

コンクリートの応力推定のための超音波初動部の伝搬深さに関する検討

東京都立大学 学生会員 ○菊池弘将 正会員 大野健太郎 上野敦
三井住友建設株式会社 正会員 玉置一清 永元直樹

1. はじめに

既設プレストレストコンクリート橋では、シース内のグラウト充填不足による PC 鋼材の腐食や破断の懸念があり、維持管理では現有のプレストレス量の把握が重要である。既存のコンクリートの応力推定手法は部材の一部破壊を伴うものであり、永田らにより超音波法を用いた非破壊による応力推定手法が提案されている。一方、得られた結果はコンクリート中のどの深さ領域の情報を反映したものかは不明であった。そのため、本研究ではコンクリートの応力推定に用いられる超音波初動部の伝搬深さを検討した。

2. コンクリート中の超音波最速伝搬経路²⁾

一般的に、コンクリートは表層になるほど緻密性が低く、超音波速度は低くなる。そのため、図-1 に示すように超音波の最速伝搬経路はコンクリート内部を湾曲することが知られており、測定距離を大きくするとより深いところまで伝搬する。

3. 実験概要

供試体は、図-2 に示す版状コンクリート供試体 (500×300×80mm) を 6 体作製し、材齢 28 日まで水中養生した。その後、超音波測定面を除き 5 面にアルミテープにて乾燥防止措置を施し、0 日、14 日、70 日の乾燥期間 (40°C, 30%R.H.) を設け、乾燥による超音波伝搬深さの影響を併せて検討した。なお、材齢 28 日のコンクリートの圧縮強度は 41.6N/mm²、静弾性係数は 26.0kN/mm²であった。

供試体中央に深さ 70mm まで 10mm ごとに切欠きを導入し、計 8 段階での超音波測定を各供試体で行った。切欠きは乾燥期間ごとに、超音波測定面およびその裏面から導入するものの 2 水準で行った。

超音波の入力は、ファンクションジェネレータにて振幅値 15V、継続時間 10 μ s とした矩形波を AE センサ (60kHz 共振型) に作用させることで行った。AE センサにより検出した信号は、プリアンプにて 60dB 増幅した後、500kHz ローパスフィルタ処理を施し、サンプリング時間間隔 0.1 μ s で記録した。得られた波形は超音波入力時間を基準とし、100 波重ね合わせた波形として処理を行った。

4. 実験結果および考察

得られた超音波波形から、切欠きによる到達時刻の遅れや振幅値の減少が確認されたため、図-3 に示すように応力評価に使用する検出波形初動部 1 周期を対象に、到達時刻 (t_1 , t_2), 振幅値 (P_1 , P_2) の変化から超音波伝搬深さを検討した。

4.1 切欠き先端位置と t_1 の時間差の関係

測定面から切欠きを入れたときの切欠き先端位置と t_1 の時間差の関係を図-4 に示す。以後、図においては 1CH が入力の場合を 1-2, 2CH が入力の場合を 2-1 とし、乾燥期間を day で表す。時間差は各切欠きでの t_1 の値から切欠き導入前の t_1 の値を減じたものである。図-4 より、乾燥期間によらず切欠き先端位置が 30mm 以上になると時間差が大きくなっていくことがわかる。これより、コンクリート中を最速で伝搬した超音波は測

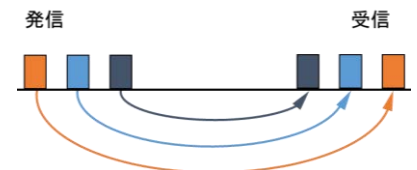


図-1 超音波の伝搬イメージ

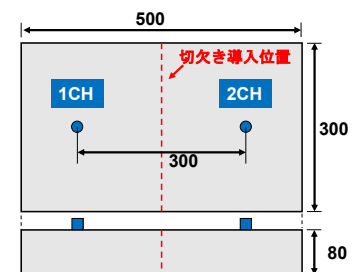


図-2 供試体概要 (mm)

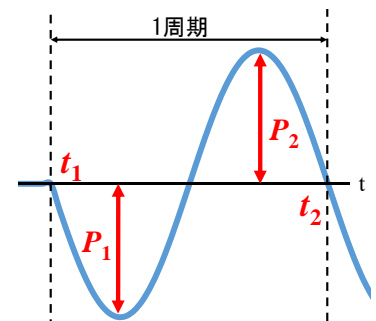


図-3 検討項目

定面から20~30mmの深さまでを伝搬しており、切欠きがそれ以上深くなると切欠きを迂回するため t_1 の時間差が増加したと考えられる。

4.2 切欠き先端位置と t_2 の時間差の関係

測定面裏面から切欠きを導入したときの切欠き先端位置と t_2 の時間差の関係を図-5に示す。図-5より、 t_2 の時間差に変化が確認されなかった。これより、時刻 t_2 に伝搬した超音波は切欠きを入れていない0~10mmの深さも伝搬しているため、切欠きを導入しても時間差が生じなかったと考えられる。この検討より到達時刻 t_2 の超音波伝搬深さを推定することは不可能であった。

4.3 切欠き先端位置と P_1 , P_2 の振幅比の関係

測定面裏面から切欠きを導入したときの切欠き先端位置と P_1 , P_2 の振幅比の関係を図-6, 図-7に示す。振幅比は各切欠きでの振幅を切欠き導入前の振幅で除したものである。図-6より、乾燥0日での P_1 の振幅比は、切欠き先端位置80~40mmでは概ね一定となり、切欠き先端位置30~10mmでは切欠きによって伝搬が阻害されたため振幅比が減少した。同様に、乾燥14日、70日では切欠き先端位置80~50mmでは概ね一定となり、切欠き先端位置40~10mmでは振幅比が減少した。このことから、振幅が P_1 となるときの超音波は、乾燥0日では深さ30~40mm、乾燥14日、70日では深さ40~50mmまでを伝搬していると考えられ、乾燥による伝搬深さの増加が確認された。図-7より、 P_2 の振幅比は乾燥期間によらず切欠き先端位置70mmで増加しており、切欠き導入前と異なる伝搬経路を示唆するものと考えられる。これより、振幅が P_2 となるときの超音波が深さ70~80mmまでを伝搬していると考えられる。

5. まとめ

図-8に本検討で得られた超音波伝搬深さのイメージ図を示す。図-8より、遅れて到達する超音波ほど伝搬深さの大きいことが確認でき、超音波の初動1周期を利用することで80mmの深さまでのコンクリートの応力を評価できている可能性が示唆された。また、乾燥によるコンクリート表層の緻密性の低下によって超音波の伝搬深さが大きくなることが示唆された。

参考文献

- 1) 永田昂大ほか: 伝搬方向の異なる超音波の速度変化率を用いたコンクリートの応力推定手法の基礎検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.1, pp.1805-1810, 2019.6
- 2) 森濱和正: 超音波(土研法)による構造体コンクリート強度の推定, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.2, pp.727-732, 2008

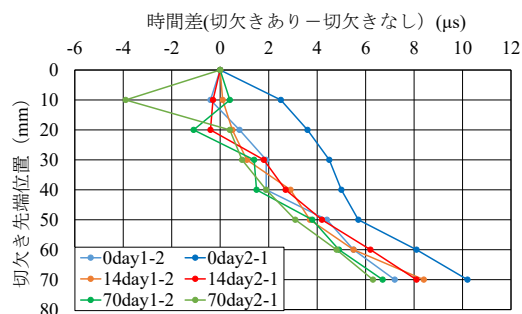


図-4 切欠き先端位置と t_1 の時間差の関係

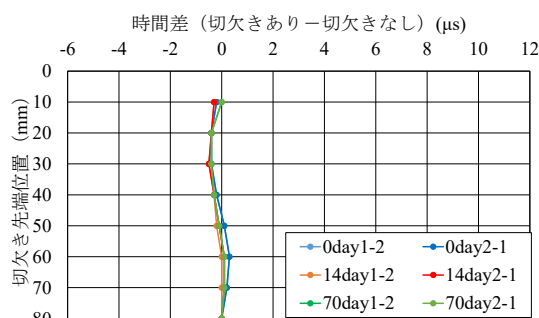


図-5 切欠き先端位置と t_2 の時間差の関係

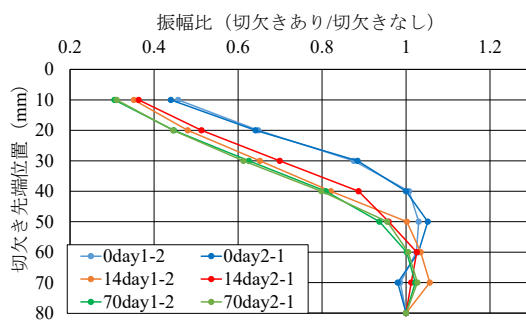


図-6 切欠き先端位置と P_1 の振幅比の関係

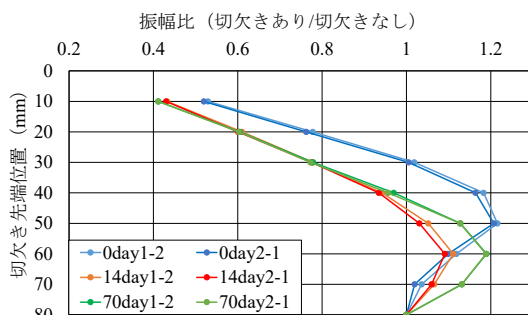


図-7 切欠き先端位置と P_2 の振幅比の関係

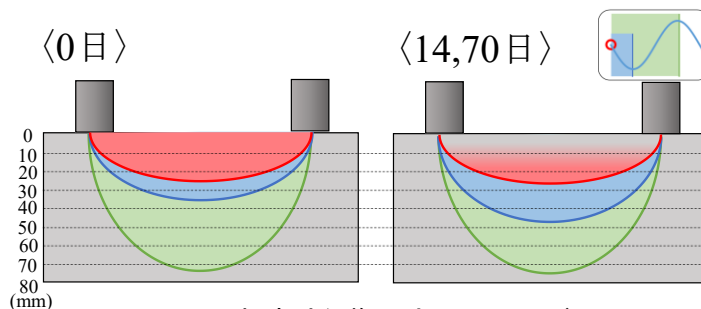


図-8 超音波伝搬深さのイメージ図