

PC床版の拡幅構造に関する実験的研究 (PC鋼線タイプ)

三井住友建設(株) 正会員 ○安藤 直文
 首都高速道路(株) 岸田 政彦
 首都高速道路(株) 正会員 石原 陽介
 三井住友建設(株) 正会員 藤原 保久

キーワード：PC床版，拡幅，PC鋼線

1. はじめに

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、ランプ部や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技術の開発である。PC 鋼棒タイプ（既設床版横締めとしてPC 鋼棒φ26に拡幅部のPC 鋼材を接続）の研究¹⁾に引き続き、本稿ではPC 鋼線タイプ（既設床版横締めとしてPC 鋼線12φ7に拡幅部のPC 鋼材を接続）を報告する。

既設部と拡幅部の床版横締めを接続して連続化する装置の基本構成はPC 鋼棒タイプと同様に中間定着装置と特殊接続装置からなる。既設部の床版横締めに作用している緊張力を中間定着装置で仮に保持し、既設床版横締めの定着装置を撤去し、特殊接続装置で拡幅部の床版横締めと恒久的に接続する。これにより床版横締めが接続され既設部と拡幅部の床版が一体化する。装置はいずれも既設床版の部材厚、施工空間、交通規制などの条件を満足する構造とした。

本研究では、対象としたPC 鋼線の特性を考慮し、表-1に示す項目の検討を行い、中間定着装置および特殊接続装置の単体の力学的性能、それらを用いて拡幅したコンクリート床版の施工性および力学的性能を確認することで、PC 鋼線タイプの拡幅技術を開発した。

2. 対象橋梁

昭和30年代から50年代に建設されたPC連続箱桁橋において床版横締めとして実績の多いPC 鋼線12φ7を対象とし、拡幅部の床版横締めとしてPC 鋼より線あるいはPC 鋼棒を接続する構造を検討した。拡幅部のPC 鋼より線は既設部のPC 鋼線と同等以上の緊張容量を有する1S28.6とした。現在の横締めPC 鋼材として最も一般的に用いられるものである。一方、PC 鋼棒はB種1号φ32とし、拡幅部の床版横締め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。

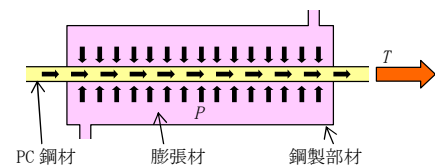
表-1 主な検討項目

項目	内容	
中間定着装置	定着性能	仮設構造としての定着性能を確認
	セット量	中間定着時のセット量の確認
特殊接続装置	引張性能	本設構造としての引張性能を確認
	セット量	接続時のセット量の確認
	疲労性能	引張疲労性能の確認
コンクリート床版	施工性	装置を用いた一連の拡幅施工の確認
	力学的性能	拡幅した床版の疲労耐久性、耐荷性

3. 中間定着装置の開発

3.1 中間定着装置の構造

既設床版横締め(PC 鋼線12φ7)は、素線の位置関係が一定しないため、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。本研究では図-1に示すような、充填材としてモ



T : 定着力($T=A \times \mu \times P$)
 A : PC 鋼材の等価表面積
 P : 単位面積あたりの膨張圧
 μ : PC 鋼材と膨張材間の摩擦係数(0.3)

図-1 中間定着装置の概念

ルタル系膨張材を用い膨張圧で定着する構造を検討した。なお、本研究で用いた膨張材の膨張圧には温度依存性があるため、実施工を想定した温度条件でも必要な膨張圧が確保できることを確認した。

さらに、既設床版横締めの中間定着装置本体として実績があるのは二つ割り一体型であるが、一つのブロックの重量が重く施工性に課題があったため、本研究においてブロックを5分割した二つ割り分割型の性能確認試験も併せて実施した。写真-1に中間定着装置を示す。

3.2 定着性能確認試験

既設床版横締めの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、疲労性能は求められない。本研究での定着性能基準は、既設床版横締めの設計荷重時に作用する最大緊張力 ($0.6P_u=449\text{kN}$ P_u :引張荷重) 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。定着性能確認試験の結果、中間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。

3.3 セット(抜け出し)量の確認試験

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き込み変位が懸念される。くさび定着の場合のセット量に相当するものである。既設床版横締めに模擬した PC 鋼材を設計荷重時の最大値 ($0.6P_u=449\text{kN}$) で緊張し、途中で中間定着装置を設け、中間定着装置に全緊張力を作用させたときの引き込み量は $0.1\sim 0.3\text{mm}$ であり極めて小さい結果であった。

4. 特殊接続装置の開発

4.1 特殊接続装置の構造

特殊接続装置は異種 PC 鋼材を接続するため、既設側の PC 鋼線の定着具と拡幅側の PC 鋼より線または PC 鋼棒の定着金物を特殊な接続プラグで固定する構造とした (図-2)。また、本研究では接続のための既設横締め PC 鋼線の端部加工の方法として下記の2種類を検討した。

① くさび式

既設 PC 鋼線の各素線の端部をくさび式で定着し接続する。既往技術の応用で、コンクリート部材に埋め込まれたときのくさびの滑り状況を確認する必要がある。

② ボタンヘッド式

現場でボタンヘッド加工を施して定着し接続する。コンクリート部材に埋め込んだ場合でも定着が確実であるが、ボタンヘッドの加工のためのジャッキの作業スペースの確保が必要となる。

ところで、PC 鋼線と PC 鋼より線を接続して緊張すると、PC 鋼より線の“より”が戻ろうとする力によって、PC 鋼線側にねじりが伝達し回転する (図-3)。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。



(1) 二つ割り一体型 (2) 二つ割り5分割型
写真-1 中間定着装置

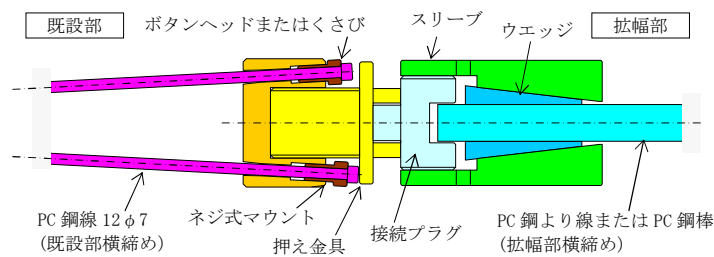


図-2 特殊接続装置

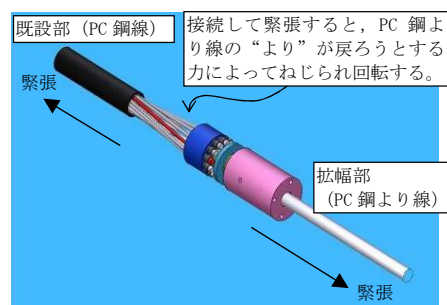


図-3 既設 PC 鋼線の回転

4.2 回転止め確認試験

PC 鋼より線の緊張力および長さ、より戻しによるトルク・回転角との関係を確認し、抵抗できる回転止め機構を検討した。回転止めの構造は角鋼管を二重に組み合わせたもので、緊張時の伸びを阻害しない構造とした(写真-2)。

4.3 引張性能確認試験

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。本装置は床版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に $0.95P_u$ (711kN) とした。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なく要求性能を満足することを確認した。

4.4 疲労性能確認試験

特殊接続装置は床版横締めを恒久的に接続するものであるため、引張疲労性能の確認を行った。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 ($0.6P_u=449\text{kN}$)、変動荷重としてモデル化した張出し床版に縁引張が生じるときの変動緊張力 9.3kN を考慮した。載荷回数は 200 万回である。試験完了後、特殊接続装置および PC 鋼線の破断、変形などの異常や付加した回転止め機構に問題がなく、要求性能を満足することを確認した。

5. 本装置を用いて拡幅したコンクリート床版

5.1 拡幅床版の施工性確認試験

既設 PC 床版を模擬した試験体を用い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再現した(図-4)。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。

中間定着装置および特殊接続装置の設置位置や設置のためのはつり量、はつり方法を確認するとともに、実施工を想定して装置の組立作業が無理なく可能であることを確認した。とくに特殊接続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、必要な施工空間について確認した(写真-3)。

また特殊接続装置内のグラウトの充填性についても確認した。写真-4 に特殊接続装置を切断し確認した状況を示す。

なお、中間定着装置、特殊接続装置によって接続した床版横締めのプレストレスは損失することなく想定どおりであることを確認している。

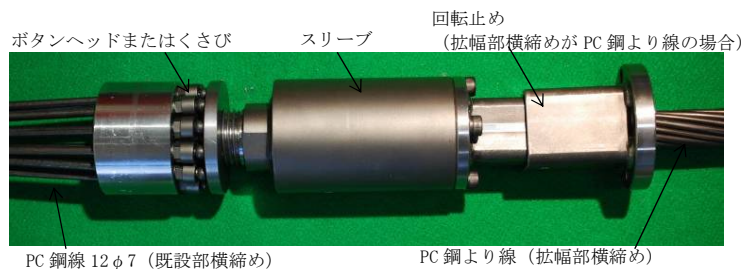


写真-2 特殊接続装置

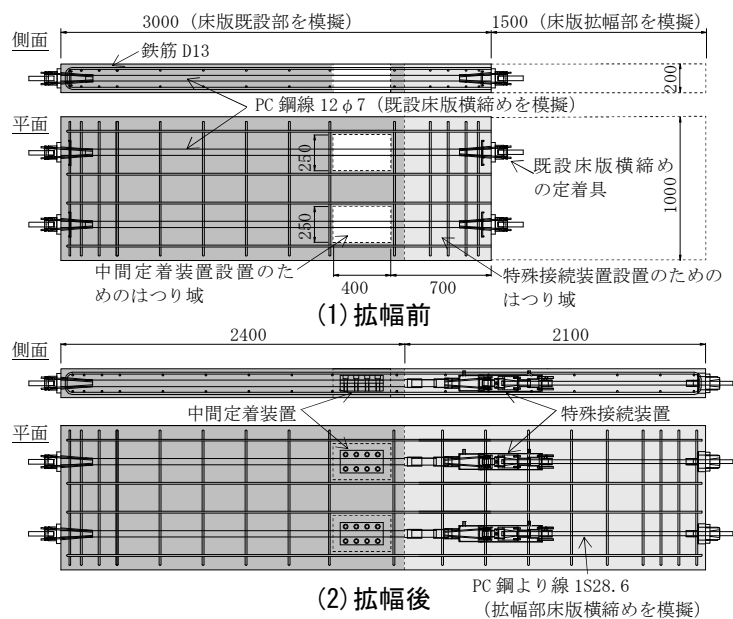
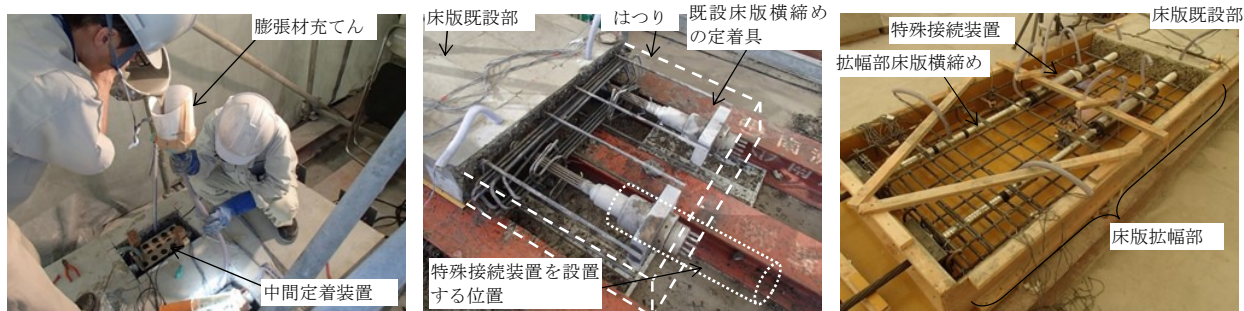


図-4 床版試験体



(1) 中間定着装置の設置 (2) 特殊接続装置設置のためのはつり (3) 特殊接続装置の設置

写真-3 施工性確認試験



写真-4 特殊接続装置のグラウト状況

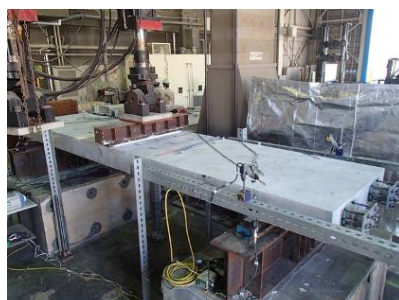


写真-5 疲労耐久性試験状況

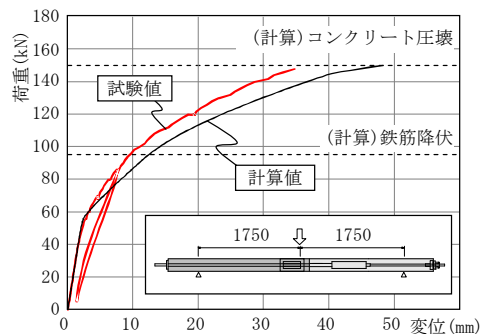


図-5 荷重-変位関係

5.2 拡幅床版の力学的性能確認試験

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载荷試験を実施し、本検討構造が十分な疲労耐久性を有することを確認した。载荷点は中間定着装置、特殊接続装置を着目断面とした2ケース、変動荷重は床版下縁に引張応力が生じる水準とし200万回の载荷を行った。いずれのケースも载荷後に異常がないことを確認した。写真-5に試験状況を示す。

(2) 静的耐荷力試験

施工性・疲労耐久性の確認試験実施後の試験体に静的载荷を行った。図-5に荷重と変位の関係を示す。床版の挙動はほぼ計算値どおりであり、中間定着装置および特殊接続装置が床版の耐荷性能に影響しないことを確認した。

6. まとめ

本研究において、既設部と拡幅部の床版横締めを確実に接続し、拡幅部にプレストレスを連続導入することで、既設部と拡幅部の床版を一体化する技術確立した。以下に結果をまとめる。

- ・ 中間定着装置および特殊接続装置は、床版拡幅に必要な機械的性能を有する。
- ・ これらは、既設床版部材に無理なく収まる形状であり、実施工が可能である。
- ・ これらを用いて拡幅した床版は、必要な力学的性能を有する。

極東鋼弦コンクリート振興(株)様には多大な御協力をいただきました。深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 藤原ほか, PC床版の拡幅構造に関する実験的研究, プレストレストコンクリート工学会 第24回シンポジウム論文集, 2015年10月