

東北新幹線名取川橋梁の設計と施工について

高 木 秀 典*
佐 原 俊 樹**

1. ま え が き

東北新幹線は、仙台駅から南へ約 7 km の地点で、東西に流れる名取川と交差している。

この名取川は、宮城県の西の県境奥羽山脈の二口嶺にその源を発し、かつて伊達 62 万石を支えた豊かな仙台平野を下り、太平洋に注ぐ大河であり、鮎がはね、水鳥のたわむれる名流でもある。河川としての規模は、延長 69 km、流域面積 940 km²、計画高水流量 4 200 m³/sec の一級河川で、上流には 720 万 t の水をたたえる釜房ダムがある。

本橋はこの名取川を斜角右 85°、河積阻害率 5.2% で渡る全長 525 m の複線 PC 鉄道橋である。

下部構造は橋台 2 基、橋脚 9 基からなり、その基礎はすべてニューマチックケーソン (φ=8.0 m, l=18 m) を用いている。

上部構造は変断面の 3 径間 (52.0 m×3) 2 連と 4 径間 (52.0+54.5×2+52.0 m) 1 連の連続 PC 桁で、フ

表-1 フレシネーカンチレバー工法による鉄道橋一覧

橋 名	橋 長	完 成 年 月 日	ケーブル 配 置	緊張 方法
第 2 木曾川 橋 梁 (中央本線)	151.12 m (45+60+45)	S 47.9	非対称	片引き
京橋川橋梁 (山陽新幹線)	317.00 m (52.5+4×52.7+52.5)	S 48.11	対 称	両引き
芦田川橋梁 (山陽新幹線)	199.80 m (33.1+2×66.0+33.1)	S 48.11	"	"
名取川橋梁 (東北新幹線)	525.00 m (3×52.0)+(52.0+54.5 ×2+52.0)+(3×52.0)	(S 50.10) 予 定	非対称	両引き

レシネー方式場所打ちカンチレバー工法により施工されている。

この工法によるわが国での鉄道橋の施工例は少なく、それぞれの特徴を比較して示すと表-1 のように整理される。

本報告は、この名取川橋梁の設計から施工までの内容および、われわれが遭遇した諸問題と対策について記述したものである。

2. 工 事 概 要

工事件名：東北新幹線名取川橋梁工事

工事位置：仙台市中田町字向河原～仙台市大野田字橋本入会地

東京起点 316 k 752～317 k 277 m

工 期：昭和 48 年 1 月～昭和 50 年 10 月

橋長支間：3 径間+4 径間+3 径間

(52.0×3)+(52.0+54.5×2+52.0)

+ (52.0×3)=525 m

構造形式：基礎 ニューマチックケーソン

橋脚 小判型 RC

上部 フレシネーカンチレバー工法による PC 連続桁

表-2 主要工事数量

下 部 工		上 部 工		管・ストップ
コンクリート	8 220 m ³	コンクリート	5 270 m ³	管 26 基
鉄筋(SD 35)	588 t	鉄筋(SD 35)	447 t	ストップバー 40 基
掘 削	13 580 m ³	PC より 線	267 t	
		PC 鋼 棒	52 t	



写真-1 東北新幹線名取川橋梁全景

* 国土庁計画調整局計画課 (前国鉄仙台新幹線工事局長町工事区長)

** 国鉄仙台新幹線工事局停車場二課 (前長町工事区)

平面曲線：R 4000 m の円曲線およびその緩和曲線

主要工事数量：表—2

橋梁全体図を 図—1 に、断面図を 図—2 に、PC鋼材配置を 折込付図 に示す。

3. 設 計

(1) 設計条件 (表—3)

(2) 設計の要点

a) 上部工の設計 まず橋軸方向は3径間、4径間の連続ばりで、設計断面は各スパンを10等分する位置とし、各断面で応力検討を行っている。

PCケーブルは12T12.4を用いており、その配置を決めるにあたっては、各ケーブルとも、各設計断面で

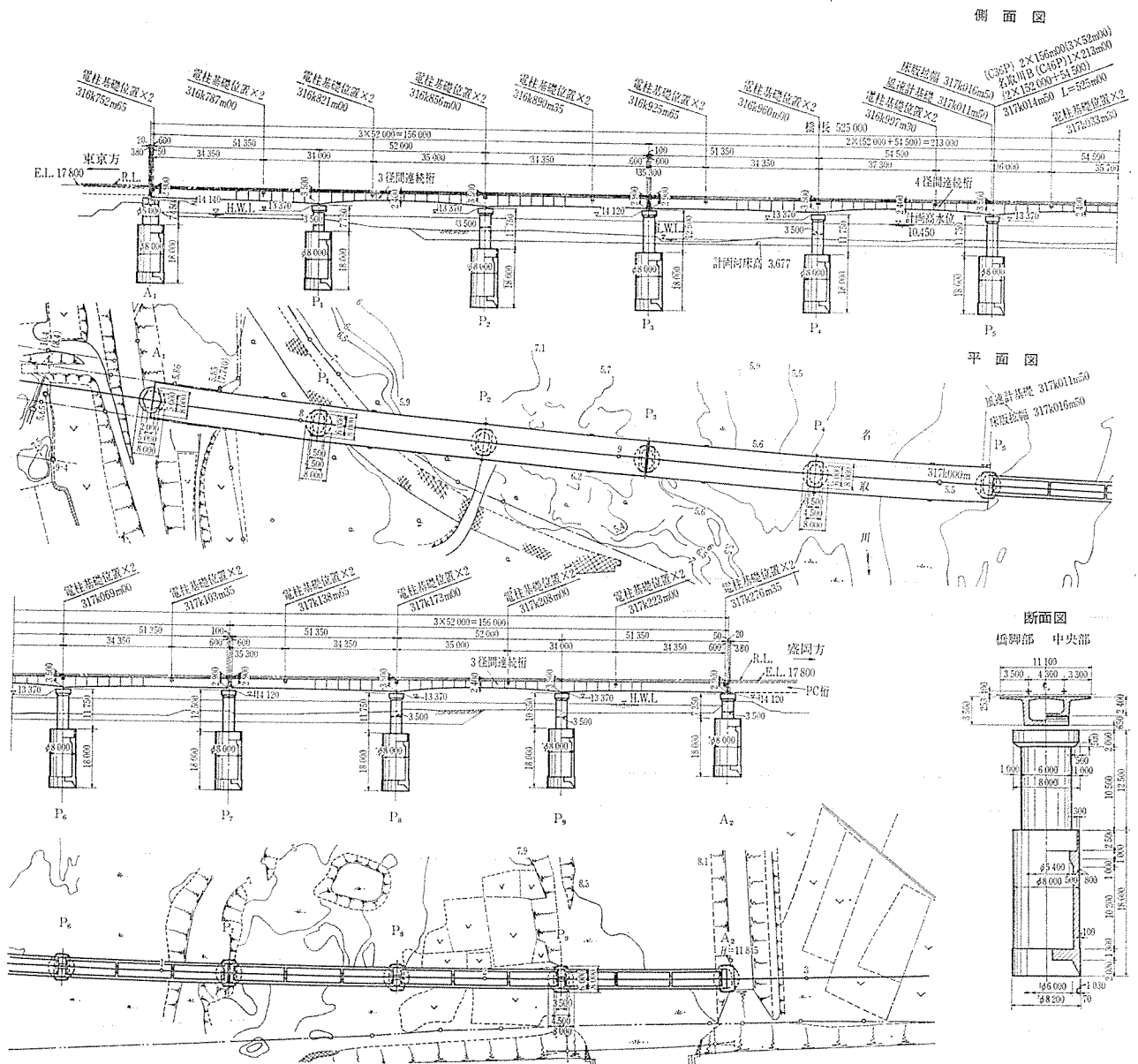
105 t/本の導入緊張力を仮定して行っている。

ワーゲンが交互はね出しであるから、ワーゲン部のケーブルは折込付図に示したように非対称に配置されている。

また、各位置での配置本数は 図—3 に示すとおりである。

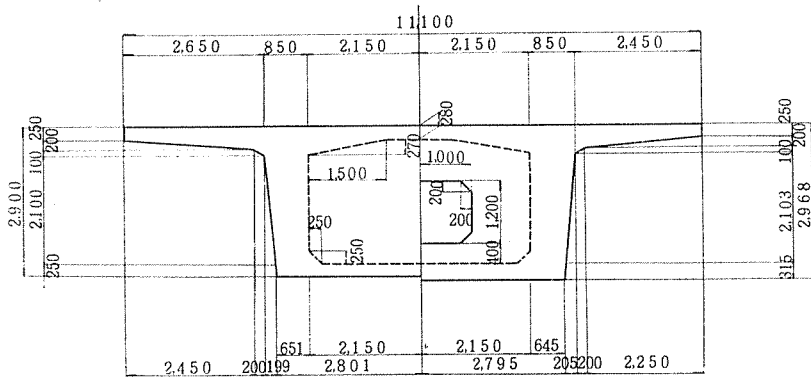
横締鋼棒、斜め鋼棒はSBPR 95/110、φ26 mmを用い導入緊張力はそれぞれ32 t/本、34 t/本と仮定している。シースは、主ケーブルに内径70 mm、鋼棒に内径32 mmを使用している。

なお、クリープ係数φは、導入緊張力から有効緊張力を求める際はφ=2.0とし、系の変化(中央連結前後の静定系から不静定系に移る変化)に伴う不静定力の扱



図—1 橋梁全体図

側径間端部断面 側径間横桁部断面



柱頭部断面 中央径間中央断面

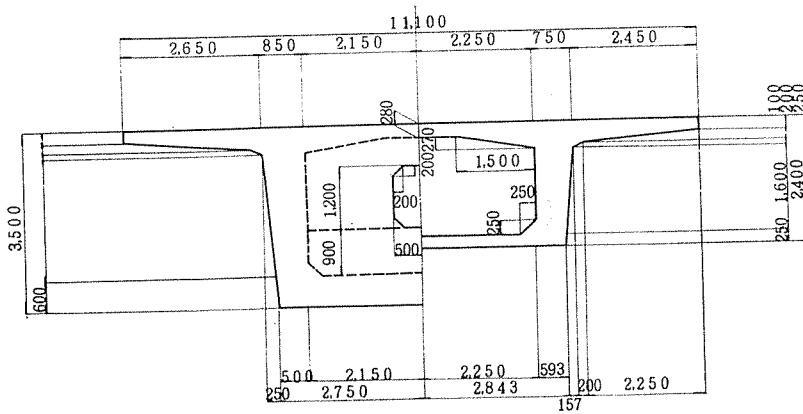


図-2 断面図

表-3 設計条件

荷 重			
活 荷	重	N-18	P-19
震 度		$k_H=0.20$	$k_V=0$
不 等 沈 下		5.0cm(応力検討では2.5cm)	
材 料 諸 定 数			
PC鋼ヤング係数		$E_p=2.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$	
コンクリートヤング係数		$E_c=3.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$	
クリープ係数		$\phi=2.0$	
乾燥収縮ひずみ		$\epsilon_s=15 \times 10^{-5}$	
レラクセーション		5% (ケーブル), 3% (鋼材)	
許 容 応 力 度		(単位 kg/cm^2)	
コンクリート	設計基準強度	400	
	許容曲げ圧縮強度	170 (導入時)	130 (設計時)
	許容曲げ引張強度	-15 (導入時)	-5 (設計時)
	許容斜引張強度	-9 (設計時)	-20 (破壊時)
P		ケーブル(12 T 12.4)	
C		鋼 棒 ($\phi 26 \text{ mm}$)	
鋼	引 張 強 度	17500	11000
材	降 伏 点 強 度	15000	9500
	緊 張 時 許 容 応 力 度	13500	8550
	導 入 後 許 容 応 力 度	12300	7700
	有 効 時 許 容 応 力 度	10500	6600

いに関しては $\phi=1.2$ としている。

橋軸直角方向は、RCボックスとし、張出しスラブはPCで設計している(図-2, 折込付図参照)。

b) 下部工の設計 上部工水平反力は、地震時はオイルダンピングの作用をするすべてのストッパーにとらせ、常時は1連の桁に1箇所設けている板ばね内蔵のストッパーにとらせている。

シューはすべてローラー型の可動シューである。

図-4に固定支点の位置および地震時水平力の分担率を示す。

(3) 施工時に支障を生じた設計上の問題

現場は、設計どおりに構造物を築くのが原則であるが、設計者の細かい配慮が足りない場合に、変更を余儀なくされ、それとともかなりの負担がかかる。

当橋で生じたこの種の問題とその対策を以下具体的に述べる。

1) シュー、ストッパーまわりの補強筋が、図面上は適当な間隔をもっているようで、いざ組み立ててみるとパイプレーターが入らない。そこで形状を簡単なものに変更した(図-5)。

2) 上スラブのケーブル定着部(特に柱頭部付近)は他のケーブルがごく近く、しかも数多く配置されているのでスパイラルが入らない。そこで格子状に6段の鉄筋

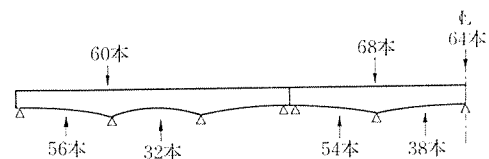
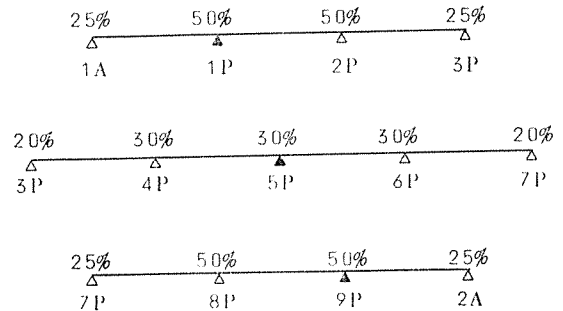


図-3 主ケーブル本数



注) ▲の位置に板ばね入りのストッパーが配置されている。水平力の総和は安全を考え3径間で50%、4径間で30%増しになっている。

図-4 固定支点位置および地震時水平力の分担率

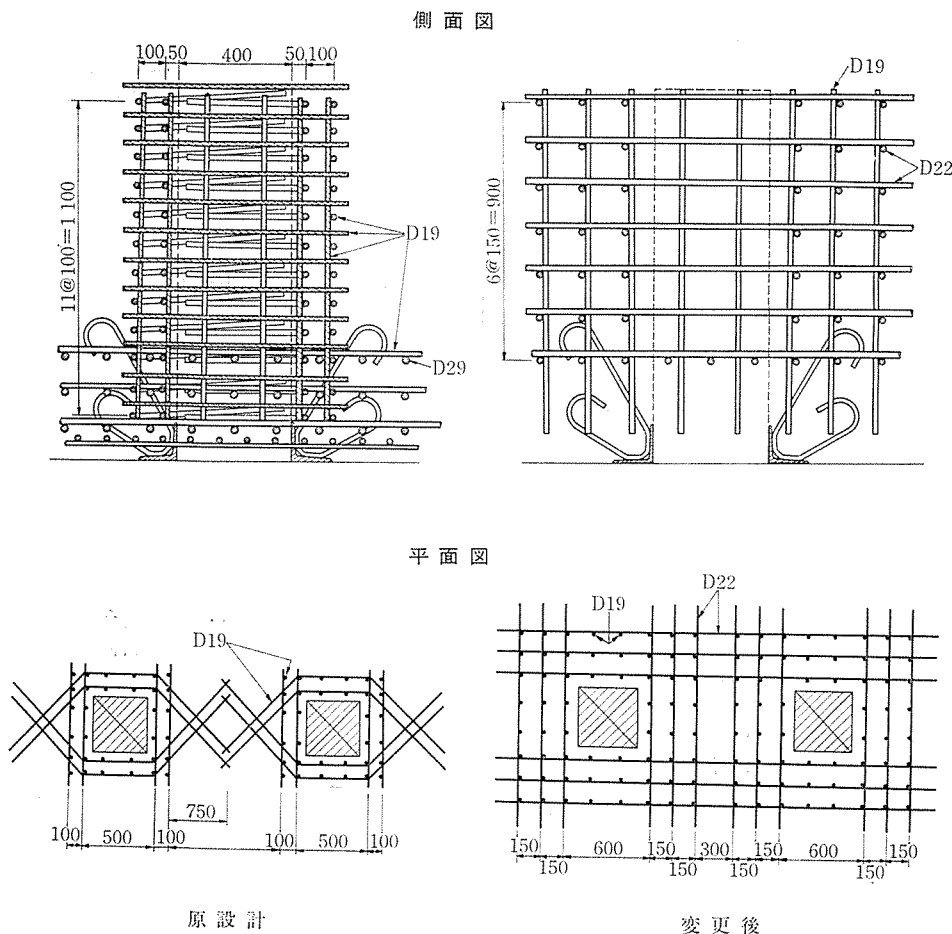
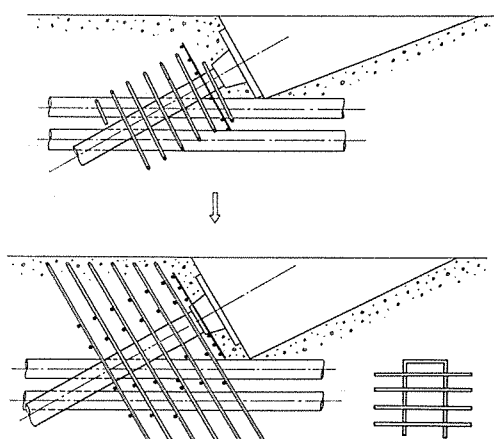


図-5 シュー・ストッパーまわりの補強筋の変更



を入れてこれに替えた(図-6)。

3) 先に述べたように、設計では導入緊張力を一率に 105 t/本としているが、実際にはこのように与えることはできない。特に困ったのは、短いケーブルの場合で、伸び量とセット量の差が少ないために、緊張力がかなり不足(長さ 8 m では 60 t/本程度)することである。

そこで、短いケーブルを許容値いっぱい

し、なおかつ、長いケーブルを設計値以上で緊張して調整した。

そのために、もう一度緊張計算から応力度検討まで行った。

これは、やはり設計時点で考慮しておくべきであり短いケーブルの導入緊張力は、それなりに低減しておくべきであったように思う。

参考までにケーブル長と有効導入率(ケーブル中央導入緊張力/コーン前面緊張力)との関係を図-7に示す。

4) ケーブル定着時の pull-in 量(セット量)は、フレシナー指針案では 11 mm とされている。それで最初はこれに従ったが、実際に緊張してみるとほとんどのケーブルでこれを上回る値が記録された。平均すると 13 mm 程度であり、山陽新幹線などの施工例でも 13 mm あるいはそれ以上の値が記録されているので、セット量を 13 mm と

して緊張計算をやり直して、以降はこの結果によって施工した(わざわざ計算しなおしたのは、短いケーブルは許容いっぱい

に緊張して引越しができないうえに、応力度が許容値

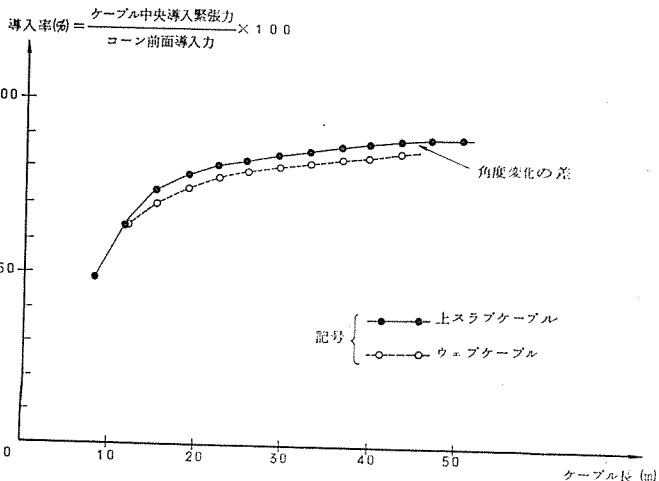


図-7 ケーブル長と有効導入率

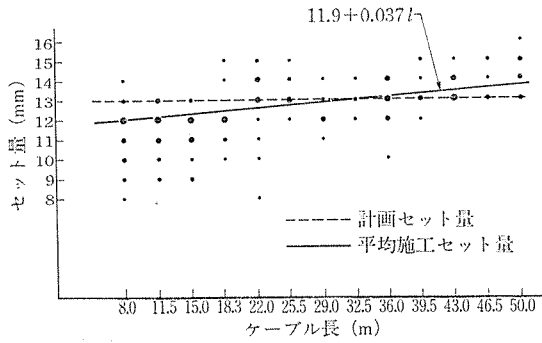


図-8 ケーブル長とセット量

2% であるから応力的にさほど影響はないが、上述の例もあるし、なるべく実際の値に近いほうが望ましいと考える。参考までに当橋のセット量とケーブル長と対比して図-8 に示す。

4. 施工概要

(1) 下部工の施工概要

ニューマチック ケーソンは、まずセトルを組み立てて作業室のコンクリートを打設し、ぎ装し、圧気をかけて掘削を開始する。沈下が進むにつれケーソン側壁を打ち足し、シャフトを継ぎ足して所定の位置まで下げ、地耐力を確認した後、中埋めおよび頂版のコンクリートを打設して終了する。その後、ケーソン上に橋脚躯体を構築して下部工は完了する。

当橋梁では、ケーソン天端から地表まで設ける止水壁に、ブロックを PC 鋼棒で緊結する方法を採用した。図-9 に示すように円周方向に 4 分割する高さ 1.2 m のブロックを円周方向および鉛直方向の PC 鋼棒で組み上げた。

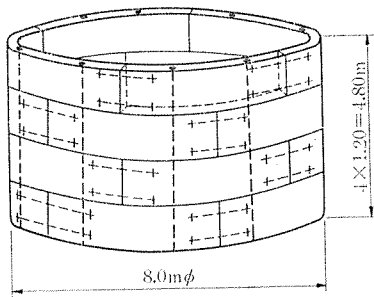


図-9 ケーソンの PC 鋼棒止水壁

止水壁の撤去は、橋脚頭部に反力を取り、縦締め鋼棒を利用してジャッキで全体を一度に引き抜く方法を採用した。

この工法は次のメリットがある。

- ① 型枠がブロック分ですみ、転用が効く。
- ② 完全に確実に撤去でき、ブロックの転用が効く。
- ③ 使用後に壊す際に、鉄筋が少なく壊しやすい。

(2) 上部工の施工概要

上部工は、図-10 に示すような施工単位グループに分けられ、図-11 の順序で構築される。

当橋は、柱頭部が長さ 8.0 m、ワーゲン張出しブ

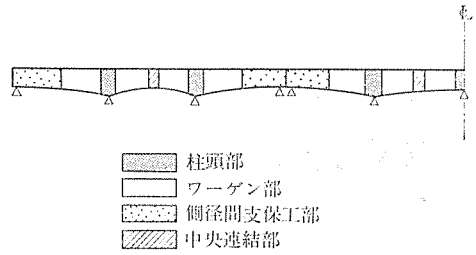


図-10 施工単位グループ

ックが長さ 3.5 m で片側 6 ブロックずつ、つまり 21.0 m ずつ、側径間支保工部が 26.95 m、中央連結部が 2.0 m (3 径間) または 4.5 m (4 径間) となっている。

各部の施工の詳細は 5 章以下に述べるとして、ここでは全般を通して、われわれの遵守した施工の基本方針を紹介するとどめる。

- 1) 所望の強度、ワーカビリティを有する範囲で、可能な限りの硬練りコンクリートを、できるだけゆっくり打ち、十分に締め固める。養生も十分に行う。
- 2) 橋梁全体の品質を均等にするため、ブロック間での配合の変更は原則として行わない。
- 3) 緊張は、PC 桁の本質に関わるきわめて重要な作業であるので、特に慎重に行い、その責任者には絶対的の信頼のおける人物を配置する。
- 4) グラウトは緊張後、極力早い時期に行う。
- 5) 重要仮設物 (支保工等) の検討を十分に行う。
- 6) 変状、手もどりの起こらないように、ひとつひとつの作業を入念に行う。

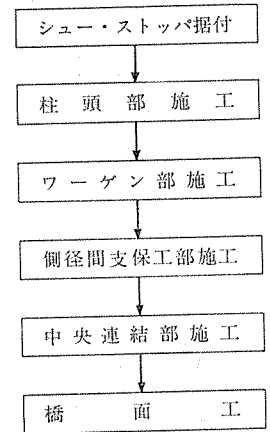


図-11 上部工の施工順序

5. 桁と下部工との接合部の施工

(1) シュー、ストッパーの据付け

シュー、ストッパーは据付け後の緊張、クリープ、乾

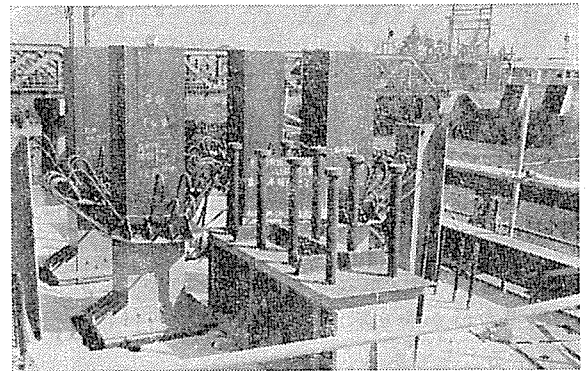


写真-2 シュー、ストッパーの据付け

燥収縮等による主桁の縮みとともにずれを生じる。

それで使用開始時に所定の位置にするために、次式に従ってあらかじめその量をシフトした。

$$e = \frac{3}{4}(l_p + l_s) + l_b$$

- ただし、 l_p : クリープ収縮量
- l_s : 乾燥収縮量
- l_b : プレストレスによる収縮量
- e : シフト量

この計算値と実測値を比較した結果、実測値のほうが大きく出る。後述するヤング率の採り方に問題がある。

また、据付高の調整は、箱抜きとともに4隅にホールインアンカーを埋め込んでおき、これにボルトをはめ込んで微調整を容易にした。このねじはシュー、ストッパーを支えるには十分であるが、主桁荷重が載った際にはねじ山が切れて、上部工反力は底面のモルタルに一樣に広がり、ボルト部に集中力がかかることはなく、クラックの発生要因とはならない。

次に、箱抜きとシュー、ストッパーとの間隙の充填であるが、これには流動性と早期強度の無収縮性に優れ、コンクリートとなじみのよいタスコンモルタルを使用した。その配合を表-4に示す。

表-4 タスコンモルタルの配合

W/C (%)	C (kg)	グラウト材 (kg)	S (kg)	W (kg)	Poz. No. 8 (l)
41.0	40	5	45	17.6	0.9
41.5	40	5	45	17.8	0.9
42.0	40	5	45	18.0	0.9
42.5	40	5	45	18.2	0.9
43.0	40	5	45	18.5	0.9

注：ポゾリスは8倍液

この施工に先立ち、試験配合を何回か行い、沓模型を用いた充填試験を行ったので、その結論のみ紹介する。

1) モルタルの流動性は気温に大きく左右されるので、あらかじめ温度と流動性、配合と流動性の関係を試験しておき、所望の圧縮強度の得られる範囲で配合に幅をもたせ、一定の流動性で施工するのがよい。

2) 気温の低いときは、ブリージングを生じやすいので施工しないほうがよい。止むを得ず行う場合は Poz. No. 8 を加え、水量を減らし、養生に十分な注意を払う必要がある(保温・湛水養生)。

3) シュー座コンクリートの乾湿は、モルタルの流動性に大きな影響を与えるので、注入前に十分湿らせておく必要がある。

4) 十分な湿潤養生を行わないと、クラックが発生する恐れがある(湛水養生3日間+湿潤養生4日間)。

(2) 仮固定工

ワーゲン部施工中の自重、ワーゲン重量、地震荷重に

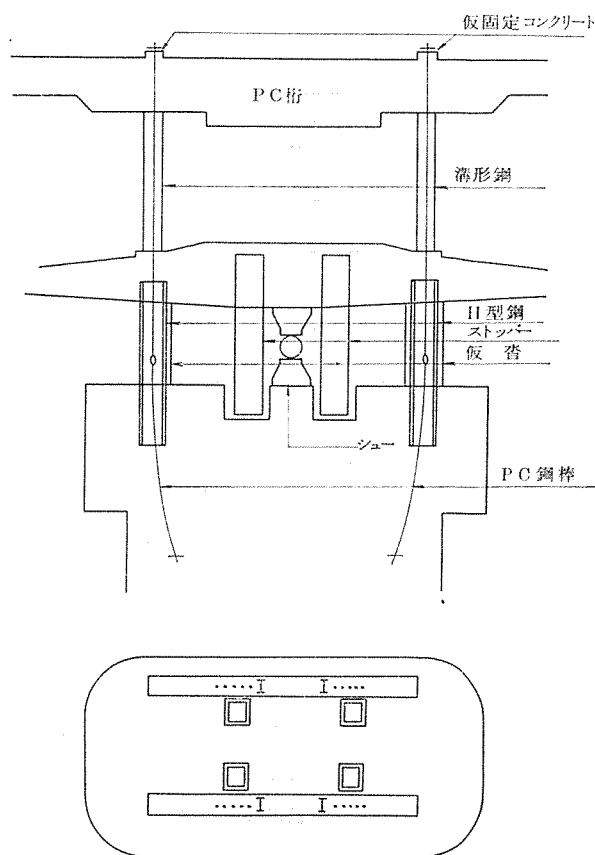


図-12 仮固定工

よるアンバランスモーメントに抵抗する仮固定工を、図-12に示すように設けた。

6. 柱頭部の施工

(1) 施工内容と順序

柱頭部は写真-3に見られるように、基礎地盤に打ち込んだH鋼杭(流水部用)またはベタ基礎(陸上部用)から、支柱(ペコサポートP-16)・ブラケット等からなる支保工を組み上げ、型枠組立てと配筋を行い、コンクリート打設、緊張を行って構築した。

これらの作業単位ごとの順序を 図-13 に示す。

(2) コンクリートの配合および打設

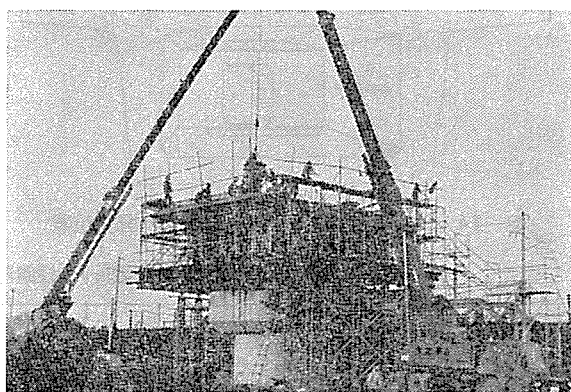
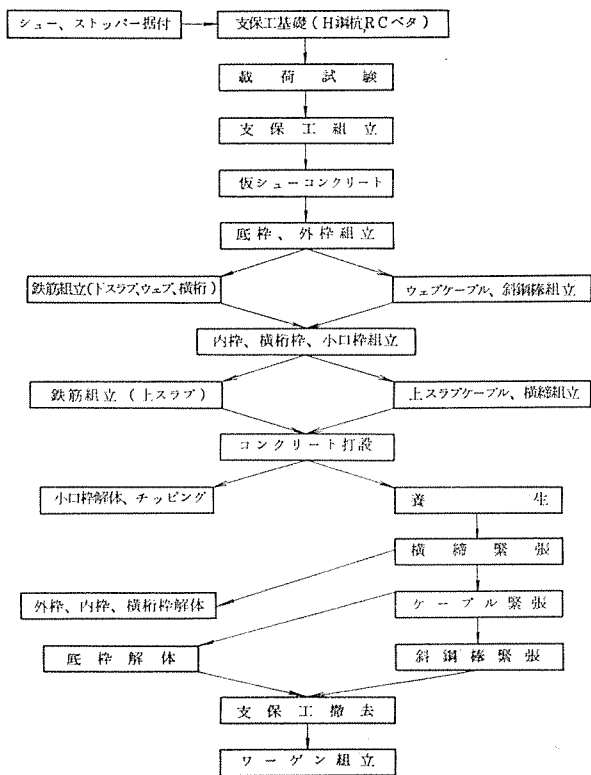


写真-3 柱頭部施工状況



図一13 柱頭部の作業順序

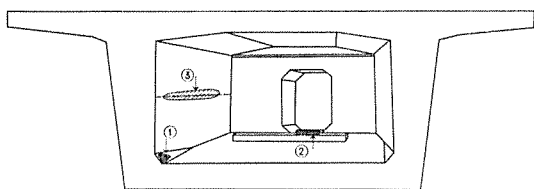
柱頭部は、シュー、ストッパーまわりの補強筋や、主ケーブル、斜め鋼棒等が密に配置されており、他の部分よりいくぶんスランプの大きいものを使わざるを得ないということで表一5の配合の生コンを用いた。

この生コンを、工場から現場までアジテーターカーで運び（15分間）、クレーン2台、バケツ（1m³）2個で上げ、ホッパーと一部ベルトコンベアを用いて打設した。

バイブレーターは、配筋の粗密に応じてφ60mm 8本、φ45mm 5本、φ37mm 2本と3種類を用いた。

(3) 諸問題と対策

a) ジャンカ、空隙、モルタルもれ ジャンカはハンチ部①と横桁通路下②に生じやすく、モルタルもれは木製型枠と鋼製型枠との継目に生じやすい。前者は



図一14 ジャンカ、空隙、モルタルもれ発生位置

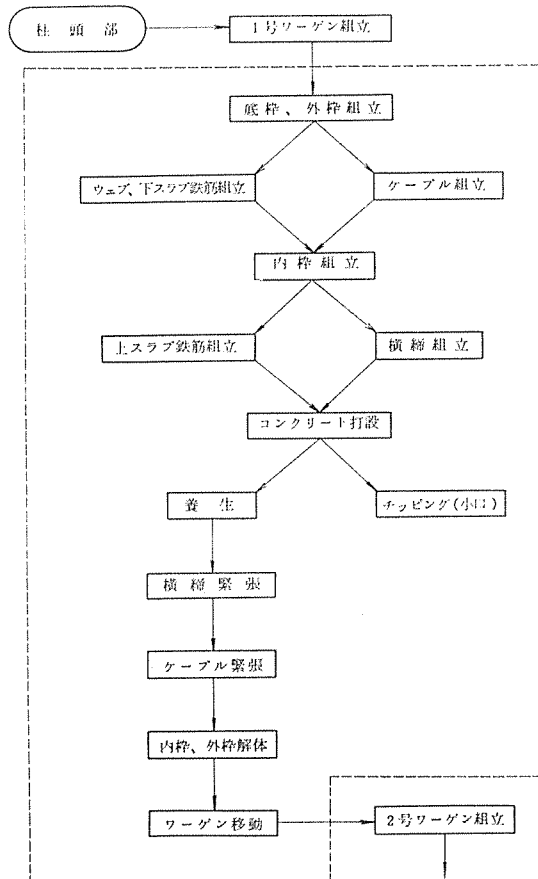
型枠にφ100mmの孔をあけ、バイブレーターのそう入と充填の確認を容易にすることで完全に防ぐことができた。後者はスポンジ、隙間テープによって防ぐことができた。

b) 上スラブの斜め鋼棒定着部のジャンカ、空隙 柱頭部の上スラブのウェブ上部分は、主ケーブル、斜鋼棒が密に配置され、特に後者の補強筋部分は箱抜き裏でもありコンクリートが充填されにくく、空隙やジャンカが発生しやすい。そのために、特定の作業者に細径のバイブレータを専用させ十分に締め固めさせることによってこれを防いだ。

7. ワーゲン張出し部の施工

(1) 施工内容と順序

でき上がった柱頭部上に1号ワーゲンを組み立てて、型枠組立て・配筋・コンクリート工・緊張の一連の作業でNo.1ブロックを施工する。次に1号ワーゲンを押し出して反対側の空いたスペースに2号ワーゲンを組み

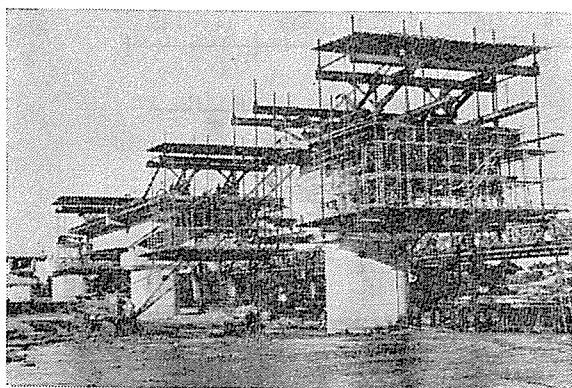


図一15 ワーゲン部の作業順序

表一5 柱頭部用コンクリートの配合

記号	セメント	W/C	C	W	S/a	S	G	Poz	SI	Air	備考	
A	早強	40.3	400	161	37.9	668	1150	No. 5	9.6	6.9	3.5	2.6
B	早強	40.5	400	162	37.8	666	1150	No. 8	9.5	6.8	3.2	2.7

注：SI 値は、Air 量は左が生コン工場の値、右が現場の値



写真—4 ワーゲン部施工状況

立て同様な作業を行う。交互にこの作業を繰り返し、それぞれ6ブロックずつ張り出した後に、ワーゲンを撤去して完了する。

これがワーゲン部の施工内容であるが、この1ブロック製作をさらに詳しく図—15に示し、併せてワーゲン部施工中の状況を写真—4に示す。

(2) ワーゲンおよび型枠

ワーゲンは容量 200 t-m 程度の中型のものを使用した。

当橋は R 4 000 m の円曲線、およびその緩和曲線区間にあるので、ワーゲンの据付け方向は1ブロックごとに変えている。

型枠は、小口、ハンチ、張出しスラブ先端のみ木製を使用し、他のほとんどの部分は鋼製を使用した。

(3) 配筋

施工断面での配筋誤差を少なくするために、小口型枠は前もって加工場で原寸を引き、設計図どおりにシース、鉄筋位置に孔をあけておき、現地で組み立てる方法を採用した。施工断面間でも主ケーブルを所定の高さにセットするために、1ブロック内で2~3箇所棚筋を入れて固定した。また、ケーブル用シースは打設時に変形する恐れがあるので、塩化ビニールパイプを芯にポリエチレンパイプをたばねたものをそう入して、これを防いだ。

(4) コンクリートの配合と打設

『ワーゲン張出しブロックは、打継目付近からクラックが発生しやすい』ことが、これまでの施工例で実証さ

れているので、当橋では可能な限りスランプ値の小さい生コンを使用した。その配合を表—6に示す。

生コンの運搬は、1ブロックの体積が 28~37 m³ なので、クレーンを1台、バケット (1 m³) 1個用いて、橋面上のホッパーに上げ、ここから一輪車で所定の位置まで運ぶ。そして、下スラブは縦シュートとベルトコンベアで投入し、ウェブと上スラブはバツフルプレートに当てて落した。

打設は、6~7 m³/h のゆっくりした速度で打ち、締めを十分に行った。パイプレーターは φ60 mm と φ45 mm と φ38 mm を使い、かけ忘れのないように、またいたずらな作業員の疲労を避けるために、次の配慮を行った。

1) ウェブを打設する際、φ60 mm は重いので片側4本ずつロープ吊りにしておき、生コン投入とともに徐々に引き上げる。

2) φ38 mm と φ45 mm は、特に配筋の密な箇所に用いるので担当者を決めた。

(5) 仕上げおよび養生

露出面は、沈みひびわれの防止のために、1回目の仕上げから2時間後に、表面をたたきながら2回目の仕上げを行った。そして2回目の仕上げ後、2時間してから表面をマットでおおい、さらに2時間後にスプリングローラーによる散水を開始し、緊張までこれを続けた。

外型枠および内側天井型枠は、緊張まで脱型をしないので、この面からの養生は行わなかったが、小口型枠および内側側面型枠は、脱型直後から緊張直前まで同様な散水養生を行った。

(6) ワーゲンサイクルについて

当橋の張出部は交互はね出しで施工され、そのワーゲンサイクルは図—16に示すように14日/2ブロックであった。これが片引きならば、図中のAブロックの11~13日目の作業が11日目の緊張作業に妨げられないために、サイクルを短縮でき10~12日/2ブロックとなるはずである。また、両引き同時はね出しの場合も同様に考えられる。つまり工程的には、両引き同時、片引き交互のほうが両引き交互よりも有利である。

次に作業員数とか作業密度の面からいうと、ワーゲン

表—6 ワーゲン部用コンクリートの配合

記号	セメント	W/C	C	W	S/a	S	G	Poz	Sl	Air	備考		
A	早強	40.3	400	161	37.9	668	1150	No. 5	9.6	6.9	3.5	2.6	
B	早強	40.5	400	162	37.8	666	1150	No. 8	9.5	6.8	3.7	2.7	夏季用
C	早強	40.0	400	160	37.7	669	1155	No. 8	8.3	5.4	4.1	2.8	〃
D	早強	39.5	400	158	37.6	666	1160	No. 8	8.9	5.6	4.2	2.8	〃
E	早強	39.5	400	158	37.6	666	1160	No. 5	8.0	5.9	4.0	3.0	

注: 1) Sl 値および Air 量は左が工場での値で右が現場の値

注: 2) 単位セメント量 400 kg/m³ はクラック防止の点からは多過ぎるかも知れないが、生コン工場で経験がなく指針を参考に決定した。Sl 値は粗骨材の形状寸法に左右されるが、当橋では砕石 20 mm ということで単位水量のわりに Sl 値が小さい。

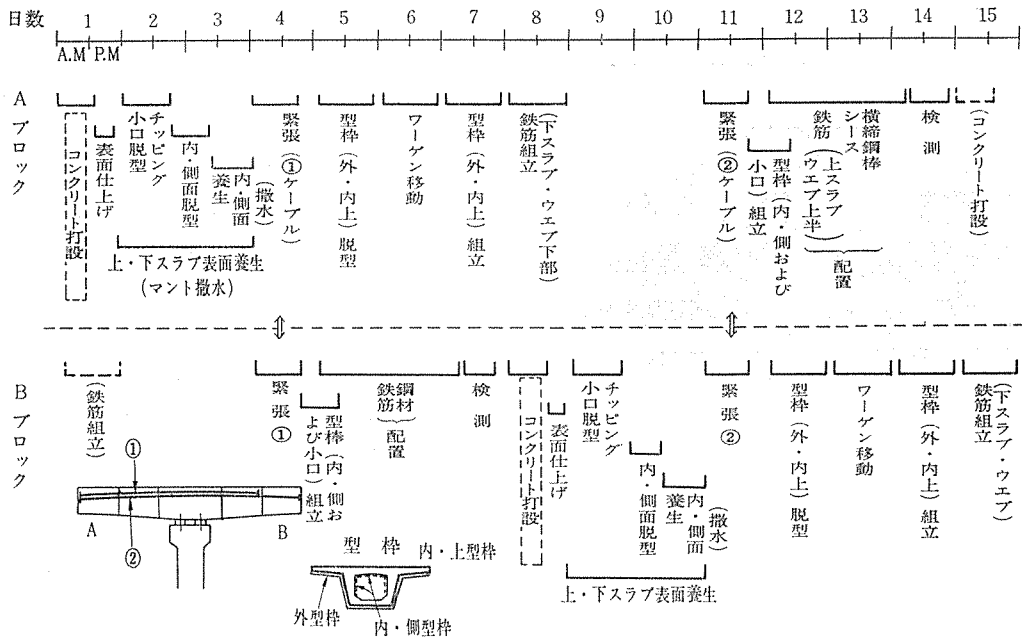


図-16 ワーゲンサイクル (張出しブロック施工標準工程)

サイクルの中の作業が質的にも量的にも変化するので、ピークのずれる交互はね出しのほうが同質のものを多く要せず、遊びも少ない。

同時はね出しは、ピークも重なり作業員数も多くなれば、遊びも多くなる。しかし、これもワーゲン台数が増せば差がなくなるはずである。

以上の理由から、ワーゲン台数が多い場合は、両引き同時はね出しが適し、少ない場合は片引き交互はね出しが適しているように思う。

(7) 新旧打継目クラックの防止

最初の数ブロックで図-17 に示す位置にクラックが発生した。断面がそれほど大きくないためでもあろうか、数も少なく幅も 0.02~0.05 mm 程度の小さなものであった。

クラック発生は、沈み、乾燥収縮、新旧打継目付近の温度差、および部材厚方向の温度差が原因とみられるが、これらの要因として、コンクリートの配合(単位水量、単位セメント量、混和剤)、部材の鉄筋比・かぶり、養生状態等があげられる。

そこで当橋では、

- 1) 単位水量を減らした(162→160→158)。
- 2) 散水養生を十分な期間行い、引き続き緊張(打設

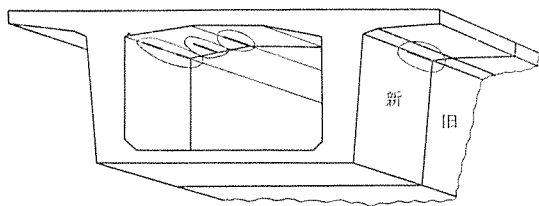


図-17 新旧打継目のクラック発生位置

後4日目)まで湿潤状態を保ち水が逃げるのを防いだ。クラックの出やすいと思われる位置には、さらにその部分だけ2~3日間湿潤マットをあてておいた。

- 3) 鉄筋のかぶりを厳しくチェックした。
 - 4) 打設速度を遅くした。
 - 5) 特に夏場では、コンクリートのピーク温度が上がり過ぎないように管理した。
 - 6) 打継目には、あらかじめ十分吸水させておいた。
- 等の、当然といえば当然のことを徹底して行ったために、クラックは完全に防ぐことができた。

なお、さらに大きな断面の橋梁ではクラックが生じやすいようであるが、必要最小鉄筋量を部材の大きさを表わすパラメーターの関数として定め、収縮応力に抵抗させればよいのではないだろうか。

8. 側径間支保工部の施工

(1) 施工内容と順序

施工内容は柱頭部やワーゲン部とほとんど同じなの

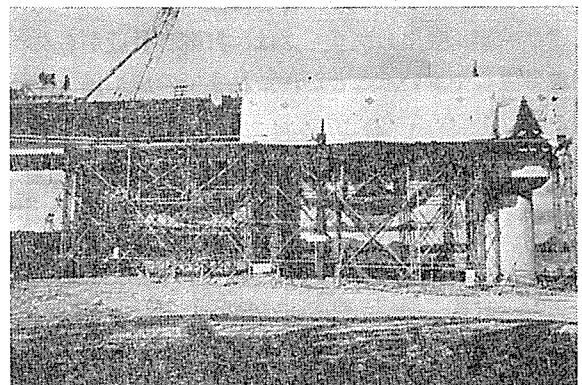


写真-5 側径間部の施工状況

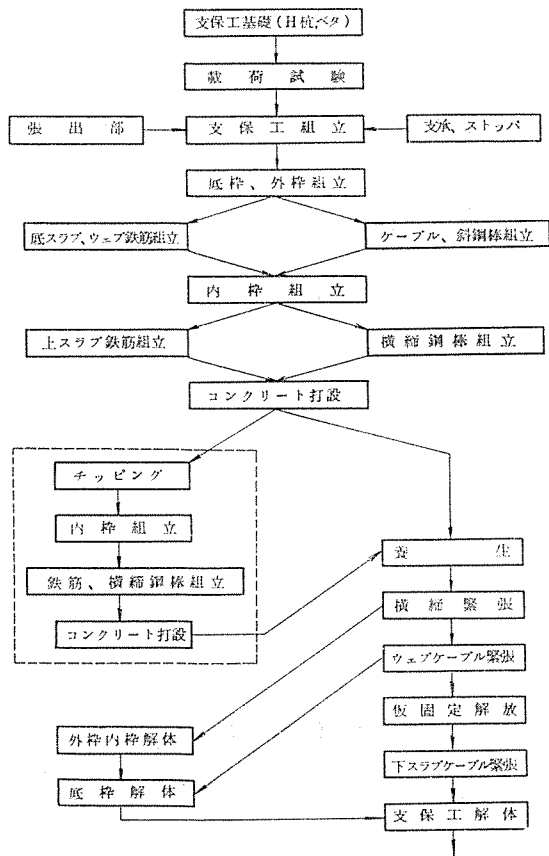


図-18 側径間支保工部の作業順序

で、異なる点のみを述べる。

支保工は、写真-5のようにH鋼杭，ブラケット，ペコサポート，ペコガードを組み合わせる構築した。

この部分は、長さ約 27 m，体積約 250 m³ なので，コンクリート打設は鉛直打継目を1箇所設け，二度に分けて行った。

次に作業順序を 図-18 に示す。

この中で，仮固定解放を下スラブケーブル緊張前にしているのは，橋脚に過大な不静定モーメントが加わらないようにするためである。

(2) 型枠の上げ越し

型枠の上げ越しは，当橋がスラブ軌道ということで特に厳密に扱い，柱頭部でも，ワーゲン部でも行っているが，側径間支保工部で問題が生じたので特に述べる。

この上げ越し量は，コンクリート打設後

表-7 なじみ量

部	材	なじみ(mm)
木	材-木	1.5
鋼	材-木	1.0
鋼	材-鋼	0.5
鋼	材-コンクリート	0.5

の変化による荷重のたわみに，ペコガードのたわみ，支柱の縮み および なじみ，杭の沈下量等を加えて求める。なじみ量は，表-7 に従って求め，杭の沈下量は載荷試験から求め，他はすべて計算により求める。計算で求める変形量は，荷重と断面定数と材料の力学的特性によるが，このうち荷重（自重，プレストレス，ワーゲン重量，静荷重等）と鋼材の断面定数（断面2次モーメント）および力学的特性（ヤング率）は問題はないが，コンクリートのそれは誤差の大きな原因となる。

(3) コンクリートの配合および打設

配合は柱頭部と同じものを用いた。

打設は，1回の打設量が同程度なので，やはりクレーン2台，バケツ2個で生コンを橋面上に上げ，下スラブは，上スラブ型枠の開口部から縦シュートで落とし，それ以外はワーゲン部と同様に行った。

また，打設直後から始まる収縮に対する抵抗力を与えるために， $\sigma_{cp}=2\sim 3 \text{ kg/cm}^2$ のプレストレスを早期に導入した。

(4) 上げ越し上生じた問題

最初に施工した4径間東京方側径間のたわみ変化を 図-19 に示す。

このように計画値と実測値が大きくへだたったのは，次の理由による。

- 1) コンクリートのヤング率が $35 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ と仮定したが実際はもっと小さい。
- 2) 断面2次モーメントの計算の際に，シース部分の断面欠損を無視したが，この影響が案外大きい。
- 3) 中央連結までのクリープ変形を考慮しなかったが

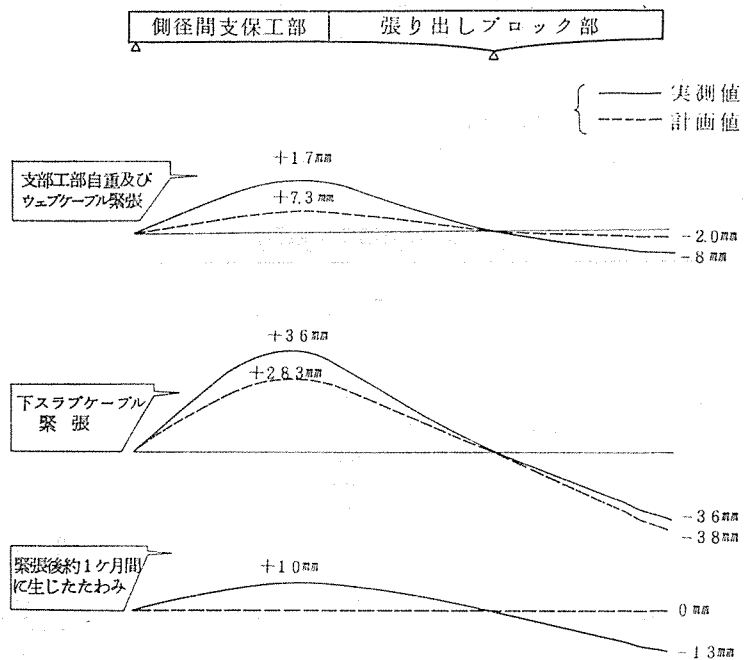


図-19 側径間部のたわみ変化

報 告

下スラブケーブルまで緊張すると $\sigma_{cl}=150 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_{cu}=15 \text{ kg/cm}^2$ で、かなり弾性ひずみも大きく、さらに若材令ということで短時間のうちに大きなクリープ変形を生じた。

分析した結果、弾性たわみの誤差の 2/3 は 1), 1/3 は 2) によることがわかった。そこで、以後の施工は、1) と 2) を補正して計画値を変更し、3) については、経験上中央連結後のクリープ変形は小さいということでこの段階では自重を支えるだけのケーブルを緊張し、中央連結直前に残りのケーブルを緊張する方法で対処した。また、1) については非常に大きな問題であるので、いろいろな養生条件でヤング率の測定試験を行った。強度試験と併せて紹介する。

a) 試験方法 供試体の形状寸法は $\phi 15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ で、数は養生条件 4 通り（標準養生、現地名取川の水中、同大気中、 25°C の高温気中）、材令別 4 通りで各ケース 3 個ずつ、予備を含めて計 60 個用意した。

試験は、JIS A 1108 に従う圧縮試験と同時に、コンプレッソメーター（測点距離 15 cm, 2 倍式ダイヤルゲージ最大目盛り 1/500 mm）による伸び測定を行った。

ヤング率は各供試体強度の 40% の応力時の tangent modulus とした。

b) 結果および考察 強度およびヤング率の測定結果（3 本の平均値）を 図-20, 21 に示す。

また、表-8 は養生期間中の名取川の水温、気温の測定記録である。

以上の結果から、早期（材令 3 日程度）の強度およびヤング率は温度に左右されるが、それ以降は温度よりむしろ養生水の有無に大きく左右されることがわかる。

また、上げ越し計算で $35 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ と仮定したのが大きな誤りであったことも認められる。

ヤング率は円柱試験結果からは $E_c=25 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 前後、上げ越し結果からは $E_c=28 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ と推定される。

表-8 名取川の水温および気温の測定記録

月日	最高気温	最低気温	水温	月日	最高気温	最低気温	水温
3.10	5.3	1.0		24	9.4	1.6	5.0
11	9.4	1.9		25	7.1	-1.0	4.5
12	8.7	1.1	5.5	26	3.7	0.2	
13	8.9	-0.3		27	10.2	-2.0	6.5
14	8.4	-1.5	5.5	28	10.2	1.1	
15	9.0	-1.0	5.0	29	15.7	2.6	
16	8.8	-0.9		30	10.6	5.8	
17	5.5	0.8	5.5	31	11.2	3.3	
18	8.7	-1.2	7.0	4.1	9.8	1.8	8.5
19	7.4	-1.0	4.5	2	10.3	0.8	
20	6.5	1.7	6.0	3	11.5	2.5	7.0
21	10.7	3.9		4	16.3	1.7	9.0
22	10.5	1.9		5	13.7	1.3	
23	12.4	5.0	7.0	6	16.5	8.3	

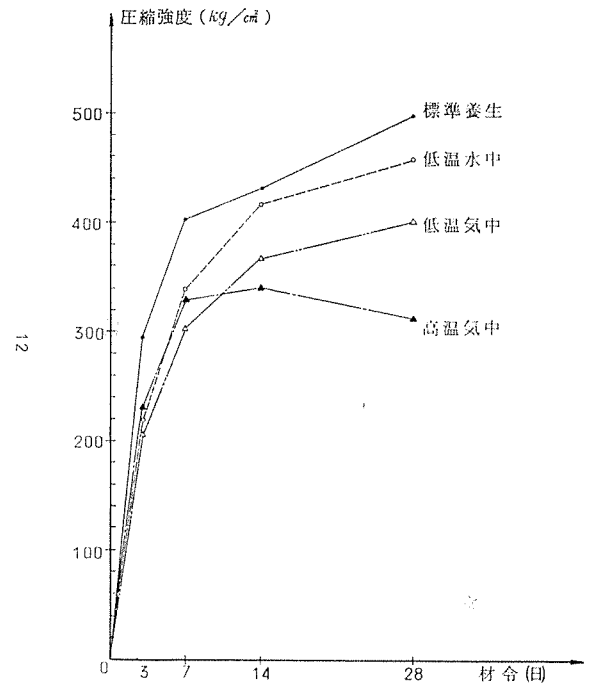


図-20 圧縮強度の測定結果

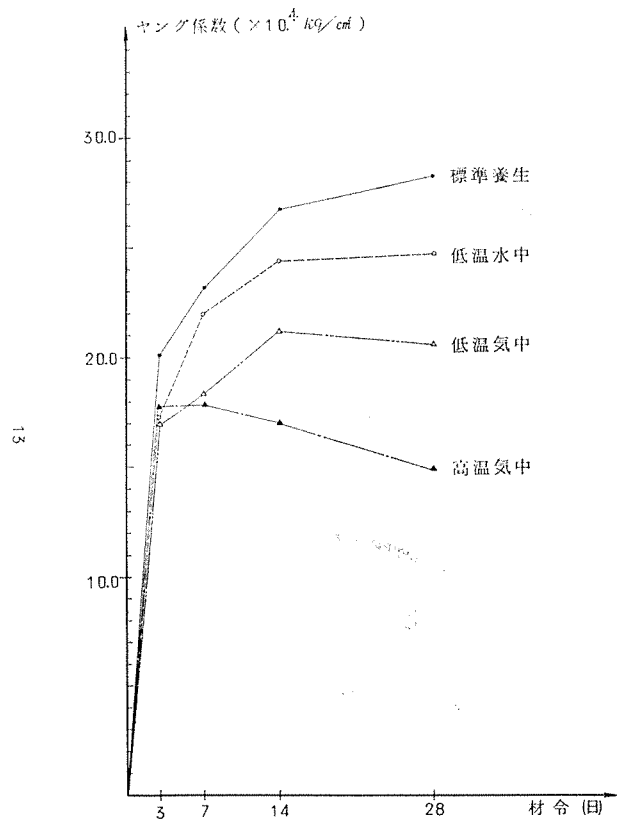


図-21 ヤング率の測定結果

9. 中央連結部の施工

中央連結部は、既成の桁から吊り支保工を組み、ワーゲン部と同様に、コンクリートを打設し、連結ケーブルを緊張した。4 径間の場合、2 箇所を同時施工した。

10. グラウトの施工

(1) 配合および注入

グラウトは、試験練りを行って表-9の配合のものを使用した。グラウト注入に関する作業の手順は次のとおりである。

1) 緊張を終えたケーブルの両端を切断した後、硬質ポリエチレンパイプをおすコーンのグラウト注入口にそう入し、モルタルでコーンとストランドの間隙を防ぐ。

2) シース内に水通しを行い、その後圧さく空気で流出口の確認とシース内の清掃をする。

3) グラウトを配合どおりに練って流下試験を行い、フロー値が適当かどうか確認する。

4) 注入は圧力 2~3 kg/cm² でゆっくり行い、流出口から一様なコンシステンシーのグラウトが流出するのを確認して流出口をふさぎ、圧力を上げてから注入口もふさぐ。

(2) グラウトの注入時期

グラウトは、注入後5日間は 5°C 以上を保つのがよいとされているので、冬期は保温して施工し、夏期は気温の高い間は施工を避けた。

冬期の保温は、桁をシートで覆い桁の内部からジェットヒーターとサラマnderで暖める方法を採用したが、注入何日前から暖めるのが有効かわからなかったのので、試験を行い、その結果から表-10の工程で施工した。

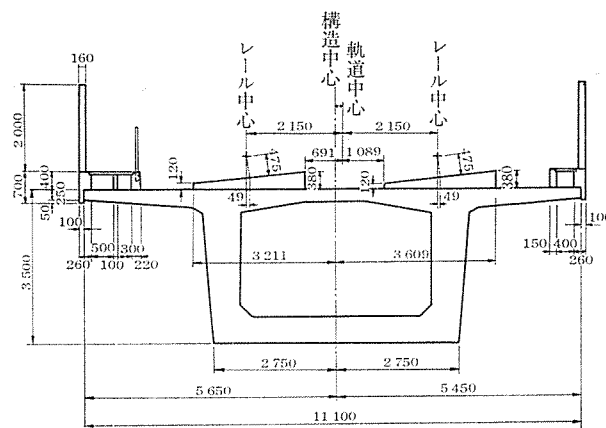


図-22 橋面工

11. 橋面工

橋面工は図-22に示すように、スラブ軌道用の路盤コンクリート、地覆、高欄、ケーブル用ダクト、通路安全柵（鋼製丸パイプ）からなっている。

12. むすび

昭和48年1月に下部工を着工して以来、約2年半を経て、昭和50年7月19日に最終の中央連結をもって主桁が完成した。下部工、上部工ともに工事は順調に進み、現在は橋面工の一部を残すのみである。われわれは、東北新幹線が早く開通し、この名取川橋梁上を「ひかり」が走行する日を、今から心待ちしている。

表-9 グラウトの配合その他

No.	W/C (%)	C (kg)	ポゾリス No.8 (cc)	アルミ粉末 (g)	フロー値 (秒)		膨張率 20 H (%)	ブリージング率 (%)		圧縮強度 (kg/cm ²)		グラウト温度 (°C)		使用ミキサー	品質基準
					1~5分後	15分後		3 H	20 H	7日	28日	1~5分後	15分後		
1	40	40	800	3	15.2	18	3.8	0.2	0	275	329	25		FKK	0
					16.0	19	2.5	0.2	0	262	319				
					15.5	19	3.3	0.2	0	270	336				
2	43	40	800	3	9.5	11	3.5	0.2	0	209	301	24		FKK	0
					9.5	11	2.5	0.3	0	275	316				
					10.0	11	2.5	0.2	0	247	324				

表-10 寒中グラウトの工程

種目	日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
養生						子	然	作	業													
グラウト作業				水通し、IP通し																		
						注入																

5°Cの確認

最後に、この工事にともに取り組み、本稿をまとめるにあたりご指導ご協力を頂いた池田助役、河野技術掛をはじめとする長町工事区の皆様および住友建設(株)南仙台作業所の皆様と、仙台新幹線工事局工事四課、構造物設計事務所等関係各方面の皆様に誌上をかりてお礼申し上げます。

1975.9.20・受付