

防音壁を利用した コンクリート桁 振動低減工法の開発概要



池野 誠司*



小林 薫*



増田 達*

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、防音壁を利用したコンクリート桁振動低減工法の開発を行っている。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が、本工法は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である。具体的には2段階の手法で実施することとしており、そのうち対策の第1段階である目地部への無収縮モルタル充填工を試験的に施工した。事前検討として、無収縮モルタルの材料選定における強度発現確認試験や打設試験等を実施した。また、試験施工ではケーブル防護金具の使用や、フレキシブルパイプを使用した打設高さ管理などの対策を実施している。本工法施工の結果、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，振動低減，PC桁，防音壁，剛性増加

1. はじめに

現在、当社ではお客さまサービスの向上を目的として、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「FASTECH360」による走行試験を実施している。ここで、新幹線の速度向上が計画されている当社管内の新幹線構造物は、設計最高速度を260km/hとして建設されていることから、運転最高速度の向上に伴う構造物への影響検討を行ってきた^{1) 2)}。

本稿では、新幹線の高速運転に関連し、試験的に実施した防音壁を利用したコンクリート桁振動低減工法の開発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

今回、振動低減工法の試験施工は、東北新幹線白石蔵王～仙台間の架道橋において実施した。本橋は1980年代に共用を開始したPC桁構造の橋りょうであり、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、本橋はスパン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橋りょう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。本橋の諸元を表1に、一般図を図1に示す。

表1 橋りょう諸元

位置	東北新幹線 白石蔵王～仙台間
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)

本橋は新幹線高速化に伴う影響検討の結果、最高速度が300km/hを超える場合、現行の設計標準（コンクリート構造）³⁾に規定されている乗り心地から定まるたわみの基準値を満足しない結果となった。これより、本橋に関して列車走行時のたわみを低減するための対策工の実施について検討を行った。

なお、当該橋は計画ランカーブにおいて、上り線の運転速度が300km/hを越えない想定となっていることから、下り線の桁のみを対象とした。

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、

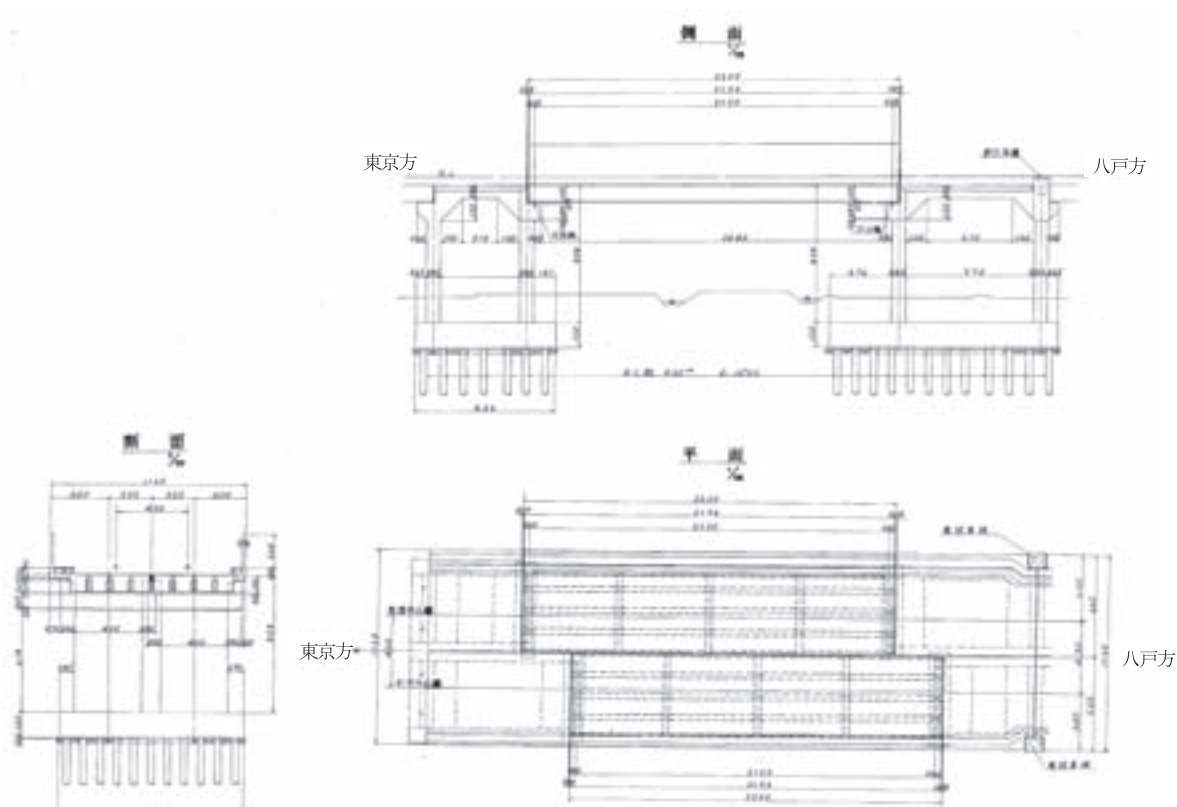


図1 橋りょう全体一般図

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、本橋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。

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。ここで、防音壁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）。

その詳細については、防音壁を利用したコンクリート桁振動低減工法として、本橋に対し、具体的に2段階の手

法で実施することとした。

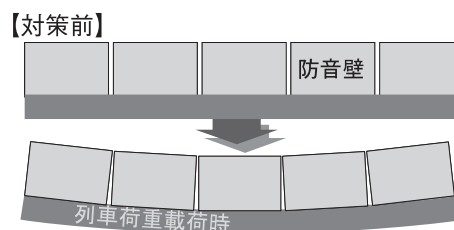


図2 防音壁変形（目地あり）

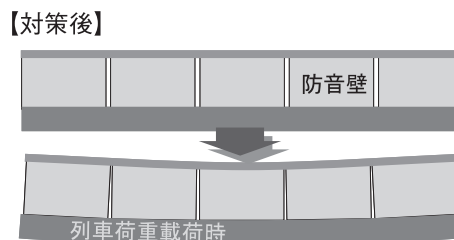


図3 防音壁変形（目地部変形拘束）

【対策：第1段階】

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。



写真1 防音壁目地

【対策：第1段階】目地部に無収縮モルタルを充填

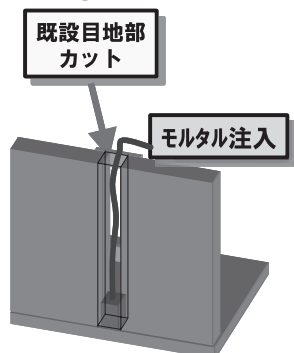


図4 振動低減工法（対策：第1段階）

【対策：第2段階】

防音壁天端に補強鋼材を設置（図5）

長期の使用を考慮し、防音壁上部より鋼製補強部材を被せ、ボルトおよび樹脂で固定し完了する。防音壁天端には圧縮応力が作用するので、防音壁天端位置の圧縮応力低減を目的とする。

【対策：第2段階】防音壁天端に補強鋼材を設置

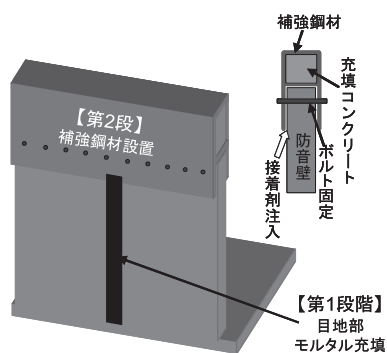


図5 振動低減工法（対策：第2段階）

3. 試験施工概要【第1段階】

防音壁を利用したコンクリート桁振動低減工法の試験施工において、本年度実施した第1段階（目地部モルタル充填工）について、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橋りょうは新幹線の営業線区間であり、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/mm^2 ）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、 $\phi 50 \times 100\text{mm}$ 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水で冷やした冷水（水温 $10 \sim 15^\circ\text{C}$ ）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。

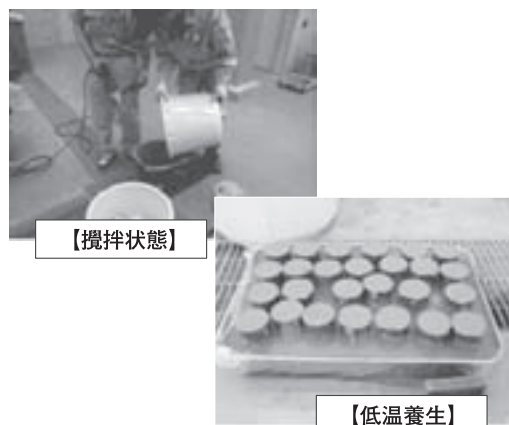


写真2 無収縮モルタル試験体作製

結果は図6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。

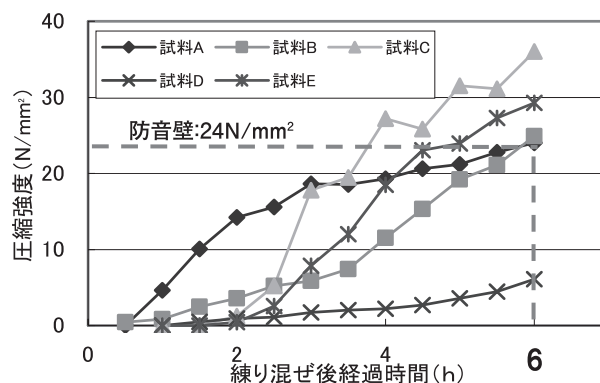


図6 無収縮モルタル発現強度確認

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、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

今回、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。目地部の切断による開口幅は、4箇所目地部のうち、目地材が大きく湾曲している箇所については130mm、その他の3箇所については60mm幅と

した（図7,8,9）。

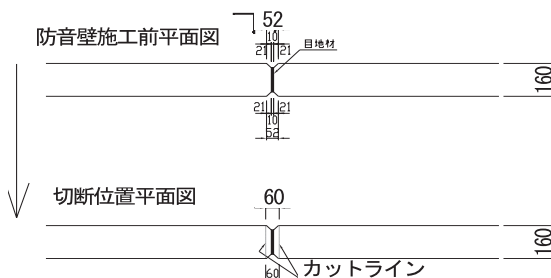
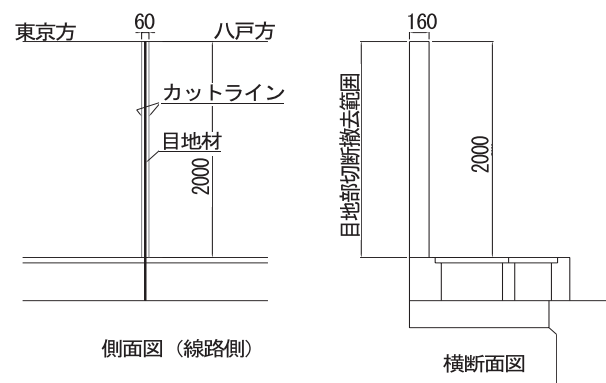


図8 目地切断位置図 (①, ③, ④)

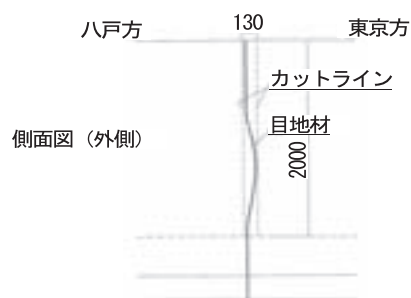


図9 目地切断位置図 (②)

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、 $t=4.5\text{mm}$ 、溶融亜鉛メッキ）を貫通ボルトM10で押さえつ

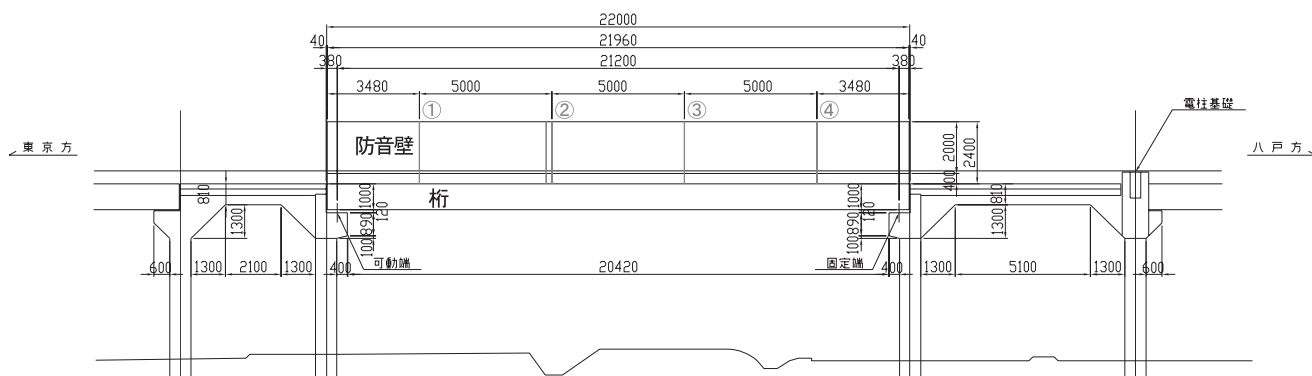


図7 防音壁目地位置図

ける構造とした（図10）。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。

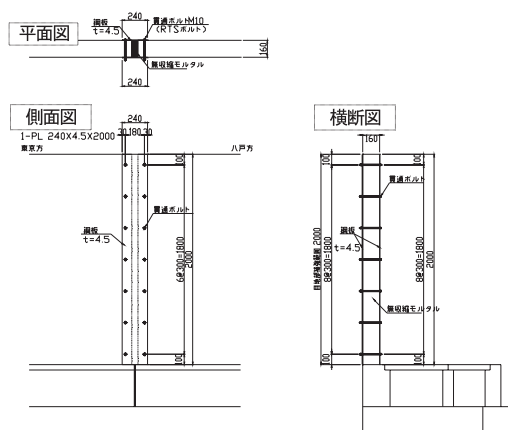


図10 鋼製型枠図



写真5 防音壁削孔状況

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/日として4日連続して実施した。切断は高所作業車上より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・走行させ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

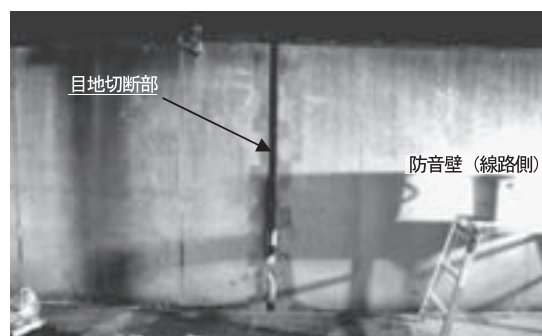


写真7 防音壁目地部切断後

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、脱落しにくいものを採用した。



写真8 防音壁鋼製型枠設置状況

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箇所について一晩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

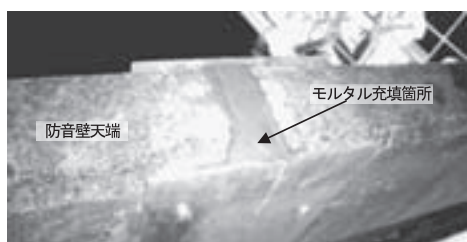


写真10 モルタル充填完了状況

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 防音壁剛性増加工法（第1段階）終了状況

4. 効果確認

振動低減工法（第1段階）の施工終了後、新幹線列車通過時の桁中央部のたわみ量について計測を行った。計測はCCDカメラにより行い、4本の桁のうち、一番左側（防音壁側）の桁のたわみを計測した。

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に近いもの（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11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。

表2 現行列車における桁最大たわみ量の変化

	はやて+こまち編成	Maxやまびこ編成
充填前 (測定2007. 2, 5)	6. 00mm (264km/h, はやて17号)	5. 72mm (234km/h, Mやまびこ113号)
充填後 (測定2007. 9, 13)	3. 21mm (265km/h, はやて15号)	2. 92mm (236km/h, Mやまびこ113号)
変化量 (充填後/充填前)	-2. 79mm (0. 54)	-2. 80mm (0. 51)

※桁中央部で計測

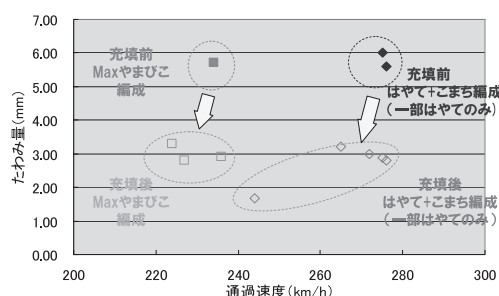


図11 現行列車における桁最大たわみ量の変化

5. 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他、事前調査と比較し、防音壁全体でひび割れ等の発生は確認されていない。



写真12 1ヶ月経過確認

6. おわりに

防音壁を利用したコンクリート桁振動低減工法の開発については、今後第2段階の補強鋼材設置工に向け、実験で応力伝達ディテールおよび耐久性の確認を行った後、2008年度に現地施工試験を実施する予定である。

参考文献

- 1) 新幹線高速走行におけるコンクリート桁の動的挙動, JR East Technical Review, No.14-Winter2006, p51～56
- 2) 新幹線高速走行時のコンクリート桁の影響評価検討, SED, Vol28, p.94～100, 2007.5.
- 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）2004年4月