

(122) プレグラウト鋼材を用いた十号沢川橋の設計と施工

日本道路公団北海道支社構造技術課 中村 元
 日本道路公団北海道支社構造技術課 宮越 信
 (株)ビー・エス札幌支店工務課 正会員 高木 隆一
 (株)熊谷組土木事業本部土木技術部 正会員○脇島 秀行

1. はじめに

本橋は、高速自動車道北海道縦貫自動車道函館名寄線の旭川鷹栖 IC から和寒 IC 間に建設中の P R C 3 径間連続中空床版橋である。特徴として、主鋼材にプレグラウト鋼材を初めて採用していることである。主方向プレグラウト化は本年度から日本道路公団が試験施工を開始し、本橋を含め中空床版橋としては 2 橋試験施工中である。

本論文では、本橋の設計と施工のうちプレグラウト化にともなう事項を中心に報告する。

2. 工事概要

本橋の橋梁諸元を以下に示す。

- ・発注者：日本道路公団北海道支社
- ・工事名：北海道縦貫自動車道蘭留宗谷橋（PC上部工）工事
- ・工事場所：北海道上川郡比布町地内
- ・構造形式：P R C 3 径間連続中空床版橋
- ・設計荷重：B活荷重
- ・橋長：（全長）81.4 m
- ・有効幅員：10.0m
- ・支間長：23.6m+32.5m+25.3m

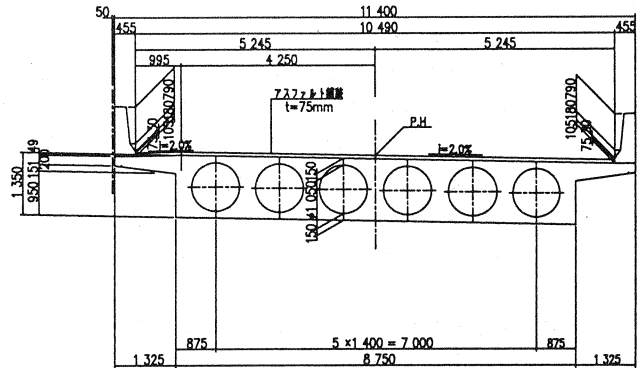


図-1 標準断面図

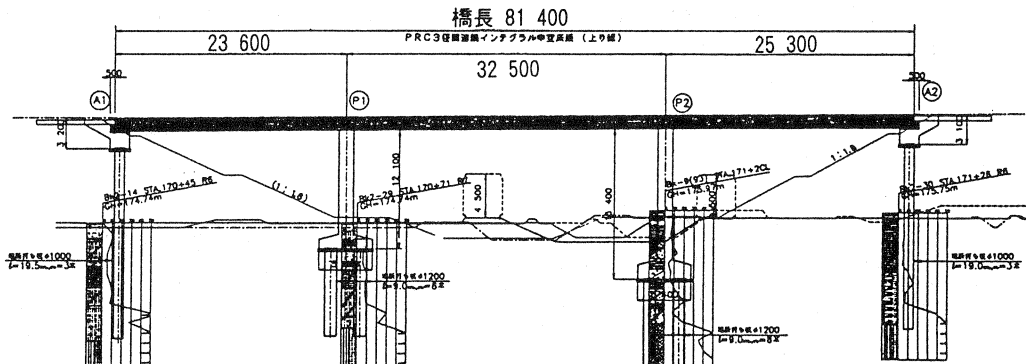


図-2 全体一般図

表-1 主要工事数量

場所	種別	仕様	単位	数量	備考
床版	コンクリート	$\sigma_{ck} = 36\text{N/mm}^2$	m ³	675.5	プレグラウト仕様
	鉄筋	SD345	t	71.0	
	P C 鋼材	SWPR19L 1S28.6	t	14.4	

3. 設計

3.1 設計概要

本橋梁は、P R C 3 径間連続中空床版橋である。設計計算において断面力算出のために構造モデルは2次元フレームモデルを用い、床版の解析にあたっては、Olson の版理論を適用した。

本橋は当初、通常のボンドタイプ (12S12.7B) を用いて詳細設計されていたが、プレグラウト鋼材の試験施工橋梁に変更となったため、以下に示すような項目について検討を行った。

- ① プレグラウト鋼材の設計計算用摩擦係数仮定
- ② 摩擦係数確認試験
- ③ プレグラウト鋼材の樹脂選定

3.2 プレグラウト鋼材の特性

プレグラウト鋼材は通常の P C 鋼材に常温硬化型の樹脂を未硬化なグリース状の状態で塗布し、ポリエチレンシートで被覆したものである。使用しているエポキシ樹脂は常温硬化型であるが、単独では硬化せず、アミン系の硬化剤を配合することにより硬化が開始し、硬化促進剤の添加量により硬化までの時間がコントロール出来る。¹⁾

(1) 設計計算用の摩擦係数

主方向にプレグラウト鋼材を適用するにあたり設計上の課題として、摩擦係数の設定方法について検討を行った。設計要領第二集で規定しているプレグラウト鋼材の摩擦係数は箱桁橋の横締め等、比較的短く、ケーブル形状の角変化が少ない場合を想定した値であり、本橋のように橋長が 80 m を越え、曲下げ曲上げが連続する多径間の橋梁に適用することは問題がある。万一、摩擦係数が想定した値より大きい場合は、設計上のプレストレスを導入することが出来なくなる。したがって、設計上は従来型 (ボンドタイプ) の $\mu=0.3$ 、 $\lambda=0.004$ を採用し、試験緊張を行うことで適切なプレストレスを導入することにした。

(2) 摩擦係数確認試験

摩擦係数は試験緊張を行うことにより確認することが可能であるが、通常現場で行われている P C 鋼より線および P C 鋼線を用いた試験緊張においては、 λ を 0.004 と固定した見かけのヤング係数および摩擦係数 μ を推定している。したがって、現地において試験緊張を行う前に、図 3-1 に示すような別途試験供試体 (1,000 × 1,600 × 10,000) に実橋で使用する鋼材 (1S28.6 を 6 本、3 段 × 2 列: 1 列は棚筋間隔 1.0m、2 列目は 0.5m) を配置し、材令に応じた摩擦測定を行う。

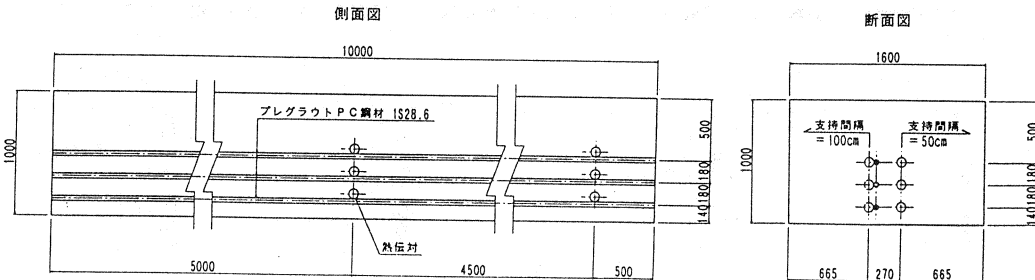


図-3.1 λ 測定用試験供試体

(3) 摩擦係数測定結果

試験供試体を用いて λ の摩擦係数を実測した結果、若材令における 3 回の測定の平均値は、0.003~0.005 程度 (平均 0.004) となり、設計値とほぼ一致することを確認した。

3.3 詳細設計と変更設計の比較

プレグラウト変更設計を行うにあたり、下記条件で配置形状を比較した。

- ① PRC設計方法は同一とし、鋼材種別のみプレグラウト鋼材(1S28.6)とした場合。(CASE-1)
- ② PRC設計法を方法Bに変更し、鋼材種別をプレグラウト鋼材とした場合。(CASE-2)

検討結果を表-3.2に示す。本橋では地域性を考慮し、CASE-2を採用した。

表-3.2 設計法、鋼材種別による鋼材本数比較

比較項目	詳細設計	変更設計(CASE 1)	変更設計(CASE 2)
曲げ制鋼(上縁)	方法A 曲げひび割れ幅制御	方法A 曲げひび割れ幅制御	方法B コンクリート応力度制御
曲げ制鋼(下縁)	方法A 曲げひび割れ幅制御	方法A 曲げひび割れ幅制御	方法A 曲げひび割れ幅制御
計鋼材種別	SWPR7B 12S12.7B (9.29 kgf/m)	SWPR19L 1S28.6 (4.52 kgf/m)	SWPR19L 1S28.6 (4.52 kgf/m)
条鋼材本数	11本	28本	42本
件摩擦係数(μ)	0.3	0.3	0.3
摩擦係数(λ)	0.004	0.004	0.004
鋼材配置			

3.4 プレグラウト鋼材の適用性確認

プレグラウト鋼材の硬化速度は積算温度に依存する。このため、硬化剤タイプを選定するためにマスコンクリート部材である中間支点横桁部の温度履歴解析シミュレーションを行った。

(1) 橋体コンクリートの温度履歴解析

図-3.2に示す解析モデルを用いて2次元FEM温度解析を行った。解析に用いる各定数は、「マスコンクリートのひび割れ制御指針」(日本コンクリート工学協会)にしたがい、コンクリート打設時(7月15日)から10日間の旭川地方の気象データを用いて解析を行った。図-3.3に温度履歴解析結果を示す。

(2) プレグラウト鋼材の樹脂の決定

図-3.3の温度履歴を元に、コンクリート打設までの2週間の直射日光の影響(+10°C)を考慮して樹脂タイプを検討した。

現在、プレグラウト鋼材の樹脂には常温下における硬化速度により、標準型(1年硬化型)、暑中型(2年硬化型)、高温型(3年硬化型)の3種類が製品化さ

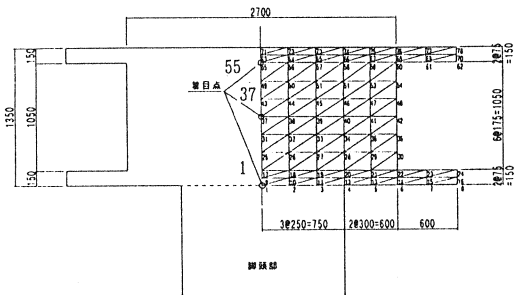


図-3.2 解析モデル

れている。プレグラウト鋼材の緊張可能な基準は、従来から使われているアンボンドケーブルを基準に稠度300と設定されている。図-3.4に示すようにSEC.1では暑中型を適用すると、緊張可能時期に稠度が300を下回ってくることから所定のプレストレスを導入出来なくなる恐れがある。したがって、高温型を採用した。

(3) 実橋温度測定

図-3.3の温度履歴を確認するために、橋体内の中間支点部を中心に熱電対を設置して温度計測を行い、硬化剤の選定の妥当性を再度確認することにした。

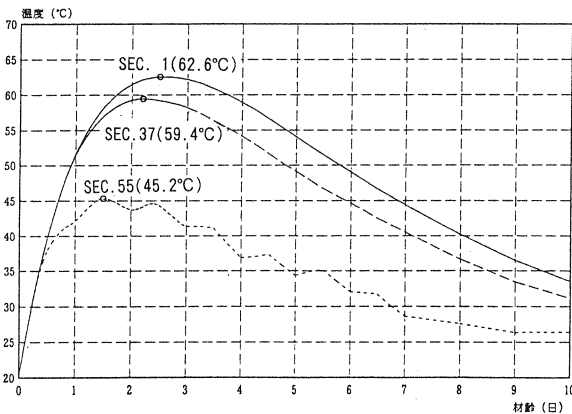


図-3.3 温度履歴解析結果

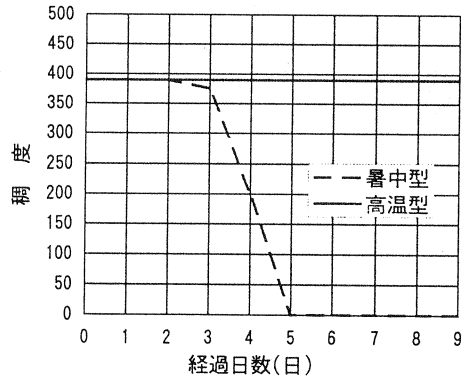


図-3.4 稠度変化(SEC.1)

(4) プレグラウト鋼材の硬化判定

プレグラウト鋼材内部の樹脂硬化判定手法としては従来、搬入鋼材毎に短い鋼材を埋め込んだテストピースを製作し、緊張することにより硬化を判定していた。日本道路公団では、昨年四国支社において「絶縁抵抗測定法」²⁾を用いて実橋で硬化判定実験を行い有用性を確認した。絶縁抵抗測定法とは、硬化剤であるエポキシ樹脂の優れた電気絶縁性を利用し、硬化過程における抵抗値の経時変化から硬化状況を確認することができる方法である。

今回、同様な測定を採用し、桁端部・支間中央、中間支点の3断面に各3点、計9点のポリエチレンシース内に電極を設置し、合わせて当該鋼材の温度を熱電対を用いて測定し、硬化状況を確認することにした。

4. 施工

4.1 プレグラウト鋼材の配置

(1) 引き出し方法の選定

プレグラウト鋼材は表面をポリエチレンシースで覆っているため、従来の内ケーブルのようにプッシングマシン等を用いて、鋼材を配置することが出来ない。また、表面に傷等損傷が生じると内部の硬化材が漏出し、空隙が発生する恐れがある。したがって、円滑に鋼材配置が行えるような架設治具を数種類選定し、引き出し確認試験を行った。(写真-4.1)

試験には図-4.1に示すように実橋と同じ長さの1ウェブ分を取り出し、片側に配置した鋼材のドラムまたはアンリーラから引き出す方法を採用した。

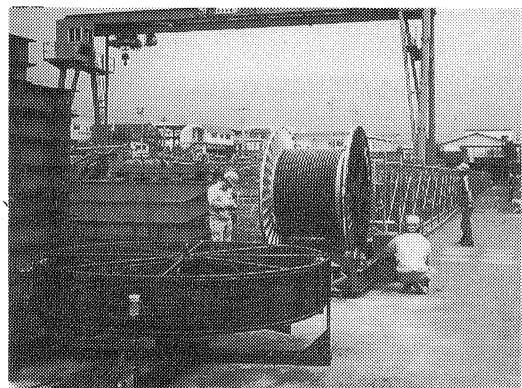


写真-4.1 PC鋼材引き出し試験状況

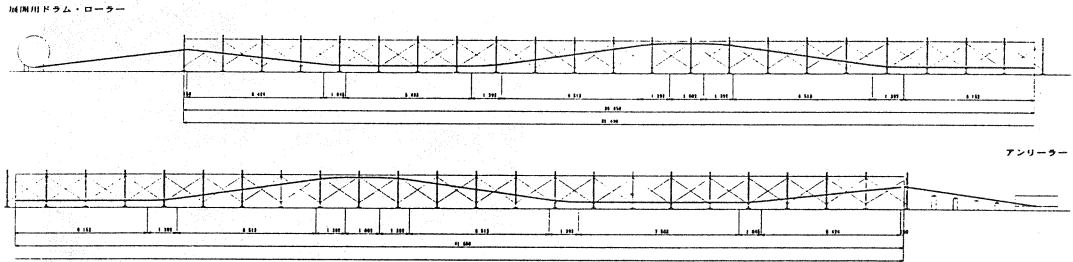


図-4.1 PC鋼材引き出し試験要領図

(2) 実施結果

引き出し確認試験の結果を元に、実橋においても同様な施工法を採用した。その結果、全42本のケーブルを円滑に、また損傷することなく引き出し、配置することができた。写真-4.2に鋼材配置中の全景、写真-4.3に引き出し状況また、写真-4.4に配置後の鋼材状況を示す。

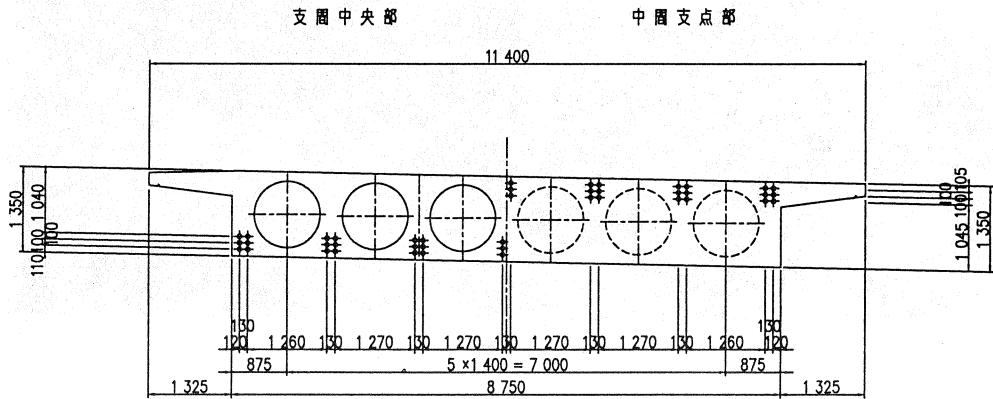


図-4.2 PC鋼材配置断面図

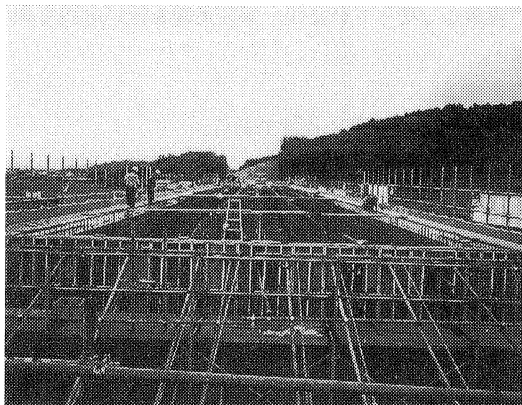


写真-4.2 床版全景



写真-4.3 引き出し状況

4.2 緊張管理

(1) 試験緊張

本緊張に先だって、6ケーブルを用いて試験緊張を行う。試験緊張ケーブルは、その後本緊張されるため、ケーブルが伸びることによって生じる硬化剤の流出を防止するためにポリエチレンシースを桁端部に延長することで対応する。

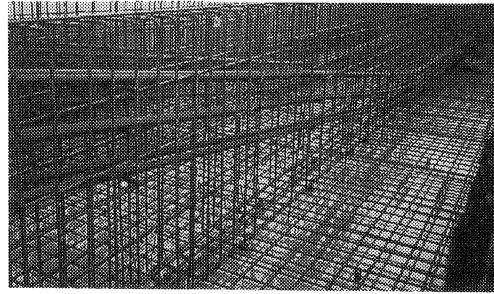


写真-4.4 鋼材配置完了

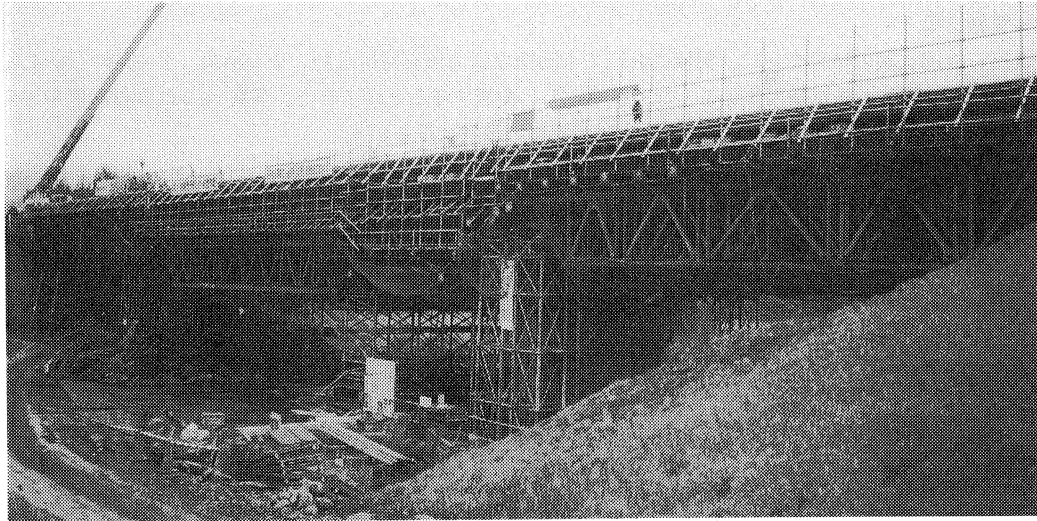


写真-4.5 現在施工状況

5. おわりに

本橋は国内で初めて主方向にプレグラウト鋼材を採用した多径間連続中空床版橋である。現在、横方向ではプレグラウト鋼材は標準的に用いられているが、横方向のためケーブル長は10m程度であり、角変化の小さい配置形状が一般的である。

今回、主方向に採用するにあたり、設計・施工面で多数の課題が山積していたが、事前実験を行いながら課題を解決することができた。今回確認できた事項としては、

- ① 主方向におけるプレグラウト鋼材の効率的な配置方法を標準化した。
- ② 主方向にプレグラウト鋼材を用いた場合の鋼材の摩擦係数は、 $\lambda=0.004$ 程度である。

が挙げられるが、今後、試験緊張、本緊張と確認すべき事項は残されている。それらについては、次回の機会に発表する予定である。

最後に、本論文をまとめるにあたり、ご協力を頂いた関係各所の皆様に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 林寄・南・小林：アフターボンドP C鋼材の所特性について、プレストレストコンクリート、Vol.32,No.4,PP91~98,1990.7
- 2) 讃岐・野村、増田、望月：アフターボンドP C鋼材の硬化判定手法について、プレストレストコンクリート、Vol.41,No.1,PP32~37,1999.1