

北方橋の設計と施工

内	藤	公	夫*
田	中	俊	雄**
鎗	田	五	郎†
田	中	光	典††

1. ま え が き

本橋「北方橋」は、千葉縣市川市北方地区の河川激甚災害対策特別緊急工事として、千葉県が計画した一級河川真間川に架けられる歩行者専用の橋梁である。

一級河川真間川は、市川市内を流れる河川であり、河川兩岸の土手には桜並木があり風光明媚な所であったが、近年宅地開発が急速に進み道路等が舗装され河川上流地区の雨水等の地下浸透が妨げられたり、また住宅排水等が河川に集中し、台風や大雨の時には河川がたびたび氾濫し地域住民に多大な被害をもたらしてきた。そのため国と県および地域住民の協力により桜の木を伐採し河川幅を現在の約2倍程度まで広げ流水面積を広く取り水害を無くし、兩岸に新たに緑化護岸を設けて修景し、



写真-1 完成写真

地域住民の憩いの場を設置する工事である。

また、それに伴い橋梁をすべて取り替えることになり、兩岸の景観にマッチした橋梁を幾つか架設するものである。

なお、本橋は、この地域のコミュニティの場として、人々が集まり、触れ合うことにより地域社会の人々の結びつきを願われたシンボルとして、平面形状をアルファベットの「X」の字形としたものであり、兩岸地域の住民が両手を伸ばし河川中央でがっちりと握手した形状となされ、両地域住民が互いに助け合うようにとの願いが象徴されている。

本橋は、各種の比較検討を行った結果、非常にユニークな形状を持つ橋梁であり、過去にこの種の橋梁が比較的少なく、稀少価値があると思い、ここに設計、施工の概要を報告するものである。

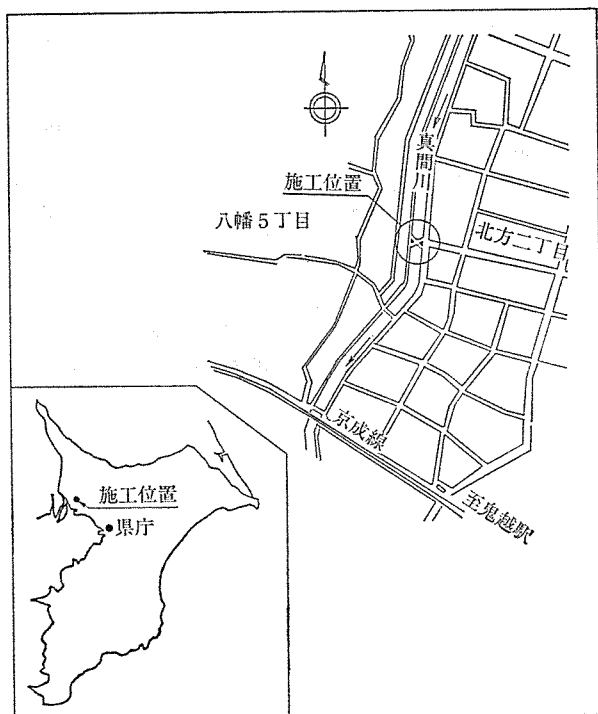


図-1 位置図

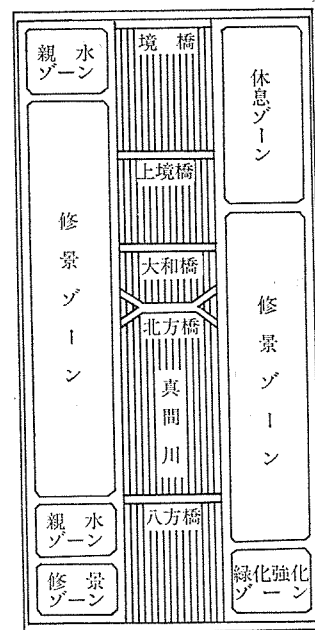


図-2 緑化護岸ゾーニング計画

* 千葉県真間川改修事務所工務課課長

** 日本建設コンサルタント(株)技術5部部长

† ピーシー橋梁(株)千葉営業所所長

†† ピーシー橋梁(株)千葉営業所設計課課長代理

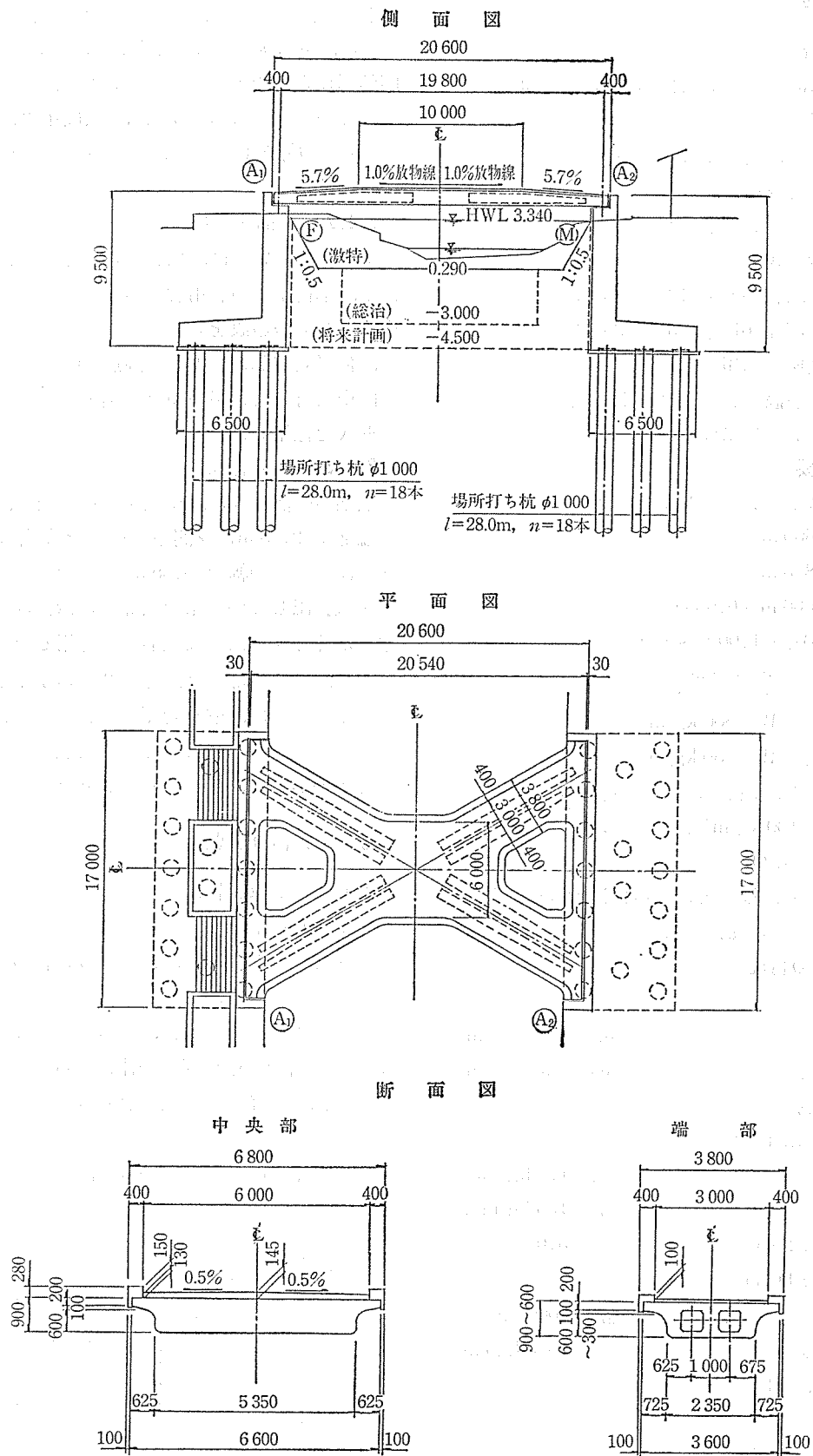


図-3 一 般 図

◇工事報告◇

2. 工事概要

2.1 橋梁諸元

工事名：河川激甚災害対策特別緊急工事（北方橋上部工）

工事場所：千葉県市川市北方八幡地先

橋梁種別：歩行者専用橋

橋梁形式：プレストレストコンクリート床版橋

架設工法：H鋼梁式支保工

工期：自）昭和 60 年 12 月 23 日

至）昭和 61 年 3 月 25 日

施主：千葉県真間川改修事務所

設計：日本建設コンサルタント株式会社

施工：ピーシー橋梁株式会社

2.2 構造概要

構造形式：ポストテンション単純中空床版橋

橋長：20.600 m

支間：19.800 m

幅員：3.000 m～6.000 m

縦断勾配：5.70%～1.00%～5.70%

横断勾配：0.5% $\xleftarrow{0.5\%}$ $\xrightarrow{0.5\%}$

群集荷重：床版 $W=500 \text{ kg/m}^2$

主桁 $W=350 \text{ kg/m}^2$

ただし、地震荷重との組合せの場合には、
 $W=100 \text{ kg/m}^2$ を考慮した。

設計震度： $K_h=0.20$

ただし、地震力による慣性力は群集荷重に対しても考慮した。

2.3 主要材料の特性

2.3.1 コンクリート

設計基準強度 $\sigma_{ck}=350 \text{ kg/cm}^2$

プレ導入時圧縮強度 $\sigma_{ci}=290 \text{ kg/cm}^2$

2.3.2 PC 鋼材

(SWPR・7 A 12 T 12.4)

引張強度 $\sigma_{pu}=175 \text{ kg/mm}^2$

降伏点応力度 $\sigma_{py}=150 \text{ kg/mm}^2$

レラクセーション率 $r=5.0\%$

2.3.3 鉄筋 (SD 30)

降伏点応力度 $\sigma_{sa}=3000 \text{ kg/cm}^2$

許容引張応力度 $\sigma_{sa}=1800 \text{ kg/cm}^2$

2.3.4 支承材

合成ゴム沓

2.4 橋梁形状の決定

2.4.1 床版高

本橋梁では、河川計画高水位と桁下余裕高および取付け道路への制約等を美観、構造的および利用者の立場か

ら考慮して種々の検討をした結果、橋梁路面形状は、支間中央で高くし桁端部で取付け道路へ摺り付けた。

また、桁下形状は、計画高水位に余裕高を取った LEVEL 形状とし、床版厚は、桁端部で 60 cm、支間中央部で 90 cm、縦断勾配は、支間中央部 10 m 区間は 1.0% 放物線として両端部へは 5.7% の直線で桁上面を摺り付けた。

2.4.2 平面形状

本橋梁においては、広範囲の利用を考え、自転車、乳母車、車椅子等の利用者への配慮と地域住民の安らぎの広場としての施設を兼ね備えることを目的として、幅員は、橋梁両端部において片側 3.0 m の分離構造とし、支間中央付近では 6.0 m の一体構造とし平面的「X」字形形式を採用した。

2.4.3 橋梁断面

橋梁の断面形式は、中空床版を採用し、床版底版幅は桁端部で 2.35 m、支間中央付近で左右分離された床版を一体としその幅を 5.35 m とした。

床版張出し部から床版底部への摺り付けは、側面形状を柔らかく見せるため曲線形状を採用した。

また、床版内部には、片側 2 本のボイドを設けた。

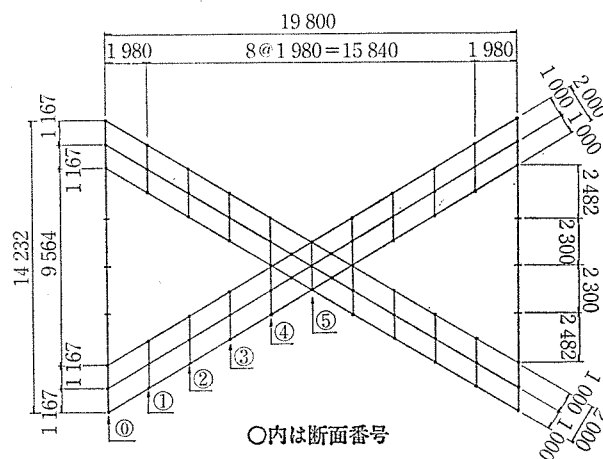
ボイド形状は、縦断勾配に合わせて変化する形状とし支間中央部では、鋼材の配置を考慮し充実断面とした。上部工の形状は、図—3 のとおりとする。

3. 設計概要

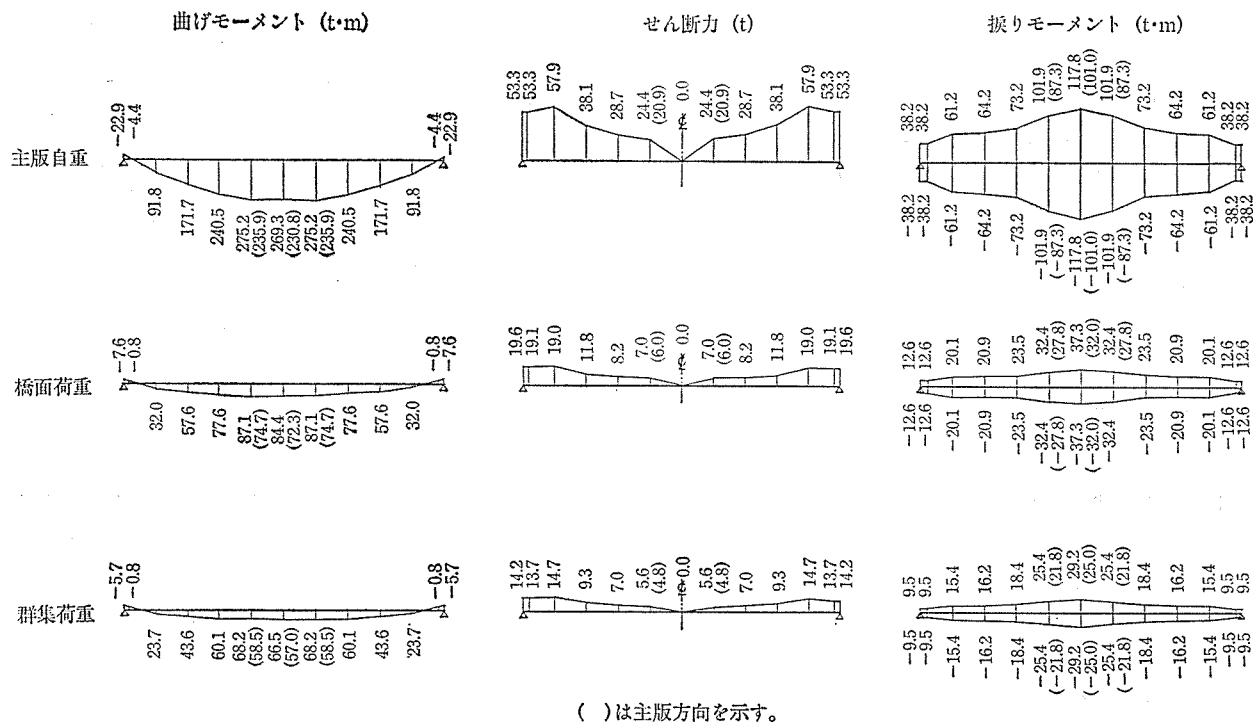
3.1 断面力の計算

本橋は平面形状が X 字形形式を有するので、各種解析モデルを検討した結果、次のように行った。

曲げモーメント、せん断力および振りモーメントを求めるための解析モデルは、床版端部で左右に分離された 1 つの断面で、中央部で一体になっている。そこで、各々の断面はボイドで区切られた 3 つの主桁と仮定して、



図—4 解析モデル



() は主版方向を示す。
図—5 断面力図

表—1 断面の曲げ応力度

(単位: kg/cm²)

断 面	0		1		2		3		4		5	
鋼材配置図												
鋼材本数	9 本		9 本		9 本		9 本		9 本		18 本	
鋼材図心	0.384 m		0.499 m		0.634 m		0.681 m		0.719 m		0.719 m	
	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁
プレストレス導入後	9.7	125.2	26.3	97.2	29.4	90.5	40.8	79.2	39.2	61.4	31.9	51.4
静荷重時	6.8	99.5	39.1	55.8	47.6	42.4	63.7	26.4	62.5	16.6	54.1	13.6
設計荷重時	6.4	100.0	47.4	45.0	59.3	27.0	78.9	6.4	77.8	-1.1	68.4	-2.2

左右3主桁ずつの6主桁が中央でクロスする主桁と、横桁は支間の10等分点に橋台に平行に主桁とクロスする曲げ剛性と捩り剛性を持つ格子構造と仮定した。解析モデルは図—4に示すとおりである。

荷重は主版自重、橋面および群集荷重を各々の主桁に面外荷重として作用させ、コンピュータによる任意平面系の格子解析として計算した。主版方向の解析結果の断面力は図—5に示すとおりである。

プレストレスの計算は検討の結果、PC鋼より線12T 12.4を9本使用しプレストレスの導入を行い、PC鋼材

とシース間の摩擦損失を角変化1ラジアン当り $\mu=0.3$ 、ケーブル1m当り $\lambda=0.004$ とし、コーンの滑り量は $dl=12$ mmおよびコンクリートの弾性変形による減少を、有効プレストレスはコンクリートのクリープ、乾燥収縮およびPC鋼材のレラクセーションにより減少する量を各々コンピュータによって求めた。

3.2 断面の応力度計算

3.2.1 曲げ応力度

主版方向には中空床版一断面当り、PC鋼材はPC鋼より線12T 12.4を9本使用した。

◇工事報告◇

中空床版の各断面位置での主版としての応力度は表-1 に示すとおりである。

PC 鋼材の応力度は設計荷重作用時の荷重の増加に伴って増加するため、その応力度を計算した。最大引張応力度 $\sigma_{pmax}=78.1 \text{ kg/mm}^2 < \sigma_{pa}=105 \text{ kg/mm}^2$ となった。

設計荷重時で断面の曲げ応力度を見ると、④、⑤断面では床版下縁のコンクリート応力度は許容値以内にあるが、引張を生ずるため、引張鉄筋 D 19 を 220 mm 間隔で用いた。

3.2.2 セン断応力度

せん断力に対して中空床版のすべての断面において、斜引張破壊の計算をした。

斜引張鉄筋はせん断力より求めた鉄筋量より、最小鉄筋量の方が大きくなった。したがって、最小鉄筋量で D 16 を 100 mm 間隔で配置した。

また、部材断面に作用するせん断力に対する軸方向鉄筋量は、D 19 を 9 本使用した。

3.2.3 振りモーメントによる応力度

振りモーメントに対する横方向鉄筋および軸方向鉄筋は、設計荷重時、最終荷重時について計算し、横方向鉄筋（スターラップ）は⑩、①断面で D 16 を 117 mm 間隔、②～⑤断面で D 16 を 146 mm 間隔で使用した。

軸方向鉄筋は、設計荷重時よりも最小軸方向鉄筋量で決まり、⑩～③断面では D 19 を 76 本、④、⑤断面では D 16 を 106 本使用した。

4. 細部検討

本橋は、前記のとおり側面、平面形状ともに非常に複雑な断面形状を有しているので、設計内容を施工時に十分反映させる必要がある。

ここでは、施工に先立ち種々な検討をも付け加えた。

検討に際しては、有限要素法 (NASTRAN) を使用した。また、その検討内容は下記のようにした。

- | | |
|-------------------|--------|
| ① プレストレスによる変位図 | (図-6) |
| ② 自重による応力分布図(下縁) | (図-7) |
| ③ 橋面+活荷重応力分布図(下縁) | (図-8) |
| ④ プレストレス応力分布図(下縁) | (図-9) |
| ⑤ プレストレス応力分布図(上縁) | (図-10) |
| ⑥ プレストレス応力分布の拡大図 | (図-11) |

5. 施工概要

5.1 施工法の概要

本橋を施工するのにあたり下記の検討を行った。

梁式支保工に使用している受梁が、コンクリート打設により起こるたわみを極力小さくするため、支間中央部

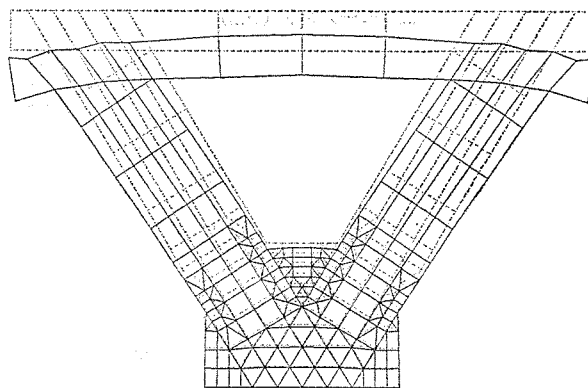


図-6 プレストレスによる変位図

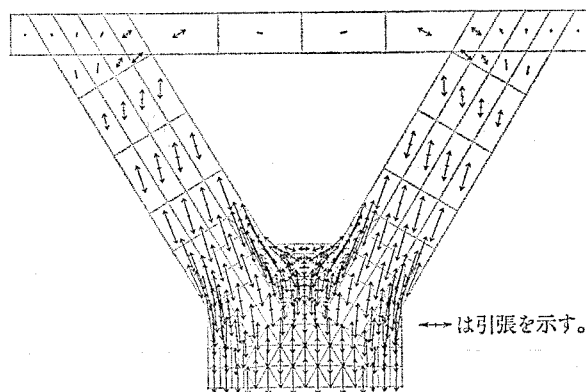


図-7 応力分布(自重一下縁)

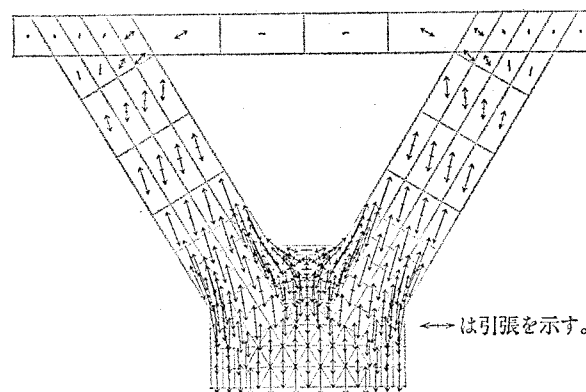


図-8 応力分布(橋面+活荷重一下縁)

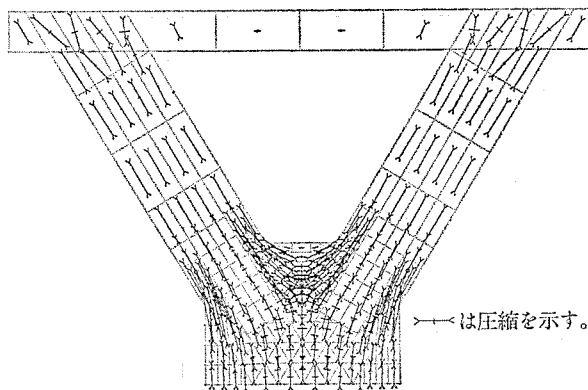


図-9 応力分布(プレストレス一下縁)

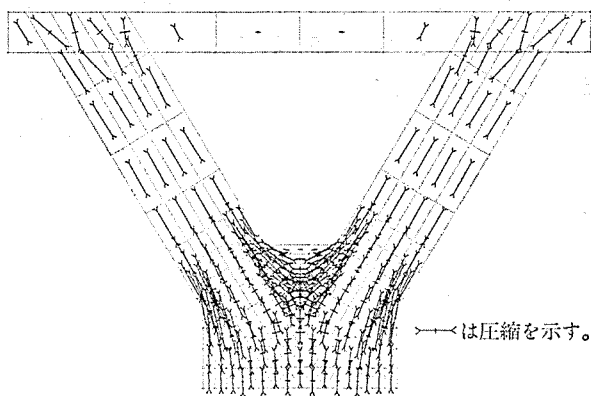


図-10 応力分布 (プレストレス上縁)

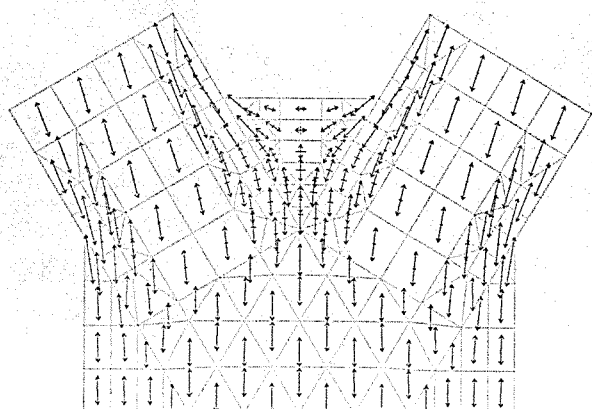


図-11 応力分布拡大図 (自重一下縁)

付近のみ3点で支持させた。

また、緊張順序およびプレによるたわみも考慮して底版をセットした。順序としては、各梁の断面中央 PC 群より左右に行った。

5.2 主要材料

本橋の施工に用いた主要材料は、表-2 のとおりである。

表-2 主要材料

種	別	単位	数量
コンクリート	$\sigma_{ck}=350 \text{ kg/cm}^2$	m ³	102.6
	$\sigma_{ck}=240 \text{ kg/cm}^2$	m ³	8.6
鉄筋	(SD 30)	kg	18 339.7
PC 鋼材	12 T 12.4 mm	kg	3 699.8
支 承	ゴ ム 沓	組	4

5.3 施工順序

本編は、上部工のみ記すことにしたので、それについてのみの主な施工フローチャートを 図-12 に示すことにした。

5.4 支 保 工

支保工は、河床地盤の N 値が 10 以下と非常に悪い

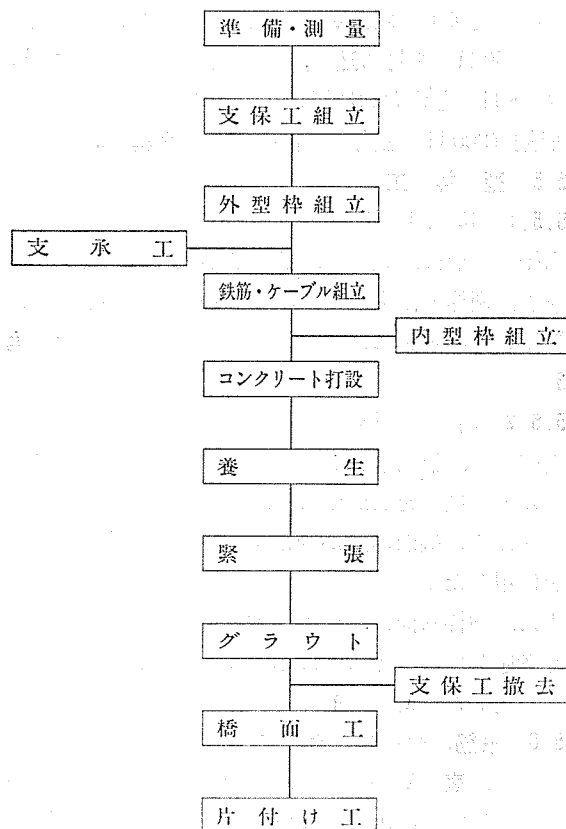


図-12 施工フローチャート

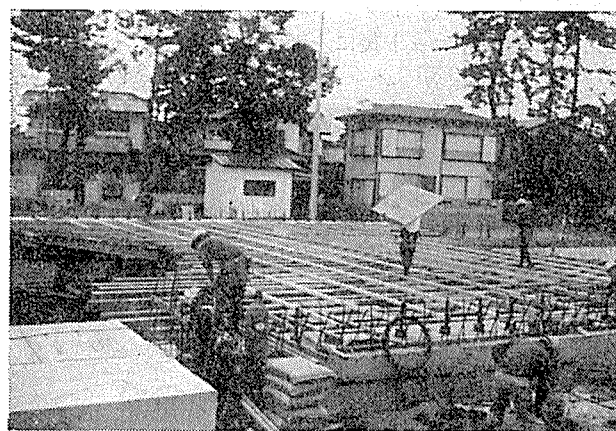


写真-2 支 保 工

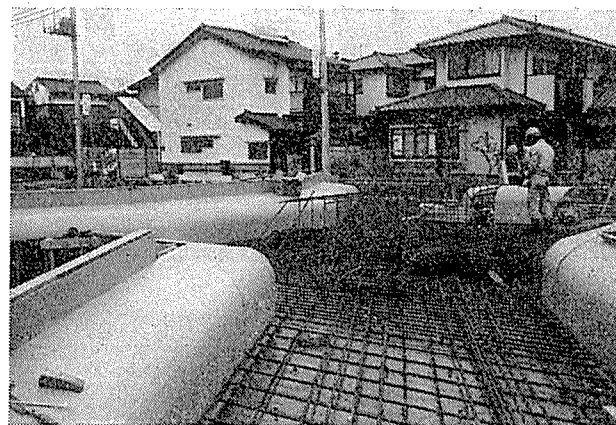


写真-3 外型枠組立

◇工事報告◇

ため枠組支保工の設置が不可能であるので、支持杭にH形鋼(350 H)を打ち込み、その上に桁受けとしてH形鋼(588 H)を横方向に用いて、受桁として橋軸方向にH形鋼(300 H)を用いて構成した(写真—2)。

5.5 型 枠 工

5.5.1 外 型 枠

本橋の外形は、直線部、曲線部が入り組んでいて出来の成否が型枠の出来映え、組立にかかっているため、その製作および調整にはできる限りの注意を払った(写真—3)。

5.5.2 内 型 枠

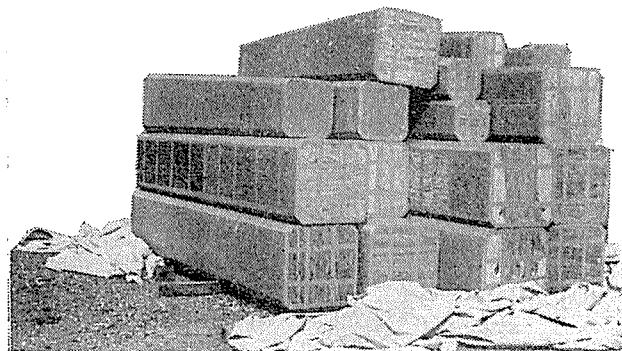
内型枠は、橋面形状および桁端部付近におけるPCケーブルの分散等を考慮すると、等断面内型枠の使用が不可能なために橋面勾配が変化する区間は、変形断面内型枠を使用した。

また、型枠断面は、種々の解析検討、経済性、施工性等を考慮してベニヤ板と段ボールでできた複合部材の型枠を採用した(写真—4)。

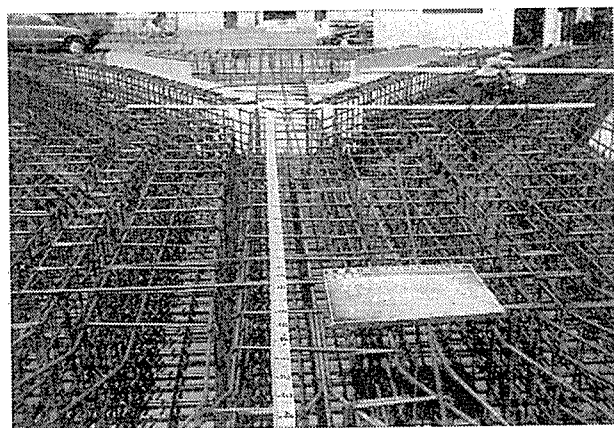
5.6 鉄筋、ケーブル組立工

本橋は、表—2のとおり、かなり多量(コンクリート1.0m³ 当り 170 kg)で太径(D 22 mm)の鉄筋が配置されている。

底配筋およびスターラップ組立後、PCケーブル組立を行い、内型枠セット後に上面配筋を行った。



写真—4 内 型 枠



写真—5 底配筋・スターラップ組立

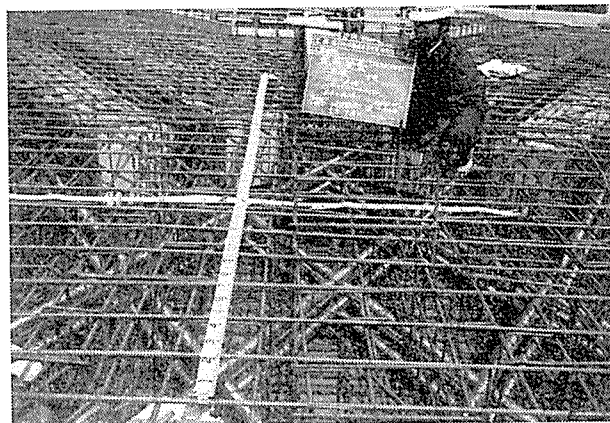
また、使用シース径は、 $\phi 65$ mmを用いて支間中央で交差して配管した(写真—5, 6, 7, 8)。

5.7 コンクリート工

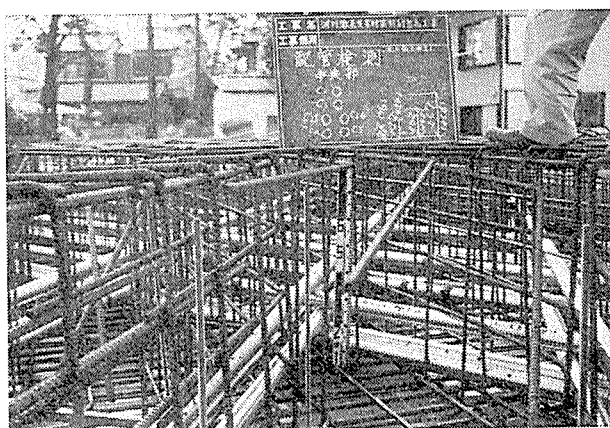
主桁のコンクリートは、ポンプ車を使用して片押し打設をした。

コンクリート品質は、次のとおりである。

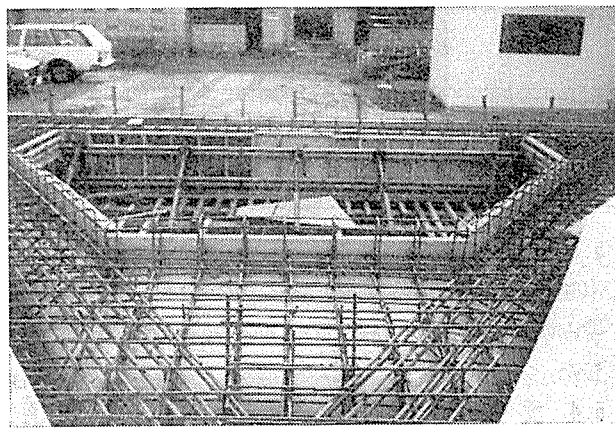
設計基準強度	$\sigma_{ck} = 350 \text{ kg/cm}^2$
粗骨材最大寸法	25 mm
スランプ	$8 \pm 2.5 \text{ cm}$
空気量	$4 \pm 1.0\%$



写真—6



写真—7 ケーブル配管工



写真—8

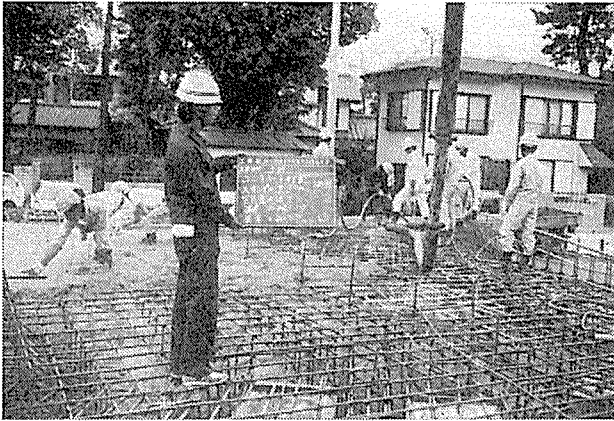


写真-9 コンクリート打設

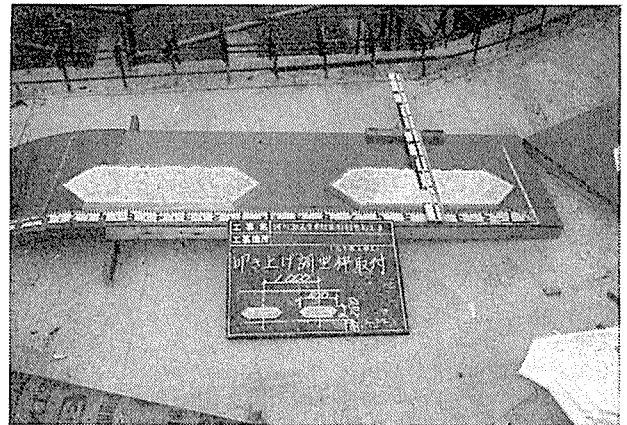


写真-11 地覆叩き上げ調型枠

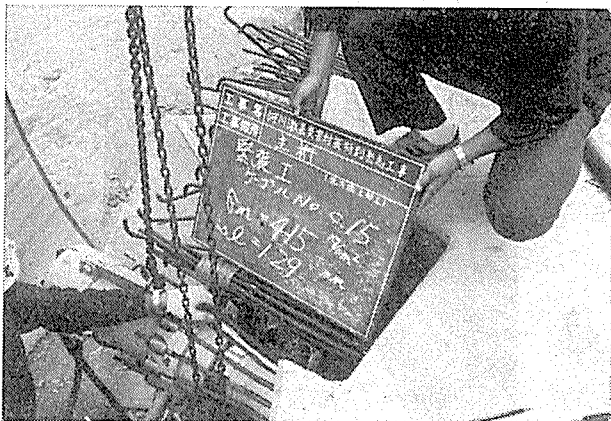


写真-10 緊張工

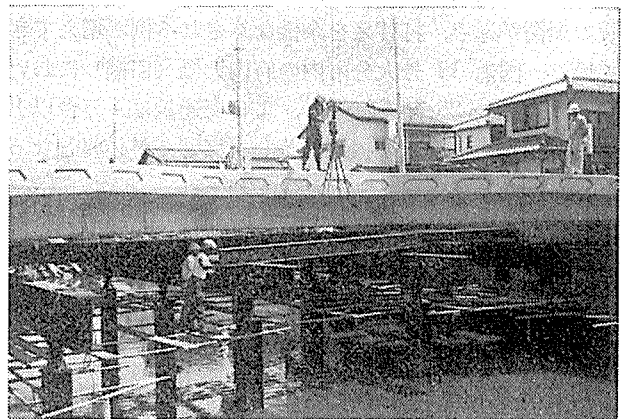


写真-12 支保工撤去

また、コンクリートの締固めは、配筋、配管の移動がおこらないよう十分な注意を払って、バイブレータで締め固め、打設後に散水養生を行った（写真-9）。

5.8 緊張、グラウト工

縦締めケーブル（12 T 12.4 mm）の緊張は、フレッシュネージャッキを両緊張端に配し両引き緊張した。

また、縦締めケーブルのグラウトは、ケーブル片端より十分に注入した（写真-10）。

5.9 橋面工

地覆部には、叩き上げ調型枠を取り付けて六角形の叩き上げ模様を施した（写真-11）。

橋面舗装は、全面タイル張りとした。

また高欄は、アルミ製のデザイン高欄を用いて橋梁をより引き立たせている。

6. あとがき

本橋の設計、施工にあたっては、経済性、美観、作業性、安全性、地域住民の生活等広角度で検討を重ね、ここに橋梁本体工事を無事に終えることができた。

これからの都市における橋梁は、美観等を考慮した複雑な構造形の橋梁が計画されていくであろうと思われる。

本報告が、今後同形式の橋梁の設計、施工に少しでも参考になれば幸いである。

最後に本工事の設計、施工にあたり関係各位の御援助に心から感謝するとともに、本報告作成にあたりピーシー橋梁（株）深山清六技術部長、同天津勝海現場代理人の御協力をいただいたことを末筆に記させていただきます。

【昭和 62 年 1 月 10 日受付】