

SIBIE法を適用した実橋でのグラウト充填調査

(株)富士ピー・エス 正会員 工修 ○田村 誠一
 (一財)京都技術サポートセンター 春田 健作
 京丹後市 片西 美佳
 (株)富士ピー・エス 正会員 博(工) 山田 雅彦

キーワード：PCグラウト充填調査，FITSA，SIBIE法，インパクトエコー法

1. はじめに

筆者らはコンクリート構造物の内部欠陥(空洞・ひび割れ・PCグラウト未充填など)を調査する手法として、衝撃弾性波法で得られた結果を画像化する技術 (SIBIE法) を利用した「FITSA」の研究を実施してきた。これまで試験体を使った実験や、実構造 (RC栈橋・PC橋) によるフィールド試験を行い、従来の調査方法と同等の精度を有し、かつ内部欠陥の評価を容易にする技術として実用化した。

本稿では実用化の一例として、昨年度末、京都府の自治体が管理するPC橋梁 (A橋, B橋) のグラウト充填調査にSIBIE法を利用したFITSAが採用され、調査を実施したのでその結果を報告する。

2. FITSAの概要

2.1 FITSA (SIBIE法)

FITSAの概要を図-1に示す。調査対象の構造物の断面を正方形要素に分割しモデル化する。弾性波は入力点から任意要素で反射し、出力点に到達するものとする。この時、反射することで生じる共振周波数 f_R は、構造物中を伝わる弾性波の波速を C_p 、最短伝播距離を $r_1+r_2=R$ とすると式(1)となる。

$$f_R = C_p / R \quad \text{式(1)}$$

この式により各要素で共振周波数を算出し、実測した周波数スペクトルから各要素の共振周波数における相対振幅値 y_R を求め、 y_R の大小で断面を5段階に色分したコンター図を得る。このコンター図からグラウト充填状況を確認する。判定基準を表-1に示す。

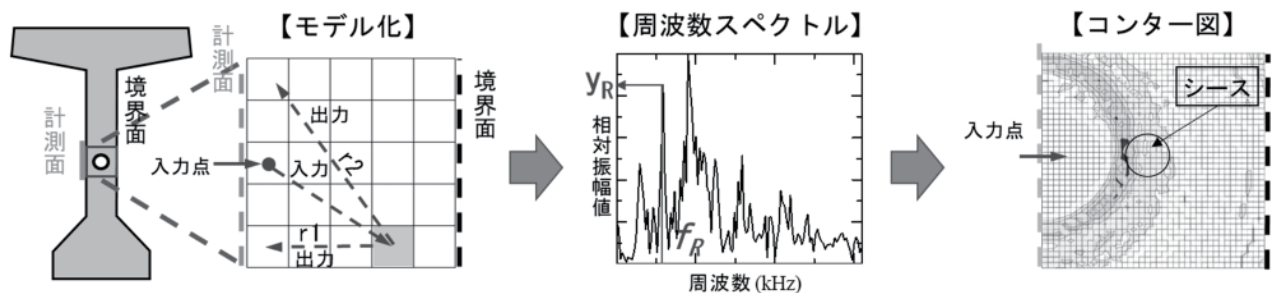


図-1 FITSAの概要

表-1 判定基準

y_R が大きい位置	境界面	シース前面	シース内面	分散	凡例
判定	充填	未充填	充填不良の可能性あり	判定困難	● 入力点 --- 計測面 - - - 境界面 相対振幅値 (y_R) 大 ← → 小

2. 2 計測方法

計測には衝撃入力装置と波形記録装置(写真-1), 100Vの発電機を使用する。まず, 非破壊検査にてシーす位置を罫書き, シース上で衝撃入力位置(入力点)を決定する。次に, 計測位置からシーすと直角方向の2箇所(入力点から5cm離れた位置)に加速度計を設置し, 波形記録装置に接続する。その後, 衝撃入力装置を用いて衝撃を入力し, コンクリート中を伝播する弾性波を計測(同一箇所ですべて5回)する。計測位置は可能な限り鉄筋から離れた位置とする。

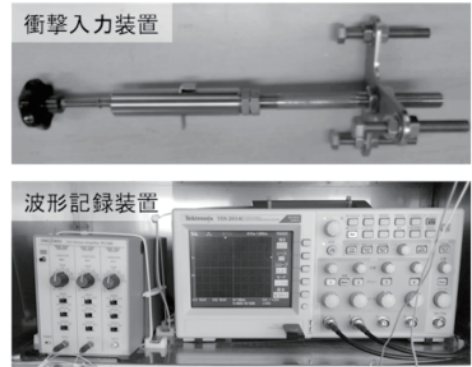


写真-1 計測機械

3. PCグラウト充填調査

3. 1 A橋(ポストテンション方式T桁橋)

(1) 調査概要

本橋は橋長32.26m, 幅員8.33mのポストテンション方式単純T桁橋で1973年に架橋された橋である。全景写真と断面図を写真-2と図-2に示す。



写真-2 全景写真

調査は主に主ケーブル(12φ7mm)を対象とし, その中でも多数の変状が確認されていたG2桁(A2側)を中心に行われた。まず, 1次調査として, インパクトエコー法(以下IE法)によるグラウト充填状況, 削孔調査(シーす削孔+CCDカメラ)によるPC鋼材の健全性の確認が行われた。しかし, 1次調査において, IE法の反射波形が不明瞭であったため, 2次調査が計画され, FITSAが採用された。この時, X線透過法も実施された。また, 2次調査では端部横桁と中間横桁の横締めケーブル(12φ5mm)のグラウト充填状況の調査もFITSAで行った。調査状況を写真-3に示す。

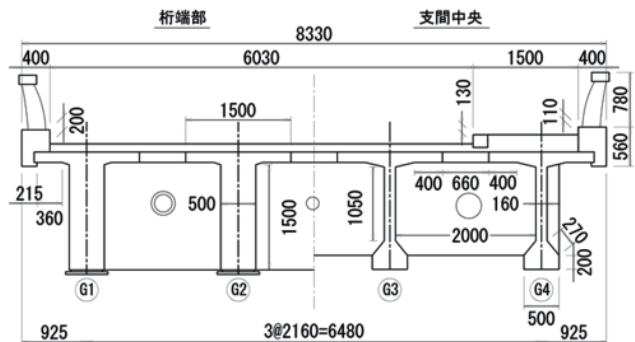


図-2 断面図

(2) 調査結果

FITSAによる調査はG2, G3, G4桁で実施した。調査結果を図-3に, FITSA以外の手法による調査結果を図-4に示す。FITSAによる調査結果では, G2桁で実施したC6, C8ケーブルはいずれも「未充填」(①, ②)という結果だった。G3桁のC2ケーブルは「未充填」(③), G4桁のC2ケーブルは「充填不良の可能性あり」(④)という結果だった。G2桁のC6, C8ケーブルの調査結果について, 位置は異なるものの同ケーブルで実施した削孔調査の結果においても「未充填」という結果を得ていることから, C2ケーブルはケーブル全体にわたってグラウトが未充填であることが予想される。G3, G4桁のC2ケーブルの調査結果について, G2桁の同ケーブルで実施したIE法の結果では「充填」という結果だったが, 同位置で実施した削孔調査の結果においては「未充填」という結果を得ている。このことから, G3, G4桁においてもグラウトが未充填である可能性は十分考えられる。

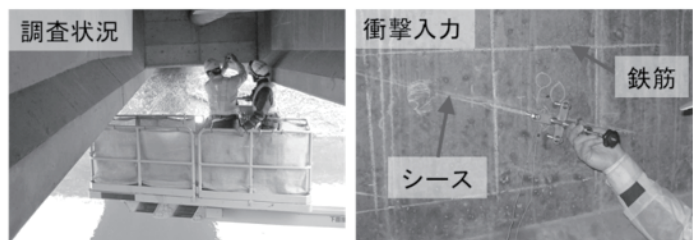


写真-3 調査状況

中間横桁と端部横桁の調査結果について、A1側端部横桁が「未充填」(⑤)と「判定困難」(⑥)，A2側中間横桁のG1-G2間(⑦)，G3-G4間(⑧)いずれも「充填不良の可能性あり」であった。

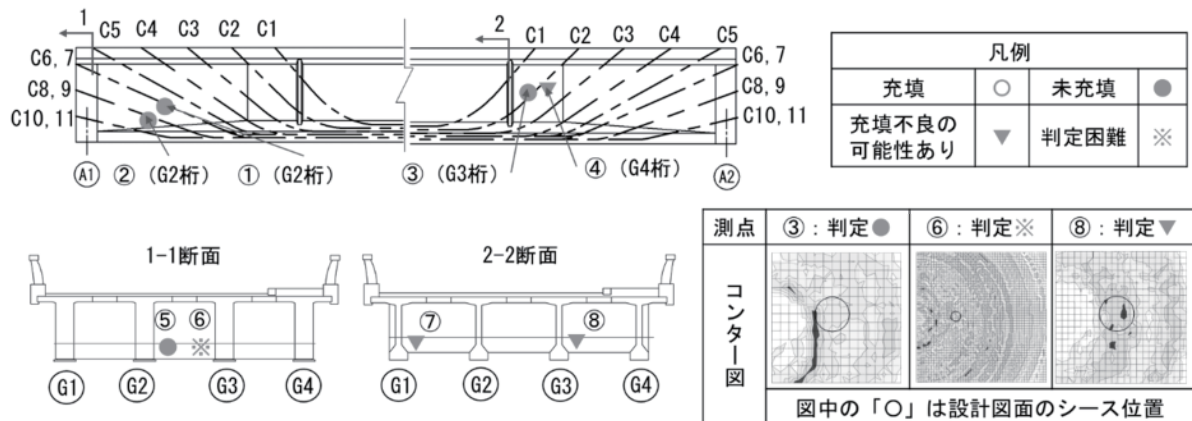


図-3 A橋の調査結果 (FITSA)

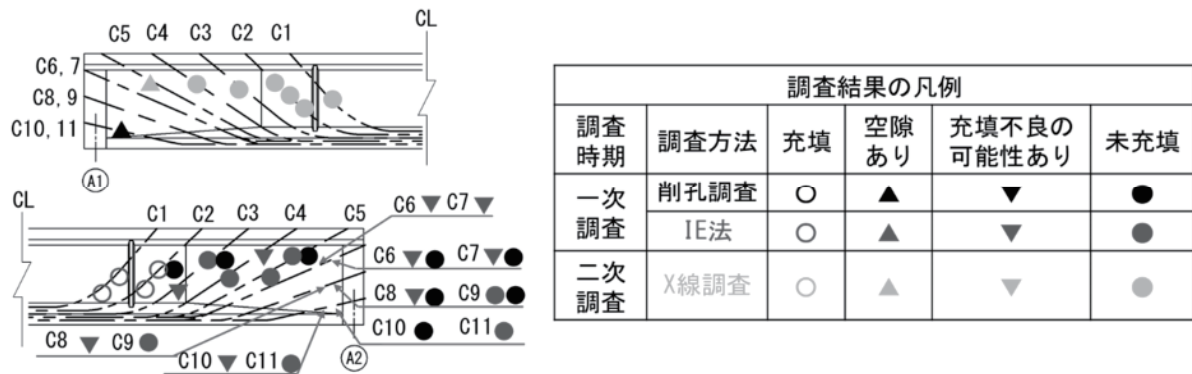


図-4 A橋の調査結果 (FITSA以外)

3. 2 B橋 (ポストテンション方式箱桁橋)

(1) 調査概要

本橋は橋長136.0m，幅員10.6mのポストテンション方式2径間連続箱桁斜張橋(場所打ち)で1997年に架橋された橋である。全景写真と断面図を写真-4と図-5に示す。

上床版に架設ケーブルとして，下床版とウェブに連続ケーブルとしてPC鋼棒(φ32mm)が配置されていた。また，中間横桁に横締めケーブルとしてF230ケーブルが配置されていた。これらのケーブルのグラウト充填調査としてFITSAが採用された。なお，FITSAはコンクリート中の空洞の探査にも適用可能であるため，主ケーブルが多段に配置され，コンクリート打設時の充填確認が困難なウェブ隅角部，および本構造形式にとってプレストレスの保持に極めて重要な部位である斜材定着部後埋め部の空洞調査を併せて実施した。調査状況を写真-5に示す。



写真-4 全景写真

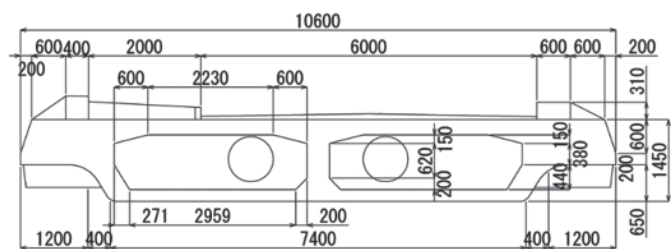


図-5 断面図(標準部)

(2) 調査結果

グラウト充填状況の調査およびコンクリートの空洞調査の結果を図-6に示す。グラウト「未充填」が1箇所 (LS1), 「充填不良の可能性あり」が7箇所 (CW1, CW2, RW1, RW2, CR2, US1, US2), 「判定困難」が2箇所 (CR1, LS2) となった。相対振幅値 y_B が大きな領域が計測面から24~32cmの深さに表れた。

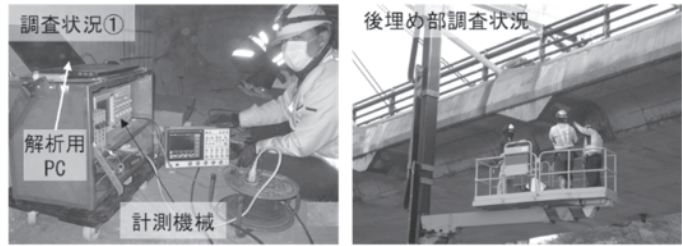


写真-5 調査状況

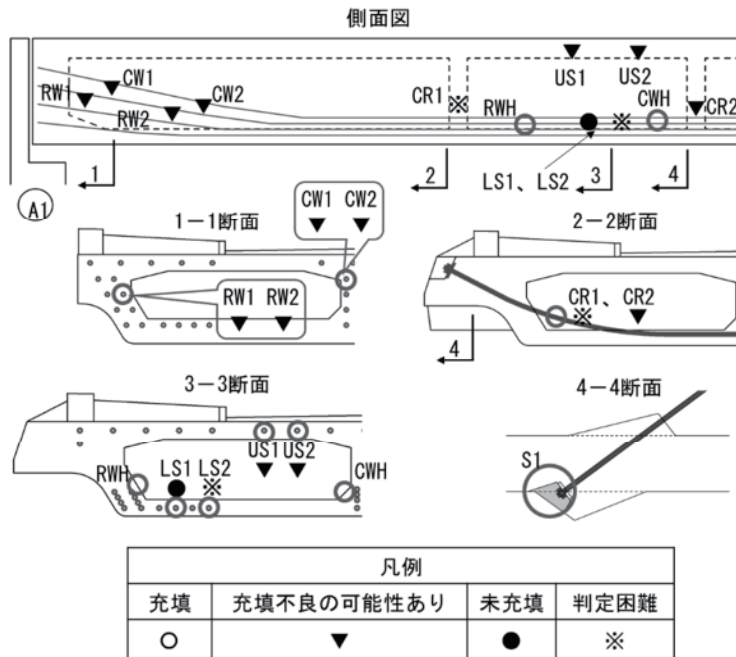
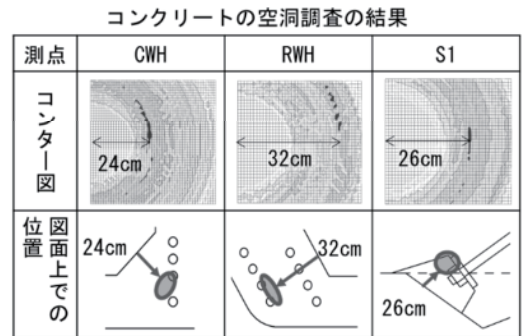
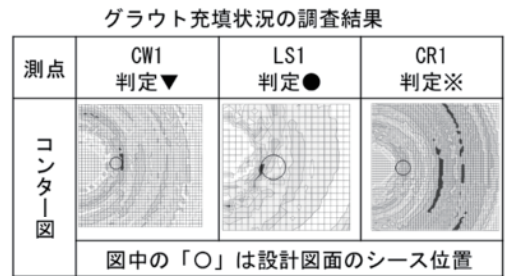


図-6 B橋の調査結果



4. まとめ

今回、2つの構造形式のPC橋 (A橋: ポストテンション方式T桁橋, B橋: ポストテンション方式箱桁橋) において、主ケーブルや横締めケーブルのグラウト充填調査にFITSAが採用された。A橋では従来の調査手法である削孔調査, IE法, X線調査と同時に行われ, 同レベルでの調査と評価が実施できたものと考えている。また, B橋では空隙率が小さいPC鋼棒のグラウト充填調査と, 従来の手法では明確な確認ができないウェブ隅角部, 斜材定着部後埋め部の空洞確認を実施し, 調査結果を得ることができた。FITSAの調査結果をコンター図化 (画像化) する技術は, 評価基準が明確となり, 点検者による評価のバラツキを小さくするとともに, その評価に伴う労力を少なくするものであり, 現在, 国をあげて推進されている省力化による生産性向上に寄与するものと考えている。今後, より一層の展開を図る所存である。そのためにも, 今回の調査で, 今後の改善点として確認することができた, 機械のハンドリング性および調査結果や解析のスピード化を高めていきたいと考えている。

謝辞

FITSAによるグラウト調査の実橋への採用に多大なるご理解と支援をいただいた木津川市, 京丹後市, 京丹波町, およびサンスイコンサルタント(株), 内外エンジニアリング(株), (株)吹上技研コンサルタントの関係者には, ここに感謝の意を示します。また, これまで開発から実用化に至るまで, 多くのご助言と協力をいただいた京都大学 大津政康特任教授には, ここに厚く御礼申し上げます。