

### Ⅲ-B29 パイプルーフトンネルにおける計測管理について

熊谷・青木・東洋・アイサワ・大木 正会員      ○水田知幸  
 特定建設工事共同企業体  
 同 上      青木康司  
 同 上      花輪建志  
 (株)熊谷組 土木本部 土木技術部 正会員      藤吉昭彦

#### 1. はじめに

MM21線終端部元町駅（仮称）の構築工事において、堀川河川下トンネルをパイプルーフトンネル工法を用いて掘削を行った。掘削工法は、パイプルーフトンネル（ $\phi 711.2$ 、 $t=12\text{mm}$ 、平均延長 $L=70\text{m} \times 57\text{本}$ ）施工後、上下半を6分割するものであった。主要道路や河川下の大断面トンネル掘削であり、首都高橋脚等の重要構造物に近接しての施工となるため、計測に基づく情報化施工を行った。本報告は、事前の計測計画段階から実施工さらに対策工に至るまでの情報化施工の流れをまとめたものである。

#### 2. 計測位置および目的

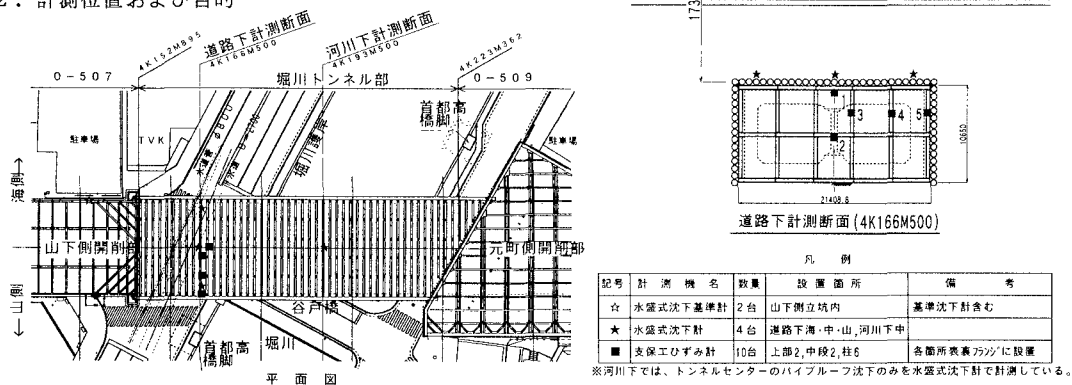


図-1 計測器設置位置図

計測計画段階における計測位置および計測目的を各々図-1および表-1に示す。

計画段階において、トンネル掘削の安全性を確認することに重点を置き、経済的な計画を行った。

表-1 計測器設置目的

| 計測対象          | 計測目的                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| パイプルーフトンネルの沈下 | ①道路下中央部に関しては、先行して中央1ブロックを行うため、掘削早期における沈下量の安全性を確認する。<br>②道路下海側・山側に関しては、解析上の最大沈下量位置での沈下量の安全性を確認する。また、海・山両方を計測することで、周辺構造物や地層の傾斜等による偏土圧の影響を把握する。<br>③河川下中央部に関しては、河川下における沈下量の安全性を確認し、異常出水などのトラブルに備える。また、支保工応力は道路下との中央部沈下量の比で河川下における支保工応力を推定し安全性を確認する。<br>④切羽距離と沈下量との関係から実測値としての掘削解放率を算定し、解析にフィードバックする。 |
| 支保工の応力        | ①道路下における支保工の安全性を確認する。<br>②パイプルーフトンネル沈下量の道路下と河川下の比より河川下における支保工の応力を推定し河川下における安全性を確認する。                                                                                                                                                                                                              |

キーワード パイプルーフトンネル 計測管理 トンネル掘削 近接施工 情報化施工

連絡先 東京都新宿区津久戸町2-1 (株)熊谷組土木事業本部土木技術部 電話03-3235-8622 FAX03-5261-5576

### 3. 計測結果

図-2にパイプルーフの沈下量の経時変化図を示す。

道路下中央においては解析値とほぼ一致する結果となったが、道路下山・海側では解析値の半分程度の沈下量に留まった。また、河川下中央においては、解析値を大きく上回る結果となった。

表-2に支保工応力の下半側部掘削終了時の結果を示す。

躯体構築に伴い、支保工を間引きする計画となっていたが、仮支柱中央部に関しては、このまま支保工の1本おきの間引きを行うと許容値を上回る可能性が高いと判断し、座屈防止のための水平材を追加設置し、本体構築に支障する箇所のみを間引するという対策をとった。

### 4. 事前計画段階時の予想と実際との相違点

事前の計画段階において想定していた挙動と実際の計測データから判明した挙動の相違点について表-3にまとめる。

表-3 事前計画段階と実際との相違点

| 項目          | 事前計画段階                                                                        | 計測結果                                                               |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1)パイプルーフの沈下 | 断面方向ではトンネルセンターより海・山側部(計測位置)の方が、縦断方向では河川下より道路下の沈下の方が大きい。                       | 断面方向ではトンネルセンターより海・山側部(計測位置)の方が、縦断方向では河川下より道路下の沈下の方が小さかった。          |
| 2)側圧        | K <sub>50</sub> 層には砂層が介在しているため、トンネル部は、K <sub>50</sub> 層からの水圧による大きな側圧を受ける。     | 側部支保工掘削完了時の曲げモーメントは32kN・m(設計値231kN・m)でほとんど働いていないことから、側圧は小さいと予想される。 |
| 3)仮支柱の発生応力  | 上半に位置する時に一時的に応力集中が起こり、下半掘削時に宙づり状態となり応力が解放され、下半支保工の設置後、応力再配分が行われ、ある一定の応力に落ち着く。 | 応力の経時的な挙動は左記に示ようになったが、発生応力は設計値を上回る結果となった。(表-2参照)                   |

1)の断面方向の沈下に関しては、下半中央・側部掘削時のリバウンド量がほとんどなく、トンネルセンターに変位が集中してしまったことが考えられる。また、縦断方向の沈下に関しては、河川下30～40m区間が上半・下半とも土丹層の中に介在する弱層(K<sub>p</sub>層；火山灰層、厚さ20cm～40cm程度)が下半支保工直下に当たったため、想定以上の沈下を起こしたと思われる。

2)に関しては、土丹層は自立性が高くほとんど土圧がかからない状態であり、掘削に伴うパイプルーフからの湧水进行处理することにより、側部の水圧が軽減されたと考えられる。

3)に関しては、仮支柱内側は全ての施工ステップでジャッキアップによるプレロード荷重を導入したため(その他の仮支柱は側部掘削時のみ)、設計時よりも応力集中が起こったと思われる。

### 5. まとめ

パイプルーフの変位および支保工応力を計測し、工事の安全性の確認を行ういわゆる情報化施工により適切な対策工を行い、周辺構造物への影響も管理値以内におさまリ、無事掘削工事を完了させることかできた。

しかしながら、プレロード荷重導入方法等により応力集中が起こる可能性があることから、今後の同種工事においては設計段階におけるプレロード荷重の設定および計測データによる確実な管理が重要である。

最後に、施工にあたって、貴重な助言を頂いた日本鉄道建設公団の皆様には深く感謝の意を表します。

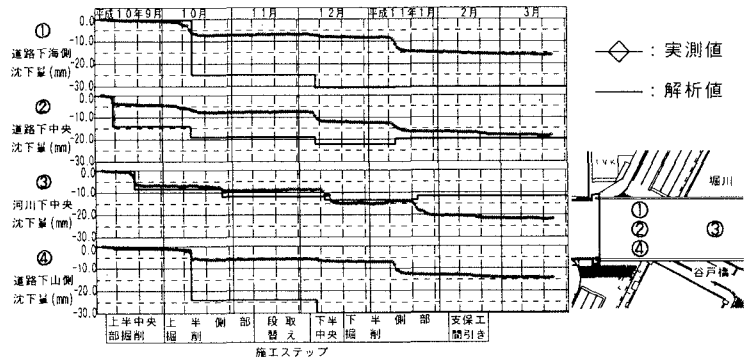


図-2 パイプルーフ沈下量

表-2 支保工応力計測結果

| 計測位置     | 使用材             | 設計値<br>$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 実測値<br>$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) |
|----------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 上部支保工  | H-468×442×55×55 | 83.8                                 | 28.0                                 |
| 2 中設支保工  | H-458×417×30×50 | 79.2                                 | 22.0                                 |
| 3 仮支柱内側  | H-418×412×25×30 | 76.2                                 | 95.0                                 |
| 4 仮支柱中央側 | H-418×412×25×30 | 76.2                                 | 38.0                                 |
| 5 側部支保工  | H-418×412×25×30 | 78.0                                 | 27.0                                 |

※網掛け部は設計値を上回った箇所  
※設計値は曲げ応力と軸応力の合成応力