

# 薄肉線路下アーチカルバートの 地盤抵抗特性の設定法

構造物技術研究部 トンネル研究室  
主任研究員 牛田 貴士

# 背景・目的

## 背景

線路下カルバートのプレキャスト化事例の増加



工期短縮の一方で、**製造、運搬・組立て費用**が増加



中小規模(断面約10m<sup>2</sup>以下)の場合

**安価、軽量**なアーチ形状の薄肉部材が有利

## 課題

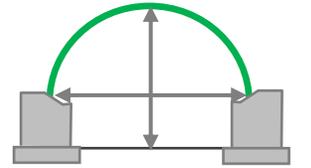
列車荷重の繰返し作用が背面地盤に及ぼす影響の解明

## 目的

列車荷重が繰返し作用する場合の地盤抵抗特性を解明して設定法を提案し、構造成立性を確認

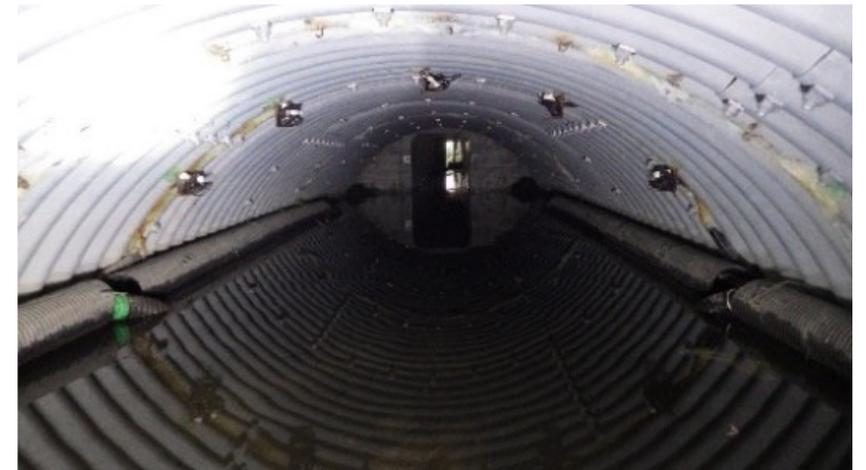


薄肉部材の例  
(コルゲート材)



高さ3m×幅4m

中規模アーチ  
の寸法例



水路用カルバートの例

1. 概要
2. 提案する地盤抵抗特性の設定法
3. 実験による地盤抵抗特性の検証
4. 構造成立性の確認
5. まとめと成果の活用

## 1. 概要

## 2. 提案する地盤抵抗特性の設定法

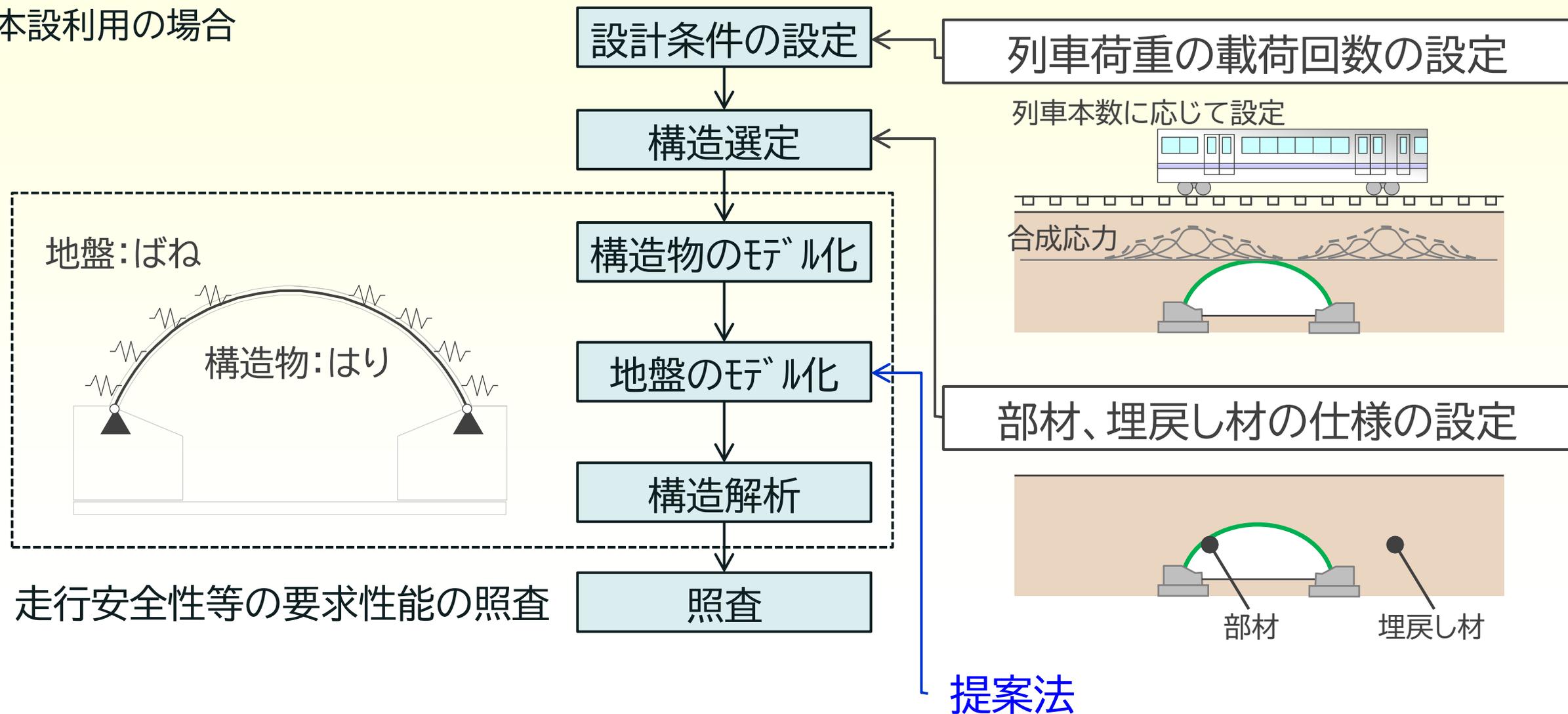
## 3. 実験による地盤抵抗特性の検証

## 4. 構造成立性の確認

## 5. まとめと成果の活用

# 線路下アーチカルバートの設計の流れ

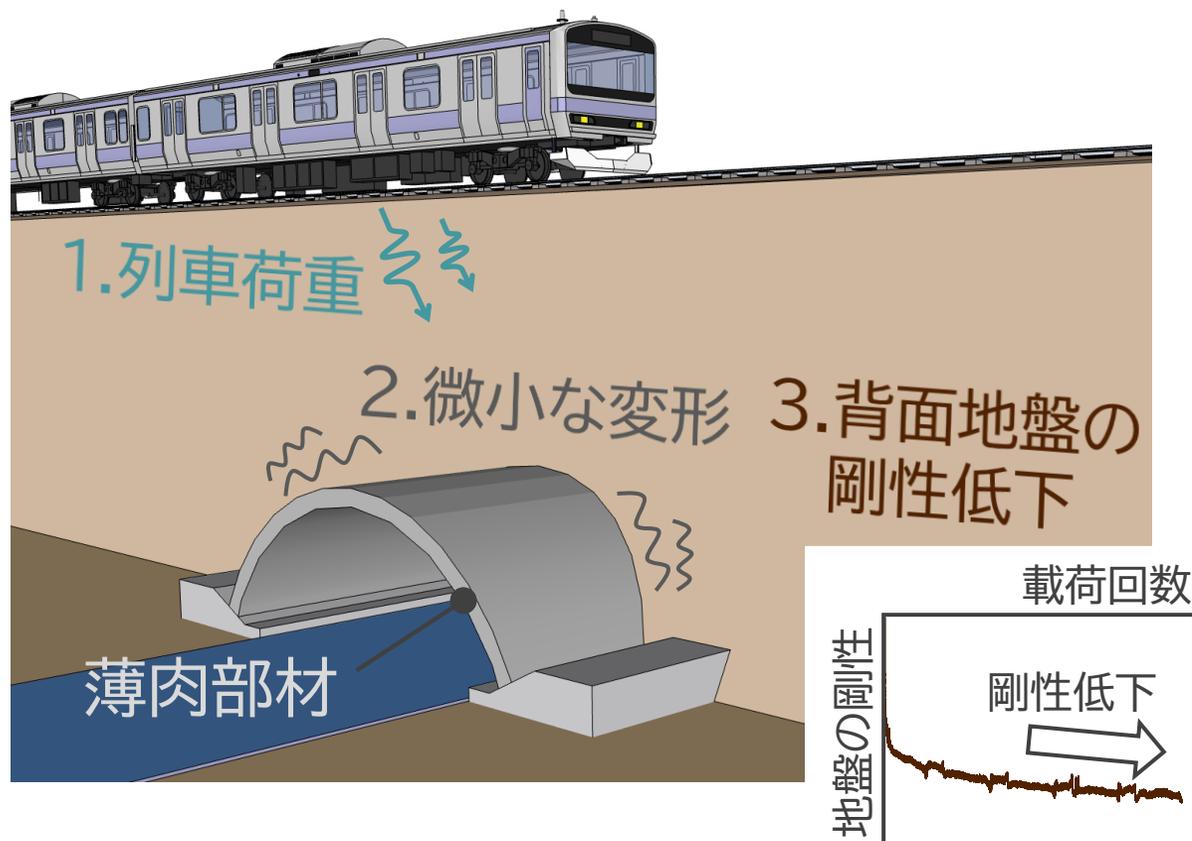
本設利用の場合



走行安全性等の要求性能の照査

# 薄肉アーチカルバートの背面地盤の挙動

列車通過時に微小な変形が発生し、背面地盤の剛性低下を誘発



背面地盤の剛性低下メカニズム



促進载荷実験で解明

1. 概要

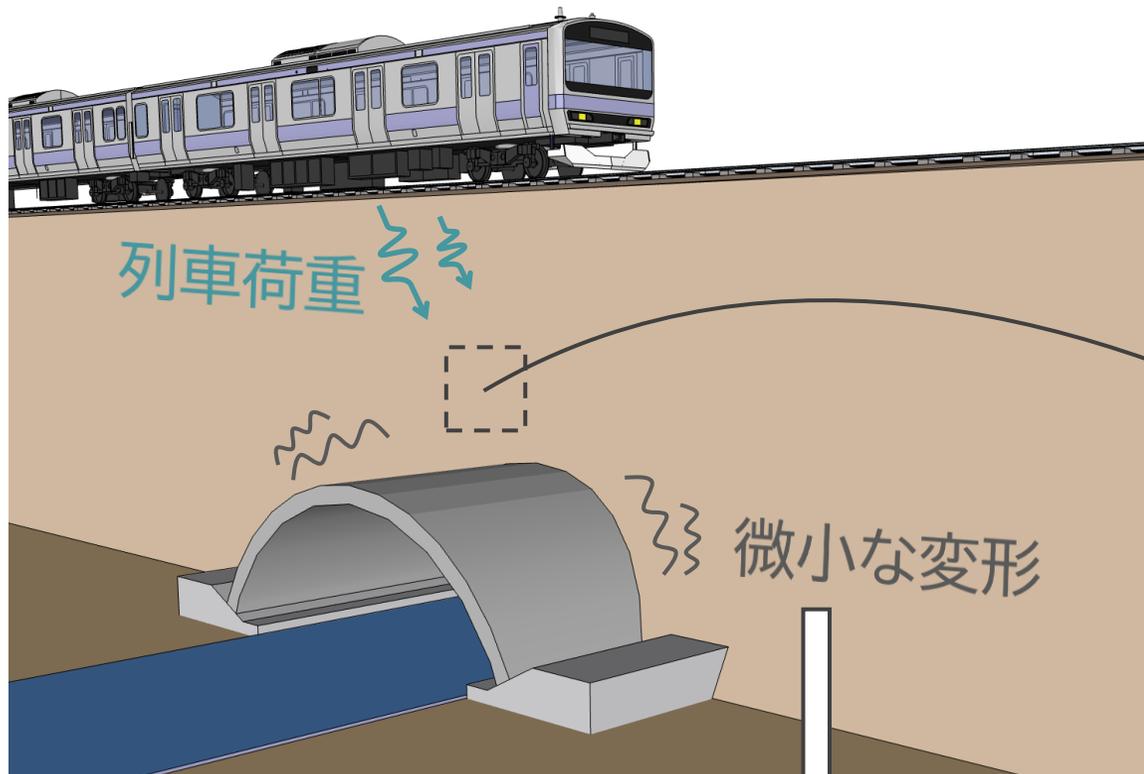
2. 提案する地盤抵抗特性の設定法

3. 実験による地盤抵抗特性の検証

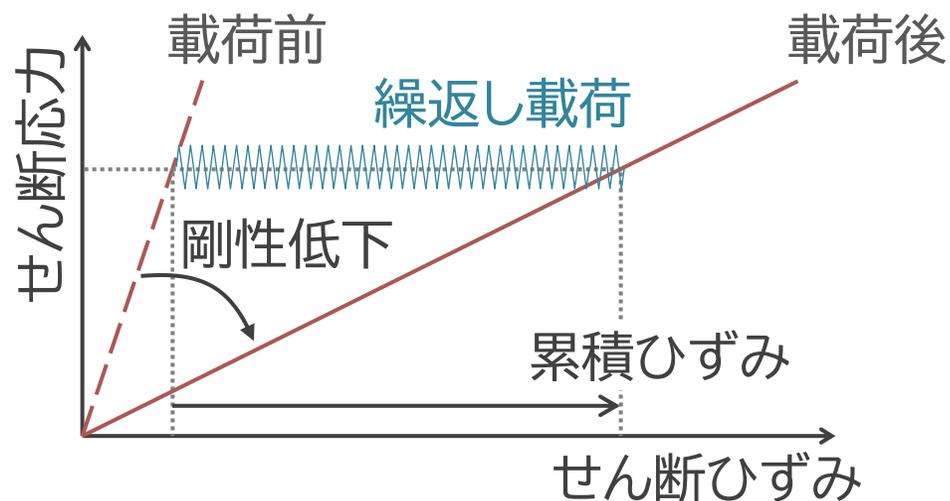
4. 構造成立性の確認

5. まとめと成果の活用

## 鉄道盛土の累積沈下量の予測等で実績のある手法



列車荷重の繰返し载荷による  
累積ひずみを考慮した等価剛性を算定

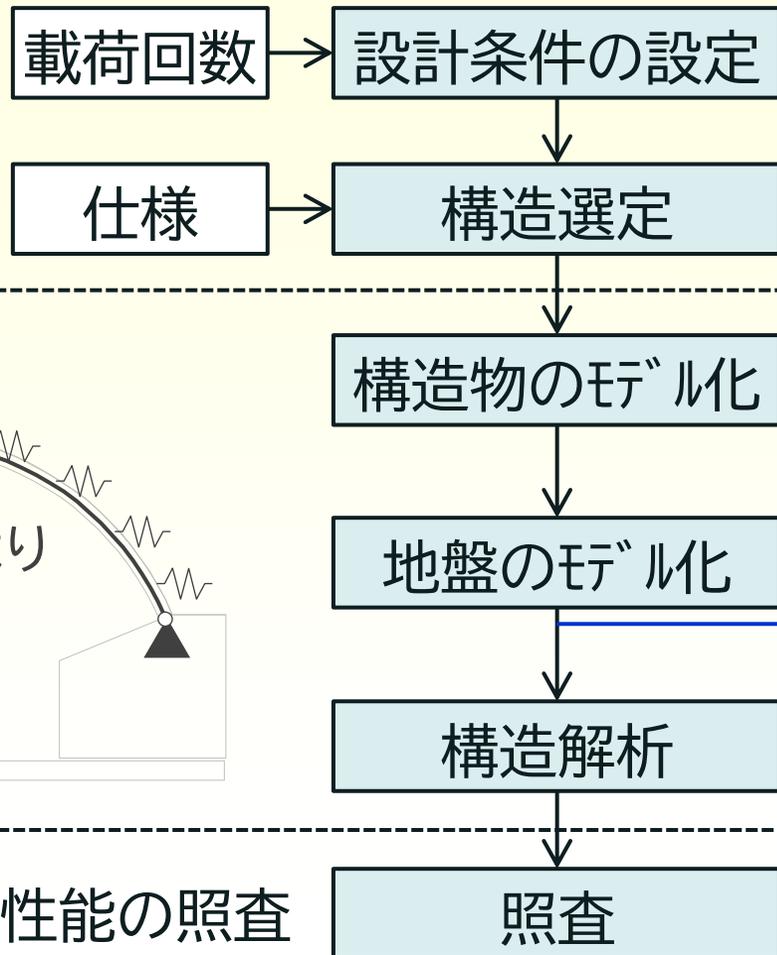


カルバートの微小な変形を考慮した方法を提案

# 提案する地盤抵抗特性の設定法の使い方

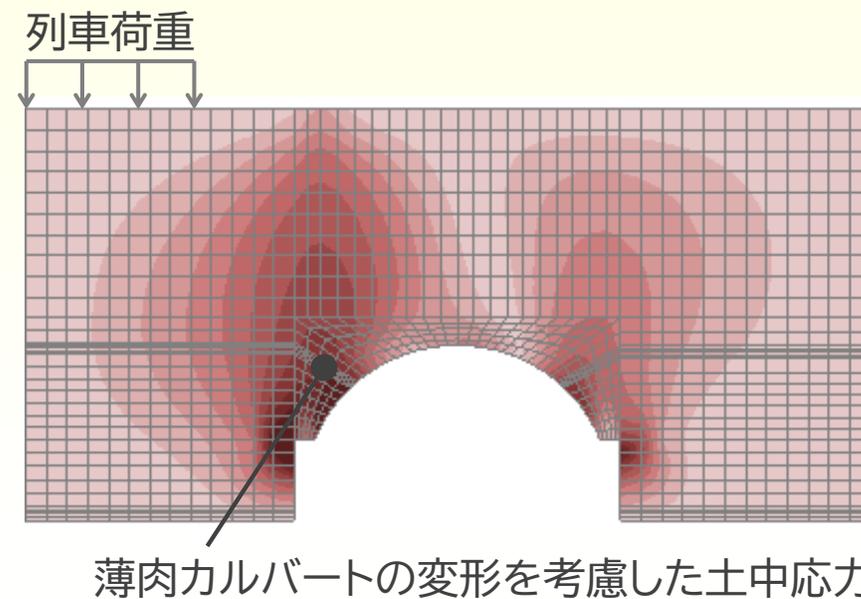
## 薄肉カルバートの変形を考慮した地盤抵抗特性の**設定法**を提案

【設計の流れ】  
本設利用の場合



【拡張部分】

载荷(1回目)の土中応力の算定

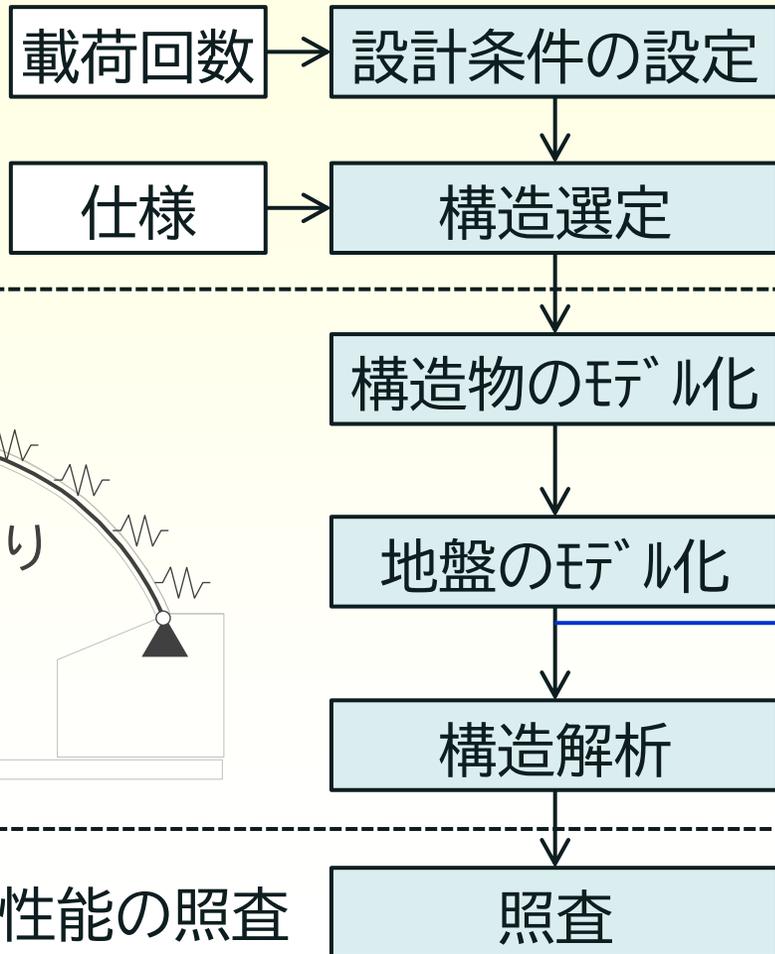


走行安全性等の要求性能の照査

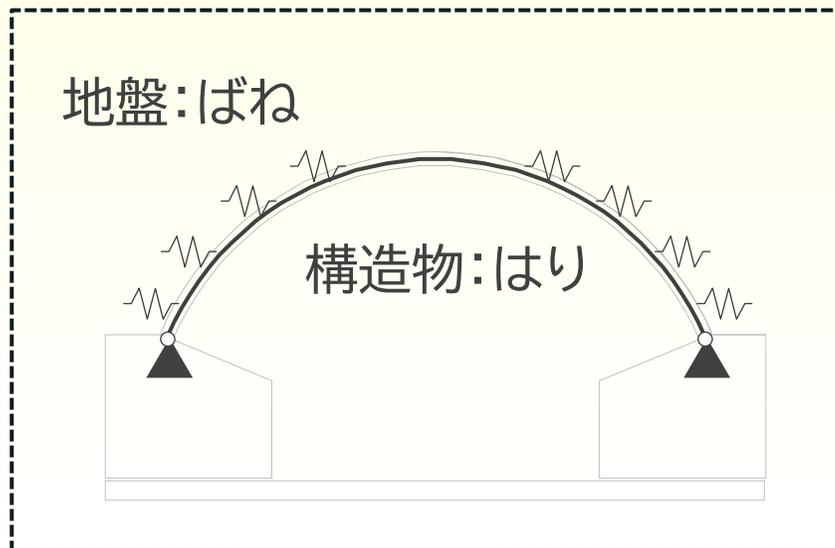
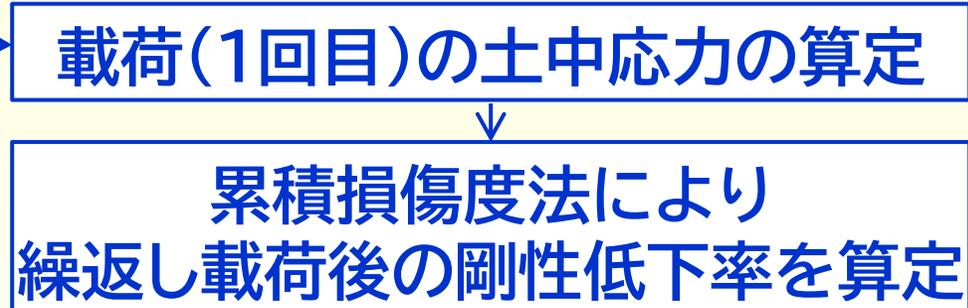
# 提案する地盤抵抗特性の設定法の使い方

## 薄肉カルバートの変形を考慮した地盤抵抗特性の**設定法**を提案

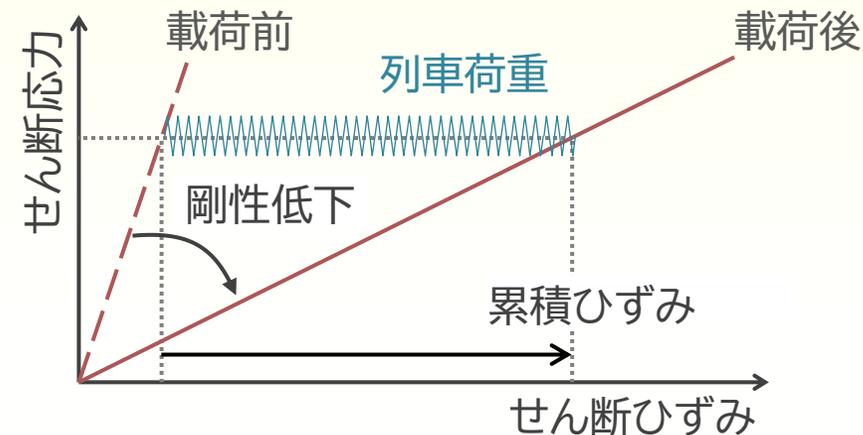
【設計の流れ】  
本設利用の場合



【拡張部分】



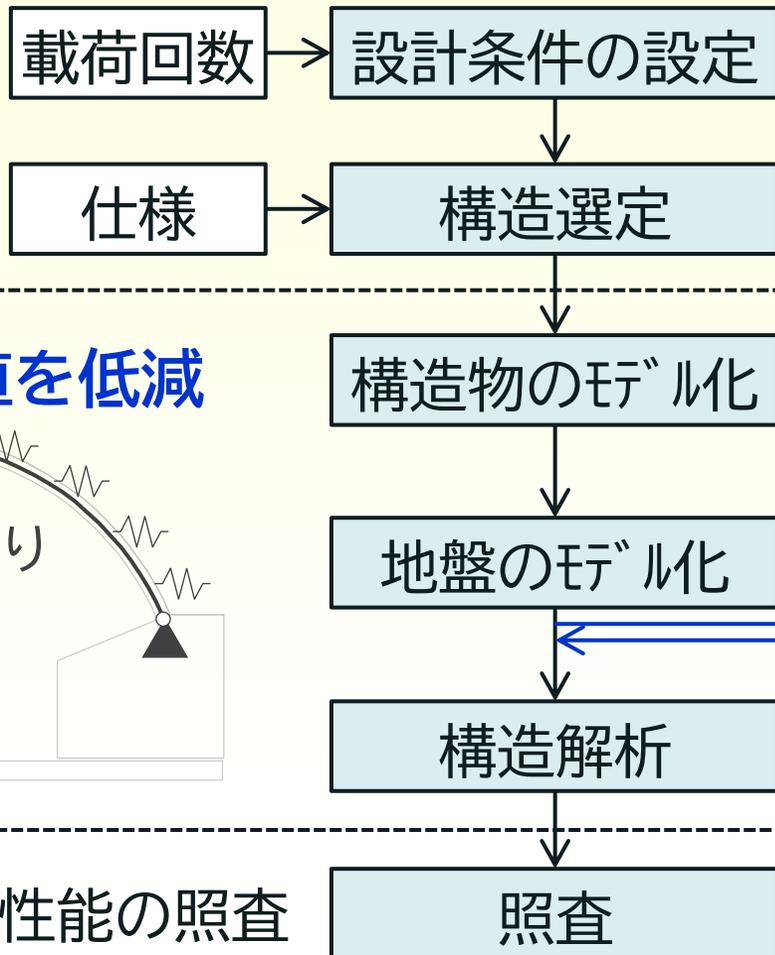
走行安全性等の要求性能の照査



# 提案する地盤抵抗特性の設定法の使い方

## 薄肉カルバートの変形を考慮した地盤抵抗特性の**設定法**を提案

【設計の流れ】  
本設利用の場合



【拡張部分】



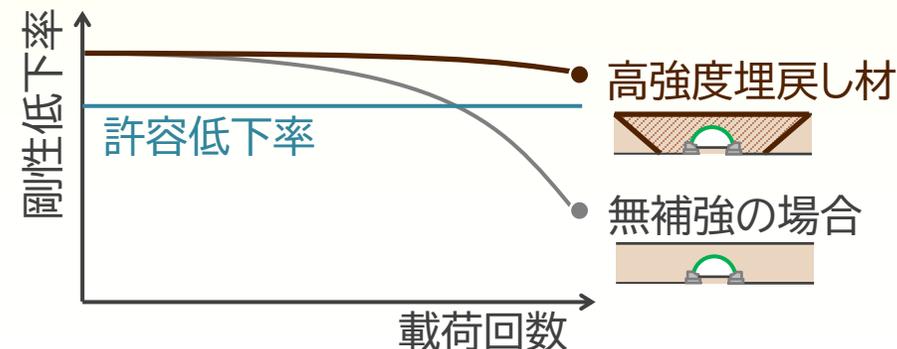
地盤:ばね⇒ばね値を低減



構造物:はり

走行安全性等の要求性能の照査

照査

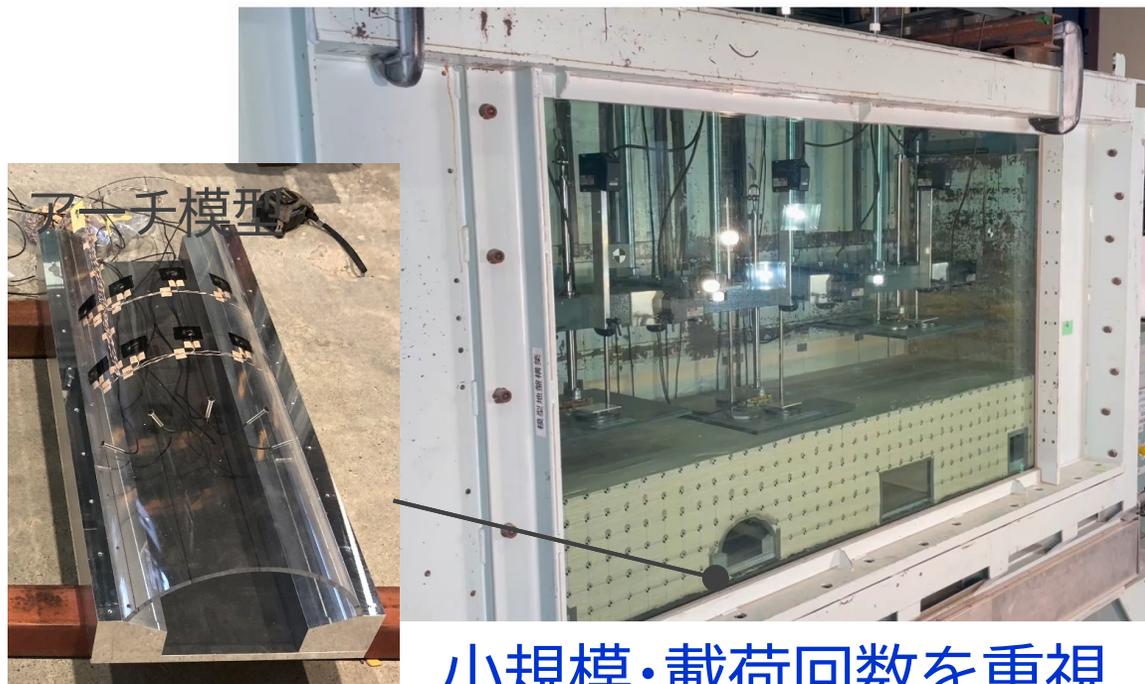




1. 概要
2. 提案する地盤抵抗特性の設定法
3. 実験による地盤抵抗特性の検証
4. 構造成立性の確認
5. まとめと成果の活用

# 実験による地盤抵抗特性の検証

条件を調整して、少ない载荷回数で剛性低下を生じさせる**促進载荷実験**



小規模・载荷回数を重視

模型载荷実験

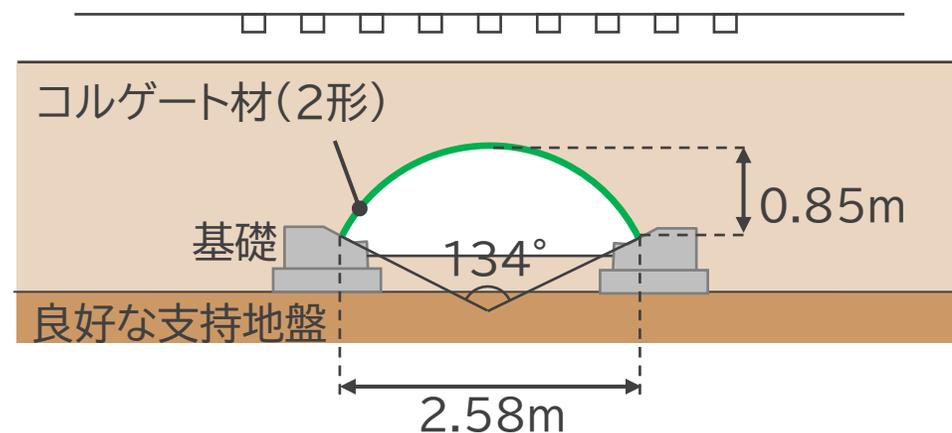
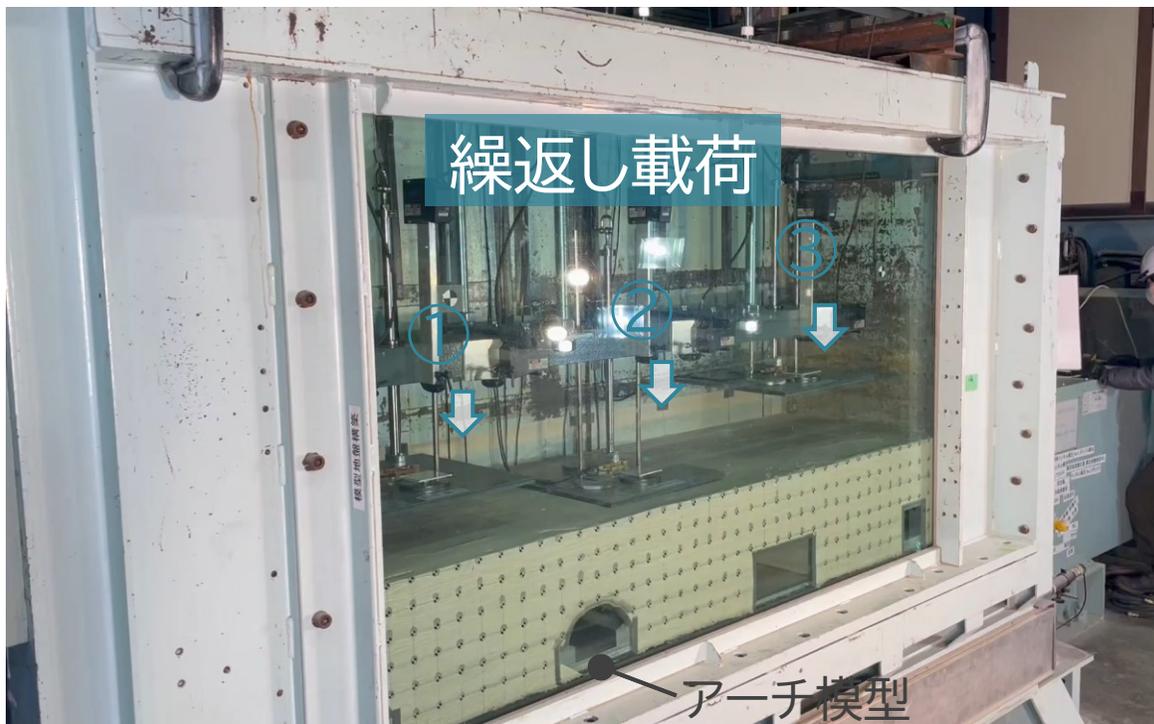


大規模・実物を使用

実物载荷実験

# 模型実験による地盤抵抗特性の検証

条件を調整して、少ない载荷回数で剛性低下を生じさせる**促進载荷実験**

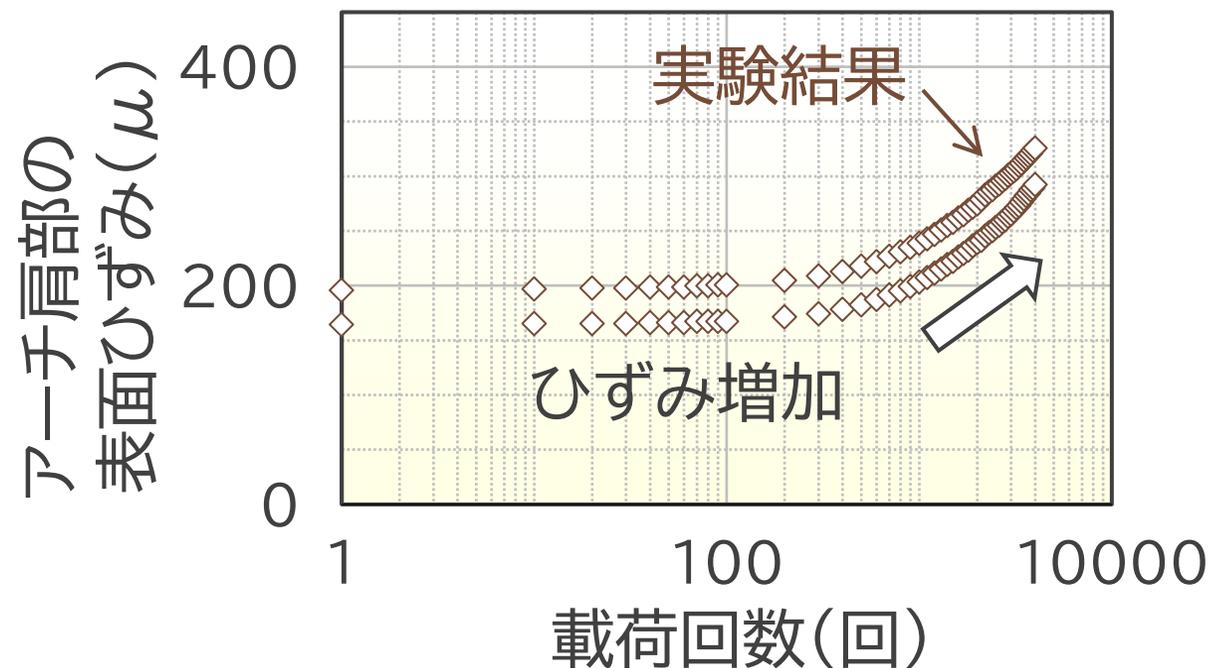
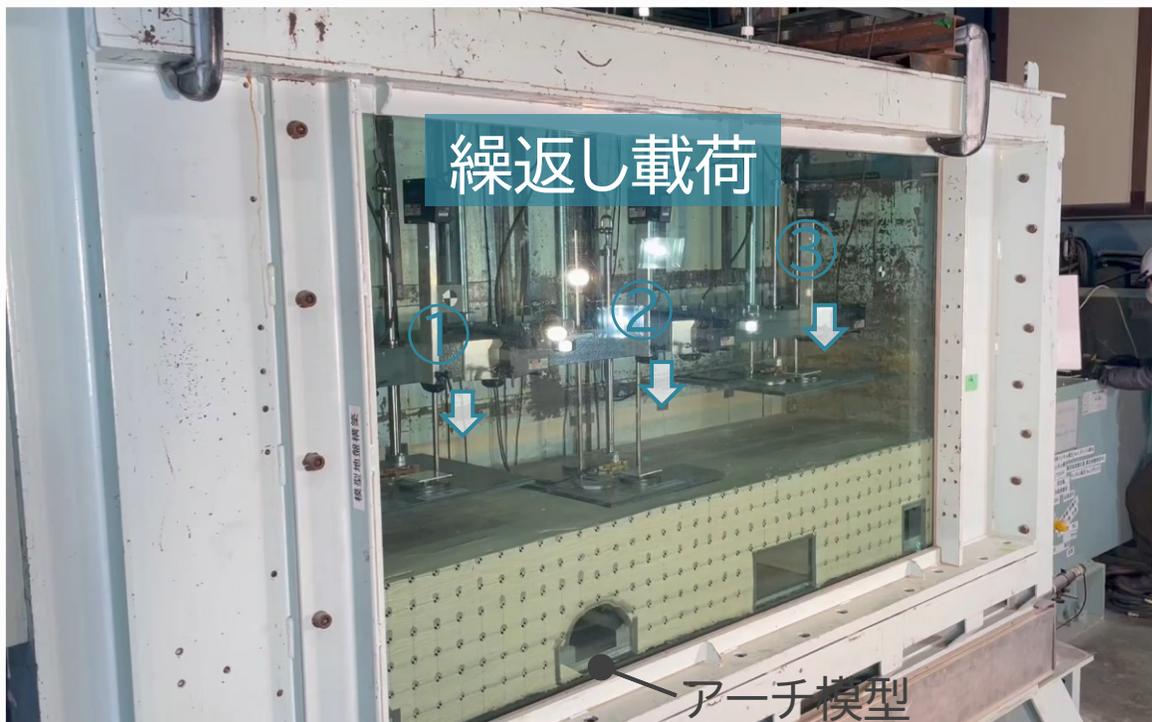


想定したアーチカルバートの概要

実験概要 载荷荷重:0.2kN/箇所  
地盤材料:珪砂6号(相対密度80%) 促進  
アーチ模型:アクリル(t=5mm, 縮尺1/17) 促進

# 模型実験による地盤抵抗特性の検証

条件を調整して、少ない载荷回数で剛性低下を生じさせる**促進载荷実験**

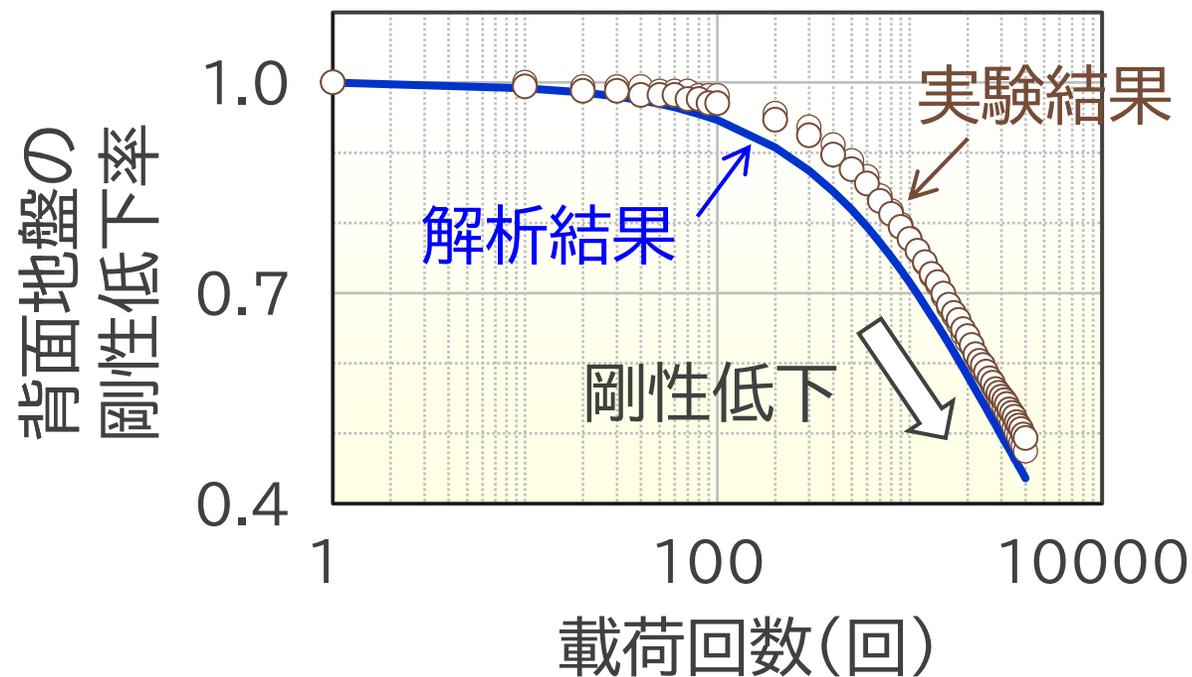
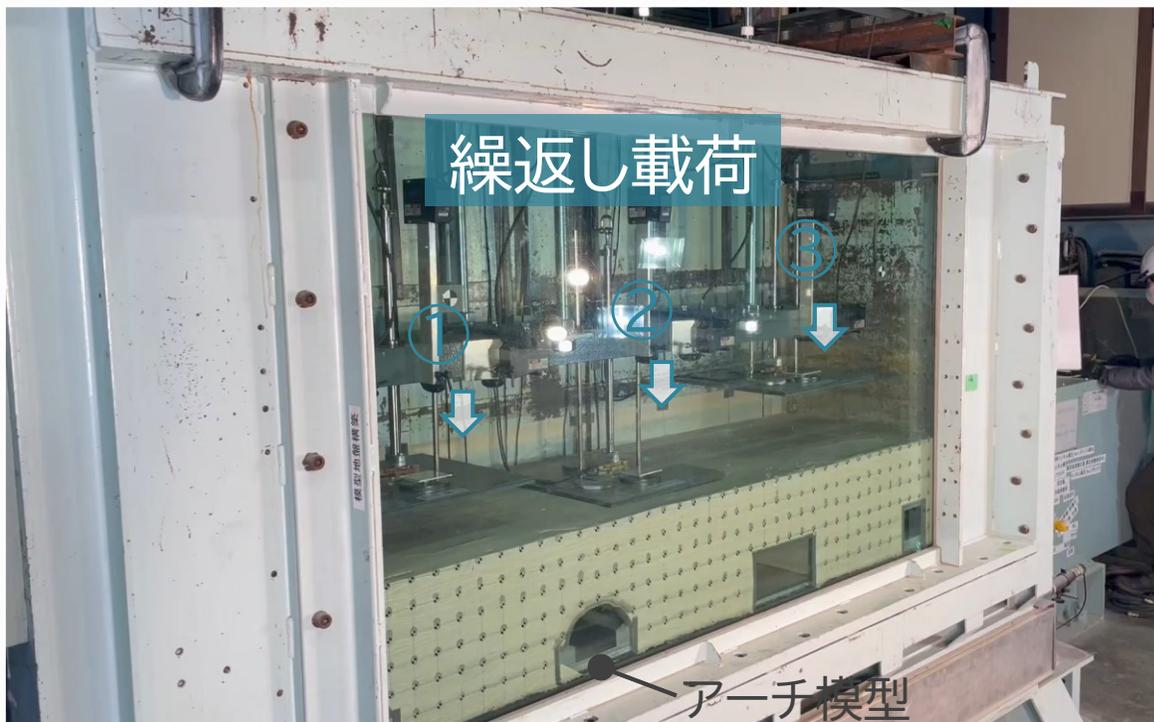


**実験概要** 载荷荷重:0.2kN/箇所  
地盤材料:珪砂6号(相対密度80%) 促進  
アーチ模型:アクリル(t=5mm, 縮尺1/17) 促進

繰返し载荷に伴うひずみ増加が発生

# 模型実験による地盤抵抗特性の検証

条件を調整して、少ない载荷回数で剛性低下を生じさせる**促進载荷実験**

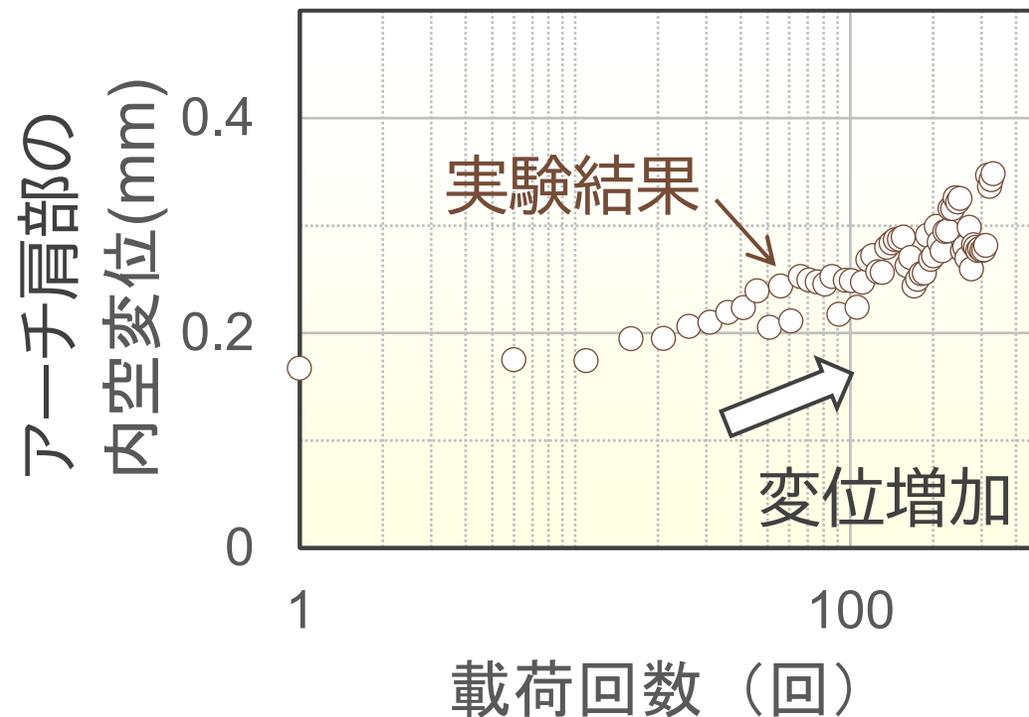


実験概要 载荷荷重:0.2kN/箇所  
地盤材料:珪砂6号(相対密度80%) 促進  
アーチ模型:アクリル(t=5mm, 縮尺1/17) 促進

実験の大きな剛性低下も  
解析法で再現

# 実物実験による地盤抵抗特性の検証

条件を調整して、少ない载荷回数で剛性低下を生じさせる**促進载荷実験**

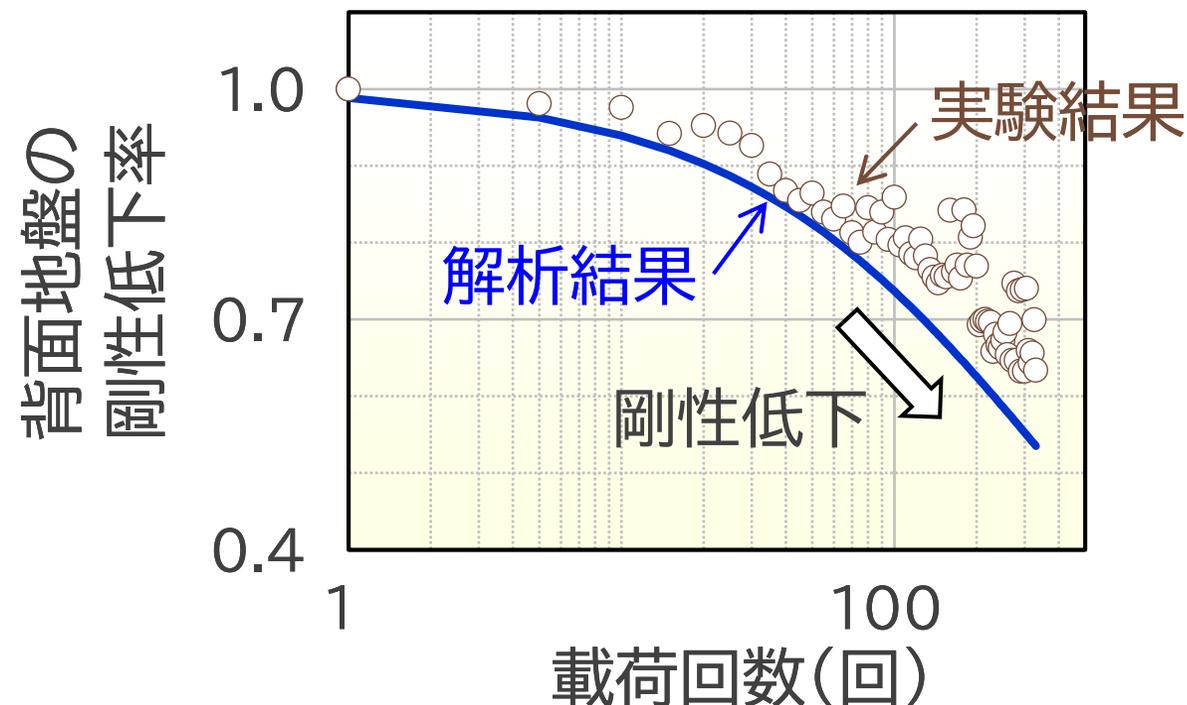


実験概要 载荷荷重:17.5kN/箇所 促進  
地盤材料:稲城砂(締固め密度比90%) 促進  
コルゲート:2形(t=2.7mm, 縮尺1/2.5)

繰返し载荷に伴う変位増加が発生

# 実物実験による地盤抵抗特性の検証

条件を調整して、少ない载荷回数で剛性低下を生じさせる**促進载荷実験**



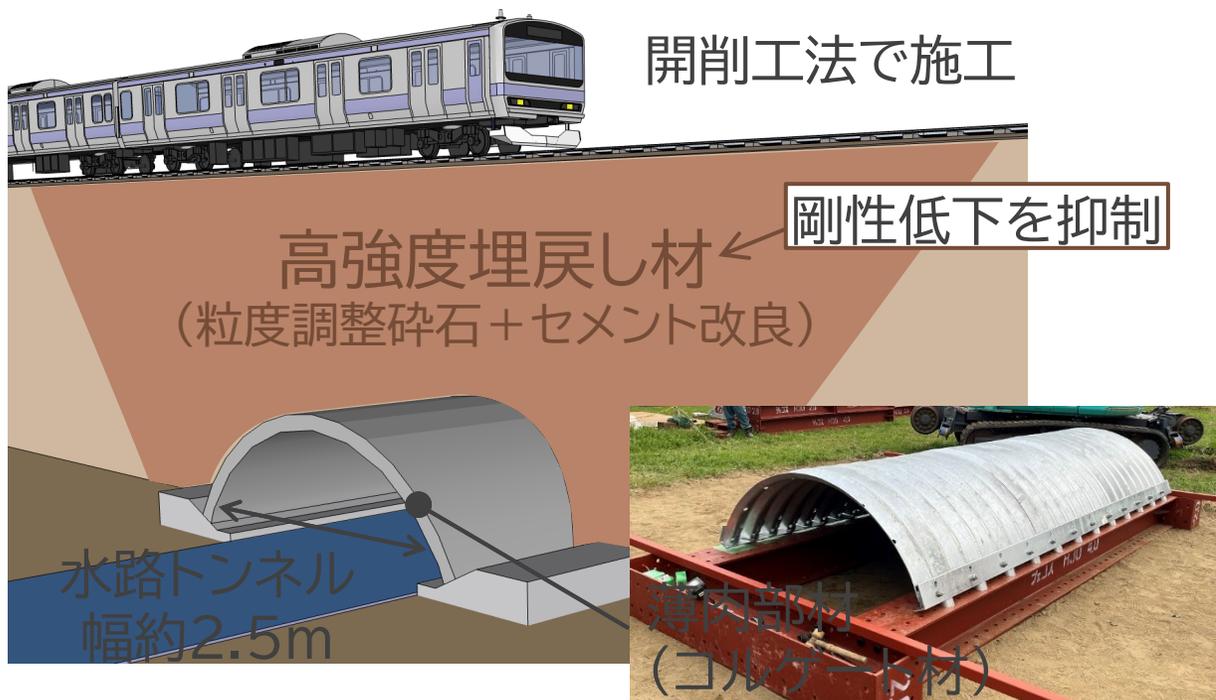
実験概要 载荷荷重:17.5kN/箇所 促進  
地盤材料:稲城砂(締固め密度比90%) 促進  
コルゲート:2形(t=2.7mm, 縮尺1/2.5)

**実験の大きな剛性低下も  
解析法で再現**

1. 概要
2. 提案する地盤抵抗特性の設定法
3. 実験による地盤抵抗特性の検証
4. 構造成立性の確認
5. まとめと成果の活用

# 薄肉アーチカルバートの構造成立性の確認

提案法を用いて **高強度埋戻し材と組み合わせた** 構造の成立性を確認



## 背面地盤の剛性低下率

無補強 B~C群相当	高強度埋戻し材 改良率2.5%
31% N.G.	2% O.K.

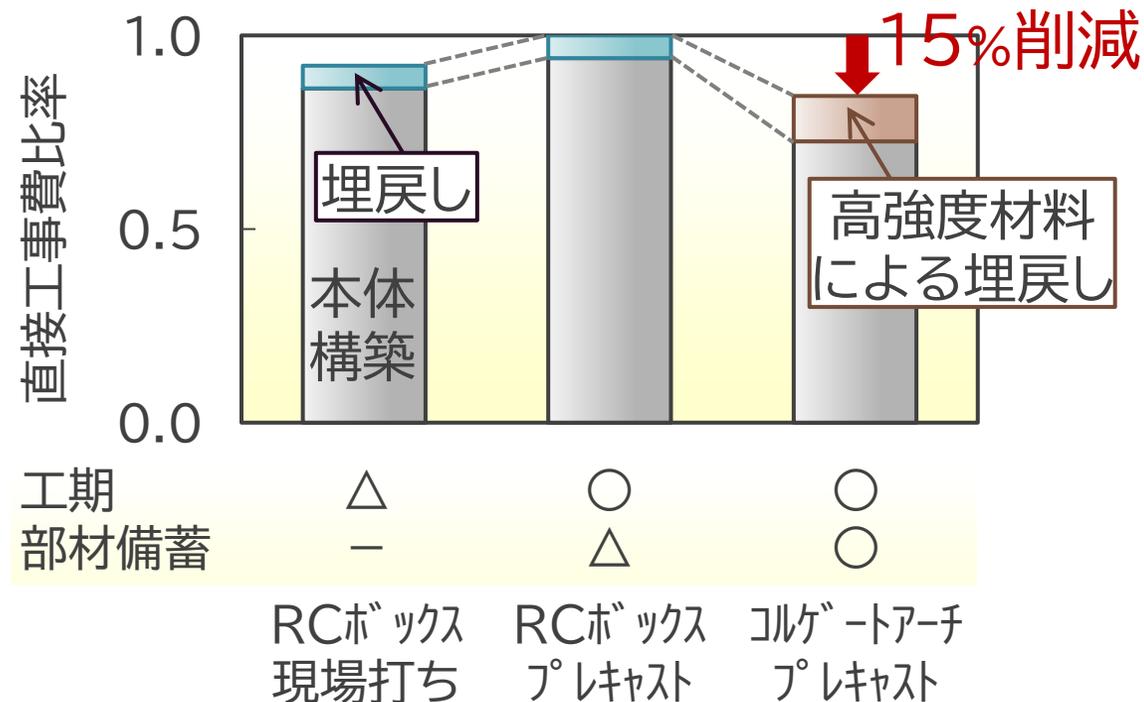
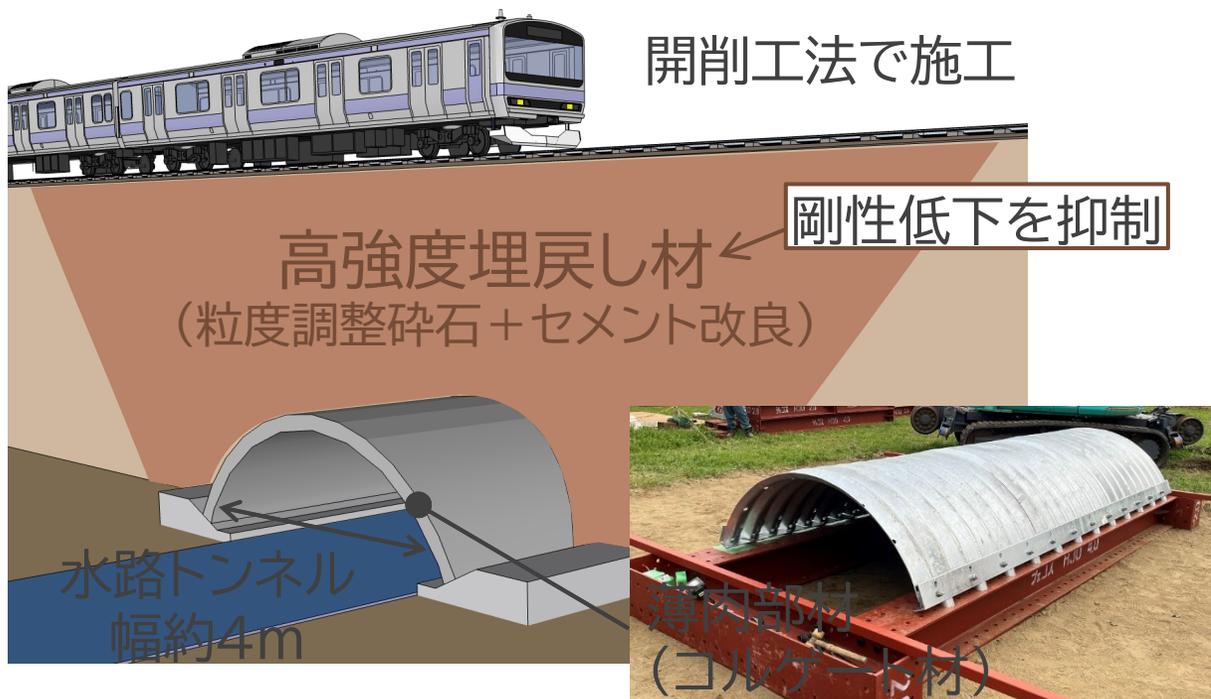
※許容低下率:10%以下

現在、様々な埋戻し工法との組合せを検討中(条件に応じた標準仕様の提案)

# 薄肉アーチカルバートの構造成立性の確認

提案法を用いて **高強度埋戻し材と組み合わせた** 構造の成立性を確認

【検討条件】



工期短縮とコスト削減の両立

1. 概要
2. 提案する地盤抵抗特性の設定法
3. 実験による地盤抵抗特性の検証
4. 構造成立性の確認
5. まとめと成果の活用

## まとめ

- 薄肉部材を用いた線路下アーチカルバートを対象として、  
列車荷重が繰返し作用する場合の地盤抵抗特性の設定法を提案
- 薄肉部材と高強度埋戻し材と組み合わせた構造の成立性を確認  
⇒今後、条件に応じた標準仕様を提案予定

## 成果の活用

- 提案した地盤抵抗特性の設定法と設計の流れを  
設計計算例にとりまとめ、鉄道技術推進センターHPで公開  
⇒非線形FEMの代わりに理論式を用いる簡易法の流れを示した
- 仮線施工や応急復旧等における  
開削工法を用いた薄肉線路下アーチカルバートの設計に活用