

鉄道橋における大偏心PCケーブル橋

石橋 忠良*

1. まえがき

大偏心ケーブルPC橋とは、PC鋼材の偏心量を桁の有効高さ以上に利用した橋梁形式とのことです。斜張橋もその極端な例ですが、ここでは除外しています。橋梁の耐荷力で考えると、斜材（偏心ケーブル）の耐荷力の比率の高い構造が斜張橋で、主桁の耐荷力の比率の高い極端な形式が桁橋で、その中間領域を今回の大偏心ケーブルPC橋と位置づけることができます。ここでは、鉄道橋における大偏心ケーブルPC橋の現状について事例を中心に紹介する。

2. 鉄道橋における大偏心ケーブルPC橋の特徴

大偏心ケーブルPC橋としている橋梁の桁断面からみると、上路箱形桁、下路桁の形式が一般である。大偏心ケーブルPC橋とした理由をみてみると、一般にレールレベルと桁下の位置が制約されており、その範囲での桁高では耐荷力的に困難となり、大偏心ケーブルにて補強を必要としたものが多い。

下路桁の場合も同様な理由だが、その他、下路桁の主桁高さを列車の窓の下で制限しようとするのも主桁の強度が制約される理由となっている。また主桁の桁高をそれ以上高くすることは、車窓から外が見えないだけでなく、桁高が高くなり過ぎ、橋梁そのものが付近の景観をそこねることになり好ましいことではないとの理由も加わっている例が多い。



* Tadayoshi ISHIBASHI
東日本旅客鉄道(株)
構造技術センター
所長

連続桁と単純桁とで較べてみると、連続桁においては支点からタワーを立て、斜材にて桁を吊る形式が一般であり、単純桁においては、支点からアーチ形式や斜材形式のコンクリートの圧縮部材を桁全長に設け、その部材より斜材、鉛直材を設けて桁を吊る形式がとられている。

桁を吊るための斜材、鉛直材は、ケーブルあるいはPC部材が用いられている。ケーブルの場合は斜張橋に用いているものと同種のものや外ケーブル用のものが用いられている。これには特に列車荷重による疲労や風や雨によるケーブルの振動による疲労に対する配慮が必要とされる。PC部材の場合は、一般にPRCとしての設計が行われており、桁と同様の設計手法とケーブル、定着具が用いられている。ケーブルの場合は、活荷重載荷時の応力度の制限値は $0.4\sigma_{pu}$ と斜張橋と同じ値を採用している。疲労に対する安全性を考えるとこの制限値を用いているが、今後コストダウンのためには、この面の研究が深度化されることも必要です。

PC部材としている場合は、通常の桁の設計と同じく $0.7\sigma_{pu}$ を列車荷重載荷時のPC鋼材の応力度の制限値としている。

主塔におけるケーブルの処理は、サドル方式にてケーブルを連続させる方式が一般に用いられている。幾つかの橋梁において、実験・解析が実施され、コスト面、ケーブル配置面でメリットの大きいこの貫通方式の設計法も確立されてきている。

3. 設計・施工事例

3.1 斜材をPC部材としている例

3.1.1 名取川橋梁¹⁾

名取川橋梁(JR東北本線)は、仙台市郊外の東北本線南仙台-長町間に位置し、河川改修事業に合わせて、既存の8径間の下路トラス橋にかわって建設された鉄道橋です。橋梁形式は、2径間連続PC斜版橋4連で構成される橋長512.2mの下路桁形式です。下路桁断面とした理由は、南仙台駅からの縦断勾配の制限でレール位置が定まり、河川のH.W.Lから桁下位置が定まったた

めです。施工方法は、河川敷と桁下までの高さが小さいこと、および渇水期には水の流れている範囲が狭いことにより、全径間接地式支保工による場所打ち工法で施工された。斜版内に配置するPC鋼材の定着はすべて主桁側のみとされ、主塔側ではPC鋼材は連続しているスルータイプとなっている。

図-1に一般図を示す。斜版のプレストレスは2回に分けて導入している。斜材一次プレストレスは、主桁コンクリート打設後に主桁の応力を改善するために斜版コンクリート打設前に張力を導入し、斜材2次プレストレスは、斜版コンクリートにプレストレスを導入するため斜版コンクリート打設後に導入している。写真-1に完成後の状況を示す。



写真-1 名取川橋梁

3.1.2 第1玉川橋梁²⁾

第1玉川橋梁は、田沢湖線角館—鶯野間に位置し、河川改修事業により秋田新幹線（盛岡—秋田）の工事に合わせ、既存の橋長248m、14径間の上路プレートガーダから、河川部188.0mのPC斜材付箱桁を含む4連の橋梁に変更した。

図-2に主橋部のPC斜材付き箱形桁の一般図を示す。本橋は最大支間85.0m、幅員5.5mの3径間連続桁である。主桁は桁高2.3mの箱形断面であり、主塔は高さ11mの独立2本柱となっている。斜材は断面高0.9mの2面吊りPC斜材で、上段、下段の2段配置となっている。主桁の施工は、ワーゲンによる張出し架設工法と架設用一次斜材による斜吊り工法を併用して行った。

主塔は、工期短縮を目的としてプレキャストブロック工法にて施工を行った。また建設地が降雪地帯であるので、着雪、つらら等の落下による列車走行阻害をなくするため塔頂部の横梁はなくし、独立柱形式の主塔としている。

斜材ケーブルは、塔頂部に定着具を設けないスルータイプとしており、張出し施工時の主桁応力改善のための1次ケーブルは直線配置、2次ケーブルは斜材自重のモーメントを打ち消すように偏心配置としている。

支承方式は、常時はP4を固定、その他は可動としており、支承にゴムシューを用いている。落橋防止装置としては、P2、P5橋脚に鋼角ストッパー、P3、P4橋

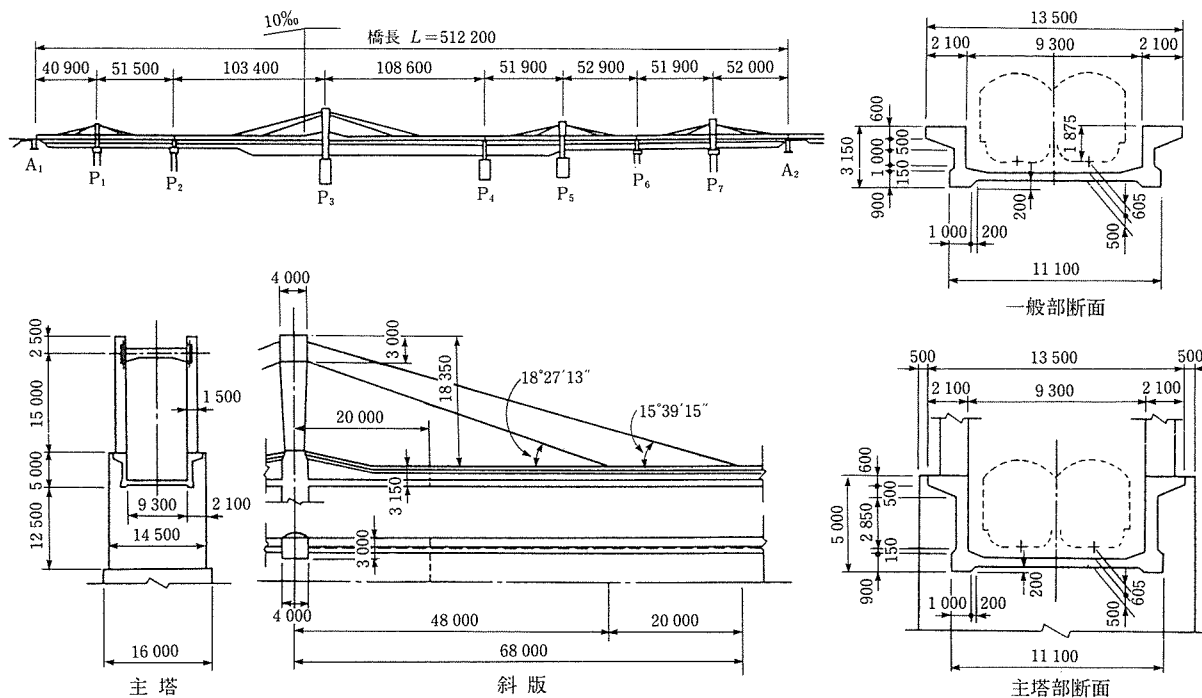


図-1 名取川橋梁一般図

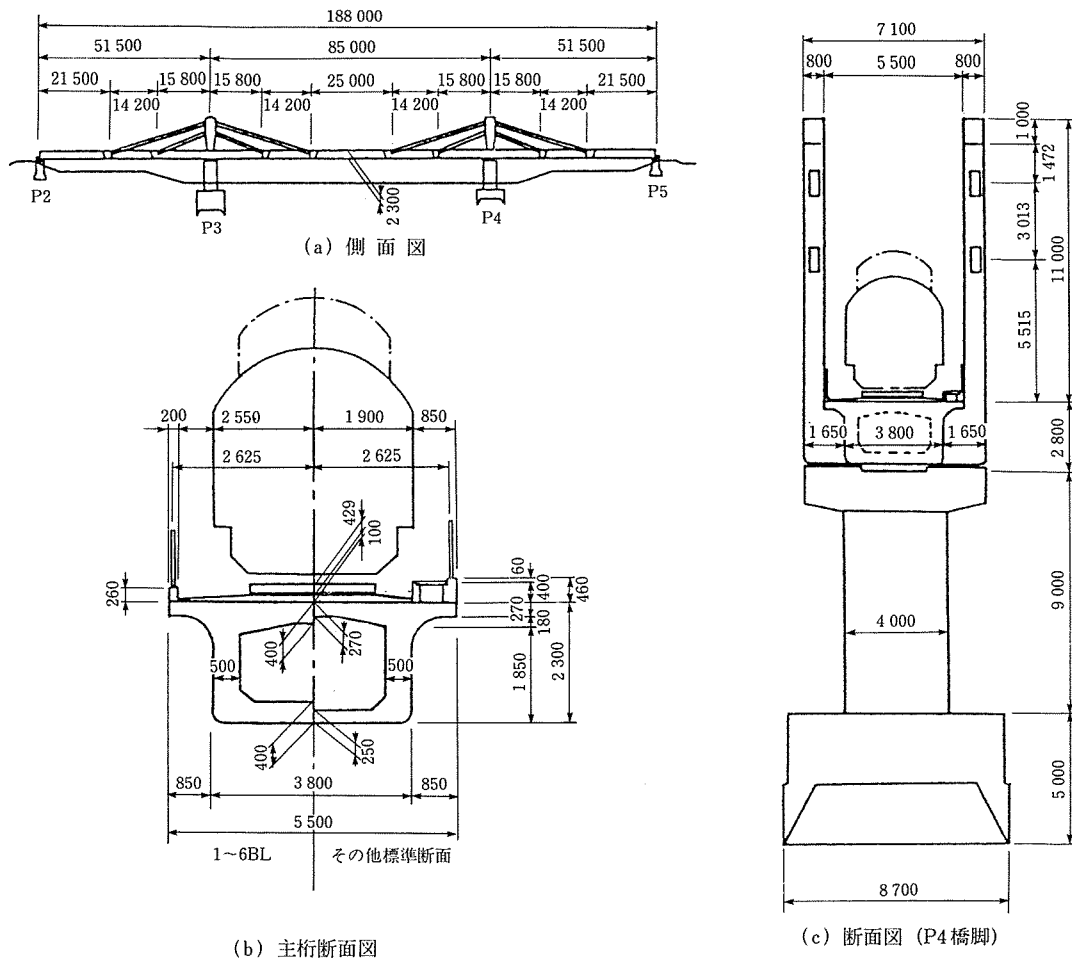


図-2 第1玉川橋梁一般図

脚にはオイルダンパーストッパーを用いて地震時の橋軸方向水平力は P 3, P 4 の 2 橋脚で抵抗させている。

写真-2 に完成後の状況を示す。

3.1.3 西三条架道橋³⁾

帯広市内を走る JR 根室本線において帯広駅付近で連続立体交差工事が踏切の解消と都市の発展の目的で行われている。このうち帯広駅西側で都市計画道路との交差



写真-2 第1玉川橋梁

があり、ここに斜材を PC 部材とした橋長 125.0 m の 2 径間の PC 斜材付き箱形桁が施工された (図-3)。本橋は一部が駅部となり、幅員が 25.0 m~32.6 m に変化する広幅員橋である。主桁は 6 室箱桁断面となっている。終点側主桁上にはホームが設置され、主桁、ホーム自重によるアンバランスモーメントを少なくするためスパン長は非対称となっている。P 2 橋脚では、主塔と橋脚は主桁と剛結合されている。主塔は降雪地帯を考慮して横梁を設けない独立柱形式としている。斜材ケーブルは、主塔部に定着体を設けないスルー構造とし、主桁内の横桁に定着している。

施工は、地盤の良いことから接地式支保工施工である。主桁は全部で 7 ブロックに分割し、柱頭部ブロックを除き、コンクリート打設後に緊張を行い、斜材吊り点位置に設置した仮支柱に順次荷重を受け替える。主桁完成後に斜材を結合し、斜材を緊張、仮支柱の撤去を行い構造系が完成する。

写真-3 に完成後の状況を示す。

3.1.4 JR 新牛朱別川橋梁

JR 宗谷本線永山—北永山間の牛朱別川分水路に架か

新牛朱別川橋梁は、河川改修に合わせて橋長 154.8 m、主塔高 17.7 m の 3 径間連続 1 室箱桁 PC 斜材橋が計画されている。斜材施工にはプレキャスト工法が採用されている。斜材ケーブルは主塔部にサドル部を設けたスルー構造で、横桁の両側に定着される。図-4 に橋梁の一般図を示す。

3.2 斜材をケーブルとした例
：屋代南、屋代北橋梁⁴⁾

北陸新幹線の長野—高崎間は 1998 年開催予定の長野冬季オリンピック前の完成をめざして建設が進められてきた。屋代南、屋代北橋梁は北陸新幹線長野駅から 10 km ほど東京寄りの更埴市屋代地区に、国道 18 号線お

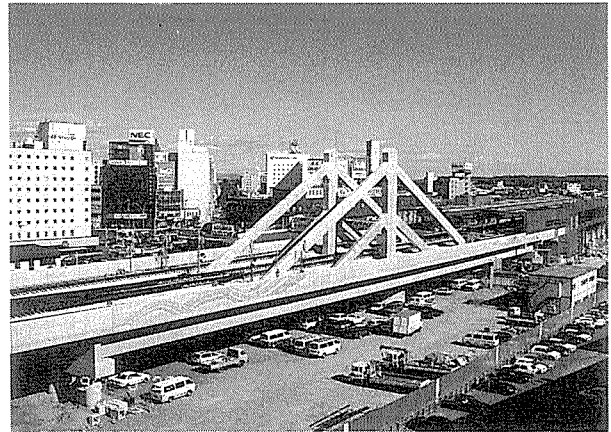


写真-3 西三条架道橋

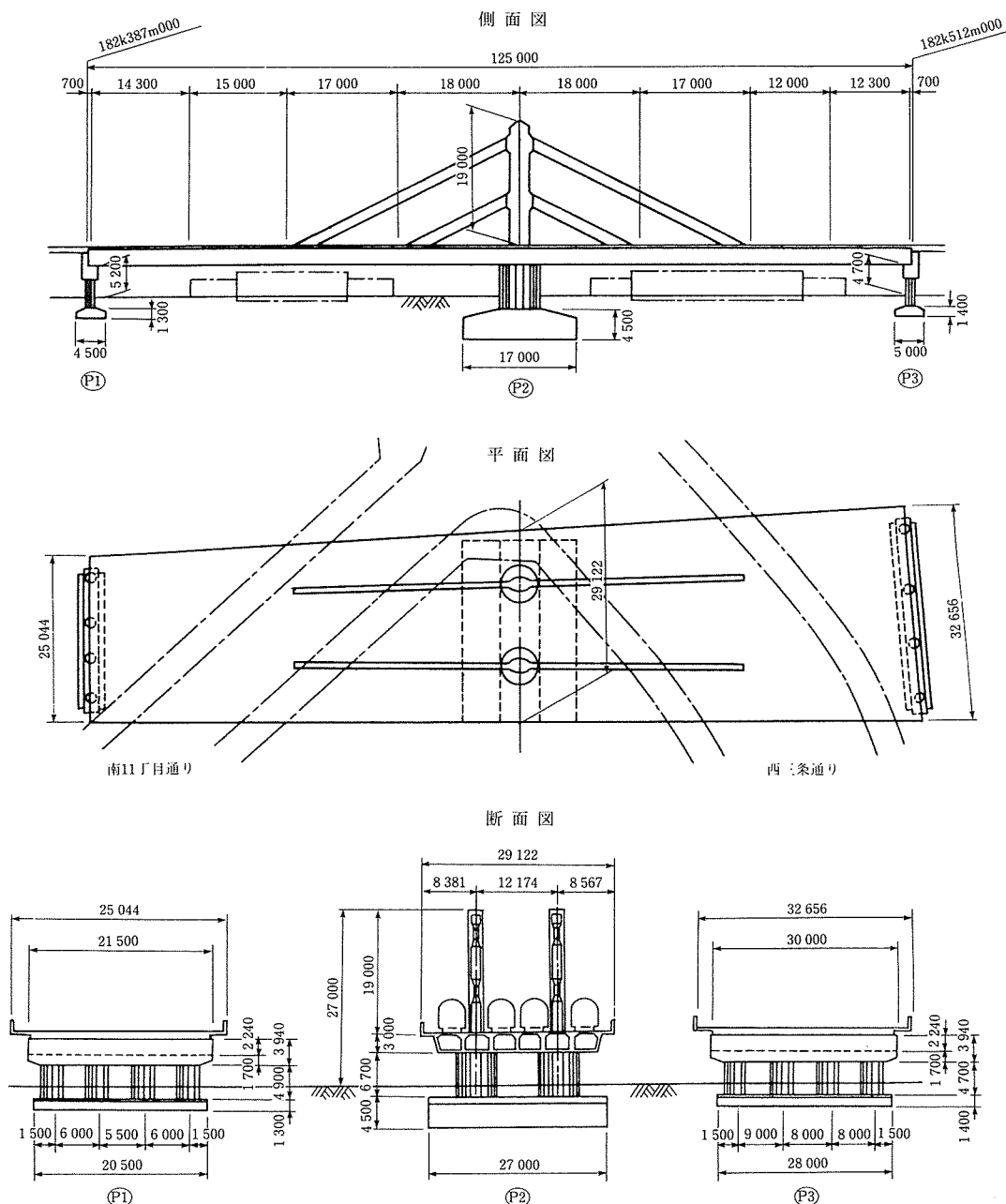


図-3 西三条架道橋一般図

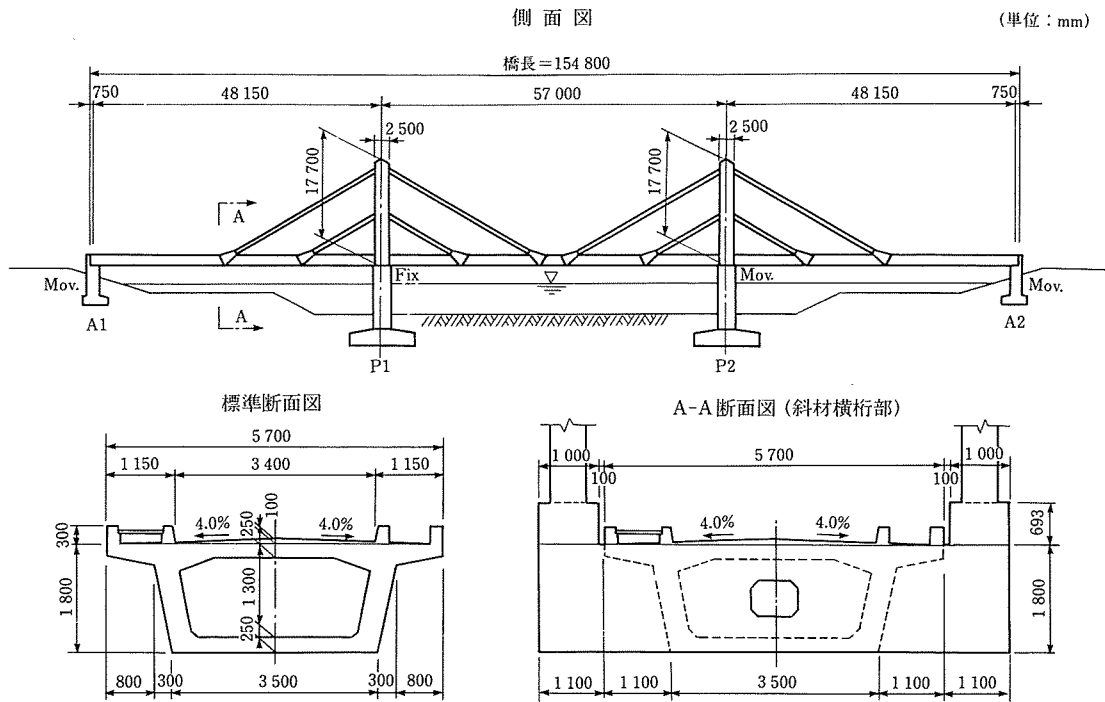


図-4 新牛朱別川橋梁

よび長野自動車道と交差する橋梁として建設された。

屋代南橋梁は、国道18号線および更埴インターチェンジとの交差に伴い、橋梁区間中央部の道路公団敷地内に橋脚を設けることで、最大スパン105 mとなる。また、屋代北橋梁は長野自動車道本線およびインターチェンジ上り流入線との交差部分に設けられ、最大スパン90 mとなる。

南橋梁は橋長340.0 mの4径間連続PC斜張橋で、北橋梁は橋長200.0 mの3径間連続PC斜張橋である。

図-5に橋梁一般図を示す。本橋は通常のPC斜張橋に較べて、主桁剛性が高く、主塔高さは従来の斜張橋の1/2程度と低くしている。このことにより新幹線車両の走行性および乗り心地確保に大切なたわみ特性に優れた構造となっている。

主塔の斜材はサドルによる貫通方式で、定着はすべて桁側で桁内にて行った。斜材定着具は、本橋梁では施工中および完成後の斜材張力調整が不要なことから、外ケーブル工法用の簡易な定着具を採用している。塔側の斜材固定構造は図-6に示す貫通固定方式としている。

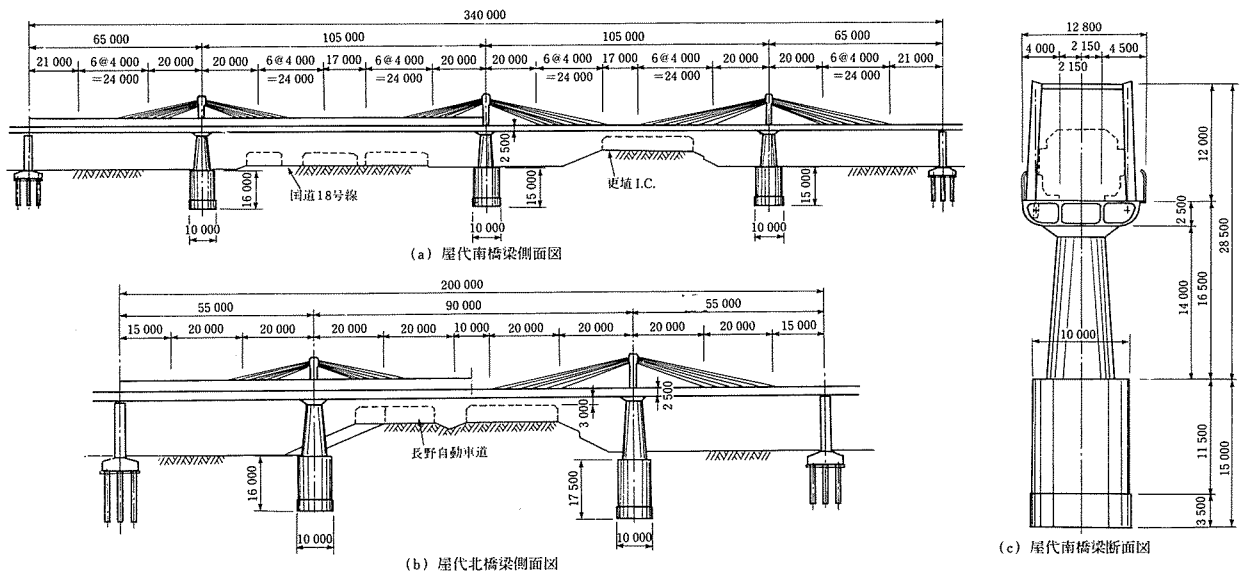
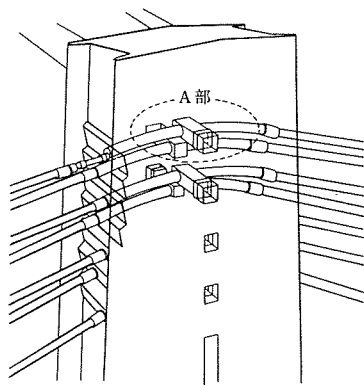


図-5 屋代南、屋代北橋梁一般図



貫通固定方式システム (A部詳細)

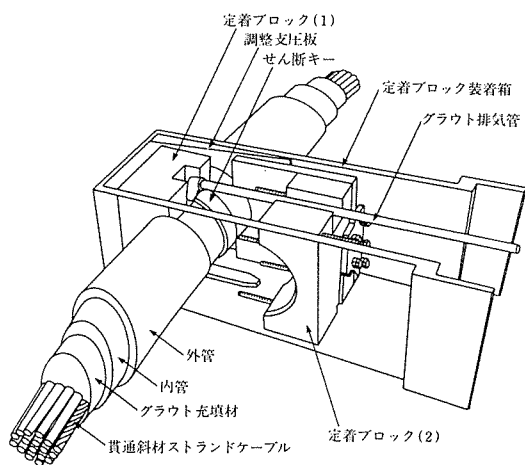


図-6 貫通固定方式

本橋の斜材は2面吊りであり、斜材ケーブルは19 T 15.2 mm (SWPR 7 B) を使用している。斜材保護管は外径 110 mm の FRP 管を用い、黄色に着色してある。

写真-4 に完成後の状況を示す。

3.3 単純桁

単純桁においてケーブルの偏心を大きくするためには、桁高を大きくすると同様の効果を発揮させるための



写真-4 屋代南橋梁

圧縮部材を付加させる構造とすることが必要となる。圧縮部材として曲線と直線形状の2例を紹介する。

3.3.1 武蔵五日市高架 PC ランガー橋⁵⁾

武蔵五日市駅は、青梅線拝島駅から分岐する単線で延長 11.1 km の JR 五日市線の終着駅である。武蔵五日市駅は、あきるの市の土地区画整理事業の一環として高架化された。

本高架化において、地域の幹線道路である秋川街道と立体交差するための橋梁は、線路の縦断計画と道路の空頭の関係から下路桁として計画されていた。通常の PC 下路桁では、橋梁前後の高欄高さより下路桁の主桁が飛び出し、道路上に大きな壁ができ、主桁高さを高欄高さに合わせると主桁の耐力が不足する。このため桁高の足りない分を主桁に圧縮部材としてアーチ部材を取り付け、主桁高さを高欄高さに合わせる構造とした。前後の高架橋と合わせ全体の景観を配慮した構造形式としてこの PC ランガー橋が採用された。写真-5, 6 に前後の高架橋と本橋梁を示す。本橋の橋長は 39.96 m, スパン 38.76 m で半径 200 m の曲線橋となっている。図-7 に一般図を示す。



写真-5 武蔵五日市高架橋

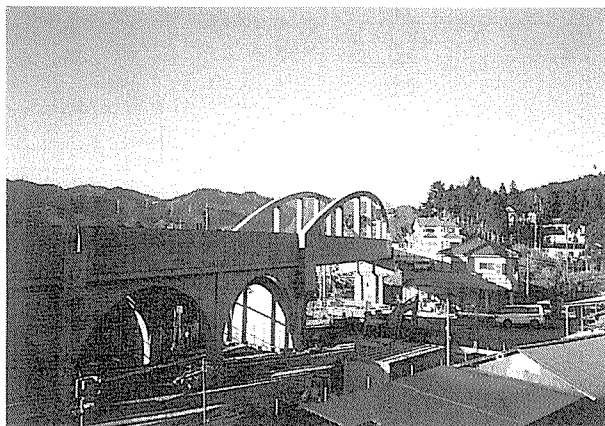
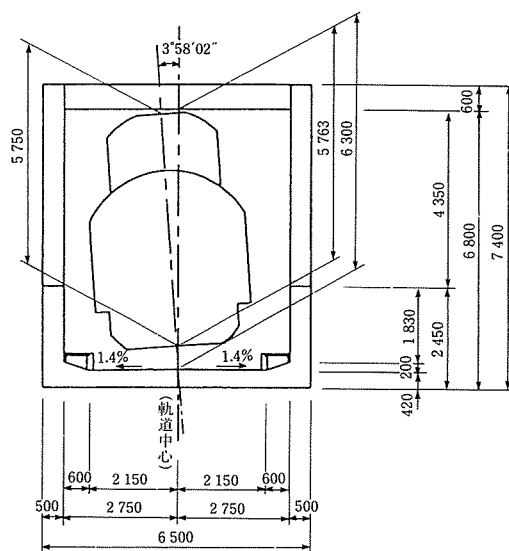
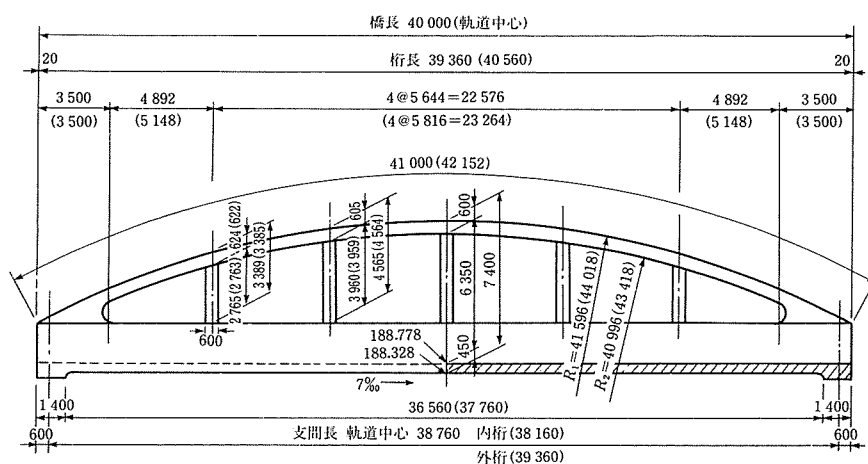


写真-6 武蔵五日市 PC ランガー橋

桁中央部断面図



側面図



()寸法は外桁を表す

平面図

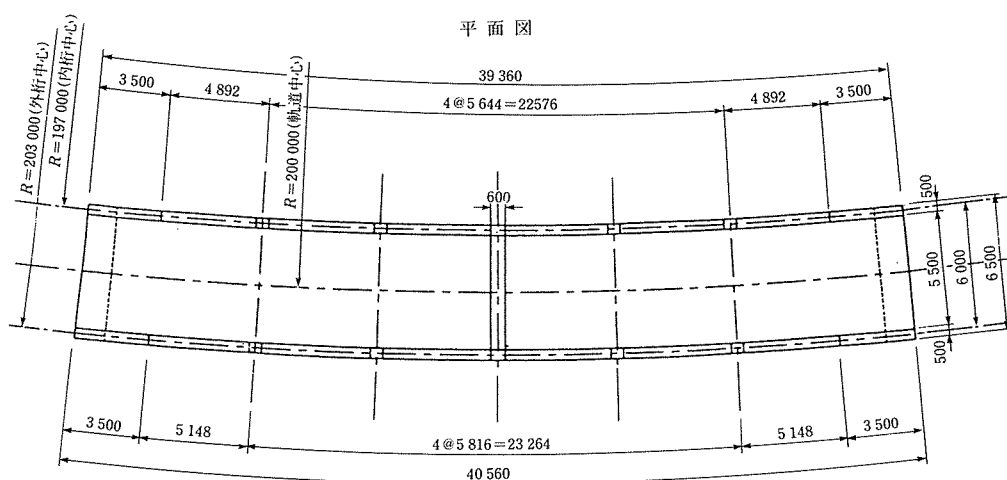


図-7 武蔵五日市高架 PC ランダー橋

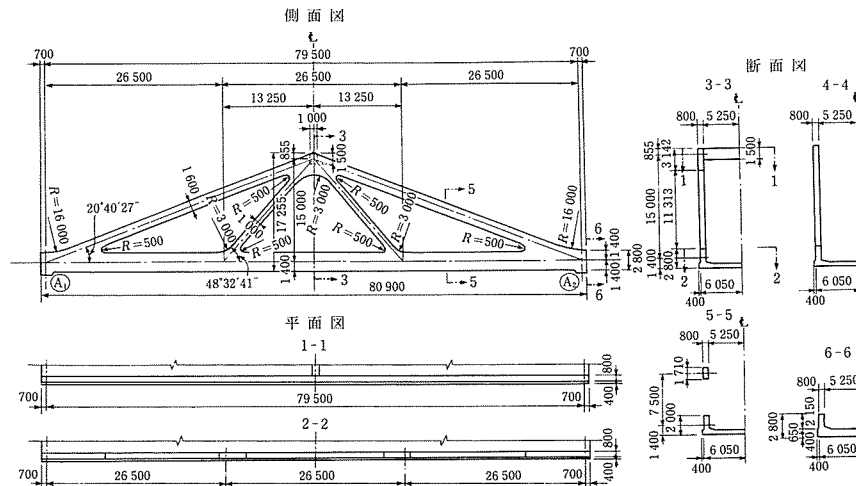


図-8 姉ヶ崎橋梁一般図

3.3.2 姉ヶ崎橋梁

JR 内房線姉ヶ崎—長浦間の二級河川椎津川の河川改修工事に伴い、姉ヶ崎橋梁を架け換える必要が生じた。前後のレールレベルとの取付けと、河川の高水位の関係より桁断面は下路桁とする必要が生じ、下路桁の主桁が大きくなり過ぎることを避けるため、圧縮斜材を主桁上側に設ける構造を採用した。橋梁一般図を図-8に示す。

主桁の桁高は車両の窓下位置に合わせるよう制限した。そのため、支間中央に2箇所の吊材を設けている。吊材は、主桁からの力を斜材に伝達する部材で、軸引張力が大きく働く部材である。この吊材は軸引張力にみあったプレストレスを導入したPC部材としている。

斜材は圧縮部材であるためRC部材としている。

本橋の完成予想写真を図-9に示す。

3.4 その他の橋梁

桁下空間に制約がある場合、ケーブルの偏心を大きく

する工夫として桁上側に圧縮材を付加すれば効果が生じる。連続桁において、高欄部分を主桁の一部に取り込んだ構造の橋梁の例を図-10に示す。本橋も桁下が河川の高水位で制約され、桁上面はレールレベルが制約されている。下路桁にするまでの制約ではないが、桁高がこの制約下では不足するので箱形桁に高欄を構造部材として取り込んで断面力に抵抗する構造としている。

4. 今後の展望

これからの構造物は今までより一層地域の景観に合ったものを選定してゆくことが求められています。その中で大偏心ケーブルを利用した構造形式は、形態のレパートリーを増やすと同時に、桁高を小さくするための有力な方法です。本文で紹介した事例以外にも新しい形がまだ生まれてくるものと思います。良い土木構造物を残してゆくためにも、新しい構造形式が今後とも工夫され、生まれてくるものと期待しています。

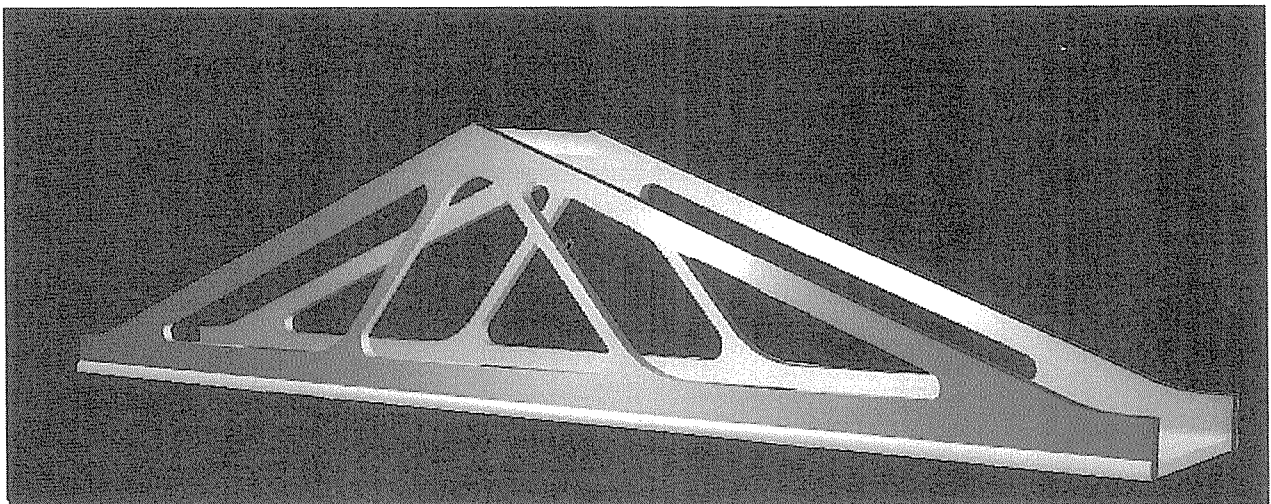


図-9 姉ヶ崎橋梁完成予想図

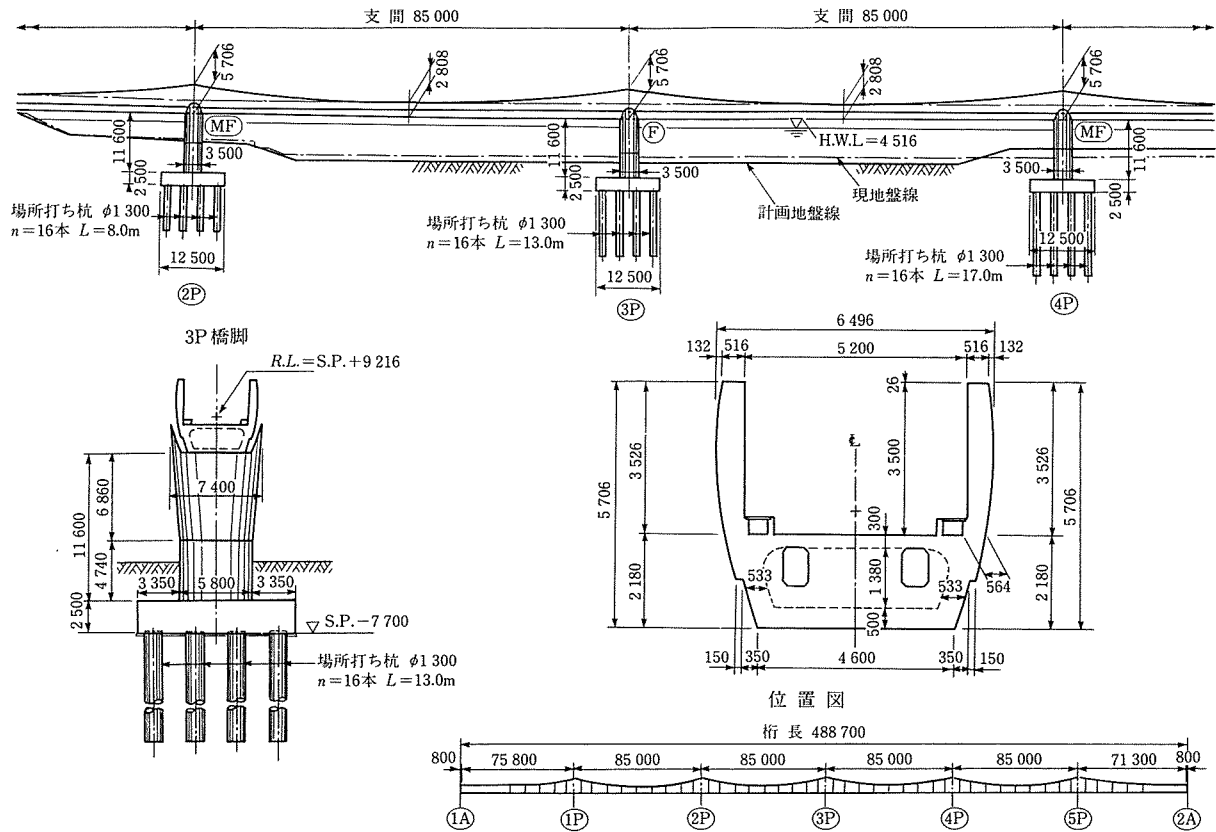


図-10 高欄部分を構造に取り込んだ橋梁

参 考 文 献

- 1) 石橋, 大庭, 竹内: PC斜張橋の計画と設計, 橋梁, Vol. 25, No. 7, 1989
- 2) 津吉, 菅原, 大庭, 石橋: 第一玉川橋梁の設計, プレストレストコンクリート, Vol. 38, No. 3, 1996
- 3) 吉野, 小澤, 菊地, 菅原: 西三条架道橋の設計, プレストレストコンクリート技術協会第5回シンポジウム論文

集, 1995年10月

- 4) 森藤, 新しいPC連続斜張橋の設計・施工, セメントコンクリート, No. 578, Apr. 1995
- 5) 小林, 中山: 武蔵五日市高架PCランガ橋の設計と施工, プレストレストコンクリート, Vol. 38, No. 5, 1996

【1996年12月24日受付】