

# 講演概要 飛雪を考慮した通年使用可能な新幹線用仮設線路防護柵の開発

鈴木 裕二<sup>1</sup>・栗林 健一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>正会員 東日本旅客鉄道株式会社 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

(〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-479)

E-mail: su-yuuji@jreast.co.jp (Corresponding Author)

新幹線の防音壁等の工事は、夜間の短時間での施工を行っており、効率化や作業環境の向上が望まれている。また、今後労働人口が減少する一方で補修工事は増えており、施工の効率化が必要である。

施工効率化の一つに列車運行時間帯に施工することで、作業時間を確保する方法が考えられる。列車運行時間帯に作業するためには、建築限界と作業スペースを区切り、簡易に仮設可能で列車通過風圧に耐えられる仮設線路防護柵が必要となる。また、仮設線路防護柵に施工時期や設置エリアの制限を設けないためには、冬季に想定される車両から飛散した雪が衝突した場合の強度を確保する必要がある。さらに新幹線等が走行する高架橋の高欄には、漏洩同軸ケーブルが設置されており、放射される電波を透過させる必要もある。本開発では、前述の条件を考慮し、新幹線用仮設線路防護柵を試作し、施工性試験や加振試験、氷塊試験等を実施し、飛雪を考慮した通年使用可能な仮設線路防護柵を開発した。

本稿では、飛雪を考慮した通年使用可能な仮設線路防護柵の開発経緯から各種試験の概要や評価および今後の課題について報告する。

**Key Words:** High-speed railway, Temporary protection fence, Ice block, Replacing soundproof walls

## 1. はじめに

新幹線では供用開始 50 年の目途となる 2031 年より大規模改修工事を予定している。大規模改修工事では高架橋の表面被覆工や防音壁取替工などが予定されている。現在、防音壁取替工は、列車が運行しない夜間の数時間の間合で行っているため、1 日当たりの施工量が少なく、工期・工事費が増加する要因となっている(図-1)。また、作業員の作業環境の向上も望まれており、施工の効率化・作業環境の改善について抜本的な対応が必要である。

施工効率化の一つに列車運行時間帯に施工することで、作業時間を確保する方法が考えられる。列車運行時間帯に安全に施工できれば、大きな施工の効率化および作業環境の改善が見込まれる。そのためには建築限界と作業スペースを区切り、簡易に仮設可能で繰り返しの列車通過風圧に耐えられる防護柵が求められるが、条件を満た



図-1 防音壁取替施工例

す一般的な仮設用の防護柵はない。本稿では、日中の時間帯に安全に保守用通路内で作業するための新幹線用仮設線路防護柵について、必要性能を整理し、要件を満たす仮設線路防護柵を開発したので報告する。

## 2. 仮設線路防護柵の要求性能

仮設線路防護柵を導入するためには表-1 に示す性能が求められる。

風圧では新幹線近傍に設置することから列車通過時の列車風圧に耐える必要がある。また、仮設物として標準的な風荷重 (150kgf/m<sup>2</sup>) に耐える構造とすることが求められる。

振動では、列車通過時の振動に対し仮設線路防護柵に共振などの異常な振動が発生しないことが求められる。また、繰り返しの振動に対し固定ボルト等のゆるみが発生しないことが重要である。

仮設線路防護柵を通年利用する場合、冬季に新幹線に付着した雪や氷の塊が飛散して仮設線路防護柵に衝突することが予想される。この際に、作業スペースを支障しない強度が必要となる。

新幹線高架橋には、高欄に列車と通信している漏洩同軸ケーブル (leaky coaxial cable : LCX ケーブルという) が設置されており、仮設線路防護柵を設置することにより、LCX ケーブルからの電波を阻害しない材料を選定する必要がある。

## 3. 各種試験

仮設線路防護柵に求められる性能を満足する構造を検討した。その結果、図-2 に示す高架橋への設置イメージの仮設線路防護柵を試作し、各種試験を通じて性能評価・材料検討を行った。なお、仮設線路防護柵は一般区間と逆L防音壁設置区間の2種類を検討している。ここで、逆L防音壁とは、作業通路の軌道側にH鋼が設置されており、H鋼へ通した鋼材梁にコンクリート版を持たせる構造の防音壁である。

### (1) 載荷試験

風荷重に対する強度の確認として、実物の試験体に対して静的載荷試験を行った (図-3)。

静的載荷試験に先立ち、試験荷重を決定するために、列車通過時の風圧を測定した。その結果、最大風圧は約0.6kPa (≒60kgf/m<sup>2</sup>) であり、標準的な風荷重 (150kgf/m<sup>2</sup>) よりも小さい値となった。そのため、静的載荷試験では150kgf/m<sup>2</sup> を載荷することとした。試験は、実物試験体を水平にセットし、面板に対し垂直方向に荷重を等分布載荷した。その際、パネルおよび鋼材の変位量を測定した。変位計は、最も変位が大きくなる仮設線路防護柵先端部を含む3か所で測定した。また、柱基部左右にて、ひずみゲージで応力を測定している。載荷後の最大変量は26mmで、事前のFEM解析通りであった。また柱基部の発生応力も十分小さく、左右バランスよく載荷され

表-1 仮設線路防護柵への要求性能

| 項目 | 要求性能  |
|----|---|
| 風圧 | ・列車風圧に耐える<br>・標準風荷重 (150kgf/m <sup>2</sup> ) に耐える |
| 振動 | ・列車通過時の振動で共振を発生しない<br>・繰り返し振動に対しボルト等の緩みが発生しない     |
| 飛雪 | ・新幹線の着氷が飛散して衝突した際に作業空間を支障しない                      |
| 電波 | ・LCX ケーブルからの電波を阻害しない                              |
| 施工 | ・繰り返し設置可能である<br>・施工人数が少数でよい                       |

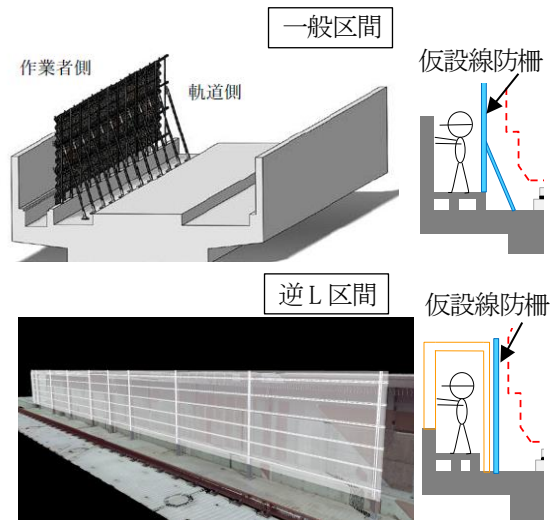


図-2 仮設線路防護柵設置イメージ



図-3 載荷試験

ていることを確認した。除荷後に仮設線路防護柵を目視確認した結果、ボルトのゆるみや大きな残留変位は確認されなかった。

### (2) 振動試験

振動試験は、実物試験体を振動台にセットし、面板に対して垂直方向に加振した (図-4)。加振時に加速度計を仮設線路防護柵上部および試験台に設置した。仮設線路防護柵に異常な振動が発生しないことを確認するため、5Hz から 25Hz まで周波数を 5Hz 刻みに変化させ加振し

た。その結果、いずれの周波数においても共振は発生しなかった。また、振動に対する耐久性を確認する目的で、長期的に振動を与えた。試験条件は振幅±1mm, 加振速度 10Hz, 台座の加速度 6m/S<sup>2</sup>, 加振回数は 100 万回とした。試験条件は新幹線高架橋防音壁上部で実測した最大加速度の値としている。長期振動試験中に加速度波形の変化は確認されなかった。また、試験終了後、鋼材交差部やパネル接合部のボルト等に緩みはなく、異常のないことを確認した。

(3) 氷塊試験

新幹線に付着した雪や氷塊の飛散衝突に耐えられる構造を検討するため、氷塊を時速 360 km以上で試験体に衝撃させる試験を行った。試験の状況を図-5に示す。試験体のパネル材については、ポリカーボネート（以下、ポリカという）を使用し、パネル厚さを 10 mm, 8 mm, 5 mm, 3 mmの 4 ケースとした。パネルの厚さについては、ポリカ材料が流通しているものから製作した。パネル配置は横配置および縦配置の 2 種類とした。固定点は 6 点, 4 点の 2 ケースとした（図-6）。パネル厚さ, パネル配置および固定点数を変化させた合計 6 ケースについて試験を行った。試験後の状況一例を図-7に、試験ケースを試験結果と合わせて表-2に示す。試験の結果、パネル厚さが 5 mm以上では、氷塊の貫通等はなかった。また固定点については 6 点では貫通等なかったものの、4 点ではパネル厚 5mm 以下の際に固定箇所が外れた。柱材・横材等については、氷塊の衝突により一部変形が確認されたが、仮設線路防護柵としての使用において、問題ない範囲であった。また、パネル配置は施工性、変形抑制の観点から縦配置が優位であった。

パネル材料の違いによる氷塊に対する違いを確認するため、1.6mm 厚のパンチングメタルについても試験を実施した。その結果、パネル材が変形したものの氷塊が貫通することはなかった。また、固定点は 4 点にもかかわらず破損は見られなかった。これはパネルの変形により氷塊のエネルギーを吸収した為と考えられる。

本試験より、パネルにポリカ材を用いる場合、配置は縦配置、固定点を 6 点、パネル厚さを 5mm とすることで、飛雪に対し強度が確保できることが明らかになった。



図-4 振動試験



図-5 氷塊試験

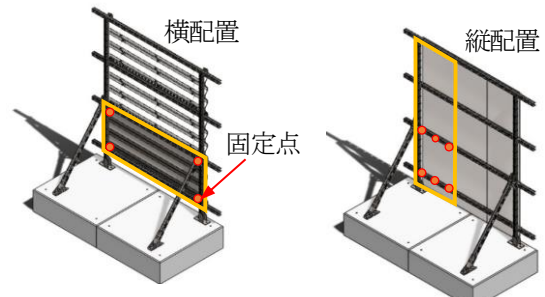


図-6 パネル材の配置・固定条件



図-7 氷塊試験結果一例

表-2 氷塊試験ケース・結果

| パネル種類      | ポリカ | ポリカ |    | ポリカ |    | ポリカ | メタル(参考) |    |
|------------|-----|-----|----|-----|----|-----|---------|----|
| パネル厚さ (mm) | 10  | 8   |    | 5   |    | 3   | 1.6     |    |
| パネル配置      | 縦   | 縦   |    | 縦   |    | 横   | 横       |    |
| 固定点数 (点)   | 4   | 6   | 4  | 6   | 4  | 4   | 6       | 4  |
| 貫通         | なし  | なし  | なし | なし  | なし | あり  | なし      | なし |
| パネル破損      | なし  | なし  | なし | なし  | あり | あり  | なし      | なし |
| 判定         | ○   | ○   | ○  | ○   | ×  | ×   | ○       | ○  |

(4) 電透過試験

仮設線路防護柵に使用するパネル材について、電波透過試験を実施した。試験に用いる電波は現地にて電波測定を行い、LCX ケーブルより漏洩している電波を模擬し、表3に示すA波、B波を用いることとした。測定は、測定高さをRL, RL+0.5m, RL+1.0mの3ポイント、測定距離(LCXからの水平方向距離)を1m, 1.5m, 2m, 軌道中心の4ポイントで実施した。測定パネルはTypeA(上段2段ポリカ、下段1段鋼板)、TypeB(上段1段ポリカ、下段2段鋼板)、TypeC(3段鋼板)、柵なしの4ケースを測定した。計測の結果、平均電力は、柵なし>TypeA>TypeB>TypeCであり、メタルの量が少ないほど信号レベルが高くなっており、ポリカの電波透過性が高いことが確認された(図-8)。

表-3 電波透過試験使用電波

| 試験電波 | 周波数       | 帯域幅    |
|------|-----------|--------|
| A波   | 452.25MHz | 288kHz |
| B波   | 451.97MHz | 230kHz |

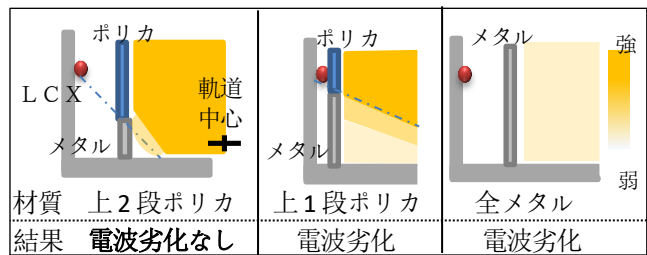


図-8 電波透過試験結果

(5) 施工性確認

<一般区間>

施工性を確認するため、実物大模擬設備へ仮設線路防護柵を設置した。仮設線路防護柵は、面板と骨格で構成されている。骨格は、再利用可能なモジュラーサポートシステムとした。これは、軽量かつ高強度な部材を一体型のワンプッシュ式(図-9)で接続可能とし、組立・設置が迅速に行える施工性に優れたシステム製品である。さらに、全ての接続部を可動式とすることで、設置場所の障害物の回避や高低差に追従した設置を可能とした。

スラブと仮設線路防護柵の接合部は、狭隘部での確実な接合性能と安定性の高い耐力を要求するため、最小ヘリあき寸法50mmを満足し、繰返し荷重試験にて安定性能の評価があるETA認証製品スクリューアンカーとした。アンダーカット効果により引張力作用時応力分布は、接着系アンカーに類似している(図-10)。スクリューアンカーとすることで、セメント系アンカーに必要な固着時間を考慮せずに共用できるようにした。

仮設線路防護柵の面板は、電波透過性や剛性を兼ね備えるポリカを採用した。剛性を確保するため、ポリカへLアングルを設置し、施工性向上のためにポリカを縦使用することで作業員1人でも安定して梁材に仮固定できることを確認した。

<逆L防音壁区間>

逆L防音壁区間では、既設のH鋼支柱を利用することで仮設線路防護柵の施工性向上を検討した。

H鋼支柱とフレーム材との接合には、現場での施工性を考慮し、打込み溶着式のスタッドボルトを採用した。この工法は、スタッドボルトより径の小さい下孔を削孔、そこに専用の打込み機を用いてスタッドボルトを高速で打込み圧入することで、その摩擦熱により金属の母材及びボルトを溶かして一体化し、固着させるものである。

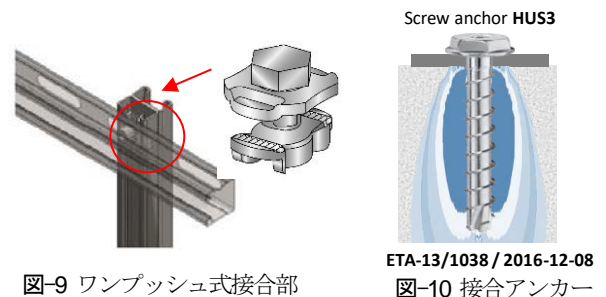


図-9 ワンプッシュ式接合部

図-10 接合アンカー

1本当たりの許容引張荷重は3.6kNである。スタッドボルトを使用することで、床版へのアンカー施工が不要となり、施工性が向上した。

また、フレーム構造には一般区間と同様にモジュラーサポートシステムを採用した。現場での施工性を考え、H鋼支柱には縦材を設置し、そこに300mmの梁固定材を介して梁材を設置した。パネル材は一般区間と同様にポリカを採用した。

5. 今後の課題

本開発において、風荷重・飛雪荷重に耐えられ、繰り返し設置可能な構造を確立した。

氷塊試験の結果より固定点は6点止めを採用したが、現場での施工効率を上げるためには、ボルト本数を削減し4点止めとする事が望ましい。本課題については、今後部材変更およびボルト変更を実施し、解決を図る。

6. まとめ

本開発では、日中の時間帯に安全に保守用通路内で作業するための新幹線用仮設線路防護柵を試作し、各種試験を実施した。試験結果より実導入可能な仮設線路防護柵を開発した。一方、現場施工の効率を上げるためには更なる改良が求められる。今後、現在と同等の安全を確保しつつ、施工性向上を図っていく。

(Received April 1, 2022)

(Accepted June 3, 2022)