

(40) 名取川PC斜版橋の緊張について

東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所	○山田 正人
東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所	生田 雄康
東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所	松本 岸雄
東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所	村井 剛之

1. はじめに

名取川橋りょうは、大小4連の2径間連続PC斜版橋であり、現在下部工を終了し、上部工を施工中である。本橋りょうは、桁下空間が小さくかつ支持地盤が良好であることから、図-1に示すように枠組支保工(建枠のみ)と桁式支保工(建枠+桁材)を併用したオールステーキング工法を採用した。

図-1に示すように、主桁ケーブルは斜版付け根部付近で上側に湾曲して配置されている。張出し工法であれば、主桁ケーブル緊張時に斜版付け根部付近に発生する鉛直下向きの力が主桁応力に及ぼす影響が問題になることは無いが、オールステーキング工法の場合直下に支保工があり主桁の変形を拘束するため、主桁に2次応力が発生する。そこで、支保工による拘束の影響をバネ支点で評価した解析モデルにより主桁応力度等を検討し、主桁及び斜材ケーブルの緊張順序を定め、施工したので結果について報告する。

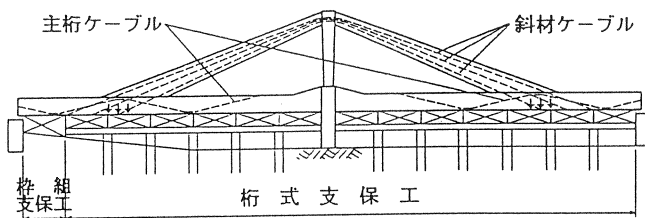


図-1 ケーブル配置図及び支保工形式

図-1に示すように、主桁ケーブルは斜版付け根部付近で上側に湾曲して配置されている。張出し工法であれば、主桁ケーブル緊張時に斜版付け根部付近に発生する鉛直下向きの力が主桁応力に及ぼす影響が問題になることは無いが、オールステーキング工法の場合直下に支保工があり主桁の変形を拘束するため、主桁に2次応力が発生する。そこで、支保工による拘束の影響をバネ支点で評価した解析モデルにより主桁応力度等を検討し、主桁及び斜材ケーブルの緊張順序を定め、施工したので結果について報告する。

2. 検討方法

検討方法として主桁ケーブル(38本)と斜材ケーブル(32本)をバランスさせながら交互に緊張を行う方式を検討した。この交互に緊張を行う段階を施工時の応力度照査の過程に組み入れ、各段階において主桁応力度及び支保工支持力が許容値内に収まるようにトライアルを繰り返して行った。この際、支保工の拘束評価については、建枠が設置される全ての箇所にはバネ支点を設けることによって反映させることにした。バネ値の算出に際しては、支保工形式の相違(枠組支保工と桁式支保工)を考慮し、解析モデル上のバネ設置区間を2通りに分けることにした。枠組支保工区間については、建枠のみを考慮してバネ値を算出することにした。建枠の設置箇所では、外径φ42.7mm、肉厚 $t=2.4$ mm、長さ $l=1.7$ mの単管が橋軸直角方向に18本(2本×9組)配置されていると考え、建枠のバネ値を次式により求めた。

$$k' = \frac{EA}{l} \quad (\text{tf/m})$$

E : ヤング係数 (tf/m^2)
 A : 断面積 ($\text{m}^2/\text{本}$)
 l : 長さ (m)

ここで、建枠の基本ピッチが1.2mであることから、便宜上、橋軸方向1m当たりのバネ値を次式により算出した。

$$k = k' / 1.2 \quad (\text{tf/m}^2)$$

そして、各々の建枠の分担幅を考慮し(図-2)、解析モデルに設ける支点バネのバネ値は次式により求めた。

$$K_n = k \times L \quad (\text{tf/m}) \quad \text{--- ①} \quad L : \text{分担幅}$$

また、桁式支保工区間においては、桁材と桁材上の建枠が一体となって上部工反力に抵抗するため、この区間における支保工の構造を、主桁1次打設部、主桁2次打設部(左径間)、主桁2次打設部(右径間)の3

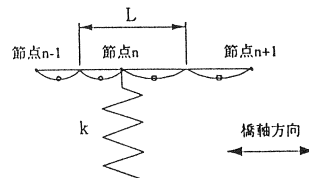


図-2 バネ分担幅概念図

つに分割し、各々の独立した構造系に対して平面骨組計算を実施し、桁材のたわみからバネ値を求めることとした(図-3)。バネ値は、支保工上の各節点位置に単位荷重 (P=100tf) を載荷したときの該当節点における桁材のたわみから、次式にしたがって算出することにした。

$$K_b = \frac{P}{\delta_y} \times 10^3 \quad (\text{tf/m}) \quad \text{--- ②}$$

P: 荷重 (=100tf)

δ_y : 鉛直たわみ (mm)

そして、この区間においては、式-①から求まる建枠のバネ値と式-②より、求まるバネ値を次式により合成して、バネ値とした。

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_s} + \frac{1}{K_b}} \quad (\text{tf/m})$$

なお、解析モデル上、支持杭のH鋼(300×300)は、橋軸直角方向10本、橋軸方向2列の計20本を1部材として取り扱っている。

表-1に各節点でのバネ値を示す。この合成バネ値を建枠設置区間すべてにおいて求め、平面骨組解析を行った。

解析においては、施工時におけるクリープ・乾燥収縮、プレストレス不静定力も考慮している。

3. 検討結果

検討の結果、以下に示す3段階(図-4)で緊張を行えば表-2に示すように、主桁応力度及び支保工支持力ともに許容値内に収められることがわかった。

1段階: 支保工一部撤去(2

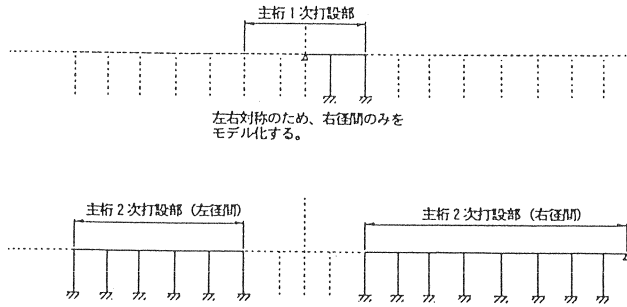
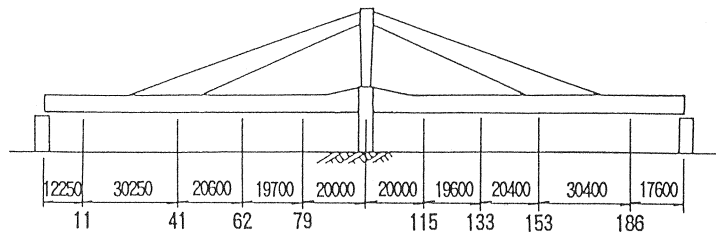


図-3 桁式支保工解析モデル図

表-1 バネ値集計表

節点番号	建 枠 の バ ネ 値			桁材のたわみから求まるバネ値			合成バネ値 K [tf/m]
	バネ値/m k [mf]	分担幅 L [m]	バネ値 K _s [tf/m]	荷重 P [tf]	鉛直たわみ δ_y [mm]	バネ値 K _b [tf/m]	
11 ○	5.63×10 ⁴	1.200	6.75×10 ⁴				6.75×10 ⁴
41 ◎	5.63×10 ⁴	1.163	6.54×10 ⁴	100	1.680	5.94×10 ⁴	3.11×10 ⁴
62 ◎	5.63×10 ⁴	1.200	6.75×10 ⁴	100	2.330	4.29×10 ⁴	2.62×10 ⁴
79 ●	5.63×10 ⁴	0.350	1.97×10 ⁴	100	0.297	3.37×10 ⁵	1.86×10 ⁴
115 ●	5.63×10 ⁴	0.350	1.97×10 ⁴	100	0.297	3.37×10 ⁵	1.86×10 ⁴
133 ◎	5.63×10 ⁴	1.200	6.75×10 ⁴	100	1.050	9.57×10 ⁴	3.96×10 ⁴
153 ◎	5.63×10 ⁴	1.200	6.75×10 ⁴	100	2.490	4.01×10 ⁴	2.52×10 ⁴
186 ◎	5.63×10 ⁴	1.200	6.75×10 ⁴	100	0.585	1.71×10 ⁵	4.84×10 ⁴

○: 建枠のみ ◎: 桁材+建枠 ●: 支持杭+建枠



主桁断面図

主塔断面図

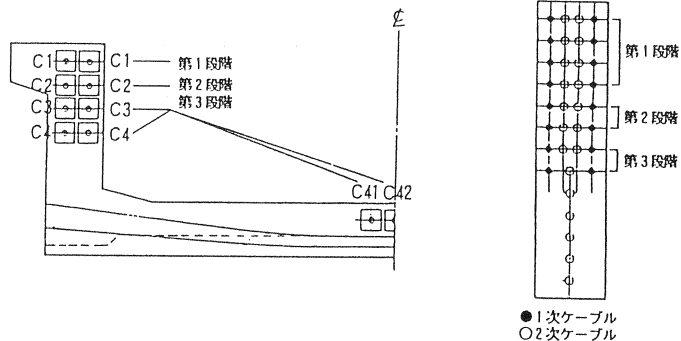


図-4 緊張順序図

～3m程度)～主桁

ケーブル8本緊張～

斜材1次ケーブル16

本緊張～支保工復旧

2段階:支保工一部撤去(2

～3m程度)～主桁

ケーブル8本緊張～

斜材1次ケーブル8

本緊張～支保工復旧

3段階:支保工一部撤去(2

～3m程度)～主

桁ケーブル22本緊張

～斜材1次ケー

ブル8本緊張

また、施工時の検討における各段階での変位量を表-3に示す。網かけ部分がある。実際の施工にあたっては、この結果を基にたわみ管理を行った。

なお、上げ越し量については、表-3でのクリープ終了時での変位量に支保工のなじみ、杭の沈下、キャンパ等を考慮し決定した。

4. 斜材1次ケーブルの架設

本橋りょうは、基本的に2回の濁水期を利用した施工となる。そのため、最初の濁水期で本流部の主桁コンクリート打設を終了させ、平水期前には主桁支保工を撤去しなければならない。従って、支保工撤去前に斜材1次ケーブルで主桁自重を支持する必要がある。その際、工程の関係から斜材1次ケーブルの架設は、主塔・主桁完成後斜版足場の無い状態で施工しなければならないので、図-5に示すように、PC鋼線をレバーブロックに噛ませウィンチによりケーブルを引き込んでセットすることにした。架設方法を以下に示す。

- ①工場よりリールを搬入し、主桁上にセットする。
- ②PC鋼線の先端から約6mの位置をレバーブロックで掴み、P2側のウィンチによりサドル部まで引き出す。
- ③サドル部に到着したPC鋼線の先端を人力によりサドル部の鋼管シースに挿入し、反対側から引き出してP4側のレバーブロックで掴む。
- ④P2側のレバーブロックを解除し、P4側のウィンチを可動させ、PC鋼線を主桁部シース付近まで、引き込む。
- ⑤PC鋼線の両端を人力によりシース内に挿入し、アンカーヘッド、クサビを取付けセットする。

表-2 検討結果

段階	主桁応力度(kgf/cm ²)						支保工支持力(tf)	
	斜版取付け部		柱頭部		許容値		斜版取付け部	許容値
	上端	下端	上端	下端	上端	下端		
1	11.4	5.4	161.8	-16.1	-17.6< σ <223.5	-22.5< σ <223.5	41	65
2	39.0	33.5	168.4	4.7				
3	56.8	46.3	170.4	17.9				

表-3 たわみ量集計表

(単位: mm)

STAGE NO.	作業内容	節点番号							
		NO.11	NO.41	NO.62	NO.79	NO.115	NO.133	NO.153	NO.186
1	橋脚コンクリート打設	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	主桁支保工設置 主桁コンクリート1次打設	.....	.....	.....	1	1	.....	.....	.....
3	主桁1次ケーブル緊張 主桁支保工撤去	.....	.....	.....	-16	-16	.....	.....	.....
4	主塔支保工設置 主塔コンクリート打設	.....	.....	.....	-20	-20	.....	.....	.....
5	主塔支保工撤去 主桁支保工設置 主桁コンクリート2次打設	0	1	1	-22	-22	1	1	1
6	主桁2次ケーブル緊張(C1、C31)	0	1	1	-22	-22	1	1	1
7	斜材1次ケーブル緊張(1～4段目)	0	1	1	-22	-22	1	1	1
8	主桁2次ケーブル緊張(C2、C32)	0	1	1	-22	-22	1	1	0
9	斜材1次ケーブル緊張(5～6段目)	0	0	1	-22	-22	1	0	0
10	主桁2次ケーブル (C3、C4、C41、C42、C33、C34、C51、C52)	-1	1	0	-21	-21	0	1	-1
11	斜材1次ケーブル緊張(7～8段目)	-1	0	0	-21	-21	0	0	-1
12	主桁支保工撤去	21	47	35	-11	-7	44	60	36
(平水期)									
13	斜版支保工設置	31	66	49	-7	-1	64	87	54
14	斜版コンクリート打設	56	131	103	10	18	123	160	91
15	ステー張力の集中荷重への置換	DUMMY STAGE (設計照査は行わない)							
16	斜版コンクリート硬化	DUMMY STAGE (設計照査は行わない)							
17	斜材2次ケーブル緊張(斜版プレスト挿入)	38	110	91	6	11	104	130	61
18	斜版支保工撤去	33	101	85	4	9	97	119	52
19	主桁3次ケーブル緊張	37	108	88	5	7	94	116	50
橋面施工時		41	114	94	8	9	98	119	53
クリープ終了時		42	122	110	16	14	106	116	47

* 1) 表中の数字は、該当STAGE完了時点までの累計変位とする。

* 2) 符号は、鉛直下向き変位を正とする。

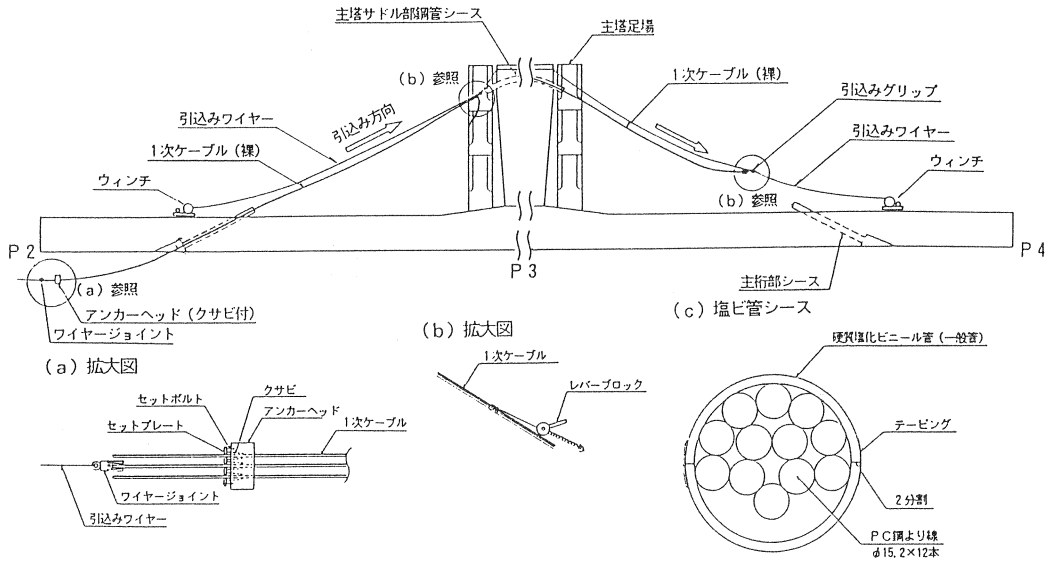


図-5 斜材1次ケーブル架設要領図

- ⑥ ジャッキにより両引きにてサグを取り全体をそろえる。
- ⑦ 緊張手順に従い緊張を行う。
- ⑧ 2分割の塩ビ管シースをセットし、テーピングし防錆処理をする。

5. 実施工

表-4 に実施工におけるたわみ管理結果を示す。表の値は

各ケース毎におけるたわみ量の増分値である。各測点において、実測値は概ね解析値通りの傾向を示していることがわかる。杭の沈下、支保工のなじみ、地盤の沈下等の不確定要素を考慮すれば、良好な結果といえる。

6. まとめ

今回、支保工による拘束の影響をバネ支点で評価した解析モデルにより、主桁及び斜材ケーブルの緊張順序を決定し、施工を行ったが、概ね解析値通りの結果を示しており、本解析モデルは妥当であったと考えられる。今後も十分な安全管理を行い施工していく予定である。

なお、本文をまとめるにあたり関係された大成・鉄建・住友建設共同企業体の皆様はこの書面を借りて、感謝の意を表します。

表-4 たわみ管理結果

(単位: mm)

STAGE NO.	作業内容	NO. 11		NO. 41		NO. 62		NO. 79	
		解析値	実測値	解析値	実測値	解析値	実測値	解析値	実測値
6	主桁2次ケーブル緊張 (C1, C31)	0	0	0	0	0	0	0	-2
7	斜材1次ケーブル緊張 (1~4段目)	0	0	0	0	0	-1	0	0
8	主桁2次ケーブル緊張 (C2, C32)	0	1	0	0	0	0	0	0
9	斜材1次ケーブル緊張 (5~6段目)	0	-2	-1	-7	0	-3	0	1
10	主桁2次ケーブル (C3, C4, C41, C42, C33, C34, C51, C52)	-1	-2	1	4	-1	-1	1	-2
11	斜材1次ケーブル緊張 (7~8段目)	0	-3	-1	-9	0	-6	0	-1
12	主桁支保工撤去	22	25	47	55	35	46	10	18

STAGE NO.	作業内容	NO. 115		NO. 133		NO. 153		NO. 186	
		解析値	実測値	解析値	実測値	解析値	実測値	解析値	実測値
6	主桁2次ケーブル緊張 (C1, C31)	0	0	0	0	0	0	0	0
7	斜材1次ケーブル緊張 (1~4段目)	0	0	0	0	0	-2	0	-1
8	主桁2次ケーブル緊張 (C2, C32)	0	-1	0	0	0	-1	-1	1
9	斜材1次ケーブル緊張 (5~6段目)	0	1	0	-1	-1	0	0	-2
10	主桁2次ケーブル (C3, C4, C41, C42, C33, C34, C51, C52)	1	0	-1	-1	1	-1	-1	0
11	斜材1次ケーブル緊張 (7~8段目)	0	-2	0	-5	-1	-9	0	-6
12	主桁支保工撤去	14	19	44	52	60	62	37	40