

PC 中間定着工法の定着具に関する解析検討

川田建設(株)	正会員	○渡部	寛文
日鉄住金SGワイヤ(株)		工修	森石 慶久
川田建設(株)			住谷 安子
川田建設(株)	正会員	工修	川口 千大

キーワード：定着具，FEM，マルチワイヤー

1. はじめに

社会基盤の大規模な修繕が本格化する中、劣化が進行して安全面、機能面で問題が生じ、架替えを必要としている橋梁は少なくない。PCT桁橋などの架替え工事において、橋上の交通を確保するために、既設橋を切断して幅員方向に分割し、その一方を供用しながら他方を撤去、新設橋を構築していく施工方法がある。通常、主桁上フランジ（床版）や横桁には横締めPC鋼材が配置されており、幅員を切断分割する際にはPC鋼材の切断による供用側プレストレスの消失を防ぐために中間定着を行う¹⁾。

本稿は、筆者らの開発したPC中間定着工法²⁾において、中間定着時の定着具の応力状態を解析により求めるとともに、定着試験で測定した結果と比較し、本工法による中間定着の安全性に関する検証について報告するものである。

2. PC中間定着工法と中間定着具

本検討のPC中間定着工法は、PC鋼棒、PC鋼より線のほか、横締め鋼材として広く使用されたPC鋼線（マルチワイヤー）の中間定着を可能とするもので、PC鋼材の把持にウェッジを使用する（写真-1）。撤去側PC鋼材を切断すると、その張力はウェッジの押込み力となり、スリーブとのくさび効果により定着力を発生する。ウェッジ、スリーブは二分割で、これらの外側にあるジャケットと組付けボルトが定着力の反力に抵抗する（図-1）。そしてジャケットと残存側コンクリートとの間にイコライザを挿入し、両者に密着させることにより張力を維持する。

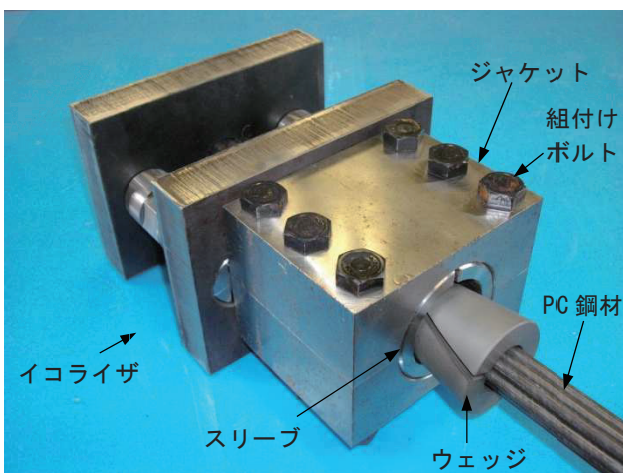


写真-1 PC 中間定着工法の定着具

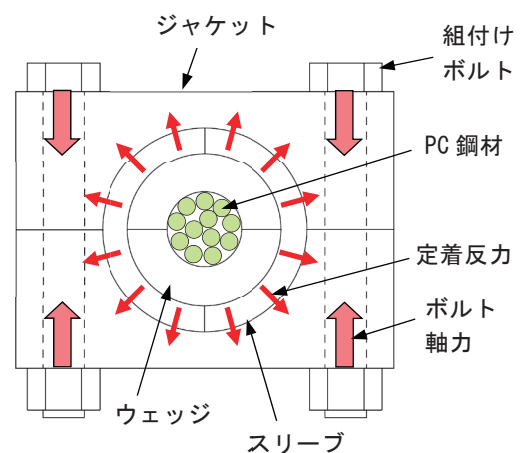


図-1 PC 鋼材定着反力とボルト軸力

3. 中間定着具の応力検討

3.1 FEM解析モデル

(1) モデル形状

前ページ図-1より、中間定着による定着反力はジャケットが抵抗する。そこで、中間定着具の応力解析はジャケットに対して行った。ジャケットは上下左右対称な二分割の本体を6本のボルトで組み付けるので、モデルはボルト1本が負担する寸法範囲 (≒6等分) の下半部分を切り出し、さらにボルト軸に沿って縦割りで半分にした形状を考えた (図-2)。境界条件は、幅方向対称面、底部ボルト座面および縦割り面にそれぞれ垂直な方向を固定した。

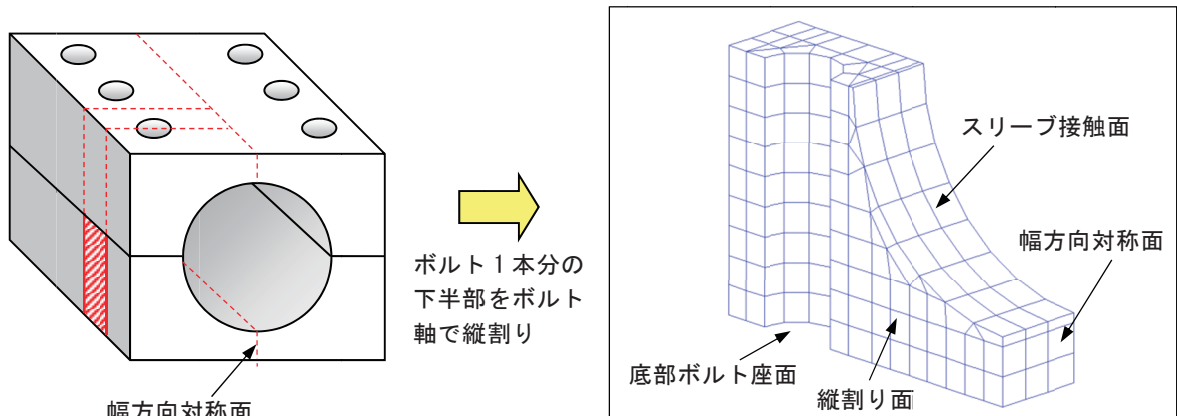


図-2 ジャケットの解析モデル

(2) 荷重強度の算定方法

定着反力はスリーブ接触面に対し均等に作用すると仮定する。PC鋼材張力 (=ウェッジ押し込み力) と定着反力との関係を直接求めるのは難しいので、ウェッジをある荷重で押し込んだときのボルト軸力を試験により測定し、その値とボルト軸方向成分の合計が釣り合うスリーブ接触面荷重を解析上で逆算した (図-3)。

3.2 ボルト軸力測定

ウェッジ押し込み力とボルト軸力との関係を求めるため、以下の試験を実施した。

(1) ひずみゲージによるボルト軸力標定

組付けボルトにひずみゲージを取り付け、これをボルト軸力計にセットしてトルクをかけ、ボルト軸力とそのときのひずみを測定した (図-4)。その結果、係数 0.0319を得、この係数をひずみ値に乘じ、ウェッジ押し込み時のボルト軸力を求めた。なお、この標定には手動の直読式トルクレンチを使用した。ジャケット組付け時に電動インパクトレンチを使用することも想定し、これによる軸力を測定したところ、45kN程度であった。

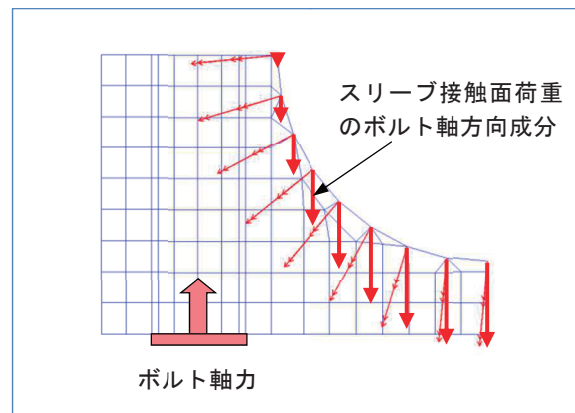


図-3 荷重の釣り合い

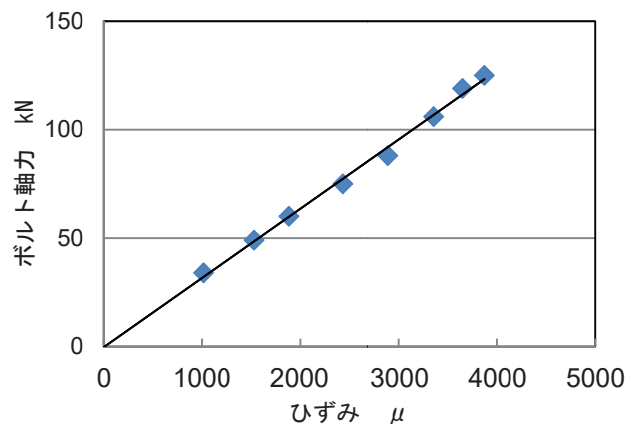


図-4 ボルト軸力とひずみ

(2) ウェッジ押し込み試験

中間定着具を組み立て、万能試験機にセットしてウェッジを押し込み、そのときのボルト軸力を(1)の係数を用いて求めた(写真-2)。押し込み力の最大値を、マルチワイヤー12φ7mmの規格引張荷重である700kNとしたとき、ボルト軸力は92kNであった(図-5)。よって、解析モデルのボルト軸力を、モデルのボルトが縦割り半分なので軸力値も半分の46kNとした。なお、写真では上部2本のボルトを測定しているが、中部および下部についても測定し、軸力の比はおおむね上:中:下=4:3:3であった。

また、図-2のジャケット厚さがもっとも小さくなる幅方向対称面の下縁部にひずみゲージを取り付け、ウェッジ押し込み時のひずみを測定し、FEM解析値と比較することとした。



写真-2 ウェッジ押し込み試験

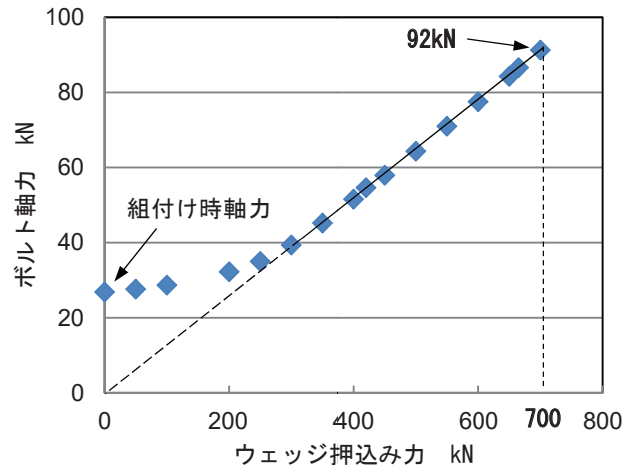


図-5 ウェッジ押し込み力とボルト軸力

4. 検討結果

4.1 FEM解析値と測定値の比較

3.2(2)で求めたボルト軸力46kNと、ボルト軸方向成分の合計が釣り合うスリーブ接触面荷重を解析モデルに載荷し、計算した。その結果、最大主応力は幅方向対称面の下縁に発生し、その値は218N/mm²であった(図-6)。これに対し、ウェッジ押し込み試験でジャケットに取り付けたひずみゲージより求めた応力は、押し込み力700kN時で226N/mm²となり(図-7)、解析値におおむね一致するものとなった。これらはジャケット(材質S45C)の降伏点強度345N/mm²の65%程度の値である。このことから、中間定着時の応力に関するジャケットの設計は解析により可能であると判断した。

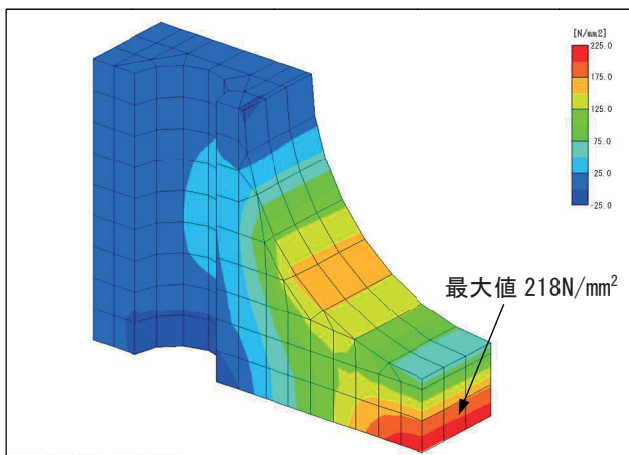


図-6 ジャケット応力解析値

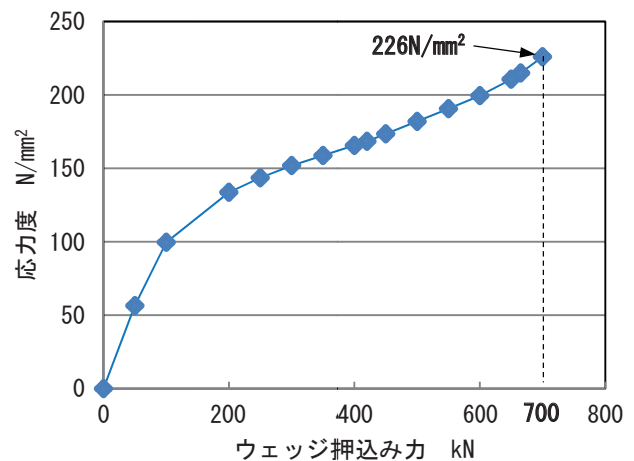


図-7 ジャケット応力測定値

4.2 ジャケット組付け面の開きへの対処

ウェッジ押し込み試験を行った際、押し込み力が大きくなるにしたがってジャケット組付け面の開きが見られ、押し込み力700kN時で開きが0.25mmに達した。この開きは組付けボルトの軸力増加にともなう伸びによるもので、開きが大きくなるとウェッジが過剰に押し込まれ、二分割のウェッジのテーパ後端とスリーブ内面が干渉し、PC鋼材の把持が弱くなって滑りを生じやすくなる。開きを小さくするには、ジャケット組付け時にボルトに所定の軸力を導入する必要がある。

そこで、ウェッジ同士の干渉が起らないジャケットの最大開きを別途試験により調べたところ、0.1mmであることが分かった(写真-3)。ボルトが0.1mm伸びるときの軸力増加量は、ジャケット高さ108mm、組付けボルトM16の断面積157mm²より29kNと計算された。この値をボルト最大軸力92kNから引くと63kNとなり、ジャケット組付け時の必要トルクはボルトの軸力-トルク関係より、225Nmであることが分かった(図-8)。よって、定着具を組み立てる際、組付けボルトをトルク225Nm以上で締め付けることとした。



写真-3 ジャケット開き測定

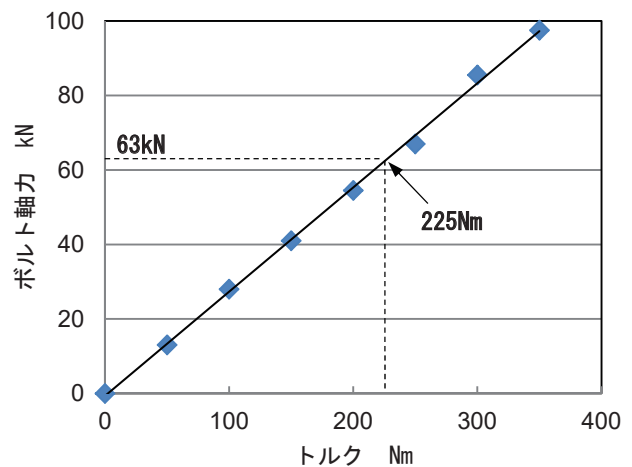


図-8 ボルトの軸力-トルク関係

5. おわりに

厳しい施工条件の下、橋上交通を止めずに主桁架替えができる横締めPC鋼材の中間定着工法に関し、定着具の力学的な安全性を検証するため、マルチワイヤー12φ7mmを対象とした応力解析と載荷試験を実施し、それらの結果を比較し整合を確認した。また、中間定着を確実にを行うための、作業上の留意点について確認した。本工法はさまざまな種類のPC鋼材の中間定着に向け、それぞれに適した形状、性能を有する定着具を開発してきた。本報告はその内容の一部を示したものであり、中間定着を利用したPC構造物更新の一助となれば幸いである。最後に、本工法の開発、検討に際しご協力いただいた関係各位に心より謝意を表し、本報告の結びとする。

参考文献

- 1) 渡部寛文, 勝俣良夫, 森石慶久, 山岸俊一: 中間定着工法を用いたPCT桁橋の架替え施工, 第26回PCシンポジウム論文集, pp. 235-238, 2017. 10
- 2) 渡部寛文, 勝俣良夫, 森石慶久, 高長正裕: PC橋架替工事における横締め鋼材中間定着工法の適用, プレストレストコンクリート, Vol. 59, No. 1, pp. 35-40, プレストレストコンクリート工学会, 2017. 1