

技術番号 BR020019

技術名 衝撃弾性波法による横締めグラウト充填調査

開発者名 一般財団法人首都高速道路技術センター
首都高速道路株式会社
アイレック技建株式会社

試験日 令和6年 11月 18日 天候 くもり 気温 14 °C 風速 6 m/s

試験場所 某敷地内(東京都) 構造物名 PC桁供試体(5本)

カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 グラウト未充填(弾性波の振幅、伝播速度) 試験区分 -

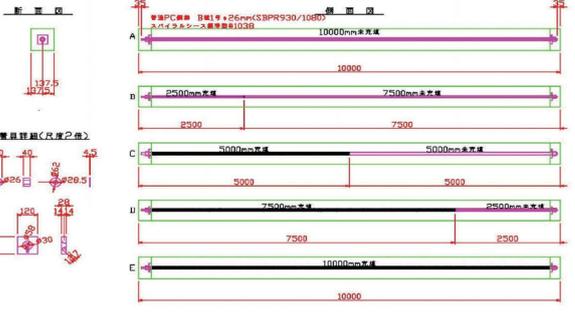
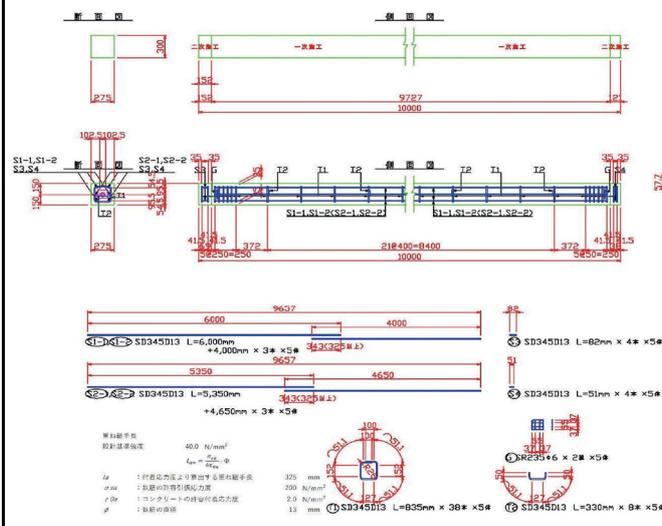
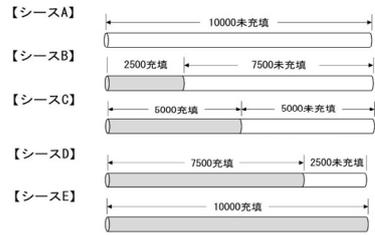
試験で確認するカタログ項目 計測性能(性能値)

対象構造物の概要

グラウト充填状況が既知の供試体5本



鋼材	シース内径	緊張力
B種1号φ26 (SBPR930/1080)	2010年 PC定着工法 38mm	588.6 (N/mm ²) (60.0kgf/mm ²)

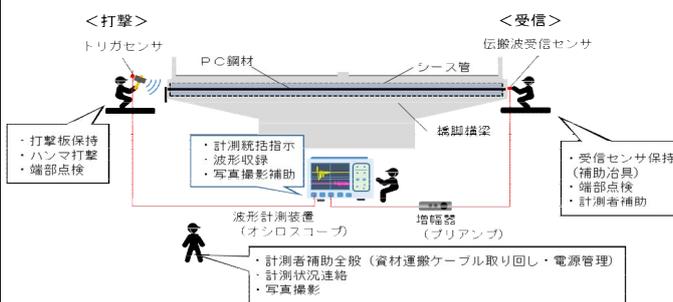


供試体は1本あたり、長さ10m・高さ30cm・幅27.5cm・重量約1.9t

- ① オシロスコープを据え置き、各センサーとアンプを接続後、配線する。
- ② 端部コンクリートの片側に接触媒質を塗布し、鉄板を押し当て、もう片面の端部コンクリートに接触媒質を塗布し、受信用センサーを押し当てる。
- ③ 鉄板をハンマーで打撃し、1供試体につき、片側10回、両側で計20回の伝播波計測を行う。
- ④ 伝搬速度を算出、波形解析(高周波成分の有無の確認)を行い、PCグラウト充填状況を判定する。

開発者による計測機器の設置状況

波形収録



打撃



受信



供試体全景



検証全景



モニター(オシロスコープ)



増幅器



電源



打撃側



当て金具



受信側



a) 型枠設置・配筋



b) 打設



c) 脱型



d) 緊張



e) グラウト注入



f) 後打ち打設

※供試体は工場にて製作。製作時の立会いは無



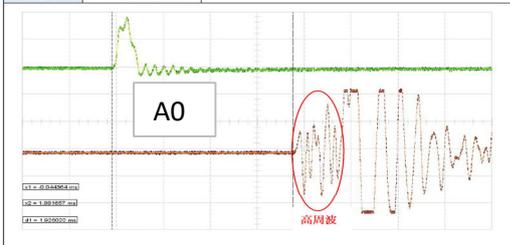
1.伝搬速度について

供試体		A0		B25		C50		D75		E100	
打撃方向		L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
音速	(m/s)	5218.11	5214.55	4892.82	4841.40	4561.51	4384.65	4389.84	4341.23	4358.13	4385.03
平均音速	(m/s)	5216.33		4867.11		4473.08		4365.54		4371.58	
平均音速差	(m/s)	A0 - B25		B25 - C50		C50 - D75		D75 - E100		▲ 6.04	

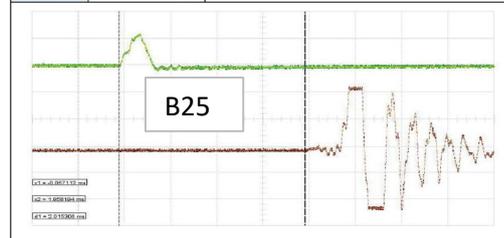
衝撃弾性波の理論的にはグラウト充填度が高いほど、伝播速度および音速が小さな値を示し遅くなること
が想定されたが、調査結果は、 $V(A0) > V(B25) > V(C50) > V(D75) < V(E100)$
となり、D75(75%充填)とE100(100%充填)の間で想定とは異なる結果となった。ただし、その差分は6.04
(m/s)であり、100%充填の方が遅い速度となるとはいえない。
結論として、充填度0%~75%までは衝撃弾性波による調査が有効であり、75%以上充填されている場合に
は、充填度と音速の間に明確な相関関係を確認することができなかった。

2.高周波成分について

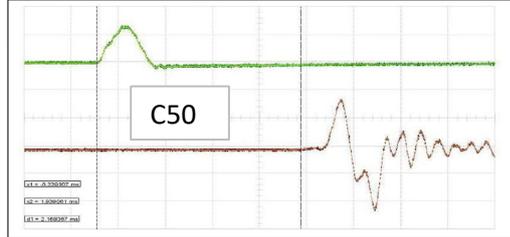
ファイル名	M00009
伝播時間 t	1.926020 (ms)
音速 L/R	5,192.05 (m/s)



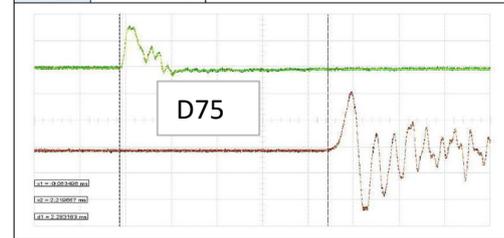
ファイル名	M00001
伝播時間 t	2.015306 (ms)
音速 L/R	4,967.03 (m/s)



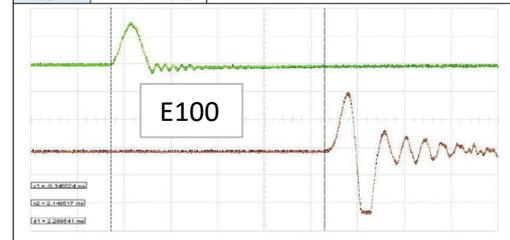
ファイル名	M00000
伝播時間 t	2,188367 (ms)
音速 L/R	4,611.76 (m/s)



ファイル名	M00000
伝播時間 t	2,283163 (ms)
音速 L/R	4,379.89 (m/s)



ファイル名	M00000
伝播時間 t	2,289941 (ms)
音速 L/R	4,367.69 (m/s)



高周波成分が計測されるものは未充填と判定する。上図には、A0~E100供試体の波形の一例を示す。今
回の調査において、A0供試体では高周波が計測されたが、B25~E100の供試体で高周波が計測されな
かった。

B25~E100の供試体で高周波が計測されなかったのは、供試体が2024年4月に設置され、かつ活荷重等
を受けていないためシーズ孔内のグラウトが健全であるためと考えられる。

以上より、伝搬速度と高周波成分の2つの情報から判断すると、グラウト充填状況が50%までは未充填と
判定された。グラウト充填状況が75%以上のものは充填と判定された。

技術番号 BR020019

技術名 衝撃弾性波法による横締めPCグラウト充填調査

開発者名 一般財団法人首都高速道路技術センター
首都高速道路株式会社
アイレック技建株式会社

試験日 令和3年 4 月 16 日 天候 晴れ 気温 - °C 風速 - m/s

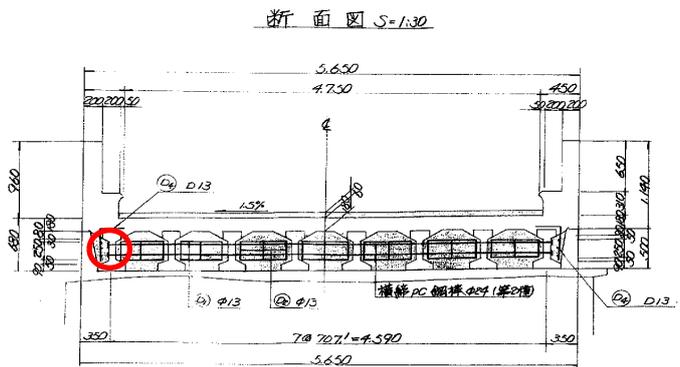
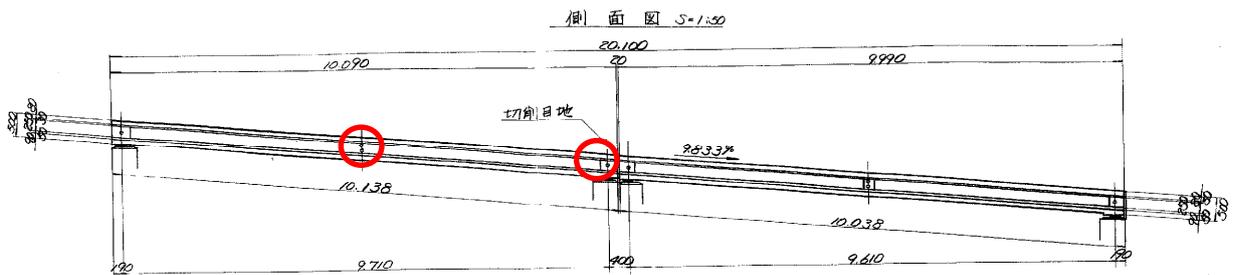
試験場所 某橋梁(東京都)

カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 グラウト未充填 試験区分 -

試験で確認する
カタログ項目 計測精度

対象構造物の概要

橋梁形式: プレテンPC単純合成桁橋・2連



対象径間: 第1径間

計測対象部材: PC横締め鋼材(端部、中間)

試験方法(手順)	技術番号	BR020019
①	計測機器の搬入(写真-2:ドリル、給水ポンプ、電源)	
②	削孔作業(写真-3:端横桁)	
③	削孔状況(写真-4:中間横桁)	
④	削孔状況(写真-5:端横桁)	
⑤	削孔部をファイバースコープで撮影し、PCグラウト充填状況を確認する。	

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3

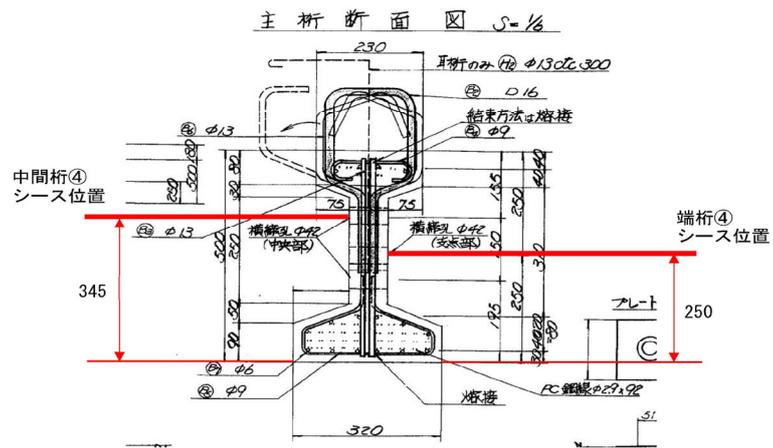


写真-4



写真-5

※削孔位置

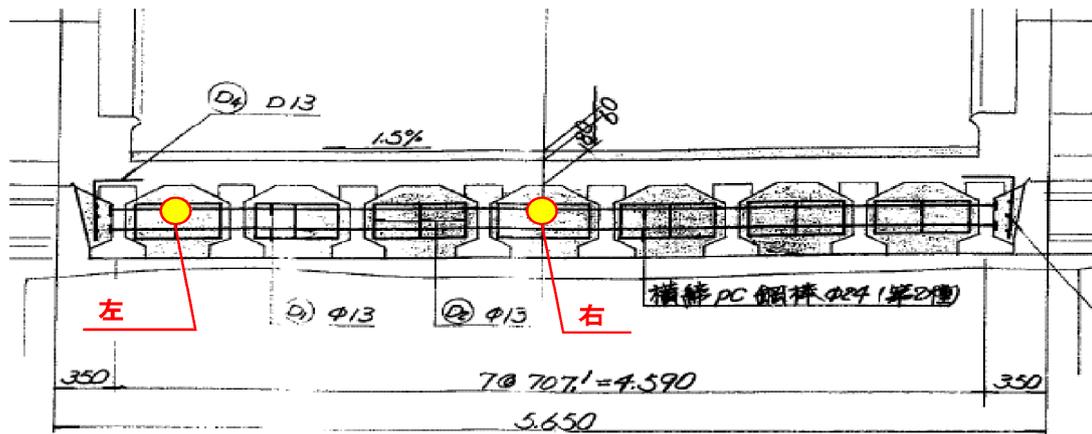


削孔箇所

中間桁②

左 : G1-2 桁間

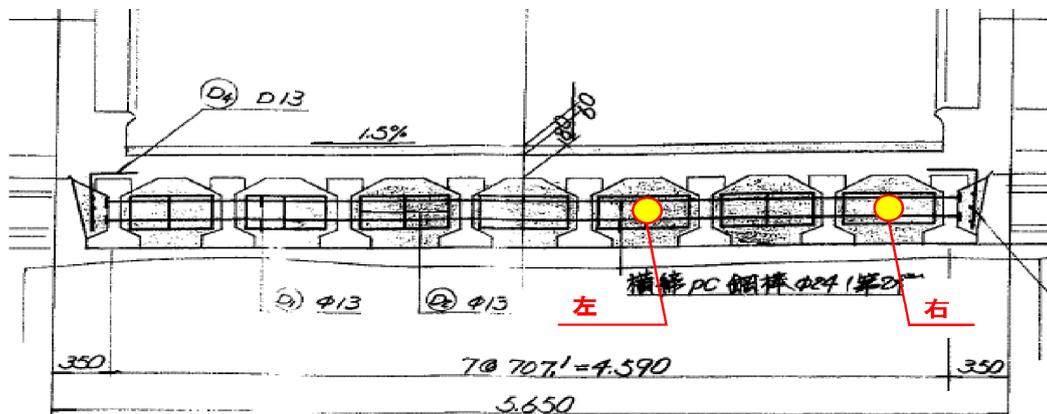
右 : G4-5 桁間



端桁④

左 : G5-6 桁間

右 : G7-8 桁間



※計測レンジ

横締め4.59mを確認

※計測精度

調査結果

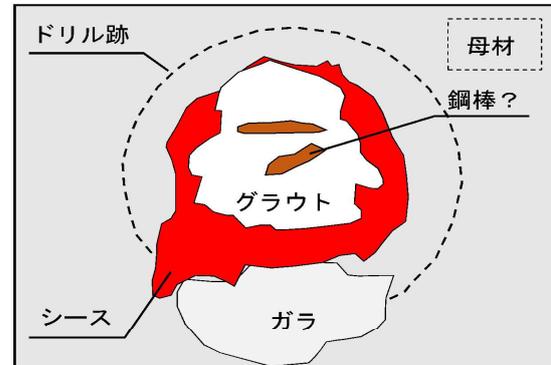
削孔目視調査結果一覧表

径間	シース	左・右	判定 (削孔箇所)	判定 (シース)	(参考) 弾性波法 測定結果
向 136-6～向 136-7	中間桁②	左	充填	未充填	未充填
		右	未充填		
	端桁④	左	充填	充填	充填
		右	充填		

中間桁② 左 判定：充填



ファイバースコープ撮影画像

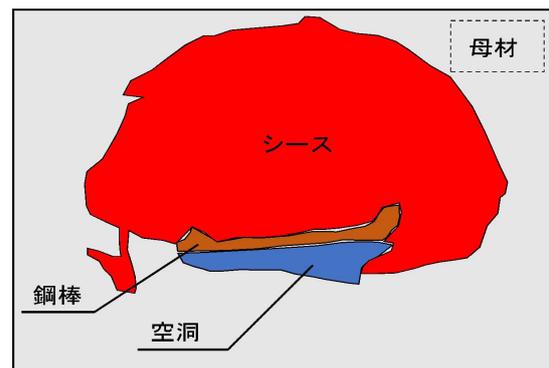


模式図

中間桁② 右 判定：未充填



ファイバースコープ撮影画像



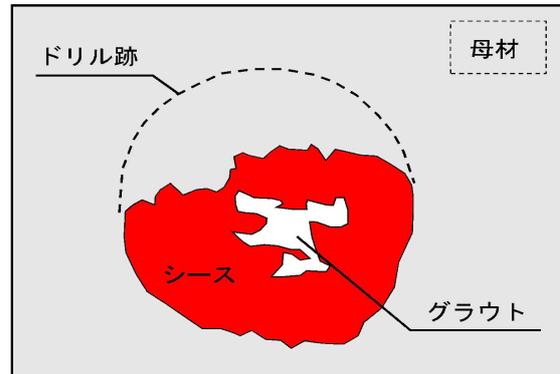
模式図

- 中間桁②左の削孔目視調査結果では、グラウトが確認され、充填と判断される。
- 右の削孔目視調査結果は、シースの下部に空洞を確認した。鋼棒も確認され、グラウトが未充填であることを確認した。
- よって、中間桁②の鋼棒はグラウトが部分的に未充填であると考えられる。

端桁④ 左 判定：充填



ファイバースコープ撮影画像

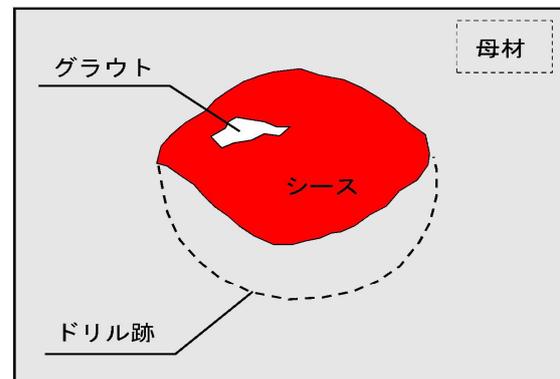


模式図

端桁④ 右 判定：充填



ファイバースコープ撮影画像



模式図

- 端桁④左・右の削孔目視調査結果でグラウトが確認され、どちらも充填と判断される。
- よって、端桁④の鋼棒はグラウトが全体的に充填であると考えられる。

技術番号	BR020019
------	----------

技術名	衝撃弾性波法による横締めPCグラウト充填調査	開発者名	一般財団法人首都高速道路技術センター 首都高速道路株式会社 アイレック技建株式会社
-----	------------------------	------	---

試験日	令和3年 4 月 13 日	天候	晴れ	気温	- °C	風速	- m/s
-----	---------------	----	----	----	------	----	-------

試験場所	某橋梁(東京都)						
------	----------	--	--	--	--	--	--

カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	グラウト未充填	試験区分	現場試験
--------	---------	------	------	---------	------	------

試験で確認する カタログ項目	動作確認
-------------------	------

対象構造物の概要

橋梁形式: プレテンPC単純合成桁橋・2連

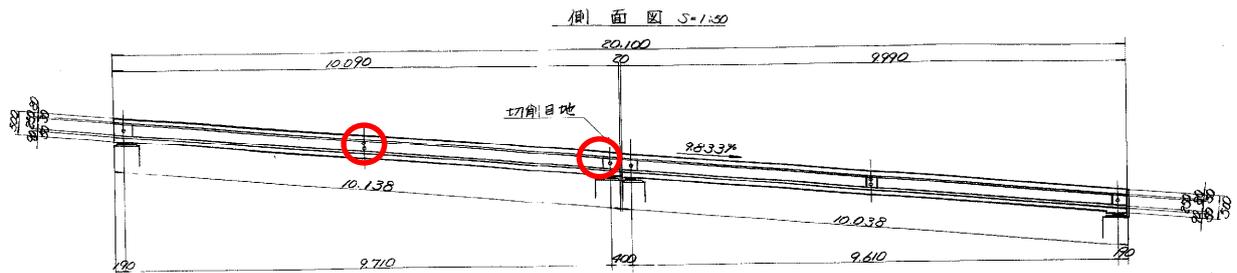
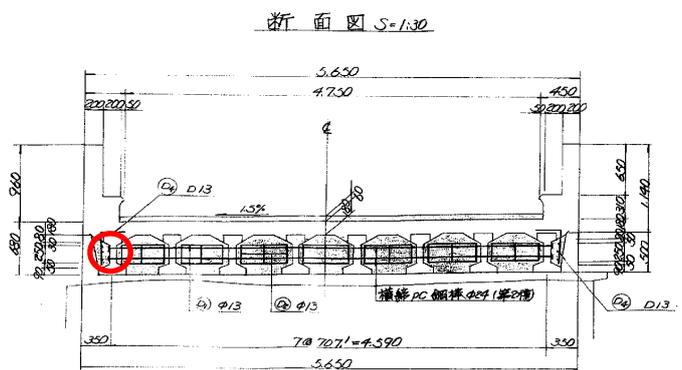


写真-1 全体一般図



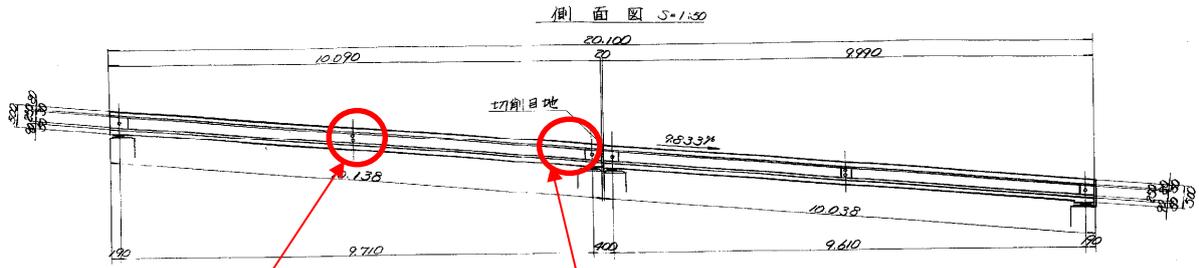
対象径間: 第1径間

計測対象部材: PC横締め鋼材(端部、中間)

- ① 計測機器の搬入(写真-2:電磁波レーダ)(写真-3:AEセンサ、ハンマー、あて鋼板)
- ② PC定着部の確認:電磁波レーダで位置を確認する。
- ③ 計測状況:PC定着頭部をハンマーで叩きAEセンサで計測する。(写真-4)
- ④ 計測状況:AEセンサによる弾性波をPCモニターで確認し、データを保存する。(写真-5)
- ⑤ 後日、計測結果を解析し、PCグラウトの充填・未充填を評価する。

開発者による計測機器の設置状況

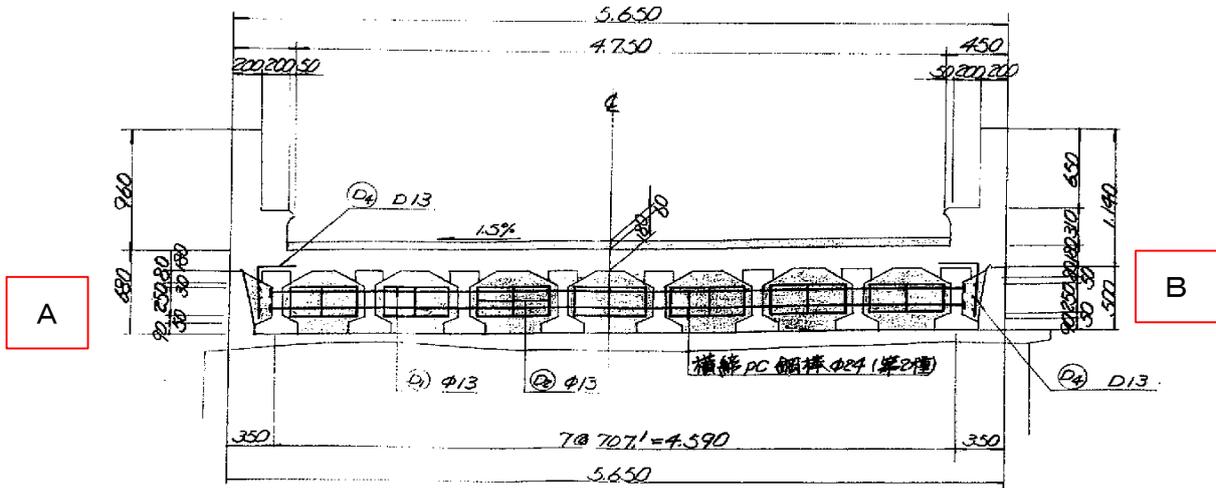




中間横桁 ②、③

端横桁 ④

断面図 S=1:30



※計測結果

調査結果

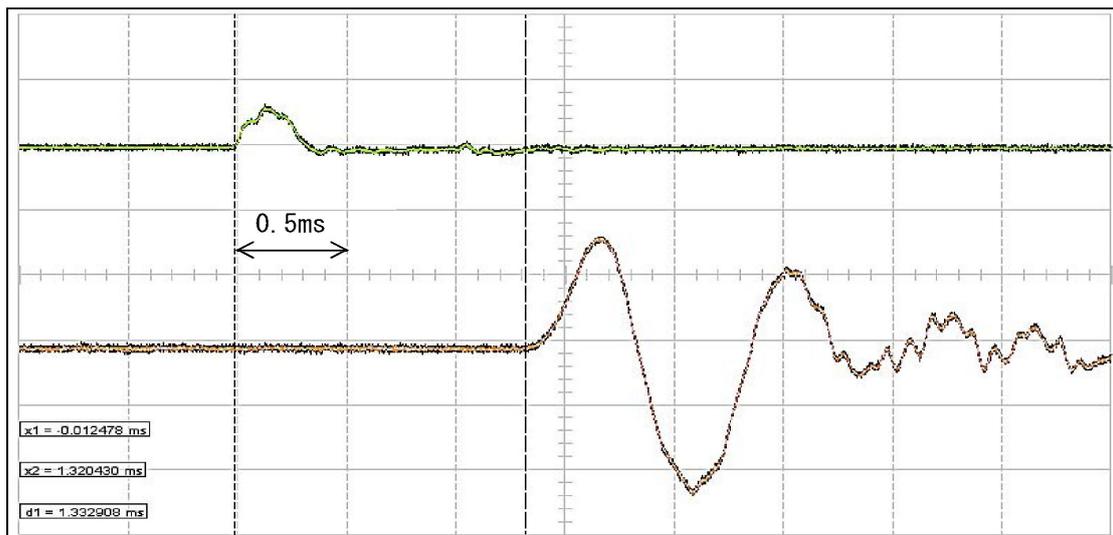
調査結果一覧表

径間	シース	伝播速度[m/s]	高周波成分		判定
			A 側	B 側	
	中間桁②	4480.12	有	有	未充填
	中間桁③	4760.40	有	有	未充填
	端桁④	3881.26	無	無	充填

今回計測した結果得られた受信波形のうち、代表的な波形を以下に示す。

(1) 高周波成分が含まれない波形

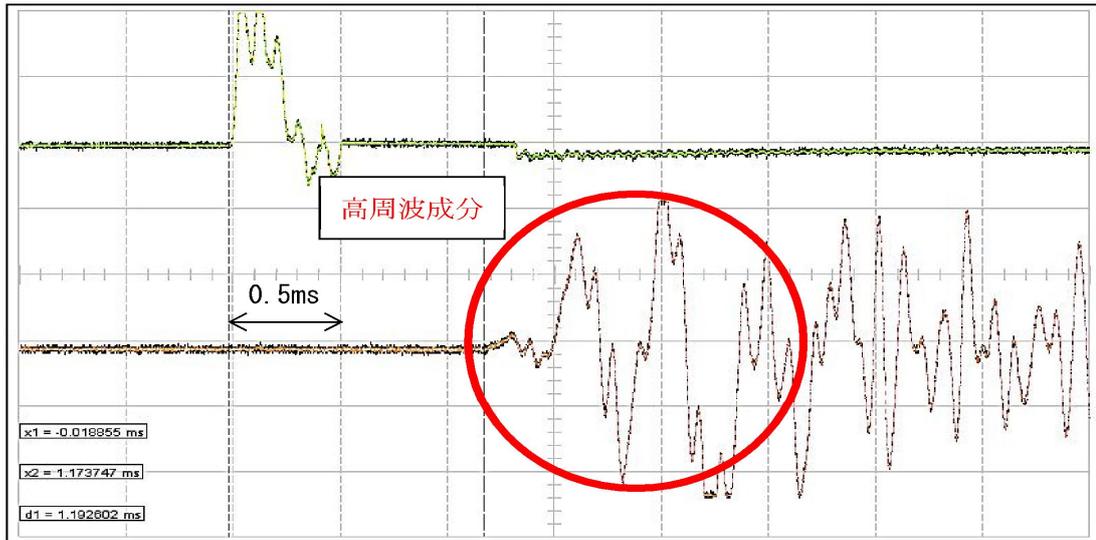
A 側打撃 向 136-6~136-7 間 端桁④ 伝播速度 3976.27.m/s



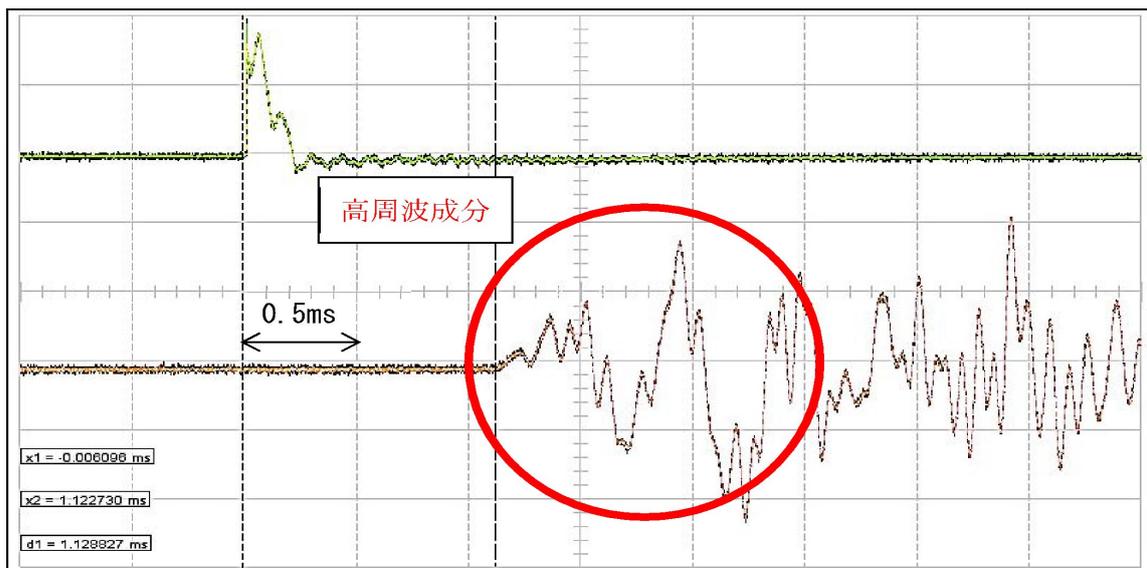
端桁④では、A 側打撃、B 側打撃ともに高周波成分の含まれない波形を計測された。伝播速度は平均値で 3,939m/s (A 側打撃)、3,824m/s (B 側打撃) であり、平均的なコンクリート中の弾性波伝播速度である 4000m/s に近い値となっていることから、グラウトが正常に充填されている可能性が高いと考えられる。

(2) 高周波成分が含まれる波形

A 側打撃 向 136-6～向 136-7 径間 中間桁② 伝播速度 4444.06m/s



A 側打撃 向 136-6～向 136-7 径間 中間桁③ 伝播速度 4695.14.m/s



中間桁②、中間桁③では、A 側打撃、B 側打撃ともに、上図のような高周波成分が前方に含まれる波形を計測した。中間桁②の伝播速度は平均値で 4,468m/s (A 側打撃)、4,492m/s (B 側打撃) が計測された。中間桁③の伝播速度は平均値で 5,061m/s (A 側打撃)、4,460m/s (B 側打撃) が計測された。特に中間桁③の A 側打撃が高い値を示している。いずれも平均的なコンクリート中の弾性波伝播速度である 4,000m/s を超える値であった。

中間桁②、中間桁③ともに計測結果は、伝播速度が早く、初動周波数に高周波振幅を示していることから、グラウトが正常に充填されていない可能性が高いと考えられる。