

# 環境に配慮した高欄リニューアル工法の開発

野村 敏雄 福井 真男

(本社生産技術本部)

橋本 学

(本社生産技術本部)

## Development of Environmental Technology for Renewing an Aged-deteriorated Concrete Parapet Wall

Toshio Nomura Masao Fukui

Manabu Hashimoto

### Abstract

Concrete parapet walls, concrete deck slabs, etc., on a railway viaduct are increasingly undergoing aged deterioration, and therefore, they require repair. Furthermore, improvement of the functions of facilities, e.g., improving the quality of a soundproof wall in accordance with the speed-up of a train, is also called for. Then, a renewal method for an aged-deteriorated concrete parapet wall was developed that has little influence on train operation, it is a low-cost method that require only a short time for completion. The method is an environmental technology that reinforces the existing parapet wall without demolition. The parapet wall is reinforced by a high-tenacity cement board installed on both its sides and filler material is injected between the parapet wall and the cement board. The structure performance of the parapet wall reinforced by this method was confirmed by a load test performed on a full-scale parapet wall model.

### 概要

鉄道高架橋では高欄や床版などに経年劣化が生じており、補修が必要となっている。一方、列車高速化などの車両の高性能化に伴う、遮音効果などの諸設備の性能の維持向上も求められている。そこで、列車運行に影響が少なく低コストで短工期であることを基本として、薄型の高靱性セメントボードと既存の高欄を有効利用して補修および嵩上げ可能な高欄リニューアル工法を開発した。本工法は、既設高欄を撤去せず補修・補強が可能のため、環境負荷の軽減に資する工法であり、適用対象は、既存の鉄筋コンクリート構造の高欄およびコンクリートブロックを主材料とした高欄である。これら既設高欄と高靱性セメントボードの一体性確保が肝要であるため、梁模型や実物大模型による載荷実験により構造性能を確認し、「高靱性セメントボードを用いた既存鉄道高欄等の補修工法に関する設計・施工指針」としてまとめた。

### 1. はじめに

完成から数十年が経った鉄道高架橋のブロック積みを含むコンクリート製高欄は、中性化などの経年劣化や列車の振動により、剥離・剥落の恐れが出てきているものがある。

近年、既設高欄を撤去して新たに樹脂製品やコンクリート二次製品の高欄に取り替える工法も出てきているが、撤去された部材の産業廃棄物処分に伴う環境負荷と費用が大きいとともに、解体撤去時には振動・騒音・粉塵の発生で周辺環境に悪影響を与える。また簡易な補修方法として部分的に表面保護剤を塗布する方法が行われているが、コンクリートの劣化や鉄筋の腐食進行に対しては根本的な解決に至ってはいないのが現状である。

このような背景をもとに、既設高欄を最大限有効利用

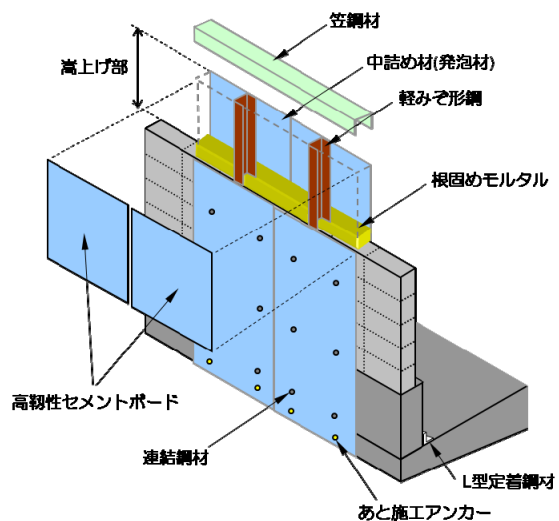


Fig. 1 構造の概要  
Outline of Renewal Method

するために高靱性セメントボードを使用した既設高欄改修工法を開発した。本工法の構造の概要をFig. 1に示す。  
 本稿では工法の概要、構造性能を検討した載荷実験結果と、鉄道高架橋で施工した実施例について報告する。

## 2. 工法の概要

### 2.1 耐荷機構

本工法は、設計作用（風荷重）による曲げモーメントとせん断力に抵抗させるため、高欄両面をグラウト材および連結鋼材（Fig. 1参照）を介して、高靱性セメントボードで補強するものである。耐荷機構をFig. 2に示す。

また、列車を高速化する場合に、騒音対策として嵩上げが可能な構造である。高靱性セメントボードを上部に延長し、ボード間に軽みぞ形鋼を配置することにより嵩上げするものである。

### 2.2 特徴

本工法を「撤去後に再構築する場合」や「表面保護材を塗布する場合」と比較した結果をTable 1に、本工法の特長を以下に示す。

- 1) 既設高欄を解体・撤去することなく既存のまま利用することにより、撤去作業時に発生する振動・騒音を抑制できる。また、コンクリートガラ等の産業廃棄物の発生量を大幅に低減できる。
- 2) 既設高欄と高靱性セメントボードを充填モルタルと連結鋼材で一体化する構造であるため、鉄筋の腐食を抑制し、コンクリートの膨れを生じ難くする耐久性の優れた高欄となる。表面保護剤による補修に比べて初期コストは高くなるが、耐久性が高い点を考慮すればライフサイクルコストでは優位性がある。
- 3) 既設高欄を撤去して再構築する場合、数m間隔で立て込んだH鋼の間にコンクリート板を差込む方法がある。この構造では、風荷重による水平力が支柱に集中するために、床版補強の検討が必要となる。本工法の場合、水平荷重は壁全体に分散させて支持するので、床版への負担増が少ない。

### 2.3 補強材料

高靱性セメントボードをPhoto 1に、その材料強度をTable 2に示す。補強材に使用する高靱性セメントボードは、抄造法（和紙すきとり原理）により工場製造された繊維補強セメントボードである。以下にその特長を示す。

- 1) 高強度ビニロン繊維を混入した高い強度を有するセメントボードである。
- 2) ボード背面にメッシュ状の凹凸を付け、吸水調整剤を塗布することによりコンクリートおよびモルタルとの付着耐久性に優れている（熱冷繰返し300サイクル後の建研式接着力試験器による測定結果2.5 N/mm<sup>2</sup>）。
- 3) 板厚が8mmと薄いため、現場での切断や孔あけ等の

加工が容易である。

- 4) 軽量（1820×910×8で23kg/枚）のため、施工性に優れる。
- 5) 工場製品として品質を管理できるため、性能・外観が一定に保たれる。

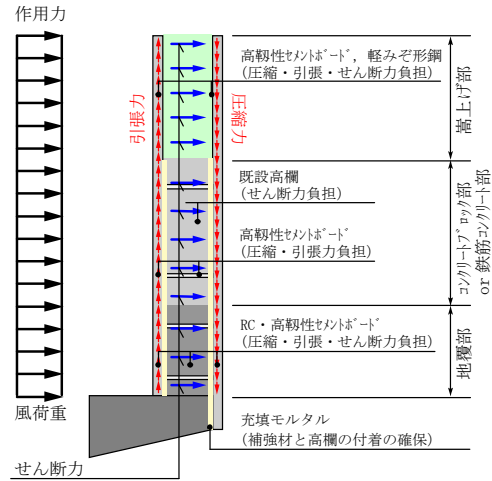


Fig. 2 耐荷機構

Load-carrying mechanism of Renewal Method

Table 1 本工法の特徴  
Advantage of Renewal Method

比較項目	本工法	撤去・再構築	表面保護剤
環境負荷	少	大	少
施工時の振動騒音	少	大	少
耐久性	◎	◎	△
既設床版への負担	少	大	無し
嵩上げ	可能	可能	不可
初期コスト	○	△	◎
ライフサイクルコスト	◎	○	△

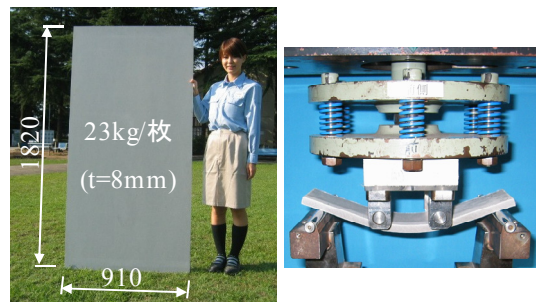


Photo 1 高靱性セメントボード  
High-Tenacity Cement Board

Table 2 高靱性セメントボードの材料強度（代表値）  
Mechanical Properties of High-Tenacity Cement Board

圧縮強度 N/mm <sup>2</sup>	引張強度 N/mm <sup>2</sup>	曲げ強度 N/mm <sup>2</sup>	せん断強度 N/mm <sup>2</sup>
88.5	14.5 (11.2)	38.5 (24.6)	27.9 (17.5)

※（）内数値は繊維配向直角方向

### 3. 構造性能の確認

#### 3.1 確認項目

本工法は高欄と高靱性セメントボードの一体性確保が肝要である。そこで、以下に示すような梁模型や実大模型を用いた各種実験により構造性能を検討した。

- 1) 既設高欄と高靱性セメントボードの一体化の性能確認実験（梁模型）<sup>1)</sup>
- 2) ボード間の力の伝達を確認するための継手性能実験（梁模型）<sup>2),3)</sup>
- 3) コンクリート表面の劣化や施工不良による付着劣化に伴う耐荷力への影響確認実験（梁模型）<sup>4)</sup>
- 4) 実構造を反映した各部位の総合的な性能を確認するための実験（実大模型）<sup>5)</sup>

これらの実験を通じて、実構造における構造性能の照査方法の確認や連結鋼材の配置、継手構造などを決定した。上記の各実験の内、代表的な実験1), 3), 4)に関する結果を以下に示す。

#### 3.2 一体化の性能確認実験

##### 3.2.1 実験の目的

高靱性セメントボードは、想定される荷重に対して鉄筋コンクリート部材（以下、RC部材）の軸方向補強材として機能することで、部材の曲げ耐力を向上させる。本実験では、地覆や高欄等の比較的鉄筋比の小さいRC部材を本工法で補強した場合を想定し、曲げ耐力、破壊性状や付着性状について検討した。

##### 3.2.2 試験体概要

試験体の概要をFig. 3に、試験体一覧をTable 3に示す。本工法適用前を想定したRC試験体

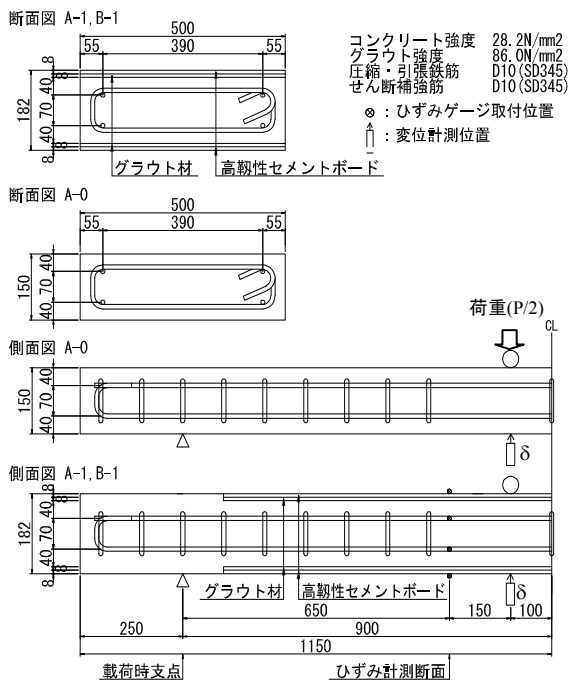


Fig. 3 試験体概要（一体性能確認実験）  
 Geometry of the test specimen

(A-0) と、RC試験体の上下面に高靱性セメントボードを設置した試験体 (A-1, B-1) である。A-0とA-1は単調載りにより曲げ耐力を確認し、B-1では、繰返し載荷による曲げ補強効果への影響を確認した。試験体は、RC部材を作製後、本工法で補強して製作した。

##### 3.2.3 載荷概要

載荷方法は2点集中載荷として静的載荷試験を行なった。計測項目は、はりたわみ、圧縮および引張鉄筋のひずみ、ボード表面ひずみなどである。

##### 3.2.4 実験結果（単調載荷）

(1) 荷重-変位関係 荷重-変位関係をFig. 4に示す。荷重はFig. 3に示す位置2点に集中載荷した合計値であり、変位は荷重載荷位置の下面側の2箇所計測した鉛直変位の平均とした。試験体A-1は初期剛性を維持した状態で36.3kNまで増加し、その後、引張側ボードが破断

Table 3 試験体一覧（一体性能確認実験）

Outline of Concrete Beam for Adhesion Test			
試験体名	引張鉄筋比	ボード補強	載荷方法
A-0	0.226% (2-D10)	無し (RC試験体)	単調載荷
A-1		有り	
B-1			繰返し載荷

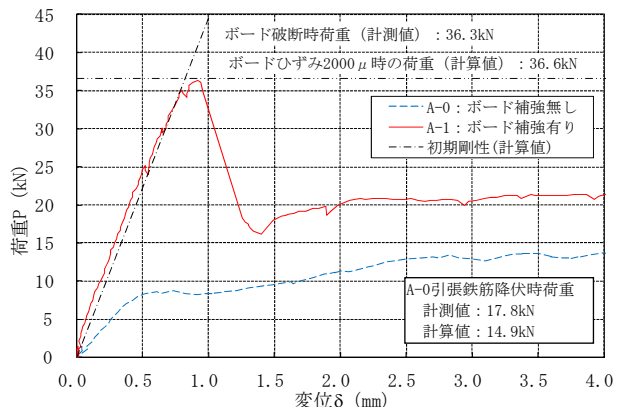


Fig. 4 荷重-変位関係（一体性能確認実験）  
 Relationship between Load and Displacement

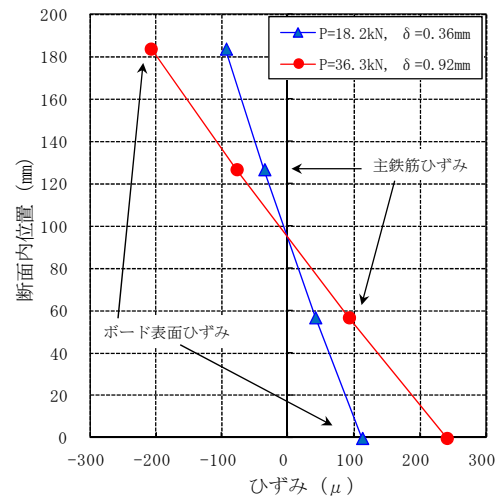


Fig. 5 ひずみ分布（一体性能確認実験）  
 Strain Distribution of Concrete Beam

するとともに、ボードが破断した箇所でコンクリートにもひび割れが発生し、荷重低下が生じた。その際、引張側ボードとグラウト間およびグラウトとコンクリート間に付着割裂破壊は生じなかった。終局時でも圧縮側のボードにひび割れが生じるものの、付着割裂破壊は生じず、コンクリートとボードは一体性を保持したまま圧縮破壊を起こした。

補強無しのRC試験体A-0の引張鉄筋降伏時の荷重（計測値）は17.8kNに対して、補強した試験体A-1のボード破断時の荷重（計測値）は36.3kNであり、本工法で補強することにより降伏耐力は約2倍程度に向上している。また、ボードの破断ひずみを2,000 $\mu$ として平面保持を仮定して計算した最大荷重36.6kNと近似している。

(2) ひずみ分布 試験体A-1の試験体中央から250mm離れた断面（Fig. 3のひずみ計測断面）での断面高さ方向のひずみ分布をFig. 5に示す。ひずみ分布は、最大荷重36.3kN時（変位0.92mm時）および最大荷重の半分の荷重18.2kN時（変位0.36mm時）のものであるが、ひずみは直線分布しており、平面保持は成立していることがわかった。

3.2.5 実験結果（繰返し載荷） 載荷方法は、下記①～③に示す荷重まで載荷と除荷を各10回繰返した後、荷重低下まで単調載荷した。

- ①設計作用時相当の荷重の1.2倍 [15.0kN] ×10回
- ②試験体A-1の最大荷重の70% [25.0kN] ×10回
- ③試験体A-1の最大荷重の90% [32.5kN] ×10回
- ④荷重低下が認められるまで単調載荷

①～③の1,5,10回目と④の荷重-変位関係と引張側ボードが破断する引張側最大荷重（以下、最大荷重）をFig. 6に示す。B-1最大荷重は繰返し載荷後の値であり、単調載荷のみのA-1の93%となった。試験体中央より250mm離れた断面（Fig. 3のひずみ計測断面）では、④の最大荷重時までひずみ分布の直線性が保たれていることや、いずれの荷重載荷時も勾配は初期剛性とほぼ同一となっており、繰返し載荷されても剛性は低下せず、付着劣化への影響は少ないと考えられる。

3.2.6 一体性に関するまとめ 比較的鉄筋比の小さいRC部材を本工法で補強した場合、以下の知見が得られ

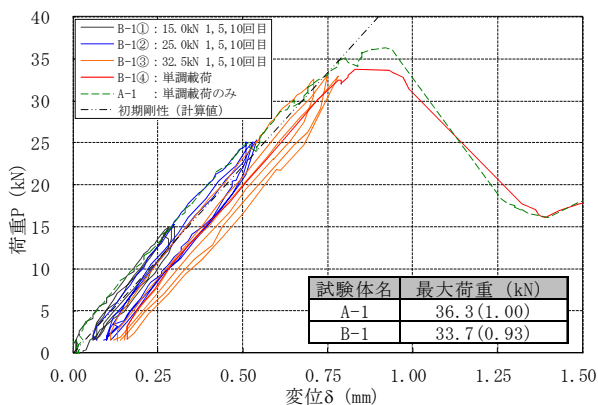


Fig. 6 荷重-変位関係（繰返し載荷）  
Relationship between Load and Displacement

た。

- 1) 一体化の性能確認実験により本工法で補強した場合、降伏耐力は約2倍程度に向上可能であり、平面保持の仮定をした計算値と良く合う。
- 2) 高靱性セメントボードとモルタル間、モルタルとコンクリート間の付着破壊は生じず、良好な付着性能を有しており、ひずみの直線性は成立すると考えられる。
- 3) 実験の範囲では、高欄構造の一般的な決定要因である設計作用（風荷重）が繰返し載荷されてもボードの付着劣化への影響は少なく剛性は保持される。

### 3.3 付着劣化の影響確認実験

3.3.1 実験の目的 本工法を適用する場合、全面付着となるように施工するのが基本であるが、鉄筋腐食した高欄に適用する場合、劣化因子を充分に取り除けないことが考えられ、再劣化により付着面積が減少することが想定される（Fig. 7参照）。そこで、このような状況を想定して載荷試験を実施した。

3.3.2 試験体概要 試験体の概要をFig. 8に、試験体一覧をTable 4に示す。Fig. 8に示す発泡スチロール設置部分が付着無し部である。高欄劣化は主鉄筋の腐食膨張により発生すると考え、鉄道高欄の一般的な鉄筋間隔250mmを発泡スチロール設置間隔とし、その幅（Fig.8のa）をパラメータとした（試験体A-1～4）。試験体は、発泡スチロールを設置したRC部材を作製後、本工法で補強して製作した。

3.3.3 載荷概要 載荷方法は2点集中載荷として静的載荷試験を行なった。計測項目は、はりたわみ、圧縮および引張鉄筋のひずみ、ボード表面ひずみなどである。

### 3.3.4 実験結果

(1) 荷重-変位関係 荷重-変位関係と引張側ボードが破断する引張側最大荷重（以下、最大荷重）をFig. 9に示す。荷重はFig. 8に示す位置2点に集中載荷した合計値であり、変位は荷重載荷位置の下面側の2箇所計測した鉛直変位の平均とした。Fig. 9より、付着面積が減少すると最大荷重は減少するが、最大荷重が減少する割合は、付着面積減少率に比べて小さい。付着面積減少率20%（A-2）と40%（A-3）の最大荷重は、全面付着（A-1）の93%と影響は小さいが、付着面積減少率60%（A-4）では、全面付着の74%となり、影響はやや大きくなる。

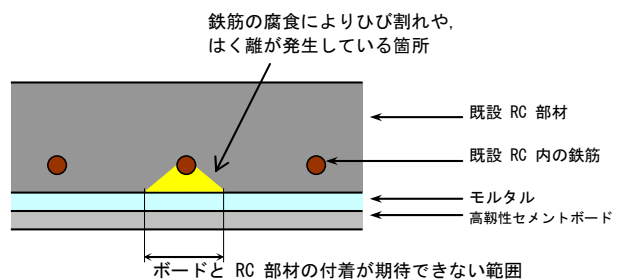


Fig. 7 付着面積減少の概念図  
Image of Adhesion-defect



(2) ひずみ分布 試験体中央より250mm離れた断面 (Fig. 8のひずみ計側断面) での最大荷重時の断面高さ方向のひずみ分布をFig. 10に示す。ボード表面ひずみは、付着有り部と無し部で計測しているが、Fig. 10に示す値は付着有り部である。いずれの試験体でも最大荷重時まで平面保持が保たれており、付着面積が減少すると最大荷重は減少するが、ボード破断まで付着切れは生じなかった。

(3) 荷重-ひずみ関係 「荷重」と「支間中央のボード下面ひずみ」の関係をFig. 11に示す。A-3,4については、付着有り部と無し部の計測値を示す。A-4では、付着無し部A-4cのひずみが先行して減少すると共に、付着有り部A-4a,bでもひずみは均等に伸びていない。付着面積が減少すると、ボード幅方向のひずみが不均等になり、部分的にひずみが大きくなった箇所を起因としてボードが破断したため、耐力が減少したと考えられる。A-3でも付着無し部A-3cのひずみは一旦減少したが、その後は

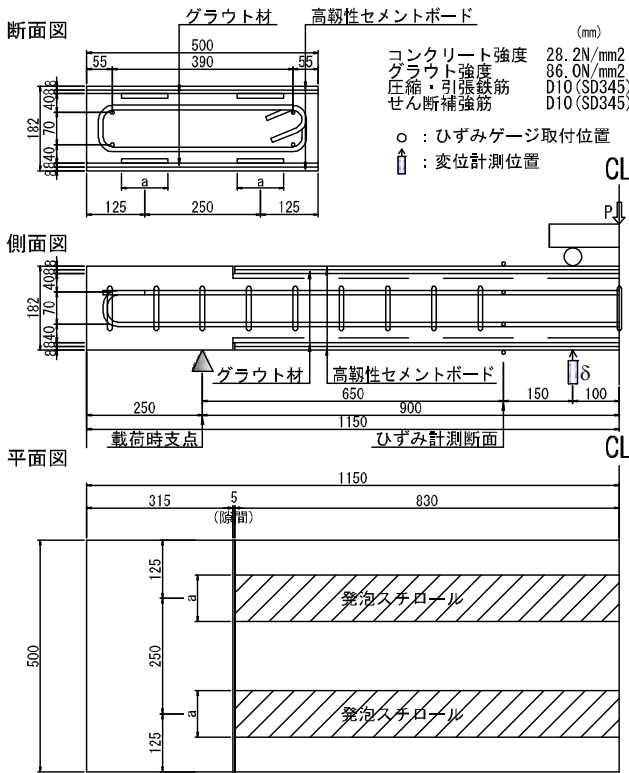


Fig. 8 試験体概要 (付着劣化の影響確認実験)  
Configuration of Concrete Beam

Table 4 試験体一覧 (付着劣化の影響確認実験)  
Test specimens and parameters

試験体名	引張鉄筋比	付着無し幅*1	付着面積減少率
A-1	0.226% (2-D10)	全面付着	0%
A-2		50mm×2箇所	20%
A-3		100mm×2箇所	40%
A-4		150mm×2箇所	60%

\*1: 表中の50,100,150mmはFig. 8の寸法aに対応

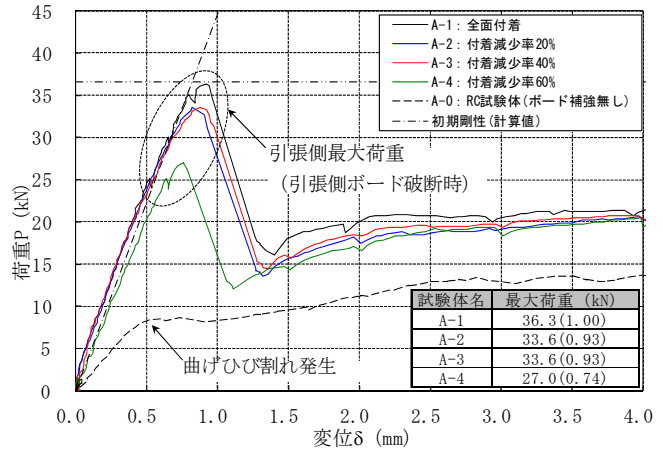


Fig. 9 荷重-変位関係 (付着劣化の影響確認実験)  
Relationship between Load and Displacement

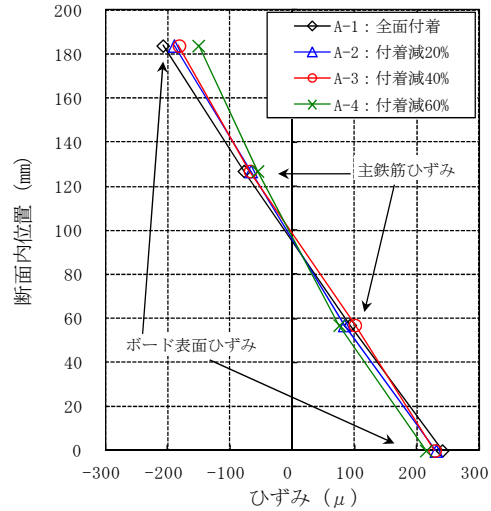


Fig. 10 ひずみ分布 (付着劣化の影響確認実験)  
Strain Distribution of Concrete Beam

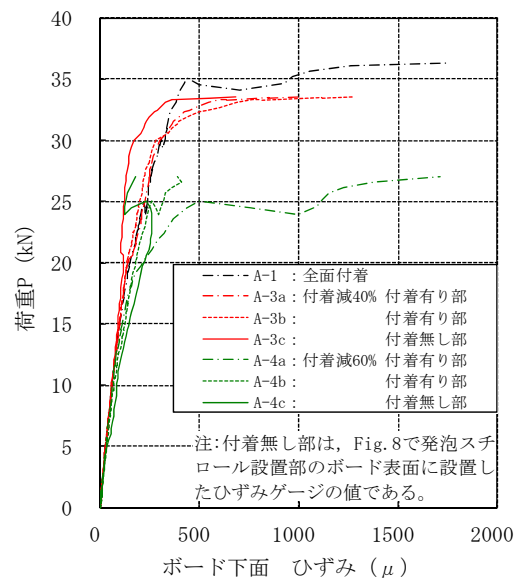


Fig. 11 荷重-ボードひずみ関係  
Relationship between Load and Board Strain

増加し、ボードのほぼ全体で引張力を負担したため、A-4より耐力の減少が小さかったと考えられる。

**3.3.5 付着効果に関するまとめ** ボード付着面積が半分程度でも補強効果は十分にあり、既設高欄の軽微な劣化であれば劣化部を撤去せずに本工法を適用しても補強効果はある。

**3.4 全体性能確認のための実大模型実験**

**3.4.1 試験体概要** 検討対象とした既存の高欄は、RC構造の地覆部の上にコンクリートブロックが積み重ねられている構造である。本工法を適用する前の試験体の概要をFig. 12(a)に、本工法を適用した後の試験体で、載荷試験を実施した試験体の概要をFig. 12(b)に示す。

地覆および床版に用いたコンクリート（呼び強度27N/mm<sup>2</sup>）および鉄筋径や加工形状は、既存高欄と同様とした。実物のコンクリートブロックは強度が不明であったため、JIS A 5406「建築用コンクリートブロック」に規定される最も強度の低いA種を使用した。

**3.4.2 載荷ケースおよび載荷方法** 載荷ケースの一覧をTable 5に示す。各載荷ケースともに、所定の荷重まで単調載荷する。風荷重は水平方向に200kNジャッキを2台設置して載荷することにより模擬する。ジャッキは、各載荷ケースに合わせて上下に移動させてP1およびP2位置で載荷する。試験体の土台部分は反力床と連結し固定する。加力位置とTable 5に示す「着目部位」の断面位置をFig. 13に、載荷試験状況をPhoto 2に示す。

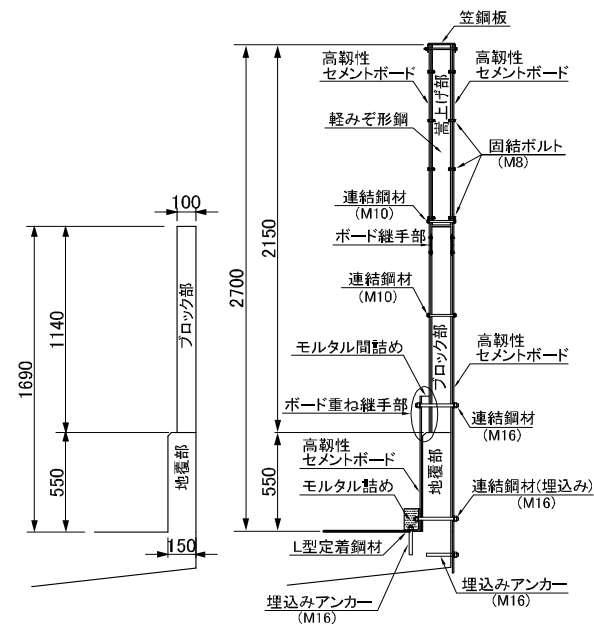
**3.4.3 実験結果**

(1) Case1：ボード継手部の性能評価（風荷重相当）

加力位置P1における荷重-変位関係をFig. 14に示す。荷重はFig. 13に示す加力位置P1に配置したジャッキ2台の合計値であり、変位は加力位置の背面側の2箇所で計測した水平変位の平均とした。設計作用（風荷重）の1.2倍である6.4kNまで計算値と良好な対応を示している。継手構造は想定通りの力の伝達をしており、弾性状態を保持

Table 5 載荷ケース（実大模型実験）  
Load Cases of Full-scale Parapet Wall Model Experiment

Case	着目部位	加力位置	目的
1	嵩上げ部 ボード継手部	P1	・ 風荷重によりボード継手断面に発生する曲げモーメントM1に相当する荷重の1.2倍を載荷位置P1に作用させ、嵩上げ部および継手部が弾性状態であることを確認する。
2	全体	P2	・ 風荷重により高欄基部断面に発生する曲げモーメントM2に相当する荷重の1.2倍を載荷位置P2に作用させ、高欄部が弾性状態であることを確認する。 ・ ブロック高欄基部が破壊するまで載荷位置P2に荷重を作用させ、高欄基部の耐力を確認する。
3	ボード継手部	P1	・ ボード継手部が破壊するまで載荷位置P1に荷重を作用させ、継手部の耐力を確認する。
4	ボード重ね継手部	P2	・ - ボード重ね継手部が破壊するまで載荷位置P2に荷重を作用させ、ボード重ね継手部の耐力を確認



(a)補強前 (b)補強後  
Before applying this method After applying this method  
Fig. 12 試験体概要（実大模型実験）  
Configuration of Full-scale Parapet Wall Model Experiment

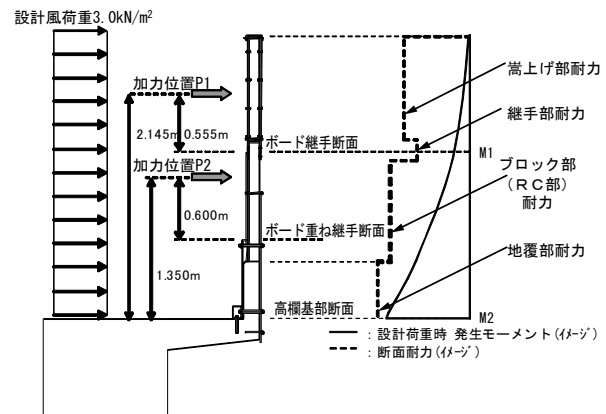


Fig. 13 加力位置（実大模型実験）  
Load Position of Full-scale Parapet Wall Model Experiment

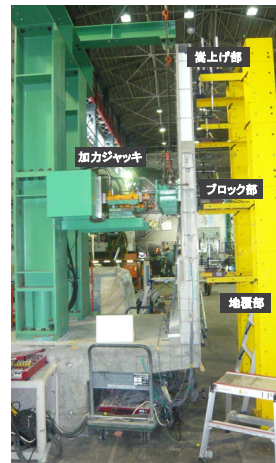


Photo 2 載荷試験状況（実大模型実験）  
Load Test of Full-scale Parapet Wall Model

していると考えられる。

(2) Case2: 高欄基部の性能評価 加力位置P2における荷重-変位関係をFig. 15に示す。荷重はFig. 13に示す加力位置P2に配置したジャッキ2台の合計値であり、変位は加力位置の背面側の2箇所で計測した水平変位の平均とした。試験体は、張出床版と高欄の実構造を模擬しており、1サイクル目で高欄補強後の破壊状況を、2サイクル目で床版補強後の補強高欄の性能を確認した。

1サイクル目では、設計作用の1.2倍である15.6kNまで計算値と良好な対応を示しており、弾性状態を保持していると考えられる。その後、床版部のひび割れ発生に伴い変位が増加し、床版耐力32.2kN付近まで载荷した後、一旦除荷した。

2サイクル目では、張出床版の発生断面力を低減させるために、張出床版先端の下面側を下から支えて载荷を実施した。高欄基部の断面耐力34.5kNまで载荷したが、基部や重ね継手部の損傷は確認されず、ボード下端の床版への固定方法および重ね継手部の構造についての妥当性が確認された。その後、床版部のひび割れ増加に伴い、荷重増加が期待できなくなったため、試験を終了した。

(3) Case3: ボード継手部の耐力確認 加力位置P1における荷重-変位関係をFig. 16に示す。荷重はFig. 13に示す加力位置P1に配置したジャッキ2台の合計値であり、変位は加力位置の背面側の2箇所で計測した水平変位の

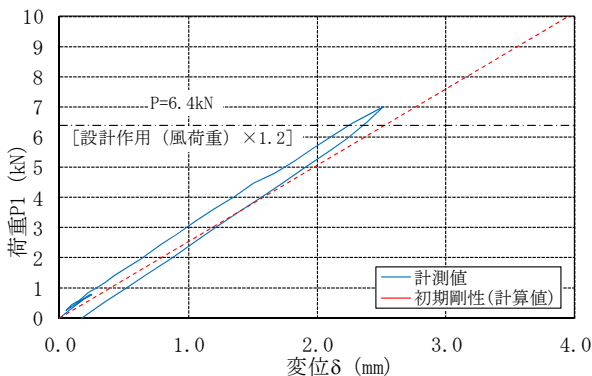


Fig. 14 荷重-変位関係 (実大模型実験 Case 1)  
Relationship between Load and Displacement

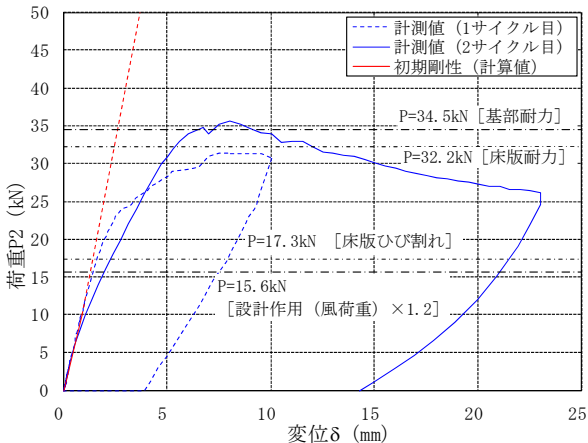


Fig. 15 荷重-変位関係 (実大模型実験 Case 2)  
Relationship between Load and Displacement

平均とした。Case2終了後の試験体に対してFig. 16に示す補強PC鋼棒を配置し、ボード重ね継手部や高欄基部に荷重が伝わらないように補強した後、ボード継手部が破壊するまで载荷した。継手構造試験<sup>2),3)</sup>より想定した継手部破断荷重26.2kNに対して、試験結果は23.4kNであったが、Case1で確認したように、継手部としては設計作用に対して十分な耐力を有している。Fig. 16に示す荷重-変位関係では、最大荷重は30kNであるが、荷重23.4kN時にボ

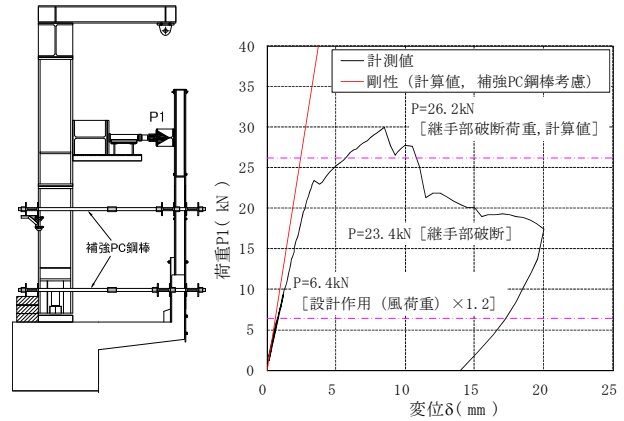


Fig. 16 荷重-変位関係 (実大模型実験 Case 3)  
Relationship between Load and Displacement

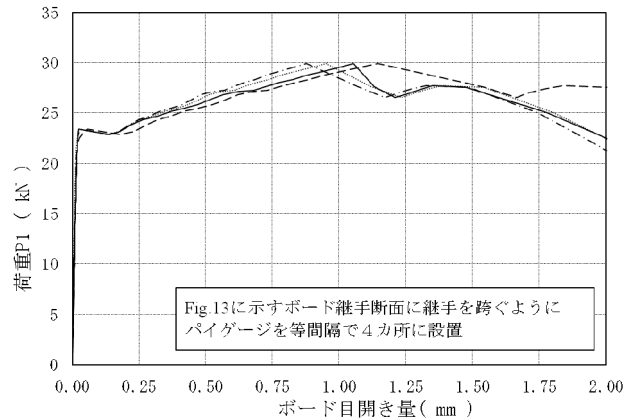


Fig. 17 荷重-ボード目開き量関係  
Relationship between Load and Opening Quantity

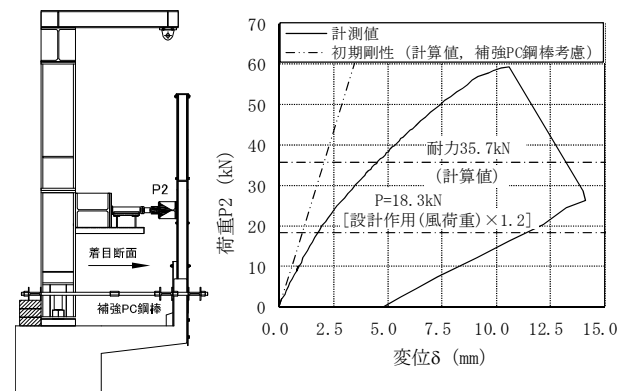


Fig. 18 荷重-変位関係 (実大模型実験 Case 4)  
Relationship between Load and Displacement



ード継手部の隙間が増加し、継手構造としては機能が低下していることを、ボード間の距離（目開き量）の計測結果（Fig. 17参照）により確認している。ボード間の距離は、Fig. 13に示すボード継手断面を跨ぐように4箇所を設置したパイゲージにより目開き量を計測した結果である。

(4) Case4：ボード重ね継手部の耐力確認 荷重位置P2における荷重-変位関係をFig. 18に示す。荷重はFig. 13に示す加力位置P2に配置したジャッキ2台の合計値であり、変位は加力位置の背面側の2箇所計測した水平変位の平均とした。Case3終了後の試験体に対してFig. 18に示す補強PC鋼棒を配置し、高欄基部に荷重が伝わらないように補強した後、ボード重ね継手部が破壊するまで載荷した。Fig. 18に示す耐力35.7kN（計算値）は、ボードの引張強度を14.5N/mm<sup>2</sup>とした場合の、Fig. 18に示す着目断面位置での曲げ耐力である。着目断面位置で引張側ボードが破断するまで荷重は増加した。ボード重ね継手の長さ（Fig. 12の「ボード重ね継手部」の長さ）として20cm確保することにより、ボード破断まで継手として機能することを確認した。

3.4.4 実物大試験に関するまとめ 本試験において、実物大試験により本工法をコンクリート製の既設高欄に適用した場合の構造性能を確認した。試験結果として、嵩上げ部、ボード継手部、ボード重ね継手部、高欄基部（ボード下端の床版への固定部）等、いずれの部位においても、設計作用に対して十分な耐力を有していることを確認した。

## 4. 施工事例

鉄道高架橋において、高さ1.7mの既設高欄を延長2.9kmに亘って本工法で施工した。高欄高さは1m嵩上げて2.7mとした。

### 4.1 施工方法

以下の施工手順で実施した。

- 1) 既設高欄表面処理：高圧洗浄、吸水調整剤の塗布
- 2) 連結鋼材孔あけ：既設高欄を削孔
- 3) 裏当てボード取付け：既設高欄面にボードの接合箇所毎に裏当てボード（t=8mm）を取付け
- 4) 高韧性セメントボード取付け：セメントボードを裏当てボードを取付け
- 5) ボード支保工設置
- 6) 充填モルタル打設：セメントボードと高欄の隙間8mmに、無収縮モルタルを上部より流し込み
- 7) ボード支保工撤去
- 8) 嵩上げ部設置（嵩上げ部がある場合）

施工状況をPhoto 3に、完成状況をPhoto 4,5に示す。本工事では従来工法の高欄撤去・新設に比べ、クレーン作業を大幅に減らすことができ、また軌道内でのクレーン作業は一切不要であるため、列車間合い作業による昼間



Photo 3 施工状況  
Construction phase of this method



Photo 4 完成状況（左端は嵩上げ前）  
Parapet Wall after applying this method



Photo 5 完成状況（軌道内）  
Parapet Wall after applying this method

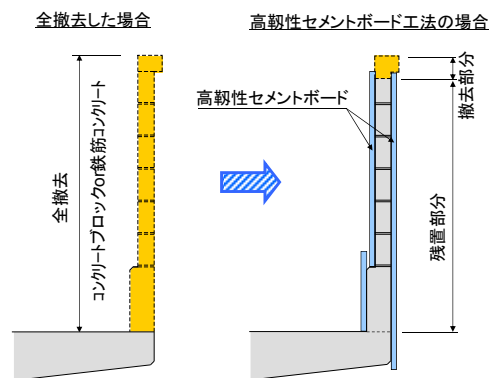


Fig. 19 撤去コンクリート量の比較  
Comparison of the amount of industrial waste

作業が可能であった。

### 4.2 産業廃棄物の削減等

Fig. 19に示すように、本工事では産業廃棄物の発生量は、頂部の笠コンクリートに限定された。既設高欄を全て撤去した場合に比べると、発生量は全長で570m<sup>3</sup>から44m<sup>3</sup>に減少し約8%で済んだ。既設高欄の解体撤去作業



も大幅に減り、駅や近隣周辺でも振動や騒音、ほこりの問題は防止できた。

また、H鋼支柱にコンクリート板を差込む従来工法のコンクリート数量は590m<sup>3</sup>であるが、本工法では高靱性セメントボードとモルタルの数量が200m<sup>3</sup>で済むため、コンクリート数量を390m<sup>3</sup>削減させることで、66%の省資源効果があった。

## 5. まとめ

経年劣化したコンクリート製高欄のリニューアルとして、高靱性セメントボードを用いる本工法を開発した。耐荷機構を考えその構造性能を実大模型実験で確認したところ、設計作用（風速50m/s）に対し、一体化した構造で高欄基部・嵩上げ継手部・嵩上げ部において十分な耐力を有していた。既設のコンクリート製高欄のリニューアルに本工法を適用する場合、公益財団法人鉄道総合技術研究所発行の「高靱性セメントボードを用いた既存鉄道高欄等の補修工法に関する設計・施工指針<sup>6)</sup>」に従って設計、施工が可能である。この指針は、本報文に掲載の梁模型実験も含めた一連の実験結果を踏まえて作成されたものである。

本工法は、既設高欄を利用して機能回復や劣化防止、嵩上げによる騒音対策、美観の向上、更に環境負荷低減を図ることができる。また条件次第では、昼間作業も可能である。

## 謝辞

本工法は、公益財団法人鉄道総合技術研究所との共同

研究により開発されたものであり、高靱性セメントボードの補強効果確認実験を実施するに当たり、貴重な意見を頂くとともに、本工法により既設高欄を補修する際に適用可能な設計・施工指針<sup>6)</sup>をまとめて頂きました。関係各位に深謝致します。

## 参考文献

- 1) 早川智浩, 野村敏雄, 加藤敏明, 小松雄一: 高靱性セメントボードによるRCはりの曲げ補強効果の一検討, 土木学会第64回年次学術講演会, V-588, pp. 1173~1174, (2009)
- 2) 橋本学, 野村敏雄, 福井真男, 松本光矢, 谷村幸裕, 轟俊太郎: 高靱性セメントボードによる既設高欄の補修・補強工法(その1)継手構造, 土木学会第65回年次学術講演会, V-595, pp. 1189~1190, (2010)
- 3) 小松雄一, 野村敏雄, 橋本学, 轟俊太郎, 曾我部正道, 松本光矢: 高靱性セメントボードによる既設高欄の補修・補強工法(その2)各種構造要素の影響, 土木学会第65回年次学術講演会, V-596, pp. 1191~1192, (2010)
- 4) 轟俊太郎, 曾我部正道, 松本光矢, 橋本学, 野村敏雄, 福井真男: 高靱性セメントボードによる既設高欄補修時のボード付着面積減少の影響, 土木学会第66回年次学術講演会, V-188, pp. 375~376, (2011)
- 5) 松本光矢, 谷村幸裕, 轟俊太郎, 小松雄一, 野村敏雄, 橋本学: コンクリート製の鉄道高欄を対象とした表面補強工法の実物大試験, 土木学会第66回年次学術講演会, V-031, pp. 61~62, (2011)
- 6) 公益財団法人鉄道総合技術研究所: 高靱性セメントボードを用いた既存鉄道高欄等の補修工法に関する設計・施工指針, (2013)