

流動化処理土の 鉄道土構造物への適用方法

構造物技術研究部 基礎・土構造研究室

副主任研究員 倉上 由貴

本日の発表

◆はじめに

◆鉄道土構造物としての流動化処理土の必要仕様

☑課題① 強度等の要求品質の検討 ☑課題② 乾燥に対する対策

◆試験施工

☑課題①②に対する妥当性検証 ☑課題③ 型枠の検討

◆急勾配化型枠の提案

◆まとめと成果の活用

本日の発表

◆はじめに

◆鉄道土構造物としての流動化処理土の必要仕様

☑課題① 強度等の要求品質の検討 ☑課題② 乾燥に対する対策

◆試験施工

☑課題①②に対する妥当性検証 ☑課題③ 型枠の検討

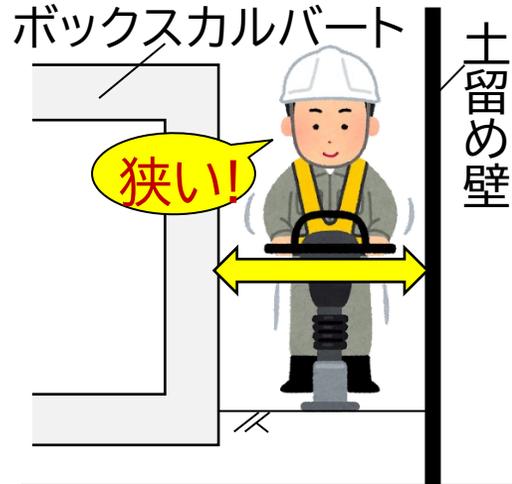
◆急勾配化型枠の提案

◆まとめと成果の活用

はじめに

【背景】

☑ 狭隘の土工事



土の締固め作業困難

☑ 災害復旧の土工事



重機搬入困難
早期復旧困難

⇒ 施工の急速化・省力化が求められる
盛土材料として「流動化処理土」に着目

→ 列車荷重作用下では限定的
トンネルインバートのみ

【流動化処理土について】

建設発生土に

セメントと水を混合した材料

特徴

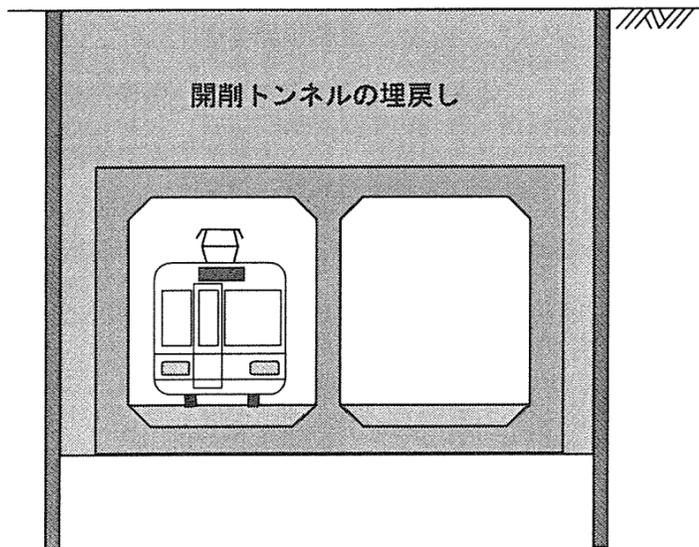
- ① 施工時は高流動で
締固め作業が不要 ⇒ 施工の迅速化
- ② 硬化後に高強度・高剛性を発現
- ③ 再生材料を活用



流動化処理土の現状と課題

✓列車荷重が作用しない箇所

開削トンネルなど地下構造物工事の埋戻しとしての適用事例が多数



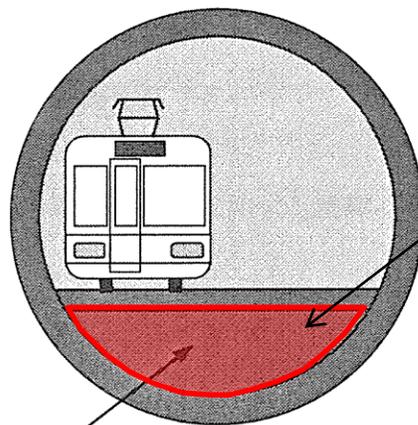
✓鉄道構造物

トンネルインバートへの適用

コンクリート材料の代替として使用、**高強度**

一軸圧縮強度：
 $q_u \geq 6000\text{kPa}$

製造できる
プラントが限られる



課題①

**強度低下による
累積沈下量の増加が懸念**

➡ **強度設定の妥当性検証**

✓地上の盛土部での適用事例は殆どない

➡ **課題② 乾燥による強度や剛性等の性能が低下が懸念** ➡ **保護層を設定**

➡ **課題③ 地上部では型枠が別途必要となる** ➡ **袋体型枠を活用**



本日の発表

◆はじめに

◆**鉄道土構造物としての流動化処理土の必要仕様**

☑課題① 強度等の要求品質の検討 ☑課題② 乾燥に対する対策

◆試験施工

☑課題①②に対する妥当性検証 ☑課題③ 型枠の検討

◆急勾配化型枠の提案

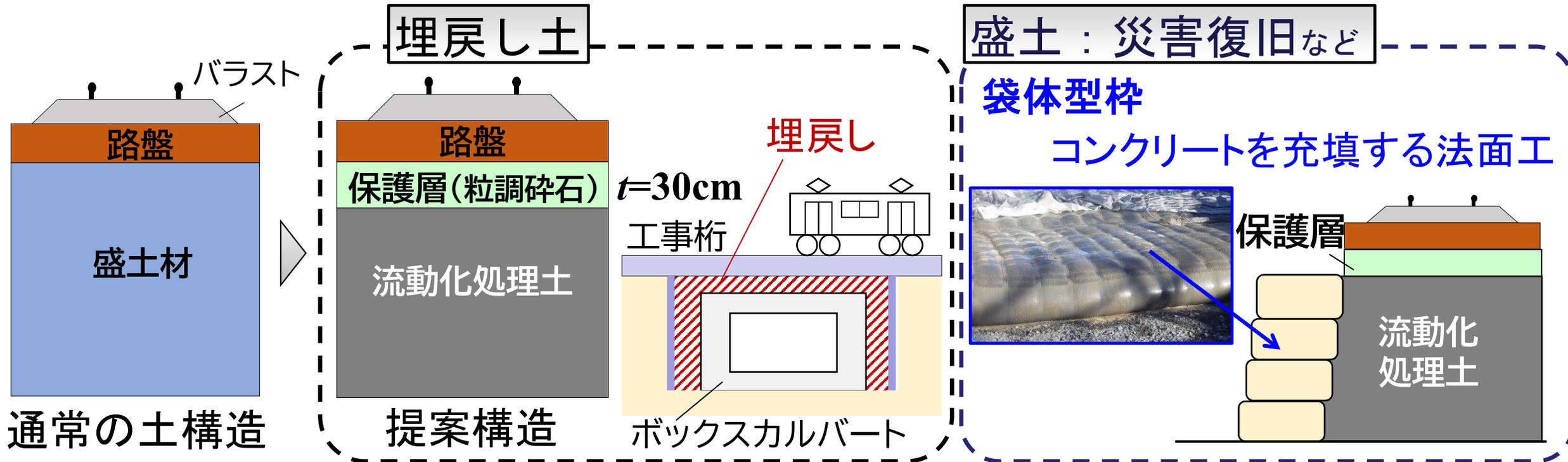
◆まとめと成果の活用

鉄道土構造物 埋戻し土・盛土の提案仕様

保護層を設ける構造を提案

課題② 保護層による流動化処理土の乾燥防止対策を図る

課題① 流動化処理土に作用する列車荷重の応力分散を図る



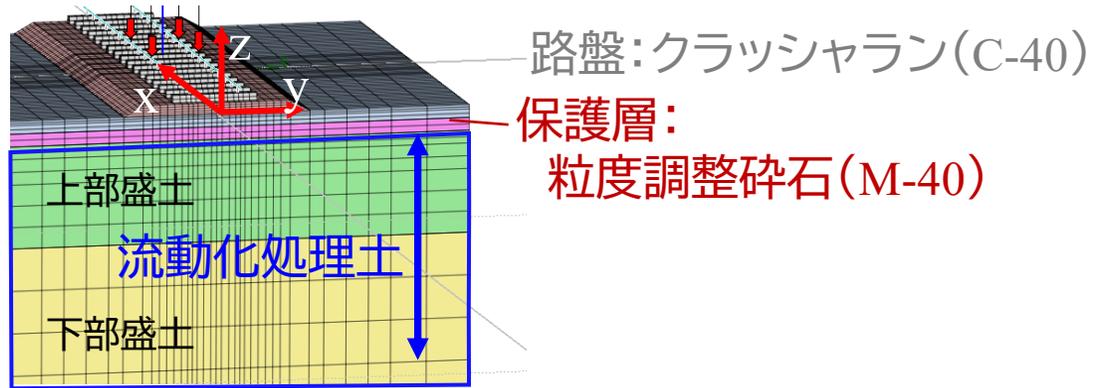
強度設定と繰返し載荷試験

(強度設定)

課題①強度設定

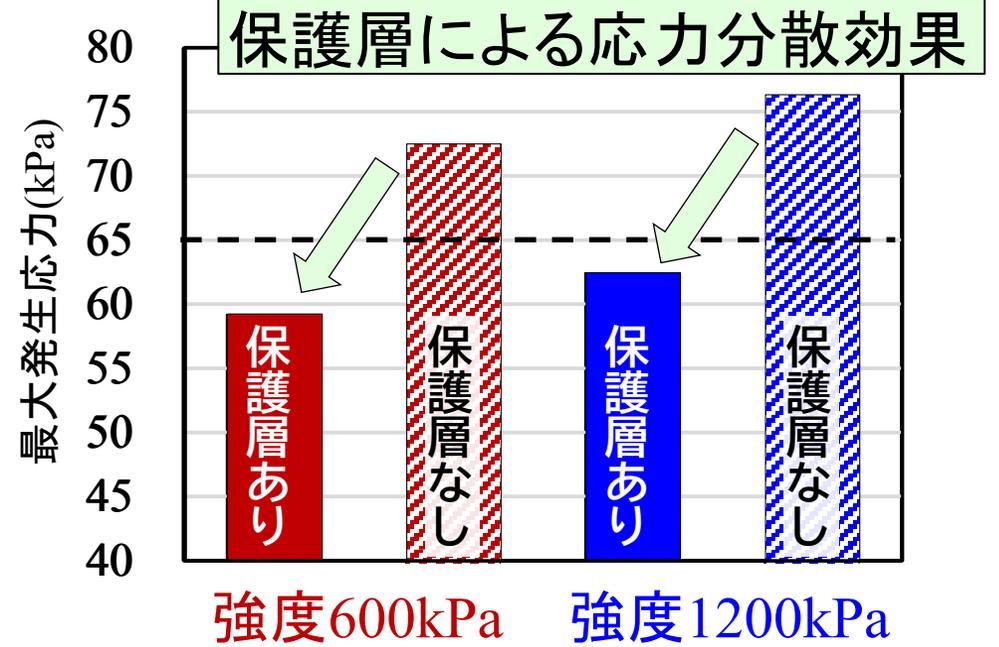
FEM解析より設計基準強度を設定

- ✓ 累積変形量が増加しない載荷応力比
- 載荷応力(列車荷重) / 流動化処理土の強度 < 0.2



	沈下量	載荷 応力	載荷応力比 載荷応力/流動化 処理土の強度
$q_u=600\text{kPa}$	0.28mm	59kPa	0.1
$q_u=1200\text{kPa}$	0.14mm	63kPa	0.05

流動化処理土上面に発生する応力



発生応力：65kPa程度

強度600kPa、1200kPaを
対象に提案構造を評価

強度設定と繰返し載荷試験（繰返し載荷試験）

課題①強度設定

列車の繰返し荷重(65kPa)に対する影響

28日養生後（施工直後）



28日養生



列車荷重載荷

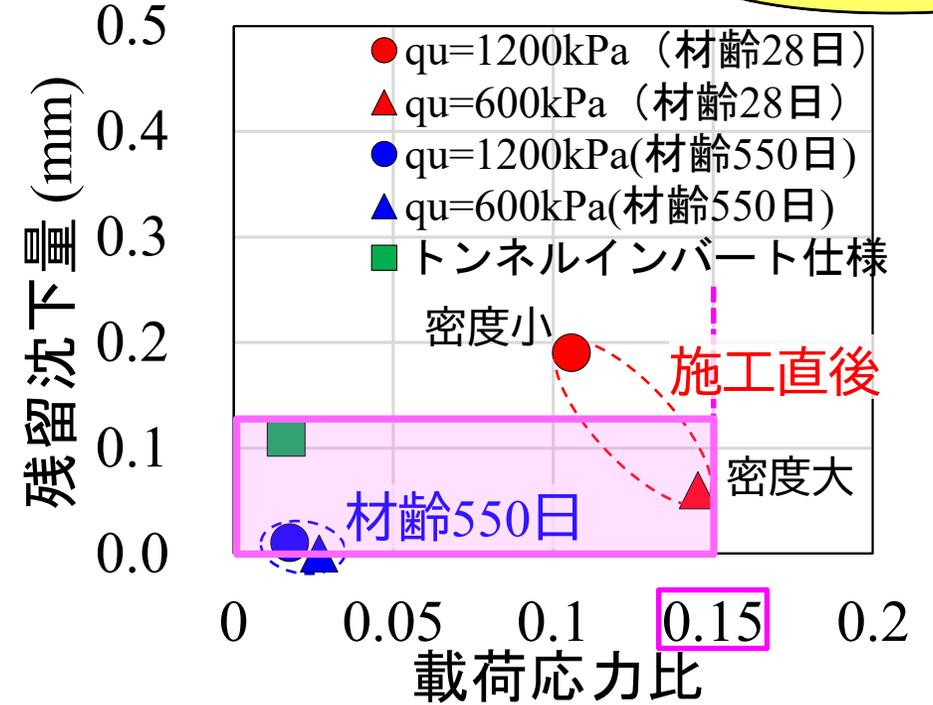
材齢550日



550日
屋外暴露



列車荷重載荷



- ✓ 繰返し載荷による沈下量は微小
- ✓ 設定強度の妥当性を確認
(載荷応力比0.15以下の強度設定)
- ✓ 設定強度に加えて**密度規定**を導入

本日の発表

◆はじめに

◆鉄道土構造物としての流動化処理土の必要仕様

☑課題① 強度等の要求品質の検討 ☑課題② 乾燥に対する対策

◆試験施工

☑課題①②に対する妥当性検証 ☑課題③ 型枠の検討

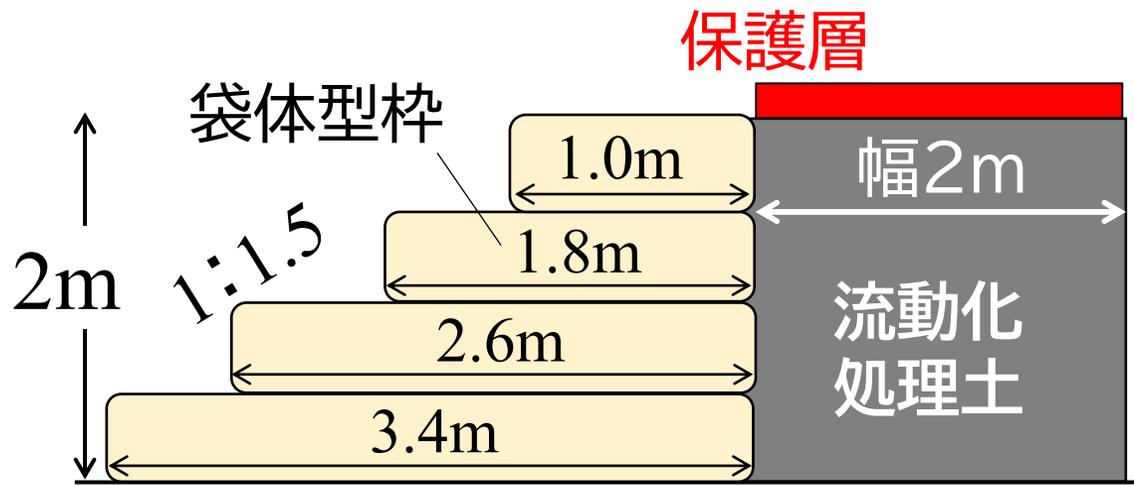
◆急勾配化型枠の提案

◆まとめと成果の活用

試験施工（試験施工の概要）

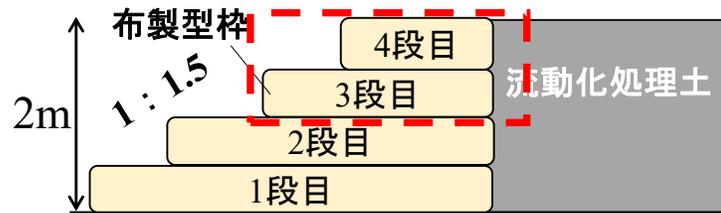
課題③ 適用事例が殆どない地上部（盛土）を対象に試験施工を実施
型枠：簡易かつ急速施工可能な袋体型枠を適用

袋体型枠の施工 → 流動化処理土の打設



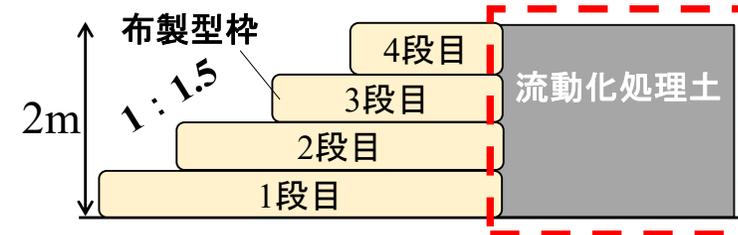
試験施工の様子

袋体型枠の施工



- 1日目: 袋体型枠1・2段目(充填・養生)
- 2日目: " 3・4段目(充填・養生)

流動化処理土の施工



- 3日目: 流動化処理土(打設・養生)
- ⇒2日間養生で保護層や軌道工事可能

試験施工（長期モニタリングによる保護層の効果）

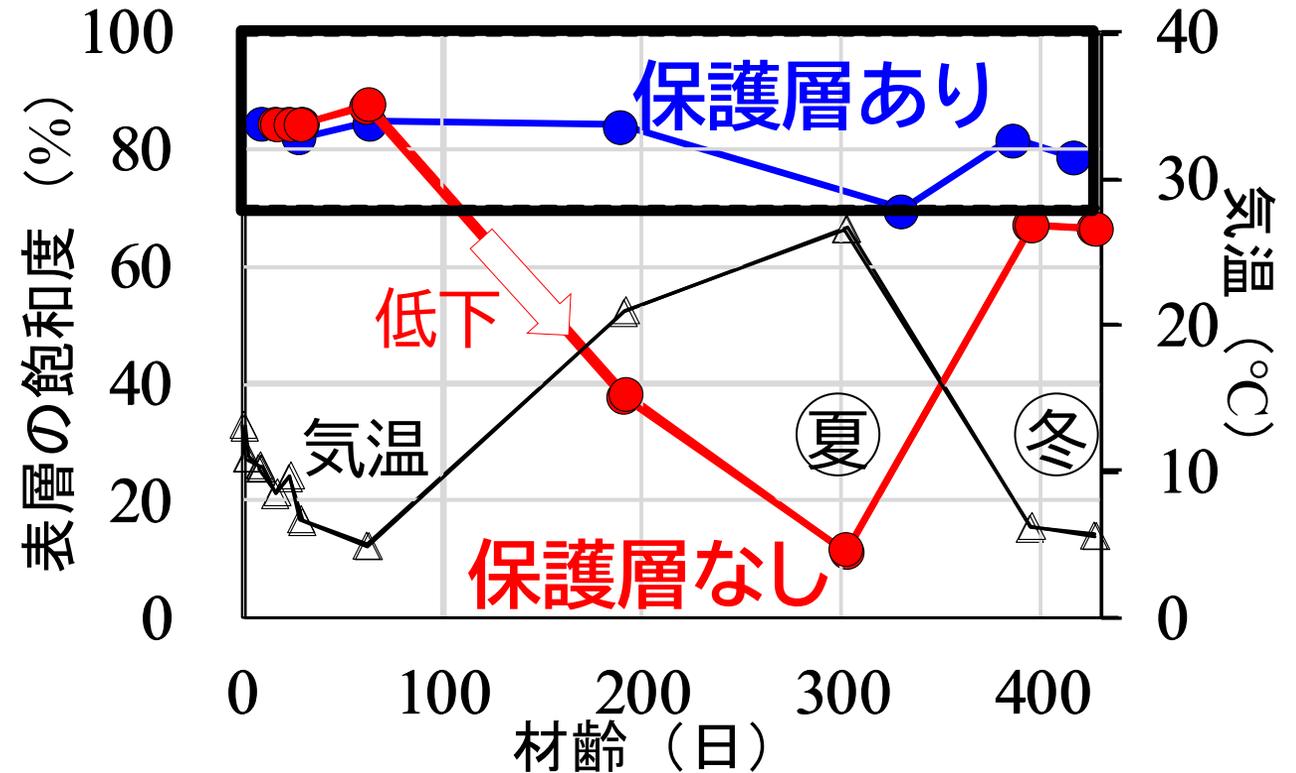
課題②乾燥

- ☑保護層なし：180日程度で表層の飽和度が大きく低下
- ☑保護層を施工：約350日間、70～100%の一定の飽和度を維持

試験施工



保護層あり



保護層（粒調碎石M-40, t=300mm）による乾燥対策の効果を確認

本日の発表

◆はじめに

◆鉄道土構造物としての流動化処理土の必要仕様

☑課題① 強度等の要求品質の検討 ☑課題② 乾燥に対する対策

◆試験施工

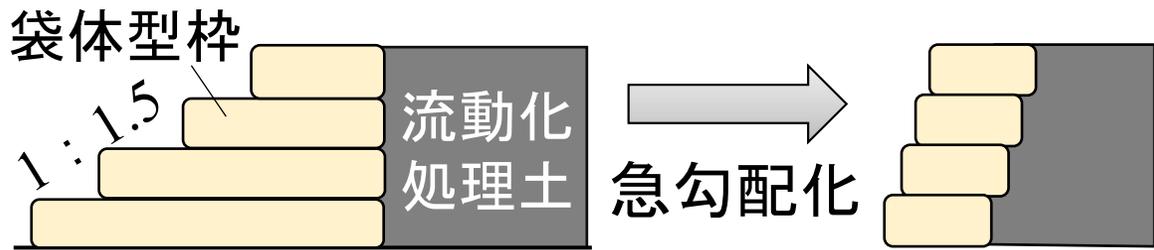
☑課題①②に対する妥当性検証 ☑課題③ 型枠の検討

◆急勾配化型枠の提案

◆まとめと成果の活用

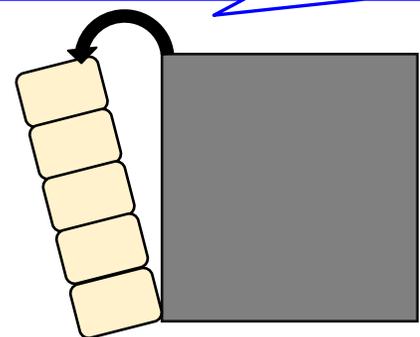
急勾配化型枠の提案

型枠の急勾配化

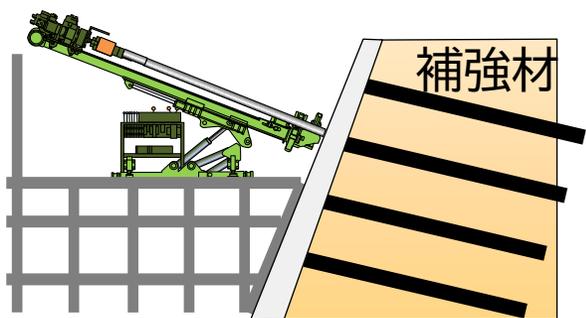


懸念事項

地震時：型枠の転倒



型枠転倒破壊

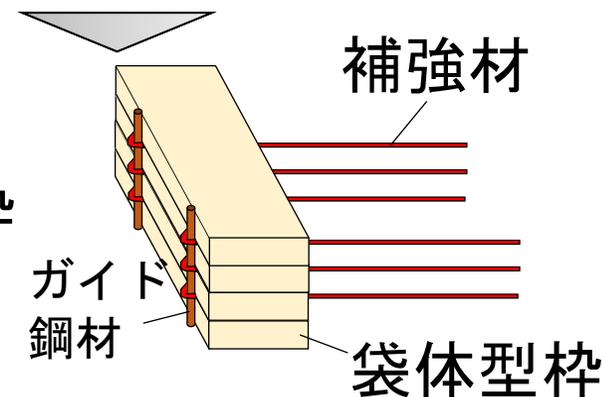


補強材あと施工：
労力 大

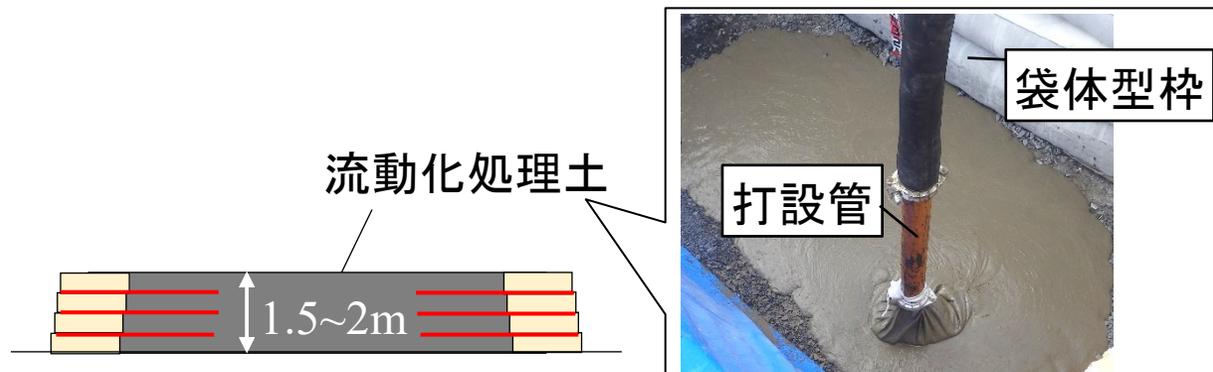
急勾配化型枠の提案

特徴 施工時：高流動 固化後：高強度

補強材と袋体型枠
を併用した型枠



STEP1:急勾配型枠を設置

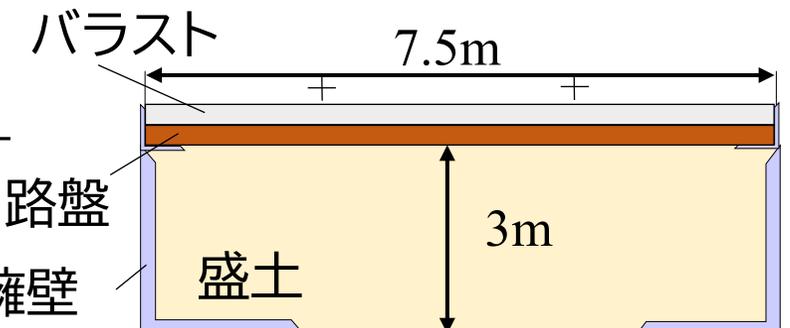
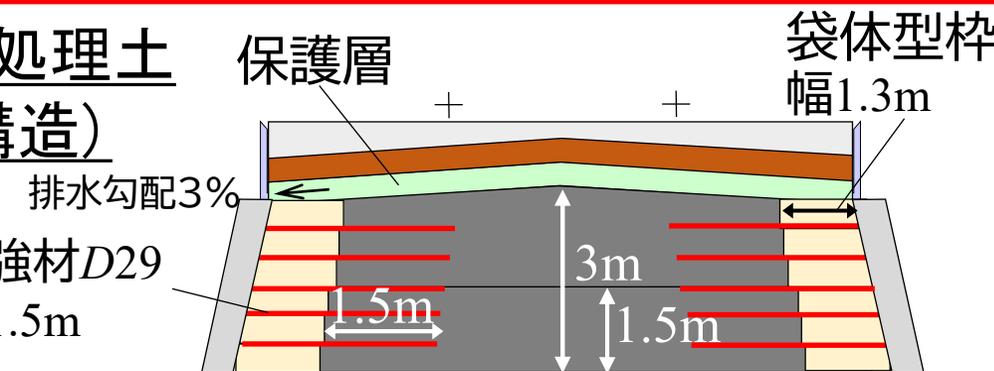


STEP2:流動化処理土打設

狭隘箇所を対象とした構造比較検討

前提条件

- ・ 用地の制約あり
- ・ 小型重機のみ搬入可能

構造条件：高さ3m・天端幅7.5m	作業期間	人工	コスト
<p><u>L型擁壁</u> (従来構造)</p>  <p>プレキャスト擁壁</p>	1.0	1.0	1.0
<p><u>流動化処理土</u> (提案構造)</p>  <p>袋体型砕幅1.3m</p> <p>排水勾配3%</p> <p>定着用補強材D29 定着長さ1.5m</p>	0.8	0.9	0.4

従来構造よりも

工事期間：20%縮減 ⇒ 急速化

人工：10%縮減 ⇒ 省力化

本日の発表

◆はじめに

◆鉄道土構造物としての流動化処理土の必要仕様

☑課題① 強度等の要求品質の検討 ☑課題② 乾燥に対する対策

◆試験施工

☑課題①②に対する妥当性検証 ☑課題③ 型枠の検討

◆急勾配化型枠の提案

◆まとめと成果の活用

まとめ

①流動化処理土の適用事例を整理し、課題を把握

②埋戻し土・盛土構造物としての構造・性能を提案

課題① 載荷応力比0.15以下を満足する強度設定，密度規定

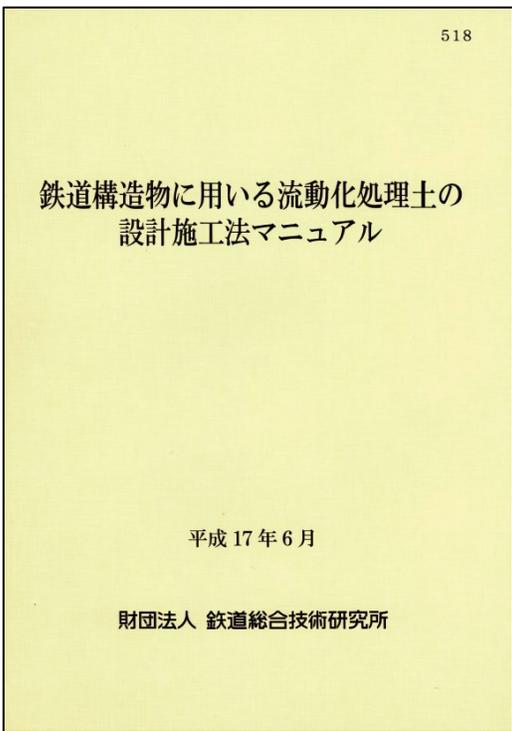
課題② 乾燥に対する対策：保護層を設けた構造

③袋体型枠を用いた地上部での施工法を提案 課題③

急勾配化型枠を活用した提案工法により、従来工法よりも
作業期間20%、人工10%程度減

④「鉄道構造物に用いる流動化処理土の設計施工法マニュアル」
の改訂に反映し、土構造物への適用を拡大

成果の活用 設計施工法マニュアルに反映

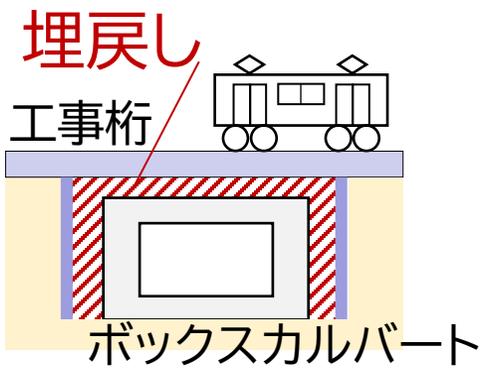


追加

- トンネルインバートとして用いる場合
- 埋め戻し土として用いる場合（列車荷重作用なし）
- 列車荷重を受ける埋め戻し土として用いる場合
- 盛土部として用いる場合（重機搬入不可や災害復旧など）

1. 列車荷重の作用する土構造物としての要求品質
 - ✓ 必要強度： 載荷応力比0.15以下 or $q_u=600\text{kPa}$ 以上(列車走行時)
 - ✓ 処理土密度： 1.60g/cm^3
2. 盛土として使用する際の構造
 - ・ 湿潤状態を長期保持可能な構造： 粒調碎石による保護層・排水処理

✓ 狭隘の土工事



✓ 災害復旧の土工事

