

【論文・報告】

常磐自動車道・利根川橋工事報告

Construction Report of TONEGAWA Bridge of JOBAN High Way

手塚 房夫*
Fusao TETSUKA
遠藤 寛幸**
Hiroyuki ENDO

【要旨】 常磐自動車道は埼玉県三郷市より福島県いわき市にいたる、延長180kmの高速道路である。利根川橋はこの路線上では最大の河川である利根川に架かり1スパン85.7mの3径間連続非合成箱桁橋3連から成る橋長775.1m、幅員13.75の自動車専用道路橋である。

本工事報告は、詳細設計・工場製作・現場工事の工事内容の中から、現場工事について述べるものである。

架設は、手延式引出し工法とトラッククレーンによるベント式工法の併用により施工された。

特徴としては、手延式引出し架設において、主桁の製作キャンパーに合せたローラー支点変位法を採用し、架設一時荷重に対する主桁の補強を最少限に食い止め、主桁の設計剛度を変えことなく施工した。

また、架設工事、床版工事と工事進捗に従い一貫した桁のタワミ管理を行い、高速道路としての機能を十分満足する高精度の路面を工期限内に無事完成することができた。

現在では供用も開始され、心地好い高速走行が楽しめることであろう。

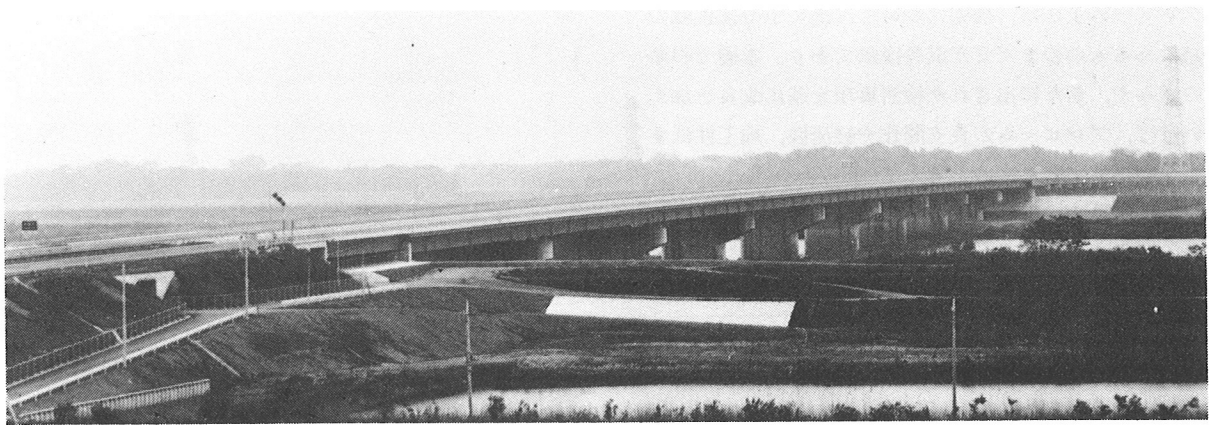


写真-1 完成全景

1. まえがき

常磐自動車道は埼玉県三郷市を起点に、一般国道6号線の西側を並行して埼玉・千葉・茨城・福島の四県を北に貫き、福島県いわき市にいたる延長180kmの高速道路である。利根川橋は、この常磐自動車の路線上最大の河川である利根川を渡り、3径間連続非合成箱桁橋3連から成る大型の自動車専用道路橋で、利根川と鬼怒川が合流する地点の下流約2kmのところに架けられた。

架設は、高水敷はトラッククレーンによるベント式工法、流水部においては手延式引出し工法を採用し、工事

に際しては、高速道路としての機能を満足する品質と精度を得るため特にキャンパーの管理に十分な注意を払った。以下、手延式引出し架設を主に現場工事について報告する。

2. 工事概要

- (1) 発注者 日本道路公団東京第一建設局
- (2) 工事名 常磐自動車道利根川橋〔鋼上部工〕(その2)工事
- (3) 工事場所 千葉県柏市上利根～茨城県北相馬郡守谷

* 川田建設東京支店工事部工事一課 ** 川田建設東京支店工事部工事一課

町野木崎

- (4) 工 期 昭和53年10月～昭和55年10月
 (5) 工事内容 詳細設計, 製作, 輸送, 架設, 床版, 塗装

(6) 橋梁の概要

橋長 775.1 m
 幅員 (有効幅員) 13.75 m
 (総幅員) 15.70 m
 橋格 一等橋, (TL-20, TT-43)
 形式 3径間連続非合成桁橋
 支間割 (3@85.7 m) × 3連
 床版 鉄筋コンクリート床版 (t = 25 cm)
 舗装 アスファルト舗装 (t = 7.5 cm)

(7) 工事数量

主な工事数量を表-1に示す。

表-1 主な工事数量

項 目		単位	BR－1 (A1～P3)	BR－2 (P3～P6)	BR－3 (P6～A2)	計
架 設	主 構	ton	1,487	1,488	1,486	4,461
	沓・伸縮継手	ton	54	77	55	186
	検 査 路	ton	39	39	39	117
	計	ton	1,580	1,604	1,580	4,764
高 力 ボ ル ト		本	70,628	72,004	71,026	213,658
床 版	総 面 積	m ²	4,051	4,052	4,034	12,137
	コンクリート	m ³	1,181	1,182	1,176	3,539
	鉄 筋	ton	244	244	239	727
	型 枠	m ²	3,957	3,957	3,942	11,856
現 場 塗 装		m ²	7,939	7,941	7,935	23,815

3. 架設概要

架設作業は, 昭和54年11月～昭和55年5月の河川渇水期に実施した。

高水敷はトラッククレーンによるベント式工法とし, 2部材毎にベントを設置し固定支点より架設を進めた。なお, ベントはG2主桁を先に架設し, その後G1主桁への転用を行った。

流水部は手延式引出し工法を採用, G1主桁通りに引出し設備を設置し, 先にG2主桁を引出し, 所定位置への横取り架設を行った後, G1主桁の引出し架設を行った。架設作業手順および架設一般図を図-2, 図-3に示す。

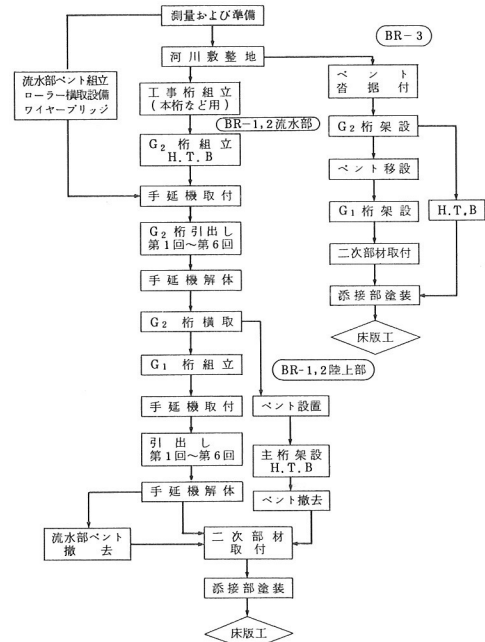


図-2 架設作業手順

4. 手延式引出し架設

4-1 概 要

流水部であるP2～P5（BR-1の1径間とBR-2の2径間）の主桁については引出し架設を行った。P2～P3, P3～P4, P4～P5各径間の中央に1基当り, 長さ25 mの300×300 H鋼杭20本を打込みベントを組立てた。また, P1～P2間に地組台を設置し, その上にて組立てた主桁の先端に33.5 mの手延機を取付け後続ブロックを継ぎ足しながら6回に分けて引出しを行った。なお, BR-1とBR-2主桁は落橋防止板取付孔を利用しピン連結とした。



写真-2 引出し架設全景

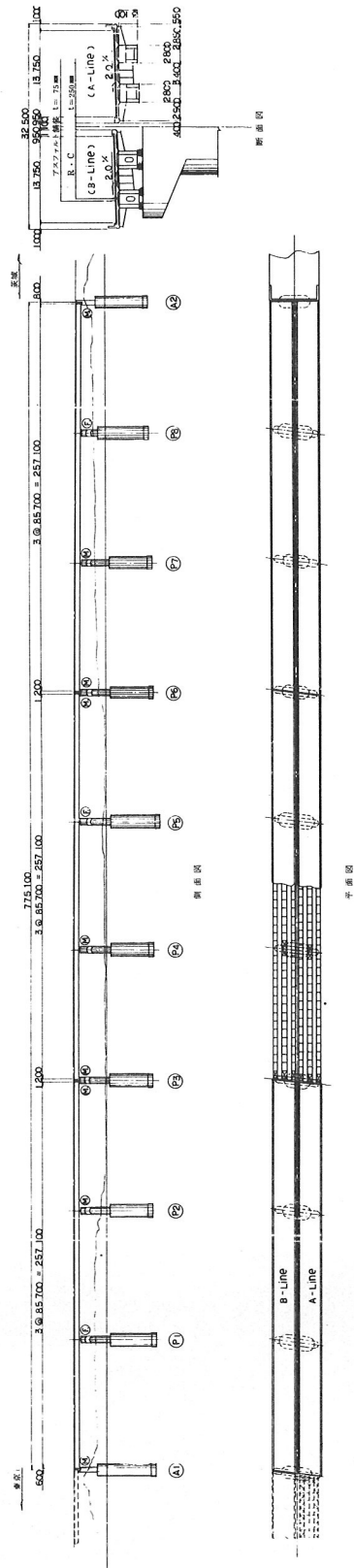


図-1 一般図

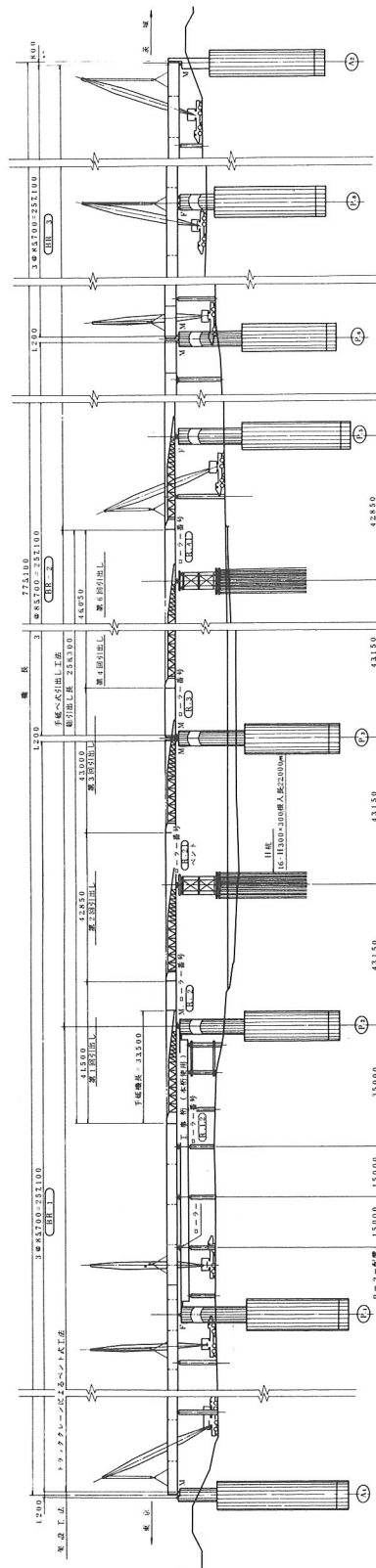


図-3 架設一般図

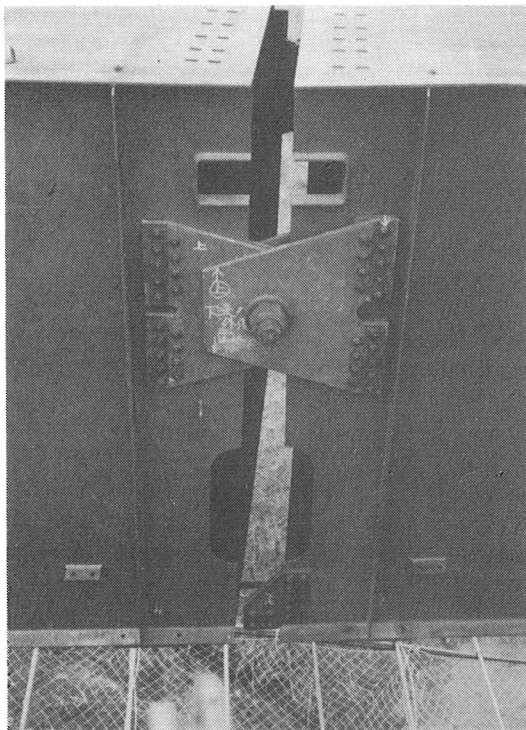


写真-3 BR-1とBR-2の連結

4-2 主桁の補強および応力管理

引出し桁には、図-4に示すような製作キャンバーがついており主桁引出しの進行に従い各ローラー支点の反力と主桁の曲げモーメントが変動する。この影響で主桁の作用力が耐力を超えないように、各ローラー支点を主桁のキャンバーに合わせて上下させることとした。上下の量は6回の引出しについて下記のように計29 Stepの

さらに細かな段階に分け、各支承部（格点⑮ ① ⑮ ③）のウェブ下端を0点とし製作キャンバーと下フランジ厚を考慮してcm単位で算出した。

（引出し段階）	第1回引出し	1 Step
	第2回引出し	4 Step
	第3回引出し	6 Step
	第4回引出し	5 Step
	第5回引出し	7 Step
	第6回引出し	6 Step

これらの各段階における支点変位を考慮した主桁の曲げモーメントおよびローラー反力を算出し、主桁の耐力と比べ引出し時における安全性を確認した。主桁の耐力は下記の5項目について検討を行った。

- (1) 主桁の抵抗曲げモーメント
- (2) 主桁フランジの座屈抵抗曲げモーメント
- (3) 主桁ウェブの座屈抵抗曲げモーメント
- (4) ローラー上主桁ウェブの座屈抵抗反力
- (5) ローラー直上の主桁ウェブの抵抗反力

その結果、(3)・(4)・(5)の項目に関して多少の補強を要する部分が生じた。しかしながら主桁の補強は、引出し段階を細かく分けることにより必要最少限とし、タワミに影響する主桁の剛度を大きく変えるような補強は避けた。

現場における応力管理は、ローラーを上下させる時のローラー反力をジャッキ油圧ゲージにより読み取り、計算値との差を確認し主桁の安全性を判断した。判断基準は、主桁の耐力算出時の安全率1.35を考慮し、計算値の±20%とした。ここにローラー反力の管理は、

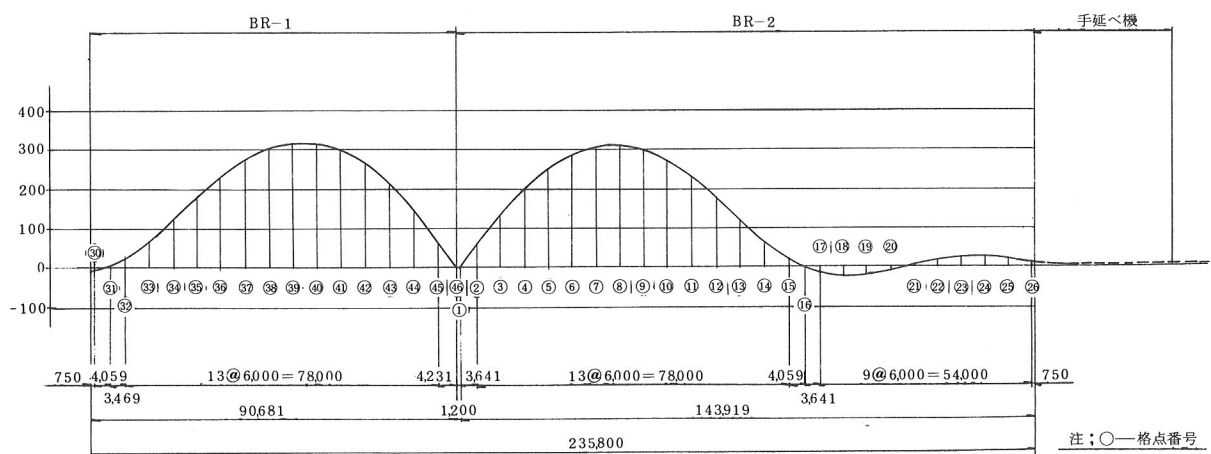


図-4 引出主桁の製作キャンバー

引出し作業の工程上、各段階におけるポイントとなる個所にとどめた。なお、第1回引出し時には主桁がキャンパーの変曲点付近であり、キャンパー差がほとんどなく、ローラーの上下の必要性がなかったため反力の管理は省略した。

引出し時における計算ローラー反力と実ローラー反力は図-5に示す。

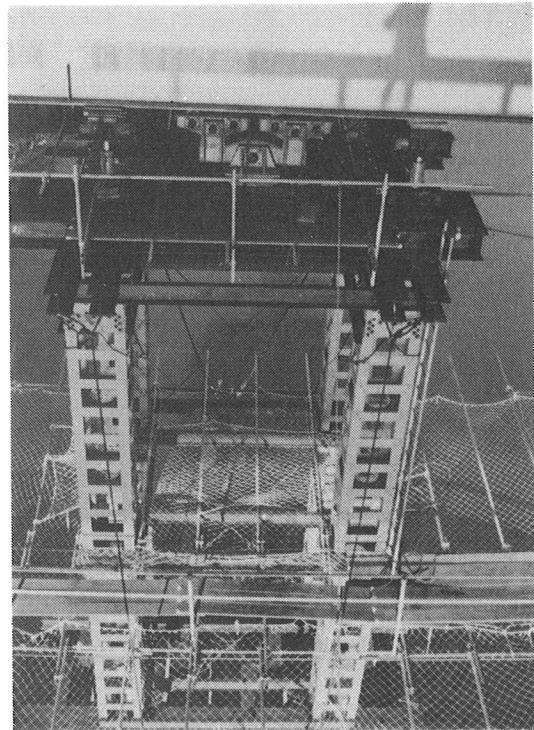
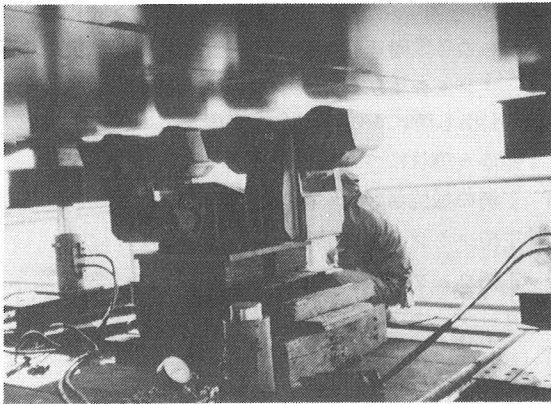


写真-4 ローラー支点の高さ調整

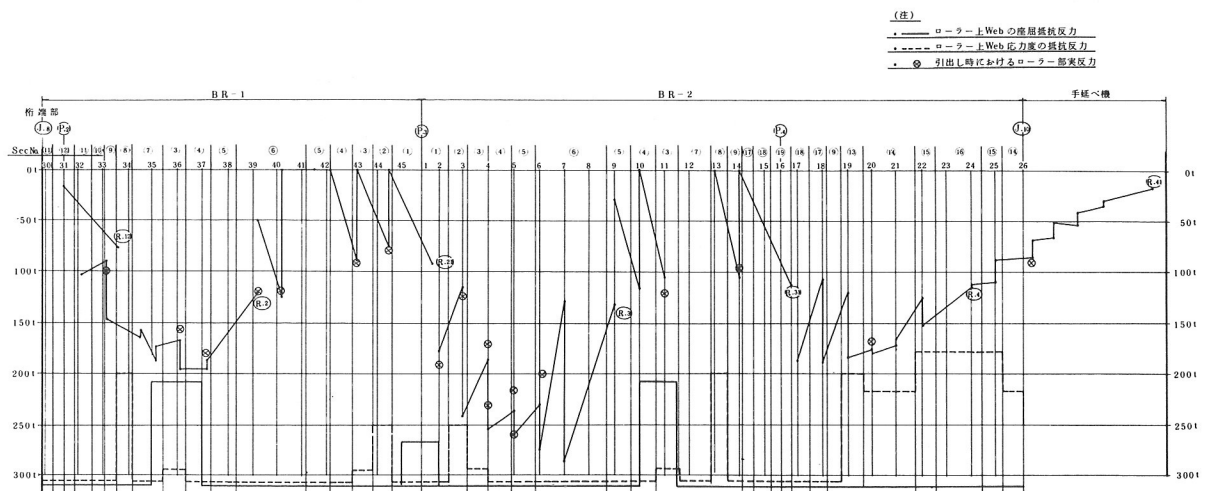


図-5 引出し時ローラー反力(第6回引出し時の例)

4-3 引出し力の管理

最大引出し重量720 tonに対し、付加抵抗を含め最大50 tonのけん引力を想定し、けん引およびオシミの設備を決定した。現場における引出し力の管理は、P5固定沓部よりP2繰込み部まで張渡した50φ(7×19)

×258 mのアンカー主索の伸びをP2部にて管理し、引出し負荷の目安とした。(図-6参照)

その結果、第6回引出し時において最大伸びが95 cmであり荷重に換算すれば約43 tonであった。

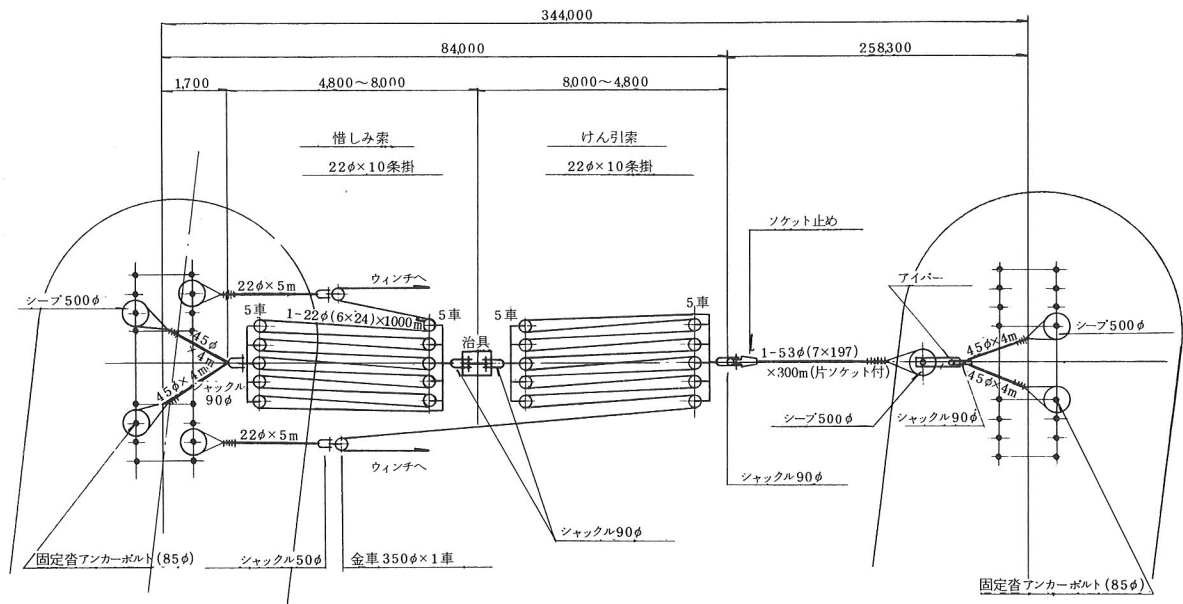


図-6 けん引設備

4-4 引出し方向性の管理

引出し時における主桁の方向性（直進性）を確保するため、けん引索およびオンミ索のアンカーを引出し軸の中心にとるとともに、各ローラー支点の左右ローラーの高低差および引出し軸との平行性に十分注意した。しかし実際には、主桁の多少の製作誤差、日射による左右ウェブの温度差による主桁の横方向そり等により主桁の横流れの現象があった。これらに対しては、50mm程度の横流れが生じた時点で引出し作業を停止し、各ローラー（主に先方）の方向を修正し全体的な方向の是正を行った。また、各回の引出し完了後には後続桁の接続に先立ち、引出し桁の方向性を横送りジャッキを使用し修正した。これらの作業にはかなりの労力を費した。やはり横流れを拘束する設備を設けるべきかと考える。

5. 主桁のキャンパー調整

主桁部材の組立を完了し、添接部の高力ボルトを締付る前に、各連の架設工法に合せた方法を採用して主桁のキャンパー調整を行った。ここに引出し工法とベント式工法を併用して架設したBR-1・BR-2のキャンパー調整について記す。

5-1 引出し桁

地組台の上に2～5部材を組立て順次、引出しを行った。

主桁のキャンパーは各回の接続ブロックについて、その前回の測定終点を0点とし製作キャンパーに合せ調整した。

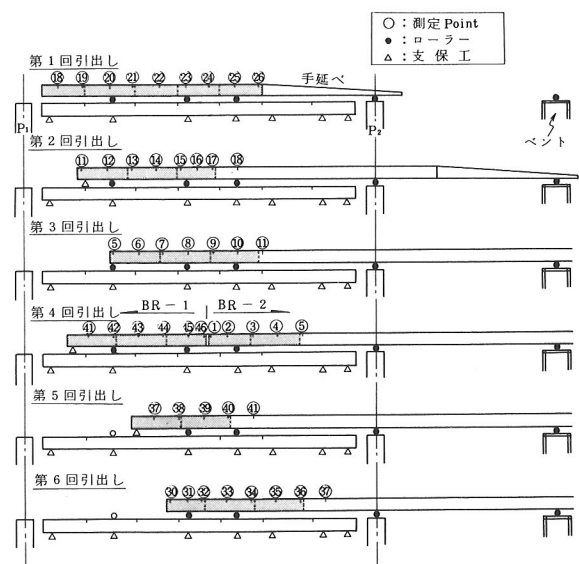


図-7 引出し桁の組立て段階

5-2 G2主桁（横取り架設桁）

G2主桁は引出し後、2径間連続桁の状態で支点支持として所定位置への横取り架設を行った。ここにおいて主桁自重に対し、3径間連続桁としての設計計算との間に構造系の違いによるタワミ差が生じる。この差を打消すため図-10に示すよう支点を変位させることにより設計値に近づける方法をとった。変位させる支点および変位量については数ケースの試算を行い決定した。

各段階に於るタワミおよび設計計算との差は表-2に示す。

° Stage - 1. (横取り完了)

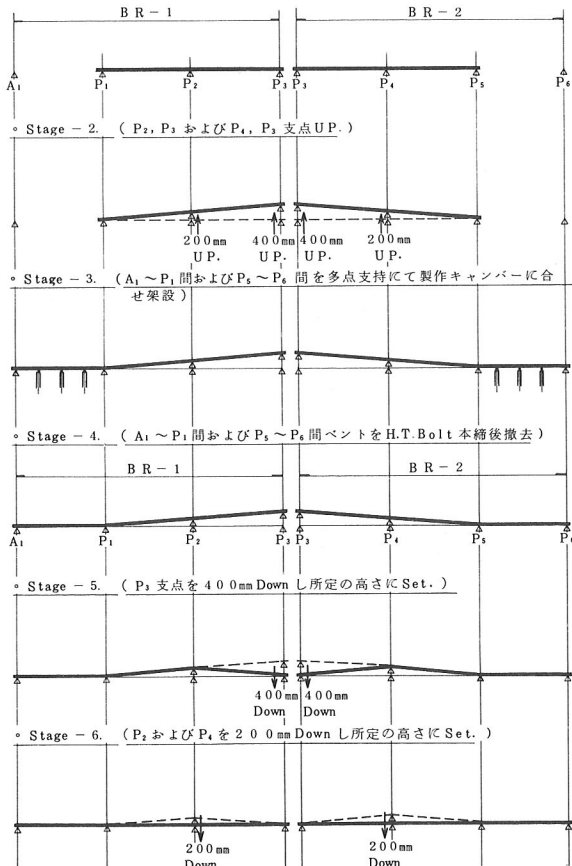


図-8 G2主桁の調整

5-3 G1主桁

引出しが完了した主桁を各径間中央のベントを利用して、製作キャンバーに合せて調整した後、トラッククレーン架設部を多点支持にて製作キャンバーに合せ架設した。その後、各ベントにおいて計画値に基づき再度調整を行い3径間連続桁とした。

表-2 G2主桁調整時のタワミ

格点番号	BR-1	BR-2	Stage 1および2	Stage 4	(P3 Down) Stage - 5	(P2, P4 Down) Stage - 6	設計計算値	差
A1 ①	P6 ⑥			0	0	0	0	± 0
②	⑦			18 (-1)	19 (-3)	16	18	-2
③	⑧			47 (-3)	50 (-8)	42	42	± 0
④	⑨			72 (-5)	77 (-13)	64	62	+2
⑤	⑩			93 (-7)	100 (-18)	82	78	+4
⑥	⑪			108 (-9)	117 (-22)	95	89	+6
⑦	⑫			119 (-10)	129 (-26)	103	95	+8
⑧	⑬			124 (-11)	135 (-28)	107	95	+12
⑨	⑭			123 (-12)	135 (-30)	105	91	+14
⑩	⑮			117 (-12)	129 (-31)	98	83	+15
⑪	⑯			105 (-12)	117 (-31)	86	70	+16
⑫	⑰			88 (-11)	99 (-29)	70	54	+16
⑬	⑱			66 (-9)	75 (-24)	51	36	+15
⑭	⑲			41 (-6)	47 (-16)	31	19	+12
⑮	⑳			16 (-3)	19 (-7)	12	6	+6
P1 ⑱	P5 ㉑		0	0	0	0	0	± 0
⑲	⑳		17 (-13)	4 (-3)	1 (-1)	0	-5	+5
⑳	㉑		44 (-32)	12 (-8)	4 (-2)	2	-8	+10
㉑	㉒		69 (-47)	22 (-13)	9 (-2)	7	-7	+14
㉒	㉓		88 (-57)	31 (-19)	12 (0)	12	-3	+15
㉓	㉔		100 (-62)	38 (-25)	13 (4)	17	2	+15
㉔	㉕		105 (-63)	42 (-30)	12 (9)	21	6	+15
㉕	㉖		103 (-60)	43 (-34)	9 (13)	22	8	+14
㉖	㉗		95 (-55)	40 (-37)	3 (18)	21	8	+13
㉗	㉘		82 (-48)	34 (-39)	-5 (22)	17	6	+11
㉘	㉙		65 (-40)	25 (-39)	-14 (24)	10	2	+8
㉙	㉚		46 (-31)	15 (-36)	-21 (24)	3	-3	+6
㉚	㉛		28 (-22)	6 (-30)	-24 (21)	-3	-7	+4
㉛	㉜		13 (-13)	0 (-21)	-21 (15)	-6	-8	+2
㉜	㉝		4 (-5)	-1 (-9)	-10 (6)	-4	-5	+1
P2 ㉝	P4 ㉞		0 (-0)	0 (0)	0 (0)	0	0	± 0
㉞	㉟		-1 (-4)	3 (-8)	-5 (10)	5	6	-1
㉟	㊱		1 (10)	11 (-20)	-9 (24)	15	19	-4
㊱	㊲		9 (15)	24 (-30)	-6 (36)	30	36	-6
㊲	㊳		21 (18)	39 (-36)	3 (43)	46	54	-8
㊳	㊴		33 (20)	53 (-39)	14 (47)	61	70	-9
㊴	㊵		44 (20)	64 (-40)	24 (47)	71	83	-12
㊵	㊶		53 (20)	73 (-39)	34 (46)	80	91	-11
㊶	㊷		59 (18)	77 (-36)	41 (43)	84	95	-11
㊷	㊸		61 (17)	78 (-33)	45 (39)	84	95	-11
㊸	㊹		59 (14)	73 (-28)	45 (34)	79	89	-10
㊹	㊺		53 (12)	65 (-23)	42 (28)	70	78	-8
㊺	㊻		44 (9)	53 (-17)	36 (21)	57	62	-5
㊻	㊼		30 (6)	36 (-11)	25 (14)	39	42	-3
㊼	㊽		13 (2)	15 (-5)	10 (6)	16	18	-2
P3 ㊽	P6 ㊾		0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	0	± 0

注：()内数値は各段階に於けるタワミ量

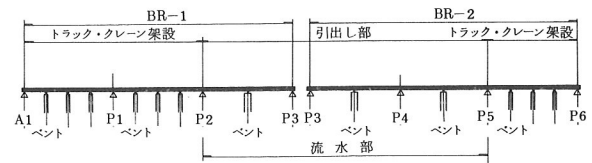


図-9 G1主桁の調整

5-4 結果

架設完了時の各連のキャンバーは計画値に対し概ね、図-10に示すような結果であった。

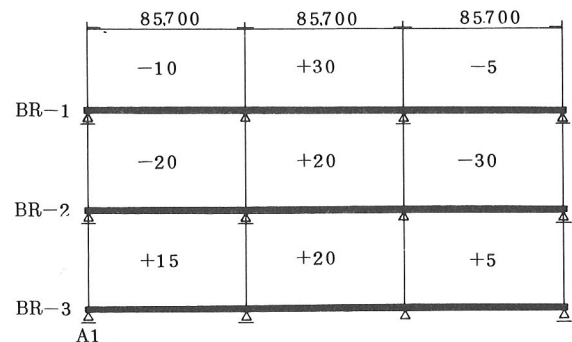


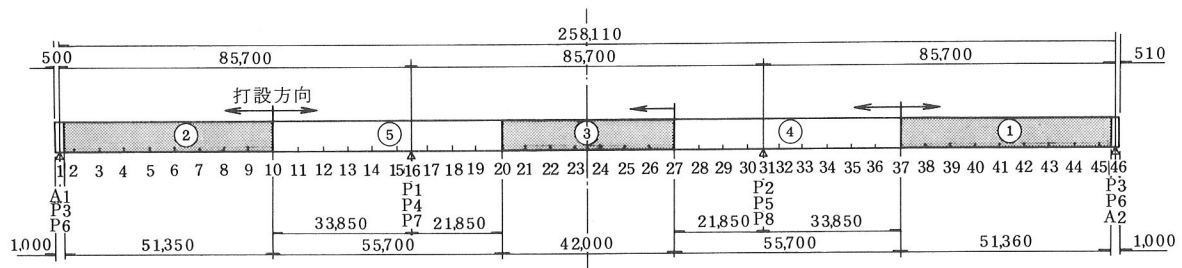
図-10 架設完了時キャンバー



写真-5: 床版コンクリート打設

表-3 タワミ算出ケース

	載 荷 荷 重	桁 の 剛 度
Stage- 1	鋼重	全径間鋼桁断面
Stage- 2	足場、型枠・鉄筋	"
Stage- 3	① ブロック・コンクリート	"
Stage- 4	② ブロック・コンクリート	① ブロック部は合成断面
Stage- 5	③ ブロック・コンクリート	①・② ブロック部は合成断面
Stage- 6	④ ブロック・コンクリート	①〜③ "
Stage- 7	⑤ ブロック・コンクリート	①〜④ "
Stage- 8	地覆・高欄	全径間合成断面
Stage- 9	型枠・足場の撤去	"
Stage-10	舗装	"



日 程	打設ブロック	打設量 (m³)
1 日目	①	216
2 日目	②	216
3 日目	養 生 日	—
4 日目	③	180
5 日目	養 生 日	—
6 日目	④	240
7 日目	⑤	240

図-11 床版コンクリート打設順序

6. 床 版

6-1 コンクリート打設

コンクリート打設は、ブロック別打設法にて行った。

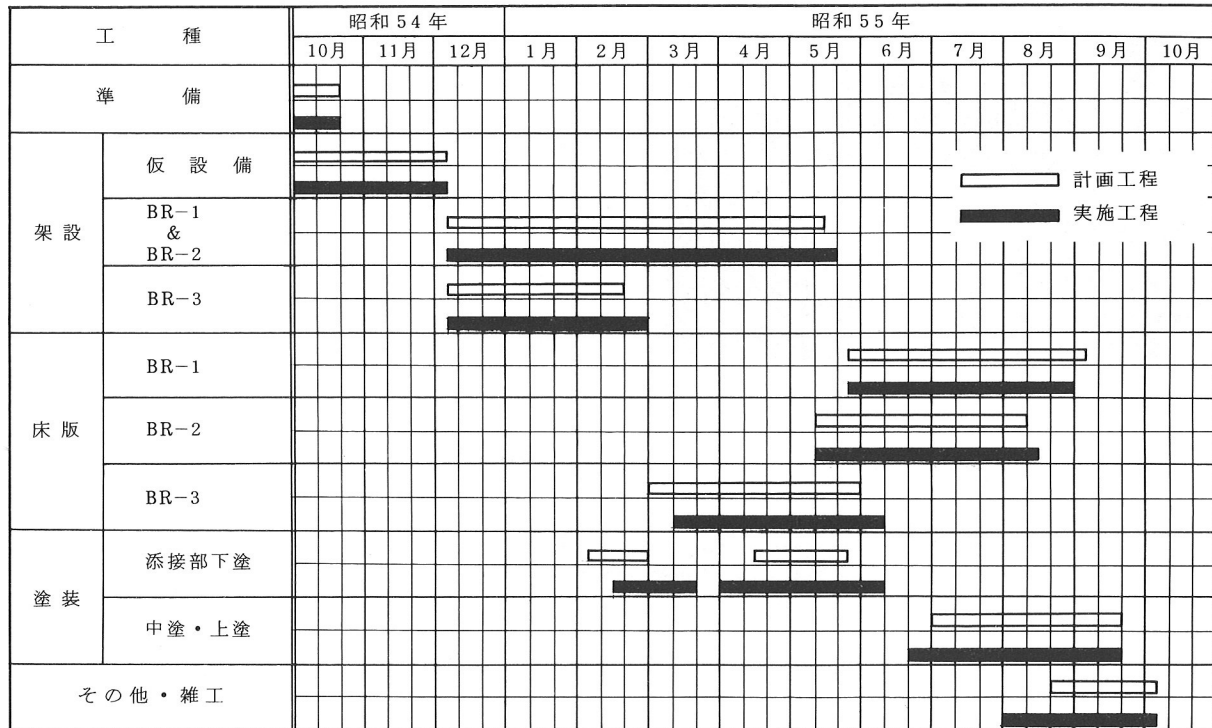
ブロック割および打設順序は下記の(1)〜(4)の基本に従い検討を加え図-11のように決定した。

- (1) 各ブロックのコンクリート打設時に主桁に局部的な変形を生じさせないこと。
- (2) 橋梁中心に対し左右対称に打設し、常に死荷重による応力・変形の均衡を計ること。
- (3) タワミ量の大きい部分より打設し支点部は最後とする。
- (4) 打設進行中に先に打設されたコンクリートにひび割れを生じさせないこと。

6-2 タワミ管理

本橋は、非合成桁として設計されているが、床版コンクリート打設途中および打設後の載荷死荷重に関しては、鋼桁と床版コンクリートの合成効果がある程度影響すると思われる。そこで鋼とコンクリートのヤング係数比 $n=1.8$ の合成桁として、打設工程に合せ表-3に示すような10ケースについてタワミを計算し、製作キャンパーと比較した。その結果、側径間において20mm程度の残キャンパーとなることが判明した。これらについては架設時のキャンパー誤差と合せ型枠組立時にハンチ調整を行いカバーした。

表-4 工事工程表



7. 工 程

本工事の計画工程および実施工程を表-4に示す。

8. あとがき

常磐自動車道は、利根川橋しゅん功の翌春柏 I.C.～谷田部 I.C. 間が供用を開始し、現在は国道6号線の混雑緩和に役立っている。

本工事を顧みるに、引出し工法においては、主桁のキャンバーを考慮したローラー支点変位法を採用し、細かなステップに分け管理することにより主桁の補強を最少限とした。この点では経済的であったと思われるが、それらの管理に費した労力を考慮すれば、引出し設備に改善を加えない限り必ずしも経済的方法であるとは言えない。

また、架設工事、床版工事と工事の進捗に従い一貫した主桁のタワミ管理を行い、高速道路としての機能を十分満足する高精度の路面を工期内に無事完成することができた。今後、橋梁が大型化する中で本文が施工法の参考になれば幸いである。

最後に、本工事の施工に当り御指導を賜った、日本

道路公団柏工事事務所の方々、並びに共同企業体のメンバーであった、石川島播磨重工業㈱、川崎重工業㈱の関係各位に深く感謝の意を表します。