

強制加振試験による RC 部材のせん断ひび割れの同定

東北大学	学生会員	○近 栄一郎
東北大学	正会員	内藤 英樹
東北大学	学生会員	五十嵐亜季
東北大学	フェロー	鈴木 基行

1. はじめに

ボックスカルバートなどの地中構造物は背面のひび割れを目視することができず、版構造の部材は側面からのひび割れ性状の確認ができない。このような条件にある部材に対しても非破壊検査によってひび割れ性状の推定を行うことが期待される。

構造物の振動特性に注目した損傷同定は従来から検討されているが、多くは部材全体を振動させるものであり、損傷位置の同定ができないことや振動が支持条件に依存することなどの課題がある。これに対して本検討ではコンクリート部材の厚さ方向に局所的な共振を励起し、剛性を評価する方法(以下、局所振動試験)を用いた。五十嵐ら¹⁾は開水路を対象とした試験で、背面土がある場合にもこの試験が適応可能であることを確認している。本研究は、RC 梁供試体を対象として、構造性能上重大な損傷であるせん断ひび割れの損傷同定を試みた。

2. 実験方法

作製した供試体の概略図を図-1に示す。これらの供試体はスターラップの量を変化させ、一方は曲げ破壊、もう一方はせん断破壊するようにした。これらの供試体に片押し3点載荷してひび割れを導入した。曲げ破壊型では降伏変位($1\delta_y$)を基準として $6\delta_y$ まで載荷と除荷を繰り返した。せん断破壊型ではせん断ひび割れの発生と同時に荷重が低下したため、即時に載荷を終了した。

局所振動試験ではパワースペクトル密度(PSD)を $0.01G^2/Hz$ に一定制御したホワイトノイズを与えた。周波数の測定範囲は $1000\sim 8000Hz$ を基本とし、載荷前と載荷の各ステップの除荷後に、上面と下面から支点間にわたって $10cm$ おきに局所振動試験を行った。振動を励起する加振器は自立させるか軽く手で押し付け、測定用加速度ピックアップを両面テープによって加振点付近に貼り付けた。

3. 実験結果

載荷によるひび割れ状況の一部を図-2に示す。曲げ破壊型では $3\delta_y$ のステップの載荷中に載荷点付近が圧壊した。圧壊にともなって、載荷点から左側の水平方向に近いひび割れが生じ、次のステップで最大 $5.0mm$ に開いた。せん断破壊型では除荷後のせん断ひび割れは最大 $1.25mm$ であった。ここでは側面のひび割れ状況を確認したが、実際には版構造であり、この面は目視できないことを想定している。

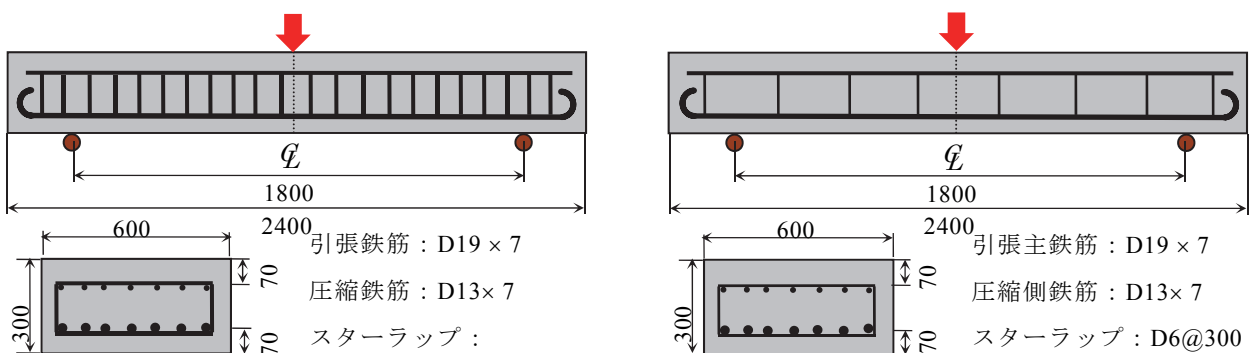


図-1 供試体概略図

Key Words : RC 梁, せん断破壊, 振動試験, 損傷同定

連絡先 : 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL : 022 (795) 7449 FAX : 022 (795) 7448

せん断ひび割れは支点直上まで進展したものの、下面には貫通しなかった。上面にはひび割れが現れたが、ひび割れ幅は小さく、せん断ひび割れと断定するのは困難であろうと推測された。

強制加振試験によって得られた共振曲線の一例をとって、せん断破壊型供試体のせん断ひび割れが生じた範囲内で測定された共振曲線を図-3に示す。各測定点の共振曲線から、基本的に応答が最大となるピークの周波数を共振周波数として読み取り、各ステップにおけるその分布を描いた。その一部を図-4と図-5に示す。曲げ破壊型については、降伏程度の軽微な損傷では共振周波数はひび割れ範囲内で概ね5~40%程度の低下だった。損傷が進展すると共振周波数のばらつきは大きくなったものの全体の傾向としては上下面からの測定で、ともに損傷状況と対応して共振周波数が半分以下に低下した。また上述の水平方向のひび割れ発生後はその付近で特に大きく低下した。せん断破壊型でも上下面で傾向に大きな差はなく、せん断ひび割れが発生しなかった範囲での低下は降伏時より小さかったのに対し、せん断ひび割れが発生した範囲では著しい低下が観察された。これらのひび割れは加振方向にほぼ直行するため、進行方向と平行に近い曲げひび割れよりも振動の伝搬を大きく遮ることが関係していると考えられる。

各载荷ステップの下面において計測された最小の共振周波数をまとめると図-6のようになる。载荷ステップは下面から見たひび割れ状況と概ね対応することから、表面のひび割れと共振周波数の低下率を比較することでせん断ひび割れを判別できる可能性がある。

4. まとめ

損傷状況と局所振動試験の結果の対応を整理することによって、損傷の進展と共振周波数の低下が、上下面からの測定で共に概ね対応することや、加振方向に平行するひび割れよりも、直行するようなひび割れの方が共振周波数の低下に大きな影響を与えることが示唆された。

これらのことから目視点検可能な面が少ない構造物に対して、表面に現れたひび割れがせん断ひび割れか曲げひび割れか判断することなどに役立てられることが期待される。

参考文献：1) 五十嵐重季，内藤英樹，土田恭平，鈴木基行：強制加振試験によるコンクリート開水路の損傷評価，コンクリート工学年次論文集 Vol.37, No.2, pp.793-798, 2015

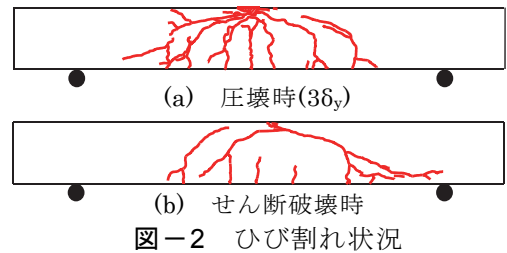


図-2 ひび割れ状況

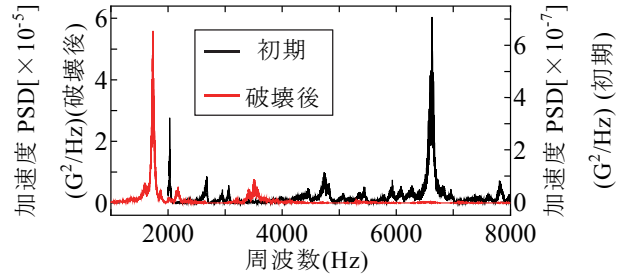


図-3 共振曲線の例（せん断破壊型供試体）

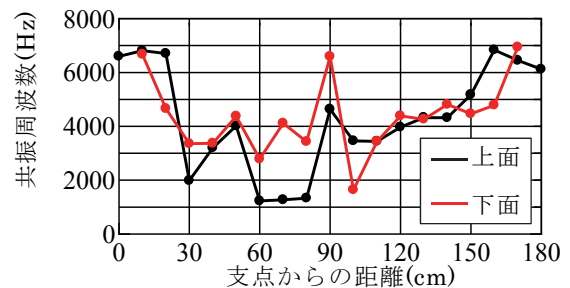


図-4 共振周波数分布(圧壊時)

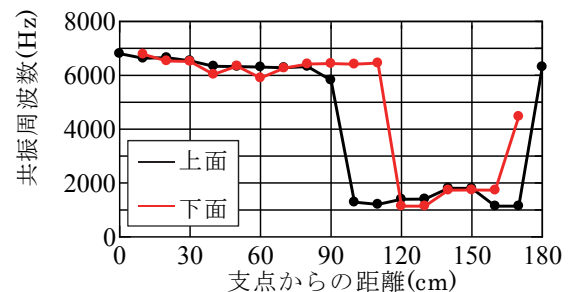


図-5 共振周波数分布(せん断破壊時)

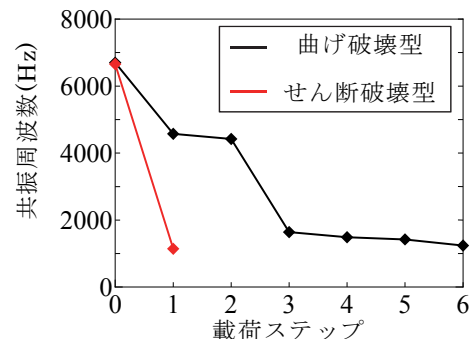


図-6 共振周波数の低下