

## 拡径鉄筋を接合構造に有するプレキャスト壁高欄の開発

三井住友建設(株)	正会員	○藤岡 泰輔
三井住友建設(株)	正会員 工修	内堀 裕之
三井住友建設(株)	正会員 工修	三加 崇
三井住友建設(株)	正会員 博士(工学)	永元 直樹

キーワード：生産性向上，プレキャスト壁高欄，トランクヘッド，接合構造

### 1. はじめに

床版更新事業におけるさらなる急速施工を実現する一手法として、プレキャスト壁高欄（以下、PCa壁高欄）の採用が挙げられる。一方で、過去開発された製品は鉄筋ループ継手やPC鋼材による接合構造が主に採用されており、施工の煩雑さや経済性において改善の余地があると考えられる。そこで筆者らは、ループ継手の代替となる機械式鉄筋定着工法の一つであるトランクヘッドに着目した。トランクヘッドは、熱間処理により鉄筋端部を円錐台状に拡張した突起構造（以下、拡径鉄筋）で、突起部と母材の一体性に優れ、適用構造も多岐にわたる期待が大きい定着部材である。本稿では、この拡径鉄筋を接合構造に応用し、施工の単純化を目指した新しいPCa壁高欄の開発について報告する。

### 2. 接合構造の概要

PCa壁高欄の概念図を図-1に示す。PCa壁高欄基部の接合構造は、拡径鉄筋をPCa壁高欄下面より突出させ、地覆部に設けた箱抜き孔に挿入し定着する構造とした。PCa壁高欄の要求性能が場所打ち壁高欄と同等以上であることと、製作・組立て時の施工性を考慮し、PCa壁高欄基部に配置する拡径鉄筋はD19とし、250mm間隔で配置した。PCa壁高欄同士の接合構造は、一方のPCa壁高欄より橋軸方向に突出させた拡径鉄筋を、他方の端面に設けたスリットに内蔵し定着させる構造とした。橋軸方向に配置する拡径鉄筋は、スリットと鉄筋との取り合いを考慮してD16とし、100mm間隔で配置した。両接合構造には、PCa壁高欄組立て時の施工性と誤差を考慮し接合目地を設け、その接合目地間にモルタルを充填することで接合構造を成立させた。

拡径鉄筋の材質はSD345で、接合目地からの腐食因子の侵入に対しては、拡径鉄筋をエポキシ樹脂で塗装し耐久性に配慮した。モルタルは、設計基準強度45MPaの一般的な無収縮モルタルを採用した。

なお、今回開発したPCa壁高欄は、床版部との接合位置が地覆部上面と下面の二つのタイプがある。本稿では、図-1に示す前者の開発について概説する。

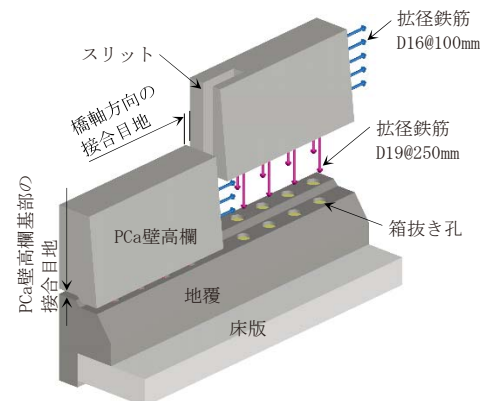


図-1 PCa壁高欄の概念図  
(地覆接合タイプ)

### 3. 実物大モデルによる施工性能試験

#### 3.1 試験体の製作

PCa壁高欄の製作は、拡径鉄筋および箱抜き孔の設置精度が施工性において肝要である。したがって、PCa壁高欄の鉄筋は編成台においてプレファブ化し、拡径鉄筋の平面位置を治具で固定した。一方、地覆部の拡径鉄筋を挿入する箱抜き孔は、鋼製スパイラルシースで形成し、このシースは治具により固

定して平面位置と横断勾配を調整した。シーは、将来的に接合構造の劣化因子となることと、拡径鉄筋を確実に地覆部にモルタル定着するため、コンクリート打設後に撤去した。

PCa壁高欄と地覆に使用したコンクリートは、標準的に使用される設計基準強度30MPaとした。

### 3.2 試験体の組立て

PCa壁高欄同士を接合する試験体の組立て状況を写真-1に示す。PCa壁高欄の組立て作業は、PCa壁高欄を仮支持するボルトの高さ調整→モルタルの練混ぜ→箱抜き孔へのモルタル投入→PCa壁高欄の据付け・位置調整→仮固定の手順とした。隣接するPCa壁高欄についても、同様の施工手順で組立て作業を行った。仮固定完了後、各接合目地の型枠を組立ててモルタルを注入した。

今回の施工性能試験は、作業員4名を一班で構成し作業を行った。施工速度は、準備工からPCa壁高欄の組立て・片付け工の全工程を含み、1日あたり10m程度であった。実施工においては、班数を増やすことによりさらなる急速施工が見込める。



写真-1 PCa壁高欄の組立て



写真-2 モルタル充填試験

### 3.3 接合目地のモルタル充填試験

前節で述べたとおり、地覆部に設けた箱抜き孔に充填するモルタルは、PCa壁高欄を据付ける前に箱抜き孔に先行投入する。そのため、拡径鉄筋は確実に地覆部に定着される。一方、PCa壁高欄基部の接合目地へのモルタル注入については確立した施工法がなかった。

そこで、写真-2に示す試験体を製作し、モルタル充填試験を実施した。モルタルの注入・排出口は、PCa壁高欄同士の接合目地を利用した。モルタルは、注入口一箇所から7~8ℓ/minの速度でモルタルポンプにより圧入した。硬化後、PCa壁高欄の下面となるモルタル上面の空隙面積を1m区間ごとに集計した。結果、発生した空隙面積は2%程度と非常に少なく、全ての空隙が圧縮縁の断面欠損であると仮定しても、接合構造の耐力に影響がないことを確認した。

表-1 試験体の種類

載荷No.	試験体長さ	載荷位置	照査荷重
CASE-1	2.4m	試験体の中央	設計荷重・終局時
CASE-2	2.5m+3.5m	試験体の端部	設計荷重
CASE-3	2.5m+3.5m	PCa壁高欄同士の接合目地近傍	設計荷重・終局時

## 4. 耐荷性能試験

### 4.1 試験概要

本試験では、設計荷重載荷時における接合構造の耐荷性能と過負荷時における破壊性状を確認した。対象のPCa壁高欄は、車両用防護柵の種別SS種(衝突荷重138kN)<sup>1)</sup>に対して設計を行い、試験を実施した。

試験体の種類を表-1および図-2に示す。CASE-1では、試験体の中央に荷重を載荷し、載荷点より45度分布の有効幅内にあるPCa壁高欄基部の接合構造に着目した。CASE-2では、試験体の端部に荷重を載荷してPCa壁高欄基部の接合構造と変形性能について着目した。CASE-3では、PCa壁高欄同士の接合目地近傍に荷重を載荷し、PCa壁高欄の一体性について着目した。

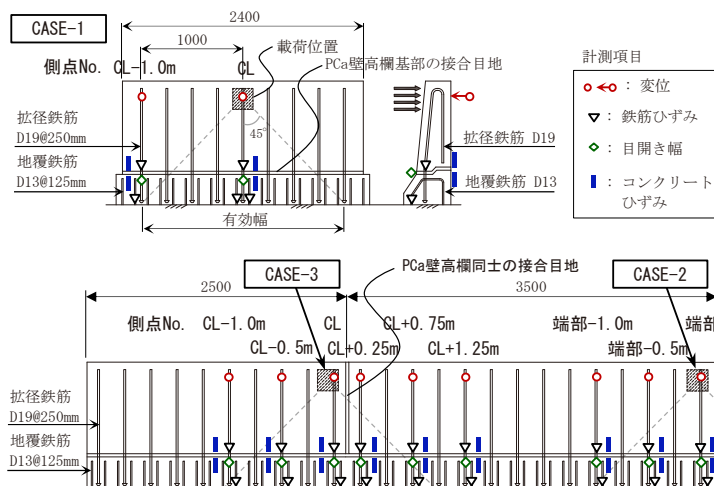


図-2 計測位置および計測項目

## 4.2 載荷方法

試験体は反力床にPC鋼材で固定し、反力壁に油圧ジャッキを設置して水平に荷重を載荷した。PCa壁高欄の載荷面は、「高速化対応型コンクリート製防護柵に関する共同研究報告書」<sup>2)</sup>を参考にして□200mm×200mmとした。CASE-1およびCASE-3の荷重ステップを図-3に示す。CASE-2については、SS種の荷重ステップまで載荷し挙動を確認した。

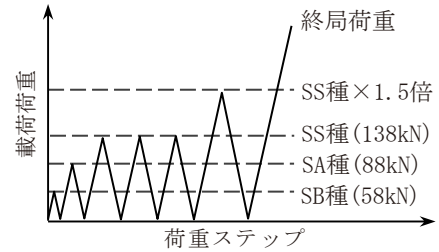


図-3 荷重ステップ (CASE-1, 3)

## 4.3 試験結果および考察

### (1) CASE-1 (試験体L=2.4m, 中央載荷)

CASE-1のPCa壁高欄天端位置における荷重変位曲線を図-4に示す。PCa壁高欄中央位置(CL)と(CL-1.0m)位置の計測値は、同一曲線の軌跡にあり、試験体が一体となって抵抗している挙動がわかる。ひび割れは、SA種相当の荷重を載荷した際に地覆と床版との接合部において確認された。SS種相当の設計荷重載荷時、PCa壁高欄基部の接合目地においてモルタルの目開きが発生したが、鉄筋応力は $77\text{N}/\text{mm}^2$ 程度と許容値に対して十分小さく、載荷と除荷を3回繰返した後の残留目開き幅も平均 $0.06\text{mm}$ と小さかった。PCa壁高欄基部のコンクリートひずみも $245\mu$ と非常に小さかった。

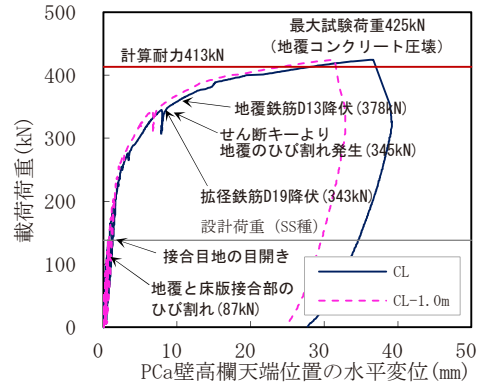


図-4 荷重-変位曲線 (CASE-1)

その後、設計荷重の1.5倍程度まで弾性的な挙動を示した。拵径鉄筋が載荷荷重 $343\text{kN}$ で降伏した直後、PCa壁高欄と地覆接合部のせん断キーより斜め方向に地覆コンクリートにひび割れが発生した。最大試験荷重は $425\text{kN}$ で、地覆と床版との接合部近傍において地覆コンクリートの背面側が圧縮破壊し終局に至った。計算耐力は $413\text{kN}$ で、計算値と試験値がほぼ一致した。また、拵径鉄筋定着部の拔出しやコーン破壊については、荷重変位曲線では認められなかった。終局時の試験体のひび割れ展開図を図-5に示す。

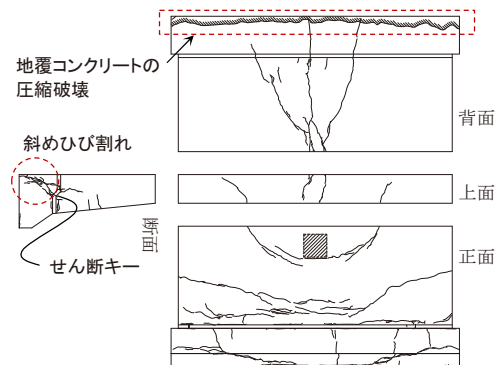


図-5 ひび割れ展開図 (CASE-1)

次に、試験体中央位置(CL)における拵径鉄筋と地覆鉄筋の荷重ひずみ曲線を図-6に示す。載荷荷重の上昇とともに拵径鉄筋のひずみ増加が先行し、設計荷重以降では接合目地でのモルタル目開きが大きくなり、拵径鉄筋のひずみが増加した。拵径鉄筋のひずみが $1200\mu$ 程度以上に達すると、地覆鉄筋のひずみが顕著に増加した。その後、両者はほぼ同一のひずみ履歴を示し、降伏に至った。

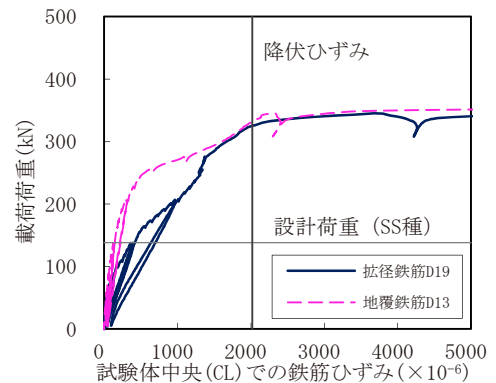


図-6 荷重-ひずみ曲線 (CASE-1)

以上より、本接合構造は設計荷重載荷時においてRC部材として要求される耐荷性能を有していること、また限界状態においても本接合構造の安全性が十分に高いことが確認できた。

### (2) CASE-2 (試験体L=6.0m, 端部載荷)

CASE-2は、PCa壁高欄の端部載荷である。ここで、設計要領では、壁高欄の端部では鉄筋量を約2倍とし補強することとなっている。しかし、今回は本構造の性能を調査するため、端部における鉄筋量



も標準部と同一として試験を実施した。

CASE-2における拡張鉄筋の荷重応力曲線を図-7に示す。載荷荷重120kN程度以降よりPCa壁高欄端部が水平および鉛直に曲がるような斜め45度方向のひび割れが発生した。設計荷重載荷時においては、コンクリートと鉄筋の発生応力度は許容応力度以下であった。設計荷重の載荷と除荷を3回繰返した後は、端部の拡張鉄筋には52N/mm<sup>2</sup>応力が残留し、PCa壁高欄基部の残留目開き幅は最大0.13mmであった。

以上より、今回の構造では端部の鉄筋量を増やさなくても許容応力度を満足できるが、局所的な残留ひずみが生じるため補強することが望ましいと考えられる。

### (3) CASE-3 (試験体L=6.0m, 接合目地近傍の載荷)

CASE-3のPCa壁高欄天端位置における荷重変位曲線を図-8に示す。PCa壁高欄基部の接合目地におけるモルタルの目開きは、CASE-1と同様、設計荷重載荷時に確認された。一方、PCa壁高欄同士の接合目地の目開きは、設計荷重×1.5倍(207kN)まで載荷して初めて目視確認できた。設計荷重の載荷と除荷を3回繰返した後のPCa壁高欄同士の接合目地における目開き幅は最大0.04mmであり、PCa壁高欄同士のずれせん断変位は発生しなかった。

その後、荷重を増加させると載荷点より45度分布範囲の拡張鉄筋と地覆鉄筋が降伏に達し、PCa壁高欄コンクリート背面側の押抜きせん断破壊によって終局に至った。最大荷重の513kN時、橋軸方向接合部の拡張鉄筋は降伏には至らなかった。また、破壊性状はCASE-1と異なり、地覆背面側のコンクリートは圧縮破壊が生じなかった。

以上より、本接合構造をPCa壁高欄同士の接合構造に適用することで、隣接するPCa壁高欄の連続性が確保され、設計荷重載荷時および限界状態において、十分な耐荷性能と安全性を有していることが確認できた。

## 5. まとめ

開発したPCa壁高欄の施工性能試験および耐荷性能試験で得られた知見を以下に示す。

- 1) 開発したPCa壁高欄の施工性能試験により、床版取替え工事におけるさらなる急速施工が見込める。さらに、本接合構造は低廉なRC構造であり経済性に優れているため、生産性向上が期待できる。
- 2) 各接合構造に拡張鉄筋を適用したPCa壁高欄は、車両用防護柵として要求される耐荷性能を満足していることが確認できた。隣接するPCa壁高欄においては、連続版としての挙動を示した。
- 3) PCa壁高欄端部では、コンクリートおよび鉄筋は許容応力度以下であったが、設計荷重載荷時の局所的な残留ひずみに対して補強することが望ましいと考えられる。

本検討では、施工の単純化・省力化を課題に取り上げ、全ての接合構造を統一化し、過去開発された製品にはない新しいPCa壁高欄を開発できた。今後は、本成果をもとに実構造物への展開を目指す。

## 参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説，平成28年12月
- 2) 建設省土木研究所道路部，日本道路公団試験研究所，(社)セメント協会ほか：高速化対応型コンクリート製防護柵に関する共同研究報告書，共同研究報告書第207号，1998年6月

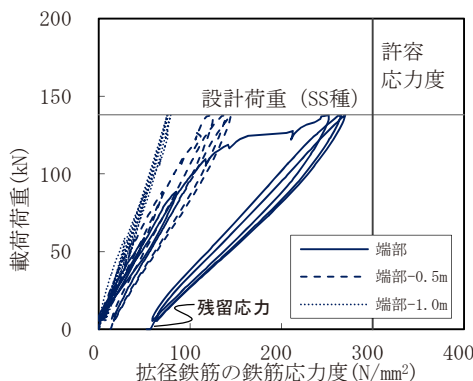


図-7 荷重-応力曲線 (CASE-2)

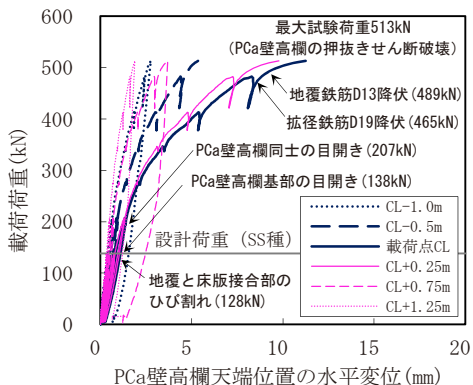


図-8 荷重-変位曲線 (CASE-3)