

# 鉄筋コンクリート梁の超音波測定による曲げによるひび割れと不可視損傷の評価

愛媛大学 学生会員 ○長井 春希  
愛媛大学 学生会員 三浦 夢乃

愛媛大学 学生会員 田村 健悟  
愛媛大学 フェロー会員 森 伸一郎

## 1. はじめに

コンクリートのひび割れは、構造物の安全性を低下させる要因の一つであり、水の浸透を低減するために様々な補修工法が提案されている<sup>1)</sup>。コンクリート中に損傷があると見かけの弾性波速度は低くなる<sup>2)</sup>が、注入工法による補修はひび割れ充填により速度回復が期待されるため、超音波試験による効果検証が可能であると考えられる。そこで、効果検証の前段として、曲げひび割れが入っている RC 梁試験体を対象に超音波試験を行った。直交方向と斜交方向の両方を計測して、ひび割れ交差の有意差を調べた。

## 2. 実験試験体

実験に用いたのは、2017 年に最大荷重として終局荷重の約 64 %に相当する荷重まで載荷した多段階曲げ載荷した RC 梁試験体（全長 5.5 m、載荷時単純梁支間長 5.0 m）<sup>3)</sup>であり、曲げひび割れが生じている。図-1 に RC 梁試験体の断面図と側面図を示す。図-2 に超音波測定点を示す。梁の水平方向に測線（0 から 54）と鉛直方向に測線 M,L を設け、それぞれの交点を測点とした。図-3 に本実験の 2020 年 12 月時点の可視ひび割れ分布を示す。梁中央にひび割れが集中し、多くが正面から背面まで貫通している。また、ひび割れは断面方向にほぼ平行に生じている。

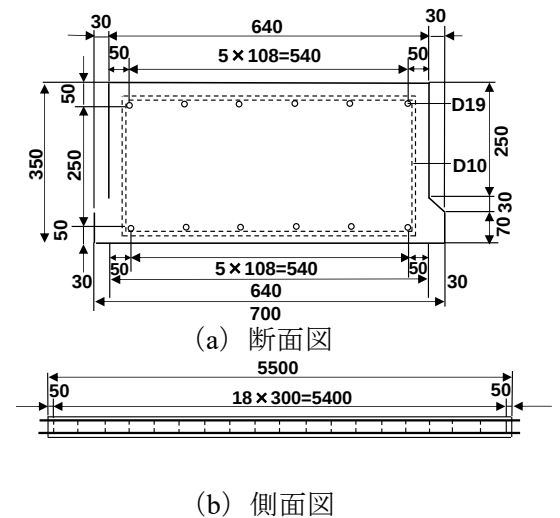


図-1 RC 梁供試体の図面(単位:mm)

## 3. 超音波試験

超音波測定には、超音波測定器 ESI-10（東横エルメス製）を用いた。この装置は、発信器から出た超音波が受信器に到達するまでの伝播時間を 1 秒間に 10 回測定し、その平均を 1 秒ごとに表示する。測定条件は、発信器のパルス電圧を高い 1.0 kV とし、受信感度は最高の 0.5 とした。各点、原則 3 回測定し、3 個の伝播時間の平均を各点の伝播時間とし、伝播速度を求めた。

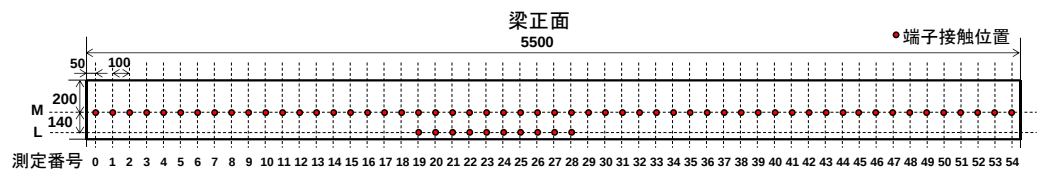


図-2 測定番号(水平方向)と測点M, L(鉛直方向)

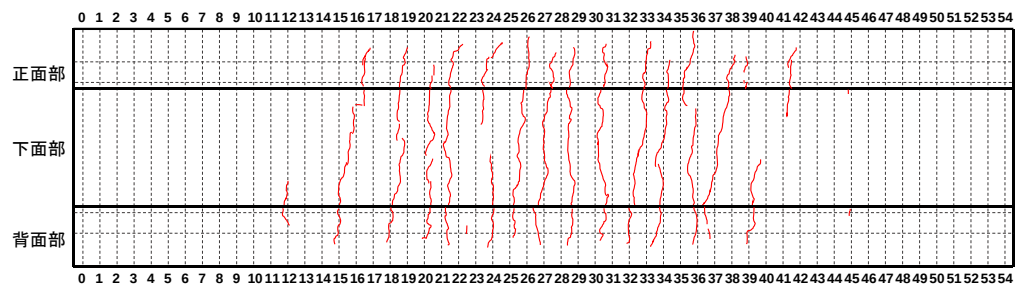


図-3 梁表面の可視ひび割れの展開図

今回の実験では、透過法により梁の正面側・背面側を対象に測定を行った。発信器・受信器を接触させた位置は図-2 上に示している。測点Lでの測定は図-1 から分かるように超音波の経路近くに鉄筋があるため、値が安定しないと考え、クラックの多い測定番号 19 から 28 までに絞って測定を行った。クラック位置と伝播速度の関係を検討するため、測定経路を直交方向と斜交方向に分けた。直交方向は同じ測定番号を結び、クラックとほぼ平行な経

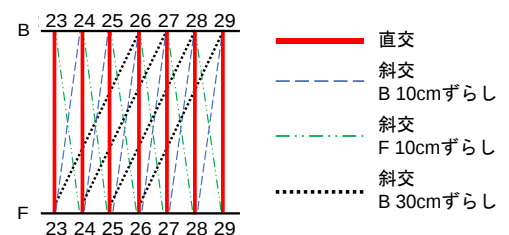
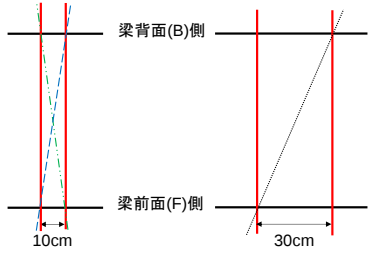


図-4 梁下面から見た測点間方向

路である。斜交方向は、F と B で違う測定番号を結び、クラックを交差する経路である。図-4 のように測定経路のパターンを分けて実施した。測線 M では、直交・斜交の全 4 方向、測線 L では、直交方向と斜交方向の 2 方向のみ測定した。直交方向と斜交方向の伝播速度を比較するため、図-5 に示すように区間を分けた。10 cm 区間は、両側直交方向の平均と 10 cm ずらしの斜交方向の平均、30 cm 区間は 30 cm ずらしの斜交方向で比較する。



(a) 10 cm 区間 (b) 30 cm 区間  
図-5 比較対象区間

4. 実験結果

図-6 に 10 cm 区間、30 cm 区間の直交方向と斜交方向の伝播速度の分布(測点 L は 10 cm 区間のみ)を示す。図-3 を参考に斜交方向の超音波が可視クラックを交差した箇所に印をつけている。10 cm 区間では、クラック交差があった 27 測点のうち 14 測点で斜交方向の伝播速度が減少、30 cm 区間では、27 測点のうち 26 測点で減少した。クラックにより、超音波の伝播経路が長くなり、斜行方向の見かけの伝播速度が低下したと考えられる。また、30 cm 区間の方が 10 cm 区間より斜交方向の伝播速度が大きく減少していることが分かる。これにより、広い範囲で超音波を伝播させるとクラックが集中している部分が判別できると考えられる。

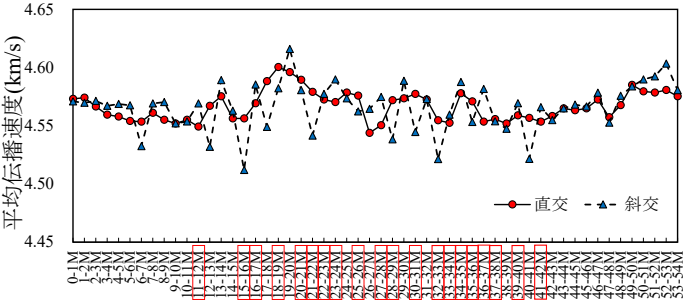
また、直交方向と斜交方向の平均伝播速度で有意差の検定を行った。検定の結果を表-1 に示す。クラックのある区間では、平均の差が大きくなったが有意差があると判別できたのは、30 cm 区間のみであった。よって、狭い範囲で伝播速度を比較したとき、明確な差が出ないことがあることも分かった。

5. 結論

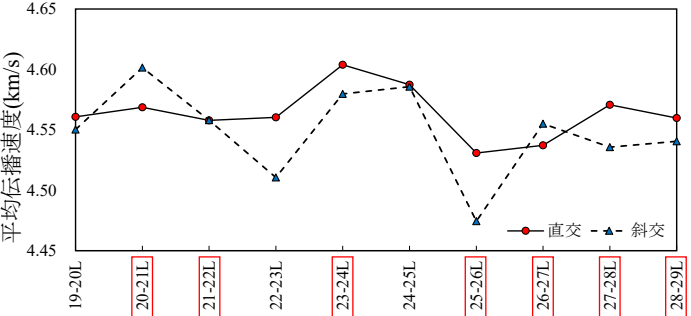
可視クラックのある場所では、クラックに対しおよそ平行な直交方向に比べ、クラックを交差する斜交方向の伝播速度が落ちることが検証できた。よって、斜交方向に超音波試験を行うことは、ひび割れを評価する指標になると考えられる。また、検定の結果より、評価を行うときには、明確に差が出るような区間を設定する必要もあると考えられる。

参考文献

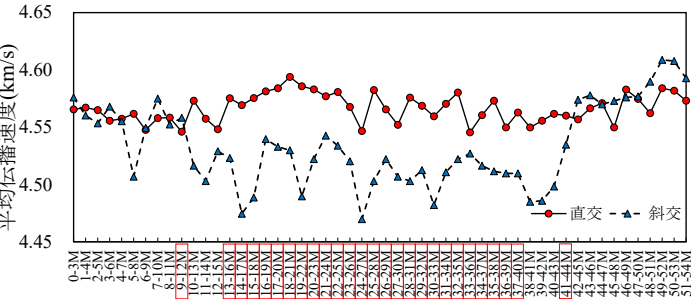
1) 日本コンクリート工学会:「非破壊手法を用いたコンクリート構造物の補修効果」に関するシンポジウム, 3-4p, 2018.  
2) 日本建築学会: コンクリート強度推定のための非破壊試験方法マニュアル, 34-36p, 1983.  
3) 森 伸一郎, 小林 巧: 段階的損傷進展に伴う鉄筋コンクリート梁の AE 発生状況, 土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集 CD-ROM, 第 I 部門, 2018.



(a) 測点 M 10 cm 区間



(b) 測点 L 10 cm 区間



(c) 測点 M 30 cm 区間

図-6 直交斜交の分布グラフ

表-1 平均の差の検定結果

| クラックあり |     | 直交      | 斜交      | 有意差なし |
|--------|-----|---------|---------|-------|
| 10cm区間 | 平均  | 4.56    | 4.56    |       |
|        | 分散  | 0.00030 | 0.00075 |       |
|        | 観測数 | 27      | 27      | 有意差あり |
| 30cm区間 | 平均  | 4.57    | 4.51    |       |
|        | 分散  | 0.00018 | 0.00044 |       |
|        | 観測数 | 27      | 27      |       |
| クラックなし |     | 直交      | 斜交      | 有意差なし |
| 10cm区間 | 平均  | 4.57    | 4.57    |       |
|        | 分散  | 0.00013 | 0.00046 |       |
|        | 観測数 | 37      | 37      | 有意差なし |
| 30cm区間 | 平均  | 4.56    | 4.55    |       |
|        | 分散  | 0.00011 | 0.00132 |       |
|        | 観測数 | 25      | 25      |       |