

路線全体の効率的な地震シミュレーションの ための構造物群の解析モデル構築

鉄道地震工学研究センター 地震応答制御研究室
主任研究員 小野寺 周

1. 研究の背景
2. 点群からの寸法情報抽出手法の開発
3. 内部鉄筋情報の自動取得手法の開発
4. 開発手法の有効性の確認
5. まとめ・成果の活用

1. 研究の背景

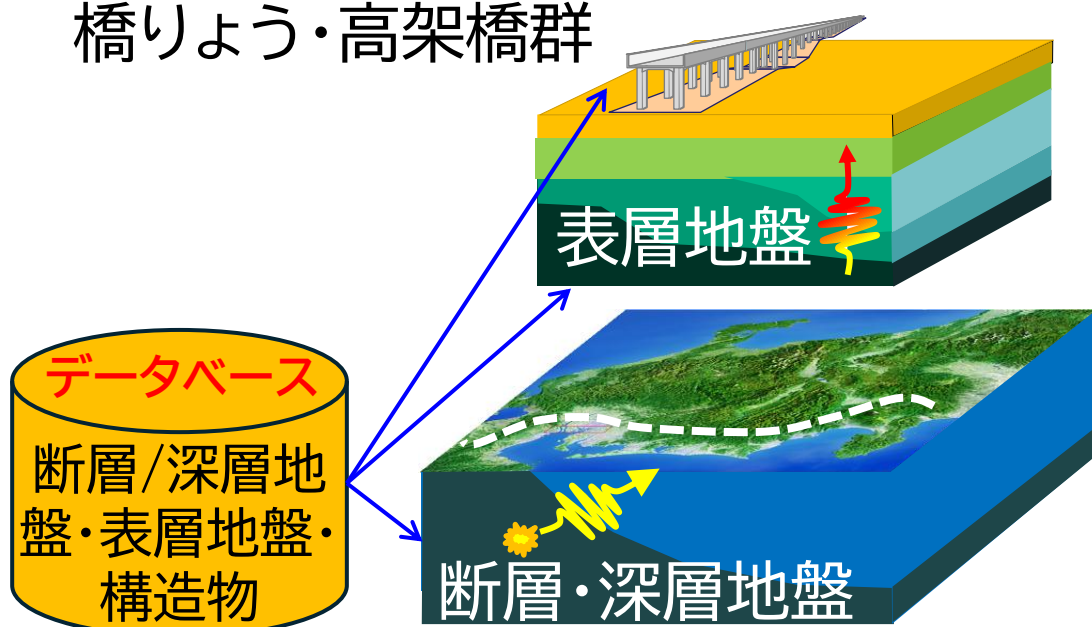
路線全体の地震対策

- ・耐震補強の優先順位
- ・復旧計画の策定など

事前の地震被害推定が有効

鉄道地震災害シミュレータの活用

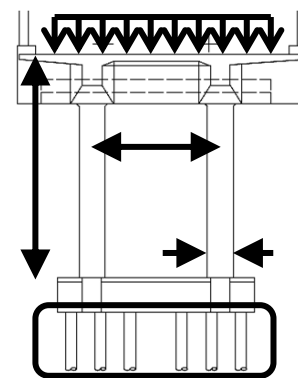
橋りょう・高架橋群



- ・一般的な橋りょう・高架橋、盛土を対象
- ・詳細な構造物情報からモデル自動構築
- ・高精度な被害推定(設計計算レベル)

1. 研究の背景

モデル化に必要な情報取得作業がボトルネック

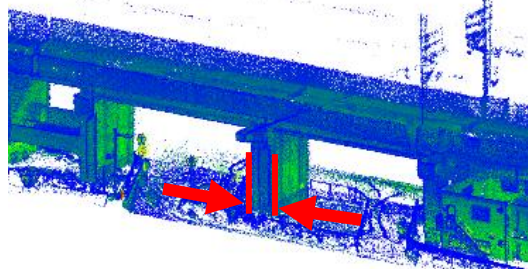


- 構造形式、基礎形状
 - 部材の寸法、内部鉄筋
 - 荷重条件、地盤条件...
- 図面から目視取得
- 図面入手が困難な場合

効率的・高精度な情報取得

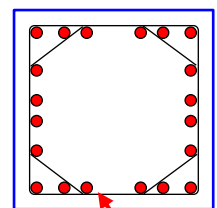
成果①

点群の効率取得
+ 寸法情報の自動計測



成果②

鉄筋情報の効率取得

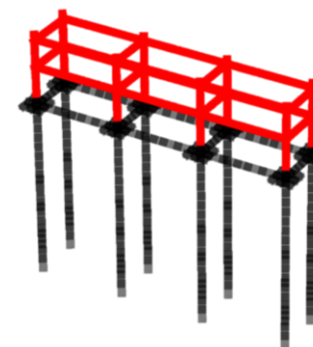


配筋推定

寸法、設計
年代を入力

成果③

効率的な地震シミュレーション



2. 点群からの寸法情報抽出手法の開発

Railway Technical Research Institute

➤ 寸法情報の効率的な取得

➔ 移動時の歪みを抑制した高精度3次元点群のリアルタイム計測を実現

↳ センサの自己位置推定(SLAM)

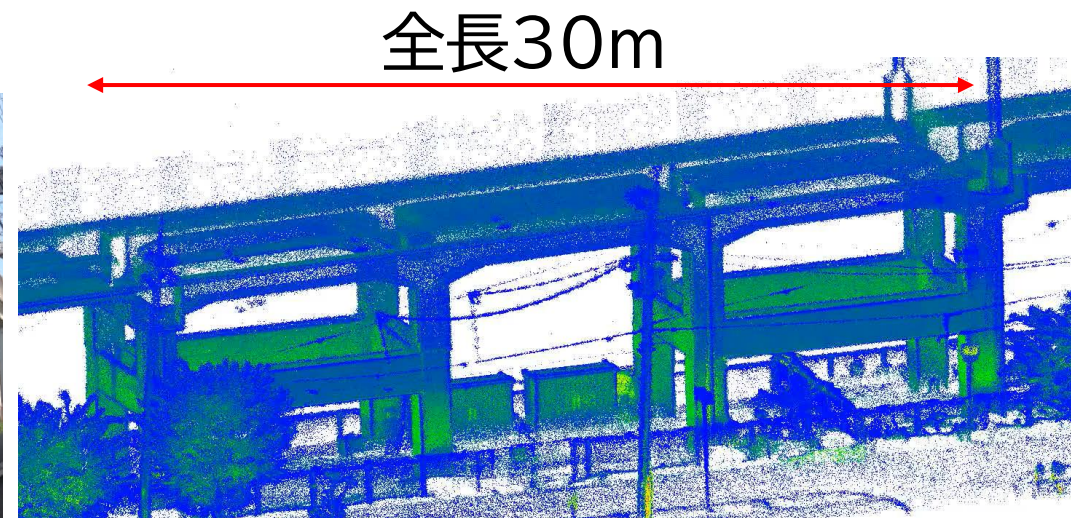
↳ 点群統合(FAST-LIO2)

□ 点群計測装置の開発



□ 高精度な構造物全体の3次元点群計測

2層ラーメン高架橋を対象(取得時間:3分)

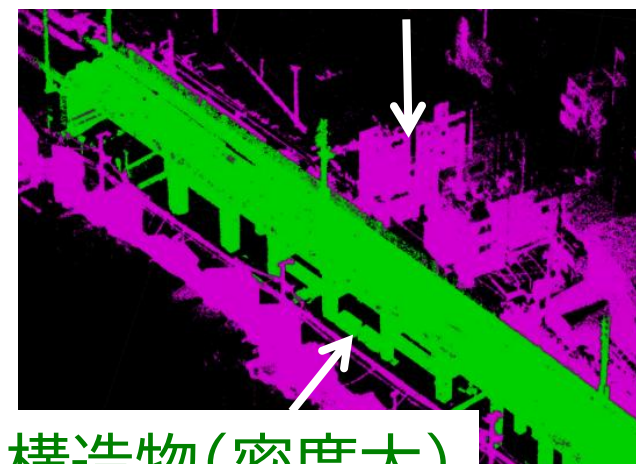


2. 点群からの寸法情報抽出手法の開発

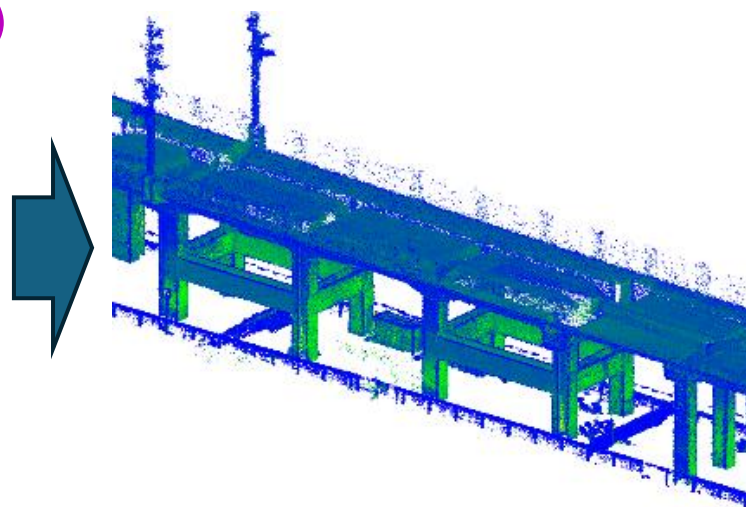
- 周辺ノイズ分離: 地表面抽出(SMRF) + 点群密度算定
- 部材の自動認識: グリッドセル分割 + 主成分分析
- 寸法の自動計測: 直方体フィッティング → 誤差3.5%での計測実現

□ 周辺ノイズの分離

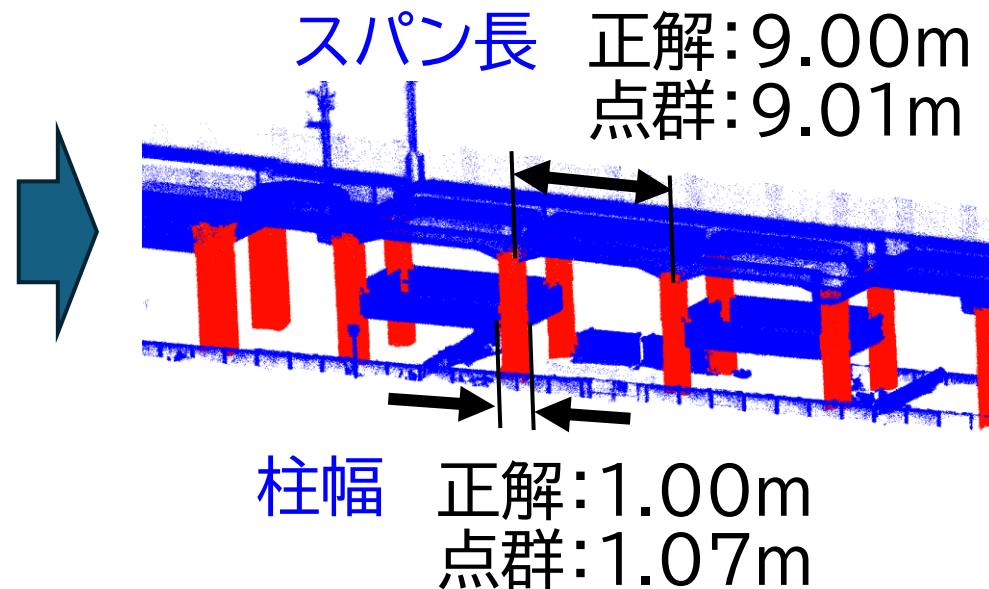
周辺建物・樹木(密度小)



構造物(密度大)

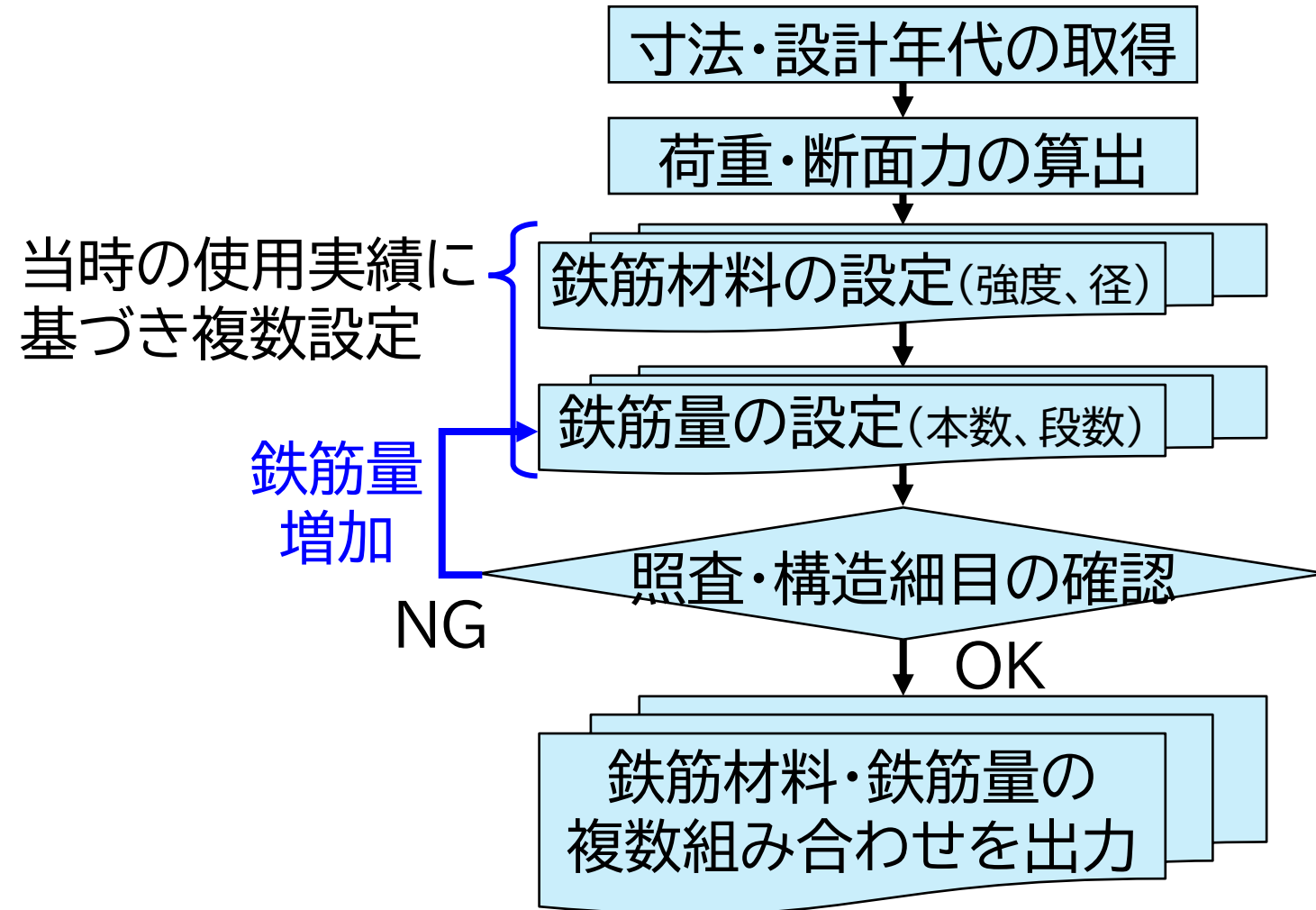


□ 部材の自動抽出・寸法取得



3. 内部鉄筋情報の自動取得手法の開発

- 内部鉄筋：図面からの取得が比較的困難・地震時挙動への影響が大きい
➔ 寸法情報と設計年代から**当時の設計基準を満足する配筋**を自動推定



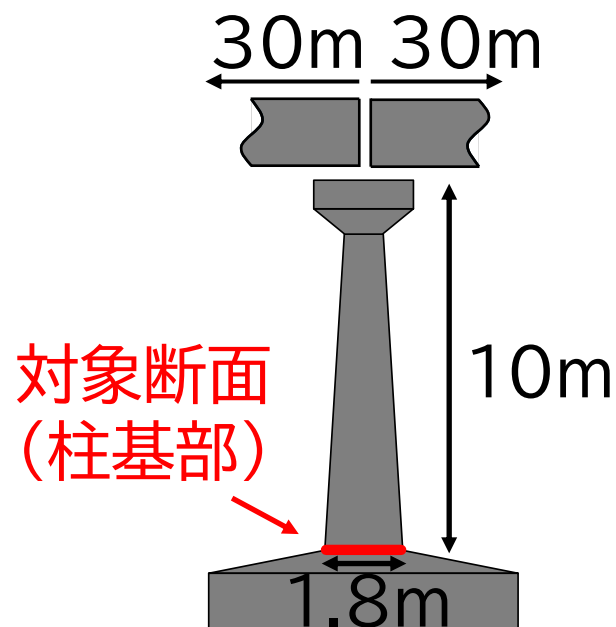
■適用可能な構造物

- ✓ S30年(土木構造物の設計基準案)
~S58年(建造物設計標準)
- ✓ 在来線・新幹線

3. 内部鉄筋情報の自動取得手法の開発

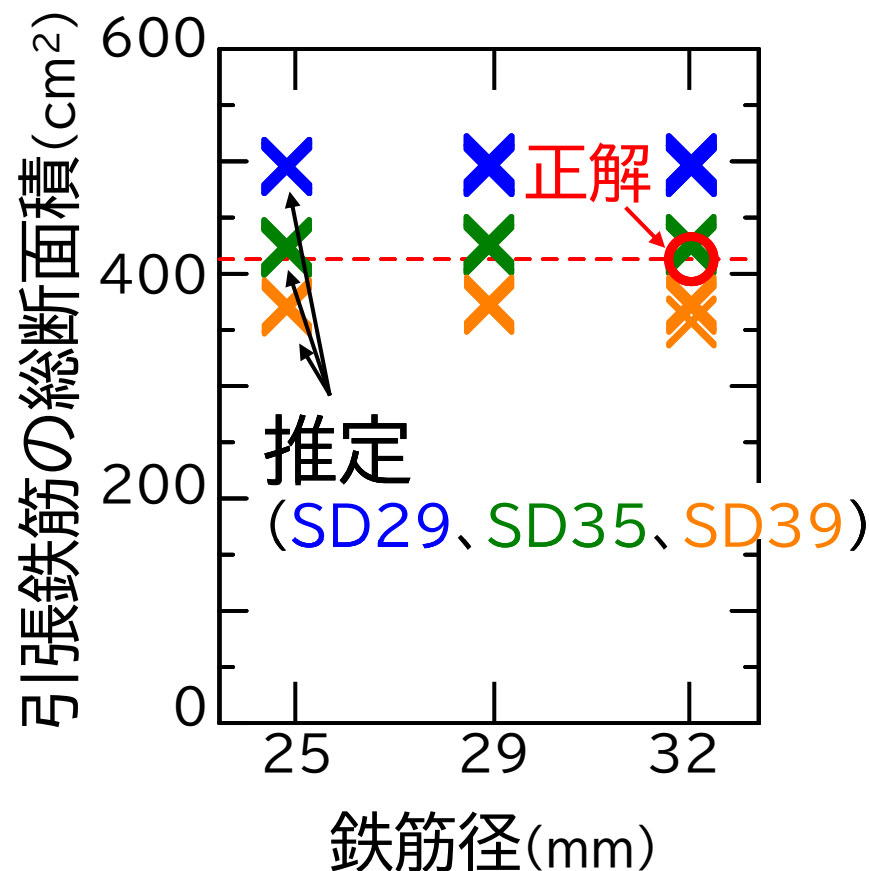
Railway Technical Research Institute

□ 対象構造物

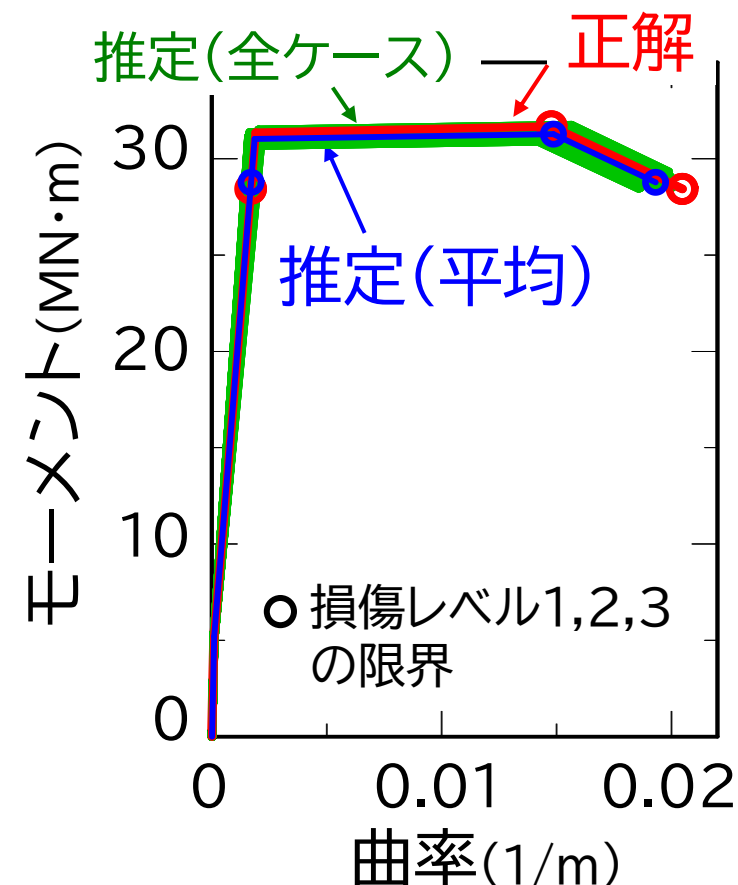


適用基準	路線	地点	柱寸法
S58 設計標準	在来	東京	1.8m ×4m

□ 軸方向鉄筋量の推定



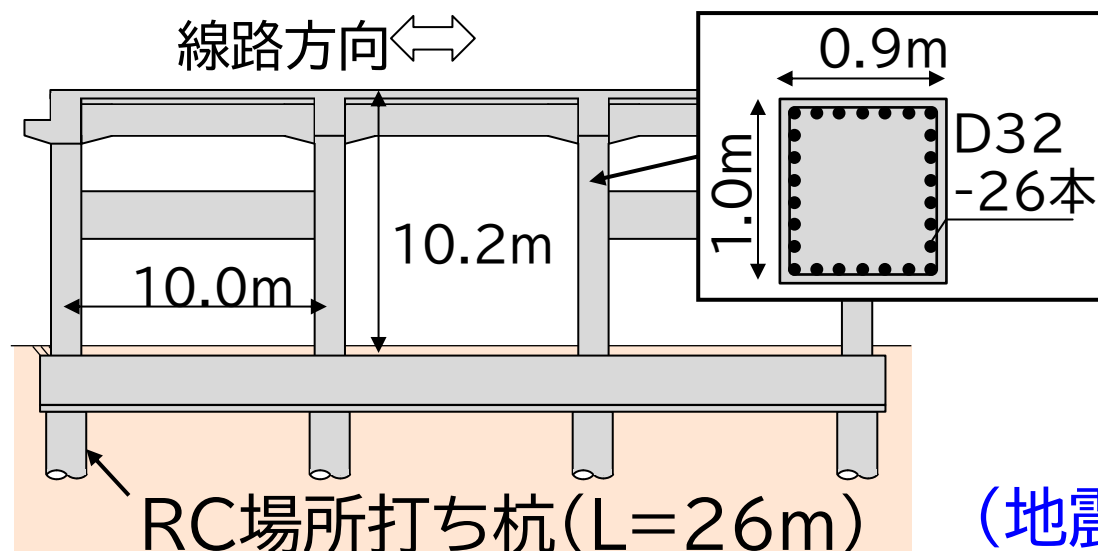
□ 非線形特性の推定



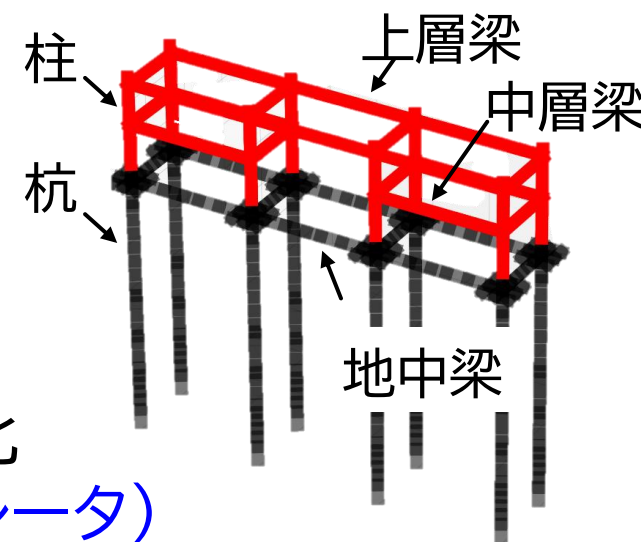
- 鉄筋量を最大20%の誤差で推定(鉄筋強度による違い)
➔ 降伏モーメント3%、降伏曲率15%の誤差で推定可能

4. 開発手法の有効性の確認

- 開発手法を用いた情報抽出・3次元モデル化・地震応答解析を実施



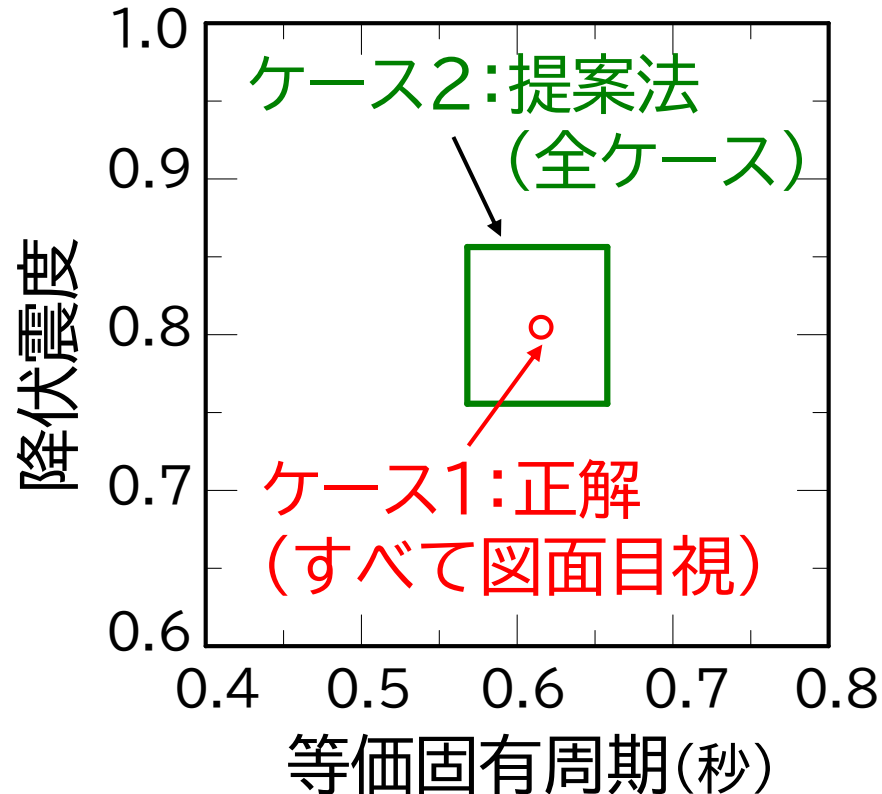
自動モデル化
(地震災害シミュレータ)



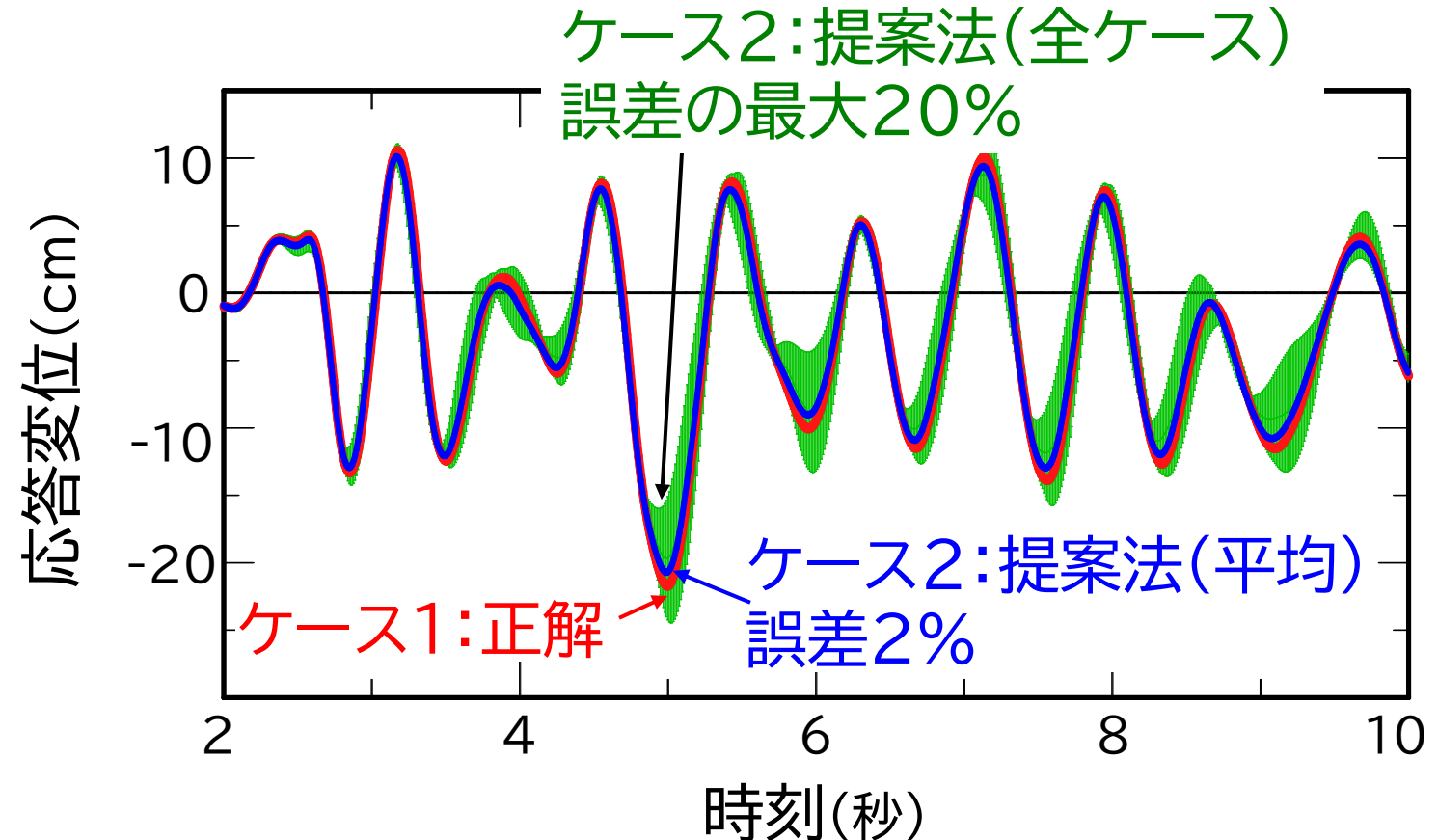
ケース	情報の取得方法	取得に要する時間	誤差
1(正解)	すべて図面から目視	579分	—
2 (提案法)	地上部の寸法:点群計測 地中部の寸法:図面から目視 鉄筋:推定	↓ 60%減 220分	地上部の寸法:±3.5% 部材モーメント:±3% 部材曲率:±15%

4. 開発手法の有効性の確認

□ 振動特性の推定結果



□ 応答変位の推定結果



➤ 作業量を60%削減した地震シミュレーションによって高精度の応答値算定を実現

路線全体の構造物群の効率的な解析モデル構築



- 成果①: 点群データの効率取得・構造物の寸法の自動計測を実現
 - ・ 取得時間: 1構造物あたり3分
 - ・ 計測誤差: 3.5%
- 成果②: 寸法・設計年代からの内部鉄筋情報の推定を実現
 - ・ 鉄筋量の誤差: 20%
 - ・ 降伏モーメントの誤差: 3%、降伏曲率の誤差: 15%
- 成果③: 路線全体の構造物に対する効率的・信頼性の高い地震シミュレーションの実現
 - ・ 作業量: 60%削減
 - ・ 最大応答値の誤差: 2%

5. 成果の活用

- 路線全体の効率的な地震被害推定
 - ➔ 被害推定結果を用いた地震対策の検討
 - ✓ 耐震補強の優先順位
 - ✓ 復旧計画の策定など
- 鉄道地震被害推定情報配信システムDISERとの連携

1. 本山紘希, 坂井公俊, 井澤淳, 室野剛隆: 鉄道地震災害シミュレータの開発, 鉄道総研報告, Vol.30, No.5, pp.5-10, 2016
2. 高橋宏侑, 長峯望, 板倉健太: 空間グリッド分割を用いた3次元LiDARセンサによる鉄道橋りょうの自動寸法計測手法, 電気学会研究会資料, 交通・電気鉄道研究会, TER-26-029, 2026
3. 野口岳輝, 小野寺周, 坂井公俊, 岡崎慎一郎: 鉄道橋りょう・高架橋の効率的な地震被害把握に向けた鉄筋情報の復元設計手法の提案, 第81回土木学会年次学術講演会講演概要集, 2026(投稿中)