

# PC 床版の拡幅構造に関する実験的研究

岸田 政彦\*1・石原 陽介\*2・安藤 直文\*3・藤原 保久\*4

1962年の首都高速道路建設後50年が経過し、構造物の老朽化の進展や通行車両の増加・大型化等の厳しい使用環境などから高速道路ネットワーク機能を永続的に活用していくために大規模更新・大規模修繕計画が策定され実施される。こうした計画を確実かつ効率的に実施するために新たな技術開発が求められている。

本研究は、既設橋梁の機能を向上・改善させるために、車道拡幅・路肩拡幅やランプ部・ジャンクション部の既設床版と新設床版の接続を可能にする「既設橋のPC床版の拡幅構造」の開発を目的に行ったものである。具体的には床版部に横締めPC鋼材が配置されている既設PC橋を対象に構造的および施工的な制約条件を考慮して、実施可能なPC鋼材接続装置の開発、施工法の確立、拡幅床版構造の耐荷性能・疲労耐久性能の確認を行った。

キーワード：PC床版、拡幅、中間定着装置、特殊接続装置

## 1. はじめに

床版に横締めPC鋼材を有する既設PC橋を拡幅する場合、構造的、施工的な制約が多いため、既設部と拡幅部とを別構造とし縦目地を設けて対応する場合が多い。これに対して、本研究では走行性、維持管理性の向上のために、既設横締めPC鋼材を特殊接続装置で接続することで図-1に示す既設部と拡幅部の床版を一体化する構造を検討した。

縦目地を設けず既設部と拡幅部を一体化して拡幅する場合、いくつかの既往工法がある。まず、既設床版端部を削孔し、拡幅部の補強材を埋め込んでアンカー定着する工法が考えられる(図-2(a))。この場合、アンカーが既設横締めPC鋼材に近接するため両者が干渉するおそれがある。とくに補強材としてPC鋼材が必要な場合は既設床版に過

大な負荷を与えることになる。既設床版には補強筋も配置されていないため、ひび割れの発生によってアンカーの定着性が懸念される。

これに対して、既設床版への負荷を軽減する工法として、既設横締めPC鋼材と拡幅部横締めPC鋼材を接続する工法が考えられる(図-2(b))。各PC鋼材に応じて標準の接続具が市販されており、これが適用できれば、容易かつ確実に接続できる。しかし、既設横締めPC鋼材の定着具はそもそも接続を前提とした構造となっておらず、ほとん

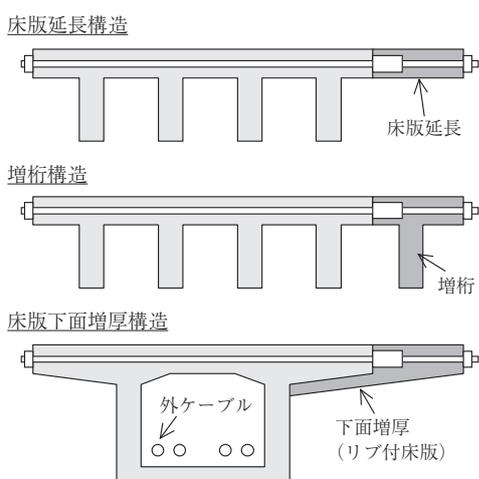
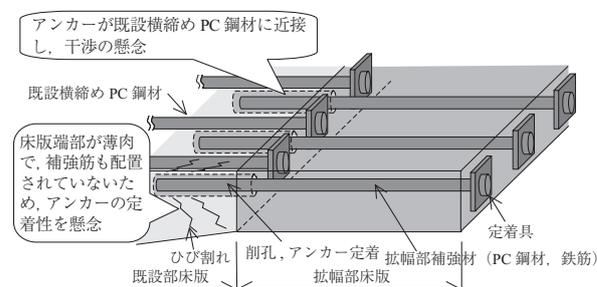
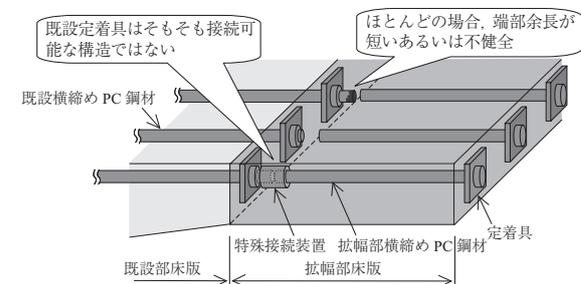


図-1 床版拡幅構造の例



(a) 拡幅部横締めPC鋼材をアンカー定着する工法



(b) 既設横締めPC鋼材と拡幅部横締めPC鋼材を接続する工法

図-2 従来工法

\*1 Masahiko KISHIDA：首都高速道路(株) 技術部 技術推進課

\*2 Yosuke ISHIHARA：首都高速道路(株) 技術部 技術推進課

\*3 Naofumi ANDO：三井住友建設(株) 土木本部 土木リニューアル推進室

\*4 Yasuhisa FUJIWARA：三井住友建設(株) 土木本部 土木リニューアル推進室

どの場合は既設横締め PC 鋼材の端部余長も接続が可能な処理がなされていない。さらに、接続のために既設横締め PC 鋼材を切断したり定着具を撤去する場合は、グラウト充填不良があれば緊張力が解放され、PC 床版としての耐荷力を保持できなくなる可能性がある。これらの理由により、標準の接続具の適用は困難である。

以上のような既往工法の難点を解消するため、本研究では既設横締め PC 鋼材にも適用できる特殊接続装置を開発し、施工が容易で、既設部と拡幅部の構造一体性が確実な工法の実現を目指した。

## 2. 本研究の拡幅構造

### 2.1 概要

PC 橋の拡幅においては既設横締め PC 鋼材を接続する工法が効果的であり、本研究では既設横締め PC 鋼材にも適用できる恒久的な特殊接続装置を開発した。さらに特殊接続装置を設置するために、既設横締め PC 鋼材の任意の位置で緊張力を一時的に保持する中間定着装置を開発した。

既設横締め PC 鋼材は、緊張力を中間定着装置で一旦保持した状態でその定着具を撤去し、特殊接続装置で拡幅部横締め PC 鋼材と恒久的に接続する。これにより横締め PC 鋼材が接続され既設部と拡幅部の床版が一体化する。図 - 3 にこれらの装置を用いた拡幅の施工手順を示す。

### 2.2 対象とする横締め PC 鋼材

首都高速道路の建設初期（昭和 30 年代から 50 年代）の PC 橋に用いられている横締め PC 鋼材は、実績調査から PC 鋼棒 φ26 B 種 1 号や PC 鋼線 12 φ7 が 500 mm 程度の間隔

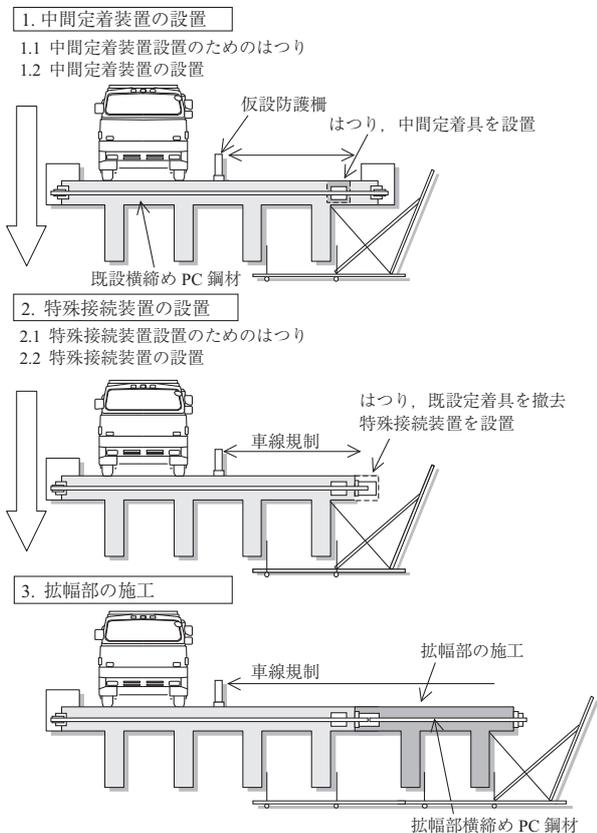


図 - 3 床版拡幅部の施工手順

で配置されているものが多い。したがって、本研究の対象として既設横締め PC 鋼材が PC 鋼棒（PC 鋼棒タイプ）および PC 鋼線（PC 鋼線タイプ）を想定し、これに拡幅部横締め PC 鋼材を接続するものとした。

表 - 1 に研究対象とした既設横締め PC 鋼材と拡幅部横締め PC 鋼材の組合せを示す。拡幅部横締め PC 鋼材は、既設横締め PC 鋼材との緊張容量の大小関係、および現在の市場性から決定し、現在の横締め PC 鋼材としてもっとも一般的に用いられる PC 鋼より線あるいは PC 鋼棒とした。PC 鋼棒は拡幅部の長さが短く曲げ配置の少ない場合に用いることを想定した。

### 2.3 開発項目

図 - 4 に開発フローを示す。開発項目は大きく 4 項目に整理される。

- ① 横締め PC 鋼材の中間定着装置の性能確認
- ② 横締め PC 鋼材の特殊接続装置の性能確認
- ③ 各装置を用いた拡幅作業の施工性確認
- ④ 各装置を用いて拡幅した床版の力学的性能確認

まず対象構造物を踏まえた条件整理、既存技術の適用性を検討した。そのうえで、既設床版に無理なく配置可能な中間定着装置、特殊定着装置の形状、仕様を検討した。続

表 - 1 既設横締め PC 鋼材および拡幅部横締め PC 鋼材

既設横締め PC 鋼材	拡幅部横締め PC 鋼材	
PC 鋼棒 φ26 B 種 1 号	PC 鋼棒 φ26 B 種 2 号	拡幅部が短い場合に適用
	PC 鋼より線 1S28.6B	PC 鋼棒同士の接続と同様の手法で対応可能、試験は省略
PC 鋼線 12 φ7	PC 鋼線 12 φ7	現在の市場性から対象外とした
	PC 鋼棒 φ32 B 種 1 号	拡幅部が短い場合に適用
	PC 鋼より線 1S28.6B	現在、横締め PC 鋼材として標準的

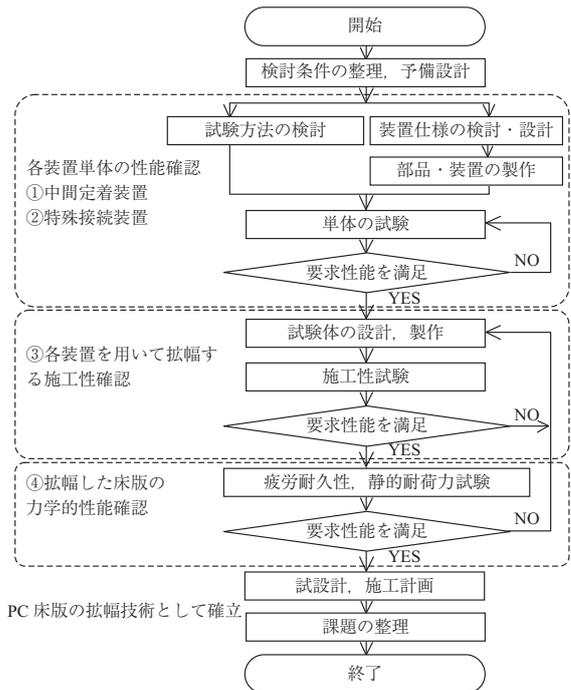


図 - 4 開発フロー

いて、施工性確認試験としてこれらの装置を用いた拡幅施工が可能かどうか、床版に想定どおりの緊張力が導入できることを確認した。最後にこれらを用いて拡幅した床版としての力学的性能（疲労耐久性、耐荷力）を確認した。

#### 2.4 中間定着装置の開発

中間定着装置は、既設横締め PC 鋼材の定着具の背面に設置して作用緊張力を一時的に負担するものである。既設横締め PC 鋼材の途中に設置することから分割組立て式構造となる。基本的な定着機構は既設横締め PC 鋼材の特性に応じて決定した。

中間定着装置は仮設構造のため、作用している緊張力（設計荷重時の最大張力）を定着できることが求められる。本研究での定着性能基準は、既設横締め PC 鋼材の設計荷重時に作用する最大緊張力に実橋での緊張誤差分として約 10% を上乗せして設定した。仮設構造のため疲労性能の検討は省略した。

#### 2.5 特殊接続装置の開発

特殊接続装置は、既設部と拡幅部の異なる横締め PC 鋼材を恒久的に接続するものである。そのため、おのおのの横締め PC 鋼材の緊張力や形状に応じた構造とし、永久構造として引張強度および疲労性能を確認した。疲労試験においては、既往の実績調査より設定した床版モデルに縁引張応力が生じるときの変動緊張力を考慮した。

#### 2.6 床版拡幅の施工性確認

既設 PC 橋の張出し床版を延長して拡幅する構造を想定した試験体を作成し、中間定着装置および特殊接続装置を用いて実際の拡幅施工を模した作業を行った。既設床版を模した短辺 1 000 mm、長辺 3 000 mm、厚さ 200 mm のコンクリート版に、長辺側を 1 500 mm 拡幅する。内部は配筋し、横締め PC 鋼材を配置する。コンクリート厚、コンクリート強度、PC 鋼材の緊張力などの試験体の仕様は対象構造物の実績調査をもとに標準的な値に設定した。

この試験体について、横締め PC 鋼材の途中を中間定着装置設置のためにはつり、中間定着装置の設置、定着具の撤去、特殊接続装置による接続、拡幅部の施工という一連の床版拡幅の施工を再現し作業性を確認した。

さらに、拡幅の各工程における横締め PC 鋼材の緊張力の推移を測定し、横締め PC 鋼材に導入した緊張力が中間定着装置および特殊接続装置を用いた拡幅後に想定どおりであることを確認した。

### 3. PC 鋼棒タイプの開発

#### 3.1 対象とする PC 鋼材

既設横締め PC 鋼材として設定した PC 鋼棒に、拡幅部横締め PC 鋼材として PC 鋼棒を接続する構造を検討する。既設横締め PC 鋼材として想定した PC 鋼棒は  $\phi 26$  B 種 1 号であるが、試験では現在の市場性から高強度の B 種 2 号を用いた。引張荷重  $P_u$  は 626 kN、降伏荷重  $P_y$  は 494 kN である。

#### 3.2 中間定着装置の開発

通常、PC 鋼棒の定着はネジ式であるが、PC 鋼棒に対して現場でネジ加工ができないため、くさび式定着とした。

また、メスコーンは二つ割りの分割組立て式構造とする（図 - 5、写真 - 1）。PC 鋼棒の中間定着装置としてこのような形式は過去には  $\phi 32$  に対する事例はあったが、 $\phi 26$  に対しては初めてであった。

中間定着装置は仮設構造のため、設計荷重時の最大荷重を満足することを確認し、疲労性能は求めない。また PC 鋼棒に対するくさび定着の確実性の確認としてセット量測定を行った。

#### (1) 定着性能確認試験

引張試験を行い性能基準を満足することを確認した（写真 - 2）。性能基準は既設横締め PC 鋼材の設計荷重時に作用する最大緊張力（ $0.75 P_y = 344$  kN）であるが、本研究では実橋での緊張誤差として約 10% 程度を上乗せした。すべての試験体で性能基準を上回る荷重（654～656 kN）で破断し、破断位置は PC 鋼棒の自由長部で、中間定着装置には変形などの異常は無く要求性能を満足することを確認した。

#### (2) セット量測定

本装置は PC 鋼棒をくさび式定着するため、施工時にくさびが滑ってかみ合わないことが懸念される。対策として中間定着装置設置時にオスコーンを圧入することが有効である。圧入力とくさびのセット量との関係を測定し、0.1  $P_y$  以上の圧入力を作用させることでくさびの滑りをなくす

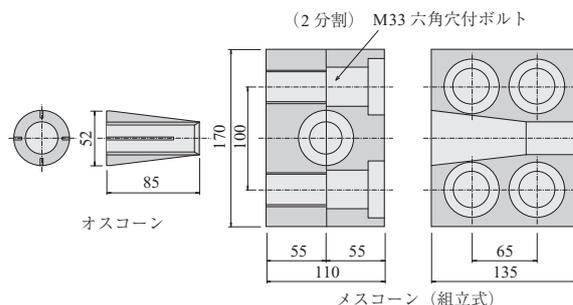


図 - 5 中間定着装置

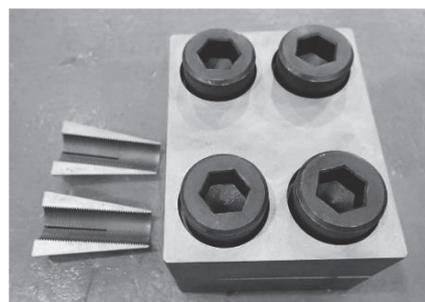


写真 - 1 中間定着装置

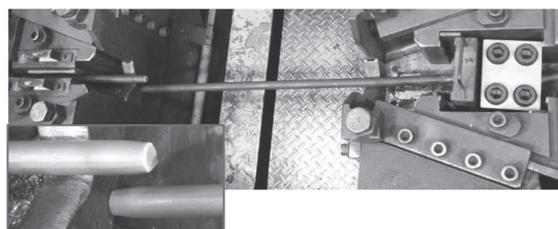


写真 - 2 定着性能確認試験状況

ことを確認した (写真 - 3)。

### 3.3 特殊接続装置の開発

特殊接続装置の定着は、PC 鋼棒に対するネジ加工が現場でできないためくさび式定着とした。これは中間定着装置と同様である。ただし、端部に設けることから分割組立て式構造とする必要は無い。図 - 6 および写真 - 4 に特殊接続装置の構造を示す。特殊接続装置は一時的に中間定着した既設横締め PC 鋼材と拡幅部横締め PC 鋼材 (既設 PC 鋼棒と同等以上の緊張容量を有する PC 鋼棒あるいは PC 鋼より線) とを恒久的に接続するもので、永久構造として引張強度および疲労性能の確認を行った。また PC 鋼棒に対するくさび定着の確実性の確認としてセット量測定を行った。

#### (1) 定着性能確認試験

引張試験を行い性能基準を満足することを確認した。本装置は横締め PC 鋼材を恒久的に接続するため、引張性能基準は一般の定着具と同様に既設横締め PC 鋼材の引張荷重 ( $0.95 P_u = 544 \text{ kN}$ ) とした。試験の結果、すべての試験体で性能基準を上回る荷重 ( $626 \sim 634 \text{ kN}$ ) で破断し、破断位置は PC 鋼棒のネジ部で、特殊接続装置には変形などの異常は無く要求性能を満足することを確認した (写真 - 5)。

#### (2) 疲労性能確認試験

引張疲労試験を行い性能基準を満足することを確認した。本装置は横締め PC 鋼材を恒久的に接続するものである。上限荷重として設計荷重時に既設横締め PC 鋼材に作用している最大緊張力 ( $0.75 P_y = 370 \text{ kN}$ )、変動荷重として、既往の実績調査より設定した床版モデルに縁引張応力が生じる水準の変動緊張力  $10.6 \text{ kN}$  を考慮し、200 万回の载荷を行った。载荷後、特殊接続装置と PC 鋼棒の破断、変形などの異常は無く要求性能を満足することを確認した。

#### (3) セット量測定

特殊接続装置の設置時は、確実にくさびがかみ合うように、オスコーンを圧入するものとする。プレストレス中の最大緊張力作用時 ( $0.9 P_y = 444 \text{ kN}$ ) のオスコーンのめり込み量はおよそ  $3 \text{ mm}$  で実用上問題のない値であった。

### 3.4 床版拡幅の施工性確認

既設床版を模擬した試験体を用い中間定着装置の設置や横締め PC 鋼材の接続を実施し、施工の作業性を確認するとともに、床版内部に計測器を設置し施工による応力状態の変化などを確認することで、施工実現性を検証した。試験体は既設床版を模した短辺  $1000 \text{ mm}$ 、長辺  $3000 \text{ mm}$ 、



写真 - 3 圧入状況

厚さ  $200 \text{ mm}$  で、これに長辺側を  $1500 \text{ mm}$  拡幅する。横締め PC 鋼材として PC 鋼棒  $\phi 26$  を 2 本配置し、試験時の有効緊張力は許容緊張力および参考とした既設橋の床版の応力度から  $300 \text{ kN}$  とした。図 - 7 に試験体を示す。

各装置の設置位置やはつり量を設定するとともに、実施工を想定しても無理なく作業が可能であることを確認した。写真 - 6 に中間定着装置の設置、写真 - 7 に拡幅部の施工状況を示す。

中間接続装置の設置のためのはつりは  $300 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$  必要で、特殊接続装置設置のためには、既設床版の端部を  $100 \text{ mm}$  はつり既設定着具を撤去し既設 PC 鋼材の端部を露出させる必要があった。いずれのはつりもウォータージェット (以下 WJ) で行うことができた。

また、中間定着装置および特殊接続装置によって接続した横締め PC 鋼材の緊張力の推移を、横締め PC 鋼材およびコンクリートのひずみ計測から推定した。図 - 8 に示すように既設定着具撤去時に端部の緊張力が一時的に喪失するが、拡幅部横締め PC 鋼材緊張時には想定どおりに回復したことを確認した。既設横締め PC 鋼材が中間定着装置によって仮固定され、既設横締め PC 鋼材と拡幅部横締め PC 鋼材が特殊接続装置によって確実に接続されたことを裏付けている。

なお、特殊接続装置を設置する際、PC 鋼棒端部にくさ

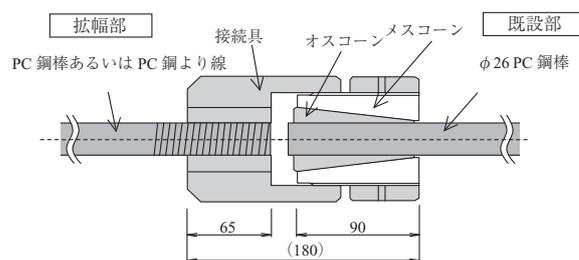


図 - 6 特殊接続装置



写真 - 4 特殊接続装置

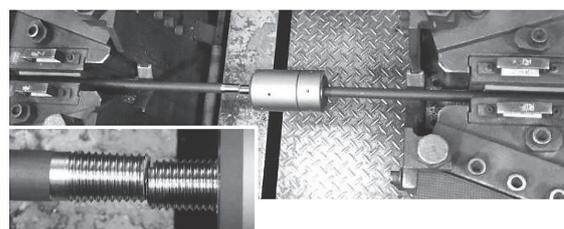


写真 - 5 引張試験状況

びを効かせる（かみ合わせる）ために一旦緊張する必要がある。その後徐荷し拡幅部の施工を行い、再度接続した横

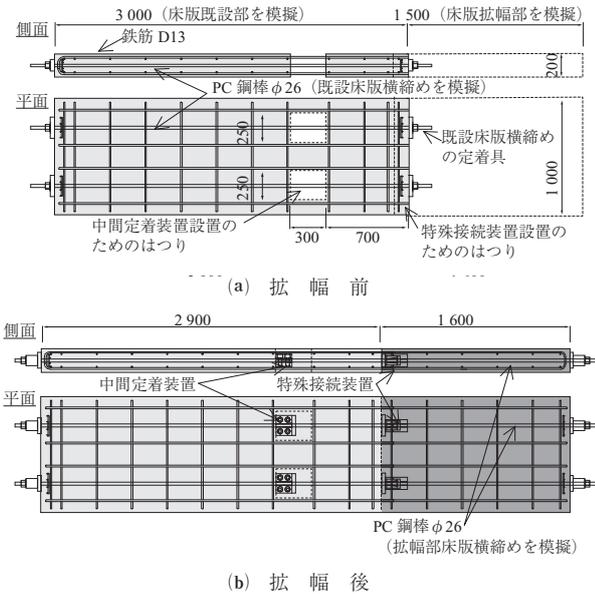


図 - 7 床版試験体



写真 - 6 中間定着装置の設置

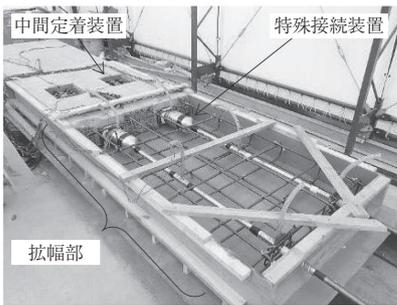


写真 - 7 拡幅部の施工

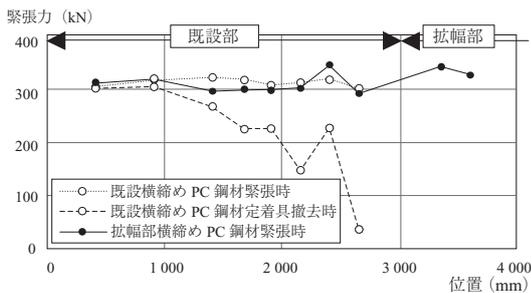


図 - 8 横締め PC 鋼材の緊張力の推移

め PC 鋼材を緊張する手順となる。このような実施工の手順を再現したあとにも、異常が無いことを確認した。

#### 4. PC 鋼線タイプの開発

##### 4.1 対象とする PC 鋼材

既設横締め PC 鋼材として設定した PC 鋼線に拡幅部横締め PC 鋼材として PC 鋼より線あるいは PC 鋼棒を接続する構造を検討する。既設横締め PC 鋼線 12 φ 7 の引張荷重  $P_u$  は 748 kN, 降伏荷重  $P_y$  は 659 kN である。拡幅部横締め PC 鋼材は既設横締め PC 鋼材と同等以上の緊張容量を有する PC 鋼より線あるいは PC 鋼棒を想定する。使い分けは以下である。

・ PC 鋼より線

現在の横締め PC 鋼材としてもっとも一般的なものである。本研究では既設横締め PC 鋼材 12 φ 7 と緊張容量が同等以上の PC 鋼より線 1S28.6 B を用いた（引張荷重  $P_u = 949$  kN, 降伏荷重  $P_y = 807$  kN）。

・ PC 鋼棒

定着時のセットが無いため拡幅部横締め PC 鋼材の長さが短く曲げ配置のない場合に適する。本研究では既設横締め PC 鋼材 12 φ 7 と緊張容量が同等以上の PC 鋼棒 φ 32 B 種 1 号を用いた（引張荷重  $P_u = 869$  kN, 降伏荷重  $P_y = 748$  kN）。

##### 4.2 中間定着装置の開発

既設横締め PC 鋼材（PC 鋼線 12 φ 7）は、7 mm の素線を平行線として配置したもので、曲げ配置によって断面内での素線配置が変化する。したがって、くさびのような定型の機械式定着構造の適用が困難である。そのため PC 鋼線の途中に二つ割りの分割組立て式の鋼製部材を設けて内部に充填材を充填する工法とした。図 - 9 に中間定着装置の概念を示す。

中間定着装置は、仮設構造のため設計荷重時の最大荷重を満足することを確認し、疲労性能は求めない。

##### (1) 定着性能確認試験

中間定着装置に用いる充填材は実績のあるセメント系膨張材とし、中間定着装置本体は二つ割り一体型（写真 - 8 (a)）と二つ割り分割型（写真 - 8 (b)）の 2 ケースとした。

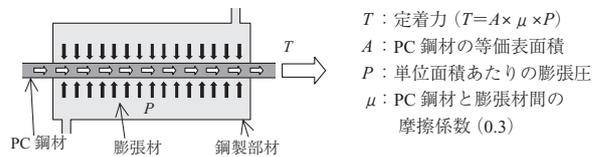
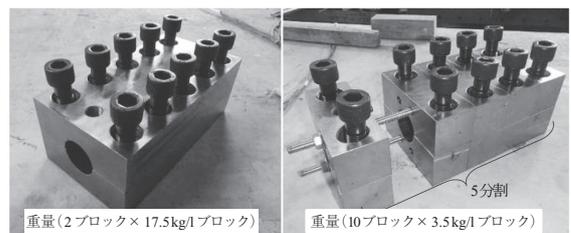


図 - 9 中間定着装置の概念



(a) 二つ割り一体型

(b) 二つ割り 5 分割型

写真 - 8 中間定着装置

従来、PC 鋼線の間定着装置として実績があるのは二つ割り一体型であるが、一つのプロック自体の重量が重く施工性に課題があったため、本研究においてプロックを5分割した二つ割り分割型の性能確認試験も実施した。

また膨張材の付着力は施工時温度に大きく影響するため、温度依存性の確認として施工温度を  $25\text{℃} \pm 2.5\text{℃}$  に制御したもの、とくにコントロールせず施工を想定し  $20\text{℃}$  から  $30\text{℃}$  に変化したものとを比較した。

性能基準は既設横締め PC 鋼材の設計荷重時に作用する最大緊張力 ( $0.6 P_u = 449\text{ kN}$ ) であるが、本研究では実橋での緊張誤差分として約 10% を上乘せした。

試験の結果、定着装置の分割形態および施工時温度に関わらずすべての試験体で性能基準を上回る荷重（降伏荷重レベルを上回る  $700\text{ kN}$  以上まで載荷し試験停止）まで定着できることを確認した。

(2) セット（抜け出し）の測定

本装置は、膨張圧を用いた定着であるため、荷重を増大したときの引込み変位が懸念される。くさび定着の場合のセットに相当するものである。既設横締め PC 鋼材の設計荷重作用時の最大緊張力 ( $0.6 P_u = 449\text{ kN}$ ) のときの抜け出し量は  $0.1 \sim 0.3\text{ mm}$  できわめて小さい結果であった。

4.3 特殊接続装置の開発

特殊接続装置は PC 鋼線の端部に設けることから分割組立て式構造とする必要は無い。図 - 10、写真 - 9 に示す異形の PC 鋼材をそれぞれ定着し接続する構造とした。また、本研究では既設横締め PC 鋼線の接続のために端部を加工する方法を2種類検討した。

① くさび式定着し接続する方法

既往の技術である。実施工においてはコンクリート部に埋め込んだくさびが滑っていないことを確認する必要がある。

② 現場でボタンヘッド加工を施して定着し接続する工法

コンクリートに埋め込んだ場合でも定着が確実であるが、ボタンヘッド加工用ジャッキの作業スペースの確保が必要となる。

ところで、既設横締め PC 鋼材の PC 鋼線と拡幅部横締め PC 鋼材の PC 鋼より線を接続すると、緊張時に PC 鋼より線の“より”が戻ろうとする力によって、PC 鋼線側にねじりが作用し回転する（図 - 11）。この回転によって、PC 鋼線の引張能力やグラウト付着力に悪影響を与えることが懸念されたため、回転を防止する機構を検討した。これら PC 鋼材の特性を踏まえたうえで永久構造としての引張強度および疲労性能の確認を行った。

(1) 定着性能確認試験

回転止め機構を付与した特殊接続装置について単体引張試験を行い、くさび式、ボタンヘッド式ともに性能基準を満足することを確認した。本装置は横締めを恒久的に接続するものであるため、引張性能基準は一般の定着具と同様である ( $0.95 P_u = 711\text{ kN}$ )。試験の結果、すべての試験体で性能基準を上回る荷重で破断し、破断位置は PC 鋼線の母材部で、特殊接続装置には変形などの異常は無く要求性能を満足することを確認した。

また、付加した回転止め機構が緊張時の鋼材の伸びに悪影響しないことを確認した。

(2) 疲労性能確認試験

引張疲労試験を行いくさび式、ボタンヘッド式ともに性能基準を満足することを確認した。本装置は横締めを恒久的に接続するものであるため、性能基準は、上限荷重として設計荷重時に既設横締め PC 鋼材に作用している最大緊張力 ( $0.6 P_u = 449\text{ kN}$ )、変動荷重として床版試験体に縁引張が生じるときの緊張力 ( $9.3\text{ kN}$ ) を考慮した。載荷回数は 200 万回である。載荷後、特殊接続装置および PC 鋼線の破断、変形などの異常は無く、付加した回転止め機構にも問題がなく、要求性能を満足することを確認した。

4.4 床版拡幅の施工性試験

図 - 12 に示す既設床版を模擬した試験体を用い中間定着装置の設置や PC 鋼材の接続を実施し、施工の作業性を確認するとともに、床版内部に計測器を設置し施工による応力状態の変化などを確認することで、施工実現性を検証した。試験体は PC 鋼棒タイプと同じで、既設床版を模した短辺  $1000\text{ mm}$ 、長辺  $3000\text{ mm}$ 、厚さ  $200\text{ mm}$  に長辺側を  $1500\text{ mm}$  拡幅する。床版横締めとして PC 鋼線  $12\phi 7$  を2本配置した。試験時の有効緊張力は、参考とした既設橋の床版の応力度をもとに設定し、PC 鋼棒タイプと同じ  $300\text{ kN}$  とした。なお、許容緊張力 ( $0.6 P_u = 449\text{ kN}$ ) に対して余裕がある。

中間接続装置の設置のためのはつりは  $400\text{ mm} \times 250\text{ mm}$  必要で、特殊接続装置設置のためには、既設床版の端部を

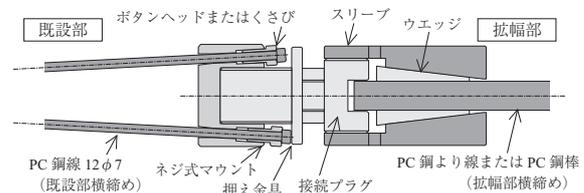


図 - 10 特殊接続装置

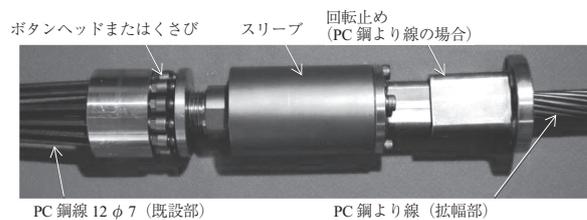


写真 - 9 特殊接続装置

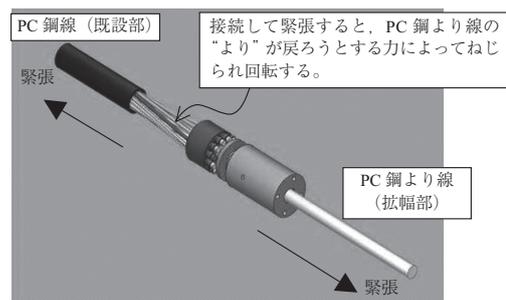


図 - 11 PC 鋼線の回転

600 mm はつり、既設定着具を撤去し既設横締め PC 鋼材の端部を露出させる必要があった。PC 鋼棒タイプと同様にいずれのはつりも WJ で行うことができた。特殊接続装置については、くさび式、ボタンヘッド式ともに接続に必要な作業スペースを確認した。

写真 - 10, 11, 12 に各施工状況を示す。本装置は、回転止め機構も有しているため構造が複雑である。作業手順、現場組立てに必要な工具、必要な空間、既設横締め PC 鋼材端部のはつり出し量について確認を行った。また写真 - 13 に示すように接続装置内のグラウトの充填性についても確認した。

中間定着装置および特殊接続装置によって接続した既設横締め PC 鋼材の緊張力の推移を、既設横締め PC 鋼材およびコンクリートのひずみ計測から推定した。図 - 13 に示すように既設定着具撤去時に端部の緊張力が一時的に喪失するが、拡幅部横締め PC 鋼材緊張時には想定どおりに回復したことを確認した。PC 鋼棒タイプと同様に既設横締め PC 鋼材が中間定着装置によって仮固定され、既設横締め PC 鋼材と拡幅部横締め PC 鋼材が特殊接続装置によって確実に接続されたことを裏付けている。

### 5. 拡幅床版の力学的性能

本工法を用いて一連の手順で拡幅した床版の力学的性能確認として、疲労耐久性試験、静的耐荷力試験を行った。

#### (1) 疲労耐久性試験

施工性確認試験を行った試験体を用い、実構造物で想定される状況を模擬した繰返し載荷試験を実施した(写真 - 14)。載荷点は中間定着装置および特殊接続装置を着目断面とした2ケースとし、200万回の載荷を行った。載荷荷重の上限は床版試験体に縁引張応力が生じる水準とし、中間定着装置に着目した場合が 16.8 kN、特殊接続装置に着目した場合が 26.3 kN である。図 - 14, 15 に PC 鋼棒タイプおよび PC 鋼線タイプの荷重載荷回数と荷重による

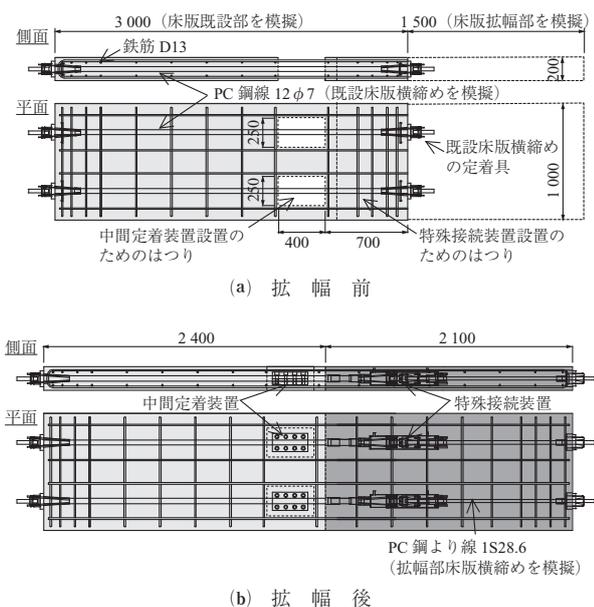


図 - 12 床版試験体

変位の関係を示す。ここで、変動荷重による変位とは、上限荷重載荷時と下限荷重として設定した 5 kN 載荷時の支



写真 - 10 中間定着装置の設置

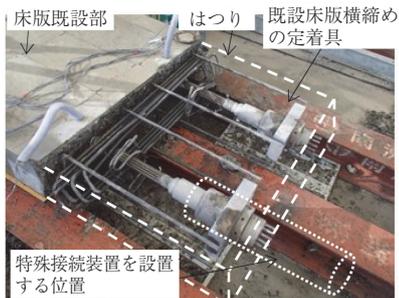


写真 - 11 特殊接続装置設置のためのはつり



写真 - 12 特殊接続装置の設置



写真 - 13 特殊接続装置のグラウト状況

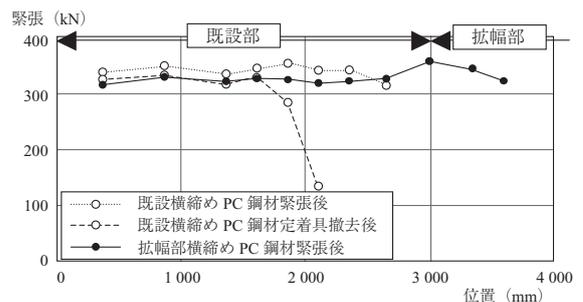


図 - 13 横締め PC 鋼材の緊張力の推移

荷重による変位 (mm)

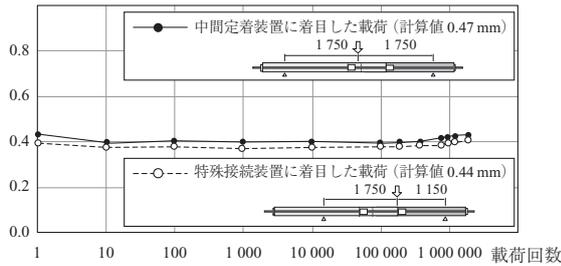


図 - 14 床版の変位の推移 (PC 鋼棒タイプ)

荷重による変位 (mm)

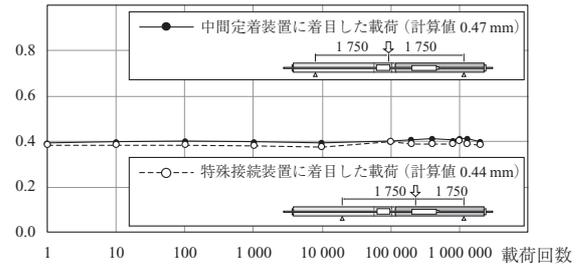


図 - 15 床版の変位の推移 (PC 鋼線タイプ)

荷重 (kN)

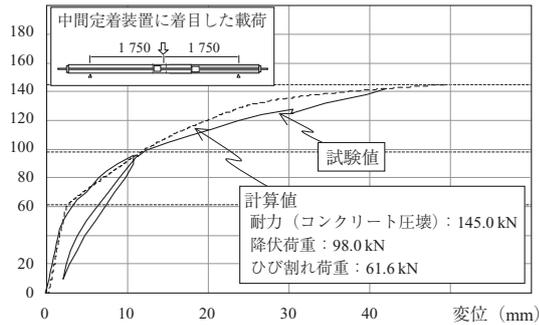


図 - 16 床版の荷重 - 変位関係 (PC 鋼棒タイプ)

荷重 (kN)

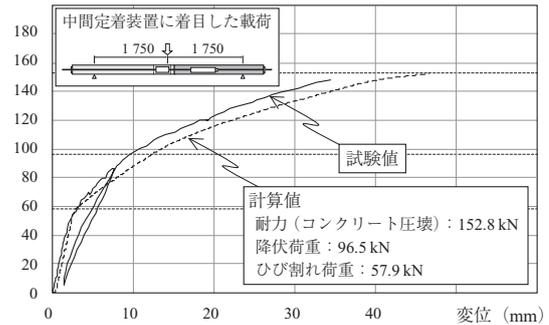


図 - 17 床版の荷重 - 変位関係 (PC 鋼線タイプ)

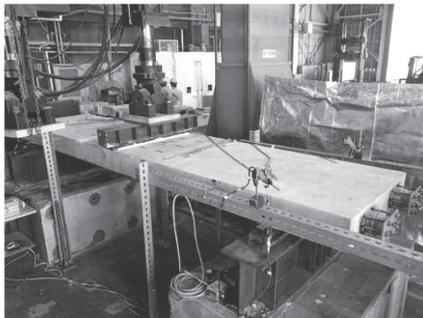


写真 - 14 疲労耐久性試験状況

間変位の差で、コンクリートのクリープや乾燥収縮による影響を除去したものである。変動荷重による変位はほぼ計算どおりに安定しており、200万回の荷重後に中間定着装置および特殊接続装置に異常が無いことを確認した。

## (2) 静的耐荷力試験

施工性・疲労性能の確認試験実施後の試験体に静的荷重を行った。中間定着装置付近を載荷点とし、支間は3.5 mである。図 - 16, 17にPC鋼棒タイプおよびPC鋼線タイプの載荷荷重と支間中央の変位を示す。荷重と変位の関係はほぼ計算どおりであり、中間定着装置および特殊接続装置がコンクリート床版の耐荷性能に影響しないことを確認した。

## 6. おわりに

PC鋼棒タイプ、PC鋼線タイプそれぞれの中間定着装置、特殊接続装置の形状、仕様を検討した。また、これらが既設床版に無理なく配置でき、交通規制下での拡幅の実施工

が可能で、これらを用いて拡幅した床版が十分な力学的性能を有することを確認した。

### ① 中間定着装置

- ・PC鋼棒タイプ、PC鋼線タイプともに、仮設構造として設計荷重以上の定着性能を確認した。
- ・PC鋼棒タイプのくさび定着のセット量を確認した。
- ・PC鋼線タイプの分割式構造を確認した。
- ・PC鋼線タイプの膨張材の抜け出し量、温度依存性を確認した。

### ② 特殊接続装置

- ・PC鋼棒タイプ、PC鋼線タイプともに、永久構造として引張強度相当以上の定着性能、疲労耐久性を確認した。
- ・PC鋼棒タイプのくさび定着のセット量を確認した。
- ・PC鋼線タイプの回転止め機構を検討した。

### ③ 各装置を用いた床版の施工性

- ・PC鋼棒タイプ、PC鋼線タイプともに拡幅床版に対して、十分に実施工が可能であることを確認した。また、接続する横締めPC鋼材の緊張力が損失しないことを確認した。

### ④ 拡幅した床版の力学的性能

- ・PC鋼棒タイプ、PC鋼線タイプともに各装置が拡幅床版の疲労耐久性、静的耐荷性能に影響を与えないことを確認した。

本業務の実施にあたり、住友電工スチールワイヤー(株)様、極東鋼弦コンクリート(株)様には多大なるご協力をいただきました。あらためて御礼申し上げます。

【2016年7月25日受付】