

# 都市部の掘削工事における 地盤改良体による盤ぶくれ対策工

構造物技術研究部 基礎・土構造研究室

主任研究員 牛田 貴士

# 目次

1. 背景と目的
2. 部分的な地盤改良による盤ぶくれ対策工
3. 盤ぶくれ対策工の設計法
4. まとめと成果の活用

# 目次

1. 背景と目的
2. 部分的な地盤改良による盤ぶくれ対策工
3. 盤ぶくれ対策工の設計法
4. まとめと成果の活用

# 背景：近年の新線建設の傾向

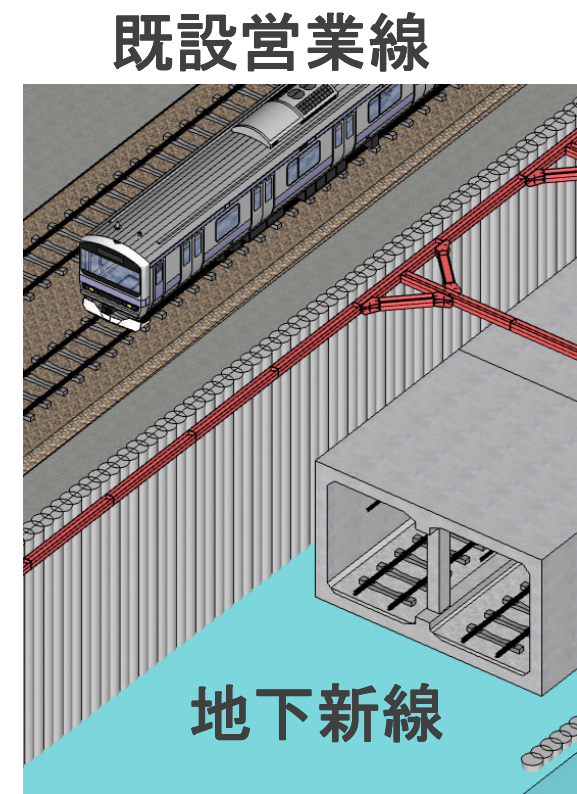
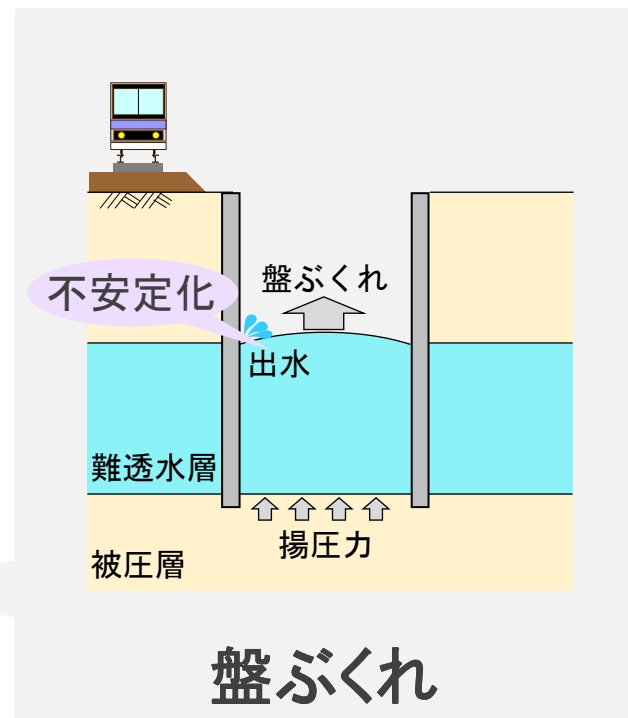
地下新線を既設営業線と接続



既設営業線に近接した掘削工事

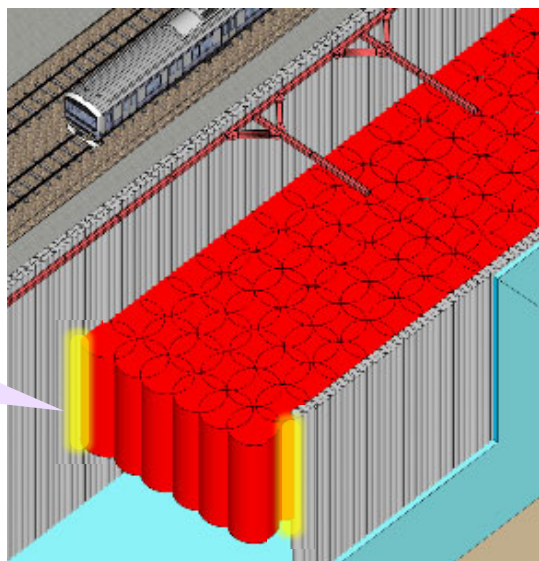


掘削土留め工の安定が重要



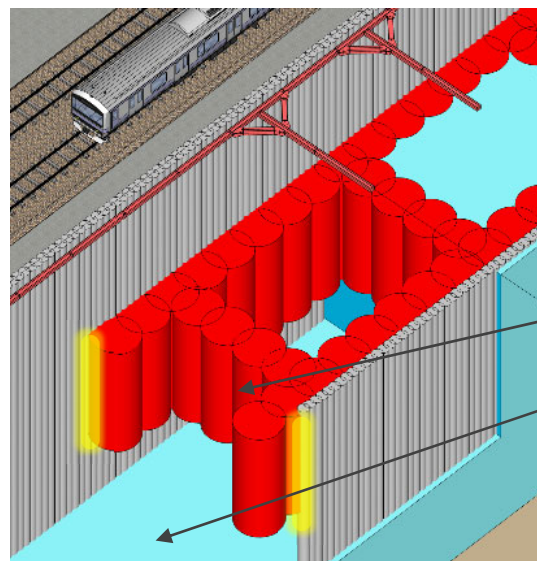
難透水層を含む地盤では盤ぶくれの検討が必要

# 目的: 地盤改良体を用いた盤ぶくれ対策工の低コスト化



摩擦抵抗

施工量  
縮減



想定する条件

改良範囲の幅/厚さが2以下  
改良体の下方に難透水層

仕様

全面改良

部分改良

課題① 改良体配置

設計法

あり

なし

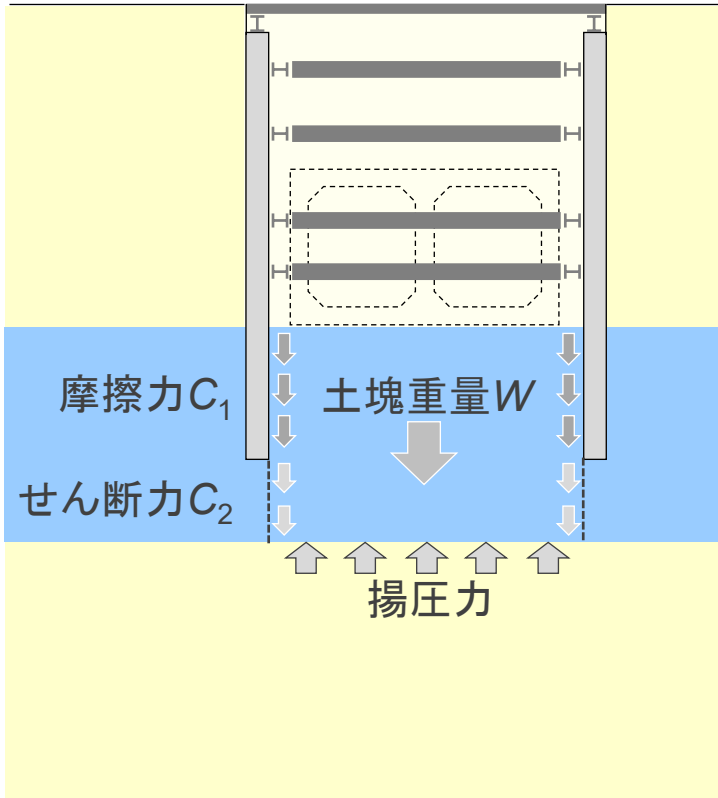
課題② 設計法

特徴

成層地盤

非成層地盤

# 荷重釣合いによる盤ぶくれ設計法(荷重バランス法)

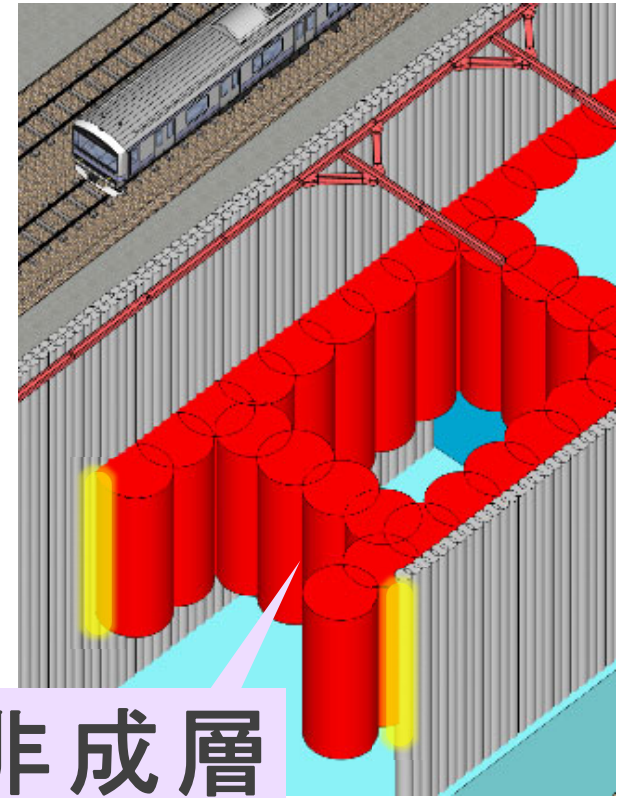


$$\frac{W}{1.1} + \frac{C_1}{6} + \frac{C_2}{3} \geq U$$

重量 摩擦 せん断 揚圧力

## 特徴

- ◎設計基準類の実務的手法
  - ◎大きな安全率を設定
  - ◎地盤特性を考慮しない
- 安全側の評価
- ◎成層地盤を仮定



部分改良は既往の設計法的前提に当てはまらない

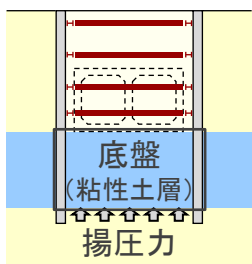
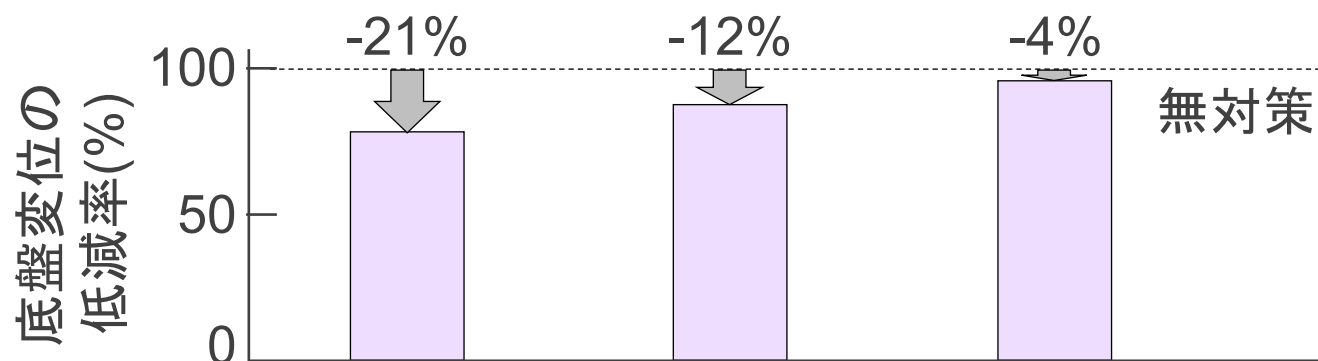
# 目次

1. 背景と目的
- 2. 部分的な地盤改良による盤ぶくれ対策工**
3. 盤ぶくれ対策工の設計法
4. まとめと成果の活用

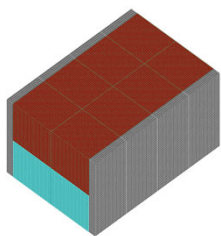
# 地盤改良体の配置の検討

## 荷重釣合に基づく概略検討

- ◎ 揚圧力を鉛直上向きの荷重としてモデル化したFEM  
(荷重バランス法の考え方)



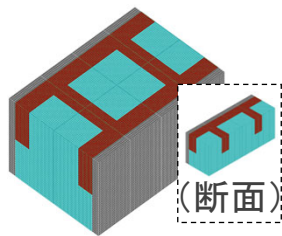
全面



幅厚比  
改良率

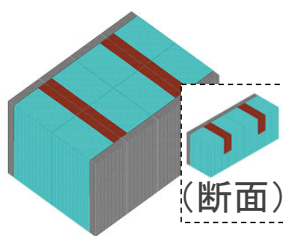
2.0  
100%

格子状



2.0  
60%

梁状



2.0  
20%

2方向の抵抗が期待できる  
**格子状改良**を提案



掘削工事により近い条件で  
**抵抗メカニズム**を検討



# 地盤改良した底盤挙動の解明

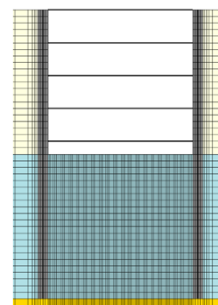
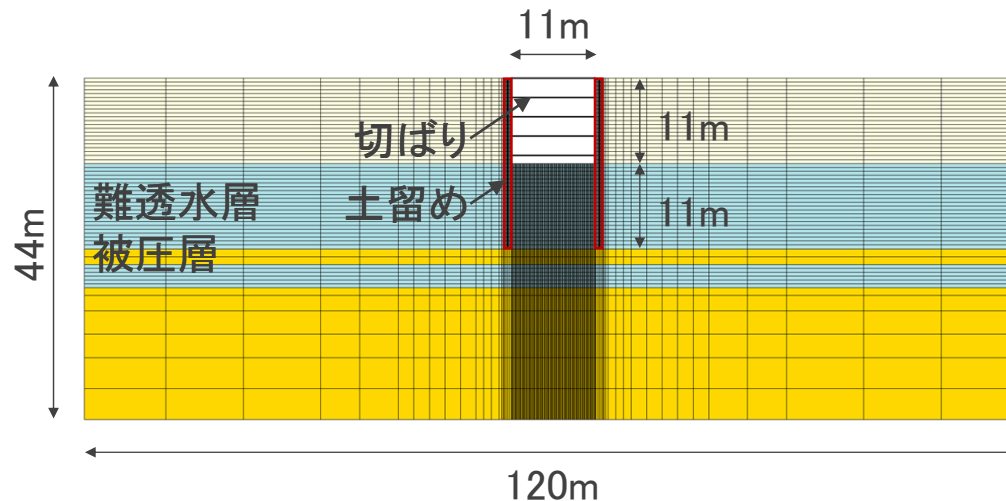
## 方針

実務的な設計法提案を目的に、  
FEMで地盤改良した底盤挙動を解明

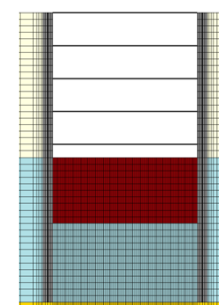


## 掘削工事を模擬した有効応力解析

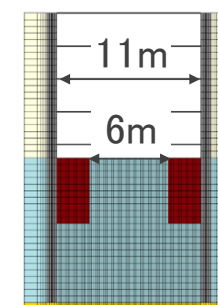
- ◎ 1層2径間の駅間トンネル規模を想定
- ◎ 地下水浸透と除荷の影響を考慮したFEM
- ◎ 改良形状に着目した3ケースを比較検討



無対策



全面



格子状

# 地盤改良した底盤挙動①

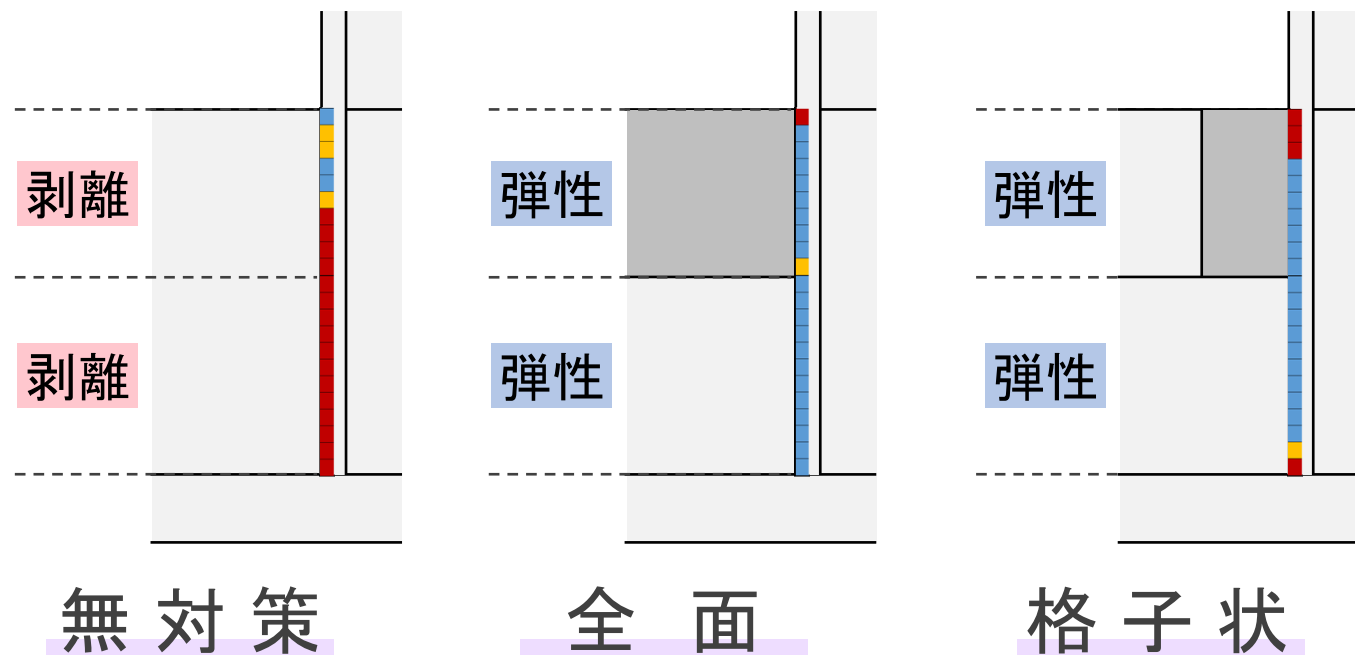
## 土留め根入れ部における挙動

◎ 根入れ部のジョイント要素の状態で評価

■ 弾性 < ■ 塑性 < ■ 剥離



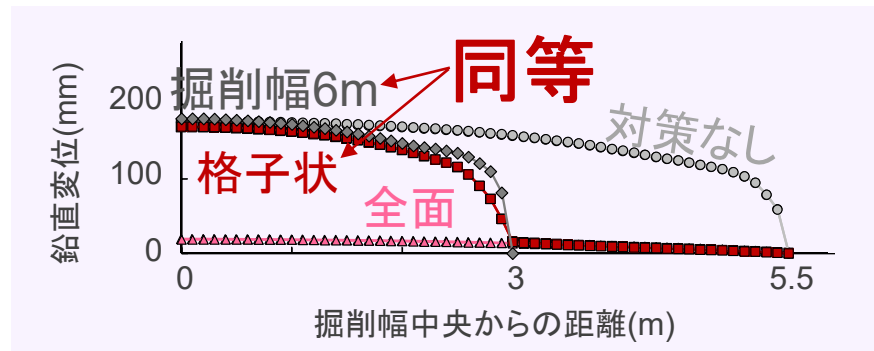
摩擦抵抗の増加により  
全面改良・格子状改良ともに  
根入れ部の**安定度が向上**



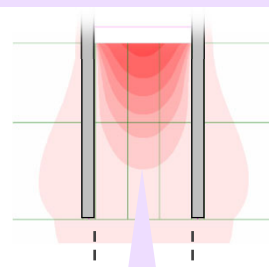
全面改良と同様の対策効果

# 地盤改良した底盤挙動②

## 掘削底盤の挙動・鉛直変位



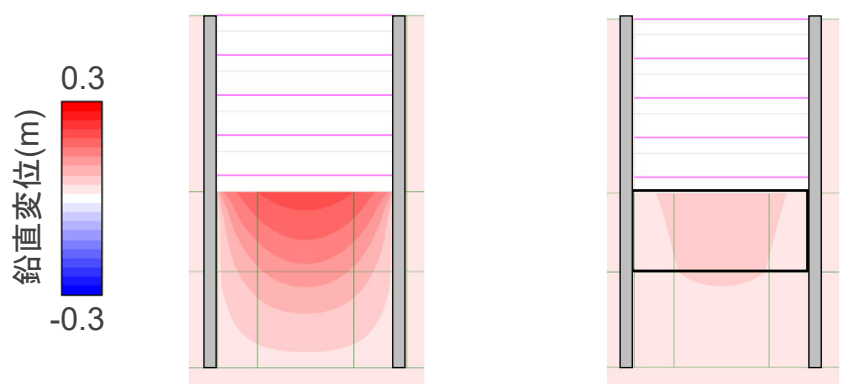
掘削幅6m



全面改良・格子状改良とともに  
改良体位置で**変位抑制**



同じ掘削幅の底盤と  
非改良部が同じ挙動



対策なし

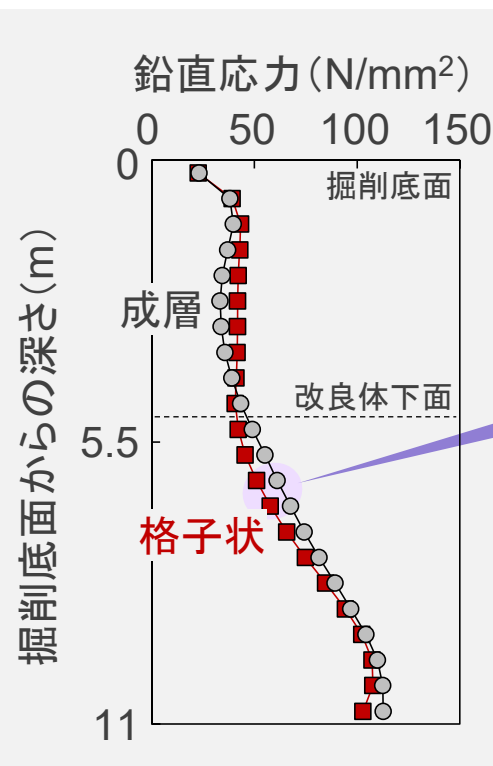
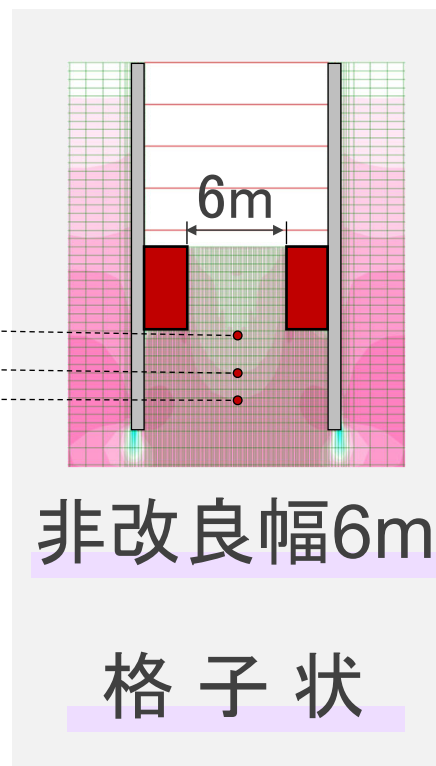
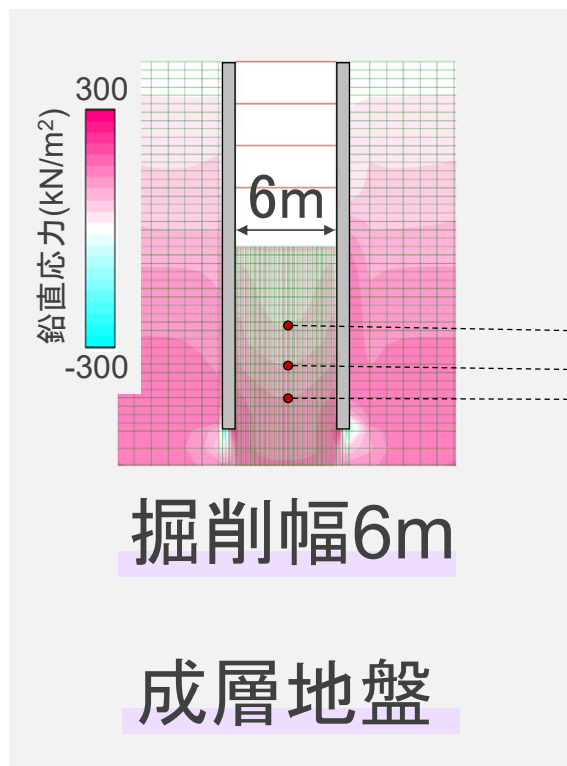
全面

格子状

格子状改良の  
特徴的な挙動を説明

# 地盤改良した底盤挙動③

## 掘削底盤の挙動・鉛直応力



土被り0.6m相当の差異

### 荷重バランス法の特徴

- ◎大きな安全率を設定
- ◎地盤特性を考慮しない

安全側の評価

荷重バランス法で  
設計可能

格子内を荷重バランス法で設計

# 目次

1. 背景と目的
2. 部分的な地盤改良による盤ぶくれ対策工
- 3. 盤ぶくれ対策工の設計法**
4. まとめと成果の活用

# 格子状改良の設計法

知見

荷重釣合いに基づく格子状改良の設計法

土留め根入れ部の  
安定度の向上

掘削底面の  
鉛直変位の抑制

同じ掘削幅の底盤と  
非改良部が同じ挙動

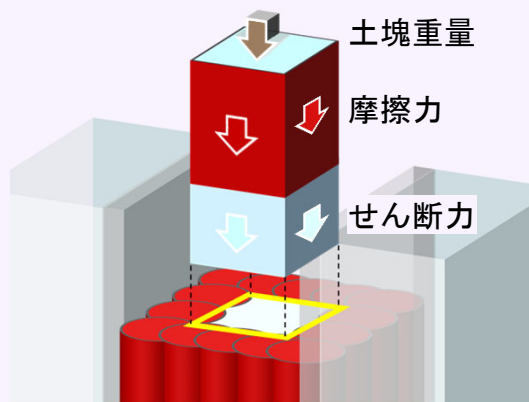
底盤全体の安定

+

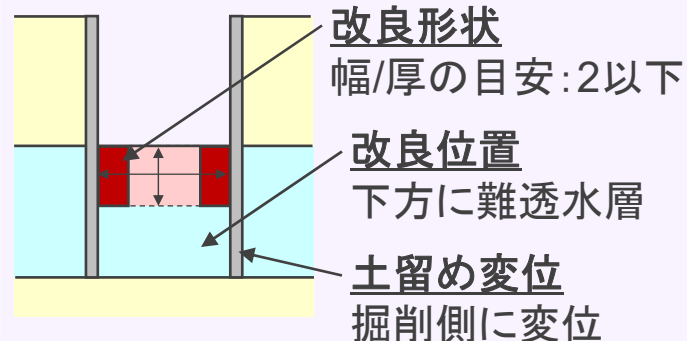
格子内の安定

土塊重量 摩擦力 せん断力 揚圧力

$$\frac{W}{1.1} + \frac{C_1}{6} + \frac{C_2}{3} \geq U$$



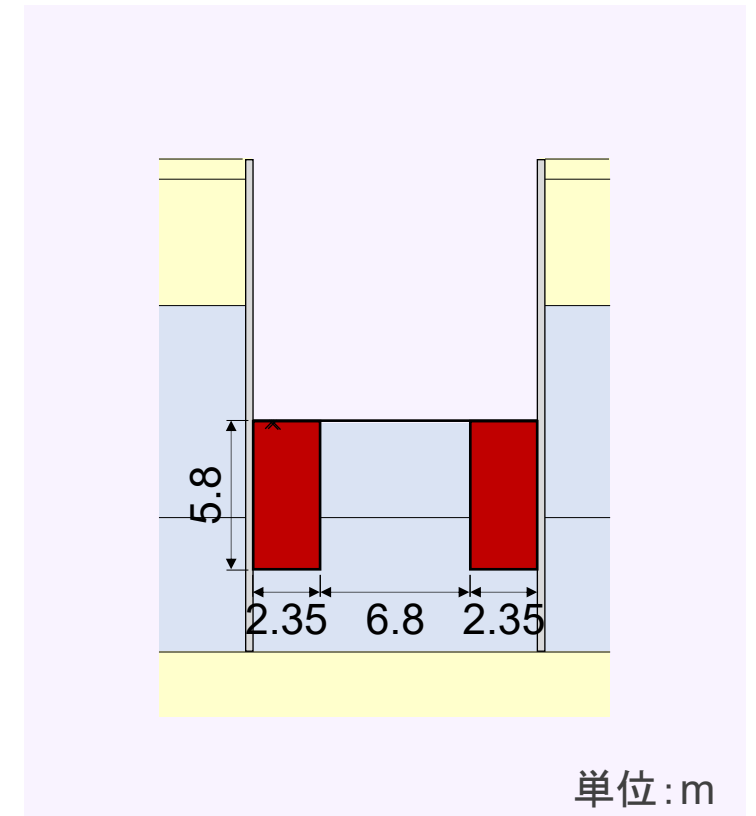
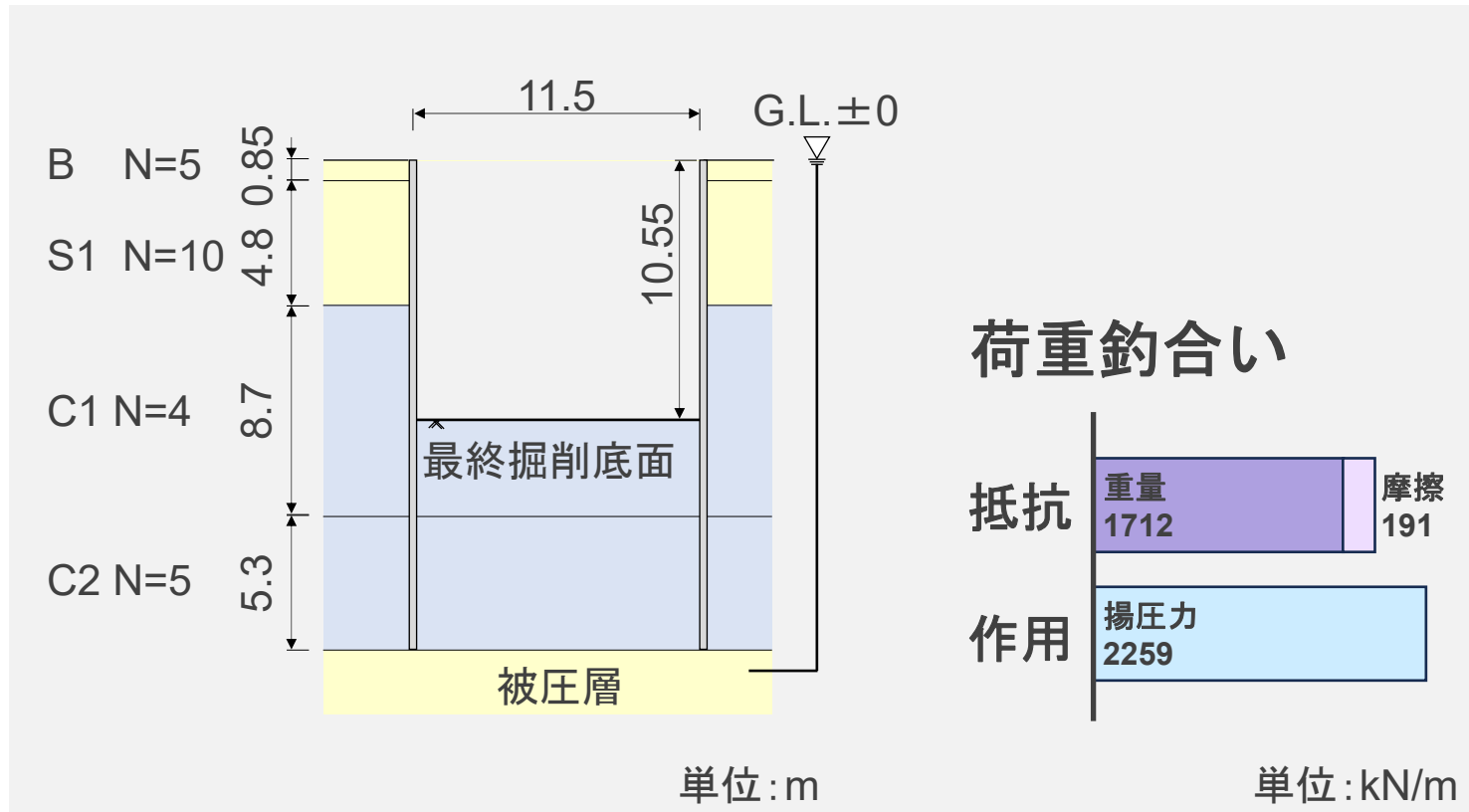
適用条件



非成層地盤に拡張

# モデルケースを用いた試算例

## 1層2径間の駅間トンネルを想定



盤ぶくれNG



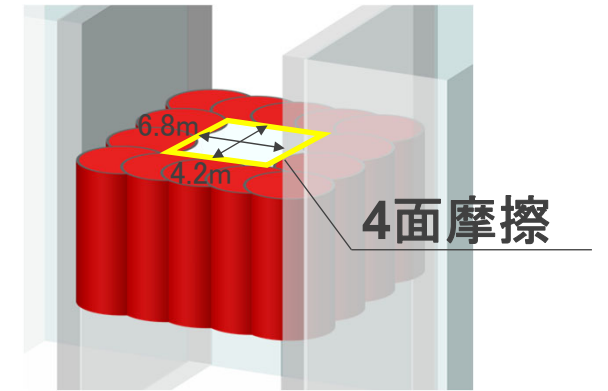
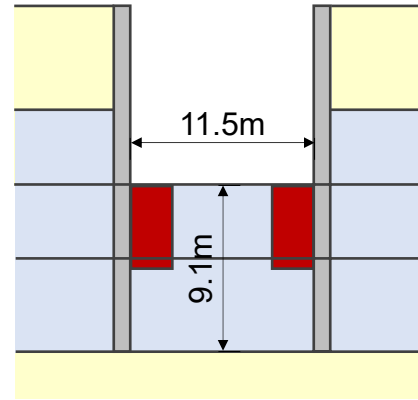
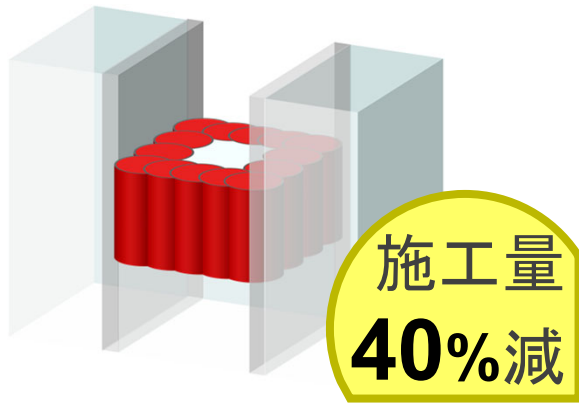
格子状改良

# モデルケースでの試算

## 改良仕様の設定

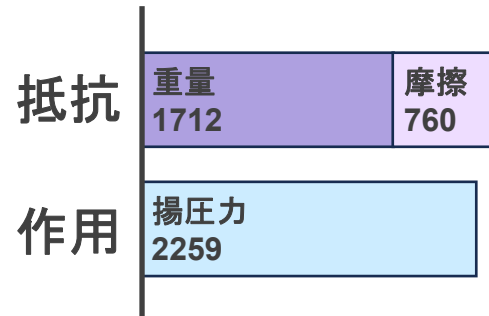
## 底盤全体の荷重バランス

## 格子内の荷重バランス



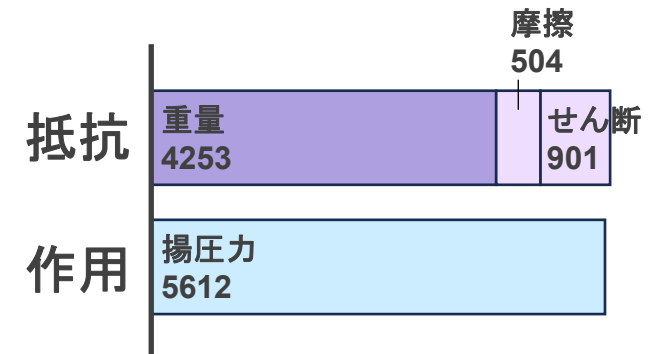
格子状 140本/駅間100m

全面 230本/駅間100m



単位: kN/m

**OK**



単位: kN

**OK**



# 目次

1. 背景と目的
2. 部分的な地盤改良による盤ぶくれ対策工
3. 盤ぶくれ対策工の設計法
4. **まとめと成果の活用**

## 部分的な底盤改良による盤ぶくれ対策工の提案



### 課題① 改良体配置

地盤改良した  
底盤挙動

格子状改良

### 課題② 設計法

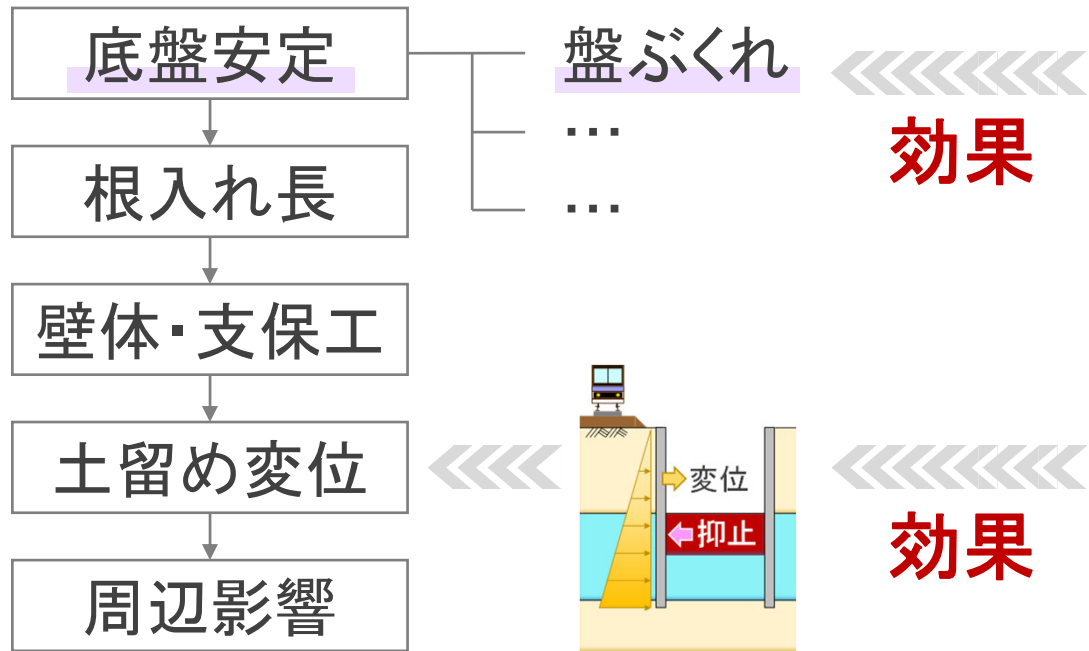
部分改良に対応した  
実務的な手法

全体安定＋格子内安定の  
荷重バランス法

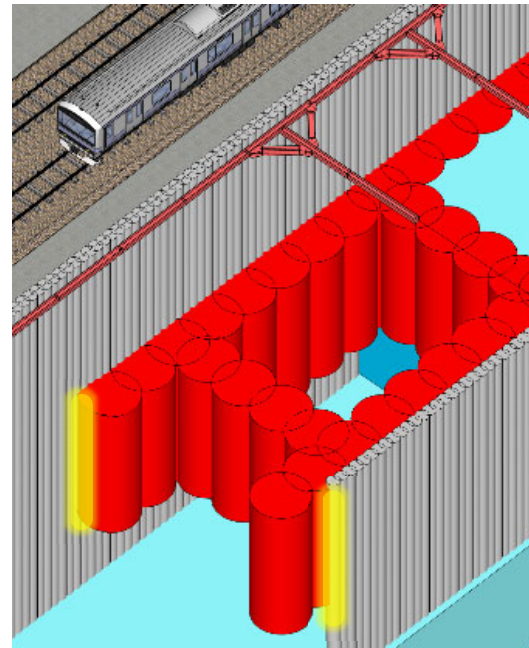
# 成果の活用

## 難透水層を含む地盤における地下構造物の掘削工事に活用

### 設計の流れ



### 格子状改良



盤ぶくれ対策工の  
**施工量低減**

⇓

**工期短縮  
対策費削減**