

第8編 「都市部山岳工法」

15:35 ~ 15:55 (東京会場)

16:10 ~ 16:30 (大阪会場)

山岳トンネル小委員会
第5分科会 丸山 修

第8編 都市部山岳工法

- 都市部特有の事項を記述
- 今回の改訂で編として独立

第1章 総則

1.1 都市部山岳工法一般

第2章 計画および調査

2.1 計画

2.2 調査

第3章 設計

3.1 設計の基本

3.2 設計の手順

3.3 支保工

3.4 覆工およびインバート

3.5 防水工および排水工

第4章 施工

4.1 施工の基本

4.2 覆工およびインバート

4.3 防水工および排水工

4.4 立坑

第5章 観察・計測

5.1 観察・計測一般

5.2 観察・計測の計画と実施

5.3 観察・計測の評価と活用

1.1 都市部山岳工法一般

■ 都市部山岳工法

都市部の未固結地山に山岳工法を用いてトンネルを建設する工法

■ 都市部

- 都市および都市近郊で,
 - ・ 住宅等の構造物が周囲にあり,
 - ・ トンネル掘削が周辺に与える影響に対し制約がある地域
 - (例) 沈下量に対する制限
 - (例) 地下水位低下に対する制限
 - ・ 将来的に都市化され,
トンネルへの近接施工が考えられるような地域.

■ 対象とする地質

- ・ 新第三紀から第四紀更新世の堆積物
- ・ まさ土等の風化残積土
 - ⇒ 未固結または低固結度の地山
 - ※ 硬岩地山は対象外

■ 特徴

- ・ 一般山岳部では「補助工法」とされている
 - ① 切羽安定対策
 - ② 地下水対策
 - ③ 地表面沈下対策
 - ④ 近接構造物対策 が
- 都市部山岳工法では「必要不可欠」である

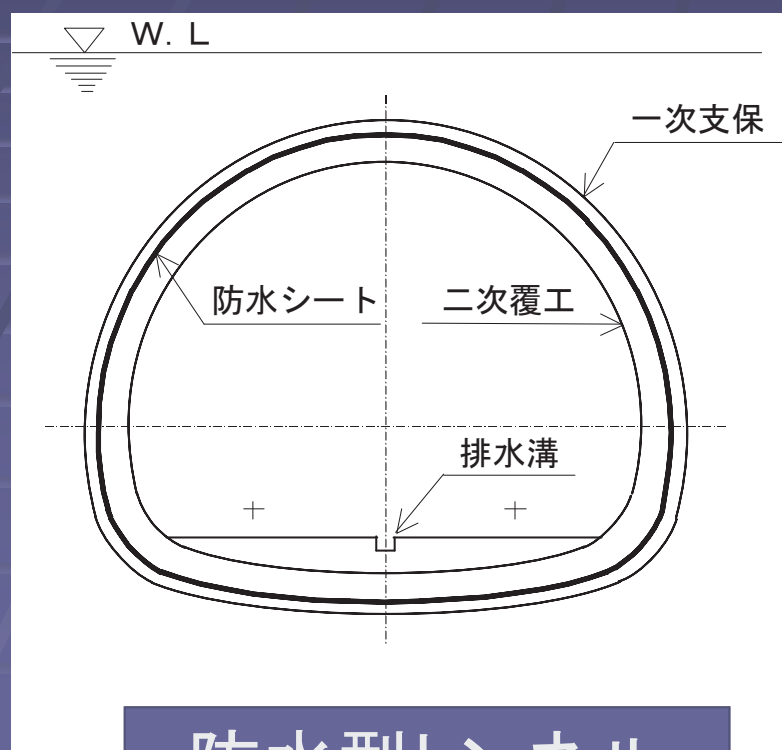
2.1 計画

- 都市部は制約条件が多い
 - ① 切羽の安定
 - ② 地下水の処理
 - ③ 地表面沈下
 - ④ 周辺構造物への影響
が大きな問題となる
- ② 地下水の処理に関して
 - ・地下水位が高い場合,
「地下水位低下工法」が一般的には有効
 - ⇔ 都市部では, そもそも「地下水位低下工法」が
できない場合がある (∵ 沈下, 渇水の問題)
 - ➡ 都市部山岳工法適用の可否を決める条件の一つ

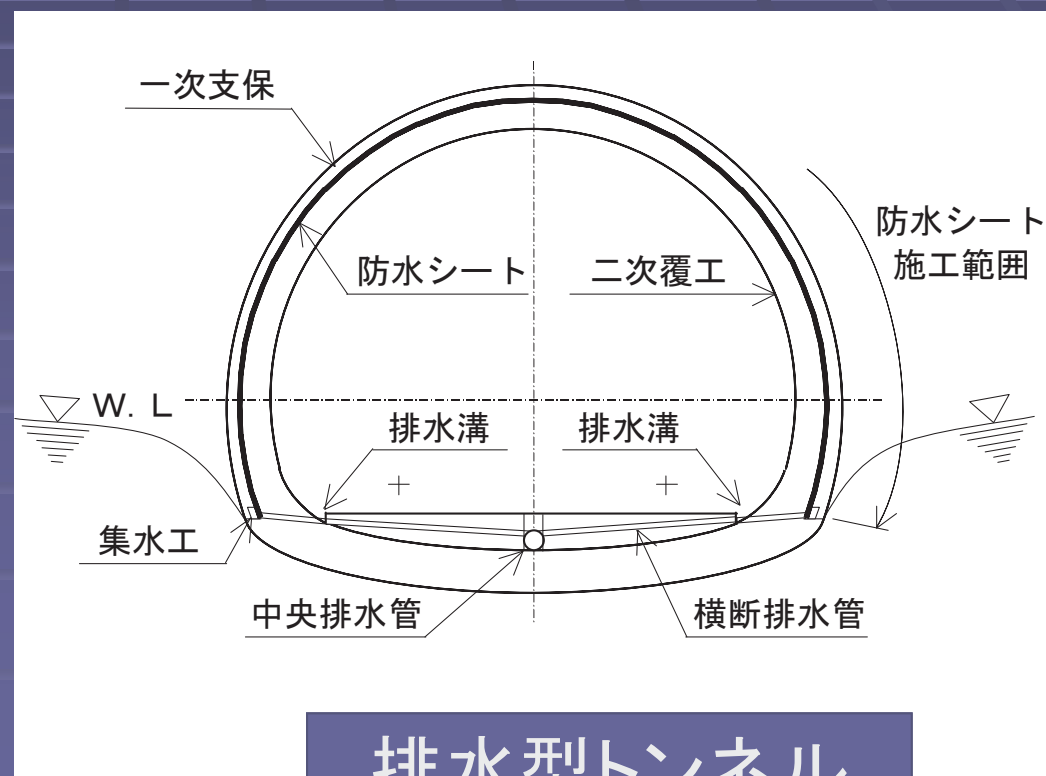
2.1 計画

- 建設時だけでなく、完成後の水位回復の要否も調査する必要がある。

完成後の水位回復が要 ⇒ 「防水型トンネル」とする必要



防水型トンネル



排水型トンネル

2.1 計画

- ③地表面沈下, ④周辺構造物への影響に関して
 - ・ 補助工法 (先受け工, 鏡面・脚部の補強, 排水工法・・・) の効果, 施工性等を十分に検討
 - ➡ 地表面沈下や周辺に与える影響を積極的に抑制する
- 留意点
 - ・ 計画段階から詳細な調査 (特に, 地下水低下の可否)
 - ⇒ 大きな影響を与えるような箇所を避け, 土被りを確保

2.2 調査

- 予想される現象に対応させて調査を実施する。

解説表8.2.2

特殊な地山条件	発生する（予想される）現象
小さな土被り	グラウンド・アーチが形成されにくい 地山の緩みに伴う地表面沈下や陥没
軟弱地盤が分布する地山	地表面の沈下 地下水位の低下 圧密沈下
レンズ状構造等を呈する不均質な層状地盤	宙水や被圧水による突発湧水 切羽の崩壊
埋没谷等顕著な不整合面が分布する地山	層境からの大量の突発湧水 切羽の崩壊

2.2 調査

■ 留意点

【精 度】 …… 初期段階から十分な精度で

【調査方法】 …… ボーリングを主体

+ 現位置試験 + 室内試験 + 物理探査

【調査項目】 …… 地盤物性値の把握が必要

∴ 各種制約の存在

∴ 事前の解析等が必要

①地質の分布(詳細な地層構成, 地下水の分布)

②物理特性 ⇒ 粒度・相対密度

③強度特性 ⇒ 地山強度比

④変形特性 ⇒ 数値解析に反映

⑤透水係数 ⇒ 数値解析に反映

■ 留意点

- ・ 一般山岳部の地山分類基準はそのままでは適用困難

➡ 都市部の未固結地山向けの地山分類基準が提案されている

	指標
粘性土 地山	地山強度比 C_f 浸水崩壊度 A~D
砂質土 地山	相対密度 $D_r(\%)$ 細粒分含有率 $F_c(\%)$

3.1 設計の基本

■ 以下1)~3)を勘案して実施

■ 1) 地山特性

① 地形

- ・土被り, 旧地形

② 地質

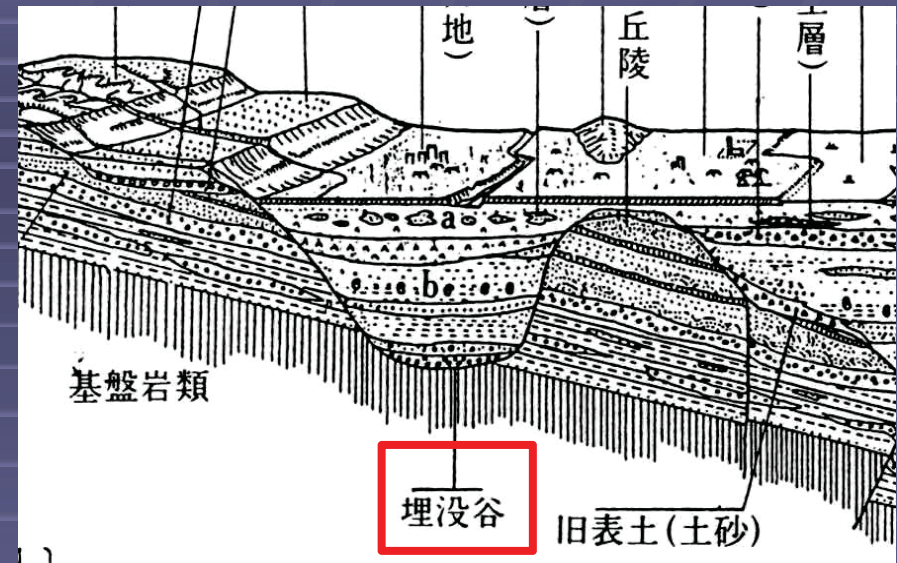
- ・粘性土 / 砂質土 / 礫質土 の違い

∴ 変形特性, 水による挙動が地質により変化する

③ 地下水

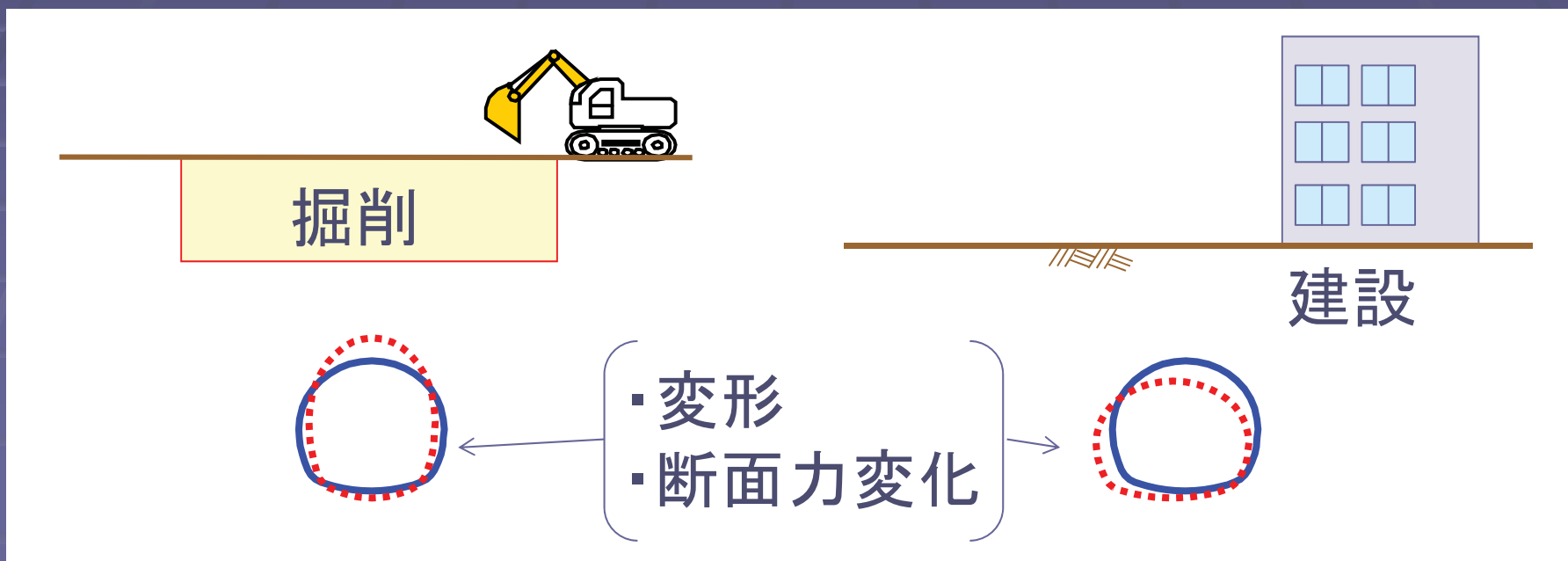
- ・透水係数, 帯水層の分布状況, 水圧, 圧密特性

⇒ 排水工法/止水工法の選定, 注入材の選定



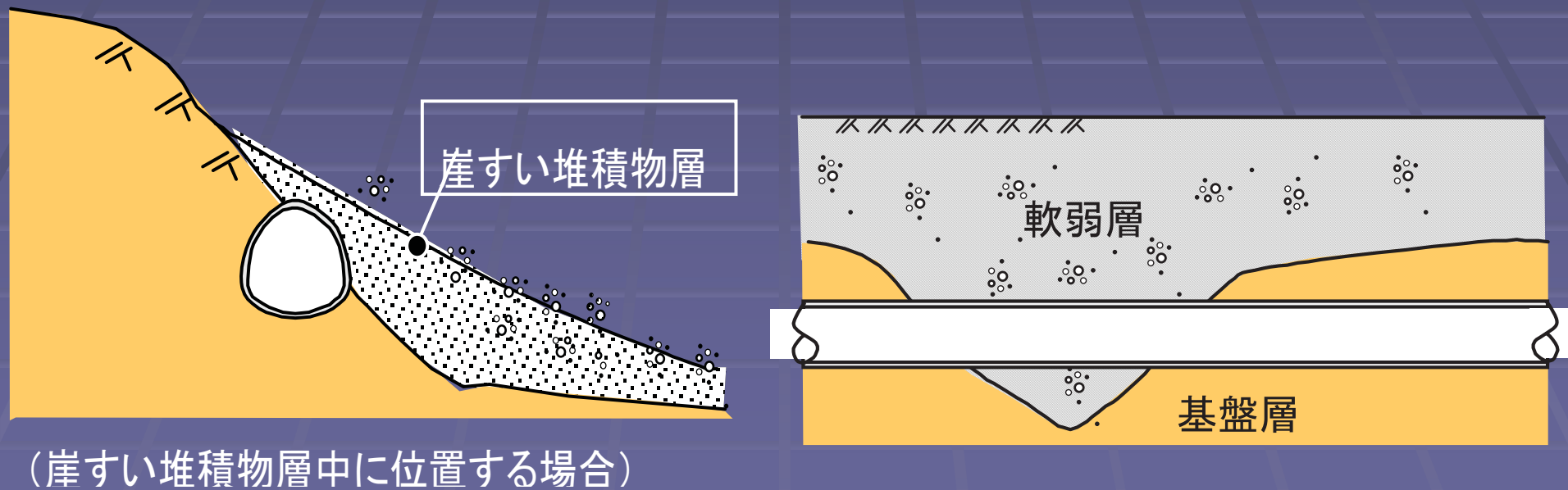
■ 2) 近接施工の影響

- ・ 施工時および完成後に近接施工が計画されている場合
 - ⇒ 関係者と協議
 - ⇒ 予測される程度に応じた対策
 - ⇒ 制限区域 / 近接影響区域の区分



■ 3) 地震の影響

- 良好な地山では検討を省略することが多い
- 坑口付近, 小土被り, 地盤・地質の急変部, 接続部, 大断面等では検討する必要がある



3.2 設計の手順

■ 1) 当初設計

① 基本的な諸元に関する検討

断面形状・掘削工法・補助工法

② 詳細な諸元に関する検討

- ・支保工
- ・覆工およびインバート
- ・防水工 / 排水工
- ・計測工

■ 2) 修正設計

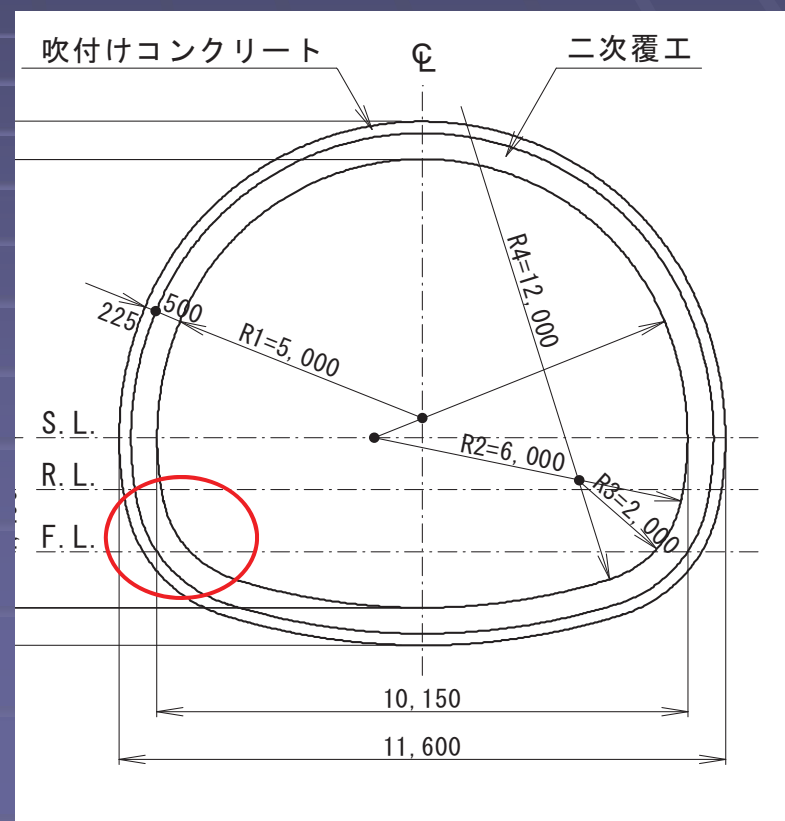
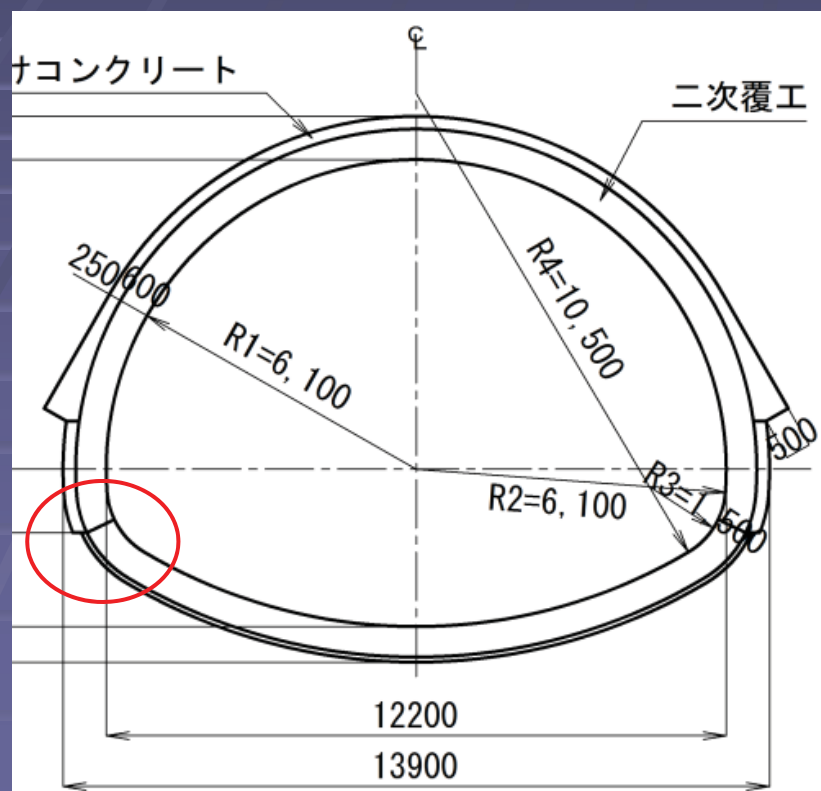
- ・当初設計の不確定要因が
施工によって明らかになった場合、
速やかに実施

★「抜本的な施工計画の変更を伴うような変更は
起きないようにしておく」事の方が重要！！

3.2 設計の手順

■ 断面形状

- ・ 隅角部にRを付けた「おむすび型」
 ∴ 隅角部での曲げモーメントを抑制するため

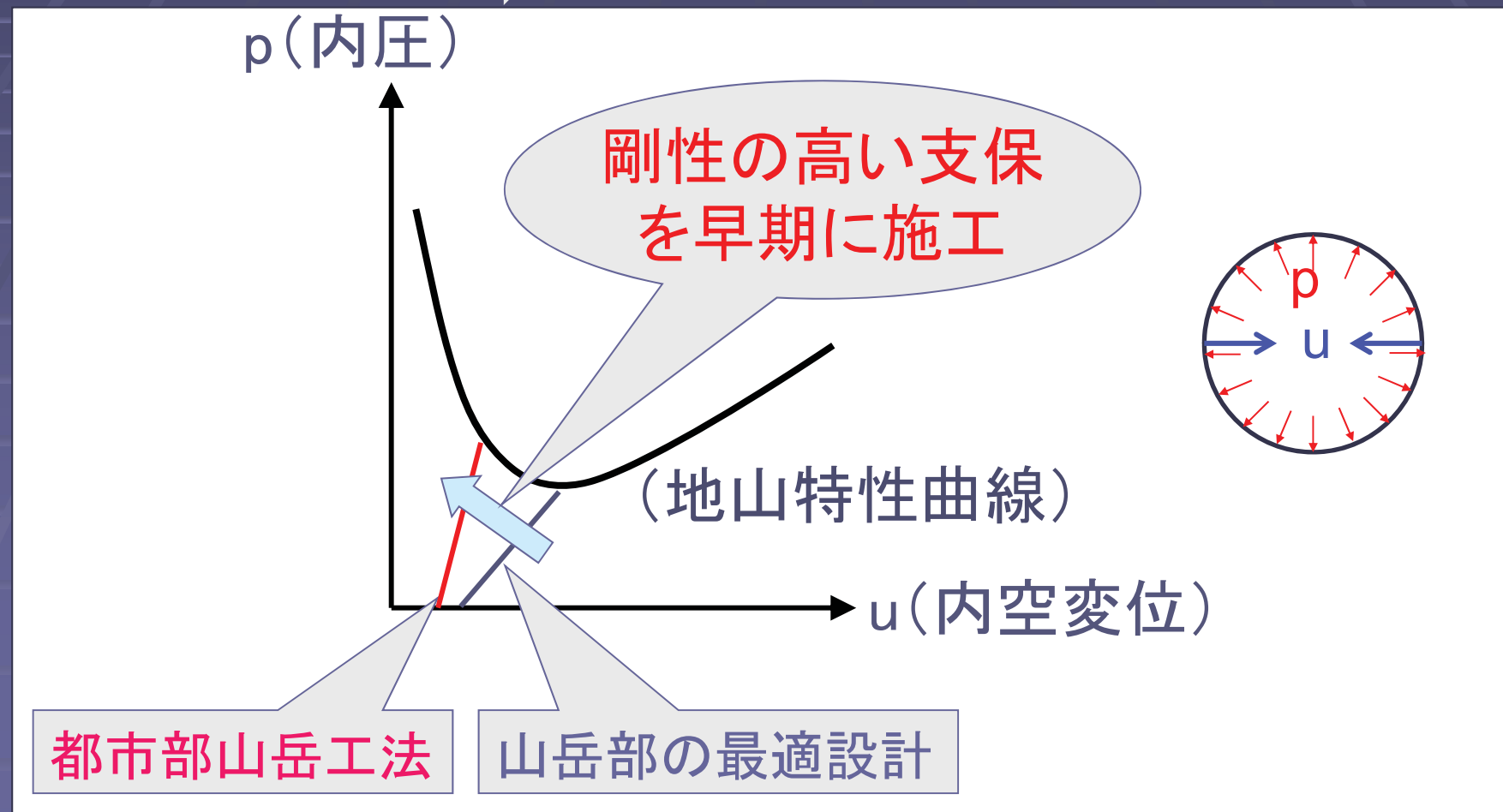


3.3 支保工

■ 基本的な考え方

- ・地山を極力緩ませない(≠ 山岳部の最適設計)

➡ 剛性の高い支保を早期に施工



3.4 覆工およびインバート

■ (1)について

● トンネル全長にわたってインバートを設置することを基本

① 覆工構造の安定性

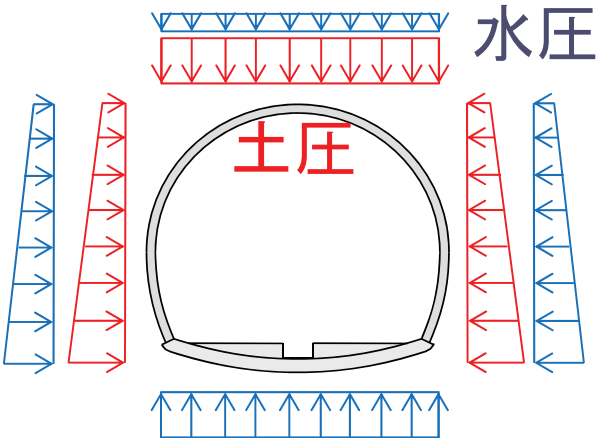
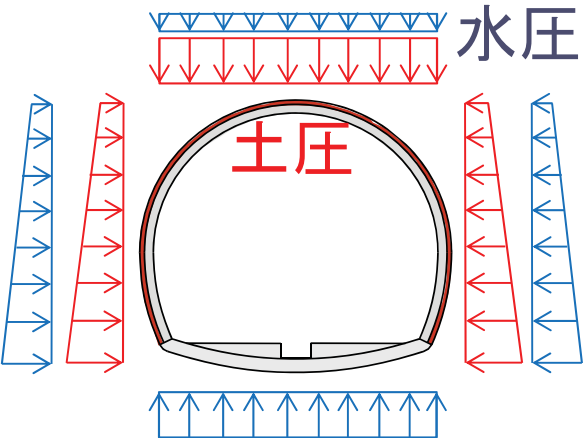
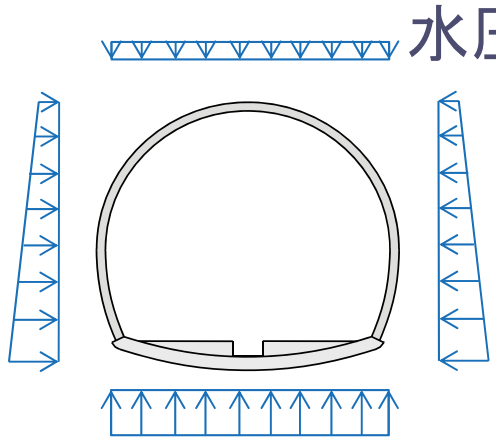
- ・地下水位変動
- ・近接施工
- ・地震
- ・の可能性の配慮

② 路盤変状の防止

- ・ 供用中の自動車等
繰返し活荷重による
路盤の泥濘化防止
- ・ 沈下等の変状防止

3.4 覆工およびインバート

■ (2)について…荷重の考え方

事例A	事例B	事例C
覆工が 全ての荷重を受け持つ	支保＋覆工で 全ての荷重を受持つ	覆工が 完成後の外力を受持つ
		
<ul style="list-style-type: none"> ・永久構造物としての安全率を見込める ・多少オーバーデザインとなる 	<ul style="list-style-type: none"> ・支保～覆工間の接触の評価等，解決すべき課題がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・支保工の信頼性が明確でないため，トンネル全体としても信頼性が明確でない

3.4 覆工およびインバート

■ (2)について・・・水圧の留意点

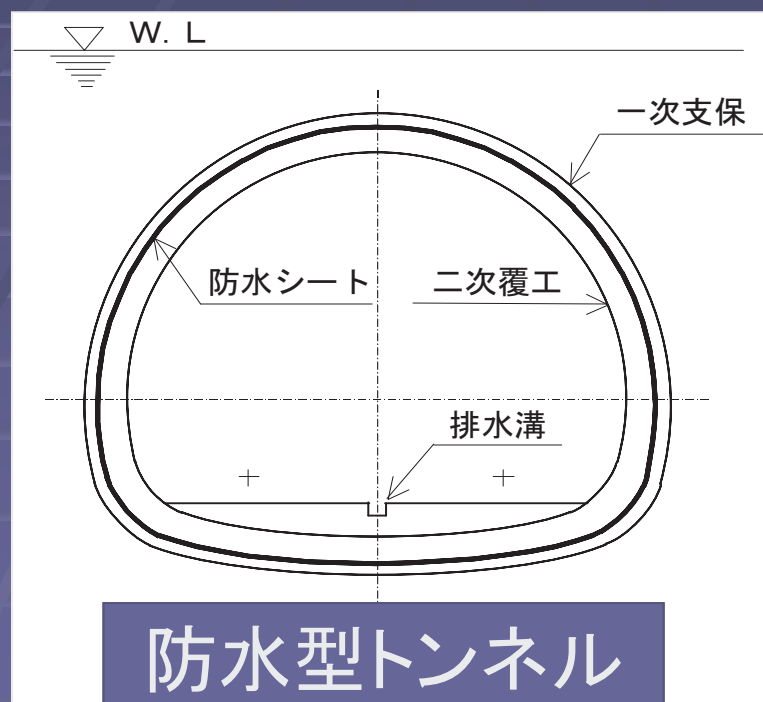
- 近接施工，揚水等によっても変動する。
- 揚水規制により，地下水位が上昇傾向にある。
- 地下水位が低い場合の方が危険な場合もある
（円形に近く，軸力が卓越する構造の場合）
- 地下水脈を遮断するような場合
⇒ダムアップによる水圧の偏りによる変状が発生する。

3.5 防水工・排水工

■ 防水型 / 排水型 ?

地下水位低下が周辺環境に影響大の場合

➡ 防水型トンネルとする

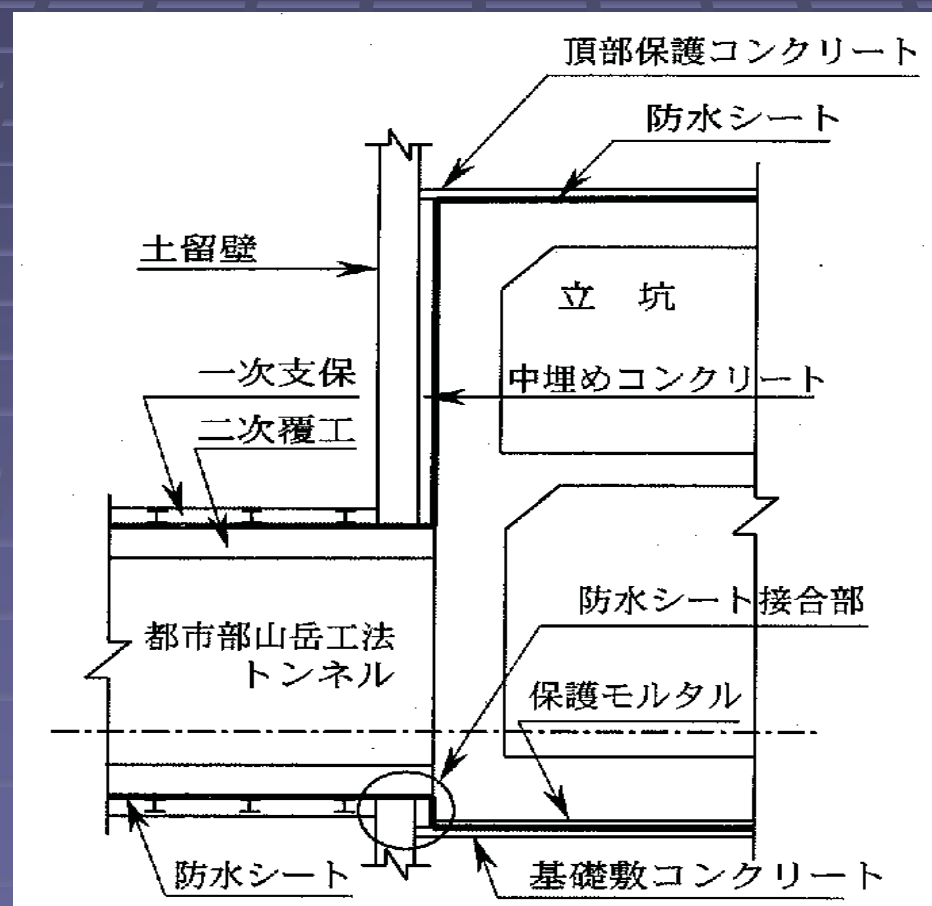


防水型トンネル

解説図 8.3.6

3.5 防水工・排水工

■ 防水型トンネルの防水工 立坑等の接続部に注意



解説図 8.3.7

4.1 施工の基本

■ 切羽の安定

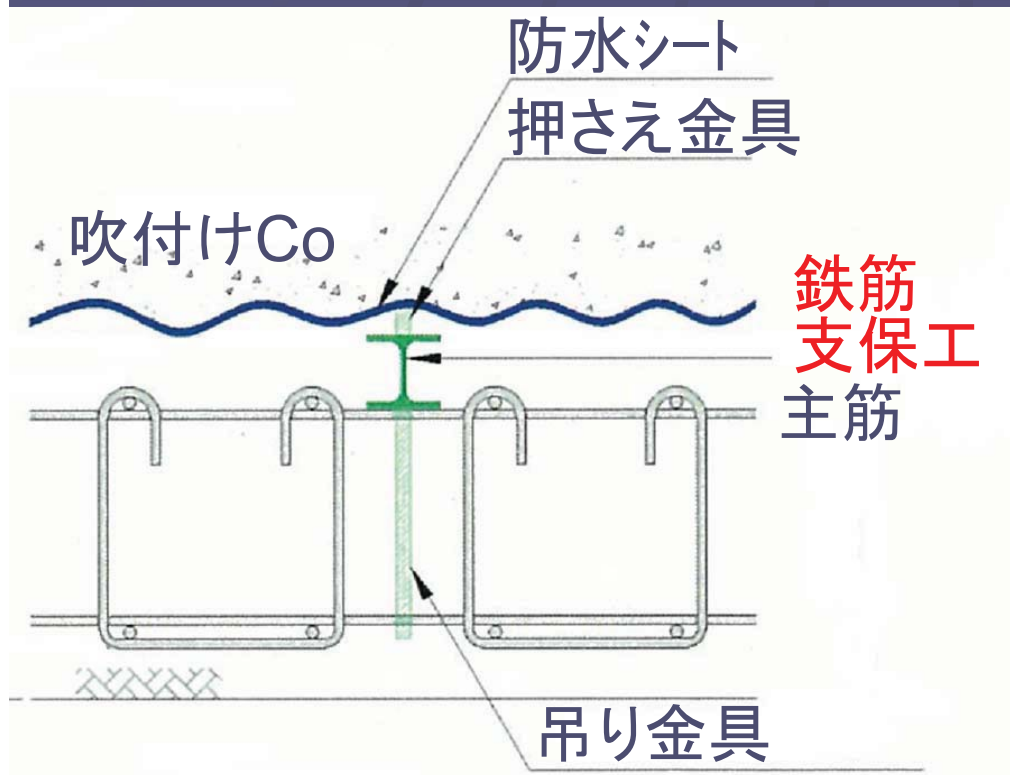
- ・ 山岳工法の適用の可否を左右する
⇒ 適切な補助工法の併用

■ 周辺的环境保全に配慮した施工

- ① 騒音対策, 振動対策
- ② 濁水対策
- ③ 地表表面沈下対策
- ④ 近接構造物等への影響対策
- ⑤ 汚濁水対策
- ⑥ 交通障害対策

4.2 覆工およびインバート

- 鉄筋の施工（アーチ部）
 - ・ 防水性を低下させない工夫が必要
（例）非貫通型の専用治具
（例）鉄筋支保工の採用（下図）



4.2 覆工およびインバート

- 鉄筋の施工（インバート部）
 - ・ 防水性を低下させない工夫が必要
 - （例）防水シート～鉄筋間
緩衝用ゴム設置
 - （例）破損させないように
丁寧な作業

4.3 防水工および排水工

■ (1)について・・・排水型トンネル

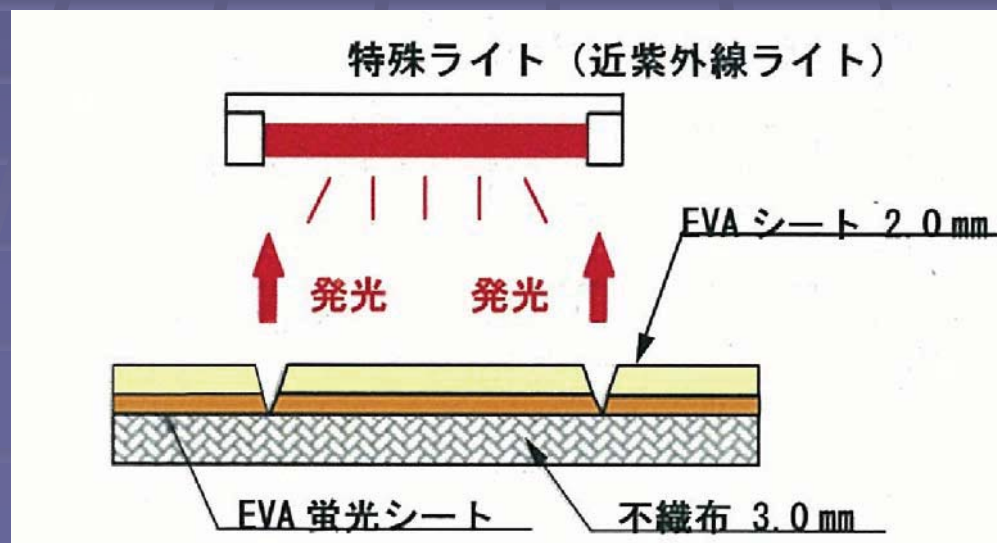
- ・水圧が作用しないように円滑に排水
- ・地山の細粒分(細砂等)を抜かない
(フィルター等の設置)

■ (2)について・・・防水型トンネル

- ・防水工の確実な施工

(例)重ね合わせ箇所での工夫(解説図8.4.1)

(例)防水工損傷箇所の事前検査



4.4 立坑

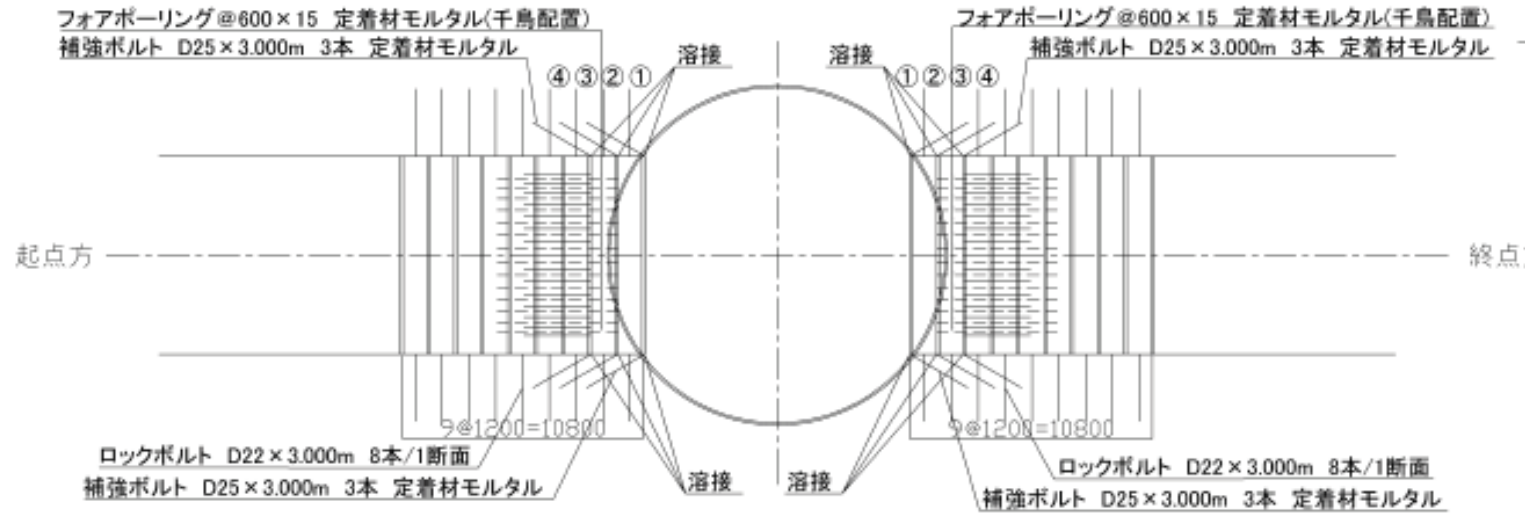
- (1)について・・・位置・大きさ・形状
 - ・用地取得の難易度
 - ・土砂搬入・搬出の容易さ
 - ・施工しやすさ 使用する重機 等により決定

4.4 立坑

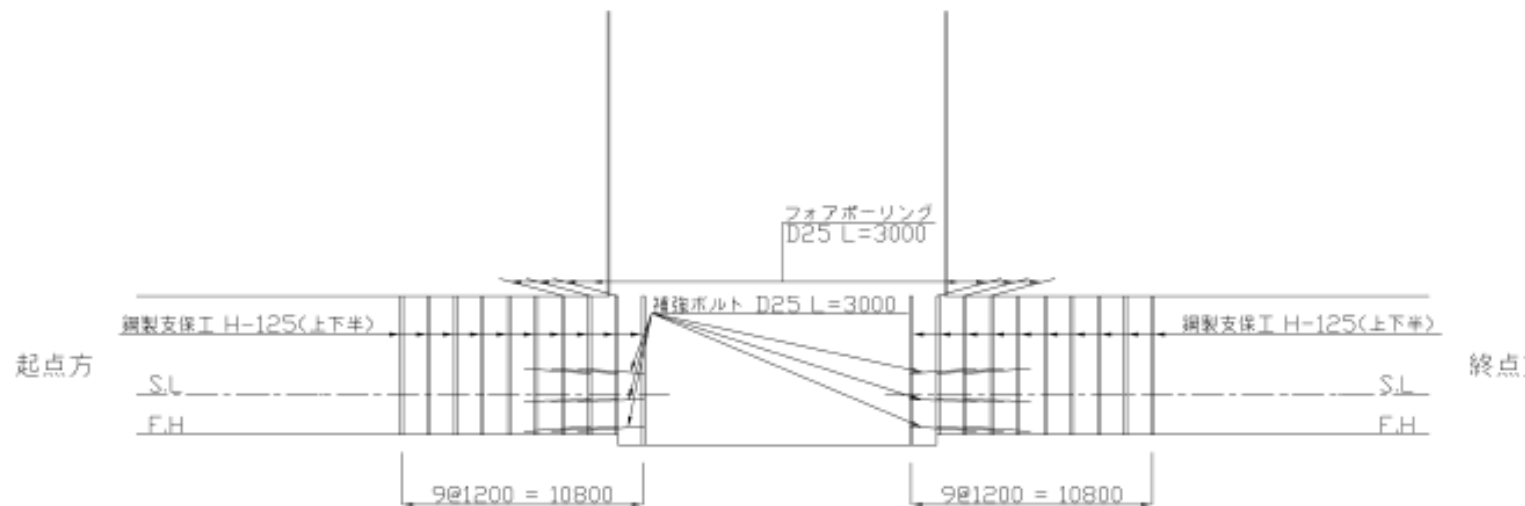
- (2)について・・・発進および到達方法
 - ・本坑と立坑との接続部は複雑な構造
 - ⇒ 不安定になりやすいので、
適切な掘削工法，補強工法を採用する
 - ⇒ 必要により先受けや地盤改良等を検討

立坑接続部 補強例

平面図



縦断図



5.1 観察・計測一般

- 考え方・・・山岳部に準拠でよいが、一部差異がある
《都市部》・・・地山は固結度が小さい
近接構造物の存在
地下水変動の制約 等

➡ ・山岳部より項目数，箇所数，頻度も多い。
・計測も重視。

■ 留意点

・都市部特有の下記の事項に留意

- ① 地表面沈下
- ② 近接構造物の挙動
(構造物の沈下，水平変位，傾斜等)
- ③ 近接構造物の損傷状態(ひびわれ等)
- ④ 周辺の地下水位変動

5.2 観察・計測の計画と実施

■ (1)について・・・項目・位置・頻度等

- ・ 第三者の安全性の確保のための計測も重視
(例) 地表面沈下計測 (例) 近接構造物の変位測定

■ (2)について・・・方法

- ・ 観察だけでは不十分 ⇒ 計測を十分に実施する
- ・ 迅速な考察のために、初期値を早く得るための体制
(例) 掘削前から計測、施工サイクルに組み入れ

■ (3)について・・・結果の整理

- ・ 結果は設計・施工に迅速に反映する必要がある
- ・ 事前検討(解析)結果とに比較も重要

・ *周辺影響の計測*

・ *定量的な計測を重視*

・ *設計・施工に迅速に反映(安全管理)*

5.3 観察・計測結果の評価と活用

- 考え方・・・山岳部に準拠でよいが、一部差異がある
《都市部》・・・地山固結度小/近接構造物の存在/地下水
➡ トンネル自体だけでなく、周辺環境にも十分に留意
《活用先》
 - ① トンネルや周辺地山の安定性の評価
 - ② 地表面及び近接構造物への影響評価
(例) 安全性の評価, 変位速度の評価
 - ③ 補助工法や掘削工法の評価
(例) 補助工法が十分かどうかの判断
 - ④ 支保工の評価
(例) 支保工が十分かどうかの判断
 - ⑤ 覆工およびインバートの施工時期の評価
(例) 地山の変位の収束の判断

	一般の(山岳部の) 山岳工法	都市部山岳工法
設計思想	<ul style="list-style-type: none"> ・地山の支保能力を積極的に活用 	<ul style="list-style-type: none"> ・剛な支保で早期に閉合 ・地山の緩みを極力抑制
周辺への影響	<ul style="list-style-type: none"> ・比較的許容される 	<ul style="list-style-type: none"> ・極力抑制する
補助工法	<ul style="list-style-type: none"> ・必要な場合に実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・ほぼ必須
当初設計	<ul style="list-style-type: none"> ・地山分類に基づく標準パターン適用 	<ul style="list-style-type: none"> ・想定外の事象が起きないように十分な調査に基づき詳細に実施 ・解析活用
設計の修正	<ul style="list-style-type: none"> ・積極的に実施 ・合理的な設計を追求 	<ul style="list-style-type: none"> ・許容値超過時は直ちに実施 ・設計の合理化は消極的
観察・計測	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性とフィードバック目的 ・観察重視 ・計測は通常A計測のみ 	<ul style="list-style-type: none"> ・左記に加え、周辺への影響の把握も目的 ・計測も重視 (トンネルの計測)(周辺の計測)

ご静聴ありがとうございました