

鉛直鋼材にアフターボンド方式鋼棒を用いたPC橋の施工 —— 東海北陸自動車道 竜牙谷橋 ——

森山 陽一*1・長井 正*2・神能 公*3・今井 平佳*4

1. はじめに

本橋は、東海北陸自動車道のうち岐阜県郡上郡八幡町を一級河川長良川に並行して北上し、二級河川竜牙谷川を跨ぐPC橋梁である(図-1)。

この施工方法は、架設位置が高いため移動作業車による張出し工法を行っている。

本橋の特色は、鉛直鋼棒のグラウトにアフターボンド方式を用いたことであり、この方式に関して、初期の橋梁である。従来の土木構造物のPC鋼材のグラウト材料には、セメントミルクが用いられるのが一般的であったが、近年グラウト作業の省力化および品質の均一化を目的として、グラウト材にエポキシ樹脂を用いたアフターボンド鋼材の採用実績が増えてきている。ただし、今までは、PC鋼材としてPC鋼より線のみが使用されていた。

本報告は、鉛直鋼材にアフターボンドPC鋼棒を採用した事例を報告するものである。

2. 橋梁概要

本橋の一般図(図-2)、工事概要および設計条件を示す。

橋梁名：竜牙谷橋(リュウガダニバシ)

路線名：高速自動車国道東海北陸自動車道

道路規格：第1種3級B規格

橋種：プレストレストコンクリート道路橋

構造形式：PC4径間連続ラーメン箱桁橋

橋長：上り線 214.00 m

下り線 204.50 m

支間割：上り線 50.40 m+56.00 m+56.00 m+

50.40 m

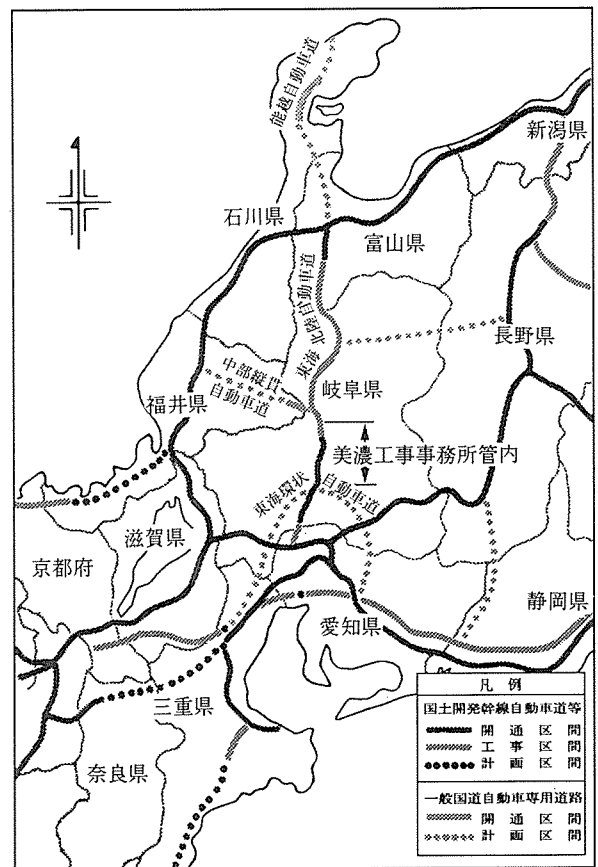


図-1 路線概要図

：下り線 48.40 m+53.25 m+53.25 m+
48.40 m

幅員：上り線 総幅員 10.00 m 有効幅員 8.50 m

下り線 総幅員 10.25 m 有効幅員 8.50 m

平面線形：上り線 R=750 m

下り線 R=750 m

また、主要材料を表-1に示す。

*1 Youichi MORIYAMA：日本道路公団 名古屋建設局名古屋工事事務所 弥富工事長
(前：名古屋建設局構造技術課 課長代理)

*2 Tadashi NAGAI：日本道路公団 名古屋建設局構造技術課

*3 Isao JINNOU：川田建設(株) 富山支店工事事務所 総括工事長

*4 Hirayoshi IMAI：川田建設(株) 工事本部技術部設計課

表-1 主要材料

項目	種別	数量	摘要
コンクリート	$\sigma_{ck}=46 \text{ N/mm}^2$	3 258 m ³	主桁
P C 鋼材	SBPR 930/1180 ϕ 32	145 t	張出し鋼材
	SWPR 7 A 12 S 12.4 A	33 t	閉合鋼材
	SBPR 930/1180 ϕ 32	5 t	横桁横締め
	SBPR 930/1180 ϕ 26	35 t	床版横締め
	SBPR 930/1180 ϕ 32	8 t	主桁
鉄筋	SD 345	352 t	主桁

定着工法：FAB工法 SBPR 930/1180 ϕ 32, ϕ 26
 フレシネー工法 SWPR 7 A 12 S 12.4 A

3. アフターボンドとは

アフターボンドPC鋼材は、グラウト注入の不要なポストテンション工法用の緊張材として開発されたもので、その構成はPC鋼材の表面を未硬化の常温硬化性樹脂とポリエチレンシースで被覆したものである。樹脂の硬化時間は、樹脂の配合分量によりコントロールすることができ、プレストレス導入後に樹脂の硬化が始まるように設定しておくことにより、鋼材配置およびプレストレス導入などの施工性に優れ、使用時にはコンクリートと一体化したボンド部材が得られるものである。

アフターボンドPC鋼材使用の利点としては次のようなものがある。

- 1) 現場においては、所定の位置に配置し、緊張定着のみで完了するため、施工が容易である。
- 2) 工場で安定した管理のもと、グラウト作業が行われるため、品質の均一化が望める。
- 3) 現場でのグラウト作業が不要なためグラウト注入および排出用の管が不要となり、配筋が簡略化する。

る。

4. アフターボンドPC鋼棒

4.1 アフターボンドPC鋼棒採用の目的

本橋は、東海北陸自動車道の一宮ジャンクションを起点に平野部から山間部に入った所に位置した積雪寒冷地にある。そのため供用開始後、冬季期間に凍結防止剤が散布されることが想定される。

鉛直鋼材は床版上面に緊張切欠きを設けるため、積雪寒冷地では、防錆に対する対処が最も重要となる。

アフターボンドPC鋼材は、工場でグラウトを前充填し現場での作業が不要なことにより品質の均一化が図れており、また、ポリエチレンシースで被覆されているので耐久性の向上も期待できると考えられる。これが本橋への採用の理由となった。

また、従来アフターボンド方式で使用されてきたPC鋼材は、7本よりおよび19本よりのPC鋼より線である。しかし、鉛直鋼棒は鋼材長が短いため、プレストレスの有効性を考え、PC鋼棒の採用となった。

4.2 アフターボンドPC鋼棒の問題点

土木構造物においてアフターボンド鋼材の使用実績は、PC鋼より線を用いた床版横締めを採用されているのみであり、PC鋼棒の使用や鉛直鋼材への採用実績はない。

そのため、従来主に床版部に用いられていた場合と違い、ウェブ部に用いるのに当たり、以下の問題点が考えられた。

- 1) 床版部とウェブ部のコンクリート温度特性の違いによるエポキシ樹脂の特性への影響
- 2) 床版部とウェブ部の1ブロック施工サイクル内に

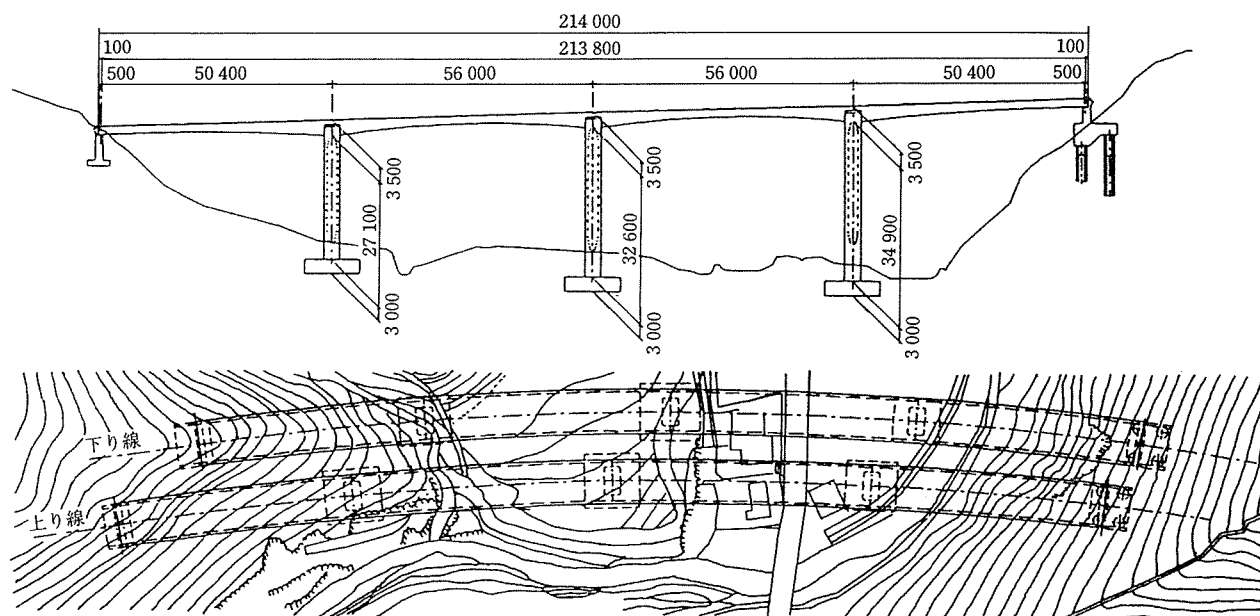


図-2 全体一般図(上り線)

◇工事報告◇

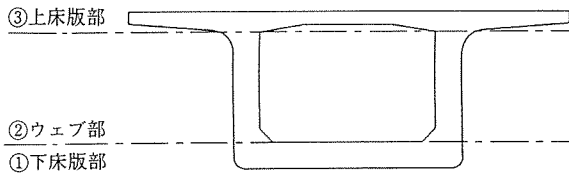


図-3 1ブロック施工サイクル内の配筋順序

おける組立時期の違いによるポリエチレンシースの耐久性

4.3 温度特性の違いに対する対策

コンクリートの発生温度を想定しエポキシ樹脂の配合を調整することとした。まず、柱頭部の温度履歴を予想

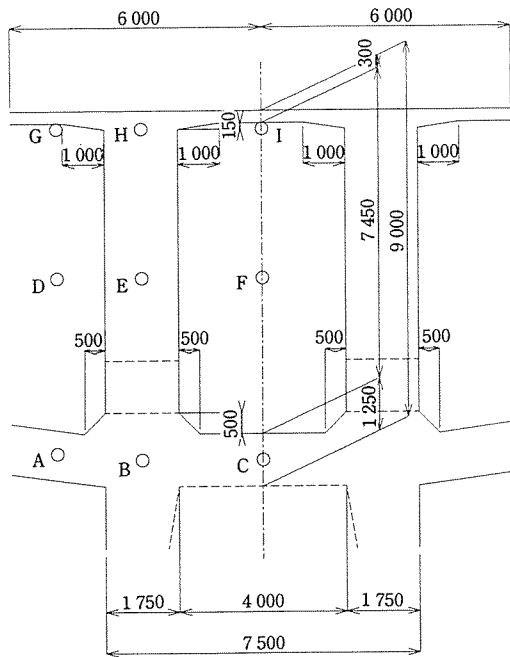


図-4 貝付橋側面図

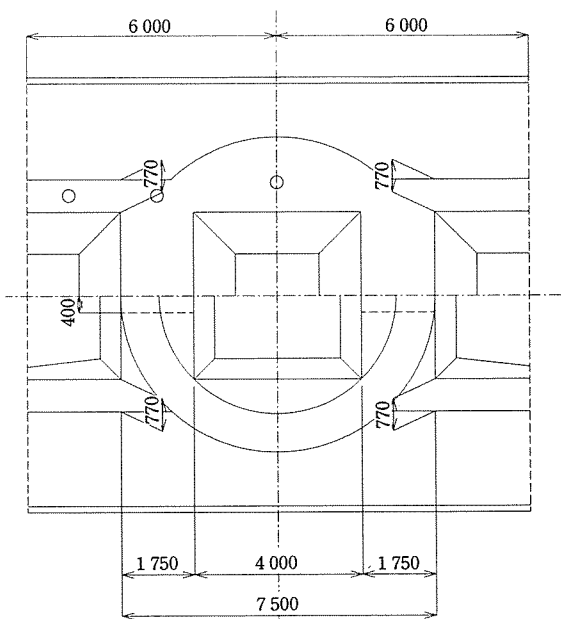


図-5 貝付橋断面図

するために、同一路線内の近隣橋梁で同一形式である貝付橋の柱頭部コンクリートの温度測定を行った。測定位置および結果は以下のとおりである(図-4, 5, 6)。

測定結果を基にコンクリート温度履歴を2日間: 80℃, 3日間: 60℃, 4日間: 40℃, それ以後: 常温(20℃)とモデル化した。このモデル化した温度をもとに、室内試験の結果から、樹脂の硬化までに要する期間として1年、緊張可能期間として4~6ヶ月を目標として竜牙谷橋で採用するアフターボンド樹脂の配合を決定した(図-7)。

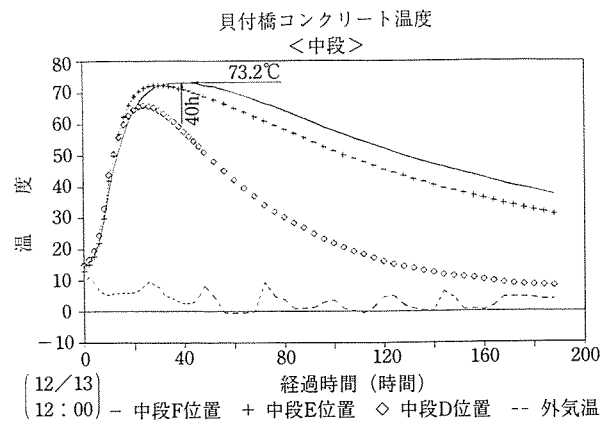


図-6 実験結果

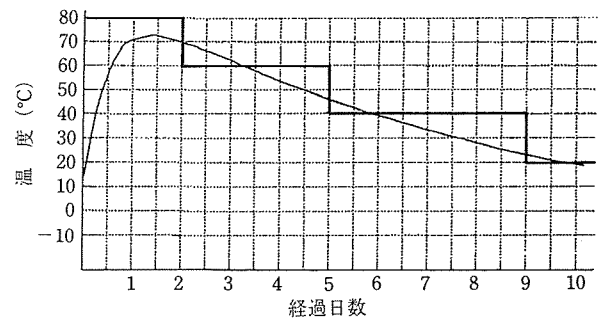


図-7 貝付橋温度履歴と室内試験の温度グラフ

4.4 シースの選定

床版横締めにあfterボンドPC鋼材を使用した場合、配置される床版部の組立時期は、1ブロック施工サイクル内でコンクリート打設直前であったが、鉛直鋼材に使用した場合、配置するウェブ部の組立時期は初期であるため、シースに対してより多くの衝撃がかかることが考えられる。従来、アフターボンドPC鋼材に使用されていたポリエチレンシースは柔軟性に富んでおり、傷付き易いため、樹脂が漏れることが危惧された。

そこで、可撓性に富み硬度の高い材質で造られたメタルシースを使用することとした。その使用に当たり、以下の3タイプにおいて付着強度試験を行った。

この実験は、橋梁の鉛直方向のプレストレス導入時にアフターボンドPC鋼棒を使用するに当たり、コンクリートとの付着特性を確認するものであった。特に、ア

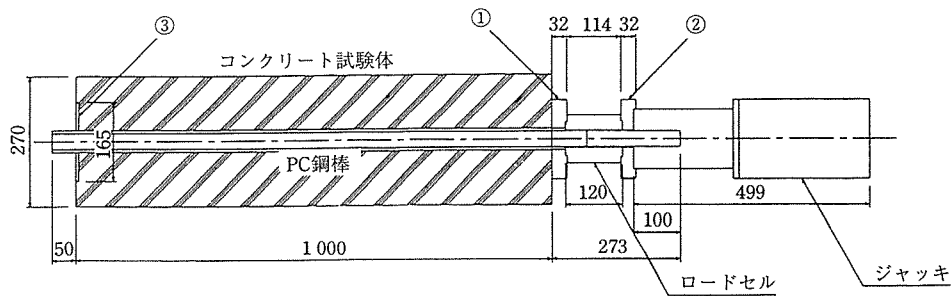


図-8 試験方法

フターボンド PC 鋼より線とコンクリートとの付着特性については、これまでの実験より 4~5 N/mm² の付着強度を有することが確認されているが、アフターボンド PC 鋼棒については明らかにされていない。そこで本実験は、

- ① アフターボンド PC 鋼棒とグラウトタイプ PC 鋼棒の付着強度の比較
- ② シースの種類による付着強度への影響
- ③ シース内径の違いによる付着強度への影響の把握を行った。

実験方法は、図-8 に示すようにコンクリート供試体に供試体となる PC 鋼棒を配置し、7.5 N センターホー

ルジャッキを使用して、PC 鋼棒に引抜き力を载荷する。その時の荷重をロードセルで測定し、また反対側の自由端側に取り付けた変位計により PC 鋼棒の変位を測定した。

その結果、従来のセメントグラウトと同等以上の付着強度が確認できた。

4.5 アフターボンド PC 鋼棒仕様

本橋で用いたアフターボンド PC 鋼棒の仕様は以下のとおりである。

- 1) シース：メタルシース
- 2) 定着具：FAB 工法 N 型
- 3) グラウト材料：エポキシ樹脂（工場充填）
- 4) 組立：工場（定着具まで）（写真-1、2）

表-2 供試体の種類

記号	コンクリート 付着長	シースの種類	シース内径 (mm)	シース外径 (mm)	厚み (mm)	充填材 グラウト の種類
M 40 A	100 cm	メタル (WS 型)	40	46	0.25	アフターボ ンド樹脂
M 40 B		メタル (WS 型)	40	46	0.25	セメント グラウト
P 42 B		ポリエ チレン	42	48	1~2	アフターボ ンド樹脂
M 45 A		メタル (WS 型)	45	52	0.25	アフターボ ンド樹脂

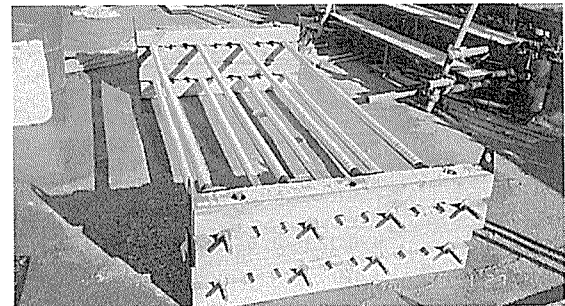


写真-1

表-3 実験結果

供試体	引抜き荷重 (N)	最大付着強度 (N/mm ²)	付着強度の比率	備考
[M 40 A] アフターボ ンド PC 鋼棒 メタルシース (40 mm)	189 000	1.88	1.27	PC 鋼棒とアフターボ ンド樹脂の間で滑りあり
[M 40 B] モルタルグラウト PC 鋼棒 メタルシース (40 mm)	149 000	1.48	1.00	PC 鋼棒とグラウトとの間で 滑りあり
[P 42 B] アフターボ ンド PC 鋼棒 ポリエチレンシース (42 mm)	300 000	2.98	2.01	PC 鋼棒とアフターボ ンド樹脂の間で滑りあり コンクリートの破裂もあり
[M 45 A] アフターボ ンド PC 鋼棒 メタルシース (45 mm)	203 000	2.01	1.36	PC 鋼棒とアフターボ ンド樹脂の間で滑りあり

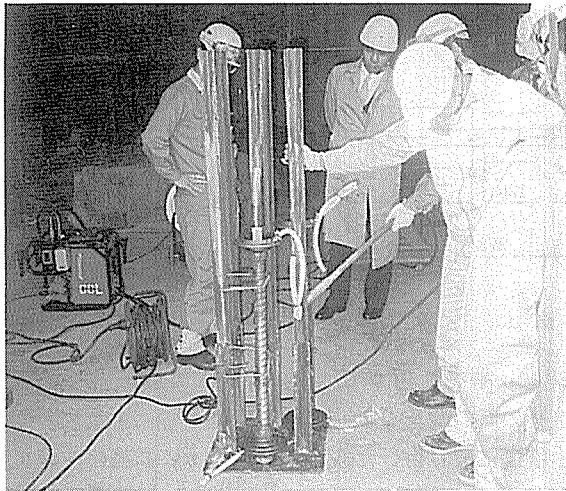


写真-2

5. 実橋温度に対する検証

本橋でのコンクリートの温度とエポキシ樹脂の配合を想定した温度の相違を確認するために温度測定を行った。測定箇所は柱頭部、張出しブロックおよび側径間閉合部とした。

温度測定の結果（図-9、10参照）、実橋の温度履歴は想定温度より低く、室内試験結果より推定すると、実橋配置のアフターボンドPC鋼棒の緊張可能期間は、約8ヶ月、硬化までに約1年6ヶ月を要することになる。また、最寒期や夏期のコンクリート打設時には、ピーク温度が本測定結果より上下すると思われるが、仮に10℃下がれば、緊張可能期間は11ヶ月、硬化までに2年

下り線P3柱頭部
H.6 11/24~12/1

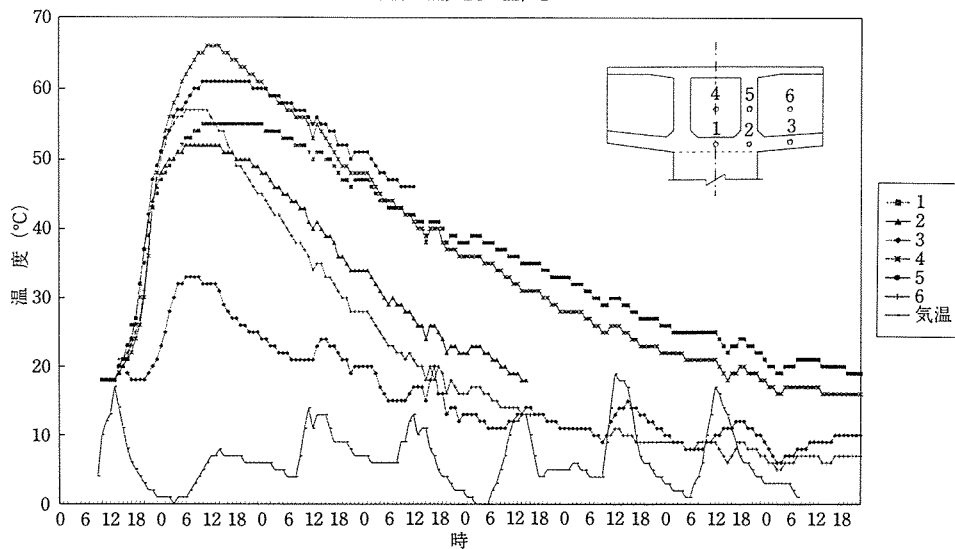


図-9 温度測定の結果（柱頭部）

上り線A2側
H.7 1/27~2/3

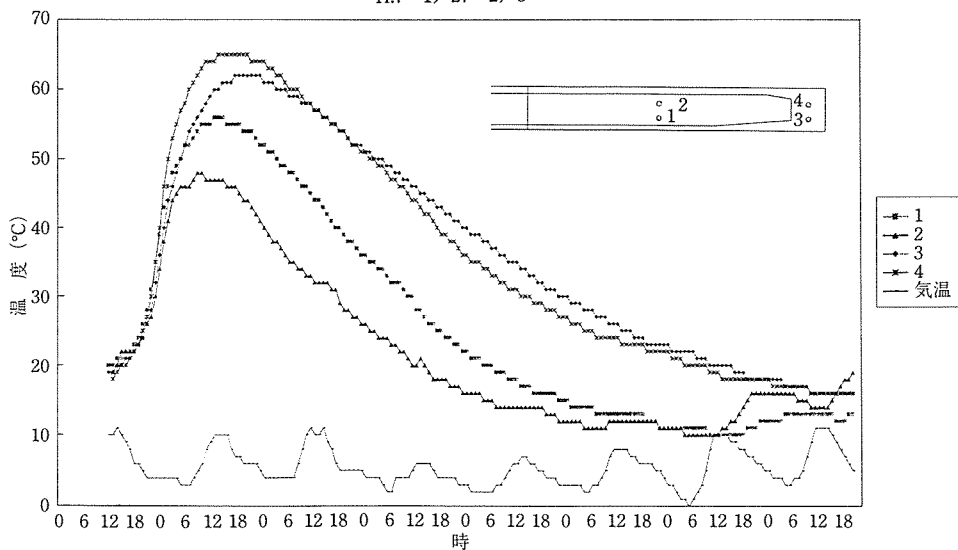


図-10 温度測定の結果（側径間部）

を要し、10℃ 上がればほぼ想定した期間で硬化すると推測できる。よって今回、配置された鉛直鋼棒の緊張作業に対しては、問題がないことが確認できた。

6. 製作およびコスト

アフターボンドPC 鋼より線は連続成型後、所定の長さに切断するのに対し、PC 鋼棒の場合は長さが1本ごとに異なるため、先に切断ネジ切り加工を行った後、通常現場で行われる「組立作業」(鋼棒をシース内に挿入し定着具を取り付ける)に加えて、樹脂注入作業を工場にて実施する。このため、これら一連の作業がすべて製作費に反映するため、材料費合計で、セメントグラウトタイプと比較して約2倍にもなる。一方、現場作業における省力化については、グラウト工、定着装置のセット等の作業がなくなることから、約2割程度の工数減が可能となる。

7. 施 工

7.1 現場での保管

アフターボンド樹脂は温度に影響を受けやすいため、現場での保管、品質管理は直射日光や急冷を避けるなどの配慮が必要となる。そのため、今回は屋根のある倉庫でシートを掛けて保管した。

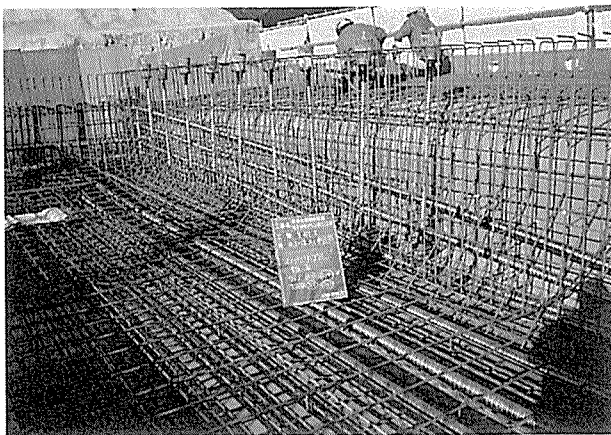


写真-3

7.2 PC 鋼棒の配置

従来鉛直鋼棒の組立は現場で行われていたが、アフターボンドPC 鋼棒を採用することにより現場での組立がなくなった。また、現場でのグラウト作業が不要なため、グラウト注入および排出用の管が不要となり、配筋が簡略化した(写真-3)。

7.3 コンクリート打設

グラウト注入および排出用の管が不要なため、コンクリート打設時における衝撃によるグラウト管の外れ、および変形等の心配がなく打設作業性が向上した。

7.4 緊 張

通常、鉛直鋼棒の緊張管理は伸びと緊張力で行うが、鉛直鋼棒は長さが短いため、アフターボンドPC 鋼棒を用いても伸びと緊張力は大差なく、同様な緊張管理を行った。

7.5 品質管理

アフターボンドPC 鋼棒は工場組立のため品質が安定しており現場での管理は配置および緊張管理のみとなる。また、PC 工事において重要なグラウト作業の管理も不要となる。

アフターボンド樹脂は温度により影響を受けることから、今回、コンクリートの温度測定を行うことで、品質保証を得ることができた。

7.6 問 題 点

通常の場合は問題ないが、本橋はシースとしてメタルシースを使用したため、へこみができた部分から樹脂漏れが心配された箇所もあった。その対処としてテープにより補強を行った。

へこみが起きないように配筋時には従来と比べ慎重に作業を行わなければならない。

8. 今後の課題

- 1) アフターボンド樹脂は温度の影響を受け易いためコンクリートの発生温度を統計的につかみ、配置位置や使用条件に応じた配合を行わなければならない

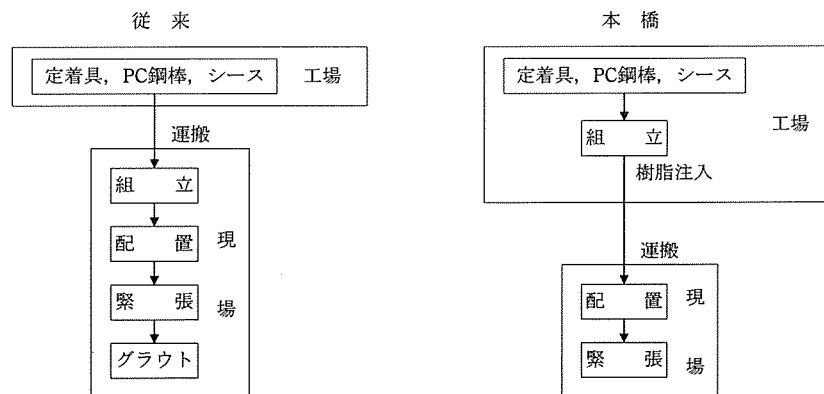


図-11 鉛直鋼棒の組立配置フロー

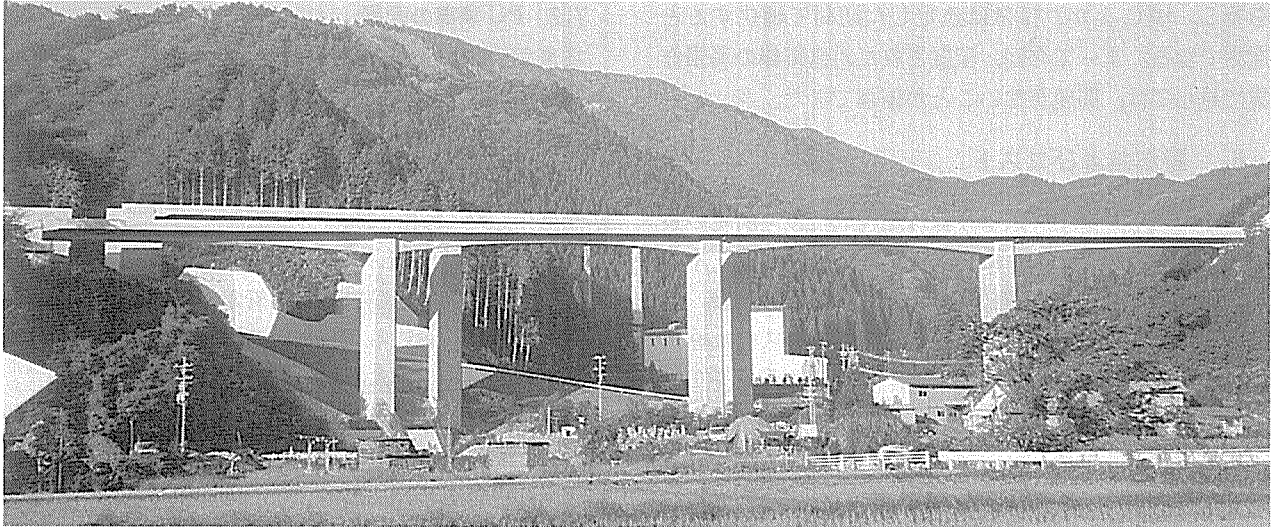


写真-4 完成写真

い。

- 2) 工場製作の利点を生かした、安価な定着具の開発を行わなければならない。
- 3) 本橋で問題となったシースのへこみによる樹脂漏れの心配のないアフターボンド用の定着具およびシースの確立を行わなければならない。

9. あとがき

本橋梁は積雪寒冷地に位置しているため、アフターボンドPC鋼棒の採用は耐久性向上に有効である。またプレキャスト鋼棒の採用という観点からは、現場施工における施工の省力化および単純化のために有効なことである。

アフターボンドPC鋼棒の鉛直締めへの採用は同時期に東海北陸自動車道野首（ノクビ）橋でも行われた。今回、橋梁で最も温度の高い部分に配置される鉛直鋼棒に確実に使用できたことにより、今後、アフターボンド工

法を床版横締め、横桁横締め、鉛直鋼棒に使用できることは明らかになった。

また、製造技術の確立が行われれば、主鋼材としての使用も可能となる。今後も研究開発を重ね、アフターボンド工法を一般化していかなければならない。

参 考 文 献

- 1) 三吉健爾, 松谷輝雄, 檜原健一, 南敏和:「アフターボンドPCテンドンの摩擦係数試験」日本建築学会大会学術講演梗概集(1989年10月)
- 2) 鈴木計夫, 小林 剛, 南 敏和, 白濱昭二:「アフターボンドPC鋼材について」プレストレストコンクリート技術協会第28回研究発表会講演概要(1988年11月)
- 3) 材寄 勉, 南 敏和, 小林 剛:「アフターボンドPC鋼材の諸特性について」プレストレストコンクリート, Vol. 32, No. 4, Jul. 1990
- 4) 森山陽一, 五寶光基, 南雲広幸, 大塚一雄:「アフターボンドPC鋼棒の鉛直締め鋼材への適用について」土木学会第49回年次学術講演会(1995年9月)

【1996年2月9日受付】