

定着用膨張材を用いた中間定着工法に関する基礎的研究と適用事例

長崎大学大学院	生産科学研究科	学生会員	○久保田 慶太
長崎大学	工学部構造工学科	正会員	工学博士 原田 哲夫
九州旅客鉄道(株)	施設部	非会員	山崎 一之
オリエンタル建設(株)		正会員	生田 泰清

1. はじめに

道路の拡幅工事や補修・補強の観点から PC 部材の一部を解体・撤去し、残りの部分を従来通りに使用するケースが増えている。この場合、PC 緊張材を緊張状態のまま、途中で定着する必要がある。これを中間定着と呼んでいる。中間定着には、従来の PC 定着工法が適用できない。

筆者らは、これまで定着用膨張材 (HEM) を用いて PC 緊張材を定着する研究 (HEM 定着法) を行ってきた¹⁾。HEM 定着法とは、鋼管スリーブと緊張材の間に HEM スラリーを充填後、HEM の硬化膨張によって発生する 50MPa 以上の高膨張圧によって、緊張材を定着する方法である。膨張圧の伝播は液圧的であり、緊張材の種類や断面形状に関係なく応力集中の少ない定着ができるという特徴がある。

そこで、HEM 定着法を用いた中間定着工法を開発し、その基礎的な研究を行ってきた。すでに、名神高速道路石山高架橋の架け替え工事では、42 本の PC 鋼線 (φ5) のマルチ鋼線を定着するために、HEM を用いた大規模な中間定着が実施されている²⁾が、中間定着のメカニズムに関しては必ずしも明確にはなっていない。本論では、中間定着メカニズムなどの基礎的な研究結果を述べるとともに、博多駅プラットホームのエレベーター設置工事に本定着法を適用した事例について報告する。

2. HEM を用いた中間定着工法の概要

具体的な中間定着の手順を図-1 に示す。まず中間定着を行う箇所のコンクリートをはつり、PC 鋼材を露出させる。露出した PC 鋼材に中間定着具を設置し、HEM スラリーを充填する。所定の膨張圧の発生を確認した後に、無収縮モルタル、コンクリートなどではつり部を埋め戻す。解体撤去部分の PC 鋼材を切断後、中間定着具で緊張力が定着されることになる。

3. 中間定着に関する基礎的研究

3.1 中間定着を模擬した基礎実験

中間定着工法を模擬した実験を図-2 に示す。また、中間定着具の概略を図-3 に示す。実験で用いた緊張材は、PC 鋼棒 (φ15.0)、PC 鋼より線 (φ15.2) である。実施工上、中間定着具は現場で組み立てられるように分割構造としているが、ここではひずみ値等の計測のために、断面形状の影響がほとんどないと考えられる鋼管スリーブを定着具として用いている。実験は、以下の手順で実施した。①緊張材を油圧ジャッキにより緊張して C 点で仮定着する。最大緊張力は PC 緊張材の引張強度の 80%、または

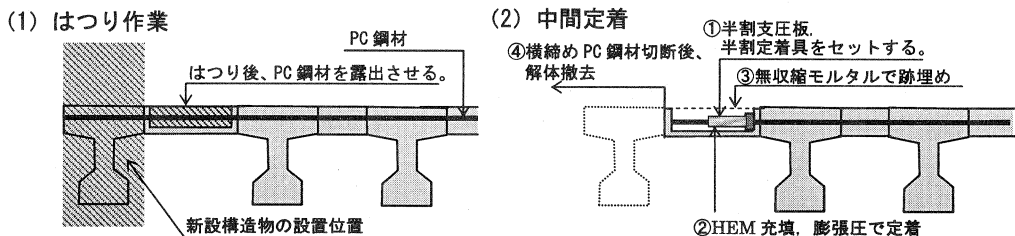


図-1 中間定着工法の概要

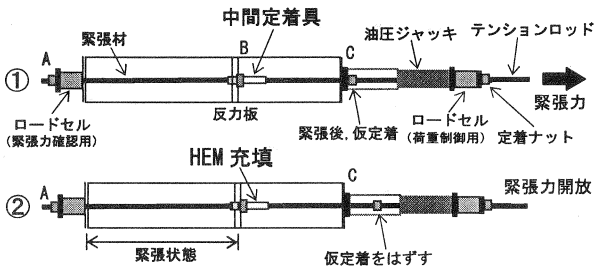


図-2 実験装置の概略図

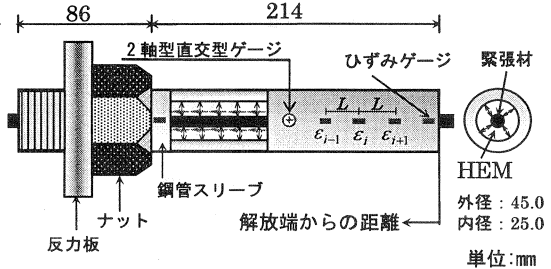


図-3 基礎実験で用いた中間定着具の概略

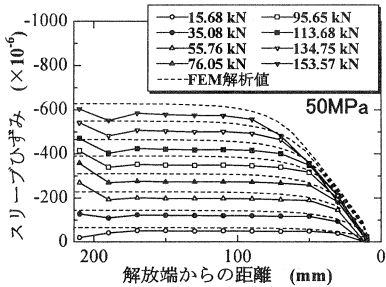


図-4 鋼管スリーブのひずみ分布
PC 鋼棒 (φ15.0)

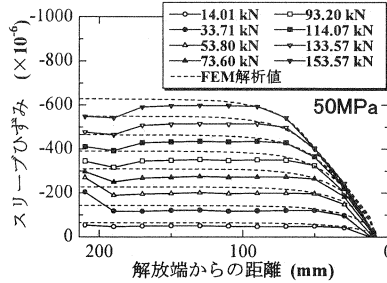


図-5 鋼管スリーブのひずみ分布
PC 鋼より線 (φ15.2)

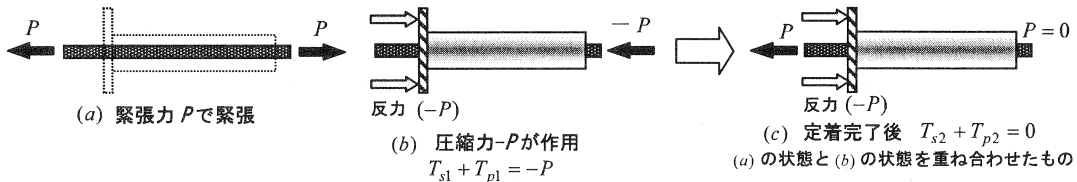


図-6 重ね合わせの原理に基づく定着機構の説明

降伏強度の90%のうち小さい方の値とした³⁾。②中間定着具にHEMを充填し、膨張圧が50MPaに達した時点で再緊張し、C点での仮定着をはずす。その後、緊張荷重を徐々に緩める。その過程で中間定着具で解放荷重が保持され、最終的には全緊張荷重が中間定着具によって保持されることになる。中間定着用鋼管スリーブ表面に20mm間隔でひずみゲージを添付し、緊張力解放時の各荷重段階でひずみ値を測定した。

3.2 中間定着のメカニズム

上記実験②の段階における緊張力解放時の各荷重段階での中間定着用鋼管スリーブ表面のひずみ分布を図-4、図-5に示す。定着具内部で解放端からの距離が大きくなるにしたがって、ひずみ値がなめらかに比例的に増加し、一定となるまでの区間が存在する。この区間がプレテンション方式PCの付着長に相当する。図-4、図-5より、PC鋼棒、PC鋼より線ともに付着長、すなわちスリーブ端部からの距離は、約90mmであった。この付着長以上の定着長が、中間定着具のスリーブ長として必要である。

以上の実験結果に基づき、緊張解放荷重を定着する機構は、プレテンション方式のプレストレス導入原理と同様に考えることできる。その定着機構を図-6に示す。中間定着完了後の状態(c)は、重ね合わせの原理より、緊張材を緊張した状態(a)と、定着具に圧縮力が作用した状態(b)とを重ね合わせることで求めることができる。(c)の状態がプレストレス導入の状態と同様である。このようにプレテンション方式のプレストレス導入の原理と同様に中間定着の機構を説明できる。

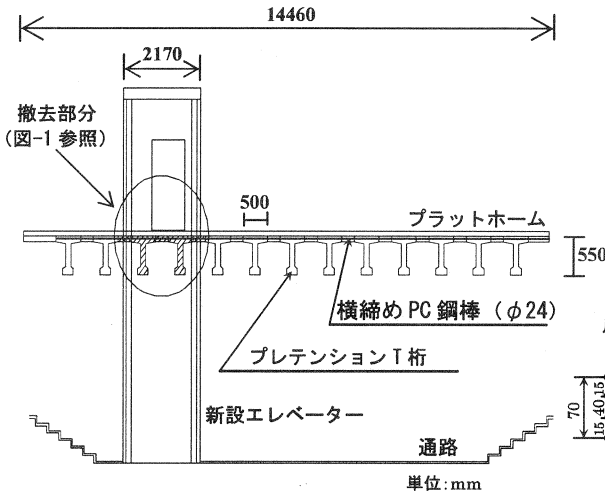


図-7 博多駅プラットホームにおけるエレベーター設置工事の概略

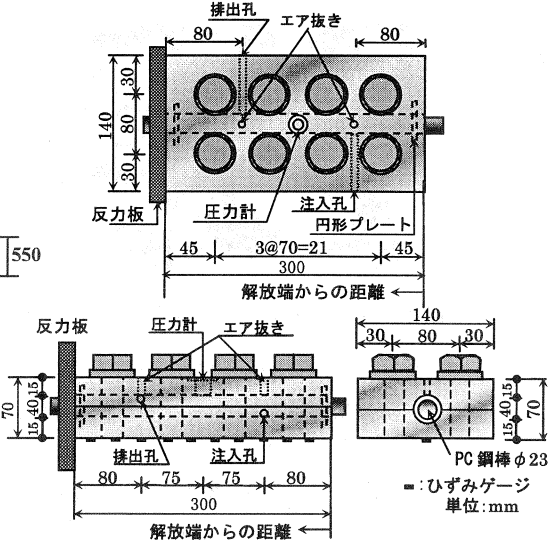


図-8 分割形式の中間定着具

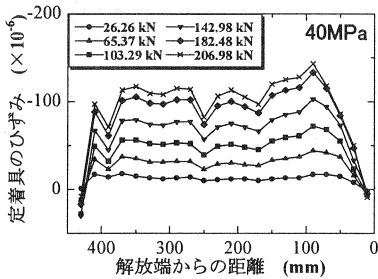


図-9 半割中間定着具のひずみ分布
PC鋼棒(φ23) 定着長450mm

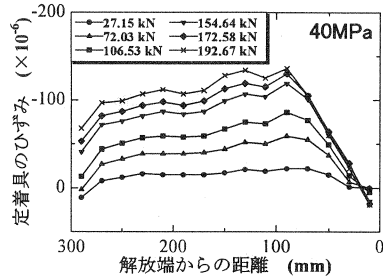


図-10 半割中間定着具のひずみ分布
PC鋼棒(φ23) 定着長300mm

また、中間定着具内部の HEM は単位長さ当たりのせん断力 q を伝達するせん断バネと仮定することができる⁴⁾。HEM 層をせん断バネと仮定した FEM 解析を行った結果を、図-4、図-5 に実験値と比較して示す。解析結果は、実験結果とうまく合致していることが分かる。この解析より、付着長を推定することができる。

4. 博多駅プラットホームのエレベーター設置工事への中間定着工法の適用

博多駅プラットホームの床スラブは、図-7 に示すように PC 桁を横締め PC 鋼棒 (φ24) により一体化されている。その途中にエレベーターを設置するためには、緊張状態にある横締め PC 鋼棒 (φ24) を途中で定着し、エレベーター設置箇所の PC 桁を解体・撤去し、残りの PC 桁を従来通りに使用できる施工方法が必要となる。そこで、本件には HEM 定着法を用いた中間定着工法が採用された。

4.1 予備実験

現在、PC 鋼棒 (φ24) が規格上にないため、実験では、PC 鋼棒 (φ23) を用いた。また、実施工を考えた場合、中間定着具の構造形式は、分割形式で緊張状態にある PC 緊張材を挟み込む形の定着具が必要となる。そこで、図-8 に示すように半割の鋼製スリーブを上下重ね合わせ、ボルトを用いて一体化する定着具を考案した。基礎実験から得られた付着長は、緊張材径の約 6 倍であり、φ23 の場合の付着長は約 140mm と推定される。これより、スリーブ長は安全性を考慮し 300mm、450mm の二種類として実験を行った。実験で与えた緊張力は、設計条件に基づき 213kN とした。実験方法は、3 章と同様であ



図-11 中間定着具の設置と HEM スラリーの注入状況

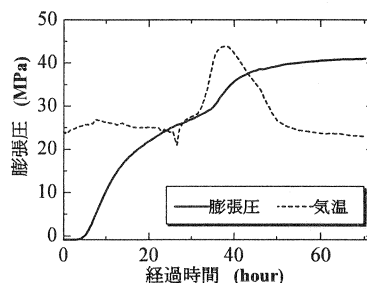


図-12 現場における膨張圧の経時変化

る。半割定着具の下面に 20mm 間隔で添付したひずみゲージより、緊張力解放時の各荷重段階でひずみ値を測定した。緊張力解放荷重時の各荷重段階におけるひずみ分布を図-9、図-10 に示す。同図より、定着具内部で解放端からひずみ値が比例的に増加し、それ以降はほぼ一定値となっている。本実験での付着長は約 90mm であり、当初予想された付着長よりも短くなっていた。なお、反力板付近のひずみ値が小さくなっているのは、反力板によって中間定着具の変形が拘束されたためと考えられる。また、スリーブ長が 450mm の場合においても、付着長はほぼ同じであった。よって、実施工には L=300mm の中間定着具を採用した。

4.2 現場施工

中間定着具設置作業の手順は、図-1 に示した通りである。図-11 に中間定着具の設置作業の状況を示す。HEM スラリーは重力落下方式により、注入孔ホースより注入し、HEM スラリーが排出孔ホースを上昇してきたことで定着具内部への充填性を確認した。実施工では、膨張圧の管理が最も重要となる。実際の現場においても膨張圧を計測し、所定の膨張圧 40MPa 以上の発現を確認した後、はつり部を無収縮モルタルで埋め戻し、横締め PC 鋼棒 (φ24) の切断を行った。膨張圧の計測結果を図-12 に示す。

5. まとめ

- (1) 中間定着具内部には、プレテンション方式と同様に付着長が存在し、基礎実験では、PC 鋼棒、PC 鋼より線ともに約 90mm であった。また、HEM による中間定着の定着機構は、重ね合わせの原理により説明でき、プレテンション方式のプレストレス導入の原理と同様である。
- (2) HEM をせん断バネと考えた FEM モデルは、付着長を推定するための有効な解析方法である。
- (3) 実施工を想定した予備実験で使用した分割形式の中間定着具における付着長は約 90mm であり、基礎実験を基に算出したものより短くなっていた。また、定着長が変化しても付着長に変化は見られなかった。今後も、PC 橋梁の拡幅工事や仮設工事等において、この中間定着を採用する機会が増えるものと思われる。更なる中間定着具の改良を進め、汎用性を高めていきたい。

謝辞: 本工事の施工にあたり、多大なご協力をいただいた九州旅客鉄道㈱および九鉄工業㈱の関係各位の皆様に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 原田, 出光, Myo Khin, 副田, 渡辺 : 定着用膨張材による連続繊維緊張材の定着法に関する研究, 土木学会論文集, No.627,V-44, pp.77-90, 1999.8
- 2) 渡辺, 菊池, 長橋, 中島 : 中間定着工法の開発とその施工, プレストレストコンクリート, Vol.40, No.3, pp.26-30, 1998
- 3) 社団法人 日本道路協会 : 道路橋示方書・同解説, III コンクリート編, 平成 14 年 3 月
- 4) 久保田, 原田, 生田, 木村 : HEM を用いた PC 緊張材の中間定着と定着機構に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.2, pp847-852, 2004