

## VI-6

## アンダーピニングに伴う土留工の設計施工計画

JR東日本 東北工事事務所 正会員 ○穂積拓哉  
 JR東日本 東北工事事務所 佐野厚  
 JR東日本 東北工事事務所 正会員 山本秀裕

## 1. はじめに

秋田県が計画している秋田中央道路は、秋田駅構内を地下で横断する。当社は駅周辺部の工事を受託施工しており、シールドトンネル断面に駅ビルの基礎杭 8 本が支障することから、新設杭 16 本と受替梁で駅ビルの荷重を受け替え、支障杭のてっ去を行う（アンダーピニング工法）（図-1）。このうち新設杭 12 本と受替梁は駅ビル直下での施工となるため、駅ビル下を GL-7.3m まで掘削する。本稿では、アンダーピニングに伴う土留工の設計および施工計画について述べる。

## 2. 土留工の課題と検討

駅ビル下の掘削に際しては次に示す課題があるため、それらを考慮しながら土留工形式の検討を行なった。

## a) 掘削断面の止水

駅ビル付近の地質は軟質な粘性土が大部分を占め、地下水位も GL-1.7m と高いため、GL-7.3m までの掘削断面に対し止水対策を行う必要がある。

したがって、駅ビル東西および北側は鋼矢板を打設して土留壁を構築し、駅ビル直下となる南側は、透水性の高い埋戻土層のみ駅ビル東西からの薬液注入で地盤改良し、1:0.5 の法面勾配で掘削を行うこととした。

## b) 盤ぶくれ

GL-12.7～14.5m および GL-16.8～19.5m 付近には不透水層に挟まれた被圧滞水層が存在し、掘削に伴い掘削面側の地盤重量が小さくなると盤ぶくれを引き起こす可能性がある。そのため、次式を用いて盤ぶくれに対する安定性の計算を行い、必要な根入れ長を算定した。計算条件と結果を表-1 に示す。

$$F_s = \frac{\gamma \cdot d_o}{p}$$

$F_s$  : 安全率

$p$  : 被圧水圧 ( $\text{kN/m}^2$ )

$\gamma$  : 掘削面側の被圧滞水層上部地盤の湿潤単位体積重量 ( $\text{kN/m}^3$ )

$d_o$  : 掘削面側の被圧滞水層上部地盤の厚さ (m)

※ 盤ぶくれに対する安全率は 1.10 とする<sup>1)</sup>。

表-1 より GL-7.3m まで掘削する場合、土留工の根入れ長は 13.7m 必要であることが判る。したがって、駅ビル南側の床付け面以深は、高压噴射攪拌で地盤改良壁を構築することとした。

しかしながら、根入れ長を確保しようとすると、駅ビル西側と東側の土留壁の一部がトンネル断面に支障する。この部分は GL-14m 以深を高压噴射攪拌による地盤改良壁とすることで、シールドマシンによる掘進が可能な計画とした。

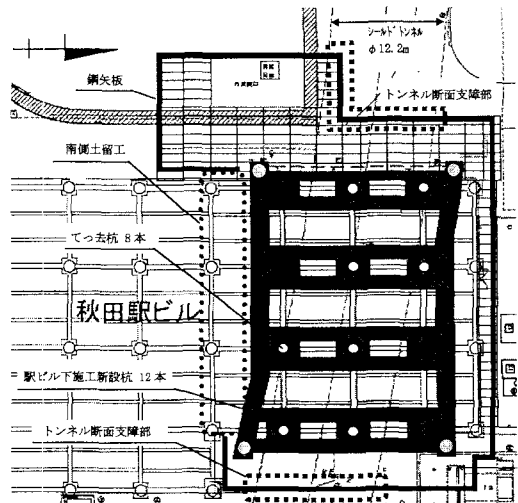


図-1 駅ビル受替工平面図

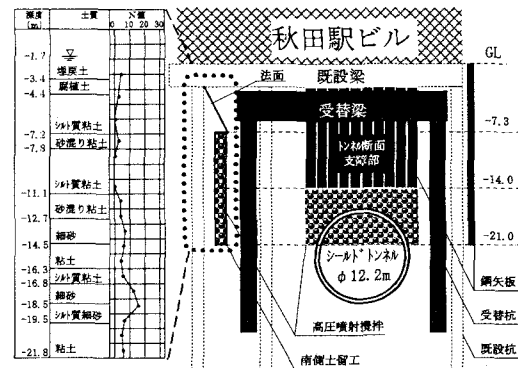


図-2 駅ビル受替工断面図

表-1 盤ぶくれ計算結果

| 深度(m)  | 根入れ長(m) | 安全率 $F_s$ |
|--------|---------|-----------|
| GL-4.4 | 0.0     | 1.10 ○    |
| GL-7.3 | 7.7     | 1.01 ×    |
| GL-7.3 | 13.7    | 1.30 ○    |

### c) 円弧すべり

GL-3.4m から GL-7.3m は軟質な腐植土および粘土からなっており、駅ビル南側の法面掘削に伴って円弧すべりを起こす可能性がある。そのため、高圧噴射攪拌による地盤改良壁を床付け面から突出させて円弧すべりの抑止壁とすることとし、法面の安定計算を行って必要な突出長を算定した。安定計算に用いたモデルを図-3～5、土質定数を表-2、その結果を表-3に示す。

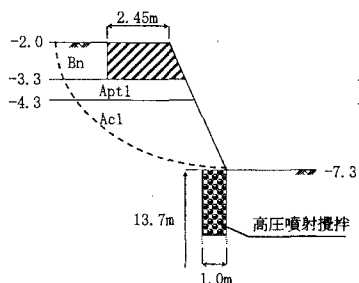


図-3 土留工断面図 (Case-1)

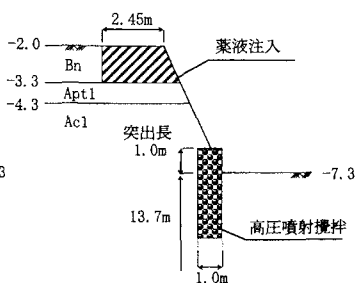


図-4 土留工断面図 (Case-2)

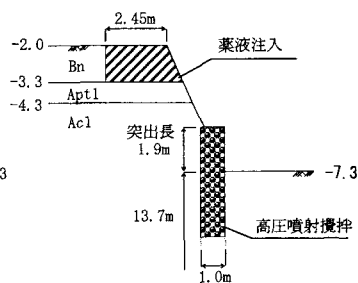


図-5 土留工断面図 (Case-3)

表-2 土質定数

| 土層       | N値  | 湿潤密度<br>$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 内部摩擦角<br>$\phi$ (°)    | 粘着力<br>C (kN/m <sup>2</sup> ) |
|----------|-----|---------------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 埋戻土 Bn   | 4.0 | 17.0                                  | 29.8 $\Rightarrow$ 0.0 | 0.0 $\Rightarrow$ 70.0        |
| 腐植土 Apt1 | 2.0 | 12.5                                  | 0.0                    | 20.0                          |
| 粘土 Ac1   | 1.5 | 15.0                                  | 0.0                    | 20.0                          |

※ 矢印 ( $\Rightarrow$ ) は薬液注入による地盤改良後の土質定数を示す。

表-3 法面の安定計算結果

|        | 突出長<br>(m) | 安全率 $F_s$ |
|--------|------------|-----------|
| Case-1 | 0.0        | 1.035 ×   |
| Case-2 | 1.0        | 1.205 ○   |
| Case-3 | 1.9        | 1.450 ○   |

※ 高圧噴射攪拌による地盤改良壁の粘着力 C は 300kN/m<sup>2</sup> とした。

※ 円弧すべりに対する安全率  $F_s$  は 1.2 とする<sup>2)</sup>。

表-3から突出長の増に伴って円弧すべりに対する安全率  $F_s$  が向上し、厚さ 1.0m では突出長 1.0m 以上で安全率  $F_s \geq 1.2$  を満足することが判る。

### 3. 施工計画

検討結果より駅ビル南側の土留工には Case-2 を用いることとし、次の施工計画を立てた (図-6)。

Step1: 埋戻土層を駅ビル東西からの薬液注入で地盤改良する。

Step2: 土留工施工前の状態でも盤ぶくれの恐れがない、GL-4.4m まで掘削する (表-1)。

Step3: 駅ビル下で抑止壁の突出長が 1.0m となる GL-6.3m まで、高圧噴射攪拌で地盤改良する。

Step4: GL-7.3m まで掘削する。

### 4. おわりに

本稿ではアンダーパニングに伴う土留工について、設計上の課題を考慮しながらその形式を検討し、その結果に基づく施工計画を立てた。今後も安全な施工に努めるとともに、盤ぶくれや法面変位の観測を行い、その結果について報告していきたい。

### 【参考文献】

- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル：鉄道総合技術研究所、2001.3
- 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造：鉄道総合技術研究所、2000.2

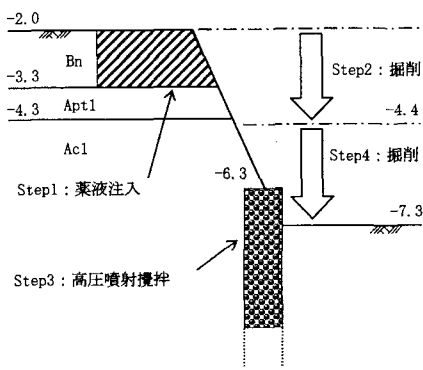


図-6 施工計画図