

マルチチャンネル衝撃弾性波法により測定した表面波の伝搬特性と コンクリートに作用する合成曲げ応力度との関係

富山県立大学 学生会員 ○水島 龍輝, 正会員 内田 慎哉, 非会員 山本 紗衣, 正会員 伊藤 始

1. はじめに

PC 構造物の維持管理では、コンクリートに作用している現有応力を推定する技術が求められている。これまでに、微破壊¹⁾・非破壊²⁾による技術が幾つか提案されており、依然としてニーズが高い。

そこで本研究では、張出し片持架設中の PC 箱桁橋を対象として、各架設段階（4 段階）において、マルチチャンネル衝撃弾性波法による計測を行い、表面波の伝搬特性（伝搬速度および振幅）とコンクリートに作用する合成曲げ応力との関係について把握することを目的とした。

2. 対象橋梁

対象とした橋梁を図 1 に示す。張出し片持架設工法で建設中の PC 箱桁橋を対象とした。マルチチャンネル衝撃弾性波法による計測は、柱頭部付近の箱桁内部の下床版上面から高さ 1250mm の側壁において、合成曲げ応力の異なる各架設段階でそれぞれ行った。図 2 に、計測時の架設状況と合成曲げ応力との関係を示す。なお、図に示す合成曲げ応力は、各



図 1 対象橋梁

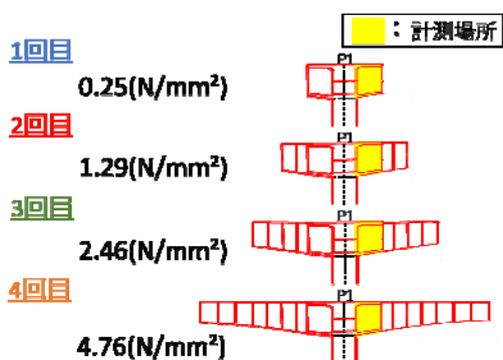


図 2 計測の架設状況と合成曲げ応力との関係

架設段階における上縁および下縁に作用する曲げ応力（自重、コンクリートのクリープ・乾燥収縮および有効プレストレスの合成）を求め、これらの応力から計測線（下床版上面から高さ 1250mm）における応力を算出したものである。

3. 測定概要

図 3 に、マルチチャンネル衝撃弾性波法による測定状況を示す。弾性波の入力には、19.1mm の鋼球を使用した。弾性波の受信には、8 個の加速度センサを用いた。センサの設置間隔は 100mm とした。鋼球による打撃は、8 個の加速度センサの貼付け状態によるばらつきを小さくするため、ch.1 および ch.8 からそれぞれ 50mm 離れた 2 箇所で行った。いずれの場合も、センサで受信した信号は、サンプリング時間間隔 1μs、データ数 10000 個、測定時間長 10ms でデジタル化した後、波形収集装置で記録した。なお、使用した加速度センサの周波数応答（±3dB）は、0.2~20000Hz である。

4. 測定結果および考察

4. 1 表面波の位相速度

図 4 に、合成曲げ応力 0.25 N/mm² で、打撃 1 から弾性波入力した際に得られた受信波形の例を示す。距離が大きくなると、表面波が減衰していることがわかる。この図において、加速度センサごとに、振幅が最大となる時刻を縦軸、打撃 1 から各センサまでの距離を横軸にそれぞれプロットした走時曲線を図 5 に示す。本研究では、走時曲線の傾きの逆数を表面波の伝搬速度とし、各架設段階の表面波の伝搬速度を全て算出した。得られた結果を図 6 に示す。合成曲げ応力が大きくなると表面波の伝搬速度が大きくなり、両者に強い相関があることがわかった。

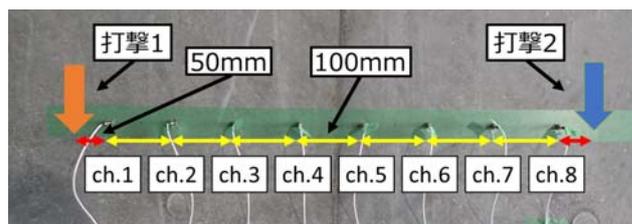


図 3 測定状況

キーワード PC 構造物, 曲げ応力, 衝撃弾性波法, マルチチャンネル, 表面波

連絡先 〒939-0398 富山県射水市黒河 5180 富山県立大学 工学部 環境・社会基盤工学科 TEL0766-56-7500

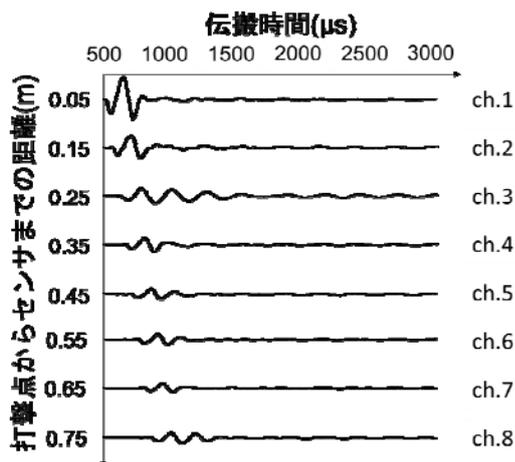


図4 受信波形の例

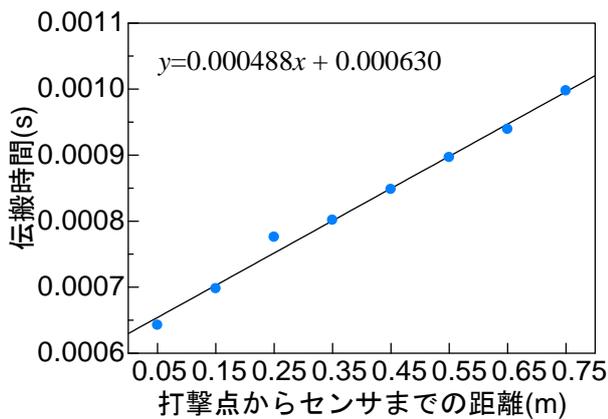


図5 走時曲線

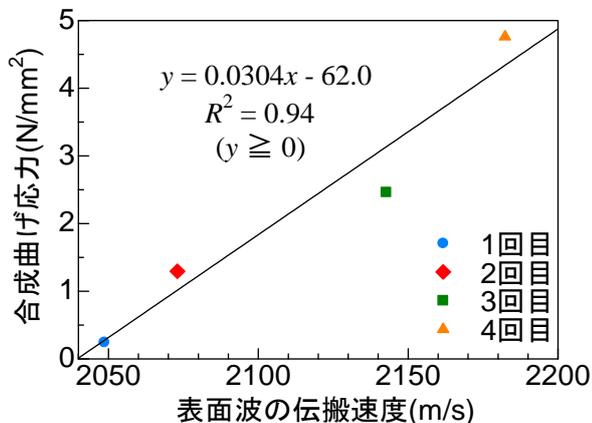


図6 表面波の伝搬速度と合成曲げ応力との関係

4. 2 表面波の振幅

図4に示す受信波形において、加速度センサごとに、振幅が最大となる値（最大振幅値）を縦軸に、打撃1から各センサまでの距離を横軸にそれぞれプロットしたものを、図7に示す。図より、距離が大きくなると、振幅が急激に小さくなっていくことが確認できる。一般的に、このような現象は拡散減衰と呼ばれ、距離の2乗に反比例する。そこで、図7の関係を $y = a/x^2$ で回帰し、式中の a を表面波の振幅減衰として定義した。ただし、表面波の振幅は、

伝搬速度と異なり、加速度センサとコンクリートとの貼付け状態により変動する指標値である。そのため、打撃2の結果から同様に a を求め、両者の平均を振幅減衰とすることにした。図8に、各架設段階の表面波の振幅減衰と合成曲げ応力との関係を示す。表面波の伝搬速度と同様、合成曲げ応力と表面波の振幅減衰に相関があることが明らかとなった。

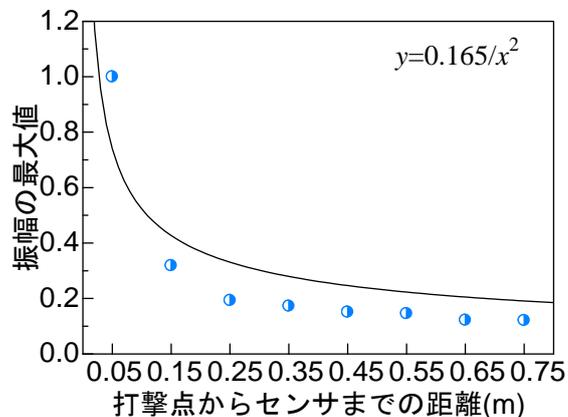


図7 振幅の最大値と距離との関係

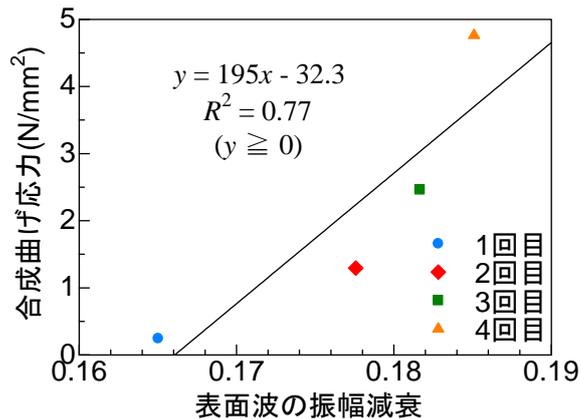


図8 表面波の振幅減衰と合成曲げ応力との関係

5. まとめ

PC箱桁橋に作用する合成曲げ応力が大きくなると、表面波の伝搬速度および振幅が大きくなることを明らかにした。これより、マルチチャンネル衝撃弾性波法により、PC部材に作用する現有応力を非破壊で推定できる可能性がある。

謝辞

本研究は、阪神高速若手研究者助成基金の援助を受けて行った。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) プレストレストコンクリート工学会:コンクリート構造診断技術, pp.68-70, 2019.
- 2) 例えば, 松田秀和, 佐竹将也, 渡辺 健, 橋本親典:プレストレス状態における弾性波伝搬特性に関する基礎的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.1, pp.1727-1732, 2019.