

## 矩形断面に設置した仮設中柱の撤去時の計画と実施工

### —新日比谷地下通路工事報告(その5)—

東京地下鉄(株) 正会員 橋口弘明 根本早季  
 鹿島建設(株) 正会員○盛岡義郎 正会員 大西 諒  
 鹿島建設(株) 正会員 上木泰裕 正会員 衛藤 優

#### 1. はじめに

本工事は、新日比谷計画開発ビル建設に伴い日比谷駅において既設地下通路の側壁を一部撤去し、再開発ビルに接続するバリアフリーの地下接続通路を構築するものである。本工事の近傍は交通量の多い道路が存在し、地下には埋設管(通信管路・ガス導管・上下水道等)が輻輳しているため、デッドスペースが少ない矩形断面の泥土圧式推進機(R-SWING 工法)を採用した。本稿では、函体推進時にセグメント組立補助や形状保持のために矩形断面に設置した仮設中柱(以後;中柱)の撤去時の検討と施工時の応力計測<sup>1)</sup>について紹介する。

#### 2. 仮設中柱の撤去時の検討

本工事の覆工には剛性が高く、トンネル変形量を抑え、セグメント桁高を小さくできる六面鋼殻合成セグメント(写真-1)を使用した。その施工時は、セグメントリング上半組立時や推進時の形状保持のために、断面中央に中柱(H-200・油圧ジャッキ付)を幅1.0mの全セグメントリングに設置しながら、推進工を行った(写真-2)。掘進完了後、中柱撤去の際に、隣接する中柱未撤去のリングとの間に変位差が生じ、リング継手に過大なせん断力が作用することが懸念された。そこで、撤去時のリング継手や中柱等の健全性を確保するために撤去方法の検討を行った。



写真-1 六面鋼殻合成セグメント(2リング水平仮組み試験)



写真-2 仮設中柱(@1.0m)

##### (1) 解析モデル

解析にはシールドトンネルの断面力解析用汎用ソフトである Moleman-i を用いた。モデルは2リングのはりバネモデルとし、セグメント継手を曲げモーメントに対する回転バネ、リング継手をせん断バネとして設定した。中柱は直線はりとし、セグメントとの接点はピン結合とした。解析モデルを図-1に示す。

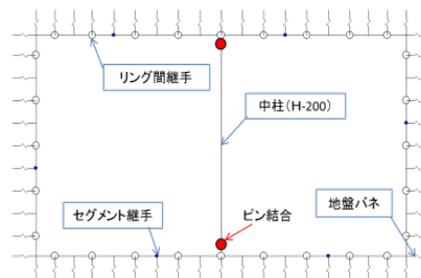


図-1 解析モデル図

##### (2) 解析ステップと解析条件

中柱の撤去手順は、前後のリング継手や中柱への影響を考慮し、全リングの中柱に発生している軸力を中柱に設置した油圧ジャッキにより一度半減させた後に中柱を到達側から順次撤去する手順とした。解析では中柱に発生する軸力の減少を、以下の①~③の手順により5ステップでモデル化した(表-1)。この際、推進工事完了後に実施する裏込め注入による圧力は中柱撤去時には消散しているものとして、荷重として考慮していない。

- ① 中柱軸力100% : 中柱をはりでモデル化。
- ② 中柱軸力50% : 中柱をはりでモデル化せず、中柱取付け部の上下2節点に対し、上記の中柱軸力の50%を節点荷重として外向きに載荷。
- ③ 中柱撤去 : 上記の節点荷重を除荷。

##### (3) 解析結果

図-2に軸力の解析結果を、表-2に部材の軸力図を示す。リング2の中柱

表-1 解析時の各ステップの仮設中柱の状況

ステップ	リング1	リング2
①	有り	有り
②-1	軸力50%	↓
②-2	↓	軸力50%
③-1	撤去	↓
③-2	↓	撤去

キーワード 施工時検討、矩形推進工法、仮設中柱、六面鋼殻合成セグメント、計測管理  
 連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株)土木設計本部 TEL03-6229-6641

に発生する圧縮応力度はステップ2において最大の148N/mm<sup>2</sup>(軸力763kN)となり、短期許容圧縮応力度192N/mm<sup>2</sup>以下に収まり、中柱の健全性が確保されることを確認した(図-2)。セグメント本体部とリング継手の断面力図を図-3に示す。セグメント本体部の最大曲げモーメントは557kN・m、リング継手の最大せん断力は191kNとなった。これらは、ともにステップ5が最も厳しい結果となっており、表-2に示すように許容応力度以下であることを確認した。

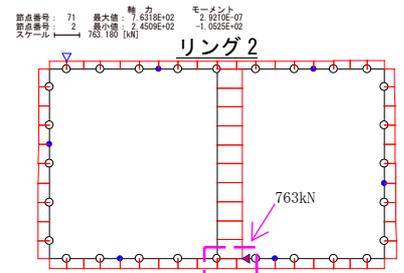


図-2 軸力図(ステップ2)

なお、表-2には解析値の他、後述の実施工時の計測値との比較のため、中柱基部と接する箇所(中柱有・中柱無)および中柱の応力度の計測値も併せて記載した。

表-2 応力度照査結果と計測値

単位: N/mm<sup>2</sup>

計測項目	解析値	計測値		許容 応力度
		5リング	13リング	
セグメント周方向 応力度 <sup>※1</sup>	中柱有	-36 <sup>※2</sup>	-20~26 <sup>※3</sup>	±215
	中柱無	162 <sup>※2</sup>	70	±215
リング継手せん断応力度	340	—	—	405
仮設中柱圧縮応力度	148	152	106	192

※1: セグメント周方向の応力度は、引張: +、圧縮: -  
 ※2: 計測期間中(〜2016/9/9)における最大範囲を抽出  
 ※3: 内空側鋼板の応力ひずみ計より算出した値

### 3. 実施工での計測結果および考察

実施工では、5リング目と13リング目を計測リングとして、応力ひずみ計による計測を行った<sup>1)</sup>。図-4にその計測リングの中柱の圧縮応力度の履歴を示す。

5リング目の中柱の圧縮応力度は、発進部付近の地盤改良区間を通過後、徐々に増加し始め、7/23に約90N/mm<sup>2</sup>となり、その後約1か月間、同程度の値で推移した。そして到達側の中柱の軸力を50%に半減させ始めた9/5に最大で約152N/mm<sup>2</sup>まで増加したが、これは解析値148N/mm<sup>2</sup>とよく合致しており、一次管理値(164N/mm<sup>2</sup>)以内となった。

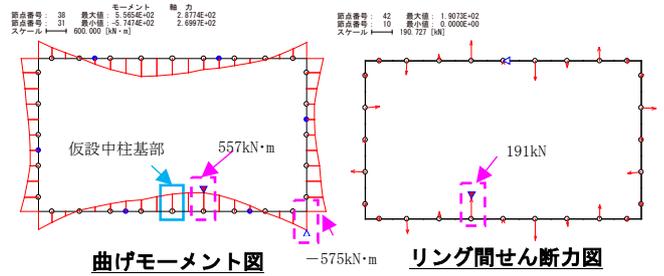


図-3 断面力図(ステップ5)

13リング目については、発進部付近の地盤改良区間を通過した後も、適切な軸力が伝わっていない挙動を示したが、8月上旬から反応を示し始め、裏込注入前の8/25に最大で約106N/mm<sup>2</sup>、中柱の軸力を50%に半減させ始めた9/5に約90N/mm<sup>2</sup>となり、これらは解析値148N/mm<sup>2</sup>の6~7割程度となっている。また、5リング目と同様に一次管理値(164N/mm<sup>2</sup>)以内となった。

なお、セグメント本体部の応力の計測値は両リングとも表-2に示すよう十分に安全な値で推移した(計測結果の履歴図は報文(その3)<sup>1)</sup>図-4)。

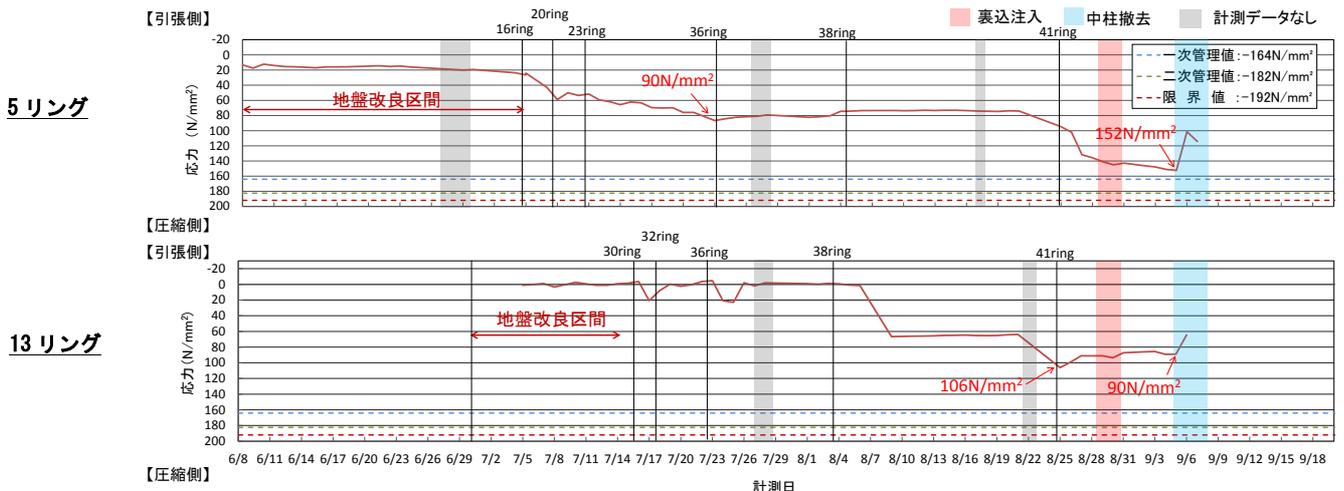


図-4 仮設中柱の圧縮応力度の履歴

### 4. まとめ

本稿では、施工時の検討として、推進時に矩形断面に設置した中柱の撤去時の解析を行い、セグメント本体、リング継手および中柱が推進時から中柱撤去に至る過程で、健全であることを確認した。また推進工事の際はセグメントや中柱に応力ひずみ計を設置し、リアルタイムに計測管理を行い、推進工事を安全に終わることができた。

### 参考文献

1) 橋口他 非開削の矩形断面地下通路工事における計測管理(その3), 土木学会 第72回年次学術講演会講演概要集, 2017.9