

中間定着工法の開発とその施工

渡辺 泰行*1・菊地 秀二*2・長橋 弘和*3・中島 規道*4

1. はじめに

近年、PC構造物を拡幅、切断したり、これに開口部を設けるなどの事例が増えてきている。その際に導入されたプレストレス量を低減させることなく途中でPC鋼材を切断するため、PC鋼材を中間で一時的に定着する工法（以下中間定着工法と称す）が必要となる。従来、PC鋼棒や単線の鋼より線などの中間定着工法として半割りスリーブとウェッジを組み合わせた方法があるが、マルチ鋼線やマルチストランドでは見当たらない。著者らは、これら複数の鋼線の中間定着装置を用いた工法を開発し、実施工を行い良好な結果を得たので報告する。

2. 主な構成材料

中間定着工法に使用する材料は、中間定着装置と膨張材で構成されている。

2.1 中間定着装置

中間定着装置は図-1のように半割りの鋼製スリーブで高い膨張圧に耐える構造となっている。

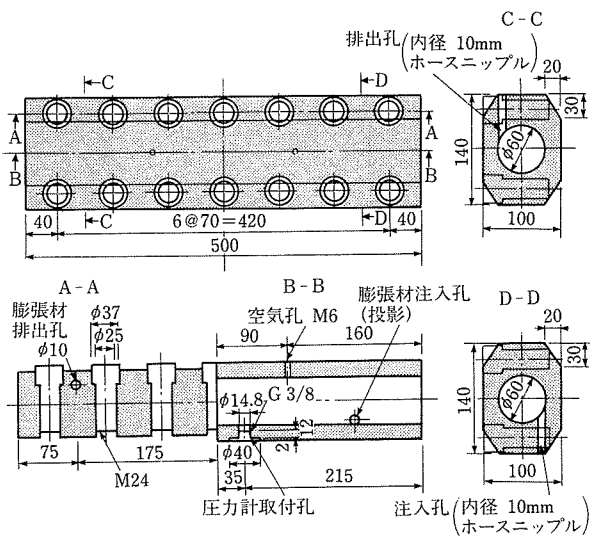


図-1 中間定着装置

2.2 膨張材

膨張材は、石灰および珪酸塩を主成分とするセメント系の粉末材料で、水を加えて練り混ぜるとスラリー状となり狭い空隙に容易に充填でき、600kgf/cm²以上の高い膨張圧を発生し硬化するために緊張材を容易に固定できる。その

定着法の概念を図-2に示す。

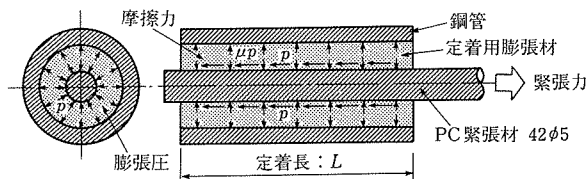


図-2 膨張材による中間定着法概念図

定着機能は、実験により式(1)が得られている。

$$T = U \cdot L (\tau + \mu \cdot p) \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 T ：緊張力 p ：膨張圧
 U ：周長 τ ：粘着力
 L ：定着長 μ ：摩擦係数

3. 実用化のための諸試験

実施工で中間定着を採用するPC鋼線は42φ5のマルチ鋼線であるので、これを対象とした次の試験を行った。

3.1 緊張・定着試験

中間定着装置の性能を確認するために図-3のような反力フレームを用いて試験を行った。試験は反力フレームの中間定着装置側に設置した油圧ジャッキにより、緊張材の緊張力を徐々に解放し、中間定着装置により受替えを行う。この際、中間梁と定着装置の間にセットしたロードセルにより定着荷重を、PC鋼線に貼付したひずみゲージにより鋼線ひずみをそれぞれ測定した。

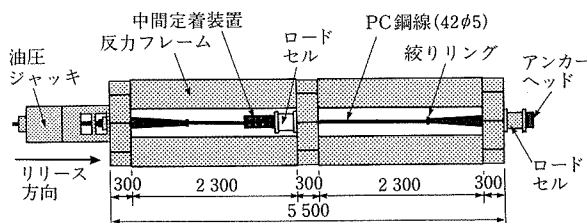


図-3 PC鋼線配置状況

試験に使用したPC鋼線は、直径5mmのPC鋼線42本を平行状態で束にしたもので、その設計降伏耐力は130tfである。また定着試験においては、その60%の78tfを定着荷重の目標とした。PC鋼線束の断面形状は、図-4に示す円形配

*1 Yasuyuki WATANABE：日本道路公団 名古屋管理局 保全第1課
 *2 Shuji KIKUCHI：日本道路公団 名古屋管理局 栗東管理事務所
 *3 Hirokazu NAGAHASHI：名古屋道路エンジニア(株) 構造技術部 構造技術課
 *4 Norimichi NAKAJIMA：三井建設(株) 技術研究所 土木構造グループ

置、および偏平配置の2種類とした。

中間定着装置は、図-5に示す円筒状とブロック状の2種類を使用した。それぞれの断面寸法は、配線形状および膨張圧に応じて変更しており、その一覧を表-1に示す。また、試験結果を表-2に示す。

各試験体の鋼線束の形状、定着長等を様々に変化させて試験を実施しているため、見かけの摩擦係数を式(2)により求め定着能力を判断することを試みた。さらに、試験結果を膨張圧と中間定着装置の定着長の関係として図-6に示す。図中の値は、膨張圧に実際の測定値を用い、定着長は

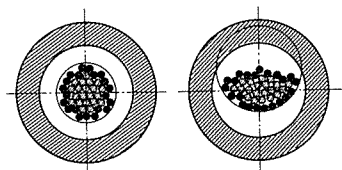


図-4 PC鋼線配置状況

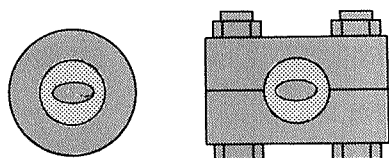


図-5 試験体形状

表-1 試験体一覧

試験体名称	定着具の形状寸法 (mm)						鋼線の状態		試験方法
	形状	内径 a	外径 b	幅 w	高さ h	長さ l	接触状態	配置	
No. 1	円筒	50	70			600	未処理	円	引抜試験
No. 2	円筒	50	100			1000	未処理	円	定着試験
No. 3	円筒	50	100			480	未処理	円	定着試験
No. 4	ブロック	50		170	80	500	樹脂充填	円	定着試験
No. 5	円筒	60	120			300	樹脂充填	円	定着試験
No. 6	円筒	60	120			400	樹脂充填	扁平	定着試験
No. 7	ブロック	60		170	160	400	発錆処理	扁平	定着試験
No. 8	ブロック	60		170	160	300	樹脂充填	扁平	定着試験
No. 9	ブロック	60		170	160	300	膨張材充填	扁平	定着試験
No. 10	ブロック	60		140	100	300	膨張材充填	扁平	引抜試験

表-2 試験結果一覧

名称	試験条件			試験結果				鋼線束の見掛けの摩擦係数
	定着長 (mm)	鋼線間の接触状態	鋼線配置	膨張圧 (kgf/cm ²)	緊張荷重 (tf)	定着荷重 (tf)	最大荷重 (tf)	
No. 1	600	未処理	円	500	—	49.5 ^{*1)}	49.5	—
No. 2	1000	未処理	円	500	86.0	78.0	105.3	0.201
No. 3	480	未処理	円	439	86.0	55.6 ^{*2)}	78.5	0.355
No. 4	500	樹脂充填	円	554	84.3	76.7	98.6	0.339
No. 5	300	樹脂充填	円	867	89.0	78.8	89.2	0.327
No. 6	400	樹脂充填	扁平	790	88.7	83.4	>120.8	—
No. 7	400	発錆処理	扁平	804	88.1	76.7	78.2	—
No. 8	300	樹脂充填	扁平	822	88.1	44.2 ^{*3)}	44.2	0.128
No. 9	300	膨張材充填	扁平	992	88.6	83.5	>105.0	—
No. 10	380	膨張材充填	扁平	422	—	64.5 ^{*1)}	64.5	0.383

*1): 引抜き試験として実施 *2): 鋼線束内部の鋼線間で滑り発生
*3): 鋼線束外周のシール用樹脂で滑り発生

実橋における有効緊張力78tfを定着するための長さとして換算して表示している。有為な破壊形式となった試験体は、ほぼ双曲線状に分布しており、膨張圧と定着長の間の反比例関係を仮定した式(2)は適切であると判断される。

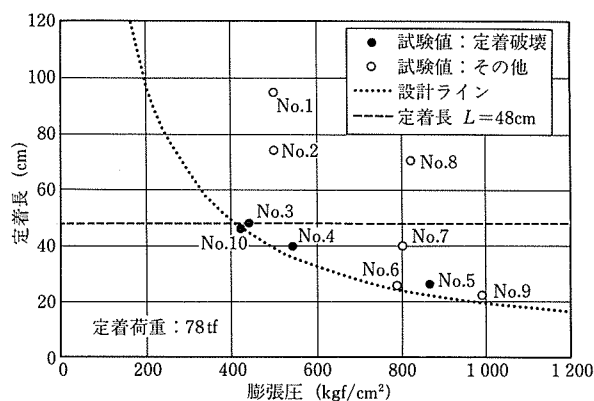


図-6 膨張圧と定着長さの関係

$$K = T / (U \cdot L \cdot P) \dots \dots \dots (2)$$

ここに、 K ：見かけの摩擦係数
 T ：最大定着力(破壊時)
 U ：周長(等価な円形断面の周長、 $U=10.2\text{cm}$)
 L ：定着長
 P ：膨張圧

3.2 膨張材の温度依存性試験

膨張材の膨張圧は、生石灰の水和反応を利用したものであるため養生温度により発生膨張圧が異なる。膨張材の養生温度を変えて膨張圧を測定した結果を図-7に示す。

この結果により標準養生では48時間後500(kgf/cm²)以上の膨張圧が発生し、50℃、60℃と養生温度が高くなるに従い膨張圧は高くなる傾向が認められる。

しかしながら、ケース③のように養生の初期に高い温度履歴を受けた場合には膨張圧が早い時間で発生し頭打ちとなる。中間定着工法は中間定着装置を設置して超速硬コンクリートで埋戻す必要があるため、温度による影響を考慮し今回の施工では、膨張圧を400(kgf/cm²)に設定し定着長

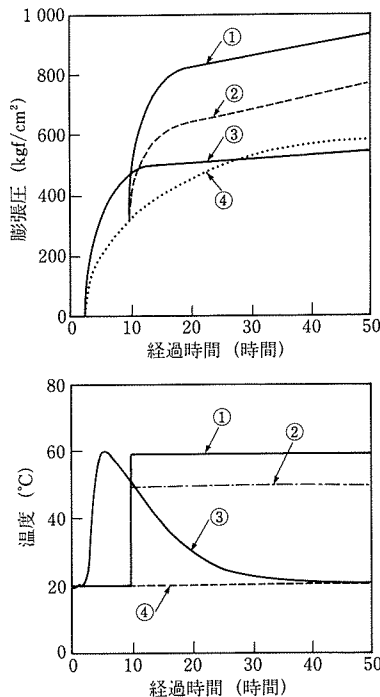


図-7 膨張圧発現特性

を48cmとした。

3.3 定着部の疲労試験

中間定着装置で仮定着した個所は、PC鋼線切断後に昼間交通解放するため、PC鋼線に活荷重による繰返し荷重が加わる。そこで定着性能を確認するために定着部の疲労試験を行った。

試験条件は、定着時のPC鋼線の緊張力を80tfから95tf、膨張圧を402 (kgf/cm²) から443 (kgf/cm²)とした。表-3に試験体一覧表を示す。疲労振幅はPC鋼線の有効緊張力と設計荷重時の引張力の差6.0tfから8.0tfとした。なお、繰返し回数は中間定着装置での仮固定期間(7日間)における大型車の交通量を算出し7.5万回とした。

表-3 試験体一覧表

試験体名	定着力 (tf)	荷重条件 (tf)			膨張圧 (kgf/cm ²)
		上限	下限	振幅	
A	80	78.0	72.0	6.0	443
B	85	78.0	72.0	6.0	418
C	90	72.0	64.0	8.0	411
D	95	85.0	78.0	7.0	407
E	90	92.0	84.0	8.0	402
F	70	66.0	60.0	6.0	374

試験結果を表-4、図-8に示す。この結果により膨張圧の小さな試験体は、拔出量が繰返し回数の増加とともに漸増する傾向にあるが、膨張圧の大きい場合には拔出量の変化は、膨張圧が400 (kgf/cm²)であれば拔出量が0.35mm以下であり、PC鋼線のプレストレストの減少はないと判断される。

表-4 試験体一覧表

試験体名	拔出量 (mm)			変位の進行速さ* (×10 ⁻⁶ mm/回)
	10 000回	50 000回	75 000回	
A	0.080	0.173	0.110	2.04
B	0.056	0.180	0.179	2.10
C	0.000	0.160	0.209	2.83
D	0.105	0.275	0.315	2.77
E	0.003	0.120	0.171	2.30
F	0.053	0.240	0.331	4.21

*:変位の経時変化から回帰計算

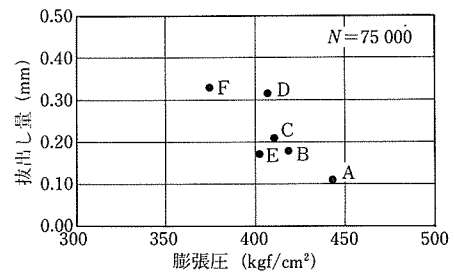


図-8 膨張圧と拔出量

4. 石山高架橋改良工事における中間定着工法

4.1 施工概要

滋賀県大津市蛸谷に位置する名神高速道路石山高架橋は、当初の予定を2倍上回る交通量の増加に加えて、車両の大型化によりゲルバー受桁部に損傷を受け、抜本的な補強対策としてゲルバー部撤去改良案が採用された。その際、受桁切断時にPC鋼線を中間定着工法により仮固定することになった。図-9に石山高架橋の概念図を示す。本工事の概要は本誌の「高速道路におけるゲルバー橋の架替え計画」1995年10月号で紹介されているので省略する。

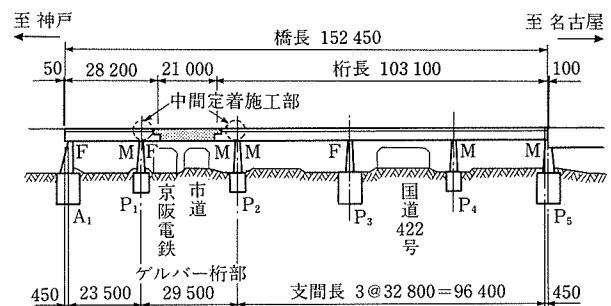


図-9 石山高架橋概念図

中間定着工事の施工方法は、まずPC部材の切断予定位置でコンクリートをはつりPC鋼材を露出させる。はつり方法は試験施工によりブレーカーを用いる方法ではPC鋼材を損傷させることが判明したため、超高压水によるはつり方法とした。そして露出させたPC鋼材に中間定着装置を設置し膨張材を注入する。この際、膨張圧を確認するため中間定着装置に圧力計を設置した。その後、超速硬コンクリートで埋め戻した。なお、本工事は13夜間の名神夜間通行止め工事の10時間で施工した。図-10に中間定着装置の設置状況を示す。また、図-11に本工事の概略工程を示す。

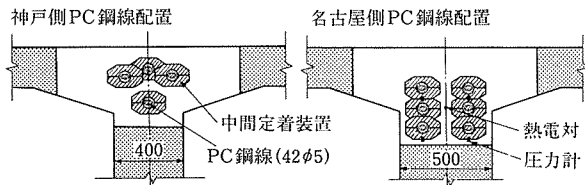


図-10 中間定着装置設置図

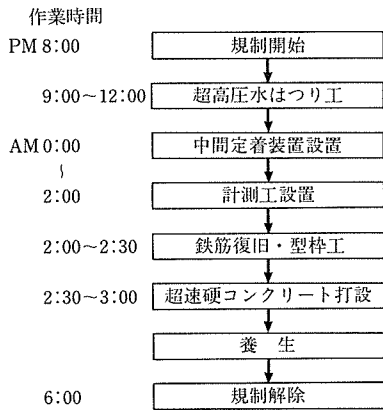


図-11 中間定着工事の作業フロー

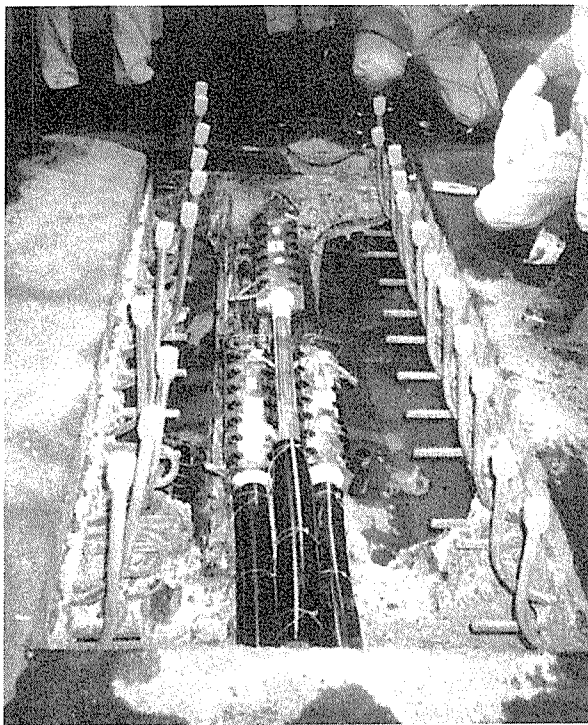


図-12 中間定着工事の施工状況

中間定着装置への緊張力の受替え導入は、次年度の名神夜間通行止め工事期間で、中間定着装置の後方で桁とPC鋼材をワイヤーソーで切断して行った。ゲルバー桁の架替後、中間定着装置後方のPC鋼材に永久定着装置を設置してPC桁を永久構造物とした。なお、永久定着装置の詳細は本誌の「名神高速道路石山高架橋PCゲルバー橋架替えに係わる生きた緊張材切断に伴う永久定着装置の開発と研究」1997年6月号で紹介されているので省略する。

4.2 施工結果

夜間通行止めの10時間内にすべての作業を終了しなければならないという厳しい制限のもとで作業を終了することができた。PC鋼線が接近しすぎて中間定着装置が設置できない個所が5箇所あったが、ほかの83箇所は計画通りに設置することができた。

中間定着装置の設置から桁切断まで約1年間あるため膨張圧の経時変化を測定した。その結果を図-13に、温度変化を図-14に示す。3.2の膨張材の温度依存性試験の項で述べたように初期に60℃という高い養生温度を受けたために標準養生と異なり膨張圧が頭打ちとなっている。当初設計の膨張圧400(kgf/cm²)に対して1年後の膨張圧が設計値を上回る個所が90%以上であり、ほとんどのPC鋼線において十分な膨張圧を確認した。

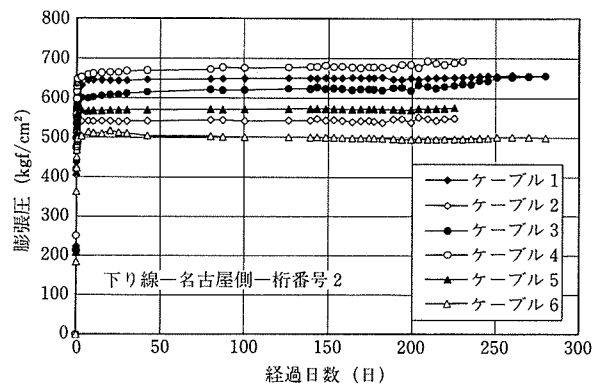


図-13 膨張圧の経時変化

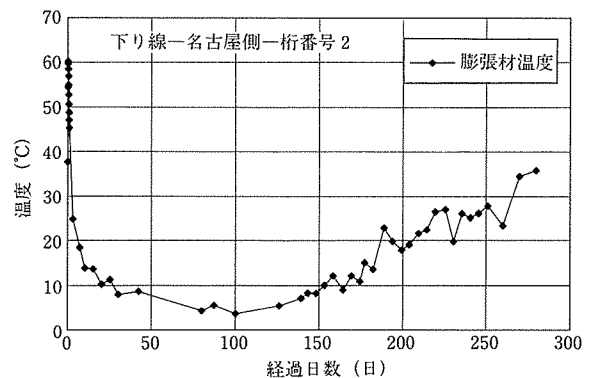


図-14 コンクリート温度の経時変化

中間定着装置を設置して1年後にゲルバー受桁の切断を行った。切断時に残存プレストレス量の変化をみるために桁のたわみ量測定および桁切断時のPC鋼線の引込み量を測定したが、たわみ量、引込み量とも許容値内であった。なお、引込み量を表-5に示す。

表-5 PC鋼線の引込み量

	最大引込長	平均引込長	許容引込長
上り線A1-P1	2.19mm	0.09mm	4.80mm
P2-P5	2.80mm	0.08mm	8.20mm
下り線A1-P1	3.14mm	0.16mm	4.80mm
P2-P5	3.45mm	0.18mm	8.20mm

5. あとがき

PC橋を主ケーブル中間定着装置で仮固定後、桁を切断し新設桁を架替えるという国内でも初めての工事を名神高速道路という日本の大動脈で実施した。このため入念な検討と確認試験を行いながら中間定着装置の開発・施工検討を行い、無事に工事を終了することができた。本報告が今後中間定着工法の採用する際の参考になれば幸いである。

最後に石山高架橋補強対策の検討にあたり、「名神高速道路橋梁老朽化対策検討委員会」(委員長 鳥田静雄埼玉大学教授)において、多数の学識経験者および専門家の方に貴重なご意見とご指導を賜ったことに謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 永田ほか：石山高架橋改良工事に伴う設計，施工 橋梁と基礎 平成9年9月号
 - 2) 従山ほか：高速道路におけるゲルバー桁の架替え計画 プレストレストコンクリート 平成7年第6号
 - 3) 横井ほか：名神高速道路石山高架橋PCゲルバー橋架替えに係わる生きた緊張材切断に伴う永久定着装置の開発と研究，プレストレストコンクリート 平成9年第3号
 - 4) 渡辺ほか：13夜間通行止期間での既設桁の切断・撤去および新桁の架設コンクリート工学 平成9年6月号
 - 5) 横井ほか：名神高速道路石山高架橋の外ケーブル補強 橋梁 平成9年5月
 - 6) 名神高速道路橋梁老朽化対策検討報告書 (その1~4)
- *) 長崎大学工学部原田教授による膨張材に関する未発表研究資料より

【1997年10月16日受付】

◀ 刊行物案内 ▶

新しいPC技術の動向

—— 第26回PC技術講習会 ——

(平成10年2月)

頒布価格：5 000円 (送料500円)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会