 의한 전단력과 불균형 모멘트만 지지하게 된다. 따라서 상대적으로 설치가 간단한 전단 스티드를 사용하게 되었다.

새로 개발한 접합부의 형태는 그림 4와 같다. 접합부는 크게 전단연결장치와 전단지압띠로 나눌 수 있다. 전단연결장치는 곡형 플레이트에 공장에서 스티드가 용접하여 제작된 것으로, 슬래브와의 접합부 구성을 위해서는 지하층 굴토 후 원형 CFT

강관의 주변에 용접된 전단지압띠 위에 설치된다. 따라서, 천공구내 CFT 선기초기둥의 설치시에는 요구되는 피어내력에 적합한 작은 천공구내로의 시공이 가능하고, 전단 스티드가 매립 중 또는 굴토시 장비에 의해 휘어지거나 파손되는 문제점을 해결할 수 있다. 이로 인해 접합부가 전단강도를 충분히 발휘할 수 있고, 스티드를 다시 용접하는 별도의 공정이 필요하지 않게 된다.



(a) CFT기둥에 전단지압띠가 설치된 모습

(b) 전단지압띠위에 스티드판의 설치 모습

그림 4. CFT와 슬래브 접합부의 형태

전단연결장치는 CFT 기둥에 부착되거나 용접되는 것이 아니기 때문에 전단연결장치를 지지할 수 있는 별도의 장치가 필요하였다. 따라서, 전단연결장치의 하부에 밴드 형태의 전단지압띠를 개발하여 전단연결장치를 지지하도록 하였다. 전단지압띠는 원형의 강관 띠로써 하부를 필렛 용접하여 기둥에 부착되도록 하였다. 전단연결장치는 전단지압띠에 올려져 있는 형태로써 하중을 전단지압띠로 전달하게 된다. 공사 중에는 단순히 올려져 있는 형태지만, 추후에 콘크리트가 타설되기 때문에 이로 인해 전단연결장치가 구속되므로 안정성에는 문제가 생기지 않는다.

하중의 전달 경로를 보게 되면, 그림 5와 같이 ① 슬래브로부터 전달된 하중이 전단연결장치로 전달된다. ② 전단연결장치는 그림 5에서 보는 바와 같이 전단 스티드와 스티드판으로 구성되어 있는데, 전단스티드를 통해 스티드판으로 하중이 전달된다. 그 후에 하중이 전단연결장치를 거쳐 이를 지지하는 ③ 전단지압띠로 전달되고, 필렛으로 용접된 부분으로 전달된다. 전달된 하중은 최종적으로 ④ CFT 원형강관을 통해 피어 기초까지 전달된다.

또한, 사용시 CFT 원형강관을 콘크리트로 감싼 영구 합성 기둥에서는 더 이상 전단연결장치의 역할은 없어지고 감싼 기둥의 지압에 의해 바닥하중이 합성기둥으로 전달된다. 이때 CFT 원형강관을 감싸 합성기둥을 형성하는 역타설된 기둥 콘크리트의 침강으로 인하여 슬래브의 하부와 역타설된 기둥 콘크리트의 상부사이에 틈이 발생하는데, 이 틈에 대해서는 에폭시를 주입하는 방법으로 보강을 한다.



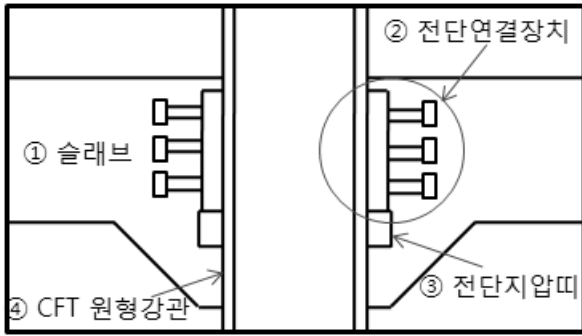


그림 5. CFT와 슬래브 접합부 하중 전달 경로

#### 4. 현장적용

새로 개발된 CFT 기둥과 슬래브 접합부를 현장에 적용하였다. 선기초기둥에 적용되고 지상층에 관한 연구는 아직 진행되지 않았으므로, 상대적으로 지진, 바람에 의한 횡력에 의해 수평변위가 발생되지 않는 지하층 부분에 새로 개발된 접합부를 적용하였다. 그림 6에서 보는 바와 같이 굴토 후에 전단연결장치를 설치하게 되므로 전단 스티드가 휘어지거나 파손되지 않았다. 4개로 분할된 전단연결장치를 기둥에 부착한 후에 임시 고정을 위하여 철근등을 이용하여 결속시킨다. 추후에 콘크리트를 타설하게 되면 전단연결장치가 고정되어 전단기로써의 역할을 하게 된다.



그림 6. 전단연결장치가 연결된 모습

선기초기둥으로 CFT 원형강관을 사용한 결과 압축강도의 증가로 인해 기둥의 단면이 줄어들게 되었으며, 이로 인해 공사비 감소, 시공성 향상 등의 효과를 나타내었다. 또한, 새로운 접합부의 사용으로 인해 공정이 간편해지고 안전성이 높아졌다. 새로 개발된 CFT 원형강관과 슬래브 접합부를 현장에 적용한 결과 기존 공법에 비해 시공성과 경제성 향상, 공기단축의 효과를 나타내었으며, 안전성에 대해서도 확인되었다. 그림 7의 (a)는 슬래브가 타설된 후의 CFT 기둥의 모습이고, (b)는 CFT기둥이 콘크리트로 감싸진 합성기둥의 모습이다.



(a) 슬래브 타설 후 CFT 기둥의 모습



(b) 합성기둥으로 형성된 모습

그림 7. 선기초기둥의 합성전후의 모습

#### 5. 결 론

- 1) Top-Down 공사에서 CFT 선기초기둥과 콘크리트 슬래브를 연결하는 장치로써 전단연결장치를 개발하였다. 전단연결장치는 전단 스티드와 스티드판으로 구성되어 굴토 후에 설치함으로써, 스티드의 훼손이나 파손을 최소화하였다.
- 2) 전단연결장치를 지지하고 전단연결장치와 CFT 기둥을 연결해주는 장치로써 밴드 형태의 전단지압띠를 개발하였다. 전단지압띠는 전단연결장치로 전달되는 하중을 수직력의 형태로 변형시켜 용접부를 통해 CFT 기둥으로 전달한다.
- 3) 전단연결장치와 전단지압띠로 구성된 CFT 기둥과 슬래브의 접합부의 개발을 통해 현장 적용을 실시하였다. 굴토 후에 전단연결장치를 설치하여 전단 스티드가 휘어지거나 파손되지 않았으며, 추후 콘크리트 타설을 통하여 접합부를 고정시켜 주었다.

#### 감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고, 한국건설교통기술평가원에서 시행한 2006년도 건설핵심기술 연구사업「공기단축형 복합구조시스템 건설기술」(과제번호: 05 R&D 건설핵심 D02-01) 연구사업으로부터, 논문작성에 일부 지원을 받았으며, 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 강승룡, 임홍철, 김승원, 김동진, 송지윤, 정미라, 이해철, Top Down 공사에서의 CFT 선기초기둥 활용방안, 한국건축시공학회, 2008년 춘계학술발표대회 논문집, 제8권 1호 (통권 제14집), pp.31~34, 2008
2. 이철호, 김진원, CFT기둥-RC 무량판 접합부의 편칭전단강도 및 거동, 한국강구조학회 논문집, 제18권 4호, p.p491~502, 2006
3. 임홍철, 신천균, 김승원, Top Down 공사의 선기둥 수직도계측, 한국건축시공학회 논문집, 제6권 4호, pp.77~84, 2006
4. 임홍철, 황희선, 굴착순서에 따른 Top Down 선기둥 지지력 산정, 한국건축시공학회 논문집, 제6권 4호, pp.52~59, 2006
5. 전봉수, 김승원, 김상범, 김세익, 김택태, 손주혁, Top-Down 공법의 연구, 포스코개발주식회사, 2001
6. W. D. Wang, J. B. Wu and G. E. Di, Performance of Base Grouted Bored Piles in Specially Big Excavation Constructed using Top-down Method, ASCE, Underground Construction and Ground Movement (GSP 155) 199, 49, 2006
7. X. Xie, Y. Li, and H. Huang, Settlement Analysis in Deep Excavations by Top-down Construction in Soft Soils using FEM, ASCE, Underground Construction and Ground Movement (GSP 155) 199, 50, 2006