

(81) 五箇山橋におけるNAPP工法の緊張管理について

日本道路公団 新潟建設局富山工事事務所 工事長 芹川 博
 日本道路公団 新潟建設局富山工事事務所 南波 聡
 オリエンタル建設(株)五箇山橋工事作業所 所長 正会員 横田 勉
 オリエンタル建設(株)東京支店工務部 正会員 ○ 神谷 卓伸

1. はじめに

五箇山橋は東海北陸自動車道の、上平IC～福光IC間に位置するPC4径間連続ラーメン箱桁橋(橋長309m、最大支間115m)である。本橋(図-1)の位置する「越中五箇山の山村」上平村は、豊かな自然に恵まれているとはいえ、冬は深雪に閉ざされる厳しい自然環境のもとにある。冬期を除く限られた期間で施工し、必要とされる品質を確保する為、現場作業の軽減を第1の目標として各種のPC工法の適用を検討した。本橋ではNAPP工法(中空PC鋼棒30T)を横桁横締め及び鉛直鋼材(せん断鋼棒)に適用し、さらに太径ストランド(1S28.6mm)を含めたアフターボンド工法を床版横締め鋼材に適用して、主ケーブルを除いたPC鋼材の現場でのグラウト作業を回避した。本報告ではNAPP工法における緊張管理を中心に五箇山橋について紹介するものである。

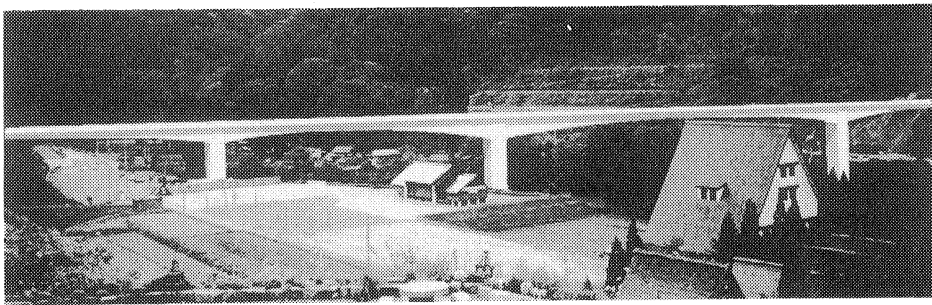


図-1 完成予想図

2. 工事概要

路線名 東海北陸自動車道
 工事名 五箇山橋(PC上部工)工事
 構造形式 4径間連続ラーメン箱桁橋
 橋長 309m
 支間 50.70m+100.00m+115.00m+41.62m
 有効幅員 10.00m~13.00m
 活荷重 B活荷重
 工期 平成7年5月31日～
 平成8年1月19日(600日)

PC工法	主ケーブル	アンダーソン工法	12S12.7mm(SWPR7B)
	床版横締め	シングルストランド工法 (アフターボンド鋼材)	1S21.8mm(SWPR19)〔標準部〕 1S28.6mm(SWPR19)〔拡幅部〕
	横桁、鉛直締め	NAPP工法(30T)	中空PC鋼棒φ32mm(SBPR930/1080)

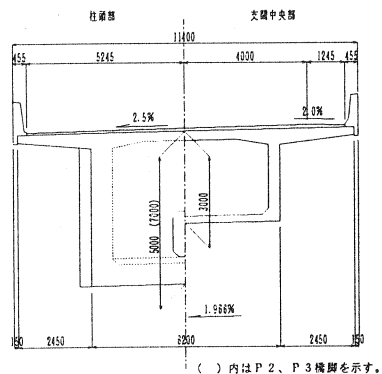


図-2 断面図

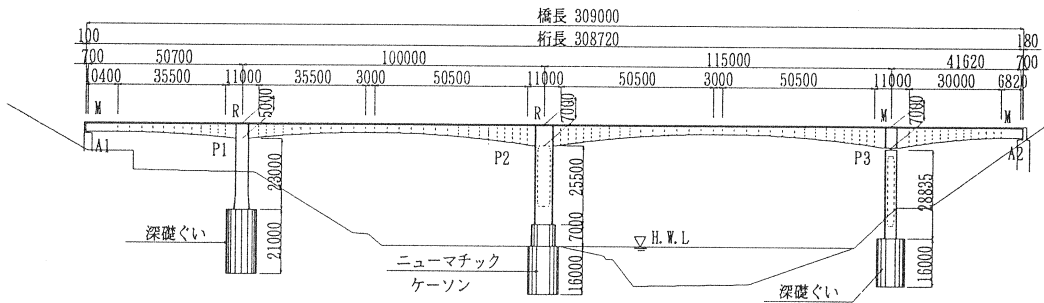


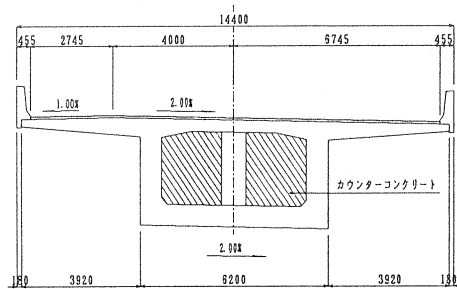
図-3 側面図

施工方法は、移動作業車（フォルパワーゲン）を使用したケーブルキャンチレバー工法で、P1及びP2橋脚はラーメン構造である。P3橋脚上にはゴム支承（2200t/脊×2）が配置され可動脚となるが、架設時は仮沓（コンクリートブロックとテンポラリー鋼棒）により剛結構造として施工を行った。また、P3橋脚張出し部は、A2側側径間が短い影響を受け施工に当たってはA2側の桁内部にカウンターコンクリートを打設することによりアンバランスなモーメントを制御しながら張出し施工を行った。（図-4）

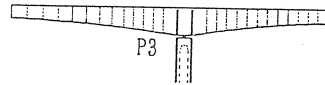
本橋では、主ケーブルに12S12.7mmの鋼材を使用したアンダーソン工法を適用した。床版横締めにはシングルストランド工法のアFTERボンド鋼材を採用し、標準部には1S21.8mmを、拡幅部（非常駐車帯部）には1S28.6mmの鋼材を適用した。また、横桁横締めおよび鉛直鋼材にはNAPP工法の30Tを採用した。

3. NAPP工法の適用

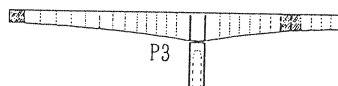
柱頭部及び端支点横桁は一般に部材が厚くマスコンクリートとなる為、コンクリートの硬化熱が大きく高温になることが想定された。アFTERボンド工法は、高い温度上昇に対して急速に樹脂の硬化が進む傾向がある。柱頭部の様に桁高も高く、コンクリートの分割打設を実施する場合は工程も長期化し、アFTERボンド鋼材の可使時間の設定も困難となる。従って柱頭部及び端支点横桁には、温度の影響を受けないNAPP工法を適用した。また、図-5に示すようにラーメン脚頭部には下部工からの鉛直に立



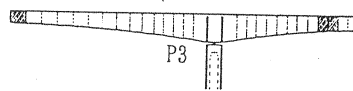
127°ロック施工完了



L137°ロック施工
R7・R87°ロックカウンターコンクリート打設



L147°ロック施工
R9・R107°ロックカウンターコンクリート打設



L157°ロック施工
R11・R127°ロックカウンターコンクリート打設

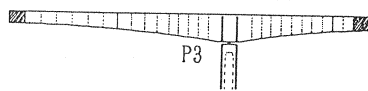


図-4 施工図

ち上がる主鉄筋が密に (D 5 1 etc 1 5 0) 配置されている。一般に横桁横締は、定着部の取り合いが問題となることが多いが、N A P P工法の定着部は既存の P C工法に比較し、コンパクトなことから下部工からの主鉄筋の間に収まり施工性の問題が改善された。

鉛直鋼棒においては定着部 (床版上縁) の切り欠きが小さく、グラウト工が不要となる N A P P工法の利点を生かせること、張出し施工ブロック間での治具と反力 P C鋼棒の転用を実施することにより、経済性が図れることから N A P P工法を適用した。

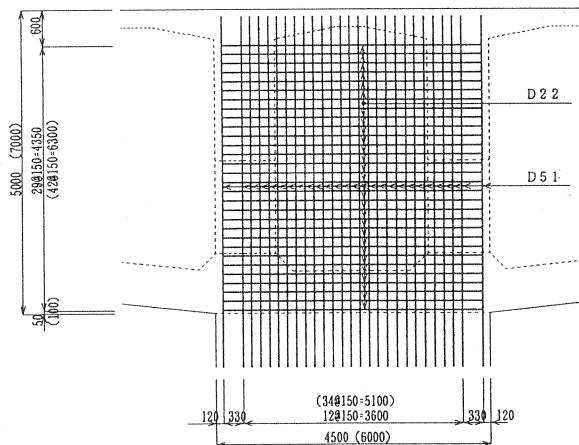


図-5 側面図

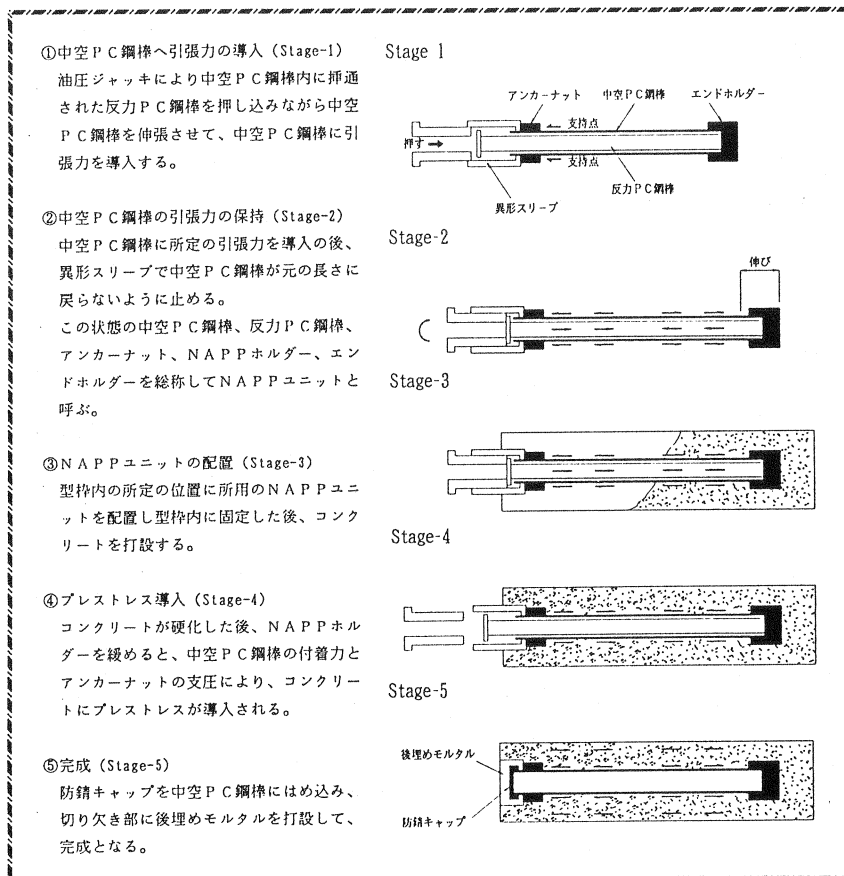


図-6 N A P P工法の原理

本橋で使用したNAPPシステムは図-7に示すように中空PC鋼棒(SBPR930/1080)、反力PC鋼棒(高強度熱処理PC鋼棒)NAPPホルダー、エンドホルダー及び安全装置から構成されている。

NAPP工法の利点として、工場など良好な作業環境においてプレストレスの導入を行うことにより品質の向上(精度の良いプレストレスの導入)が図れることがある。また現場においては管理を伴う緊張作業が不要となり簡単な解放作業のみで良く、グラウト工も不要となる為現場作業の省力化が可能となることである。

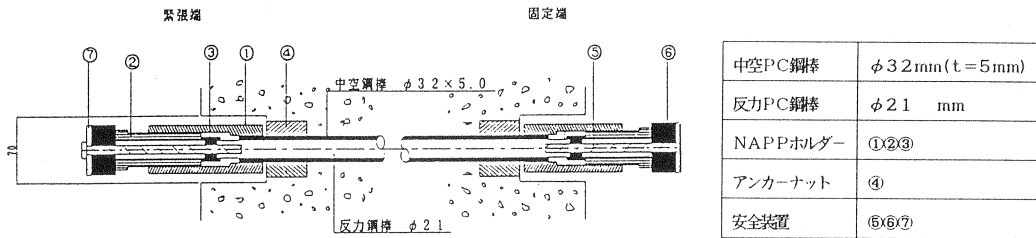


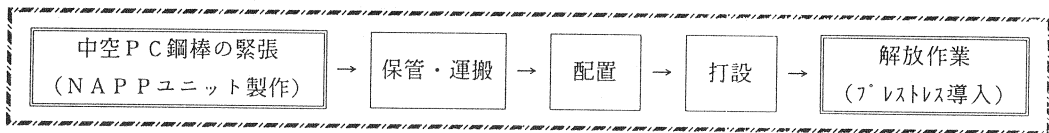
図-7 システム構成図

4. 品質管理

(1) 品質管理フロー

品質管理フローを以下に示し、「中空PC鋼棒の緊張」「プレストレス導入」について述べる。

品質管理



(2) 中空PC鋼棒緊張時(ユニット製作時)の緊張管理

本橋におけるNAPP工法では、現場搬入前にユニットを組立てる段階で中空PC鋼棒に緊張力を与える。このため、ユニット製作時にいかに正確な緊張力を与えるかで、解放作業時(プレストレス導入時)にコンクリート部材に導入されるプレストレス量の精度が決定される。本橋の横桁部のように比較的多本数のPC鋼材が配置される場合のプレストレス管理は、「引張力と伸びによる管理方法」(道示Ⅲ16.8.6プレストレス管理に準じた。)により行なった。

- ①緊張計算に用いる摩擦係数と見かけのヤング係数は表-1を用いる。
- ②緊張計算により算出された伸び量を下回らず、10%を越えないこととする。
- ③緊張力の差 δ の許容誤差は、表-2に示す標準値以下とする。

λ	$E_p(\text{kgf/cm}^2)$
0.01	2.0×10^6

表-1 摩擦係数および
見かけのヤング係数

1組のPC鋼材	1	4	6	10以上
緊張力差 δ の許容誤差	10%	5.0%	4.1%	3.2%

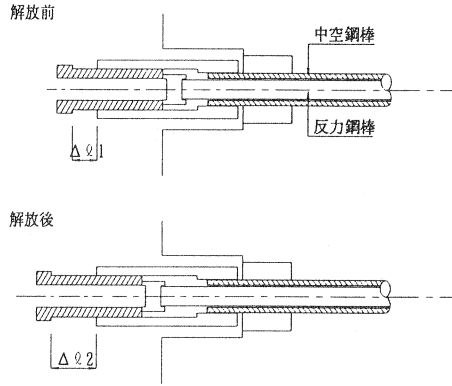
表-2 緊張力差 δ の許容誤差の標準値

(3) 解放作業(プレストレス導入)

NAPPユニットの解放作業は、コンクリート部材へのプレストレス導入を意味している。したがって、解放作業時にはコンクリートが所定の強度に達したことを確認し、解放作業を行うこととした。NAPP工法は、プレテンションニング方式でありコンクリートと鋼材の付着でプレストレス導入できるので道路橋示方書に準拠し、コンクリートの圧縮応力度が $\sigma_{ck} = 300 \text{ kgf/cm}^2$ 以上達したことを確認してから解放作業を行うこととした。

本橋の施工では、一つの試みとして解放作業時の反力PC鋼棒の突出長さ Δl の実測を行った。この突出長さを計算値と比較することによって、実際に導入されるプレストレスの精度を判定しようとするものである。

反力鋼棒の突出長さは、図-8に示すように解放前と解放後のストッパーの突出量を測定した。



突出長さ： $\Delta l = \Delta l_2 - \Delta l_1$

図-8 解放作業

5. 測定結果

五箇山橋のP2柱頭部横桁横締め(図-9)を例として、以下に測定結果を示す。

(1) 緊張計算

	形状 (外径×厚mm)	断面積 $A_p(\text{mm}^2)$	ヤング係数 $E_p(\text{kgf/cm}^2)$	長さ $L(\text{mm})$	伸び量 $\Delta l(\text{mm})$
中空PC鋼棒	$\phi 32 \times 5.0t$	424.1	2.0×10^6	6,826	23.3
反力PC鋼棒	$\phi 21$	346.4	2.0×10^6	6,973	29.2

緊張側導入力 $P_i = 30,000 \text{ kgf}$
 固定側導入力 $P_i' = P_i \times e^{-\alpha L} = 28,004 \text{ kgf}$
 平均緊張力 $P = (P_i + P_i') / 2 = 29,002 \text{ kgf}$
 伸び量 $\Delta l = P \times L / (E_p \times A_p)$

(2) 緊張管理測定結果

図-10に伸び量の誤差の分布を示す。P2柱頭部に配置した54本について測定した結果、許容誤差を十分満足する値が得られた。また、その誤差の平均は1.1%であり、所定の緊張力に対する導入緊張力の差の平均値は0.3%であったことから、通常ポストテンション方式に比べ、緊張力のバラツキが少ないことが分かった。NAPPユニット製作時における緊張力のロス、主に中空PC鋼棒反力PC鋼棒との

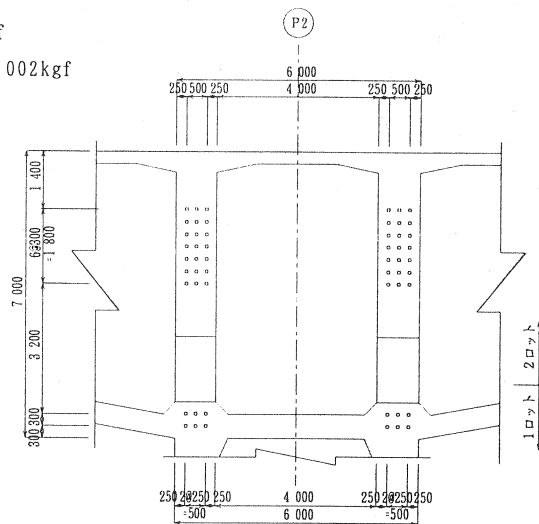


図-9 柱頭部鋼材配置図

鋼材同士の接触摩擦によるものである。

緊張力のバラツキが少ないことは、鋼材の接触面が常に安定した状態に保たれていることを示している。

(3) 解放工測定結果

2ロット部内(図-9)、35本について測定した。図-11に解放時の突出量と、導入時の計算伸び量の突出差の分布を示す。

反力PC鋼棒の突出量から推定するプレストレス力はユニット製作時の緊張力の精度と比較すると誤差は大きくなっているものの平均誤差で3.2%、最大でも6.2%となり、表-3に示す道路橋示方書の許容値を十分満足する結果が得られた。

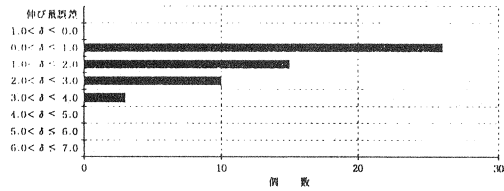


図-10 緊張管理測定結果

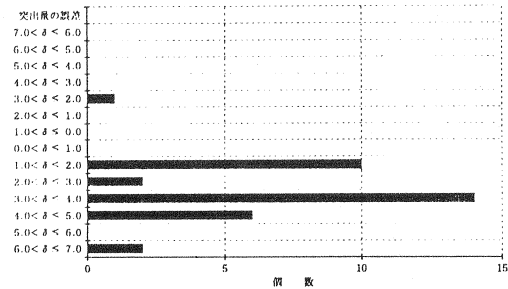


図-11 解放工測定結果

6. まとめ

本橋におけるNAPP工法の本格的な適用の結果、まずNAPPユニット製作時の緊張作業において、緊張力のバラツキが極めて小さく誤差が少ないことが照明された。また、鋼材同士の安定した接触摩擦が確保でき、摩擦損失の変動を小さく抑えられることより緊張力の誤差は、最大でも3.6%であった。NAPP工法では、従来の緊張管理の「伸び管理」手法で、十分な緊張力の精度が確保できることが分かった。さらに、現場における解放作業(プレストレス導入)において1本毎のプレストレス導入力の確認が可能であること、プレストレス導入力のバラツキも小さく既存の緊張力の管理を満足し、精度を保持していることが分かった。

以上から、このNAPP工法が現場における緊張管理を不要としても既存のPC工法を上回る精度でプレストレスを導入できることが検証された。NAPP工法はその利点を生かして起用が出来るならば、現場作業の軽減と合理的な施工の1つの要素技術となることをここに報告するものである。

最後に、本工事の設計施工にあたりご指導とご協力を頂いた関係者各位に対し感謝の意を表します。

参考文献

- 1) New Prestressing System Using Hollow PC-bars FIP 1993
- 2) Properties of Hollow Prestressing Bar Used For New Prestressing System FIP 1993