

曲げ荷重を受けた鉄筋コンクリート梁のひび割れ進展と超音波伝播速度の変化

愛媛大学 学生会員 ○長井 春希
 愛媛大学 フェロー 森 伸一郎
 愛媛大学 学生会員 三浦 夢乃

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物のひび割れは防水性・耐久性の低下などにより安全性を低下させる要因の一つである。超音波試験は、コンクリート内部にあるひび割れ・空洞・他の欠陥を検出でき¹⁾、見かけの弾性波速度は低くなる²⁾ために、超音波試験の方法論開発は、相補的な損傷評価を可能とする。物理的要因の場合、表面可視クラックを生む潜在的な状況を定量的に評価することがひび割れ進展予測に寄与する可能性がある。そこで、RC梁試験体を対象に曲げ荷重試験を行い、曲げひび割れ進展と超音波速度の変化の関係を調べた。梁軸直交方向と斜交方向を計測して、両測線での違いや可視ひび割れ交差の影響を調べ、2方向超音波試験の有効性を調べた。

2. RC梁試験体と実験方法

図-1にRC梁試験体(2体, AとB)を示す。RC梁試験体は、断面が15cm×20cm、長さが120cmの寸法で、鉄筋は下側(引張側)主筋D16が2本、圧縮側組立筋φ6が2本、75mm間隔で配置したあばら筋がφ6である。支点間距離を100cmとして、中央に荷重間隔25cmの4点荷重とし、曲げ荷重とした。中央部30cmにあばら筋はない。コンクリートには早強ポルトランドセメントを用いて、粗骨材最大20mm、水セメント比40%、細骨材率50%の示方配合で、圧縮強度が72.9N/mm²、静弾性係数21.9kN/mm²、ポアソン比0.14であった(3供試体平均)。荷重荷重は、0, 10, 14, 20, 25, 35, 85kNで保持して、透過法により超音波試験を実施した。85kNで先に荷重

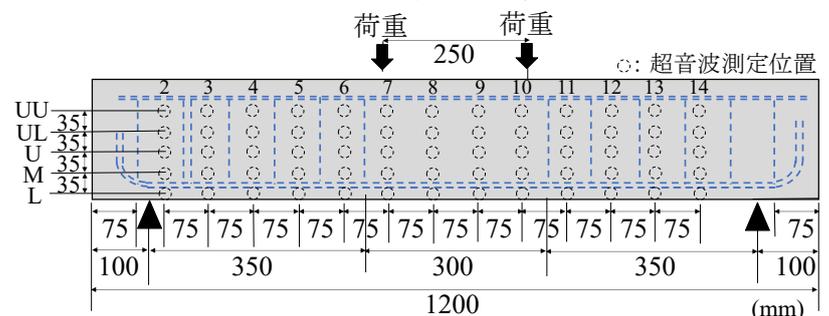


図-1 RC梁試験体の構造と荷重試験条件

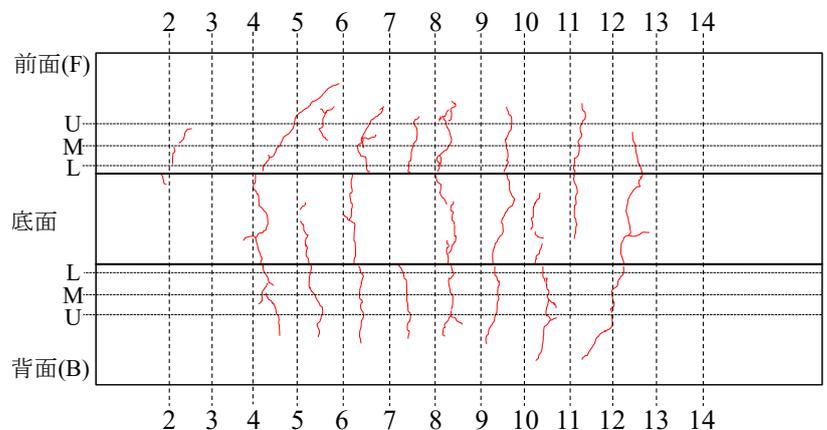


図-2 試験体Aの最終荷重後のひび割れ分布図

した試験体Aにせん断ひび割れが生じたので、試験最大荷重とした。超音波試験には、ESI-10(東横エルメス製)を用いた。この装置は、発信器・受信器(プローブ)間の超音波伝播時間を1秒間に10回測定し、その平均を1秒ごとに表示する。測定は各3回実施し、3つの伝播時間の平均値より、超音波伝播速度を求めた。図-1には、梁試験体の超音波試験の測線(鉛直2~14, 水平L, M, U, UL, UU)を設け、鉛直・水平測線の交点にプローブを接着した。たとえば、測定4M-4Mは梁軸直交方向であり、測定4M-5Mは斜交方向($150/75=2=\tan(63.4^\circ)$)である。荷重試験の結果、ひび割れ発生は試験体Aでは16.8kN、試験体Bでは20kN荷重の際に生じ始めた。図-2に試験体Aの最終荷重後のひび割れ分布図を示す。前面4L付近のせん断ひび割れ以外は前面・背面で直立に近い曲げひび割れである。この図に基づいて超音波測定伝播方向線(直交・

キーワード 鉄筋コンクリート, ひび割れ, 超音波, 注入工法, 荷重試験

連絡先 〒790-8577 愛媛県松山市文京町3 愛媛大学 大学院理工学研究科 森 伸一郎 mori@ehime-u.ac.jp

斜交) と可視ひび割れが交差するかどうか判断できる。

3. 荷重試験前の2方向測定による超音波速度の分布

図-3に荷重試験前における超音波伝播速度の分布を示す。断面8-9、9-10間ではひび割れが認識された。超音波速度の有意な変化は内部損傷の存在・拡大によるものであるとの推論が可能である。すなわち、この図によれば、測線ごとに値が異なり、 ± 0.1 km/s程度のばらつきを伴いながらも、直交・斜交ともに同様の傾向と同程度の値(4.5 km/s)が測定されている。このばらつきは粗骨材の分布の違いによるもの大きいと考えられる。

4. 荷重試験中のひび割れ進展と超音波速度の変化

図-4に荷重試験後における超音波伝播速度の分布を示す。直交方向に比べて斜交方向の超音波速度が大きく低下している。ひび割れと交差しない直交方向の測線においても低下しており、コンクリート内部にマイクロクラックなどの不可視損傷が現れていると推察される。

図-5に測線Lにおける荷重荷重の増加に伴う超音波速度の低下の状況をひび割れ発生時の荷重と併せて示す。ひび割れが発生する前の段階においても超音波速度は有意に低下しており、不可視損傷が超音波試験で検知できることを示している。また、荷重の増加に伴い超音波速度が低下し、ひび割れ発生前後で低下の程度に急激な差はないことから、ひび割れの出現と拡大は閾値現象であるが、超音波速度の低下は連続的である。

5. 結論

鉄筋コンクリート梁の曲げ荷重試験を行い、各荷重段階で透過法による梁軸直交・斜交の2方向での超音波試験を行い、可視ひび割れ進展と超音波速度の変化を調べて、次のことがわかった。

- (1) 直交・斜交方向の超音波速度は、荷重されていない初期状態ではほぼ同等であった。
- (2) 曲げ荷重荷重が増加すると、直交・斜交方向ともに超音波速度は低下し、可視ひび割れ発生前にすでに低下した。可視ひび割れ発生後も同様に低下は続いた。
- (3) 直交方向に比べて斜交方向の超音波速度の低下は大きく、ひび割れと交差する場合に低下が大きく、直交・斜交の2方向の透過法超音波測定は、ひび割れ状況の評価に有効である。

謝辞: 本研究の試験体作成と実験の実施に当たり、愛媛大学工学部技術部の川口隆技術職員には大変お世話になりました。また、愛媛大学工学部学生谷本丞、田村健悟、江見和泰の諸氏には実験の実施で協力を得ました。記して謝意を表します

- 参考文献:** 1) 魚本健人編著: 図解コンクリート構造物の非破壊検査技術, オーム社, 東京, 155p., 2008.
2) 日本建築学会: コンクリート強度推定のための非破壊試験方法マニュアル, 1983.

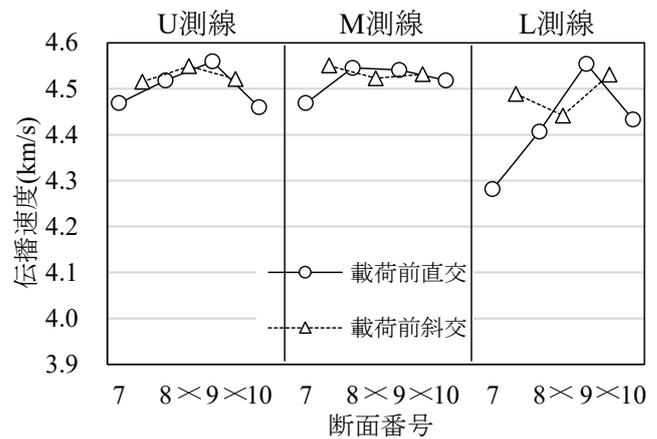


図-3 荷重試験前の直交・斜交の超音波速度(UPV)
(試験体 A, 測線 U,M,L)

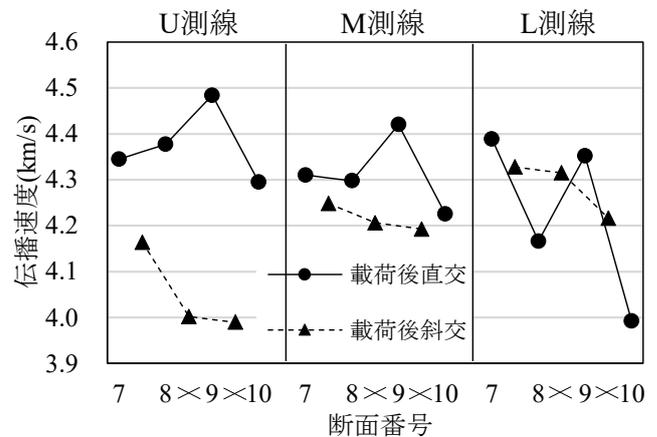


図-4 荷重試験後の直交・斜交の超音波速度(UPV)
(試験体 A, 測線 U,M,L)

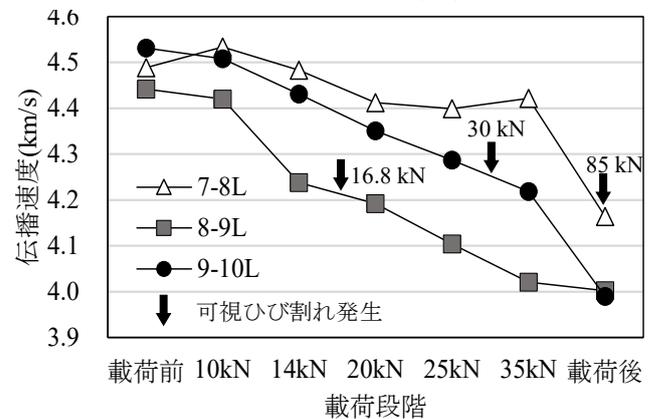


図-5 各荷重段階における超音波速度(UPV)
(試験体 A, 測線 L, 斜交)