

鶏林橋の施工について

白 善 武 一*
 藤 森 哲*
 木 村 信 彦*

1. 本橋の概要

本橋は日本道路公団名神高速道路建設工事において、多数使用した新しい型式の跨高速道路橋の一つである。その位置は、名神高速道路第一建設局島本工事事務所管内の梶原トンネルと天王山トンネルのほぼ中間に位置する。本橋の力学的型式は、PC不静定ラーメン橋で、その力学的構造図は 図-1 に、型状寸法は 図-2 に示すとおりである。

2. 設計概要

本橋はPC不静定構造物であるので、設計においてその施工仮定が大きく問題になってくる。それゆえ、最初に施工順序をのべる。

(1) 施工順序の仮定

- a) 斜材、および垂直材の型わくを組み、コンクリートの打設を行なう。
- b) 斜材にのみプレストレスを導入し、斜材をプレストレスト コンクリート部材とし、グラウチングを行なう。
- c) ステージングを組み、その上に上部主桁の型わくを組み立て、主桁のコンクリート打設を行なう。ただし

主桁と斜材の結合部（図-2 中斜材の黒塗部）は、コンクリートの打設を行わない。

d) 先に斜材にプレストレスを導入した鋼棒に、カップラーを連結し、鋼棒を延長して斜材と主桁を鋼棒でつなぎ、ナットで定着する。

e) 上部主桁にプレストレスを導入し、同時に主桁自重を支えているステージングを取りのぞく。

f) 斜材と主桁を連結している鋼棒を緊張して、2次応力を除去する。

g) 斜材コンクリート打残り部（図-2 中斜材の黒塗部）のコンクリートの打設を行なう。

h) 斜材の鋼棒を再緊張し、斜材と主桁の結合部の斜材に、プレ

プレストレスト コンクリート

図-1 構造図

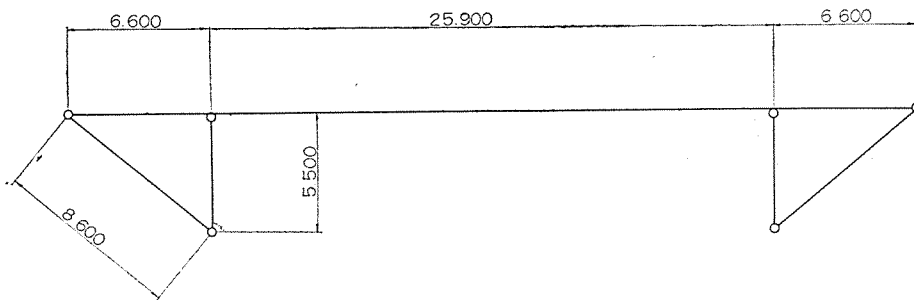
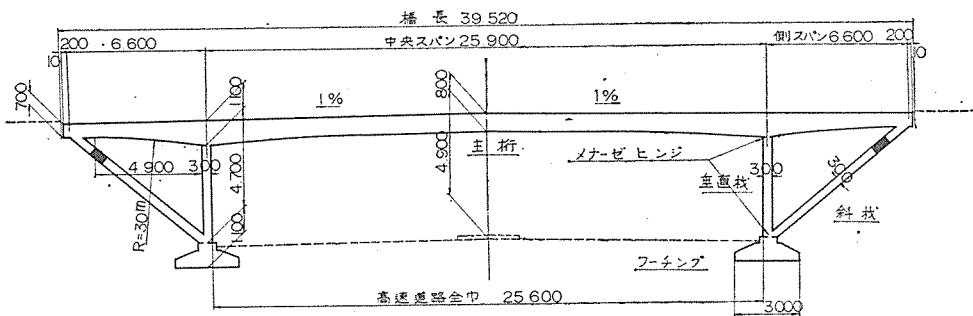
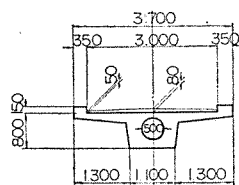


図-2 一般図
側面図



中央断面



* 日本道路公団 名神高速道路第一建設局設計部

ストレスを導入する。

以上が設計における施工順序、および施工法の仮定である。

(2) 構造上の仮定

設計において構造力学上の考え方としては、垂直材、斜材および主桁の各結合部は、すべてヒンジ結合されているものとする。

(3) 荷重およびプレストレスの作用状態

上部主桁の自重は、主桁にプレストレスを導入すると同時に作用する。主桁にプレストレスを導入して、桁自重が完全に作用した状態では、支間割りの関係で、主桁端部では、アップリフトが作用する。このアップリフトは、斜材については軸方向引張力として作用し、この場合、斜材に作用する張力はラーメン構造の不静定力として働いている。ただし、このときは上部主桁のプレストレス導入による不静定2次力をふくんでいる。上部主桁にプレストレスを導入すると、ケーブルの配置がコンコーダントでないため、不静定2次力を生じるので、斜材の引張力が変化する。したがって、斜材の引張力の調整を行なう。すなわち、上部主桁のプレストレス導入によって生ずる斜材の2次軸方向圧縮力と同じ大きさの引張力を斜材に与える。これによって、上部主桁にプレストレスを導入したための不静定2次力を除去したことになり、各断面の応力について、主桁にプレストレスを導入したことによる不静定2次力は考えなくてよいことになる。

次に斜材のコンクリート打残り部に、コンクリートを打設し、鋼棒を再緊張し、この部分にプレストレスを導入する。この場合、斜材のプレストレスを導入される長さがすでにプレストレスを導入された部分の長さより短かいこと、上部主桁の中央径間の剛度が比較的小さいことによって、それによる不静定2次力が非常に小さいので無視する。以上の方針により本橋は設計されている。

3. 工事に使用した材料

(1) PC鋼材

表一 PC用鋼材の物理的性質

	直 径 (mm)	抗 張 力 (kg/mm ²)	のび率 (%)	降伏点応力 (kg/mm ²)	備 考
PC鋼線	6.995	162.6	7.5	141.9	
PC鋼棒	23.230	104.2	6.2	91.0	母 材
〃	23.367	99.4	—	—	ナット部

表二 コンクリート示方配合

種 別	組 骨 材 最大寸法 (mm)	スラブ の 範 圍 (cm)	空気量の範囲 (%)	単位水量 (kg)	単 位 セメント 量 (kg)	水セメント比 (%)	絶対細骨材 率 (%)	単位細骨材 量 (kg)	単位粗骨材 量 (kg)	単 位 A E 剤 量 (g)
斜 材 柱	25	8±2	2±1	146	350	41.7	35	657	1 240	1 750
主 桁	25	4±2	2±1	140	350	40.0	35	655	1 241	1 750

PC鋼棒はKK神戸製鋼所製作のφ24mm引抜第2種鋼棒を使用、PC鋼線は、神鋼鋼線鋼索KK製作のφ7mmを使用した。それぞれの物理的性質は、表一に示すとおりである。

(2) コンクリート

コンクリートは、すべて大阪生コン向町工場のレディミックスドコンクリートを使用した。骨材については、大阪港荷上げの四国産の25mm以下と、野州川産の15mm以下の骨材を使用し、その配率は8:2とした。なお、コンクリートの示方配合は表二に、それらの強度は表三に示すとおりである。

表三 コンクリートの各材令強度

(単位: kg/cm²)

種 別	養 生 方 法	現 場 養 生			標 準 養 生	
		3 日	5 日	7 日	7 日	27 日
斜 材	南 側	184	263	282	—	404
	北 側	216	—	270	334	—
主 桁	第1日目打設	236	—	294	354	—
	第2日目打設	255	—	309	358	—

(3) グラウト

グラウトは、あらかじめ本橋に使用したケーブルの形とほぼ同じ形のケーブルを作り、それによって試験を行ない配合などを決定した。グラウトの配合は表四に示すとおりである。

表四 グラウト配合

セメント (普通セメント)	水	ポゾリス No. 8	アルミ粉
100 kg	39 kg	250 g	7 g

4. 施 工

本橋工事は、村上建設KKが請負い、その下請をオリエンタルコンクリートKKが行なった。

(1) 施工時期

工事着工は昭和35年12月初旬であり、ただちに基礎掘削にかかり、昭和36年1月より橋梁上部工(基礎フーチング、柱、および斜材をふくむ)に着手したが、寒中であるので、寒中コンクリートをさけるため、コンクリート打設は3月以後になるようにした。おもな工事工程は次のとおりである。

基礎フーチング コンクリート打設(下り) 36年3月10日
同上 (上り) 3月11日

報 告

柱および斜材コンクリート打設 (下り)	3月22日
同上 (上り)	3月29日
斜材第1次プレストレス導入 (下り)	4月4日
同上 (上り)	4月6日
上部主桁コンクリート打設	4月11日
同上	4月12日
上部主桁プレストレス導入	4月18日
斜材反力の調整	4月19日
斜材間詰めコンクリート打設	5月2日

(2) 支保工および型わく

本橋は、コンクリートが現場打ちのポストテンションPC橋であるので、支保工および型わくの沈下については特に注意をはらった。

支保工、および型わくの構造は、下記および図-3に示すとおりである。

a) 3.6m 間隔に $\phi 7$ 寸の支柱を持つ木製ステージング 12 基を建て、その上に横バリを渡し、上部主桁の型わくを組立てた。

b) ステージングおよび型わくの各部材のコンクリート、および作業に荷重によるたわみは、各部材支間の 1/480 を越えないように部材長さ、および断面を決定した。

c) ステージングの基礎は、支柱の下の台バリの下面に台バリと直交するまくら木を敷き、基礎の支圧面積を拡大し、基礎地盤の沈下量の軽減をはかった。なおこの沈下量に関しては、あらかじめ基礎地盤の載荷試験を行ない、コンクリート打設時における地盤の沈下量を推定した。

d) ステージングの各支柱の直上には、容量 10t、および 5t のジャーナル ジャッキを配置し(写真-1 参照)、型わく位置の調整、および脱型に便利ようにした。

e) 主桁内部の埋込み円筒型わくは、外径 500 mm の

合板製のものを用い、コンクリート打設による浮上がり防止のため、1m 間隔に円筒型わくの中心を貫ぬくボルトを側面型わく外側の横バリに締めつけた。ボルトはコンクリート硬化後、取除きができるように、ビニールパイプをその外側にかぶせて、コンクリートの打設を行な

写真-1 ステージング用のジャーナル ジャッキ

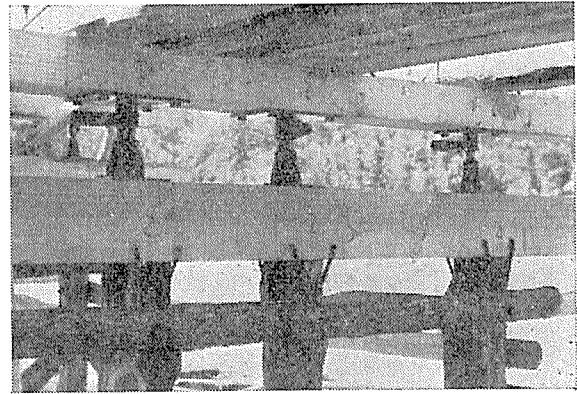


写真-2 円筒型わく組立

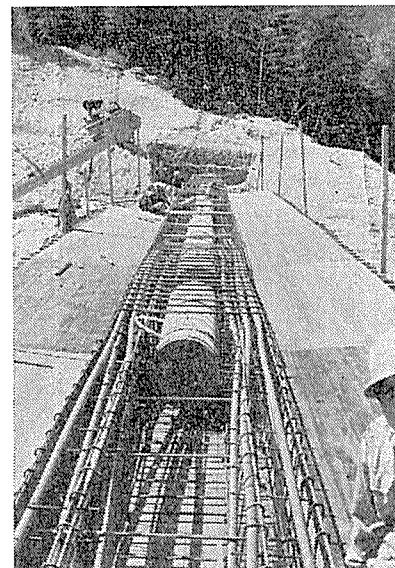


図-3 ステージング組立図

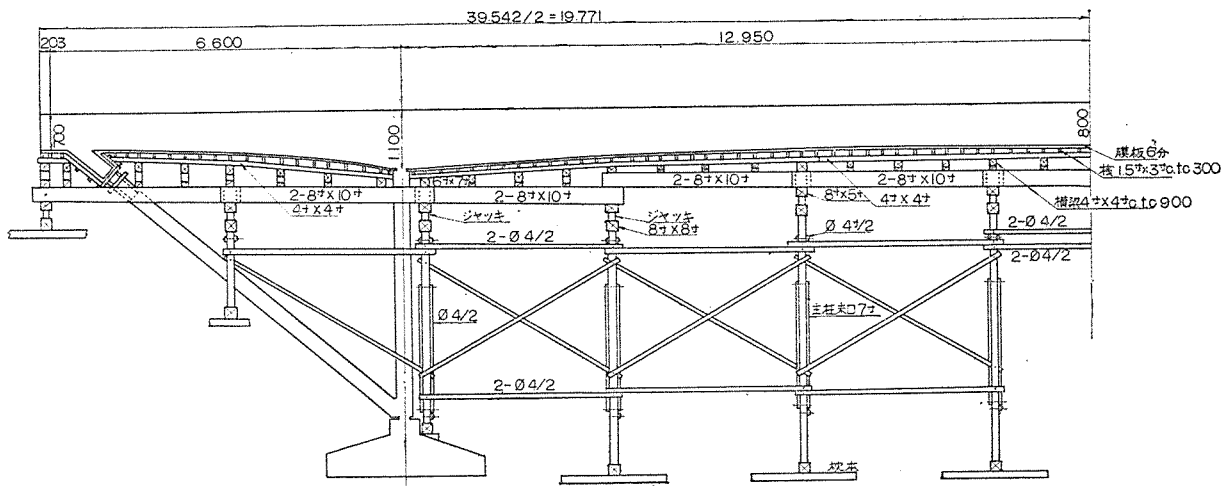
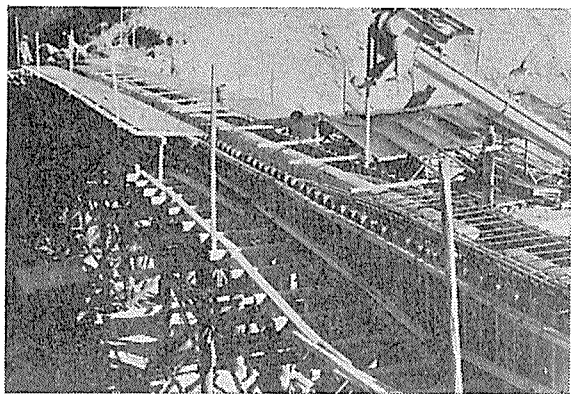


写真-3 上部主桁型わく組立



った。

(3) 型わくの上げ越し

型わく組立について、その高さを決定するのに次の諸事項を考慮した(本橋は跨高速道路橋であるが、名神高速道路中の橋梁は、走行上高速道路の一部と考える必要がある。ゆえに縦断曲線形については特に神経を使わねばならない。他の本線橋梁の参考資料とするため、特に上部主桁のコンクリート打設時における上げ越し量を問題としたのである)。

- a) 上部主桁のコンクリート自重によるたわみ量
- b) 有効プレストレスによるたわみ量
- c) コンクリートのクリープによるたわみ量
- d) 斜材反力調整によるたわみ量
- e) 自重以外の静荷重(舗装、地覆、および高欄等)によるたわみ量
- f) ステージングの各部材の積みかさね接点の圧縮変位量
- g) ステージング基礎地盤の沈下量

以上の諸量について、計算または仮定して型わくの上

表-5 各支柱位置における上げ越し量

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
① たわみ桁自重 δ_0	0	0	1	8	15	19
有効プレストレス δ_p	0	0	-1	-14	-27	-34
死荷重 δ_d	0	0	0	3	5	6
クリープ δ_c	0	0	-1	-6	-11	-14
乾燥収縮 δ_s	0	0	0	-1	-1	-1
反力調整 δ_R	17	9	-4	-11	-18	-21
計	17	9	-5	-21	-37	-45
② 木材接点の圧縮量	3	4	4	4	4	4
③ 木材の圧縮縮み	0	2	2	2	2	2
④ 台パリの沈下量	3	3	0	3	3	3
合計	23	18	1	-12	-28	-36

げ越し量を決定し、型わくの組立を行なった。なおコンクリートのクリープによるたわみ量について、上げ越しに用いた量は計算値の1/2とした。これはクリープによるたわみ量の計算値は、経過年数無限大の値であるのとクリープは初期の6カ月程度で80%前後は終了すると考え、また計算値の正確度の問題もあるので、一応1/2をとった。また乾燥収縮によるたわみ量は小さいので、計算から除外した。これらの諸量は表-5に示すとおりである。

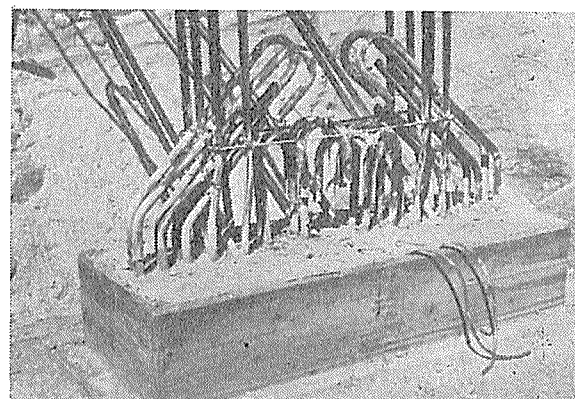
(4) コンクリートの打設

橋梁全体としてのコンクリートの打設順序は

- a) 基礎フーチング
- b) 柱、および斜材
- c) 上部主桁
- d) 地覆、舗装

a) 基礎フーチングのコンクリート打設 基礎フーチングのコンクリートの打設は、基礎頂部の柱との継目のメナーゼヒンジ部(写真-4参照)のコンクリート切欠部までコンクリートを打設し、つぎに柱部のコンクリ

写真-4 柱下部のメナーゼヒンジ



ート打設時に、継目部にレータンスや不良コンクリートが残らぬように注意して仕上げを行なった。

b) 柱、および斜材のコンクリート打設 柱、および斜材のコンクリート打設量は、 $2 \times 1.85 \text{ m}^3$ および $2 \times 2.15 \text{ m}^3$ である。1日のコンクリート打設は、片側の柱および斜材、すなわち、約 4 m^3 であった。柱のコンクリート打設は、柱の型わくを全高さまで一度に組立て斜材側の側面に設けた巾104 cm、高さ40 cmのコンクリート投入口(写真-5参照)より、コンクリートを投入し、打設を行なった。コンクリート投入口よりフレッシュャブルバイブレーター2台を入れ、コンクリートの締固めを行ない、コンクリートが投入口の下まで打上がったとき、その投入口

をふさぎ、さらに上の投入口より打設を行なった。なおコンクリート投入口の間隔は、ほぼ120 cmである。コンクリートの運搬は、生コン運搬車よりムカデ式ベルトコンベヤーで、上部主桁のステージング上に作った運搬路をカートで運搬し、コンクリートの分離をさけるため一度練り台にあげてから打設を行なった。

写真-5 柱のコンクリート投入口

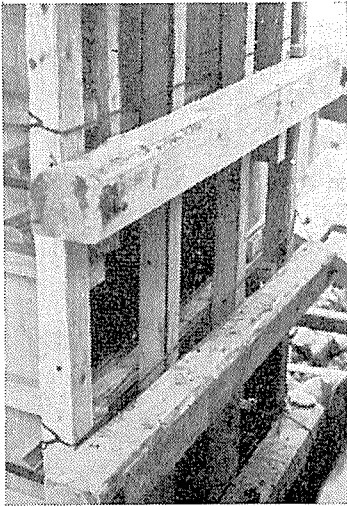


写真-8 上部メナーゼ ヒンジ

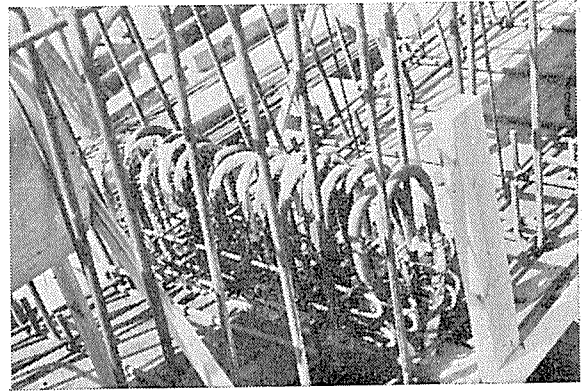
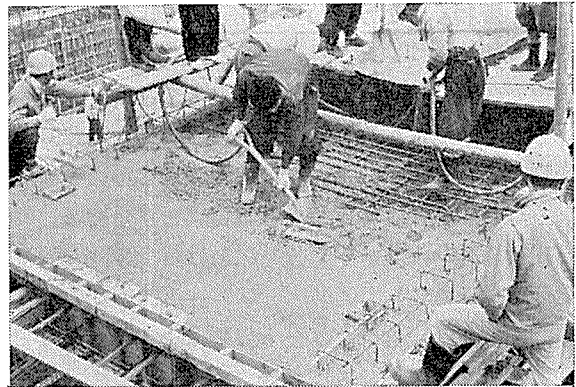


写真-9 上部主桁コンクリート打設



斜材は底面および側面型わくを先に組み立てておき、コンクリート打設にしたがって上面をせき板でふたをし、順次上方に立上って行った。コンクリートの締固め、および運搬については柱と同じである。なお柱と斜材は結合部でコンクリートがつながっているため、一方のみを打設すると他方へ流入するおそれがある。ゆえに同時に打設し、ほぼ同じ高さづつで立上がりを行なった。

c) 上部主桁のコンクリート打設 上部主桁のコンクリート打設は一般的な方法とあまり変わらず、その運

写真-6 斜材コンクリート打設

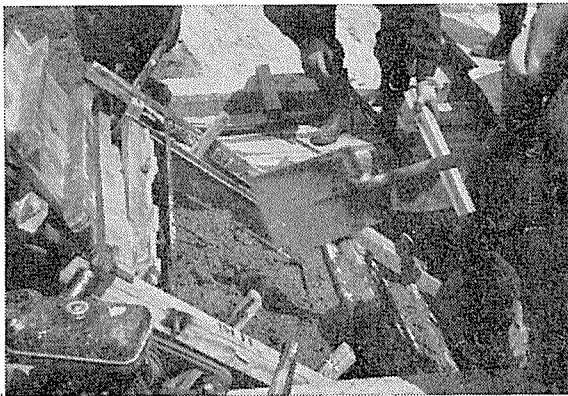
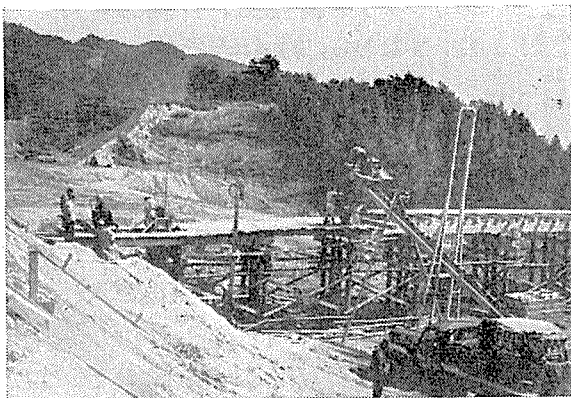


写真-7 コンクリートの運搬



搬については、柱および斜材のときと同様に、主桁型わく上に設けたコンクリート運搬路に生コン運搬車からムカデ式ベルトコンベヤーで上げ、ネコ車により主桁上を運搬し、一たん練り台上にあげ、スコップにより投入し、コンクリート投入時に内部の合板製円筒型わくを損傷、および移動しないよう注意しながら打設した。打設順序は図-4に示すように、第1日目に中央径間を、第2日目に両側径間を打設した。打設コンクリート数量は各25.6 m³と21.8 m³である。コンクリートの打継目には、目開き3 mmの金鋼を桁断面方向にはり、骨材の流出を防ぎ、さらにその外側にせき板を立てセメントモルタルの流出を防いだ。コンクリート硬化後に流出したモルタルおよび金鋼を取除き、第2日目のコンクリート打設を行なった。コンクリートの締固めには、フレキシブルバイブレーター4台を使用した。

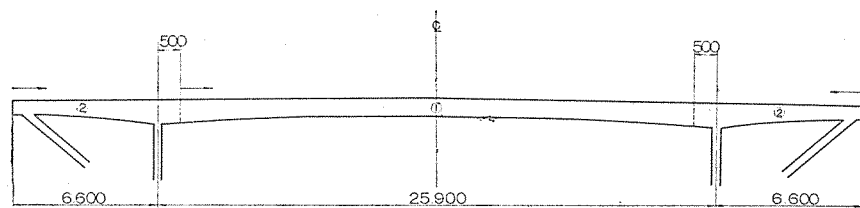
(5) 脱 型

柱の全型わくおよび斜材の上面と側面型わくは、コンクリート打設後3日以上、コンクリート圧縮程度150 kg/cm²以上になったときに取りのぞいた。なお、斜材の底面型わくは、橋梁完成まで取除かなかった。

上部主桁の型わくについては、主桁底面のせき板以外は、上部コンクリート打設後3日目に、主桁側面型わく、および床板底面型わくを取りのぞいた。主桁底面のせき板はプレストレスを導入しプレストレスが桁面自重

プレストレス コンクリート

図-4 コンクリート打設順序



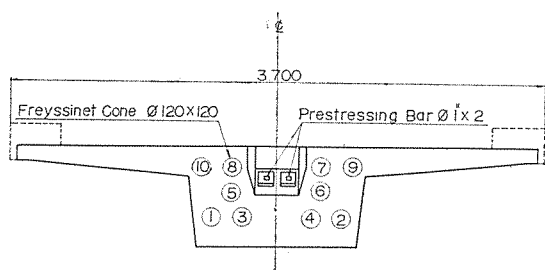
を支えるようになったときに、せき板の下に設けたクサビをゆるめて除去した。

(6) プレストレスの導入

斜材については、斜材コンクリート打設後ほぼ1週間目にプレストレスの導入を行なった。鋼棒は $\phi 24$ mm 2本を片側の斜材について使用し、プレストレスの導入には、シプレックス リモートロール オイルジャッキを使用した。

主桁のプレストレスの導入について、主桁にはフレッシュ ケーブル 10本を配置してある。プレストレス導入順序は図-5に示すとおりで、ほぼ断面重心に近いものから行なった。プレストレス導入時には、上部主桁、斜材、柱について中央径間中央断面、および柱直上断面においてコンクリートの応力を測定すると同時に、上部主桁のたわみを測定した。

図-5 プレストレス導入順序



上部主桁のプレストレス導入直後において、計算上(ただし $E. I.$ constant)では中央径間中央断面および側径間桁端部において、プレストレスの導入にしたがって両者とも上方向にそりを生ずる予定であったが、プレストレス導入初期において中央径間中央部では上向きにそりを生じたが、側径間桁端部は下りぎみで、ステージングをおさえる傾向を示した。このため側径間のステージング上のクサビを6ケーブル緊張したのちゆるめて、側径間の桁底部のせき板とステージングの縁を切った。プレストレス導入中における上部主桁のたわみの状態を図-6に示す。PC鋼線の緊張は、フレッシュ ジャッキを2台用い、すべてのケーブルについて両引きを行なった。

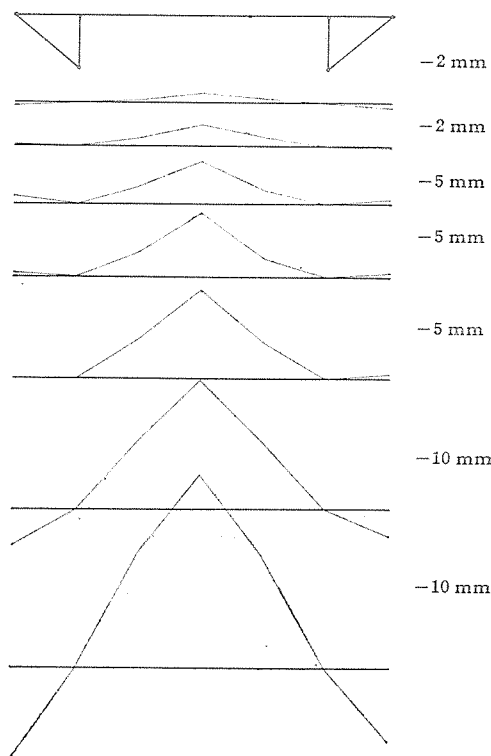
(1) 反力の調査

主桁のプレストレス導入後、斜材の鋼棒をカップラーで延長し、上部主桁に仮定着してある鋼棒を再緊張する

ことによって、斜材の反力の調整を行なった。反力の調整とは上部主桁にプレストレスを導入することにより、不静定2次力を生ずるので、斜材の受けている力は、死荷重による引張力とプレストレス導入による2次力

との和である。そのため斜材と主桁とを連結している鋼棒の引張力を、本橋が不静定ラーメン構造と考えたときの死荷重のために受ける斜材の引張力と等しくなるまで鋼棒を緊張し、その位置でナットで定着を行なった。

図-6 プレストレス導入時における桁のたわみ状態



反力の調整にはシプレックス リモートロール オイルジャッキ2台を使用し、そのおのおのを両桁端にすえ鋼棒の配置が斜材断面の中心近くに各2本あるので、両斜材の鋼棒各1本について反力の調整を行ない、他の1本については斜材と主桁の連結部のコンクリートにプレストレスを導入するのに用いた。

5. 結 び

以上本橋の施工について簡単に述べたが、本施工中とくに注意をした型わくの上げ越し問題などについて試験も種々行なったが、結果などについては次報にゆずりたい。おわりにのぞみ本橋が大きな支障もなく立派に完成できたことに対して、道路公団 田原調査役、松野技師、宮田、河村、武田、FKK 猪股、オリエンタルコンサルタンツ 清野、その他関係諸氏ならびに施工業者、オリエンタルコンクリートの北村氏その他の諸氏に対して深謝する次第である。

1961.5.15・受付