

# 動電式加振器のコンクリート構造物 地震時損傷評価への応用

東北大学 大学院工学研究科 土木工学専攻

鈴木 基行  
内藤 英樹

## 研究の背景

レベル2地震動を受けた土木構造物の状態

- ① 供用継続に支障をきたす損傷  
座屈・破断・せん断破壊など  
➡ 早期に復旧し、供用再開を目指す



- ② 即時には供用に支障をきたさない損傷  
曲げひび割れ程度  
➡ 維持管理の観点から補修補強が必要

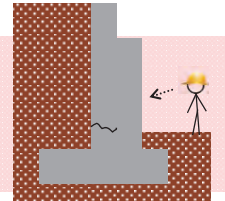


点検によって損傷状況を把握する

## 研究の背景

### 目視点検の課題

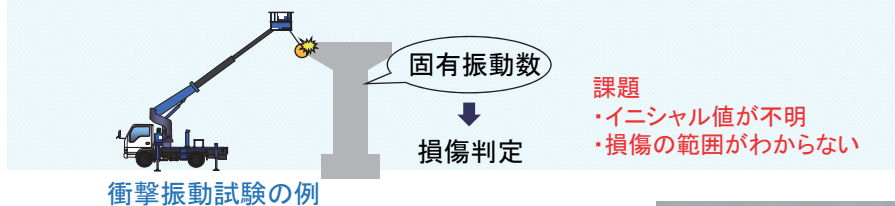
- ・橋台・擁壁・カルバートなどの背面土側
- ・杭基礎など、地中や水中構造物
- ・厚い塗装に覆われた場合
- ・鋼板巻立て、繊維シート補強



## 研究の目的

損傷によって構造物の固有振動数が低下する

➡ 固有振動数を指標として損傷レベルを推定する



### 研究の目的

加振器を用いたRC構造物の簡易点検技術を提示し、地震時損傷評価の高度化に繋げる。



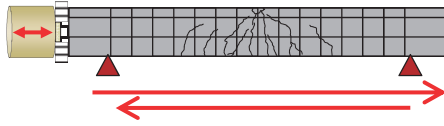
# 提案技術のポイント

## 全体振動

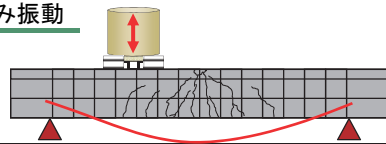
部材全体の損傷レベルを明らかにする

- 加振(sine波)の周波数を変えて共振を起こす。

### 軸方向の縦振動



### たわみ振動

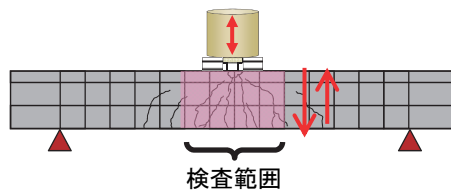


## 局所振動

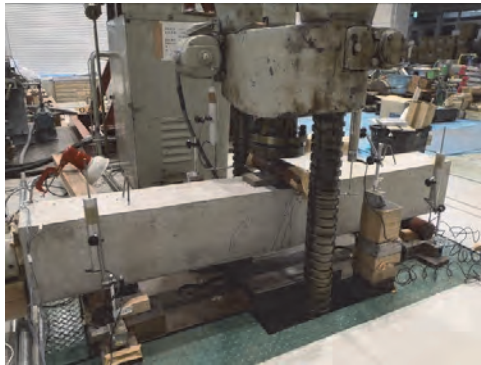
検査範囲の損傷レベルを明らかにする

- 加振器を使うメリットはここです。
- 共振周波数=1/周期, 周期=距離/音速
- 重複反射波を定常応答にする(高精度)

### 断面高さ方向の縦振動

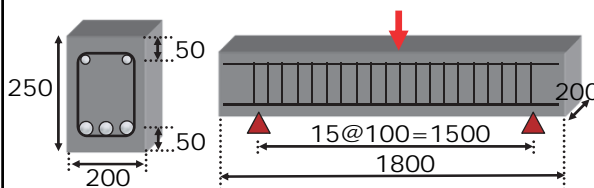


# 検証実験 (H25年度研究助成)



8体のRCはり供試体の曲げ載荷試験を行い、ひび割れの検知を試みた。

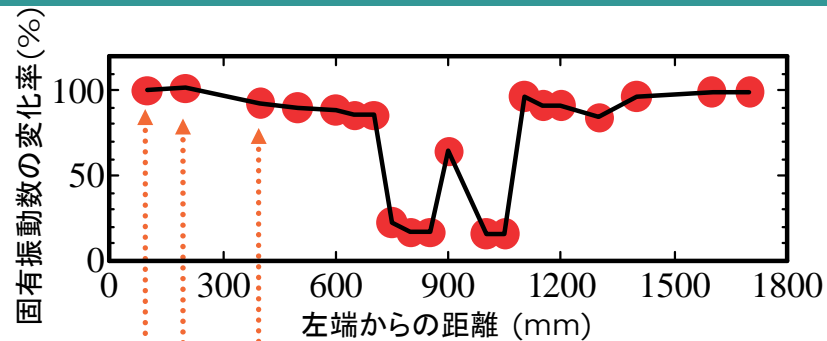
※詳細は論文をご参照ください。



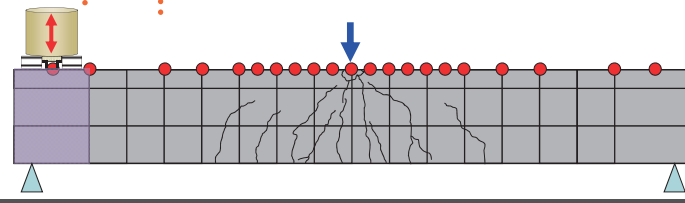
引張鉄筋 : D13  
スターラップ : D6@100

(単位:mm)

## 検証実験 (H25年度研究助成)



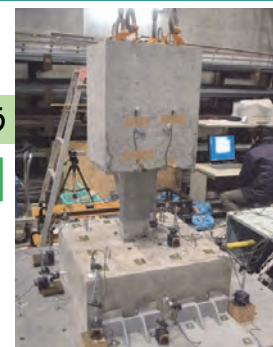
※詳細は論文をご参照ください。



## 振動台実験の概要

3つの地震波によるRC柱の振動台実験を行う

➡ 入力レベル(10~200%)を段階的に上げる



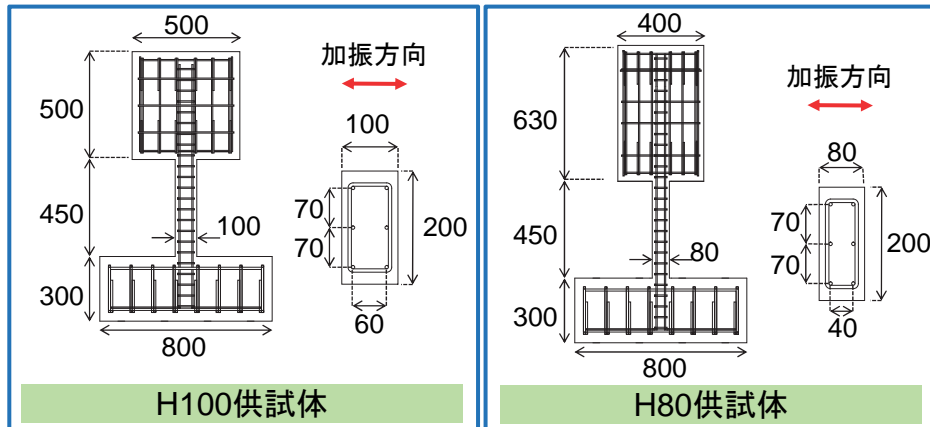
動的載荷により損傷を導入→全体の固有振動数を計測

➡ 損傷レベルの(最大応答)の推定

そして、柱上部, 中間, 基部の局所振動試験を行う

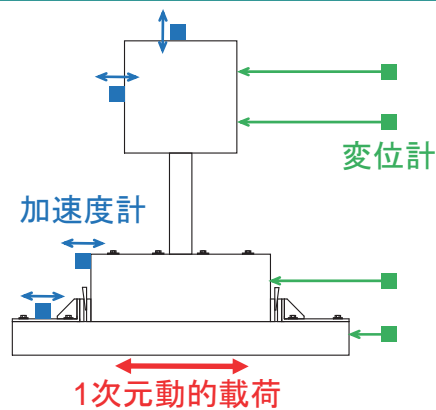
➡ 損傷位置の同定

## 供試体



- ・断面高さをパラメータとした.
- ・2種類の供試体×3体作製する. (3種類の入力波)

## 動的載荷装置



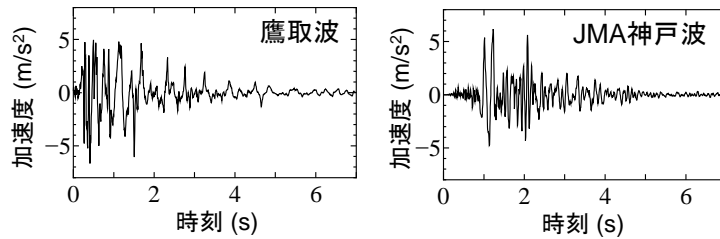
供試体を振動台に固定して、1方向の動的載荷を行い、曲げひび割れを導入する。

- 測定項目
- ・水平変位
  - ・加速度
  - ・軸方向鉄筋ひずみ

## 入力波

3種類の入力波を用いる.

1. sine波
2. 兵庫県南部地震 JR鷹取観測波 東西成分
3. 同 神戸海洋気象台観測波 南北成分

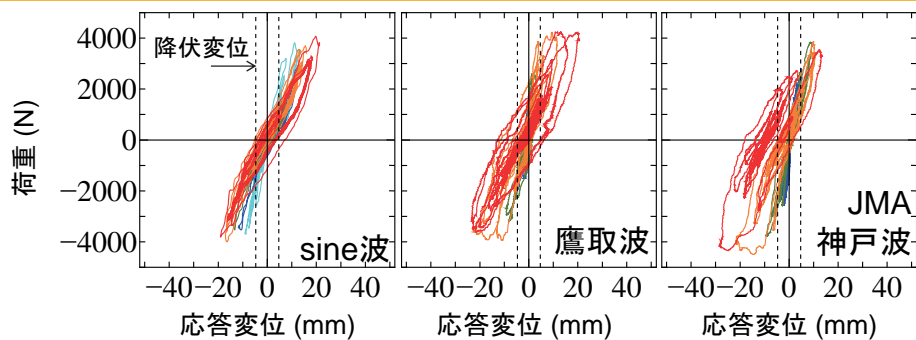


時間軸は0.25倍に圧縮

入力レベル(10~200%)を段階的に上げる

## 動的載荷実験の結果

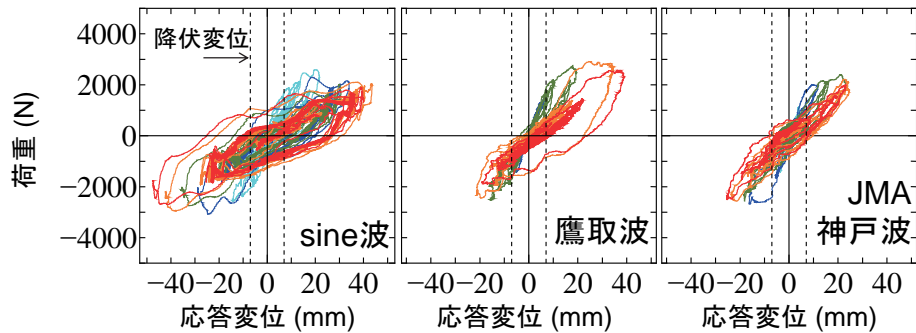
H100供試体 降伏変位:4.7mm



入力レベル(10~200%)を段階的に上げる  
⇒最終的な**応答塑性率**は4~6であった.

## 動的載荷実験の結果

H80供試体 降伏変位:7.0mm



入力レベル(10~200%)を段階的に上げる  
⇒最終的な**応答塑性率**は4~6であった。

## 動的載荷実験の結果

### 損傷状況

#### 降伏変位程度の応答

- ・動的載荷中に微細なひび割れが柱基部に発生
- ・載荷終了後に閉口  
目視での確認は困難

#### 最終的な損傷状況

- ・柱基部のひび割れ1本が進展
- ・ひび割れ幅は  
載荷終了時には縮小している

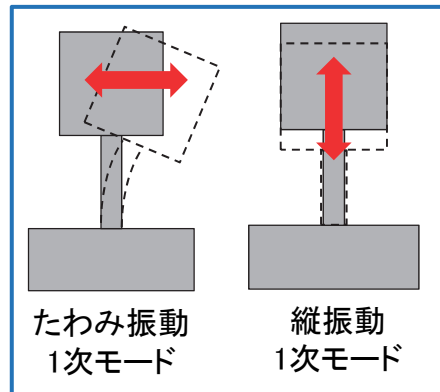


## 全体振動試験の概要

各載荷ステップ終了時に計測

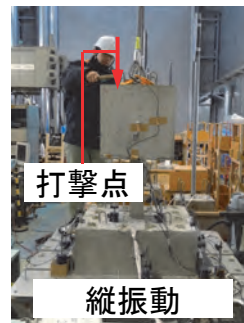


最大応答変位と  
固有振動数の関係を整理



## 全体振動試験の概要

- ・ 供試体をハンマーで打撃
- ・ 応答加速度を測定

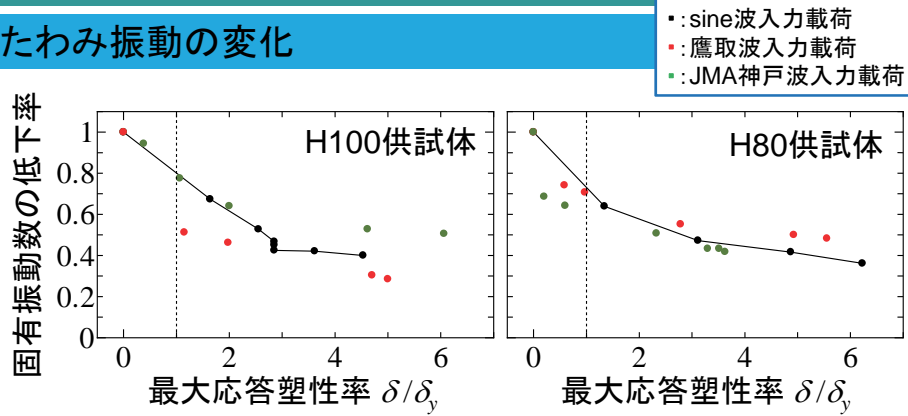


応答波形をフーリエ分析して固有振動数を算出



# 全体振動試験の結果

## たわみ振動の変化

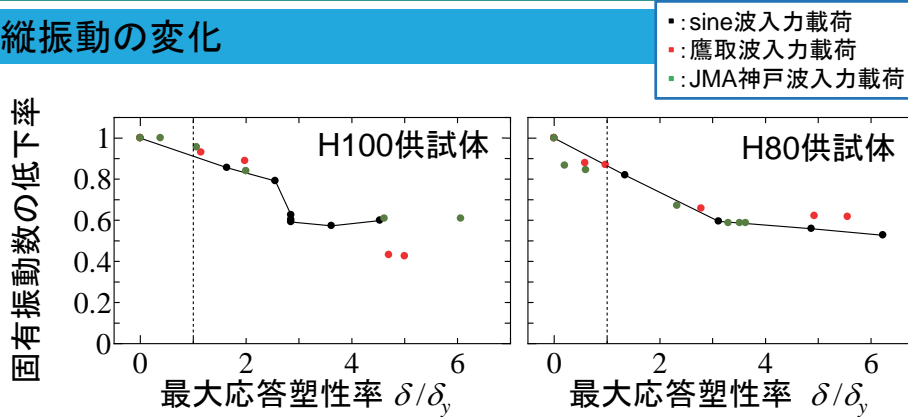


ひび割れ幅(残留変位)の影響は小さい。

入力波によらず, 最大応答変位の影響が大きい。

# 全体振動試験の結果

## 縦振動の変化

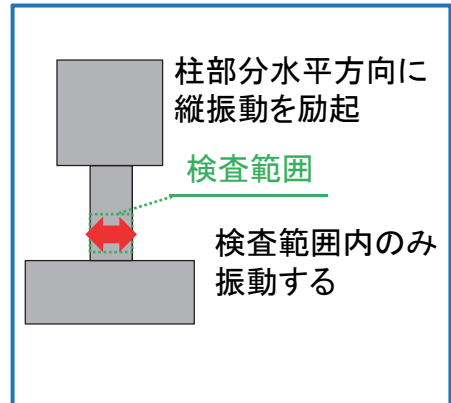


ひび割れ幅(残留変位)の影響は小さい。

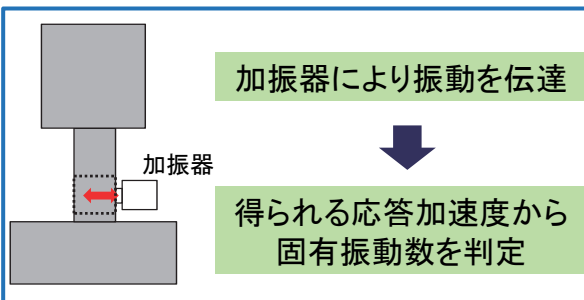
入力波によらず, 最大応答変位の影響が大きい。

## 局所振動試験の概要

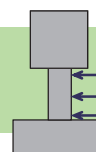
最大加振レベル終了後に  
柱基部, 中間部, 上部で計測



## 局所振動試験の概要



柱基部・中間部・上部で計測を行う



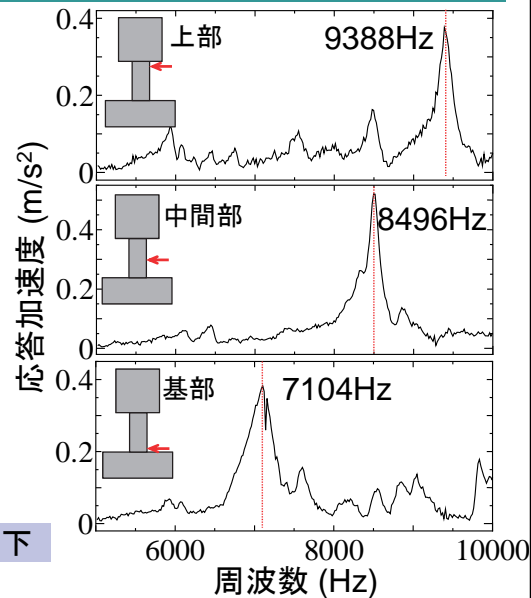
## 局所振動試験の結果

$$f = \frac{c}{2L} = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$L$  : 厚さ  $c$  : 音速  
 $E$  : コンクリートの動弾性係数  
 $\rho$  : 密度

健全時の理論値  
 9276Hz

基部で固有振動数が大きく低下

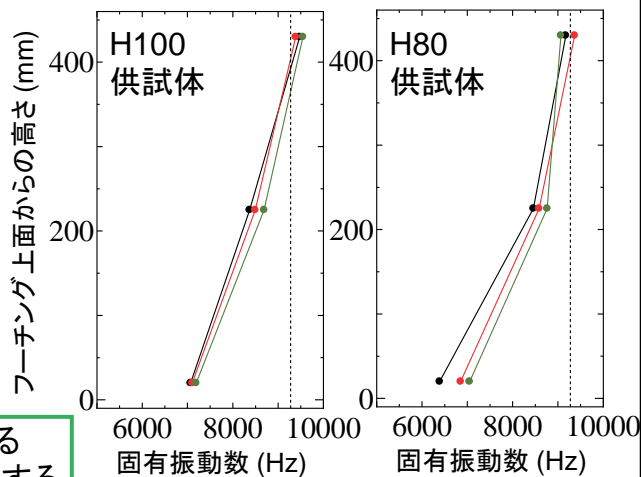


## 局所振動試験の結果

- : sine波入力
- : 鷹取波入力
- : JMA神戸波入力

柱基部の固有振動数が低下した

- ・ 損傷位置が同定できる
- ・ 最大応答変位が影響する
- ・ 残留変位の影響は小さい

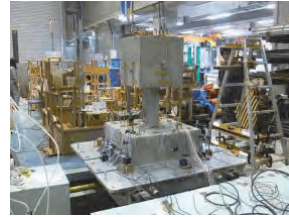


## まとめ

1. はり供試体の静的曲げ載荷試験  
(H24年度, 基礎的検討)



2. 柱供試体の振動台実験  
(H25年度, 地震動作用の検討)



- 加振器を用いた点検方法を提示した.
- 地震を受けたRC柱の損傷を検知できる可能性が示唆された.
- 今後, 目視困難な構造物の地震時点検への応用を図る.