

(19) 秩父公園橋 (仮称) の設計と施工

埼玉県土木部 小池 久
 同上 中島直彦
 新構造技術(株) 正会員 ○小室光治
 鹿島・川田特別JV 正会員 鷹尾 武

1. はじめに

埼玉県では、総合保養地域整備法に基づく「秩父リゾート地域整備構想」を推進しており、この中心的役割をもつ秩父ミュージックパークの建設が秩父市長尾根地区に進められている。秩父公園橋(仮称)は、この地区へのアクセス道路となる一般県道秩父停車場秩父公園線が荒川を渡河する地点に架けられる橋長530mの橋梁である。橋梁形式は、主橋部がPC2径間連続斜張橋で、残りの区間はPC3径間連続ラーメン橋である。主橋部については、流心に対する渡河角度(45°)および河川阻害率等の河川条件上の制約やミュージックパークへの玄関口に位置するシンボル性のある橋とすること等の計画上の基本的条件に基づき、構造的、施工性、経済性の検討を行った他、景観面の検討を「秩父公園橋景観検討委員会」(委員長:熊谷洋一東京大学教授)において行い、最終的な橋梁形式が決定された。本論文は主橋部であるPC斜張橋の構造とその設計および施工について報告する。

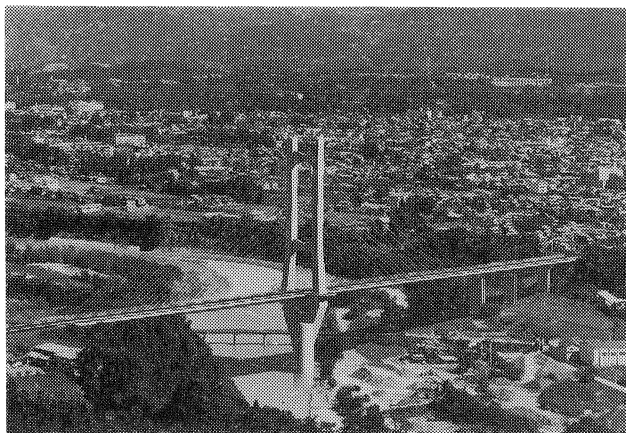


写真-1 完成予想写真

2. 工事概要

主橋部の主要材料(表-1)および橋梁諸元は次のとおりである。

表-1 主要工事数量(上部工)

工事名: 橋梁整備・橋梁架換合併工事
 (秩父公園橋斜張橋上部工)
 工事場所: 一般県道 秩父停車場秩父公園線
 埼玉県秩父市中村町地内

道路規格: 3種3級
 橋格: 1等橋(TL-20)
 橋梁形式: 上部工-PC2径間連続斜張橋
 下部工-壁式橋脚、小判形橋脚
 基礎工-直接基礎

橋長: 391.850m
 支間: 2@195.000m
 有効幅員: 16.0m(車道7.0m、歩道2@4.5m)

平面線形: R=∞

縦断勾配: 4.3%直線

横断勾配: 車道1.5%、歩道2.0%

種別	仕様	単位	数量
コーベル	コンクリート $\sigma_{ck}=400\text{ kgf/cm}^2$	m ³	3073
	鉄筋 SD345	t	272
	鉄骨 SS400	t	48
主塔	コンクリート $\sigma_{ck}=400\text{ kgf/cm}^2$	m ³	2789
	鉄筋 SD345	t	503
	(*)鋼材 SS400	t	240
主桁	コンクリート $\sigma_{ck}=400\text{ kgf/cm}^2$	m ³	6079
	鉄筋 SD295A	t	1053
	PC鋼材 SWPR7B(SEE F130, 360) SWPR7B(SEE PAC) SBPR95/120	t	156
斜材ケーブル	SEE F500PH, F360PH他	t	533

(*): 斜材定着部支持鋼板

3. 設計について

3.1 構造概要

本橋の全体一般図を図-1に示す。ここでは、主桁、主塔、斜材など各構造部材の基本構造の選定経緯および特徴について述べる。

主桁の支持形式については、構造系が対称2径間連続であるため、主桁の活荷重に対する構造特性が有利となることおよび支承を設置する必要がないことにより、中間支点となる主塔部において剛結ラーメン形式とした。この形式とした場合、本橋では橋梁中心と河川との交差角が 45° となるため、本来ならば主桁が主塔部橋脚と 45° に交わるところであるが、これを避けるために、主桁と橋脚との間に主桁と直交するコーベルを設けることにより、上部工を直橋として扱えるような構造としている。主桁断面形状は桁自重を軽減でき、ねじり剛性が高く、また耐風安定性に優れた断面として、斜材定着部を兼ねたウインドノーズを有する4室箱桁断面とした。桁高は応力度の検討の他、取付橋の構造寸法ともあわせることとし、2.8mとした。

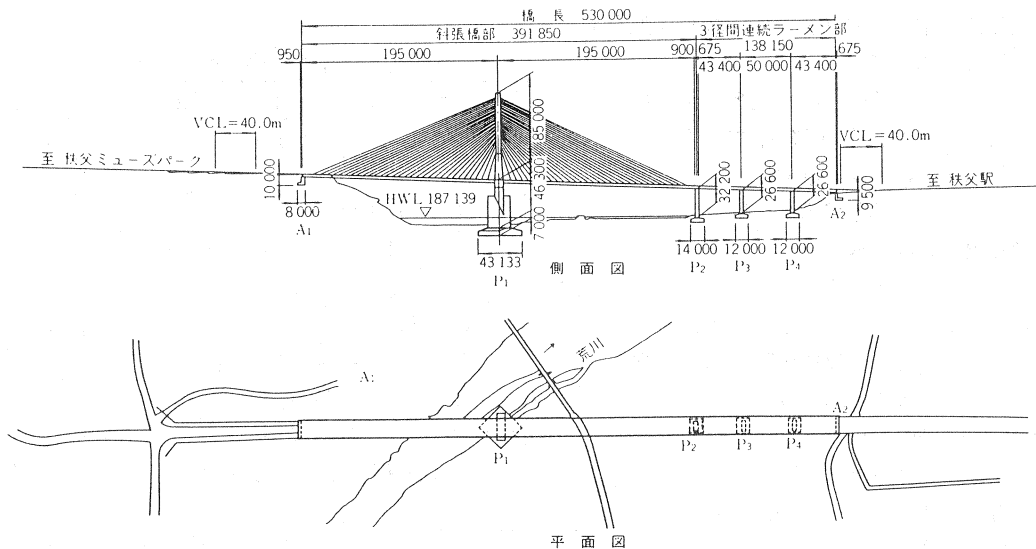
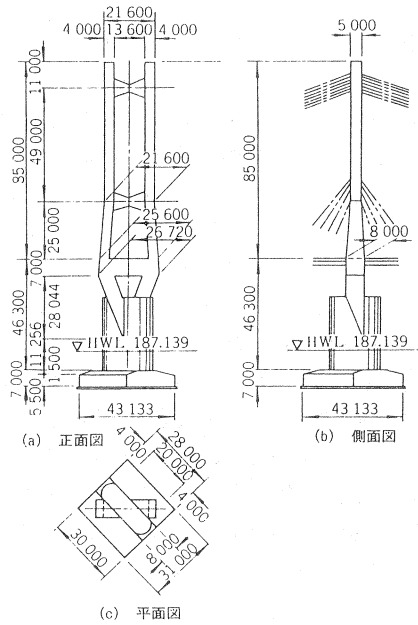
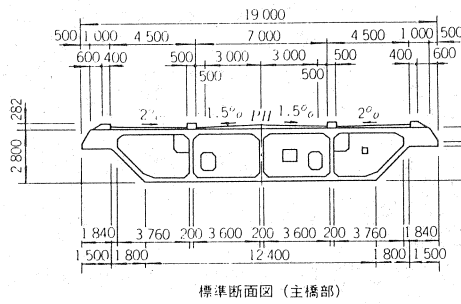


図-1 全体一般図

主塔形状は、斜材吊り方式が2面吊りであるためH型かA型が考えられたが、この2形式について直角方向の地震時断面力や全体座屈弾性解析など力学的検討を行った結果、決定的な差異は認められなかったため、主塔の施工性や主塔内部に点検通路を設ける必要性から点検作業の容易さを考慮に入れ、中空断面のH型形式を採用した。(図-2)

斜材は平行2面吊りの30段配置で、主桁側には6.0m間隔で定着され、主塔側は中空断面の隔壁部に定着されている。斜材の側面配置形状は主塔部付近にバルコニーを設置することから、建築限界を確保でき解放感のあるファン形式とした。

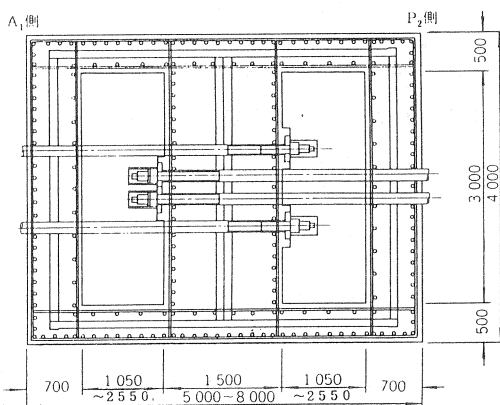


図-2 主塔断面図

3.2 設計概要

本橋の設計は以下に示す設計条件および方針のもとに実施した。

- ① 適用基準は道路橋示方書(昭和53)を適用したが、設計が道示の改定時期であったため新道示案も参考とし、また(財)海洋架橋調査会:P C斜張橋上部工設計指針(案)(昭和56.3)も参考とした。
- ② 荷重のうち、コンクリートと斜材の温度差は $\pm 15^{\circ}\text{C}$ とした。
- ③ 終局荷重作用時の荷重組合せにおいて、斜材調整力および斜材調整力に対するクリープの影響は荷重に乗じる係数を1.0として考慮した。
- ④ 斜材張力の許容値は設計荷重作用時 $0.4P_u$ 、施工時 $0.6P_u$ とした。
- ⑤ コンクリートのクリープ・乾燥収縮による断面力は、架設中は無視し構造物が完成した以後について、部材の材令差を考慮して算出した。また、クリープおよび乾燥収縮の進行が50%終了時および100%終了時で設計を行った。

ここでは、構造各部の設計のうち、主な特徴的な検討結果の概要を記す。

(1) 主桁の設計

主桁断面は、上下床版に主桁内P C鋼材が配置されるので、桁自重をできるだけ軽減するためにウェブ厚を $t=25\text{cm}$ と薄くしており、桁高も2.8mと低くなっている。このため、主桁ブロック長を6mとして張出施工を行う施工時においては、架設車荷重および桁自重に対して、ウェブに大きな斜引張応力度が発生する傾向になると考えられ、荷重による各ウェブへのせん断力分担を格子解析によって求めることにより、斜引張応力度のチェックを行うこととした。検討は、張出し先端付近をモデル化し、斜材緊張の前後の荷重状態で行った。その結果、架設車前方支持点(横桁前面)では、横桁から前方部において、斜ウェブと中央鉛直ウェブにせん断鋼棒(SBPR 95/120, $\phi 32$)を配置することが必要となった。

支間部の上床版の橋軸方向の応力は、実際には持続荷重分の斜材張力による軸力が作用して圧縮応力状態となるが、鉄筋補強の設計は道示に基づき行った。この場合、横桁間隔が6mであるので道示に基づく設計手法の適用外であったことから、ウェブと横桁で囲まれる四辺固定版モデルについて平面FEM解析による検討を行ったが、道示の規定による設計曲げモーメントおよび補強鉄筋配置範囲は安全側となっていた。

主塔に剛結設置されているバルコニーは、橋軸方向にRC構造、直角方向にはP C構造とした。補強量はバルコニー部を3次元FEMで解析し、活荷重作用時に直角方向に引張が生じないようなP C鋼材配置量を決定した。解析結果では、直角方向のプレストレス導入により、主塔近辺で局部的に橋軸方向に引張が生じる箇所があり、鉄筋補強量を増やしている。

(2) 主塔の設計

主塔中空断面の軸方向周囲鉄筋は直角方向地震時で決定されている。主塔側の斜材定着部となる隔壁部は

定着部前面に生じる引張力を斜材張力から簡易的に算出し、それに対する補強鉄筋量を決定した。横方向の補強は、隔壁部をモデル化して平面FEM解析によって、局部的に発生する引張応力度の検討を行い、鉄筋量 (D29、ctc150) を決定した。

主塔基部のコーベル部の設計は、主塔からの死荷重・活荷重による作用力に対し、ディーブビームとしての検討を行った他、平面FEM解析によって主塔基部に生じる応力度状態を把握し、主塔頂部に生じる引張応力度に対する補強の照査を行った。その結果、頂部には D51が 150mmピッチで3段配置されている。

コーベル部と橋脚は45° でねじれて結合しているため、その結合部では複雑な応力の流れや局部的な応力集中が予想され、これらの状態を把握するために、コーベルおよび橋脚の全体モデル (図-3) を3次元FEM解析で照査し、結合部の補強を行った。

さらに、結合部はコーベルから橋脚側面に突き刺さるようなクサビ形を形成しており、鉛直作用力によるクサビ部橋脚側面のせん断力に対して、鉄筋が配置されている場合のせん断面におけるせん断伝達耐力の照査を、土木学会コンクリート標準示方書に基づき検討した。

(3) 斜材の設計

斜材張力のうち斜材調整力については、完成系において死荷重、プレストレス力およびコンクリートのクリープと乾燥収縮等の荷重を考慮し、対称2径間連続構造であることから主桁に着目して、このクリープ2次を含む死荷重時の曲げモーメントが小さくなるように決定した。活荷重による変動応力度は、活荷重フル載荷として算出した結果、最大で10.6kgf/mm² (最上段) であり、定着部の疲労耐力については問題ないことが確認された。

(4) 耐風設計

主桁は、ウインドノーズと斜めウエブをもつ全幅B=19.0m、桁高H=2.8mの箱桁断面 (B/H比=6.79) で、扁平な断面となっている。この場合、主桁の空力振動性状は、主桁の上下面に生じる前縁剥離渦に起因する低風速渦励振や高風速域のねじりフラッターが発生する傾向にある。本橋は、コンクリート橋とはいえ桁の剛性が比較的小さく、長大スパン規模でもあることから、十分な耐風安定性の確保が必要であると考えられ、2次元部分模型による風洞実験を実施した。フラッター抑制対策としては、構造物の剛性、部材の重量や極慣性モーメント、構造減衰等を増加させる以外に、断面を空力的に望ましい形状とする必要があるが、実験は特にウインドノーズ形状に着目して行った。渦励振の発生結果は、表-2に示すとおりであり、より良好な断面2を採用することとした。

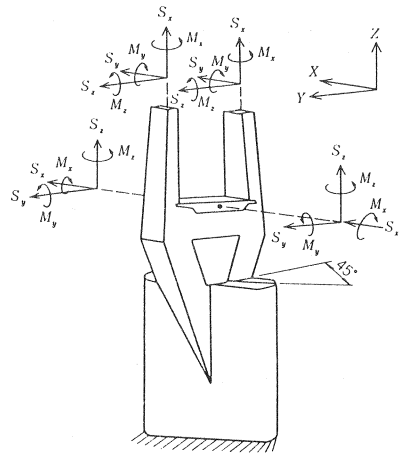


図-3 FEM解析モデル概念図

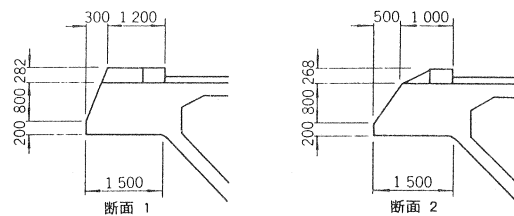


図-4 ウインドノーズの形状

表-2 実験ケースと渦励振の発生結果

	気流	歩車道境界のガードレール	減衰率 目標値 δ	迎角 α (度)				
				-5	-3	± 0	+3	+5
断面1	一様流	無	0.04	○	○	○	●	●
			0.008	●	●	●	●	●
	有	無	0.04	○	○	○	○	○
			0.008	●	●	●	●	●
乱流	無	有	0.04	○	○	○	○	○
			0.008	●	●	●	●	●
断面2	一様流	無	0.04	○	○	○	○	○
			0.008	●	●	●	●	●
	有	無	0.04	○	○	○	○	
			0.008	●	●	●	●	●
乱流	無	有	0.04	○	○	○	○	
			0.008	●	●	●	●	●
断面2 (壁高欄)	一様流	無	0.04	○	○	○	○	
			0.008	●	●	●	●	●

注) ●印は渦励振が発生した実験ケースを示す。

4. 施工について

本橋は、平成3年7月よりコーベル、主塔、主桁等の上部工工事に着手し、以来約14か月が経過した現在、主桁工事の最盛期を迎えている。本項では、その上部工工事の現在までの状況について報告する。

4.1 コーベル

コーベルは全高が16.25mあり、これを高さ3.0~3.5mの5ロットに分けて施工した。各ロットのコンクリート体積は約500~800m³である。

施工要領は、まず、鉄筋架台兼足場支保工としての鉄骨を組み、次に鉛直方向の主鉄筋を圧接しその他の鉄筋を組み、型枠を組立て、ポンプ車によりコンクリートを打設し、次のロットへ進んだ。コンクリートには、マスコンクリートとなるため高炉セメントを用いた。

また、コーベル最上段には、主塔からの反力に基づく引張力に対処するため、D51が水平方向15cm間隔で3段配置されている。この施工に当たっては、曲げ加工等を施したD51を地上で圧接し、それを4本ずつタワークレーンで吊り上げて配置した。(写真-3)

4.2 主塔

主塔は、橋面からの高さが85mあり、これを18ブロックに分割し、10ブロックまではブラケット足場を用い、11ブロックからはクライミングフォームを用いて施工している。主塔の断面構造は2室箱形断面構造であるが、桁内の作業空間が狭く型枠の組立解体が困難なことから、その内型枠には鋼製の埋設型枠を使用している。この内型枠は、各施工ブロックに応じて工場で作製され、それをタワークレーンを用いてコンクリート打設ブロックに1ないし2ブロック先行させて次々に乗せていくことにより、斜材定着部鋼管の支持架台、クライミングフォームの反力架台及び作業足場の機能も兼ねさせている。

4.3 主桁

主桁の施工区間は、柱頭部支保工区間、フォルバウアーゲンによる張出施工区間及び側径間支保工区間に分けられる。

柱頭部は、コーベルに取り付けたブラケット支保工を用いてバルコニー部と同時にコンクリートを打設した。張出施工部は、全体を62ブロックに分割し、3フレームからなる容量1300t/mの特殊大型フォルバウアーゲンにより、標準ブロック長6.0mで施工している。本橋の場合、張出施工ブロックは全て斜材定着ブロックであり、各構造系での新しく架設した斜材の緊張およびその下の第二斜材の引き戻し作業を繰り返しながら、張出施工して行く。張出施工終了後はフォルバウアーゲンを解体し

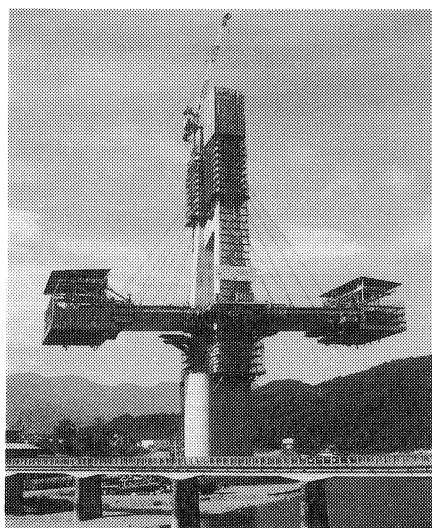


写真-2 全景(1992.8現在)

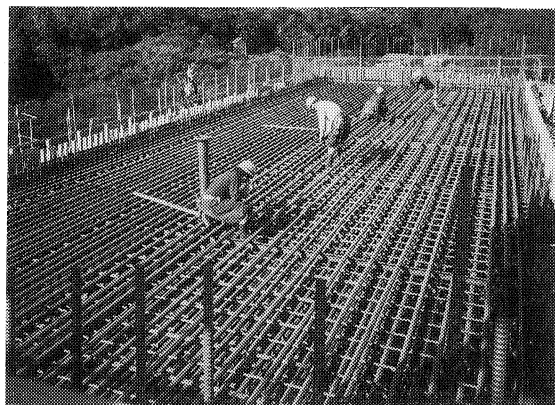


写真-3 コーベル天端 D51配置状況

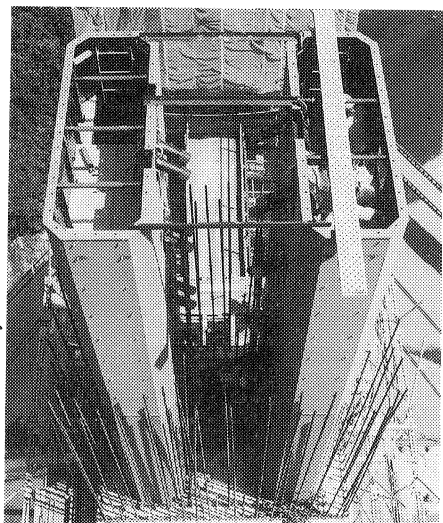


写真-4 主塔内型枠(埋設型枠)

側径間連結部を支保工する予定である。最後に、主桁連結後の最終斜材調整を行ない橋体は完成する。

4. 4 斜材工

斜材ケーブルには、SEEE工法のF270PH、F360PH、および F500PHを用いている。本橋の斜材に関しては、①2面吊りで斜材段数が片側30段、全体で60段あり、1斜材が2ケーブルより構成されているため、総数 240本の斜材ケーブルがある。②斜材長は40mから最も長い斜材ケーブルは 200mを越える。さらに、③本橋の斜材は主塔側で箱形断面内部に定着されており、十分な作業空間がないため斜材の緊張はすべて主桁側で行なう、等の特徴がある。したがって、このように本数が多く、長さが多様な斜材の架設、緊張を迅速、確実にこなすことは施工上の重要なポイントとなる。

現状での斜材の架設は、まず、アンリーラとタワークレーンを用いて斜材を展開した後、斜材の一端を主塔側の定着部鋼管の中にウインチ等を用いて引き込み、所定量の突出量を確保しナットで定着する。次に、主桁側をやはりウインチで定着部まで引き寄せ、その後、シングルストランドジャッキを用いて主桁側の定着部鋼管の中に引き込んでいる。本緊張はフォルバウワーゲンとは別途に動く斜材緊張用の簡易ワーゲンを足場とし、容量 300tfのセンターホールジャッキを用いて実施している。

4. 5 施工管理

本橋では、張出施工長が片側 192mと非常に長いために、温度変化や斜材の張力変化による主桁のたわみ(上越し)の変化が大きい。そこで、主桁のたわみと斜材の張力を主要管理項目とし、これらの状況を迅速に判断するため、各種の計測を行い、マイクロコンピュータを用いてその結果を評価するシステム(施工管理システム)を導入している。本システムにより、各構造系での主桁のたわみの温度補正や斜材張力の補正を行い、設計値との比較を行うとともに、全体的な斜材調整を実施する場合の調整量の算出などに役立っている。

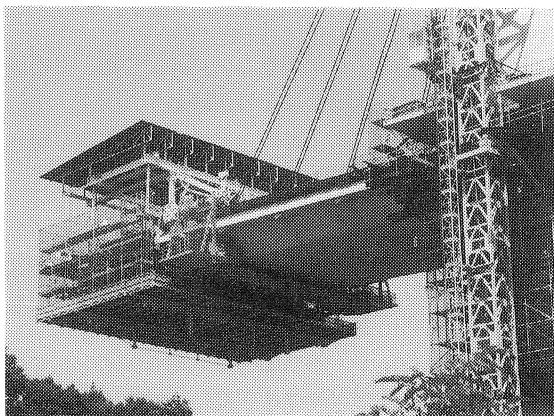


写真-5 フォルバウワーゲンと斜材緊張用簡易ワーゲン

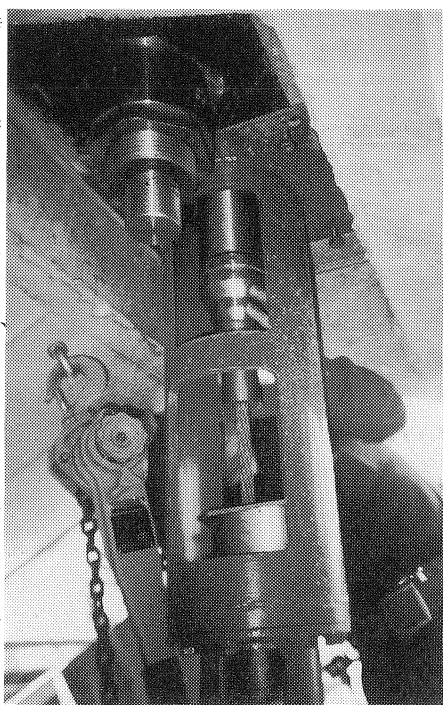


写真-6 斜材引込み装置

5. あとがき

ここでは、本橋部のPC構造に関する設計・施工上の事項を主にその概要を述べたが、本文が今後、PC斜張橋の計画・設計をする上での一助となれば幸である。

最後に本橋の風洞実験に際し、多大なご指導、ご協力をいただいた東京大学工学部 伊藤学教授(現埼玉大学教授)ならびに設計・施工関係者各位に感謝の意を表します。

6. 参考文献

- 1) 嶋田・前田・飯塚: 秩父公園橋(仮称)の設計・計画の概要, 橋梁と基礎, Vol. 24, No. 9, 1990-9
- 2) 嶋田・中島・飯塚・曾川: 秩父公園橋(仮称)の設計, 橋梁と基礎, Vol. 25, No. 10, 1991-10