報告 防音壁を用いた既設PC桁たわみ低減工の鋼材補強設置検討

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。その第1段として防音壁目地部に無収縮モルタルを充填し,桁の剛性増加 に寄与する部材とする施工を実橋りょうで試験的に実施したところ,桁のたわみ量が施工前と比較し大幅に低 減されたことが確認できた。現在,本構造の長期耐久性の向上等を目的として,防音壁天端部を鋼材により補 強する検討を行っており,今回,鋼材補強施工に向けた確認試験を実施したのでその概要を報告する。 キーワード:新幹線高速化,たわみ低減,PC桁,防音壁,鋼材補強

1 はじめに

車両の走行速度の増加に伴い,橋りょうに生じる動的 応答は一般的に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,運転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。

上記の問題に対応する構造として,現在,防音壁を用 いた既設PC桁のたわみ低減工の検討を行っている³⁾。そ の第1段として防音壁目地部に無収縮モルタルを充填し, 桁の剛性増加に寄与する部材とする施工を実橋りょうで 試験的に実施したところ,桁のたわみ量が施工前と比較 し大幅に低減されたことが確認できた。

目地部充填工の実施により,当該橋りょうの防音壁は, 列車通過時は常に圧縮力を受けることとなる。また,新 幹線の高速運転が開始されると,列車からの衝撃荷重の 増加により,作用する圧縮力は増加することとなる。

防音壁本体は施工当初構造部材として施工されていな いため,表面の仕上がり性状等が良好ではない。このた め,本構造の長期耐久性を向上させる目的として,防音 壁天端を鋼材により補強し圧縮力を負担させる構造とす る検討を行っている。

本稿では、補強鋼材の導入にあたり実施した、鋼材の 桁方向の連続化に対応するための鋼材接合部確認試験, 施工事前確認として樹脂注入試験,試験体による繰返し 載荷試験を実施したので、その内容を報告する。

2 対象橋りょう

今回検討の対象橋りょうは、目地部への無収縮モルタ ル充填を実施した橋りょうと同じ、東北新幹線の既設 PC桁で実施している。本PC桁は上下線別の単線構造(4 主桁)となっており,桁のスパン21.2mに対し桁高は1m と小さく,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。本PC桁の諸元を表-1に,一般図を図 -1に示す。

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)	

表-1 橋りょう諸元

3 防音壁目地部充填工³⁾

3.1 概要

第1段として実施した防音壁目地部充填工について簡 単に述べる。

対象橋りょうの防音壁は現場で打設された鉄筋コンク リート構造であり,図-1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(図-2)。



*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

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、曲げせん断に対し充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。具体的には、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(図-3)。



図-3 防音壁剛性増加工法

3.2 試験施工概要および結果

試験施工箇所は新幹線営業区間であるため,基本的に 作業は夜間の保守作業間合い時間での実施となった。

先ず配筋状況等の構造物状況を確認後、ウォールソー イング工法により目地部を切断し、鋼板型枠を設置後、 事前に低温時での強度発現を確認済みの無収縮モルタル を打設した(**写真-1**)。



写真-1 モルタル充填完了状況

試験施工実施前後の新幹線列車通過時の桁中央部の最 大たわみ量について,計測データをプロットしたものを 図-4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。







試験体名	鋼材長	接着長	接着剤塗布厚
	Q	l'	(平均)
1	340	100	05
2	1540	700	0.5
3	1540		1.5
			※単位:mm

図-5 補強鋼材接着強度確認試験 試験体概要図

4 防音壁天端部鋼材補強検討

3章で述べた防音壁目地部充填工実施済みの橋りょう に対し,追加で施工を検討している防音壁天端部への鋼 材補強について,検討事項を報告する。

4.1 補強鋼材接合部確認試験

(1) 概要

本PC桁はスパンが21.2mであることから,設置する補 強鋼材を分割施工とした場合,防音壁上にて補強鋼材相 互の接合が必要となる。しかし,防音壁天端付近には通 信用漏洩同軸ケーブル(LCXケーブル)が近接し作業ス ペースの確保が難しく,また夜間の保守作業時間が最大 4時間と少ないことから,鋼材架設後の溶接による接合 は実施が難しいことが想定された。

以上のことから,鋼材の接合の手段として接着剤を使 用した接合部確認試験を実施した。

(2) 試験体

接合部確認試験の試験体を図-5に示す。本試験体では,防音壁相当部材として天端に発生する圧縮応力の発生を 想定し,H400鋼材を使用した。補強鋼材相当部材として は,上側フランジ中央に不等辺不等厚山型鋼(L200×90 ×9×14)を140mmの間隔を空けて2個溶接し(写真-2), 接合部材としては同形の山型鋼を接着剤でそれぞれに接 着した。

なお,H400鋼材については試験時の載荷を考慮し,上 フランジ幅を220mmに加工した他,試験体2および3では, 上フランジからウエブ中心まで中央部を切断加工した。

(3) 補強鋼材接着工

補強鋼材相互を接着する接着剤については,現地の気 象条件を考慮し,低温でも使用可能なアクリル系接着剤



写真-2 試験体補強鋼材接合前状況(試験体2)

を使用した。接着剤はH鋼に溶接された補強鋼材側のみ に塗布を行うこととし、塗布厚の管理は塗布面積と比重 から使用量を決定した。接着剤はプライマー塗布後、鋼 材上で混合しながら、ヘラで均等な高さにならした(写 真-3,4)。



写真-3 接着剤塗布状況(試験体3)



写真-4 接着剤塗布後(試験体3)

補強鋼材相互の接着を行う際は,接着剤塗布面に補強 鋼材を載せたのち,治具を使用して固定した(**写真-5**)。



写真-5 補強鋼材固定状況(試験体2)

今回使用した接着剤について、技術資料に記載された 主要性状および特性値について、**表-2**に示す。

項目	性状	,測定値	試験方法
主成分	変性アクリル樹脂		_
比重	1.4~1.7		—
固着時間(min)	0°C	160	—
	15℃	40	—
	30°C	12	—
圧縮強さ	$138 (N/mm^2)$		JIS K 6911
せん断接着強さ(鉄/鉄)	$24 (N/mm^2)$		JIS K 6850
剥離接着強さ(鉄/鉄)	2. $0 (N/mm^2)$		JIS K 6854

表-2 使用接着剤主要性状および特性値

(4) 試験方法

試験は実橋での載荷条件と近似させるため、補強鋼材の接着完了後4時間が経過した時点で開始した。載荷は 図-5に示した載荷条件に基づき実施し、局所的な応力 集中を考慮し、接合部補強鋼材中央のひずみが1000 µ と なるまで行った(写真-6)。



写真-6 試験体載荷状況(試験体3)

(5) 試験結果

i)試験体1および2

両試験体について,H鋼中央部鉛直変位および接合部 補強鋼材中央部での変位を図-6,7に示す。



図-6 試験体1 載荷試験結果



両試験体とも、接合部補強鋼材中央のひずみが1000 μ に達する前に、大きな金属音を伴いながら片側の接着面 が剥離した.剥離した接合部を確認すると、**写真-7**のと おり、鋼材の不陸の影響により接着剤が両面に接触して いないと思われる箇所が多く見られた。そのため、補強 鋼材底面が完全に接してれば、技術資料におけるせん断 接着強さより、試験体1では接合部中央ひずみ688 μ まで 載荷可能であったのが(接着幅=170mm, Es=200kN/mm²で 計算)、大幅に小さい値での剥離となった。



写真-7 補強鋼材接着剤剥離部状況(試験体1)

ii)試験体3

試験体1および2では実接着面接が塗布面積と比較し大幅に小さいことが確認されたことから,不陸の問題を解消するため,試験体3では技術資料で示された標準塗布厚0.5mmに対し,貼り合わせ時に接着剤が全辺ではみ出す最低量として厚1.5mmを塗布した。

載荷の結果,補強鋼材接合部ひずみが1000μ以上とな るまで接着が保持し,H鋼中央部変位と直線関係が得ら れた。そのため,載荷1回目と同じH鋼変位に制御する形 で繰り返し載荷を実施した。載荷1回目から355回目まで の結果を図-8に示す。





繰り返し載荷の結果,暫くは載荷1回目と同様の関係 を示したが,載荷が1430回を超えたところで片側接着面 の剥離が生じ,急激にH鋼中央部鉛直変位が増大し-200mm を超えたことから,その時点で試験を中止した。

載荷終了後に接着面の確認を行ったところ,試験体3 に関しては接着面両面に接着剤が十分に接触しているこ とが確認できた(写真-8)。



写真-8 試験後接着面状況(試験体3)

(6) 考察

今回の試験結果より,接着剤は1.5mm厚で塗布することが有効であることが確認された.しかし,本接着方法を営業線近接で使用するためには更なる耐疲労性を保持させる必要性がある。しかし,そのためには試験体3以上に接着延長を増加させる必要があるが,鋼材の不陸等を考慮すると実現が難しいため,本接着方法は実構造へは不適であると判断した。

4.2 補強鋼材形状

4.1の試験結果に基づき,補強鋼材は線路方向で連続 する一体構造とした他,防音壁天端部の保護を考慮し 図-9に示す形状とした。その他特徴を以下に示す。

- ・防音壁との一体化を図るため、形状はコの字型とし、 防音壁の天端周辺を覆う形状とする。
- ・防音壁への固定は、貫通ボルトを250mm間隔で設置す



図-9 補強鋼材形状

る他,ボルト周囲および防音壁と補強鋼材の隙間を 樹脂充填し,接着させる構造とした。

・補強鋼材の設置範囲は、曲げモーメント分布から最大
曲げモーメントの1/2以上となる範囲を対象とし、端
尺を含め桁中央15mの区間とした。

4.3 樹脂注入確認試験

設置する補強鋼材は,確実な桁剛性増加を得るために,防音壁と樹脂に確実に接着される必要がある。そのため,事前に防音壁を模擬した試験体を作製し,樹脂注入の事前試験を実施した。

試験では設置した実物大補強鋼材周囲および貫通ボル ト用削孔部でシーリングを実施したあと、樹脂注入孔 より水を注入しシール状況の確認を行った(写真-9)。



写真-9 シール状況確認試験

これにより漏洩が確認された箇所の再シーリングを実 施ののち、樹脂注入を行った。なお、試験注入箇所に は注入範囲分割用目地も設置し、性能確認を行った。

硬化後に充填状況を確認したところ,貫通ボルト用削 孔部周辺で一部未充填箇所が見られたものの,ほぼ全 範囲で充填が行われていることを確認できた。また, 設置した注入範囲分割用目地も,樹脂の漏れを防ぎ, 機能していることが確認できた(写真-10)。



写真-10 硬化後充填状況確認

4.4 補強防音壁試験体繰返し載荷試験

本構造が営業線に導入された場合,防音壁天端および 補強鋼材部へは載荷が繰返される。そこで,防音壁を 模擬した試験体を作製し,補強鋼材を設置,樹脂注入 を実施した上で繰返し載荷試験を実施した(写真-11)。



写真-11 繰返し載荷試験状況

載荷は,新幹線の高速運転時に発生が予想される防音 壁天端部最大ひずみが得られる曲げ載荷を6万回,その 後,最大ひずみの1.3倍の曲げ載荷を1万5千回実施した。 なお,載荷は変位制御とし,最大荷重に変化が無いこ とを確認した上で実施している。

結果,接着面の剥離や貫通ボルト部の緩み等の変状は 確認されず,ひずみ・鉛直変位の関係も載荷当初から 変化は見られなかった。

5. まとめ

防音壁を用いた既設PC桁たわみ低減工の鋼材補強の検 討として、鋼材接着確認試験、樹脂注入試験、試験体に よる繰返し載荷試験を実施した。

鋼材接合部確認試験では塗布厚を1.5mmとすることが 有効であることが確認されたものの,更なる耐疲労性が 必要であることが確認された。

樹脂注入試験では、実物大補強鋼材内部のほぼ全範囲 で充填が行われていることが確認できた。

試験体による繰返し載荷試験では、新幹線の高速運転 時に発生が予想される防音壁天端部最大ひずみが得られ る曲げ載荷を6万回、その後、最大ひずみの1.3倍の曲げ 載荷を1万5千回実施し、変状が発生しないことが確認で きた。

謝辞:試験4.3ではサンコーテクノ株式会社に多大な協力をいただきました。ここに御礼申し上げます。

参考文献

- 曽我部正道ほか: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
- 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
- 池野誠司ほか:報告 防音壁を用いた既設PC桁のた わみ低減効果の検討,コンクリート工学年次論文集, Vol. 30, No. 3, pp1645-1650, 2008