

鋼板巻立て補強された RC 部材の地震時損傷評価手法

東北大学	学生会員	○小林	滉季
東北大学	正会員	内藤	英樹
東北大学	学生会員	諸橋	拓実
東北大学	フェロー	鈴木	基行

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震では構造物が甚大な被害を受け、その後に耐震性の不十分な既設構造物に対して耐震補強が多く行われた。主要な補強工法の1つである鋼板巻立て補強は、部材が鋼板で覆われており目視点検が容易ではないため、地震発生後の迅速な点検手法と余震や将来の地震に対する耐震性照査法の構築が必要である。

本研究は、鋼板巻立てによって補強したRC供試体を作製し、静的曲げ載荷試験によってひび割れを導入する。段階的な変形量ごとに小型加振機を用いてランダム振動試験を行い、変形量と共振周波数に関する基礎的データを収集し、強制振動試験¹⁾による地震後の点検手法の可能性を検討する。

2. 実験概要

作製した鋼板巻立てRC部材を模擬した供試体の概略図を図-1に示す。鋼管にRCを打設する形式で作製し、曲げ破壊が先行するような供試体諸元とした。コンクリートの材料特性は、圧縮強度 31.3N/mm^2 、静弾性係数 24800N/mm^2 、動弾性係数 29900N/mm^2 、密度 2290kg/m^3 であり、鉄筋はSD345を用い、鋼管はBCR295を用いた。はりの支点間距離を 1800mm とし、供試体に曲げひび割れを導入するために正負交番曲げ載荷試験を行った。正負交番曲げ載荷は、供試体のスパン中央に載荷し、降伏変位 δ_y を基に、 $+1\delta_y$ 、 $-1\delta_y$ 、 $+2\delta_y$ 、 $-2\delta_y$ 、 $+3\delta_y$ 、 $-3\delta_y$ 、 $+6\delta_y$ 、 $-6\delta_y$ の正負交番載荷を行った。なお、ここでは各載荷ステップ終了ごとにクレーンを用いて供試体を上下反転させて載荷する方法とした。載荷ステップごとに除荷をして、荷重がゼロの状態では強制振動試験である全体振動試験と局所振動試験¹⁾を行った。全体振動試験の測定点は供試体打設面の中心とし、局所振動試験は曲げ変形による鋼板とコンクリートの剥離を考え、測定点は図-1(b)のような2つの穴が開いている各7箇所、上下面計14箇所を、 300mm 間隔を基本に、支点付近は 200mm 間隔で測定を行った。強制振動試験は小型加振器を用いて行った。加速度パワースペクトル密度を、 $2.0(\text{m/s}^2)^2/\text{Hz}$ を基準とし、全体振動試験では周波数帯域を $300\sim 1000\text{Hz}$ 、局所振動試験では周波数帯域を $1000\sim 8000\text{Hz}$ を基本としてホワイトノイズを加振した¹⁾。このとき、加振点付近に貼付した加速度センサによって応答加速度を測定し、載荷ステップ毎に鋼板巻立てRC供試体の共振曲線(加速度PSD-周波数曲線)を得た。

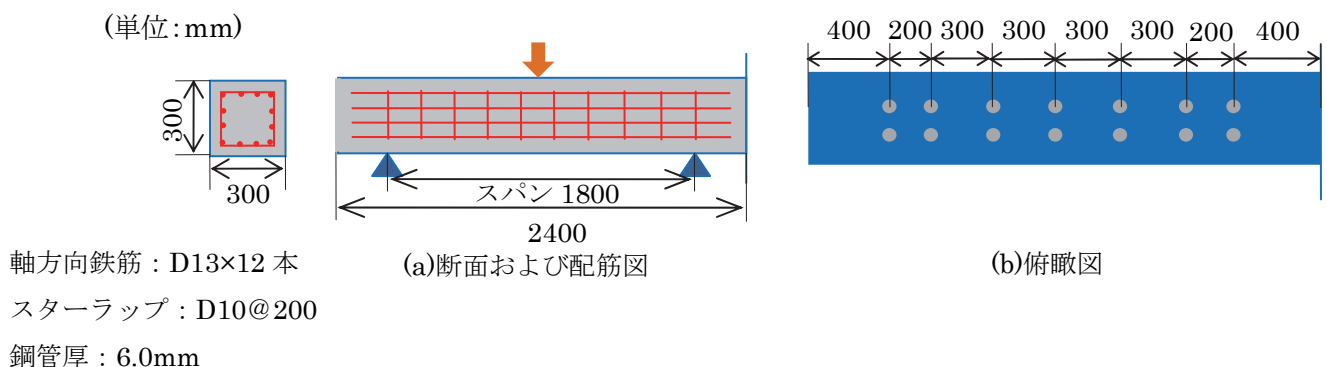


図-1 供試体概要

キーワード RC 部材, 鋼板巻立て, 強制振動試験, 損傷同定

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒牧字青葉 6-6-06 構造設計学研究室 TEL:022-795-7449

3. 実験結果

全体振動試験の結果を図-2に示す。縦軸は健全時における共振周波数 794Hz を基準とした共振周波数比、横軸は载荷ステップとした。図-2より、損傷の進展に伴って共振周波数が低下している。したがって、全体振動試験において部材の損傷程度を検知できることが示唆された。载荷試験と強制振動試験が全て終了した後に供試体のひび割れ状況を確認した。その結果を図-3に示す。図-3より载荷点である供試体スパン中央から左右に 300mm 程度の範囲にひび割れが集中していた。

供試体の測定点における局所振動の共振周波数を、健全時、損傷時(-6 δ_y)、鋼板溶断時の3つの異なる状態を比較した結果を図-4に示す。損傷時とは载荷試験が終了した時点での共振周波数であり、鋼板溶断時とは载荷試験が終了した後に、部分的に鋼板を溶断して内部コンクリートを大きく露出させた状態で局所振動試験を行ったときの共振周波数である。

図-4より、健全時においても共振周波数の測定の際のばらつきが大きく、内部コンクリートとは異なる鋼管部分の振動の影響を受けたと推察された。損傷時においても同様に測定の際のばらつきが大きいが、健全時と比較すると全体的に共振周波数が低下している。しかし、この実験データでは損傷位置や損傷程度を同定するには至らなかった。これに対して、溶断後の局所振動試験では、測定点が载荷点近傍の3点にのみ限られたが、スパン中央からの距離が ± 300 mmでの共振周波数とスパン中央での共振周波数とで大きな差が生じており、図-3との比較を行うと、加振直下のコンクリートに損傷がほとんどなかった両側の測定点(± 300 mm)と、損傷が局所化していたスパン中央の測定点とで、共振周波数の値が対応していた。このことから、鋼板を溶断してコンクリートを大きく露出させた場合には、鋼管内部のコンクリートのひび割れ性状を推定できることが示唆された。

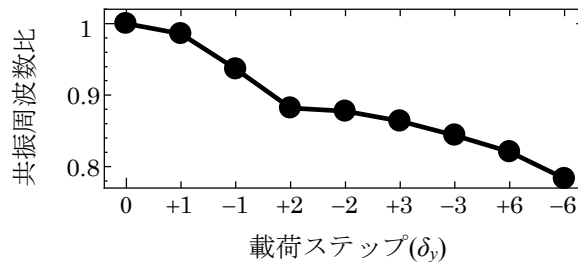


図-2 全体振動試験結果

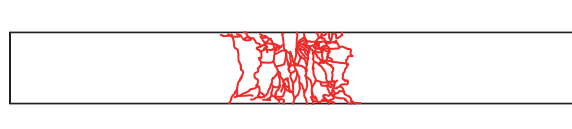
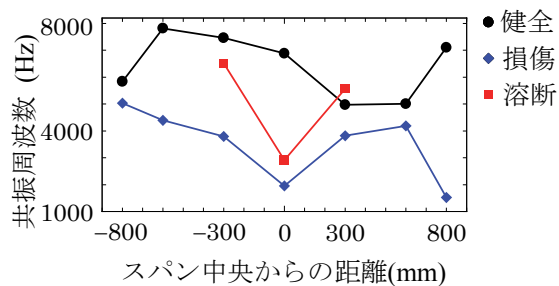
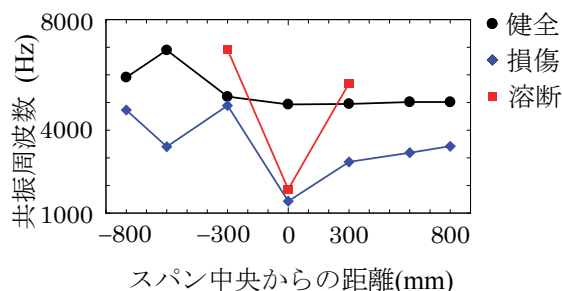


図-3 供試体ひび割れ状況



(a)供試体 上面



(b)供試体 下面

図-4 局所振動試験結果

4. まとめ

鋼板に小さな穴を開けて振動試験を行うことによって、目視困難な鋼板巻立て RC 部材内部のコンクリートの損傷の有無を判断することは可能であると考えられる。さらに詳細に損傷位置や損傷程度を評価するためには、鋼板に大きな穴を開けて振動試験を行う必要があることが確認された。しかし、実構造物に対して鋼板に大きな穴を開けることに課題が残された。今後も簡便な非破壊試験を検討する予定である。

参考文献

- 1) 杉山涼亮, 内藤英樹, 山口恭平, 早坂洋平, 鈴木基行: ランダム加振によるRC床版の非破壊試験方法, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第15巻, pp.471-476, 2015.