

南丘大橋の設計と施工

宇都宮 靖*1・三野 光明*2・鷹巣 恵一*3

1. はじめに

南丘大橋は、道道和寒鷹栖線の鷹栖峠より和寒側に位置する南丘貯水池と中和貯水池を結ぶ水路上に架設された3径間連続変断面PC箱桁橋である。

旭川から名寄、稚内方面へ向かうとき、国道40号線が主要道路であるが、冬期間難所となる塩狩峠を抱えているため、代替道路としての重要な役割を果たすべく早くから道道和寒鷹栖線の通年開通が望まれていた。

旭川土木現業所では、この期待に応えるべく昭和52年度から道路改良工事を始め、約10年を要して最後の結びとなる本橋梁工事を昭和62年度に着手したのである。

本稿は、南丘大橋上部工について構造形式の選定過程および設計、施工について述べるものである。

2. 構造形式の選定

まず構造形式を検討するために基本となる橋長、支間、橋脚の位置等については、種々の条件により次のおり決まった。橋長については架橋位置が深い沢であるため橋台の位置は桁下に切土を生じないこと、法面の盛りこぼしをできるだけ少なくすること、構造上安定した位置であること等を考慮し、 $L=190\text{ m}$ となった。

橋脚については、すぐ上流に南丘貯水池のアースダム堤体が位置するため制約を受けることとなる。このダムは昭和26年度竣工（北海道土木試験所が試験施工）したもので非常に老朽化しており、橋脚を施工することによってダム本体に悪影響を与えないこと、ダム本体の改修に支障のない位置であることが条件となり、種々検討した結果中央部に約90 mの支間を有する構造形式が要求されることになった。

検討された構造形式は、次の3案である。

- 第1案 3径間連続変断面PC箱桁橋
- 第2案 上路式逆ローゼ橋
- 第3案 上路式単純トラス橋



写真-1 全景



図-1 位置図

また、各検討項目に対する判定は、表-1に示すとおりであった。

表-1

	経済性	美観性	メンテナンス	走行性	総合性
第1案	○	○	○	○	○
第2案	△	○	△	△	△
第3案	○	△	△	△	△

*1 Yasushi UTSUNOMIYA : 前田建設(株)大亜湾原発作業所 所長

*2 Mitsuaki MINO : 日本高圧コンクリート(株)工事本部

*3 Keiichi TAKASU : 日本高圧コンクリート(株)工事本部

◇工事報告◇

以上の結果、総合的に一番優れていると判断された3径間連続変断面 PC 箱桁橋が、採用されることになった。

工事箇所：北海道上川郡和寒町地内
 工期：昭和63年7月～平成元年12月
 発注者：北海道旭川土木現業所
 施工：日本高圧コンクリート(株)

3. 工事概要

3.1 工事概要

工事名：道道と寒鷹栖線南丘大橋架換(上部工)工事

3.2 構造概要

構造形式：3径間連続 PC 箱桁橋

架設工法：側径間 固定支保工

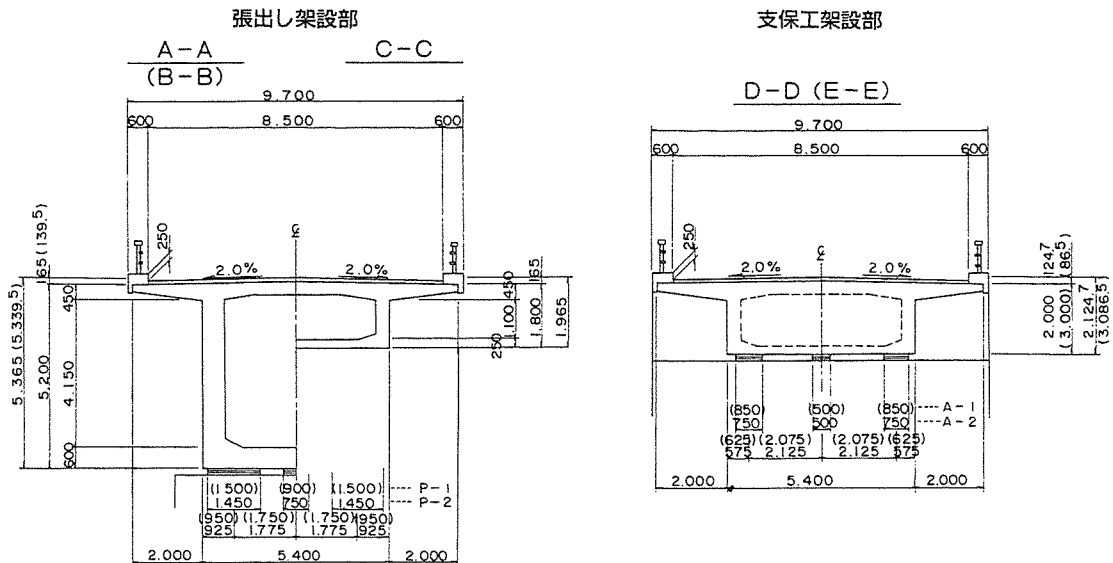
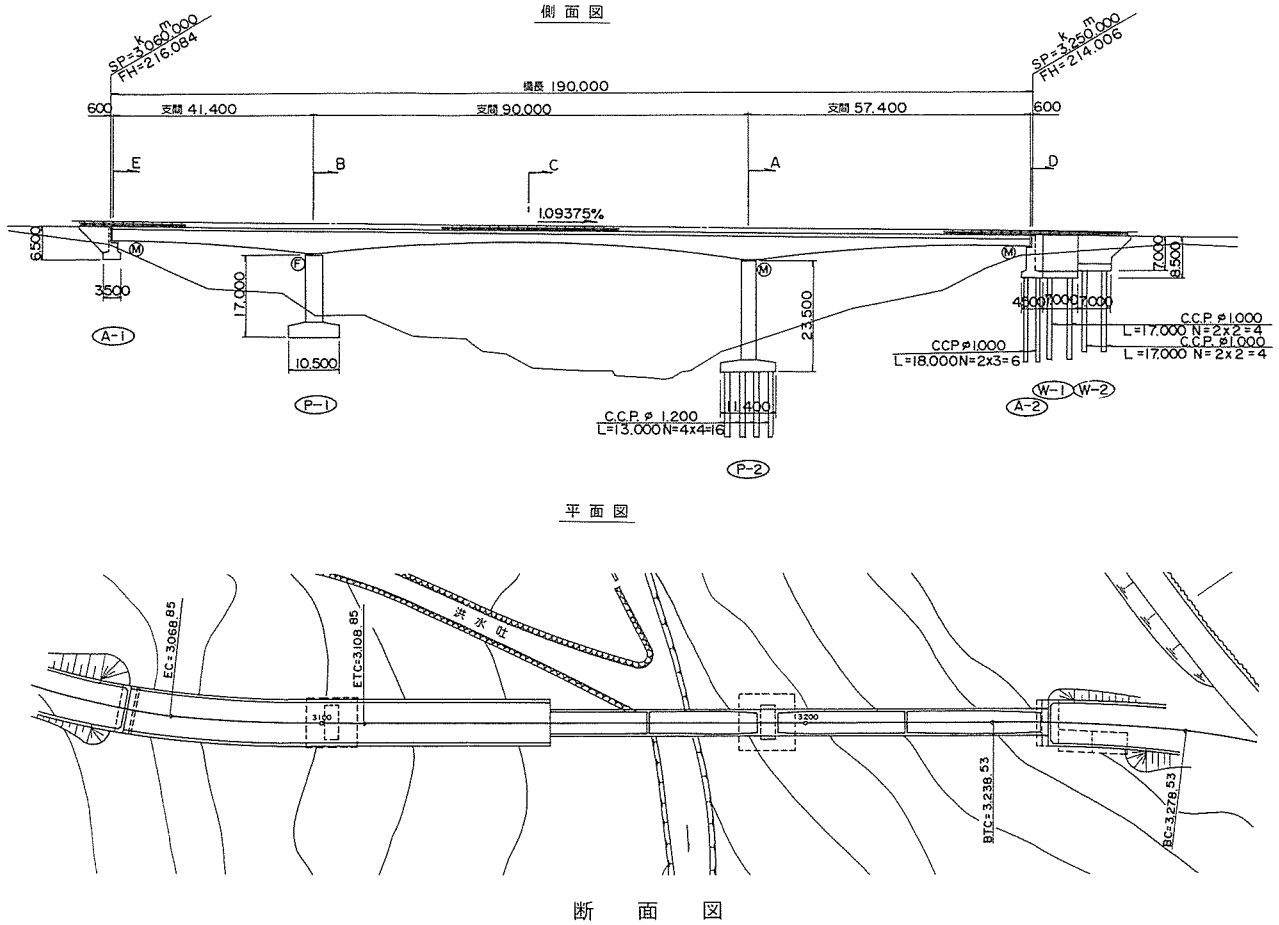


図-2 一般図

中央径間 片持ち架設 (FCC 工法)

橋 長 : 190.00 m
 支 間 : 41.40 m+90.00 m+57.40 m
 幅 員 : 8.50 m
 橋 格 : 一等橋 (TL-20)
 平面線形 : R=160 m~A=80 m~直線~A=80 m
 縦断線形 : 1.09375%
 斜 角 : 直
 温度差 : 5°C
 温度変化 : -15°C~+35°C
 支 承 : ゴム支承 (移動制限装置付き)

3.3 主要材料

主要材料を表-2 に示す。

表-2 主要資材一覧表

種 別	仕 様	単 位	数 量
コン ク リ ト	主 桁	$\sigma_{c,k}=400$	m ³ 1 734
	カ ウ ン タ ー	$\sigma_{c,k}=160$	" 149
	地 覆	$\sigma_{c,k}=210$	" 92
PC 鋼 材	主 方 向	12 T 12.7	kg 75 358
	横 方 向	12 ϕ 7	" 10 055
	鉛 直 方 向	ϕ 32	" 2 818
定 着 体	主 方 向	12 T 13	組 266
		12 V 13	" 60
		D 12 T 13 M	" 18
	横 方 向	12 ϕ 7	" 626
	鉛 直 方 向	ϕ 32 (FAB)	" 288
シ ー ス	主 方 向	ϕ 70	m 8 057
	横 方 向	ϕ 45	" 2 700
	鉛 直 方 向	ϕ 40	" 410
鉄 筋	D 13	SD 30 A	kg 72 208
	D 16~D 25	"	" 116 831

4. 設計概要

4.1 主桁断面形状

主桁断面は単一箱桁で、桁高は中間支点上で $H=5.2$ m, 端支点上で $H=3.0$ m (A_1 側), $H=2.0$ m (A_2 側), 中央径間の中央部はスレンダーな形を重視するため低くおさえることとし $H=1.8$ m となっている。また、桁高変化は SIN 曲線が使用された。

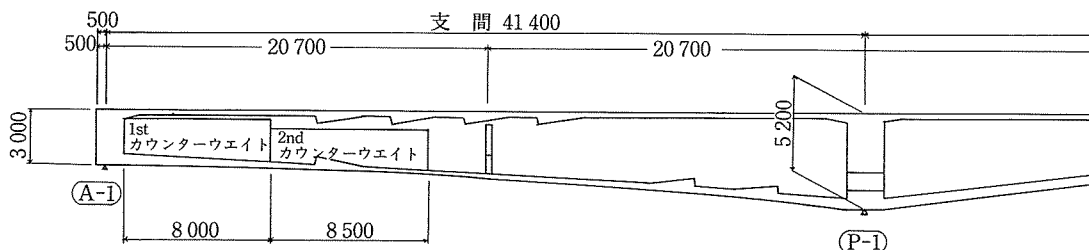


図-4 カウンターウェイト

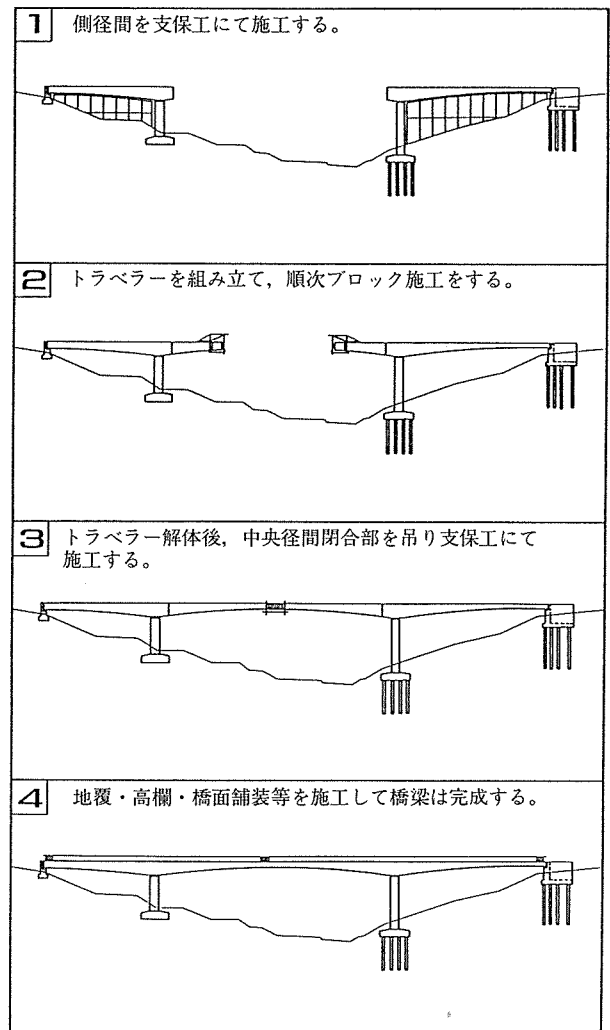


図-3 施工順序

4.2 施工方法の設定

3 径間連続桁橋を片持ち架設工法で施工する場合、一般に橋脚上から両側に張り出して、橋台付近を固定支保工で施工する。本橋の場合、地形上、側径間を支保工で施工することも可能であることから、経済性、施工期間等を検討し、その結果、側径間である $A_1 \sim P_1$, $P_2 \sim A_2$ 間は固定式支保工で施工し、 $P_1 \sim P_2$ 間を片持ち架設することとなった (図-3)。

4.3 カウンターウェイト

側径間の施工終了後、片持ち架設によって張り出していくと、 $A_1 \sim P_1$ の側径間については支間が短いため張

◇工事報告◇

出し架設時の転倒に対する安全、および橋台の支承に作用する負の反力に対する安全が問題となる。

これに対しては、結果的に安全を考え、カウンターウェイトを施工した。カウンターウェイトとしては、施工的に容易であることから箱桁内空部にコンクリートを打設する方法とし、打設時期は支保工施工時と張出し終了時の2回に分けて行い、設計上の荷重として扱われた(図-4)。

4.4 側径間部の許容載荷重

側径間部は、7か月程度の間、単純桁の状態に置かれるので、仮設ケーブルにて補強し張出し架設途中(7 BL施工後)にプレストレスを解放することとした。このケーブルは張出し架設中、側径間部の橋面上に作用する荷重によって決まり、この荷重を小さく押さえるほど少なくてすむわけである。本橋では、側径間支保工状態で雪荷重 150 kg/m^2 を考えることとし、このほかに輪荷重 $T=20$ と作業荷重を載荷したときの断面力を算出して検討された。

4.5 FCC工法の採用

片持ち架設工法で施工する場合、主ケーブルとしてPC鋼棒を主に用いるディビダーク工法と、PC鋼線を用いるFCC工法に大別されるが、本橋ではFCC工法を採用した。ここでFCC工法の特徴を記すると以下のとおりである。

- ① 1ケーブル当たりの緊張力が大きいので、断面内の鋼材配置が容易である。
- ② PC鋼線は可とう性に富んでいるため、側面配置の自由度が高い。
- ③ ブロック製作時にはシースのみ配置して、ケーブルはコンクリート養生中に後挿入するため作業効率が良い。
- ④ ケーブル接続具を必要としないので、グラウトの施工が容易でかつ確実である。

4.6 構造解析

本橋は一部クロソイド区間を有しているため、解析方法は次のとおりとした。

曲げモーメント、せん断力は、道示に従って曲線長を支間とする直橋に置き換えてFRAME解析を行い、ねじりモーメント、反力は図-5のような構造モデルを仮定して任意格子理論によって算出された。

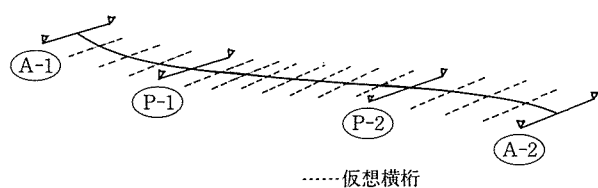


図-5 構造モデル

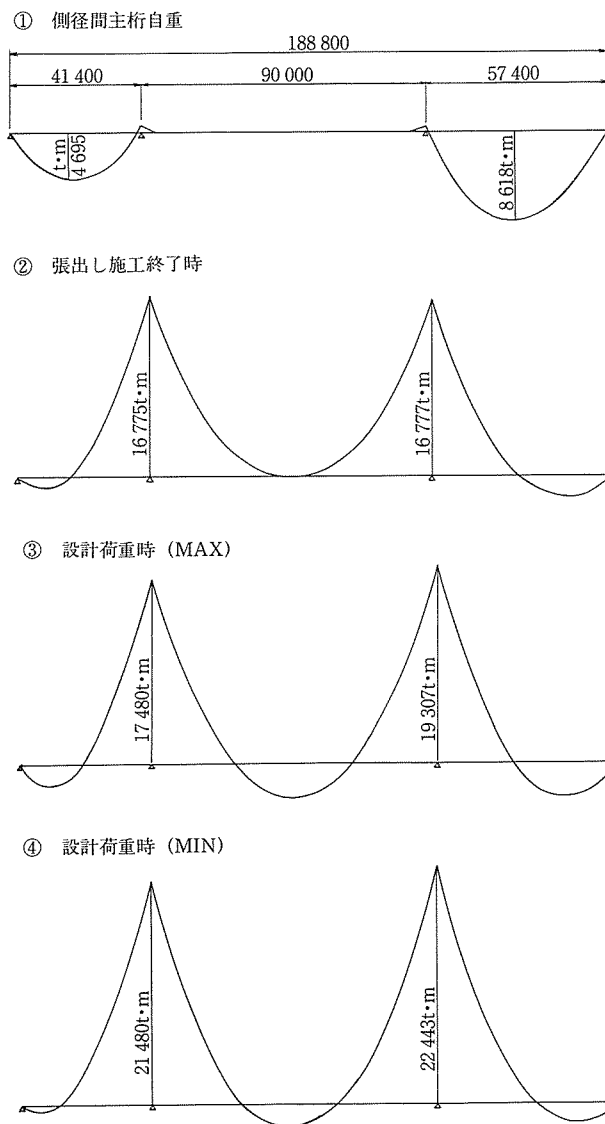


図-6 曲げモーメント

各施工段階での曲げモーメントは計算の結果、図-6のとおりであり、側径間を支保工施工することによる曲げモーメントの移動がよくわかる。

4.7 PC鋼材

使用PC鋼材としては、主方向に12 T 12.7 mm、横方向に12 ϕ 7 mm、鉛直方向には ϕ 32 mm PC鋼棒を使用した。

定着体は、架設ケーブル、スパンケーブルに12 T 13 M 220、横方向に12 ϕ 7、鉛直方向にFAB定着体(図-

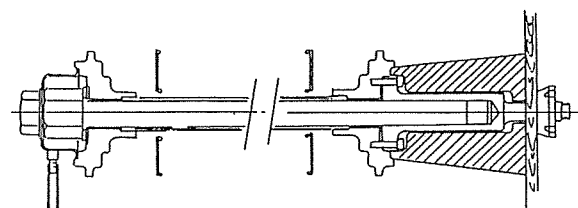


図-7 FAB定着体

7)を採用したが、仮設ケーブルには、解放時の施工性を考えて12 V 13を使用し、さらに初期緊張力は10%程度減じて設計された。

5. 上部工の施工

図-8に実施工程表を示す。

5.1 支保工施工部 (A₁~P₁, P₂~A₂)

種々検討した結果、側径間部は固定式支保工で施工することとなった。

(1) 支保工

A₁~P₁は地盤が良好であったので、基礎コンクリートを直接打設して支柱を建込み、その上にH鋼を架設、建枠を組み上げて支保工とした(写真-2)。

P₂~A₂については、転石混じりの支持力の推定が非常に難しい地盤であったため、H鋼(L=11~12 m)を1箇所あたり12本打ち込み、枕梁コンクリートを打設して支柱を建て込んだ。傾斜地であること、主桁が変断面であることから支柱の高さがまちまちとなり、さらにH鋼の上面高が橋軸方向で変化するため、水平力に対する支保工の安全対策には特に注意を払った(写真-3)。

(2) 防寒養生設備

A₁~P₁を先行して施工を進めたので、P₂~A₂は冬期間施工となることが確実となり、支保工施工時に並行して防寒養生設備を行うこととした。設備方法はまず両端の建て枠を高く組み上げてH鋼を幅員方向に架け渡し、次に上面に合板を張って全面をシートで覆う形式とした(写真-4)。

(3) 主桁製作

支保工が終了すると合板製型枠を組み立て、鉄筋、シースを組み上げてコンクリート打設を行った。

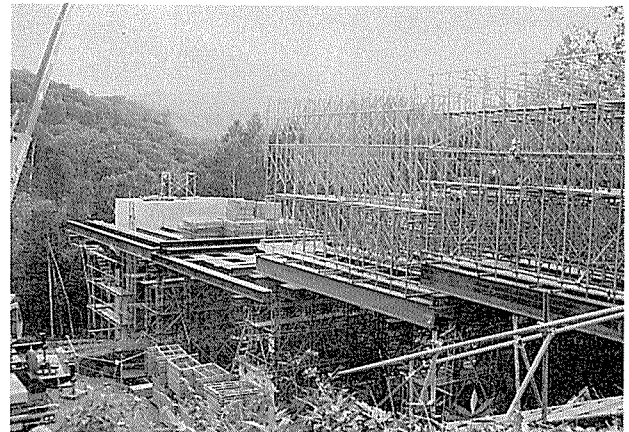


写真-2 支保工

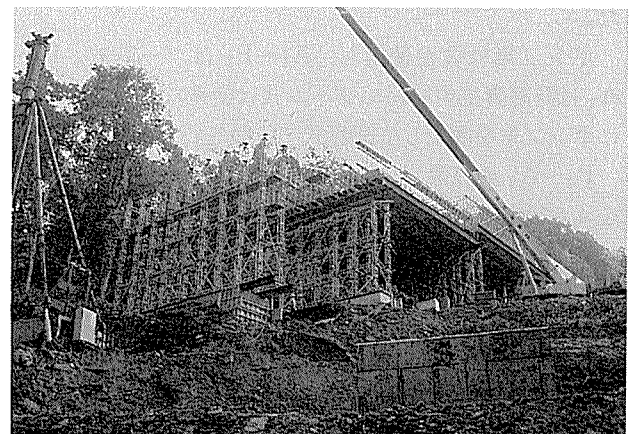
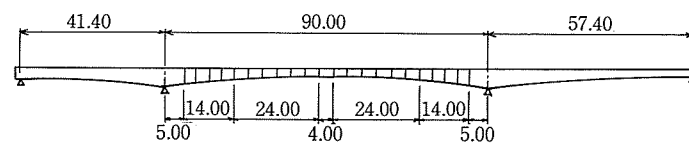


写真-3 支保工



S 63	8				8
	9	支保工施工			9
	10			支保工施工	10
	11				11
	12				12
H 1	1~3				1~3
	4		トラベラー組立		4
	5				5
	6				6
	7				7
	8		トラベラー解体		8
	9		中央閉合		9
	10	橋面工			10
11				11	
12				12	

図-8 実施工程表

◇工事報告◇

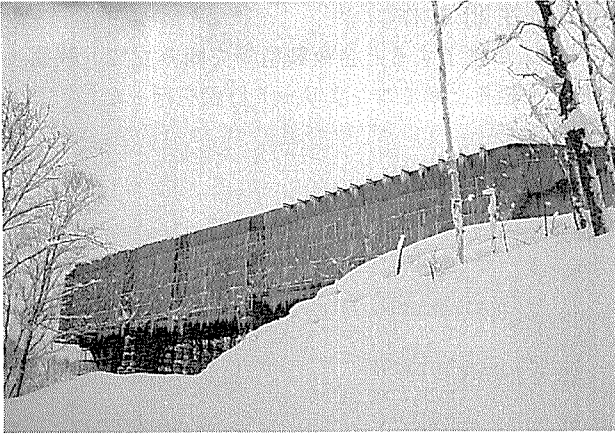


写真-4 防寒養生設備



写真-5 張出し施工

コンクリート打設は2回に分けて行い、1回目はウェブ上端まで、2回目は残りの張出し部および上床版とした。

ポンプ車は2台使用し、 $A_1 \sim P_1$ はブーム式、 $P_2 \sim A_2$ は防寒養生中のためブーム式は使えないので、 A_2 部にポンプ車を固定して配管式で打設を行った。

$P_2 \sim A_2$ の打設は12月に入ったため、養生は暖房機を4台設置して行うこととし、緊張時まで昼夜作動させて約 10°C を保った。また $A_1 \sim P_1$ については、緊張後1次カウンターウェイトコンクリートをボックス内に打設した。

5.2 張出し施工部 ($P_1 \sim P_2$)

冬期の休止期間を終え、4月に入って張出し施工部の作業に入った。まずトラベラーを2基、 P_1 、 P_2 上に組み上げ、1 BL 7~8日のサイクルで、各々11 BL 製作した。なお、 P_1 側の張出しは7 BL を製作後、安全のため2次カウンターウェイトコンクリートを打設して8 BL 以降続けた(写真-5, 6)。

5.3 閉合部、橋面工

張出し部の施工を終えて、トラベラーを後退、解体し

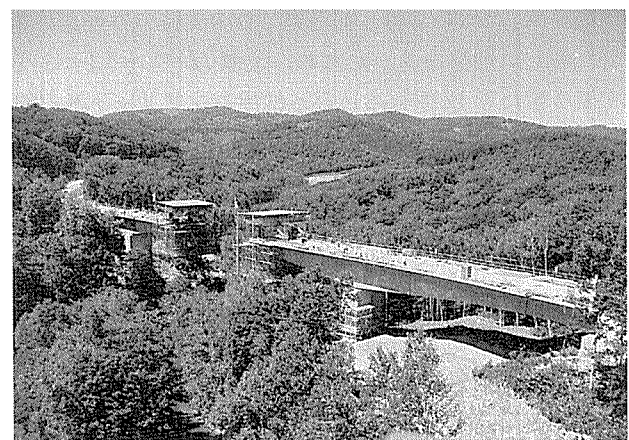


写真-6 張出し施工

た後、閉合部および橋面工の施工を進めて、11月末工事を完了した。

6. たわみ管理

FCC工法で最も重要な施工管理項目はたわみ管理である。本橋は張出し施工中と中央閉合後では、構造系が変化し、さらに3~4 mのブロック打設で施工を進める

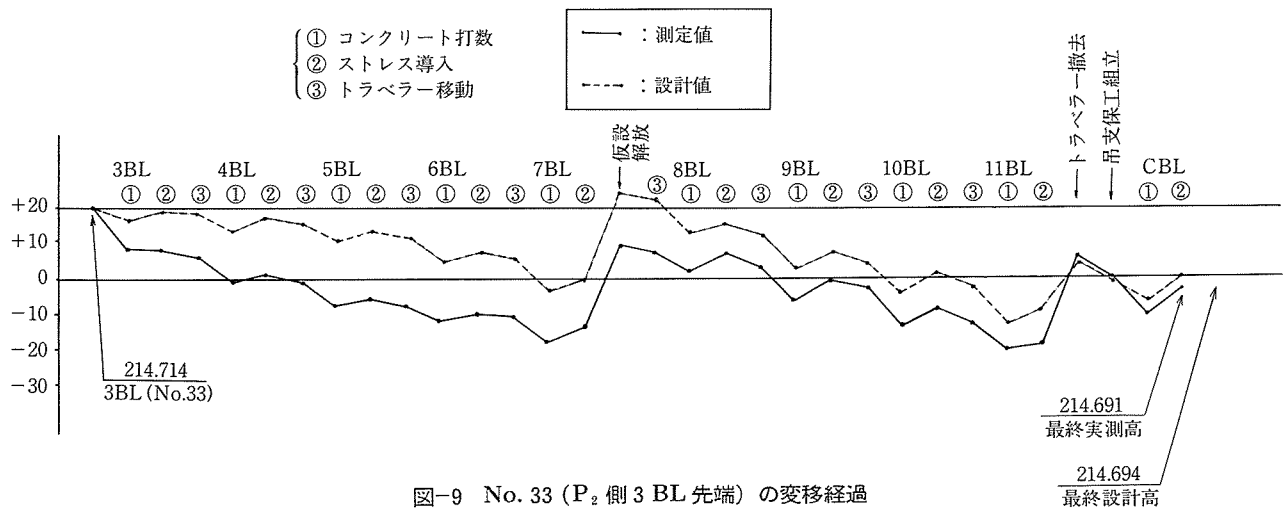


図-9 No. 33 (P_2 側3 BL先端)の変移経過

ため、プレストレス、材令差、トラベラー荷重等により、桁の応力および変位が複雑に変化する。したがって施工管理で一番重要となるのは型枠高設定であり、このため現場でのパソコンの設置は不可欠となる。

管理する手順は以下のとおりである。

- ① 最終施工高から逆算して、各ブロックについて型枠の上げ越し量を計算するプログラムを作成しておく。
- ② 各ブロック製作時に、既設ブロックの材令をインプットして型枠の上げ越し量を計算する。
- ③ 各ブロック緊張後に、既設ブロックの施工高も測

定して管理用プログラムにインプットし、設計値との差を把握する。

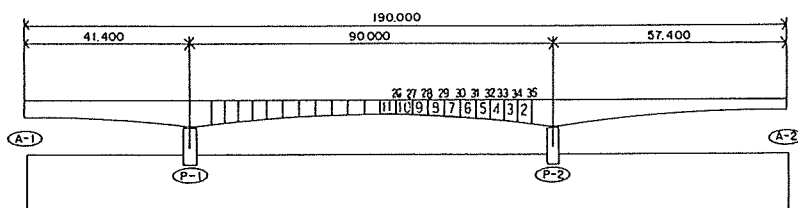
- ④ 各ブロック、計算値に近い変位を示せば問題ないが、差が大きければ修正係数を考える。

ここで、たわみ計算の例をあげる(表-3)。横に測定ポイント、縦に施工ステップを表している。

また、No.33ポイントについて実際の動きを見てみると図-9のとおりである。図より打設当初で設計値との誤差が10mm程度出ているが、最終的には設計値にほぼ近い値となった。これは、トラベラー自体の変形量が予想より大きかったため当初誤差がでたと思われ、しか

表-3 たわみ計算の例

		たわみの計算結果											
		[28]	[29]	[30]	[31]	[32]	[33]	[34]	[35]	[36]	[37]		
上げ越し量		63.3	20.1	28.9	28.2	24.4	20.3						
支保工施工	主桁自重	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	0.0	24.4	0.0	20.3
	ストレス	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	0.0	24.4	0.0	20.3
	クリープ	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	0.0	24.4	0.0	20.3
	トラ設置	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	0.0	24.4	0.0	20.3
BL 施工	主桁自重	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	0.0	24.4	0.0	20.3
	ストレス	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	0.0	24.4	0.0	20.3
	トラ移動	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	0.0	24.4	0.0	20.3
	クリープ	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	0.0	24.4	0.0	20.3
BL 施工	主桁自重	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	0.0	24.4	3.8	16.5
	ストレス	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	0.0	24.4	-2.4	18.8
	トラ移動	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	0.0	24.4	1.2	17.7
	クリープ	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	0.0	24.4	0.3	17.4
BL 施工	主桁自重	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	6.0	18.4	4.6	12.8
	ストレス	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	-5.0	23.4	-3.7	16.5
	トラ移動	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	1.6	21.8	1.2	15.3
	クリープ	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.0	28.2	0.5	21.3	0.3	15.0
BL 施工	主桁自重	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	8.4	19.9	6.7	14.6	5.1	9.9
	ストレス	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	-5.1	24.9	-3.9	18.4	-2.8	12.7
	トラ移動	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	2.1	22.9	1.6	16.9	1.2	11.6
	クリープ	0.0	63.3	0.0	20.1	0.0	28.9	0.9	22.0	0.7	16.2	0.5	11.0
BL 施工	主桁自重	0.0	63.3	0.0	20.1	14.9	14.0	12.0	10.0	9.5	6.7	7.1	3.9
	ストレス	0.0	63.3	0.0	20.1	-7.3	21.3	-5.6	15.6	-4.2	10.9	-3.1	7.0
	トラ移動	0.0	63.3	0.0	20.1	3.1	18.2	2.4	13.2	1.8	9.1	1.3	5.6
	クリープ	0.0	63.3	0.0	20.1	2.1	16.1	1.6	11.6	1.3	7.8	1.0	4.7
BL 施工	主桁自重	0.0	63.3	21.1	-1.1	17.5	-1.3	13.9	-2.3	11.0	-3.1	8.2	-3.5
	ストレス	0.0	63.3	-11.2	10.1	-8.9	7.6	-6.9	4.6	-5.3	2.2	-3.9	0.3
	仮設撤去	0.0	63.3	-52.2	62.3	-44.5	52.0	-36.7	41.3	-30.0	32.1	-23.2	23.5
	クリープ	0.0	63.3	4.0	58.3	3.1	48.9	2.3	39.0	1.8	30.3	1.3	22.2
BL 施工	主桁自重	28.2	35.1	23.8	31.1	19.4	26.7	15.4	21.4	12.1	16.5	9.0	11.9
	ストレス	-10.6	45.7	-8.4	39.5	-6.5	33.2	-4.9	26.3	-3.7	20.2	-2.6	14.5
	トラ移動	5.2	40.5	4.0	35.5	3.1	30.1	2.3	23.9	1.8	18.4	1.3	13.2
	クリープ	5.7	34.8	4.7	30.8	3.8	26.4	3.0	20.9	2.3	16.1	1.7	11.5
BL 施工	主桁自重	31.9	2.9	26.5	4.3	21.5	4.8	16.9	4.0	13.2	2.8	9.9	1.6
	ストレス	-20.7	23.5	-16.7	20.9	-13.2	18.0	-10.1	14.1	-7.8	10.6	-5.7	7.3
	トラ移動	5.2	18.4	4.0	16.9	3.1	14.9	2.3	11.8	1.8	8.8	1.3	6.0
	クリープ	5.8	12.5	4.8	12.1	3.9	11.0	3.0	8.8	2.4	6.4	1.8	4.2
BL 施工	主桁自重	32.0	-19.5	26.4	-14.3	21.2	-10.2	16.6	-7.9	13.0	-6.6	9.7	-5.4
	ストレス	-21.6	2.1	-17.5	3.2	-13.8	3.6	-10.6	2.8	-8.2	1.6	-6.0	0.6
	トラ移動	5.2	-3.0	4.0	-0.8	3.1	0.5	2.3	0.5	1.8	-0.1	1.3	-0.7
	クリープ	6.0	-9.0	4.9	-5.7	3.9	-3.3	3.0	-2.6	2.3	-2.5	1.7	-2.4
BL 施工	主桁自重	35.8	-44.8	29.3	-34.9	23.5	-26.8	18.3	-20.9	14.3	-16.7	10.6	-13.0
	ストレス	-13.5	-31.3	-10.9	-24.0	-8.6	-18.2	-6.6	-14.2	-5.1	-11.6	-3.7	-9.3
	トラ撤去	-43.7	12.5	-35.8	11.8	-28.8	10.6	-22.5	8.2	-17.5	5.9	-13.0	3.7
	クリープ	10.8	1.7	8.9	2.9	7.2	3.4	5.6	2.6	4.4	1.5	3.3	0.4
構造完成時	吊支保工	22.7	-21.0	18.5	-15.6	14.8	-11.4	11.6	-9.0	9.0	-7.5	6.7	-6.2
	ストレス	-30.2	9.2	-24.1	8.5	-18.6	7.1	-14.0	5.0	-10.7	3.2	-7.8	1.6
	中央閉合	-1.6	10.8	-1.3	9.8	-1.1	8.2	-0.9	5.9	-0.7	3.9	-0.5	2.1
	クリープ	-5.8	16.6	-4.4	14.2	-3.2	11.4	-2.4	8.3	-1.8	5.6	-1.3	3.4
橋面工施工		13.0	3.6	10.8	3.4	8.6	2.9	6.5	1.7	4.9	0.7	3.5	-0.1
	クリープ	3.6	0.0	3.4	0.0	2.9	0.0	1.7	0.0	0.7	0.0	-0.1	0.0



◇工事報告◇

しトラベラー撤去によるたわみ（反り）も予想より大きかったことにより、最終的には差が小さくてすんだ。

7. あとがき

張出し架設工法で橋梁を施工する場合、従来主ケーブルとして PC 鋼棒を使用するディビダーク工法が圧倒的に多かったが、近年ケーブルシステムによる FCC 工法の特徴も十分認められ数多く施工されるようになった。南丘大橋は、北海道で施工された FCC 工法による数少ない施工例のひとつである。

本橋の特徴としては、施工費の節約、工期の短縮等を理由に側径間を支保工施工としたこと、 $A_1 \sim P_1$ が短径

間であるため張出し時の転倒に対する安全を考え、箱桁内部にカウンターウェイト用コンクリートを打設したことであった。平成元年 11 月無事竣工を迎え、主要路線としての役割を果たすべく 12 月雪景色の中で供用開始された。

また南丘大橋は、春は新緑、秋には燃えるような紅葉に囲まれ、憩いの場である貯水池にも近接していることから、今後長く親しまれることと信じ、最後に旭川土木現業所士別出張所の皆様の温かい御指導に感謝いたしまして報告を終わります。

【1990年8月6日受付】

◀刊行物案内▶

第 29 回 研究発表会講演概要

体 裁：B 5 判 116 頁

頒布価格：3 000 円（送料：350 円）

内 容：(1) プレストレストコンクリート部材の累加最大曲げ耐力について、(2) プレストレストコンクリート梁と鉄骨柱との接合法に関する基礎実験、(3) プレストレスト鉄骨鉄筋コンクリート梁部材の曲げ強度について、(4) アウトケーブルを用いたはりの支持点の力学的性状試験、(5) 高強度鉄筋を用いてプレストレスを導入した格子状変厚プレキャスト板に関する実験的研究、(6) プレストレスト鉄筋コンクリート合成断面部材の応力計算、(7) 新綾部大橋実橋載荷試験について、(8) 大反力ゴム支承を用いた PC 多径間連続橋の振動試験、(9) PC 鋼材突起定着部の設計手法に関する一考察（その 1）、(10) PC 鋼材突起定着部の設計手法に関する一考察（その 2）、(11) 生口橋 PC 桁部の設計、(12) 3%食塩水における PC 鋼より線の応力腐食割れ試験、(13) PC 板埋設型枠を用いた合成床スラブの多数回繰返し載荷実験、(14) プレキャスト PC 版を用いた床版打替工法用スラブ止めの実験、(15) PC 合成床版の耐火性について、(16) ポストテンション方式による PC 舗装版の摩擦低減試験およびジャッキアップ試験、(17) 沈下したプレキャストコンクリート舗装版のリフトアップ工法の開発、(18) ロックアンカーを用いた片持ち式ロックシェッドの載荷試験について、(19) 合成アーチ巻立て工法による城址橋の施工、(20) 三井野原ループ 6 号橋の施工、(21) 現場製作ケーブルを用いた PC 斜張橋（上妻橋）の施工、(22) 横浜博覧会「海のパビリオン」H.M.S. の設計と施工、(23) 横浜新道（拡幅）藤塚工事に伴う PC フレームアンカー工事、(24) プレキャストブロックによる PC 耐圧板工事、(25) 国道 115 号横向 1 号橋の設計と施工について、(26) 吊床版橋の設計施工と振動実験—鳥山城カントリークラブ歩道橋—、(27) 新十勝大橋（仮称）の設計と施工、(28) プレキャスト PC タンクの設計・施工、(29) 牛滝川橋の設計と施工、(30) 製紙用 PC タンクの設計について