鉄道橋ＰＣ桁実橋における衝撃弾性波法を用いたグラウト充填調査の一考察

東海旅客鉄道株式会社　正会員　○佐藤　浩二
東海旅客鉄道株式会社　正会員　　齊藤　浩二
東海旅客鉄道株式会社　正会員　　酒井　賢二
ジェイアール東海コンサルタンツ　正会員　　神田　政男
ジェイアール東海コンサルタンツ　正会員　　中垣　登

１．はじめに

ＰＣ桁スラブ横締め鋼棒シース内のグラウト充填状態を確認する検査手法は、従来、Ｘ線透過試験、シースへの削孔による目視検査が主として採用されてきた。しかし、これら検査手法を鉄道に適用するにあたっては、バラスト等の支障物を撤去することによる手間、コスト等の問題点がある。そこで、本研究では簡易に測定が可能である非破壊検査法の１種である衝撃弾性波法を用い、ＰＣ桁実橋において、グラウト充填状態が判別できるか検証を行った。特に、かぶりコンクリートの状態により、Ａ：未ハツリ、Ｂ：入力側ハツリ、Ｃ：入出力両側ハツリ、の３パターンで測定し、未ハツリと両側ハツリの測定を比較することで、グラウトの充填状態が同精度で判別できるかどうかを検証したので、その概要を報告する。

２．測定概要

測定橋梁　２主桁　支間 25m　線路直角延長　上り 5200（鋼棒 5000）　下り 5700（鋼棒 5500）mm

測定対象　スラブ横締め鋼棒　Φ24　　シース　Φ35　mm

測定条件　同一鋼棒に対して、Ａ：未ハツリ　Ｂ：入力側ハツリＣ：入出力両側はつり　の３パターンの測定を実施した。各測定パターン別の打撃位置、センサー位置を**表 2－1** に示す。

表 2－1　測定パターン別　打撃・センサー位置

アンカープレート下は最もかぶりコンクリート厚が薄いためこの位置に決定した

測定パターン	打撃位置	入力側センサー位置	出力側センサー位置
A 未ハツリ	アンカープレート下	アンカープレート下	アンカープレート下
B 入力側ハツリ	鋼棒端部	鋼棒端部	アンカープレート下
C 入出力両側ハツリ	鋼棒端部	鋼棒端部	鋼棒端部

３．測定結果と考察

(1) 境界値の設定

表 3－1 は各測定パターンにおける、入出力比・伝播速度と、過去に実施しているＸ線透過試験結果を対比させた一覧である。ここで、入出力比とは、入力側、出力側、両センサーで受振された波形の最大振幅値の比率である。

Ｘ線透過試験で、グラウト充填状態が良好と判断されるものの内、入出力比と伝播速度が最大となるものを参考に基準値を設定し、これより小さな値について、良好である可能性が高いものとして評価した。以下に、今回設定した測定パターン毎の境界値を示す。

Ａ：入出力比（$\times 10^{-2}$）　0.500　　伝播速度（ｍ／ｓ）　4270

Ｂ：入出力比（$\times 10^{-2}$）　0.600　　伝播速度（ｍ／ｓ）　4360

Ｃ：入出力比（$\times 10^{-2}$）　0.900　　伝播速度（ｍ／ｓ）　4520

表 3－1　　入出力比・伝播速度と過去実施のＸ線試験結果

A:未ハツリ　B:入力側ハツリ　C:入出力両側ハツリ　　充填で最大値

線別	鋼棒No.	入出力比（×10⁻²） A	B	C	伝播速度（m/s） A	B	C	Ｘ線撮影
上り	5	0.329	0.357	0.533	4180	4200	4330	
	10	0.344	0.500	**0.894**	4200	4240	4490	充填
	19	0.758	0.403	0.288	4330	4340	4410	
	28	0.311	0.221	0.386	4120	4170	4470	充填
	32	0.056	0.094	0.792	4020	4100	**4520**	充填
	47	0.366	0.210	0.762	4100	4100	4490	充填
	54	1.011	1.189	0.795	4270	4500	4530	
下り	4	0.435	0.434	0.168	**4270**	4350	4470	充填
	13	0.087	**0.593**	0.668	4170	4180	4480	充填
	22	0.197	0.160	0.182	4180	4350	4450	
	30	0.417	0.531	1.277	4300	4260	4480	
	34	0.037	0.265	0.347	4200	4420	4470	
	37	0.244	0.169	0.154	4260	**4360**	4380	充填
	41	0.659	0.670	1.250	4140	4170	4520	
	46	1.720	19.419	13.611	4910	4950	5170	
	54	**0.485**	0.162	0.121	4250	4320	4360	充填

キーワード：ＰＣ桁、衝撃弾性波法、鉄道橋、グラウト状態確認

〒533－0031　大阪府大阪市東淀川区西淡路１丁目２番 56 号　新大阪駅構内　東海旅客鉄道株式会社　tel.06-6307-0512

(2) 各測定パターンにおける伝播速度での充填状態評価比較

図 3−1 は、各測定パターンにおける鋼棒毎の伝播速度を示しており、図中、水色、緑色、赤色の横線は (1) で定めた各測定パターンの境界値である（各測定パターンはそれぞれ A, B, C と略記)。

これを見ると、鋼棒Ｎｏ下 30 のように、同一鋼棒でも各測定パターンでグラウト充填状態評価が異なるものが確認できる。同様の傾向が上 19、上 54、下 34 でも見られる。

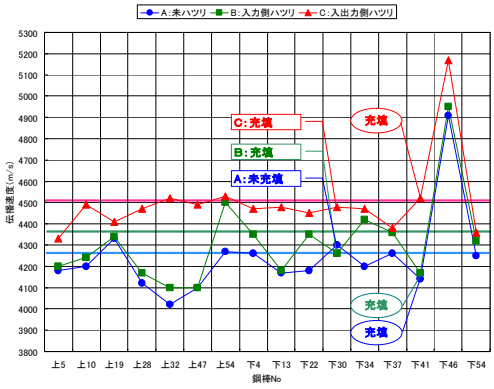

図 3−1　伝播速度での充填状態評価

(3) 各測定パターンにおける入出力比での充填状態評価比較

図 3−2 は各測定パターンにおける鋼棒毎の入出力比を示している。これを見ると、(2) と同様、鋼棒Ｎｏ下 30 で各測定パターンのグラウト充填状態評価が異なる。上 19、上 54 も同様である。

(4) 伝播速度と入出力比の充填状態評価の相互比較と考察

図 3-1 と図 3-2 のグラウト充填状態評価を比較すると、Ｎｏ下 41 に見られるように、伝播速度では「充填」、入出力比では「未充填」と充填状態評価が一致しないものがある。同様な傾向が上 19、上 54、下 30、下 34 でも見られる。

このことから、伝播速度と入出力比の評価指標をそれぞれ単独で用い、グラウト充填状態評価を行うと、判定が一定しない可能性がある。

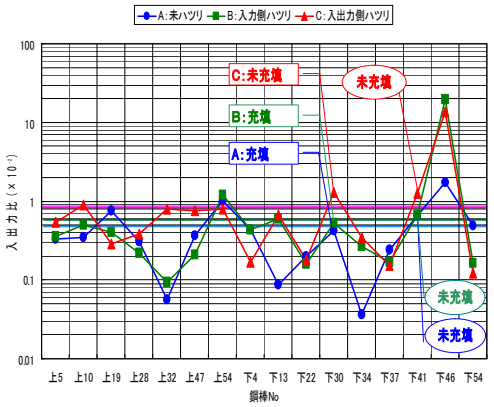

図 3−2　入出力比での充填状態評価

(5) 伝播速度＋入出力比を用いた充填状態評価と考察

図 3-3 は、横軸：伝播速度、縦軸：入出力比としてＡとＣの測定結果をプロットしたものである。図中の水色がＡの、赤色がＣの境界値以内の領域であることを示している（Ｂについてはグラフが煩雑化するため省略している)。また、凡例に示すとおり、Ａ、Ｃそれぞれの境界領域を超えたものをＡ：◆、Ｃ：●として塗りつぶしている。

これに鋼棒Ｎｏを対応させると、Ａ，Ｃの充填・未充填の判定が、鋼棒Ｎｏ下 54 を除いて一致している。つまり、伝播速度＋入出力比の２指標で評価をすることにより、判定精度が高められることが分かる。また、２指標での判定を用いればＡ（未ハツリ）の測定でもＣ（両側ハツリ）と同じ評価となることが確かめられた。なお、下 54 については、防音壁支柱のアンカーボルトが鋼棒端部に接触していた可能性があり、弾性波測定がうまく行えなかったものと考えている。

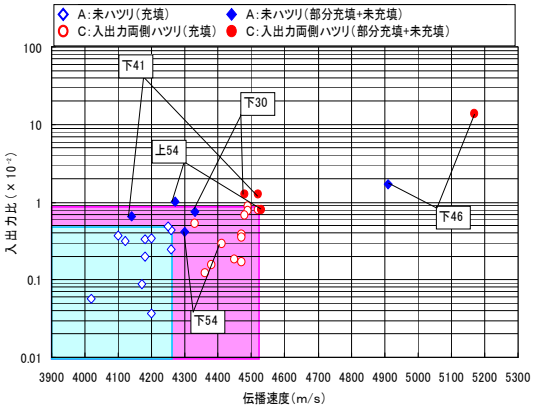

図 3−3　伝播速度+入出力比での評価

4．まとめ

横締め鋼棒シース内のグラウト充填状態を確認するための衝撃弾性波法の活用に関して、ＰＣ桁実橋で試行を行った。本ケースでは、未ハツリの状態における「伝播速度」+「入出力比」の２指標で評価を行うことで、それぞれ単独の指標で判定するよりも精度が高まり、両側ハツリと同じ判定が出来ることが分かった。

この手法は、桁への損傷を与えずさらに調査作業も容易なため、活用の可能性は大きいと期待される。今後はさらに測定データを蓄積し、桁ごとの境界値の差異や判定精度について、検証を深度化する予定である。