

報告 防音壁を用いた既設PC桁のたわみ低減効果の検討

池野 誠司^{*1}・小林 薫^{*2}・金田 淳^{*3}

要旨：新幹線の速度向上計画に対する既設PC桁のたわみ量の低減対策として、防音壁を用いた既設PC桁のたわみ低減効果の検討を行っている。防音壁は一定間隔で目地が設けられており、列車荷重載荷時には防音壁に応力が伝達しない構造となっている。そこで、防音壁目地部の変形を拘束することで、桁と一体として挙動し剛性を増加させる構造の検討を行った。具体的には目地部を切断し、そこに無収縮モルタルを充填させる構造とした。試験施工の結果、列車通過時の桁中央部のたわみ量が、試験施工前と比較し5割程度に低減されたことが確認できた。

キーワード：新幹線高速化、たわみ低減、PC桁、防音壁、剛性増加

1 はじめに

現在、新幹線の運転速度向上を目指した取り組みを継続的に行っており、2005年度からは新幹線高速試験電車による走行試験を実施している。一般に車両の走行速度の増加に伴い、橋りょうに生じる動的応答は大きくなる傾向にあり、それに対応し高速走行時の設計法や動的挙動に関する研究が行われている¹⁾²⁾。ここで、新幹線の速度向上が計画されている新幹線構造物は、設計最高速度を260km/hとして建設されていることから、高速走行に伴う動的挙動の影響に対応する必要がある。

本報告は、新幹線の高速度運転に関連し、試験的に実施した防音壁を用いた既設PC桁のたわみ低減効果の検討実施内容について報告するものである。

2 振動低減工法概要

2.1 対象橋りょう

防音壁を用いた既設PC桁のたわみ対策の試験施工は、東北新幹線の既設PC桁で実施した。本PC桁は地域道路と斜角で交差することから、上下線別の単線構造（4主

桁）となっている。また、桁のスパン21.2mに対し、空頭制限により桁高は1mに抑えられており、一般的なPC桁と比較してスパンに対する桁高の比が小さいものとなっている。本PC桁の諸元を表-1に、一般図を図-1に示す。

2.2 対策工の概要

列車通過時のたわみを低減させるためには、桁剛性を向上させる必要がある。剛性を向上させる方法としては、主桁の増加等の対策が考えられるが、現実的な対策ではない。ここで、本PC桁では現場で打設された鉄筋コンクリートの防音壁があることに着目し、これを活用する方法を検討した。



写真-1 防音壁目地

防音壁は写真-1、図-2に示すとおり、一定間隔で目地が設けられており、列車荷重載荷時には防音壁に応力が伝達しない構造となっている。この防音壁は床版部から連続し2-D13@150が配筋されており、曲げせん断に対し十分な配筋状態であると考えたことから、目地部の変形を拘束し、桁と一体として剛性を増加させる方法を検討した（図-3）。

表-1 橋りょう諸元

構造形式	上路PC単線4主桁
橋長	22.0
支間長	21.2
桁高	1.0
線形	直線
設計最高速度	260km/h
設計列車荷重	N-18,P-19
設計衝撃係数	0.366
コンクリート設計基準強度	桁:40N/mm ² , 桁間部:30N/mm ² 地覆・ダクト:24N/mm ²
PC鋼材	主方向:12-Φ12.4(SWPR7A) 横方向:Φ23(SBPR 95/110)

*1 東日本旅客鉄道(株) JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 主席 (正会員)

*2 東日本旅客鉄道(株) JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 課長 博(工) (正会員)

*3 東日本旅客鉄道(株) 総合企画本部 技術企画部 主席 (正会員)

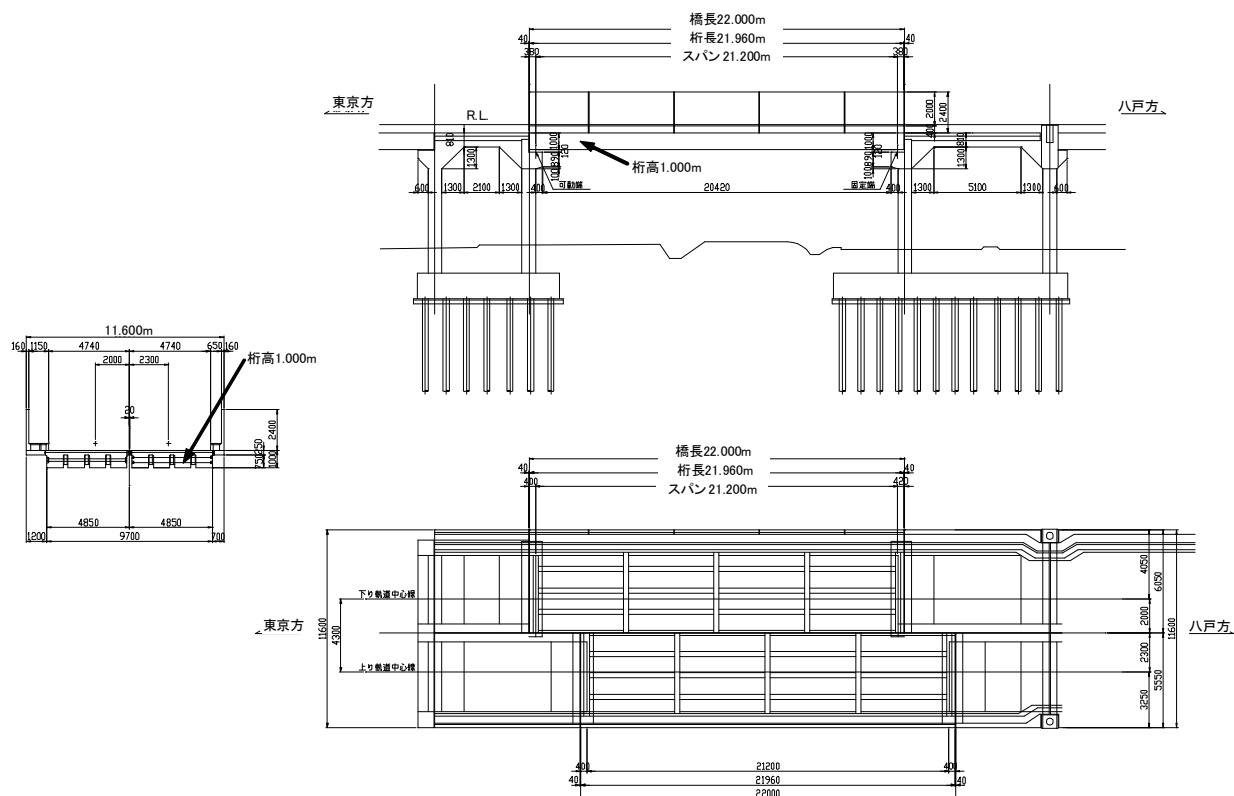


図-1 橋りょう全体一般図

【対策前】

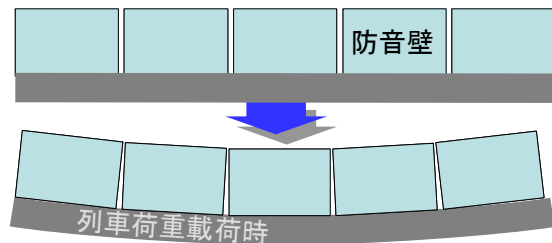


図-2 防音壁変形（目地あり）

【対策後】

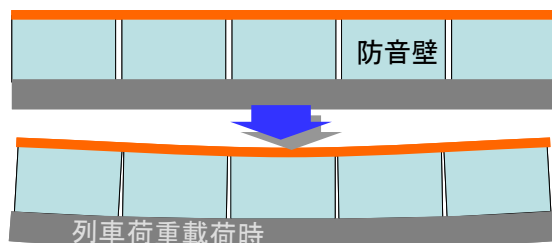


図-3 防音壁変形（目地部変形拘束）

具体的には以下に示す方法とし、試験施工および効果確認を行った。

【対策方法】目地部に無収縮モルタルを充填（図-4）
既存の防音壁目地部を事前にカットし、型枠設置の

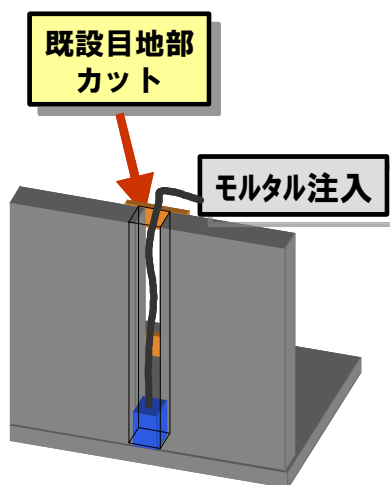


図-4 防音壁剛性增加工法

上で無収縮モルタルを充填することで、防音壁を拘束し桁の剛性増加に寄与する部材とする。

3 試験施工概要

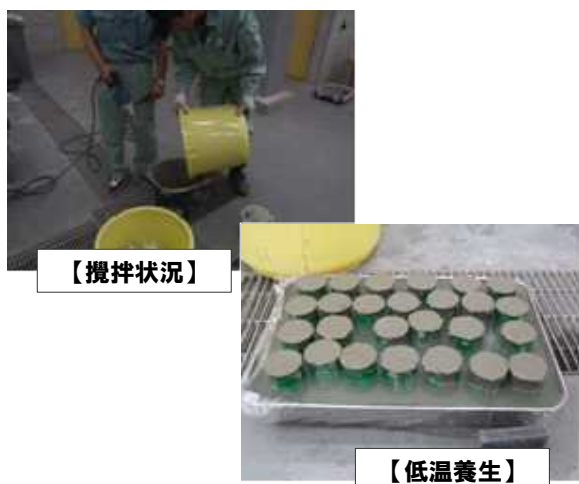
本検討における試験施工での検討事項、および実施内容を報告する。

3.1 無収縮モルタル材料検討

試験施工を実施するPC桁での作業は、夜間の保守作業時間帯に制限される。また、モルタル打設箇所は新幹

線列車の通過により圧縮応力が作用するため、列車通過までに所定の強度（防音壁設計基準強度:24N/mm²）が発現する必要がある。

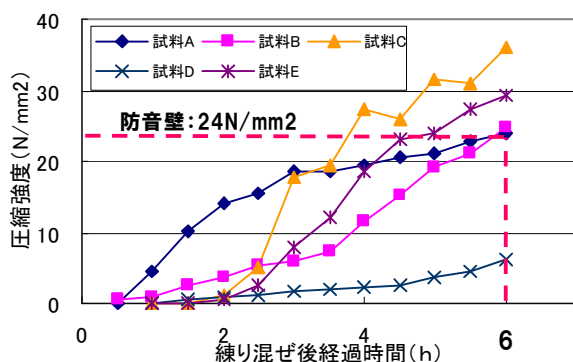
以上より、無収縮モルタルの材料選定にあたり、強度発現確認試験を行った。試験は5種類の無収縮モルタル材料について、材料ごとに指定されている時間で攪拌したのち、φ50×100mmの円柱供試体を作製した。養生条件は施工時期の現場の気温を想定し、供試体はモールド缶ごと氷で冷やした冷水（水温10～15℃）の中に入れて行った（写真－2）。圧縮強度試験は打設後30分毎に行い、経時変化を記録した。



写真－2 無収縮モルタル試験体作製

結果は図－5に示すとおりであり、材料選定にあたっては、試験施工区間の列車間合を考慮し（モルタル打設終了予定＝午前1時30分、下り初列車通過＝午前7時30分頃）、打設後6時間で所要強度に達する材料とした。

（実施工では試料Cを使用）



図－5 無収縮モルタル発現強度確認

3.2 無収縮モルタル打設試験

3.1.1で選定された無収縮モルタル材料について、目地切断部を想定した細長の型枠を作製し、打設試験を行った（写真－3）。試験を通し、モルタル現地混合に

おける所要フローを得るための微調整方法や、実際の凝結時間などの確認を行った。また、脱型後に試験体の大きさ（高さ、幅）の確認を行ったが、対型枠では高さが100.1%と収縮がほとんど発生しないことを確認できた。



写真－3 無収縮モルタル打設試験

3.3 防音壁現況事前調査

試験施工を実施する桁の防音壁について、線路側および外側の現況事前調査を行った。これは、施工前後の防音壁状況を比較確認するためであり、施工前の夜間保守作業時間帯にひび割れ等を調査した（写真－4）。



写真－4 防音壁現況事前調査状況

3.4 目地部調査

防音壁現況調査に併せ、切断する目地部について鉄筋探査機により既存防音壁の配筋状態を確認し、切断位置を決定することにした。その際、目地部の切断による開口幅は、4箇所の目地部のうち、目地材が大きく湾曲している箇所（B）については130mm、その他の3箇所（A,C,D）については60mm幅とした（図－6, 7, 8）。

3.5 貫通ボルト孔

目地部切断部に設置される型枠は、作業時間の関係から当該箇所に存置することとした。材質は新幹線通過時の振動や風圧による脱落防止のため、鋼板（SS400, t=4.5mm, 溶融亜鉛メッキ）を貫通ボルトM10で押さえ

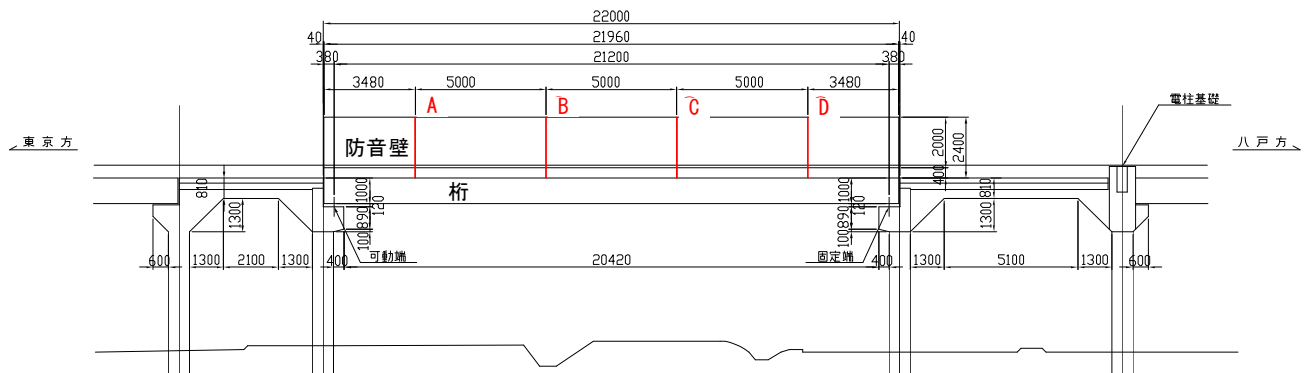
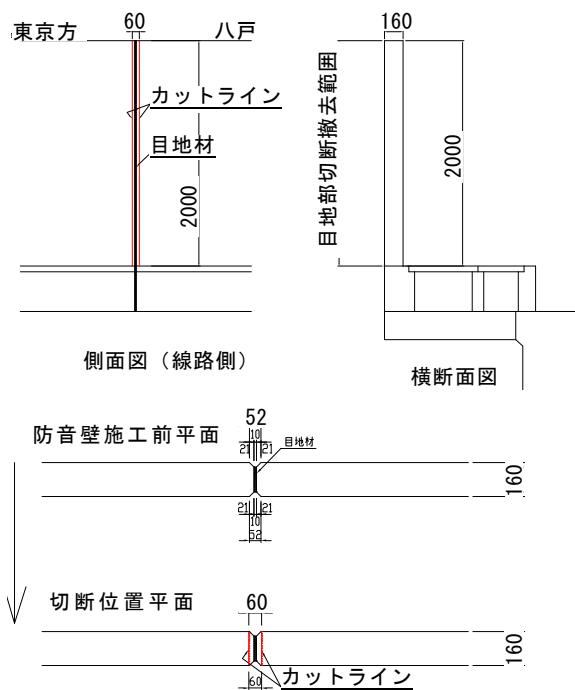
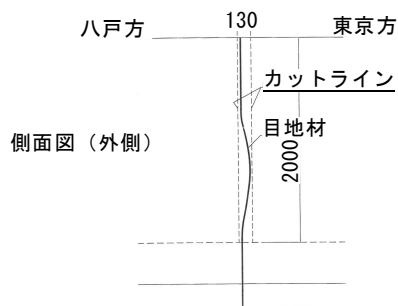


图-6 防音壁目地位置图



图一7 目地切断位置图 (A, C, D)



图一8 目地切断位置图 (B)

つける構造とした（図－9）。そのための貫通ボルト用の削孔は、防音壁の鉄筋が支障し計画通りの位置とすることが難しいことが考えられたため、目地切断の約2週間前に先行して削孔を実施した（写真－5）。削孔はハンマードリルにより、防音壁外側に配置した高所作業車上より実施した。この削孔結果に基づき、鋼製型枠の削

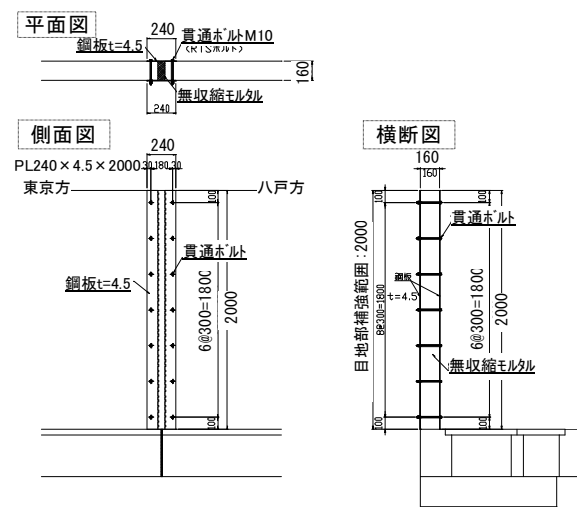


図-9 鋼製型枠図



写真-5 防音壁削孔状況

孔位置を決定し、加工を開始した。なお、削孔時に貫通側のコンクリートに一部剥離が見られたが、これは鋼製型枠の幅を広げることで対応している。

3.6 目地部切断および鋼製型枠取付け

目地部切断および鋼製型枠取付けは、前述の鋼製型枠加工完了後、直ちに実施した。目地は4箇所あるが、1箇所あたりの切断時間や補修作業時間帯を考慮し、1箇所/日の作業を連続して実施した。切断はウォールソーイング工法により実施した。この工法は、切断箇所に走行用

レールをアンカーで固定し、ダイヤモンドブレードを回転・走行する事で直線的に切断するものである。

切断対象の防音壁には、線路側天端付近に通信用LCXケーブルが敷設されている。そのため、ウォールソーによる切断時は、LCXケーブルの損傷を防止するため、防護用の鋼板を設置した上で実施した（写真-6）。

切断後の状況を写真-7に示す。



写真-6 防音壁切断状況

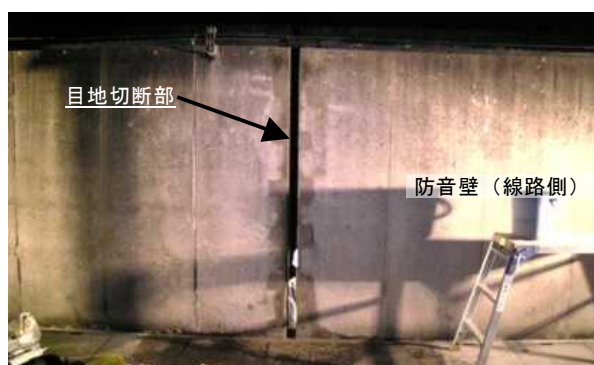


写真-7 防音壁目地部切断後

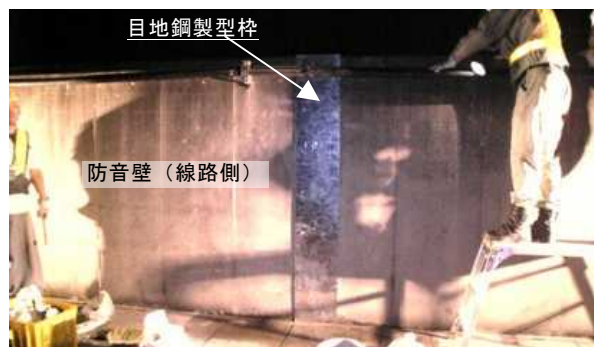


写真-8 鋼製型枠設置状況

当該切断箇所は、当夜作業中に鋼製型枠を設置の上、作業終了とした（写真-8）。なお、型枠を固定する貫通ボルト（M10）は、防音壁外側でダブルナットによる締付けとし、2つのナットは締付け方向がそれぞれ異なる、脱着しにくいものを採用した。

3.7 目地部無収縮モルタル充填

目地部への無収縮モルタルの充填は、目地部4箇所を一晚の作業時間帯で行った。

充填に先立ち、モルタルが鋼板と防音壁隙間から漏れ出すのを防止するため、鋼板外周にエポキシ系コーキング材を塗布した。モルタルはハンドミキサーにて所定の攪

拌を終了後、直ちに充填をおこなった。充填の際、モルタルの落下高が1.5mを超える範囲については、フレキシブルパイプを活用し材料分離を防いだ。充填終了後は上部のコテ仕上げ後、膜養生剤を散布した（写真-9, 10）。



写真-9 モルタル充填状況



写真-10 モルタル充填完了状況

充填作業完了後、新幹線列車5本について当該橋通過時に、防音壁他に異常が発生していないことを確認し、作業を終了した（写真-11）。



写真-11 試験施工終了状況

4. 効果確認

防音壁目地へのモルタル充填の施工終了後、新幹線列車通過時の桁中央部のたわみ量、及び固有振動数について計測を行った。

たわみ量の計測はCCDカメラにより行い、4本の桁のうち、一番防音壁側の桁にターゲットを貼り付け計測し

た。最大たわみ量の計測結果のうち、同一列車編成で通過時の速度が近いもの（列車軸重の変動は小さいものと仮定）を比較したものを表-2に示す。また、全ての計測データをプロットしたものを図-10に示す。このように、本施工の結果、桁のたわみ量が試験施工前と比較し5割程度に低減されたことを確認できた。

また、固有振動数の計測は重錘落下試験により計測した（図-11）。計測結果を表-3に示す。

表-2 現行列車における桁最大たわみ量の変化

	A編成	B編成
充填前	6.00mm (V=264km/h)	5.72mm (V=234km/h)
充填後	3.21mm (V=265km/h)	2.92mm (V=236km/h)
変化量 (充填後/充填前)	-2.79mm (0.54)	-2.80mm (0.51)

※桁中央部で計測

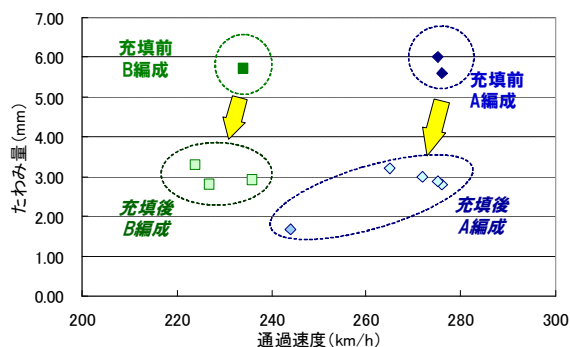


図-10 現行列車における桁最大たわみ量の変化

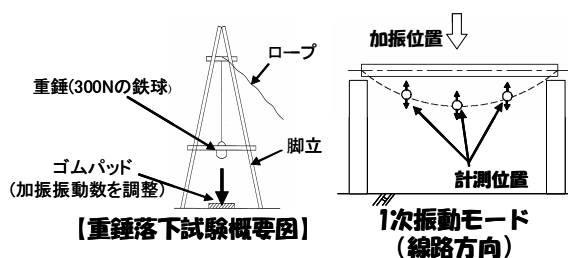


図-11 重錘落下試験

表-3 重錘落下試験結果

	重錘落下試験におけるスペクトル図 (桁中央打撃及び計測)	固有振動数 (1次モード)
充填前		4.5Hz
充填後		5.5Hz

桁剛性と桁の固有振動数は式(1)³⁾（ベルヌーイオイラー梁の公式）に示すとおりであり、今回の防音壁目地充填により、桁曲げ剛性(EI)は $(5.5/4.5)^2 \approx 1.5$ 倍に増加したことになる。

$$n = \frac{\pi}{2L_b^2} \cdot \sqrt{\frac{EI \cdot g}{D_1 + D_2}} \quad (1)$$

ここで、 L_b ：スパン、EI：桁の曲げ剛性

g ：重力加速度

D_1 ：単位長さあたりの固定死荷重

D_2 ：単位長さあたりの付加死荷重

5 まとめ

新幹線の速度向上計画に対する既設PC桁のたわみ量の低減対策として、防音壁目地部の変形を拘束することで、桁と一体として挙動し剛性を増加させる構造の検討を行った。具体的には目地部を切断し、そこに無収縮モルタルを充填させる方法とした。試験施工の結果、当該PC桁では列車通過時の桁中央部のたわみ量が、試験施工前と比較し5割程度に低減され、固有振動数が4.5Hzから5.5Hzに増加した。

6 経過確認

施工約1ヵ月後に、防音壁の状況確認を行った（写真-12）。その結果、モルタル充填天端部他に異常は確認されていない。



写真-12 1ヶ月経過確認

参考文献

- 1) 曾我部正道ほか：共振領域におけるコンクリート鉄道橋の動的設計法に関する研究，土木学会論文集，No. 724，pp83-102，2003. 1
- 2) 金田淳ほか：論文 高速走行時におけるコンクリート桁の動的挙動に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 28，No. 2，pp31-36，2006
- 3) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物），丸善，2004. 4