

## 大規模断層破碎帯での大断面トンネル掘削時の挙動特性

日本道路公団静岡建設局富士工事事務所 正会員 小林 隆幸

日本道路公団静岡建設局富士工事事務所 正会員 佐藤 淳

清水・熊谷・竹中土木共同企業体 正会員 楠本 太

## 1. はじめに

第二東名高速道路富士川トンネルは、延長約 4,500m の長大トンネルであり、TBM 導坑先進掘削工法を採用している。トンネルの中央付近には、活断層を含む入山断層破碎帯が分布し、地山強度比は 0.3~0.7 と低く、強度不足による押し出し性地山である。このような地質での大断面トンネルの掘削は、これまでに経験はなく、高い押し出し地圧によるトンネル支保構造系の破壊と縫い返し掘削が危惧されたが、先行掘削した上り線では、無事に通過することができた。本報告では、ここでの大断面トンネル掘削に適用した掘削工法と C3-6-12 方式の施工方法、動態計測方法の有効性が実証されたのと、この計測データによりトンネル挙動特性が明らかになったので報告する。

## 2. トンネル概要

TBM 導坑の上半断面内での先行掘削により、入山断層破碎帯の力学特性などは概ね明らかになっており、断層破碎帯幅は、上り線で約 60m、下り線で約 100m の規模で分布する。ここでの土被り厚は約 250m であり、上り線と下り線の離れは、トンネル中心で約 55m である。

## 3. 支保構造仕様

入山断層破碎帯では、変位速度は速く、押し出し性を示す特殊地山であるので、30cm の変形余裕を考慮した。地層は軟弱、脆弱で、掘削影響域は深部におよぶなどから、ロックボルトによるトンネル変形の抑制効果は余り期待できないので、鋼繊維補強高強度吹付けコンクリートと高耐力鋼アーチ支保工を主要支保部材とし、周辺地山強度と背面地圧に見合う剛性と耐力を有する剛な支保構造体を設計した。また、支保構造体の C3-6-12 方式による早期断面閉合により、保有耐力の早期発現と掘削影響域の深部進展を抑制し、不安定地山を安定化させる。このほかに、不安定切羽での確実な施工と掘削サイクルの短縮を目的として、 $L=22.07$  m の注入式長尺鋼管フォアパイルングを採用する。

## 4. 計測概要

支保構造仕様の検証と次施工の判断のための挙動特性把握を目的として、支保部材応力測定のための計測工 B を 2 断面と自動追尾機能を有した三次元自動測量システムの PaM-Net を用いて、吹付けコンクリート表面に取り付けた最大約 200 測点の鉛直・水平方向変位を 3~6 時間毎に自動測定する。この計測断面は、トンネル進行方向 5m 間隔に設け、1 断面当りの測点数は、7 点である。

キーワード：大断面トンネル、断層破碎帯、PaM-Net、変形余裕量、C3-6-12 方式

連絡先：第二東名高速道路富士川トンネル西（その 3）工事共同企業体 Tel.0544-65-0810、Fax.0544-65-088

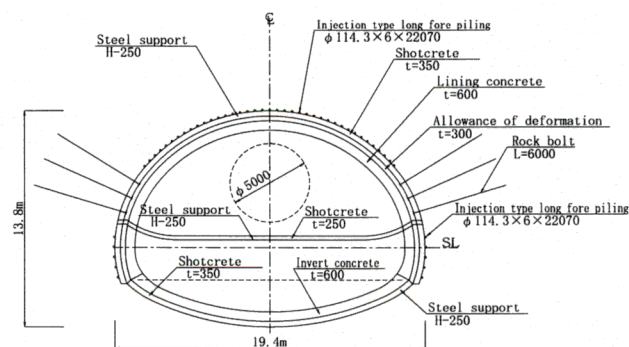


図-1 支保構造概要

表-1 支保構造仕様

| 断面区分         | DII-K-P                                | E-K-P |
|--------------|----------------------------------------|-------|
| 断層幅          | 36m                                    | 24m   |
| 1 掘進長        | 1.00m                                  | 0.75m |
| 変形余裕量        | 30cm                                   |       |
| 吹付け厚（強度）     | 35cm (36N/mm <sup>2</sup> ), SFRS (1%) |       |
| 支保           | 鋼アーチ支保工                                |       |
|              | H-250 (SS590)                          |       |
|              | ロックボルト本数                               |       |
|              | 上半 6 本 (L=6m) 290kN                    |       |
| 長尺鋼管フォアパイルング | 上半 39 本、下半 10 本<br>L=22.07m、φ114.7×6   |       |

- ①長尺鋼管フォアパイルング打設（上半 39 本）
- ②上半掘削、上半断面仮閉合（L=12.0m）
- ↓
- ③長尺鋼管フォアパイルング打設（下半 10 本）
- ④下半掘削（L=3.0m）
- ⑤インバート掘削（L=3.0m）、⑥断面閉合
- If インバート掘削長 ≥ 12.0m
- Then go to ①
- Else go to ④

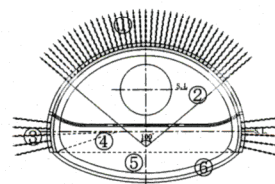


図-2 C3-6-12 方式の施工順序

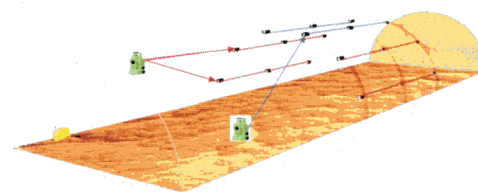
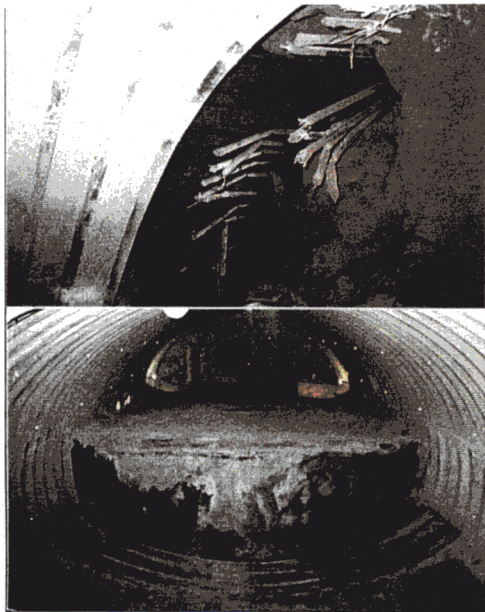


図-3 3D 自動測量システム (PaM-Net)



写(上)切羽崩壊状況、写(下)インバート閉合

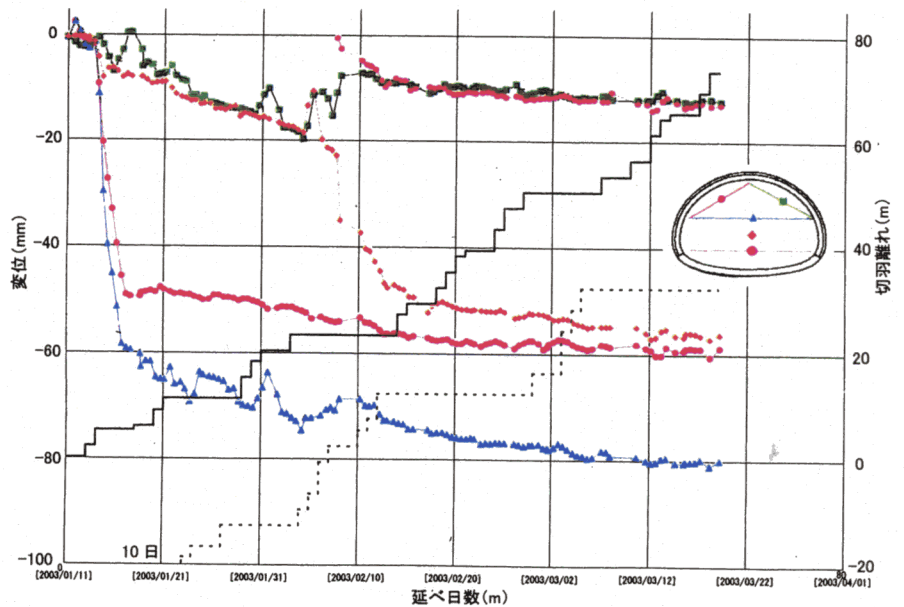


図-4 内空変位の経時変化図（最大値、STA. 1028+01）

### 5. C3-6-12 方式による施工状況

掘削単位は 12mとし、上半と下半・インバート切羽の離れは 24~36mとする交互併進である。下半とインバート掘削では、掘削単位を 3mとし、これ毎に断面閉合する。この方式では、上半 12mの掘削に 6 日、下半・インバートの 12m掘削に 3 日、月当り進行は約 24mである。

### 6. 計測結果と考察

最大沈下は 72mm で、E 区間左肩部に生じている。全区間をとおして、D IIは約 50mm、E 区間は約 70mm 沈下する。内空変位の最大値は、左肩部で 80mm 内空側に変位する。内空変位と沈下量の関係では、E 区間は 1:1、D IIでは 1:0.8~1 と内空変位の方が大きい。また、沈下量、内空変位量ともに、変形余裕量の 30cm の範囲内に収まっており、必要内空は確保できた。

#### (1) 安定化の様子

内空変位の最大値は、肩部測線に現われ、上半切羽が 6m進行する間に、全変位量の約 70%が発生する。上半支保工脚部では、インバート閉合までは単調増加し、切羽通過時に倍加した。インバート閉合後の 3 測線の変位速度は同等となり、断面閉合約 1.5 ヶ月後に収束した。

#### (2) 掘削影響

上半掘削時は、その 12m間では大きく変位するが、断面仮閉合効果により、その後方への掘削影響は小さい。下半・インバート掘削では、その 12m間の前後にも掘削影響は現われ、上半掘削時と同等の変位増分である。

### 7. まとめ

当初計画範囲内で安定化でき、必要内空は確保できたので、下り線側の設計・施工に反映させる予定である。

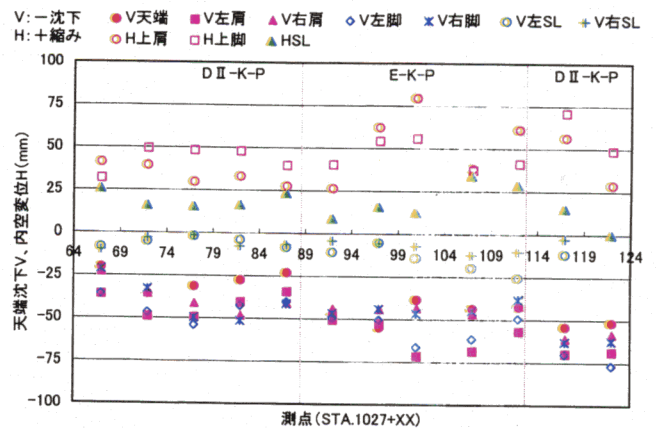


図-5 測点の沈下量と内空変位

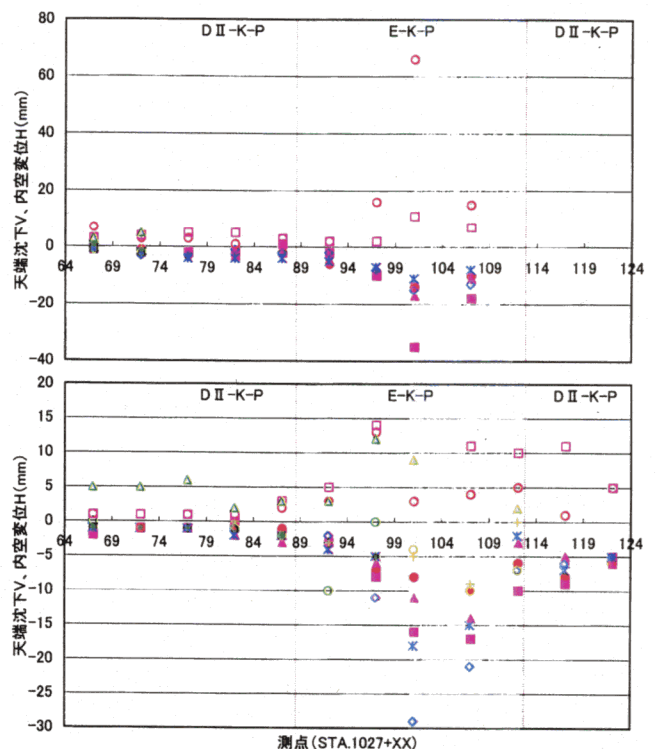


図-6 (上) 上半 12m掘削時、(下) 下半 12m掘削時の増分変位 (シェドは最大変位が生じた掘削ソフト)