

支線と架空電線による 高架橋上に設置された電柱の地震対策

電力技術研究部 電車線構造研究室

主任研究員 常本 瑞樹



本日の発表

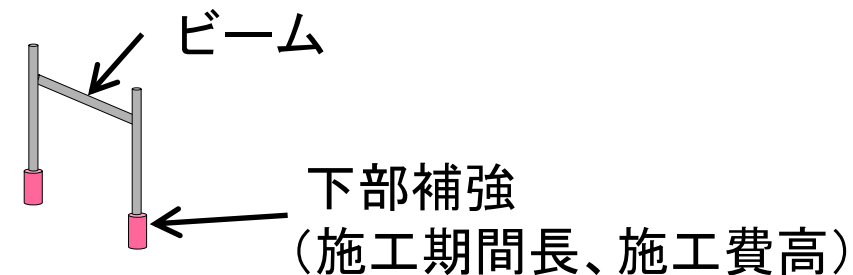
- ◆ 背景および目的
- ◆ 架空電線と支線が電柱固有周期に与える影響
解析モデル固有値解析、金具載荷試験
- ◆ 実物大設備における電柱振動測定
架空電線と支線が電柱固有周期に与える影響の確認
解析の妥当性検証：固有周期・振動モード、地震時応答
- ◆ 提案手法による地震時の振動抑制効果
架空電線剛結 + 支線、高架橋との共振抑制
- ◆ まとめ

高架橋上の電柱（コンクリート柱）

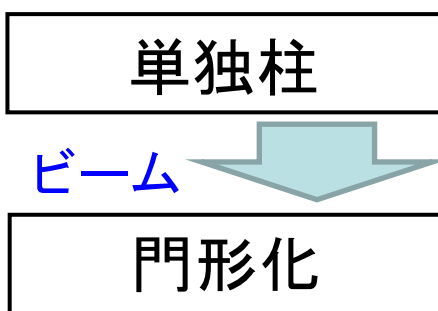
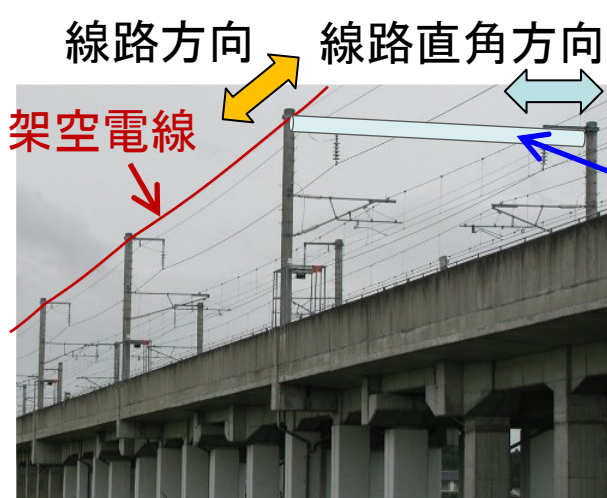
地震対策対象箇所が多く、施工期間短縮、施工費削減が求められている

現状の電柱地震対策例：

- ・電柱の下部補強 + 門形化(ビーム)
- ・鋼管柱へ建替



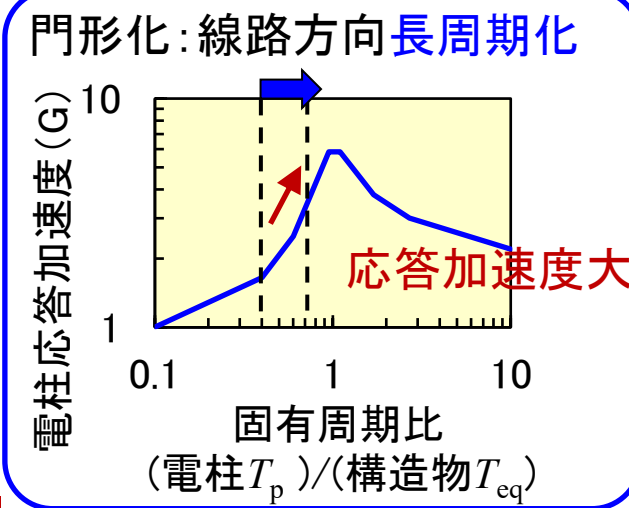
● 門形化による線路直角方向の電柱地震対策が有効な箇所



線路直角方向の応答大
(高架橋ロッキングなど)

線路方向固有周期長周期化
(質量増加)

→ 応答加速度大



架空電線による地震時の電柱振動低減効果？

地震対策に活用できれば、施工期間短縮、施工費削減につながる

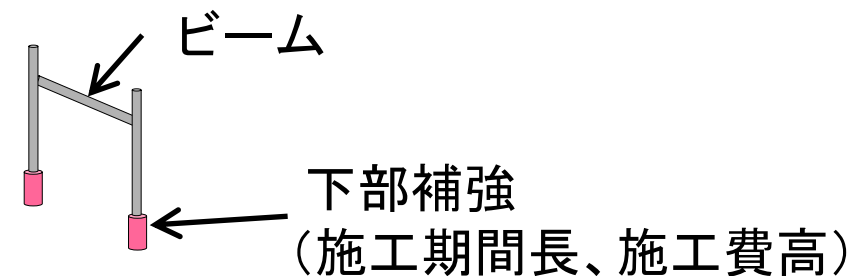
高架橋上の電柱（コンクリート柱）

背景および目的

地震対策対象箇所が多く、施工期間短縮、施工費削減が求められている

現状の電柱地震対策例：

- ・電柱の下部補強 + 門形化(ビーム)
- ・鋼管柱へ建替

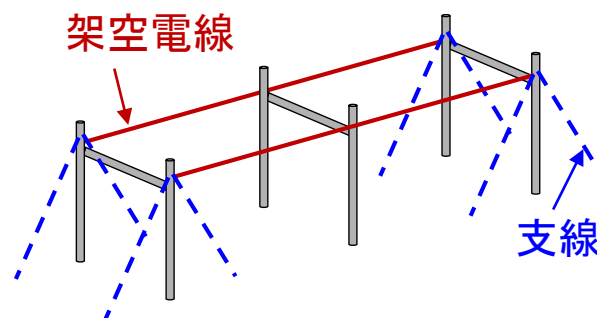


●門形化による線路直角方向の電柱地震対策が有効な箇所

架空電線や支線が地震時の電柱挙動に与える影響を解明、新たな地震対策を提案

門形化+架空電線剛結+支線

線路方向の電柱と高架橋の共振抑制



本日の発表

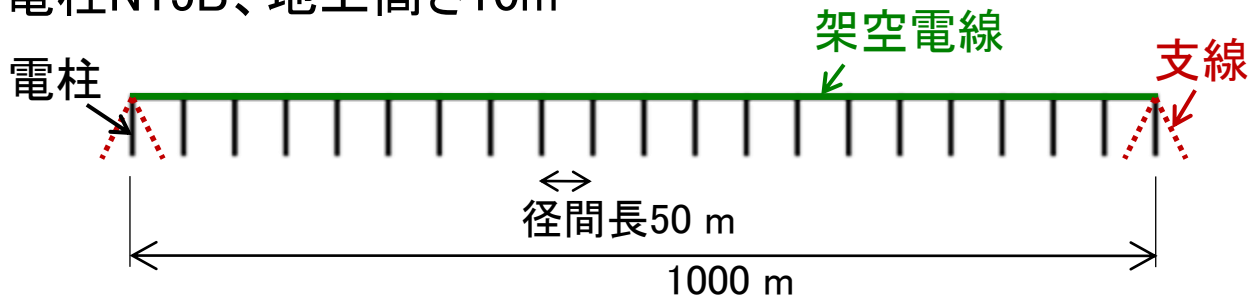
- ◆ 背景および目的
- ◆ 架空電線と支線が電柱固有周期に与える影響
解析モデル固有値解析、金具載荷試験
- ◆ 実物大設備における電柱振動測定
架空電線と支線が電柱固有周期に与える影響の確認
解析の妥当性検証：固有周期・振動モード、地震時応答
- ◆ 提案手法による地震時の振動抑制効果
架空電線剛結 + 支線、高架橋との共振抑制
- ◆ まとめ

架空電線と支線が電柱固有周期に与える影響

有限要素モデルの固有値解析により検討

架空電線を電柱に剛結

・コンクリート電柱N15B、地上高さ10m

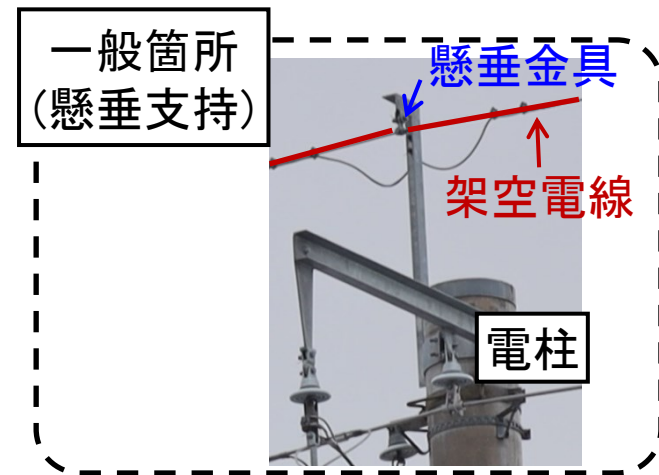
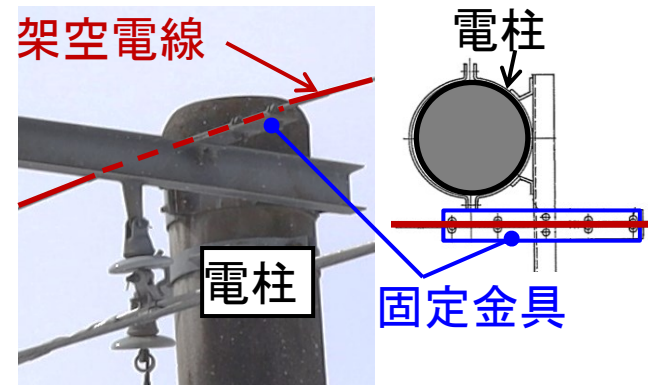


1次固有振動モード



全電柱一体の固有振動モード

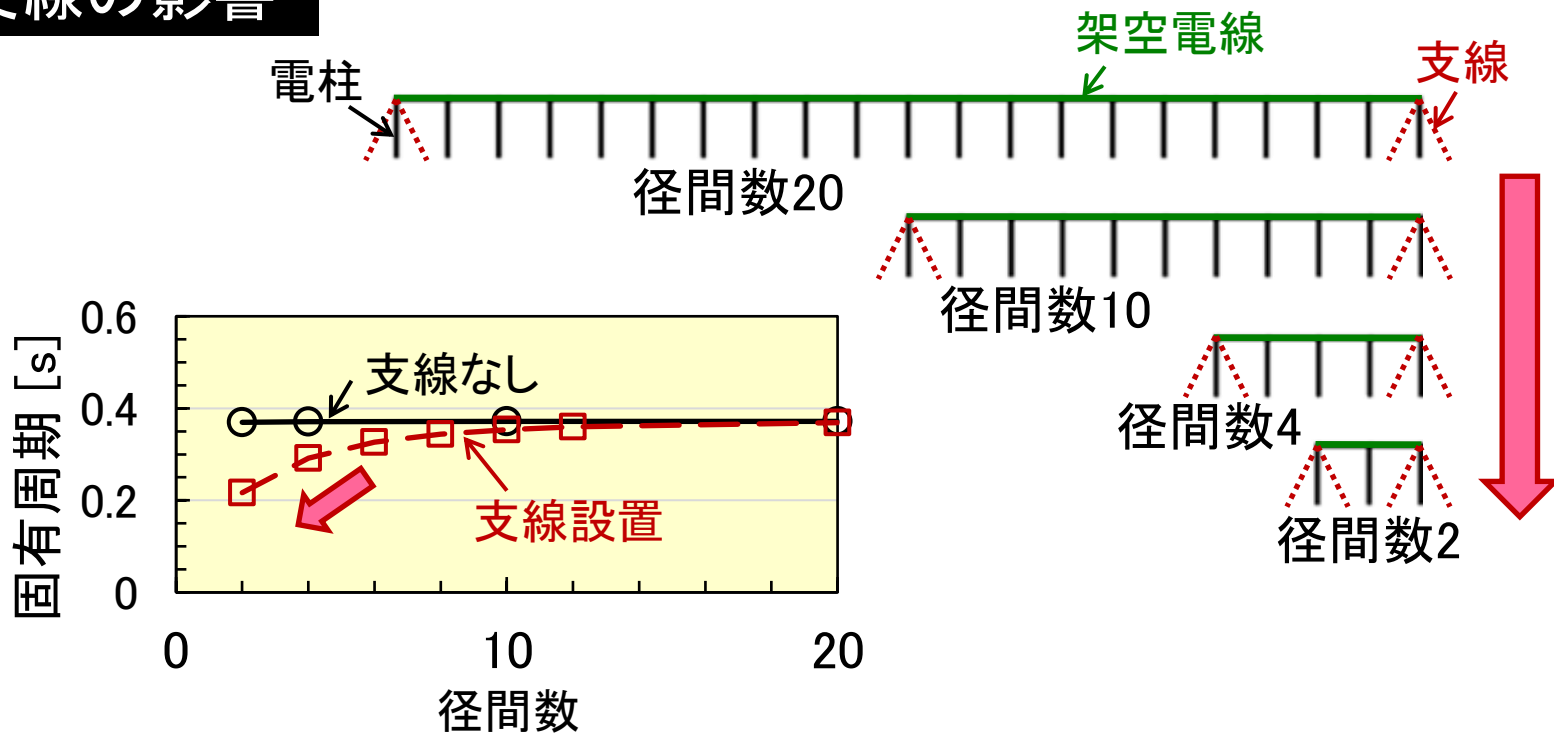
架空電線剛結例(一部箇所採用)



架空電線と支線が電柱固有周期に与える影響

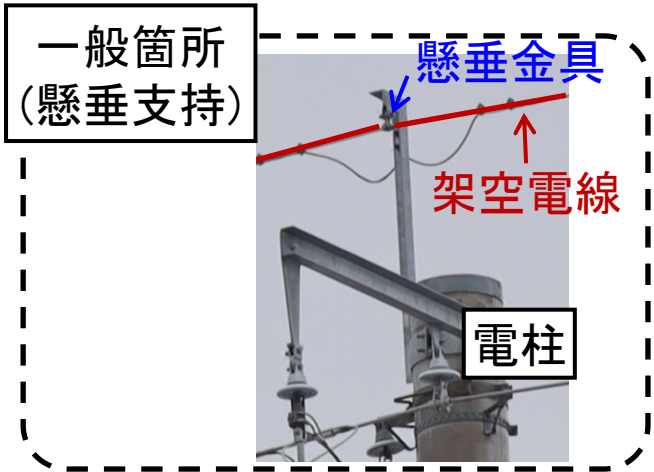
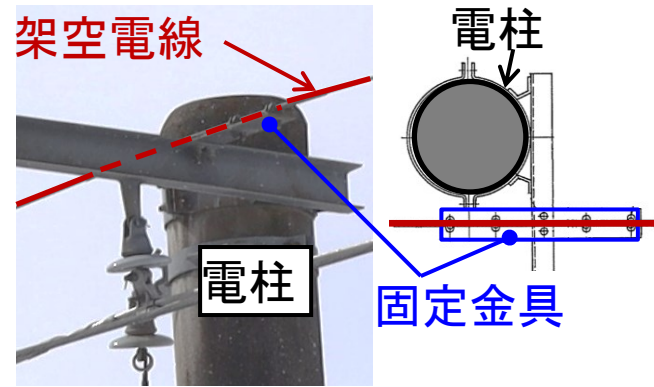
有限要素モデルの固有値解析により検討

支線の影響



架空電線剛結 + 支線設置 + 径間数少 → 固有周期短

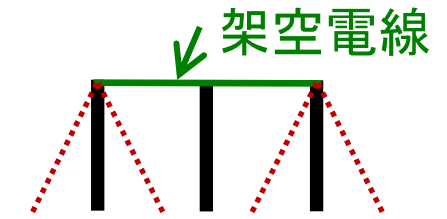
架空電線剛結例(一部箇所採用)



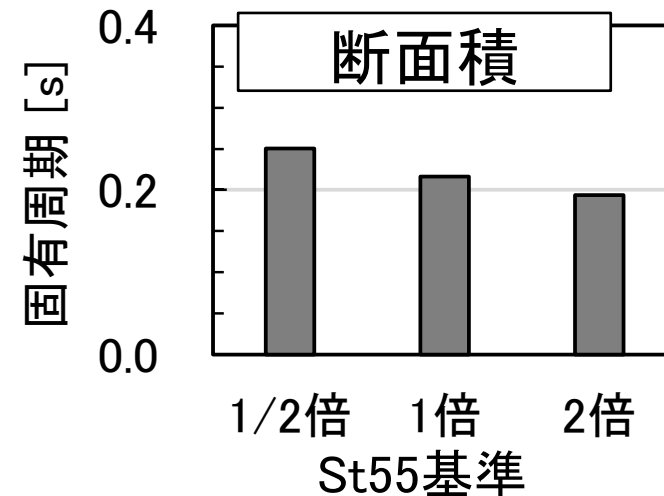
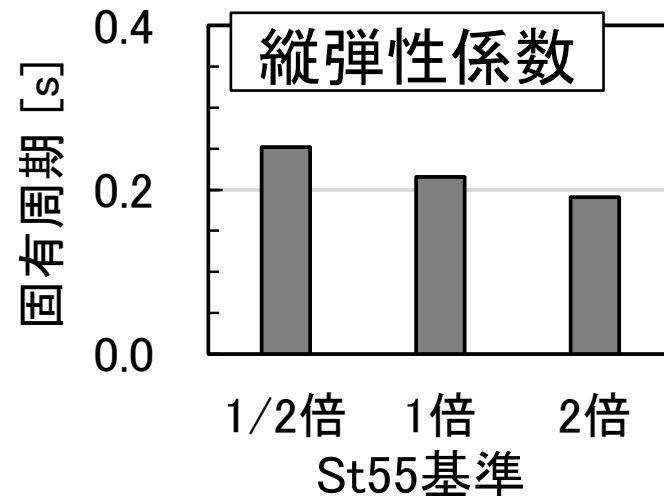
架空電線諸元の影響

有限要素モデルの固有値解析により検討

- 架空電線の諸元を変更：亜鉛めっき鋼より線St55基準
縦弾性係数、密度、断面積、断面二次モーメント
- 電柱固有周期の短周期化が確認された条件で比較
架空電線剛結 + 支線 + 2径間



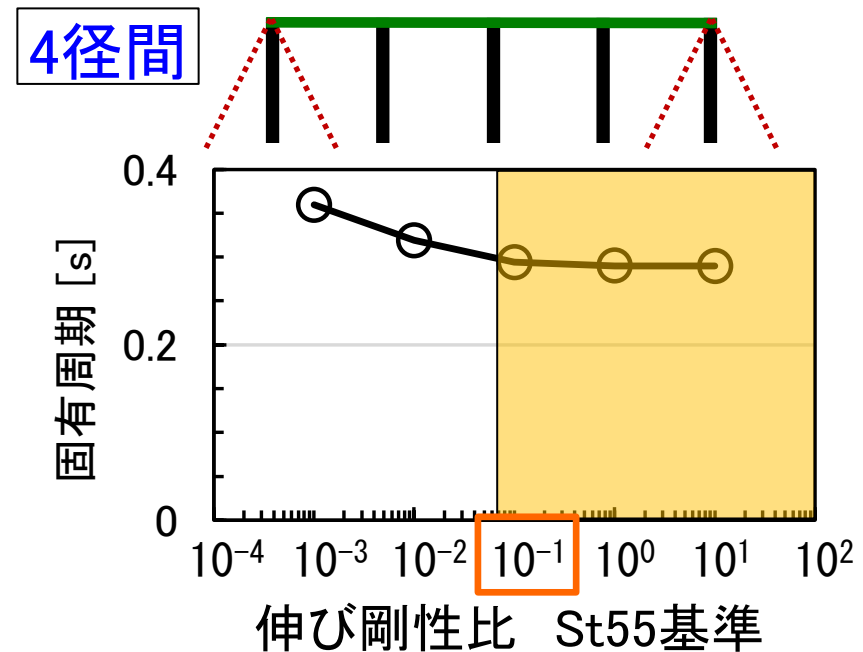
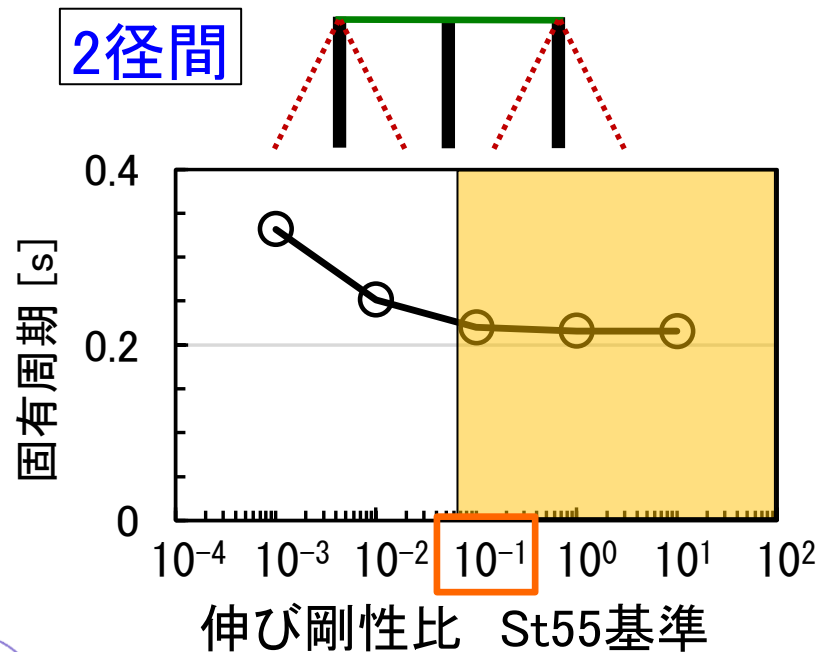
- ✓ 架空電線の**縦弾性係数**と**断面積**は電柱固有周期に比較的影響あり
どちらも値が大きいほど電柱固有周期短
密度と**断面二次モーメント**はほとんど影響なし



電線固定金具の影響 解析モデルによる検討

有限要素モデルの固有値解析により検討

- 電線固定金具の伸び剛性(断面積×縦弾性係数)の影響
伸び剛性比: 亜鉛めっき鋼より線St55 の伸び剛性 1.1×10^7 Nを基準
 - 電柱固有周期の短周期化が確認された条件で比較
架空電線剛結 + 支線 + 2径間、4径間
- ✓ 伸び剛性比0.1程度以上であれば電柱固有周期への影響は小さい



電線固定金具の影響 金具載荷試験

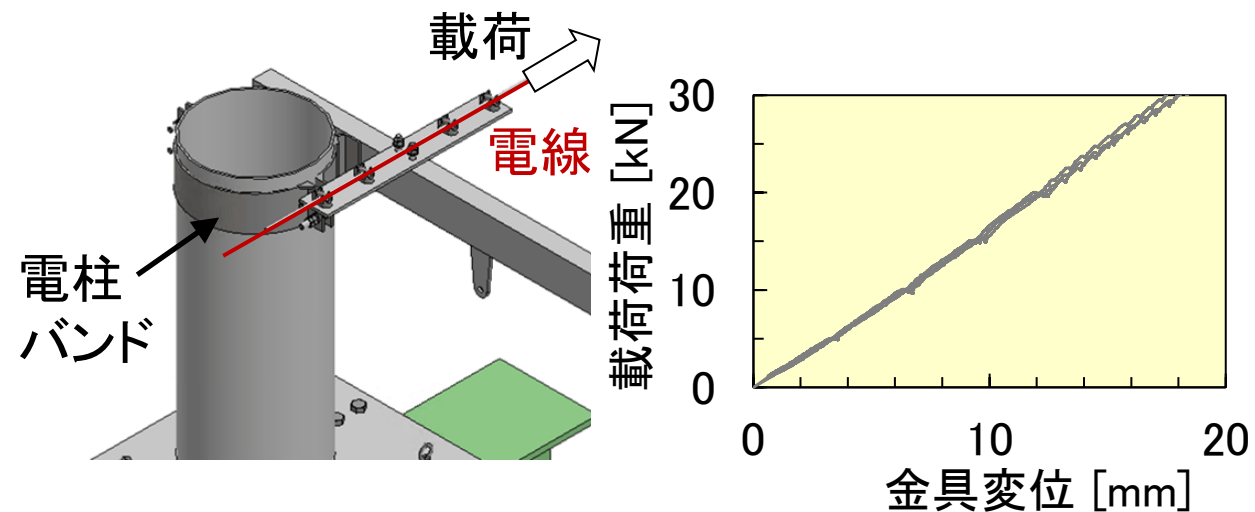
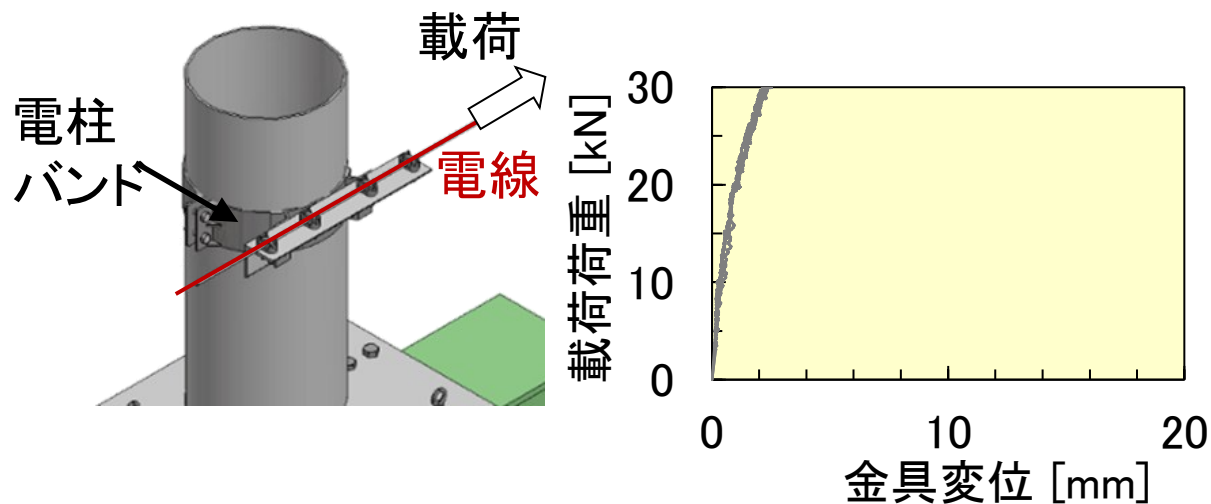
- 電線固定金具の伸び剛性(断面積×縦弾性係数)の影響

亜鉛めっき鋼より線St55(伸び剛性 1.1×10^7 N)基準

- ✓ 金具1 伸び剛性比0.1以上(0.36)で問題ない
- ✓ 金具2 伸び剛性比0.1未満(0.04)のため電柱固有周期の短期化効果がやや低減

金具1: 伸び剛性 4.1×10^6 (伸び剛性比0.36)

金具2: 伸び剛性 0.49×10^6 (伸び剛性比0.04)



本日の発表

- ◆ 背景および目的
- ◆ 架空電線と支線が電柱固有周期に与える影響
解析モデル固有値解析、金具載荷試験
- ◆ 実物大設備における電柱振動測定
架空電線と支線が電柱固有周期に与える影響の確認
解析の妥当性検証：固有周期・振動モード、地震時応答
- ◆ 提案手法による地震時の振動抑制効果
架空電線剛結 + 支線、高架橋との共振抑制
- ◆ まとめ

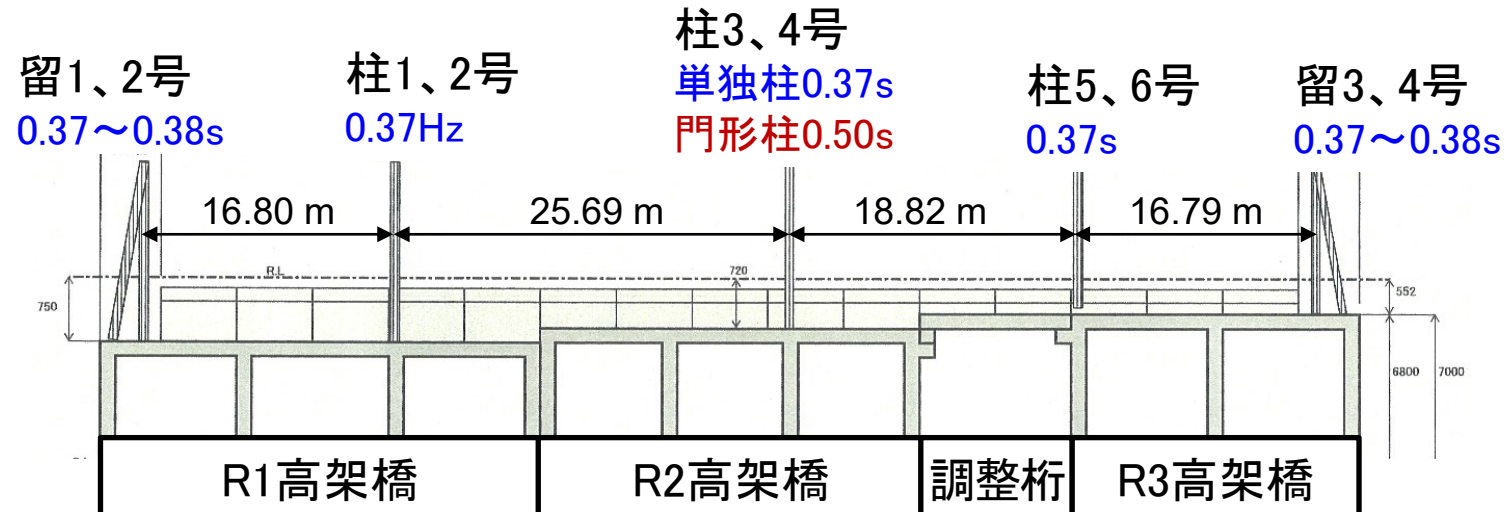
実物大設備における電柱振動測定概要

- ✓ 架空電線と支線が電柱固有周期に与える影響の確認
- ✓ 解析の妥当性検証: 固有周期・振動モード、地震時応答

実物大設備



- ・柱1～6: コンクリート柱N15B、建植構造物は異なる
固有周期(素柱、線路方向): 単独柱0.37s、門形柱0.50s
- ・留1～4: 組合せ鉄柱
固有周期(素柱、線路方向): 0.37～0.38s



実物大設備における電柱振動測定結果

実測結果と解析結果を比較

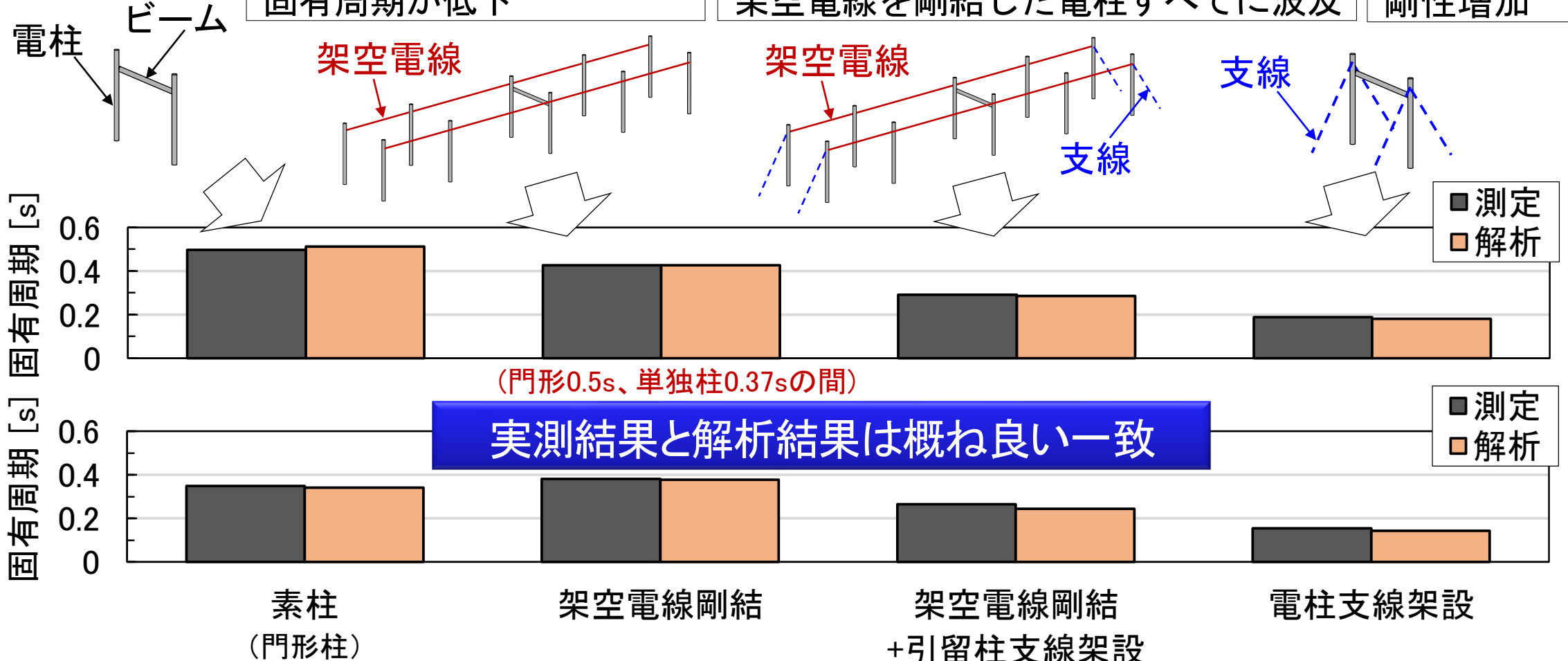
架空電線と支線により電柱固有周期が短周期化

固有周期

隣接する電柱の影響により固有周期が低下

支線による剛性増加効果が架空電線を剛結した電柱すべてに波及

支線により剛性増加



実物大設備における電柱振動測定結果

実測結果と解析結果を比較

固有振動モード

実物大設備

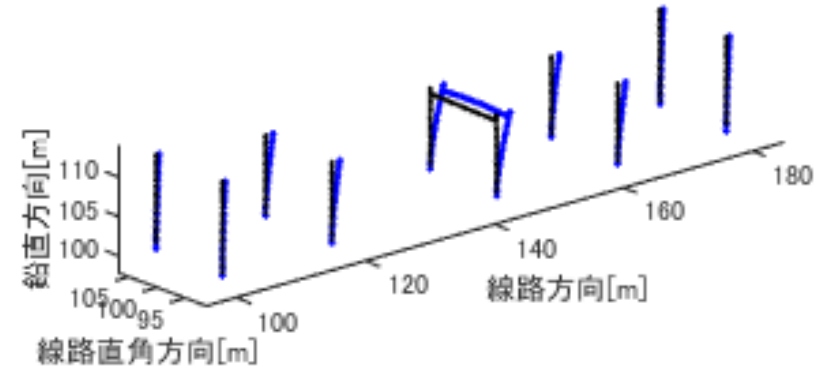
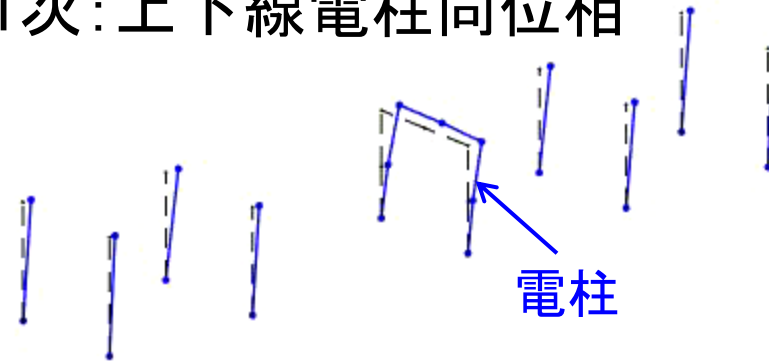


【実測：FDD法による解析結果】

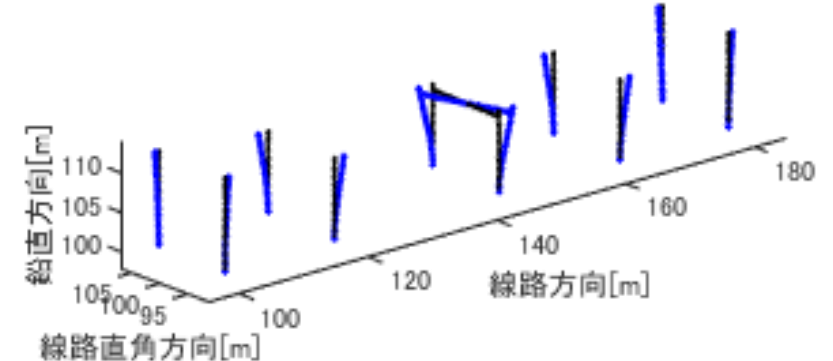
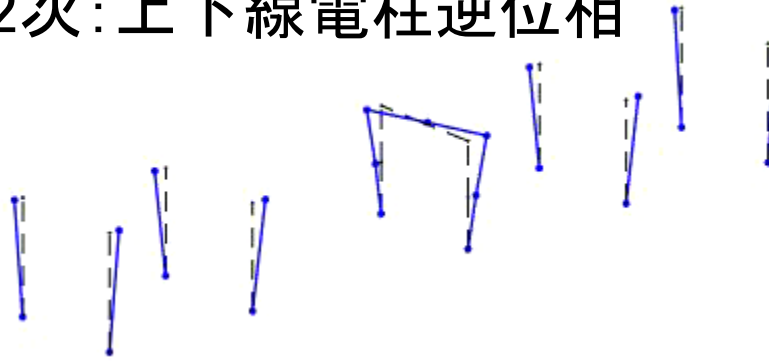
【解析モデル固有値解析結果】

電柱に架空電線剛結：全電柱一体の固有振動モード

1次：上下線電柱同位相



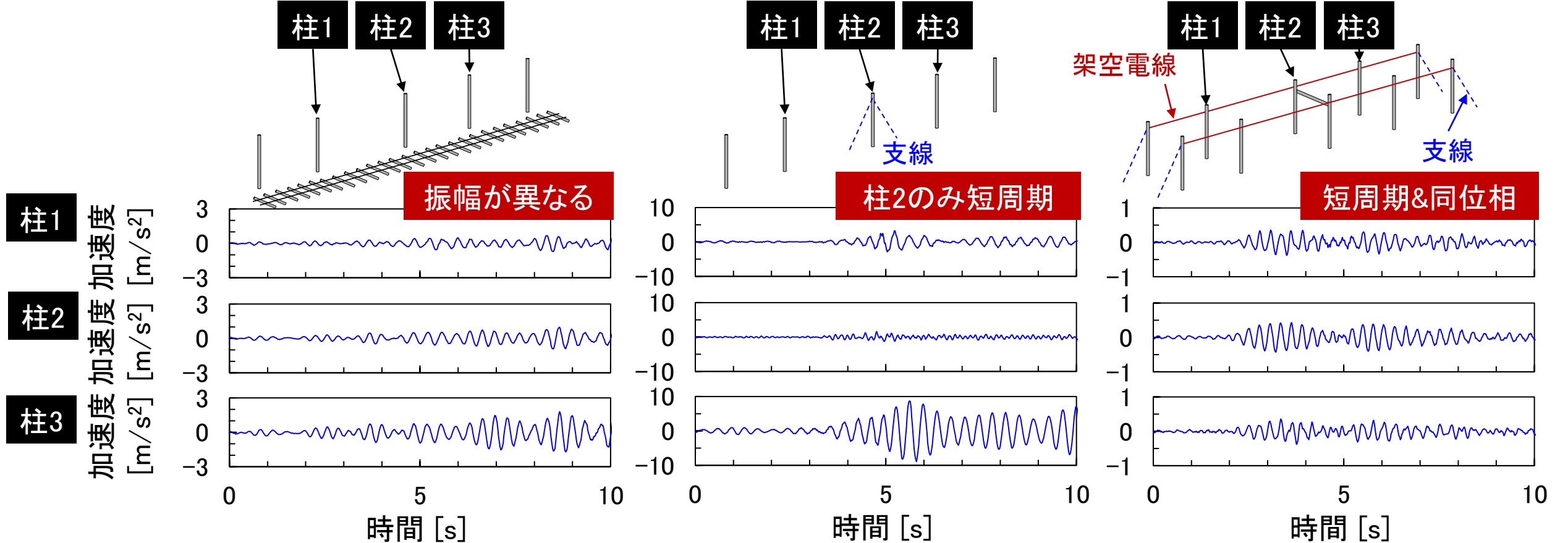
2次：上下線電柱逆位相



地震時の電柱応答

測定期間中に発生した地震時の観測波形を比較

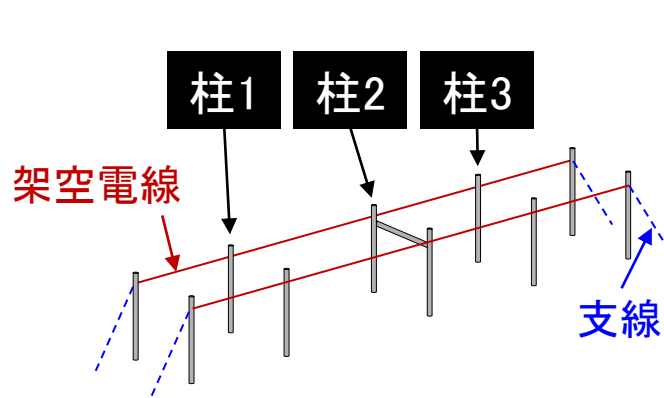
- 素柱
構造物などの影響により応答が異なる
全電柱 固有周期0.37s
- 柱2支線架設
柱2は短周期で振動
柱2のみ固有周期0.14s
- 架空電線剛結+引留柱支線架設
全電柱同位相の振動が支配的
全電柱一体 固有周期0.29s



地震時の電柱応答解析

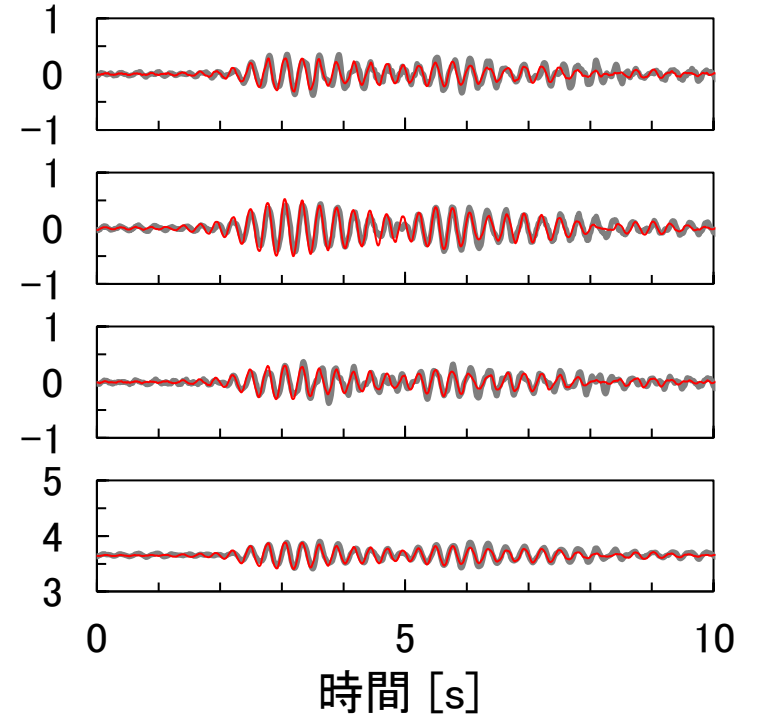
測定期間中に発生した地震時の観測波形を用いて検討

計算値: 観測波形を解析モデルの電柱基礎部に入力
(未測定箇所は同構造物の実測波形を使用)



— 測定値
— 計算値

柱1 加速度 [m/s²]
柱2 加速度 [m/s²]
柱3 加速度 [m/s²]
電線 張力 [kN]



実測結果と解析結果は概ね良い一致

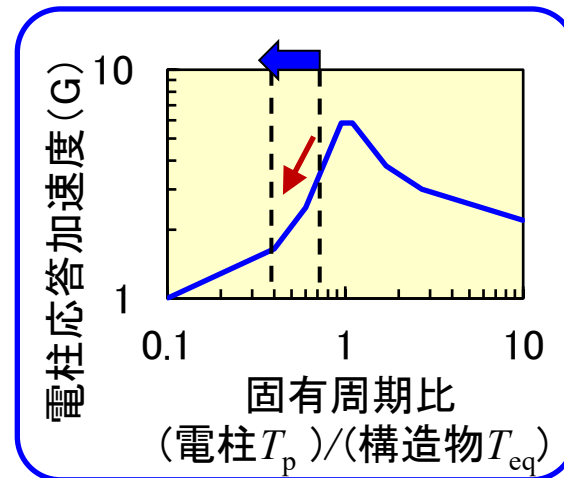
本日の発表

- ◆ 背景および目的
- ◆ 架空電線と支線が電柱固有周期に与える影響
解析モデル固有値解析、金具載荷試験
- ◆ 実物大設備における電柱振動測定
架空電線と支線が電柱固有周期に与える影響の確認
解析の妥当性検証：固有周期、振動モード、地震時応答
- ◆ 提案手法による地震時の振動抑制効果
架空電線剛結 + 支線、高架橋との共振抑制
- ◆ まとめ

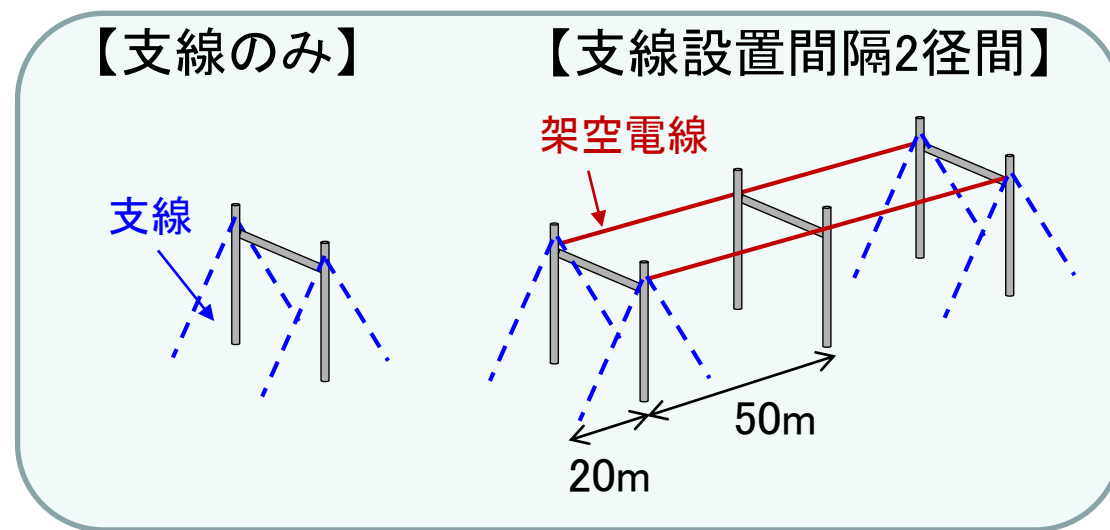
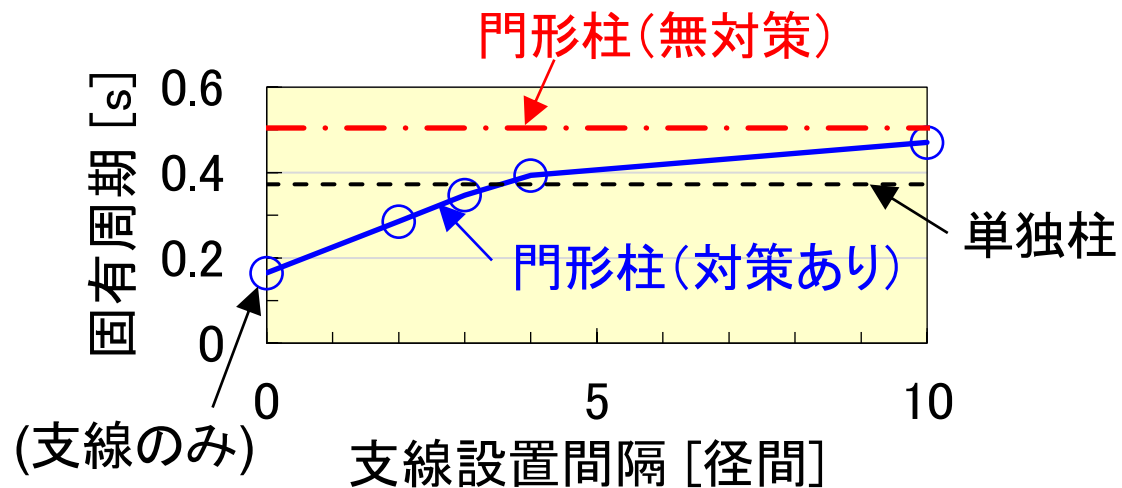
線路方向の電柱地震対策手法による効果

有限要素モデルにより検討

- 支線と架空電線による線路方向の電柱地震対策手法
支線設置間距離を短く、架空電線を電柱に剛結
- 門形化による線路直角方向の電柱地震対策が有効な箇所
- 線路方向の電柱固有周期を短周期化: 高架橋との共振を抑制



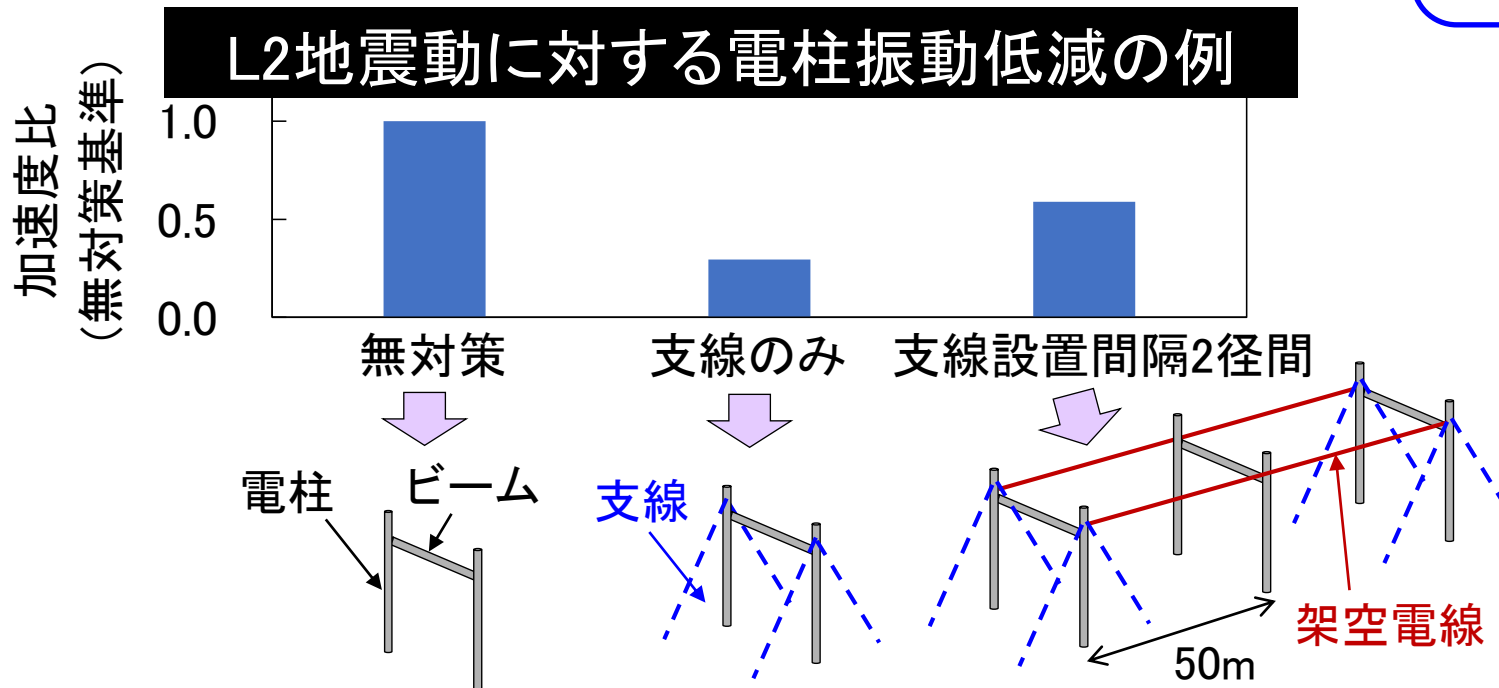
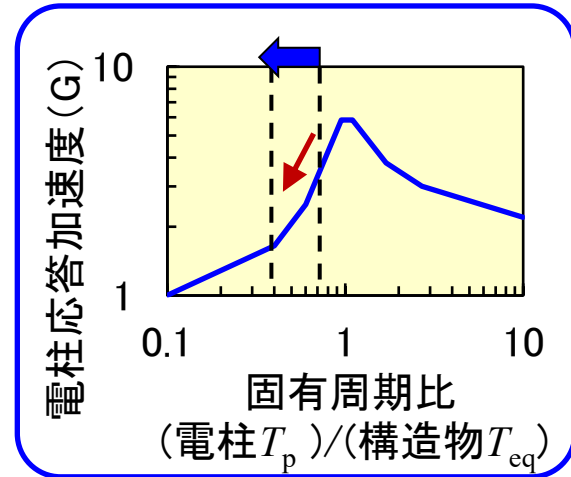
線路方向の電柱固有周期の短周期化効果



線路方向の電柱地震対策手法による効果

有限要素モデルにより検討

- 支線と架空電線による線路方向の電柱地震対策手法
支線設置間距離を短く、架空電線を電柱に剛結
- 門形化による線路直角方向の電柱地震対策が有効な箇所
- 線路方向の電柱固有周期を短周期化: 高架橋との共振を抑制



本日の発表

- ◆ 背景および目的
- ◆ 架空電線と支線が電柱固有周期に与える影響
解析モデル固有値解析、金具載荷試験
- ◆ 実物大設備における電柱振動測定
架空電線と支線が電柱固有周期に与える影響の確認
解析の妥当性検証：固有周期・振動モード、地震時応答
- ◆ 提案手法による地震時の振動抑制効果
架空電線剛結 + 支線、高架橋との共振抑制
- ◆ まとめ

まとめ

- ✓ 架空電線や支線が地震時の電柱挙動に与える影響を解明
電柱・架空電線・支線の連成計算モデルを構築、実物大設備で検証
線路方向の電柱固有周期の短周期化条件
- ✓ 支線と架空電線による線路方向の電柱地震対策を提案
支線設置間距離を短く、架空電線を電柱に剛結

成果の活用

- 門形化による線路直角方向の電柱地震対策が有効な箇所
- 線路方向の電柱固有周期を短周期化：高架橋との共振を抑制