

定着用膨張材を用いた中間定着工法の定着機構に関する研究

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) 原田 哲夫
 長崎大学 工学部構造工学科 (正会員) 阪上 直美
 オリエンタル建設株式会社 (正会員) 生田 泰清

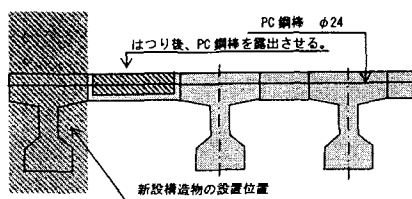
1. はじめに

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場合、緊張状態にある PC 鋼材を途中で定着する必要がある。これを中間定着工法と呼び、具体例を図-1に示す。中間定着では、従来の PC 定着工法が適用できないため、筆者らの開発した定着用膨張材 (HEM) を用いた定着法が有効と考えられる。この場合、実施工においては所定の緊張力を定着できる必要定着長などを算定する手法が必要なる。そのためには定着メカニズムを解明しておく必要がある。本研究では、3 種類の PC 緊張材に対して中間定着工法を想定した HEM 定着体を作成し、緊張力開放による中間定着実験を実施し、定着メカニズムについての考察を行った。

2. 実験概要

実験で用いた緊張材は、CFRP より線 ($\phi 15.2$)、PC 鋼より線 ($\phi 15.2$)、PC 鋼棒 ($\phi 15.0$) の 3 種類である。緊張材に CFRP より線を用いた場合の実験装置を図-2に、中間定着具の概略を図-3に示す。実験は以下の手順で実施した。①緊張材を鋼管スリーブ (長さ 300mm) に挿入し、定着具 A、B を HEM 定着後、カップラーでテンションロッドと接続し、油圧ジャッキにより緊張し仮定着する。緊張力は PC 緊張材の引張強度の 80% または、降伏強度の 90% のうち小さい方の値を使用した。②中間定着具に HEM を充填し、膨張圧が 50MPa に達した時点で、再緊張して C 点での仮定着をはずし、緊張荷重を除々に緩めながら、中間定着具に少しずつ緊張荷重を移動させ、最終的に中間定着具で定着する。定着具としての鋼管スリーブ表面に 20mm 間隔でひずみゲージ添付し、緊張力開放時の各荷重段階でひずみ値を測定した。

(1) はつり作業



(2) 中間定着

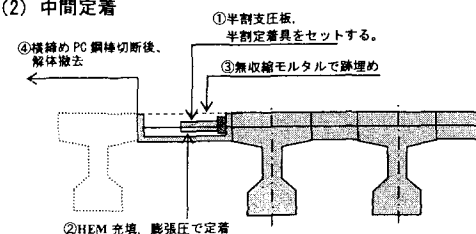


図-1 中間定着工法の概要

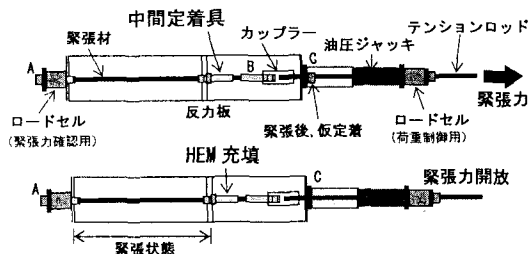


図-2 実験装置の概略図 (CFRP より線の場合)

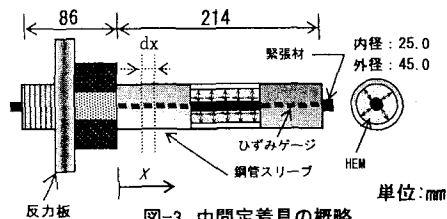


図-3 中間定着具の概略

3. 実験結果および考察

緊張力開放過程の鋼管スリーブ表面のひずみ分布を図-4～図-6に示す。定着具内部で端部からひずみ値が大きくなり、ひずみ値が一定となるまでの区間

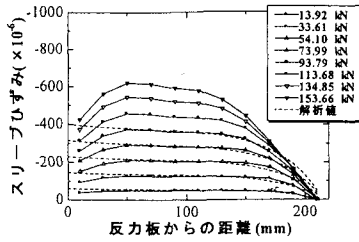


図-4 鋼管スリーブのひずみ分布
CFRP より線 (φ15.2)

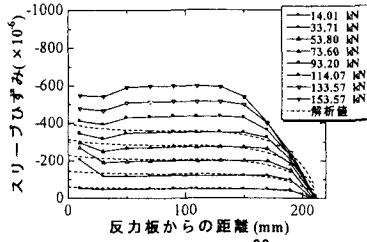


図-5 鋼管スリーブのひずみ分布
PC 鋼より線 (φ15.2)

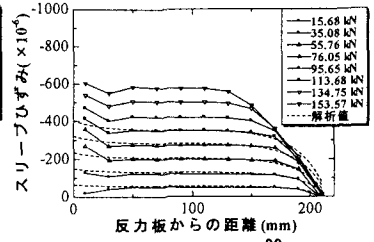


図-6 鋼管スリーブのひずみ分布
PC 鋼棒 (φ15.0)

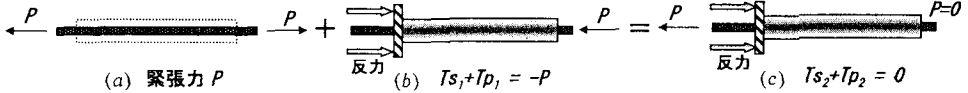


図-7 重ね合わせの原理に基づく中間定着のメカニズム

T_{s1} : 鋼管スリーブに作用する力
 T_{p1} : 緊張材に作用する力

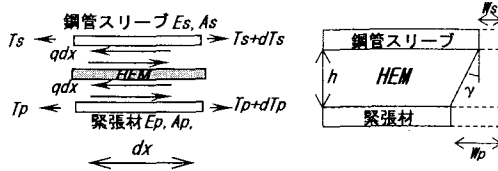


図-8 微小要素モデル

図-9 変形状態

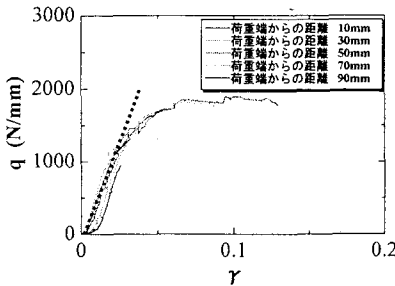


図-10 CFRP より線 (φ15.2) q~γ 曲線

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。CFRP より線では約 110mm, PC 鋼より線と PC 鋼棒では約 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は必要であることは言うまでもない。

4. 微分方程式による解析

緊張力開放後における中間定着のメカニズムは、図-7 に示す重ね合わせの原理により説明できる。定着完了後の状態(c)は、緊張材を緊張した状態(a)と、定着体に圧縮力が作用した状態(b)とをたし合わせたものとなる。ここでは(c)の状態のスリーブ表面のひずみ値を算出する。HEM をせん断伝達バネと考え、単位長さ当たりのせん断力 q は、緊張材と HEM の界面に作用しており、同時に HEM 層を介して、鋼管スリーブと HEM の界面にも等しく作用する。微小部分

dx における力の釣合いを示したのが図-8 である。また、定着体の変形状態を図-9 のように仮定している。以上のことから、力の釣合いと境界条件より、(1)式のような微分方程式が誘導される。その解が(2)式となり、実験より得られた定数を代入すれば、微分方程式より得られる計算値となる。 GU/h は各位置における HEM のせん断ばね定数に相当し、図-10 に示す $q \sim \gamma$ 曲線の直線勾配より求められる。

$$\frac{d^2 T_{sb}}{dx^2} - \lambda^2 T_s = \frac{GU}{h} \frac{P}{E_p A_p} \quad (1)$$

$$\lambda^2 = \frac{GU}{h} \left(\frac{1}{E_p A_p} + \frac{1}{E_s A_s} \right)$$

$$T_{sb} = -\frac{P}{\sinh \lambda \ell} \left\{ \frac{1}{\lambda^2} \frac{GU}{h} \frac{1}{E_p A_p} + \left(\frac{1}{\lambda^2} \frac{GU}{h} \frac{1}{E_p A_p} - 1 \right) \cosh \lambda \ell \right\}$$

$$\sinh \lambda x + P \left(\frac{1}{\lambda^2} \frac{GU}{h} \frac{1}{E_p A_p} - 1 \right) \cosh \lambda x - \frac{1}{\lambda^2} \frac{GU}{h} \frac{P}{E_p A_p} \quad (2)$$

$$\varepsilon_s = T_{sb} / E_s A_s$$

解析の結果を図-4~図-6 に破線で示す。スリーブ表面のひずみ分布は立ち上がりの傾きに多少のずれが見られるが、ひずみ値が一定となる区間では実験値と計算値がほぼ一致した。

5. まとめ

プレテンション方式と同様に付着長が存在し、CFRP より線では約 110mm, PC 鋼より線と PC 鋼棒では約 90mm であった。また、重ね合わせの原理に基づく微分方程式による計算値は、緊張力開放荷重の小さい範囲で実験値をうまくシミュレートしている。