

# 位相最適化手法に基づく 地震時性能に優れた構造物形状の探索手法

鉄道地震工学研究センター 地震動力学研究室

研究員 月岡 桂吾

# 本日の発表

◆ 耐震設計で活用可能な構造物形状の探索手法を提案

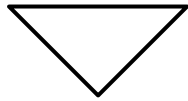
## ◆ 目次

- はじめに
- 鉄道構造物の耐震設計における位相最適化手法の提案
- 提案手法のための構造物形状探索システムの構築
- 提案手法による構造物形状の探索例
- 成果のまとめ、今後の取組み

## はじめに

### 施工技術の向上

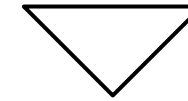
3Dプリンターの提案



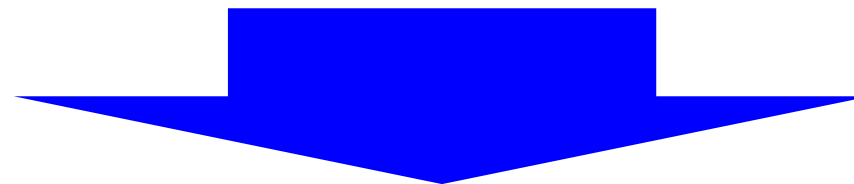
自由度の高い構造物形状を  
実現可能

### 設計技術の向上

性能照査型設計の導入



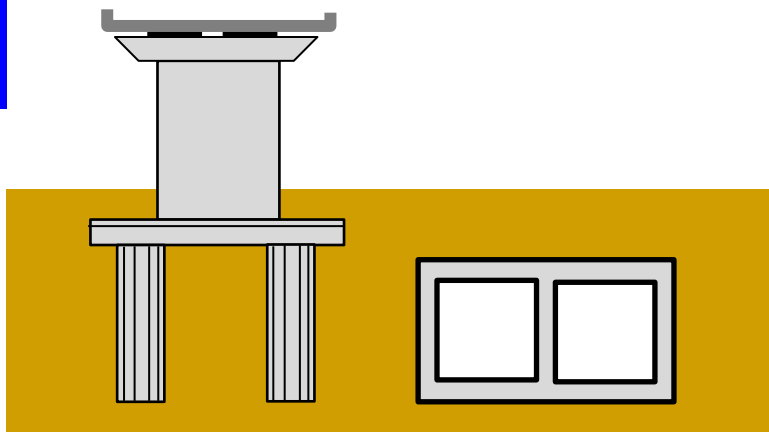
要求性能を満足していれば、  
構造形式・材料等は問わない



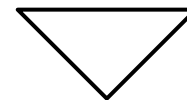
構造物形状に関する制約が取り払われつつある

## はじめに

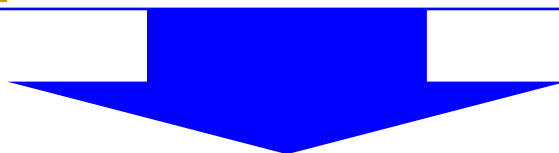
### 現状



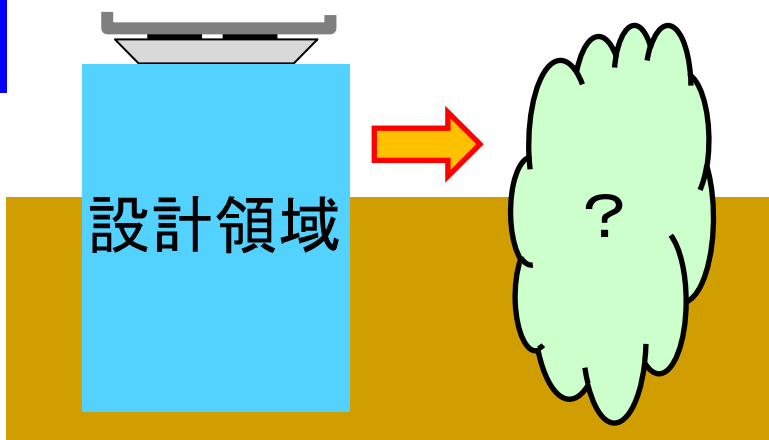
耐震設計という観点で最適な構造物形状を判断する方法は未確立



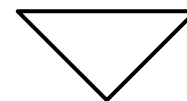
実績のある標準的な構造形式が採用される



### 目標



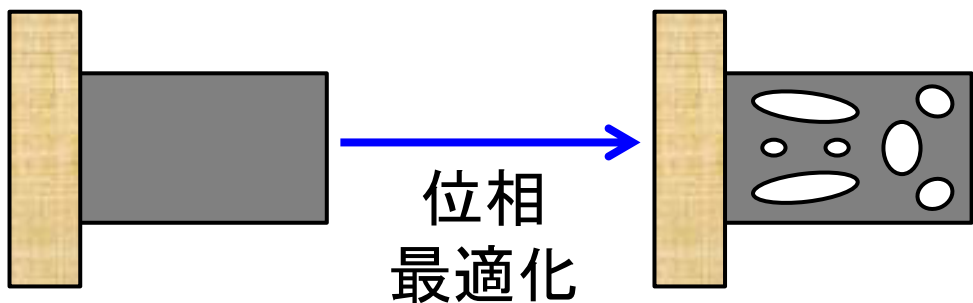
耐震設計で活用可能な構造物形状の探索手法を提案



設計領域を与えるだけで、自動的に最適な構造を探索する

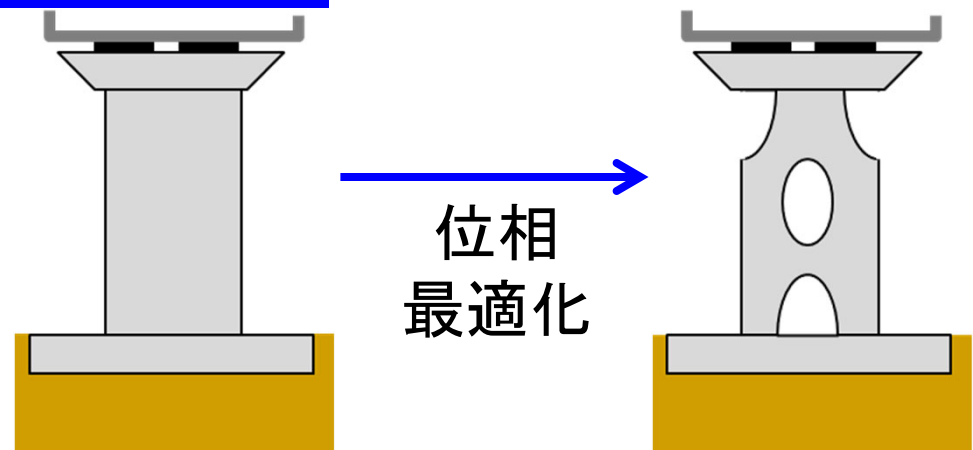
# ■ 鉄道構造物の耐震設計における位相最適化手法の提案

## 従来



- 性能への寄与度が低い箇所を分析・除去
  - 適用範囲は線形・静的・単一材料に限られる
- 鉄道構造物の耐震設計には適用不可

## 提案手法

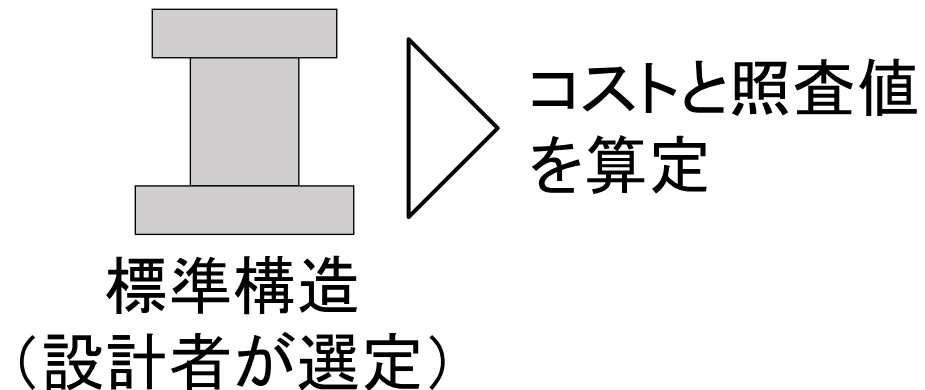


- 非線形・動的・複合材料への拡張
- RC橋梁・高架橋の耐震設計における位相最適化

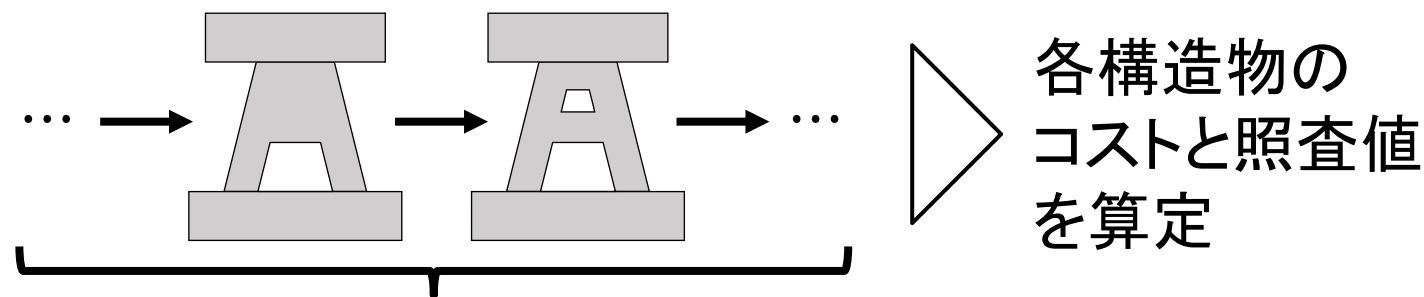
# 鉄道構造物の耐震設計における位相最適化手法の提案

## 位相最適化を用いた耐震設計プロセス

### ステップ①

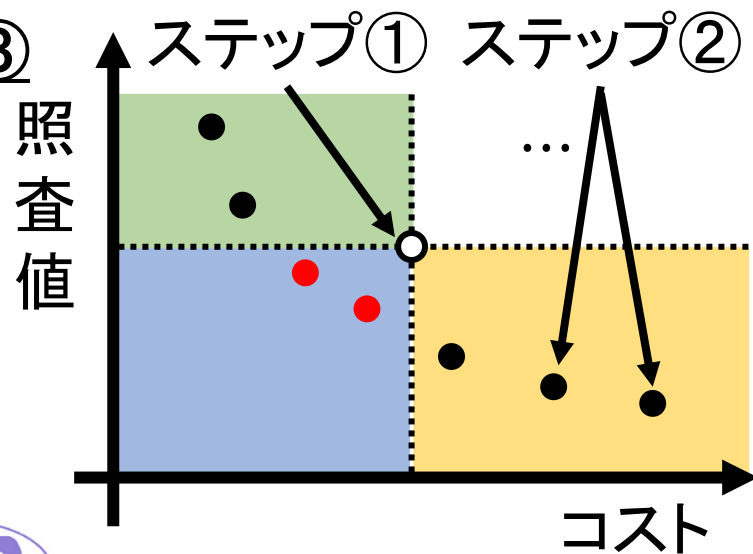


### ステップ②



位相最適化の過程で得られる構造物

### ステップ③

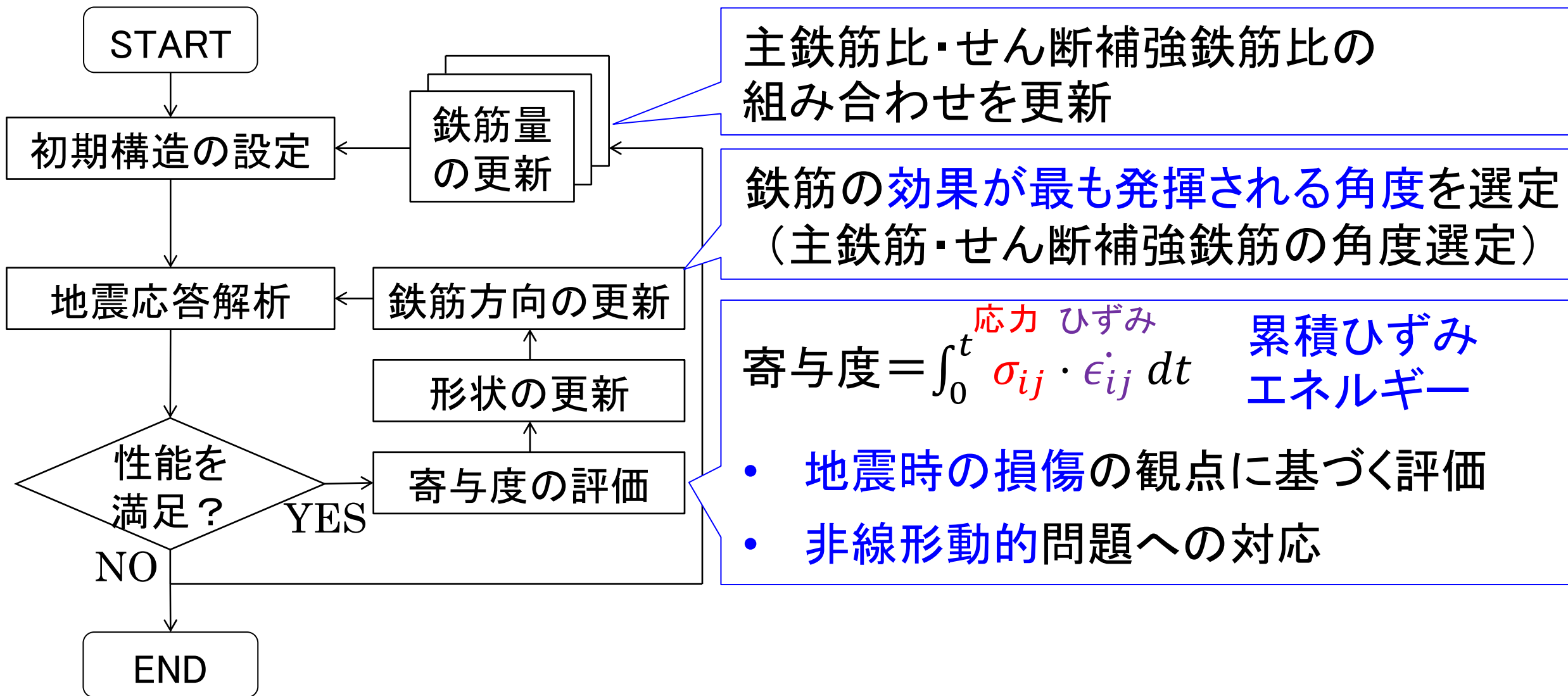


- 地震時性能は高いがコストも高い
- コストは低いが地震時性能も低い
- 地震時性能は高く、コストは低い

施工性等の観点から望ましいものを選定する

\* 実際には複数の照査項目に対して検討を行う

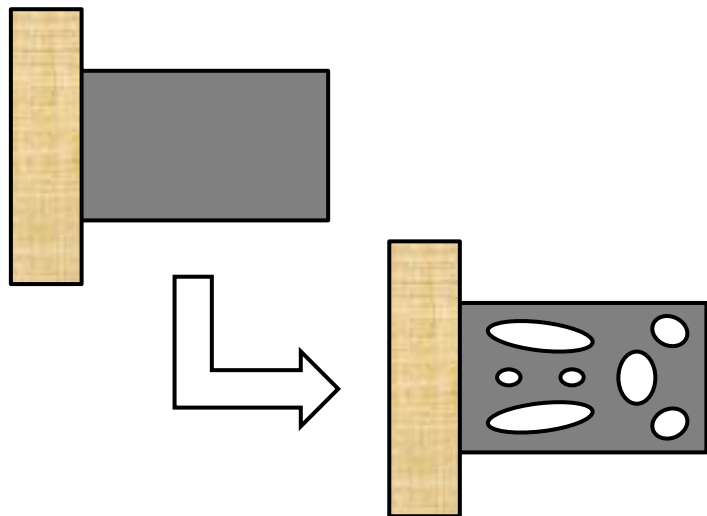
# ■ 鉄道構造物の耐震設計における位相最適化手法の提案



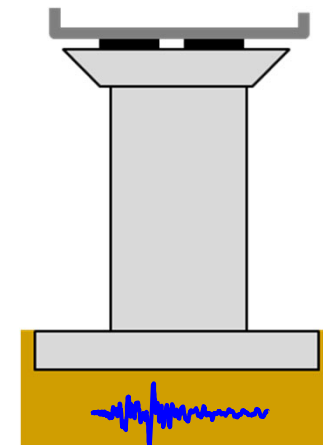
# 提案手法のための構造物形状探索システムの構築

## 提案手法の実装に向けた課題

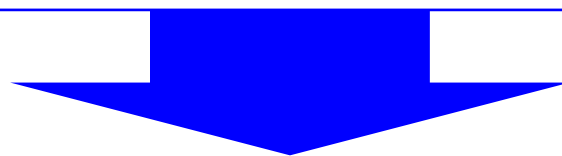
位相最適化



構造物の地震応答解析



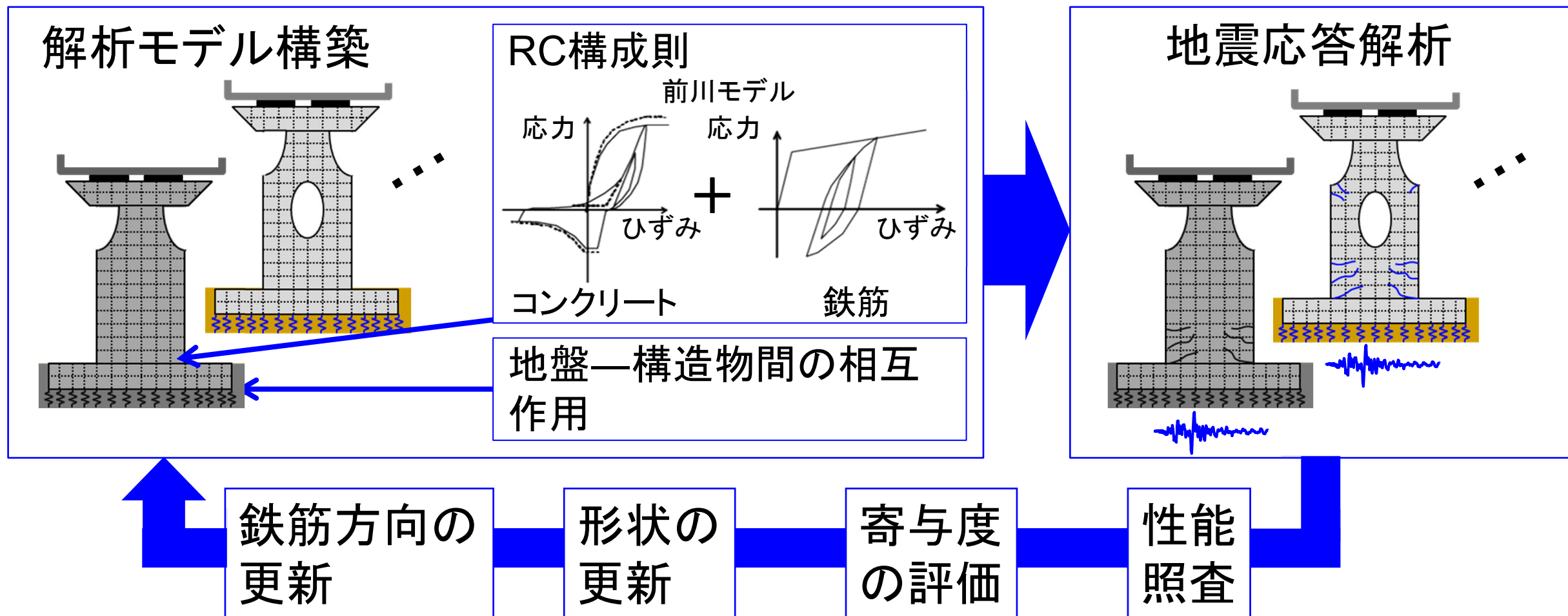
両者を連携して実行できるシステムが存在しない



位相最適化・地震応答解析を連携させた、  
構造物形状探索システムを構築



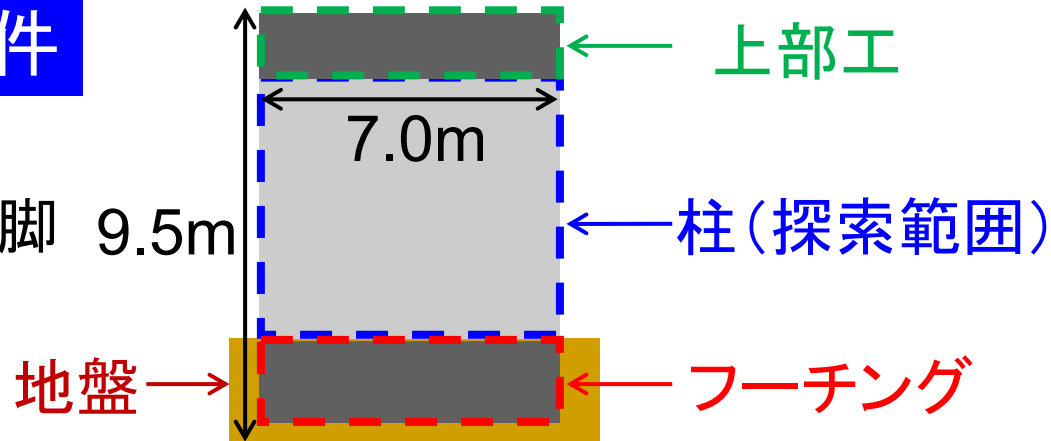
# 提案手法のための構造物形状探索システムの構築



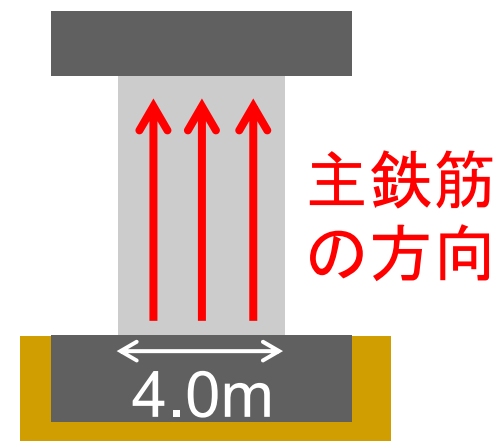
理想的な構造物形状の自動探索を実現

# 提案手法による構造物形状の探索例

## 探索条件

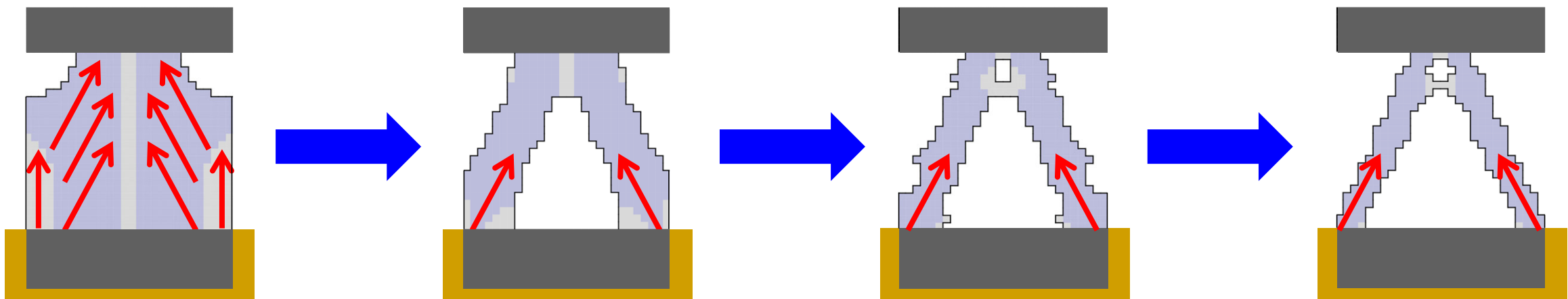


## 通常的设计



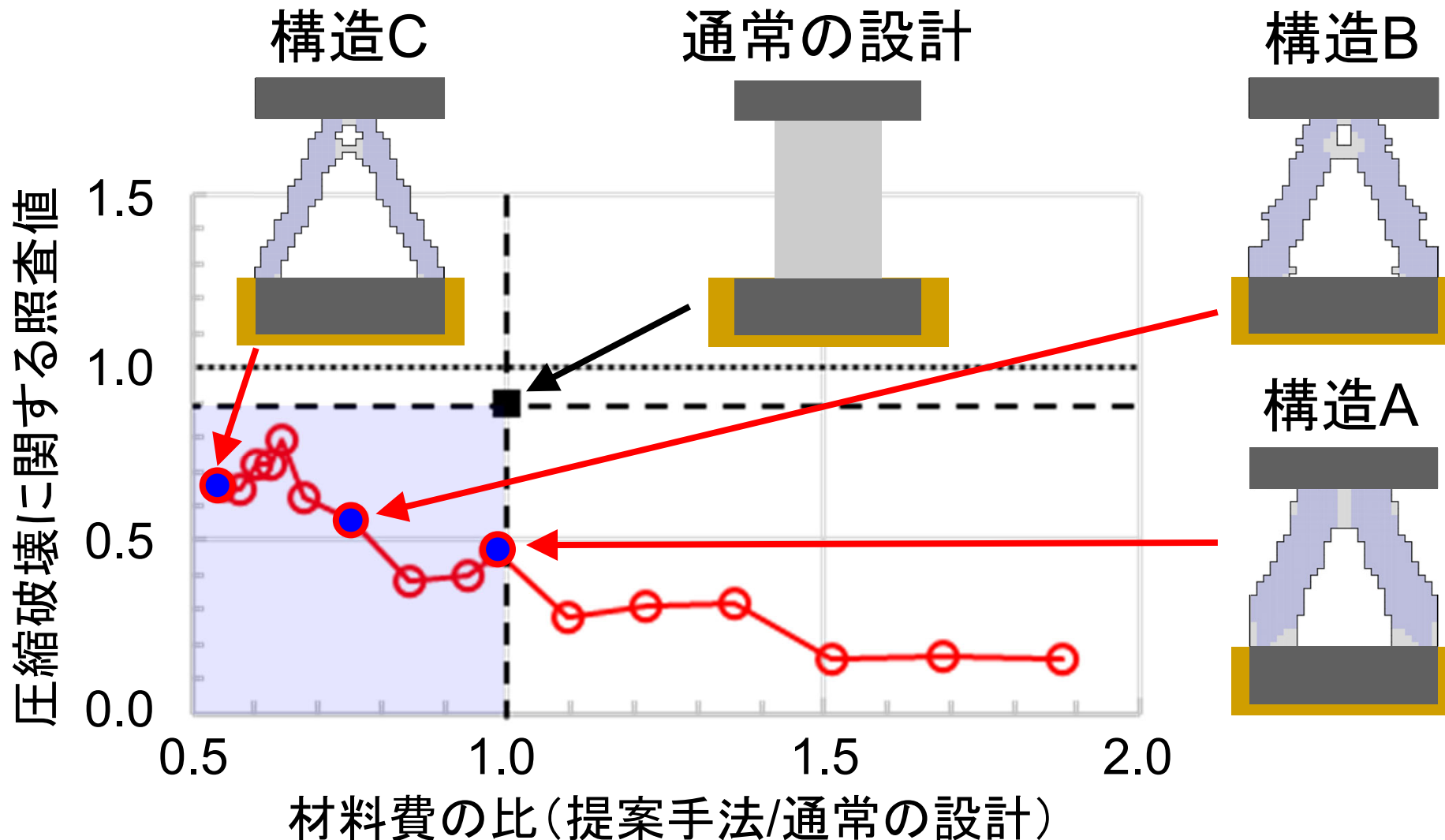
## 提案手法

提案手法によって、自由度の高い形状探索が実現可能となる



# 提案手法による構造物形状の探索例

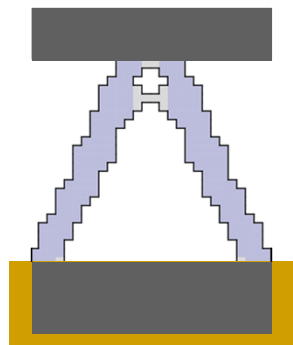
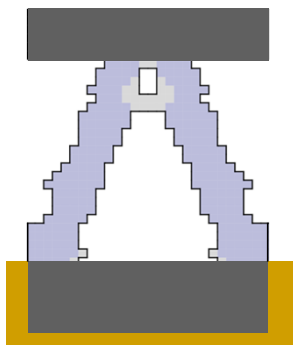
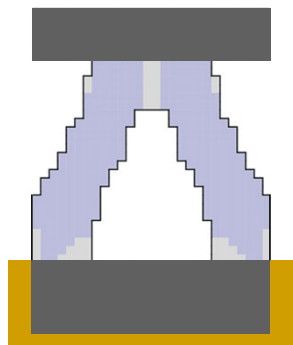
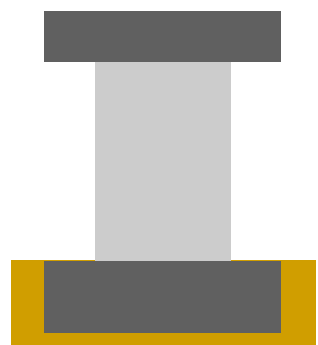
## 安全性照査を例とした提案手法と通常的设计との比較



# 提案手法による構造物形状の探索例

通常的设计

提案手法



構造A

構造B

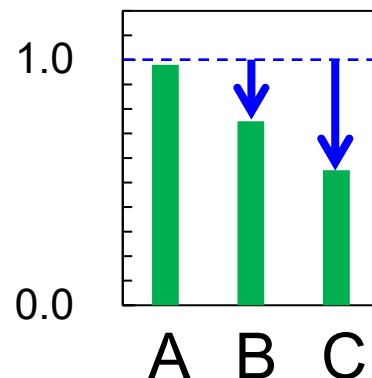
構造C

体積大

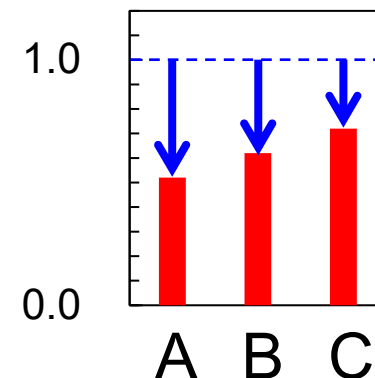
体積中

体積小

コスト  
(材料費)  
最大約40%低減



照査値  
(応答値 / 耐力)  
最大約50%低減



コストを削減し、地震時性能を向上させた構造物形状の実現

社会の要請に応えた構造物が選定可能

- コストを重視 ⇒ 構造C
- 地震時性能を重視 ⇒ 構造A

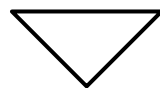
## 提案手法による構造物形状の探索例

### 通常的设计

圧縮破壊に関する照査値の分布



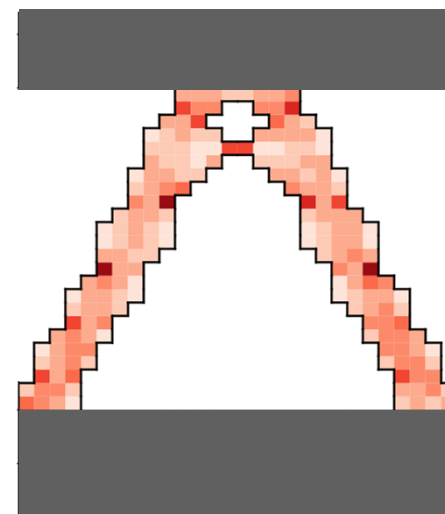
応力が柱基部に集中



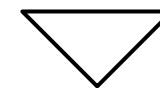
柱基部を起点に損傷が進展

### 提案手法(構造C)

圧縮破壊に関する照査値の分布



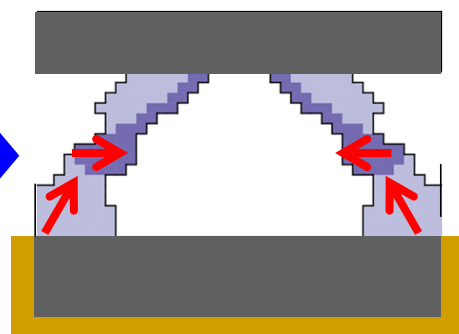
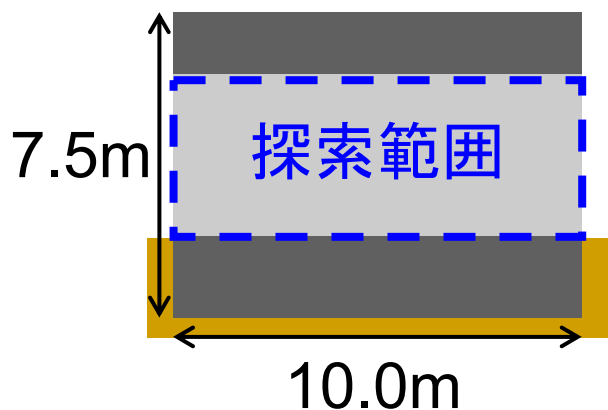
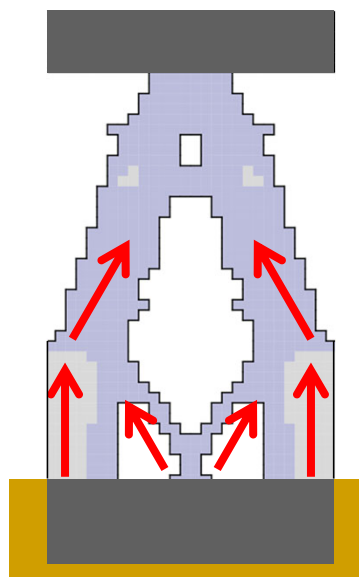
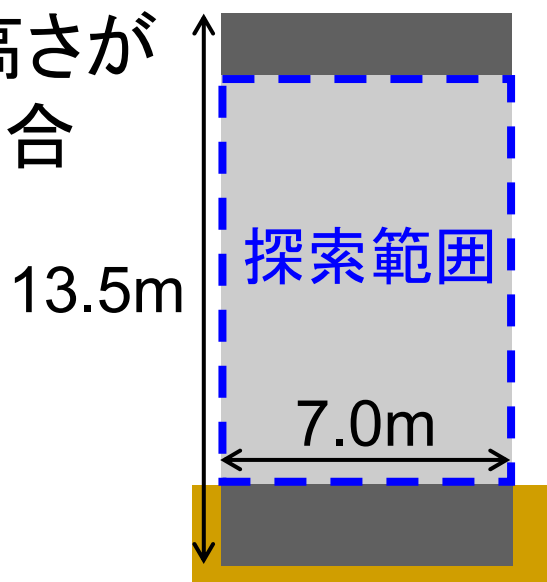
構造物の中で不要な部分を除去



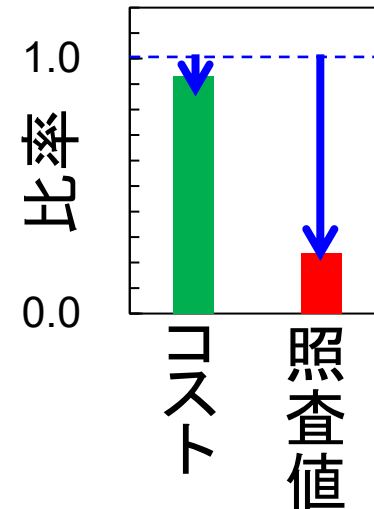
構造全体として地震作用に抵抗

# 提案手法による構造物形状の探索例

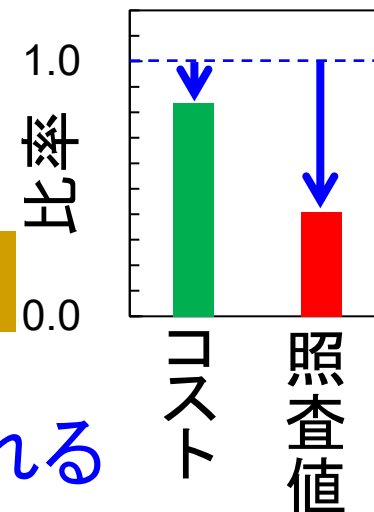
構造物の高さが  
変化した場合



## 通常的设计との比較



コスト : 約10%低減  
(材料費)  
照査値 : 約80%低減



コスト : 約20%低減  
(材料費)  
照査値 : 約60%低減

設計条件に応じた最適な構造物形状が実現される

# 成果のまとめ、今後の取組み

## まとめ

- 鉄道構造物の耐震設計における位相最適化手法の提案
- 提案手法のための構造物形状探索システムの構築
- RC製橋脚を対象とした形状探索を実施
- ⇒ 提案手法により、自由度の高い構造物形状を探索可能なことを確認

## 今後の取組み

- 提案手法により得られる構造物形状の実現性の検討
  - 新技術(3Dプリンター等)との連携

# 参考文献

- ◆ 月岡桂吾, 坂井公俊:位相最適化による鉄道構造物の耐震設計プロセスの提案とその有効性, 土木学会論文集, Vol.79, No.8, 23-00005, 2023.
- ◆ 月岡桂吾, 坂井公俊:位相最適化による耐震性能に優れたRC橋りょう・高架橋の形状探索手法の提案, 第16回日本地震工学シンポジウム講演概要集, 2023.



# 位相最適化手法に基づく 地震時性能に優れた構造物形状の探索手法

鉄道地震工学研究センター 地震動力学研究室

研究員 月岡 桂吾