

# 시공오차가 있는 선기초기둥에 공장제작보의 설치가 용이한 탑다운공사용 접합기술개발

## Development of Top-Down Connection System to Solve the Problem of Construction Tolerances in Installing Prefabricated Beams to Pre-founded Columns

**김 승 원\***                      **정 희 원\*\***                      **박 대 영\*\*\***                      **김 동 건\*\*\*\***                      **박 주 현\*\*\*\*\***  
 Kim, Seung-Weon      Jung, Hee-Weon      Park, Dae-Yung      Kim, Dong-Gun      Park, Joo-Hyun

### Abstract

Almost pre-founded columns for top-down construction certainly have construction tolerances in plan and plumbness. Therefore, it is very difficult to connect prefabricated beams to pre-founded columns at each floor level after excavation by usual top-down connection method and this usual connection method leads to long construction time, increasing cost and decreasing quality. This paper presents a new method for connecting prefabricated beam to pre-founded column with GROUT-JACKET CONNECTION SYSTEM consisting of sleeve, bearing-shear bands and grout. Details and illustrations of the connections and applications by GROUT-JACKET CONNECTION SYSTEM for the top-down construction are also included in this paper.

키 워 드 : 탑다운 공사, 선기초 기둥, 시공오차, 공장제작 보, 그라우트-재킷 접합시스템  
 Keywords : Top-Down Construction, Pre-founded Column, Construction Tolerance, Prefabricated Beam, Grout-Jacket Connection System

## 1. 서 론

탑다운공사에 필요한 선기초기둥은 지중의 지하수가 있는 제한된 작고 깊은 천공구멍 내부에 설치되므로 시공오차를 관리하기가 매우 어려우며, 지중의 천공구에 설치하는 많은 과정에서 예측할 수 없는 방향과 크기의 시공오차가 그림1과 그림2 처럼 평면적, 수직적으로 발생된다. 이 지중에 매입된 선기초기둥의 시공오차는 굴토 후에나 확인할 수 있으므로 공장에서 제작된 보를 굴토 후에 시공오차가 있는 선기초기둥에 설치할 때 선기초기둥의 시공오차로 인하여 거의 모든 기둥과 보의 접합부에 많은 보정작업이 필요하여 공기, 품질, 공사비에 큰 영향을 준다.

그러므로 지하 탑다운공사에서의 바닥구조형식은 기본적으로 선기초기둥의 시공오차를 쉽게 수용할 수 있어야 하고 시공성, 구조성능, 품질 등의 기대효과에 신뢰성 있는 공사방식이 요구되며, 철근콘크리트 바닥구조가 가장 적합하다. 그러나 현실적으로는 공장제작보를 이용한 바닥구조가 탑다운공사에 적용되고 있어 시공오차를 효율적으로 수용할 수 있는 기술이 개발되어야 한다.

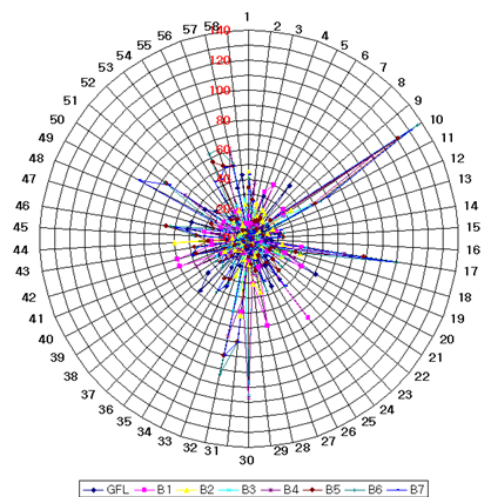


그림 1. 선기초기둥의 평면적 시공오차

## 2. 종래의 공장제작보를 이용한 바닥구조

공장에서 제작한 강재보나 PC보 등을 이용한 바닥구조공사는 굴토 후에 확인되는 그림1, 그림2의 선기초기둥의 시공오차로 인하여 접합부에 그림3과 같은 큰 문제점이 발생된다. 종래에는 현장에서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 거의 모든

\* 뉴테크구조기술사사무소 대표, 건축구조기술사(swkimm@unitel.co.kr)  
 \*\* 뉴테크엔지니어링 대표, 건축시공기술사, 공학박사  
 \*\*\* 뉴테크구조기술사사무소 파트너, 건축구조기술사  
 \*\*\*\* 뉴테크구조기술사사무소, 실장  
 \*\*\*\*\* 뉴테크구조기술사사무소, 대리

기둥의 보접합부 및 보의 단부접합부를 그림4처럼 현장에서 가공한 후, 많은 현장용접에 의해 기둥에 보를 연결하여 바닥골조를 구성하므로 많은 시간이 소요되어지며 굴토공사 또한 늦어지게 된다.

아니라 품질저하, 공사비증가의 요인이 되고 있으므로 탐다운공사용 접합기술로는 적합하지 않다. 강구조설계기준과 철골공사시방서에서 인정될 수 없는 이러한 신뢰성 없는 접합부처리를 눈감아주는 관행은 심각한 문제점으로 지적되고 있다.

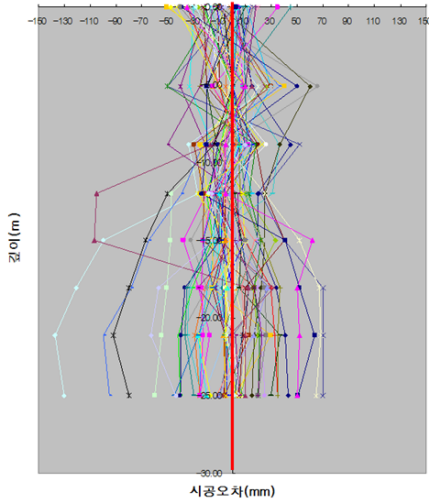
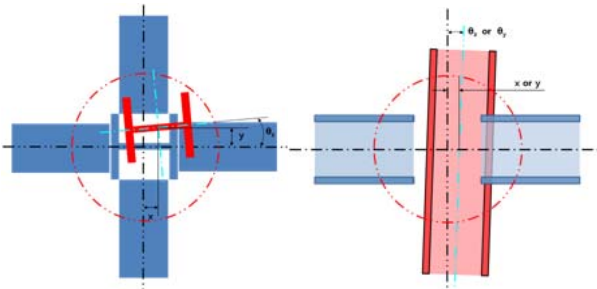


그림 2. 선기초기둥의 수직적 시공오차



1. 수평 시공오차 2. 수직 시공오차  
그림 3. 종래의 공장제작보 접합부 문제점

현장사진에 의해 종래의 공사과정을 살펴보면, 모든 선기초 기둥은 굴토전에 예측할 수 없는 시공오차를 갖고 있기 때문에 현장에서는 우선 그림4-1처럼 현장에서 줄자로 검측하여 공장 제작보의 길이를 그림4-2처럼 보의 단부를 잘라내고 산소절단기로 붙여 다시 볼트구멍을 만들고, 길이가 부족할 경우에는 그림4-3처럼 현장용접에 의해 연장한다.

기둥의 접합부에 연결판을 설치하기 위해 그림4-4처럼 줄자로 위치를 검측하고 수평적, 수직적 시공오차를 확인한 후에 그림4-5, 6, 7처럼 연결판을 재단하고 가공한 후에 현장용접에 의해 그림4-8처럼 기둥접합부에 부착한다. 지하층에서 철골보는 그림4-9처럼 백호우나 크레인에 의해 조립되며 거의 모든 보의 단부접합부는 그림4-10, 12와 같은 고소작업에 의한 현장용접으로 그림11처럼 연결된다.

이러한 접합부처리는 시공성의 저하로 인하여 공기증가뿐만



1. 시공오차의 검측



2. 보의 단부 현장가공



3. 보의 현장용접이음



4. 기둥의 접합부 위치 검측



5. 이음재의 현장 재단



6. 이음재의 현장가공



7. 기둥접합부 이음재설치



8. 이음재 현장용접상태



9. 강재보 설치



10. 보의 단부 현장용접



11. 접합상태



12. 중간보의 용접이음

그림 4. 종래의 공장제작보의 현장설치공사

### 3. 신개념의 ES-TD Construction System개발

시공오차가 있는 선기초기둥에 강재보, PC보 등의 공장 제작보를 효율적으로 설치하기 위해 그림5의 ES-TD Column System, 그림8의 ES-TD Grout-Jacket Connection System과 이들을 안전하게 시공하기 위한 그림13의 ES-TD 조립식 받침장치를 개발하였다. 여기에 소개하는 요소기술이나 시공기술들은 특허로 등록되었거나 출원되어있다.

#### 3.1 ES-TD Column System

피어, 기둥 및 각종 접합부로 구성된 ES-Column System은 그림5처럼 크게 3가지로 분류된다. 철근콘크리트바닥구조에서는 Type-A, B 또는 C를 적용하고, 공장제작보를 이용한 바닥구조에는 Type-B 또는 C를 적용하고 공장제작보의 단부접합부에는 선기초기둥의 시공오차를 쉽게 수용할 수 있는 ES-TD Grout-Jacket Connection System을 적용한다.

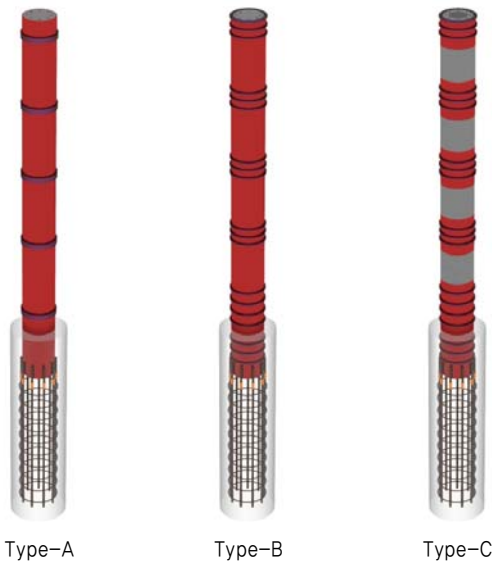


그림 5. ES-TD Column System의 종류

#### 3.2 ES-TD Grout-Jacket Connection System

현장에서 측정된 선기초기둥의 시공오차들의 크기를 분석하여 그림6과 같은 확률분포도를 구할 수 있다. 이 확률분포도에 의해 그림7과 같은 선시공기둥의 시공오차를 수용할 수 있는 방법을 정립하고, 합성기둥에서의 하중전달과 도입부에 대한 각국의 구조설계기준을 검토하여 그림8에 보여진 ES-TD Grout-Jacket Connection System이 개발되었다.

공장제작보의 양단에 Grout-Jacket Connection System(그림11)을 그림9와 같이 구비하여 시공오차가 있는 ES-TD Column System(그림5, Type-B, C)에 그림7의 원리를 이용하여 단순하고 신뢰성있는 방법으로 신속하게 시공을 할 수 있다.

Grout-Jacket Connection System은 시공성, 경제성, 신뢰성이 우수한 다양한 접합상세와 시공기술이 개발되어있다.

그림9처럼 그라우트-재킷시스템은 슬리브, 지압전단띠와 필요에 따라서 외다이아프램을 추가할 수 있으며, 재킷이 체결되면 슬리브내에 그라우트로 채워진다.

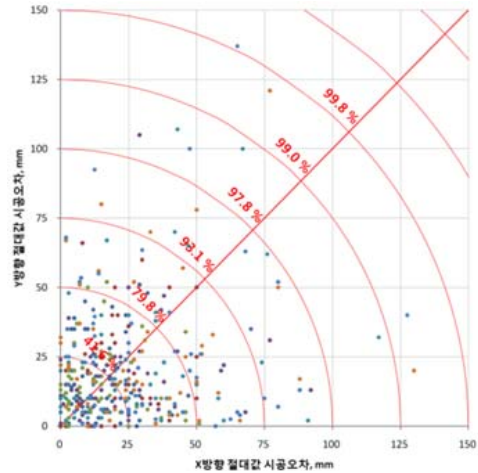


그림 6. 선기초기둥의 시공오차 분포

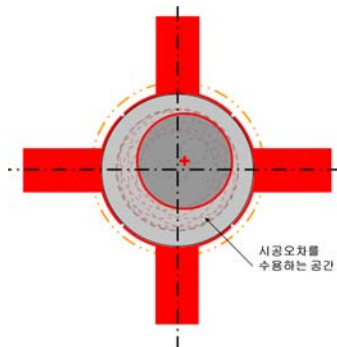


그림 7. Grout-Jacket System의 선기초기둥시공오차 수용원리

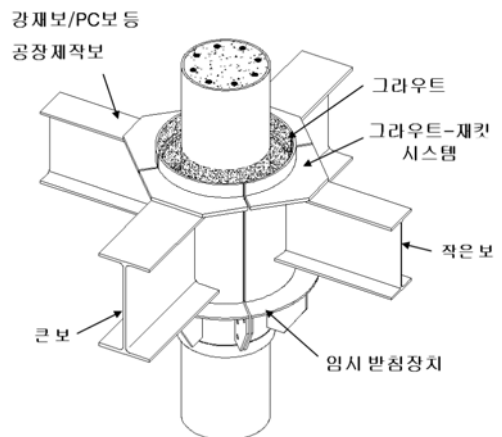


그림 8. ES-TD Grout-Jacket Connection System의 기본구성 예

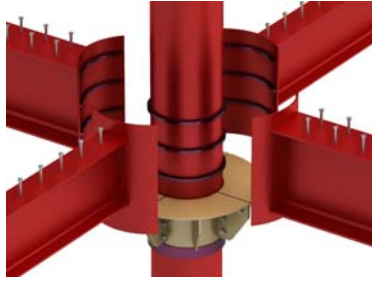


그림 9. ES-TD Grout-Jacket의 체결 전 내부모습

### 3.3 ES-TD Beam System

그림11-1, 2와 그림12-1, 2를 조합한 그라우트재킷접합시스템을 적용할 경우에는 그림10처럼 ES-TD Beam은 보의 양단부에 분할된 그라우트-재킷이 공장에서 부착되어 현장에 반입되며, 그림11-3, 4와 그림12-3, 4를 조합한 그라우트재킷접합시스템을 적용할 경우에는 ES-TD Beam은 재킷요소와 보요소를 분리하여 현장에 반입된다.



1. 다이아프램이 없는 접합 2. 다이아프램이 있는 접합  
그림 10. ES-TD Beam System의 예

### 3.4 ES-TD Grout-Jacket 체결방식

그라우트-재킷 접합시스템의 형태와 체결방식은 다양한 종류로 개발되어 있으며, 체결방식은 기본적으로 그림11과 그림12처럼 용접체결방식과 볼트체결방식을 포함하고 있다.

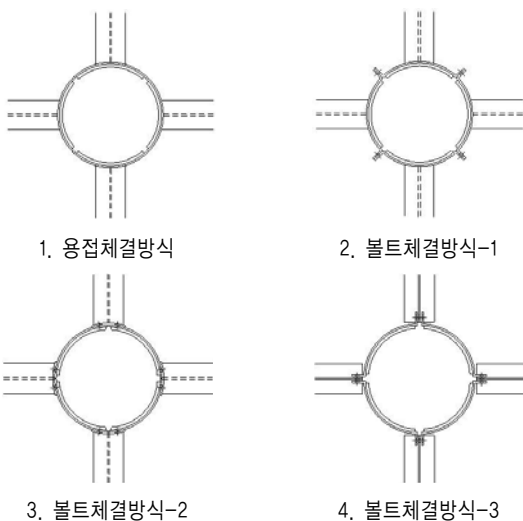


그림 11. ES-TD Grout-Jacket의 슬리브 체결방식

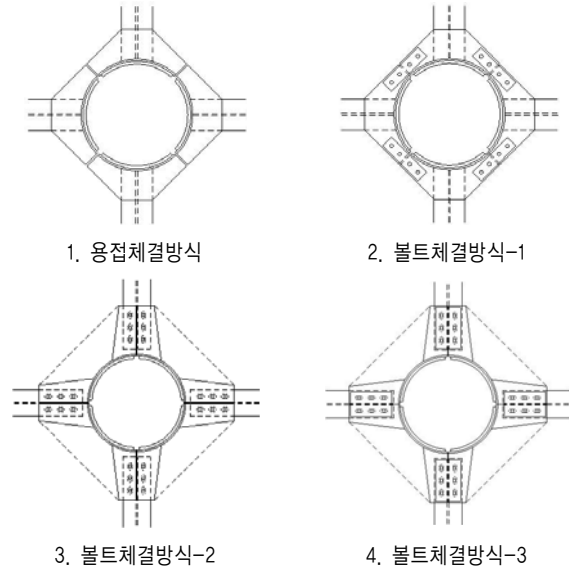


그림 12. ES-TD Grout-Jacket의 다이아프램 체결방식

### 3.5 ES-TD 조립식 받침장치

ES-TD Grout-Jacket Connection System을 적용하기 위해서는 임시받침대가 필요하므로 ES-TD Column과 ES-TD Grout Jacket System에 적합하게 그림13과 같은 조립식 ES-TD Bracket System을 개발하였다. Grout-Jacket내부의 그라우트가 소정의 강도를 발현하면 해체하여 다음 층에 전용하여 사용한다.

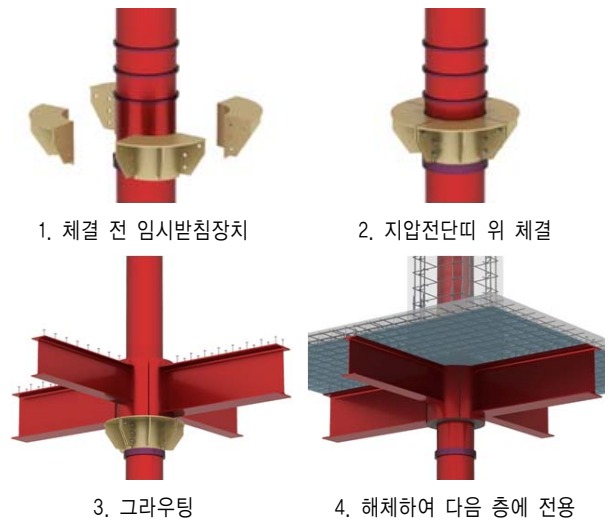


그림 13. ES-TD 조립식 임시받침장치의 사용방법

## 4. ES-TD Construction System을 이용한 공사방법

선기초기둥, 접합부, 강재보, 받침장치 등을 포함한 구조요소와 이들을 이용한 공사방법과 순서는 그림14과 같이 실시되며 완성된 형태는 그림15와 같다.

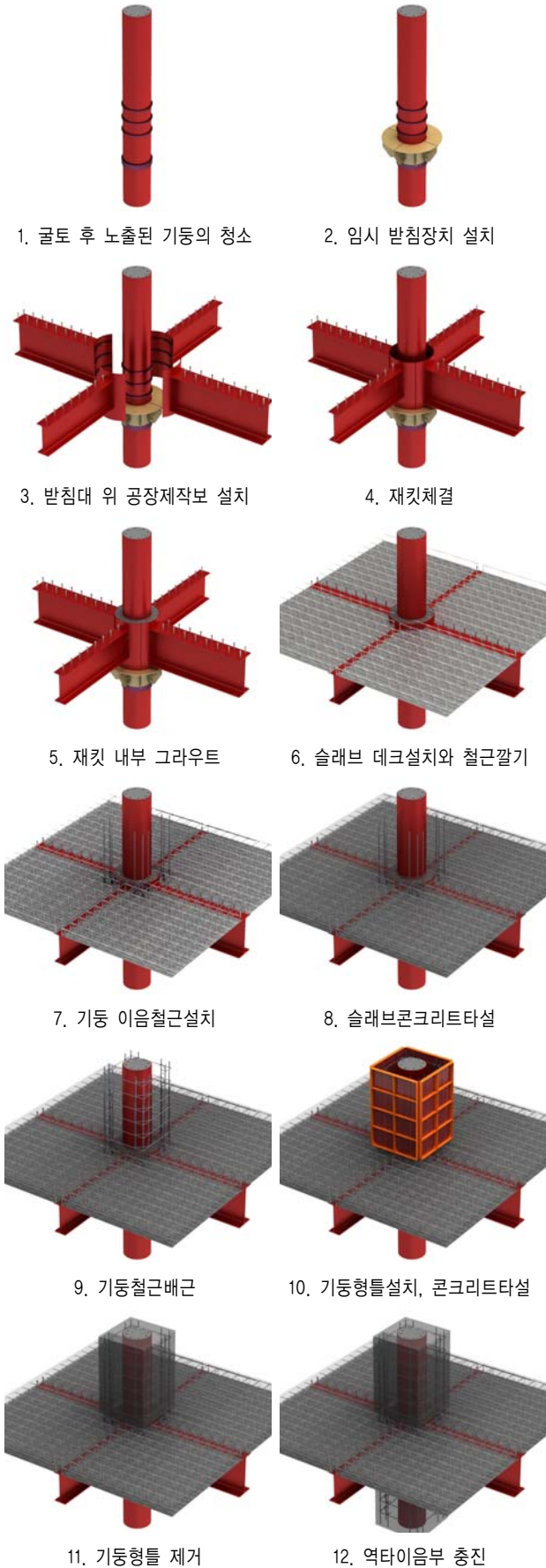
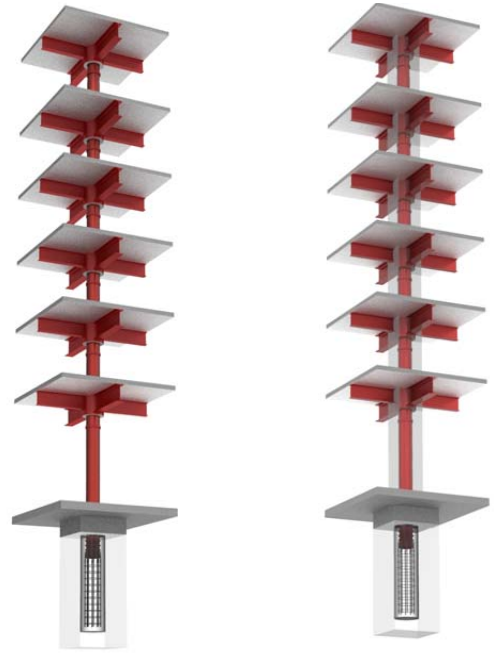


그림 14. ES-TD Grout-Jacket Connection System의 공사순서

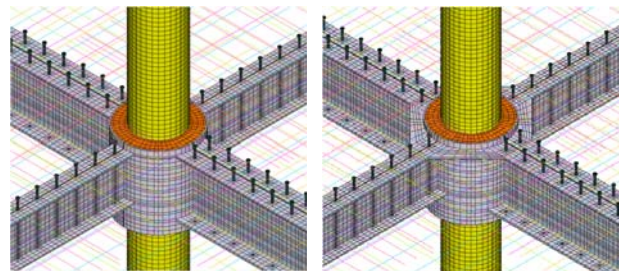


1. 노출 기둥 적용      2. 콘크리트로 감싼 기둥 적용

그림 15. ES-TD Construction System의 일예

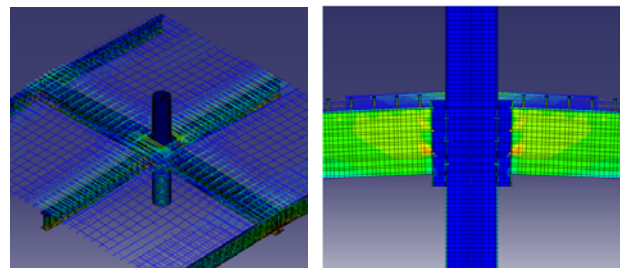
### 5. ES-TD Construction System의 구조성능 검증

개발된 각종 ES-TD Grout-Jacket Connection System은 관련구조설계기준에 의해 설계를 하고 ABAQUS 6.70에 의한 재료비선형 구조해석모델에 의해 접합부의 성능이 우수함을 확인하였다. 노출형 ES-TD Column을 적용한 일부 해석모델(그림16, 그림17)에 대한 해석결과는 다음과 같다.



1. 해석모델-1

2. 해석모델-2



3. 연속골조의 해석결과(모델-1)

4. 접합부의 해석결과(모델-1)

그림 16. ES-TD 그라우트-재킷접합부의 재료-비선형해석

ABAQUS에 의한 재료비선형구조해석의 모델은 4가지로 구분하였다. 슬래브의 합성효과를 고려하지 않은 공사시 조건에서 다이아프램이 있고, 없는 경우의 2가지 모델과 합성효과를 고려하여 상부연속철근을 포함한 사용시 조건에서 다이아프램이 있고, 없는 경우의 2가지 모델로 모델링하여 접합부의 거동을 분석하였다. 그림 17과 같이 공사시 조건에서는 다이아프램이 있는 경우가 없는 경우보다 처짐각의 크기는 크게 차이가 났으나 수직 미끄럼의 차이는 작은 것을 확인하였다. 반면에 사용시 조건에서는 슬래브에 상부연속철근효과로 다이아프램이 있는 경우와 없는 경우에 처짐각과 수직미끄럼은 차이가 미소하였다. 따라서 일반적인 설계조건에서는 다이아프램이 없는 그라우트재킷을 사용하여 공사시에는 강재단순보로 간주하고 사용시에는 연속합성보로 간주하여 설계하는 것이 합리적이라고 판단된다. 지하층의 바닥구조는 연직하중에 의한 면외하중뿐만 아니라 지하외벽으로부터의 횡력에 대한 면내하중을 받게 되므로 바닥구조를 구성하고 있는 합성보와 슬래브는 압축력도 고려하여 설계되어야 한다.

## 6. 결 론

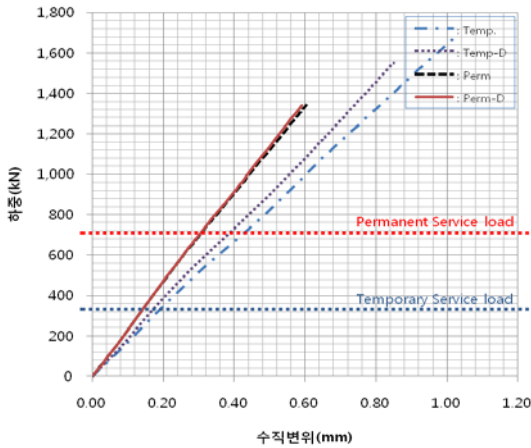
본 논문에서는 공장제작보로 구성된 바닥구조를 적용한 지하 탐다운공사에서 선기초기둥의 시공오차로 인한 종래의 공사방식에 대한 문제점을 분석하고 이에 대한 대책으로 시공오차가 있는 선기초기둥에 공장제작보를 용이하게 설치할 수 있도록 개발된 그라우트-재킷접합구조시스템과 이를 이용한 시공기술을 소개하였다.

공장제작보로 구성된 바닥구조가 있는 지하 탐다운공사에 ES-TD Grout-Jacket Connection System을 이용하면 시공오차가 있는 선기초기둥에서도 시공성이 향상되어 공기를 단축할 수 있고 경제적으로 신뢰성있는 구조품질을 확보할 수 있다고 판단된다.

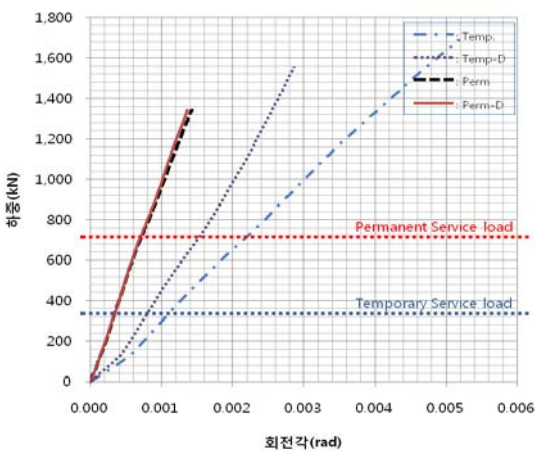
향후 ES-TD Construction System을 구성하고 있는 요소들과 조합된 구성체들의 시험체에 대한 검증을 한 후에 현장에 적용하여 시공성, 경제성 등을 분석하여 완성도 높은 탐다운공사용 접합기술로 발전시킬 예정이다.

## 참 고 문 헌

1. 김승원 외, Top-Down공사에서 CFT선기초기둥 활용방안, 한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집, 제8권 제1호, 통권 제14호, pp.31~34, 2008,5
2. 김승원 외, CFT선기초기둥과 슬래브접합부개발, 한국건축시공학회, 학술.기술논문발표회 논문집, 제8권 제2호 통권 제15호, pp.129~133, 2008,11
3. 김승원 외, Top-Down공사의 선기초기둥의 특성, 한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집, 제8권 제2호 통권15호, pp.135~139, 2008,11
4. 김승원 외, Top-Down공사용 원형충전강관기둥과 피어기초의 개발, 한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집, 제9권 제1호, 통권 제16호, pp.29~32, 2009,5
5. 이철호 외, 탐다운공법 적용을 위한 원형 콘크리트 충전강관(CFT) 기둥과 철근콘크리트 무량판 접합부 상세개발, 한국강구조학회 2010년 학술발표대회 논문집, pp.107~108, 2010.6
6. BSI, Eurocode 4: Design of Composite Steel and Concrete Structures-Part 1: General rules and rules for buildings, 2004
7. AISC, Steel Design Guide 8, Partially Restrained Composite Connections, 1996



1. 하중-슬립 상관도



2. 하중-처짐각 상관도

그림 17. 해석결과의 예