

鉄道高架橋コンクリートブロック高欄のはく落対策工法

ガレットサンド工法

小倉 浩 則

鉄道高架橋のコンクリートブロック製壁高欄が劣化し、はく落が生じることで高架橋下の道路や施設の利用者に被害をもたらすことが懸念されている。対策として壁高欄の打替えがあるが、既設壁高欄の撤去作業で、騒音や産業廃棄物が生じる。また、壁高欄の撤去・設置は鉄道軌道内に立ち入っての作業となるが、作業時間が限られるため施工が長期化するという問題もある。本稿ではこれらの問題を解決するため、既設壁高欄を補強鋼板で挟み込む構造で、軌道内での作業を低減したはく落対策工法（ガレットサンド工法）（以下「本工法」という）を開発したのでその概要について紹介する。

キーワード：鉄道高架橋、コンクリートブロック製壁高欄、はく落対策、人力施工、風荷重

1. はじめに

鉄道高架橋の壁高欄にコンクリートブロックが使用されている箇所があり、コンクリートブロックの劣化によりコンクリート片がはく落することが懸念されている。高架橋の下に道路や駐車場等の施設がある場合には、コンクリート片のはく落により利用者に重大な被害をもたらす可能性があるため、早急にはく落対策を実施する必要がある。

対策として既設壁高欄を撤去した後、鉄筋コンクリート壁高欄へ打換えたり、FRP製の高欄を設置する工法が実施されている。しかし、高架橋に家屋等が隣接しているとクレーンやポンプ車の配置が困難であることや、壁高欄撤去作業で騒音やコンクリート殻等の産業廃棄物が生じるといった問題がある。また、壁高欄の撤去・設置作業は鉄道軌道内に作業員が立ち入る必要があるため、き電停止中の限られた施工時間内での作業で日当たり施工量が少なく、施工が長期化する場合もある。

これらの問題を解決するため、既設壁高欄を撤去せず、壁高欄の両側面に補強鋼板を設置して挟み込むことでコンクリート片のはく落を防止する本工法を開発した（図-1、写真-1）。

本構造は、既設地覆部にアンカー固定する外側補強鋼板と軌道内側に設置する内側補強鋼板、これらの補強鋼板を連結する貫通ボルト、補強鋼板と既設壁高欄の隙間に設置する中詰め材、天端部からの雨水の浸入を防ぐ笠木から構成される。

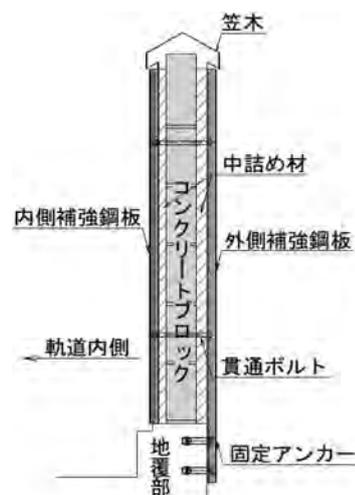


図-1 本工法断面概要図



写真-1 本工法外観（上：施工前、下：施工後）

2. 本工法概要

本工法は旅客・保守施設構造物設計マニュアル（東日本旅客鉄道株 2004年12月）に示された風荷重（ 3.0 kN/m^2 ）に対して外側補強鋼板のみで抵抗する構造であり、既設壁高欄の配筋量や損傷程度に関わらず適用が可能である。また、既設壁高欄と補強部材が協働で風荷重に抵抗する構造では、壁高欄と補強部材の間に樹脂等を注入して一体化する必要があり、その作業のために常設足場や型枠設置を必要とする場合がある。しかし、本工法は常設足場や型枠の設置が不要で、ローリングタワーや高所作業車等でも施工可能である。

施工面においても固定アンカー孔および貫通ボルト孔の削孔や、外側補強鋼板の設置は既設壁高欄の外側からの作業であり、内側補強鋼板と笠木の設置のみを軌道内作業とすることで、施工時間の制約を受ける軌道内作業の低減が可能である。また、図-1に示すとおり内側補強鋼板は地覆部上端までの設置となるため、軌道内のバラスト等を撤去せずに設置が可能であることや、軌道内の配管や排水施設等の干渉を回避し易いといった利点がある。

補強鋼板は耐食性に優れた高耐食めっき鋼板（溶融亜鉛—アルミニウム—マグネシウム合金メッキ）を波形加工（写真-2）したもので、部材寸法が最も大きい外側鋼板でも標準寸法が $880 \times 1400 \times 2.3 \text{ mm}$ 、1

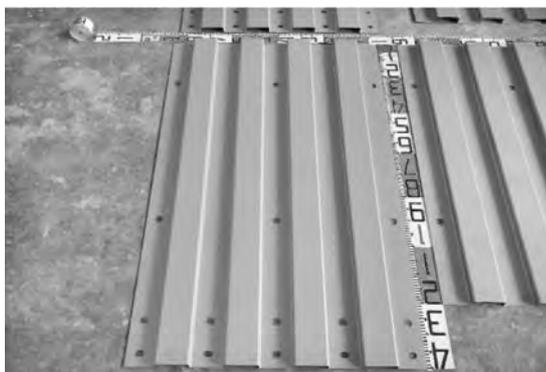


写真-2 補強鋼板の外観

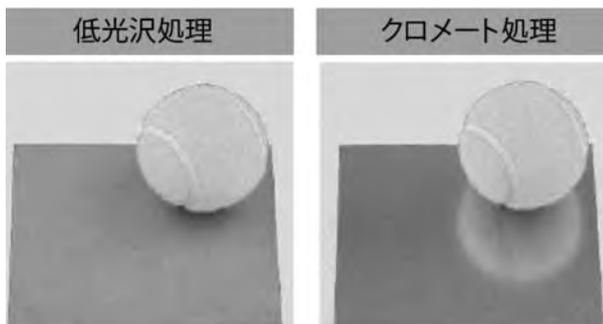


写真-3 補強鋼板低光沢処理

枚あたりの重量は 29.2 kg である。各部材を小型化・軽量化することで、設置作業にクレーン等を必要とせず、人力のみでの施工が可能である。また、軌道内側に設置した補強鋼板が光を反射して列車運転手の視界に悪影響を及ぼすことも考えられるため、低光沢処理した補強鋼板も選択可能としている（写真-3）。

壁高欄と補強鋼板間に設置する中詰め材は柔軟性を有しているため既設壁高欄の不陸に追従し、補強鋼板と壁高欄間の隙間を埋める。そのため、既設壁高欄の断面欠損部の断面修復を必要とせず、施工の簡略化を図っている。

補強鋼板上端部には笠木を設置する構造であり、補強鋼板内部に雨水等が浸入することを防ぐとともに、対策完了後の美観に配慮している（写真-4）。



写真-4 笠木形状

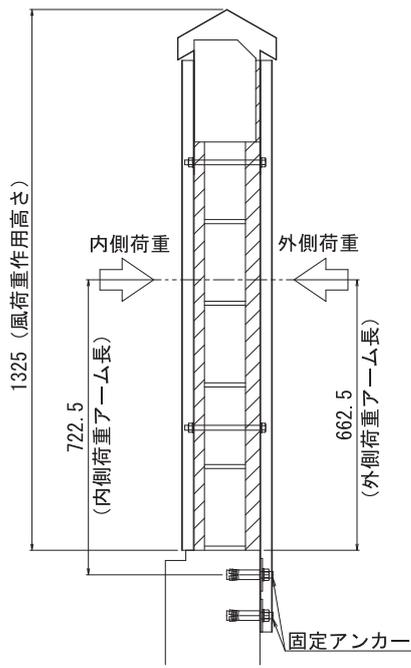
3. 性能確認試験

(1) 静的載荷試験

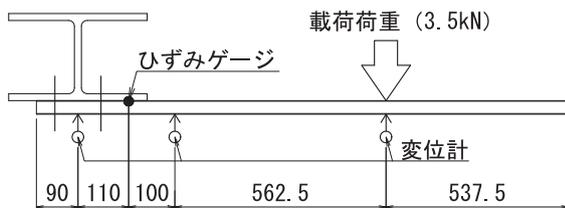
外側補強鋼板のみで風荷重に抵抗する構造であるため、静的載荷試験により外側補強鋼板の耐荷性能を確認した。補強鋼板には軌道内側と外側からの風荷重が作用するが、図-2に示す通り内側荷重のアーム長が長く曲げモーメントが大きくなるため内側荷重について試験を実施した。

試験体寸法は、 $800 \times 1400 \times 2.3 \text{ mm}$ とし、風荷重（ 3.0 kN/m^2 ）が、鋼板幅 880 mm 、作用高さ 1325 mm の範囲に作用するとして算出した設計荷重 3.5 kN （ $3.0 \text{ kN/m}^2 \times 1.325 \text{ m} \times 0.88 \text{ m} \div 3.5 \text{ kN}$ ）を線荷重として作用高さの中心位置に載荷した。載荷方法は、設計荷重を3回繰返した後に最大荷重となるまで載荷し、図-3に示す位置にて鉛直変位および鋼板表面のひずみを計測した（写真-5）。

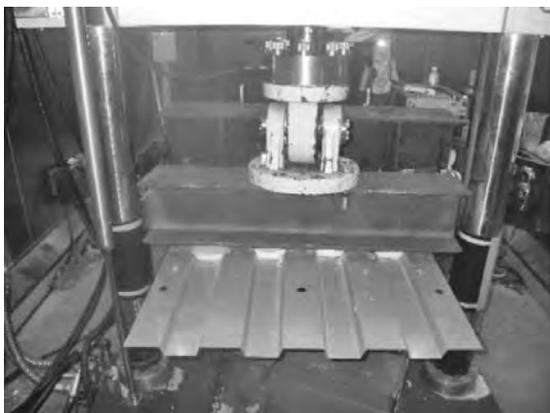
試験の結果、設計荷重付近までは弾性挙動を示したが、次第に塑性域へ移行して 11.7 kN で終局に至った



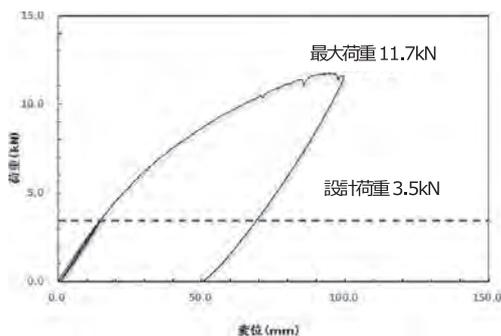
図一 2 風荷重に対するアーム長



図一 3 静的荷重試験計測位置



写真一 5 静的荷重試験



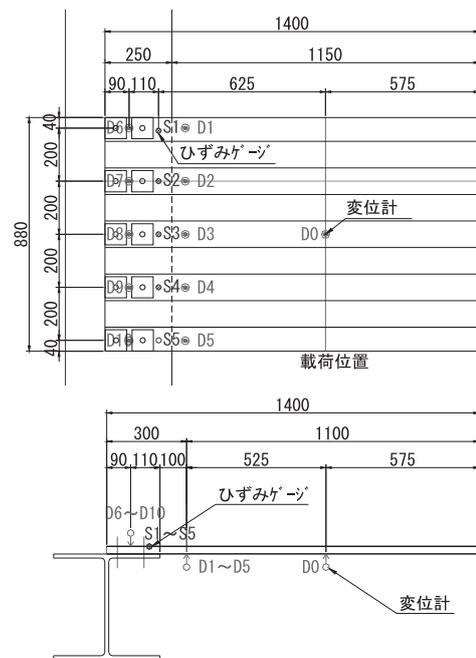
図一 4 荷重 - 変位関係

(図一 4)。破壊形態としては、アンカー固定部付近の補強鋼板の曲げ破壊であった。

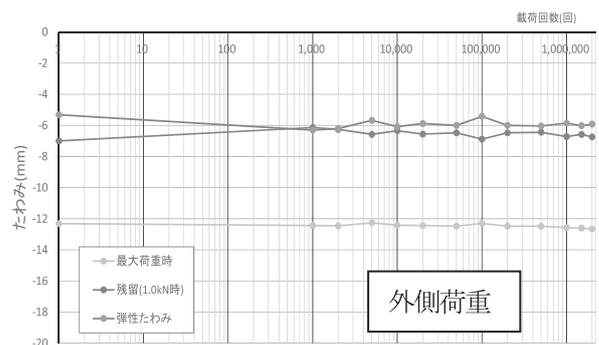
荷重試験結果から設計荷重に対する安全率を算出すると、3.34 (最大荷重 / 設計荷重 = 11.7 kN / 3.5 kN) となった。

(2) 定点疲労荷重試験

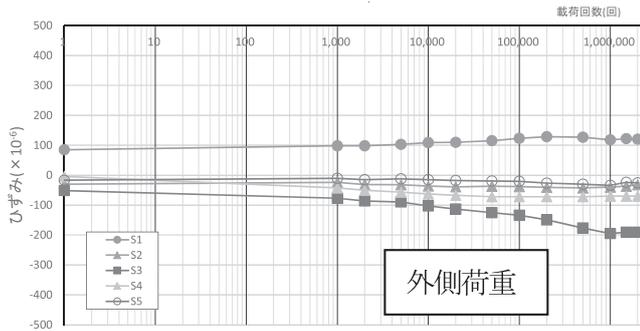
補強鋼板には風荷重や列車通行時の風圧・振動により、繰返し荷重が作用すると考えられる。しかし、その作用荷重や振幅等は明らかではない。そこで、静的荷重試験と同様の設計荷重 (3.5 kN) が繰返し作用すると仮定し、外側補強鋼板について 200 万回の定点疲労荷重試験を内側荷重と外側荷重について実施した。試験体寸法は静的荷重試験と同様に 800 × 1400 × 2.3 mm とし、設計荷重は 1.0 kN から 3.5 kN までの線荷重として荷重制御で荷重した。荷重周波数を 0.4 Hz とし、図一 5 に示す箇所で補強鋼板の鉛直変位と、



図一 5 疲労荷重試験 計測位置



図一 6 荷重回数と荷重点直下のたわみ関係



図一七 载荷回数と鋼板ひずみ関係



写真一七 高耐食めっき鋼板 (3年経過時)

補強鋼板表面のひずみを測定した。

試験の結果、200万回の繰返し载荷においても、载荷点直下のたわみに大きな変化は見られなかった(図一六)。また、補強鋼板のひずみは载荷回数とともに漸増傾向にあったが 200×10^{-6} 程度と弾性範囲内であり、想定荷重に対して問題ないと判断された(図一七)。

(3) 耐久性確認

高耐食めっき鋼板の耐久性を確認するため、千葉県の工場岸壁に高耐食めっき鋼板と比較用のステンレス鋼板を用いてガレットサンド工法を施工した(2015年7月)。設置箇所は東京湾に面しており(写真一六)、飛来塩分の影響を受ける。施工後3年経過時に調査した結果、高耐食めっき鋼板は健全であったが(写真一七)、ステンレス鋼板にさびが確認された(写真一八)。



写真一八 ステンレス鋼板 (3年経過時)



写真一六 ガレットサンド設置箇所

4. おわりに

本工法ガレットサンド工法の適用箇所については随時経過観察を行い、健全性を確認している。また、実際に作業に携わった方々から施工性について意見を伺い、構造の改良検討を行っている。

先述のとおり現場条件により従来工法の適用が不可能で、はく落対策が未実施の箇所でも本工法が施工可能となる場合がある。それらの箇所に本工法が適用され、第三者災害の防止に役立てば幸いである。

JCM A

[筆者紹介]

小倉 浩則 (おぐら ひろのり)
 ショーボンド建設㈱ 技術本部技術部
 主査

