# 衝撃弾性波法による撤去 PC 桁の健全度評価

(株)高速道路総合技術研究所 正会員 〇岩生 知樹 正会員 長谷 俊彦 正会員 萩原 裕樹(一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 正会員 榎園 正義 正会員 勝呂 翔平

## 1. はじめに

現在, PC 道路橋等における健全度の診断手法として,荷重載荷や加振によって得られる応答に着目する手法は存在するが,コンクリート部材における健全度の定量的な評価方法は確立されていない.コンクリート部材の曲げひび割れやせん断ひび割れ等の変状と弾性波の伝播特性の変化には相関があると考えられることから,弾性波(衝撃弾性波)を用いてコンクリートの劣化状態を評価する手法の可能性を検証した.なお,検証にあたっては,架け替えにより撤去された PC 桁を用いることとした.

#### 2. 試験体の諸元

対象とした橋梁はプレテンション方式 PC 単純 I 桁橋であり、34 本の I 桁を並べ PC 鋼棒で横締めし た構造である.また,桁下フランジでは塩害や ASR 等の複合劣化によってコンクリートが損傷し,PC 鋼材の一部が露出・破断している.対象とする橋梁 の断面図を図 2.1 に示す.



PC 桁の健全度評価試験は、外観目視により、下面フランジ部に軸方向ひび割れが発生しており劣化と推定 される PC 桁(以下、「劣化した桁」という。)と健全と推定される PC 桁(以下、「健全な桁」という。)を用 い、静的載荷試験の前後で衝撃弾性波法による撤去 PC 桁の健全度評価手法について検討した.

#### 3. 試験方法

本試験では、調査対象とする PC 桁のコンクリート表 面に設置した広帯域型の AE センサ(以下、「AE セン サ」という。)をトリガ用・受信用センサとし、このト リガ用 AE センサの近傍のコンクリート表面をシュミ ットハンマで打撃することで広帯域の弾性波を発生 (入力)して、所定の距離に設置した受信用の AE セン サでその弾性波を計測し、弾性波の伝播特性の変化か



図 3.1 広帯域 AE センサのイメージ

ら, PC 桁の健全性を評価する方法である. なお,広帯域 AE センサのイメージを図3.1に示す.

本計測システムの特徴は、広帯域 AE センサで検出した弾性波の低周波数を遮断するハイパスフィルタの設 定周波数を変えることによって、任意の周波数帯の弾性波を抽出・計測できることにある.

事前に実施した撤去桁の外観目視調査および電気抵抗法による PC 鋼材の破断調査の結果を踏まえ、変状が 発生している劣化した PC 桁と比較的健全な PC 桁について、供用中モニタリング時と同様に、PC 桁下面フラ ンジのコンクリート表面 10m 区間に AE センサを 2m ピッチに設置して、弾性波を計測し、健全性評価の可能 性について検討した.また、本試験は静的載荷試験と併せて実施し、静的載荷試験に伴うひび割れ発生前後の 損傷評価への適用性を確認した.

キーワード PC 桁,衝撃弾性波法,健全度評価,広帯域 AE センサ 連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 (株)高速道路総合技術研究所 TEL042-791-1943

# I-396

# 4. 試験結果

衝撃弾性波法による計測は、健全な PC 桁 G12 および劣化した PC 桁 3 体 (G01, G02, G03)を対象に載荷 試験前、曲げひび割れ発生時、せん断ひび割れ発生時および破壊後、或いは試験後の除荷重時の合計 4 回実施 し、載荷試験に伴うひび割れ発生による劣化状態を評価した.

## 4.1 受信波形の変化

受信波形の変化を図4.1に示す.軸方向のひび割れが発生し劣化した PC 桁は,静的載荷試験前の段階においても健全な PC 桁 G12 と比べて受信波形振幅の減衰が大きい.また,試験荷重の増加によるひび割れの発生

後,および破壊後に受信波形振幅はさらに減少する 傾向が確認された.受信波形振幅による PC 桁コンク リート部の健全性評価は,健全な PC 桁の場合には伝 播距離の増加に伴い受信波形振幅が徐々に減衰する 傾向を示す.一方,劣化した PC 桁の場合には,ひび 割れやはく離等の変状部の程度と量に比例して弾性 波が減衰するものと考えられるため,健全な PC 桁と 比べて受信波形振幅が大きく減衰する場合には,劣 化が進行した PC 桁であると推察できる.

## 4.2 走時曲線の変化

走時曲線の変化を図4.2に示す.健全なPC桁の走 時曲線は伝播距離と伝播時間は正の相関があること から,劣化したPC桁との相対比較によって,走時曲 線の傾きの変化から劣化・損傷の程度やその位置を 推定可能と考えられる.また,試験荷重の増加で曲げ ひび割れやせん断ひび割れの発生・進展した箇所で は急激に走時曲線の傾きが大きくなり,欠陥の存在 が推察可能である.

#### 4.3 伝播速度の変化

伝播速度の変化を図 4.3 に示す. 平均伝播速度の 変化から健全な PC 桁と劣化した PC 桁の判別ができ る.また,伝播速度の急激な低下から,伝播速度の低 下原因となる変状部の位置と存在が推察できること から,健全性の評価に有効と考えられる.

# 5. おわりに

本研究の結果,健全な PC および劣化した PC 桁を対象に広帯

10.000 健全 (a-a/m 1.000 平均受信波形振幅( 100 0(試験前) 曲げひび割れ発生(120) 10 ◆ せん断ひび割れ発生(160) 8 ────0(破壊後) Å 1 (AE(5)) (AE(6)) (AE(4)) (AE(3) (AE2) (AE(1)) 伝播距離(m) 受信波形振幅の変化(例:GO2) 図 4.1



図 4.3 伝播速度の変化(例:GO2)

域 AE センサを複数設置し衝撃弾性波法を用いた弾性波計測を行ったところ,低周波数を遮断する適切なハイ パスフィルタを選定し,受信波形,走時曲線および伝播速度に着目することで,10m 程度の調査区間の健全な 状態からひび割れが発生する前後の状態を判別することができ,劣化状況を評価できる可能性を確認するこ とができた.

#### 参考文献

1) 榎園,谷倉,萩原,豊田:広帯域 AE センサを用いた衝撃弾性波法による健全性調査システムの開発,日本非破壊検査協会平成 29 年秋季講演大会講演概要集, pp.57-60, 2017.10