

広帯域超音波法を用いた PC 構造物のグラウト充填状況確認調査

西日本旅客鉄道株式会社

正会員 ○湯間 謙次

正会員 柏原 茂

正会員 野村 倫一

株式会社エッチアンドビーシステム

廣瀬 正行

1. はじめに

ポストテンション PC 橋りょうにおいて、グラウトの充填が不十分であるとシース内の鋼材が腐食する可能性があり、最悪の場合、PC 鋼材が破断して落橋に至る恐れがある。その様な状況において、橋りょう建設後に、グラウトの充填状況を確認するために、X 線透過撮影、超音波や弾性波などの非破壊検査手法も開発されているが、現在のところ有効な特定方法には至っていない。そこで、今回新たな検査手法として開発された、広帯域超音波法を用いてグラウト充填状況調査を実施した。広帯域超音波法は、供試体レベルでは有効性が確認されており¹⁾²⁾、本調査では、同手法の有効性について実構造物を用いて検証したので、その結果を報告する。

2. 広帯域超音波法の特徴

本手法の大きな特徴は、5kHz～700kHz と広範な周波数領域を使用して超音波を入力し、グラウト充填の有無をシースから得られた反射波の卓越振動数で判定することである。従来の非破壊検査で判定指標に主に用いられている反射波振幅の大小では、測定対象までの距離、遮蔽物等の影響により誤計測の頻度が高まるという欠点を解消するもので、シース内のグラウト充填状況をより正確に判断できる手法とされている。

3. 測定概要

(1) 対象構造物

測定対象構造物の主要諸元を表-1 に示す。測定対象の3橋りょうは全て、架設後35年経過しており、いずれもひび割れ等の変状が認められる。測定対象部位は、全橋りょうにおいて、両耳桁ウェブ端部とし、橋りょう①のみフランジ下面中央部も併せて測定した。代表例として、橋りょう①の測定対象部位を図-1、2 に示す。

表-1 対象構造物諸元一覧

	橋りょう①	橋りょう②	橋りょう③
架設年	1975年	1975年	1975年
桁形式	ポストテンション単 純I形複線8主桁	ポストテンション単 純I形複線8主桁	ポストテンション単 純T形複線8主桁
スパン	35.2m	45.2m	47.8m
コンクリート強度	45N/mm ²	40N/mm ²	60N/mm ²
シース材料	鋼製	鋼製	鋼製
シース外径	77mm	77mm	77mm
シース純かぶり	端部 100～150mm 中央部 70mm	100mm	84mm
軸方向鉄筋径	D22	D16	D16
スターラップ径	D13	D13	D13

(2) 測定手順

本測定では、電磁波レーダー法にてシース、鉄筋位置を探索した後、グラウト充填状況調査を行った。グラウト充填状況調査の実施手順を以下に記す。

- 1) 測定対象シース上に発信・受信探触子を設置し、探触子の間隔を一定に保った上で、4 地点の計測を行う。
- 2) 各地点で得られたシース反射波を時系列上で加算平均し、周波数分析を行う。
- 3) 卓越振動数スペクトルから卓越振動数を読み取り、グラウトの充填、未充填を判定する(グラウト充填時:15～20kHz 程度、グラウト未充填時:39～45kHz 程度)(図-3、4 参照)。
- 4) 測定実施箇所の一部においてコア削孔を行い、グラウト充填状況を目視確認する。

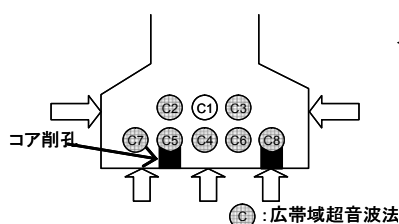


図-1 測定部位(橋りょう①
フランジ下面)

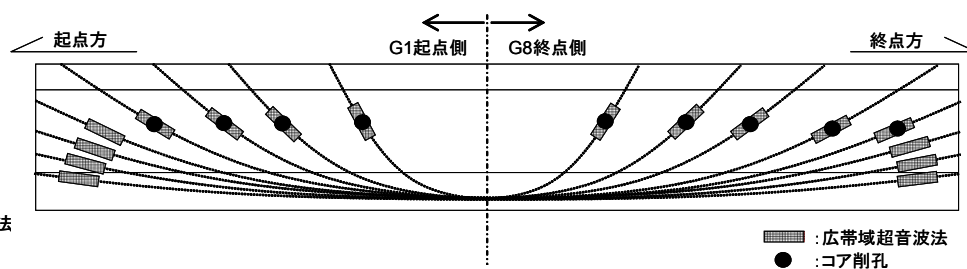


図-2 測定部位(橋りょう①ウェブ)

キーワード PC、ポストテンション、非破壊検査、グラウト、超音波、鉄道

連絡先：〒754-0002 山口県山口市小郡下郷 1357 西日本旅客鉄道株式会社 小郡土木技術センター TEL 083-973-6312

4. 測定結果

(1) 橋りょう別、部位別一致率

広帯域超音波法とコア抜き調査の測定結果を表-2 に記す。表より、広帯域超音波法とコア削孔の一致率は橋りょう①で 8/11 (73%)、橋りょう②で 2/2 (100%)、橋りょう③で 4/5 (80%)であった。測定部位別ではウェブ面で 12/16 (75%)、フランジ下面で 2/2 (100%)であった。

(2) コンクリート表面、内部の劣化の影響

橋りょう①のフランジ下面からの測定結果では、C2～C6 の波形の乱れが大きく、不明瞭な結果が得られた。その理由を以下に考察する。橋りょう①は架設後 35 年が経過しており、部材表面、特にフランジ下面においてひび割れ等の変状が多く確認されていた。そのため、今回得られた結果は、コンクリート表面、内部の変状が影響を及ぼして波形に乱れが生じ、判定しにくい状況であったと考えられる。また、特に波形の乱れが大きいのが C2、C3 であった。C2、C3 のかぶりは、C4～C6 と比較しておよそ 140mm 大きい。したがって、かぶりの大きい分だけ C2、C3 はよりコンクリート内部の変状の影響大きく受けたと推測する。

(3) 測定不能部位

橋りょう①C7・C8、橋りょう②C8、橋りょう③C10・C11 が測定不可能であった。この原因として、橋りょう建設時に端部シースが十分に巻上げられていなかったため、探触子がウェブ面のシース直上に設置できなかったことが挙げられる。

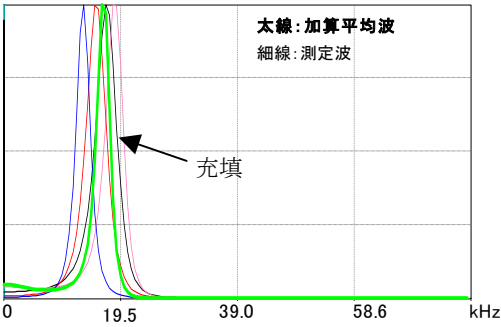


図-3 G1 桁 C4 端部(充填)
卓越振動数スペクトル

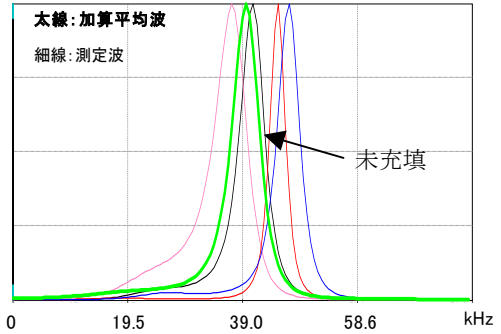


図-4 G8 桁 C8 中央部(未充填)
卓越振動数スペクトル

表-2 測定結果一覧

測定 対象桁	橋りょう①									橋りょう②									橋りょう③								
	G1			G8						G1			G8						G1			G8					
	起点側端部(ウェブ)			終点側端部(ウェブ)			中央(フランジ)			起点側端部(ウェブ)			終点側端部(ウェブ)			終点側端部(ウェブ)			終点側端部(ウェブ)			終点側端部(ウェブ)			終点側端部(ウェブ)		
測定 方法	広帯域 超音波	コア削孔	判定	広帯域 超音波	コア削孔	判定	広帯域 超音波	コア削孔	判定	広帯域 超音波	コア削孔	判定	広帯域 超音波	コア削孔	判定	広帯域 超音波	コア削孔	判定	広帯域 超音波	コア削孔	判定	広帯域 超音波	コア削孔	判定	広帯域 超音波	コア削孔	判定
C1	空	充填	×	充填	充填(滞水)	○	—	—	—	充填	—	—	充填	—	—	充填	充填	○	空	空	○	空	空	○	空	空	○
C2	充填	空(滞水)	×	充填	充填	○	充填	—	—	充填	充填	○	充填	充填	○	空	—	—	空	—	—	空	—	—	空	—	—
C3	充填	空(滞水)	×	充填	充填	○	充填	—	—	充填	—	—	充填	—	—	空	充填	×	空	空	○	空	空	○	空	空	○
C4	充填	充填	○	空	空	○	空	—	—	充填	—	—	充填	—	—	空	—	—	空	—	—	空	空(滞水)	○	空	空(滞水)	○
C5	充填	—	—	充填	充填	○	充填	充填	○	充填	—	—	充填	—	—	空	—	—	空	—	—	空	—	—	空	—	—
C6	充填	—	—	充填	—	—	充填	—	—	充填	—	—	充填	—	—	空	—	—	空	—	—	空	—	—	空	—	—
C7	測定不能	—	—	測定不能	—	—	空	—	—	充填	—	—	充填	—	—	空	—	—	空	—	—	空	—	—	空	—	—
C8	測定不能	—	—	測定不能	—	—	空	空	○	測定不能	—	—	測定不能	—	—	空	—	—	空	—	—	空	—	—	空	—	—
C9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	空	—	—	空	—	—	空	—	—	空	—	—
C10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	測定不能	—	—	測定不能	—	—	測定不能	—	—	測定不能	—	—
C11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	測定不能	—	—	測定不能	—	—	測定不能	—	—	測定不能	—	—

5. まとめ

今回の調査結果により、実構造物において広帯域超音波法を用いた、PC 桁グラウト充填状況確認の有効性が確認できた。以下に、今後の課題を述べる。

- (1) 計測実績を今後も増やしていき、精度の確認に努める。
- (2) コンクリート表面・内部の劣化状況及び、反射波に及ぼす影響について検証していく。
- (3) 探触子間隔や超音波伝達媒質の塗布量等を取決め、現場作業マニュアルを作成して測定精度の向上に努める。
- (4) 1 パーティ/日当りの計測可能数が 1～2 主桁と少ないため、計測スピードの向上を検討していく必要がある。

参考文献

1) 原幹夫 ほか：広帯域超音波法を用いた PC グラウトの充填度測定，第 12 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.61-64，2003.10

2) 竈本武弘 ほか：せん断 PC 鋼棒のグラウト充てん度非破壊検査方法の適用性検証，プレストレストコンクリート技術協会第 18 回シンポジウム論文集，pp.371-374，2009.10