

はじめに

兵庫県南部地震以降、多くの鉄道RC高架橋に鋼板巻立て補強が施された。この鋼板巻立て補強は、効果的に柱のじん性を高めることのできる補強工法であるが、構造物検査の立場からすれば、補強後は鋼板内部のRC柱の損傷や劣化を目視で確認できなくなるという問題がある。

ここでは、非線形構造解析と振動測定を利用した鋼板巻立て補強された高架橋の損傷把握手法の開発を目的として、応用要素法(AEM)による鋼板補強RC柱の2次元解析モデルを提案する。鋼板補強柱の正負交番載荷実験のシミュレーションで精度の検証を行い、鋼板内部の損傷による固有振動数変化のシミュレーション例を示す。



RCラーメン高架橋の被災状況



鋼板補強された高架橋柱

鋼板補強RC柱の AEMによる2次元モデル化

鋼板補強されたRC柱を次の3種の要素を用いてモデル化した。

要素 E_C : 鉄筋コンクリート要素

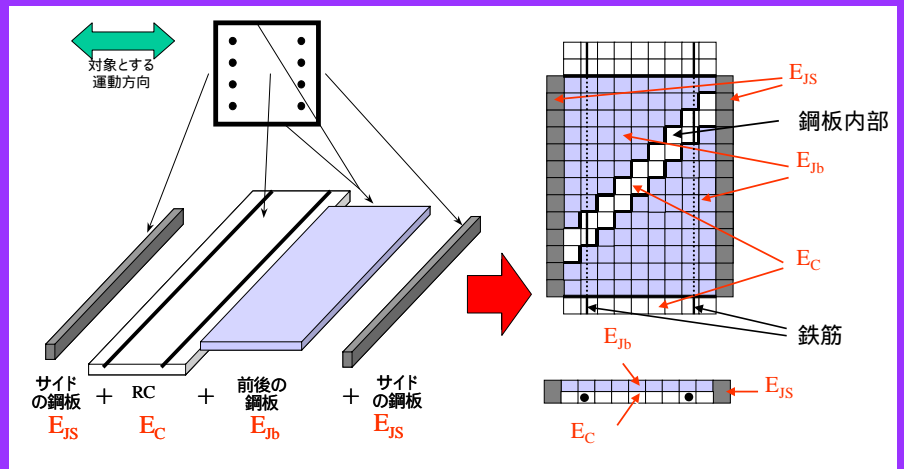
要素 E_{JS} : 柱の両端の鋼板要素

要素 E_{Jb} : 両端の鋼板をつなぐ鋼板要素

要素 E_C にはコンクリートの材料特性が与えられ、鉄筋の配置も可能。

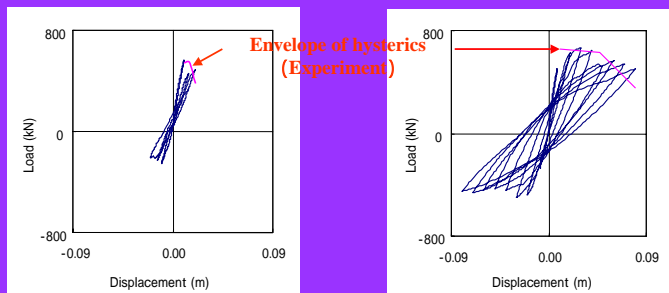
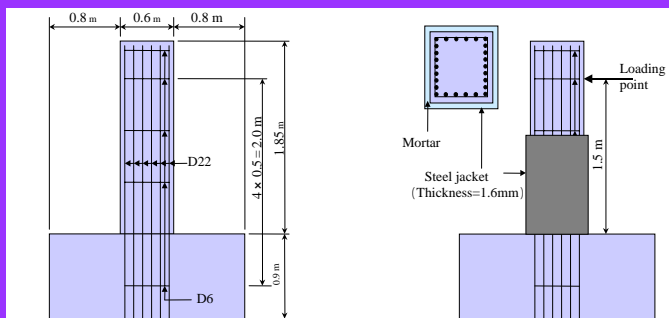
要素 E_{JS} および E_{Jb} には鋼の材料特性を与える。

要素 E_C と E_{Jb} は独立に挙動可能である。



鋼板補強RC柱の2次元AEMモデル

鋼板補強RC柱の正負交番載荷 実験のシミュレーション

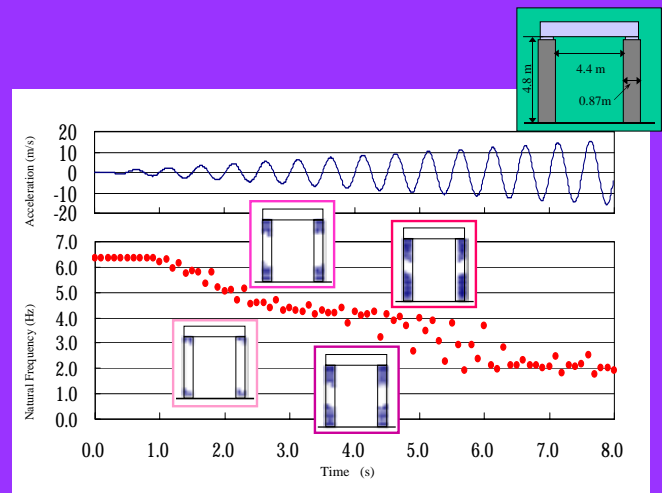


無補強の供試体(上図)及び解析結果(下図)

鋼板補強供試体(上図)及び解析結果(下図)

供試体と履歴曲線のシミュレーション結果

鋼板内部の損傷による 固有振動数変化のシミュレーション



入力加速度波形(上図)とモデルの固有振動数変化(下図)

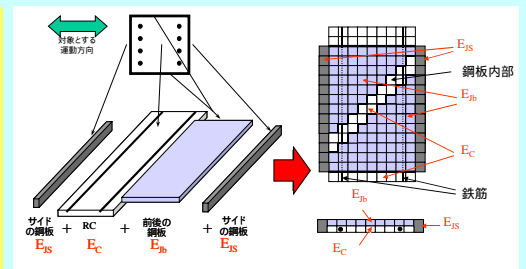
まとめ

応用要素法(AEM)を用いた鋼板補強RC柱の2次元モデル化手法を提案し、正負交番載荷実験のシミュレーションを通してその精度を確認した。提案手法を用いれば、鋼板補強されたRC高架橋の損傷による固有振動数低下を分析することができ、目視不可能な鋼板内部のRC柱の損傷を常時微動測定等の簡単な振動測定によって把握できるようになるものと期待される。

はじめに

現在では鋼板補強RC構造物は主要な鉄道構造物となっている。そのため、鋼板補強構造物の地震時損傷挙動の把握が重要な課題となっている。また、鋼板補強されたRC構造物は鋼板内部のRCの損傷を目視検査できないため、新たな検査手法の開発が望まれている。

ここでは、提案する鋼板補強RC構造物の2次元AEM解析モデルの挙動確認を行うとともに、鋼板補強された実大高架橋の損傷による固有振動数変化のシミュレーションを実施し、提案モデルが振動測定による損傷度検査の損傷度判定基準を作成するために十分な解析精度を持っているかどうかを確認した。



鋼板補強RC柱の2次元AEMモデル

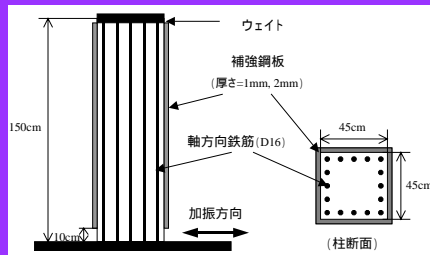
鋼板補強RC構造物の損傷挙動の確認

AEMによる鋼板補強RC柱の解析モデルの挙動の確認を目的として、補強状態の異なる3つのRC柱モデル

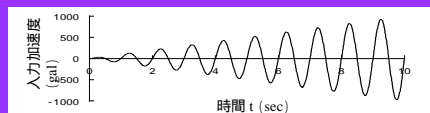
- ・無補強モデル
- ・薄い鋼板による補強モデル
- ・厚い鋼板による補強モデル

の損傷挙動を解析した。

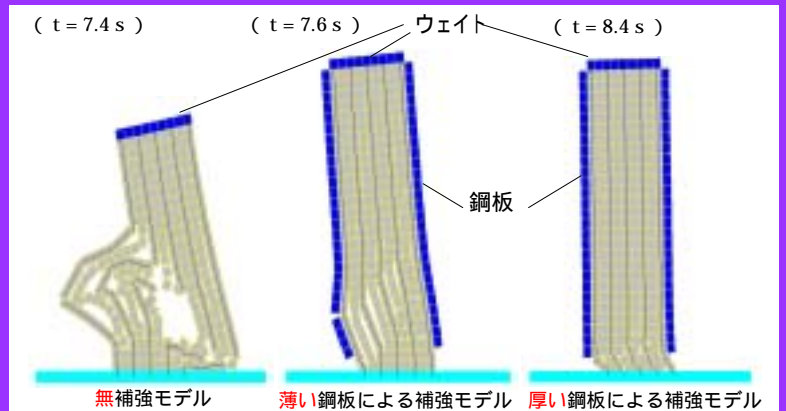
その結果、補強レベルに対応した損傷形態を示すことを確認した。



解析対象RC柱の諸元

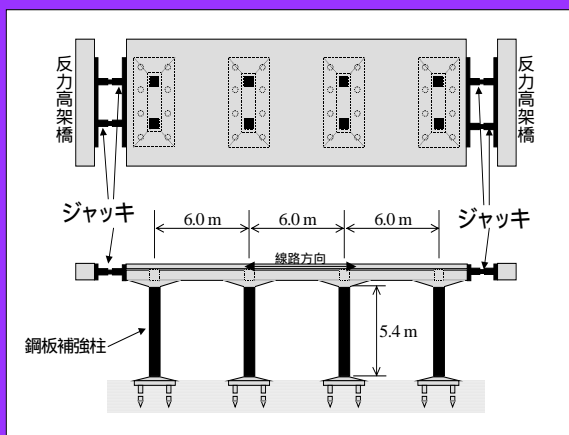


入力波形



補強程度の異なるRC柱の破壊形態の違い

鋼板補強された実大高架橋の損傷による 固有振動数変化のシミュレーション



高架橋と荷重装置

実大高架橋の正負交番荷重実験概要

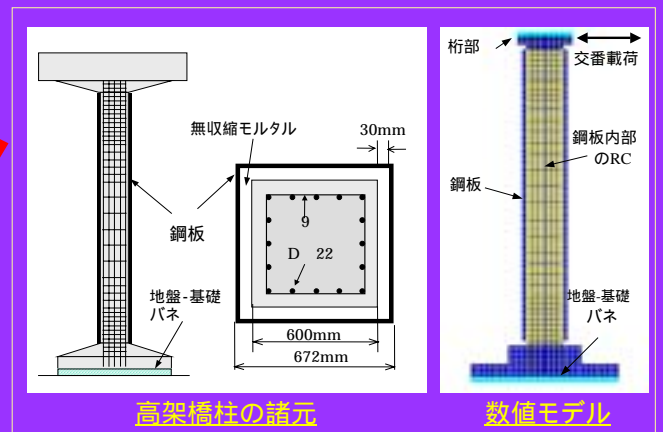
正負交番荷重によって鋼板補強RC高架橋を損傷させる。

衝撃振動試験で高架橋の固有振動数を計測する。

交番荷重振幅を増加させて上記の手順を繰り返す。

実験の手順

モデル化



高架橋柱の諸元

数値モデル

正負交番荷重シミュレーション

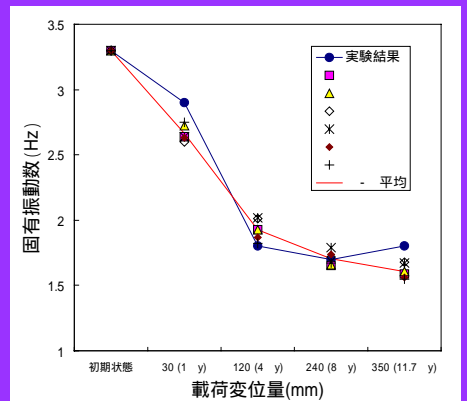
材料定数

	圧縮強度	ヤング率
エポキシ C ₁	23.5 MPa	24.5 GPa
エポキシ C ₂	35.0 MPa	28.0 GPa
エポキシ C ₃	17.6 MPa	21.6 GPa
降伏強度		ヤング率
軸方向鉄筋 S ₁	490 MPa	200 GPa
軸方向鉄筋 S ₂	558 MPa	200 GPa
帯筋	400 GPa	200 GPa

材料定数の組み合わせ

エポキシ	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃
軸方向鉄筋	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂

実大高架橋の損傷による固有振動数の低下を実用上十分な精度で解析できた。



固有振動数変化の解析結果と実験結果の比較

まとめ

AEMによる鋼板補強RC柱の解析モデルは、鋼板による拘束を受けるRC柱の複雑な損傷挙動を解析できる。

また、正負交番荷重実験から得られた実大高架橋の損傷による固有振動数変化を提案モデルでシミュレーションしたところ、実用上十分な精度で解析できた。この結果から、鋼板巻き立て補強のため、内部RCの損傷状況を目視で検査できない高架橋についても、AEMによる非線形構造解析で振動測定による構造物検査手法の損傷度判定基準を作成可能であると考えられる。