

(93) 高田橋 (押出し工法) の設計・施工

(財) 福島県環境保全公社 菅野 宗人
 福島県会津若松建設事務所 遠藤 英司
 (株) ピー・エス 東北支店 正会員 渡辺 寛
 (株) ピー・エス 東北支店 正会員 ○ 大山 博明

1. はじめに

高田橋は、福島県会津地方の中心都市会津若松市と隣村の北会津村とを結ぶ地点に位置し、一級河川阿賀川(大川)を横断する一般国道401号線上の橋梁である。

現橋は、昭和6年に当時の技術の粋を結集して建設されたが、66年を経た今日では、老朽化が進み、近年の交通量の増大や車両の大型化に対応できなくなった。このため、平成2年に国庫補助事業として認可を受け、架け替え工事の着手に至った。

新しい高田橋は、経済性、施工性、構造特性、河川条件、会津地方の自然条件等を考慮して、形式選定を行い、4径間連続箱桁3連と単純箱桁1連からなる橋長511.9mのPC構造を採用した。

地元ではこの地域の円滑な交通の確保はもとより、産業・経済・観光の活性化に大きく寄与するものと期待をされ、一日も早い完成を目指して、現在、鋭意施工中である。

本橋は押出し架設工法を採用しているが、特徴として以下の2点が挙げられる。

- ① 4径間連続PC箱桁3連をPC鋼材にて仮連結し、12径間連続箱桁として押出し架設をした後、切り離しをして完成構造系とする。
 - ② 押出し桁長と押出し重量が国内最大級である。(477m、13152tf)
- 本稿では、以上の点をふまえ、特に、主桁仮連結部の設計・施工と管理を中心に報告をする。

2. 工事概要

本橋の工事概要と橋体工主要材料表を表-1、表-2に示す。

表-1 工事概要

工事名	国道改築工事(高田橋)
工事場所	福島県会津若松市門田町大字飯寺～ 北会津郡北会津村大字三本松
路線名	国道401号
事業主体	福島県
工期	自:平成7年10月～
橋種	コンクリート道路橋
道路規格	幹線C-2設計速度60km/h
形式	単純箱桁、4径間連続PC箱桁3連
橋長	511.90m
桁長	34.50m (支保工部) 159.10m 159.10m } (押出し部) 158.70m
支間長	33.70m 2@ (39.20+2@39.80 +39.20)m 39.20+2@39.80 +38.85m
全幅	14.30m
有効幅員	車道7.50m 歩道2@3.00m
架設工法	支保工及び押出し架設工法(集中方式)

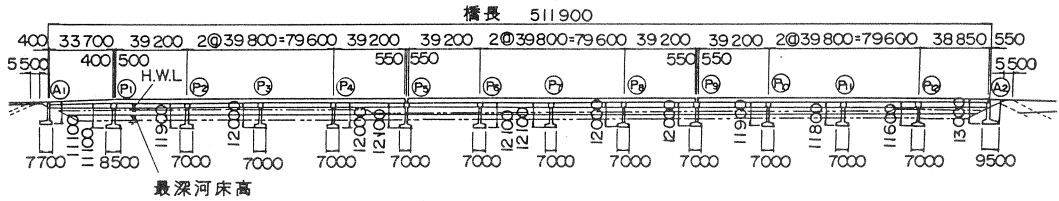
表-2 橋体工主要材料(押出し部)

種別	仕様	数量	
コンクリート	$\sigma_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$	5258 m3	
	型わく	外わく	4982 m2
		内わく	6415 m2
		底わく	3611 m2
		その他	1305 m2
	合計	16313 m2	
鉄筋	SD295A	558.2 tf	
	P C 鋼材	連続 12S12.7(SWPR7B)	79.6 tf
		架設 SEEE F100(7S11.1B)	127.3 tf
		連結 SEEE F270(19S11.1B)	15.6 tf
		床版 1S21.8(SWPR19)	38.3 tf
		横桁 $\phi 32$ (SBPR930/1180)	16.9 tf
		鉛直 $\phi 26$ (SBPR930/1080)	17.9 tf

床版横締め鋼材は、アフターボンド鋼材を使用。

一般形状図を下図に示す。

側面図



標準断面図

単純箱桁部

連続箱桁部

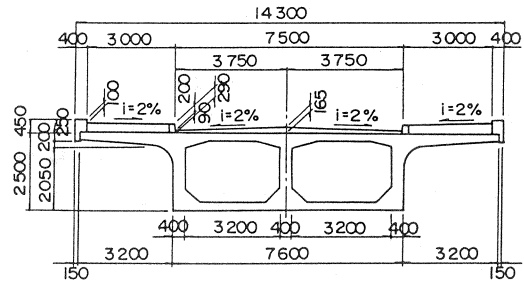
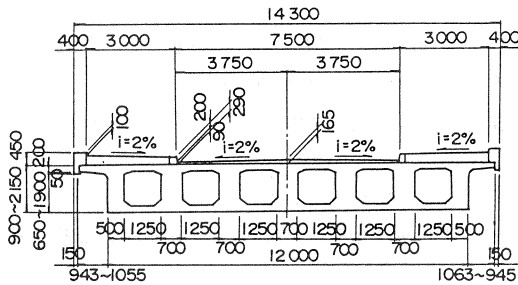


図-1 一般形状図

3. 設計概要

押出し架設時の検討は、平面骨組構造解析にて架設ステップ毎の断面力を算出し、各設計断面での最大、最小応力(交番応力)が許容値を満足するよう行った。その結果、架設鋼材重量として100TON型(SEE-F10 0.7S11.1B)を $W=24.2 \text{ kgf/m}^3$ 配置した。

本橋の押出し架設に関する設計的特徴は以下の2点にある。

- ① 4 径間連続箱桁 3 連を P C 鋼材で仮連結して押出し架設し、終了後に切離しをする。
- ② 中間支点上の下床版架設鋼材が設計時には不要となるため、一部の架設鋼材を解放する。

(1) 仮連結部の設計

主桁の連結 P C 鋼材は250TON型(SEE-F270, 19S11.1B)を60本配置した。設計は、通常の曲げ応力度の照査と、作用せん断力が連結プレストレスによる摩擦係数より小さいことの照査を行った。検討の結果、連結面の摩擦係数を $\mu=0.5$ (コンクリート面)とした場合の安全率は $SF=2.0$ 以上となった。連結部形状と検討結果を図-2、表-3に示す。

(2) 中間支点上の設計

本橋は、桁高2.5mに対して支承間隔が4.4mと広く、支承からの反力分布幅が主桁図心位置にて交わらないため、設計時の中間支点上の曲げモーメントは低減せずに検討を行った。その結果、連続鋼材(12S12.7B)のみでは負の曲げに対処できず、下床版架設鋼材の一部(下床版鋼材本数の約60%)を押し出し終了後にプレストレス解放した。解放量は設計時中間支点上の上縁曲げ応力度を目標値 $+5 \text{ kgf/cm}^2$ 程度として決めた。中間支点上の支承からの反力分布図を、図-3に示す。

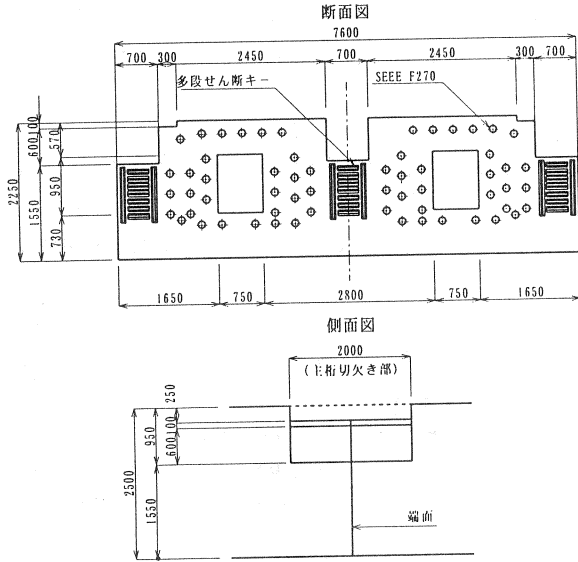


図-2 主桁連結部

表-3 連結部応力度

曲げモーメントに対して

		Mmax	Mmin
断面力 (11m)		2944.5	3496.3
荷重による 応力度 (kgf/cm ²)	上縁	60.6	-71.9
	下縁	-50.8	60.3
プレストレスによる 応力度 (kgf/cm ²)	上縁	98.0	98.0
	下縁	41.7	41.7
合成応力度 (kgf/cm ²)	上縁	158.6	26.1
	下縁	-9.1	102.0

せん断力に対して

プレストレスによる摩擦力 作用せん断力
 $P_h = \mu \cdot P_e$ $S = 598.3 \text{ tf}$
 $= 0.5 \times 153.0 \times 60$
 $= 4590 \text{ tf}$

$P_h / S = 4590 / 598.3 = 7.67 > 2.0$
 (安全率)

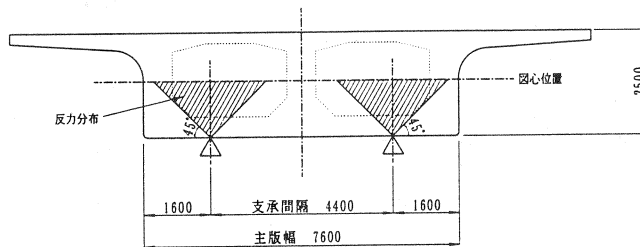


図-3 支承反力分布図

4. 施工概要

(1) 施工順序

主桁の全セグメント数は、39 (4径間当り13セグメント×3連) である。一連の施工順序を図-4、標準1サイクル工程を表-4に示す。

(2) 主桁製作設備

主桁製作ヤードは、主桁製作台と鋼材組立台からなる。

主桁製作台部分には、冬期間積雪の多い会津地方にあっても1年を通して十分な品質管理ができるよう固定式上屋設備を設けた。上屋の屋根と側壁部分には、明かりとりを設置して作業性に配慮した。

(3) 主桁製作

a) 型わく設備

型わく設備は、底型わく、側型わく、内型わく共鋼製とした。(内型わくは、支点部セグメントのみ木製) 鋼製型わくのセットおよび脱わくは、1台の電動油圧ポンプで複数の油圧ジャッキを同時に制御できる集中管理構造とした。

押出し工法においては、型わく設備の施工精度に占める割合が特に高く、以下の点を念頭において製作した。

- ① 39回の転用が可能で、ひずみによる構造寸法の変化が生じない高い剛性を有する事。
- ② 桁高変化(前方4セグメントにおいて2.15m~2.50mに変化)に対応できる構造である事。
- ③ 型わくセット、脱わくの作業性が良い事。

b) コンクリートの打設・養生

コンクリート打設は、ポンプ車1台によって行い、1回の打設量は標準セグメントで約125m³、打設速度は時間約25m³である。

打設後の養生設備としては、上屋内に設置した簡易ボイラーによる蒸気養生を通年使用した。養生温度および時間は、以下の点について随時検討管理した。

① 打設時の外気温

② 打設箇所がマスコンクリートか否か(コンクリートの硬化に伴う発熱温度)

蒸気養生終了後のコンクリート温度と外気温との差による有害なクラック等の発生を抑制し、硬化熱の上昇が上床版のアFTERボンドシングルストランドに悪影響を及ぼさないよう、暑中においては蒸気養生終了後に散水養生を実施した。

c) PC鋼材の緊張

各セグメントを緊張するPC鋼材としては、架設鋼材SEE F100、床版横縮め1S21.8、鉛直鋼棒φ26を使用した。プレストレス導入時のコンクリート圧縮強度は300kgf/cm²以上とし、蒸気養生により材令2日で所定の強度を得た。

なお、架設鋼材は標準長をL=26.4m(1セグメント長l=13.2m×2)とし、2セグメントに1回の緊張定着としている。また、配置全本数の約半数を各セグメント端部において緊張するよう、約半数の緊張定着位置を1セグメント分ずらした交互配置としている。

(4) 押出し架設

A2橋台後方の主桁製作ヤードで製作した主桁は、A2橋台を反力台として押出し架設した。施工段階の概略を図-4に示す。

また、押出し施工途中の状況写真を、写真-1に示す。

押出し装置は、押出し用油圧ジャッキ、電動油圧ポンプ、反力台、アンカーバー、引張鋼棒から構成される。押出しジャッキには200tfジャッキ4基(合計800tf)を使用し、押出し用電動油圧ポンプは、1台で2基のジャッキを制御する構造としている(写真-2)。

押出し時の摩擦係数は、設計値5%に対し1セグメント分押出しのなかで、始動時4%~終了前2%へと推移する。押出し速度は、39セグメン

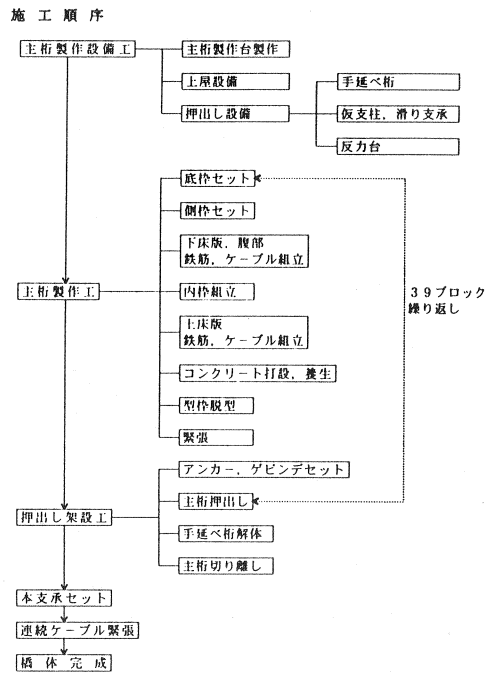


図-4 施工順序図

表-4 標準セグメント 1サイクル工程

(稼働効率考慮せず)

工種	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日
1. 押し出し架設	□								
2. 底版・側枠セット		□							
3. 下床版・腹部鉄筋、ケーブル組立			□	□					
4. 内型枠セット					□	□			
5. 上床版鉄筋、ケーブル組立							□	□	
6. コンクリート打設									□
7. 養生、内型枠脱枠									□
8. 緊張									□

(標準セグメント L=13.2m, W=313tf)

ト製作後の最終押し時で平均3.1m/hであった。

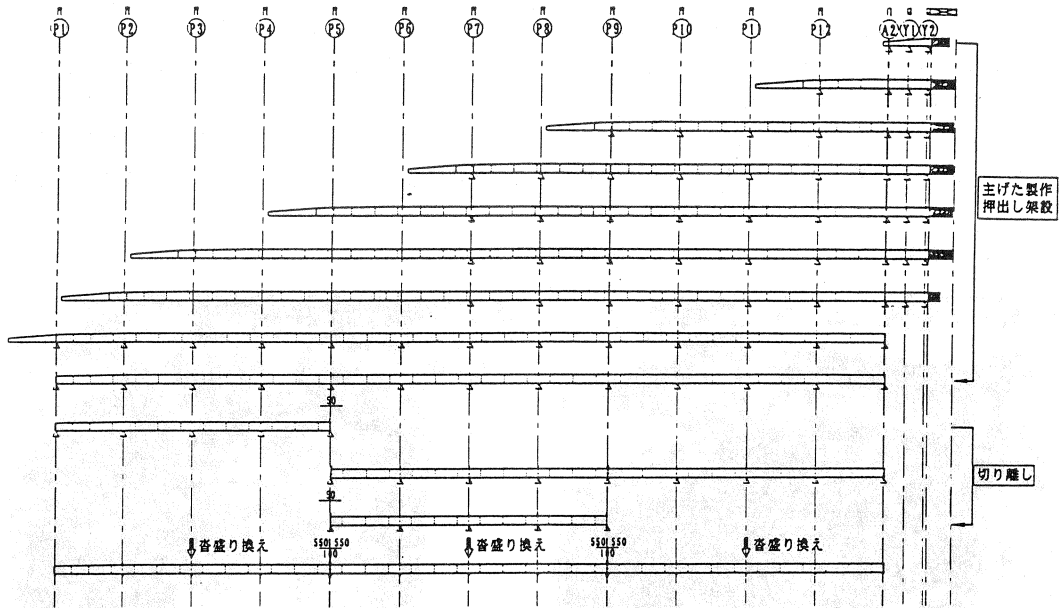


図-5 施工順段階図

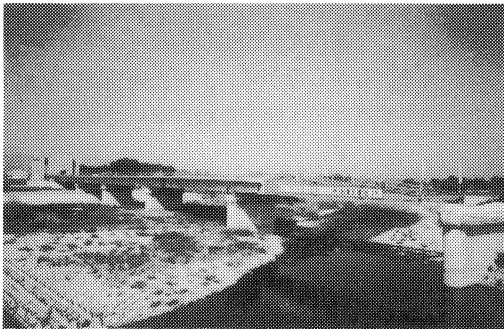


写真-1 施工状況

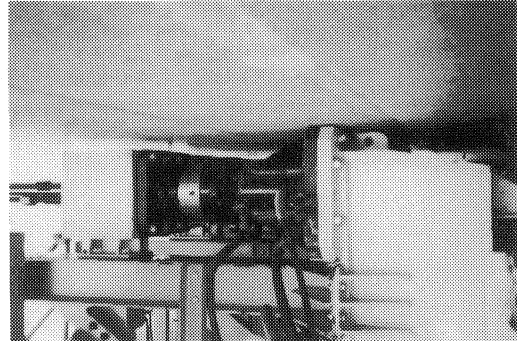


写真-2 押しジャッキ

5. 仮連結部の施工と管理

(1) 仮連結部の製作

仮連結部の製作は最初に施工したセグメント端面を型わく面として次のセグメントを製作するマッチキャストで行った。連結部の切離し時期は製作後約1年後となるため、長期に渡って効果のあるコンクリート用剥離剤として、ウレタン樹脂製の剥離剤を使用した。切離し時の結果は良好であった。

(2) 押し途中の挙動

仮連結部は押し終了後に切離しをするため、付着のない構造である。工事を安全かつ円滑に進めるために、押し架設途中の仮連結部の挙動を仮連結部上下縁に設置した亀裂計により計測した。その結果、最大引張応力度（下縁）発生段階で生じた亀裂は0.16mm程度であった。また、架設ステップ毎の亀裂の推

移が応力変動と同様の推移をしている事も確認した。

(3) 切離し

切離しは300TON油圧ジャッキ2基を使用して行った。ジャッキの設置位置は両外側ウェブの主桁切り欠き部とした。(図-2参照) 切離しは仮連結部が2カ所あるため2回行い、連続箱桁3連の間に1カ所当り約8.5cmの所定の遊間量が確保できた。

また、切離しに要した荷重は $H1 = 192\text{tf}$ 、切離し後の荷重は $H2 = 95\text{tf}$ であり、2回共ほぼ同じであった。連結面の付着力を $H1$ と $H2$ の差分とすると、付着応力度は $\tau = 0.7\text{kgf/cm}^2$ 程度であったと推定される。

仮連結部の切離し前後の状況を写真-3、4に示す。

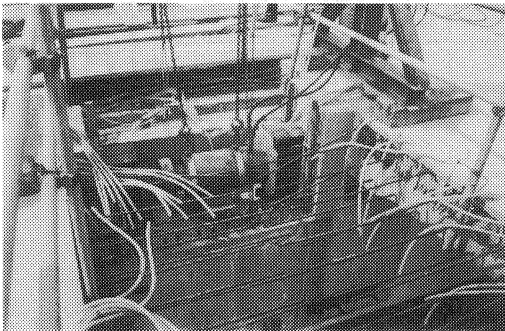


写真-3 切離し前

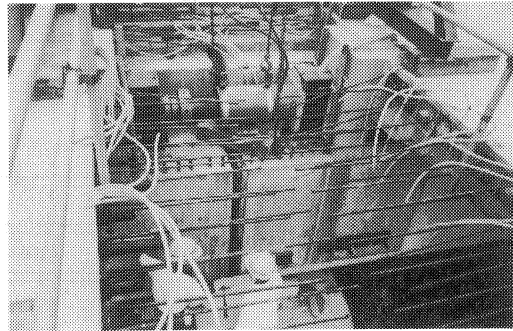


写真-4 切離し後

6. おわりに

本稿では、高田橋の設計・施工に関して特徴的な部分のみを抜粋して述べた。押し出し工法は、昭和48年幌萌大橋において採用されて以来、140橋余りの施工実績がある。しかしながら、主桁仮連結及び切離しについての報告は少い。それゆえ、今後この種の工法で設計・施工する際の一助となれば幸いである。