

新たな展開を示すPC構造

平成 3 年 2 月

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会

総 目 次

プレストレストコンクリート橋の新たな展開	1
----------------------------	---

横浜国立大学工学部 教授 池 田 尚 治
(社)プレストレストコンクリート技術協会 理事

組立プレストレストコンクリート造(建築)	13
----------------------------	----

日本大学教授 本 岡 順二郎

新しいプレテンション桁の JIS について	25
-----------------------------	----

横浜国立大学工学部教授, (社)プレストレストコンクリート技術協会理事 池 田 尚 治
(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会, ピー・エス・コンクリート株式会社 藤 元 安 宏
同 上 , ピーシー橋梁株式会社 深 山 清 六
同 上 , 富士ピー・エス・コンクリート株式会社 佐久間 隆 夫

P C 橋の新しい構造事例	55
---------------------	----

首都高速道路公団 常任参与 小 村 敏
(社)プレストレストコンクリート技術協会 理事
(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 高速道路橋研究委員会 委員長 宮 地 清
ドーピー建設工業株式会社 常務取締役
ピー・エス・コンクリート株式会社第一技術部 主任研究員 野 村 貞 広

各地の美しい P C 構造物	87
----------------------	----

(各開催地域の講師)

各種の省力化工法	157
----------------	-----

(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 施工部会

プレストレストコンクリート橋の新たな展開

横浜国立大学工学部 教授
(社)プレストレストコンクリート技術協会 理事 池田 尚 治

1. はじめに

安全性、耐久性、経済性、力学的合理性および美観などに優れたプレストレストコンクリート構造(PC構造)は、橋梁の建設に極めて適した構造形式であって常に新たな展開を見ることができる。プレストレス力によって荷重作用による曲げモーメントの逆向きの曲げモーメントを発生できること、引張力に弱いコンクリートに予め圧縮力を与えて引張強度の領域を著しく拡大していること、アーチ構造や吊構造を組合せてPC構造が大きく発展していること、および鋼との組合せで複合構造の著しい展開が見られること、など、PC固有の特徴とその展開に注目することが重要である。

ここでは最近注目されているPC橋のいくつかについて概観し、PC橋の新たな展開を述べようとするものである。

2. トラフ形式の橋梁

スイスの国道N9 (Vallorbe-Simplon 間) のRiddes で、ローヌ川を斜めに横断する部分にトラフ形式の新しい橋梁が建設された。ローヌ川はアルプスの雪融け水を集める河川であり、また、架橋地点附近の国道の路面高さの制約から支間 140 m 以上でけた高が 2.5 m 以下という設計条件が与えられた。そこで、トラス橋やアーチタイプの橋梁で下路形式のもの、斜張橋など多くの橋梁形式が提案されたが、結果としてここに述べるトラフ形式の橋梁が採用された。⁽¹⁾

この橋梁は、図-1 に示すように上下線が独立した並列橋で、支間割りは両橋とも同一で 55 m + 143 m + 55 m で

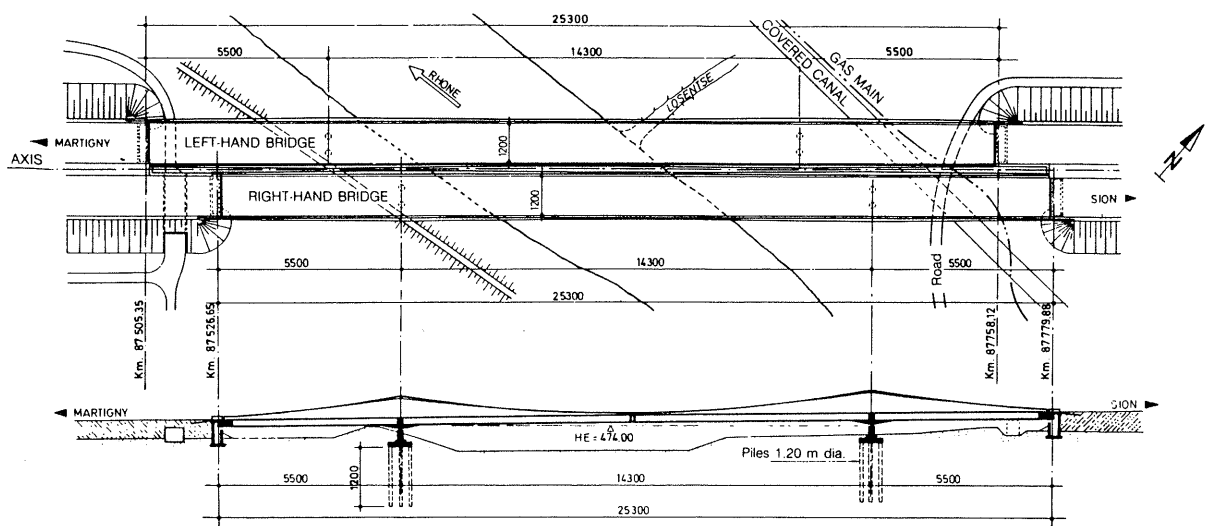
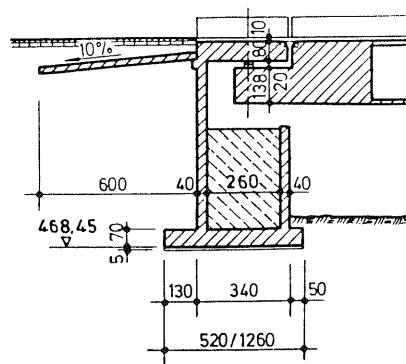


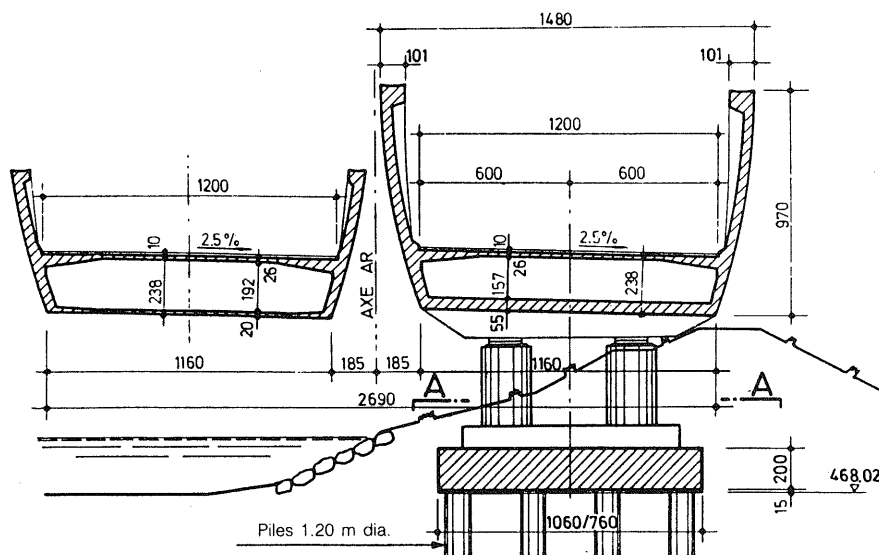
図-1 Riddes 橋の平面図と側面図

ある。この支間割りでは両端支点に負の反力が生じるため、両端のアバットをカウンターウェイトとして作用させ、両端の支承には負の反力が生じるようにされた。図－２にアバットの状況を示す。

主げたの断面は図－３に示す通りであり、中間支点上で9.70m、支間中央で3.63mのけた高となっている。トラフの下は箱断面であって、下フランジの位置における断面の幅は11.6m、高さは2.38mで一室の閉断面を形成している。また、この地点の地盤が悪いことから、支間中央部分でヒンジ構造となっている。プレストレスは橋軸方向の他に橋軸直角方向の上床版に導入された。

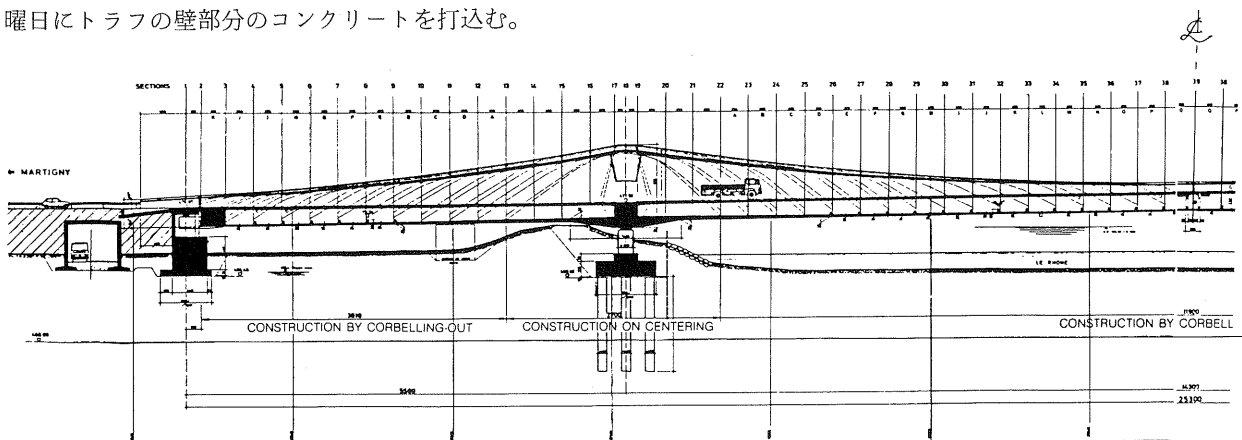


図－２ Riddes 橋の橋台



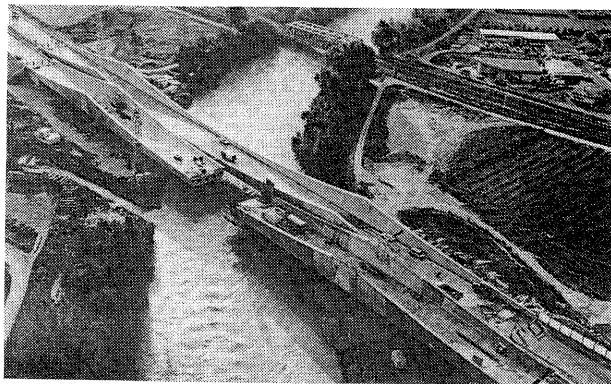
図－３ Riddes 橋の断面図

架設は、移動支保工を既に築造されたデッキ先端から吊り下げる方式とした。張出し架設の工程は次のサイクルとした。即ち、月曜日の朝に橋軸方向の緊張を行い、午後に移動支保工を前進させてから、横方向に緊張を行う。火曜日に箱断面の配筋作業を行い、水曜日にPCケーブルを配置する。木曜日に箱断面部分のコンクリートを打込む。金曜日にトラフの壁部分のコンクリートを打込む。



図－４ Riddes 橋のケーブル配置

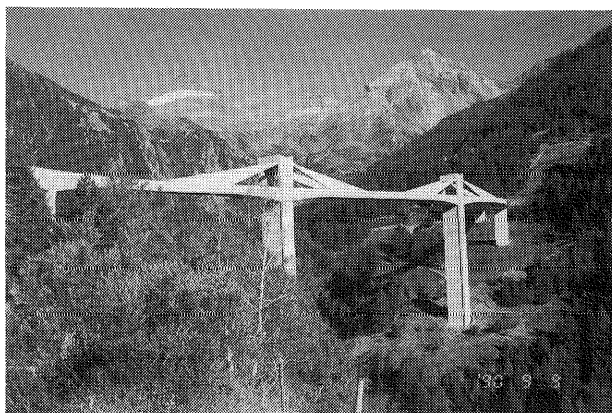
プレストレスは 27 T 30 を 20 本または 30 本使用して中間支点上において最大 14720 ton のケーブル容量となった。ケーブルはコンクリート打込み後に挿入された。また将来に備えて各はりには 4 本の中空のダクトを設置した。上床版には 6 T 30 ケーブルを 87 cm 間隔で配置した。最後に連続用のケーブルを配置して中央ヒンジ部分にプレストレスが導入された。



写真—1 Riddes 橋の架設状況

3. コンクリートで斜材を補剛した P C 斜張橋

P C 斜張橋は、その優れた構造形式により世界各地で長大橋の建設に採用されている。その中には斜材をコンクリートで補剛した独特の構造が見られる。我が国では中央支間 85 m の小本川鉄道橋などがあるが、古くは、ベネズエラのマラカイボ橋(支間 235 m)がある。また、オランダの Tiel 橋(支間 267 m)などもあるがスイスの Ganter 橋はこれらの中でも際立って印象に残る構造である。Ganter 橋はスイスの国道 N 9 の Brig と Simplon 峠の間の Ganter 溪谷に架けられた中央支間 174 m、橋長 678 m の P C 斜張橋である。⁽²⁾写真—2 および図—5 に示すように、見るからに頑強で剛直なスタイルの橋梁である。1980 年に竣工し、既に多くの文献で紹介されているこの橋梁は Christian Menn 教授の設計によるもので、S 字の曲線橋であるためコンクリート斜材部分にも曲線が入っている。斜材はプレストレストコンクリートスティであって、それぞれの斜材は 22 T 13 のケーブルが 16 本配置されている。主げたの断面は 1 箱形式である。



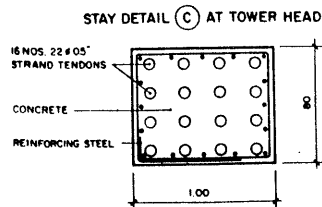
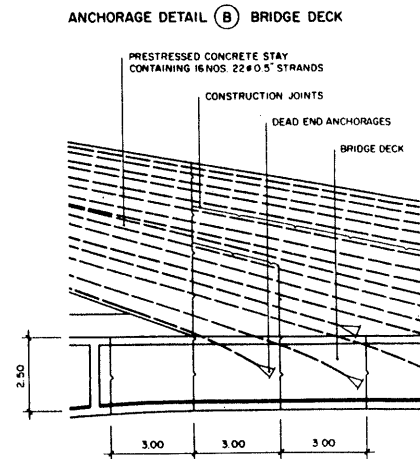
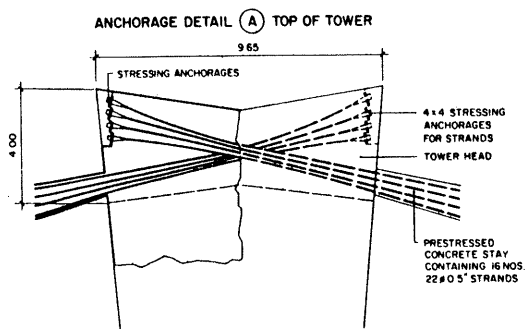
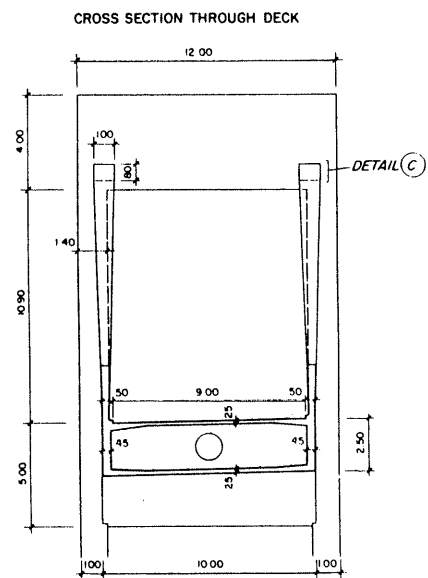
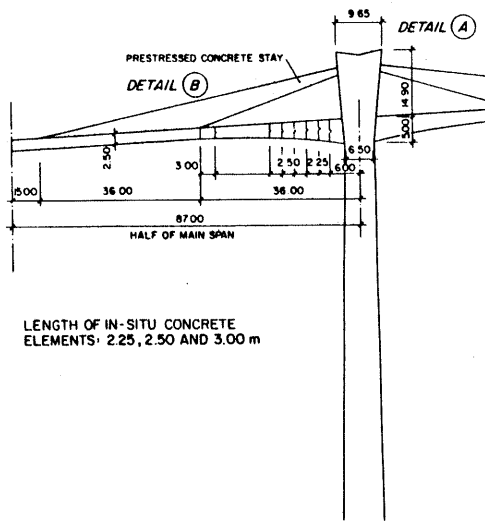
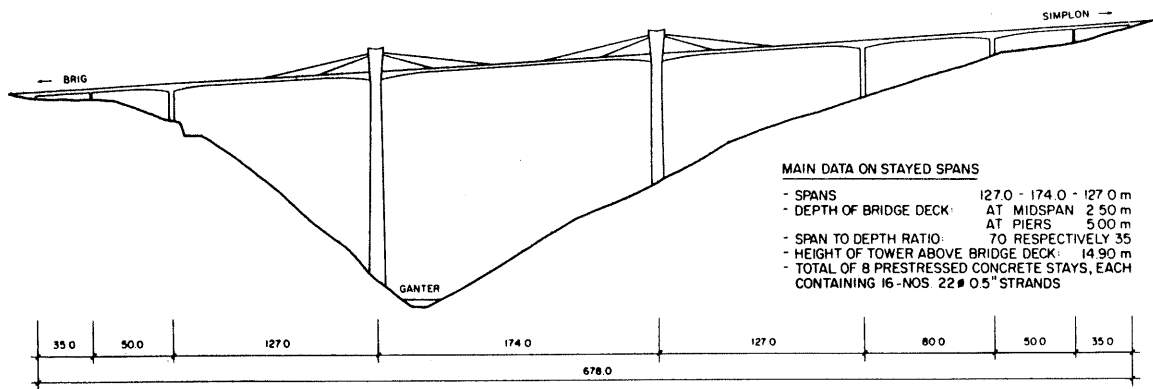
写真—2 Ganter 橋

架設は、タワーから両側に 36 m を片持式張出し工法で施工し、それ以降は 3 m ずつ斜材のケーブルを用いて両側に張出した。その後斜材部分にコンクリートを打込んでから斜材の P C 鋼材の緊張が行われた。緊張は橋面よりの高さが 15 m のタワーの頭部で行われた。

なお、この橋梁の Simplon 側の地層は年間 6 ~ 10 mm のクリープが生じると予測され、そのため Simplon 側の橋脚の底部は移動可能になっているとのことである。

4. 長大アーチ橋

支間 235 m の別府明礬橋が 1989 年に完成し、トラスメラン併用のユニークな架設方法の採用や、温泉地帯における耐久的なコンクリートアーチ橋の建設のための各種の調査研究などが評価され、1990 年の F I P ハンブルク大会で F I P Special Mention 賞を受賞したことは記憶に新しい。ここで紹介する Rance のアーチ橋は、アーチリブの張出しに支間途中のピロンを用いて建設する独特の架設方法により、その支間を 261 m とすることができた。この橋梁はフランス西部の Bretagne 地方の Rance 川に架かるアーチ橋で、橋長は 424 m である。⁽³⁾なお、Rance は潮汐発電所所有



图—5 Ganter 橋

名である。

この橋梁の特徴は、図-6 に示すようにアバットから約 60 m 離れた位置に仮支柱を建て、その位置にピロンを建てて斜張橋のように張出し架設を行う方法を採用したことである。また、アーチのライズスパン比を 1 : 7.5 としたことから上部げたの重量をできるだけ軽くすることが有利であるので、上部げたには鋼板げたを用いることとした。これはあまり例のないことである。

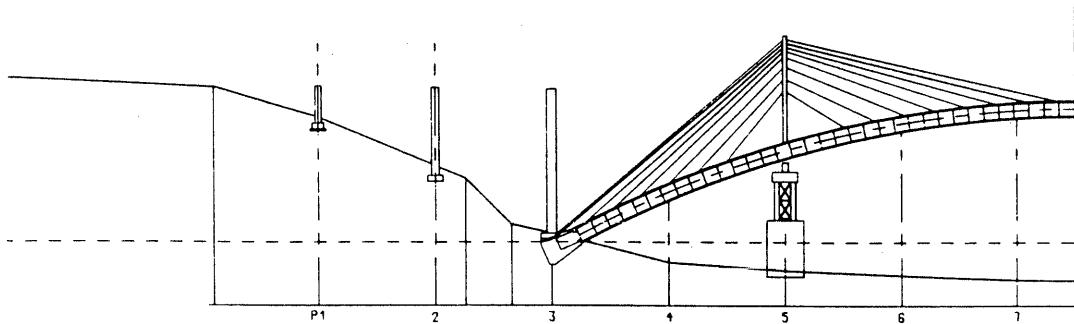


図-6 Rance 橋の架設方法

アーチリブの高さは当初 4.0m で考えられたが、安定性を増すためにその後 4.2 m に変更された。図-7 にこの橋梁の断面図を示す。アーチリブは鉄筋コンクリート製の 1 箱構造であって PC 鋼材は用いられていないが閉合時には支間中央部でジャッキにより調整された。ジャッキは 500t ジャッキ 22 台が用いられた。なお、将来、クリープ変形が予想より大きくなった場合には再調整できるようになっている。しかし、60MPa の高性能コンクリートを用いているのでこのような事態にはならない筈である。図-8 に Rance のアーチ橋の架設の順序を示す。

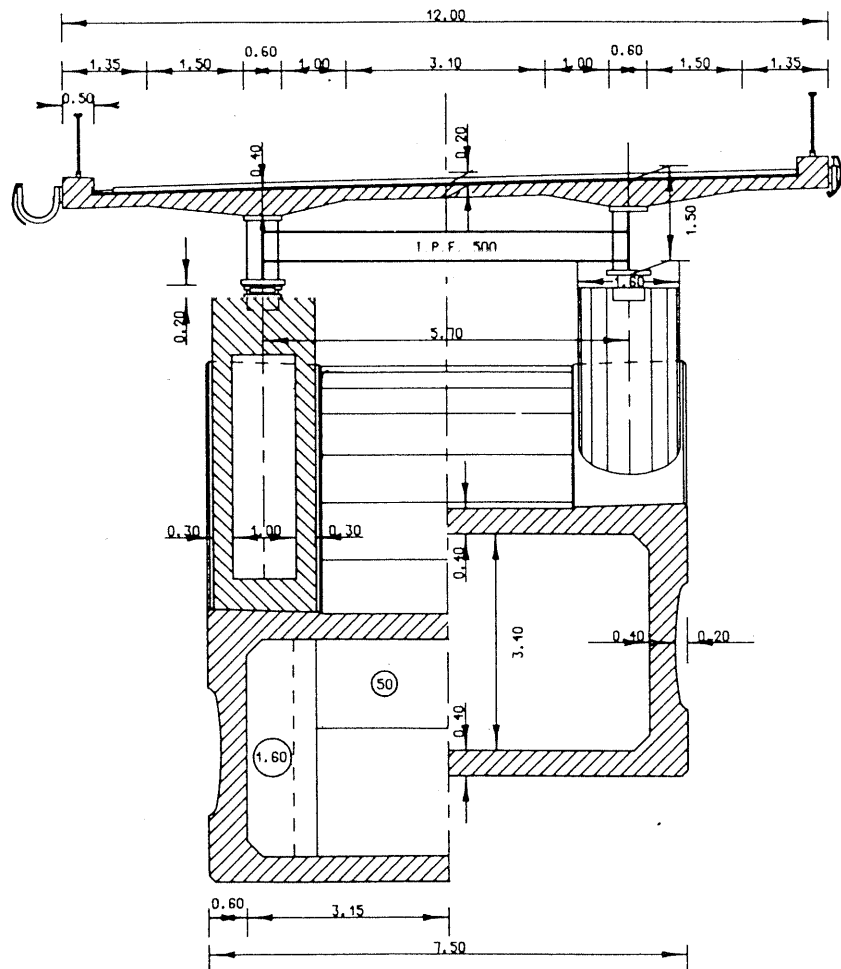


図-7 Rance 橋の断面図

なお、この橋梁の架設に際して、上空に高压線があるために種々の点で架設方法が制約された。写真-3 に架設中の状況を示す。

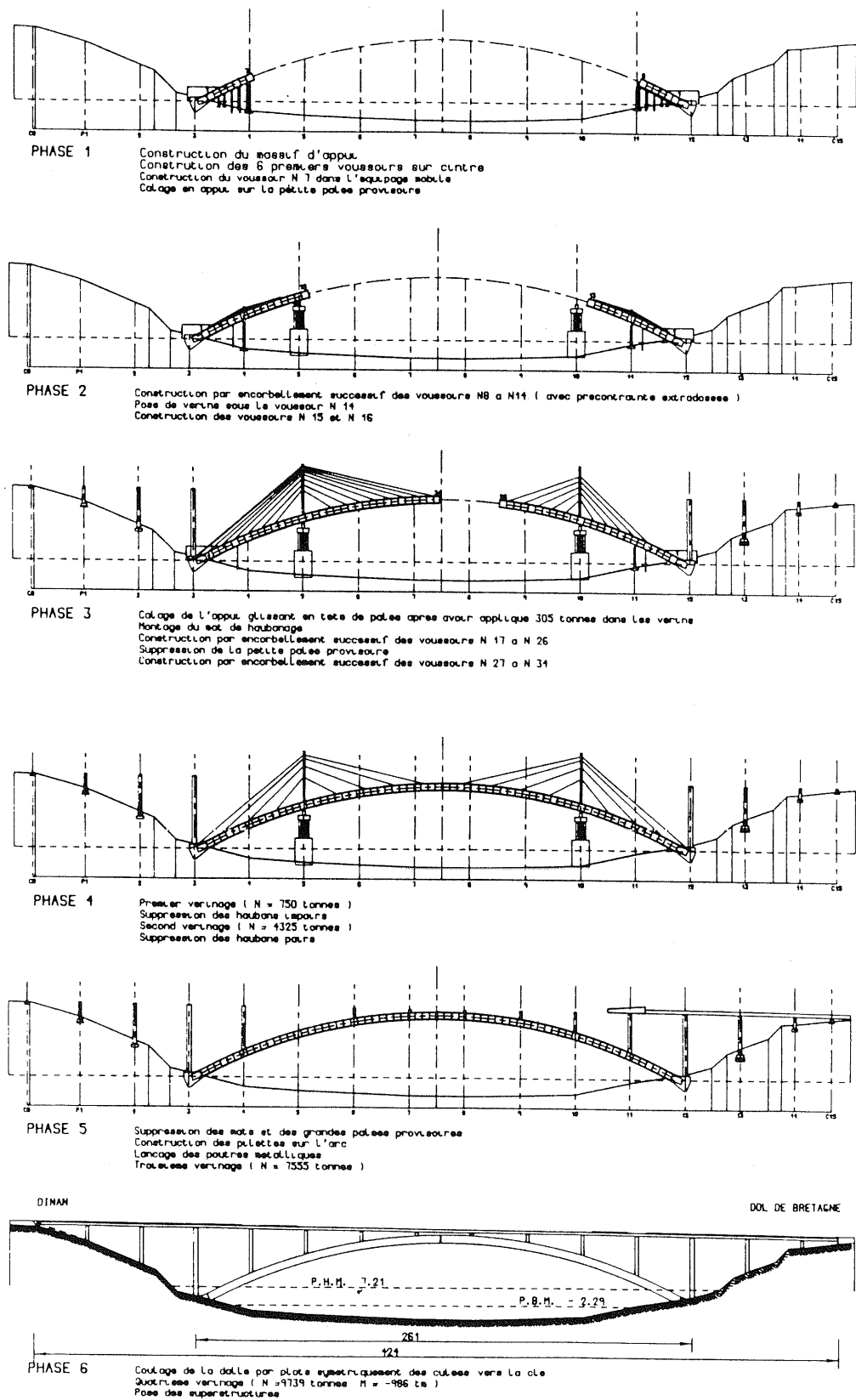


図-8 Rance 橋の建設過程

5. 鋼コンクリート複合構造の 橋梁

上述の Rance のアーチ橋も複合構造の一種であるが、鋼を大胆に P C 鋼造にとり入れた橋梁が出現してきた。

P C 箱げたのウェブを鋼波板に置きかえて自重の軽減を図る橋梁が用いられるようになり、今や鋼板も P C 構造用の主要材料になりつつある感がある。

図-9 に最近建設されたこれら複合構造の橋梁を示す。⁽⁴⁾ Maupré 橋(フランス)については既に猪股博士により詳細に報告されているが、7 径間連続の橋梁で外ケーブルを用いた押し出し架設工法による橋梁である。⁽⁵⁾ Maupré 橋の断面は図に示されるように三角形断面であって、下フランジは直径 610mm の鋼管でその中にはコンクリートが充填されている。ウェブは厚さ 8mm の波形鋼板でプレストレスによる軸力に抵抗せず、けたのせん断力のみを受ける構造である。上フランジは厚さ 200mm のコンクリート床版である。⁽⁶⁾ 写真-4 にこの橋梁の完成後の状況を示す。

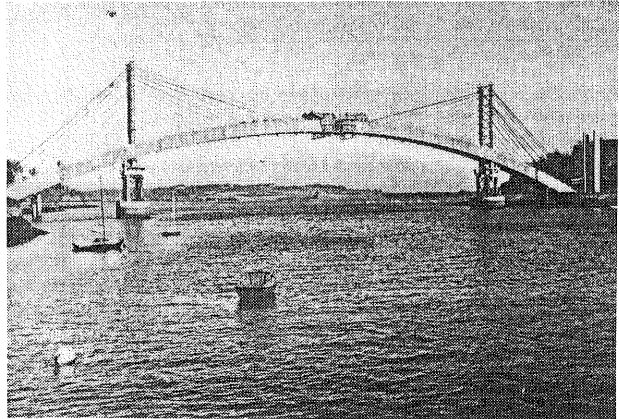


写真-3 Rance 橋の架設状況

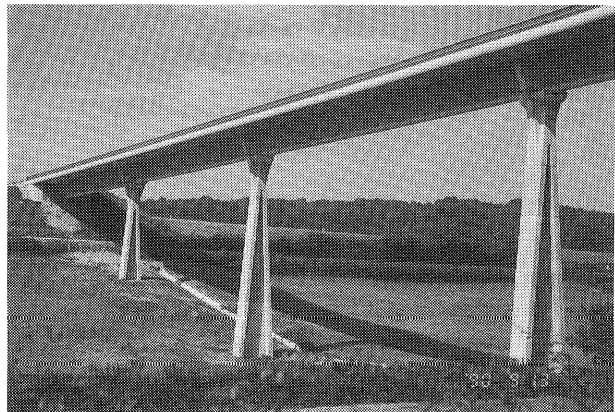


写真-4 Maupré 橋

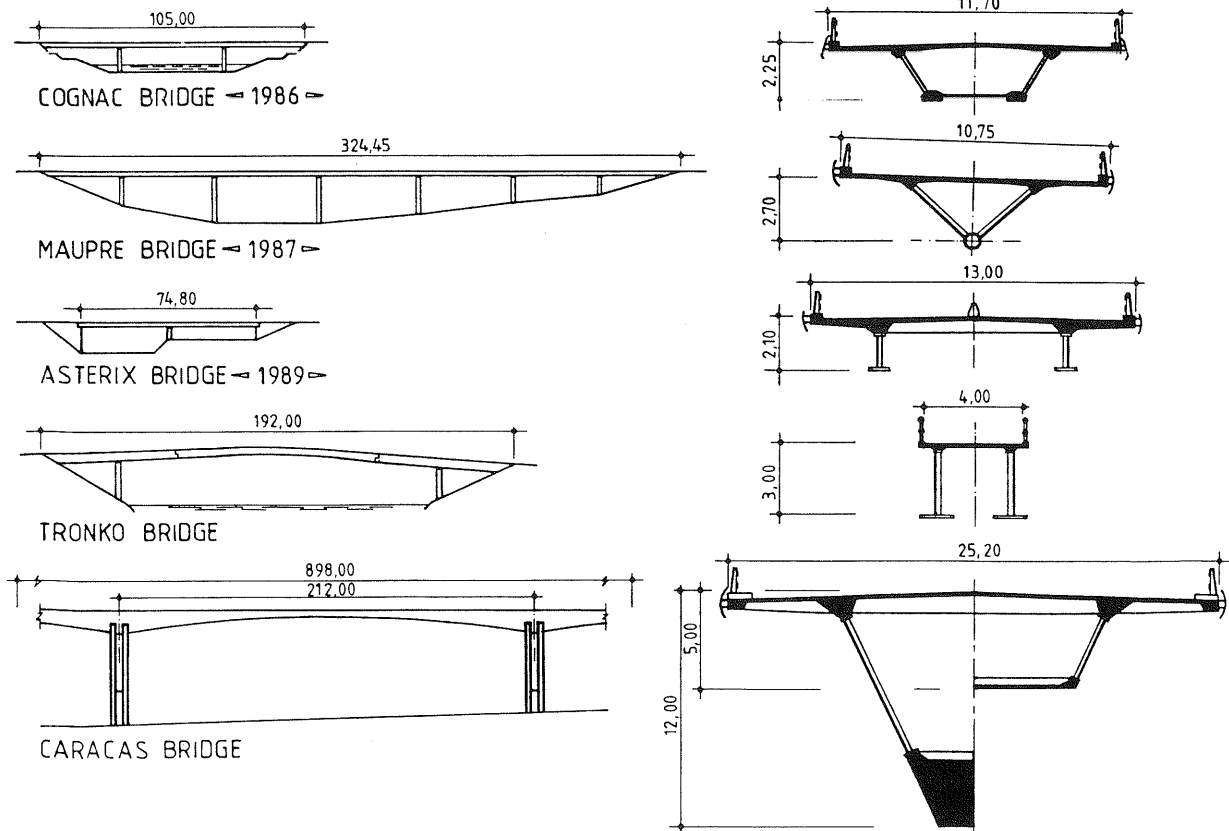


図-9 波形鋼板ウェブの橋梁

図-9 に示すようにウェブを波形鋼板とする橋梁は、Caracas 橋の場合、支間 212 m に達しており、今後一層注目される構造形式と言えよう。

アーチ橋の建設においても前述の Rance のアーチ橋は勿論のこと、佐渡の城址橋(支間 82 m)や別府明礬橋(支間 235 m)などにおいて鋼材を巧みに活用して架設している。また、P C 斜張橋においても米国の East Huntington 橋(支間 274 m)では自重を軽くするためにフロアビームに鋼げたを用いている。なお、この橋梁では軽量化のための鋼フロアビームを含めた長さ 13.6 m、幅 12.2 m (2 主げた)のプレキャストセグメントが製作され、トレーラーによって運搬された。

6. 廻転架設による P C 斜張橋

1988年に完成したベルギーの Ben - Ahin 橋は支間 168 m の P C 斜張橋であり、Meuse 川の河川敷を利用して、河川と平行に先ず建設し、これをタワーの位置を中心として 70° 回転させて河川およびこれと平行して走る鉄道との上空を一気に架設する工法によって建設された⁽⁷⁾。この橋梁は 4 車線と歩道とを有する幅員 42 m、けた高 5.0 m の構造である。図-10 にこの橋梁の構造を示す。

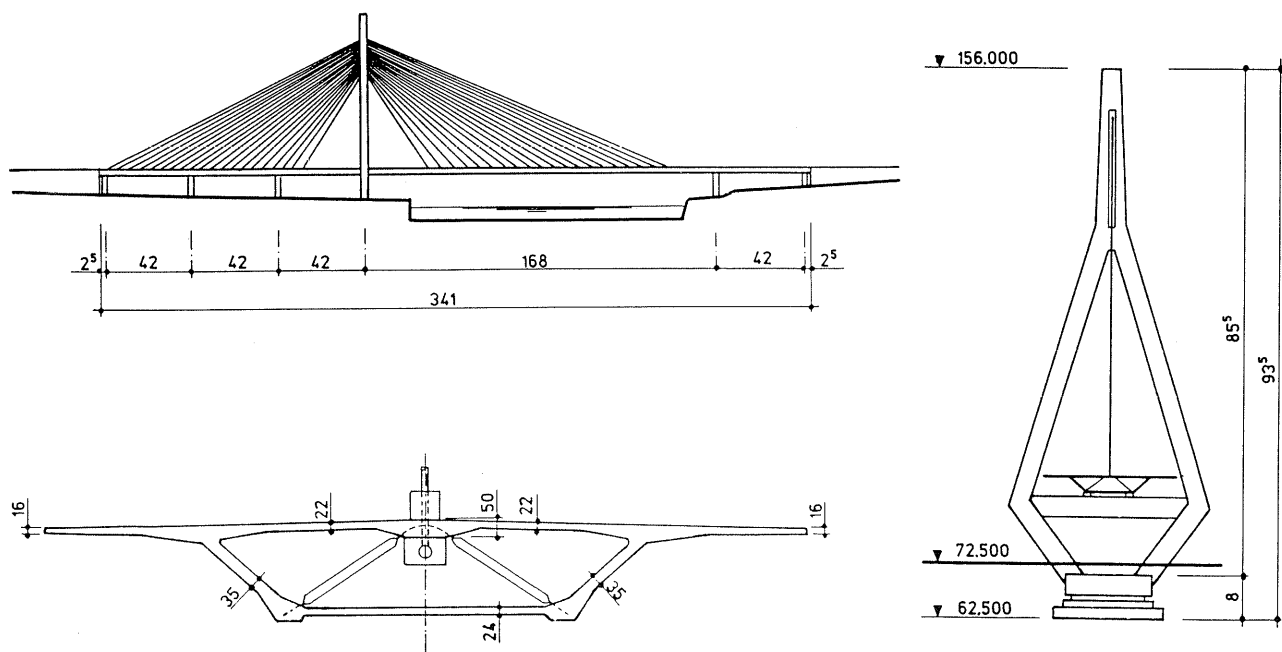


図-10 Ben - Ahin 橋の構造図

この橋梁は図-11 に示すようにフーチング上面から 4.5 m 厚さの位置にネオプレン・テフロン支承が設置され、その上に可動部分が設置された。またタワーから 46 m 離れた位置にレールが敷かれ廻転時の移動支点とされた。この橋梁の重量は 16000 ton であり、また、回転部分の橋長は 296 m であり、このような大規模な橋梁を廻転工法によって架設した例は過去にない。写真-5 にこの橋梁の完成後の状況を示す。

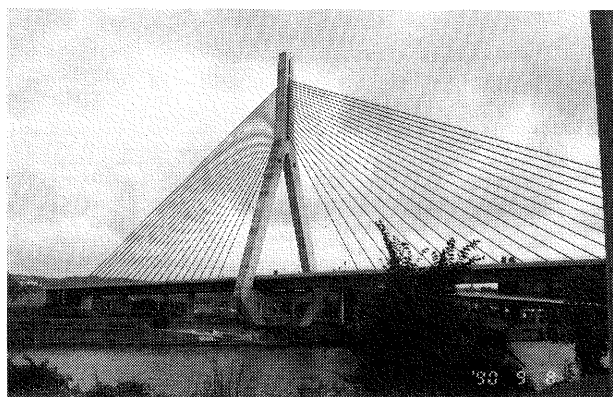
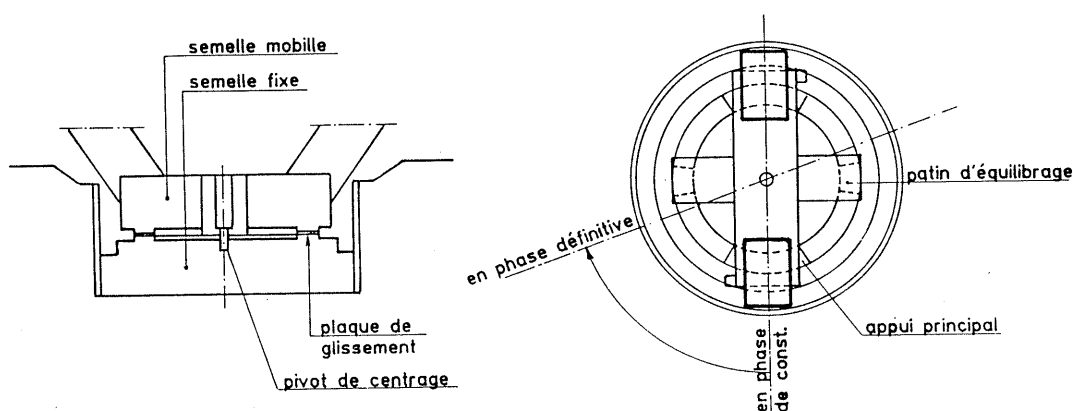


写真-5 Ben - Ahin 橋

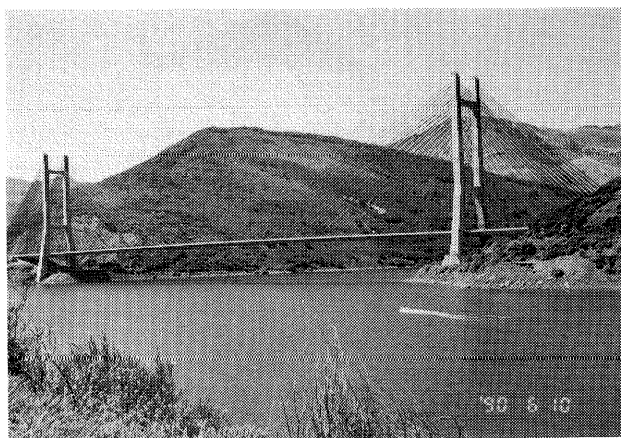


図—11 Ben-Ahin 橋のタワー付根部の廻転機構

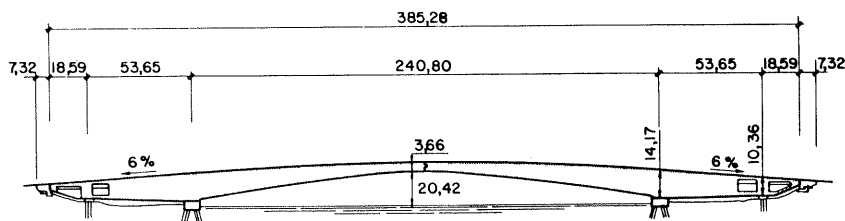
7. 長大P C 橋

張出し工法による片持ち形式の橋梁で現在世界最大支間の橋梁は、図—12に示す支間 240.8 m の Kotor-Babelthuap 橋である。⁽⁸⁾ この橋梁はフィリピン東部のパラウ島に架けられており、我が国でこの種の橋梁で最大支間を持つ浜名大橋（支間 240 m）より僅かに支間が大きい。コンクリートの高強度化、新材料の出現、等によりこの種の橋梁が今後再び支間を延ばしてゆくことが考えられる。

P C 斜張橋で現在世界で一番長支間のものはスペインの Barrious de Luna 橋（支間 440 m）であり、1983年に竣工した。この橋梁は当初 Ingenio Carlos Fernández Casado 橋と呼ばれたものである⁽⁹⁾（写真—6）。



写真—6 Barrious de Luna 橋

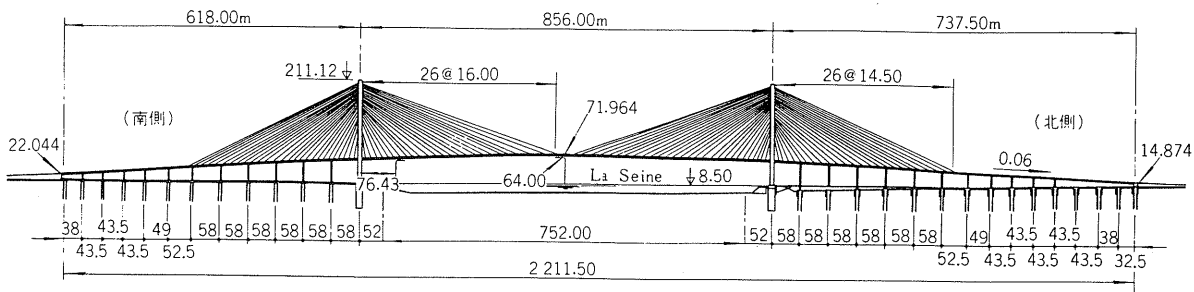


図—12 Kotor-Babelthuap 橋の側面図

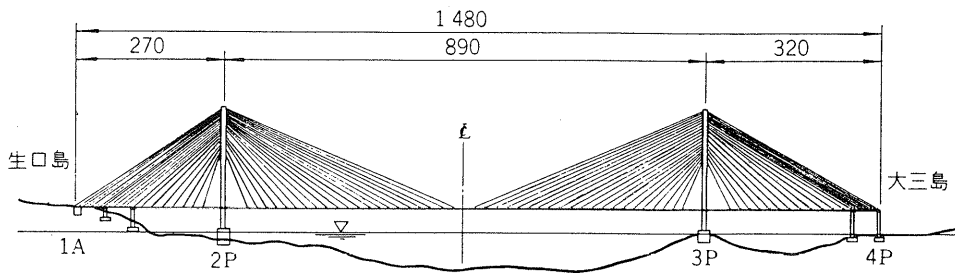
我が国では支間 250 m の呼子大橋が現在のところ最大支間を持つ P C 斜張橋であるが、耐風安定性や耐久性から考えて今後より大きな支間の橋梁に適用されてゆくものと思われる。

主径間を鋼構造とし、側径間を P C 構造とする複合斜張橋もドイツの Flehe 橋（支間 368 m, 1979 年）をはじめとして建設されており、我が国でも本四連絡橋の尾道・今治ルートの子口橋（支間 490 m）にこの形式が採用されている。

建設が進められている。図-13および図-14に面橋梁の一般図を示す。^{(10), (11)}



図一13 ノルマンジー橋の一般図 (単位 m)



図—14 多々羅大橋の一般図 (単位 m)

8. おわりに

圧縮強度 1500 kgf/cm² 以上のコンクリート、耐久性に優れたカーボンファイバーやアラミドファイバーなどの新素材、エポキシ塗装されたP C鋼ストランド、新しい発想による鋼とコンクリートとの複合、などの出現によりP C橋の発展は今まで以上に今後が期待できる。

高強度鋼材に引張力でなく圧縮力を作用させてプレストレスを導入するバイプレストレス工法や外ケーブル方式によるプレストレスの導入も今後一層進むものと思われる。また、労務事情の関係からプレハブ工法も大いに見直されることになろう。

JIS による標準化を進める一方で個性のあるPC橋の建設が一層望まれるところである。

参 考 文 献

- (1) Guglielmetti, U., Swiss Autoroute N9-bridges over the Rhone at Riddes, FIP Notes 1990/1, pp.8~12, Quarterly Journal of the Fédération Internationale de la Précontrainte
- (2) Birkenmaier, M., Winkler, N., Recent developments and Trends in the Design and Construction of Cable-stayed Bridges, Proc. 7th International Congress of FIP, Vol.1, Stockholm, pp.42~57, June, 1982
- (3) Mathivat, J., Virlogeux, M., et al, Le Pont en Arc sur la Rance, La Technique Francaise du Beton Precontrainte Ile Congres de la FIP pp.425~439, 1990
- (4) Cheyrezy, M., Combault, J., Composite Bridges with Corrugated Steel Webs — Achievements and Prospects, IABSE Symposium Brussels 1990, pp.479~484, Mixed Structures including New Materials Sept. 1990
- (5) 猪股俊司, プレストレスされた鋼コンクリート組合せ橋梁, 新しい分野でのP Cの活用, pp.1~21, プレストレストコンクリート技術協会, 1989年2月
- (6) Combault, J., et al, viaduc du vallon de Maupre, a Charolles (Saone-et-Loire), Travaux, Oct. 1988, pp.67~80
- (7) Belgian achievements, 11th FIP Congress, Hamburg 1990, pp.1~4
- (8) The Kotor-Babelthuap Bridge, Philippine Sea, FIP Notes 1984/3, pp.12~14
- (9) Javier M. Armisen, Leonaldo F. Troyano, The Ingeniero Carlos Fernandez Casado Bridge, Spain, FIP Notes 1985/1, pp.14~18
- (10) 森元峯夫, ノルマンジー橋, 橋梁と基礎, Vol. 24, No.8, 1990年8月号, ビッグプロジェクト特集, pp.113~117
- (11) 藤井裕司, 本州四国連絡橋尾道今治ルートの長大橋, 同上, pp.82~86

組立プレストレストコンクリート造(建築)

日本大学教授 本 岡 順 二 郎

1. まえがき

標題の「組立てプレストレストコンクリート造」に厳密な定義はないが、図1の例⁵⁾のように建物の大ばりや柱などの主要構造部を工場製作や現場製作のプレキャストプレストレストコンクリートを用いて組立てた構造をいう。

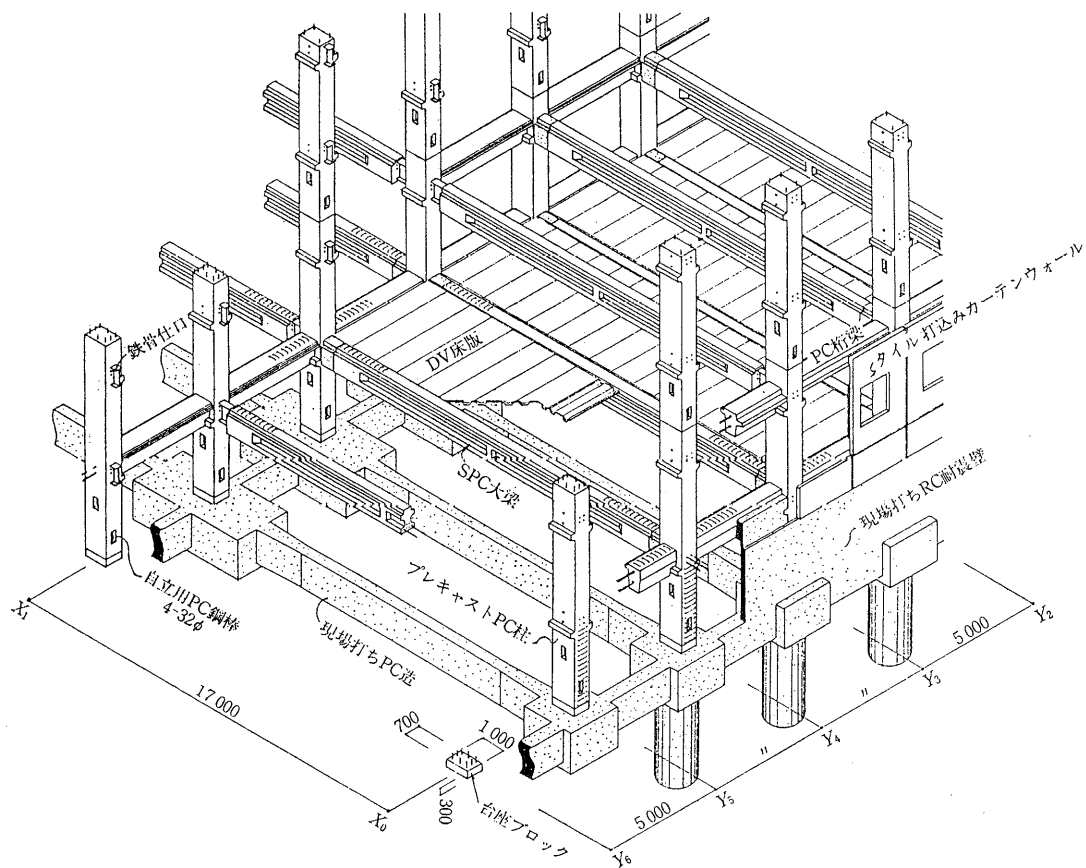


図1 組立てプレストレストコンクリート造の例(総合電子多摩製作所社屋)⁵⁾

このような組立て造は我国の建物にPC工法が利用されるようになった昭和30年頃から実施されており、2層1スパンの国鉄新宿信号所が最初と思われる。

以後35年間にわたって種々の建物に組立て造が用いられてきたが、^{4)~37)}この間の実施件数は少なく、また、一般的工法として定着したとは云い難い状況にある。

組立て造が普及しない理由は工費が割高になること、パネル工法を除いてはプレキャストコンクリート(PCa)工法が一般化していないこと、コンクリートの高強度化が遅れていることなどが挙げられる。

しかしながら、昨今の労働力不足を契機として従来の建築生産方式を変革しなければ将来の需要増と工費の高騰化に対応できないとする認識が高まり、RC造ではプレキャスト化の方向が確定的になりつつある。

以上の点から、近い将来RC造の多くの部分にプレキャストコンクリートが利用され、必然的にPC化あるいは主題の組立てPC化の道が開かれるものと期待される。

2. プレキャストコンクリート利用の背景

この数年来建物の部分的なプレキャスト（以下PCa）化が急増しつつあり、建築用PCaの生産は3年間で3倍増とも云われている。

現在RC造やSRC造に用いられるPCaの多くはハーフPCaと呼ばれる場所打ちコンクリートで一体化される合成部材であり、PC工法を利用したものでは図9のような製品が生産されている。¹⁾ また、建物の小ばりをハーフPCaとする場合も一般化しつつあり、試行的ではあるが構造全体をプレキャストとして型枠大工を全く用いない建物も出現している。

このようにPCaが用いられるようになったのは次のような理由によるとされている。

1) 労働力の不足

図2は着工建物面積および就業者数の推移であるが、着工建物の面積は数年毎の景気の影響で上下しながら全体としては年率3～4%で増加している。これに対して建設技能労働者数の増加は少なく、特に型枠大工など特定の業種では減少傾向にある。図中で1987年以降鉄骨造が木造を超えて最も多く利用されるようになった原因の一つに労働力不足があるとされている。

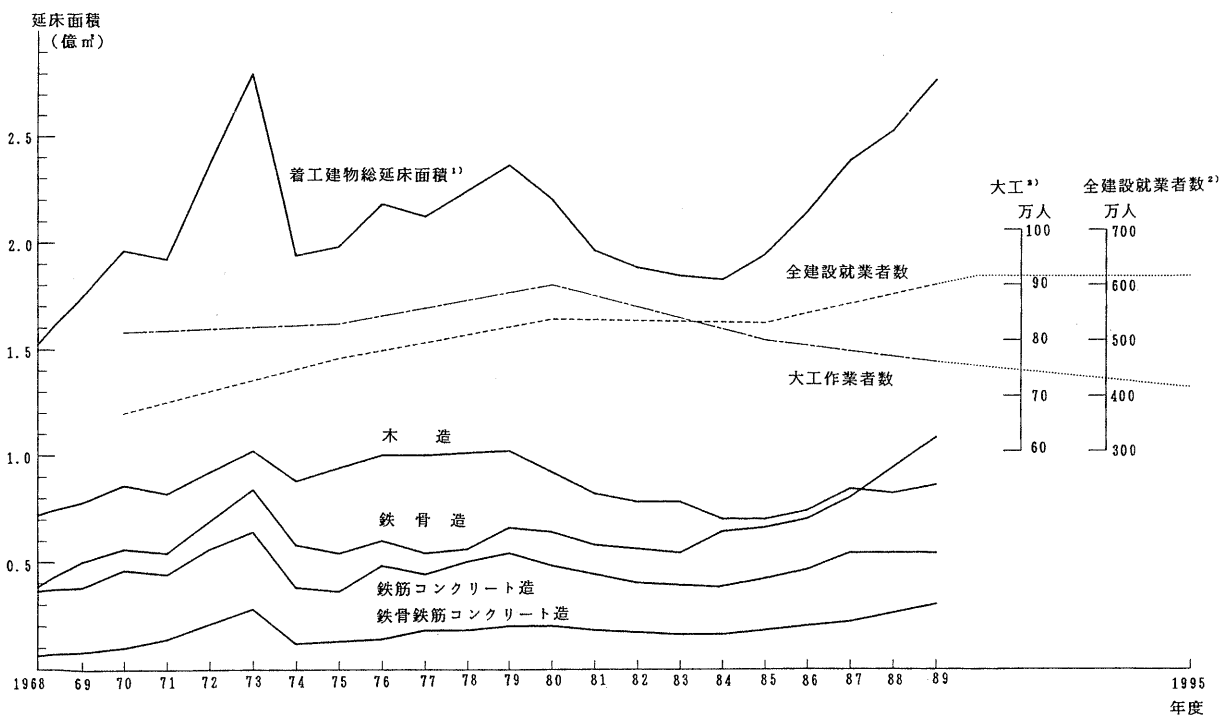


図2 着工建物面積および就業者数の推移

- 1) 2) 朝日年鑑および建設統計要覧
3) ミサワ総研推計

以上のような建物の需要増、生産年齢人口の減少（1995年以降）に加えて労働時間短縮の趨勢やいわゆる3Kに代表される職業選択の傾向を考慮すれば今後の建設労働者の充足は期待できないので、建築生産方式を変革する必要がある。

2) 労働生産性の向上

過去10年間に製造業の労働生産性は倍増したが、建設業では向上が見られない。生産性向上には機械化、標準化、部品化、施工の情報化などの技術が必要とされるがPCaはこれらの技術の適用が容易である。

3) ロボット化

建設業ではロボットの発展が製造業に較べて10年遅れているといわれる。現在種々の現場用ロボットが開発されつつあるが、建築現場はロボット利用が困難な環境である。これに較べてPCa製造のロボット化は容易である。また、PCa工法は現場でのロボットの作業空間を早期に提供できるので、現場ロボット利用のためにもPCa工法が必要である。

4) 都市環境の確保

将来の建築現場は周辺の環境を乱さず、短工期で現場作業が少なく、廃材が出ない清潔さが要求されており、組立て作業のみで建物を作るのが究極の目標となる。

以上のような事情を背景に建築の各分野ではPCaに関する研究・開発が進められている。総合的には本年度からの5ヶ年計画でPCaをテーマとした建設省総プロ「施工新技術に関する開発」が発足しており、建築研究所が行ってきた日米共同研究の最終実験がプレキャスト建物に対して行われている。また、1990年日本建築学会広島大会の研究協議会およびRC部門PDではプレキャストが今後の方向となることを結論している。

3. 構造材料の高強度化

建築でPC工法がなじめない原因の1つはコンクリートと鋼材が高強度である点にあった。しかし、この点でもRC用材料の高強度化に大きな変化がみられる。

建築用場所打ちコンクリートの常用強度は150 kgf/cm²程度から30年を経て180～210 kgf/cm²程度に増加した。しかし、近年の高性能減水剤の発展や施工技術の向上により、コンクリート強度は飛躍的に高強度化しつつある。

1988～93年の建設省総プロ「RC造建築物の超軽量・超高層化技術の開発」(New RC総プロ)では当面コンクリート強度 F_c 300～600 kgf/cm²と高強度鉄筋、降伏強度 σ_y 7000 kgf/cm²程度を組合せた範囲を目標とし、将来は F_c 300～1200 kgf/cm²と σ_y 7000～12000 kgf/cm²を種々に組合せた高強度RCによる超高層RC建物を開発することを目指している。

PCではほぼ上記の強度範囲の材料を用いているので特に高強度の感はないが、建築のPCではコンクリートの高強度が通常の建築工事になじまず、PCの普及を防いだ面があった。最近のPCaの普及と合わせてPCを特殊工法視することも少なくなるものと考えられる。

4. 組立てPC造の構成

建物の主要構造部をプレキャストPC部材とした例には壁式造¹³⁾や球形シェル⁷⁾などがあるが、最も利用されるのは柱はりで組立てるラーメン架構である。

4.1 柱とはりの接合

柱はり接合部は架構を構成する最も重要な部分であり、特に我国では大きな地震力を受ける点で構造的に重要なことはもちろん、接合法が経済性、施工性に大きく影響を与える。

過去に種々の手法でこの部分が設計されており、継手、仕口の設計法も古くからあるが^{35), 42)} 我国における接合法を大別すると次のようである。

- A 圧着型 —— プレストレスによる圧着接合
- B 場所打ち型 —— 仕口部の場所打ちRCによる接合
- C 鉄骨仕口型 —— 柱はりの埋込み鉄骨相互の接合
- D 一体仕口(columu tree)型 —— 柱はりが一体となったプレキャスト材

上記の接合法は更に次のように分類できる。

A 圧着型

A-a 通し柱型 —— 柱の側面にはり端をプレストレスで圧着する方法で図3のような例がある。

A-a-1 —— プレストレス導入前のはりを柱間に仮置きし、柱を貫通する緊張材を柱外側から緊張して圧着接合する。プレストレスによるはりの材長短縮で架構に不静定力が生ずる点に注意する必要がある。

A-a-2 —— プレストレス導入後のはりを柱間に仮置きして柱を水平に貫通する緊張材と接続具で接続し、はり端の目地コンクリートの硬化後に柱外側から緊張する。

はりの材長短縮は終わっているので不静定力は生じないが、ヒンジ発生位置のはり端が場所打ちコンクリートとなる点に注意する必要がある。

なお、この方法ではりのグラウトをしない状態ではり定着板内側にプラスチック板を挿入して柱を貫通する緊張材と接続し、目地コンクリート硬化後に溶剤でプラスチック板を溶かすことによるはり緊張材の縮みによって柱貫通部の緊張を行った例がある。緊張にジャッキを用いないので連続したはりの場合でも利用できる。

A-a-3 —— はりの一般部をIまたはT形断面、端部を長方形断面とし、柱を貫通するPC鋼材を端部の長方形とI形の段差部分で定着して柱外側から緊張する。この定着部分にジャッキをセットできる余裕があれば、柱の両側にはりが連続する場合でも圧着可能である。

A-a-4 —— はり端部の上下に切欠きを設け、この部分に定着板を置いて柱外側から緊張する。断面欠損を生じる点に注意する必要がある。はりが連続する場合には利用できない。

A-a-5 —— はり側面に設けた切欠きで定着したPC鋼棒を柱中心で斜めに交差するように配置し、柱両側のはりを柱に圧着する。鋼棒の配置が複雑となる。

A-a-6 —— 導入ずみのはりを柱の側面に置き、はりの側面と柱を貫通するPC鋼棒で圧着接合する。はり幅が薄くはり高さの大きいウォールガーダーで用いられる。

同様のはりを柱の両側面に配置したはさみばりとして用いた例もある。

A-a-7 —— リブ付きスラブの直交2方向のリブで柱を囲み、目地コンクリート硬化後リブ付スラブのプレストレス導入により圧着接合する。プレキャストリブ付スラブを、地上で製作し、これを持上げて柱の所要位置で固定するリフトスラブ工法で利用される。

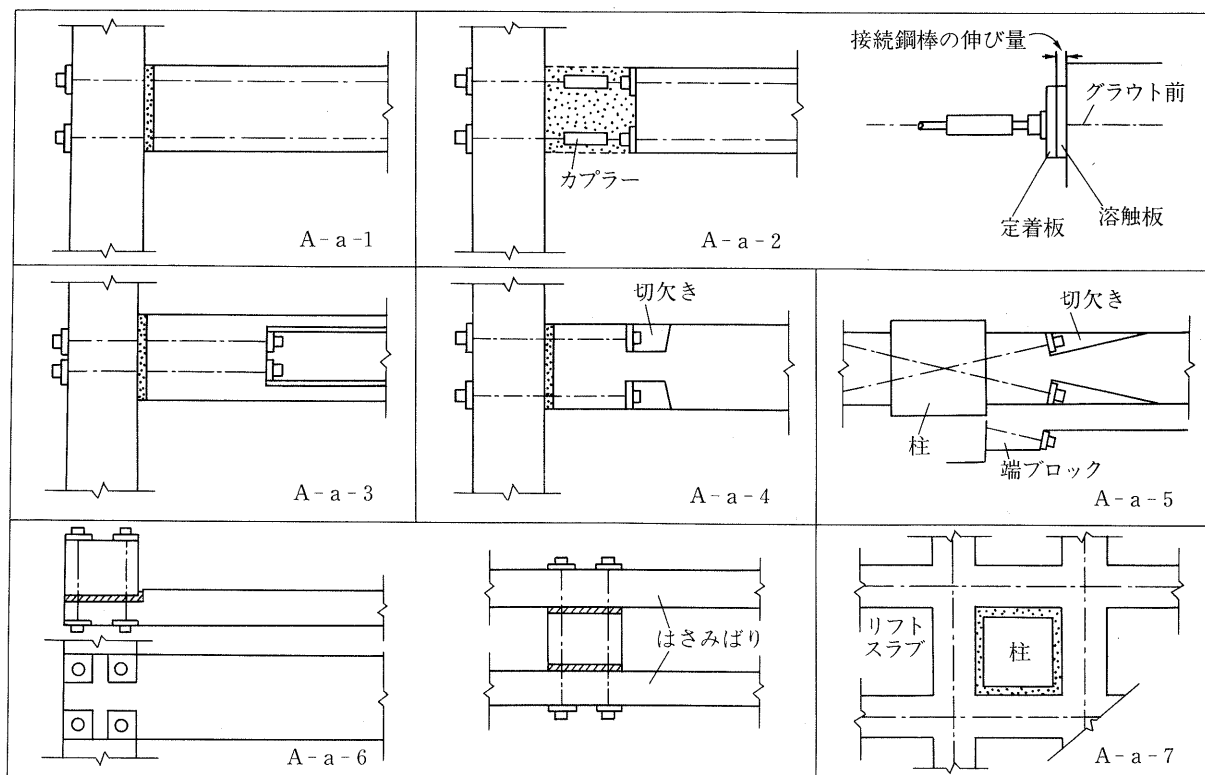


図3 圧着接合で通し柱とする場合の接合部例

A-b 通しはり型 —— はりの上下面に柱を圧着する方法で、図4のような例がある。

A-b-1 —— 柱位置のはり幅を柱幅として柱上に置き、はりを通する柱緊張材をはり上端で緊張、定着する。

A-b-2 —— 導入ずみの柱のPC鋼棒を切欠き部分でカプラーにより延長してはり上端で緊張、定着する。

柱がRC材の場合は柱切欠きとはり上端間で緊張する。切欠き部からの緊張ができないので柱が連続する多層階の場合は切欠きで仮止めし、カプラーで延長して上部から再緊張する。実施されたことはないが、前記A-a-5の利用も考えられる。

A-b-3 —— 柱上に両側のはり端を置いてA-b-1または2の方法で圧着し、はり間の目地硬化後凸に湾曲した緊張材 (cap bar) であり相互を固定する。緊張作業が上向きとなるので作業性が悪い。

cap bar の代りにA-a-5の方法も考えられる。

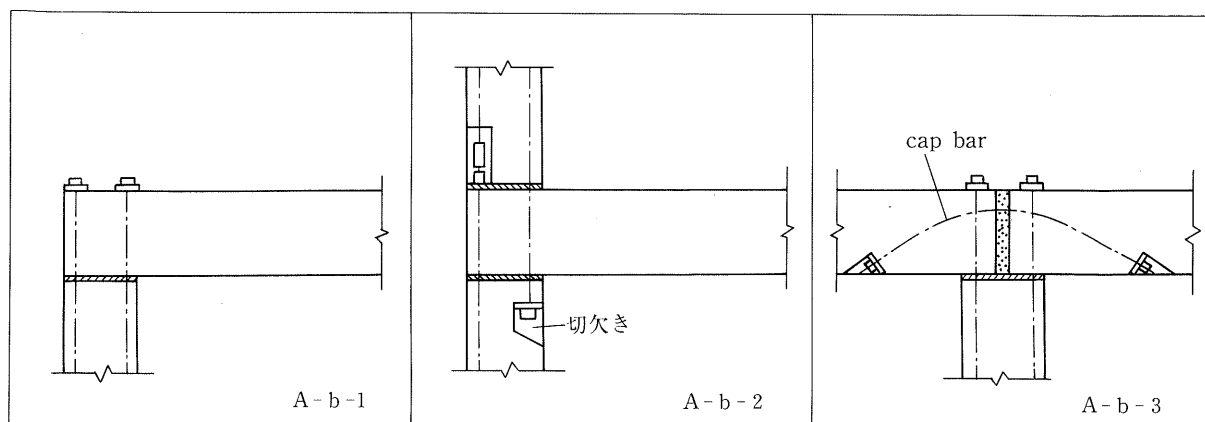


図4 圧着接合で通しはりとする場合の接合部例

B 場所打ち型

導入ずみPCばりの端部を柱上に置き、仕口部分は場所打ちコンクリートとする。柱とはりの普通筋はこの仕口内のみで定着されるため、はり筋の定着長さが不十分となる恐れがあり、仕口部耐力にも注意する必要がある。

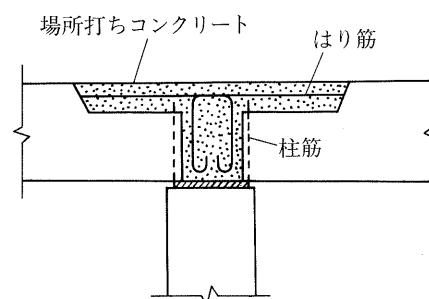


図5 場所打ちコンクリートによる接合例

C 鉄骨仕口型

C-1 —— 柱の仕口位置に埋込んだ鉄骨のガセット

プレートとPCばり端部のプレートを高力ボルトで接合する。プレキャスト材は剛性が大きいので、ボルト穴を一致させるためには部材精度と建方精度に注意する必要がある。遠心鑄造法で製造した鉄骨仕口内蔵の柱はRCプレキャストでも用いられている。

C-2 —— 鉄骨相互を現場溶接で接合する。現場溶接の信頼性を考慮してはり端を直接支持させるのがよい。

なお、柱の鉄骨仕口部分は柱全体をSRCとしたものや仕口部分のみを鉄骨とし太径軸筋に仕口鉄骨を溶接して経済性を計ったものなどがある。

C-3 —— 鉄骨柱に直接PCはりを押着接合し、その後柱鉄骨周囲に鉄筋を配してコンクリートを打設してSRC造の柱とする。柱をハーフPCaまたは型枠コンクリートブロックとすることもできる。

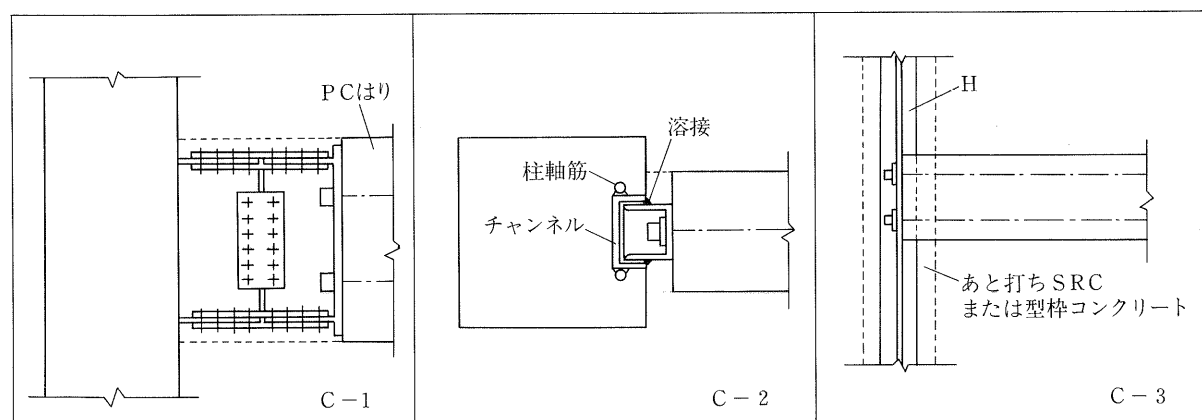


図6 鉄骨仕口による接合例

D 一体仕口（column tree, 十字）型

柱とはりを一体のプレキャストとして製作する。1ユニットはキの字型や十字型となる。はり相互、柱相互の接合には圧着接合や鉄骨接合とする。RC柱では機械継手とする。キの字の直交方向をPCの主スパンとした例もある。

大きな応力が複雑な挙動をする仕口が一体に製作されるので構造的には好ましいが、大型となるので輸送が困難でありサイトプレキャストが適している。なお、この方法は従来から高層住宅用HPCの桁ラーメンで用いられている。

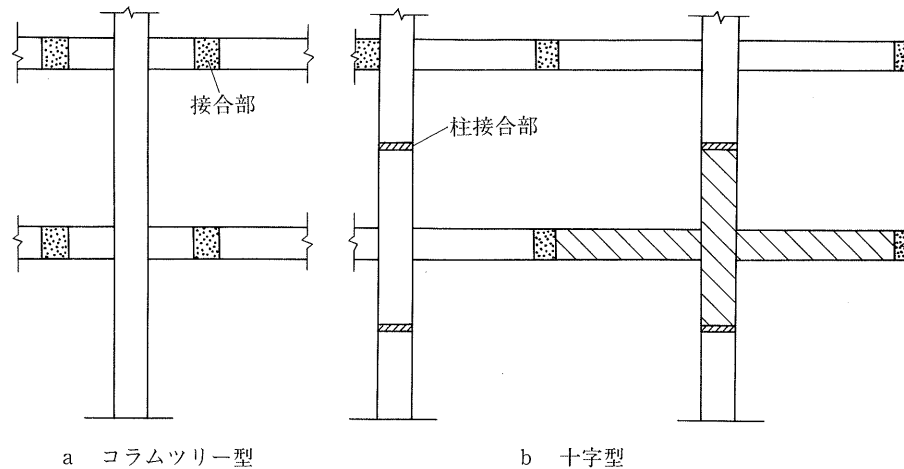


図7 一体仕口

4.2 柱と基礎の接合

プレキャスト柱と基礎の接合には図8のような圧着接合、アンカー筋による接合および掘立て柱が用いられる。

E-1 圧着接合

基礎中に定着した緊張材を柱に延長して柱頂部で緊張する。緊張時までは柱の仮止めが必要である。柱脚部に設けた切欠きで手廻しにより仮締め定着し、カプラーで延長して柱頂部で本緊張をすれば柱の仮止めは不必要となる。

E-2 アンカー接合

鉄骨造と同様にアンカー筋によって柱脚を固定する。P C鋼棒をアンカー筋に用いて緊張すれば、緊張力に応じた柱脚の固定度が得られる。

E-3 掘立て柱

プレキャスト柱を基礎中央に設けた穴に落とし込み、充填コンクリートで固定する。倒れ、振れおよび位置の精度を上げるため治具を用いるのがよい。

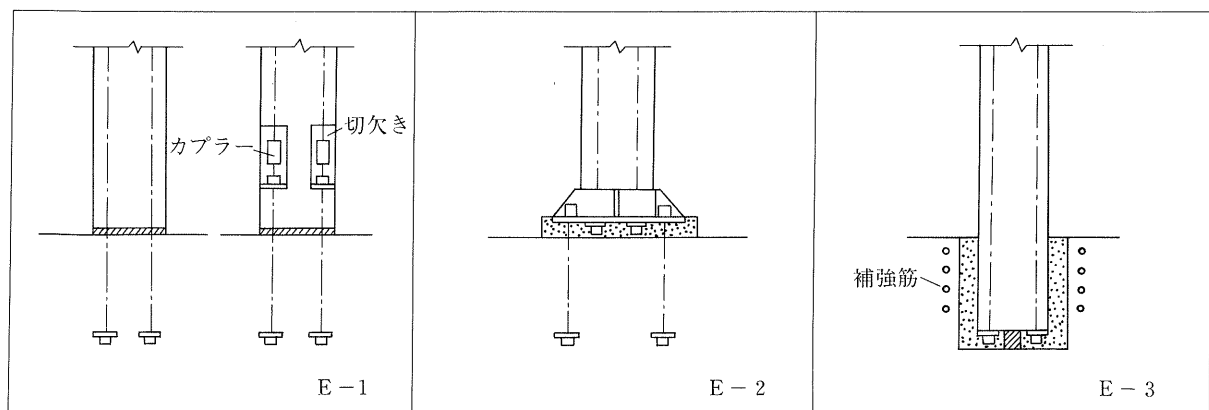


図8 柱と基礎の接合例

4.3 スラブ、小はり

D Tスラブ、S Tスラブなどのプレキャストスラブを用いるほか、最近ではP CおよびR Cのハーフ PCa (合成床版) を用いることが多い。P C合成床版の例¹⁾を図9に示す。

PCaを型枠として後打ちコンクリートによりスラブの一部を場所打ちとする工法は建物を一体化し、各部の誤差を吸収する上で都合がよく、また、型枠工事がないので経済的でもある。

合成スラブの詳細については昭和62年度講習会¹⁾を参照されたい。

5. 組立てプレストレスコンクリート造の課題

1) 接合部のじん(靱)性

建築基準法施行令が昭和56年に改正され、許容応力度設計(1次設計)と保有耐力・じん性の検定(2次設計)の2段階方式となり、じん性が建物の耐震性を向上させることが行政上認められた。

建物の耐震性を支配するのは強度とエネルギー吸収能力であり、弾塑性履歴エネルギー吸収能力の大きい降伏ヒンジがはり端に生じる図10のような降伏機構(はり降伏形)が望ましいとされている。

図11は、PC鋼棒のみ(PC)、普通鉄筋のみ(RC)およびPC鋼棒と鉄筋(PRC)を配置したはりの正負繰返し载荷時の荷重変形曲線である。

図から明らかなように、PCは除荷時の残留変形がRCに較べて小さく、PRCはこの中間となる。エネルギー吸収量は荷重変形曲線の抱絡線で表わされるから、PCはRCに較べて弾性的ではあるが、エネルギー吸収能力は低いことになる。

また、図12はPC柱とPCはりからなる2層1スパンラーメンの水平加力時の履歴曲線²⁾であるが、前述のようにPC架構では一般にエネルギー吸収能力がRCより低い。したがって、PC部材であっても鉄筋を配置するのが耐震設計上は望ましい。

はり端をプレストレスで柱に圧着する接合法は簡便でよく用いられるが、降伏ヒンジの発生が望ましいはり端部の鉄筋が接合部を貫通していないので、地震のエネルギー吸収能力は低いことになる。したがって、

項目 名称	合成床板形状
1 FC板スラブ合成床工法 (I型, II型)	
2 スパンクリート合成床工法	
3 P.C.S合成床工法	
4 アサノダイナスパン合成床工法	
5 πスラブ合成床工法	
6 FTTスラブ合成床工法	

図9 ハーフPCa(PC合成床版)例¹⁾

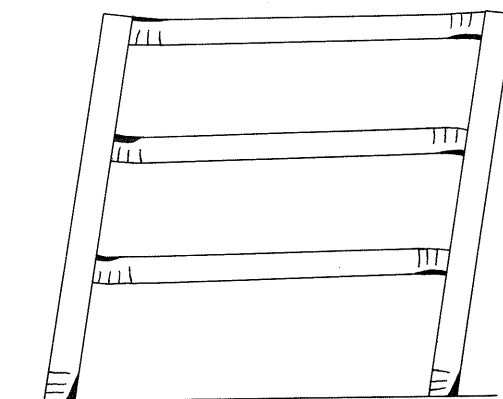


図10 はり降伏型の降伏機構

じん性に富んだ架構を期待する設計ではこの部分に工夫が必要である。

R Cの組立て造では接合部を通る鉄筋の接続に種々の機械継手が利用されており、P Cでも同様の手法が利用できる。また、P Cではじん性増大を兼ねた鉄骨を用いる提案³⁾もあり、柱とはりを貫通するシーに鉄筋を配してグラウトする方法なども考えられるが、力学的効果、経済性、施工性などを含めて今後の問題と云えよう。

2) 耐震壁

耐震壁は最も有効な耐震要素であり、P C組立て造でも可能な限り利用する必要がある。

壁は両面型枠を用いるので単価が高くなり、現在では場所打ち壁とプレキャスト壁の単価はほぼ同じになっている。したがって、今後耐震壁を含めてプレキャスト化する必要があるが、壁周辺の接合部に関して地震力を有効に伝える経済的な工法はまだ実現していないようであり、今後の開発が望まれる。なお、柱、はり、壁を一体打ちとしたプレキャストをP Cで結合する工法は既に施工されている。⁴⁰⁾

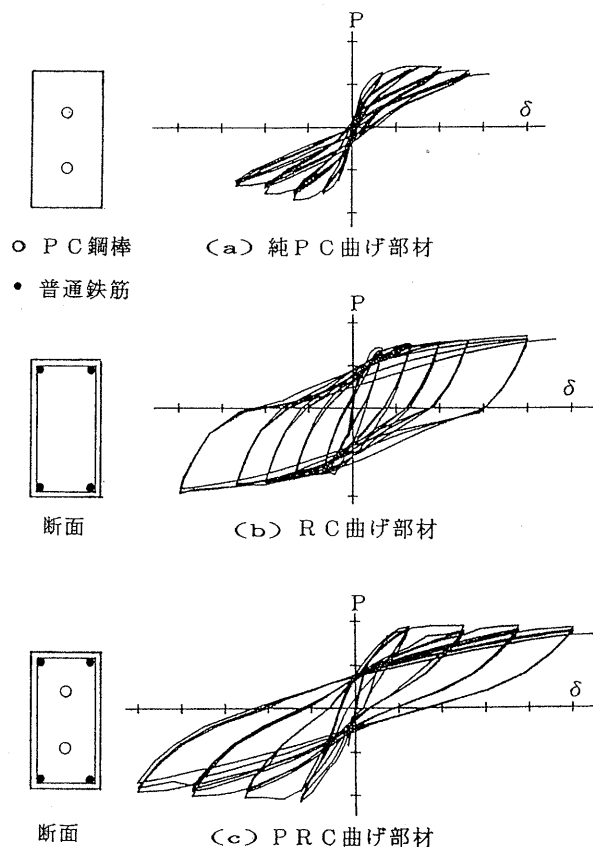


図11 鋼材の材種と荷重—変位曲線の関係

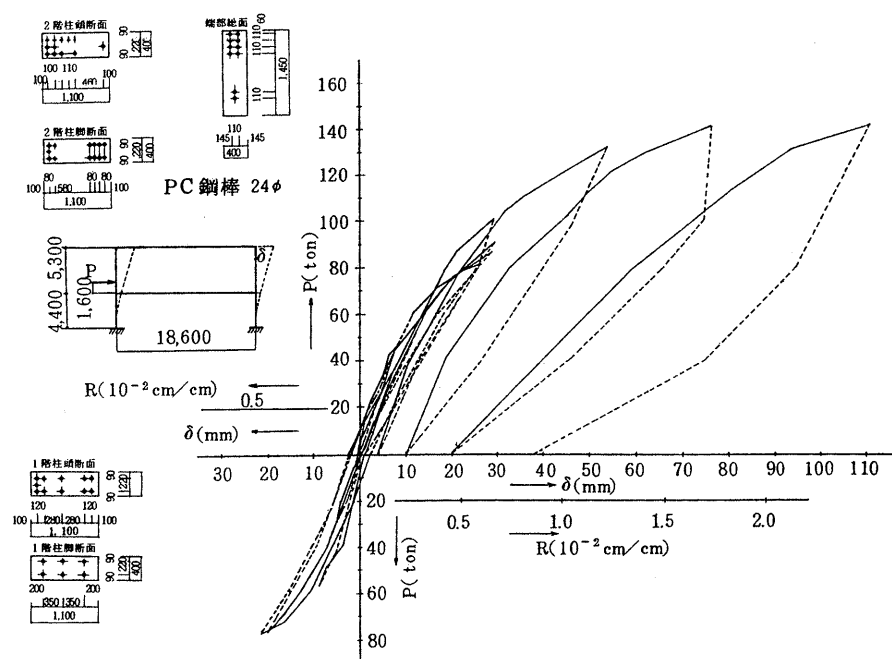


図12 P C架構の荷重変位曲線²⁾

3) 分割工法

P C造は一般に大スパン架構に利用されるので、柱、はりとも重量が大きくなるが、建方能力が高くなったので特に問題はない。しかし、はりが長大なためサイトプレキャストでない場合には輸送が困難であり、分割製作したはりを現場で一体化することとなる。

プレストレスで圧着して一体化する工法はP Cの特長であるが、目地施工やグラウト注入など現場作業の増大やこのための待ち時間増などを合理化する工夫が必要であろう。

4) 併用構造

P C、R C部材の組立て造のほか、最近では鉄骨やS R C柱との組合せなど異種部材との組合せが行われている。このような併用構造は行政上の扱いや構造上未解決の問題もあるが、合理的な建物の発展のためには積極的に併用構造の研究や開発を行う必要があろう。

6. 組立てP C造の実施例（スライド）

参考文献

- 1) 本岡, 岡本, 町田: プレストレストコンクリートによる合成床版について, 新しいP C技術とその展望, P C技協, 昭63.2
- 2) 岡本, 山崎, 福来: プレストレストコンクリート造建物の耐力実験, プレストレストコンクリート, Vol.16, No.6, 1974.12, P C技協
- 3) 中野清司 他: プレストレストコンクリート梁と鉄骨柱との接合に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), 1989.10
- (以下 組立てP C造に関するP C技術協会誌 プレストレストコンクリート掲載の論文等)
- 4) 田辺恵三: 急速施工によるプレキャストP Cラーメン工法—神奈川システム物流センター—, Vol.32, No.3
- 5) 田辺恵三: 仕口部に鉄骨を用いたプレキャストP C構造, Vol.31, No.3
- 6) 野田和利, 小野順司: P C立体駐車場システム, Vol.31, No.3
- 7) 渡辺邦夫, 深谷朝男: 国際科学技術博覧会, Vol.27, No.2
- 8) 田辺恵三, 亀尾 保: 国際科学技術博覧会Fブロック外国館, Vol.27, No.2
- 9) 中西正谷 他: 横浜市北部工場余熱利用施設・プール施設棟上屋の設計と施工について, Vol.26, No.4
- 10) 志村昭太郎: 組立て架構工法に組み込んだP R Cの実施例報告, Vol.24, No.1
- 11) 岡本 伸, 上之蘭隆志: イタリア, フランスのP C建築物, Vol.21, No.3
- 12) 渡辺邦夫: プレストレスト・プレキャストコンクリート構造の展望, Vol.21, No.2
- 13) 渡辺邦夫: 酒田大工町計画, Vol.21, No.2
- 14) 沖田佳良 他: 福岡県御笠川終末処理場築造工事P C構造について, Vol.21, No.2
- 15) 風間荘一郎, 中野正義: 千葉市新中央卸売市場青果卸売棟の設計と施工, Vol.21, No.2
- 16) 小林明夫, 植木 博: プレキャストコンクリート構造物に対する許容誤差, Vol.20, No.2
- 17) 池田永司 他: 熊本東映セントラル新築工事の設計および施工, Vol.17, No.2
- 18) 酒井 浩 他: コクヨ饒府中配送センター新築工事の設計と施工について, Vol.16, No.6
- 19) 岩田 巖, 渡辺誠一: 中部電力饒一宮営業所の構造設計と施工, Vol.13, No.2
- 20) 鈴木計夫: アメリカにおける最近のコンクリート建築構造物について, Vol.12, No.6
- 21) Shin. Okamoto, Abstract on Structural Behaviour of an 8-story Precast Prestressed Concrete Housing Structure, Vol.12, No.4
- 22) 山賀 勝 他: 栃木県議会棟P C組立てについて, Vol.12, No.4
- 23) 木村俊彦 他: 佐賀県立博物館の設計・施工について, Vol.12, No.3

- 24) 伊藤 高 他：山形県経済連果実流通センターの設計と施工について，Vol. 12，No. 2
- 25) 田中忠雄 他：静岡銀行呉服町支店新築工事，Vol. 10，No. 2
- 26) 高田十治 他：P C耐震壁を用いた岐阜市新庁舎，Vol. 9，No. 2
- 27) 上田周明 他：P S C柱・はり接合部耐力試験について，Vol. 9，No. 2
- 28) 江島綱昭，前谷満蔵：大石寺総坊P C工事の施工について，Vol. 8，No. 3
- 29) 岡本 剛：リフトガーダー工法を用いたプレキャストP C部材組立て式の工場，Vol. 8，No. 1
- 30) 吉岡 哲：国鉄大井工場の車体修繕場第2，第3期工事の設計施工について，Vol. 7，No. 6
- 31) 中野清司：リフトスラブ構造による建物の試作試験，Vol. 7，No. 3
- 32) 岡田秀治，森 松彦：P Sを併用した鉄筋コンクリート造組立式アパート建築，Vol. 6，No. 4
- 33) 八橋克巳：白石基礎工事KK独身寮新築工事，Vol. 6，No. 5
- 34) 藤田和雄，堀江 洋：国鉄勝田電車庫増築工事，Vol. 6，No. 2
- 35) 福田幸男 訳：P C組立て構造における継手，仕口の設計法，Vol. 6，No. 1，Vol. 5，No. 6
- 36) 八橋克巳：キクヤビルのP C組立て建物について，Vol. 5，No. 6
- 37) 森井 孝：国鉄大井工場車体修繕場の設計施工，Vol. 5，No. 3
- 38) 岡本 剛：リフトスラブ工法によるプレストレストコンクリート組立住宅，Vol. 4，No. 2
- 39) 安藤三郎：鉄道技術研究所実験棟（P C構造）について，Vol. 2，No. 5
- 40) 木村俊彦：オリエンタルコンクリート社屋のプレストレストコンクリート構造，Vol. 2，No. 4
- 41) 林 幹一，前川修二：鉄道技術研究所ボイラー室P C構造について，Vol. 2，No. 2
- 42) ティハメール コンツ，高坂清一 他2名共訳：プレファブリケーション ハンドブック，鹿島研究所出版会，1956

新しいプレテンション桁の J I S について

横浜国立大学工学部教授, (社)プレストレストコンクリート技術協会理事 池 田 尚 治
(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会, ピー・エス・コンクリート株式会社 藤 元 安 宏
同 上 , ピーシー橋梁株式会社 深 山 清 六
同 上 , 富士ピー・エス・コンクリート株式会社 佐久間 隆 夫

1. はじめに

JIS A 5313「スラブ橋用プレストレストコンクリート橋げた」および JIS A 5316「けた橋用プレストレストコンクリート橋げた」が1991年に改正された。両者はそれぞれ1959年および1960年に最初に制定されたものであり、その後何回かの改正を経て今回の改正に至っている。

今回の改正では、断面形状の変更、ボンドコントロール方式の採用、など相当に大幅な改正となった。

改正に際しては、平成元年度に工業技術院から社団法人プレストレストコンクリート建設業協会に対して改正原案作成の委託があり、同協会で学識経験者による改正原案作成委員会（猪股俊司委員長）を組織して原案を作成した。これを日本工業標準調査会土木部会において審議し、改正の運びとなったものである。

改正原案作成にあたっては、実験による検討が行われ改正原案の中にその結果を反映させるとともに、改正原案に沿った形状と寸法の供試体を用いて確認実験が行われた^{(1),(2)}。

ここでは、改正された JIS A 5313 および JIS A 5316 の内容と改正点の主要項目について述べることとする。
なお、JIS の本文を付録に示した（付図は抜粋）。

2. JIS A 5313 について

JIS A 5313「スラブ橋用プレストレストコンクリート橋げた」は、これによって製造されたプレテンション PC げたを現地に運搬し、並列して架設した後けた間にコンクリートを充填してスラブ橋とする工法に用いる PC げたについて規定したものである。

対象とする橋梁は一等橋および二等橋の道路橋であって、標準スパンは5m から21m まで1m ごとに規定されている。

けたの区分としては、通常のプレテンション方式を用いる通常げたと、けた端近傍の PC 鋼材の付着を一部除去するボンドコントロールげたの2種類である。

ボンドコントロールげたは、直線状に配置された PC 鋼材のけた端近傍の一部の PC 鋼材の付着を切ることにより、その部分に過大な負の曲げモーメントが作用しないようにされたものである。ボンドコントロールという用語はデボンデット (debonded)、あるいはブランケテット (blanketed) に該当するものであるが、米国の PC 技術者とも相談し、独自の用語を用いることにした。これに伴って、PC 鋼材の付着を切っている区間をボンドレス区間、ボンドレス区間を有している PC 鋼材のことをボンドレス鋼材と呼ぶことにした。

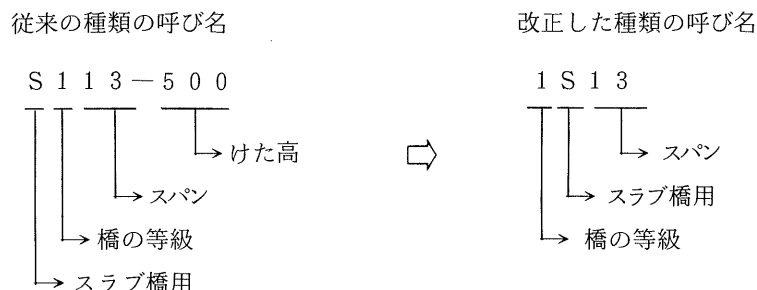
以下に今回の改正点を中心に規格の各項について述べる。

(1) 適用範囲 幅員18m 以上の道路橋にもこの橋げたが適用できるかどうか検討した結果、このけたを使用することができるとの結論に達し、適用範囲を限定することのないよう“幅員18m 以下”文章を削除した。

(2) 用語の定義 新しい技術であるボンドコントロール工法の導入によって、ボンドコントロール工法に関連する用語を定義する必要が生じ、新たにこの項を追加した。

(3) 種 類 この項における改正点，改正理由及び各項の解説は，次のとおりである。

(i) 従来の呼び名を次のように簡略化した。



- (ii) 断面性能が向上したことによる経済性の検討の結果，橋げたの種類を従来の標準スパン 5 ～ 13 m の 18 種類から，5 ～ 21 m の 34 種類に増した。
- (iii) けた高及び橋げたの区分の欄を追加し，橋げたの区分の欄にボンドコントロールげたか，通常げたかの区分を明記した。
- (iv) 橋げたの最大中心間隔は，“1 m に 3 本”という条件であったが，断面の変更によって“0.77 m”とした。
- (v) 適用できる斜角を拡大するために，従来の中空床版橋の実績を考慮して“70°以上に適用できる”を“60°以上に適用できる”と改正した。

なお，斜角がある場合には，付図の鉄筋（スターラップ及び床版筋）を平面図において，従来どおり端面に平行になるように斜めに配置する必要がある。

このとき鉄筋の寸法は，付図とは異なる。

(vi) JIS に規定する橋げたの使用範囲を拡大するため，標準スパンより 0.2 m 以内で長くしてもよいとした。

(4) 品 質 この項における改正点及び改正理由は，次のとおりである。

(i) ひび割れ試験モーメント及び単位長さ当たりの重量の各値は，断面形状及び使用 P C 鋼材の変更に伴い，新たに計算を行った。

なお，ひび割れ試験モーメントの値は，載荷荷重によって橋げた下縁に有効プレストレス時において $30 \text{ kgf/cm}^2 \{ 2.94 \text{ N/mm}^2 \}$ の引張応力度が発生する時のものを示した。

(ii) 従来規定していた“破壊試験モーメント”の規定を削除した。これは，次の理由による。

(a) 橋げたの形状・寸法及び鉄筋・P C 鋼材の本数と位置は，付図のとおりであること。

(c) ひび割れ強さの検査によってプレストレス量が確認されていること。

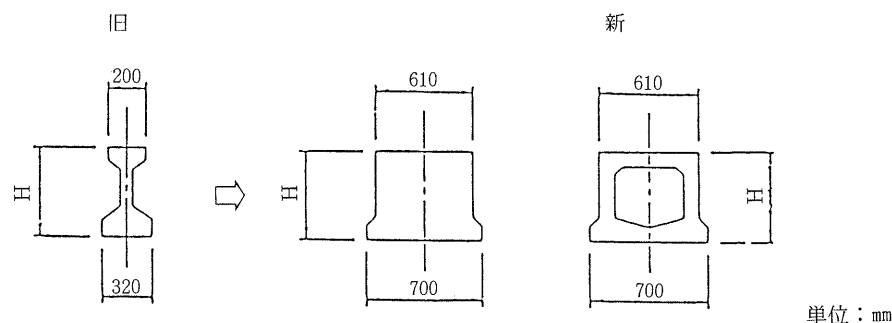
(d) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会加盟各社の，今までの試験結果の調査などによって，ひび割れ強さの試験で品質が保証された橋げたは，いずれも計算破壊曲げモーメントを下回らないことが，十分確かめられていること。

(iii) 単位長さ当たりの重量は，けた中央部中空断面積に単位重量 2.5 tf/m^3 を乗じた値である。したがって，この値にけた長を乗じても橋げたの重量とは一致しない。

(iv) 平成 7 年 4 月 1 日から適用する“S I 単位及び数値”を表に追加した。

(5) 形状・寸法 この項における改正点，改正理由及び各項の解説は，次のとおりである。

(i) 橋げたの断面形状を従来の I 形形状から図－1 に示すように箱形形状に変更した。



図－１ 断面形状の変更

- (ii) 橋げたの種類が18種類から34種類に増えたことに合せて、橋げたの形状及び寸法を示す付図を追加した。
- (iii) JIS G 3536 が1984年に改正され、SWPR 7B 15.2mm が規格化された。そこで、P C鋼材を従来のSWPR 7A の7本より9.3mm 及び10.8mm からSWPR 7B の7本より12.7mm 及び15.2mm へと変更した。
- (iv) 付図に示した通し筋の重ね継手長さは、道路橋示方書に適合するよう230mm とした。
- (v) 鉄筋加工図に加え、横締孔の間隔も参考値として示した。
- (vi) 橋として必要な附属物とは、横締P C鋼材の定着具、地覆等の取付鉄筋、支承及びインサート類などをいう。

また、適切な加工とは、面取り、横締孔の間隔の変更、けたの上面を直線上に保つための余盛り、伸縮装置、排水管、支承などを取り付けるために切欠き部を設けたりすることをいう。

なお、面取りは、けた下縁のみとし、特に指定しない限りC10又はR10程度とする。

(6) 材 料 この項における改正点及び改正理由は、次のとおりである。

- (i) 骨材 旧JISは、原則として、アルカリシリカ反応試験の結果“無害”と判定されたものを使用するように規定していたが、JIS A 5308 と同様に“無害の骨材”と“無害でない骨材”を同等に扱えることとし、アルカリシリカ反応性の試験を行う必要がある旨の規定に改めた。もちろん、アルカリシリカ反応試験の結果、“無害でない”と判定された骨材を使用する場合は、アルカリ骨材反応の抑制対策を講じる必要があり、その旨の規定を追加規定した。
- (ii) P C鋼材 SWPR 7A の7本より9.3mm 及び10.8mm をSWPR 7B の7本より12.7mm 及び15.2mm に変更した。
- (iii) 鉄筋 “SR24”を削除するとともに、JIS G 3112 の改正に合わせ“SD30”を“SD295A 又はSD295B”に改めた。
- (iv) 混和材料 “塩化カルシウムの有害量を含んだ混和剤は用いてはならない。”を削除し、“JIS A 6204の規格に適合したものをを用いる”とした。

(7) 製 造 この項における改正点、改正理由及び各項の解説は、次のとおりである。

(i) コンクリート

- (a) 骨材のアルカリシリカ反応性試験で“無害でない”と判定されたものを使用する場合の規定を追加した。ただし、道路橋示方書の規定によって、原則として高炉セメントは使用しないこととなっているため、JIS A 5308 の附属書6 に示される抑制対策のうち採用できるものは、ポルトランドセメント（低アルカリ形）による抑制対策及びコンクリートのアルカリ総量の規制による抑制対策の2種類となる。
- (b) 温水養生は、現在ほとんど行われていないのでこれを削除した。
- (c) プレストレスを与えるときの圧縮強度を早期に発揮するために、促進養生が行われることが多い。促進養生方法としての常圧蒸気養生は、既往の研究や実験から、次に述べる条項に従って行えば、橋げたに対して満足な結果が得られることがわかっているので広く採用されている。

常圧蒸気養生を行う場合、原則としてコンクリート練り混ぜ後3時間以上たってから養生を開始するのがよい。

養生室の温度の上げ方は1時間につき15℃以下の割合とし、最高温度は65℃以下とするのが望ましい。

(ii) プレストレスの与え方

ボンドコントロールに関する規定を追加した。

ボンドレス鋼材が多段にわたる場合は、段階的にボンドレスを行う必要があり、その呼称は、図-2のとおりとする。

ボンドレス処理の方法としては、P C鋼材にさや(鞘)管等をかぶせ、その両端をテーピングで固定し、コンクリートとの付着を切る。

なお、さや(鞘)管は、けた端から5 cm 程度内側で止めるのがよい。

P C鋼材を9.3 mm 及び10.8 mm

(SWPR 7A 7本より)から12.7 mm

及び15.2 mm (SWPR 7B 7本より)に変更したことによって、張力は12.7 mm の場合13430 kgf { 131.7 KN }, 15.2 mm の場合18870 kgf { 185.1 KN }とした。P C鋼より線が反力台に固定された時の引張力は、この数値を基に橋げたの応力計算がなされているから、この引張力がP C鋼より線の定着時に確実に作用していなければならない。したがって、引張端引張力は、セット量、温度補正などによる減少量及び余裕量だけ増加させておかなければならない。

P C鋼材に与える引張力は、荷重計の示度ならびにP C鋼材の伸びによって測定するものとし、これから推定されるP C鋼材の引張力を5 %以内に管理する必要がある。

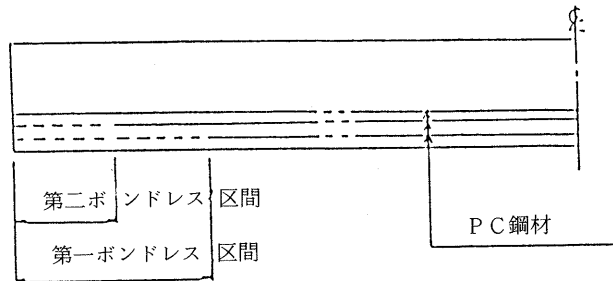


図-2

(iii) 出荷 出荷時の品質を明確にするために追加した。

(8) 試験 この項における改正点、改正理由及び解説は、次のとおりである。

(i) 断面の変更及び標準スパンの増加に伴い、鋼板の厚さ及び長さ並びに丸鋼の径を変更した。

(ii) ひび割れ検査時の載荷荷重は規格の表に示すひび割れ試験モーメントに相当する荷重を載荷させればよい。

なお、このひび割れ試験モーメントは、設計値(18 kgf/cm² { 1.77 N/mm² })より大きな値(30 kgf/cm² { 2.94 N/mm² })を用いて算出しているの、この値を割り増す必要はない。

(9) 検査 この項における改正点、改正理由及び各項の解説は、次のとおりである。

(i) ひび割れ強さに規定するひび割れ試験モーメントを加えたとき、橋げたに肉眼で見えるひび割れが発生してはならない。

なお、このときのひび割れ測定は、ひずみ計その他の測定器を用いて測定したものではなく、肉眼でよい。

(ii) (4)(ii)に記した理由によって破壊検査は削除した。

(iii) 橋梁は社会的にみて、重要構造物であり、万一ひび割れが発生した場合は全数検査を行うこととした。ただし、近年の工場設備の改善による品質管理水準の向上、工事規模の大形化を考慮して、一組の本数は原則として200本から400本とした。

このJIS規格のP Cげたは、道路橋としてのスラブ橋として、一等橋または二等橋に適合するよう次の設計条件のもとで計算されたものである。

(a) 活荷重

一等橋 L-20 荷重及び T-20 荷重

二等橋 L-14 荷重及び T-14 荷重

(b) 雪荷重 100 kgf/m² { 981 N/m² }

(c) 死荷重 鉄筋コンクリートの単位重量 2500 kgf/m³ { 24517 N/m³ }

コンクリート(歩道間詰) 2350 kgf/m³ { 23046 N/m³ }

アスファルト(舗装) 2300 kgf/m³ { 22555 N/m³ }

- 舗装の平均厚 10 cm
- 地覆荷重 (車道側の場合) (幅 60 cm, 高さ 35 cm)
- 高欄荷重 片側 60 kgf/m { 588 N/m }
- (d) 荷重分配 直交異方性版理論 (ギヨン, マソネの方法) によって検討
- (e) コンクリートのクリープ係数及び乾燥収縮度
- クリープ係数 $\phi = 3.0$
- 乾燥収縮度 $\epsilon_s = 20 \times 10^{-5}$
- (f) PC 鋼より線のリラクセーション
- プレストレス導入前 4 %
- 高温養生による割増 2 %
- プレストレス導入後 5 % (プレストレス導入直後の応力度に対し)
- (g) コンクリートのヤング係数
- $\sigma_{ck} = 500 \text{ kgf/cm}^2$ に対して $E_c = 3.3 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ { $3.23 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ }
- $\sigma_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$ に対して $E_c = 2.5 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ { $2.45 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ }
- (h) PC 鋼より線のヤング係数 $E_p = 20 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ { $19.6 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ }
- (i) プレストレッシングの条件
- 橋げた パーシャルプレストレス
- 横げた フルプレストレス
- (j) 終局荷重作用時の照査
- 次の荷重状態に対して終局荷重作用時の安全度が照査されている。
- $1.3 \times (\text{死荷重}) + 2.5 \times (\text{活荷重} + \text{衝撃})$
- $1.0 \times (\text{死荷重}) + 2.5 \times (\text{活荷重} + \text{衝撃})$
- $1.7 \times (\text{死荷重} + \text{活荷重} + \text{衝撃})$

なお、PC げたとしての計算破壊
曲げモーメントと、道路橋として一
般に考えられる最大の終局荷重作用
曲げモーメントの比は、表-1 及び
表-2 のとおりである。

表-1 一等橋 (JIS A 5313)

種類の 呼び名	計算破壊 曲げモーメント Mr tf·m {KN·m}	終局荷重作用 曲げモーメント Mu tf·m {KN·m}	比 Mr/Mu
1S05	28.90 {283×10 ³ }	21.63 {212×10 ³ }	1.34
1S06	37.09 {364×10 ³ }	26.40 {259×10 ³ }	1.40
1S07	43.36 {425×10 ³ }	31.89 {313×10 ³ }	1.36
1S08	53.74 {527×10 ³ }	37.78 {370×10 ³ }	1.42
1S09	61.60 {604×10 ³ }	44.99 {441×10 ³ }	1.37
1S10	65.86 {646×10 ³ }	51.00 {500×10 ³ }	1.29
1S11	78.21 {767×10 ³ }	59.47 {583×10 ³ }	1.32
1S12	84.34 {827×10 ³ }	68.22 {669×10 ³ }	1.24
1S13	102.09 {1001×10 ³ }	77.99 {765×10 ³ }	1.31
1S14	121.26 {1189×10 ³ }	88.18 {865×10 ³ }	1.38
1S15	129.57 {1271×10 ³ }	99.09 {972×10 ³ }	1.31
1S16	151.37 {1484×10 ³ }	111.34 {1092×10 ³ }	1.36
1S17	161.22 {1581×10 ³ }	124.51 {1221×10 ³ }	1.29
1S18	180.70 {1772×10 ³ }	139.28 {1366×10 ³ }	1.30
1S19	215.07 {2109×10 ³ }	155.98 {1530×10 ³ }	1.38
1S20	237.66 {2331×10 ³ }	173.93 {1706×10 ³ }	1.37
1S21	260.68 {2556×10 ³ }	194.44 {1907×10 ³ }	1.34

表-2 二等橋 (JIS A 5313)

種類の 呼び名	計算破壊 曲げモーメント Mr tf・m {KN・m}	終局荷重作用 曲げモーメント Mu tf・m {KN・m}	比 Mr/Mu
2S05	22.52 (221×10³)	15.62 (153×10³)	1.44
2S06	25.75 (253×10³)	19.49 (191×10³)	1.32
2S07	32.67 (320×10³)	23.77 (233×10³)	1.37
2S08	38.24 (375×10³)	28.79 (282×10³)	1.33
2S09	50.07 (491×10³)	34.95 (343×10³)	1.43
2S10	59.73 (586×10³)	41.69 (409×10³)	1.43
2S11	65.91 (646×10³)	47.18 (463×10³)	1.40
2S12	70.97 (696×10³)	54.53 (535×10³)	1.30
2S13	84.24 (826×10³)	62.80 (616×10³)	1.34
2S14	94.65 (928×10³)	70.60 (692×10³)	1.34
2S15	112.76(1106×10³)	80.34 (788×10³)	1.40
2S16	121.27(1189×10³)	91.49 (897×10³)	1.33
2S17	138.44(1358×10³)	105.03(1030×10³)	1.32
2S18	161.06(1579×10³)	117.99(1157×10³)	1.37
2S19	180.87(1774×10³)	134.84(1322×10³)	1.34
2S20	201.08(1972×10³)	152.32(1494×10³)	1.32
2S21	220.97(2167×10³)	171.24(1679×10³)	1.29

3. JIS A 5316 について

JIS A 5316 「けた橋用プレストレストコンクリート橋げた」は、けた橋用のプレテンションPCげたについて規定したものであって、道路橋の一等橋および二等橋を対象としたものである。

標準スパンとして14mから21mまで1mごとに8段階が規定されている。

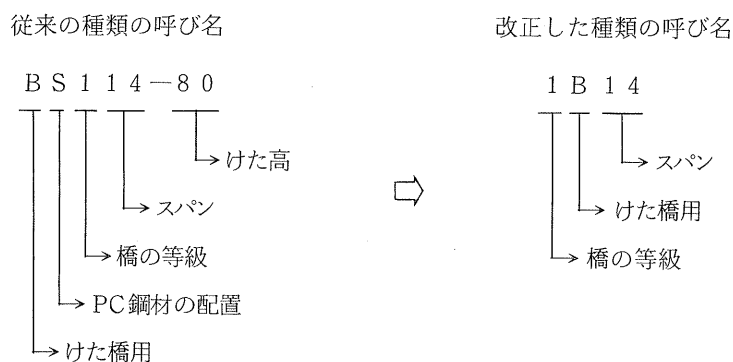
けたの区分としては、ボンドコントロールげたとベントアップげたと2種類である。ベントアップげたは一等橋の場合はスパン19m以上に、二等橋の場合はスパン20m以上の場合に適用されている。

今回の改正では、ボンドコントロール方式の採用のほかに、従来下フランジを有するT形断面であったものを製作の合理化と耐久性の向上を図るために下フランジのないT形断面としたことが大きな特色である。

以下に今回の改正点を中心に規格の各項について述べる。ただし、2.で述べたスラブ橋用の橋げたの規定の記述と重複するものは省く。

(1) 種類 この項における改正点、改正理由及び各項の解説は、次のとおりである。

(i) 従来の呼び名を次のように簡略化した。



- (ii) 橋げたの種類を，標準スパン 14 m 以下は過去の使用実績がほとんどないため，従来の標準スパン 10～21 m の24種類から 14～21 m の16種類に変更した。
- (iii) けた高及び橋げたの区分の欄を追加し，橋げたの区分の欄にボンドコントロールげたか，ベントアップげたかの区分を明記した。
- (iv) 橋げたの最大中心間隔を，道路橋示方書の規定に適合させるため，1.05 m を 1.03 m に変更した(図-3 参照)。橋げたの間隔が 1.03 m を超えてはならないとは，次の二つの条件から決められているので，これより間隔が広がる場合は，けたばかりでなく，床版についても検討する必要がある。

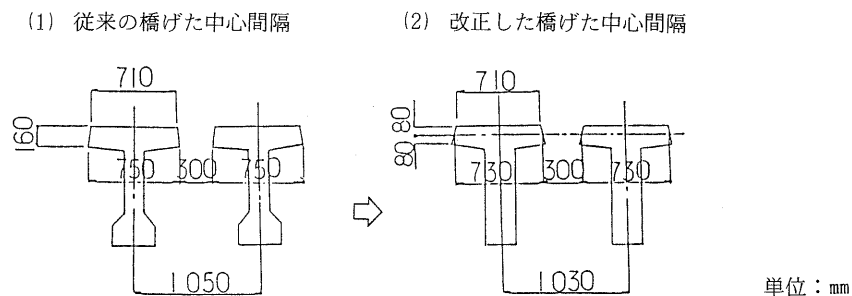


図-3 断面形状と中心間隔の変更

- (a) 橋げたを設計する場合の 1 本の橋げたが負担する荷重
- (b) 床版を設計する時の荷重及び床版の目地幅が 30 cm までは，けたから鉄筋を出さなくてもよいこと
- (v) 設計の合理化のため，従来 60～100 cm までを 10 cm 間隔で 5 種類であったけた高を，75～105 cm までを 5 cm 間隔で 7 種類に変更した。
- (vi) けた高を JIS A 5313 に整合させ cm 表示から mm 表示とした。
- (vii) 斜角を道路橋示方書の規定に適合させるため，60° 以上を 70° 以上に変更した。

なお，斜角がある場合には，付図の鉄筋（スターラップ及び上スラブ筋）を従来どおり端面に平行になるように斜めに配置するようにはする必要がある。

このとき鉄筋の寸法は，付図とは異なる。

(2) 形状・寸法 この項における改正点，改正理由及び各項の解説は，次のとおりである。

- (i) 橋げたの断面形状を図-3 のように下フランジが無くなった単純な形状とした。
- (ii) 橋げたの種類が24種類から16種類に減少したことに合せて，橋げたの形状及び寸法を示す付図を減じた。
- (iii) SWPR 7B 15.2 mm が JIS G 3536 の中に規定されたことにより，P C 鋼材を従来の SWPR 7A の 7 本より 12.4 mm から SWPR 7B の 7 本より 15.2 mm へと変更した。
- (iv) スターラップは，最小鉄筋量より決定されている。
- (v) 付図に示した通し筋の重ね継手長さは道路橋示方書に適合するよう 300 mm とした。
- (vi) 鉄筋加工図に加え，横締孔の間隔も参考値として示した。
- (vii) 橋として必要な附属物とは，横締 P C 鋼材の定着具，地覆等の取付鉄筋，支承及びインサート類などをいう。

また，適切な加工とは，面取り，横締孔の間隔の変更，けたの上面を直線上に保つための余盛り，伸縮装置，排水管，支承などを取り付けるために切欠き部を設けたりすることをいう。

なお，面取りは，けた下縁のみとし，特に指定しない限り C 10 又は R 10 程度とする。

(3) 材料 SWPR 7A の 7 本より 12.4 mm を SWPR 7B の 7 本より 15.2 mm に変更した。

(4) 製造 P C 鋼材を 12.4 mm (SWPR 7A 7 本より) から 15.2 mm (SWPR 7B 7 本より) に変更したことによって，張力は 18870 kgf { 185.1 kN } とした。P C 鋼より線が反力台に固定された時の引張力は，この数値を基に橋げたの応力計算がなされているから，この引張力が P C 鋼より線の定着時に確実に作用していなければ

ならない。したがって、引張端引張力は、セット量、温度補正などによる減少量及び余裕量だけ増加させておかなければならない。

P C 鋼材に与える引張力は、荷重計の示度並びに P C 鋼材の伸びによって測定するものとし、これらから推定される P C 鋼材の引張力を 5 % 以内に管理する必要がある。

P C 鋼材を 12.4 mm (SWPR7A 7 本より) から 15.2 mm (SWPR7B 7 本より) に変更したことによって、曲げ半径も 150 mm から 180 mm に変更した。

一般に、まっすぐな P C 鋼材を折り曲げた状態で引張ると、直線に引張った場合に比較して破断荷重は低下するものであり、この低下率は P C 鋼材の折り曲げ角度及びその支持部分の曲げ半径の大きさなどに関係するものである。

(5) その他 ここで述べなかったことは、2. で述べた JIS A 5313 の場合と同じである。

この JIS 規格の P C げたは、道路橋としてのけた橋として、一等橋または二等橋に適合するように設計されたものである。設計は、荷重分配としてねじり剛性を無視した格子構造理論によったこと、および床版の設計をフルプレストレスで行ったこと、以外は 2. で述べたスラブ橋の場合と同じである。

なお、P C げたとしての計算破壊曲げモーメントと、道路橋として一般に考えられる最大の終局荷重作用曲げモーメントの比は表-3 および表-4 の通りである。

表-3 一等橋 (JIS A 5316)

種類の 呼び名	計算破壊 曲げモーメント Mr tf・m {KN・m}	終局荷重作用 曲げモーメント Mu tf・m {KN・m}	比 Mr/Mu
1B14	155.27 {1522}	120.03 {1177}	1.29
1B15	177.11 {1736}	134.87 {1322}	1.31
1B16	195.37 {1915}	150.60 {1476}	1.30
1B17	217.02 {2128}	167.26 {1640}	1.30
1B18	252.09 {2472}	184.86 {1812}	1.36
1B19	259.67 {2546}	203.43 {1994}	1.28
1B20	293.85 {2881}	221.38 {2072}	1.33
1B21	324.10 {3178}	239.28 {2346}	1.35

表-4 二等橋 (JIS A 5316)

種類の 呼び名	計算破壊 曲げモーメント Mr tf・m {KN・m}	終局荷重作用 曲げモーメント Mu tf・m {KN・m}	比 Mr/Mu
2B14	123.27 {1208}	91.64 {898}	1.35
2B15	135.77 {1331}	103.92 {1019}	1.31
2B16	157.13 {1540}	116.72 {1144}	1.35
2B17	181.86 {1783}	130.43 {1279}	1.39
2B18	194.11 {1903}	146.04 {1432}	1.33
2B19	222.33 {2180}	163.38 {1602}	1.36
2B20	232.70 {2282}	181.92 {1784}	1.28
2B21	259.67 {2546}	198.56 {1947}	1.31

4. おわりに

今回の JIS 改正は、ボンドコントロール方式の採用、断面形状の変更、および破壊検査の削除、など時代に即した内容のものである。これにより JIS げたを道路橋に採用することによる合理性が一層図られるものと思われる。近年、橋梁の美観についての関心が高まっているが、JIS げたを採用しても横げた部分に装飾を施すこと、高欄のデザインを工夫することなどによって美観的にも好ましい設計ができることに留意したい。

なお、荷重としての TT-43 への対処、一層の高強度コンクリートの適用、低リラクセーション P C 鋼材の適用など、残された課題については次回の改正で取上げられるものと思われる。

参考文献

- (1) 池田尚治，山口隆裕：ボンドコントロール P C げたの曲げ挙動と設計，プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウムの論文集，pp. 45～50，1990年10月，プレストレストコンクリート技術協会
- (2) 池田尚治，郡山 修，河野 勝，中條友義：ボンドコントロール P C げたの曲げ挙動と JIS げたへの適用，プレストレストコンクリート Vol. 32，No. 6，1990年，プレストレストコンクリート技術協会

付録 (1)

日本工業規格

スラブ橋用プレストレスト

コンクリート橋げた (JIS A 5313—1991)

Prestressed concrete beams for slab bridges

1. 適用範囲 この規格は、スラブ橋形式の道路橋に用いるプレテンション方式によるプレストレストコンクリート橋げた（以下、橋げたという。）について規定する。

備考 1. この規格の引用規格を、次に示す。

- JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法
- JIS A 1132 コンクリートの強度試験用供試体の作り方
- JIS A 5011 コンクリート用高炉スラグ粗骨材
- JIS A 5012 コンクリート用高炉スラグ細骨材
- JIS A 5308 レデーミクストコンクリート
- JIS A 6204 コンクリート用化学混和剤
- JIS G 3112 鉄筋コンクリート用棒鋼
- JIS G 3536 P C 鋼線及び P C 鋼より線
- JIS R 5210 ポルトランドセメント

2. この規格の中で { } を付けて示してある単位及び数値は、国際単位系 (S I) によるものであって、参考として併記したものである。

なお、この規格の中の従来単位及び数値は、平成 7 年 4 月 1 日から S I 単位及び数値に切り換える。

2. 用語の定義 この規格で用いる主な用語の定義は、次のとおりとする。

- (1) ボンドレス区間 橋げたの端部付近において、コンクリートと P C 鋼材との付着を切っている区間。
- (2) ボンドレス鋼材 ボンドレス区間を設けた P C 鋼材。
- (3) ボンドコントロールげた 一部にボンドレス鋼材を配置している橋げた。
- (4) 通常げた P C 鋼材が全区間コンクリートと付着しており、かつ直線配置された橋げた。

3. 種類 橋げたの種類は、表 1 及び表 2 のとおりとする。

表 1

種類の 呼び名	橋の等級	橋げたの 区 分	標 準 スパン m	けた高 mm	PC 鋼より線 SWPR7B 7本より12.7mm及び15.2mm		備 考
					本数	標準径	
1S05	1 等橋	通常げた	5	325	9	12.7	1.橋りょうとしての橋げた 中心間隔は、0.77mを超 えてはならない。
1S06			6	325	12	12.7	
1S07			7	350	13	12.7	
1S08			8	375	16	12.7	
1S09			9	400	17	12.7	
1S10		ボンドコン トロール げた	10	425	10	15.2	2.橋りょうに用いる場合、 斜角が60°以上に適用す る。
1S11			11	450	11	15.2	
1S12			12	475	11	15.2	3.使用するスパンは、標準 スパンより0.2m 以内で 長くしてもよい。 また、1m 以内で短く してもよい。
1S13			13	500	13	15.2	
1S14			14	525	15	15.2	
1S15			15	550	15	15.2	
1S16			16	575	17	15.2	
1S17			17	600	17	15.2	4.この橋げたは、100kgf/ m ² { 981N/m ² } の雪荷重 が考慮されている。
1S18			18	650	17	15.2	
1S19			19	700	19	15.2	
1S20			20	750	19	15.2	
1S21			21	800	19	15.2	

表 2

種類の 呼び名	橋の等級	橋げたの 区 分	標 準 スパン m	けた高 mm	PC 鋼より線 SWPR7B 7本より12.7mm及び15.2mm		備 考
					本数	標準径	
2S05	2 等橋	通常げた	5	275	9	12.7	1.橋りょうとしての橋げた 中心間隔は、0.77mを超 えてはならない。
2S06			6	300	9	12.7	
2S07			7	325	10	12.7	
2S08			8	350	11	12.7	
2S09			9	375	15	12.7	
2S10			10	400	16	12.7	2.橋りょうに用いる場合、 斜角が60°以上に適用す る。
2S11		ボンドコ ントロール げた	11	425	10	15.2	
2S12			12	450	10	15.2	3.使用するスパンは、標準 スパンより0.2m 以内で 長くしてもよい。 また、1m 以内で短く してもよい。
2S13			13	475	11	15.2	
2S14			14	475	13	15.2	
2S15			15	500	15	15.2	
2S16			16	525	15	15.2	4.この橋げたは、100kgf/ m ² { 981N/m ² } の雪荷重 が考慮されている。
2S17			17	575	15	15.2	
2S18			18	600	17	15.2	
2S19			19	650	17	15.2	
2S20			20	700	17	15.2	
2S21			21	750	17	15.2	

4. 品質

4.1 外観 橋げたは、外観が良く、有害なきず、ひび割れ、ねじれなどの欠点があつてはならない。

4.2 ひび割れ強さ 橋げたのひび割れ強さは、8.に規定するひび割れ強さ試験を行い、表3又は表4及び表5又は表6に示すひび割れ試験モーメントを加えたとき、ひび割れが発生してはならない。

表 3 (平成7年3月31日まで適用)
単位 tf・m { N・m }

種類の 呼び名	ひび割れ試験 モーメント	参考 ⁽¹⁾ 単位長さ当たりの重量 (tf/m { kN/m })
1S05	13.2 { 129×10 ³ }	0.533 { 5.23 }
1S06	16.5 { 162×10 ³ }	0.533 { 5.23 }
1S07	19.3 { 189×10 ³ }	0.573 { 5.62 }
1S08	23.7 { 232×10 ³ }	0.613 { 6.01 }
1S09	27.2 { 267×10 ³ }	0.653 { 6.40 }
1S10	30.8 { 302×10 ³ }	0.551 { 5.40 }
1S11	36.6 { 359×10 ³ }	0.563 { 5.52 }
1S12	40.0 { 392×10 ³ }	0.576 { 5.65 }
1S13	48.1 { 472×10 ³ }	0.588 { 5.77 }
1S14	56.7 { 556×10 ³ }	0.601 { 5.89 }
1S15	61.2 { 600×10 ³ }	0.613 { 6.01 }
1S16	71.1 { 697×10 ³ }	0.648 { 6.35 }
1S17	76.5 { 750×10 ³ }	0.682 { 6.69 }
1S18	86.5 { 848×10 ³ }	0.707 { 6.93 }
1S19	102 { 1000×10 ³ }	0.732 { 7.18 }
1S20	113 { 1110×10 ³ }	0.757 { 7.42 }
1S21	125 { 1230×10 ³ }	0.782 { 7.67 }

表 4 (平成7年4月1日から適用)
単位 N・m

種類の 呼び名	ひび割れ試験 モーメント	参考 ⁽¹⁾ 単位長さ当たりの重量 (kN/m)
1S05	129×10 ³	5.23
1S06	162×10 ³	5.23
1S07	189×10 ³	5.62
1S08	232×10 ³	6.01
1S09	267×10 ³	6.40
1S10	302×10 ³	5.40
1S11	359×10 ³	5.52
1S12	392×10 ³	5.65
1S13	472×10 ³	5.77
1S14	556×10 ³	5.89
1S15	600×10 ³	6.01
1S16	697×10 ³	6.35
1S17	750×10 ³	6.69
1S18	848×10 ³	6.93
1S19	1000×10 ³	7.18
1S20	1110×10 ³	7.42
1S21	1230×10 ³	7.67

注⁽¹⁾ この値は、取扱いの便宜のため、鋼材を含めたコンクリートの単位体積質量を2.5t/m³として求めたもので、単位長さ当りの橋げたが荷重として働く力であり、規格の一部ではない。

表 5

(平成7年3月31日まで適用)
単位 tf・m { N・m }

種類の 呼び名	ひび割れ試験 モーメント	参考 ⁽¹⁾ 単位長さ当たりの重量 (tf/m { kN/m })
2S05	9.95 { 97.6×10 ³ }	0.453 { 4.44 }
2S06	11.6 { 114×10 ³ }	0.493 { 4.83 }
2S07	14.8 { 145×10 ³ }	0.533 { 5.23 }
2S08	17.3 { 170×10 ³ }	0.573 { 5.62 }
2S09	22.2 { 218×10 ³ }	0.613 { 6.01 }
2S10	26.6 { 261×10 ³ }	0.653 { 6.40 }
2S11	31.1 { 305×10 ³ }	0.551 { 5.40 }
2S12	34.1 { 334×10 ³ }	0.563 { 5.52 }
2S13	40.4 { 396×10 ³ }	0.576 { 5.65 }
2S14	45.0 { 441×10 ³ }	0.576 { 5.65 }
2S15	53.5 { 525×10 ³ }	0.610 { 5.98 }
2S16	58.1 { 570×10 ³ }	0.645 { 6.33 }
2S17	66.9 { 656×10 ³ }	0.670 { 6.57 }
2S18	77.4 { 759×10 ³ }	0.682 { 6.69 }
2S19	87.5 { 858×10 ³ }	0.707 { 6.93 }
2S20	97.8 { 959×10 ³ }	0.732 { 7.18 }
2S21	108 { 1059×10 ³ }	0.757 { 7.42 }

表 6

(平成7年4月1日から適用)
単位 N・m

種類の 呼び名	ひび割れ試験 モーメント	参考 ⁽¹⁾ 単位長さ当たりの重量 (kN/m)
2S05	97.6×10 ³	4.44
2S06	114×10 ³	4.83
2S07	145×10 ³	5.23
2S08	170×10 ³	5.62
2S09	218×10 ³	6.01
2S10	261×10 ³	6.40
2S11	305×10 ³	5.40
2S12	334×10 ³	5.52
2S13	396×10 ³	5.65
2S14	441×10 ³	5.65
2S15	525×10 ³	5.98
2S16	570×10 ³	6.33
2S17	656×10 ³	6.57
2S18	759×10 ³	6.69
2S19	858×10 ³	6.93
2S20	959×10 ³	7.18
2S21	1059×10 ³	7.42

注⁽¹⁾ この値は、取扱いの便宜のため、鋼材を含めたコンクリートの単位体積質量を2.5t/m³として求めたもので、単位長さ当たりの橋げたが荷重として働く力であり、規格の一部ではない。

5. 形状・寸法及び寸法の許容差 橋げたの形状⁽²⁾及び寸法は、付図1～34のとおりとし、その許容差は表7のとおりとする。

注⁽²⁾ 受渡し当事者間の協定によって、橋げたとして必要な附属物を設けたり、適切な加工をすることができる。

また、つり金具を付ける場合は、橋げたの端から $\frac{\ell}{10}$ (ℓ = スパン) 以内の距離に配置する。

表 7

単位 mm

区 分	許 容 差	
	許 容 差	許 容 差
けた長 L	L ≤ 10m の場合	± 10
	L > 10m の場合	± $\frac{L}{1000}$ ⁽³⁾
断面の外形寸法	± 5	
橋げたのそり ⁽⁴⁾	± 8 ⁽⁵⁾	
横方向の曲がり	± 10	

注⁽³⁾ けた長 L は、mm で表す。

⁽⁴⁾ スパン中央の値とする。

⁽⁵⁾ 一径間に使用する橋げたの本数を一組とし、その平均値からの許容差とする。

6. 材料

6.1 セメント セメントは、JIS R 5210 に適合したもので、超早強ポルトランドセメントを除くポルトランドセメントとする。

6.2 骨材 骨材は、清浄、強硬、耐久的で、適当な粒度をもち、ごみ、泥、塩化物、有機物などの有害量を含んでいてはならない。粗骨材の最大寸法は、20mm とする。

また、骨材は、JIS A 5308 の附属書 7 (骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(化学法))又は附属書 8 (骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(モルタルバー法))によってアルカリシリカ反応性試験を行っていないなければならない。ただし、JIS A 5011 及び JIS A 5012 に規定する骨材は、アルカリシリカ反応性試験を行わなくてよい。

6.3 水 水は、油、酸、塩類、有機物など橋げたの品質に影響を及ぼす物質の有害量を含んでいてはならない。

6.4 PC鋼材 橋げたに用いる PC鋼材は、JIS G 3536 に規定する SWPR 7B の 7 本より 12.7mm 及び 15.2mm とする。

6.5 鉄筋 鉄筋は、JIS G 3112 に規定する SD 295 A 又は SD 295 B とする。

6.6 混和材料 混和材料は、橋げたの品質に有害な影響を及ぼさないものでなければならない。化学混和剤を使用するときは、JIS A 6204 の規定に適合したものをを用いる。

7. 製造

7.1 コンクリート コンクリートは、次の事項を満足しなければならない。

(1) まだ固まらないコンクリートに含まれる塩化物量は、塩素イオンとして 0.3kg/m³ 以下でなければならない。

(2) コンクリートの品質は、材令 28 日の圧縮強度が 500 kgf/cm² { 49.0 N/mm² } 以上で、耐久性に富み、品質のばらつきの少ないものでなければならない。

圧縮試験は、JIS A 1132 及び JIS A 1108 による。

(3) コンクリートの配合は、所要の強度及び耐久性を考慮し、単位水量をできるだけ少なくしなければならない。
また、骨材のアルカリシリカ反応性試験で“無害でない”と判定されたものを使用する場合は、JIS A 5308の附属書6（セメントの選定等によるアルカリ骨材反応の抑制対策の方法）によってアルカリ骨材反応の抑制対策を講じなければならない。

(4) コンクリートの練混ぜには、バッチミキサを用い、練上がりコンクリートがプラスチックで均等質となるように、十分に練り混ぜなければならない。

(5) コンクリートの打込みには、振動数の多い振動機を用いて、十分に締め固めなければならない。

(6) コンクリートを打ち終わったときは、十分な湿気を与えて養生しなければならない。常圧蒸気養生を行う場合には、コンクリート及び製品の品質に満足な結果を与えるようにしなければならない。

7.2 プレストレスの与え方 プレストレスの与え方は、次の事項を満足しなければならない。

(1) PC鋼材は、正しい位置に配置して緊張し、プレストレスを与えるときまで緊張が緩まないように、その両端を反力台に完全に固定しなければならない。

(2) PC鋼材のボンドレス区間は、コンクリートとの付着が生じないように処置しなければならない。

(3) PC鋼材には、反力台に固定した直後、PC鋼材1本につき、7本より12.7mmの場合13430 kgf { 131.7 kN }, 7本より15.2mmの場合18870 kgf { 185.1 kN } の力が働くようにしなければならない。

(4) プレストレスを与えるときには、側面の型枠を取り外し、RC鋼材の固定装置を徐々にめなければならない。プレストレスを与えるときのコンクリートの圧縮強度は、 350 kgf/cm^2 { 34.3 N/mm^2 } 以上でなければならない。この場合の圧縮強度試験は、製品と同一養生をした供試体についてJIS A 1108によって行うものとする。

(5) PC鋼材は、部材端面から出ないように切り、防水性、付着性及び耐アルカリ性を有する材料を用いて保護しなければならない。

7.3 出荷 出荷は、製品と同一養生をした供試体の圧縮強度 500 kgf/cm^2 { 49.0 N/mm^2 } 以上に達した後か、又は7.1(2)の規定を満足することを確認した後に行うとする。

8. 試験 橋げたのひび割れ強さ試験は、図1に示す載荷方法によって行う。

なお、試験は、製品と同一養生をした供試体の圧縮強度が 500 kgf/cm^2 { 49.0 N/mm^2 } 以上に達した後か、又は 7.1 (2) の規定を満足することを確認した後に行う。

曲げモーメントの計算は、次の式による。

$$M = \frac{w \ell^2}{8} + \frac{(P+W)}{4} (\ell - 2a)$$

ここに、M：曲げモーメント (tf・m) { N・m }

P：載荷荷重 (tf) { N }

W：載荷装置の重量 (tf) { N }

ℓ ：スパン=けた長 (L) - 2d (m)

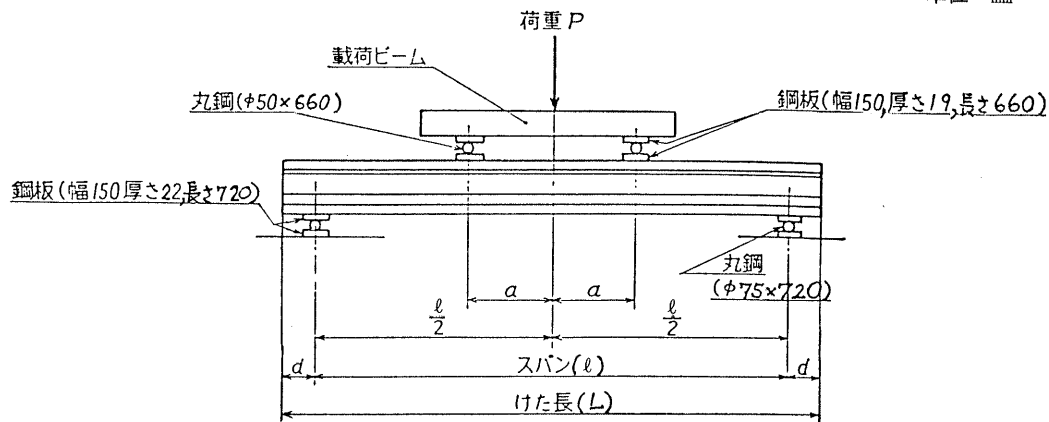
w：橋げたの単位長さ当りの重量 (tf/m) { kN/m } (表3及び表4参照)

a： $\ell < 10 \text{ m}$ の場合 $a = 0.5 \text{ m}$

$\ell \geq 10 \text{ m}$ の場合 $a = 0.75 \text{ m}$

図1 載荷方法

単位 mm



備考 dの値は、次のとおりとする。

$\ell \leq 7 \text{ m}$	$d = 0.15 \text{ m}$
$7 \text{ m} < \ell \leq 9 \text{ m}$	$d = 0.20 \text{ m}$
$9 \text{ m} < \ell \leq 14 \text{ m}$	$d = 0.25 \text{ m}$
$14 \text{ m} < \ell \leq 19 \text{ m}$	$d = 0.30 \text{ m}$
$19 \text{ m} < \ell \leq 21 \text{ m}$	$d = 0.35 \text{ m}$

9. 検査

9.1 外観，形状及び寸法 外観，形状及び寸法の検査は，全数について行い，4.1及び5の規定に適合すれば合格とする。

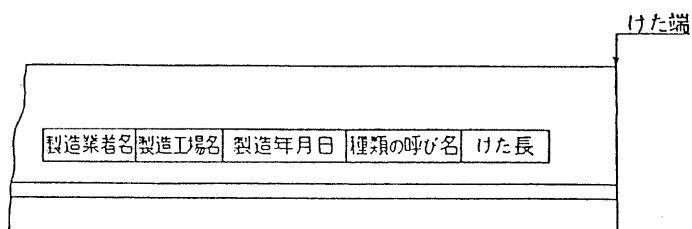
9.2 ひび割れ強さ ひび割れ強さは，一組の橋げたから2本の橋げたを抜き取り，8.によって試験を行い，2本とも4.2の規定に適合すればその組全部を合格とし，2本とも適合しなければその組全部を不合格とする。2本のうち1本だけ4.2の規定に適合しない場合は，その組の残り全部について試験を行い可否を判定する。

なお，一組の本数は，原則として同一種類の400本とする。

10. 表示 橋げたには，次の事項を図2の例のように明示しなければならない。

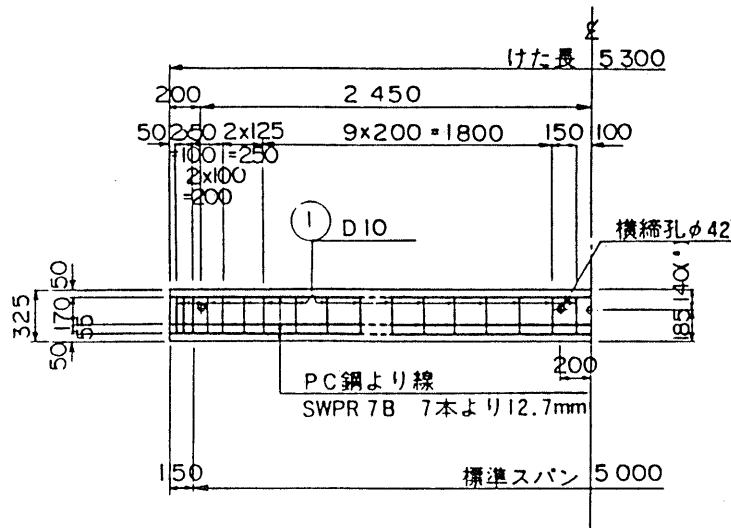
- (1) 種類の呼び名
- (2) けた長
- (3) 製造業者名又はその略号
- (4) 製造工場名又はその略号
- (5) 製造年月日又はその略号

図2 表示例

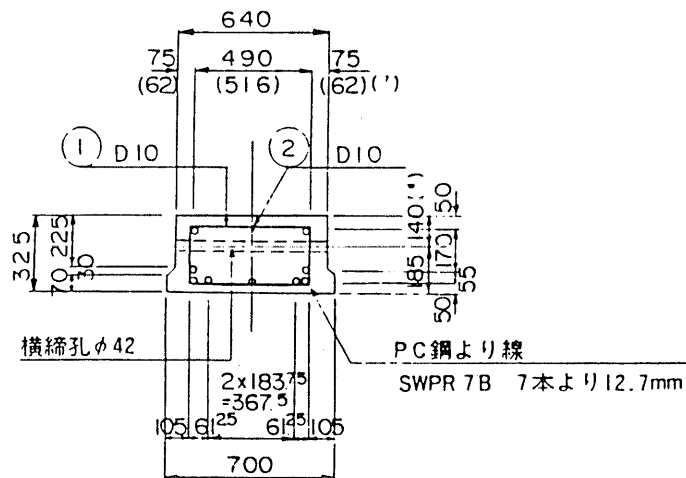


付図1 1S05

橋げた側面図



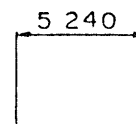
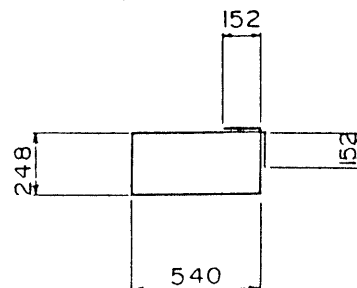
橋げた断面図



鉄筋加工図(6)

① D10 x 1880

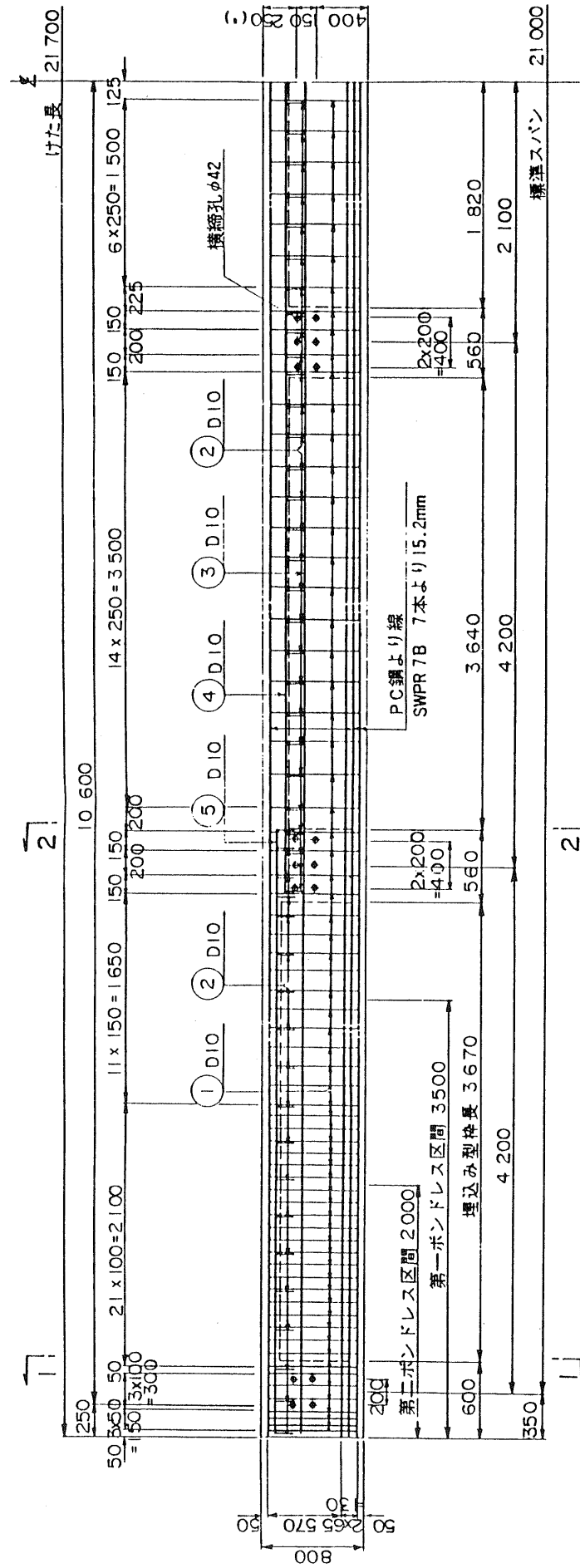
② D10 x 5240



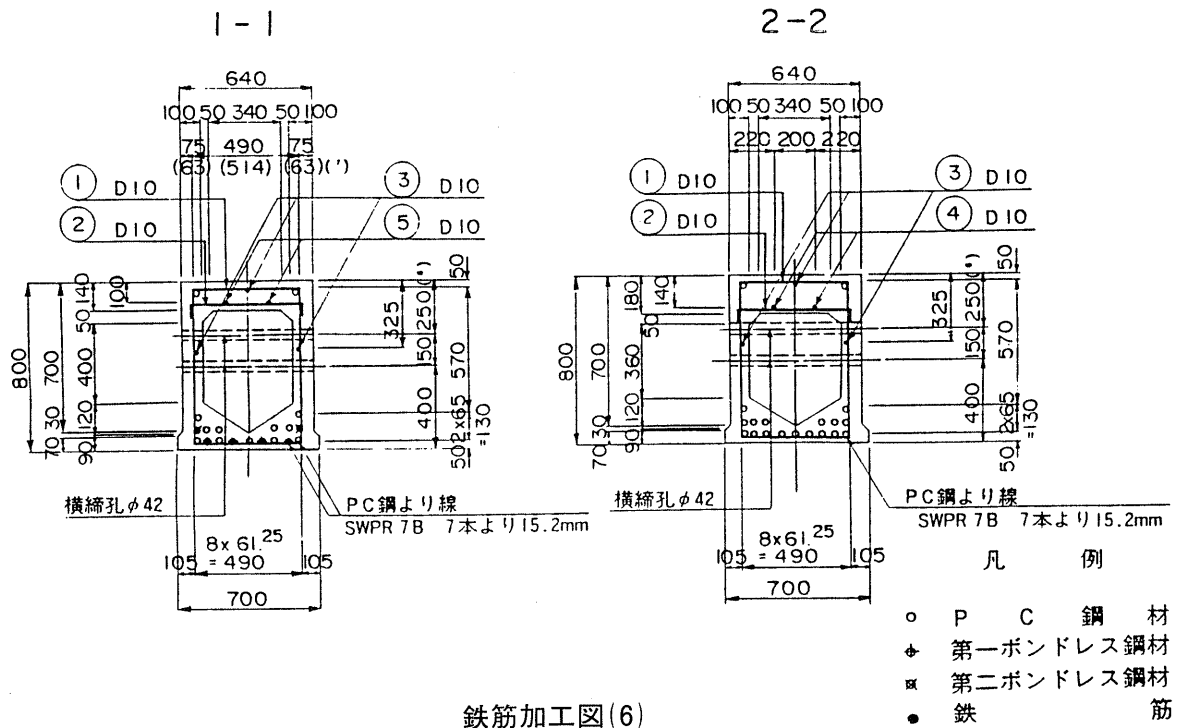
注(6) 鉄筋加工図及び横締配置間隔は、参考値とする。

付図17 1S21

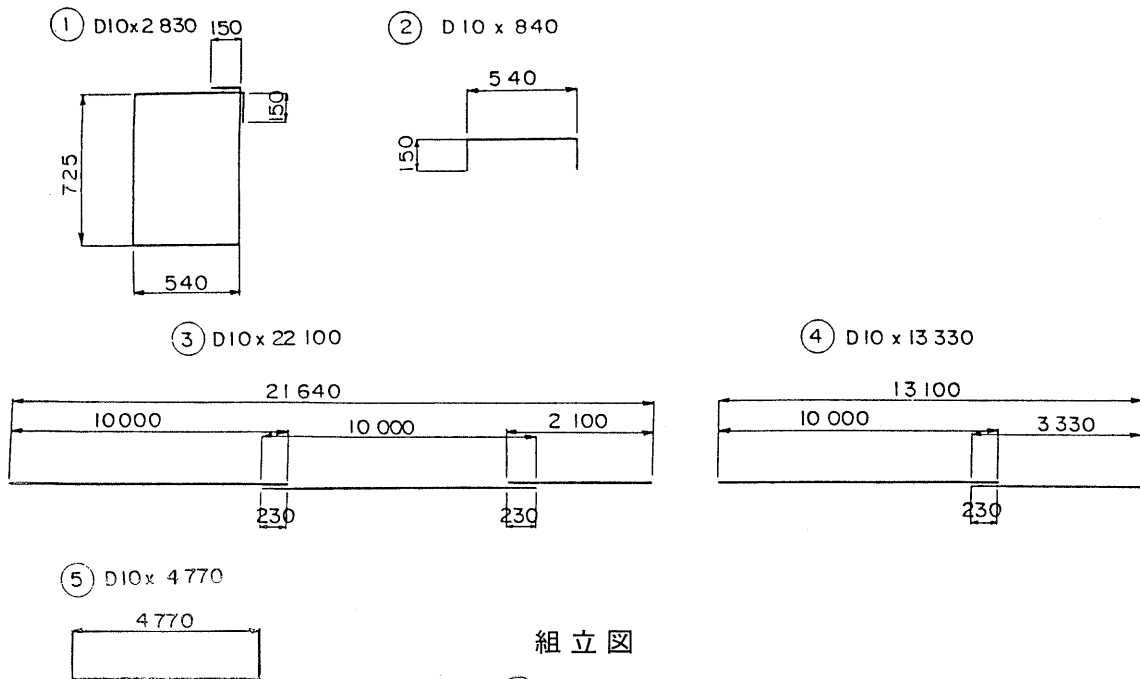
橋げた側面図



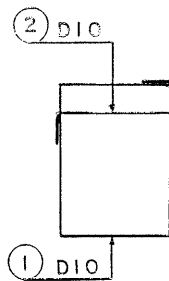
橋げた断面図



鉄筋加工図(6)



組立図



注 (6) 鉄筋加工図及び横締配置間隔は、参考値とする。
(7) 最下段及び最上段以外の PC 鋼より線の水平距離。

付録 (2)

日本工業規格

けた橋用プレストレスト コンクリート橋げた (JIS A 5316—1991)

Prestressed concrete beams for beam bridges

1. 適用範囲 この規格は、けた橋形式の道路橋に用いるプレテンション方式によるプレストレストコンクリート橋げた（以下、橋げたという。）について規定する。

備考 1. この規格の引用規格を、次に示す。

- JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法
- JIS A 1132 コンクリートの強度試験用供試体の作り方
- JIS A 5011 コンクリート用高炉スラグ粗骨材
- JIS A 5012 コンクリート用高炉スラグ細骨材
- JIS A 5308 レデーミクストコンクリート
- JIS A 6204 コンクリート用化学混和剤
- JIS G 3112 鉄筋コンクリート用棒鋼
- JIS G 3536 P C 鋼線及び P C 鋼より線
- JIS R 5210 ポルトランドセメント

2. この規格の中で { } を付けて示してある単位及び数値は、国際単位系 (SI) によるものであって、参考として併記したものである。

なお、この規格の中の従来単位及び数値は、平成 7 年 4 月 1 日から SI 単位及び数値に切り換える。

2. 用語の定義 この規格で用いる主な用語の定義は、次のとおりとする。

- (1) ボンドレス区間 橋げたの端部付近において、コンクリートと P C 鋼材との付着を切っている区間。
- (2) ボンドレス鋼材 ボンドレス区間を設けた P C 鋼材。
- (3) ボンドコントロールげた 一部にボンドレス鋼材
- (4) ベントアップげた P C 鋼材が全区間コンクリートと付着しており、かつ P C 鋼材の一部が折り曲げて配置されている橋げた。

3. 種類 橋げたの種類は、表 1 のとおりとする。

表 1

種類の 呼び名	橋の等級	橋げたの 区 分	標準スパン m	けた高 mm	PC 鋼より線 SWPR7B 7 本より 15.2 mm 本数	備 考
1B14	一等橋	ボンドコントロールげた	14	800	13	1. 橋りょうとしての橋げた 中心間隔は、1.03m を超え てはならない。
1B15			15	850	14	
1B16			16	900	14	2. 橋りょうに用いる場合、 斜角が 70° 以上に適用する。
1B17			17	950	15	
1B18			18	1000	16	
1B19		ベントアップ げた	19	1050	13	3. 使用するスパンは、標準 スパンより 0.2m 以内で長 くしてもよい。 また 1m 以内で短くしても よい。
1B20			20	1050	15	
1B21			21	1050	17	
2B14	二等橋	ボンドコントロールげた	14	750	11	4. この橋げたは、100kgf/ m ² { 981N/m ² } の雪荷重が 考慮されている。
2B15			15	800	11	
2B16			16	850	12	
2B17			17	900	13	
2B18			18	950	13	
2B19		ベントアップ げた	19	1000	14	
2B20			20	1050	11	
2B21			21	1050	13	

4. 品質

4.1 外観 橋げたは、外観がよく、有害なきず、ひび割れ、ねじれなどの欠点があつてはならない。

4.2 ひび割れ強さ 橋げたのひび割れ強さは、8.に規定するひび割れ強さ試験を行い、表2又は表3に示すひび割れ試験モーメントを加えたとき、ひび割れが発生してはならない。

表 2 (平成7年3月31日まで適用)
単位 tf・m { N・m }

種類の呼び名	ひび割れ試験モーメント	参 考 ⁽¹⁾ 単位長さ当たりの重量 (tf/m { kN/m })
1B14	69.7 { 684×10^3 }	0.698 { 6.85 }
1B15	79.3 { 778×10^3 }	0.728 { 7.14 }
1B16	88.6 { 869×10^3 }	0.758 { 7.43 }
1B17	98.3 { 964×10^3 }	0.788 { 7.73 }
1B18	113 { 1110×10^3 }	0.818 { 8.02 }
1B19	124 { 1220×10^3 }	0.848 { 8.32 }
1B20	135 { 1320×10^3 }	0.848 { 8.32 }
1B21	145 { 1420×10^3 }	0.848 { 8.32 }
2B14	57.3 { 562×10^3 }	0.668 { 6.55 }
2B15	64.4 { 632×10^3 }	0.698 { 6.85 }
2B16	74.1 { 727×10^3 }	0.728 { 7.14 }
2B17	85.3 { 837×10^3 }	0.758 { 7.43 }
2B18	92.5 { 907×10^3 }	0.788 { 7.73 }
2B19	105 { 1030×10^3 }	0.818 { 8.02 }
2B20	118 { 1160×10^3 }	0.848 { 8.32 }
2B21	127 { 1250×10^3 }	0.848 { 8.32 }

表 3 (平成7年4月1日から適用)
単位 N・m

種類の呼び名	ひび割れ試験モーメント	参 考 ⁽¹⁾ 単位長さ当たりの重量 (kN/m)
1B14	684×10^3	6.85
1B15	778×10^3	7.14
1B16	869×10^3	7.43
1B17	964×10^3	7.73
1B18	1110×10^3	8.02
1B19	1220×10^3	8.32
1B20	1320×10^3	8.32
1B21	1420×10^3	8.32
2B14	562×10^3	6.55
2B15	632×10^3	6.85
2B16	727×10^3	7.14
2B17	837×10^3	7.43
2B18	907×10^3	7.73
2B19	1030×10^3	8.02
2B20	1160×10^3	8.32
2B21	1250×10^3	8.32

注 (1) この値は、取扱いの便宜のため、鋼材を含めたコンクリート単位体積質量を 2.5 t/m^3 として求めたもので、単位長さ当りの橋げたが荷重として働く力であり、規格の一部ではない。

5. 形状・寸法及び寸法の許容差 橋げたの形状⁽²⁾及び寸法は、付図1～16のとおりとし、その許容差は、表4のとおりとする。

注⁽²⁾ 受渡し当事者間の協定によって、橋げたとして必要な附属物を設けたり、適切な加工をすることができる。

また、つり金具を付ける場合は、けた端から $\frac{\ell}{10}$ (ℓ = スパン) 以内の距離に配置する。

表 4 単位 mm

区 分	許 容 差
けた長 L	$\pm \frac{L}{1000}$ ⁽³⁾
断面の外形寸法	± 5
橋げたのそり ⁽⁴⁾	± 8 ⁽⁵⁾
横方向の曲がり	± 10

注⁽³⁾ けた長Lは、mmで表す。

⁽⁴⁾ スパン中央の値とする。

⁽⁵⁾ 一径間に使用する橋げたの本数を一組とし、その平均値からの許容差とする。

6. 材料

6.1 セメント セメントは JIS R 5210 に適合したもので、超早強ポルトランドセメントを除くポルトランドセメントとする。

6.2 骨材 骨材は、清浄、強硬、耐久的で、適当な粒度をもち、ごみ、泥、塩化物、有機物などの有害量を含んでいてはならない。粗骨材の最大寸法は、20mmとする。

また、骨材は、JIS A 5308 の附属書7 (骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(化学法))又は附属書8 (骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(モルタルバ 法))によってアルカリシリカ反応性試験を行っていないなければならない。ただし、JIS A 5011 及び JIS A 5012 に規定する骨材はアルカリシリカ反応性試験を行わなくてよい。

6.3 水 水は、油、酸、塩類、有機物など橋げたの品質に影響を及ぼす物質の有害量を含んでいてはならない。

6.4 PC鋼材 橋げたに用いるPC鋼材は、JIS G 3536 に規定するSWPR7Bの7本より15.2mmとする。

6.5 鉄筋 鉄筋は、JIS G 3112 に規定するSD 295 A 又は SD 295 B とする。

6.6 混和材料 混和材料は、橋げたの品質に有害な影響を及ぼさないものでなければならない。化学混和剤を使用するときは、JIS A 6204 の規定に適合したものをを用いる。

7. 製造

7.1 コンクリート コンクリートは、次の事項を満足しなければならない。

- (1) まだ固まらないコンクリートに含まれる塩化物量は、塩素イオンとして 0.3 kg/m^3 以下でなければならない。
- (2) コンクリートの品質は、材令28日の圧縮強度が 500 kgf/cm^2 { 49.0 N/mm^2 } 以上で、耐久性に富み、品質のばらつきの少ないものでなければならない。

圧縮試験は、JIS A 1132 及び JIS A 1108 による。

- (3) コンクリートの配合は、所要の強度及び耐久性を考慮し、単位水量をできるだけ少なくしなければならない。また、骨材のアルカリシリカ反応性試験で“無害でない”と判定されたものを使用する場合は、JIS A 5308 の附属書6 (セメントの選定等によるアルカリ骨材反応の抑制対策の方法)によってアルカリ骨材反応の抑制

対策を講じなければならない。

- (4) コンクリートの練混ぜには、バッチミキサを用い、練上がりコンクリートがプラスチックで均等質となるように、十分に練り混ぜなければならない。
- (5) コンクリートの打込みには、振動数の多い振動機を用いて、十分に締め固めなければならない。
- (6) コンクリートを打ち終わったときは、十分な湿気を与えて養生しなければならない。常圧蒸気養生を行う場合には、コンクリート及び製品の品質に満足な結果を与えるようにしなければならない。

7.2 プレストレスの与え方 プレストレスの与え方は、次の事項を満足しなければならない。

- (1) P C鋼材は、正しい位置に配置して緊張し、プレストレスを与えるときまで緊張が緩まないように、その両端を反力台に完全に固定しなければならない。
- (2) P C鋼材のボンドレス区間は、コンクリートとの付着が生じないように処置しなければならない。
- (3) P C鋼材には、反力台に固定した直後、P C鋼材 1 本につき、18870 kgf {185.1 kN} の力が働くようにしなければならない。
- (4) プレストレスを与えるときには、側面の型枠を取り外し、P C鋼材の固定装置を徐々に緩めなければならない。プレストレスを与えるときのコンクリートの圧縮強度は、 350 kgf/cm^2 { 34.3 N/mm^2 } 以上でなければならない。この場合の圧縮強度試験は、製品と同一養生をした供試体について JIS A 1108 によって行うものとする。
- (5) P C鋼材は、部材端面から出ないように切り、防水性、付着性及び耐アルカリ性を有する材料を用いて保護しなければならない。

7.3 出荷 出荷は、製品と同一養生をした供試体の圧縮強度が 500 kgf/cm^2 { 49.0 N/mm^2 } 以上に達した後か、又は 7.1 (2) の規定を満足する事を確認した後とする。

8. 試験 橋げたのひび割れ強さ試験は、図 1 に示す荷重方法による。

なお、試験は、製品と同一養生をした供試体の圧縮強度が 500 kgf/cm^2 { 49.0 N/mm^2 } 以上に達した後か、又は

7.1 (2) の規定を満足する事を確認した後に行う。

曲げモーメントの計算は、次の式による。

$$M = \frac{w \ell^2}{8} + \frac{(P+W)}{4} (\ell - 1.5)$$

ここに、M：曲げモーメント (tf・m) {N・m}

P：載荷荷重 (tf) {N}

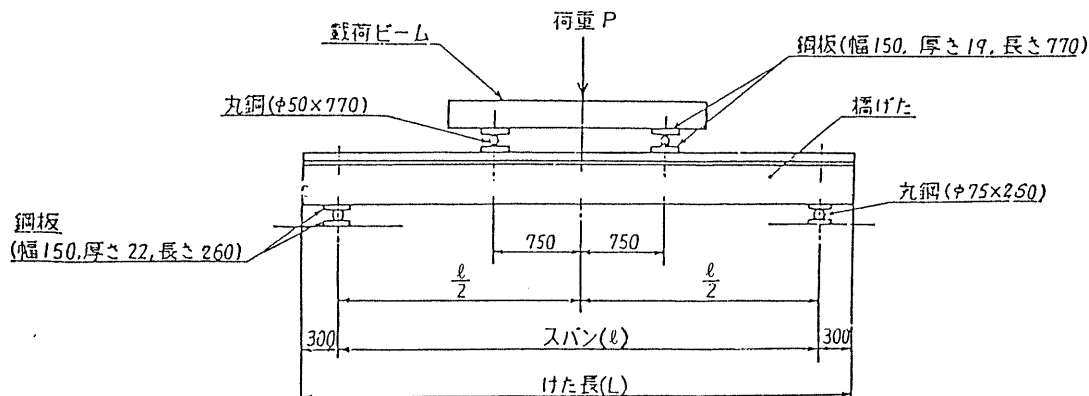
W：載荷装置の重量 (tf) {N}

ℓ ：スパン=けた長 (L) - 0.6 (m)

w：橋げたの単位長さ当りの重量 (tf/m) {kN/mm} (表 2 参照)

図 1 載荷方法

単位 mm



9. 検査

9.1 外観，形状及び寸法 外観，形状及び寸法の検査は，全数について行い，4.1及び5の規定に適合すれば合格とする。

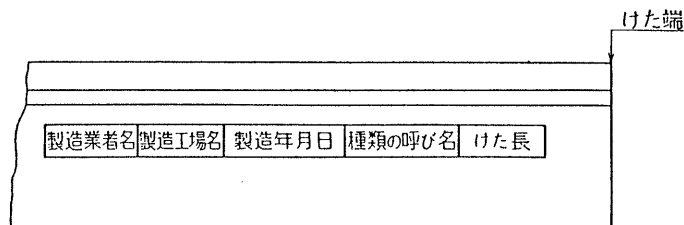
9.2 ひび割れ強さ ひび割れ強さは，一組の橋げたから2本の橋げたを抜き取り，8.によって試験を行い，2本とも4.2の規定に適合すればその組全部を合格とし，2本とも適合しなければその組全部を不合格とする。2本のうち1本だけ4.2の規定に適合しないときは，その組の残り全部について試験を行い合否を判定する。

なお，一組の本数は，原則として同一種類の400本とする。

10. 表示 橋げたには，次の事項を図2の例のように明示しなければならない。

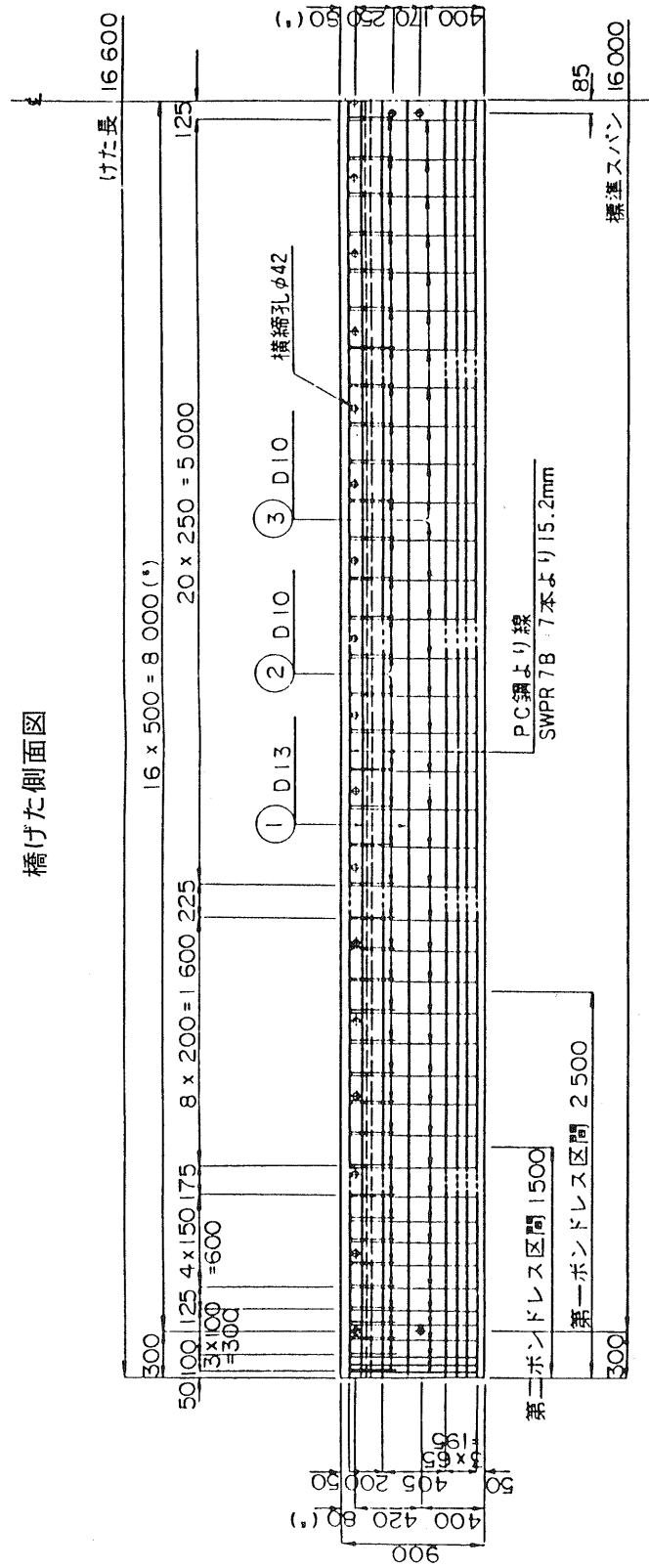
- (1) 種類の呼び名
- (2) けた長
- (3) 製造業者名又はその略号
- (4) 製造工場名又はその略号
- (5) 製造年月日又はその略号

図2 表示例

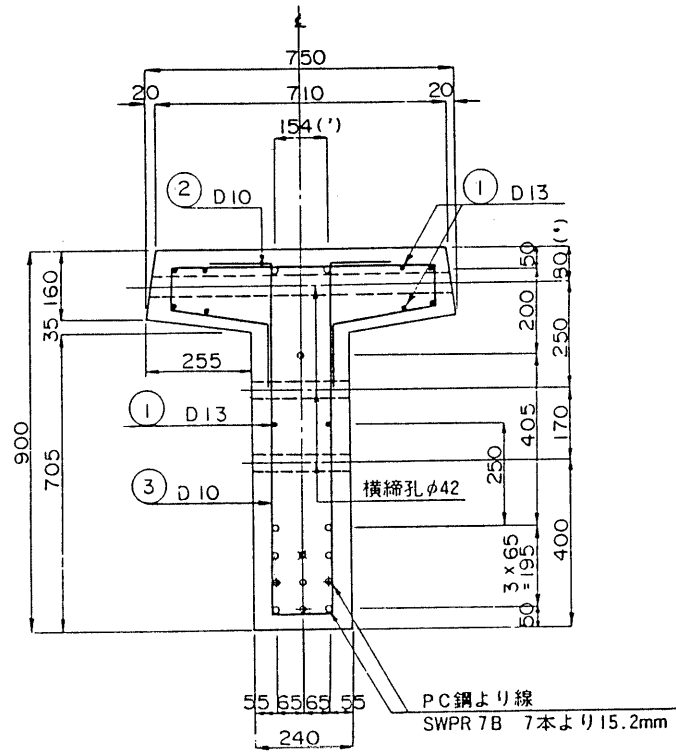


付図 3 1 B16

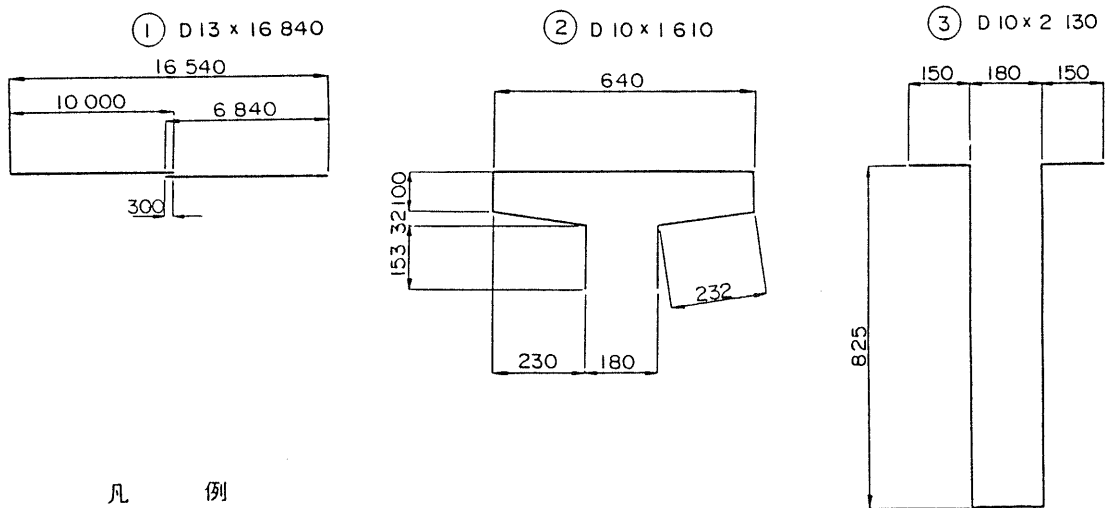
橋げた側面図



橋げた断面図



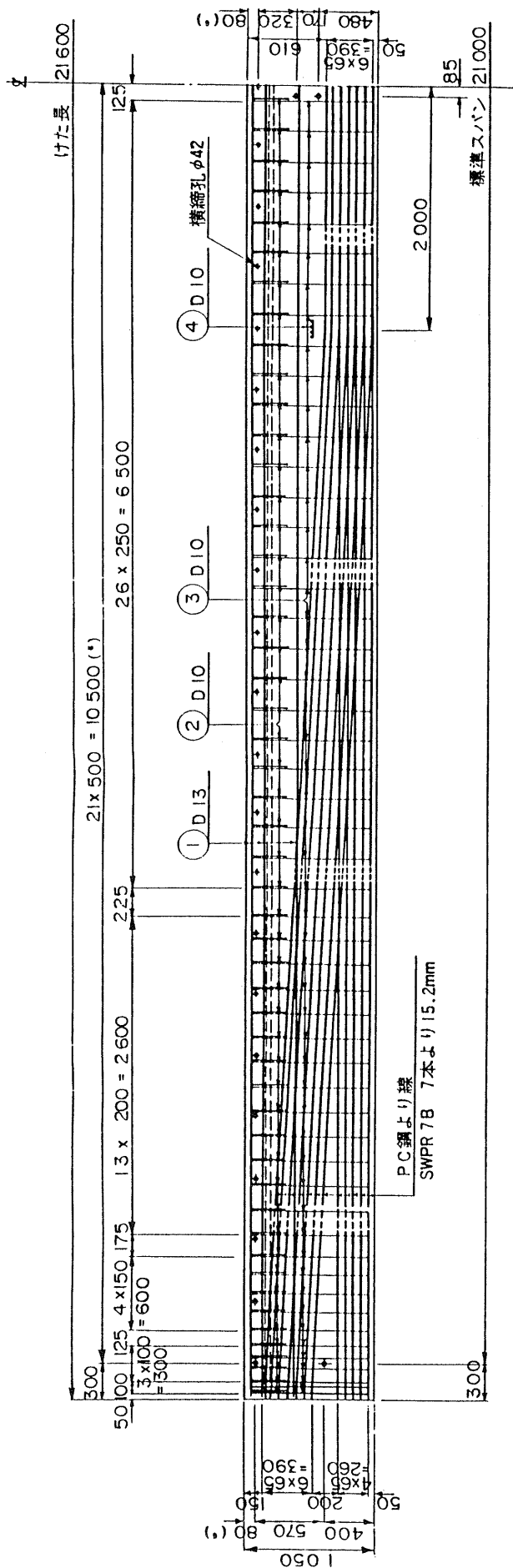
鉄筋加工図(6)



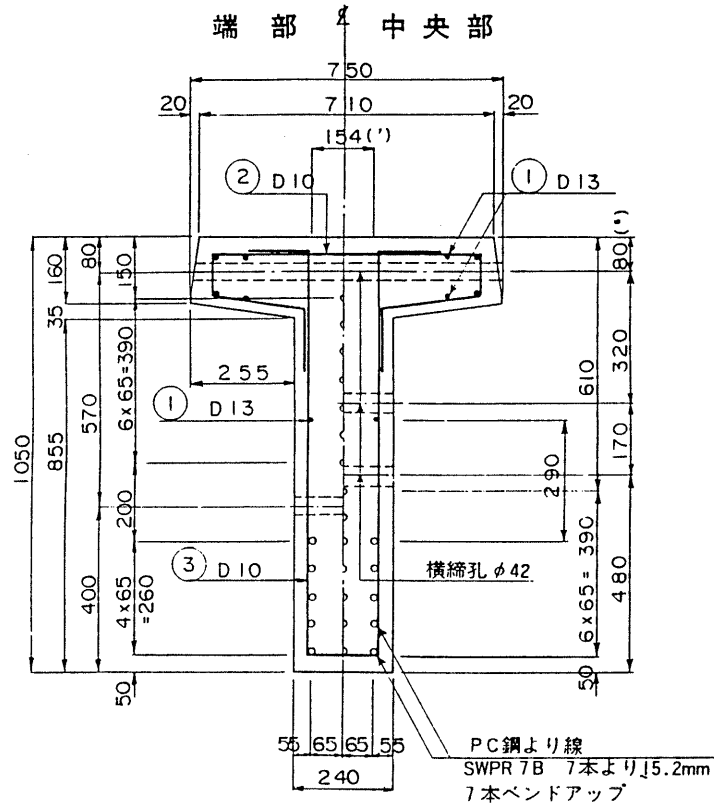
	凡	例
○	P C	鋼材
⊕	第一ボンドレス	鋼材
⊗	第二ボンドレス	鋼材
●	鉄	筋

注 (6) 鉄筋加工図及び横締配置間隔は、参考値とする。
(7) 最下段以外の P C 鋼より線の水平距離。

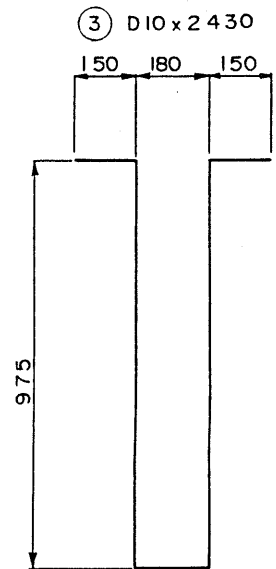
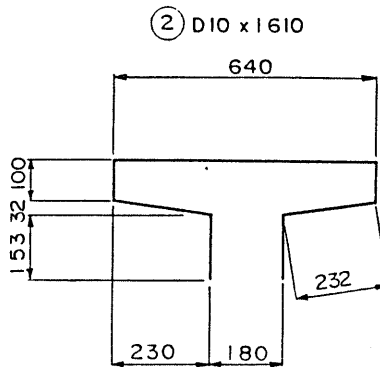
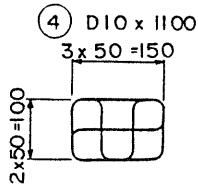
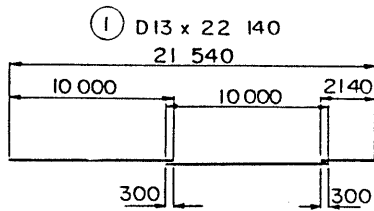
橋げた側面図



橋げた断面図



鉄筋加工図(6)



凡 例
○ P C 鋼 材
● 鉄 筋

注⁽⁶⁾ 鉄筋加工図及び横締配置間隔は、参考値とする。

⁽⁷⁾ 最下段以外のPC鋼より線の水平距離。

P C 橋 の 新 し い 構 造 事 例

首都高速道路公団 常任参与 (社)プレストレストコンクリート技術協会 理事	小 村 敏
(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 高速道路橋研究委員会 委員長 ドーピー建設工業株式会社 常務取締役	宮 地 清
ピー・エス・コンクリート株式会社第一技術部 主任研究員	野 村 貞 広

1. はじめに

欧米先進諸国では、社会資本整備が進んでおり、殊に道路については1930年代から、本格的な整備に取り組んでいたため、現在では策定された全体的な道路ネットワークが、ほぼ完成の域に近付いている。ヨーロッパでは、それらネットワークを補完するものとして、欧州統一化に向けての、各国の幹線道路を連結するヨーロッパ道路の建設に重点が移り、都市部を外れ、バイパス的要素をもちながら、国境を越える山岳部、河川横断部などの道路を建設中である。アメリカは、元来、自動車社会の国であり、道路は整備された国であるが、都市部では交通混雑解消と物流交通の円滑化を目指す環状線、バイパスの整備が行われている。一方郊外部では、スケールの大きい河川・湖を越え、海峡部を跨ぐ州際道路が新設または改築されている。これらの道路は、立地条件から橋梁の形で計画される場合が多く、様々な制約から、長大支間の橋梁となることが多い。

ヨーロッパ諸国では、ドイツを例外として、日本と比較すると、鋼材の値段は高い。極端な例としては、スイスなどは、国内に製鋼所、鋼橋メーカーをもたず、鋼橋は輸入している現状で、鋼橋は非常に高価なものとなる。アメリカでも、西部や南部では、鋼材が入手困難である。ロスマブリータ地震の復旧でも、鋼材でなく木材が多く用いられたのも、この側面事情を物語っている。従って橋梁を計画する場合には、これらの国・地域では、まず第一にコンクリート系で経済性を追及することとなる。長大橋の場合、コンクリートの重さは致命的である。コンクリート橋は、プレストレッシング手法が利用されて以降、その適用支間を伸ばしてきたが、依然として、ある限界が存在していた。それを克服する構造形式として、斜張橋が誕生したが、その他にも、支間を伸ばす試みとして、構造部材、構造系、材料面などに種々の工夫が考案され使用されている。例えば、鋼とコンクリートの合成構造、床版・主桁の重量軽減のアイデア、高強度・軽量コンクリートの利用、架設工法に新機軸を打ち出したものなどが挙げられる。

うがった見方をすると、前述した理由により、道路建設が一段落し、新設橋梁の数が減って行く欧米諸国で、残少ない橋梁の構築を楽しみたい技術者の夢が、これら新しい構造事例に託されている面もあるような気がする。

日本でも、200mを越すコンクリート構造の斜張橋やアーチ橋が建設されている。1995年頃には、支間長300mを越すコンクリート橋の誕生が予想されている。さらに、地震国日本でなければ考えられない新工法も誕生している。耐久性向上を狙って耐候性のある新材料を用いた例、中径間の橋で桁高制限に対応できる新工法の利用も見られる。

これらP C橋の新しい構造の諸事例を集大成したのが、本テキストである。本テキストの原本は、(財)高速道路調査会が、(社)プレストレストコンクリート建設業協会の委託に応じて、委員会の討議を経てまとめたものであるが、今回調査会及び上記協会の快諾を得て、講習会用にリライトしたものである。

2. 新しい構造事例の定義

新しい構造事例の抽出に当たっては、次に示す手順に従った。主として1980年代に、国内、国外で施工されたP C橋を対象に、各種文献に掲載されたもの、及び調査委員会メンバーが実際に見聞きしたもの、さらに国内では、上記

けら橋梁を構造形式別に分類し、その形式の採用理由を調査して、第1回目の判別を行った。採用理由を大別す
 る、構造性（重量、支間、桁高、床版支間）、施工性（工期、省力化、品質向上）、走行性、耐久性、保守点検、景
 観、耐震性などが挙げられている。次にその採用理由を充足させるために、どのような処置を取ったかを調査して、
 2回目の判別を行った。新形式の構造部材の採用、プレストレスング方法の改善、新材料の採用、施工方法の新
 しい展開、新しい装置の利用などが、それらの処置の主なものであり、それらをまとめたのが、表－2.1である。

特徴別分類 採用理由			A	B								C			D					E						
				構 造 部 材								プレストレス			材 料					施 工 方 法						
				主 桁		横 桁		床 版		斜 材		外 ケーブル	パイプ	P R C	コンクリート		緊張材	鉄 筋	シー	ス	片持ち張出し工法	押出し工法	移動支保工	ローリング工法	水平回転工法	その他
			鋼波形ウェブ	鋼埋込み桁	鋼と複合構造	ストラット	鋼横桁	リブ	埋設型枠	P C 鋼材	P C 部材				高強度	軽量										
a	構造性	支 間	◎			◎	○					○	○			◎										
		桁 高	○		○					○			◎		◎											
		重 量	○	◎		◎	○		◎				◎	◎												
		床版支間					◎	◎	◎	○																
b	施工性	工 期			◎		◎	○		◎	◎									◎	◎	○	◎	◎	◎	◎
		省 力 化		○				○		◎	◎		○							◎	○	◎	○		◎	◎
		品質向上								○											○				◎	◎
c	走 行 性	◎																								
d	耐 久 性							○							◎	◎	○		○							
e	保 守 点 検	○																								
f	景 観 性	◎																								
g	耐 震 性	◎																								
h	そ の 他	◎		◎						○	◎		◎							◎						

同じような特徴がある場合は、建設年代の新しいもの、さらに日本と外国ともに存する場合は 国内例を優先して、詳細調査を行う橋梁を選定した。ただし、今後高速道路の橋梁として適用可能な橋梁については、多少建設年代が古くても、集録している。このようにして選定された橋梁は、内外で約80例である。次節以下では、この80例の中から最大特徴を捕らえて解説を加えている。

3. 全体的な概要

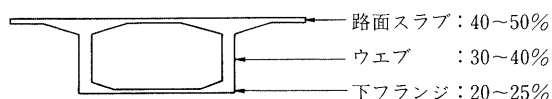
— 56 —

さの低減（部材厚の減少，構造部材の工夫），コンクリートの剛性・重さの活用，材料面からのアプローチ（コンクリート，緊張材），工程の短縮，省力化，架設地点の条件を考慮した特殊な構造及び特殊な架設工法などに大まかに分類し，横方向で統括的にまとめた。

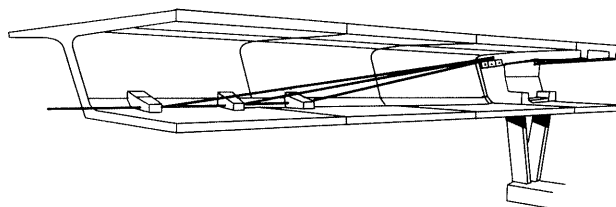
3.1 橋体重量低減への挑戦

(1) 外ケーブルの採用

コンクリート橋が重い原因は，自重が重いことは勿論であるが，図－3.1に示すように自重の30～40%を占めるウェブの重さが挙げられる。このウェブの重量軽減策として，まず考えられたのが，外ケーブル（エクスターナルケーブル）の採用である。ウェブ内に，ダクトやシースがなく，その分ウェブ厚を減少させることが出来，またウェブ内での配線・配管がないため，配筋，型枠設置，コンクリート打設が容易になるなど，施工上の利点もある。またケーブルの取替え，再緊張などの維持管理面でも有利な副次的効果も生ずる。その上自重が軽減された分だけ，プレストレス量も減ずることが出来る利点もある。



図－3.1 断面要素別の重量

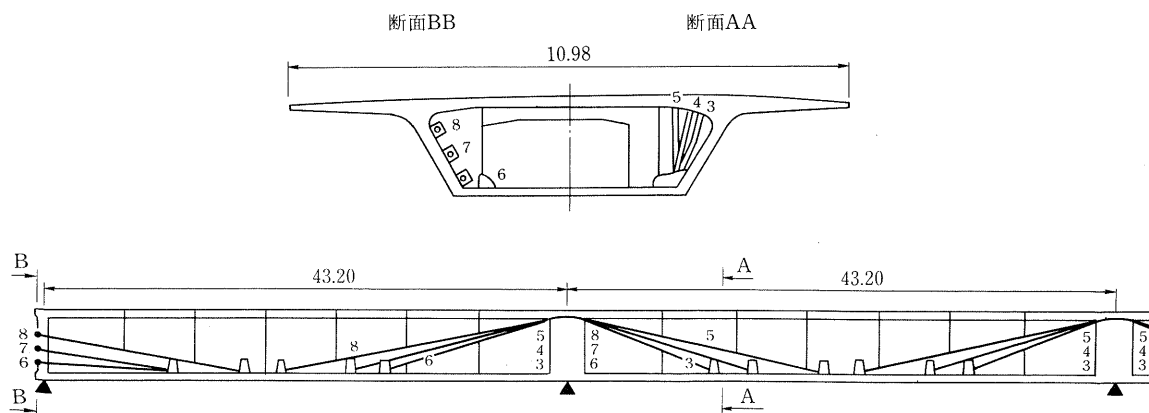


図－3.2 外ケーブルの概念図

この外ケーブルは，1950年代をピークに多用されていたが，漏水，鳥糞の尿酸などで，ケーブルの発錆，腐食が起き，構造本体に悪影響を及ぼすため，一時使用が途絶えた。しかし最近では，防錆技術も進歩し，定着部，ケーブル変曲部の装置も改良が加えられ，太いに用いられるようになった。

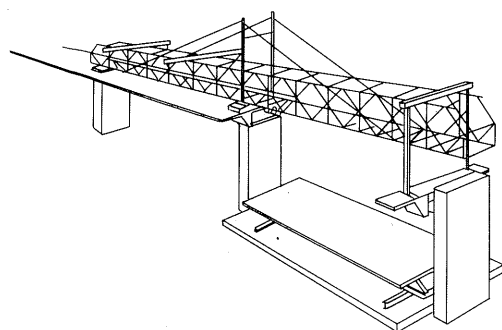
Seven Mile 橋は，バージ上にプレキャスト桁を並べ仮緊張後，一支間分を支持台桁とともに引き上げ，中間支点上の場所打コンクリート打設後，外ケーブルで緊張し，連続桁に仕上げている。後述するように，ウェブに鋼板を用いたために，必然的に外ケーブルになった Cognac 橋，Maupré 橋の例もある。曲率半径 425m，支間長 64m の Charix 橋では，外ケーブルを用いて，押出し工法で施工されている。保守点検の面をも考慮して，ケーブルの取替え可能を狙った Wintropertal 橋は，特殊な例である。

日本では，鉄道橋としては橋長が長いいため，プレストレスの摩擦損失減少を狙って，一部に外ケーブルを用いた第

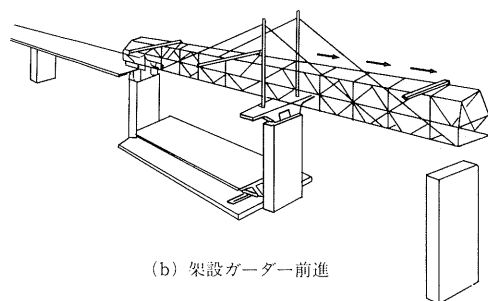


図－3.3 Seven Mile橋のP C鋼材配置図

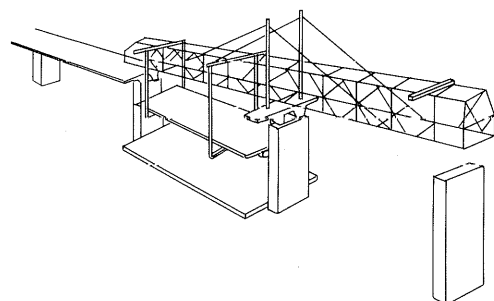
10根尾川橋梁（押し出し工法），張出し施工用には上床版内に配置されたP C 鋼棒を用い，連続桁用には外ケーブルを用いた宿毛・四万十川橋などの例がある。池間大橋では，プレキャストブロックをガーダー架設したが，架違い部に架設用外ケーブルを用いて施工されている。



(a) 橋脚上ブロック上架

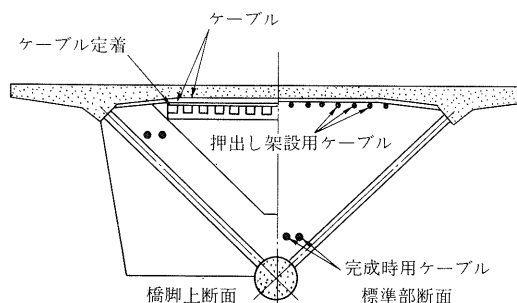


(b) 架設ガーダー前進

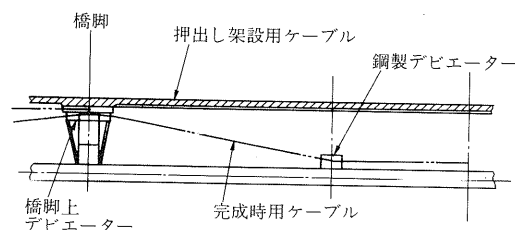


(c) 1 スパン分のプレキャストブロック吊上げ

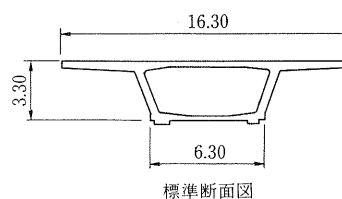
図－ 3.4 Seven Mile橋の架設要領図



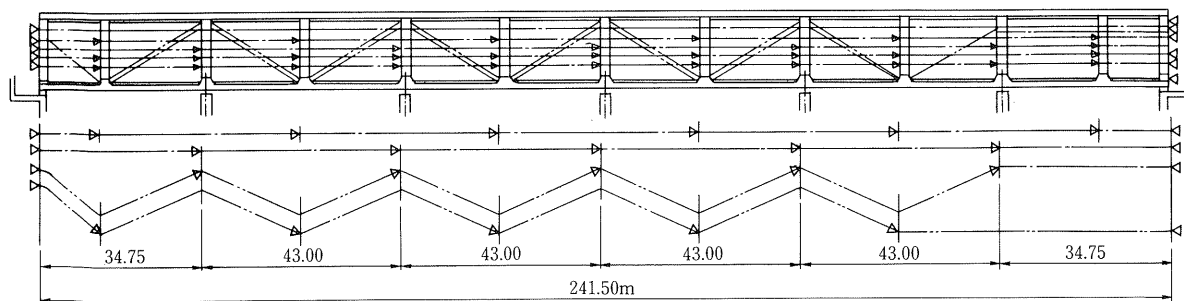
図－ 3.5 Maupré橋の断面図



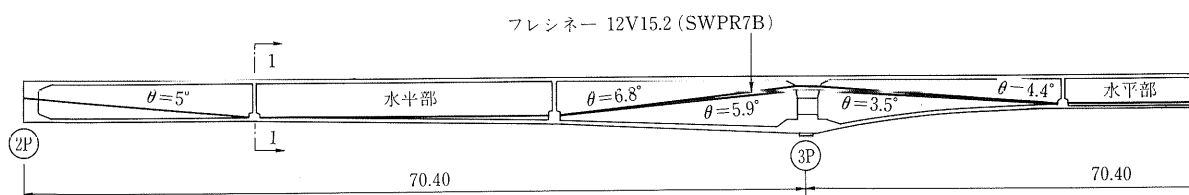
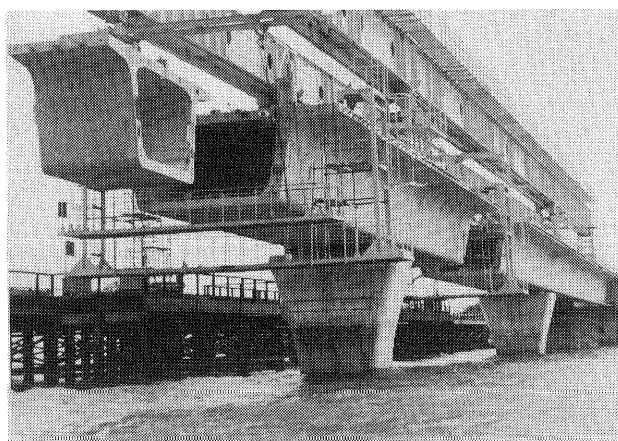
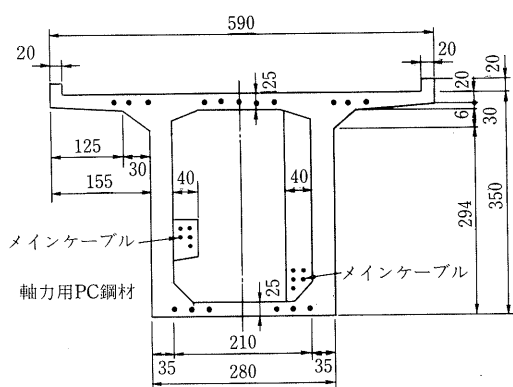
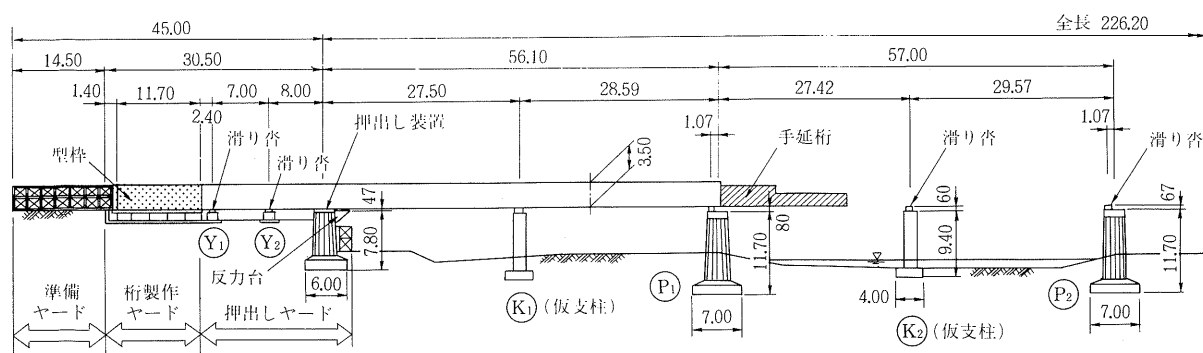
図－ 3.6 Maupré橋の側面図



標準断面図



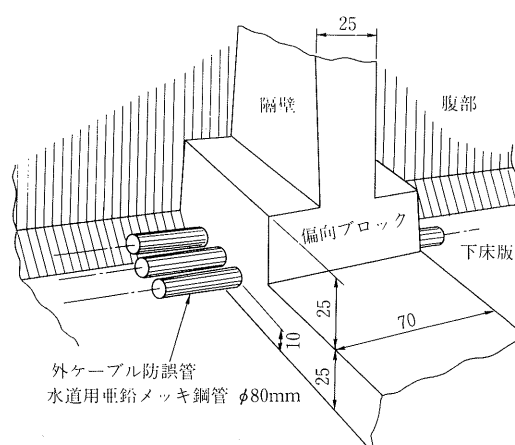
図－ 3.7 Wintropertal 橋の P C 鋼材配置図



(2) ウェブの材料、構造変更

ウェブの重量軽減策の一つに、ウェブをコンクリートから鋼板に置換する方法がある。単にウェブを鋼板に置換えたものから、Cognac 橋のように、ウェブのせん断挫屈耐荷力の確保のため、さらに導入されたプレストレスをウェブ鋼材が拘束しないように、ウェブを波形（折板）構造にした例まである。Maupré 橋ではさらに一歩進め、下フランジにコンクリート充填鋼管を用い、ウェブ、下床版の重量減（自重を約35%軽減）を狙っている。

桁橋からアプローチし、ウェブをトラス形にして重量軽減を狙い、さらに高強度コンクリートのプレキャスト部材を用いて、工期短縮と品質向上を図った Glacieres 高架橋、Sylans 高架橋の例もある。



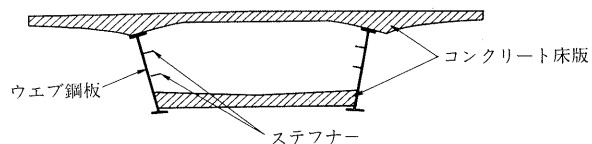


図- 3.12 ウェブに鋼板を用いた例

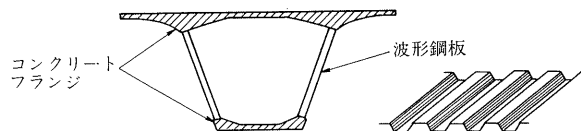


図- 3.13 ウェブに波形鋼板を用いた例

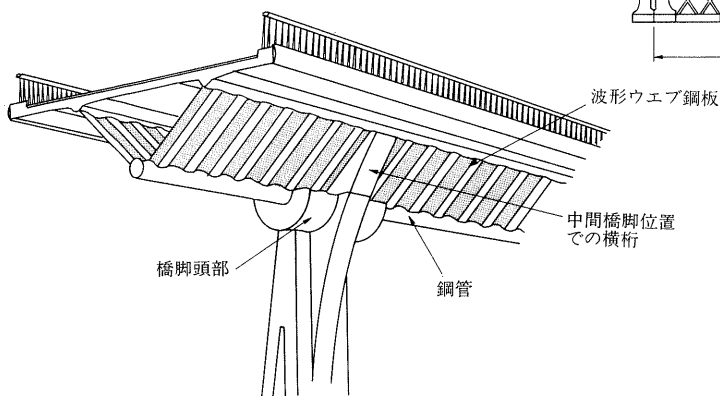


図- 3.14 Maupré 橋での実施例

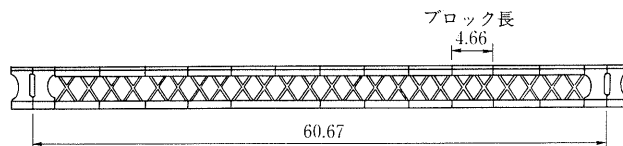


図- 3.15 Glacieres 橋標準支間部側面図

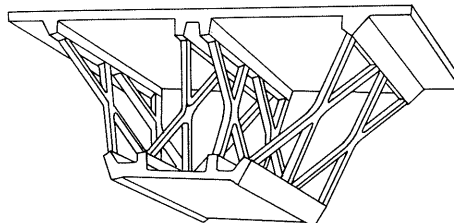


図- 3.16 プレキャストブロック概念図

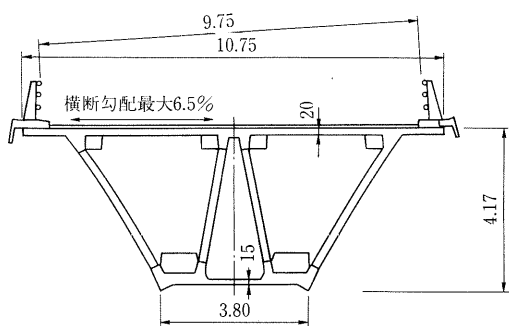


図- 3.17 Sylans 橋断面図

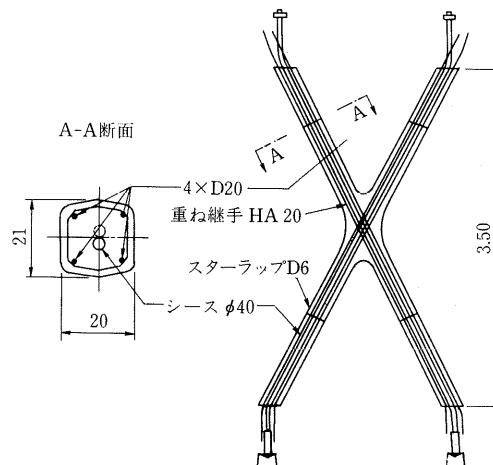


図- 3.18 Sylans 橋トラス部材詳細図

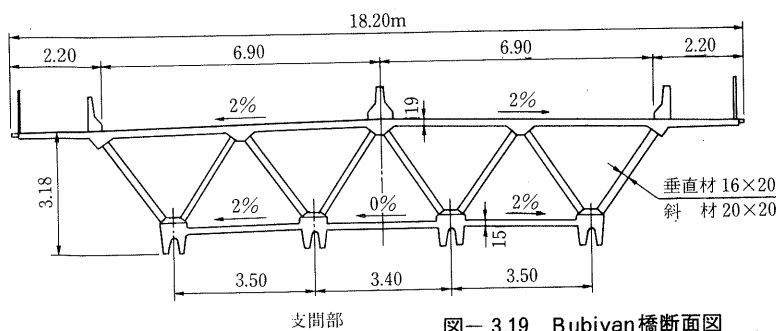


図- 3.19 Bubiyan 橋断面図

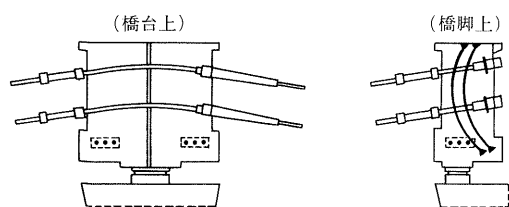
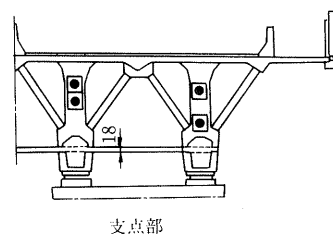


図- 3.20 支点上 P C 鋼材配置図

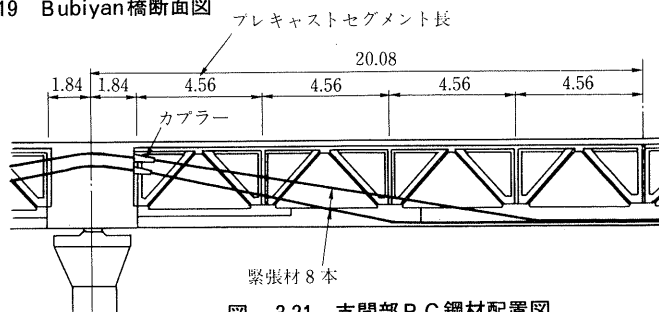


図- 3.21 支間部 P C 鋼材配置図

これら四橋とも外ケーブルを使用している。Bubian 橋では、上下床版をトラス部材で結合し、プレキャストセグメントを用いた多径間連続橋である。セグメント同志は、外ケーブルで一体化され、そのケーブルは一径間毎にカプラーで連結した特異な例である。

このトラス型のウェブの継手部は、施工が繁雑である。この問題を解決し、荷重を直接受ける上床版を強固に支持するように、図- 3.22のような台形型に一部を充腹構造 (Trapezoidal Pillar) にした例も見られる。下側のベース部分は、外ケーブルの変曲点にも利用出来、従来型の充填ウェブより、ウェブ部分で50%のコンクリート量を減ずることができる。

さらに軽くするため、トラス型のウェブに I 型鋼のラチス張りを利用したものもあり、その代表例は、Charolles 橋である。

(3) 床版厚の軽減

コンクリート橋を重くしている他の要素は、床版の重量である。主桁間隔を縮めることによって、床版厚を薄くできるが、ウェブの数が増し、全体の重量が重くなり、二律背反となる。そこで主桁数を増すことなしに、床版厚を薄くする種々のアイデアが提案されている。

その一つは、Sunshine Skyway 橋や Brotonne 橋に利用されているストラットの利用である。これらは、一箱断面でウェブの数を増すことなく、床版をトラス型のストラットで中間支持して、床版支間を短縮し厚さを薄くする方法である。かつ一面吊りの斜張橋の斜材を、このストラット支持部に定着して、その力を下端部に伝達している。

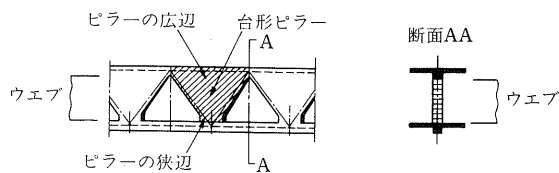


図- 3.22 台形ピラーを用いたウェブ

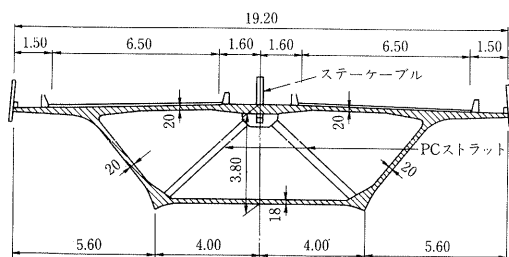


図- 3.23 Brotonne橋断面図

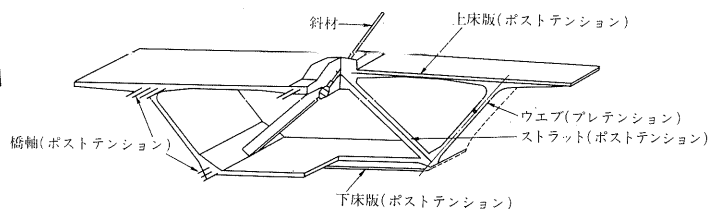


図- 3.24 ストラットを用いた場合のプレストレス方法の例

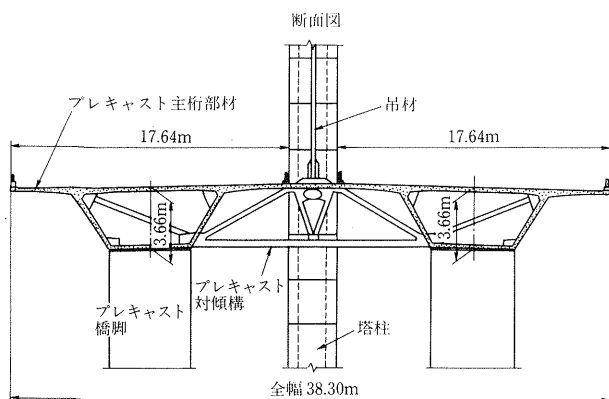


図- 3.25 James River橋断面図

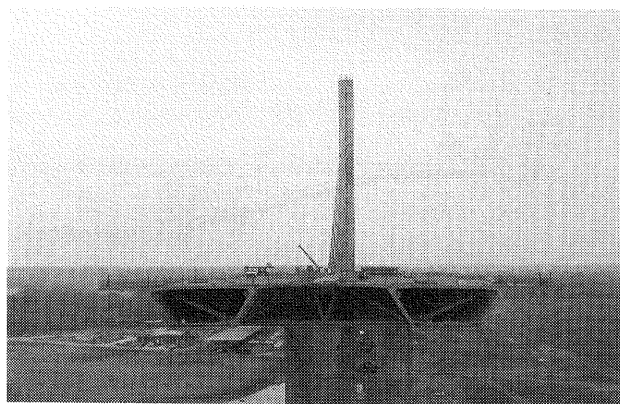


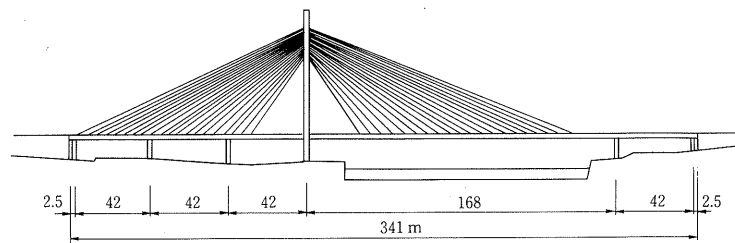
写真- 3.2 架設中の James River 橋

James River 橋では、プレキャスト部材で構成された二箱桁をトラス型の横桁で連結し、そのトラス中央部に斜張橋の斜材を定着している。Ben Ahin 橋では、このストラットを鋼材で構成している。架設方法が特殊で、河川沿いに総足場上で斜張橋部を製作し、70°水平回転して所定の位置にセットする工法を採用している。

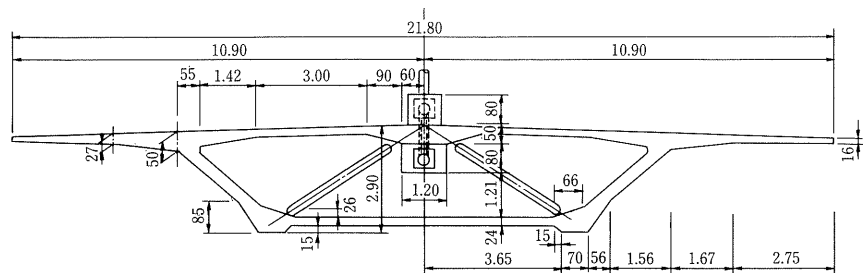
Kochertal 橋は、主桁を一箱断面で張出し施工した後、張出し床版部を支持するプレキャスト部材のストラットを設置して、橋長方向を一週間7.5mのサイクルで施工し、工期の短縮を図っている。さらに一歩進んだ形が、Elbe 橋である。箱桁内部は、ストラットで床版を中間支持し、斜張橋斜材をこの場所に定着し、さらに張出し部では、箱桁外側から斜めのストラットを張出し、上床版にアンカーしたP C鋼棒でこのストラットを引張り、この鋼棒を包み込む形で場所打ちコンクリートを打設して、上床版を構成している。

他の方法としては、鋼製の横桁を密に配置し、床版厚の軽減を図る方法がある。斜張橋のEast Huntington 橋は、その代表例で、主桁は高強度のプレキャスト桁（ブロック長13.6m、重量226t）で、鋼横桁を2.75m間隔に配置し、かつ鋼横桁とコンクリート床版を合成構造として、床版支間を橋長方向に変換して、床版厚の軽減と工期の短縮を図っている。

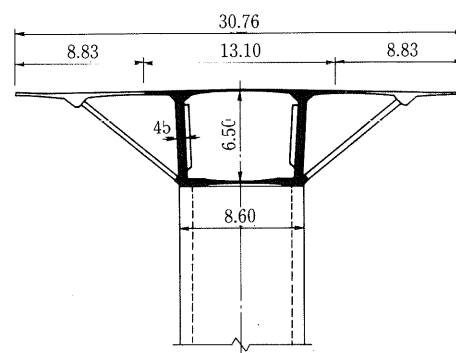
もう一つの方法は、上床版の橋軸直角方向にリブを配置し、プレストレスの偏心量を確保し、従来の厚さのま



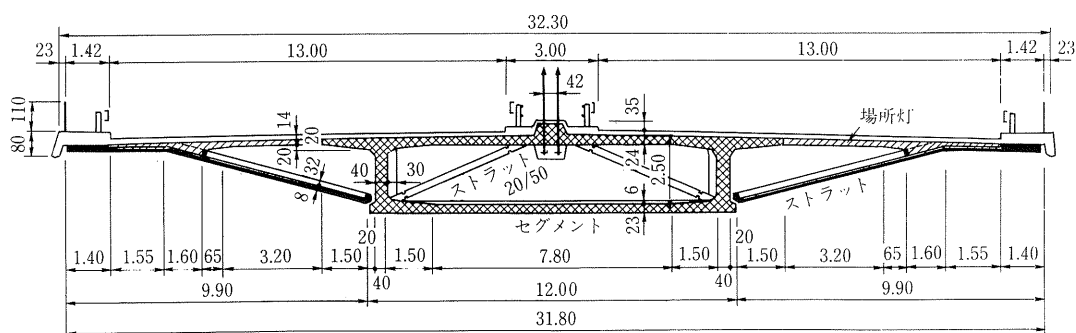
図－ 3.26 Ben Ahin橋側面図



図－ 3.27 Ben Ahin橋支間部断面図



図－ 3.28 Kochertal橋断面図



図－ 3.29 Elbe橋断面図

まで、主桁間隔、床版張出し長さの増大を狙う方法である。1960年代のヨーロッパの橋梁でよく見られたが、最近の例では新鍛冶屋敷橋が、3m 間隔にリブを配置し、床版支間を7.84m まで拡張している。Wysseflue 橋(全幅14.26 m)では、2 本のプレキャストT 桁上に、張出し部をもカバーする幅員方向に通しのリブにプレテンションによるプレストレスを導入して補強したプレキャスト型枠版を設置し、その上に場所打ちコンクリートを打設してPC 鋼棒で緊張し、かつ主桁、型枠版と合成構造としている。溪谷を渡るこの橋梁は、プレキャスト部材の活用で、支保工を用いず、工期を短縮し、かつ床版重量の軽減を図っている。

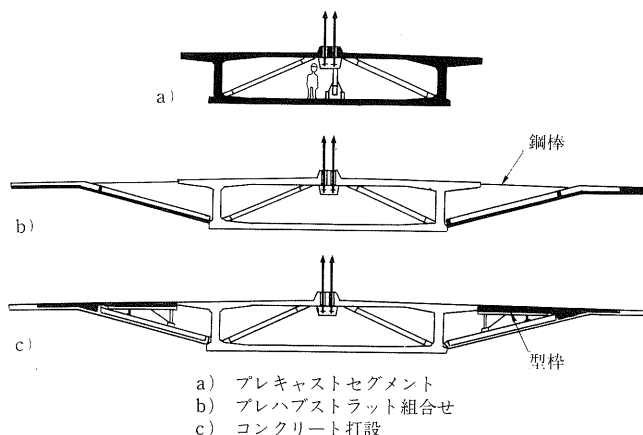


図- 3.30 Elbe 橋張出し床版施工図

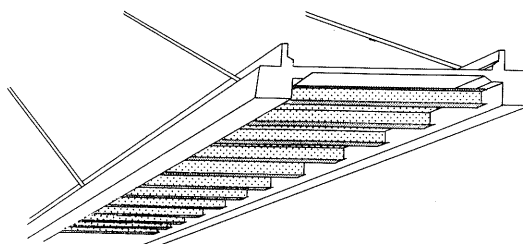


図- 3.31 East Huntington 橋床組成図

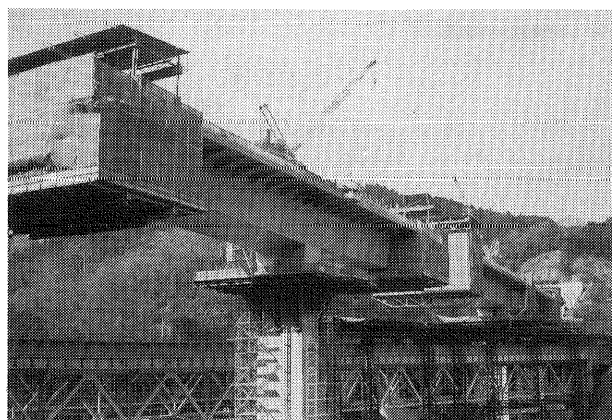


写真- 3.3 張出し中の新鍛冶屋敷橋

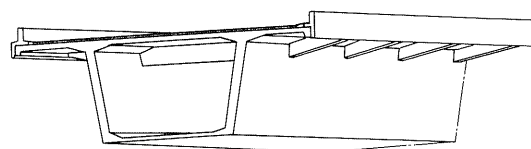


図- 3.32 新鍛冶屋敷橋リブ付床版図

(4) 構造形式面での重量軽減

コンクリート長大橋で、構造形式面から重量軽減を図る方策として、斜張橋の他に、トラス橋、アーチ橋(後述)、吊橋(後述)、吊床版橋が挙げられる。

支間が長大化するとともに、斜張橋は桁橋と比較すると、橋体重量が軽減されるため、また景観的にも優れた構造形式であるため、内外とも増加の一途を辿っている。コンクリート橋で世界最大の支間を誇るのは、スペインの Barrios

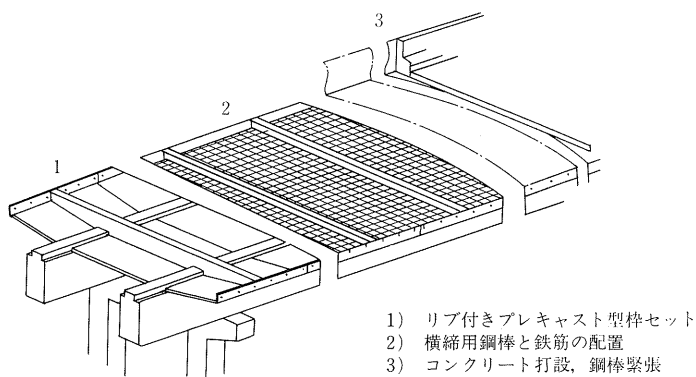
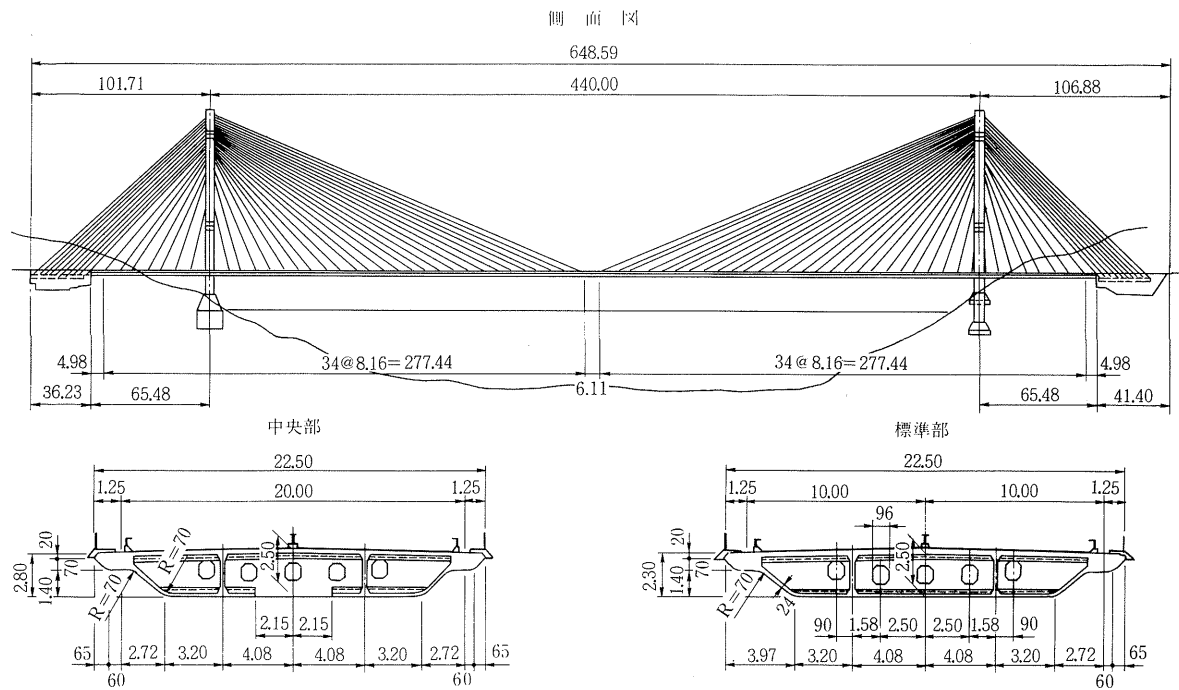
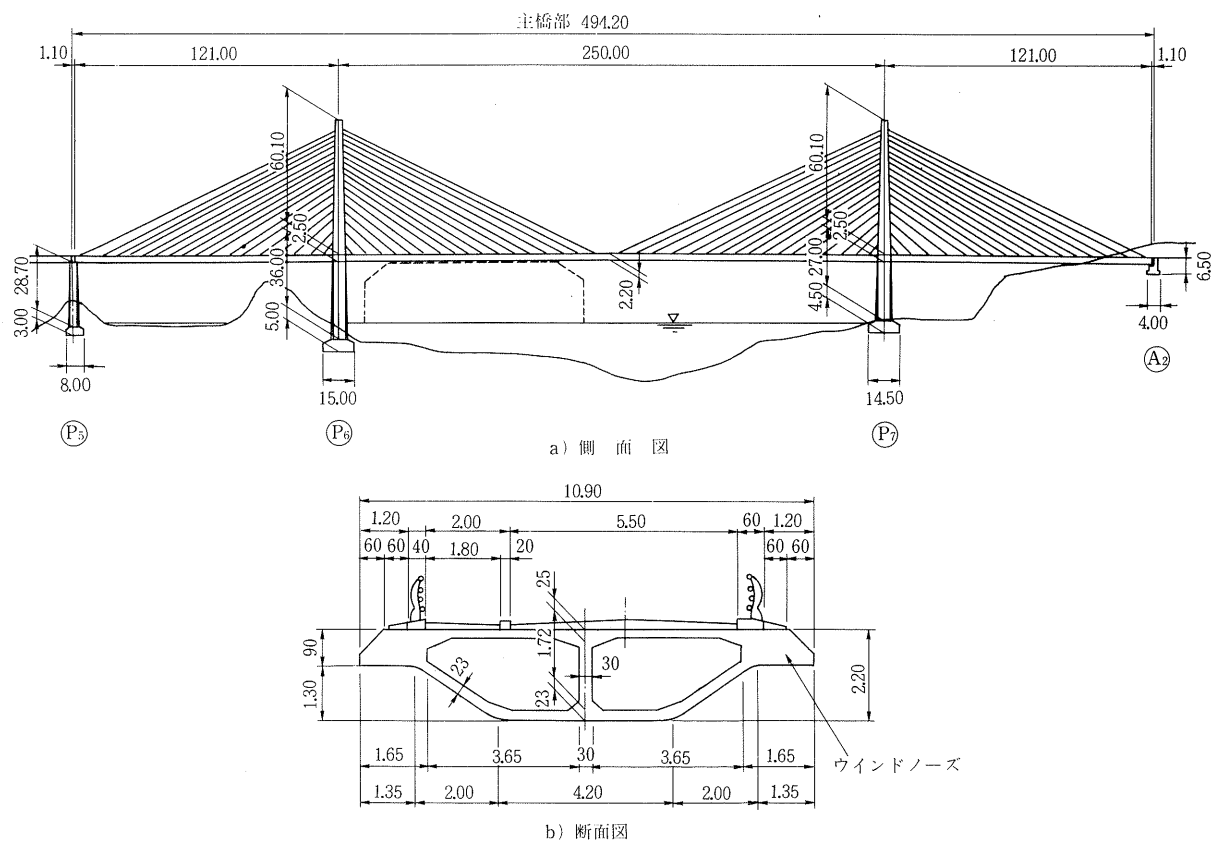


図- 3.33 Wysseflue 橋床版施工図

de Luna 橋 (Ingeniero Fernández Casado 橋) で、中央支間が 440 m である。日本でも、呼子大橋が 250 m、青森ベイブリッジが 240 m、高速道路初の斜張橋の東名足柄橋が 185 m と、支間を伸ばしつつある。何れにしても、斜張橋の構造だけで重さに挑戦した例は少なく、他の工夫を取入れてコンクリートの重さを克服している。



図－ 3.34 Barrios de Luna 橋一般図



図－ 3.35 呼子大橋一般図

トラス橋は、軸力が卓越する構造で、引張材にプレストレスを導入することで、すべての部材を圧縮材として使用でき、かつぜい肉を省いて軽量化を図れるので、コンクリート橋には有利な構造である。日本では、比較的早い時代から、高強度コンクリート利用の一環として、トラス鉄道橋がプレキャスト部材を用いて架設されている。榎木沢橋は、プレキャスト部材使用の下路形式のトラスを採用し、桁下空間を確保しながら、長大化を目指した橋梁である。安家川橋梁は、オートクレーブ養生で製作された強度 800 kg/cm^2 のプレキャスト部材を用い、地上で組み立てを行った後、クレーンで架設された支間 45 m のトラス橋である。Rip 橋は一見アーチ橋に見えるトラス橋で、これもプレキャスト部材を用いながら、張出し施工され、中央径間を 189.2 m と伸ばしている。Mangfall 橋は、架替えの際に、景観性を考慮して、旧橋の鋼トラスと同じ形のPCトラスを採用している。二層になっており、上層は車道に、下層は歩道に利用されている特異な橋梁である。

長大橋に最も適した構造形式として吊橋が挙げられるが、コンクリート橋では、吊床版橋が、コンクリートの特徴を生かし、吊橋の原理を単純化したものとして使われている。吊橋は、ケーブル、塔、補剛桁、床組などで構成されているが、これらを一つの要素に置き換えると、吊床版橋になる。支間長に関係なく、極端に少ない材料で済むことが特徴の一つである。Rio Colorado 橋は、吊床版橋の欠点である走行性、変形性能を補うため、吊床版上に鉛直材と橋桁となる上床版を付加して路面

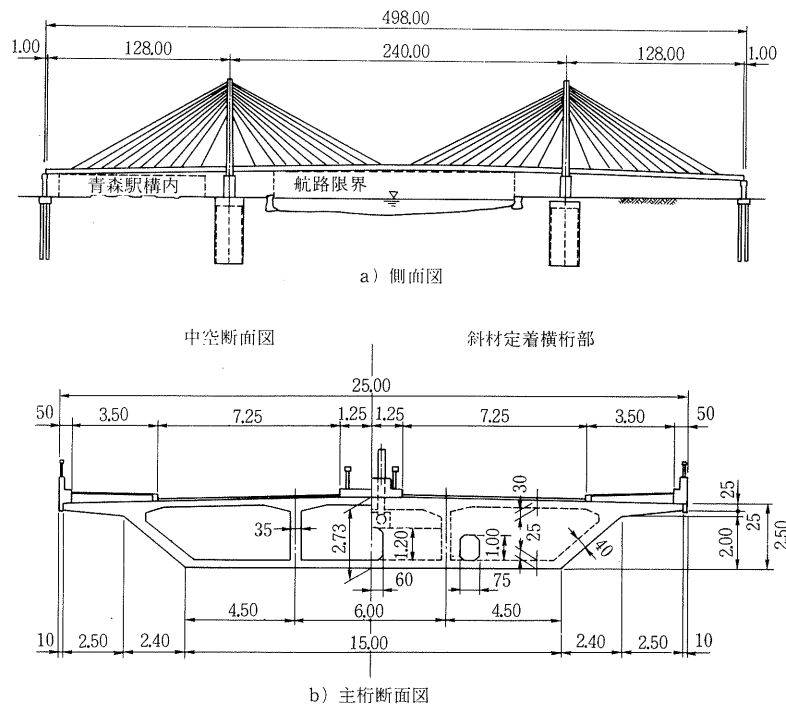


図- 3.36 青森ベイブリッジ一般図

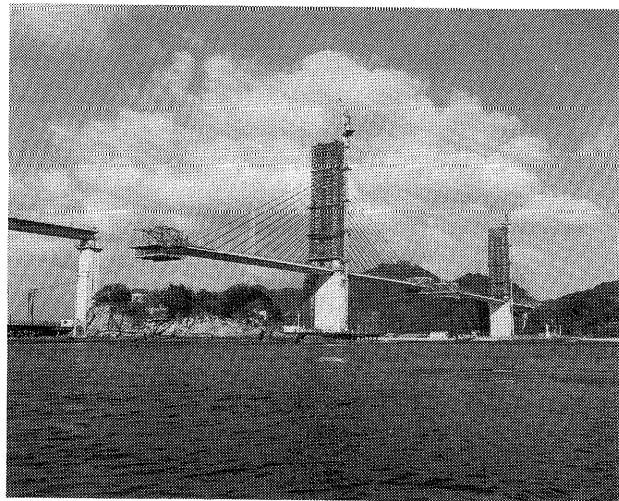


写真- 3.4 架設中の呼子大橋

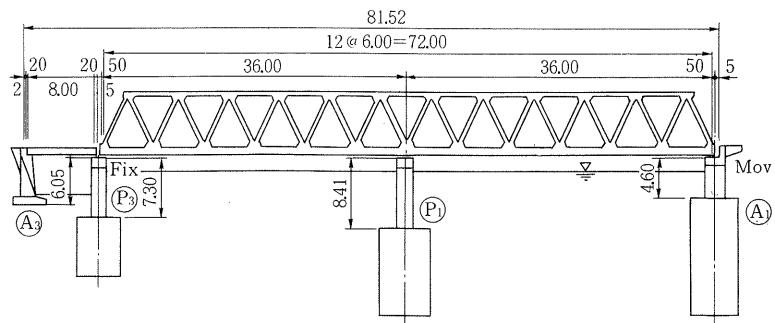
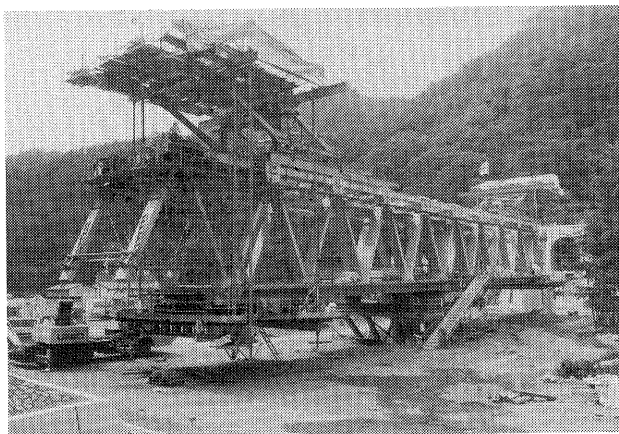
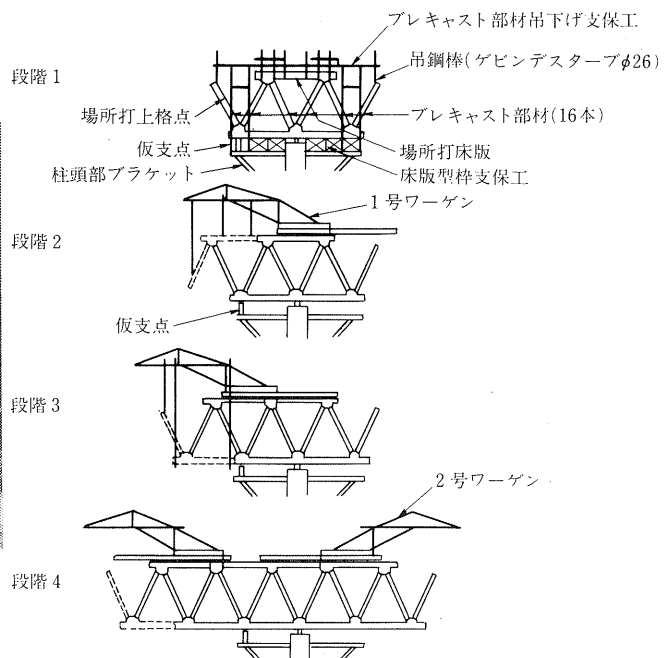


図- 3.37 榎木沢橋側面図

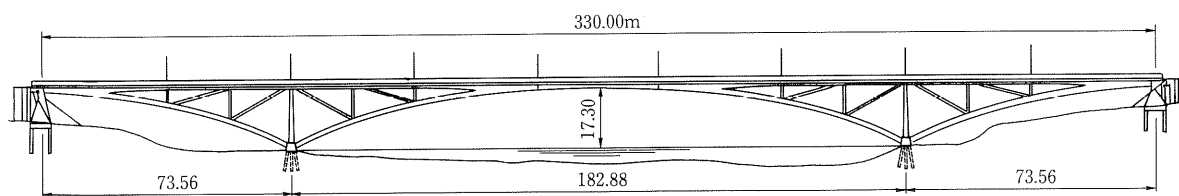
を構成している。速日峰橋も、同様に骨組部材の一部として、吊床版を利用した例である。



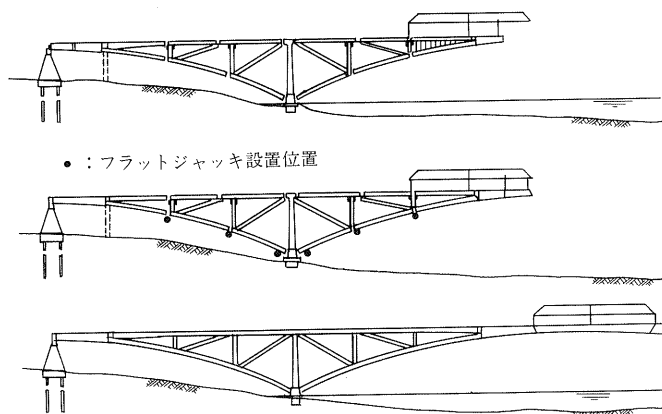
写真－ 3.5 架設中の横木沢橋



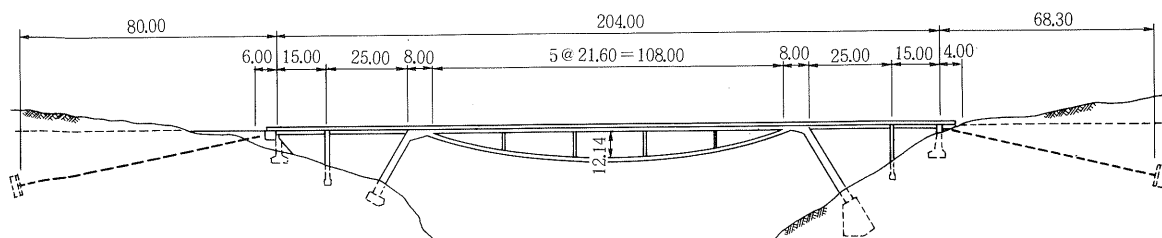
図－ 3.38 横木沢橋架設要領図



図－ 3.39 Rip橋側面図



図－ 3.40 Rip橋架設要領図



図－ 3.41 Rio Colorado橋側面図

3.2 コンクリート重量 及び剛性の有効利 用

(1) コンクリート重量の 有効利用

コンクリートの重量を有効利用した例としては、生口橋(150+490+150 m)、Düsseldolf-Flehe 橋(15+368+13@60m)に見られる複合構造が挙げられる。立地条件などの制約から、側径間長/中央径間長の比が0.2~0.3と径間割がアンバランスな斜張橋で、中央径間を鋼桁とし、側径間にはコンクリート桁を用いて重くすることで、経済的な斜張橋が可能になっている。現在フランスで施工中の Normandy 橋は、この複合斜張橋で、最大支間856m(中央部624mは鋼、両橋脚付近の116m及び側径間部はコンクリート構造)である。

特異な橋梁として浮橋がある。浮橋の歴史は古く、古代ペルシャの時代からあるが、現代では、結果としてコンクリートの重さを有効利用した例として考えることができる。水深のある湖沼などで、湖底が軟弱地盤の場合、基礎を構築すると不経済で不可能なケースがある。この場合、船の概念で作られたポンツーンをアンカーで水中に半固定して繋げ、道路(概念的には水中橋)とすると経済的になる。アメリカのワシントン洲に実施例が多く、1940年に完成した Lacey V. Murrow (Mercer Island) 橋は、有名である。

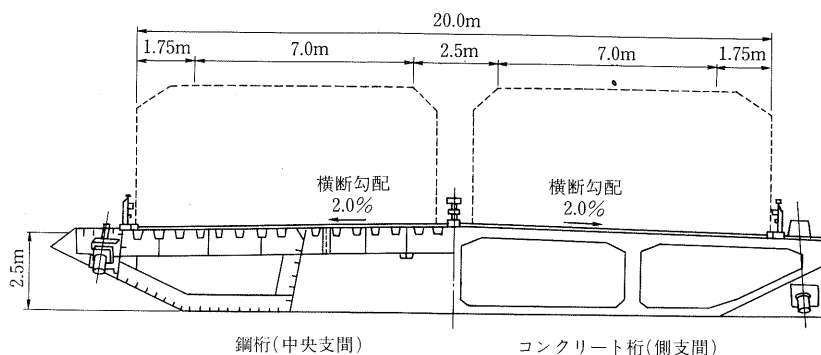


図- 3.45 生口橋断面図



写真- 3.6 側径間コンクリート桁の架設が終了した生口橋

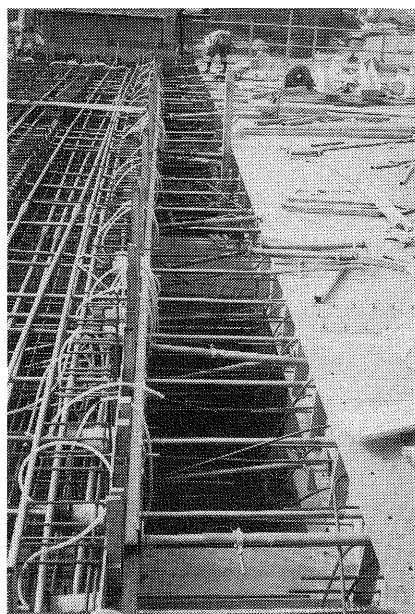


写真- 3.7 コンクリート桁と鋼桁の接合部

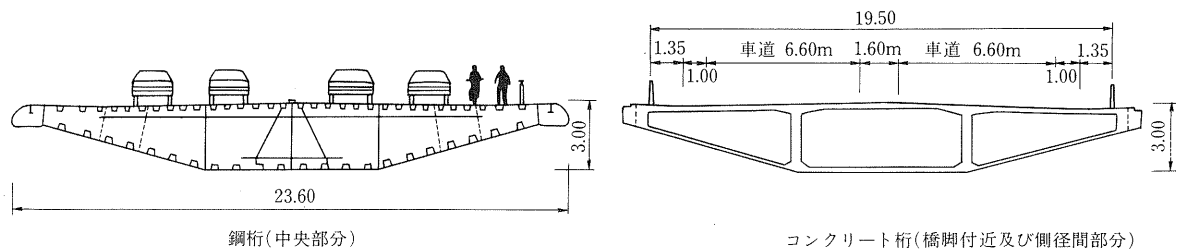


図- 3.46 Normandy 橋断面図

(2) コンクリート剛性の有効利用

斜張橋形式の橋梁で、橋梁全体の剛性を高めたり、主塔の高さを低減する方策として、斜材をコンクリートで巻きたてる方法がある。たわみ制限のある鉄道橋で、P C 斜材をコンクリートで巻きたて剛性を高めた小本川橋梁、斜材全体をコンクリートの壁で包み込み主塔を低くした Ganter 橋などがある。

桁橋からアプローチし、上記形式の利点を取り入れた形が、Extradosed prestressing といわれる方法である。これは、張出し架設の桁で緊張材を箱断面の外に出し、橋脚上に設けた柱の頂点(Deviator)で方向を変えてプレストレスを導入する方法である。この方式では、斜張橋に比べて、ケーブルの応力変動が少なく疲労が問題にならないため、引張力を有効に利用できる(図- 3.48)。さらにデビエーターの柱に作用する軸力も少なく、高さも低いので施工も容易である。

Arret-Darre 高架橋は、この方式でプレストレスを導入し、かつウェブに台形ピラーを

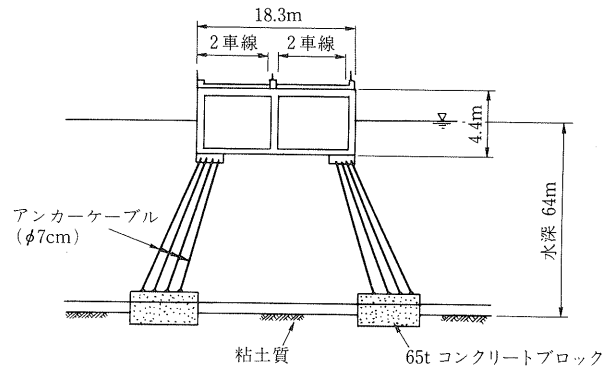


図- 3.47 Lacey V. Murrow 橋断面構成図

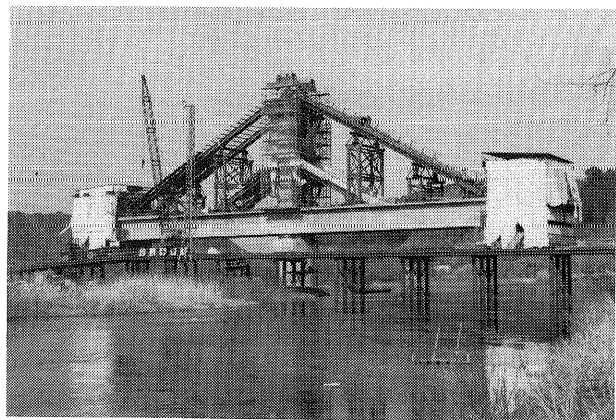


写真- 3.8 架設中の小本川橋

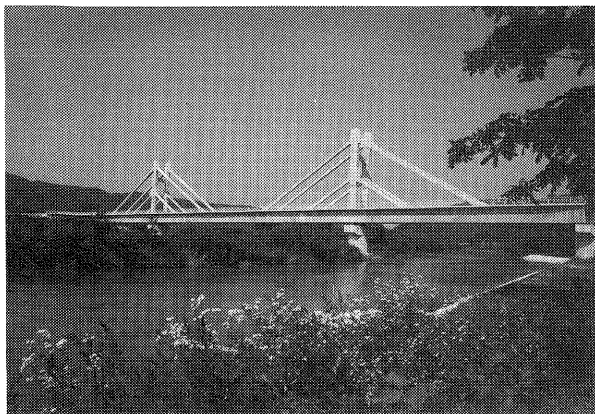
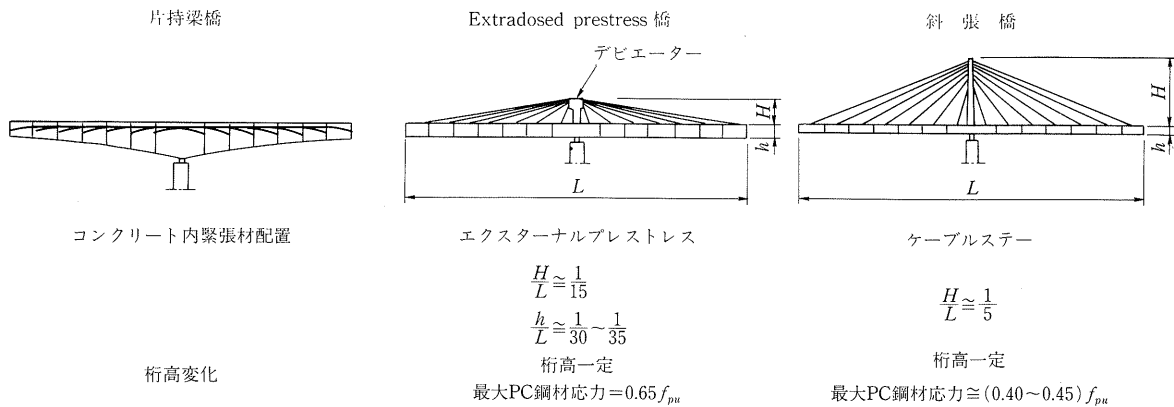


写真- 3.9 完成した小本川橋



写真- 3.10 完成した Ganter 橋

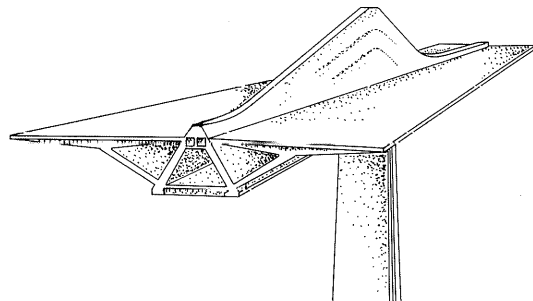
用いて、従来型に比べ30%の材料節約をしている。



図－3.48 Extradosed Prestress 橋と他形式橋梁の比較

さらに一步進んだ橋梁としては、Barton Creek Boulevard 橋に見られるフィンバック（背鰭）形式が挙げられる。幅員中央部に橋面上方に背鰭のような変断面の壁を打ち上げ、その上に緊張材を斜張橋の斜材のように配置し、カンチレバー架設で張出し、「背鰭」を打ち足しながら、さらに緊張材を加えながら、前進する。この形式は、一般の斜張橋よりは経済的といわれる。またこの橋では、横桁に場所打コンクリートのストラットを用いて、床版厚を減じ重量を軽くしている。

完成形では同じような形になるが、別の発想で、桁橋からアプローチしたのが、Rhone 橋である。箱桁のウェブを、橋面上にパラボラ曲線状に突出させ、その中に緊張材を配置し、スルータイプにした3径間連続桁橋で、桁高制限を克服し、経済的な橋梁を施工している。

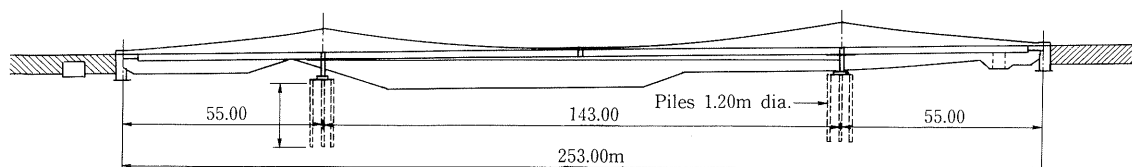


図－3.49 Barton Creek Boulevard 橋概念図

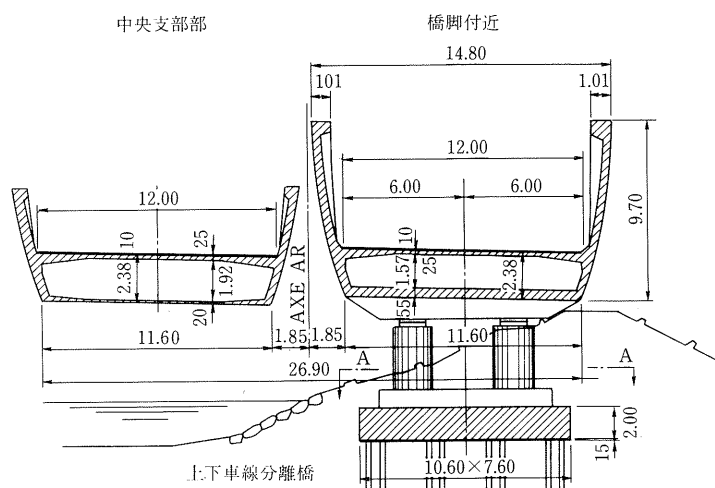
斜張橋の主塔にコンクリートを用いると、橋梁全体の剛性が上がり、風や地震に対し有効に作用する。普通強度のコンクリートを用いても十分効果があり、補剛桁を鋼とし、主塔をコンクリートとする例も多い。一步進んで、高強度コンクリート（ $\sigma_{ck}=800\sim1000\text{ kg/cm}^2$ ）を用いると、圧縮力が卓越する主塔で断面を小さくすることができ、より効果的である。アメリカでは、地震がなく、曲げに対してあまり配慮する必要がない高層建築の柱に高強度コンクリートが用いられており、その実績をもとに、斜張橋の主塔にも応用されている。日本でも、青森ベイブリッジは、主塔に 600 kg/cm^2 のコンクリートを用いて、その剛性を十分に利用している。



写真－3.11 主塔を立上げながら張出中の青森ベイブリッジ



図－ 3.50 Rhone橋側面図

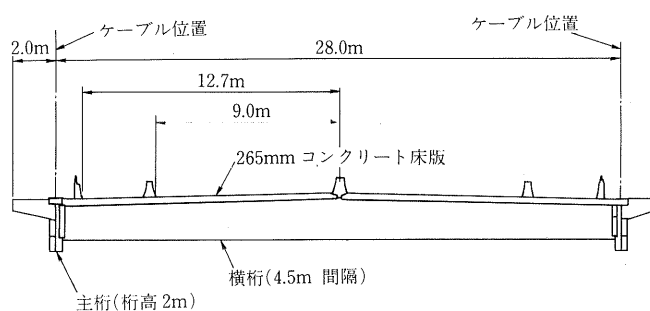


図－ 3.51 Rhone橋断面図

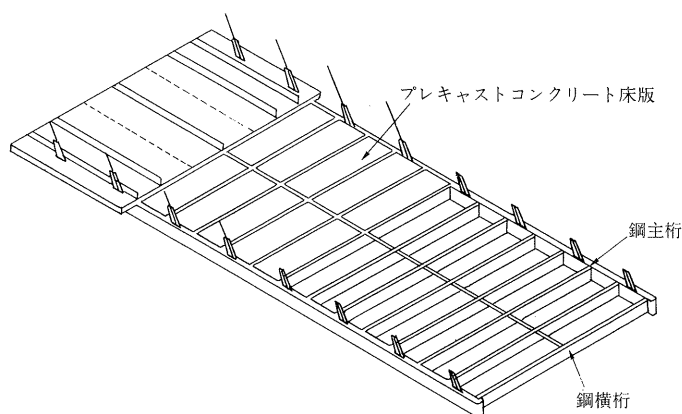
3.3 材料面からのアプローチ

(1) 材料面での改良

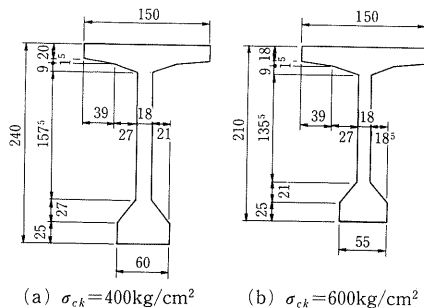
材料面から見ると、コンクリート橋を軽くする試みとして、前述のような高強度コンクリートや、軽量コンクリートの利用が挙げられる。プレキャスト部材では、品質管理、養生などが行き届くなどの理由、及び現場労務者不足への対策として、高強度コンクリートを利用した工場製品が使用される例が多い。Alex Fraser橋では、鋼二主桁上に、高強度コンクリートのプレキャスト床版を配置して、工期を大幅に短縮している。岐関大橋では、 $\sigma_{ck}=400\text{kg/cm}^2$ のコンクリートの場合、桁高2.4mが必要なところ、 $\sigma_{ck}=600\text{kg/cm}^2$ のコンクリートを用いて、桁高を2.1mに減じ、支間の長大化を図っている。



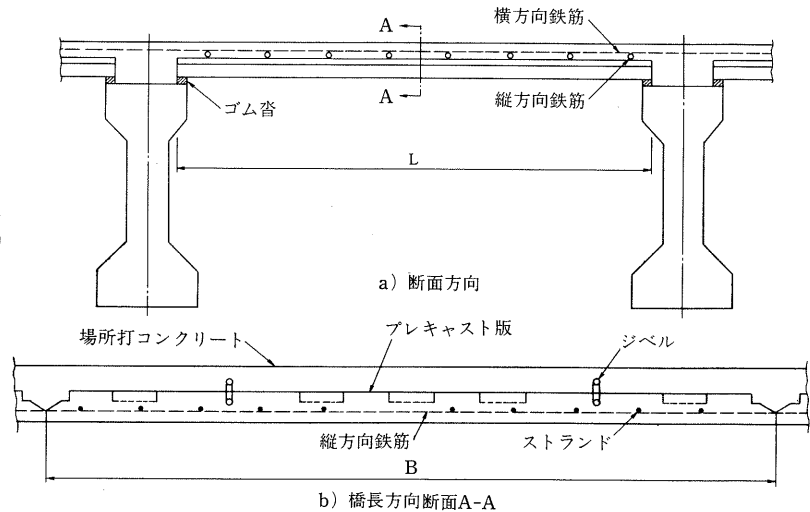
図－ 3.52 Alex Fraser橋断面図



図－ 3.53 Alex Fraser橋概念図



図一 3.54 岐関大橋の桁高比較



図一 3.55 プレキャスト版使用の床版の例

床版コンクリートのための型枠設置は、相当な時間と手間を要する。そのためコンクリートは普通強度であるが、プレキャスト版を床版に利用する方法や、コンクリート製の埋設型枠を用いて、工期の短縮を図る方法が、近年再び使用されるようになってきた。この方法は、近頃の労務者不足にも対処可能である。前者の例としては、福岡の空港ランプ橋、高石入路橋があり、後者の例としては、小中台高架橋がある。

軽量コンクリートも、従来からコンクリート橋に利用されていたが、押出し長さの増大を狙って 1.85 t/m^3 の軽量コンクリートを用いた汐見川橋梁は、特異な例である。押出し長さが 18 m まで伸び、工期が非常に短縮されている。

(2) 新材料の有効利用

緊張材としては、従来から P C 鋼材が用いられていたが、近年海浜地区での塩害問題が生じ、P C 鋼材に替えて、炭素繊維系、ガラス繊維系、アラミド繊維系の緊張材を用いてこれに対処しようという動きがある。Ulenbergstrasse 橋は、ガラス繊維複合材をポストテンショニング方式で用いたものであり、新宮橋は、炭素繊維材をプレテンショニング方式で用いた例である。

同じように塩害対策として、塗装鉄筋（一般に樹脂被覆鉄筋）を用いる例もある。北陸自動車道親不知付近で多用されたが、新宮橋、池間大橋にも利用されている。

P C 鋼材の腐食対策として、防錆シーシスを用いるケースもあり、ポリエチレンパイプを用いた Cognac 橋、Maupré 橋、溶接ポリプロピレンを用いた Bubiyan 橋は、その例である。

3.4 現場条件を考慮に入れた事例

(1) 桁高を制限された場合の対応

架橋地点によっては、橋梁の桁高が制限されることがある。一般的な対応策としては、橋梁のタイプを下路式にすることで処理できるが、コンクリート橋では、プレストレスを効果的に利用することで、別の形で対応が可能である。

その一つはプレビーム工法で、これは、鋼材にプレストレスを与えた後に、コンクリートで桁を包み込み、その後その力を解放して、荷重と逆向きの応力を与える方法である。渡大橋は、この方法にさらに支点上で P C 鋼材によるプレストレスを導入して、連続桁化した例であり、金井橋では、プレビームをブロック施工し、現場工期を短縮した例である。

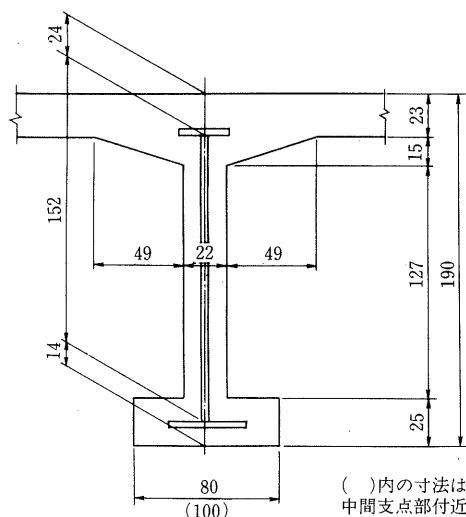


図- 3.56 渡大橋桁断面図

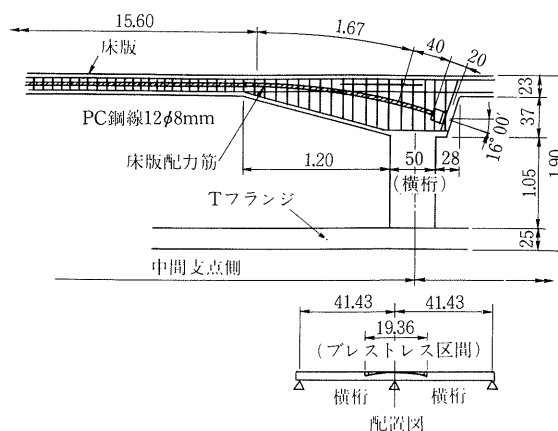
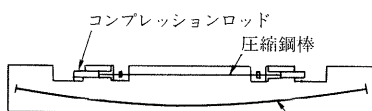


図- 3.57 渡大橋支点付近詳細

もう一つは、バイプレ工法で、これはコンクリート部材の引張部にP C鋼材を配置して緊張する方式と、P C鋼材を圧縮部にも配置してこれを圧縮する方式を併用したもので、桁高を低くするのに有効な工法である。Alm橋は、世界最初のバイプレ工法による橋梁で、桁高比を1/30まで減じており、日本でも堀川橋が同じく1/33まで減じている。

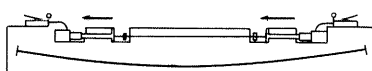
① コンプレッションロッドのセット



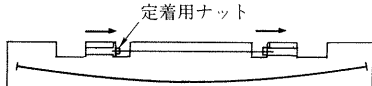
② ジャッキ、ポンプのセット 引張りケーブル(緊張済み)



③ 押込み



④ ナットによる定着



⑤ 後打ち、グラウト



圧縮鋼棒の押込み手順

図- 3.58 バイプレ工法施工方法

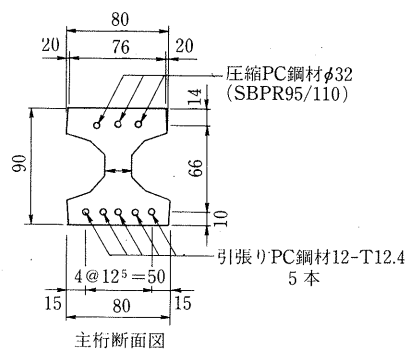


図- 3.59 バイプレ工法による桁断面例

(2) 工夫された架設工法

アーチ橋は、荷重をアーチ作用により、アーチリブに圧縮力として作用させる構造で、元来コンクリート構造に適しており、支間的には、中規模の長大橋に適している。アーチ橋は、山間溪谷や海峡部に構築されるケースが多く、一般には支保工の組立が困難な場所で選定される形式である。

張出し工法が、アーチ橋の架設にはよく用いられるが、橋台上に製作したピロンからP C斜吊材を張りながらアーチリブを施工するピロン工法、アーチ上床版とアーチリブをトラス結合して施工するトラス工法、水平部材となるアーチクラウン部の鋼材を一括架設してから、コンクリートを巻きたてるメラン工法などの種類がある。日本で初めて200 m を越えた宇佐川橋は、ピロン・メラン併用工法で施工されており、中谷川橋はトラス工法で、別府明礬橋(235

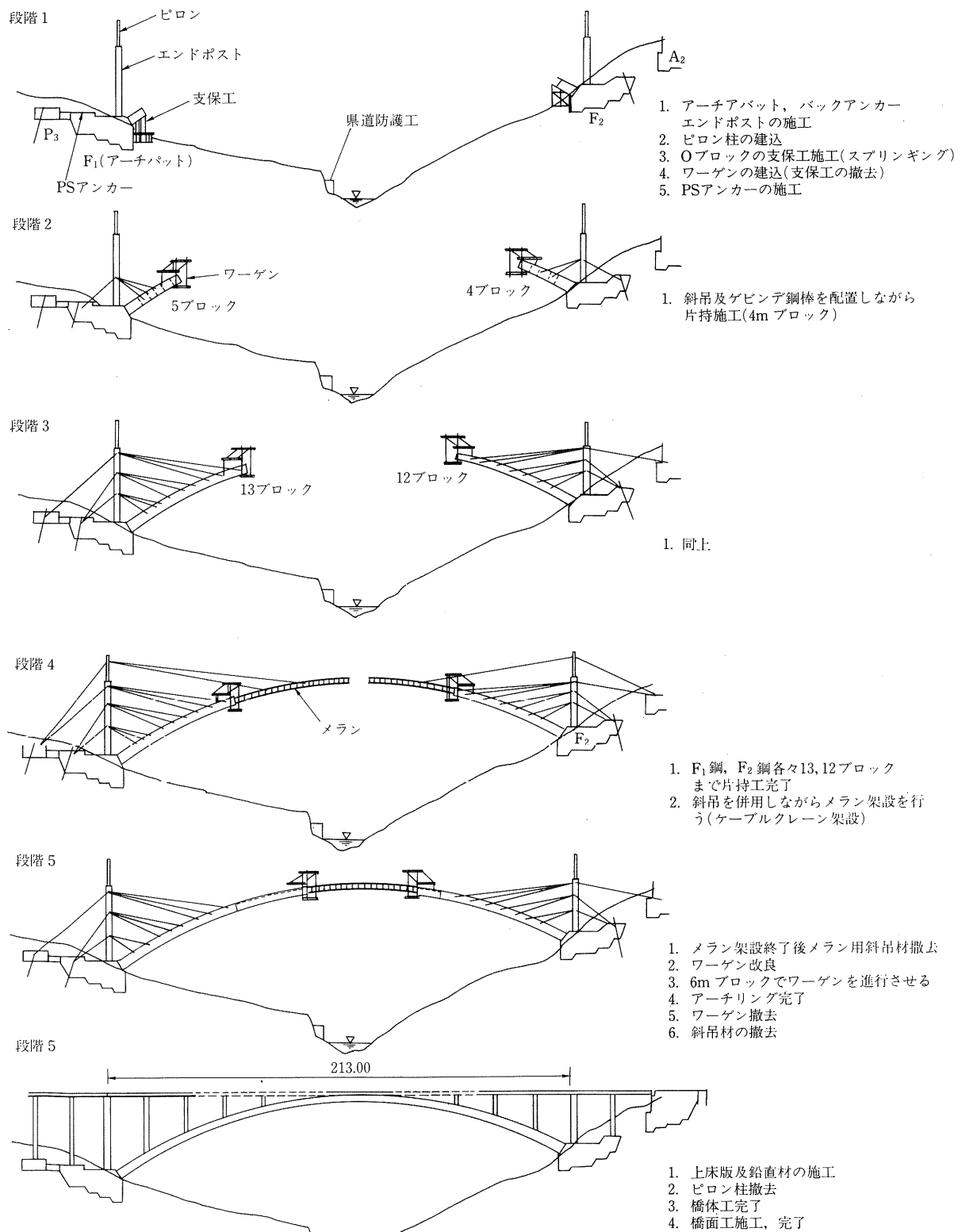


図- 3.60 宇佐川橋架設要領図

m)はトラス・メラン工法で施工されている。また城址橋は、鋼とコンクリートの合成構造を仮設材として用い、コンクリートを巻立てる工法で施工されている。何れも面倒な支保工・足場は使われていない。Rottweil-Neckarburg橋は、アーチ部はピロンを用いた張出し架設で、上路部は押出し工法で施工された特異な例である。

アーチリブまたはリブ内のメラン材を橋台位置で立上げて製作し、降下させながら架設する方法は、ロアリング工法といわれ、Argentobel橋、城址橋は、この方法で架設されている。四川涪陵烏江大橋（アーチ部分は200m）は、兩岸の支保工上で製作したアーチリブをPCケーブルでアンカーしながら、水平方向に回転させて閉合させる水平回転工法で施工された珍しい例である。

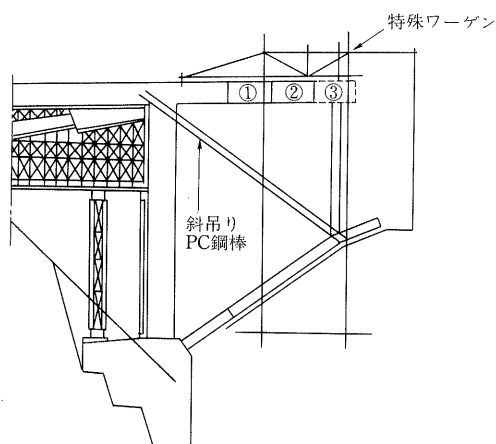


図- 3.61 トラス工法による中谷川橋の施工



図- 3.63 ロアリング工法によるArgentobel橋の施工

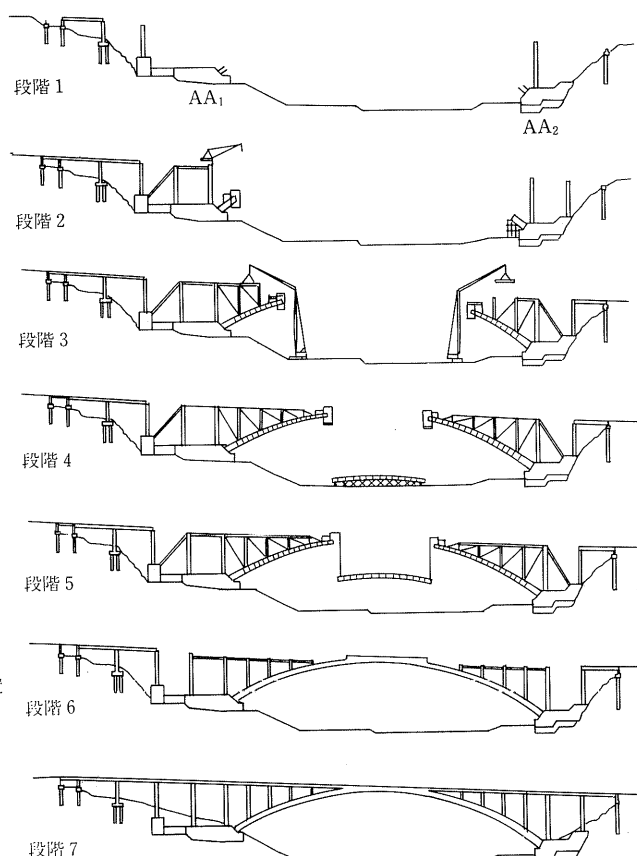


図- 3.62 別府明礬橋の架設要領図

吊橋は、長大支間の鋼橋にはよく用いられるが、PC橋に使われた例はあまりない。Hudson Hope橋は、架橋地点の地盤が非常に良かったこと、付近で良質のコンクリート材料が得られたこともあって、コンクリート橋が選定され、工期の点から吊橋の形が選ばれた。Figolos橋も、材料面での経済比較では斜張橋が有利であったが、主ケーブルを架設すれば、補剛桁は単純なブロックとして架設できる施工上の簡便さから、吊橋が選定されている。

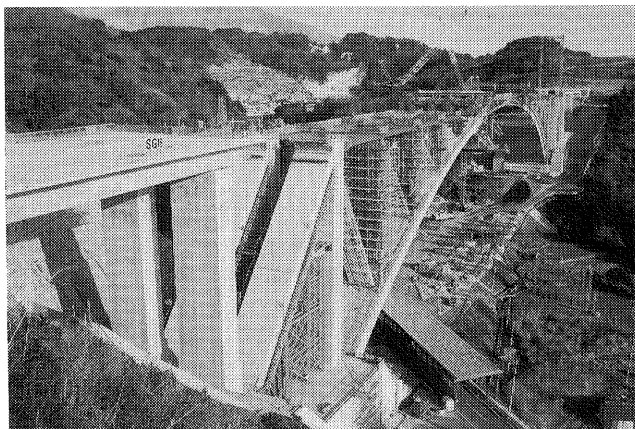


写真- 3.12 架設中の別府明礬橋

4. 構造形式別の特徴

橋梁の支間は、析橋地点の各種条件によって決定される。従来の一般的概念としては、図－4.1に示すように、構造形式、架設工法によって適用支間が定まっていた。支間が長くなるにつれて(図では下の方に行くにつれて)、施工の困難度は増す。

工種及び施工法	形 式	断面形状	適 用 支 間 (M)															
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300		
プレテンション プレキャスト スト橋	工 場 製 作	単 純 桁	スラブ桁	■														
			T 桁	■														
		連 続 桁	ホロー桁	■														
			T 桁	■														
ポストテンション プレキャスト スト橋	現 場 製 作	単 純 桁	T 桁	■														
			箱 桁	■														
		連 続 桁	合 成 桁	■														
			T 桁	■														
支保工 工 法	支 保 工 施 工	単 純 桁	中空床版	■														
			箱 桁	■														
		連 続 桁	版 桁	■														
			版 桁	■														
大型移動 支保工	サポ ー ト タ イ プ ハ ン ガ ー タ イ プ	単 純 桁	中空床版	■														
			箱 桁	■														
		連 続 桁	版 桁	■														
			版 桁	■														
押出工法 片持架設 工 法	現 場 打 ブ ロ ッ ク 工 法	連 続 桁	箱 桁	■														
			箱 桁	■														
		有 効 ラ ー メン	変断面	■														
			変断面	■														
その他の 工 法			トラス橋	■														
			アーチ橋	■														
			ラーメン橋	■														
			斜張橋	■														
			吊 橋	■														
			吊床版橋	■														

図－4.1 P C桁の適用支間

一方桁高、主構高なども構造形式によって、表－4.1のように、ある一定の限界が存在していた。前述した新しい構造事例は、これらの壁を打破して、易しい施工法で支間を伸ばし、桁高を低くする試みがなされている。本節では、構造形式別に、それら新しい試みを縦方向にまとめた。

4.1 桁橋

P C橋として最も一般的な構造は、桁橋である。断面形状には、版桁、中空版桁、T桁、箱桁などがあり、その順で支間は伸びて行く。今回の調査例では、荷重を直接支持する部分(床版)は、何れもコンクリートであるが、重さを軽くして支間を伸ばす試みとして、ウェブに鋼構造を用いた例、鋼とコンクリートの合成構造(鋼埋め込み桁)を用いた例などがある。またウェブ相当部に、トラスを用いた例などもあり、これらはトラス橋と分類すべきか、桁橋の重量軽減策として分類すべきか判断に迷うところである。さらに一步進むと、下床版まで合成構造を用いた例もある。

P C橋は、通常の形では、コンクリートのウェブ内にP C鋼材を配置して緊張し、荷重に抵抗しているが、外ケー

表－4.1 桁高の指標

	断面、構造、施工法等		桁高／スパン	
プレキャスト スト橋	I 桁		1/18～1/22	
	ホロー 桁	建設省標準	1/22～1/25	
		各会社標準	1/25～1/29	
	T 桁		1/16～1/21	
	合成 桁		1/14～1/18	
場所打 箱 桁	中空床版		1/20～1/25	
	2（3）主版桁		1/16～1/18	
	箱 桁	支保工、等桁高	1/20～1/22	
		片持架設、等桁高	1/16～1/18	
		押出工法、等桁高	1/16～1/18	
		変断面 連続桁	支点	1/16～1/20
			中央	1/30～1/40
		変断面 有鉋ラーメン	支点	1/15～1/18
			中央	1/40～1/60

ブルにして、ウェブ厚の低減を図り、支間の増大を狙った例も多い。この方法は、施工も簡単であり、将来多用されると思われるが、維持管理面で問題なしと言い切れない面もある。

また支間を縮めることなく、桁高を押さえる方法として、高強度または軽量コンクリートの利用、プレストレスの方法に工夫を凝らした例もある。

床版は、工期と手間を要する工種である。そのため、埋設型枠を用いて型枠の設置や解体の手間を省略したり、プレキャスト床版を用いて工期を短縮した例も多い。また床版の張出し部は、片持版のため支間が限定される。それを嫌って床版方向でも桁化してリブを設け、片持支間を伸ばした例、張出し部をストラットで支持して厚さを減じた例がある。

また箱桁内部にストラットを設け、横桁の代用をさせながら、床版の厚さ低減を図った例も少なくない。

桁橋の架設工法としては、プレキャスト桁工法では、桁毎架設、ブロック架設などがあり、場所打工法では、固定支保工利用、移動支保工利用、押出し架設、張出し架設などがあり、またこれらの組合せもある。何れの工法も、一回の施工支間を伸すことによって、工期を短縮することが出来る。支間を伸ばす工夫としては、架設機械の改良もさることながら、軽くすることが最善で、前述したような工法を採用することで、工期の短縮を図っている。

ただし押出し架設、張出し架設などは、一ブロックの施工長を長くすることによって、最終応力状態より大きな架設応力を生ずることがある。このため仮のデビューターやピロンを設け、架設用外ケーブルを用いて、この応力を消去し、架設終了後にこのケーブルを撤去する方法も採用されている。

桁橋を橋長方向で分類すると、桁橋の両端を単純支持した単純桁、中間支点を設けた連続桁、両者を合わせ途中にヒンジをもつゲルバー桁、脚と桁を剛結したラーメン桁などがある。走行性、耐震性、維持管理面から考えると、連続桁やラーメン桁などの不静定構造物が優れている。このように多径間化した場合には、地震の少ない外国ではあまり問題はないが、日本では地震力の取り方が問題となる。前節では、これらについて触れていなかったので、二・三の例を挙げて見たい。

標準支間長 74.6m で 7 径間連続桁、橋長 543.8m の石狩川橋は、ゴム沓を用い地震力を各橋脚に分散して支持している。橋梁完成後のコンクリートのクリープ、乾燥収縮によって生ずるゴム沓の変形に対処するため、据付け時点で、逆向きの予備せん断変形を与える試みをして、さらに効果を挙げている。

新川音川橋は、橋長 605m、支間長が約 90m の 7 径間連続ラーメン橋であるが、橋脚高が比較的高いので、橋脚の剛性を小さくすることで、温度変化などの伸縮に対する拘束力を低減できることで連続ラーメン橋としている。地震力は、橋脚剛度に応じて分配されている。

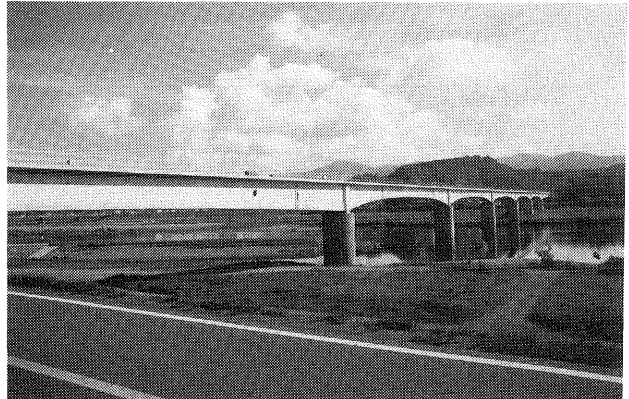


写真- 4.1 完成した四万十川橋

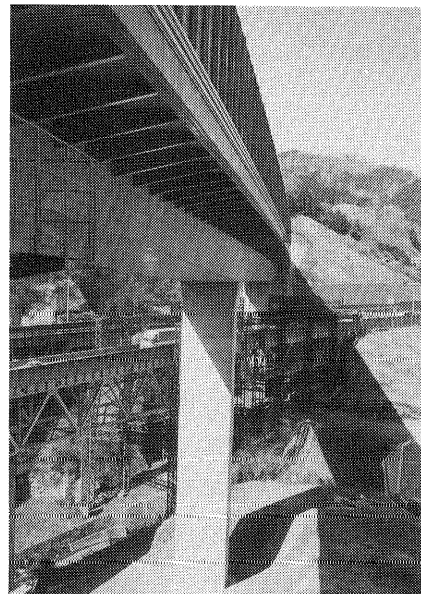
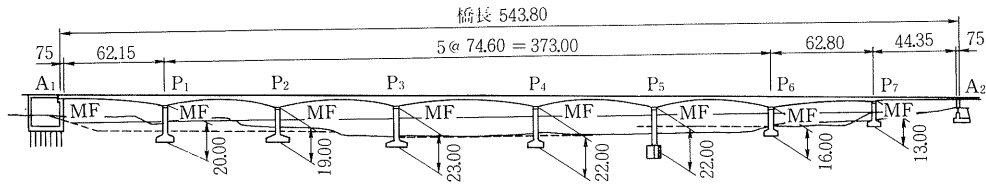
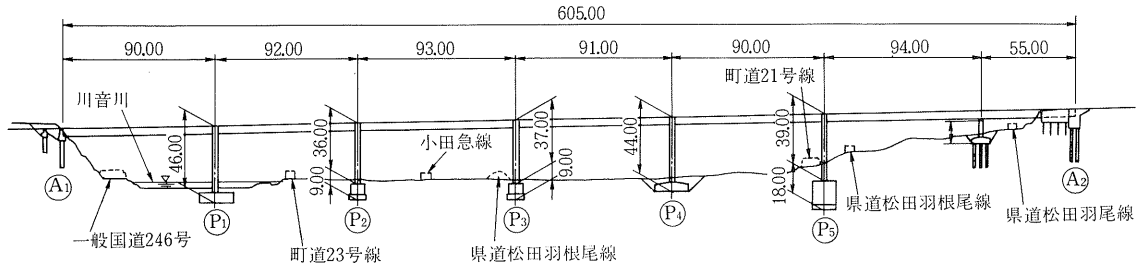


写真- 4.2 一部完成した新鍛冶屋敷橋



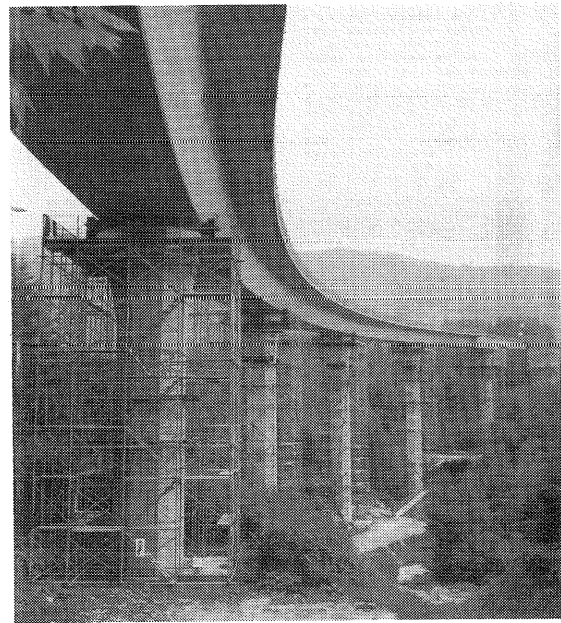
図－4.2 石狩川橋側面図



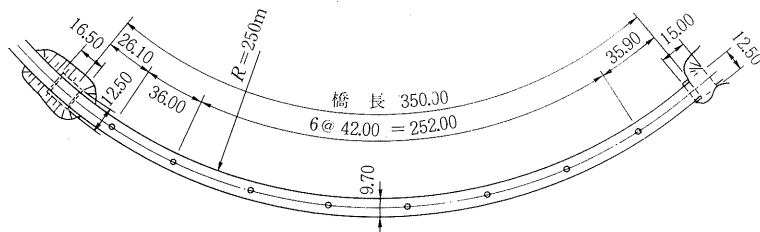
図－4.3 新川音川橋側面図

横向一号橋は、半径250mの曲線橋で、橋長350m、標準支間42mの9径間連続桁である。この橋は、中間橋脚上の沓に全方向可動のゴム沓を用いて、地震力に対してフリーとし、平面のアーチ線形を利用して、地震時水平力を両端橋台に一括作用させることで抵抗させている。

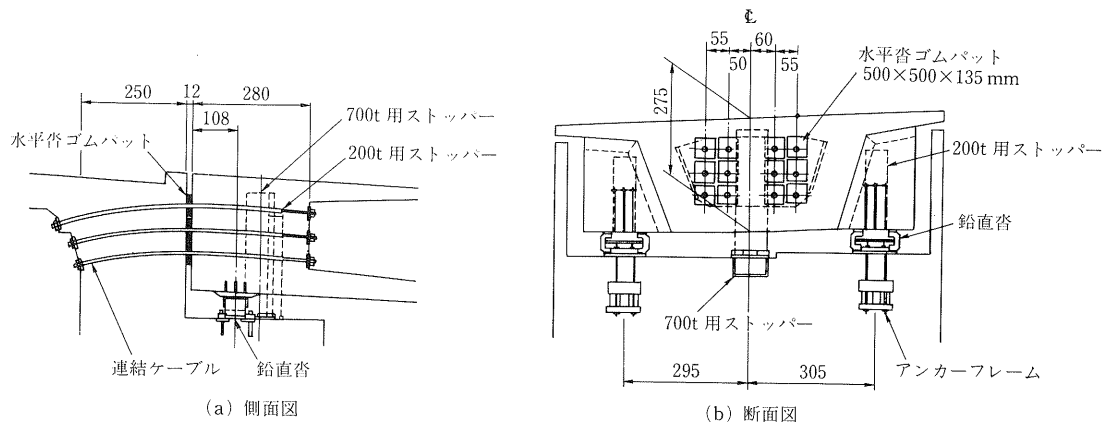
特殊条件下の変った橋としては、スイスのRorbach鉄道橋(88.5m)を挙げることが出来る。この橋の旧線は、トンネルを抜けてすぐ溪谷を渡るため、この場所で絶えず雪崩の危険にさらされていた。そこで図－4.6に示すような閉断面トンネル型の橋梁が考案された。長さ11.7mの桁が左岸で製作され、それを90°回転させてプレストレスで連続しながら、2個ずつ押出して完成している。緊張材は、下床版に10本、屋根部分に7本配置され、1ブロック押出し毎に下床版は半分、屋根は全部緊張され、連結しながら前進して行く。最終的には、この下床版の10本のケーブルと壁部分に配置された36本のケーブルで荷重に抵抗している。



写真－4.3 施工中の横向一号橋



図－4.4 横向一号橋平面図



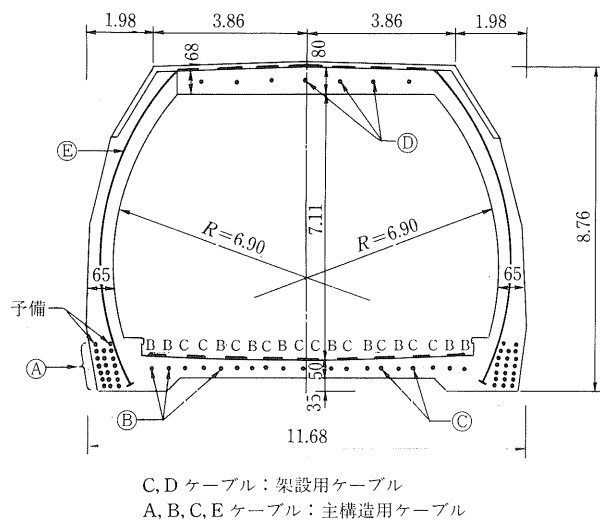
図－ 4.5 橋台上の支承詳細図

桁橋は、何れにしてもPC橋の原点であり、この形式で用いられた方策は、他の形式にも応用できるものである。各種施工機械の発達によって、施工の省力化、機械化が進み、従来に比べ少ない労力で、工期を短縮しての施工が可能になった。さらに前述した方法を採用することで、支間長も伸びている。それらを背景に、今後は走行性、耐震性、維持管理面から、多径間化の方向に向かうと予想される。特に、日本では、その際の地震力支持方法が問題となるので、今後研究を加え一層の発展が望まれる。

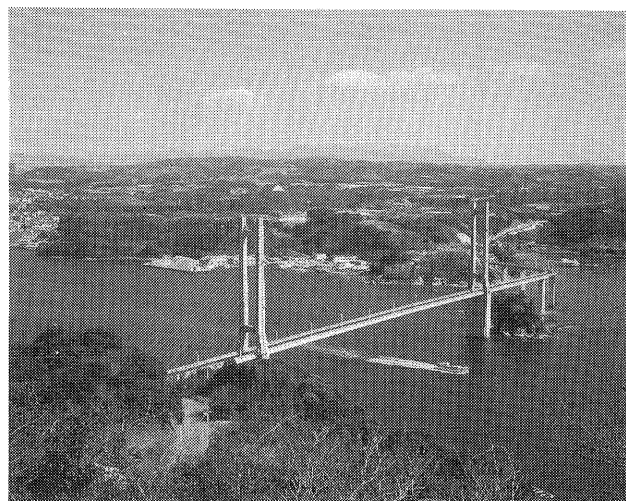
4.2 斜張橋

斜張橋の補剛桁は、桁橋の延長上にあり、弾性支承をもつ連続桁といえる。さらにこの構造の最大特徴は、斜材で単に主桁を吊り上げるばかりでなく、斜材に張力を強制的に導入することにより、荷重によって生ずる断面力を桁に有利なように調整できる点にある。従ってその自由度を十分に活用して、桁橋よりも多くの新しい試みがなされている。

斜張橋のもう一つの特徴は、Step-by-stepの架設法が取られるので、工期が長くなることである。従って桁のプレキャストブロック化、床版その他にプレキャスト



図－ 4.6 Rorbach鉄道橋断面図



写真－ 4.4 日本最長のコンクリート斜張橋呼子大橋

スト部材の採用を通して、工期の削減を図っている。北米に多い二主桁エッジガーダータイプは、重量の削減と工期短縮を狙った構造である。桁は鋼桁であるが、床版にはコンクリート製のプレキャスト版を用い、桁との合成構造としたもの、桁はコンクリート桁で、横桁を鋼桁とし、床版部分のコンクリートと合成構造とし、さらにプレキャスト化して、密に配置したものまである。この二例とも、プレキャスト化による品質確保と工期の削減に成功している。

プレキャスト桁を斜張橋に用いて、重量軽減と運搬上の制約からの解放を狙い、工期短縮を図った面白い例は、スペインの Fernando Reig 橋 (108+132+33 m) である。この橋は、図-4.7 に示すように、両端の二箱桁と中間のダブルT桁から構成されている。この箱桁部分のプレキャストブロックは、長さ方向が5mと7mの二種類あり、5mの桁には斜張橋のケーブルを定着する横桁が設置され、両ブロックの重量(50t)のバランスをとっている。床版厚を薄くするため、桁高80cmの縦桁が中央に置かれ、その上にプレキャスト版を並べ型枠の代用をさせ、場所打ちの厚さ16cmのコンクリートを打設して床版を仕上げていく。この方式で、三ヶ月の超スピードで全長273mの斜張橋の架設を終了している。

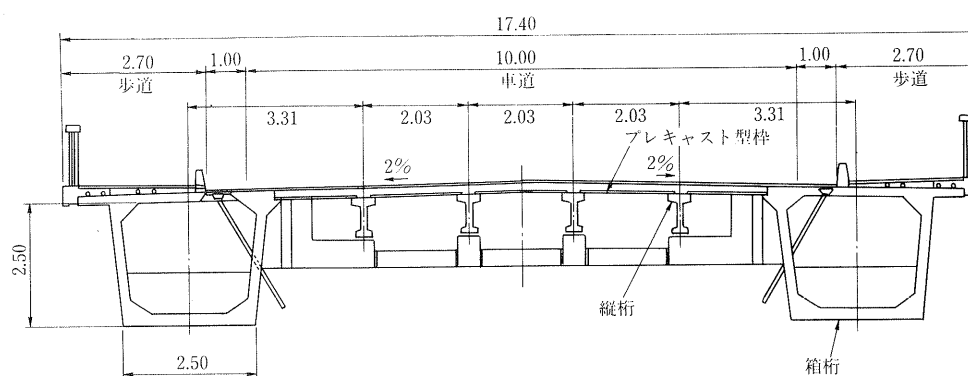


図-4.7 Fernando Reig 橋桁構成図

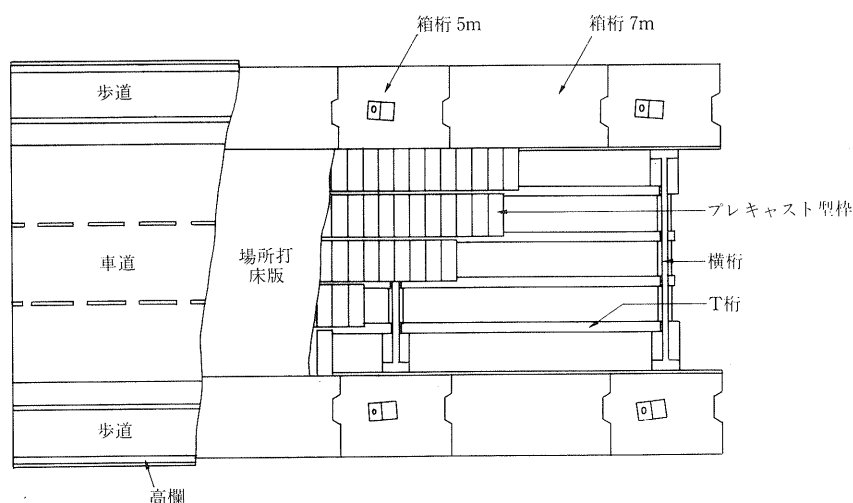


図-4.8 Fernando Reig 橋平面図

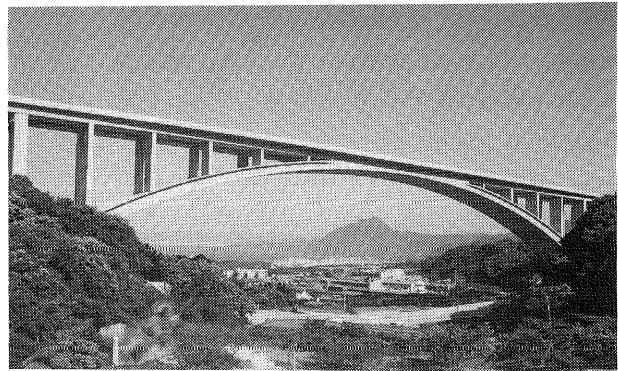
斜張橋でも、床版の重量軽減は、一つの課題である。このため箱桁内部にトラス型のストラットを配置して、床版支間の短縮を図るとともに、分配横桁の役目をさせ、かつこの箇所に一面吊りの斜材を定着させて、一石二鳥の効果を狙った例も多い。このストラットや桁そのものを、プレキャスト材で構成させ、工期短縮に役立てた例もある。

コンピュータの発達やセンサーの進歩によって可能となった多数の斜材で主桁を吊る形式では、主塔、主桁に大きな軸圧縮力が作用する。さらに主塔では、風や地震荷重に抵抗し、主桁に対する影響を減ずるため、大きな剛性が要求される。そのため圧縮力に強いコンクリートを活用することが得策で、補剛桁を鋼桁としても、主塔をコンクリートとした例も多い。さらに高強度コンクリートを利用することで、その利点を生かしながら、断面を小さくした例も少なくない。

この斜張橋は、橋の長大化に伴って、今後も多用される構造であろう。現在の200m程度までの斜張橋では、ほとんどの問題点は解決されていると思うが、今後700m～1000mと支間を延ばした場合には、桁などの一層の軽量化やプレキャスト化による工期の短縮の他に、それら部材の大型化に対応できる運搬、吊り上げ機械の開発が必要になってくるであろうし、さらにケーブル断面の大型化、ケーブル長さの長大化の面でも同様な研究が必要であろう。

4.3 アーチ橋

アーチ橋は、前節で述べたように、施工法に特徴があり、現在までの桁橋に用いられた架設工法を組み合わせた形で集大成し、かつ圧縮力に強いコンクリートの性質を、アーチという構造特性を利用した形式である。アーチ橋が選定されるのは、山間溪谷や海峡部などの支保工や足場の組立が困難な場所が多い。さらに架橋地点が、大きな反力が取れる事ができる地盤条件であることも必要である。この地盤条件を利用してのロアリング工法などの架設工法などは、アーチ橋特有の工法である。



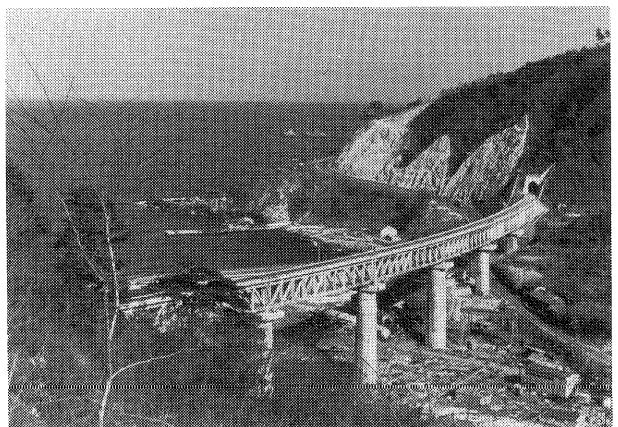
写真－4.5 東洋一の支間をもつアーチ橋別府明礬橋

またアーチ橋は、メラン工法に見られるように、昔から鋼との合成構造が用いられている。問題となる点は、アーチ橋は他の橋梁形式に比べて、架橋後に不必要になる架設材が多く使われることが挙げられる。今後は、これら架設材を如何に減少させ、かつ合理的に使用するかが重要なポイントになるであろう。

アーチ橋選定の理由の一つに、必ず景観上の配慮が挙げられており、今後とも多用される構造であるだけに、デザイン的に十分注意することが必要である。

4.4 トラス橋

鋼橋、コンクリート橋とも、桁橋以上に支間を伸ばす必要がある場合に採用される形式は、トラス形式である。桁構造のぜい肉を省いた分だけ、支間を伸ばせるが、その分だけ小さな断面で大きな断面性能が要求される。従ってコンクリートトラス橋の場合、高強度コンクリートを用いた例が多く、品質確保の点でプレキャスト部材を利用するケースが多い。



写真－4.6 高強度コンクリートを用いたトラス橋安家川橋

トラス構造は、構成部材が多く、施工サイクル也多岐に亘る。さらに格点部の施工も繁雑となりやすい。施工精度確保のためのプレキャスト化、斜材に鋼材を使用した例などはこの解決策である。

プレストレスの利用方法としては、トラス部材にプレストレスを導入して部材断面の減少を図った例や、橋軸方向に外ケーブルでプレストレスを導入して、自重軽減を図った例の二通りがある。

プレキャスト部材を用いる場合、施工規模の大小が、製作設備費のウェイトに関係し、ある程度以上の規模がないとペイしない。トラスの各部材そのものは軽量で、トラス組み立てでは大きな架設機材を必要としないが、それを集めたトラス橋を一括架設する場合には、架設機械の大規模化が必要である。その解決策としては、張出し架設が採用されている。格点部の施工の繁雑さは、依然として問題点として残るが、建築などのプレキャスト部材を用いた梁・柱接合部などの応用から、今後は合理的な方法が開発されて行くことであろう。今後に発展が望める構造形式である。

4.5 吊床版橋

吊床版橋は、並列した多数の緊張ケーブルをコンクリートスラブで包み込んだ橋梁タイプであり、力学的には吊橋の原理を単純化したものといえる。コンクリート橋の場合は、吊橋よりもその特性に合致している。

床版部の架設は、予め張り渡したケーブルを利用できるため、大きな架設機械は不要であり、通常はプレキャスト床版が使用され、急速施工が可能である。材料的にも、非常に少ない材料ですむ。ただ支間が大きい場合、あるいはケーブルのサグを小さくした場合、ケーブルの張力が増大し、アンカー部を支える良質な地盤が必要となる。

現在までの実績は、ほとんどが歩道橋であり、車道橋では骨組部材の一部としてしか活用されていない。この形式は、様々な長大支間の橋梁の計画設計には必ず登場するが、何れも実現に至っていない。走行性、耐風安定性の確保に、問題点がなしとはいえないからであろう。今後の研究によって、それを解決し、21世紀には超長大支間の橋梁への挑戦が見ものである。

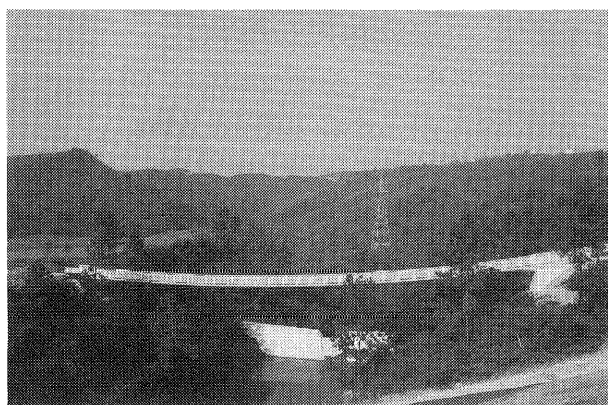


写真-4.7 吊床版橋ひぐらし橋 ($\ell = 75\text{m}$)

5. おわりに

以上述べた新しい構造事例は、諸外国で採用された例が多く、彼等の進取の気鋭に敬服せざるを得ない。日本でもこれらPC橋の建設には、技術的に充分対応できるが、鋼材が安価な点、施工精度や維持管理に問題点を残す構造の採用に慎重な点で、一步遅れているようである。

これら新しい構造事例を一覧すると、即実施可能な例も少なくない。さらに追加検討を加えることによって、効率的に日本でも適用可能な例も多い。ただし欧米と日本との社会条件の相違、地理的・地盤的条件の相違、施工規模などによって、適用性が左右される面もある点は、注意すべきである。今後は、問題点を解明し、さらに新たな工夫を加え、日本独自の新形式のPC橋を官民一体となって、構築するように切望したい。

最後に、本テキストのもととなった調査に参加された委員諸先生の熱心な御指導、秋元泰輔幹事長を始めとする幹事諸氏の努力に対し、深く感謝する次第である。さらに、本テキストに使用した図表、写真は、(社)プレストレストコンクリート建設業協会の幹事の方々の御尽力によって作成、撮影されたもので、合わせて感謝の意を表したい。今後橋梁を計画される場合には、このテキストを参考にされて、経済的で美しいPC橋を数多く建設されれば幸である。

参 考 文 献

1. 雑誌「プレストレストコンクリート」

1. 須藤「Brotonne橋（PC斜張橋）の設計と施工」1977, Vol.19, No.2
2. 甲斐, 徳光, 松下, 荒川, 別府, 藤元「速日峰橋の設計と施工（その1）」1977, Vol.19, No.6
3. 沢野, 小林「久慈川小本川PC斜張橋について」1978, Vol.20, No.4
4. 須藤「Brotonne橋について」1978, Vol.20, No.4
5. 峯, 石原「PCトラス橋の施工」1980, Vol.22, No.3
6. 友保, 荒船, 則久「片持張出し工法によるアーチ橋の施工」1980, Vol.22, No.3
7. 内田, 友保, 荒船「中国縦貫道宇佐川橋上部工の設計」1981, Vol.23, No.6
8. 青山「岐関大橋の設計・施工について」1981, Vol.23, No.6
9. 荒川「キューブ Bubiyan 橋」1983, Vol.25, No.4
10. 南「プレストレス用緊張材のテンドンのためのガラス繊維複合材」1988, Vol.30, No.2
11. 小林, 渡辺, 宮武, 高山「人工軽量骨材のコンクリートを用いたPC連続下路桁の設計・施工 一日豊本線汐見川橋梁」1988, Vol.30, No.6
12. 山田「ベルギー Ben-Ahin PC斜張橋」1988, Vol.30, No.6
13. 猪股「Extradosed Prestressing の利用」1989, Vol.31, No.1
14. 古賀, 宮沢「アウトケーブル方式のPC橋梁 — その現状と展望 —」1989, Vol.31, No.1
15. 渡辺「バイプレ工法によるPC桁橋の設計の要点」1989, Vol.31, No.1
16. 山下, 木内, 犬飼, 岩崎「新素材によるPC橋 — 新宮橋の建設 —」1989, Vol.31, No.2
17. 坂井「グラッドアンカーを用いたPC橋の架設」1989, Vol.31, No.4
18. 山田, 陳「中国における橋梁回転工法の概要」1989, Vol.31, No.5
19. 伊藤, 一瀬, 栄, 和田「別府橋（仮称）の設計と施工」1989, Vol.31, No.5
20. 上平「コンクリート構造物のプレキャスト化の現状」1989, Vol.31, No.5
21. 平野, 只野「エクスターナルテンドン工法実施例の紹介」1990, Vol.32, No.1
22. 山田, 陳「中国における斜張橋の応用と発展」1990, Vol.32, No.1
23. 関, 尾島, 阿部, 大塚, 角谷「張出し施工されるリブ付き床版橋の設計と施工 一東名高速道路(改築)新鍛冶屋敷橋工事—」1990, Vol.32, No.2

2. プレストレストコンクリート技術協会講習会

1. 猪股「諸外国におけるPC橋梁設計・施工の発展（第9回FIPストックホルム大会セミナー報告）1983, 1月
2. 猪股「PC橋にアウトケーブルを用いた設計例」1984, 2月
3. 渡辺「PC板埋設型枠の利用による構造の実例」1985, 1月
4. 猪股「斜張橋概論」1987, 2月
5. 小村, 沖藤, 則武「コンピュータを用いたPC橋の施工管理」1987, 2月
6. 猪股「プレキャスト・セグメントを用いたWT断面道路橋と吊床版歩道橋（チェコスロバキアの例）1988, 2月
7. (社)プレストレストコンクリート建設業協会「海外のPC構造物の近況」1988, 2月
8. 猪股「プレストレスされた鋼・コンクリート組合せ橋梁 — 鋼・コンクリート合成構造の最近の話題 —」1989, 2月
9. 佐藤「架設工法へのプレストレスの応用」1989, 2月
10. (社)プレストレストコンクリート建設業協会「PC斜張橋の現況」1989, 2月
11. 池田「最近のプレストレストコンクリート構造物の発展について」1990, 1月
12. 小村「PC橋架設工法の変遷と特徴」1990, 1月
13. 平原 他「近頃話題のPC構造物」1990, 1月

3. 雑誌「コンクリート工学」

1. 山村, 岡本「イーストハンチントン橋の設計と施工」1987, Vol.25, No.9
2. 小笠原「P C斜張橋」1988, Vol.26, No.12
3. 伊東「アナシス橋の建設」1989, Vol.27, No.5
4. 佐藤, 佐川, 小林「合成アーチ巻立て工法によるコンクリートアーチ橋の施工 一城址橋一」1989, Vol.27, No.6
5. 文献調査委員会「高強度コンクリートを用いた鉄筋コンクリート柱部材に関する最近の研究」1989, Vol.27, No.12

4. 雑誌「橋梁と基礎」

1. 田島, 近藤, 横田「バイプレストレッシング方式P C桁の実用化試験と試設計」1984, Vol.18, No.2
2. 成井, 渡部「P C斜張橋の現況」1985, Vol.19, No.8
3. 若下「複合斜張橋」1985, Vol.19, No.8
4. 多田「第2回日米ワークショップ(UJNR)と欧米の橋梁を訪ねて(下)」1986, Vol.20, No.5
5. 中村, 大場「Argentobel橋の新しいアーチ橋架設工法」1986, Vol.20, No.12
6. 井上 他「渡大橋上部工の設計」1987, Vol.21, No.2
7. 田村 他「プレビームブロック桁の設計施工」1987, Vol.21, No.4
8. 中井, 藤井, 吉川, 山内, 袴田「プレキャスト床版の実験的研究と鋼連続桁橋への適用」1988, Vol.22, No.12
9. 佐野, 長井, 井沢, 奥井「合成構造斜張橋の適用支間に関する検討および構造詳細の紹介」1989, Vol.23, No.2
10. 福地, 金子, 市川, 横田「バイプレ方式P C堀川道路橋の計画と施工」1989, Vol.23, No.5
11. 八木, 石川, 藤, 竹中, 重信「PPCS工法による空港通ランプ橋(プレキャスト床版合成桁橋)の設計・施工と現場実験」1989, Vol.23, No.5
12. 角谷, 太田, 熊谷, 今井「東足柄橋(P C斜張橋)の設計上の留意点」1990, Vol.24, No.2
13. 竹島, 竹谷, 新庄, 津浦「二上大橋(プレビーム連続合成桁橋)の上部工の施工」1990, Vol.24, No.3

5. その他邦文文献

1. 成井「斜張橋一近年の発達について」土木施工, 1980, Vol.21, No.11, 12
2. (社)プレストレストコンクリート建設業協会「P C橋の計画について」1981, 2月
3. (社)海洋架橋調査会「P C斜張橋に関する調査研究報告書」1981, 3月
4. 橋田, 小村「P C橋架設工法総覧」技報堂出版, 1984, 4月
5. (社)日本道路協会「世界の道路事情<ヨーロッパ>一第21回海外道路調査団報告一」1985, 12月
6. 太田, 川井「斜張橋の設計と施工」九州大学出版会, 1986, 6月
7. SEEE協会「アウトサイドケーブル方式のP C橋に関する調査報告書」1987, 3月
8. (財)高速道路調査会「P C多径間連続ラーメン橋に関する研究報告書」1988, 3月
9. (社)プレストレストコンクリート建設業協会「P C斜張橋資料」1988, 3月
10. 多田, 岡田, 岡本「生口橋の概要と施工状況」橋梁, 1988, Vol.24, No.4
11. 小川, 角谷, 中尾「新鍛冶屋敷橋の設計・施工」橋梁, 1989, Vol.25, No.6
12. 中井「プレキャスト床版合成桁の設計施工」森北出版, 1989
13. 土木学会構造工学委員会「鋼・コンクリート合成構造の設計ガイドライン」1989
14. (社)プレストレストコンクリート建設業協会「P C道路橋マニュアル」1989, 11月

6. FIP Notes

1. Conrad, Roods, Stucki & Follett "The Rorbach Railway Bridge in the Swiss Alps. An unusual solution to an unusual problem" 1984/1
2. Wittfoht "Jadiriya Bridge and Al-Kadissiyah Expressway in Baghdad, Iraq" 1984/1
3. Manterola & Fernádes "The Ingeniero Carlos Fernández Casado Bridge, Spain" 1985/1

4. Tongeren "The Saudi Arabia-Bahrain Causeway : Large bridge construction between Saudi Arabia and Bahrain" 1986/4
 5. Wittfoht "Outstanding and innovative construction methods in concrete structures — Recent and future trends" 1986/4
 6. Manhoudt "Koningsplein Bridge, crossing the River Rhine with a lightweight structure made with a sintered fly-ash mix" 1987/1
 7. Harris "Innovation in prestressed concrete — Past, present and future" 1987/2
 8. Virlogeux "External prestressing of concrete" 1987/2
 9. Russell "High strength concrete in North America" 1987/4
 10. Talor & Torrejon "Annacis Bridge — Design and construction of the cable-stayed span" 1987/4
 11. Mathivat "Recent developments in prestressed concrete bridges" 1988/2
 12. Buron "Prefabrication in large-span bridges" 1989/1
 13. Guglielmetti "Swiss Autoroute N9 — Bridge over the Rhone at Riddes" 1990/1
- 7. ACI Journal**
1. Hurd "Segmental box-girder bridge construction" 1986, Vol.8, No.9
 2. Taylor & Torrejon "Annacis Bridge" 1987, Vol.9, No.7
 3. Gloyd "Concrete Floating Bridges" 1988, Vol.10, No.5
 4. Muller & McCallister "Ethetics and Concrete Segmental Bridges in the United States" 1988, Vol.10, No.5
 5. Michigan Department of Transportation "Zilwaukee Bridge" 1988, Vol.10, No.5
 6. Kawamura, Fujimoto & Palmer Jr. "Wrapping an Arch in Concrete" 1990, Vol.12, No.11
- 8. PCI Journal**
1. Lin & Kulka "Construction of Rio Colorado Bridge" 1973, Vol.18, No.6
 2. "Sunshine Skyway Bridge Closes the Gap" 1986, Vol.31, No.6
 3. Grant "Design and Construction of the East Huntington Bridge" 1987, Vol.32, No.1
 4. Leonhardt "Cable Stayed Bridges with Prestressed Concrete" 1987, Vol.32, No.5
 5. Tang "Construction of East Huntington Bridge" 1987, Vol.32, No.6
 6. Moreton "Segmental Bridge Construction in Florida — A Review and Prospective" 1989, Vol.34, No.3
- 9. Beton-und Stahlbetonbau**
1. Wössner, Gebhardt, Schabel & Wörner "Die Talbrücke Rottweil-Neckarburg im Zug der A 81, BAB Stuttgart-Westlicher Bodensee" 1979, H 10 & 11
 2. Eibl & Voss "Zwei Autobahnbrücken mit externer Vorspannung" 1989, H 11
 3. Strasky, Husty & Kolcava "Die Spanbeton-Schrägeseilbrücke über die Elbe bei Prodebrady, Tschechoslowakei" 1990, H 1 & 2
- 10. Travaux**
1. Placidi et al "pont sur la Cuisance (Jura)" 1988, Octobre
 2. Combault et al "Pont sur la Charente à Cognac" 1988, Octobre
 3. Attal et al "Le passage supérieur N8 sur l'autoroute A 71 (Loire)" 1988, Octobre
 4. Combault et al "Viaduc de vallon de Maupré, à Charolles (Saône-et-Loire)" 1988, Octobre
 5. Chathelain et al "Le pont de Beaumont sur Oise (Val-d'Oise)" 1988, Octobre
 6. Dutoit & Gauthier "Pont de James-River, près de Richemont, Virginie (USA)" 1989, Mai
 7. Giacomelli et al "L'autoroute A 40 des ouvrages et de l'art" 1989, Juillet Août

8. Muller & Causse "Les ouvrages d'art autoroutiers : L'évolution de l'organisation de Secteuroute dans le d'art " 1989, Juillet-Août
9. Deroubaix, Demare & Lavoue "Pont de Normandie : Les travaux sont commencés " 1990, Juillet

11. その他欧文文献

1. Libby "Modern Prestressed Concrete" Litton Educational Publishing Inc. 1977
2. Nilson "Design of Prestressed Concrete" John Wiley & Sons, 1978
3. "Ganter Bridge, Switzerland" VSL Letter, 1979, Desember
4. Waiter & Muller "Construction and Design of Prestressed Concrete Segmental Bridges " 1982
5. Muller "Segmental prestressed concrete bridges — An American experience "
6. Muller & Dutoit "Recent developments in concrete cable stayed bridges "
7. AFPC "Innovation dans le domaine des structures mixtes journée d'étude AFPC — ITBTP — CESDA " 1985, Novembre
8. Hunlein & Ruse "Ein neues Verfahren für den Bau von Bogenbrücken dargestellt am Bau der Argentobelbrücke " Bauingenieur, 1985, H 12
9. Suzuki "Application of Post-Compressing System to Road Bridge" 2nd International Conference on Short and Midium Span Bridge, 1986
10. Lawson "Unique bridge spans watershed : Design had to be memorable, environmentally benign and low-cost " ENR, 1986, September 25
11. Bauman "Kochertal Bridge" DYWIDAG Report No.7
12. Carr "Simple bridge design pays off handsomely " ENR, 1989, June 22
13. "Prestressed Concrete in Chechoslovakia " National Report of the 10th International Congress of the FIP, 1989
14. Schlach "Les structures legeres " Annales No.479, 1989, Decembre

各地の美しいP C構造物（各開催地域）

目 次

東 京： コンクリート橋の魅力	89
千葉大学工学部 杉 山 和 雄	
仙 台： 月山ダム ソリ倉橋（5径間連続P C π 型ラーメン箱桁橋）の設計概要について	94
建設省東北地方建設局 月山ダム工事事務所工務課長 松 田 正 實	
名古屋： 美しい橋梁をつくるために	102
愛知県土木部技監 蛇 川 雄 司	
大 阪： 美しいP C構造物	114
阪神高速道路公団工務部設計課長 井 阪 清	
高 松： P C 橋 の 景 観	119
香川大学農学部農業工学科助教授 豊 福 俊 英	
広 島： 広島新交通システムの計画概要	132
建設省中国地方建設局 広島国道工事事務所交通対策課長 藤 井 輝 夫	
福 岡： 美しいP C構造物	137
九州工業大学教授 渡 辺 明	
北海道： I 面吊型式のP C斜張橋 ツインハープ橋の工事紹介	147
北海道旭川土木現業所事業課長 野 村 昌 信	
北海道旭川土木現業所事業課技術第3係長 成 本 晃	
北海道旭川土木現業所事業課技術第3係技師 佐々木 誠 也	

コンクリート橋の魅力

千葉大学工学部 杉山 和雄

1. はじめに

橋梁の史的展開においては、「19世紀が鉄の時代であったように、20世紀はコンクリートの時代である。」とビルingtonは言う¹⁾。ロベール・マイヤールが20世紀初頭、ツッツ橋やザキナトーベル橋において、それまでの石造アーチ橋の伝統を構造的にも形態的にも一掃し、コンクリートの特性にふさわしい設計を行って以来、コンクリート橋の形態は著しく改良された。そして1980年には、クリスチャン・メンがガンター橋を完成させるなど、コンクリート橋は構造的にも美的にも極めてポテンシャルの高いことを示している。しかし一方で、コンクリートの持つ美のポテンシャルに甘え、無造作に形造りをした結果、視覚適合性を欠く橋も数多く見られる。

そこで本稿では、コンクリート構造物、ことにコンクリート橋について、その景観的魅力を各地の実例を通して整理し、コンクリート橋を美しい構造物とするために、何を大切に、何処に注意を払うべきかを検討してみた。あわせて、埋め込み型PC型枠やシェル構造の橋の景観的可能性について考察することにした。なお、景観的観点からは、RC橋、PC橋の区別は特に必要としないと思われたので、ここではコンクリート橋としてまとめて整理している。

2. コンクリート橋の魅力

コンクリートあるいはコンクリート橋の魅力は、鋼橋と比較すると、大きく、①素材感の良さ、②成形の自由さ、③One Pieceの美しさ、④量感の4つに整理することができる。それぞれはコンクリート橋の魅力であるが、同時に、それに甘えて放置したり、魅力をはきちがえて適用を誤った場合には、失敗の原因となっている。以下、それぞれについて詳しく見てゆくことにする。

2.1 素材感の良さ

【やわらかな光りの反射】 コンクリートは自然素材に近く、人々に温かみと親しみを与えている。ことにコンクリートの地肌がはっきりと見える程橋に近づいた場合に感ずる親近感は鋼橋にはないものである。

景観的に着目すべき点は、鋼とコンクリートの光りの反射の違いである。コンクリート面は光りを拡散反射するため、立体の3つの面（上面、正面、側面）の明るさの差はゆるやかであるが、塗装した鋼の面は鏡面反射に近く、明るさの差は際立ってくる。つまり、コンクリート面は光りが当たった部分も鋼に比べるとそれほど輝いてはいないが、影にあたる部分もやわらかく、明るいのである。フォトモンタージュやカラーパースに描かれているコンクリート面には、まるで鋼のようにくっきりと影が付いているところをみると、このことは意外に気付かれていないように思われる。しかし、コンクリートのやわらかな光りの反射は、全てのものが光りを拡散反射させ、やわらかな影を写す自然環境の中にあっては同質であり、コンクリート橋が自然環境となじみやすく、突出しない最大の理由となっている。したがって、単に仕上げを良くしようと、やみくもにコンクリートの表面を滑らかにした場合は、表面は鏡面反射に近づき、人工的な感を強めて自然になじまなくなってしまう。むしろ意識的に、デザインの一つとして表面を粗くし、もっと自然に溶け込ませることを考えてもよいように思われる。反対に、ガラス面や金属面など鏡面反射する素材の

多い都市環境にあっては、拡散反射するコンクリート橋は異質な存在となる。意図して異質を形成する場合はともかく、コンクリート橋を都市環境になじませるには、コンクリート面の塗装を含めて、徹底した表面の円滑性が求められるよう。

【色】：コンクリートの色は各地によって微妙に異なるようであるが、大まかに見れば無彩色のグレーである。したがって、背景色が何色であろうと調和しやすく、乾いたコンクリートの白い肌も、雨に濡れた落ち着いた色合いもそれぞれ周辺環境とよく調和している。これはコンクリートの恵まれた一面であり、大いにその恩恵に与かるべきであるが、反面、全国何処へ行ってもコンクリート橋が同じ色合いを有しているというのも残念である。橋の個性や地域の特徴を、色に関しても演出できるよう、塗装を含めて、自由度を増やしたい。ことに都市部では、コンクリート面の光りの反射も考慮して、塗装することを考えてもよいと思われる。

2.2 成形の自由さ

【自由な曲面】：橋梁景観に携わる者にとって、コンクリートの最大の魅力の一つは、コンクリートが型枠の形次第でどのような形にも成形できる点にある。鋼橋は鋼板というすでに加工された素材をもとに切断したり、溶接したりして形作るため、どうしても形に制約がある。橋軸方向全般にわたって箱桁の角に丸みを付けたいと思ってもそうはいかない。特に3次元にカーブする曲面は製作が困難である。ところがコンクリートはその点全く自由に造形できる。したがって、コンクリート橋ではコンクリートの利点を最大限に活用して、造形の幅を広げればよいのだが、現実には、型枠製作の困難さのためか、あまり曲面は用いられていない。また、曲面を用いても、型枠がその曲面の性格に合わせて製作されていないため、まるでパッチワークのように、型枠跡が曲面を切り裂いているような例も見かける。ジャンベルムの高架橋（図1）の美しさは、その断面形状もさることながら、曲面と細い型枠跡とが見事に調和している点にある。どのように型枠を製作するかという処まで注意を払いつつ、もっと積極的に曲面を用いてはどうだろうか。

【自由な細部形状】：鋼橋では、力は鋼板に直接的に伝えねばならない。したがって、部材と部材との接合は、同一面か、中のダイアフラムの位置に限られる。「ほんの少し凹ませたい」とか、「ほんの少し出っ張らしたい」ということはできにくい。ところが、コンクリート橋ではそれが可能で、宮ヶ瀬大橋²⁾（図2）の桁と橋脚との接合部のような表現は自由にできる。これはほんの些細な表現の自由かも知れないが、この自由さが後述する形の成り立ちの明快さにつながり、コンクリート橋の美のポテンシャルを高めているのである。

橋脚の断面形状も自由にデザインできるし、橋脚に溝を設け、排水管を埋め込むようなことができるのもコンクリートの特徴であろう。

このように、コンクリートは細部にわたるまで、自由な形作りができるが、それには設計者が明確な意図を持ちあわせている必要がある。自由であるということは、時として無造作になりがちで、表現しすぎる結果となる。優れたデザイン感覚が要求される。

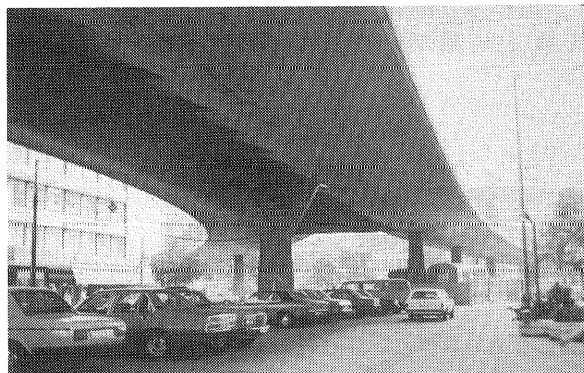


図1 ジャンベルムの高架橋

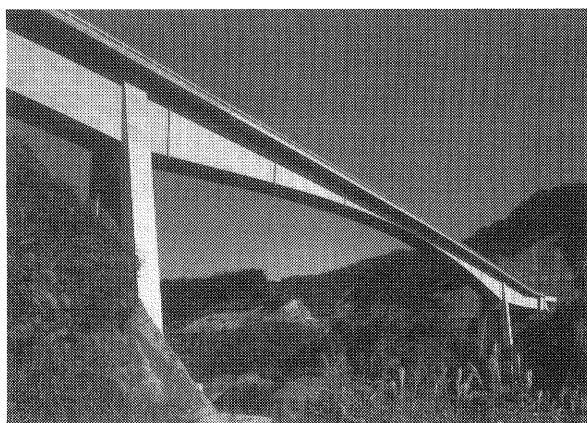


図2 宮ヶ瀬大橋

【自由な地肌(ラクスチャー)】：コンクリートの地肌は自由に演出することができる。多摩ニュータウンの鶴の橋(図3)は、近くで見られることの多い橋であるが、研磨して仕上げた艶やかな面と、光りの拡散をより強調した粗い面とを組み合わせることにより、単調になりがちな面に変化を持たせ、面白さを演出している。ジャンベルムの高架橋は、型枠跡が心地よい地肌を演出している例である。

このように、地肌を自由に演出できることはコンクリート橋の大きな利点の一つであるが、そのわりに、アバットや吊橋のアンカレッジのような巨大なコンクリート面は放置されたままになっていることが多い。このような巨大な面こそ、コンクリートの利点を活かして心地よい地肌を得るようにしたい。

ところで、石割りや大谷石を模した面を演出する際には、型の繰り返しがあからさまにならないよう、十分な数の型を用意する必要がある。あるいは、幾何学的なパターンや、比較的小さな凹凸で地肌を演出した場合は、型の繰り返しが目立たないことを考慮すると、それぞれの型は、模様が認知できない程度に凹凸を細かくした方がよいのかも知れない。繰り返しがあからさまな場合は、折角の意図とは裏腹に、かえってその演出が厭味に見えることがあるので注意したい。

2.3 One Piece の美しさ

【視覚的部材点数の少なさ】：コンクリート橋では、望みさえすれば、どんなに長い桁も、高い橋脚もコンクリートが固まってしまう継ぎ目なしの一体化した部材となる。そこに、たとえコンクリートの打ち継ぎ跡が見えていたとしても(打ち継ぎ跡は見えない方がよいが…)、それは一つの、無垢の部材として認識され、鋼橋における添接板を介して一体化した形とは趣を異にする。図4の八幡川橋⁴⁾のようにラーメン構造で、かつ箱桁を採用すれば、全てが一体化した、One Piece の形を作ることができる。

この One Piece の形というのは、近代性の象徴として、いわゆるモダンデザインが追い求めてきたものである。初期の車と今の車を思い起こして比較してみると、

いかに形が One Piece になってきたかが分かる。初期の車と今の車も外形に関する部品点数はさほど変わっていない。ところが昔の車は、部品の数だけ独立した形を見せていたのに対し、今の車は少なくともそれらをまとめ、視覚的部品点数を少なくする方向で形を One Piece に収めているのである。現在はポスト・モダンということで、目指す方向が若干変化しつつあるが、それでも、我々の周辺にある製品はどれをとっても視覚的部品点数は極めて少ない。

ここに、桁裏の煩雑さや剥きだしの排水管に批判が集中し、I断面桁より箱桁が好まれ、埋め込みの排水管が好まれる今日の理由をみることができる。鋼橋でも視覚的部材点数の減少を目指して、現場溶接などが進むことになると思われるが、コンクリート橋はたかまづして近代性の象徴である One Piece の形を獲得することができる。したがって、コンクリート橋はこの特質を活かした構造の選択と形作りをすべきであろう。

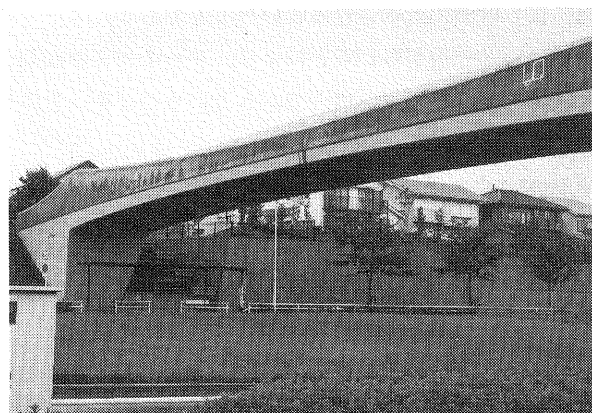


図3 鶴の橋

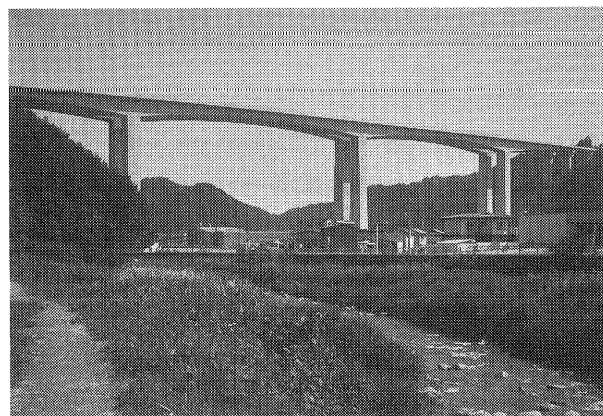


図4 八幡川橋

【部材の意味の明快さ】：視覚的部材点数が少ないということは、それぞれの部材の持つ構造的、視覚的意味や役割は、より鮮明に訴求されるということである。コンクリート橋のアーチリブの美しさは、単につなぎ目がないだけでなく、つなぎ目がないことにより、アーチリブの役割を直観的に、より鮮明に感じ取ることができることにある。八幡川橋では、ラーメン構造であるということを、全体を **One Piece** にすることにより、より明快に示したものと言える。

【形の成り立ちの明快さ】：形の成り立ちとは、もとの形が何で、それにどういう操作を加えるとその形が生まれるのかという形の作り方の経緯を意味し、その経緯が明確な場合は、形はわかりやすく、親しみやすいものとなる。形の成り立ちを明確にする方法には何種類かあるが、その基本的なものは減算法と加算法である。減算法とは、平板とか円柱、角柱といった理念的な形態をもとの形とし、これに切断とか、回転切削といった削り取る操作を加えることにより、目的とする形を得ようとする方法である。一方、加算法とは、同じく理念的な形態をもとの形とするが、これを相貫体として組み立てて行く方法である。図5(a)のT字橋脚は、形にメリハリがなく、なんとなくつまらない。これは形の成り立ちが明確でないためで、四角柱を切断したものと言えなくもないが、減算法でデザインするなら(b)の方がもっと明確である。あるいは加算法でデザインするなら(c)の方がわかりやすい。このように、一見単純そうに見える形も、その成り立ちが明確でなければ、印象は薄くなるのである。

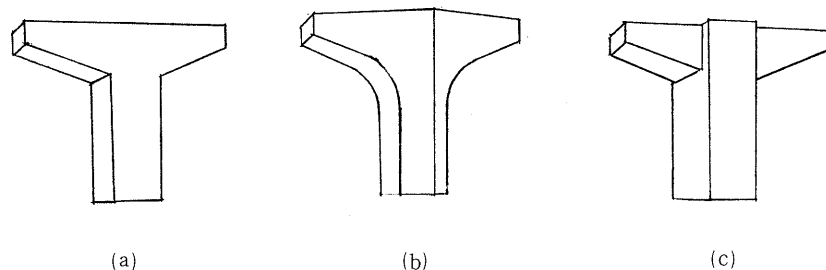


図5 T字橋脚

さて、部材の意味が明確になるということは、必然的にこうした形の成り立ちを明確にすることにつながる。八幡川橋は一枚の壁を切断してできた減算法による造形である（橋脚と桁との隅角部には幾らかでもアールがあった方がその感は強まる）。宮ヶ瀬大橋は、桁を橋脚が挟み込んで支えるという加算法による造形である（桁は減算法）。

一般的に言って、減算法によって形作りをした場合には失敗は少なく、簡潔な印象を与える。しかし、それが時には単調さとして映り、違和感はないが強い印象も残さないという場合がある。一方、加算法によって形作りをした場合には、相貫線の部分に人々の視線は集中しやすく、視覚的核を持った面白い形を作ることができる。しかしその核の印象が強すぎると、厭味な、癖のある形となる。橋の大きさやその橋の有すべき性格、あるいは架橋地点の景観特性を踏まえて減算法による形作りをするか、加算法によるか、あるいは減算法と加算法をとり混ぜた形にするかなど十分な検討を行わねばならない。

2.4 量感

コンクリート橋は自重のため、鋼橋に比べると断面が大きくなる。連続桁の支点上の桁高が高く、量感がありすぎて重い印象を与えている橋も多く見かける。また、桁下に余裕がない場合には、桁下空間を圧迫して好ましくないことがある。したがって一般に、橋に軽快さが求められる場合にはコンクリート橋は不利となり、コンクリート橋の持っている量感は好ましくない条件となる。しかし、その量感は設計次第で人々に安心感を与える強力な道具となりうるし、架橋地点の景観に様々な形態や素材が混在して煩雑である場合には、全体景観を引き締める要素ともなる。コンクリートをいかに軽く見せるかに腐心するよりも、コンクリートの量感を活かしたデザインを行う方が良いように思われる。

3. 今後の開発に向けて

以上、コンクリート橋の魅力と景観設計における留意点について整理してきたが、最後に、今後の開発に向けて、景観的可能性の高い以下の二点について触れておきたい。

3.1 埋め込み型P C型枠の景観的可能性

前述したように、コンクリート橋の魅力の一つは成形の自由さにあり、自由な曲面、自由な細部形状、自由な地肌を得ることができることにあるが、現実には、型枠製作に課題をのこしており、曲面、細部形状、地肌とも全く自由というわけではない。そこで型枠には、厳密な品質管理のもとに工場で生産される埋め込み型P C型枠を用いることを提案したい。経済性を含めて技術的にどれだけのことを検討せねばならないのか、あるいはすぐにでも可能なのかよく分からないが、これにより、滑らかで美しい曲面やしっかりした細部形状を得ることができるし、地肌も様々な工夫することができる。都市部では、型枠表面をテラゾーやG R Cにして、鏡面反射に近い表面を持った橋をデザインすることも可能であろう。コンクリート橋の持つ **One Piece** の美しさは消えるが、それを補って余りある効果を期待することができる。

埋め込み型P C型枠は、ことに吊橋のアンカレッジの表面に用いると効果を発揮するものと思われる。型枠表面に表情を持たせれば、威圧的なコンクリート面に柔らかさを付与することができよう。コンクリートの打ち継ぎ跡に気を配ることもなく、また、後施工したコンクリートの色の違いを気にすることもない。巨大さのゆえに量産効果も期待できよう。

3.2 シェル構造の橋

建築ではシェル構造をよく用いているが、橋梁ではあまり見かけない。筆者が知る限りでは、ウィーンのドナウ運河に架かるエルドベルゲル橋(Erdberger Br., 図6)のみである。写真では、通常の連続桁橋のように見え、シェル構造が本来持っている美しさを十分読み取ることはできないが、羽根のように軽やかで柔らかい感じのする橋である。このようなシェル構造の橋についても、技術的あるいは経済的にどのような長所があるのかよく分からないが、シェル構造の形としては様々な展開が考えられ、形態的可能性を非常に多く持っている構造である。ぜひ日本でも実現してみたい構造である。



図6 エルドベルゲル橋

以上述べた2つの可能性は、すぐにでも実現できるものであろう。事実、明石海峡大橋のアンカレッジでは、埋め込み型P C型枠を用いる方向で検討が進められていると聞き、大いに期待しているところである。シェル構造の橋も早晩見かけることができよう。筆者自身ぜひデザインしてみたい構造である。

参 考 文 献

- 1) David P. Billington: The Tower and The Bridge, Basic Books (1983)
- 2) 社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会: プレストレストコンクリート ―最近5年間のあゆみ― (1990)
- 3) 斎藤武幸: 虹をかける(改訂版), 住友建設株式会社 (1990)

月 山 ダ ム

ソリ倉橋(5径間連続PC π 型ラーメン箱桁橋) の計設概要について

建設省東北地方建設局

月山ダム工事事務所工務課長 松 田 正 實

1. はじめに

月山ダムは、鶴岡市の南東 25 km の朝日村に建設される建設省直轄事業の多目的ダムです。昭和56年度から建設に着手し、現在、ダム本体工事・工事用道路等の工事を実施しております。

貯水池内の地形は、深い峡谷とこれを挟む急峻な山地からなり、上流部は磐梯朝日国立公園の特別地域に指定されています。

その中で、ソリ倉橋は、貯水池のほぼ中央部に架橋する月山ダム関連工事における最長の橋梁で、橋種は、5径間連続PC π 型ラーメン箱桁橋です。

本橋梁の計画にあたっては、月山ダム建設工事の期間は、貯水池上流端の原石山からの骨材運搬路として利用し、ダム完成後には、水没する村道の付替道路としての役割を持っているので、地形・地質・自然環境・施工性・経済性等の条件とともに、貯水池を横架するので、周辺の環境との調和も加えた検討を行った。

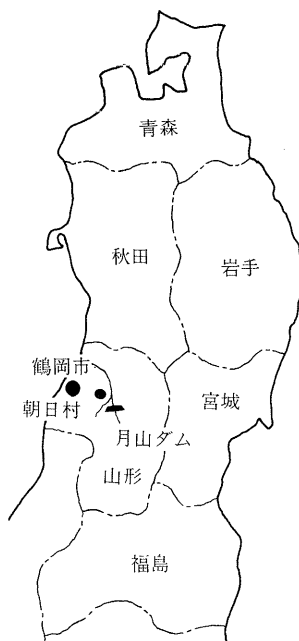


図-1 位置図

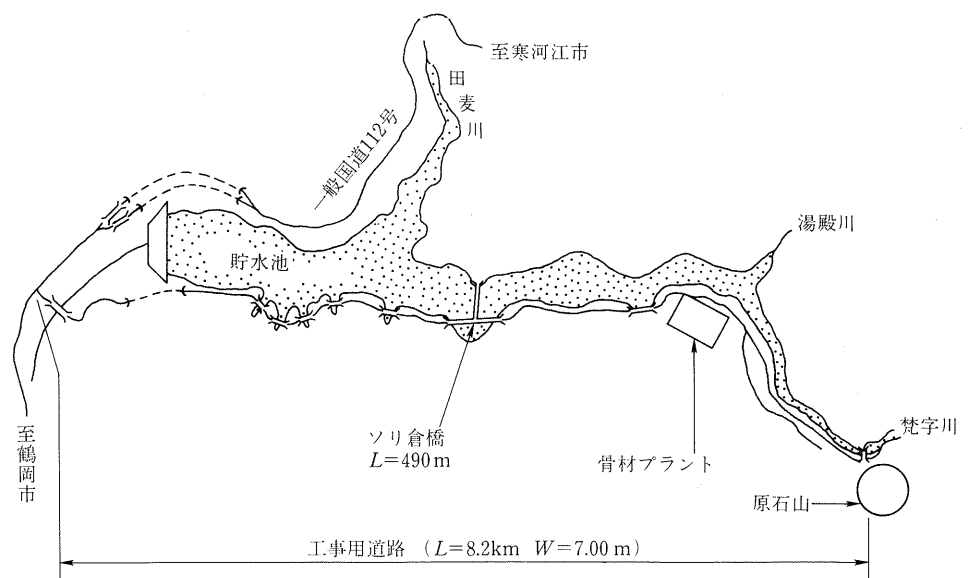


図-2 月山ダム貯水池平面図

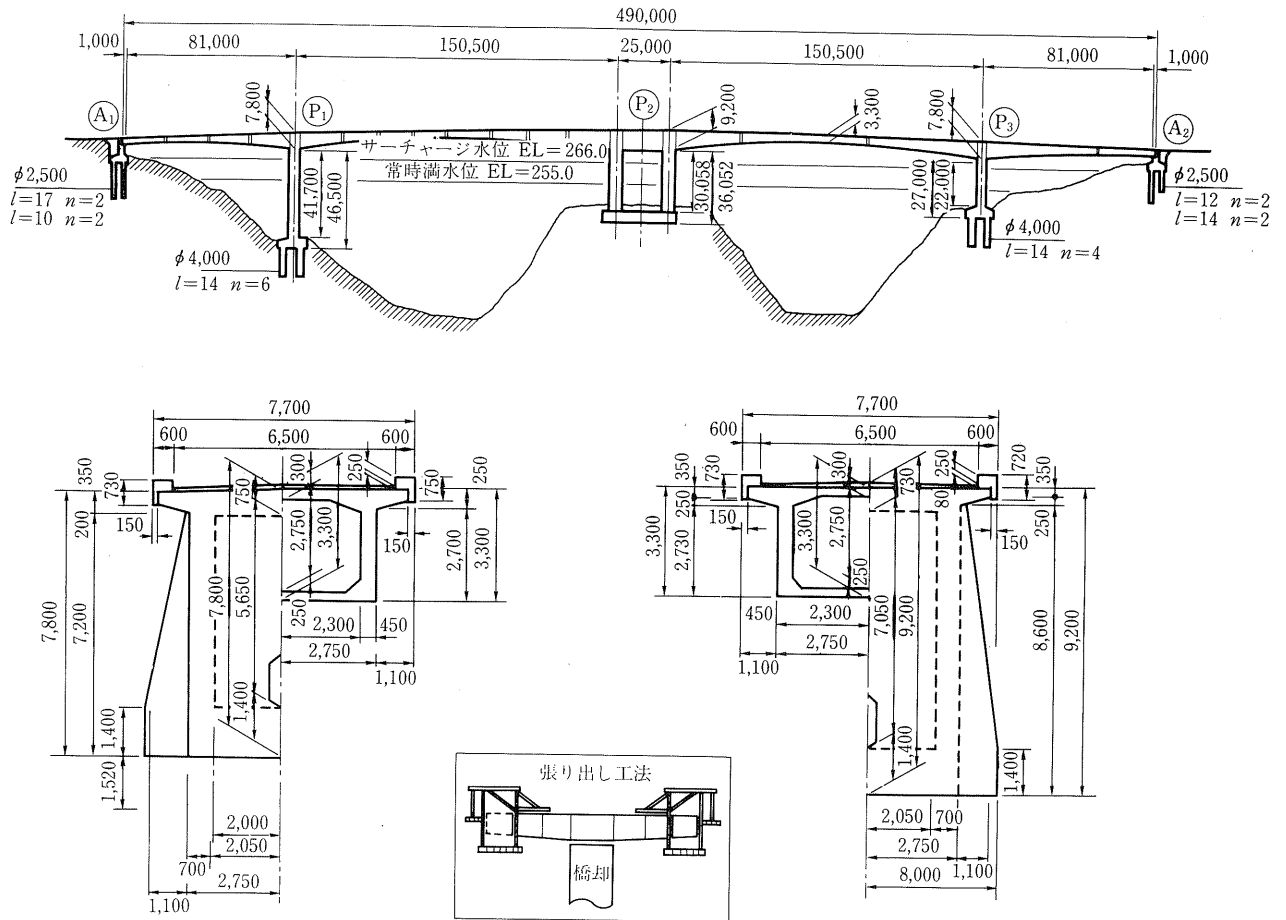


図-3 ソリ倉橋一般図

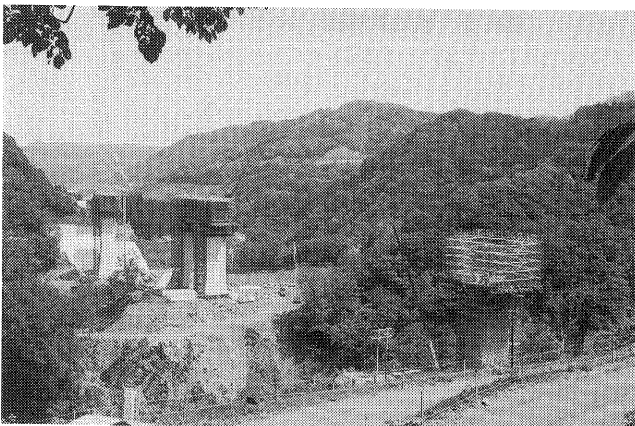


写真-1 柱頭部の工事中



写真-2 張り出し部の工事

2. ソリ倉橋地点の地形地質

架橋地点の梵字川は、U字形に大きく蛇行し、約 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ の急崖を形成している。

ソリ倉橋の中央部にあたる右岸の出尾根は、河床からの高さが70～80mの台地を形成し、明瞭な段丘地形を呈している。

基盤岩は、新第三紀中新世の早田川層に区分され安山岩溶岩(Anl)とこれらを貫ぬく安山岩貫入岩(And)により構成され、これを覆って、河道沿いには現河床堆積物(rd)、橋梁の始点側・中央部・終点側には段丘堆積物(tr)、山腹斜面には崖錐堆積物(dt)が分布している。

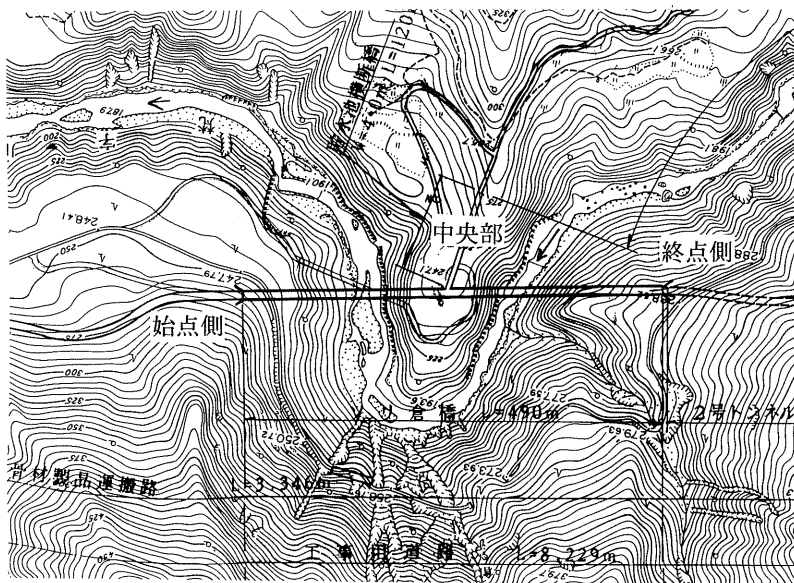


図-4 ソリ倉橋位置図

3. 設計

3.1 設計概要

本橋は、5径間連続PC π 型ラーメン箱桁橋では、国内における最大級の径間を有することと、幅員が狭い、T字橋になる等の諸々の課題について設計・検討を行った主な項目の概要についてとりまとめた。

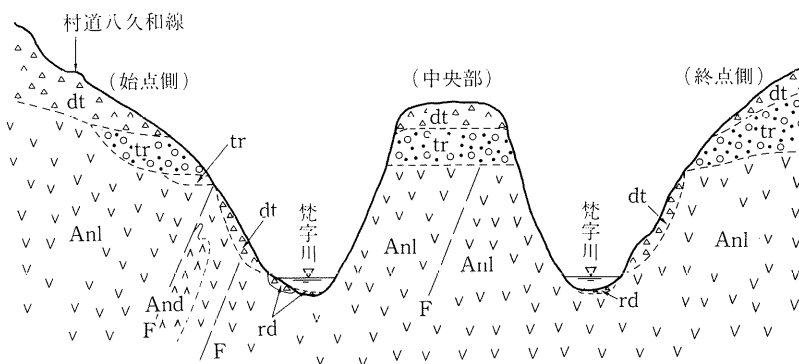


図-5 模式断面図

3.2 設計条件

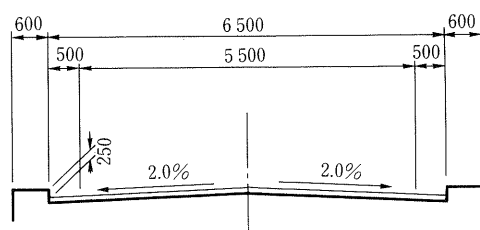
1) 一般条件

道路規格：第3種第4級

設計速度：30 km/hr

橋格：一等橋(TL-20)

幅員構成：



計画交通量：1,000 台/日 (大型車・1方向)

雪荷重：100 kg/m² (活荷重・雪荷重)

600 kg/m² (冬期交通止の場合)

2) 設計震度

設計水平震度 : 0.15

3) 河川条件 (ダム)

設計洪水水位 : EL 268.20 m

サーチャージ水位 : EL 266.00 m

常時満水位 : EL 255.00 m

制限水位 : EL 238.50 m

最低水位 : EL 210.00 m

3.3 橋長および支間割

1) P₂ 橋脚の位置

ソリ倉橋の中央部 (右岸) には, 出尾根が台地状に形成されており, 橋軸方向に約70 m の幅があるので, この部分に中央橋脚を配置し, 河川をまたぐ支間をできるだけ短縮することが経済性において有利である。

したがって, 上下流側の急斜面の凹凸部を無視して, フーチング幅Bの1/2を両側に確保しても, C_L級岩盤に着岩し直接基礎型式で支間が短縮できる位置とした (中央ラーメン部の支間は25 m)。

2) P₁ P₃ 橋脚の位置

P₁ 橋脚の支持層としては良質な岩であるが, この部分から川側は急斜面となり, 支間短縮のため橋脚位置を移動すれば, 橋脚高さが高くなり工費が増む。

P₃ 橋脚の前面に崩壊地形が見られることや, ボーリング調査において地表下約10 m 付近の C_L 級岩盤でも開口亀裂が見られるので, これより川側に移動する事は好ましくない。

以上の事から, P₁・P₃ の橋脚の位置は対称形で構成される位置とした (支間長: 150.50 m)。

3) A₁ A₂ 橋台の位置

本橋では, 橋台支承に負反力 (上昇力) が生じない側径間にする事が望ましいとの事から, 橋長を変化させ, 負反力のチェックと工費の検討を行い橋台の位置を決めた。

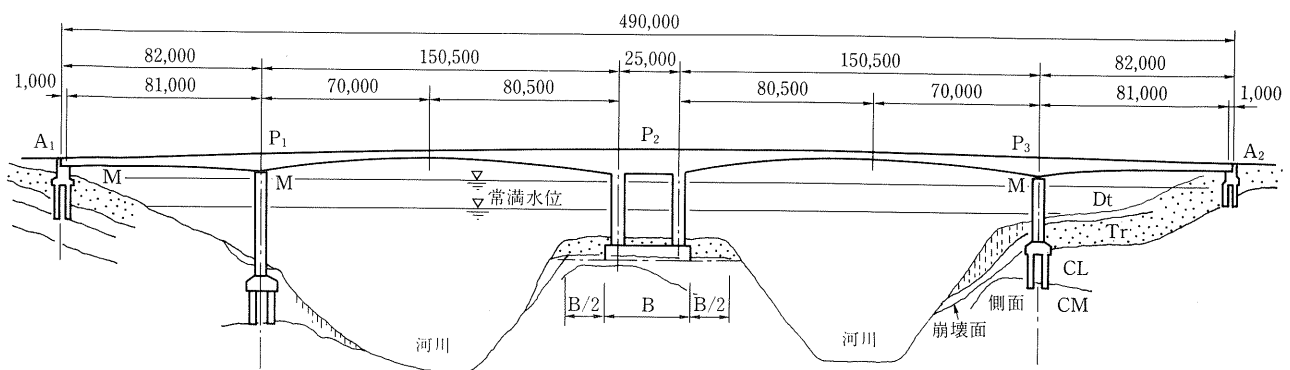


図-6 ソリ倉橋の橋長と支間割図

3.4 支承条件による構造型式の比較検討

支承条件による構造型式の比較検討は, 図-7 の4案で行った。

耐震構造上もっとも良いのは、第4案の5径間連続ラーメン型式であるが、固定支間長の比がラーメン型式の限界ラインを越えているので、構造上及び経済的にも不利である。

有ヒンジ型式の第2案と第3案の場合には、第2案においては橋脚のみで水平力を分担する構造であるのに対し、第3案は橋脚と橋台で水平力を分担する構造であるため、橋台・橋脚の下部工工費が大幅に増加する。

よって、最終の比較検討は、第1案（5径間連続形式）と第2案（5径間連続有ヒンジラーメン型式）で行うこととした。

第1案（5径間連続形式）

- 1) 水平力の分担は、 P_2 橋脚だけであるが、本橋の架橋地点の地形・支持層を考慮した場合、最も適した構造である。
- 2) 伸縮量算出桁長は、橋長の約半分が対象となるが、本橋の線形は直径であることから、支承及び伸縮装置に特に問題がない。
- 3) 上下部一体として地震力に抵抗するラーメン構造より耐震性には劣るが、 P_2 橋脚をラーメン構造としているため耐震性には問題がない。
- 4) 第2案の有ヒンジ構造より、経済性・走行性等総合的に優れている。

第2案（5径間連続有ヒンジラーメン形式）

- 1) $P_1 \cdot P_3$ 橋脚でも水平力を分担する構造であるが、 P_2 橋脚の工費の低減にはなっていない。
- 2) 橋台位置における伸縮量は、第1案より低減するがヒンジを設けることによりヒンジ部に問題が生じる。
- 3) 橋脚をラーメン構造とするため橋脚における耐震性は良いが、ヒンジ部に問題がある。
- 4) ヒンジ部にたれさがり及び伸縮継手の設置により走行性がある。地震時において、ハンマリング挙動による局部損傷が避けられない。
- 5) ヒンジ部の維持管理が必要となる。

よって、ソリ倉橋の構造型式は、経済性・走行性の検討結果、第1案を採用する。尚、構造型式の呼び方を、「5径間連続PC π 型ラーメン箱桁橋」とした。

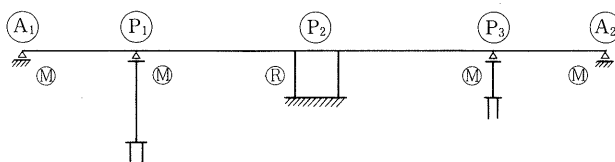
3.5 動的解析

1) 解析の主旨

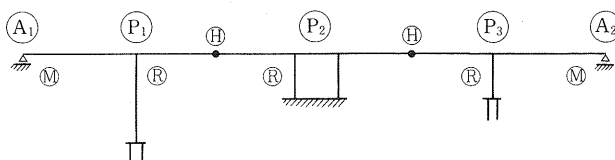
本橋の型式は、地形・地質等の条件から、5径間連続PC π 型ラーメン箱桁橋としたが、橋台（ $A_1 A_2$ ）と橋脚（ $P_1 P_3$ ）は深礎杭基礎に、橋脚（ P_2 ）は直接基礎を採用する事としたが、橋脚の高さ・断面寸法・剛性等の違いと、地盤条件もからんで、橋の固有振動特性が箇所ごとに著しく異なる長径間の橋梁である。

この様な、橋梁の場合には、地震時の挙動が動的となるため、橋の特性によっては応答を考慮した修正震度法で仮定した条件とが合致しない場合があるので、本橋の設計では、動的解析を行い安全性の検討と静的解析と対比し、断面設計の資料とするものである。

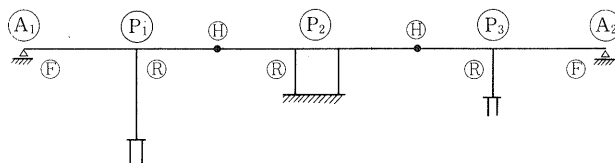
第1案(5径間連続形式)



第2案(5径間連続有ヒンジラーメン形式)



第3案(5径間連続有ヒンジラーメン形式(橋台固定))



第4案(5径間連続ラーメン形式)

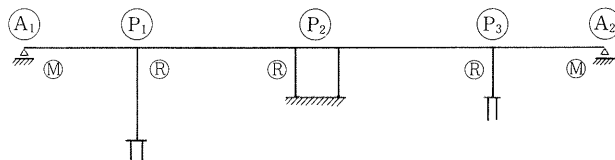


図-7 構造型式の比較検討図

2) 解析方法

本橋は、直橋であるため、解析の方法は、必要質点系の平面骨組構造系モデルにより応答スペクトル法で行った。
尚、動的解析用の入力地震動スペクトル曲線は、建設省土木研究所から提案されているものを用いた。

3) 解析結果

動的解析と静的解析の曲げモーメントを比較図を図-8～10に示す。

橋軸方向の結果では、静的解析値に対して、動的解析値の方が全般的に曲げモーメントが大きい値となった。

橋軸直角方向の結果では、橋脚部において静的解析値の曲げモーメントが大きい値となっているが外は、動的解析値の方が上廻っている。

橋軸直角方向のねじれモーメントは、側径間において動的解析値が静的解析値より大きい値となった。

これらの結果にもとづいて、ソリ倉橋の各断面の設計は、静的解析値・動的解析値のいずれか大きい値をもって断面設計を行った。

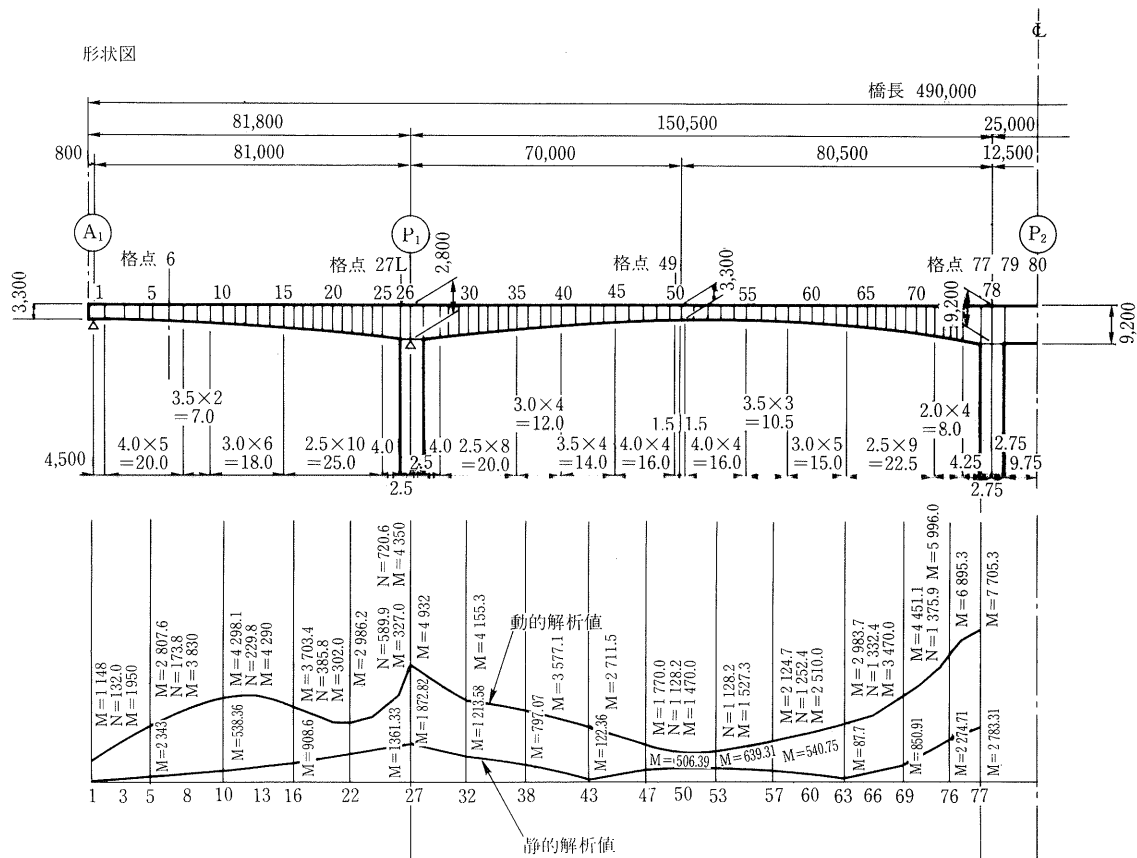


図-8 橋軸方向曲げモーメントの比較

(Nは動的解析での軸力を示す)

単位 $\begin{cases} M & \text{tm} \\ N & \text{t} \end{cases}$

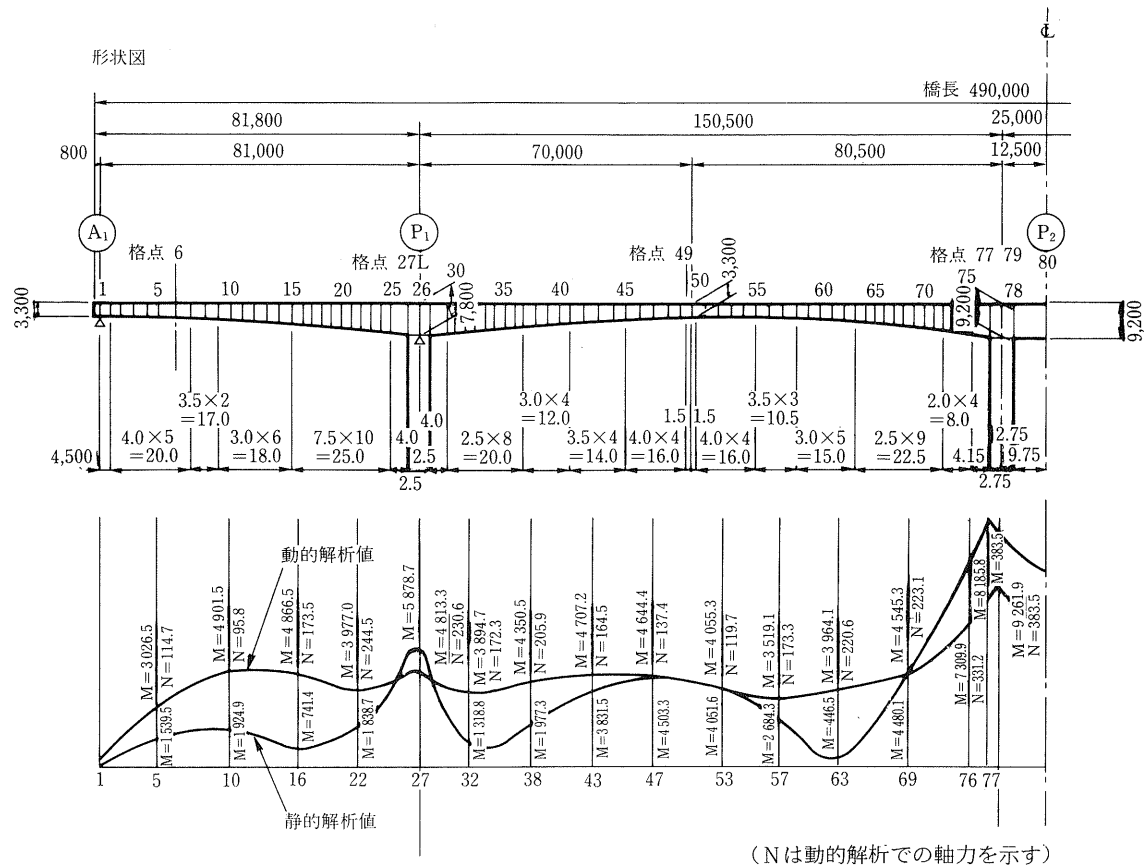


図-9 橋軸直角方向曲げモーメントの比較

単位 $\begin{cases} M & \text{tm} \\ N & \text{t} \end{cases}$

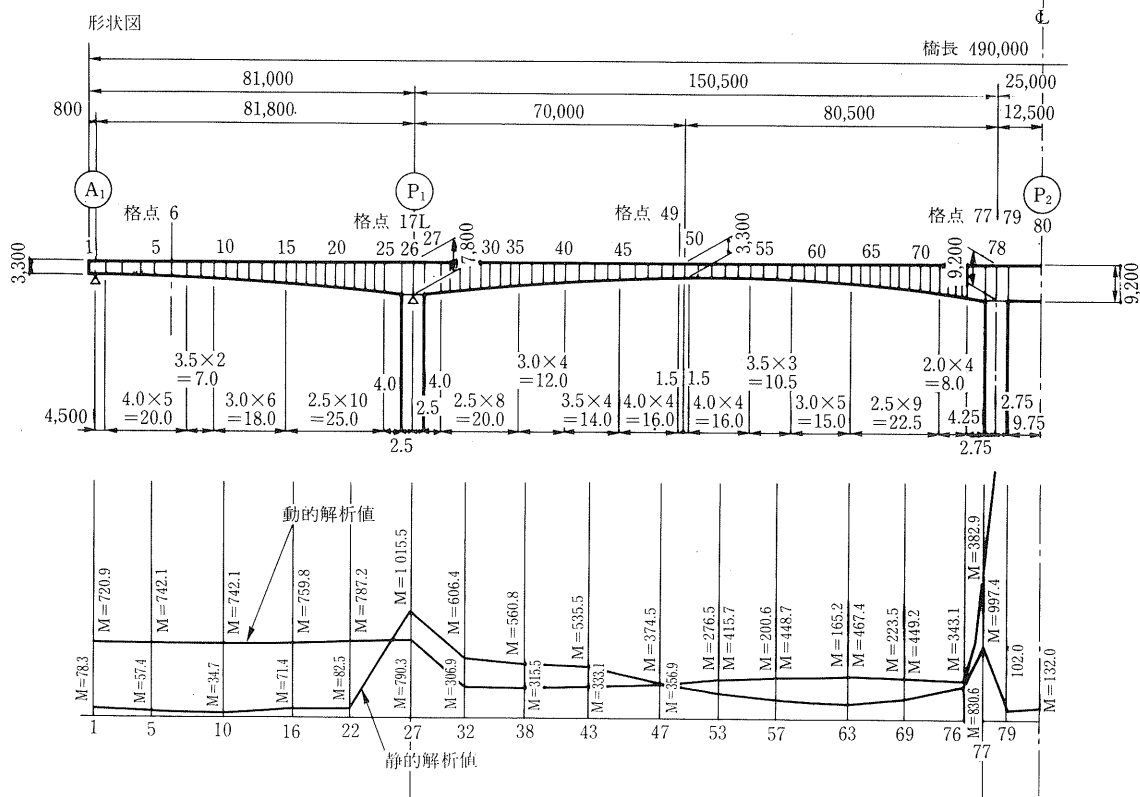
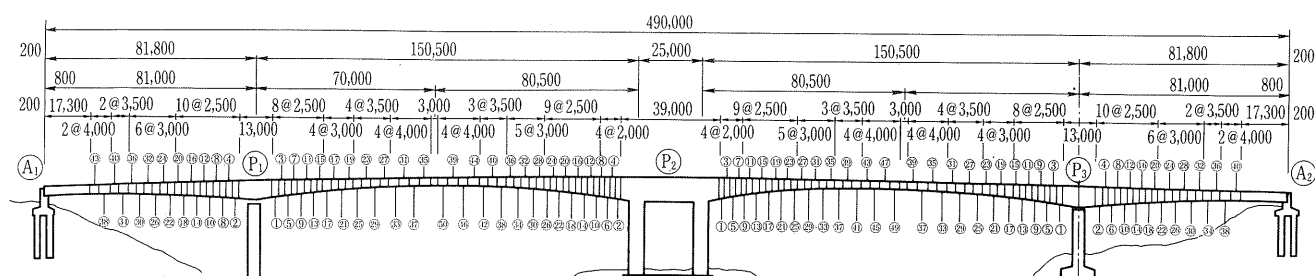


図-10 橋軸直角方向ねじりモーメントの比較

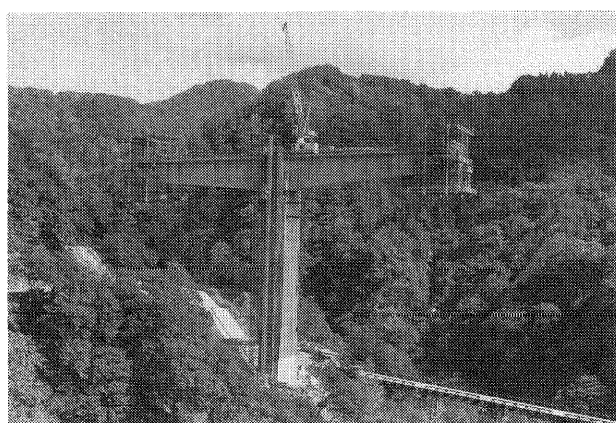
単位 M tm

4. 現在のソリ倉橋の施工状況

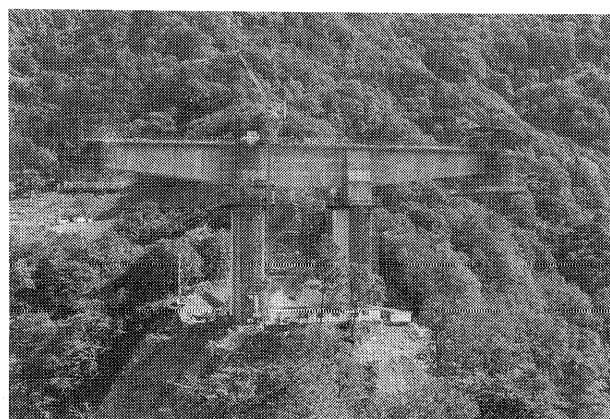
ソリ倉橋の工事は、下部工（ A_1 P_1 P_2 P_3 A_2 ）工事が昭和62年7～8月に着工し、昭和62年12月には完了した。平成元年には、上部工に着工し、現在、橋脚（ P_1 P_2 P_3 ）からの張り出し部を施工中です（写真－3～6）。



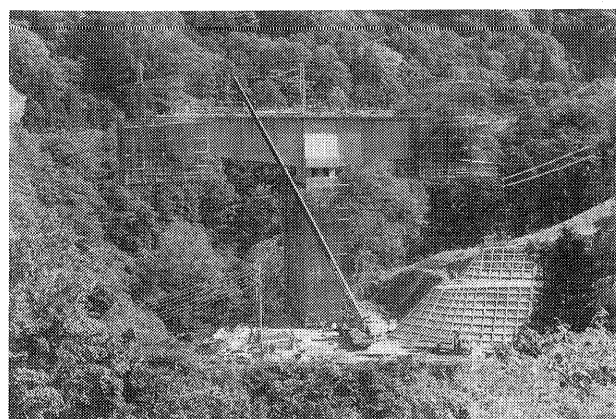
図－11 ソリ倉橋ブロック割り



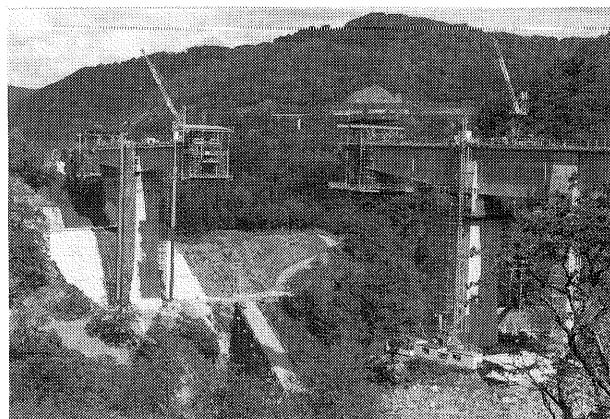
写真－3 P_1 橋脚



写真－4 P_2 橋脚



写真－5 P_3 橋脚



写真－6 $P_1 \sim P_2$ 橋脚

5. おわりに

ソリ倉橋は、5径間連続PC π 型ラーメン箱桁橋としては、わが国で最大級の規模の橋梁である。本報告は、その設計概要について紹介しました。

月山ダム完成後には、水を湛えたダムを望むことが出来る景勝地となることから、地元、朝日村の期待も大きい橋梁なので、工事の出来ばえ、品質、安全管理に十分注意を払い完成に向けて努力しているところです。

美しい橋梁をつくるために

愛知県土木部技監 蛇川 雄司

1. 美しい橋とは

橋梁を設計するにあたり、最近富みに景観に配慮するようという声が多くなってきました。橋に文化化を取り入れるということが現在の道路行政では必要になってきているようです。具体的に申しますと地域環境に密着し、住民に親しまれ、美しくまた機能的で歴史的なものを大切にし、地域のシンボルとして愛される橋梁をつくり出すこと、これが求められているのです。

一口に文化化と申しますが、手短かには橋面や橋詰における照明・高欄・親柱それに舗装等をその地域の環境や歴史等と調和を図り装飾することもその一つであります。

これとても不特定多数の人たちが共用するものでありますから美意識もさまざまであり、単に高価なもので飾るだけでは不満がでてくるようです。周辺環境との調和が大切であり、橋を渡る人々や見る人々の心を潤すものでなくてはなりません。

橋本体の形式や形状につきましては、たいへん難しい分野になりますが、橋をデザインするという観点で現地において視点をいろいろ変えてながめ、背景を総合的にとらえデザインするとよいといわれています。すなわち、架橋地点に意味をもった美しい形態を表す橋姿を検討することが肝要であり、図-1のフローにあるような点に留意することが大切です。

橋の形態を考えると基本的には注意しなくてはならないことは次のとおりかと思えます。

①橋自体に関すること

橋は多くの部材をさまざまな方向に配置してつくられています。したがって、部材の持つ直線・曲線・面の広がりによる幾何学的形状が相互に調和し、バランスの取れた安定した全体を構成するものでなくてはなりません。

②環境・景観に関すること

橋は単独で見られることはありません。必ず架橋地点の自然や他の人工物とともに見られ、環境や景観の全体像の中に組みこまれます。そのために、これらの環境や景観と調和のとれた造形であることが望ましいわけであり、

③部材構成に関すること

部材とは力が流れる道であり、設計とはその全体的な道を合理的に構成するための検討過程といえることができます。したがって、部材構成に関しては次のことに留意することが肝要です。

a) 部材は単純・明確に組み立てること

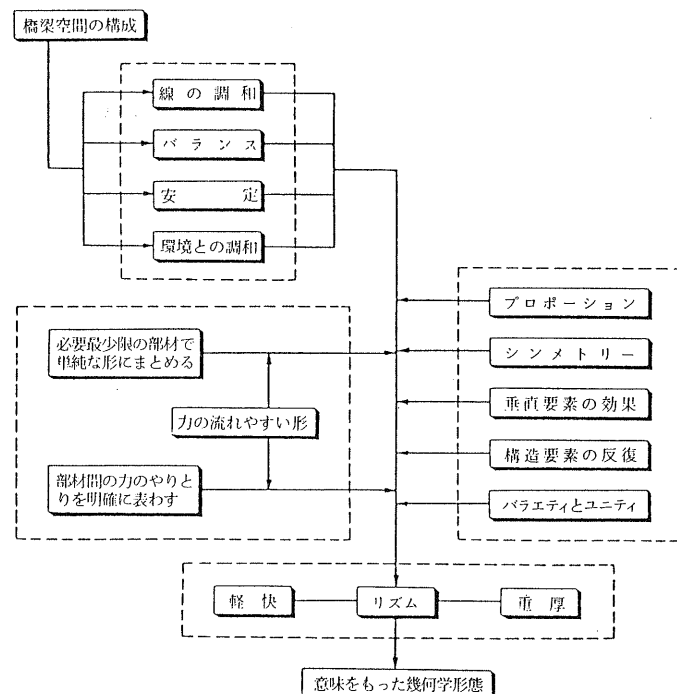


図-1 橋の形態のフロー

力学的に十分な検討が加えられて、必要最小限の部材で単純な形につくられた橋は、バランスが取れ、力の流れが明確で、すっきり整った姿になるものです。

b)力が円滑に流れるようにすること

c)比例・均整・安定・つり合いを考慮すること

④環境との調和

ここでこの問題について事例で説明してみます。まず、図-2は連続桁橋2態です。(a)はさりげなく軽快に渡る風情が感じられます。これに対し(b)は、橋脚の数を少なくして桁高を変化させており、大きなスパンを一息にまたぐダイナミックさがあります。

次に図-3です。同じ地点に計画されたアーチ橋であります。アーチ・リブの反曲点の有無、アーチの広がり、親柱の有無などによって形態とその美的効果に違いがあることがわかんと思います。すなわち(a)(b)には、男性的なたくましさがあるのに対して、(c)(d)(e)には女性的な優美さが含まれています。前者には堂々とした重厚感が、後者には軽快さがあります。

最後に桁高変化の形状を示します(図-4)。これらは橋の規模や力学上の問題との関係がありますが、形状によって、その外観からくる効果はさまざまに変化することがわかんと思います。

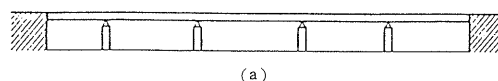
なお、環境との調和に関しては、材料と色彩も関係します。コンクリートは暖か味をもった穏やかな灰色を帯びたテクスチャーをもち、鋼は冷静で鋭く、色彩の選択によってその持ち味を変化させることができます。

環境や風景が美しい調和音を奏でる中に、突然不協和音として飛びこむような橋梁(土木構造物)は、空間内で意味をなさないばかりか、ときにはマイナスの存在となることがあります。

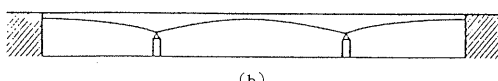
以上のことがらについて、橋梁を設計するにあたり配慮していけば、きっと良いものが出来るものと考えております。

2. 本県の景観配慮への取り組み

本県におきましても近年、時代の安定化とともに建築物や都市景観は勿論のこと土木構造物中でも特に橋梁について景観に配慮してほしいという声が多くなりました。そこで本県といたしましても、この要請にこたえるべく数年前から景観に対する取り組み方を検討するとともに指針やマニュアルを作成しこれに基づき一部の地区の橋梁に景観

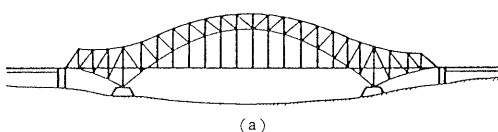


(a)

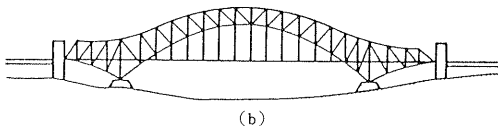


(b)

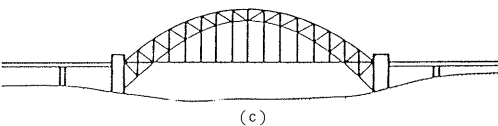
図-2



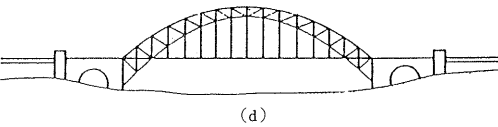
(a)



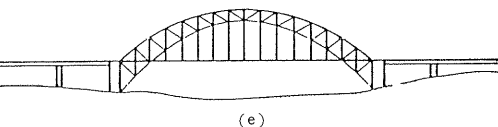
(b)



(c)

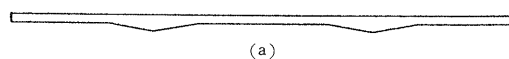


(d)

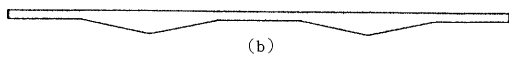


(e)

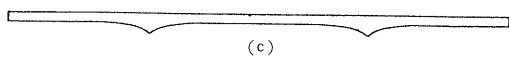
図-3



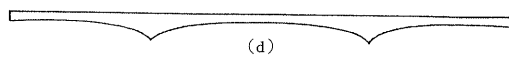
(a)



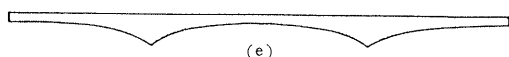
(b)



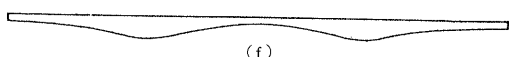
(c)



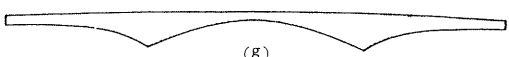
(d)



(e)



(f)



(g)

図-4

設計をすることにしました。

まず都市景観整備の指針として「建築美観誘導指針」「都市景観形成マニュアル」の策定をしました。また、県下市町村でもとくに岡崎市や豊田市などは、景観形成に係る条例や各種計画を策定し、様々な創意ある施策を実施しそれぞれの地域にふさわしい景観を備えた街づくりを進めています。

また、都市景観の骨格として重要な地位をしめる道路景観の必要性も増大してきましたので、61年度に設置された「道路景観形成ワーキンググループ」を「道路景観整備作業部会」に移行して新たに発足させました。そのうえ、県として計画的、重点的な整備を図るため「道路景観の整備に関する指針」を策定し、計画を実施しているところです。具体的な例として、岡崎市の殿橋付近、豊田市の総合駅周辺と久澄橋の3つのケースについて、それぞれの取り組みを述べてみます。

①^{とのぼし}殿橋（橋長：112.7m、幅員：17.7m）

(1) 計画の背景

岡崎市は、愛知県のほぼ中央に位置し西三河の中核都市として発展してきました。また、城下町としても発達しとくに徳川家康生誕の地であることからゆかりの神社、寺院や文化財などの歴史的な遺産も多く存在しています。市の中心部には国道1号や県道名古屋岡崎線が通り、再開発事業の商業ビルも集まっています。この中心部には、ほぼ東西に乙川^{おとがわ}が流れており河川敷では春は桜まつり、夏は花火大会の会場となるなど各種イベントが行われ、市民に親しまれています。

殿橋は、この乙川と主要地方道名古屋岡崎線の交差点にかかっており周辺には岡崎城、市役所、名鉄東岡崎駅、岡崎国立共同研究機構などの主要施設があります。江戸時代に岡崎城主本多伊勢守忠利公が1645年に初めてこの橋を架けたことから、殿橋と命名されたと伝えられています。現橋は、大正15年2月に着工し、昭和2年7月に完成しました。当時は橋面を名鉄岡崎市内線が運行していましたが、昭和37年に廃止され道路単独橋になり今日に至っています。

本橋部は、道路景観整備計画の中で「官公庁街的雰囲気の中に歴史を感じさせる道路景観の形成を図る区間」の中の一部として位置付けられています。そのため岡崎城、五万石舟や明治時代に走行していた鉄道馬車などの歴史的なイメージを配慮した橋の景観整備が必要となりました。

(2) 景観に配慮した設計計画

前述したような背景を考慮し、内側高欄の新規付替外側高欄の修景、歩道舗装、照明灯の設置、親柱の修景などが行なわれました(写真－1、2)。

(a) 内側高欄

岡崎市のシンボルである岡崎城、五万石舟、乙川の花火などをデザインしています(写真－3)。



写真－1 殿橋改修前



写真－3 殿橋内側高欄



写真－2 殿橋改修後

(b)歩道舗装と外側高欄

石の産地である岡崎市をイメージさせる石材系のものとなっています(写真-4)。

(c)街路灯

殿橋の昔のデザインを現代的にアレンジしたのとなっています。

岡崎市内については、他にも東岡崎周辺において、道路景観整備が行われています。

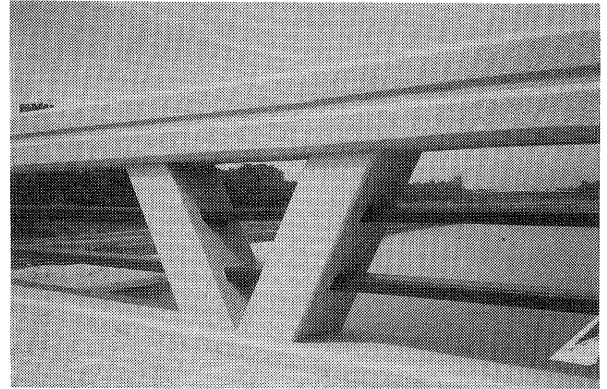


写真-4 殿橋外側高欄

②豊田市総合駅周辺

(1)計画の背景

豊田市は、自動車産業を核として急速に発展を遂げた工業都市であるにもかかわらず、周辺市町村との合併を幾度にもわたって繰り返した結果、都市規模にふさわしい中心街を有しない分散型都市となってしまいました。

そこで、30万都市の玄関口にふさわしい街とするために昭和60年に策定された豊田市都心総合整備基本計画に基づき名鉄豊田市駅と愛知環状鉄道新豊田駅付近の整備が行なわれました。

(2)景観に配慮した設計計画

前述したような背景により、総合駅エリアの景観を考慮した整備が行われるようになりました。とくに、愛知環状鉄道新豊田駅と名鉄豊田市駅の両駅を有機的に連携させて人と車を空間的に分離することにより快適で安全な歩行者空間を形成し、交通モデル都市の実現を図ろうとしました。具体的には、ツインビル、ペDESTリアンデッキ、緑陰歩道、バスターミナル、駐車場などが整備されました(写真-5)。

(a)ペDESTリアンデッキ

これは、名鉄と愛知環状鉄道の両方の駅を一体化して人と車を分離したものです。延長220m、幅9.5～32m、広さは5000m²を誇るデッキには、雨よけのシェルターが450mにわたって設けられ、エスカレーターや身障者用エレベーターなどが揃っています。

デッキには、レンガ系タイルが敷きつめられ、この中央部にステンレス板仕上げのアーチが設置されています。

また、このデッキは、ツインビル2階の連絡通路としても利用されています。ツインビルは、9階建のA館と11階建のB館からなっており2階のデッキ以外にも6、8階のムービングウォーク付廊下で、つながっています(写真-6)。

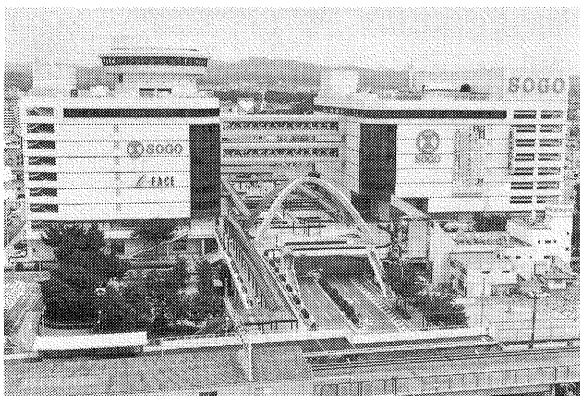


写真-5 豊田駅前改修後

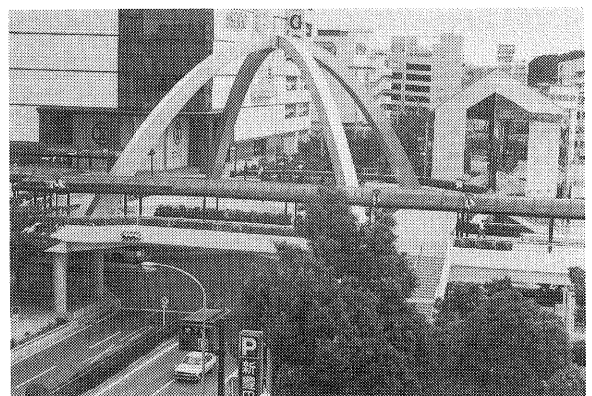


写真-6 ペDESTリアンデッキ

(b)緑陰歩道

名鉄三河線の高架下を利用した「緑陰歩道・せせらぎ」は、矢作川をイメージしたもので、みどり、まつり、ロマン、活力、ふれあい、未来の6つのゾーンが設定され都心にうるおいとやすらぎをあたえています。

歩道は、長さ960m、幅6～12mで約1800本の樹木が沿道に植樹されています。また、歩道に沿って人工河川「せ

せらぎ」があり、水辺での水遊びやせせらぎの音が楽しめるなど都市における緑と水のオアシスとなっています(写真-7)。

③久澄橋 (橋長：274.0m, 幅員：25m)

(1)計画の背景

久澄橋の位置する豊田市は、輸送機器産業を中心に産業文化都市として発展しているとともに、名古屋都市圏の住宅地としても脚光を浴びています。この中で、市の東部を南北に流れる矢作川を渡る一般国道301号は都市の骨格をなす重要路線であり豊田市の顔の1つとなっている路線です。また、久澄橋付近の河川敷は緑地公園として球技場などのレクリエーション施設が整備されて市民の憩いの場として利用されています。

しかしながら、近年名鉄豊田市駅や愛知環状鉄道新豊田駅周辺の整備にともない郊外から国道301号を利用して駅周辺に流入する車が増加し橋付近では慢性的な交通渋滞が発生しています。そこで、橋梁部も含め国道153号までの区間の4車線化をはかろうという計画であります。とくに橋梁部については景観設計に留意し、河川敷の公園を中心にした背景と調和のとれたランドマークとして、2連の単弦ローゼ橋を採用することにしました(写真-8、図-5)。

(2)景観に配慮した設計計画

単弦ローゼは、アーチ橋の一種で周囲のシンボルの存在となりうる橋の型式であります。一方特有な重量感、圧迫感をもつためとくにその重苦しさを柔らげることには配慮しました。また、ランドマークにふさわしい橋となるように、あらゆる広い視点から橋を眺め、中でもとくに重要な視点を4つに分類し、それぞれに景観配慮に必要と思われる要素を抽出し検討しました。照明、高欄なども景観に配慮した検討を行ったところです。

(a)ランドスケープのファクターと距離感

以下に4つの分類の中のそれぞれのデザインファクターを述べます。

(ア)景観距離(Landscape Distance)(図-6)

・アーチライズ：可能なかぎり大きくして雄大性を強調
ファクター

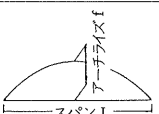
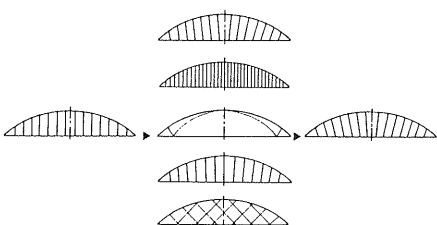
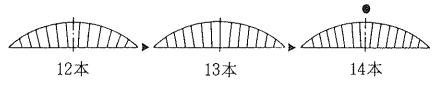
アーチライズ; f	 ▶ $f/L \approx 1/6 \sim 1/7$ ▶ $f=15.5m$
アーチ吊材の配置	
アーチ吊材の本数	 12本 13本 14本

図-6 Landscape Distance

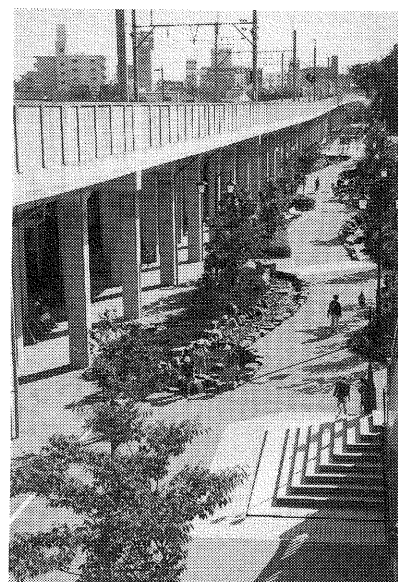


写真-7 緑陰歩道・せせらぎ



写真-8 久澄橋の現橋

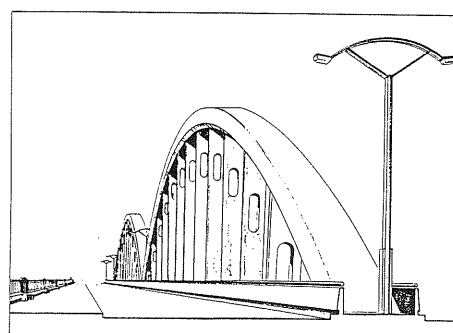


図-5 完成予想図(久澄橋)

し、安定感と開放感をあらわしました。

- ・アーチ吊材の配置：斜め配置とし日の出のイメージから開放感と流動感が生まれるようにしました。
- ・アーチ吊材の本数：模型等の比較から、構造的に可能な範囲の中で、吊材本数が多い14本を採用しました。

(イ) 公衆距離(Publicscape Distance) (図-7)

- ・アーチリブの断面形状：重々しさを軽減するために、リブ断面を六角形としました。
- ・ブラケット端部の桁高：RC床版と鋼床版とでは、ブラケット端部の桁高が異なるため統一することにしました。

(ウ) 社会距離(Socialscape Distance) (図-8)

- ・アーチ吊材の形状：穴明断面により圧迫感を軽減しました。
- ・補剛桁の形状：公園利用者の視点から3箱桁としました。
- ・ブラケットの形状：下面に丸みを入れました。
- ・橋面・橋脚の形状：親水性に富んだ形状としました。

(エ) 密接距離(Intimatescape Distance) (図-9)

- ・アーチリブの継手：溶接とし、造形美を求めました。
- ・アーチ吊材の側面形状：吊材の側面に化粧板を設けました。

(b) 色彩と照明について

ダブルの単弦ローゼのアーチリブや吊り材に圧迫感を柔らげるよう工夫をこらしたことから、これらを生かすような色彩が施さなければなりません。そこで、模型を通してあらゆる色の組み合わせを行い、橋梁全体と周囲の風景と調和するような色彩を検討中です。

色彩が、主に昼間の景観に大きな影響を与えるのに対して照明は夜間の景観を浮きだたせるものです。一般的には、照明は橋面端部からのオーバーハング方式であるが、本橋はアーチ橋ということで中央連続照明を採用しました。同時にアーチリブにも照明具を取り付けて中央の照明灯との連続性を図りました。

上記のような点以外にも、高欄や親柱などについても景観に対する配慮が必要であると思っています。

久澄橋は、本県が景観設計を本格的に行う橋梁でありいわば初めての試みであります。今後、なお多くの検討が必要となるかもしれませんが是非、本県の誇れる橋にしたいと思っています。

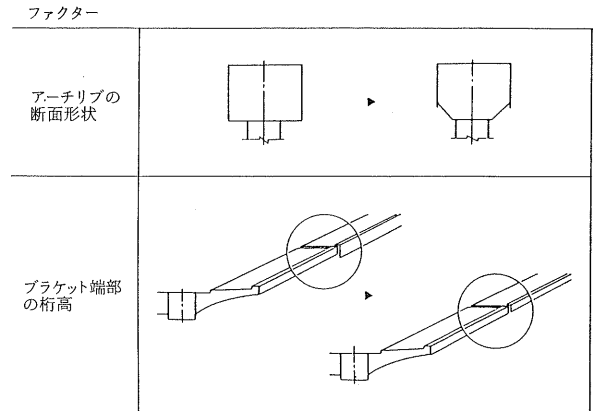


図-7 Publicscape Distance

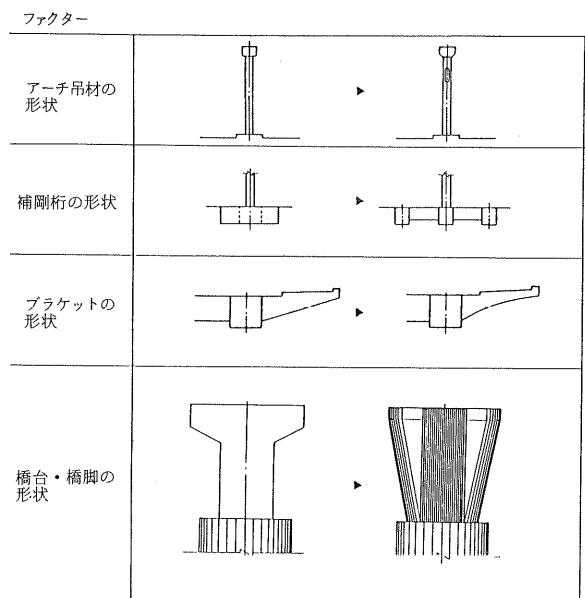


図-8 Socialscape Distance

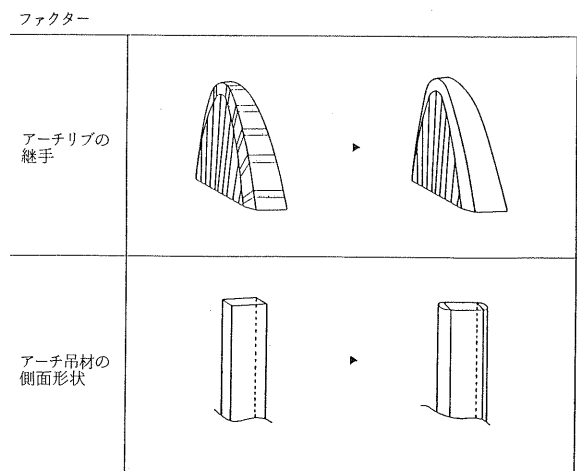


図-9 Intimatescape Distance

3. 美しい橋（土木構造物）の紹介

①東名阪高架橋（写真－9）

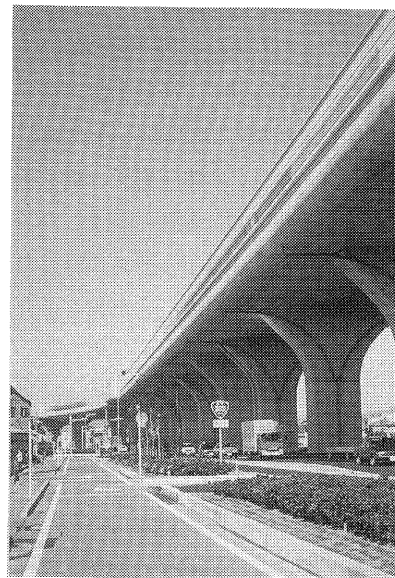
施 工 地：清州東 I.C. ～名古屋西 JCT.

発 注 者：日本道路公団名古屋建設局

構造形式：PC 3 ～ 5 径間連続ラーメン橋

延 長：6.7 km 幅 員：19.65 m

特 徴：一般的に高架橋にみられる重量感，威圧感を少なくするためにコーナーはすべて曲線を採用しています。この高架橋の通過地域の大半が住居地区ということから地域分断のイメージを防ぐため橋脚は 10m 以上の高さにしています。構造面では，橋脚を Y 字型の 1 本柱に統一し延長 6.7km にわたって同一形式の PC ラーメン橋を連続させています。また，防音板のカラーデザイン，遮音板のレンズ板の採用など付属物に対しても景観に対する配慮がなされています。



写真－9 東名阪高架橋

②名港西大橋（写真－10）

施 工 地：名古屋市港区

発 注 者：日本道路公団

構造形式：3 径間連続鋼斜張橋

橋 長：758 m 幅 員：12.5 m

特 徴：本橋は航路により分断されている西部地区の埋立地間を架橋により一体化し，また大型車混入率が高く渋滞の激しい国道 1 号，23号の負担の軽減を図るものであり，斜張橋の美観とモニュメント性を活かしています。



写真－10 名港西大橋

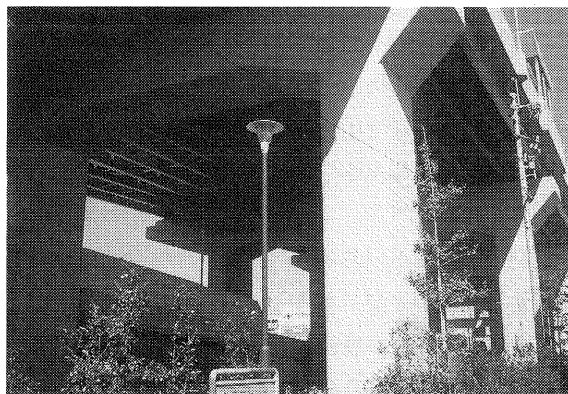
③名古屋高速高架部橋脚（写真－11）

施 工 地：名古屋市

発 注 者：名古屋高速道路公社

供用延長：30.2 km

特 徴：名古屋高速は，全線にわたって高架構造となっています。高架下は，主に広場，公園，駐車場等の公共施設を優先させ有効利用を図っています。そこで，利用者が違和感をいだかないようにするために景観に工夫がなされています。



写真－11 名古屋高速高架部橋脚

④^{いるか}入鹿大橋（写真－12）

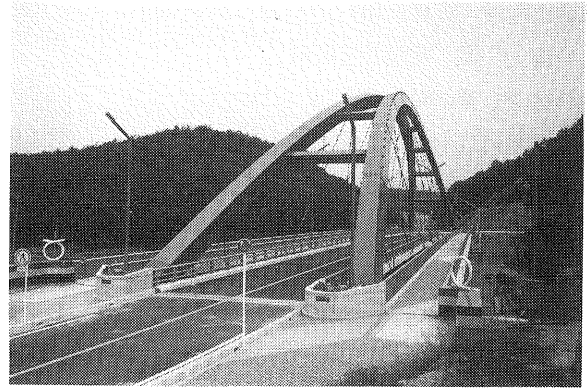
施 工 地：愛知県犬山市

発 注 者：愛知県

構造形式：ニールセンローゼ橋

橋 長：114 m 幅 員：11.5 m

特 徴：本橋は、飛騨木曾川国定公園内に位置し周辺には観光地「明治村」もあります。そのため景勝地のモニュメントとなるように美観性を最重視し、走行性、経済性等を総合的に考慮してニールセンローゼを採用することになりました。



写真－12 入鹿大橋

⑤郷中新橋（写真－13）

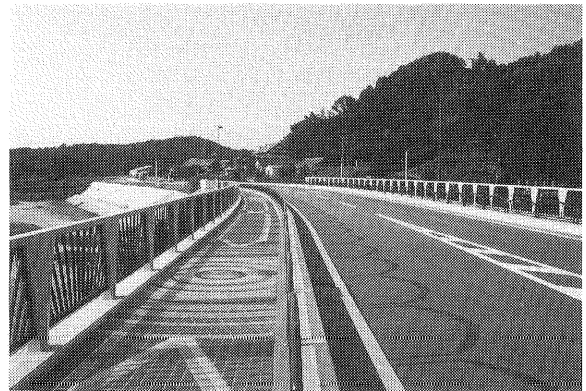
施 工 地：愛知県犬山市

発 注 者：愛知県

構造形式：3径間連続P C中空床版橋

橋 長：152.6 m 幅 員：12.5 m～15.5 m

特 徴：主桁断面の美観を考慮して逆台形にするとともに構造面では中空連続スラブとして桁高を低くおさえました。歩道は、カラーブロック舗装を施し、高欄は入鹿池の景観に配慮した美しいものとなっています。



写真－13 郷中新橋

⑥尾濃大橋（写真－14）

施 工 地：愛知県木曽川町

発 注 者：愛知県

構造形式：単純下路式トラス

橋 長：767.5 m 幅 員：10 m

特 徴：本橋の上流に位置する木曽川橋と下流の濃尾大橋の混雑を緩和し、両県、特に一宮市と羽島市の交流を深め地域の発展に貢献しています。上部工は単純トラスですが上弦材をつなぎ連続性を生み出し景観美を考慮しています。



写真－14 尾濃大橋

⑦立田大橋（写真－15）

施 工 地：愛知県立田村

発 注 者：愛知県

構造形式：3径間連続鋼床版箱桁

橋 長：966 m 幅 員：12 m

特 徴：木曾川、長良川、揖斐川の木曾三川が並流するところに架設された本橋は近くにつくられた国営木曾三川公園の重要交通路となっています。そのため、公園とともに親しまれる橋とするために高欄や親柱に景観を配慮した工夫がなされています。



写真－15 立田大橋

やまむろ
⑧山室橋（写真－16）

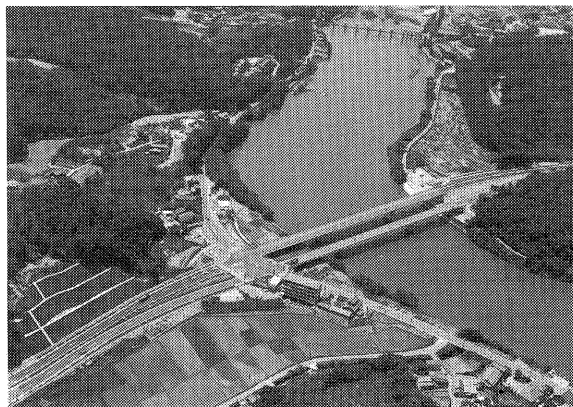
施 工 地：愛知県豊田市

発 注 者：愛知県

構造形式：PC 3 径間連続中央ヒンジラーメン箱桁橋

橋 長：192.1 m 幅 員：11.75 m

特 徴：本橋は愛知県東部丘陵地に位置し周辺は住宅地として目覚ましい発展をとげています。豊田市の観光名所でもある水源緑地の美観を損うことなく、また現橋とも調和のとれた橋にするため工夫がなされています。



写真－16 山室橋

⑨白鳥ループ橋（写真－17）

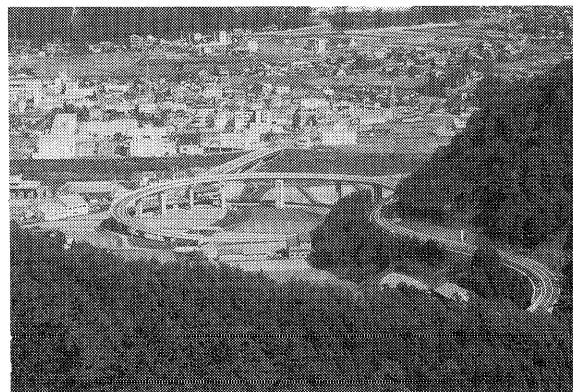
施 工 地：岐阜県白鳥町

発 注 者：岐阜県

構造形式：PC 3 径間連続中空床版橋

橋 長：200 m 幅 員：9 m

特 徴：本ループ橋は、国道 156 号から分岐して国道 158 号に入ったところにあります。本橋部は岐阜県と福井県を結ぶ交通路の一部となっています。



写真－17 白鳥ループ橋

⑩栄町橋（写真－18）

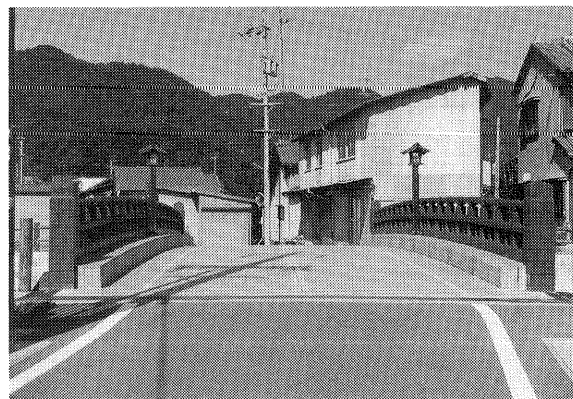
施 工 地：岐阜県掛斐川町

発 注 者：岐阜県

構造形式：プレテンションホロー桁

橋 長：18 m 幅 員：5 m

特 徴：この地域の特産の木材を強調するため、PC 橋に木造の高欄を取付けました。



写真－18 栄町橋

⑪小熊大橋（写真－19）

施 工 地：岐阜県羽島市

発 注 者：岐阜県

構造形式：2 径間連続 PC 箱桁橋

橋 長：95 m 幅 員：12 m

特 徴：将来、河川公園の計画があり、そのため下部工にも上部工と同じレンガタイルを張って景観に配慮しています。



写真－19 小熊大橋

⑫志摩丸山橋（写真－20）

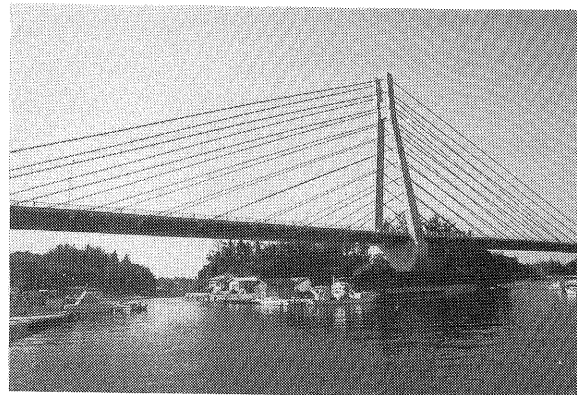
施 工 地：三重県志摩町

発 注 者：三重県

構造形式：2 径間連続 P C 斜張橋

橋 長：318 m 幅 員：10.5 m

特 徴：本橋付近は、伊勢志摩国立公園に指定され豊かな自然と、美しい景観に恵まれています。この環境との調和に配慮するとともに、地域のシンボルとして P C 斜張橋を架設することにしました。



写真－20 志摩丸山橋

⑬セントラルブリッジ（写真－21）

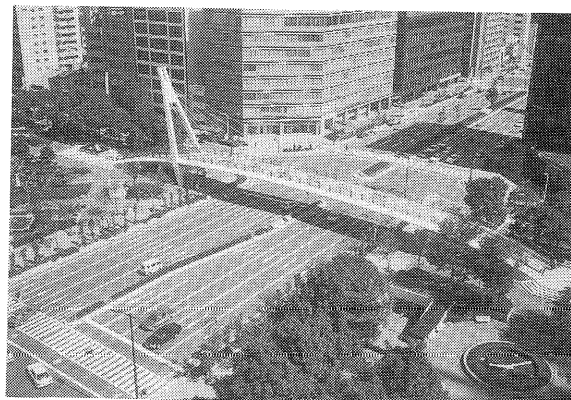
施 工 地：名古屋市中区

発 注 者：名古屋市

構造形式：斜張橋

橋 長：83.5 m 幅 員：5.0 m

特 徴：橋面には、プランターを6箇所設置し四季の草花を植え、側面には化粧板を設置しています。また夜には、アルミ高欄束柱内に設置された灯具と側面からの投光器により橋を浮かびあがらせています。



写真－21 セントラルブリッジ

⑭ふれあい橋（写真－22）

施 工 地：愛知県豊田市

発 注 者：豊田市

構造形式：P C一端可動他端固定梁

橋 長：35.4 m 幅 員：4.0 m～（変化）

特 徴：コミュニティセンターと公園を結ぶ橋で、地域のシンボル橋として設計されています。平面形状は人の字型で、直径108 m の球形上におさまる立体形状となっています。直径108 m としたのは、人間が持っている108の煩惱にちなんでいます。橋面は、全面タイル張で照明、高欄などにも美観上の配慮をし親柱にブロンズ像を設置しています。



写真－22 ふれあい橋

⑮^{はくてい}白帝橋 (写真-23)

施 工 地：愛知県犬山市

発 注 者：犬山市

構造形式：ポステン・プレテンT型単純桁

橋 長：50.6 m 幅 員：18 m

特 徴：本橋は、特に住宅地に隣接しているということから歩道部分に景観配慮がなされています。歩道にはカラーブロック舗装と植樹プランターが設置され中央部には憩いの場としてのバルコニーが設けられています。また、親柱は大理石で作られ犬山城や鶴の彫込みがあります。照明灯についても工夫がなされています。

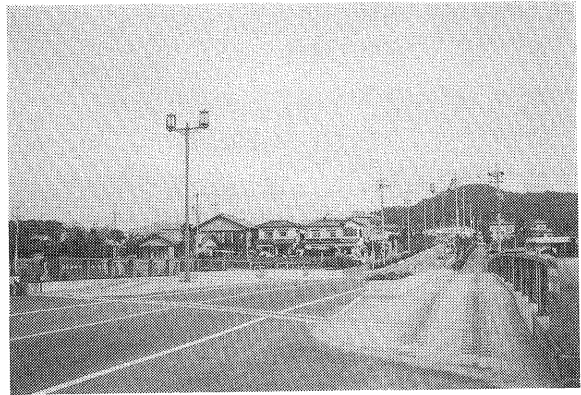


写真-23 白帝橋

⑯^{じゅんけん}巡見橋 (写真-24)

施 工 地：愛知県刈谷市

発 注 者：刈谷市

構造形式：ポステンションT型単純桁

橋 長：73.2 m 幅 員：13.0 m

特 徴：江戸時代に、この地方を見回りにきた巡見使をこの橋で迎えたのにちなんで巡見橋と命名されました。親柱には、巡見使の姿をレリーフした銅板を取付け、高欄にも絵画パネルが取付けられています。

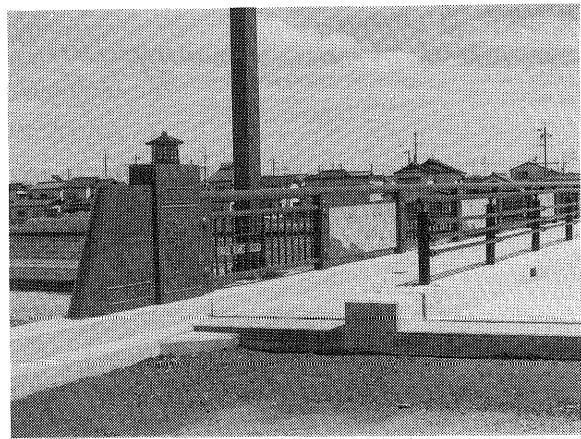


写真-24 巡見橋

⑰新土岐川橋 (写真-25)

施 工 地：岐阜県土岐市

発 注 者：土岐市

構造形式：ポステンションT桁

橋 長：159.6 m 幅 員：12 m

特 徴：特産の美濃焼を親柱、歩道に利用しています。また、オルゴール付ベンチも設置されています。



写真-25 新土岐川橋

4. 結 語

景観設計には確立した理屈めいたものではありません。

美しい構造物を設計するのに一番大切なことは何か。

コンピューター技術が飛躍的に進歩した現在、私たち設計に携わるものが望めばどのような複雑な構造物も設計できるようになりました。

したがって今最も求められ私たち設計者が肝に銘じなければならないことは設計以前の感性を磨き、正しい美的感覚をもってトータルデザインの観点から創造する眼をもつことであると思います。

最後にもう一つ、美しいということは必ずしも工費を増やすことではないということです。空間にデザインする場

合、何か単純さの中に美しさがあるような気がしてなりません。

謝 辞

本稿をまとめるにあたっては、(社)プレストレストコンクリート建設業協会中部支部に資料の収集など、多大なご援助をいただきました。ここに心からお礼申し上げます。

美しい P C 構造物

阪神高速道路公団工務部設計課長 井 阪 清

花と緑の博覧会が開催され2300万人以上の入場者を迎えて 183 日間の会期が終了しました。

経済一辺倒と思われがちな大阪の地で潤い、美しさ、自然等をテーマとした博覧会。抽象的テーマを掲げた博覧会にこれ程の入場者を集めるとは予想されなかったことと思います。

今日の社会は経済的発展をとげ、環境の整備された豊かで安定した文化的な社会が求められていることが、このことから実感されます。豊かな社会には社会資産にも美的要素を欠かすことが出来なくなって来ており、より美しい構造物が求められていると感じられる花博のフィナーレでした。

今回のテーマ関西地域の「美しい P C 構造物」を考察する前に少し時代をふり返ってみたいと思います。

我国が明治以後、技術的な面で手本にしたのは西欧文明であり、この西欧の構造物は石材を主としたものが基本で石造アーチ等が主流をなすものでありました。一方日本古来の構造は木材を主とした柱・梁構造の和風様式であり、西欧様式とは根本的に異なるものでありました。第二次世界大戦の結果多くの構造物が灰じんに帰し、戦後の我国の構造物には欧風と和風をミックスしたり、対立したりしながら社会資産が形成され、結果として美しさを損ったり、統一性を欠いたり、雑然と混在したりしてしまった反省があります。

構造物を建設するには構造力学であり、技術力であり、合理性や標準化が求められる工学が主体でありました。我々技術者はその構造物が合理的で力学的にもすぐれたものであれば必ず美しい構造物となるとする「力学的合理美」を求めて建設を進めて来ました。現在求められている「潤い」「豊かさ」「情感」といった面からみるとやはり違ったアプローチが必要となって来ます。構造物の美という面からのマニュアルや検討書等が最近沢山出版されて来ています。

やはり、美しい構造物を建設するには従来の手法、設計技法では解決出来ない複雑で多面的な努力と時間が必要であり、技術者の感性を高めていくこと、美を理解出来る目を養っていくことが強く求められています。

次に紙面で紹介させていただく構造物にも並び並みならぬ担当技術者の努力と感性が表現されていると思われます。

1. 歩道橋

幅員や荷重が小さく、比較的形狀に自由さがある。従来の機能中心の歩道橋から脱皮したものが多くなって来ている。

(1) 春日台歩道橋（神戸市西区）

○ 構造型式

P C ポステン単純中空床版橋 + R C ラーメン橋

○ 橋長 × 幅員

23 m × 3.4 m

○ 完成

平成元年 3 月



(2) 小野原5号線歩道橋（大阪府箕面市）

○ 構造型式

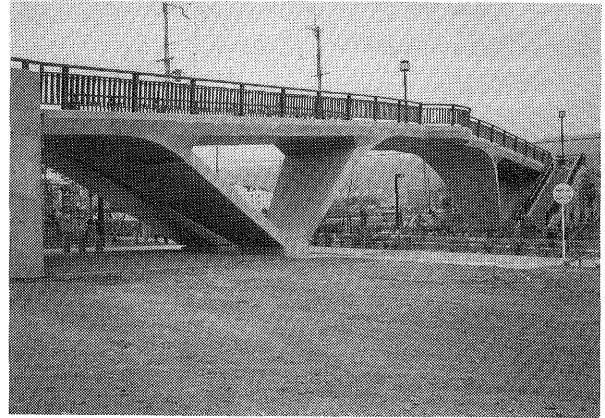
V脚ラーメン橋

○ 橋長×幅員

42 m (10.5 + 21 + 10.5) × 3.5 m

○ 完成

平成元年3月



2. 曲線橋

このタイプはコンクリート構造の形状の自由さ、ダイナミックな曲線が表現出来る分野。

(1) なぎ大橋（和歌山県広川町）

○ 構造形式

3径間連続PC箱桁橋

○ 橋長×幅員

255.5 m × 9 m

○ 従断勾配

10 %

○ 平面曲線

R = 500 m

○ 完成

昭和63年3月



(2) 野田川連絡橋（兵庫県姫路市）

○ 構造型式

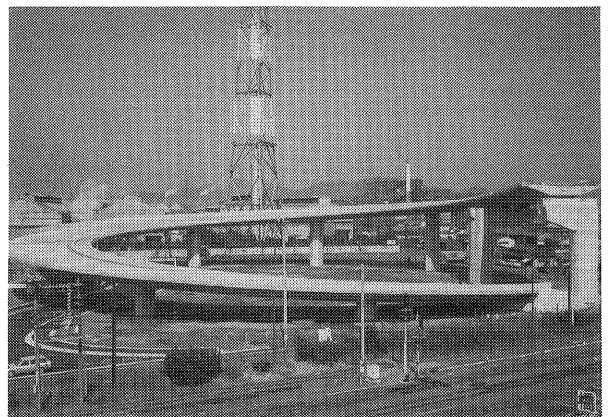
PCポステン9径間連続箱桁橋

○ 橋長×幅員

265.1 m × 14.6 ~ 12.6 m

○ 完成

昭和60年3月



3. 直橋

(1) 野村大橋（兵庫県西脇市）

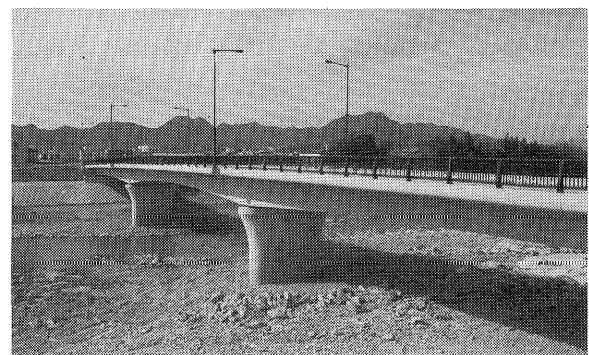
良くまとまった景観への配慮が橋脚の曲線にまで感じられる作品。

○ 構造型式 3径間連続箱桁

○ 橋長×幅員

130 m (40 + 50 + 40) × 12 m

○ 完成 昭和63年2月



(2) 第4号橋橋（高知県安芸市）

大胆に張り出した左右の橋上広場がポイント。

○構造型式

単純中空床版橋

○橋長×幅員

18.2 m × 6 m

○完成

昭和62年 3 月



4. ラーメン橋

(1) 鳴川大橋（奈良県生駒市）

左右の短径間と中央径間の桁高のバランスが谷の景観の遮断を最小限にしている。

○構造形式

3 径間連続有ヒンジラーメン橋

○橋長×幅員

160 m (28+104+28) × 7.8 m

○完成

平成 2 年 6 月



(2) 武庫川橋（兵庫県丹南町）

橋脚の高さとリズム感あふれる曲線のバランス。

○構造型式

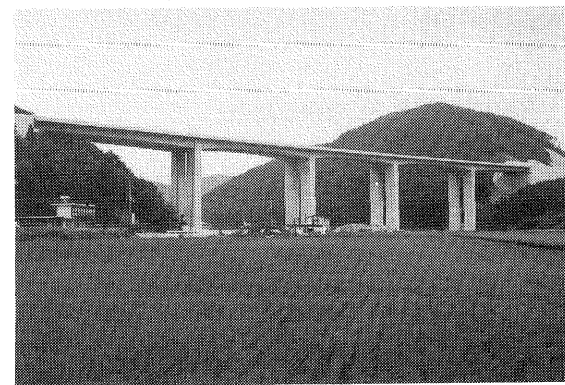
5 径間連続ラーメン橋

○橋長×幅員

310 m × 9 m

○完成

昭和62年10月



5. 斜張橋

(1) 新綾部大橋（京都府綾部市）

河幅のバランスを考えた主塔橋脚位置と塔形状、桁吊部材の角度等配慮がゆき届いている。

○構造型式

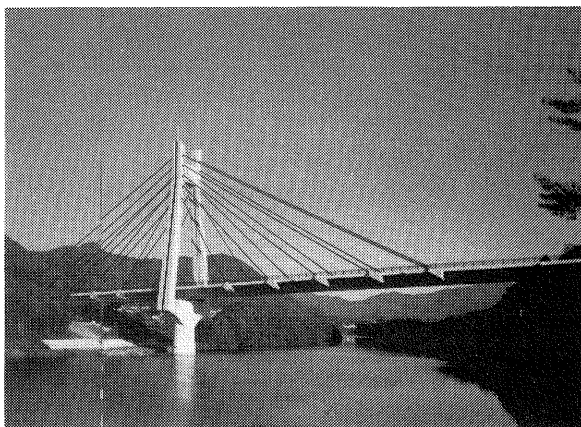
3 径間連続斜張橋

○橋長×幅員

259.8 m (52+110+77.5) × 9.8 m

○完成

昭和63年 3 月



(2) 志摩丸山橋（三重県志摩郡）

10段におよぶ斜吊ケーブルのダイナミックな表現と
桁の横の線、これを引き締める主塔の3者のバランス。

○構造型式

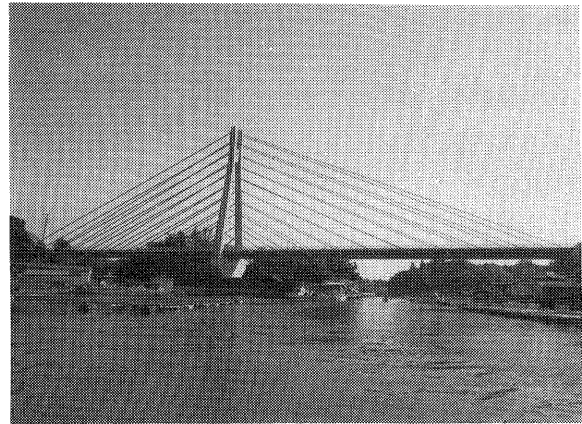
2 径間連続斜張橋

○橋長×幅員

318 m (113.4×2) × 11.5 m

○完成

平成元年 3 月



(3) アポロン橋（大阪府守口市）

都市の活力を表現するシンボルタワーブリッジ。ラ
ンドマークとしても格好。

○構造型式

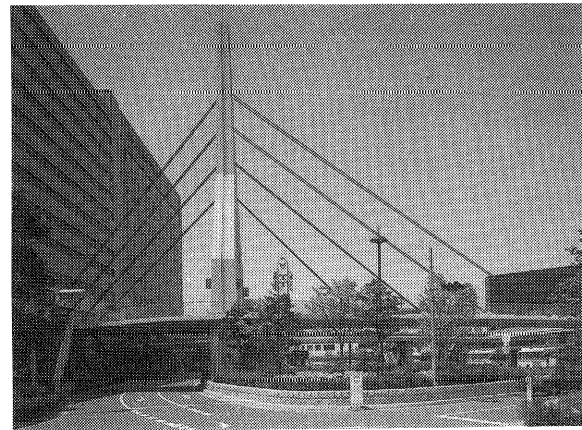
2 径間連続斜張橋

○橋長×幅員

58 m × 4.8 m

○完成

昭和60年 8 月



6. 建 築

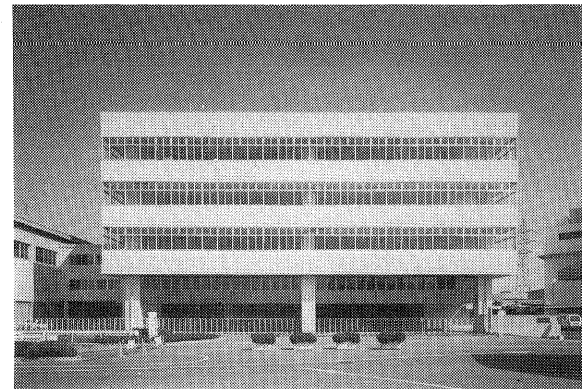
(1) 松下電器ステレオ事業部棟

明解な柱の少ない、ひきしまった建築。

○構造型式

2 径間 P C ラーメン梁

(2 @ 20 m)



(2) 大安町中央児童センター（三重県大安町）

ドームと三角屋根など夢がふくらむ。

○構造型式

P C ドーム (P C 組立構造)

○規 模

直径 20.5 m 高さ 13 m

○完成

昭和61年 5 月



7. 容器

- (1) 向日配水塔（京都府向日市）
竹をデザインしたランドマーク。

○構造型式

PC高架複合式

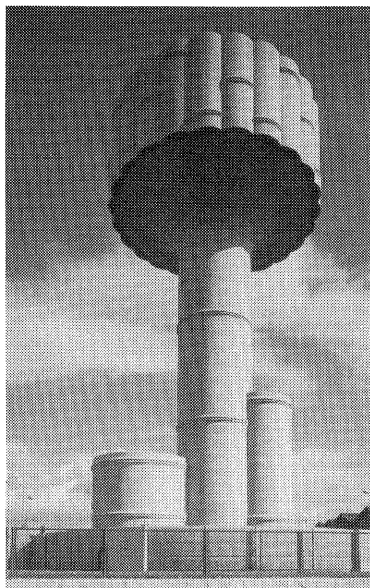
○規模

容量 $V = 346 \text{ m}^3$

$V = 1,950 \text{ m}^3$

○完成

昭和59年6月



- (2) 野田配水塔（兵庫県揖保川町）
公園の中のシンボルタワー。

○構造型式

PCタンク（側壁）固定支持

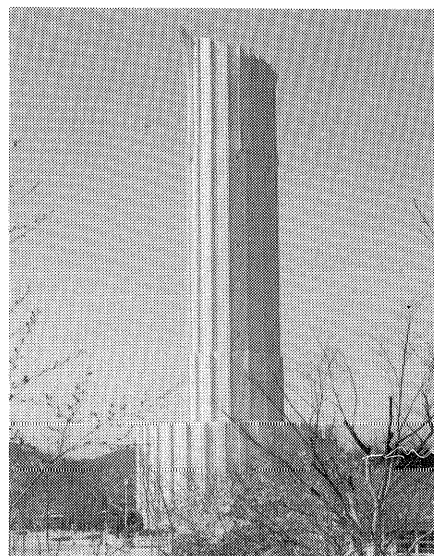
○規模

容量 $V = 300 \text{ m}^3$ $V = 2000 \text{ m}^3$

地上高 51.8 m

○完成

昭和62年2月



コンクリート構造物は鋼構造物に比較して曲面の構成が容易に出来る利点があります。鋼構造物は鋼板を組立てて溶接し製作されるものですが、曲面の製造には板曲げ作業やひずみ取り作業等が伴い大変手間のかかる作業となり、大幅な製造単価のアップとなります。

コンクリート構造物は型枠がその構造物の形状を決定するわけで、大変自由度があります。従来この型枠の製作では曲面を構成するのが割りに合いにくい工程でした。型枠の積算では平米当り単価となり、曲面である為の割り増しが付加されるのですが、造形の自由さを表わす芸術的要素まで単価面に反映するのが困難であると敬遠されがちでした。しかしコンピューターの発達と共に、この曲面計算や立体的な景観検討が大変容易に出来るようになり、これらを駆使することが大きな飛躍につながります。

コンクリート表面の仕上げでも灰色のセメント色が当然と思われていますが、耐久性向上や景観面からコンクリート表面への着色塗装や表面処理が増して来ております。

これらの事柄は一例ですが、戦後に花開いたPC技術は今後もその美しさを求めつつ飛躍的に発展しなければならないと思います。これには常に新技術を開発すると共に、美的感性を高める努力が技術者一人一人に求められています。

本文のために写真等の資料収集に全面的に御協力下さいましたPC建協関西支部の方々と同技術部会長の橋口三郎氏に深く感謝致します。前掲のPC構造物の選択は筆者の独断によるもので、御不満の節は筆者の美的感性の欠如によるものです。

P C 橋 の 景 観

香川大学農学部農業工学科 助教授 豊 福 俊 英

1. はじめに

近年橋梁の建設において、技術の主導による機能性、力学的合理性および経済性のみならず景観に配慮することが強く求められるようになってきた。すなわち、橋梁が本来果たすべき機能性を満足するに留まらず、周辺環境と調和する景観性および地域を代表する象徴性を新しく創造するという役割が期待されている。

本文は、P C 橋梁の美しさを、景観設計の観点に立って、四国を中心にしたP C 橋について、表－1に示した構造形式毎に述べる。その場合、景観に関しては主観的な要素が強いこともあり、また、写真のアングル等によってその美しさの評価が変わることもあると思われるので、四国のP C 橋についてはできるだけ多くの橋梁を紹介することを基本とした。ただし、ここではP C 橋を対象とし、現在四国では見られないP C アーチ橋、P C トラス橋やP C 吊橋についてはふれていない。また、本州四国連絡橋(児島・坂出ルート)の島しょ部および番の州(鉄道部)のP C 高架橋についてはこれまで多くの報告がある¹⁾ので、本文では取り扱わないこととした。なお、筆者はこれらの橋梁のうち数橋については入手した写真、工事報告等を参考に本文を書いたため、的確でない表現がある場合はお許し願いたい。

表－1 P C 橋の構造形式

構造形式	四 国 内 の P C 橋	四国以外のP C 橋
単 純 桁 橋	オリーブ大橋(香川県)、椿橋(高知県)	恋谷橋(鳥取県)
連 結 桁 橋	常磐高架橋(香川県)、表橋(一部)(愛媛県)	
連 続 桁 橋	北浦港橋梁(香川県)、大束川橋梁(香川県)、亀浦高架橋(徳島県)、撫養高架橋(徳島県)、美馬中央橋(徳島県)、青石橋(徳島県)、新加茂川大橋(愛媛県)、新中山川大橋(愛媛県)、歩道橋(愛媛県)、大津大橋(高知県)、片粕大橋(高知県)	観音寺高架橋(京都府)
連続ラーメン橋	八幡高架橋(香川県)、金生川橋(愛媛県)、川滝橋(愛媛県)、土佐吉野川橋(高知県)	長吉高架橋(大阪府)
有ヒンジラーメン橋	名田橋(徳島県)、浦戸大橋(高知県)、仁淀川河口大橋(高知県)、川登橋(高知県)、河成橋(高知県)、横倉橋(高知県)、広井大橋(高知県)	
Tラーメン橋	黒川大橋(高知県)	
斜 張 橋	端出場大橋(愛媛県)	白鳥橋(岡山県)
吊床版橋	ひぐらし橋(愛媛県)	
跨 道 橋	関ノ原跨道橋(愛媛県)、泉第一跨道橋(愛媛県)	日根野跨道橋(大阪府)

2. P C 橋の景観設計

現在、道路橋に対して行われている景観設計^{2)~5)}の一例として、全体計画を立てる場合に考慮すべき要素を表－2に、またその設計手順を図－1に示す。

表-2 橋梁の景観設計に考慮すべき要素²⁾

橋 梁 本 体	周辺環境との調和	視 点
構造形式	周辺の土地利用状況	遠 景
連 続 性	周辺の景観、地形	近 景
上下部工のバランス	高架下の整備	上 方
橋梁付属物と本体の調和	色 彩	下 方
橋梁各部のデザイン		静止（歩行者）
表面処理（テクスチャ）		移動（ドライバー）

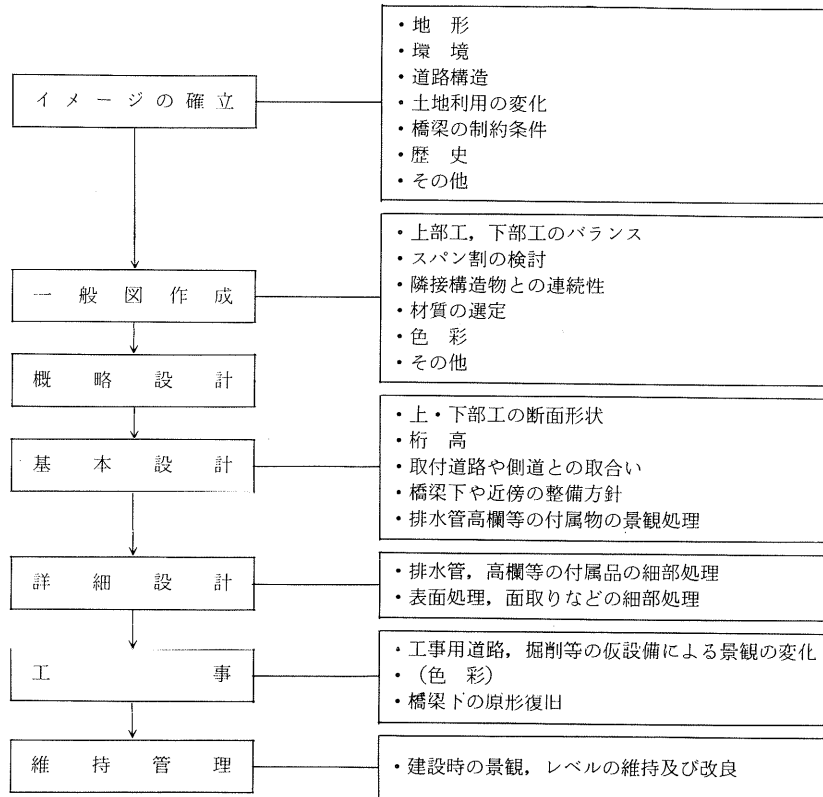


図-1 景観検討フロー³⁾

以下、図-1に示した高速道路の景観設計の検討方法³⁾について紹介する。

構造形式の選定においては、

①力学的に明快な構造

②周辺の状況に対応した構造形式

周辺のスケール感，視点の位置，土地利用の状況，材質感，色彩の調和

③構造形式の統一

④スパン割り

⑤橋脚の設置位置

等の検討が必要である。

さらに、橋梁本体の構造ディテールでは、

①力の伝達の表現

②安定感の確保

上・下部工の調和，下部工の形状

③重圧感・威圧感の緩和

側方余裕の確保，上部工の形状，下部工の形状

④連続性の確保

桁高の連続性の確保，主桁外側面の整合，橋脚形状の統一，材質・色彩の緩和

⑤煩雑感の緩和

橋脚柱の並び具合，桁裏の処理

等について検討が必要である。

例えば，都市部の高架橋のように視点が近くなる場合，上部工が重圧感，威圧感を与えがちになるので，次のような方法をとればよい。すなわち，

- a) スラブ構造や箱桁構造を採用し，桁高を低くする
- b) 床版の張り出し部を利用し陰影をつける
- c) 高欄にアクセントを付けその存在を強調する
- d) 変断面桁を採用し，径間中央の桁高を低くする

また，太い下部工は鈍重な感じで重圧感・威圧感を与えるので，できるだけスリムに見えるような配慮が必要である。その場合は，次に示すような処置をとればよい。

- a) 橋脚にストライプ，大きめの面取りによって陰影を与える
- b) 梁のない構造とする

次に，付属物の構造ディテールでは，①高欄，②遮音壁，③排水管および④検査路等の検討が必要である。その場合，例えば排水管において

- a) 排水管を積極的に見えなくする
 - ・路肩に側道を設けて橋脚位置で排水する
 - ・縦管を主桁内部に取り込む
 - ・化粧板で覆う
- b) 出来る限り目立たないようにする
 - ・橋脚にスリットを設けその中に縦管を配置する
 - ・排水柵の個数を少なくして露出部を少なくする
 - ・排水管を塗装する
- c) 上部工のデザインのアクセントとして取り入れる

等により景観設計を行えばよい。

3. 美しいPC橋

3.1 桁橋

(1) 単純桁橋

この構造形式の橋は橋梁規模が比較的小さいものが多く，椿橋(写真一1)，オリーブ大橋(写真二2)および恋谷橋(写真三3)の3橋は，いずれも周辺の環境を考慮して高欄，親柱，照明灯などの橋梁付属物・橋面に景観的な配慮がなされており，またランドマークとして地域の人々から親しまれている橋梁である。



写真一1 椿橋（高知県，竣工：1987年）



写真一 2 オリーブ大橋(香川県, 竣工:1970年, 改修:1987年)



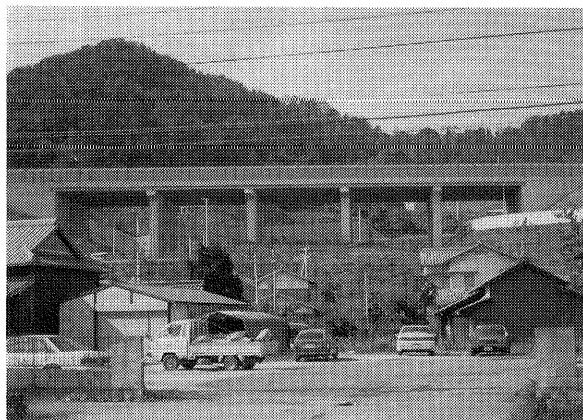
写真一 3 恋谷橋(鳥取県, 竣工:1987年)

(2) 連結桁橋

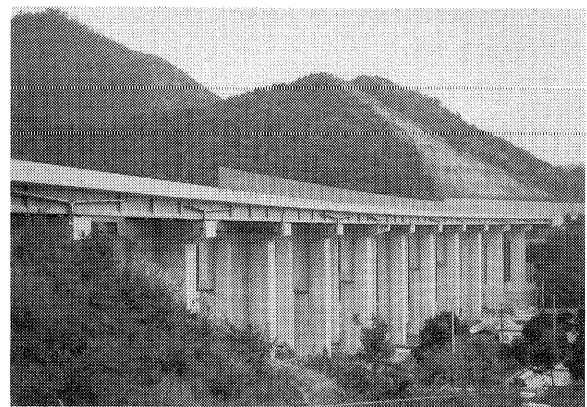
この構造形式の橋は、次項で述べる連続桁橋と同様な主桁の連続的な景観が期待できる。

常磐高架橋(写真一 4)は、本州四国連絡橋(児島・坂出ルート)の番の州高架橋に続く高架橋で、支間 21.4 または 21.8 m のプレテンション単純T型桁を5径間連結した橋長108.9 m の橋梁で、主桁の連続性が保たれており、また、高欄の高さや色彩に周囲との調和が配慮されている。排水管はすっきり目立たないように配置されている。

同様に、表橋(写真一 5)は、橋長 349.0 m (上り)・334.0 m (下り)の4連の3径間連結桁あるいは連続桁からなる橋梁であるが、主桁の連続性が美しい。また、かなり高橋脚であるが上部工と下部工とのバランスのとれた、周囲の溪谷にマッチした景観となっている。



写真一 4 常磐高架橋(香川県, 竣工:1987年)



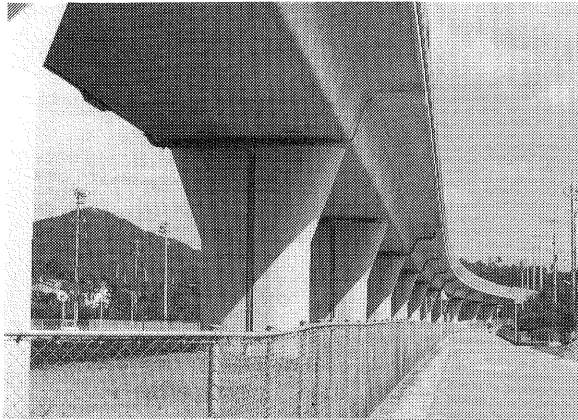
写真一 5 表橋(愛媛県, 竣工:1987年)

(3) 連続桁橋

橋梁の伸縮継手部は、走行性、振動騒音等の問題の原因となりやすいことから、最近の橋梁は伸縮継手を少なくする方向にあり、その結果連続桁や連続ラーメン等の構造形式が多く用いられている⁴⁾。連続桁橋ではモーメントの分布などに応じて桁高を変化させるのが合理的であるとされ、通常は支点で高くする場合が多い。そして桁橋の下フランジをなめらかに変化させ、連続感を強調するのが一般的であるが、桁高が低くブラケットが長い場合などストリンガーの等高の線を強調することもできる。

本州四国連絡橋(明石～鳴門ルート)の徳島県内陸上部の撫養高架橋(写真一 6)は、橋長 1 327.0 m の4, 5, 6 径間連続箱桁橋である。同橋は都市住宅地内にあるため、桁下に対する圧迫感・威圧感を取り除くよう主桁の断面形状を逆台形化し、さらに橋脚は上部工からスムーズに視覚的な流れを創り出すよう橋脚断面に丸みをつけて、周囲環

境にとけ込むように配慮されている。その結果、桁下空間が明るくなっている。排水管は橋脚中央部に凹部を設けその中に縦管を配置して目立たないように景観に配慮している。

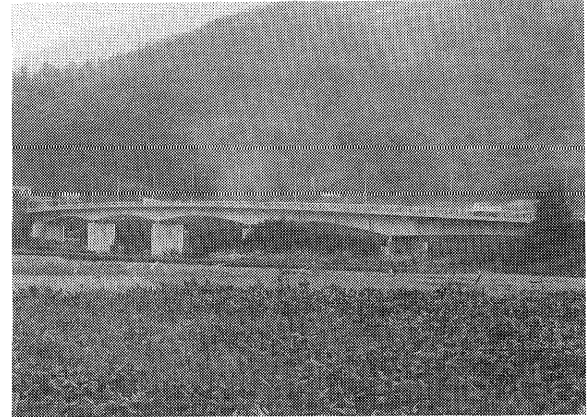


写真一六 撫養高架橋（徳島県，竣工：1986年）

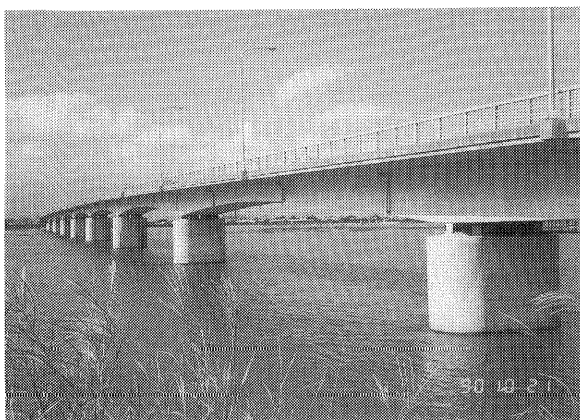
吉野川に架かる美馬中央橋(写真一七)および青石橋(写真一八)は、それぞれ橋長 657.0 m の 8 径間連続箱桁（+単純桁）および橋長 520.0 m の 7 径間連続箱桁橋である。また、東予有料道路の新加茂川大橋(写真一九)および新中山川大橋(写真一十)は、それぞれ橋長 550 m の 9 径間連続箱桁橋および橋長 248.0 m の 4 径間連続箱桁橋であり、新加茂川大橋は愛媛県で最長の橋梁である。これらの 4 橋は、何れも河川にスレンダーな美しい曲線を写し、周囲の環境と調和した景観を示している。



写真一七 美馬中央橋（徳島県，竣工：1988年）



写真一八 青石橋（徳島県，竣工：1981年）

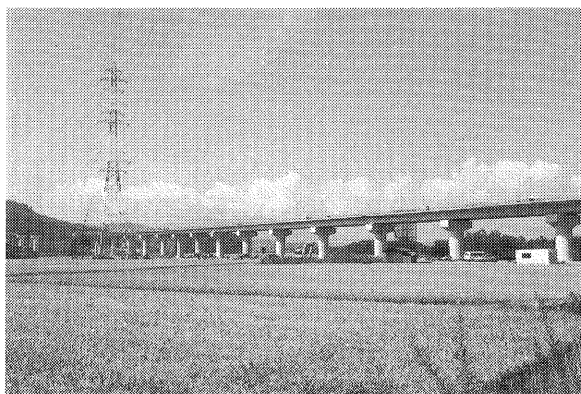


写真一九 新加茂川大橋（愛媛県，竣工：1978年）



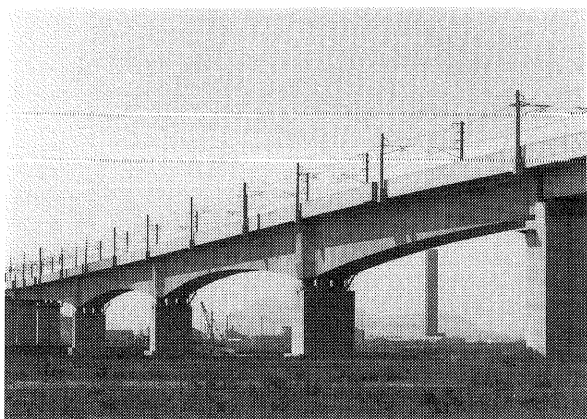
写真一十 新中山川大橋（愛媛県，竣工：1978年）

近畿自動車道舞鶴線の観音寺高架橋(写真一11：現在工事中)は、橋長 729 m、支間 26.5～30.0 m の PRC (プレストレスト鉄筋コンクリート) 3、4 径間連続 2 主版桁橋である⁶⁾。2 主版桁は桁下の景観がすっきりしてより、きわめて美観がすぐれている。一般の PC 橋と比較して、PRC 橋は施工期間が短く、耐久性・経済性も優れているので、今後比較的小スパンの都市高架橋などに計画されることが多い構造形式として注目される。同高架橋は、日本道路公団では 3 番目の PRC 橋⁶⁾として施工中のものであり、今後も大いに期待される構造である。

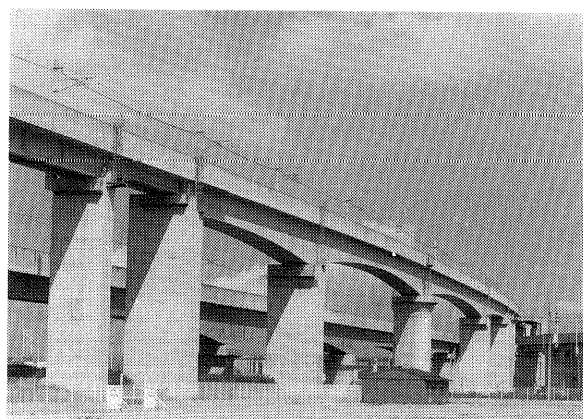


写真一11 観音寺高架橋 (京都府、工事中)

本四備讃線香川県側の北浦港橋梁(写真一12)および大束川橋梁(写真一13)は、それぞれ橋長 450.0 m の 5 径間連続箱桁橋および橋長 256.25 m の 4 径間連続箱桁橋であり、北浦港橋梁の最大支間 120 m は、鉄道橋として日本一である。両橋ともこの構造形式の特徴的な景観を示して、力学的な曲線の美しさが表われている。



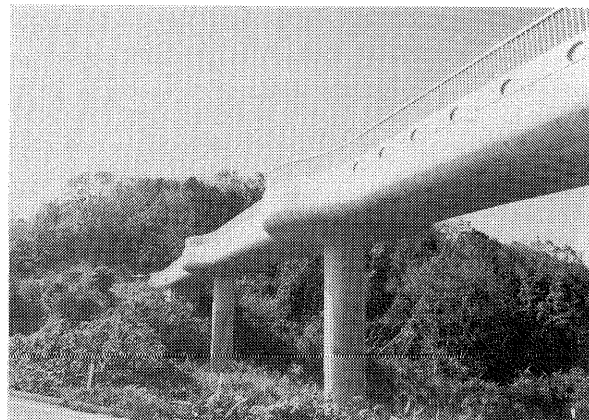
写真一12 北浦港橋梁 (香川県、竣工：1988年)



写真一13 大束川橋梁 (香川県、竣工：1987年)

歩道橋(都公御第 5 号橋梁)(写真一14)は、橋長 58.0 m の 3 径間連続中空床版橋である¹⁰⁾。床版外側下面の曲線と橋脚の丸みが一体となって、柔らかな景観を創っている。支点位置にバルコニーを設置し、橋面全体のデザイン構成も統一されて美しい景観となっている。

なお、写真は載せていないが同形式の美しい橋梁として、足摺サニーロード(国道 321 号：高知県)の大津大橋および片粕大橋があり、それぞれ橋長 390.5 m および 180 m の 3 径間連続桁橋である。両橋とも国立公園に設置されているため周囲の景観との調和が配慮された設計となっている。



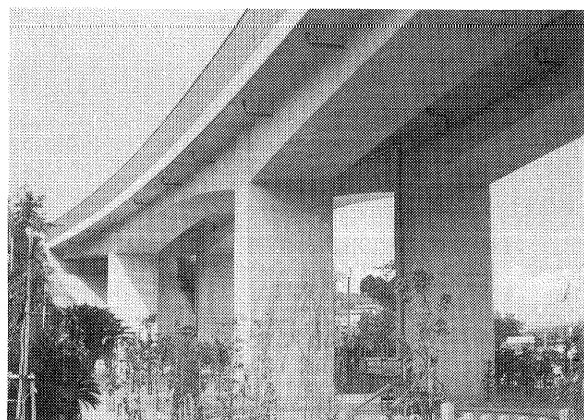
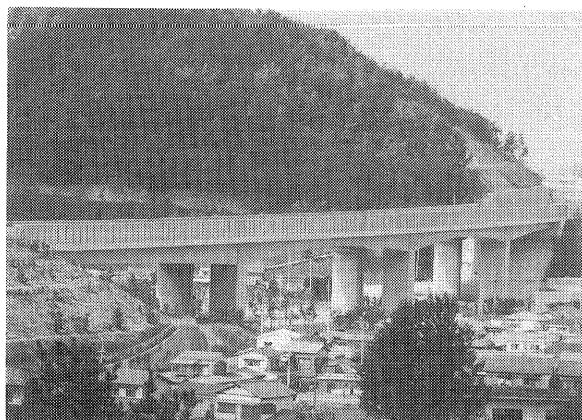
写真一14 歩道橋（都公御第5橋梁）（愛媛県，竣工：1986年）

3.2 ラーメン橋

ラーメン橋は、特に景観を意識して採用される構造という訳ではないが、橋脚の張り出しの解消や桁と橋脚の連続性等好印象を与える要素を多くもっている⁴⁾。

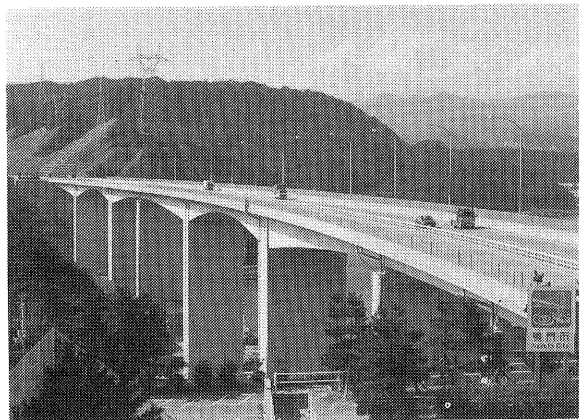
(1) 連続ラーメン橋

八幡高架橋(写真一15)は、橋長 280.0 m の 4 径間連続ラーメン P C 箱桁橋で、四国側陸上部（本州四国連絡橋：児島・坂出ルート）で最長の P C 橋である。当初 8 径間連続 P C 箱桁橋で計画されていたが、酒造用井戸・墓地などの支障物件が多く交渉が長期化することが予想され、また高架橋付近で都市公園が合併施工されることなどが考慮され不等径間の P C ラーメン橋として形式変更された。高架下は都市公園があることもあって、明るく、非常にすっきりした空間となっている。排水管も橋脚の内面に設置し景観の配慮がなされている。

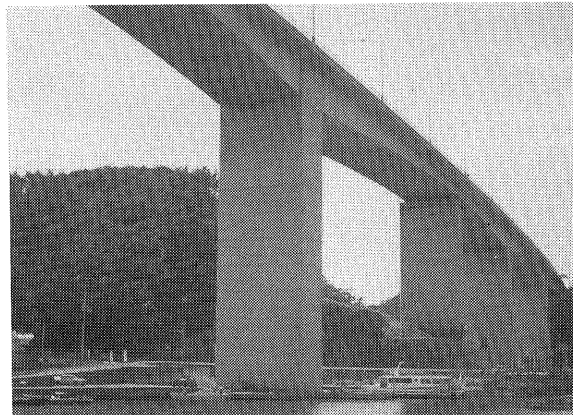


写真一15 八幡高架橋（香川県，竣工：1987年）

亀浦高架橋(写真一16)は、本州四国連絡橋(明石・鳴門ルート)のなかで、大鳴門橋に続く四国側で最初の P C 橋で、地上より 50 m を越える高さに橋長 593.35 m の 3 径間連続ラーメン箱桁橋である。付近一帯は瀬戸内海国立公園第二種特別地域に指定されており、鳴門のうず潮でも有名で、高架橋近くには展望台が設けられており、多くの観光客が訪れる景勝地の名所となっている。

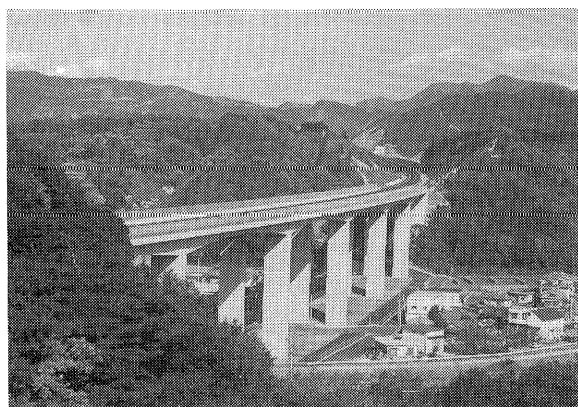


写真一16 亀浦高架橋（徳島県，竣工：1984年）

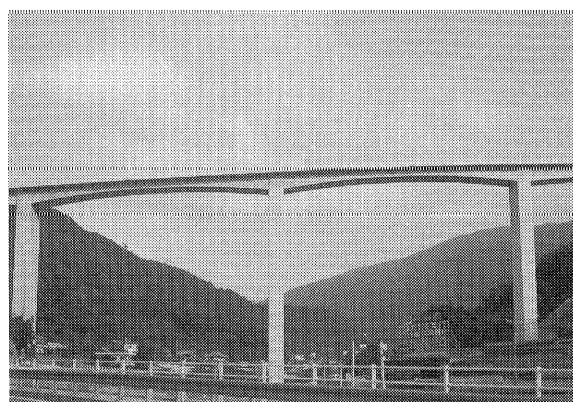


金生川橋(写真一17)は、橋長 362.0 m の 6 径間連続ラーメン箱桁橋である。高橋脚であるが上部工と下部工とのバランスがよく、また、橋脚の張り出しがないため主桁と橋脚の連続性について好印象を受ける。

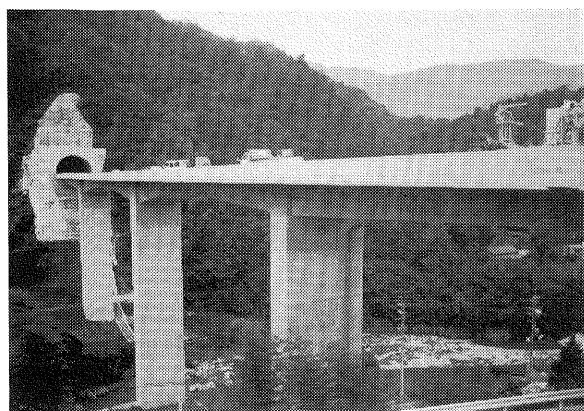
同構造形式のPC橋として、四国横断自動車道に川滝橋、黒田橋および土佐吉野川橋が現在工事中である。川滝橋(写真一18)および黒田橋(写真一19)は、それぞれ橋長 226.0 m および 170.0 m の 4 径間連続ラーメン箱桁橋である。また、土佐吉野川橋(写真一20)は、橋長 290.6 m の 3 径間連続ラーメン箱桁橋である。



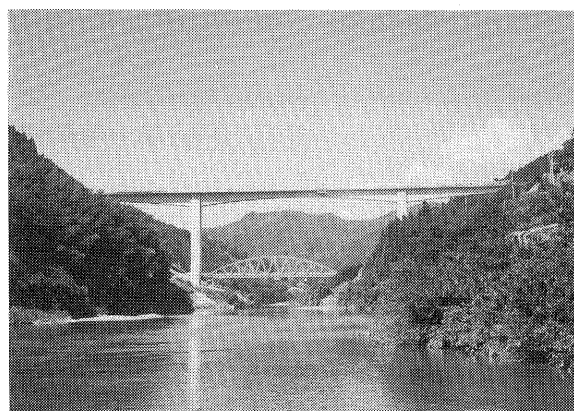
写真一17 金生川橋（愛媛県，竣工：1987年）



写真一18 川滝橋（愛媛県，工事中）

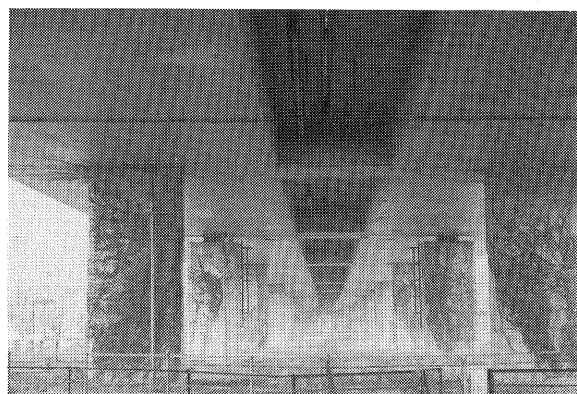


写真一19 黒田橋（愛媛県，工事中）



写真一20 土佐吉野川橋（高知県，工事中）

長吉高架橋(写真一21)は、近畿自動車道天理吹田線に架かる全橋長1 570 mのPC3径間連続ラーメン橋である⁷⁾。PCラーメン橋はスレンダーな高橋脚の構造が多いが、同橋は都市部の比較的橋脚高の低い(7.8~9.8 m)橋梁で、2本の中間橋脚を各々角柱で上部工の箱桁に剛結し、また、上・下線の上部工を支点上で連結した立体ラーメン構造としたため、桁下空間がすっきりして景観が優れている。上部工は、上り、下り線とも2.1 mの等桁高さの3箱室桁断面とし桁高さを低くし、すっきりした線で上部工の重圧感・威圧感を和らげている。



写真一21 長吉高架橋(大阪府、竣工:1988年)

(2) 有ヒンジラーメン橋

名田橋(写真一22)は、吉野川に架かる我が国で第2番目のディビダーク工法による橋梁で、橋長800 mの12径間連続有ヒンジラーメン橋である。アーチ状に連続するスリムな橋姿を吉野川に写し、周囲の景観とマッチしている。また、仁淀川河口大橋(写真一23)は、橋長1 006.9 mの13径間連続有ヒンジラーメン橋である。仁淀川が太平洋に流れる河口部に架かる同橋は、雄大な力学的美しさが表されている。



写真一22 名田橋(徳島県、竣工:1963年)



写真一23 仁淀河口大橋(高知県、竣工:1977年)

浦戸大橋(写真一24)は、主橋の橋長601.05 mの5径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋である。中央部の支間230 mは、建設当時(1972年7月)にはコンクリート橋として世界最大であった。水面はるか上方に伸びる白くスレンダーな姿は端正で、中央径間部の曲線の力学的な美しさは周囲の景観とマッチし、高知港の入口としてランドマークとなり、また名所として親しまれている。

川登橋(写真一25)は、中村市の上流約10 kmの地点で四万十川に架けられた、橋長340 mの4径間連続有ヒンジラーメン橋である。親柱は清流の象徴、鮎を形どっており、山の緑と清流にマッチした景観を呈している。

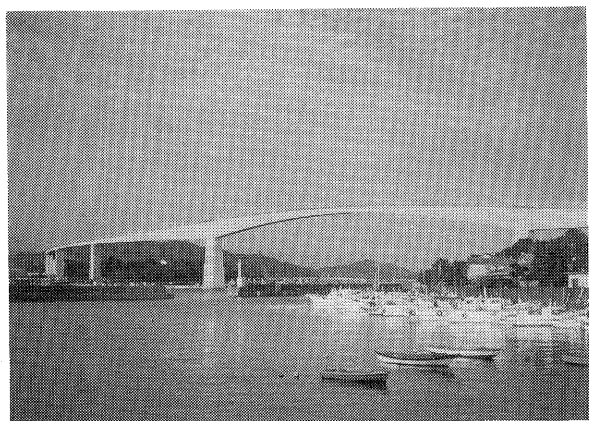
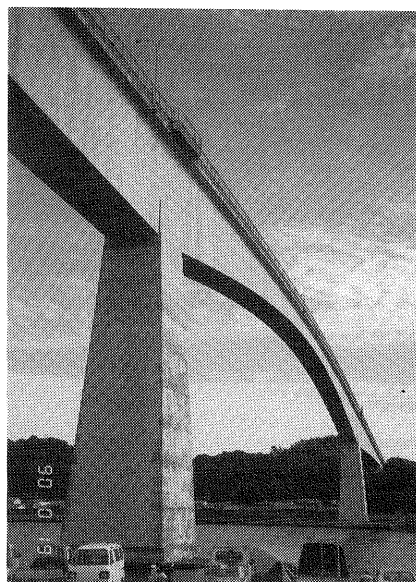


写真-24 浦戸大橋（高知県。竣工：1972年）



なお、写真は載せていないが、同形式の美しい橋梁として、高知県に、仁淀川を跨ぐ**横倉橋**および**広井大橋**がある。横倉橋は橋長317.0mの5径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋であり、同橋の西方に地元住民が深く信仰している安徳天皇を祭った横倉山があることからこの名がある。また、**広井大橋**は橋長213.0mの3径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋である。

(3) Tラーメン橋

比較的橋長が短く、支間を大きくしたいときこの形式が採用される。Tラーメン橋は経済性などの面から連続桁橋2径間にかわるものと考えてよい⁴⁾。

黒川大橋(写真-26)は、橋長198mの2径間連続T型ラーメン箱桁橋である。中筋川ダムの湖面橋であるためダムの高さに近い71mの高橋脚となっているが、ダム完成後は湖面に美しいスレンダーな曲線を写し、周囲の緑と調和した、新たな景観美を生むものと思われる。

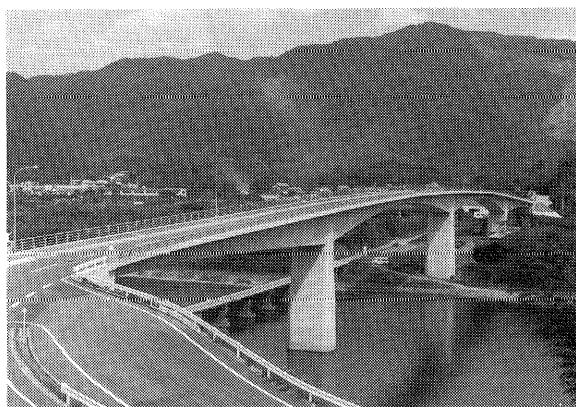


写真-25 川登橋（高知県，竣工：1985年）

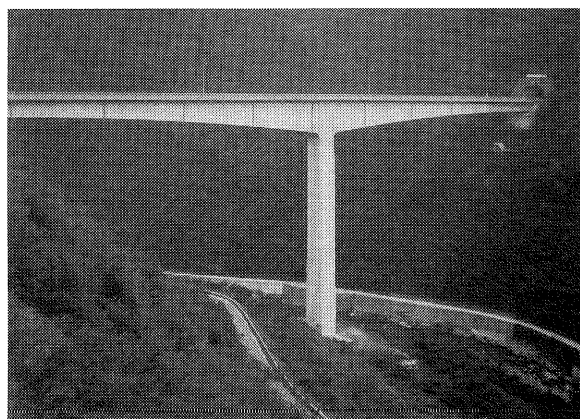


写真-26 黒川大橋（高知県，竣工：1987年）

3.3 斜張橋

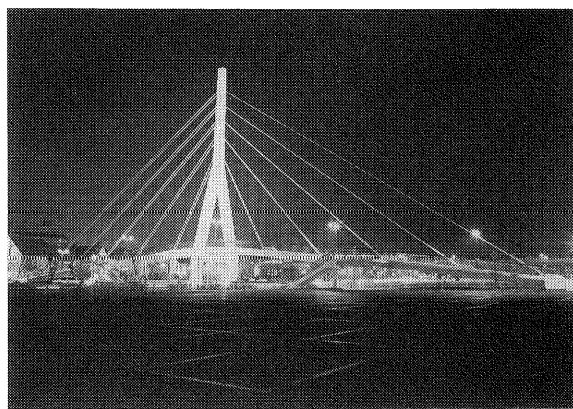
この形式は、桁橋形式よりも長い支間(150m以上)に対して特に有利性が発揮されるものであるが、形状の特異性から橋梁がランドマークとして利用される効果があり、歩道橋や小支間の橋梁などにも利用されることがある⁴⁾。

端出場大橋(写真一27)は、橋長 75.0 m の小支間の橋梁であるが、現在工事中の別子マイントピアへの入口にあたり、ランドマークとして計画されたものである。塔は縦方向にスリットを入れ、スレンダーな印象をもたせるとともに、空へ伸びる屹立感が感じられる。

白鳥橋(写真一28)は、橋長 96 m の横断歩道橋で、2 径間連続の P C 斜張橋の径間中央に主塔を中心として対称な位置に 2 ケ所踊り場を有している⁸⁾。同橋は、児島の郷土性と都会性の調和と対比をテーマとした街づくりの象徴的な役割となるような、他の歩道橋と調和を考慮し、利用者が愛着・親しみを持てるような要素をもつ構造物として橋梁形式が選定された。白色の塗装は白鳥が羽根を大きく広げ飛び立とうとしているように見え、すばらしい景観美を呈している。写真はライトアップを行ったときのものであるが、新しいランドマークとしての白鳥橋をさらに印象深いものとし、地域の人からもモニュメントとして親しまれている。



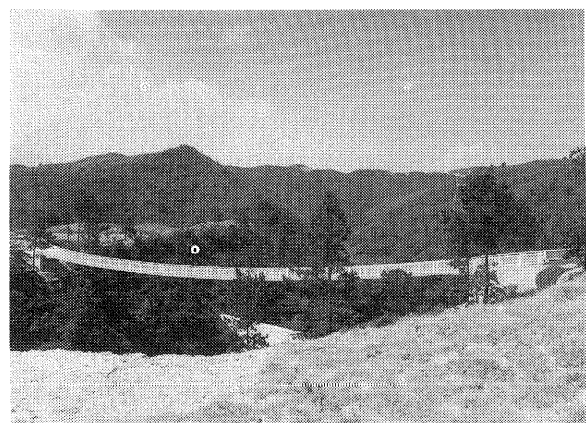
写真一27 端出場大橋(仮称) (愛媛県, 竣工: 1990年)



写真一28 白鳥橋 (岡山県, 竣工: 1987年)

3.4 吊床版橋

ひぐらし橋(写真一29)は、支間 63 m のゴルフコース歩径路として計画された歩行者専用の P C 吊床版橋である。その斬新でスレンダーな姿は、周囲の景観と一体となり、滝の宮カントリークラブの名物となっている¹¹⁾。



写真一29 ひぐらし橋 (愛媛県, 竣工: 1987年)

3.5 跨道橋

跨道橋の機能は、高速道路の場合³⁾、

- ①高速道路との交差交通を安全・機能的にオーバーパスさせること
- ②高速道路の走行を容易にし心理的に妨害しないこと
- ③ランドマークとしてルートガイダンスに使うこと

等である。このうち景観としては②および③が考えられる。その場合、構造形式・設置位置および間隔などが検討される。さらに、構造的ディテールとして、円柱およびV柱の採用、斜面および張出しのある断面による陰影の効果、斜橋の場合ののり面処理、面取り効果および橋梁付属物（化粧目地、縞仕上げ・ハツリ仕上げ・その他の化粧仕上げなどの表面処理）等について検討を行う。

四国縦貫（松山）自動車道に現在工事中の、関ノ原跨道橋(写真-30)および泉第一跨道橋(写真-31)は、それぞれ橋長28.9mのPC斜材付 π 型ラーメンおよび橋長49.2mのPC変形斜材付 π 型ラーメン橋であり、高欄に景観の配慮を行い、それぞれ縞仕上げおよび赤色の擬宝珠（千足神社の参道）の高欄として景観および周囲の環境との調和を図っている。

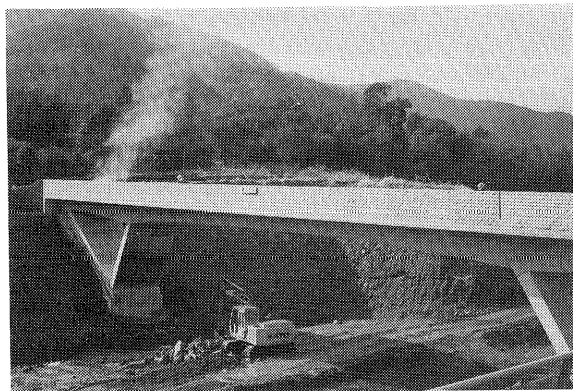


写真-30 関ノ原跨道橋（愛媛県，工事中）

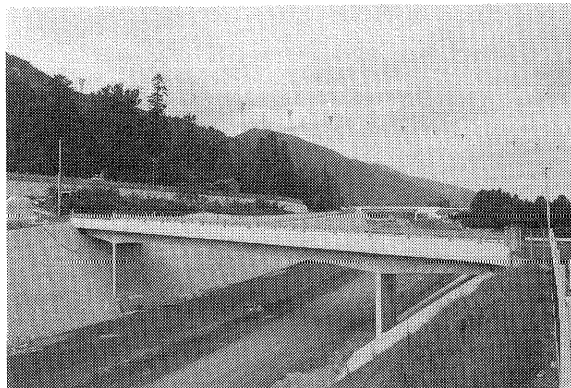


写真 31 泉第 跨道橋（愛媛県，工事中）

日根野跨道橋(写真-32)は、京阪神方面から阪和自動車道を分岐する場合約500m手前から全景が見渡せる位置にある。そのため、関西国際空港へのランドマークとして、大空への誘いすなわちエアポートのAをイメージし、遠方から見え易く、軽快かつスレンダーな橋梁形式として、このようなA型PC斜張橋が計画された⁹⁾。



写真-32 日根野跨道橋（大阪府，竣工：1989年）

4. おわりに

本文をまとめるに当たって、多数の文献を参考または引用させていただきました。特に、日本道路公団高松建設局、同大阪建設局、PC建設業協会四国支部などから多くの写真や資料をお寄せいただきました。御協力いただきました関係各位に厚く御礼申し上げます。

写 真 提 供

写真-19, 20, 30, 31 : 日本道路公団高松建設局

写真-11, 21, 32 : 日本道路公団大阪建設局

写真-1, 2, 14, 17, 25, 26, 27, 29 : (社)プレストレストコンクリート建設業協会四国支部

写真-3, 28 : ピーエスコンクリート徳岡山工場

参考文献および引用文献

- 1) 例えば, 特集本州四国連絡橋(児島～坂出ルート), プレストレストコンクリート, Vol.29, 特別号, 1987. 12
- 2) (社)日本道路協会: 橋梁デザインノート(その1～7), 道路, 1985～1986
- 3) (財)高速道路調査会: 高速道路の景観, 1986
- 4) (社)プレストレストコンクリート建設業協会: PC道路橋計画マニュアル, 1990
- 5) 松村 博: 橋梁景観の演出, 鹿島出版会, 1988
- 6) 堺 道夫, 青山實伸, 酒井秀昭, 井谷計男: PRC連続主版桁橋の設計方法について, プレストレストコンクリート, 1990. 7
- 7) 石橋 忠, 新谷 毅, 野田幹夫: PC立体ラーメンの応力測定と考察, 橋梁と基礎, 1988. 11
- 8) 中田武志, 山本雄治, 藤岡 靖: 白鳥橋の設計と施工, プレストレストコンクリート, 1988. 3
- 9) 藤城寛律, 上 東 泰, 沼崎正徳: A型PC斜張橋の設計と施工 一阪和自動車道日根野跨道橋一, 橋梁, 1990. 6
- 10) プレストレストコンクリート(年報), 1964～1972, 1974～1989
- 11) PC建設業各社のパンフレット

(平成2年11月記)

広島新交通システムの計画概要

建設省中国地方建設局

広島国道工事事務所交通対策課長 藤 井 輝 夫

1. はじめに

広島新交通システムは、広島市の都心部と広島市北西部の新市街地を結ぶ軌道系中量輸送機関として、建設省中国地方建設局、広島市、広島高速交通㈱の3者が一体となって整備を進めているものである。昭和61年度に事業化され、広島においてアジア競技大会の開催される平成6年の開業を目指して工事が進められている。

この新交通システムは、一般国道54号祇園バイパスと都市計画道路高陽沼田線の道路空間に建設され、広島市の中心地である紙屋町から市北西部の長楽寺までの12.7kmの区間に16駅が設置されることになっている。なお、アジア競技大会のメイン会場が建設されると共に、大規模な開発計画のある西部丘陵都市までの延伸が計画されている。

2. 広島新交通システムの必要性

(1) 道路と新交通システム

道路は単に自動車、歩行者交通のための施設であるばかりでなく、市街地の骨格を形成し、その空間を利用して、地下鉄、共同溝等の公共的施設の整備が行われるなど、都市の生活環境の向上に貢献している。また、新しい生活空間を創出するほか、防災等の機能をも果たしている。このように道路の多面的な機能の要請は、都市機能の高度化、経済および社会の多様化に対して今後ますます大きくなる場所である。

新交通システムは、大都市における環状交通、ニュータウン等と鉄道駅との連絡交通、地方中核都市等における基幹交通のバスでは輸送力が不足し地下鉄では採算性が悪い地域に適するとされている。いわば、バスと地下鉄の中間程度の交通需要に対応できる中量輸送機関としての特性を有しており、これを道路事業の一環として整備するものである。

他都市では、すでに神戸(ポートライナー)、大阪(ニュートラム)、横浜(金沢シーサイドライン)などで運行されている。

(2) 広島市の交通現況

広島市は、旧広島市の周辺での宅地開発が急速に進み、朝夕のラッシュ時には、周辺地域から都心へ集中的に流入する交通のために慢性的な交通渋滞が生じ、深刻な問題となっている。広島都市圏内の交通機関の分担を見ると、鉄道、バス等の公共交通機関の利用者が29%と低く(京阪神圏では62%)、個別交通手段への依存率が高くなっている。

広島市北西部と都心部とを結ぶ幹線道路である一般国道54号は、北部からの交通に加えて、急激な開発の進んでいる北西部の団地群からの流出入交通のため、朝夕の交通渋滞は特に深刻である。ちなみに、昭和60年の交通量は、安佐南区西原において、56,200台/日で交通容量の2.1倍となっている。このため、中央線変位(リバースレーン)、バス専用レーンといった交通混雑緩和対策を実施したが、急増し続ける自動車交通に対する根本的な対策が強く求められた。

対策の一つとして、山陽自動車広島ICと都心の間に54号バイパスとして延長8.5kmの祇園新道が建設され、その一部は昭和63年に暫定供用された。本新交通システムはこの祇園新道の道路空間に建設されるものであり、祇園新道の全幅員併用とあわせて、北側から都心に流出入する交通による渋滞は大幅に緩和されると期待されている。

(3) 広島新交通システムの概要

上述したように、広島市北西部の地域は、急激な宅地開発による人口の増加で、広島都市圏の中でも特に交通問題が深刻化していると共に、西部丘陵地区ではさらに大規模な開発計画が進められている。こうした当地域の交通問題に対応すると共に、広島都市圏の交通体系を効率的なものとするための検討が行われた結果、①交通量トリップ長等、地域の交通需要特性に適切に対応できる。②需要に輸送力を合せた弾力的な運営が可能であるとともに、将来の需要にも対応できる。③道路区間の有効利用が図れる。④安全性、経済性、安定性等を兼ね備えた低公害の公共交通機関である。という事から、新交通システムを、一般国道54号祇園バイパスおよび都市計画道路高陽沼田線の道路区間に建設されることとなった(図-1、図-2)。

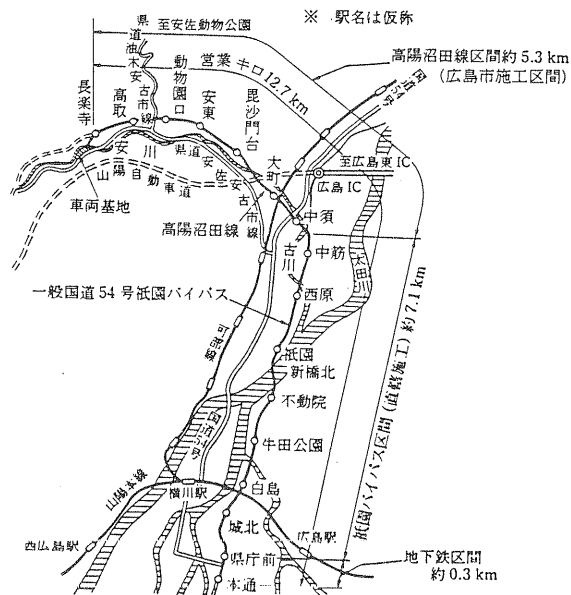
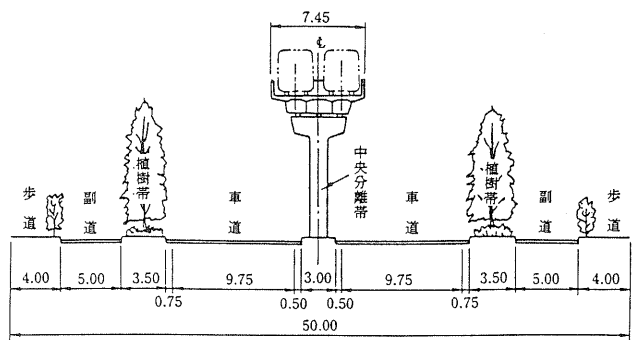
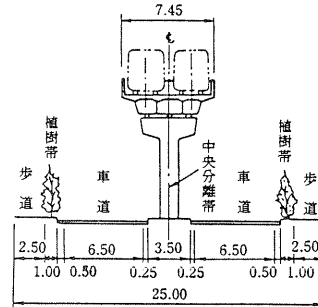


図-1 路線図



祇園バイパス区間



高陽沼田線区間

図-2 標準横断面図

広島新交通システムは、延長 12.7 km で 16 の駅が設置され、起点駅を都市中心地である紙屋町とし、終点駅を北西部の開発状況から長楽寺地区とした。この間の途中駅は、他の主要交通機関との乗り継ぎ、主要施設、周辺住宅地からの利便性等を考慮して計画した。また途中駅の主要駅(交通結節点)については駅前広場を整備することとしている。

軌道は、道路の中央に高架構造で設けられるが、都心部は広島市城、広島中央公園の景観、紙屋町周辺の道路空間の有効利用などを考慮して新交通システムとしては初めて地下方式とした。このため本通、県庁前駅は地下駅となっている。

車両(約 8 m)はゴムタイヤで 6 両連結(全長約 50 m)し電気を駆動力として走行するもので、開業時は有人運転としているが将来は無人運転を計画している(表-1)。

一般国道54号祇園バイパス区間の県庁前駅から中筋駅までのインフラストラクチャー(7.1 km)については建設省中国地方建設局が、都市計画道路高陽沼田線区間の中須駅から長楽寺までのインフラストラクチャー(5.3 km)については広島市がそれぞれ工事を担当する事となっている。車両の運行に必要な設備の工事および営業は、広島市が中心となって設立された第三セクターである広島高速交通㈱が担当することとなっている。

3. 高架区間の計画

祇園新道の高架区間は、延長約5.6 kmであるが以下の点に留意して計画を行なった。

①高架駅の構造は、道路の標準幅員が50 mと広く、駅舎延長が長くなっても沿線への日照の影響が少なく、さらに沿線住民に与える圧迫感をなくするため駅舎構造高の低い半2層式構造を採用した。すなわち本構造の場合、ラケット式の橋脚の側面で軌道桁を受け、走行高やホーム高を下げスレンダーなものとし利用者へのサービスの向上が図られる。

②河川の横架部は祇園新道の橋梁と同一支間割とした。

③祇園新道の交差点部は、道路交通安全上原則として右折車線を設けている。このため中央分離帯が縮少となっているため、単柱式橋脚が設置空間がないので走行径桁と一体とし門型柱形式とした。

④一般軌道部は、経済性、維持管理等を考慮してコンクリート橋とした。

⑤上部工は、車両の走行性および景観を考慮して、連続桁とし伸縮装置を少なくした。

(1) 一般軌道部の形式選定

上部工の橋種は、連続PCホロースラブ橋、RC床版連続鋼箱桁橋(2ボックス)、連続PC箱桁橋(2セル)の3橋種について比較検討を行なった。橋種による支間毎の概算結果は図-3に示すとおりで、最も経済的な橋種は支間長30 m以下の連続PCホロースラブ橋であることから基本橋種として連続PCホロースラブ橋とした。

支間は、橋脚が短い間隔で林立し沿線住民および道路利用者に不快感を与えない支間とし、経済性を考慮して標準的支間は25 mを採用した。

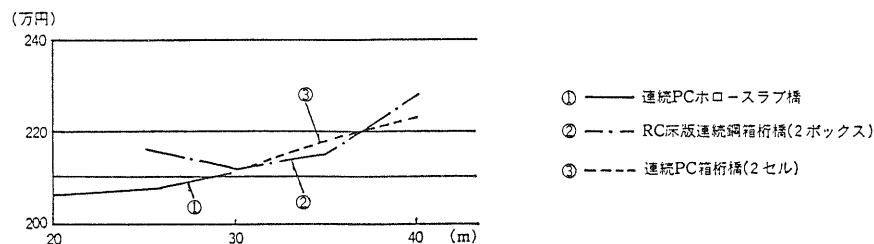


図-3 橋種による支間ごとの概算工事費

橋脚の型式は、大きく分けてT形、ラッパ形があるが上部工形式、経済性、景観等を考慮してRCT形橋脚を基本形とした。

基礎形式は、上部荷重、地質条件等を考慮し、杭形式とし、打込杭、中掘杭、場所打杭について比較検討を行ない、経済性、環境等を考慮して杭径1.0 mの場所打杭とした。

表-1 計画の概要

項目	概要
区間	広島市中区紙屋町二丁目～広島市安佐南区長楽寺一丁目
営業キロ	12.7km { 建設省施行区間 7.1km 広島市施行区間 5.3km 広島高速交通(株)施行区間 0.3km
構造型式	複線高架式、一部複線地下式(都心部)
車両	長さ8m/両、幅2.4m、高さ3.4m、定員一編成約350人
運転方式	ワンマン運転
駅数	16駅(平均駅間距離約850m)
車両基地	約4.7ha(安佐南区長楽寺二丁目)
建設費(昭和62年度価額)	900億円* { 公共施行(建設省) 300億円 (広島市) 160億円 経営者施行(広島高速交通(株)) 440億円
運行計画	列車編成: 6両編成、運行間隔3～4分、6～8分(ラッシュ時) 所要時間: 中区紙屋町～安佐南区長楽寺 約27分(表定速度約29km/h) 営業時間: 6時～24時
利用者数	67,700人/日(平成7年)
開業予定	平成6年春
建設主体	建設省、広島市、広島高速交通(株)
経営主体	広島高速交通(株)

* 公共施行(建設省、広島市): 支柱、桁および床版、駅舎構造物、交通安全施設等
経営者施行(広島高速交通(株)): 車両、車両基地、および公共施行区間の信号・通信設備、電力設備、駅務設備等ならびに広島高速交通(株)施行区間(0.3km)のすべての施設

(2) 交差点部の形式選定

上部工の橋種は、中央径間は 30 ～ 50 m となり、経済性、利用者の利便性、施工性および下部工への影響を考慮して、基本橋種は R C 床版連続鋼箱桁橋（2 ボックス）とした。

橋脚は、道路の幅員構成上から中央分離帯に設置できないため門型柱形式とし主桁と門柱梁の接続は

- ①門柱梁を橋座とし主桁を乗せる方法
- ②門柱梁と主桁の上フランジを離す方法
- ③門柱梁と主桁の上フランジを合わせる方法

の 3 案が考えられるが、①、②は新交通システムの縦断線形が高くなり、利用者へのサービス、経済性が③に比べると劣るので、③の門柱梁と主桁の上フランジを合わせる方法を採用した。また門型橋脚は経済性、施工性、景観および主桁との接続性を考慮して鋼製とした。

(3) 駅舎部の型式選定

使用される材料としては、鉄およびコンクリート系の材料が考えられるが、一般的にはコンクリートの方が経済的とされている。しかし駅舎については、一般軌道部と異なりプラットホームやコンコース等の荷重が大きく、橋脚は中央分離帯に一本柱で立つことになり、コンクリート材料では橋脚支柱が大きくなる。またコンクリートを用いると梁の高さも高くなり駅舎の利便性も悪くなり、不経済となるので駅舎部の使用材料は鉄とした。

桁の型式は、単純桁と連続桁のタイプがあるが、コンコース部、ホーム部、機電室からなり、

- ①構造が明確になる
- ②施工上、単純桁の方が柔軟に対応できる
- ③将来の維持管理が容易
- ④他径間で発生する振動を伝えない

ことから単純桁とした。

合成桁はその性質上、床版開口に対して適応性に欠ける。従って、エスカレータ、階段等による開口のあるコンコースやプラットホーム桁は非合成桁とする。軌道桁は、床版開口はないが床版のきれつ等を考慮して非合成桁とした。

プラットホームやコンコースの桁は床版に開口が多く必要となることから、1 本主桁とすると主桁にねじりが生じるのでねじり鋼性の大きい箱桁とする。また軌道桁もねじり鋼性の大きい箱桁とした。

(4) 景観に対する配慮

景観設計の基本方針として、構造物を周辺に調和させながら、新交通システムが狙っているモダンな感覚をデザイン上に反映させ、親しみやすい魅力的なものにする。さらに構造物のイメージとの結びつきとして、構造物のもつ重圧感、威圧感を避け、スリムで軽快なもので斬新かつ柔らかく幾何的なものにする。軌道部への反映として、桁高を薄くし橋脚も上部工と一体となるようにした。

基本方針をふまえて、上部工についてはスリムで軽快なものにするため、橋種を問わず上部工側面は同一の傾斜角（5：1）にし、連続性を図っている。また図-4 に示すように、橋脚と上部工を一体的にするため、上部工側面と橋脚の桁受け側面を同一傾斜とし連続的な線になるように設計した。

鋼桁については、2 box 鋼箱桁を基本にしているが、箱桁間の横桁等が道路利用者見えないように景観に配慮するとともに、P C ホーロスラブの下面との連続性を保つため箱桁間の下面に化粧板を設けた。

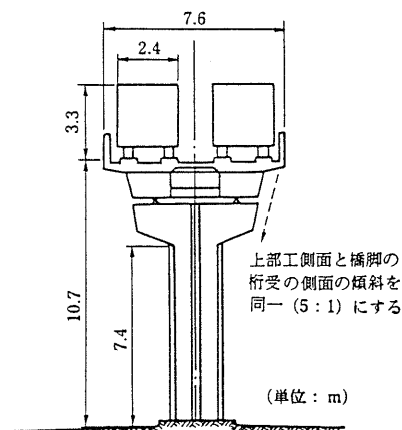
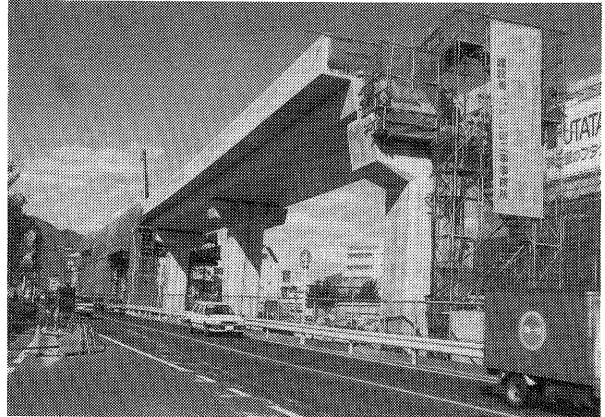


図-4 一般高架部の標準断面

R C 橋脚については、直線を基調とし隅角部は面取りを大きく行ない、柔らかみを与えた。また橋脚にスリムで軽快感を与えるため橋脚の中央部に 30 cm、深さ 10 cm の溝を縦方向に設けた（写真－1）。



写真－1

参考および引用文献

国土開発技術研究センター，日本交通計画協会：広島新交通システム技術委員会報告書，昭和62年12月

積算技術 1990年7月

土木技術 1990年7月

美しい P C 構造物

九州工業大学教授 渡 辺 明

今日、私たちのライフスタイルは、飛躍的な経済的発展とともに豊かさやゆとりの追求にみられるように、生活のグレードアップ化・多様化を求めて、その指向を変えつつあります。住宅・社会資本に対してもアメニティの増進など高度で多機能な役割が要求されています。

共用空間としての道路環境についても機能重視から人間重視への方向転換が必要とされており、街なみや景観の整備など快適性を創出する施策が各地で展開されています。

ここに紹介する“美しい P C 構造物”は、人間生活と周辺環境との調和を追求し、景観を考慮したコンクリート構造物です。

1. 橋 梁

(1) 河鹿橋

施 工 地：鹿児島県川辺郡川辺町

発 注 者：鹿児島開発事業団

構造形式：P C 双弦アーチ・ローゼ橋

橋 格：W-350 kg/m²

橋 長：51.0 m

竣 工：昭和62年 5 月

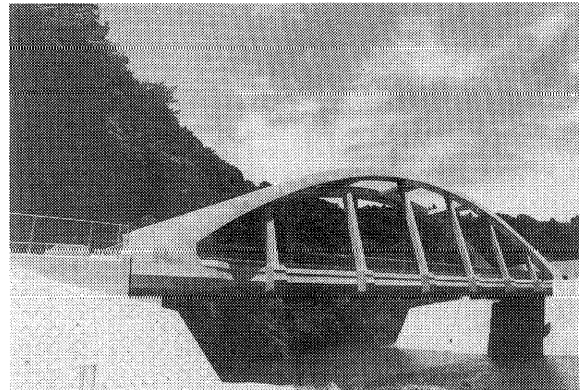
施 工：富士ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：導水路の一部として、計画され、万の瀬川横

断部に水路と管理道路との併用橋として架設された。

また公園区域内にあり、周辺の景観との調和を考慮し、美観を重視した形式が採用された。

上弦材及び下弦材（床版部）を支保工施工し、吊り材をプレキャスト部材として施工している。



(2) 津江スピードウェイアーチ橋（仮称）

施 工 地：大分県日田郡上津江村

発 注 者：日本トライトラスト㈱

構造形式：コンクリートアーチ橋

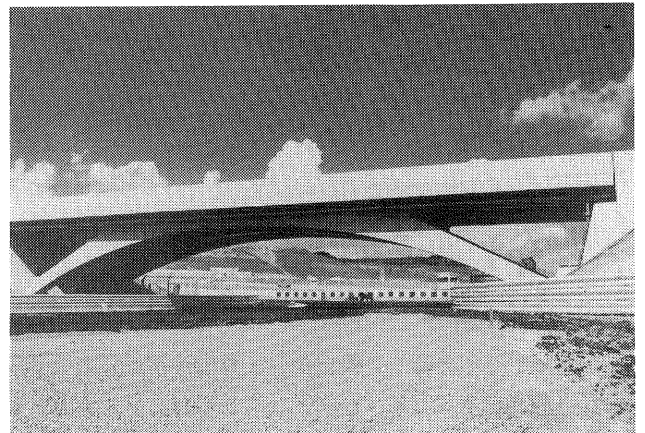
橋 格：TL-14

橋 長：46.2 m

竣 工：平成 2 年 7 月

施 工：間組，オリエンタル建設㈱

特 徴：F 1 コース上に架かるオーバークリップであるため景観を考慮してアーチ形式とした。アーチリブは軽快な感じをだすように柱構造とした。



(3) 速日峰橋

施 工 地：宮崎県東臼杵郡北方町

発 注 者：北方町

構造形式：P C 逆ランガー橋

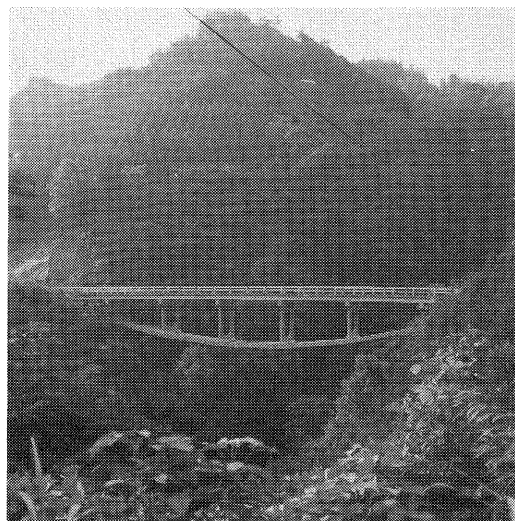
橋 格：T L - 14

橋 長：54.48 m

竣 工：昭和52年 3 月

施 工：ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：現地は、谷間の深さ50mで兩岸60度程度の斜面で切り立つ溪谷である。本橋は、このような立地条件に吊り床版工法を応用して架設したものである。下弦材、上弦材、柱のいずれも比較的小さな部材で構成されており、構造的からくる造形が周辺の緑と調和している。



(4) 公園橋

施 工 地：大分県佐伯市

発 注 者：佐伯市役所

構造形式：P C 2 径間連続斜張橋

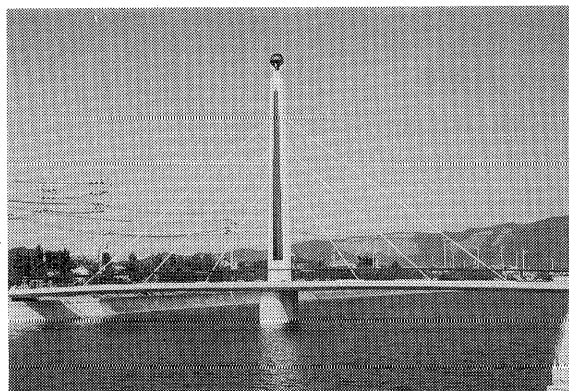
橋 格：W 350 kg/m²

橋 長：50.0 m

竣 工：平成元年 8 月

施 工：ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：市民体育館や武道館のある公園の入口に造られたもので、斜張橋の構造美を取り入れ、塔はシンボルとして造形を考えている。中央の幅広い場所にはベンチを置き憩いの空間としているほか、橋面はインターロッキングにより装飾を施している。また照明設備に高欄の内部に蛍光灯を埋め込み橋面を照らすことや、夜間に橋全体が遠くからでもよく見えるように橋の両端にスポットライトを備えるなど、様々な工夫がされている。



(5) 新門司大橋

施 工 地：北九州市門司区

発 注 者：北九州市港湾局

構造形式：単径間 P C 斜張橋

橋 格：T L - 20

橋 長：77.0 m

竣 工：昭和62年 3 月

施 工：ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：架設位置は、臨港工業用地・中長距離フェリー基地・海洋レクリエーション施設等、北九州市の産業や物流の新しい拠点として整備が進行しているところである。本橋は臨港道路の一部で、高く伸びた主塔、高さの低いスレンダーな桁、ファン型ケーブルを有する美しい外観を呈し、近代的なイメージをもつ斜張橋として、同地区のシンボルとなっている。



(6) 勝本ダム大橋

施 工 地：長崎県壱岐郡勝本町

発 注 者：長崎県

構造形式：P C 2 径間連続斜張橋

橋 格：T L－14

橋 長：55.0 m

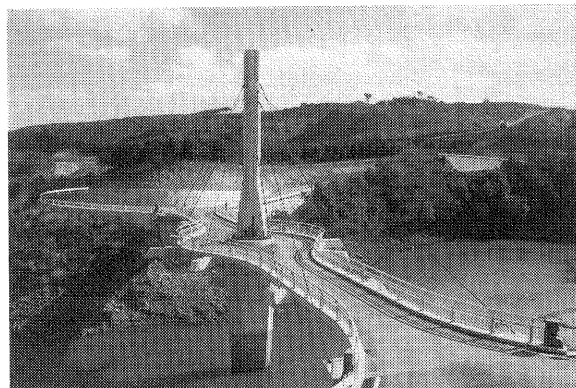
竣 工：昭和55年12月

施 工：富士ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：治水用ダムとして施工された勝本ダム内に架

設されたP C斜張橋である。この地域は古来から仏教

聖地であり、多くの巡礼者が訪れるため、その環境を侵さないように橋脚部付近に仏塔のイメージをもたせたものとなっている。



(7) 原田跨道橋

施 工 地：福岡県筑紫野市原田

発 注 者：筑紫野市原田土地区画整理組合

構造形式：5 径間連続ラーメン橋

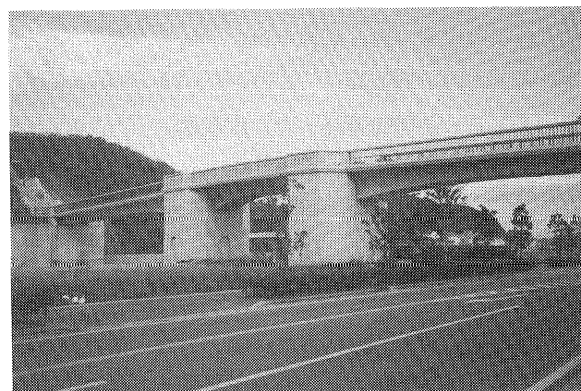
橋 格：W－350 kg/m²

橋 長：72.5 m

竣 工：平成元年1月

施 工：オリエンタル建設㈱

特 徴：橋脚部を八角形の箱型として、中世ヨーロッパの城をイメージしている。そのため側面からみると3径間連続桁のように見える。



(8) 畑 橋

施 工 地：北九州市八幡西区

発 注 者：日本道路公団

構造形式：P C中空床版方杖ラーメン橋

橋 格：T L－20，T T－43

橋 長：60.5 m

竣 工：昭和60年8月

施 工：コーアツ工業㈱

特 徴：北九州国定公園内に架ける橋であることから橋全体をすっきりした構造にしている。主桁側面形状を等断面とし、主桁断面は主版下方を絞った台形としている。脚部も同様な理由で下端を絞っている。



(9) 星ヶ峰ニュータウン横断歩道橋

施 工 地：鹿児島市星ヶ峰町

発 注 者：鹿児島県鹿児島開発事業団

構造形式：P C 3 径間連続中空床版V脚ラーメン橋

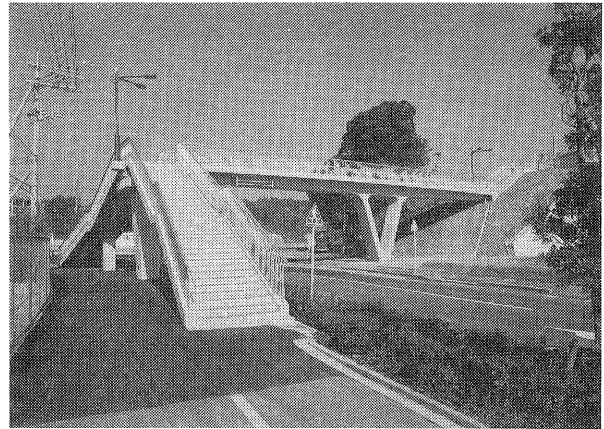
橋 格：W—350 kg/m²

橋 長：32.59 m

竣 工：昭和62年12月

施 工：コーアツ工業㈱

特 徴：新興住宅街に建設された歩道橋で、V脚でアクセントをつけたV脚ラーメン構造である。また学童の通学路として、高欄にメロディー高欄を採用し、“夕焼け小焼け”“くつつが鳴る”の童謡の鉄琴がはめ込まれている。



(10) 西大橋

施 工 地：福岡市中央区天神

発 注 者：福岡市交通局

構造形式：P C 3 径間連続ホロー床版橋

橋 格：T L—20

橋 長：82.55 m

竣 工：昭和56年6月

施 工：富士ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：都心の憩いの場である水上公園と福岡唯一の繁華街を結ぶ西大橋は、いまや市民生活にはなくてはならないコミュニティ道路としての用を満たしている。周辺環境にもマッチしており、ゆったりした歩道と模様を配した橋面は道行く人々にひとときのやすらぎを与えている。全幅員は28 m、車道12 m、両歩道各々8 mから構成されており、歩道は散歩道的性格をもたせるため4色のタイルを使い幾何学的な博多織模様に仕上げている。



(11) 福博であい橋

施 工 地：福岡市中央区

発 注 者：福岡県

構造形式：P C 3 径間連続中空床版橋

橋 格：W—350 kg/m²

橋 長：78.2 m

竣 工：平成2年7月

施 工：オリエンタル建設㈱

特 徴：本橋は那珂川をはさんで福岡の天神中央公園と博多の歓楽街中洲を結ぶ歩道橋である。中間橋脚部に円形の広場を設け、その両張り出し部に東屋を配しておりコミュニティ街路を形成している。



(12) 健康の森公園橋

施 工 地：鹿児島市犬追町

発 注 者：鹿児島市

構造形式：P C 3 径間連続中空床版橋

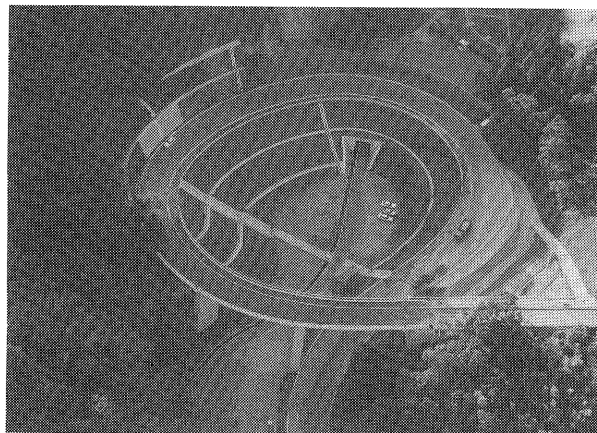
橋 格：T L－20

橋 長：90.0 m

竣 工：平成元年10月

施 工：コーアツ工業㈱

特 徴：健康の森公園に通ずる道路は小高い山稜に建設されるため高低差が大きい。本橋はその中腹に架かる平面曲率を小さくしたループ状の橋梁である。橋梁の平面曲率半径は50 m である。



(13) 音 川 橋

施 工 地：熊本県八代郡泉村

発 注 者：熊本県八代土木事務所

構造形式：ポストテンション単純中空床版橋

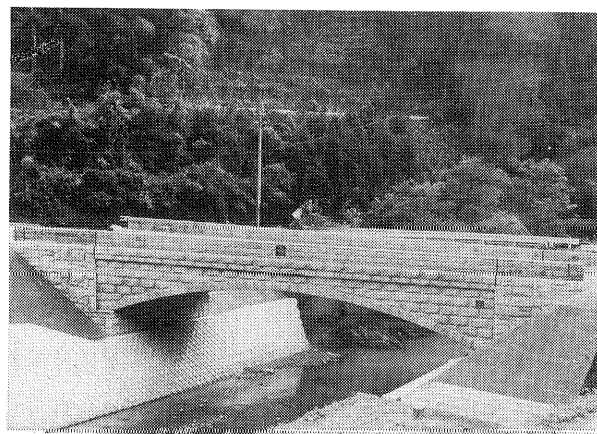
橋 格：T L－20

橋 長：20.4 m

竣 工：昭和62年11月

施 工：ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：本橋梁は、災害により老朽化した石橋の崩壊を機に架け替えられたもので、架け替えにあたり地域住民から以前の石橋の景観を持つよう希望された。この橋は単純中空床版橋であるが、スラブの両袖に壁を設け、アーチ状とし、石張り型枠材を使用して、石積みアーチを模擬したものである。



(14) 彼 岸 橋

施 工 地：福岡県遠賀郡遠賀町

発 注 者：長岸寺

構造形式：P C 単純3 主版桁

橋 格：W－350 kg/m²

橋 長：18.8 m

竣 工：昭和63年10月

施 工：オリエンタル建設㈱

特 徴：長岸寺の参道となる橋であるため、寺のイメージにあったものとして宝珠高欄を使用し、橋面舗装は天然石とした。主桁の側面形状は太鼓橋形状とした。



(15) 高 橋

施 工 地：佐賀県佐賀市

発 注 者：佐賀地区河川改修事務所

構造形式：P C単純T桁

橋 格：W—350 kg/m²

橋 長：31.0 m

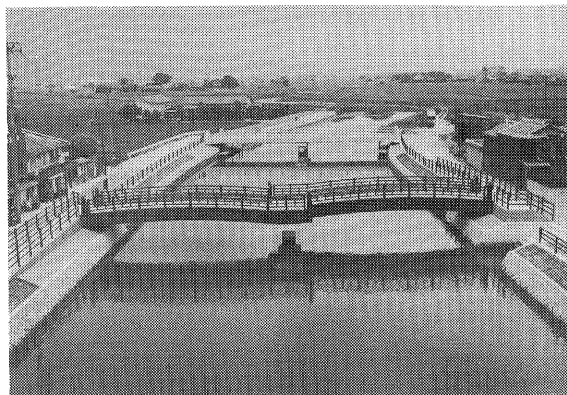
竣 工：平成2年

施 工：オリエンタル建設㈱

特 徴：本橋は旧長崎街道にあたる道路に架かる橋で

江戸時代には参勤交替の時に通ったといわれている橋

である。その当時のイメージを出すように、高欄、地覆は木製としている。また桁は支間中央で反り上がった形状とし、平面的には橋脚部で直角に折れた形状としている。



(16) 緑の広場歩道橋

施 工 地：福岡県久留米市

発 注 者：久留米市役所

構造形式：プレテンション方式中空床版橋

橋 格：W—350 kg/m²

橋 長：57.0 m

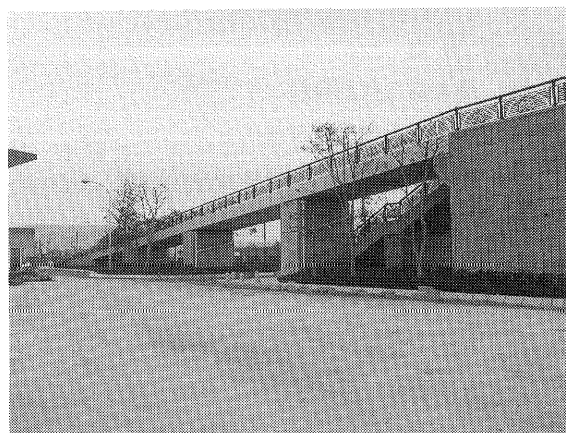
竣 工：平成元年3月

施 工：ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：緑の広場は市政100年を記念した公園整備事

業で、完成後に市花であるつつじをテーマとした“つ

つつじ祭り”が行われた。この橋梁は公園へのアプローチ部分で、橋面はタイル張りにし、地覆側面にはGRC版を張り、橋台・橋脚には化粧型枠を使用している。また、高欄につつじの模様を施した鉄高欄を付けている。シンプルであるが、調和のとれた造形美を創り出している。



(17) 梅の木轟公園吊橋

施 工 地：熊本県八代郡泉村

発 注 者：熊本県泉村

構造形式：P C吊床版橋

橋 格：W—100 kg/m²

橋 長：116.0 m

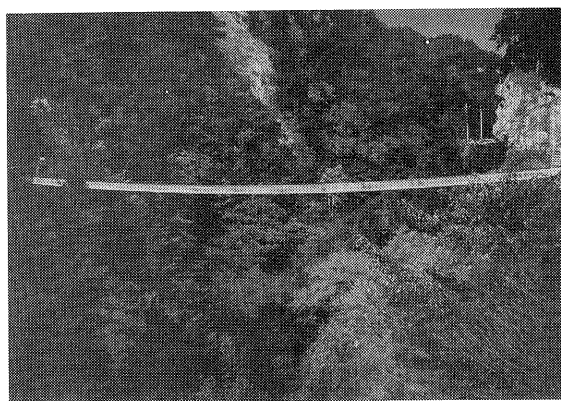
竣 工：平成元年11月

施 工：住友建設㈱

特 徴：九州中央山岳地帯の峻険な谷間に架けられた

吊床版歩道橋である。床版厚が橋長に比較して極端に

小さくしかも滑らかな形状を有しているため橋全体があたかもリボンを張り渡したような印象を与えており、独特の構造美を作り出している。平家落人伝説のロマンを今に伝えるこの地の、四季変化する周辺景観によくマッチしている。



(18) 双龍橋

施 工 地：宮崎県南那珂郡北郷町

発 注 者：北郷町役場

構造形式：2径間連続吊床版橋

橋 格：W-350 kg/m²

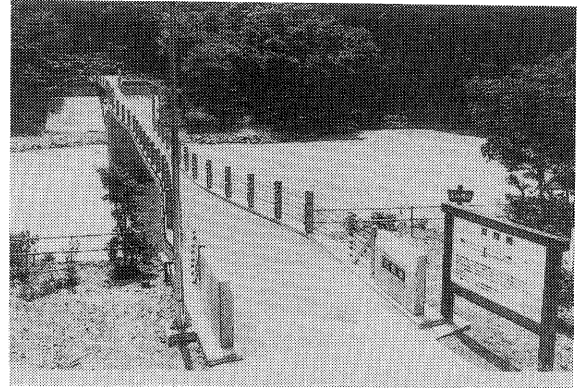
橋 長：75.0 m

竣 工：昭和60年2月

施 工：ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：キャンプ場内の歩行者用の渡り橋で、場内で遊び心のもてる構造とするため、吊床版橋が採用され

た。なお、平面形状に変化を持たせるため、構造的にも考慮して、幅員を径間部で1.0m、橋台橋脚部で4.0mとしている。



2. タンク

(1) 仲順配水池

施 工 地：沖縄県北中城村

発 注 者：沖縄県北中城村

構造形式：P Cタンク（固定式）

竣 工：昭和59年3月

施 工：ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：本タンクはP C緊張用の柱をデザインに利用し、高架タンクをよりスレンダーに感じさせている。色合いも沖縄のイメージの強いブルーを基調にしている。



(2) 星ヶ峰ニュータウン配水池

施 工 地：鹿児島県鹿児島市

発 注 者：鹿児島県開発事業団

構造形式：P Cタンク（側壁）固定支持

竣 工：昭和56年3月

施 工：㈱安部工業所

特 徴：ニュータウンの上水道施設の配水施設として築造されたもので、機能だけでなく自然環境との調和を考慮し、住民に心の安らぎを覚える“黒ジョカ”をモチーフにした外観をしている。黒ジョカとは古くから地元の人々に愛用されている焼酎用徳利のことである。その表面は黒く光り重量感があり、特別注文のタイルを全面に張り付けて徳利の雰囲気を表現した。



(3) 打上配水池

施 工 地：佐賀県東松浦郡鎮西町

発 注 者：鎮西町

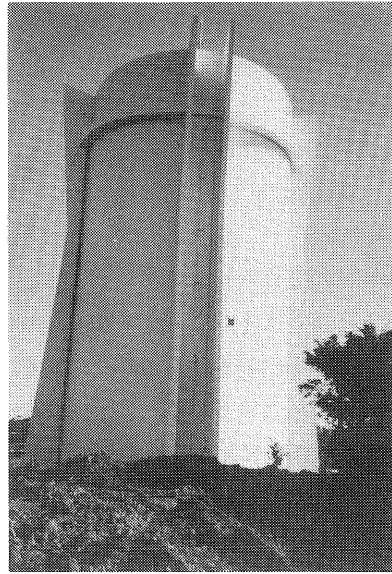
構造形式：P Cタンク(側壁)固定支持同心円二重構造

竣 工：昭和60年11月

施 工：富士ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：円筒状の側壁の内部を3層に仕切り，上層と下層に貯水し，中層を維持管理用の空間として利用している。

外壁にはプレキャストの翼板を取り付け，バットレスの突起をかくし，高架水槽のスレンダーな景観を強調した上で，色合いを白一色として，山頂にある構造物として周囲の緑との調和をはかった。



(4) 多々羅洗浄水槽

施 工 地：福岡県粕屋郡粕屋町

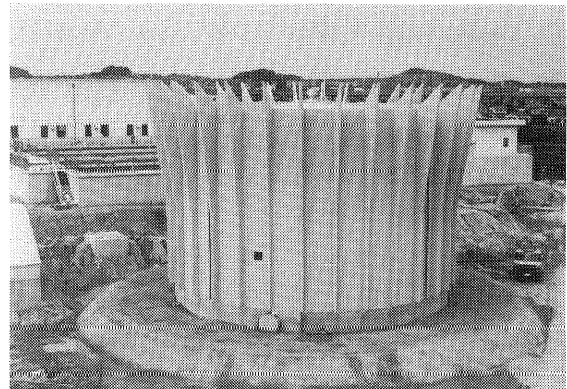
発 注 者：福岡市

構造形式：P Cタンク(固定支持)

竣 工：昭和62年8月

施 工：富士ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：内部は2階建の高架水槽となっており，高架部は，側壁と6本の柱によって支持されている。また，外壁には，プレキャスト部材の翼壁をはりつけ，バットレスの突起をかくすとともにクラウンのイメージを表現した。



(5) 福岡県立総合プール

施 工 地：福岡県博多区

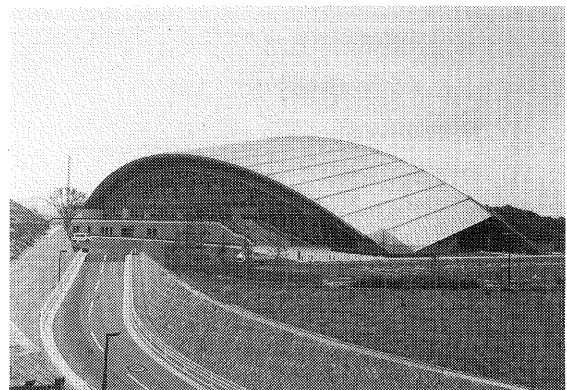
発 注 者：福岡市

構造形式：プール側壁 場所打ちポストテンション方式
観 覧 席 段床版プレテンション方式

竣 工：平成元年3月

施 工：ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：亀甲のような形をした鉄骨造上屋の中に場所打ちポストテンションのプールと観覧席に工場製品の段床版を使用し，大空間にコンクリートと鉄骨の構造美を形成している。



3. 建築物

(1) 国際交流センター

施 工 地：北九州市

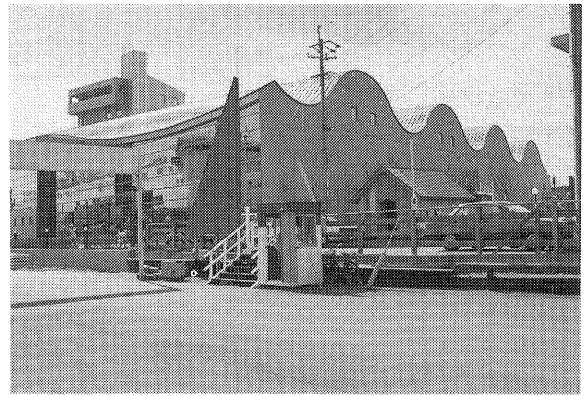
発 注 者：北九州市

構造形式：場所打ちポストテンション方式 シェル造

竣 工：平成2年9月

施 工：ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：北九州市の小倉駅前に建築され、波をイメージしたシェル造の屋根スラブは、薄くPC構造物ならではの構造美をかもし出しており、国際会議を主にした当センターは北九州市のシンボルとなっている。



(2) 種子島宇宙センター

施 工 地：鹿児島県熊毛郡

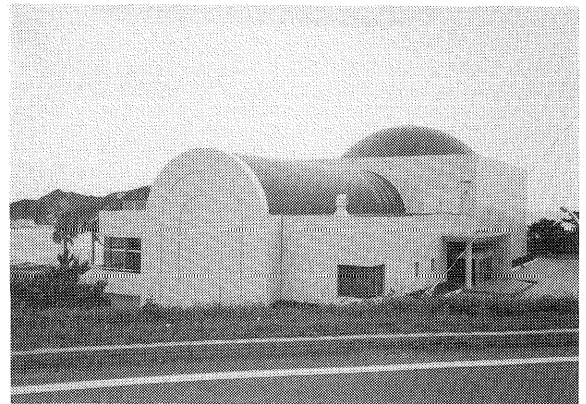
発 注 者：宇宙開発事業団

構造形式：ポストテンション方式 プレキャスト版

竣 工：昭和54年3月

施 工：ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：種子島宇宙センターの中にある展示場及びプラネタリウムの屋根版にアーチ版とシェル版を使用し全体的に丸みをおび周りの景観にマッチした建物になっている。



(3) 東平尾陸上競技場スタンド

施 工 地：福岡市博多区

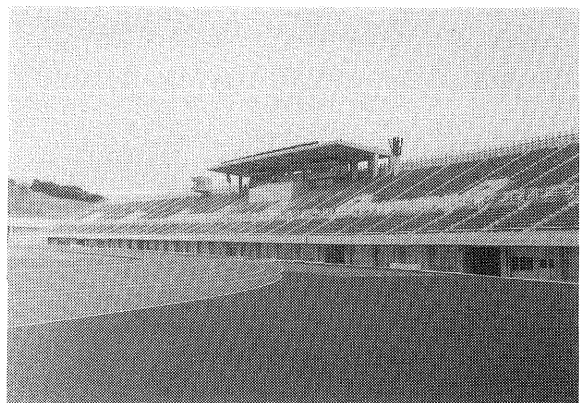
発 注 者：福岡市

構造形式：段床版プレテンション方式

竣 工：平成元年3月

施 工：オリエンタル建設㈱ ピー・エス・コンクリート㈱
フドウ建研 富士ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：博多の森に造られた陸上競技場で、国体のメイン会場になる所である。場所打ち鉄筋コンクリートのような重苦しさがなく全体にスレンダーな感じをうけ福岡市の競技場の代表になっている。



4. 防護工

(1) 瀧光徳寺五重宝塔防護工事

施 工 地：佐賀県三養基郡基山町

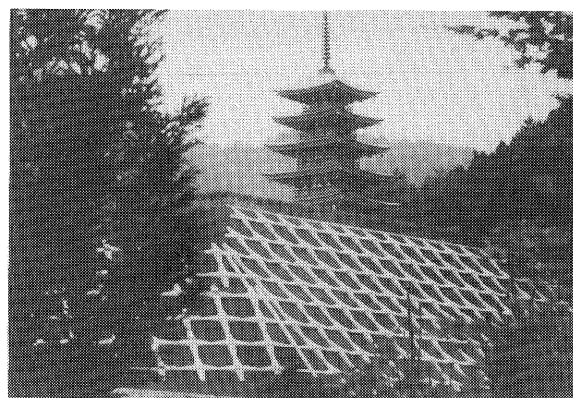
発 注 者：㈱柴戸商事

構造形式：P C フレームアンカー

竣 工：昭和61年1月

施 工：富士ピー・エス・コンクリート㈱

特 徴：瀧光徳寺五重の宝塔は、同寺のシンボルであり、工事の安全性はもとより、完成後の景観について美観が要求された。従来の場所打ち工法と異なり、P C フレームによる枠自体の変化の美しさと、連続した美しい幾何学模様を生かした景観となっている。



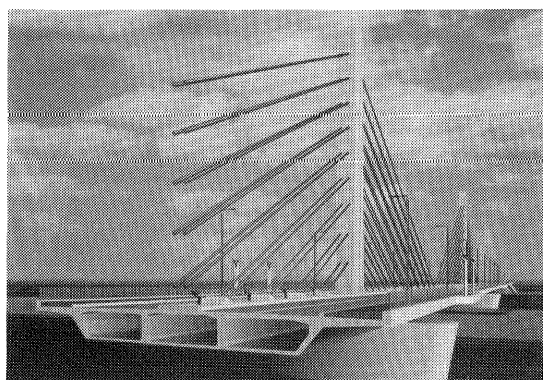
1 面吊型式の P C 斜張橋

ツインハーブ橋の工事紹介

北海道旭川土木現業所事業課長 野村 昌 信
北海道旭川土木現業所事業課技術第3係長 成 本 晃
北海道旭川土木現業所事業課技術第3係技師 佐々木 誠 也

1. はじめに

旭川市は北海道第2の人口を有する道北の拠点都市である。ツインハーブ橋は旭川市の南東部に位置し、都市計画道路3.3.11 環状1号線（主要道道旭川環状線）が、1級河川忠別川を渡る位置に建設中の橋梁である。旭川市の基本交通体系は、2環状8放射道路であり、本路線は放射する道路を相互に連絡し、交通を緩和する内環状線として位置づけられている重要幹線道路である（図-1）。



CGによる全景

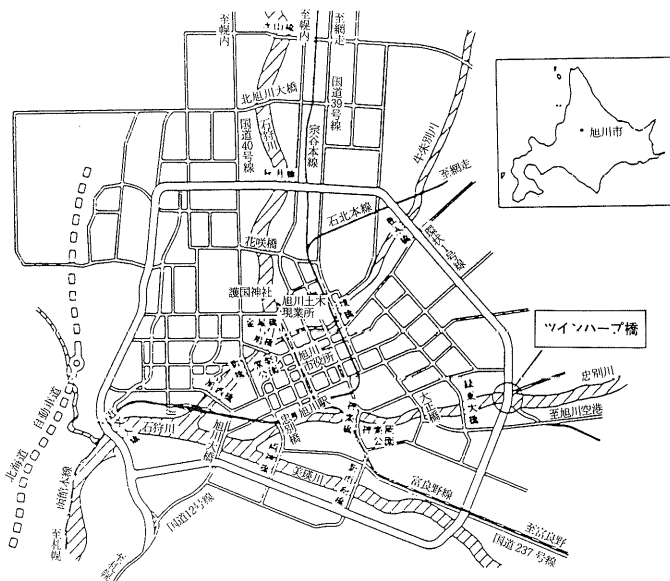
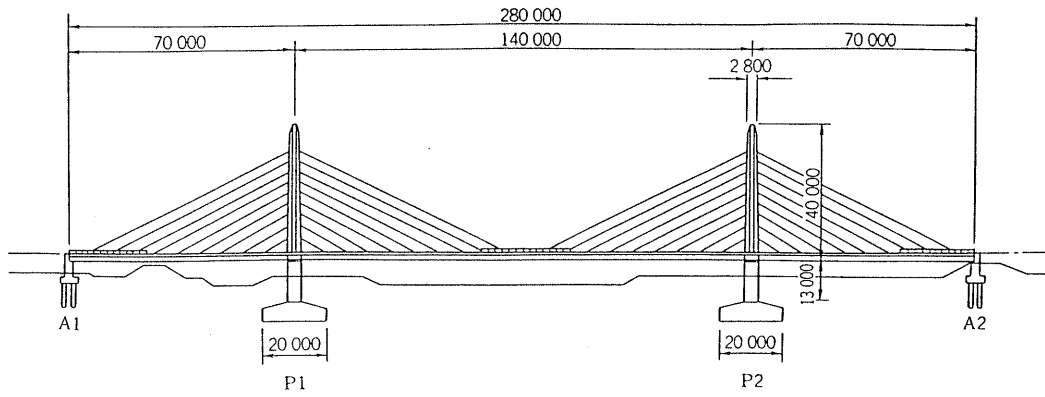


図-1 ツインハーブ橋の位置

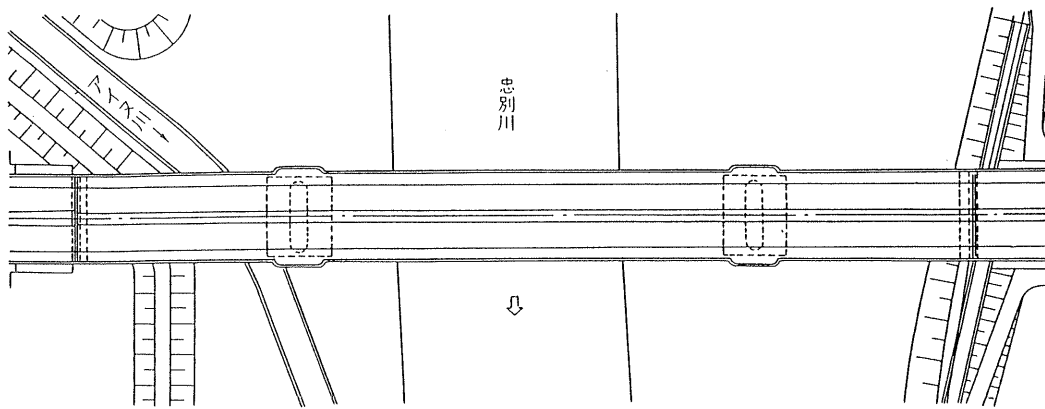
本橋の型式は3径間連続PC斜張橋で、1面吊りのPC斜張橋では全国最大規模の橋梁である。また本橋は、国立公園大雪山連峰を背景に、開基百年を迎えた躍動する旭川市域の交通の要所に位置している。さらに、旭川空港から市街への玄関口にあたり、旭川市のシンボル・ランドマークとなるため、橋梁の計画にあたっては、景観検討委員会を設置し、修景に配慮・検討を重ねた。

本文では、我が国最北に位置するPC斜張橋であるツインハーブ橋の工事紹介を含め、諸検討事項を報告するものである。

側面図



平面図



断面図

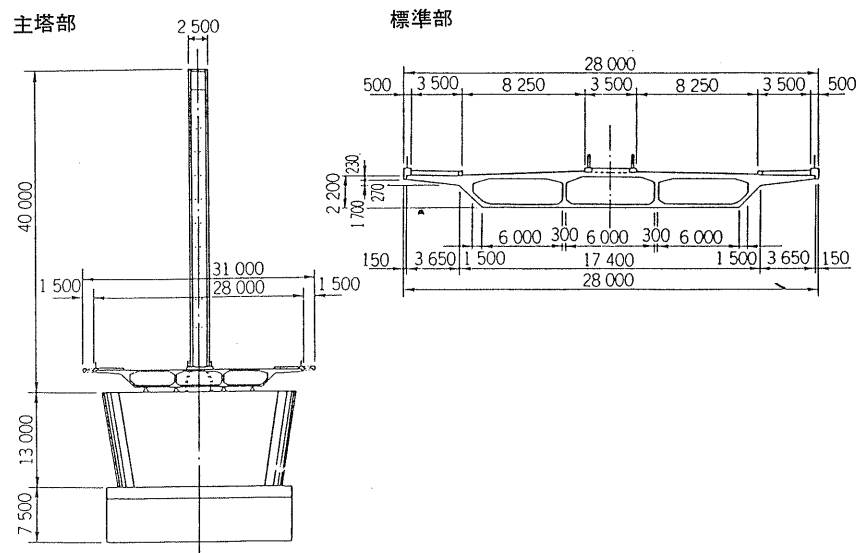


図-2 一般図

2. 工事概要

橋 名	ツインハープ橋(平成2年10月公募により決定)
事業主体	北海道 旭川土木現業所
工 事 名	3.3.11 環状1号線(仮称)東光大橋新設工事
工事場所	旭川市
事業年度	昭和62年度～平成3年度
道路種別	4種1級
橋 格	1等橋(TL-20)
構造形式	3径間連続PC斜張橋
橋 長	280 m
支 間	70.0 + 140.0 + 70.0 m
幅 員	28.0 m(車道16.5 m, 歩道3.5 × 2 m, 中央分離帯3.5 m, 地覆0.5 × 2)
主桁形状	3室PC箱桁
下部構造	逆T式橋台(場所打杭基礎) 逆T式橋脚(直接基礎)
主 塔 高	40 m

3. 架橋位置

旭川市は4大河川(石狩川, 忠別川, 美瑛川, 牛朱別川)を境にして左右に分断され, これらには多数の支川が合流し, さらに細分化されている。よって旭川市は「川の街」として有名であり, 橋数も大小合せて740橋を数える。本橋は, 忠別川が石狩川に合流する地点の約7 km上流に位置し, 架橋地点には右岸側からアイヌ川, 左岸側からポロ川が合流している。

基礎地盤は, 砂礫主体層を基盤とし, これをシルト層などが被覆しており, 概ね良好である。橋脚の基礎形式は比較検討の結果, 直接基礎形式とした。

4. 形式の選定

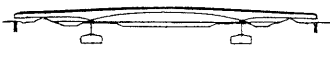
本橋は, 河川管理者との打合せの結果, 下記の点に留意し, 構造の検討を行うこととなった。

- ①架橋位置が河床勾配1/170の急流河川でかつ, 市街地の流入部である。
- ②架橋位置は3河川の合流部なので, 洪水時の乱流や橋脚による異常洗掘が予想される。
- ③過去の河床低下傾向(−10 cm/年)に加えて上流に建設中の忠別ダムにより流出土砂がカットされることから一層の河床低下が考えられる。

このため, 低水路内に橋脚を設置できず, 高水敷に兩岸1基ずつの橋脚を設置し, 3径間桁橋で, 橋長280 mの橋梁が検討されることとなった。

これに従い, 表-1に示す様に次の4案について比較検討を行った。

表－１ 橋梁形式の選定

橋 梁 形 式	考 察	評 価				
		景観性	経済性	施工性	維持性	総 合
第一案 P C 斜張橋 	・形式そのものは平凡であり、モニユメント的な期待は持てない ・橋面空間が広く使え、デコレーションができる ・重圧感があり、景観性に欠ける	B	B	B	B	B
第二案 鋼斜張橋 	・全体的にスレンダーでかつ直線を基調とした幾何学的軽快さをもっており、美観に優れる ・主塔およびケーブルによるランドマーク性が十分に発揮できる ・力学的な合理性による近代的イメージがある	A	C	B	B	B
第三案 P C 箱桁橋 	・鋼斜張橋案とはほぼ同様である ・耐風安全性は第２案よりも優れる	A	A	B	B	A
第四案 ニールセン桁 	・ランドマーク性がある ・旭川市内には、多くのアーチ橋があるため親しみのもてる形式である ・大雪山を背景とした景観配慮がある	A	A	B	B	B

- ① 3 径間連続 P C 箱桁橋
 ② 3 径間連続鋼斜張橋
 ③ 3 径間連続 P C 斜張橋
 ④ 単純合成箱桁＋バスケットハンドル型ニールセン桁

これらについて、景観性、美観性、経済性、施工性等を比較検討し、先に述べた地域特性も加味した結果、昭和62年7月建設省比較設計協議を経て、「3 径間連続 P C 斜張橋」案を採用した。

5. 景観検討委員会の設置

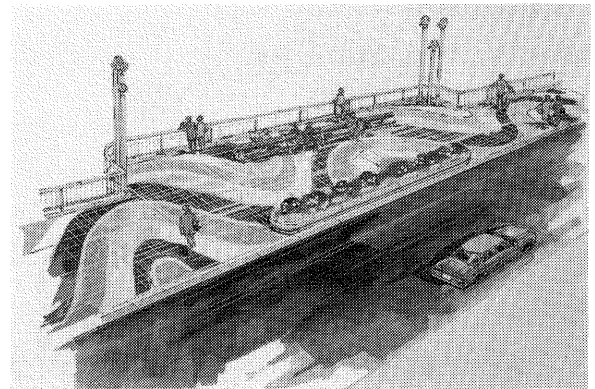
本橋は、架橋位置が景観上優れているばかりでなく、周辺の忠別川高水敷において旭川市が公園を整備中であり、また北海道開発局では「リベライン旭川構想」の一環として低水路護岸を計画していることから、街路、河川、公園が一体となって修景に配慮することが必要となった。

そこで、旭川市民全体のアメニティーの獲得、都市のアイデンティティーの表現という観点から、景観検討委員会を設置した。メンバーは、行政側の参加のみならず、大学教授、イラストレーター、美術関係者、地元市民委員会等、多方面にお願いした。委員会は計3回行い、第1回の委員会では、本橋の修景の基本方針を決定し、2回目、3回目で、それに基づいた細部デザインを資料を基に討議した。その中で注目された項目を挙げると、

- ① 主塔の高さ、頂部デザイン、スリット
 ② 夜間照明（ライトアップ）
 ③ バルコニーの設置
 ④ 親柱・高欄・照明灯デザイン
 ⑤ 歩道舗装
 ⑥ ケーブルの色彩



ライトアップ現場照射実験の様様



バルコニーのパース

等であるが、基本方針は次の様に決定した。

遠景として創出されるランドマークとしての役割や効果、また橋梁を通過するドライバーや歩行者側から見た近景としての親しみやうるおい等のイメージの高揚を考えた時、橋自体の持つシンプルでダイナミックなイメージを基調にしたモダンな感じを、景観を考える基本方針とした。

また、細部デザインの設計にあたっては、上記の基本方針に基づき、各部の細部デザインについては、全体の調和を図りながら落ちつきのある、飽きないダイナミックな中にも力強さや親しみとうるおいのある設計を考慮した。

この様な基本構感をふまえ、材質、色彩、デザイン等を決定した。

特筆される決定事項として次のようなものが挙げられる。

○ライトアップ

ランドマークとしての橋自体の持つダイナミックな景観を夜間においても強調し、旭川市においての新たな景観を創出するためにライトアップを行うこととした。なお、建設省協議、照明設計等を経て、平成2年9月現地照射実験も行っている。

○主塔

ランドマークとして遠景に映え、デザイン的にも優れた高さや形状を持たせるという観点から、高さは橋脚上より40mとし、塔頂部は斜材最上部より6mとして、タワー中央部にスリット(1m)を入れることとした。

○バルコニー

橋脚部地覆にバルコニーを設置し、橋梁全体にアクセントを持たせ、歩道の一部にゆとりある空間をつくと共に、歩行者がたたずみながら憩い、大雪山系や躍動する都市等を眺望できる場を提供することとした。

これらの決定事項をふまえ、本橋の設計を進めた。

6. 構造系の概要

本橋の構造系は、主桁を橋脚上で可動とし、主塔は主桁柱頭部に設けた開口部を貫いて橋脚と剛結する独特な形式を採用した。

また、地震時における主桁の慣性力はストッパーにより、直接橋脚に伝達させ、応力的にクリティカルになる主塔にはできるだけ曲げやせん断が生じない様配慮した。

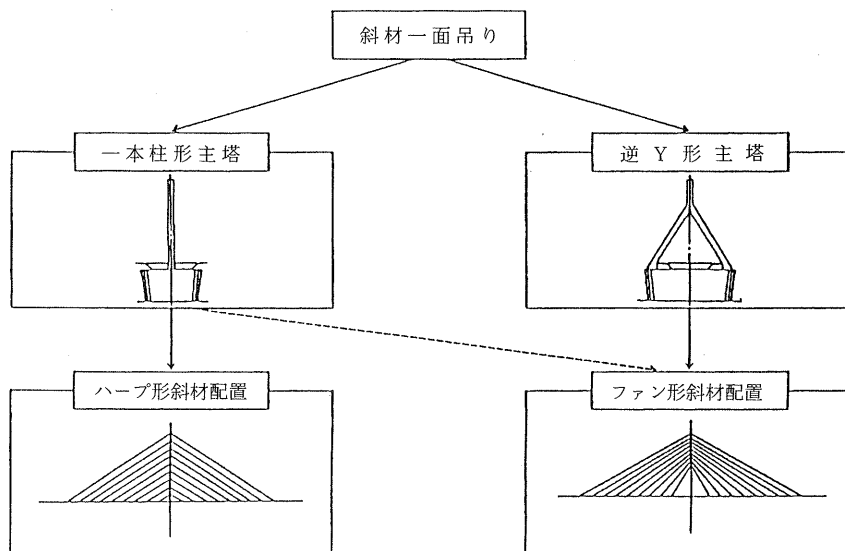
7. 1本柱型式の主塔を有する斜張橋の選定について

本橋の幅員は28mであり、中央分離帯があるため、一面吊ないし、二面吊形式が考えられる。旭川は豪雪地帯であり、冬季間における除雪が必要であり、除雪時の作業性を考慮すると、二面吊よりも一面吊の方が有利である。また、一面吊形式は、「サンシャイン・スカイウェイ橋」に見られる様に、開放感があり、景観的にも優れていると思われ、本橋では一面吊形式を採用した。

さらに、一面吊形式には一本柱型と逆Y型があるが、本橋程度の規模では、主塔及び橋脚の形状等が小さく、経済的に優れる1本柱形式を採用した。

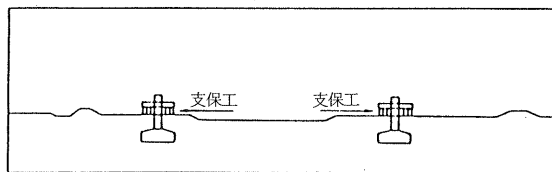
なお、斜材配置はハープ型とファン型が考えられるが、本橋においては定着部及び緊張時の作業性を考慮した時、ファン型では不利になることから、また美観的にも優れ、かつ安定感があるハープ型を採用した（表-2）。

表-2 斜材配置と主塔形状



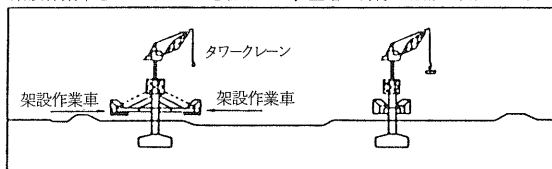
① 主桁柱頭部の施工

主塔第1・第2リフトを施工後、主桁柱頭部を支保工上で施工する



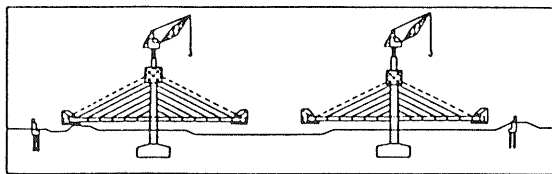
② 架設作業車の組立て、主塔のジャンプ施工、主桁の張出し施工

架設作業車とタワークレーンを組み立て、主塔・斜材・主桁を順次施工する



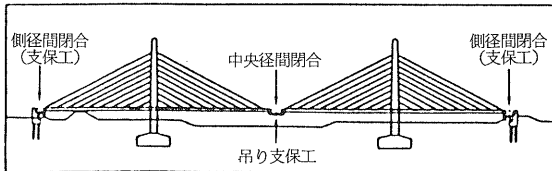
③ 主桁の張出し施工

主桁の張出し施工は、1台の架設作業車で18ブロック行う



④ 側径間・中央径間の閉合、架設作業車の解体、斜材のグラウト

架設作業車を解体し、主桁の側径間端部・中央径間中央部を吊り支保工で施工する。その後、斜材にグラウトを注入する

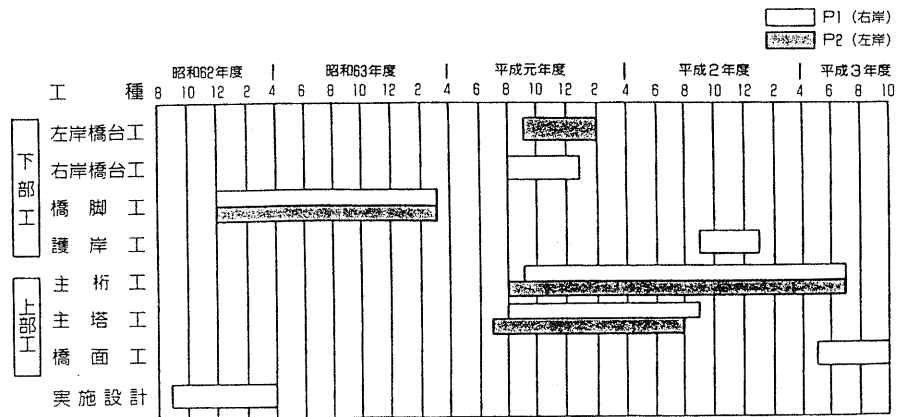


8. 施工概要

本橋の施工順序を図-3に示す。主桁は、架設作業車（ワーゲン）を用いたディビダーク式張出し工法で、主塔は主塔移動足場工法（ジャンピングステージ工法）で施工した。本橋架橋位置は、気温が -40°C 以下を記録したこともある国内有数の厳寒地であり、コンクリートの打設、養生、材料等、施工に対する厳しい管理計画を立て、コンクリートの施工を行った。全体工程を表-3に示す。

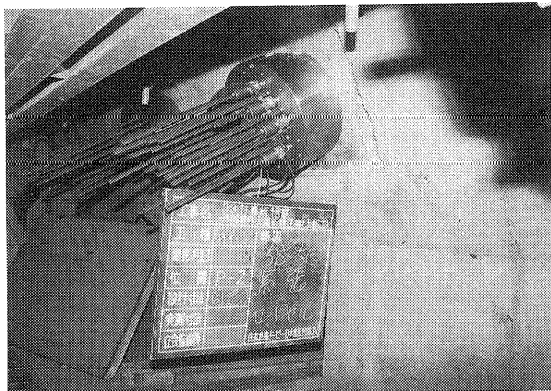
図-3 上部工施工順序

表-3 全体工程

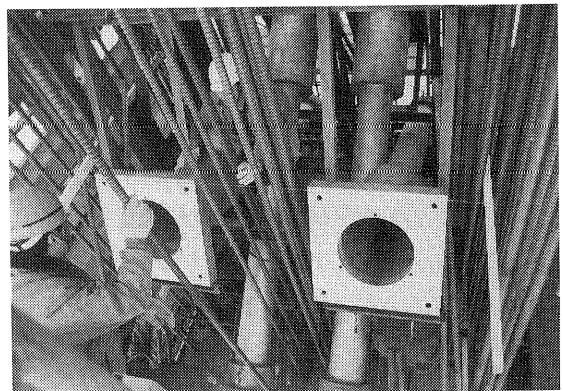


9. 主桁の施工

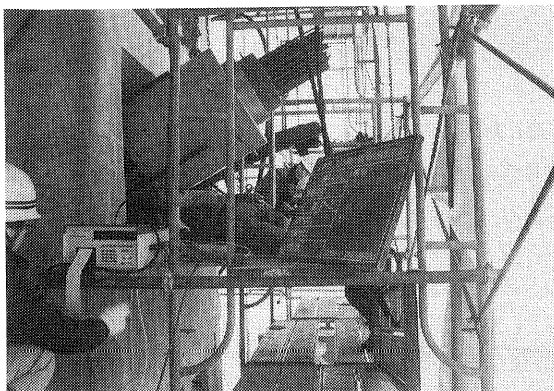
主桁の施工は、12ブロックよりなる主塔のうち、3ブロックを施工後、支保工により柱頭部を施工することから始めた。柱頭部完成後、架設作業車(ワーゲン)を組み立て、主桁を施工ブロック(18ブロック)に分割して場所打ち施工を行った。なお、主桁は標準ブロック長が4m、斜材定着構造のある斜材ブロックが3mで、これらを交互に施工していく。主桁ブロックの施工は、コンクリート打設が12月中旬から始まることから寒中コンクリートとしての施工を行った。



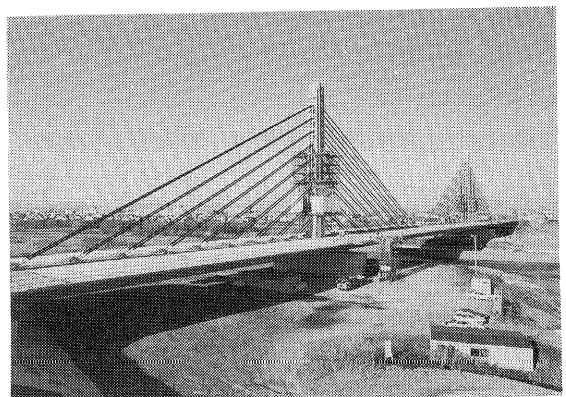
主桁側定着状況



主塔定着体セット状況



緊張状況 (主塔側)



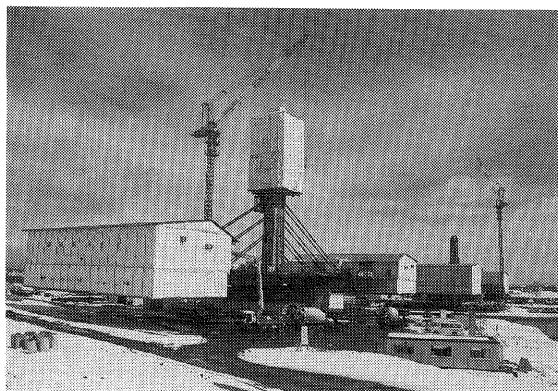
現況写真

10. 冬季施工

過去5年間における旭川の気象データによれば、12月から3月迄では全日数が日平均気温が4℃を下回ることから、寒中コンクリートとして、材料、配合、運搬、打込み及び養生に、適切な処置を施した。

一例として、外気温が-15℃以下となる場合には、生コン運搬中の熱損失などを考慮して打設を見合せた。また、養生については、架設作業車全面を覆い、コンクリート打設時から3日間は養生温度を10℃以上に、その後は0℃以上に保った。この養生温度は、コンクリート初期強度の発現と温度応力解析結果を検討した上で決定した。

さらに、架設移動車内温度と外気温との差が15℃以上になった場合には、架設作業車の移動を見合せた表-4に本橋における主桁コンクリートの温度管理基準を示す。



冬季施工状況

表-4 主桁コンクリート温度管理基準

項 目	管 理 基 準 値
打設時コンクリート温度	7℃～10℃（15℃）
打設時外気温	-15℃以上
養生期間と養生温度	0～3日目 10℃以上 4日目～ 0℃以上
架設作業車移動時外気温と養生温度との差	15℃以下

（ ）内は標準ブロックの場合

11. 主塔の施工

主塔は、最初の3ブロックを枠組足場にて施工し、主桁柱頭部の施工が完了した後、ジャンピングスチエーズを組み立て、主桁の張出し施工及び斜材の架設・緊張に合せて施工を行った。主塔も主桁同様に、寒中コンクリートとしての管理及びジャンピング上昇時における既設リフトの急冷による温度応力を考慮し、それぞれに対する管理基準を設けた。また、マスコンクリートとしての温度解析と応力解析を行い、養生温度や補強鉄筋量を決定した。

12. 斜材の施工

斜材施工要領を図-4に示す。

（STEP-1, 2）

本橋のケーブル保護管としては、硬質ポリエチレン管（PE管）を採用しており、長さ10mの標準管にスパイラルを挿入してから、バット溶着を行い所定の長さに製作した。PE管の架設は、タワークレーンにより、橋面上から吊り上げた。次にたわんでいる状態のPE管に2～3本のストランド（先行ストランド）を挿入し、サグをできるだけ小さくする様に緊張した。

（STEP-3）

PE管の中に、主塔にセットしたガイドパイプを通して、ストランド（後行ストランド）をプッシングマシンにより挿入した。これを繰り返し、所定の本数のストランドを挿入した。

(STEP-4)

本橋の施工上最も特徴的なものの一つが、斜材ケーブルの緊張方法である。まず、主塔側斜材定着体に大型センターホールジャッキ（能力800tf）をセットし、ウェッジで仮固定されている後行ストランド（最大58本）を一括して所定の張力まで緊張した（写真）。次に、後行ストランドの張力導入によりたるんだ先行ストランドを、シングルストランドジャッキにより再緊張し、作業を完了した。この方法により、張力のばらつきは最小限におさえることができた。

13. 張力調整およびグラウト工

主桁の中央閉合後、全斜材について1回ずつ張力の調整を行った。

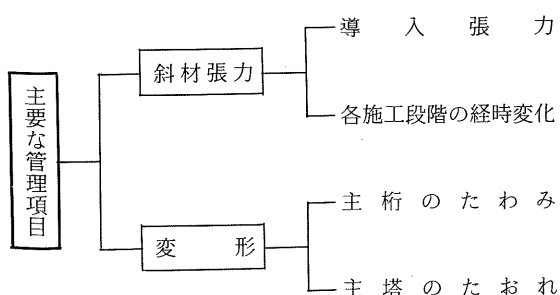
14. 施工管理計測

施工管理項目を表-5に示す。

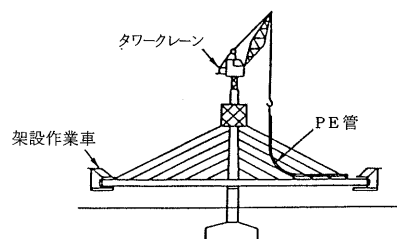
PC斜張橋の施工管理としては、コンクリートの品質管理などのほかに、斜材張力管理および揚げ越し管理等がある。本橋では、これらの管理をリアルタイムに行う目的で、自動変形計測システムを組み込んだ施工管理システムを現場に設置した。斜材張力管理は、斜材緊張時の導入張力、各施工段階の張力の経時変化及び張力調整時について行った。

特に、導入張力については「一括緊張」の実績がないため、緊張管理のデータを得る目的で、最下段と中間第5斜材について試験緊張を行った。その結果、一括緊張の優位性、合理性を確認するに至った。

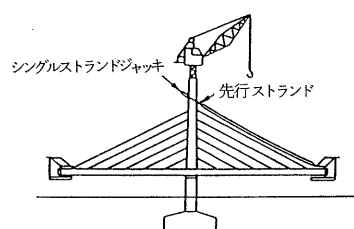
表-5 PC斜張橋の主要な施工管理項目



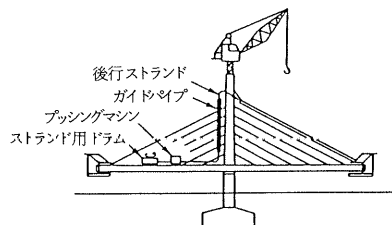
STEP-1 斜材保護管加工および架設工
橋面上で所定の長さに製作したPE管を
タワークレーンで吊り上げる



STEP-2 斜材保護管架設工
吊り上げたPE管の中にストランドを数
本挿入し（先行ストランド）、仮緊張して
固定する



STEP-3 ケーブル作工
PE管の中に多数のストランドを挿入し
（後行ストランド）、ウェッジで仮固定す
る



STEP-4 ケーブル緊張工
大型センターホールジャッキで後行スト
ランドを一括緊張し、最後にシングルス
トランドジャッキで先行ストランドを再
緊張する

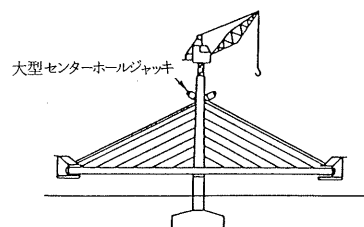


図-4 斜材施工要領

15. ツインハープ橋の話題について

本橋の今後の話題を2, 3紹介したい。

まず橋名の公募である。永年に渡り親しみがあり、かつ橋と周辺が調和した橋名とするため、一般市民に公募し決定した。この橋に対する市民の関心を示す様に、応募総数も700を越え、橋名審査委員会による選考の結果、本橋名として生まれ変わった。

また、関係各位の御協力により、夜間ライトアップをする予定であり、忠別川に浮かび上がる光の演出も心待ちされるところである。

さらに、本橋では来年3月、起振機による実橋振動試験を計画している。これにより、一本柱型式の3径間連続PC斜張橋という全国で初めての橋梁形式の地震時の挙動等を把握し、安全性を確認したいと考えている。

16. おわりに

ツインハープ橋新設工事は、平成2年11月2日、主桁中央の連結を終え、橋面工を残して概成し、本年9月の完成を目指し、順調に進んでいる。

昨今、斜張橋の建設例が増加している中、3径間連続タイプの「1本柱形式の主塔を有するPC斜張橋」は見られなかったが、本橋の建設を通して、この形式の構造面での有利性も含め、今後同形式の橋梁を検討する上での一助となれば幸いと思う。

最後に、本橋の設計・施工に際し、御指導・御協力をいただいた関係各位に深く感謝する次第である。

各種の省力化工法

(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会
施 工 部 会

まえがき

近年建設労働者、特に熟練労働者の不足が深刻な問題となっており、欧米諸国に比し社会資本の整備が遅れている我が国の現状を考える時、建設労働者の確保という問題は、今後是非とも解決すべき重要な課題であると考えられる。

わがP C建設業界においても、労働者不足の問題は、最近特に深刻な問題となっており、特に年度末最繁期の現場工事における労働者の不足率は30%に近いと推定される。また、P C工事は、橋梁特殊工、型わく工、鉄筋工、とび工等の特殊技能者を多く必要とする事から、更に深刻な問題であると考えられる。

今回は、上記の対策として考えられ、(現場工事の省力化という観点から)現在P C建設業界でおこなわれている各種の省力化工法について集録した。

写真の内容

		(スライド・写真)
A 土木橋梁部門		No.
1) プレテンション連結桁		1 — 5
2) ポストテンションT型桁のプレハブ化		6 — 18
3) 移動支保工架設工法		19 — 26
4) 押出し架設工法		27 — 35
5) 片持架設工法		36 — 42
6) 合成床版工法		43 — 58
7) その他プレキャスト化		59 — 65
B その他部門のプレキャスト化		
1) 防災施設部門		66 — 79
2) 建築部門		80 — 89
3) 円形貯蔵容器部門		90 — 92
4) その他		93 — 103

A 土木橋梁部門

1) プレテンション連結桁

プレテンション連結桁は、プレテンション桁を単純桁として架設し、隣接する径間の単純桁どうしを、中間橋脚上で場所打ちの鉄筋コンクリートによって連結し、伸縮継手を出来る限り減らすように工夫した構造である。

連結桁の特徴は、単純桁を連結構造にすることによって耐震性能が向上し、伸縮継手部の補修頻度が少なく、しかも走行性が良好になる。

施工手順は、

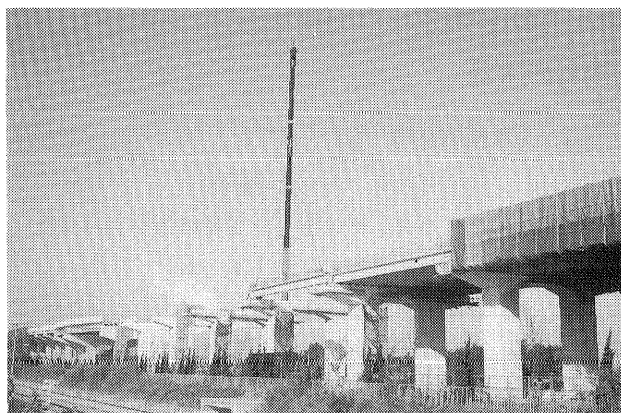
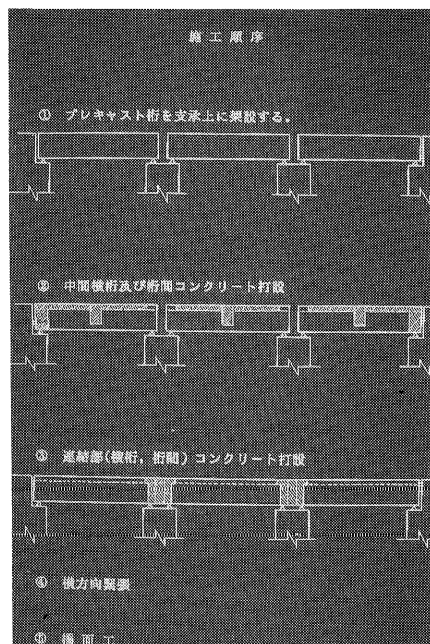
- ① プレテンション桁を支承上に架設
- ② 中間横桁及び桁間コンクリートの打設
- ③ 連結部(横桁、桁間)コンクリートの打設
- ④ 横方向の緊張
- ⑤ 橋面工

プレテンション桁の架設は、JIS工場で製作した、安定した品質で信頼性の高いPC桁を、トレーラー等により現場まで運搬し、トラッククレーン等を使って行います。

この写真は、トラッククレーンを使って架設している所です。

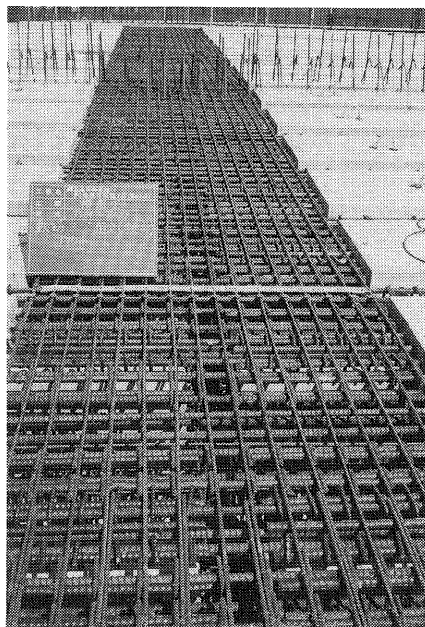
連結桁に使用する支承は、ゴム支承を原則とする。橋脚上で2個のゴム支承により単純桁の両桁端が支持される。

この写真は、ゴム沓の据付け状況です。



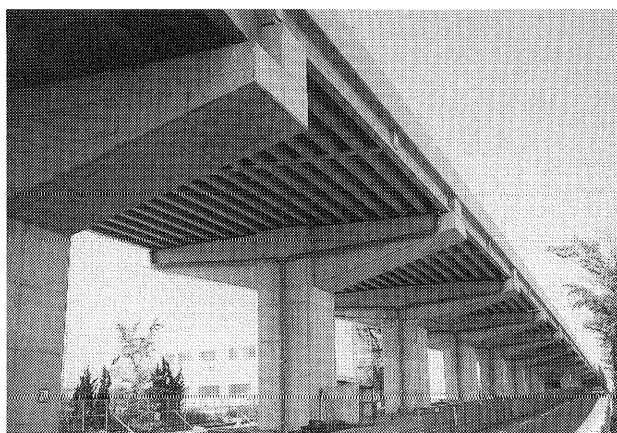
連結部の構造は、プレテンション桁の桁端部分の一部を切り欠き、両桁端から張り出した鉄筋を継いで主鉄筋とする構造で、横桁と床版部分を同時にコンクリート打設し、連結後に載荷される荷重に対して連続桁としての機能を有する構造である。

この写真は、連結部床版の鉄筋を組立てた所です。



プレテンション連結桁は、現場施工の大幅な省力化を可能にして、しかも連結構造となるため、伸縮装置が少なく通行車両の走行性を高める等、多くのメリットがあり、今後多用される方向にあります。

この写真は、プレテンション3径間連結桁の完成した状況です。



2) ポストテンションT型桁のプレハブ化

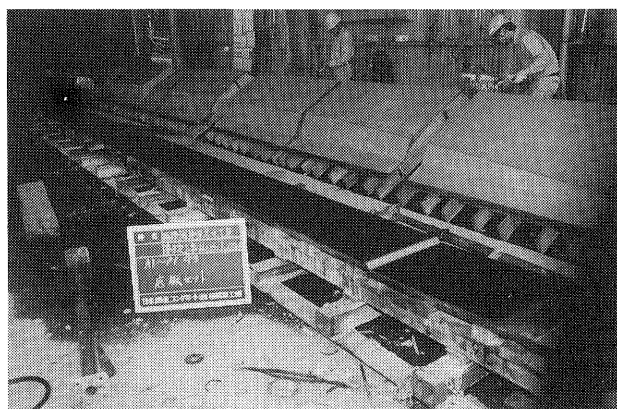
プレキャスト部材を予め工場の桁製作ヤード、あるいは現場近くのヤードで、ブロックに分割して製作し、橋梁工事現場に運搬して組立て、プレストレスを与えて、1体打と同じ構造とする工法であります。この方法は、橋梁の橋桁ばかりでなく、大型のボックスカルバート及び橋脚等にも広く利用されています。ブロック工法は品質管理面及び気象条件にあまり左右されずに、工程管理が出来る利点があり、特に最近では、労務者の高齢化・熟練工の不足及び労務者不足、並びに騒音・振動等の公害を最小限に緩和出来る工法であります。

接合継目部の形式には

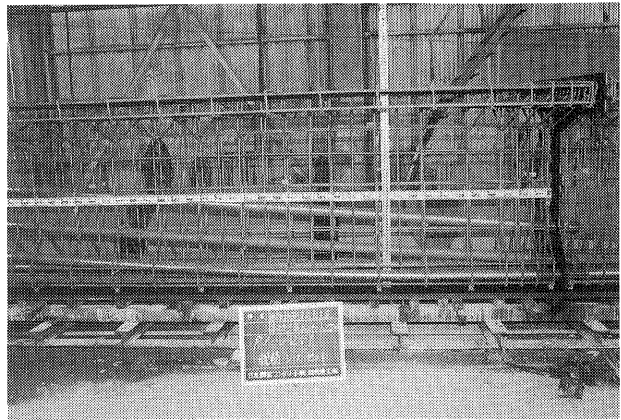
- 1) コンクリート又はモルタル
- 2) エポキシ系樹脂

に大別されますが、ここではエポキシ系樹脂を用いた道路橋のブロック工法の概要について説明します。

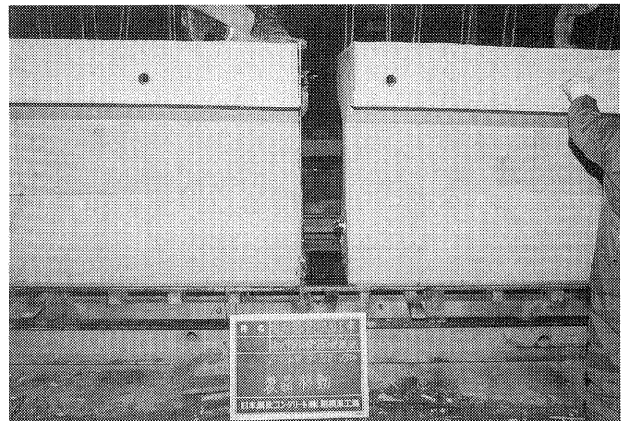
工場の桁製作ヤードにて、底型枠をセットした状況です。



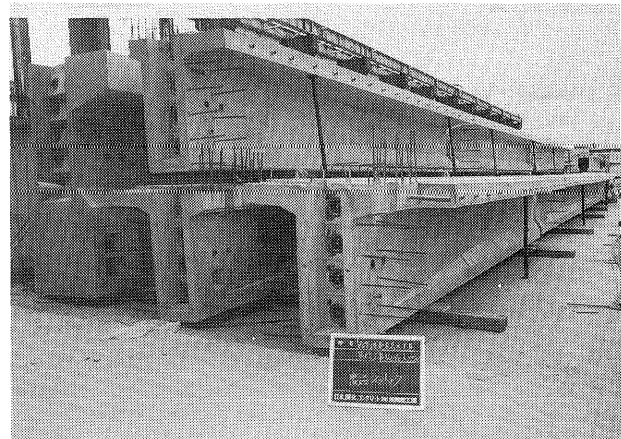
鉄筋組立，仕切り板をセットした後，シース配置を行います。仕切り板部の所に，ビニールテープが巻いてあるのは，予めシースにノコ目を入れておき，ブロックを引き離すときに容易にシースが切断出来る様にしてある為で，ノコ目よりモルタル分がシースに入らぬようにしたものです。



コンクリートを打込み，所定の圧縮強度が得られた後，脱型をしてブロックの，切り離しを行います。この写真は，ブロックの引き離し作業をしている状況です。

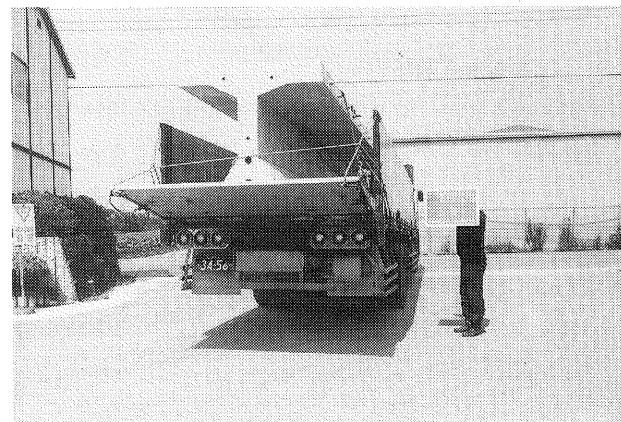


ブロック桁を出荷順序に従って，ストックヤードに仮置きしている状況です。



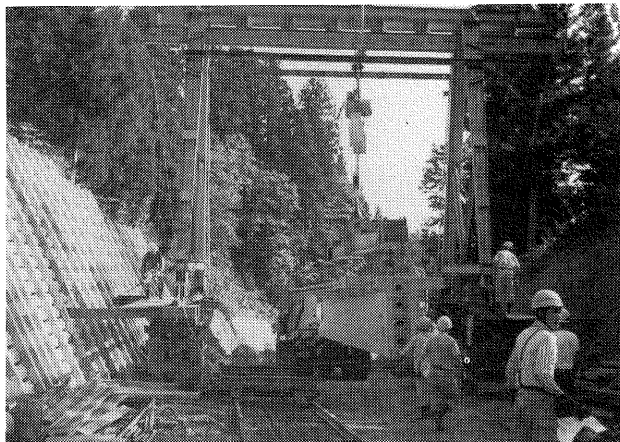
ブロック桁をトラックに積み込み，現場に搬入する所の写真です。転倒防止には角材とレバーブロックを用います。

尚，部材によってはトレーラーにて運搬致します。

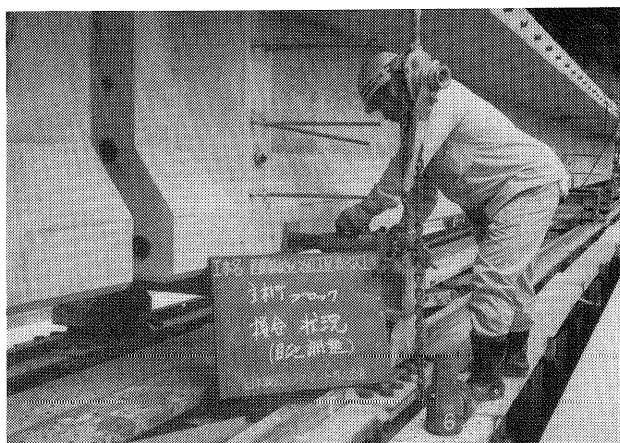


トラックにて現場に搬入されたブロック桁を、予め現場に布設したガントリクレーンにて取り卸している写真です。

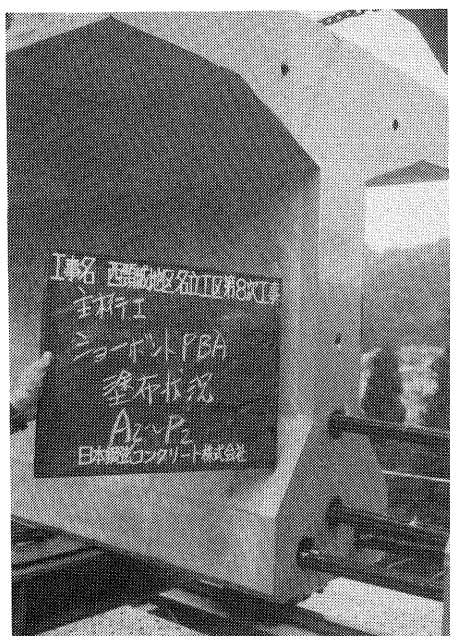
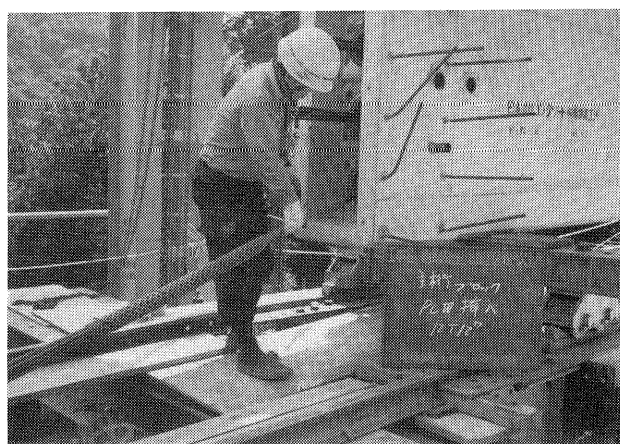
尚、現場状況によっては、トラッククレーンを用いる場合もあります。



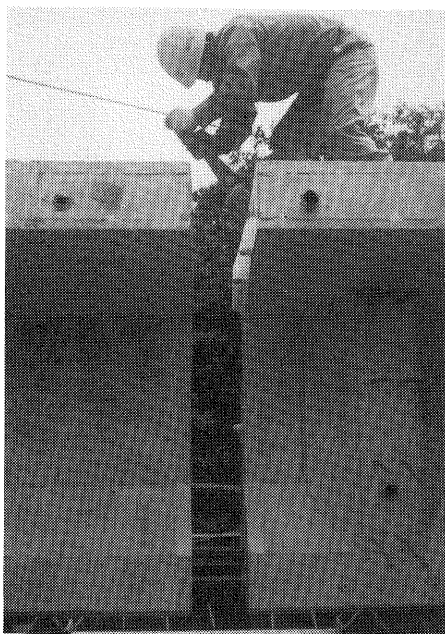
ブロック桁を接合台車に乗せ、順次架設地点迄引出した後、ジャッキを用いて、ブロック桁を一体化させるための整正作業をしている写真です。



ブロック桁整正後、ケーブルグリップを用いて、P C 鋼線を所定のシース内に挿入している写真です。



全ケーブルのP C 鋼線を挿入後、接合面（両面）に接着剤をムラなく均一に塗布する。



接着剤塗布後，レバーブロックにて，ブロックを
引き寄せ，接合キーがかみ合う迄引き寄せる。

全ブロック拵引き寄せ後，直ちにプレストレッシ
ング作業を行います。

（原則として，接着剤の可使時間内に全ケーブル
のプレストレッシングを行う）

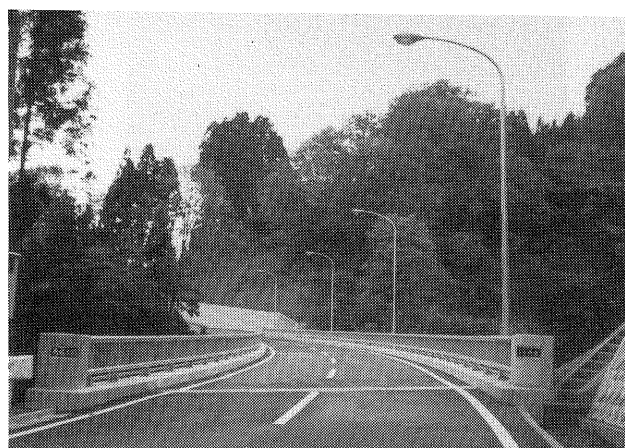


この写真に示した架設作業は，架設桁（エレクシ
ョンガーダー）と門型クレーンの併用架設によるも
のですが，架設地点の立地条件の良い場合にはトラ
ッククレーンが多く使用されています。



完成状況。

（支間 27.0m の 3 径間）



3) 移動支保工架設工法



サポート式移動支保工の全景です。

中央の送り桁と左右の支保工桁により、型枠を支えている。

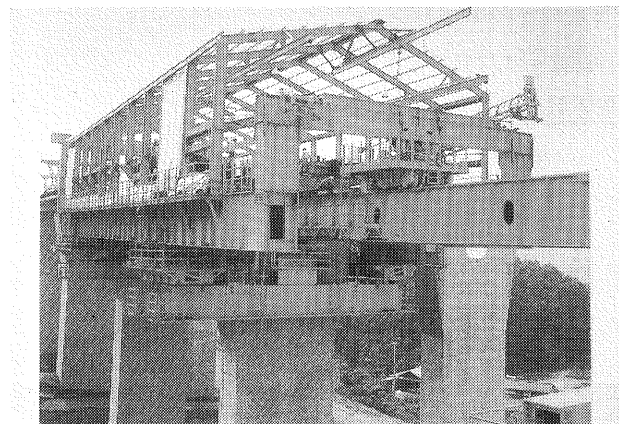
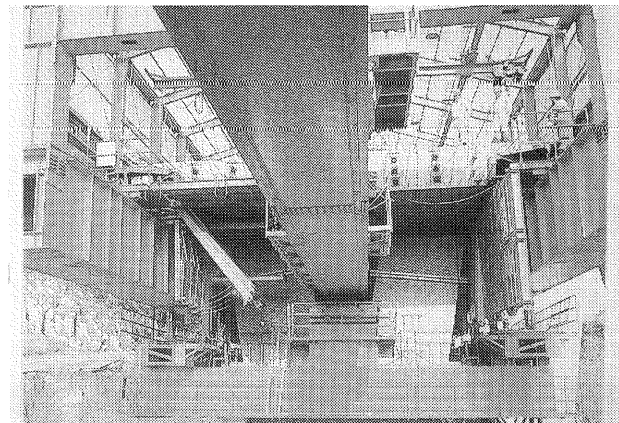
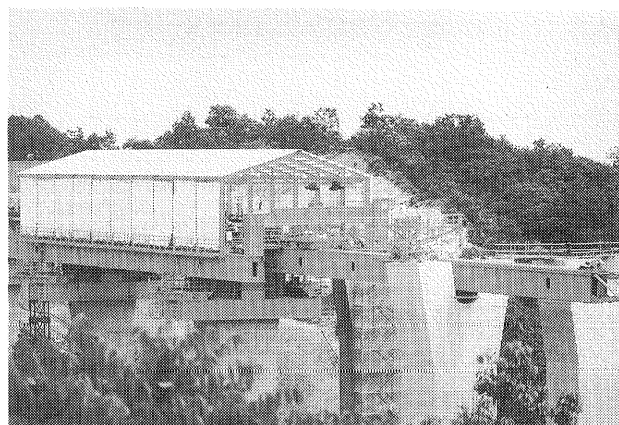
支保工上部には上屋設備を設けるので、天候に左右されずに作業ができ、また養生設備を設けることにより寒冷地に於いても冬季間の施工が可能です。

サポート式移動支保工の型枠構造を示すものです。鋼製の型枠がブロック毎に開閉可能で、橋脚を通過して前方へ移動可能な構造となっています。

サポート式移動支保工の設備全景です。

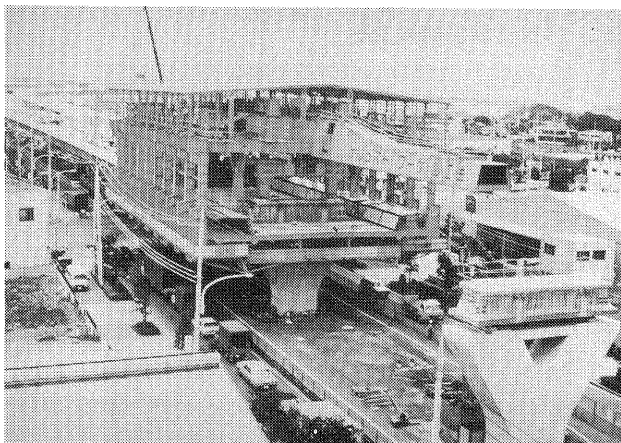
移動支保工は、大別するとサポート式とハンガー式に分けられる。固定支保工と比較して、型枠支保工の組立解体作業が無く、移動支保工を次ぎの径間に移動し据付ければ、直ちに上部工の施工ができるため、大幅な省力化が可能な工法です。

これは移動支保工施工の全景です。



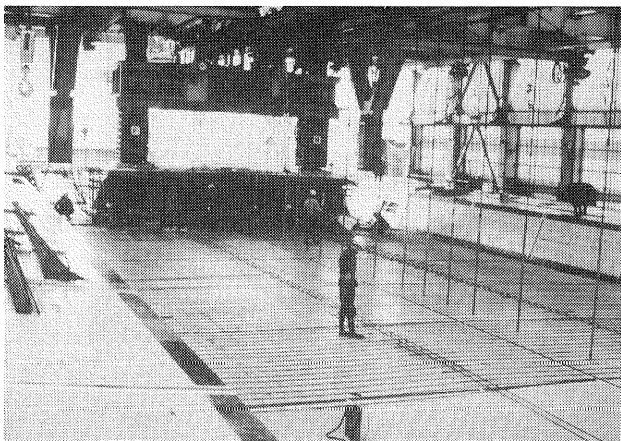
ハンガー式移動支保工（ゲリュストワーゲン）の全景です。

中央のメインガーダーを前方と後方の2点で支え、型枠はガーダーより吊り下げられています。



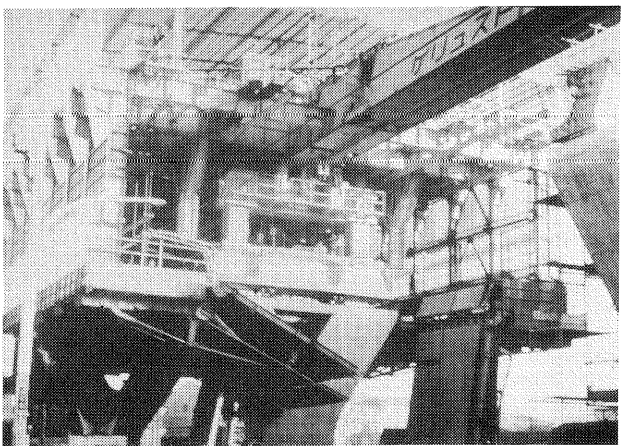
ハンガー式移動支保工内部の状況です。屋根付きの作業スペースの中で全天候型の連続作業が可能です。

ワーゲン内の型枠や材料の運搬は天井トロリーで行うことができます。

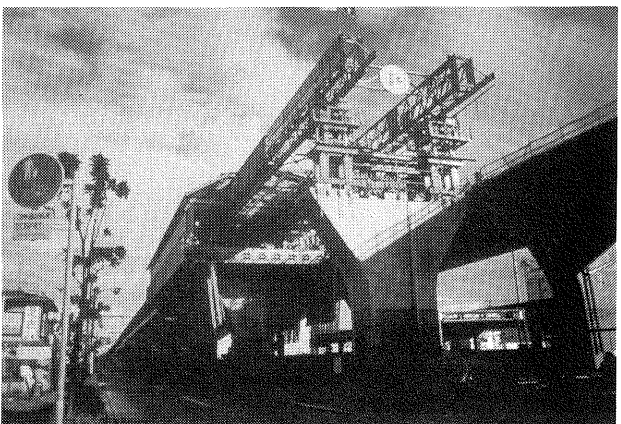


コンクリート打設、PC鋼材緊張後のワーゲン移動は、まず底板型枠を油圧により開閉して行う。この移動は制御盤で行っている。ワーゲン全体の移動はもう1点の支点を利用して3点で尺取り虫方式で行います。

型枠装置の開閉およびワーゲン移動は油圧装置で行う機構としています。



ハンガー式移動支保工のうち2本のメインガーダーを使用したタイプです。



4) 押し出し架設工法

押し出し工法は、スパン40～65m程度の多径間橋梁で、桁下空間に支保工を組むことが困難な場所に適します。

本工法は、一般に橋台後方に橋体の桁製作ヤードを設け、このヤードで8～20m程度の大型ブロックを製作し、コンクリート硬化後ブロック前方に取り付けた手延桁をガイドとして押し出し、順次新しいブロックを打ち継ぎ、橋桁を架設する工法です。

一箇所の集中作業であり、工場と同様な製作管理が行え、更に労務の省力化が可能な工法です。

- ① 製作ヤードで第一ブロックを製作し、先端に手延桁を取り付けて押し出す。
- ② 製作ヤードで順次橋桁を製作し前方に押し出す。
- ③ 橋桁の押し出し作業が完了後、手延桁を撤去し、本支承をセットする。最後に最終プレストレスを導入して橋桁を完成させる。

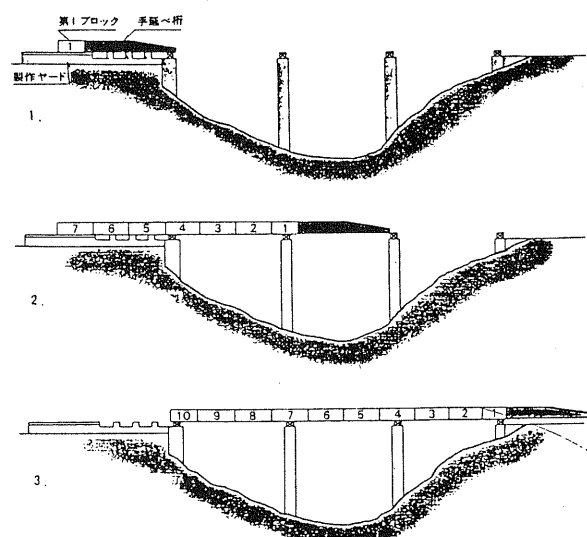
押し出し工法には、橋台・橋脚の1箇所に押し出し装置を設置し、橋体を前方に押し出す「集中方式押し出し架設工法」と、各橋台、橋脚（仮支柱を設置する場合、それを含む）上に押し出し装置を設置して橋体を前方に押し出し架設する「分散方式押し出し架設工法」とがあります。

桁架設地点の後方に桁製作ヤードを設け、鉄筋組立、P C鋼材の配置、コンクリート打設等の一連作業を1箇所で集中的におこなう。そのため作業員数が低減でき、更には熟練度を高めることにもなる。

又、通常は全天候型の上屋設備を設け、工期の短縮をはかる。

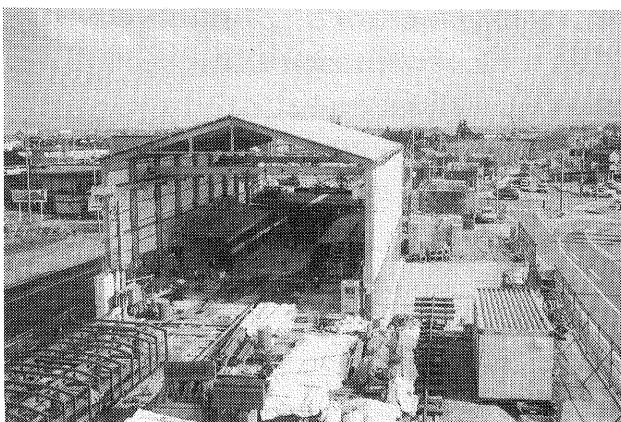
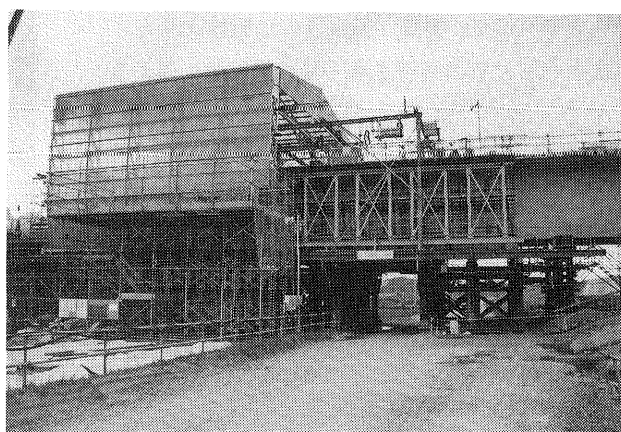
主桁製作ヤードを後方から見た写真です。

施工順序



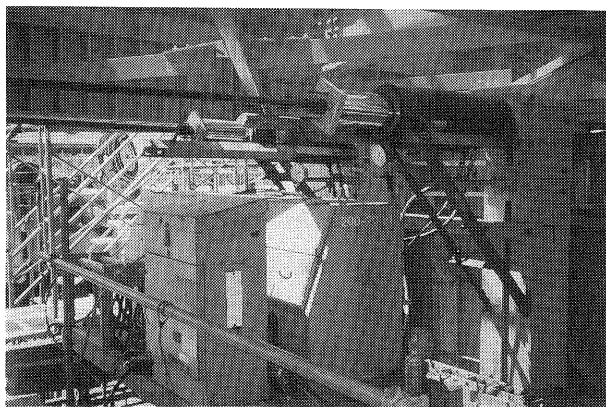
押し出し工法の分類

- 集中式押し出し工法
(橋台又は橋脚の1箇所で反力を取り橋体を前方に押し出す)
- 分散式押し出し工法
(各橋台及び橋脚で推力を与える)



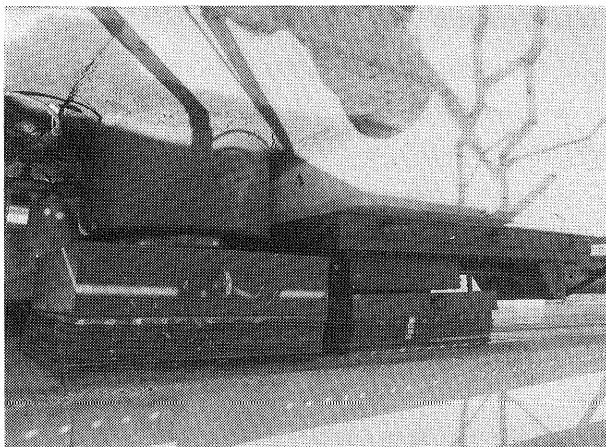
集中方式の押し出し装置を示す。

主桁押し出し時のメイン装置であり、橋台・橋脚等にジャッキを設置し、橋体（又は手延桁）には反力ブラケットを設置して、ジャッキの押し出し力により橋体を押し出す。

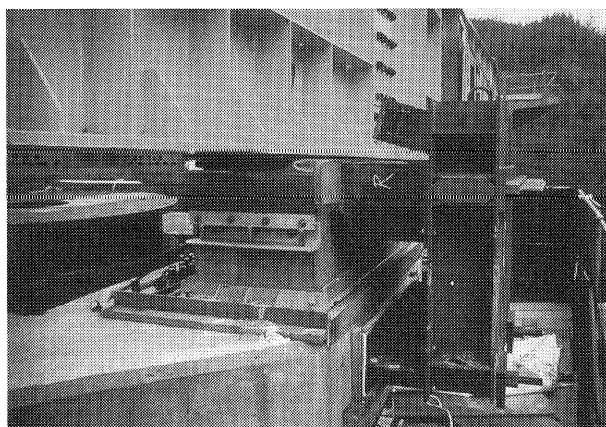


分散方式の押し出し装置を示す。

水平ジャッキと鉛直ジャッキより構成され、鉛直ジャッキで橋桁を持ち上げ、水平ジャッキを鉛直ジャッキ側に移動させ、鉛直ジャッキを降下させ橋桁を滑り受台の上にのせる。水平ジャッキを作動させることにより橋桁を前方に押し出す。



滑り支承を示す。 橋脚、橋台等には橋体を前方に滑り出させるための滑り支承、又は兼用承を備える。



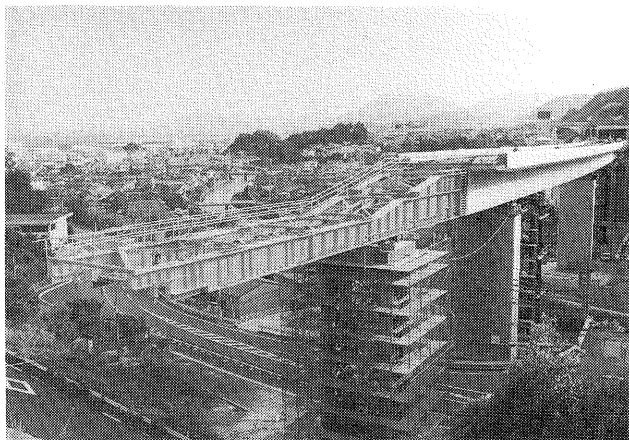
押し出し時の断面力を低減させるため、橋体先端に手延桁を設置する。その構造は鋼製で、橋体とはP C鋼材で連結し一体化されている。

又、橋台（橋脚）間に仮支柱を設けることができる場合には、それにより更に断面力の低減に有利となる。



押し出し架設時の全景です。

この写真は、仮支柱を設けた場合である。



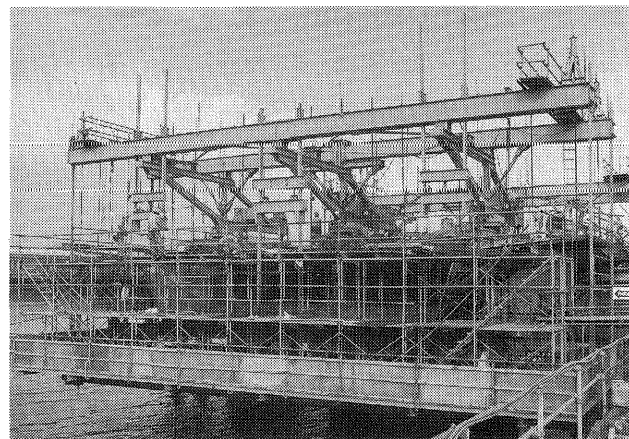
5) 片持架設工法

河川や峡谷などで支保工が建てられない場合、あるいは支間長が大きい場合など、片持ち式張出し施工を行うことが多い。2m～5mのブロックを左右対称にバランスを取りながら施工し、コンクリートの打設、緊張等の作業は先端の架設作業車内で行う。これにより、労務の集中、繰り返し作業による労務者能力の向上をはかることが可能である。

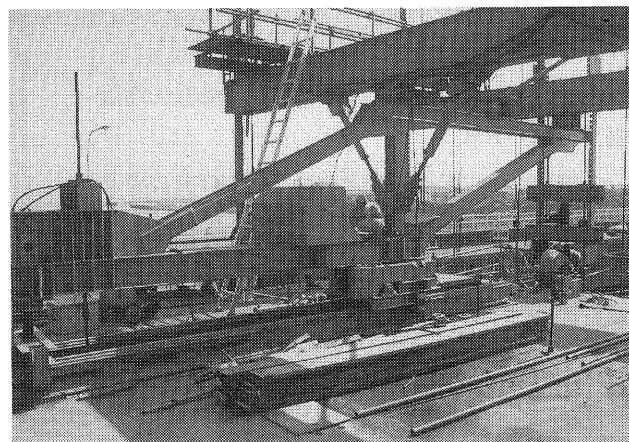
また、架設作業車に屋根やシートを付けることで全天候型の施工が可能である。



架設作業車の全景である。全体を支える主体トラス、移動レール、横梁、吊材、型枠、足場から構成されている。



移動レール、主体トラス、横梁の詳細写真である。架設作業車の移動はレール上を車輪で走行する。一般には主体トラスにウィンチを取り付け、自走式としている。主体トラス並びにレールは、橋体ウェブ付近に取り付け、本体の床版等への負担を軽減している。



片持架設工法の全景です。



プレキャストブロックカンチレバー工法

製作ヤードで作ったプレキャストブロックは、底床トレーラーを用いて架設位置へ運搬する。

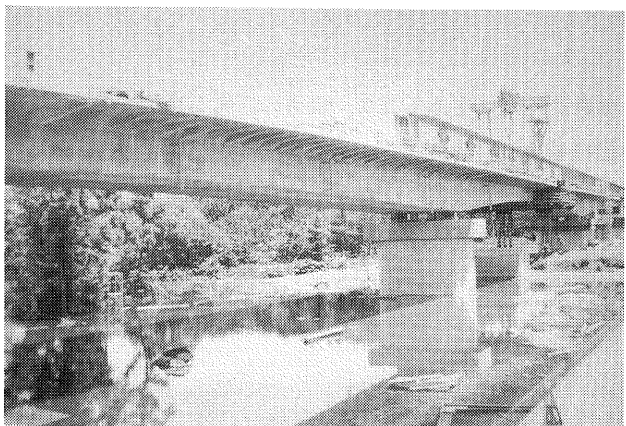


架設位置に設備したエレクションガーダーを用いて張出し架設工法により架設する。接合目地は一般にはエポキシ系接着剤を塗布し、架設用主ケーブルを緊張して接合する。



本工法の特徴は以下のとおりである。

- (1) 上部・下部を併行して施工すれば大幅な工期短縮が可能である。
- (2) 設備の整ったヤードでブロックを製作するので品質管理が容易で確実である。
- (3) 主桁製作がヤード内で連続的に行われるので、省力化工法となる。



6) 合成床版工法

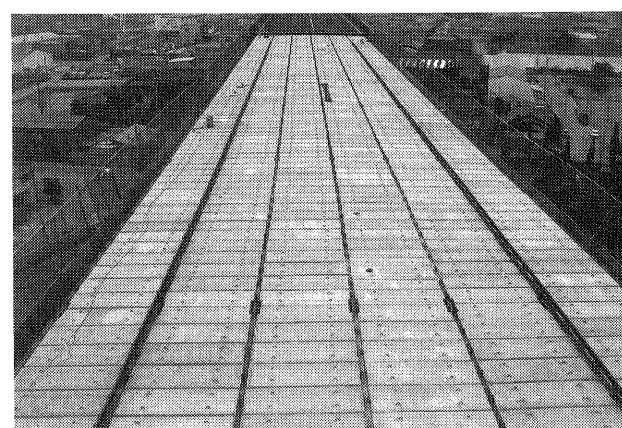
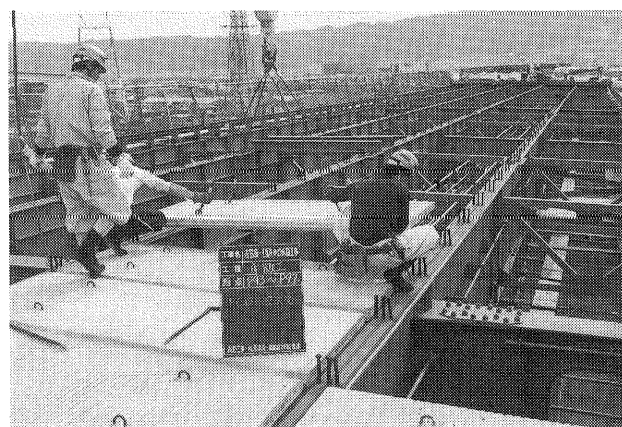
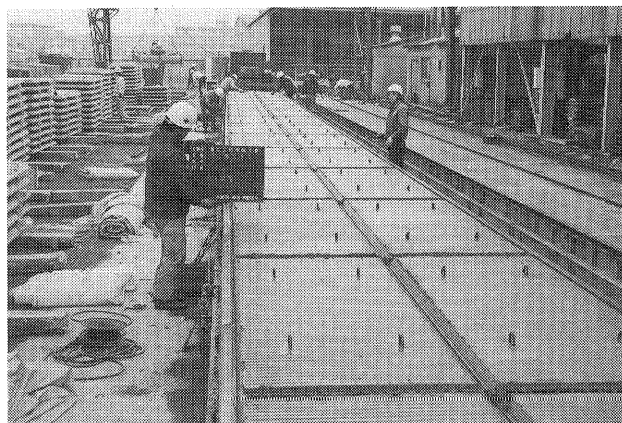
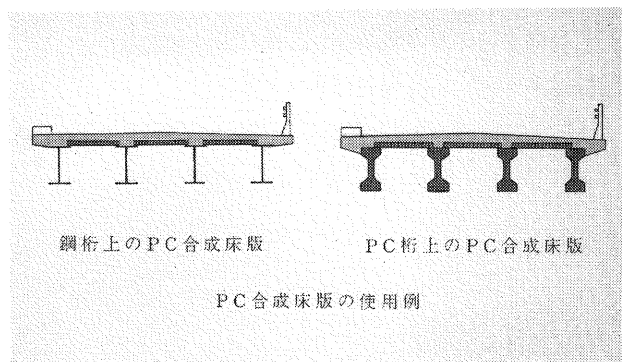
(PC合成床版)

PC板を橋梁床版の型枠兼支保工として使用し、後打ちのコンクリートと一体化するPC合成床版工法です。本工法は、コンクリート橋、鋼橋共に適用することができ、型枠、支保工の組掛いが大幅に省略できるため、施工の単純化や省力化が図れます。

PC板の製造状況です。PC板は工場のロングラインベンチでプレテンション方式にて製造されます。PC板には $50\text{kgf/cm}^2 \sim 100\text{kgf/cm}^2$ のプレストレスが導入され、通常のRC床版に比べて、耐ひび割れ性能が向上します。

PC板は、現場条件により、トラッククレーン、ユニバーサルクレーン、簡易門型クレーン等にて敷設されます。PC板と後打ちコンクリートとの一体化のため、PC板上面は規則的な粗面仕上げとなっています。

PC板敷設完了後は、PC板が堅固な足場がわりとなり、施工中の安全性が高まります。



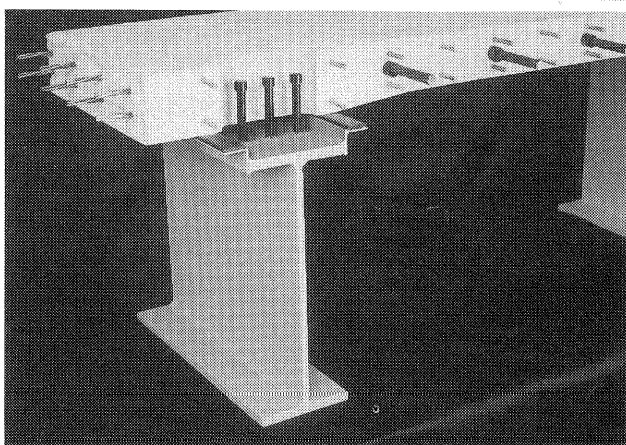
PC板上に所要の配筋をし、後打ちコンクリートの打設を行って、床版が完成します。



(プレキャストPC床版)

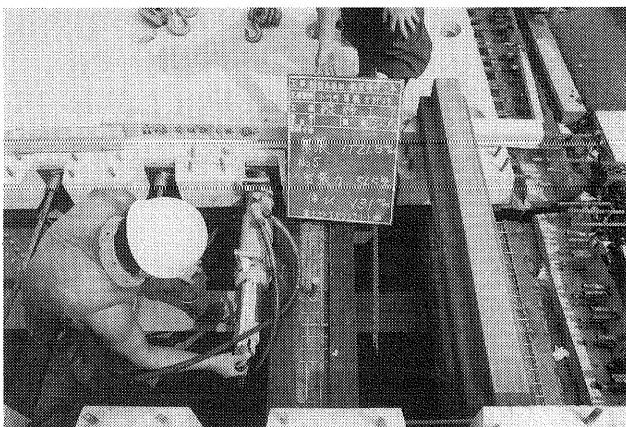
これは、プレキャストPC床版の模型ですが、この工法は、桁上に幅が1～2mのPC版を架設し、橋軸方向には連続ケーブルにてプレストレスを導入して連続床版とするものです。一般には鋼橋に用いられることが多く、合成桁橋にも適用可能です。

現場でのコンクリート打設がないため工期が短く、部分的に交通を解放しながらの施工がしやすいため、損傷したRC床版の打ち替え工事にも適しています。



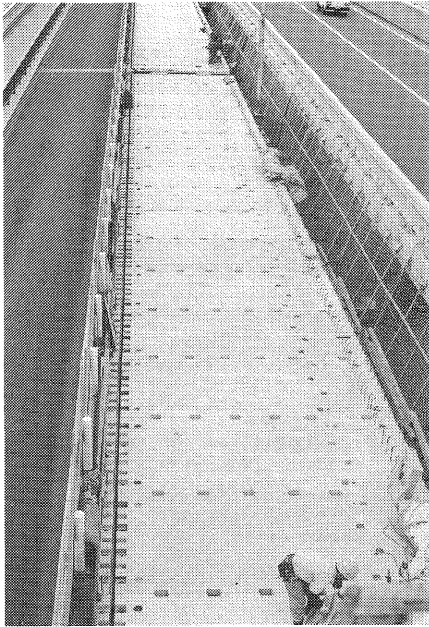
橋軸方向のプレストレス導入状況ですが、通常、シングルストランドケーブルを用いて 30kgf/cm^2 程度のプレストレスを導入します。桁と床版を結合した後、橋軸方向のプレストレスの一部を解放することにより、桁にもプレストレスを導入することが可能です。

この後、架設状況の写真を数例紹介します。



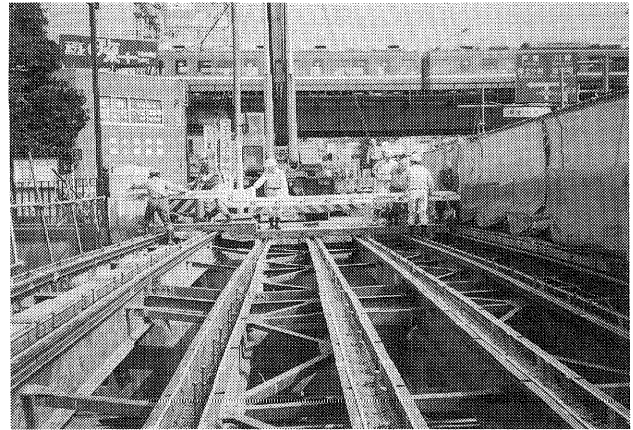
新設の合成桁橋に適用した例で、桁と床版の結合はスタットジベルによって行われています。





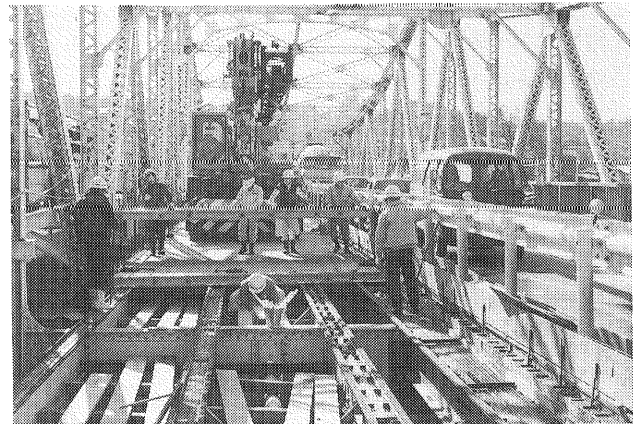
床版の打ち替えを2分割施工で行った例で、この場合の桁と床版の結合は、高張力ボルトによってなされています。

これも床版の打ち替えに適用されたものですが、市街地の非常に交通量の多い現場で、20mの幅員を3分割にて施工しました。



これも打ち替えですが、下路トラス橋に適用した例です。

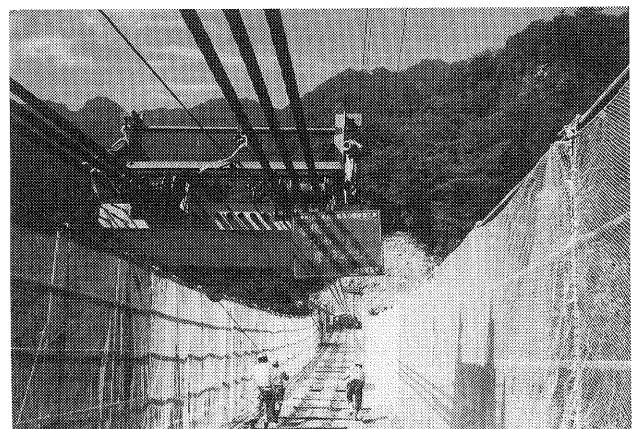
打ち替えの場合、1日当りの施工区間を短かくすることにより、夜間だけ交通規制しながらの施工を行い、昼間は全面交通解放することも可能です。



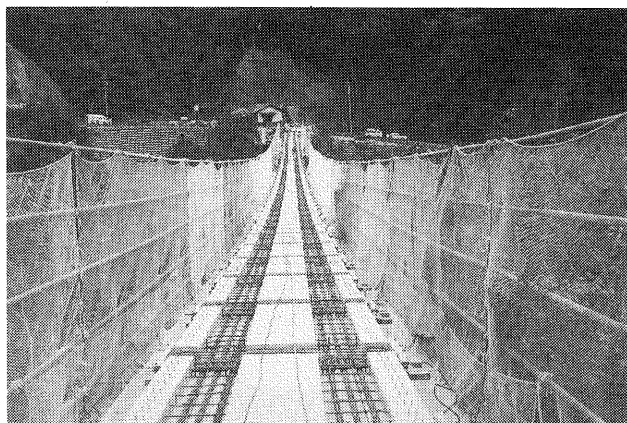
(吊床版橋)

吊床版橋の施工法である懸垂架設工法は、部材のプレキャスト化と主ケーブルを巧みに利用した架設工法により、地形条件に左右されず施工が可能な点と、現場施工を簡略化し急速施工ができる点に特徴がある。

床版はプレキャスト部材として下部工の施工と並行して製作する。架設は移動用ローラーによってケーブルに吊した後、ウインチなどによりケーブル上を所定の位置まで移動して固定する。



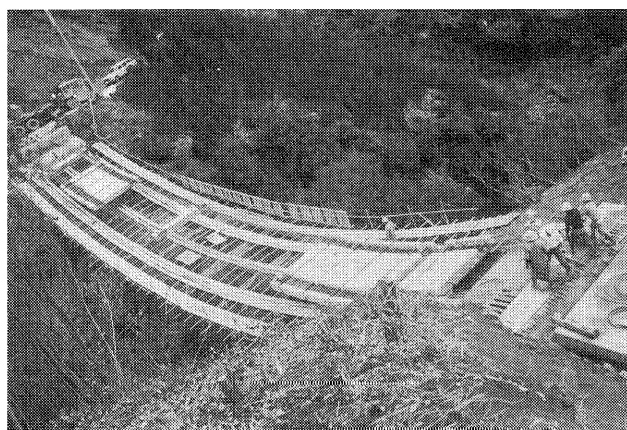
プレキャスト版の架設完了後、間詰部の鉄筋とP C鋼材を配置する。その後プレキャスト版を型枠及び足場として間詰コンクリートを打設する。コンクリートが所定の強度に達した後、床版にプレストレスを導入し圧縮力を作用させ、プレキャスト版と間詰コンクリートを一体化する。このように現場作業は極力省力化、単純化されている。



(P C逆吊橋)

吊床版主索P C鋼材をアバット間に配置する。

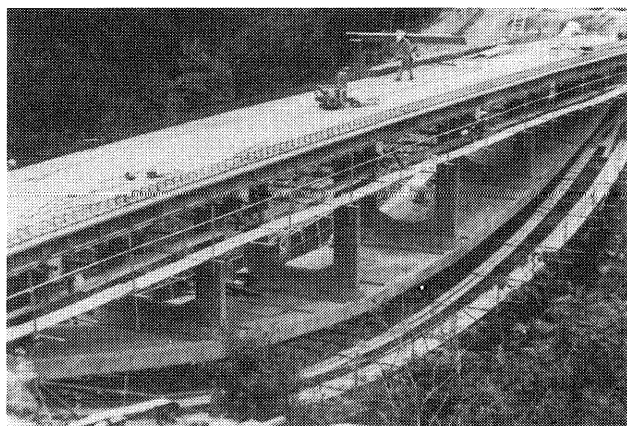
吊床版プレキャストブロックを主索の上を滑らせて、所定の位置に据付ける。



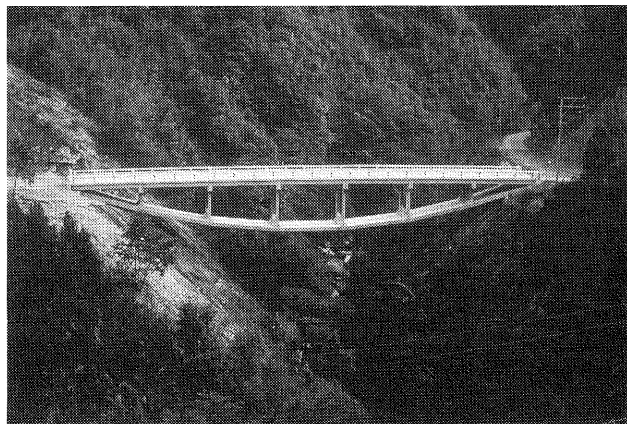
鉛直・上床版工

吊床版上に支保工を組立て、レールを布設する。鉛直材ブロックを台車にのせて運搬し、組立て据付ける。

上床版P C桁は中央径間より荷重を分配しながら架設する。上床版間詰コンクリートを打設し、連続P Cケーブルを緊張する。



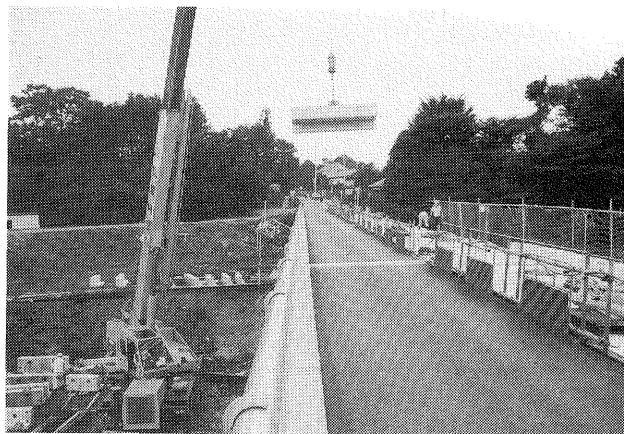
部材は全て工場で製作されるプレキャスト製品であり、現場作業が省力化されている。



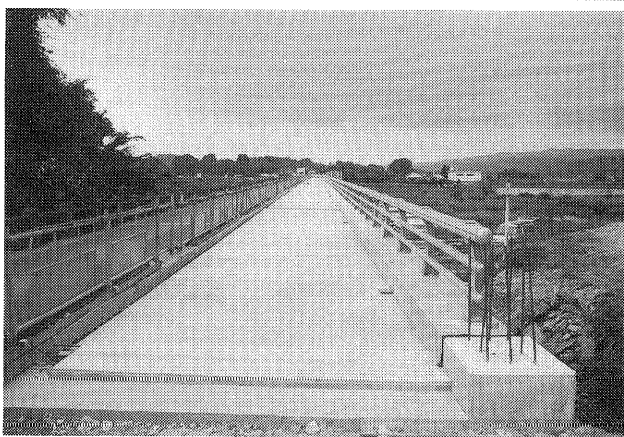
7) その他プレキャスト化

(地覆のプレキャスト工法)

プレキャストの地覆をクレーンにて吊り上げボルトにて固定します。



完成状況です。



地覆高欄のプレキャスト工法です。

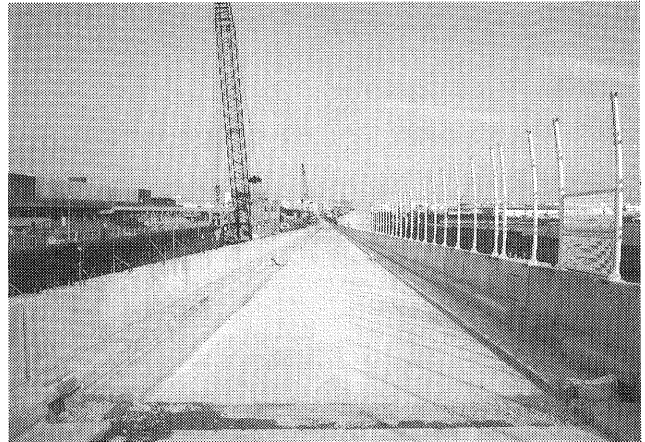
床版内に埋込まれたボルトにより固定している状況です。



目地をコーキングしている状況です。



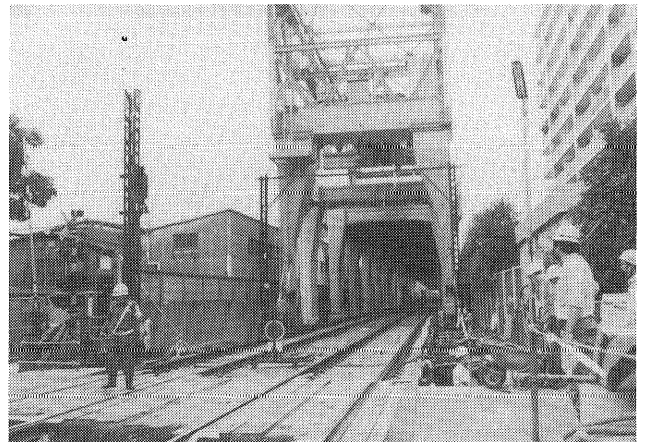
完成状況です。
大幅な工期短縮が可能です。



(プレキャスト部材の組合せによる橋脚)

下部構造の基礎及びフーチング迄は現場施工し、脚柱、受梁及び上部主桁は工場にて製作したもので、PC鋼材は、フーチング施工時に前もって、デットアンカーとして埋め込まれています。

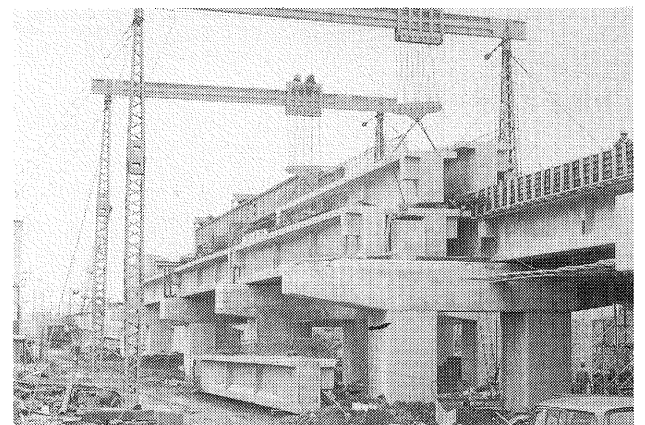
直上架設機を用いて脚部を定位置に建て込み、フーチングと脚部の間に無収縮モルタルを注入し、モルタル強度が 260 kgf/cm^2 以上に達した後にPC鋼棒($\phi 26\text{SBPR}80/95$ 18本)を緊張し自立させる。次に、受梁を吊り上げ、脚部上面にモルタルを均一に敷き、脚部と受梁を密着させ、引き続き脚柱用の主ケーブル($12\sim\phi 8$) 18ケーブルを緊張し、ラーメン橋脚を築造する。この、橋脚の組立は、施間作業の為、時間制限があり、延べ時間で約20時間であった。日数に直すと2.5日です。



脚部はPCケーブル($12-\phi 7$)をシース中に挿入しながら鉛直に建て込み、25tジャッキ4台の上に仮受し、柱の鉛直性と目地厚10mmが確保できる様にジャッキにて調整後フーチングと柱の底面に棒状振動機を用いて流し込んだ後、直ちに、10ケーブルを脚部上面で緊張定着した。(緊張前に建て込みジャッキは緩める)

その後、受梁を架設する前に柱と受梁との間にモルタルを均一に敷き均し(目地10mm)、受梁を定位置に降下しすえつけた。

単にモルタル上に受梁を置いても不陸があり、密着しないので受梁に箱型振動機を用いて密着させ、直ちに緊張作業を行って、ラーメン橋脚を築造した。1脚の組立日数は2日であった。



B その他部門のプレキャスト化

1) 防災施設部門

(プレキャストシェッド)

雪崩、落石、土砂崩壊等に対する道路防護施設として使用されている。

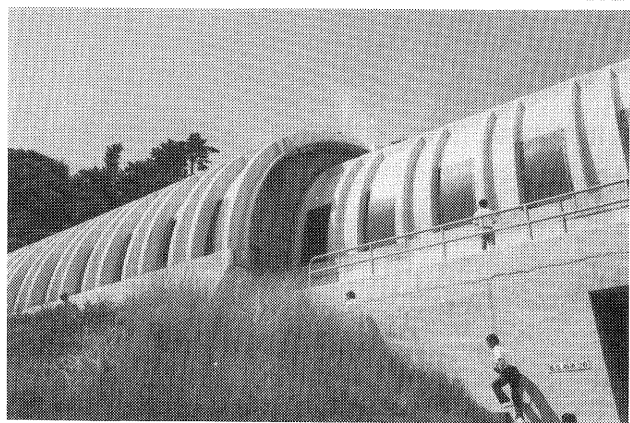
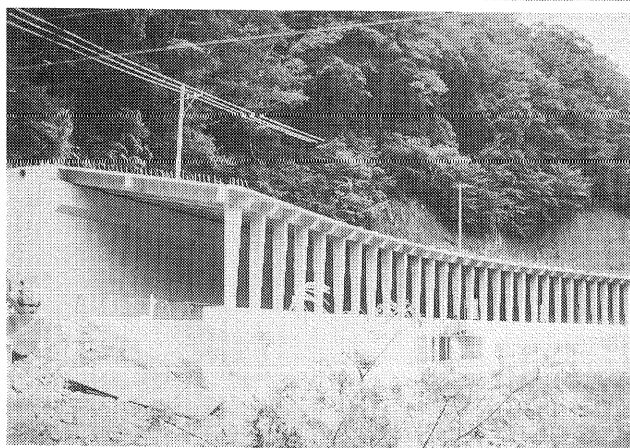
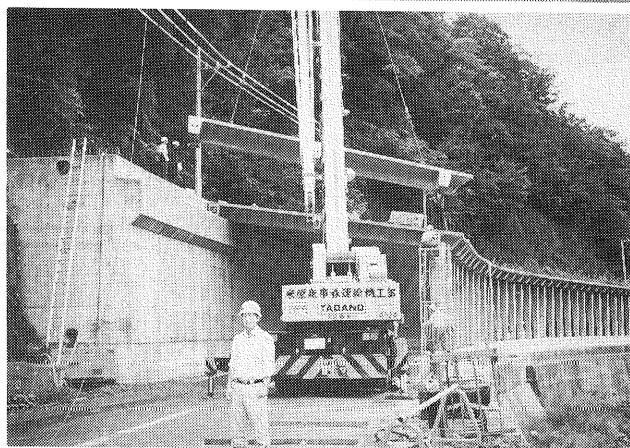
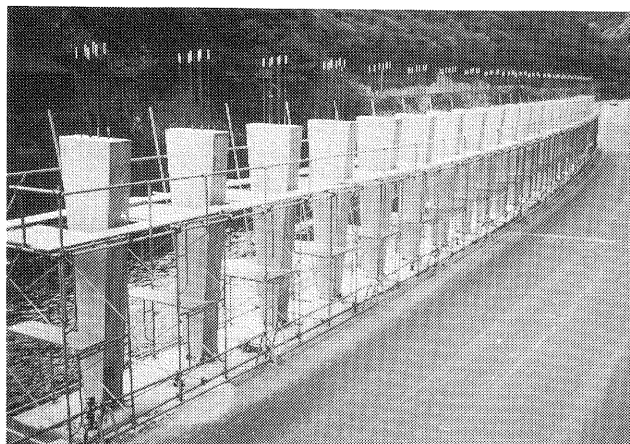
柱はRC、またはPC構造で、主梁はPC構造であり、全て工場製品で構成されている。各部材の架設はトラッククレーンにて行う。

主梁・横梁そして柱の結合はPC構造としてあるので、堅牢でかつ安全性と耐久法がある。

供用中の道路上での施工が多いが、プレハブ方式のため交通を開放しながら施工することが可能であり、また現場工期を大幅に短縮することが出来る。

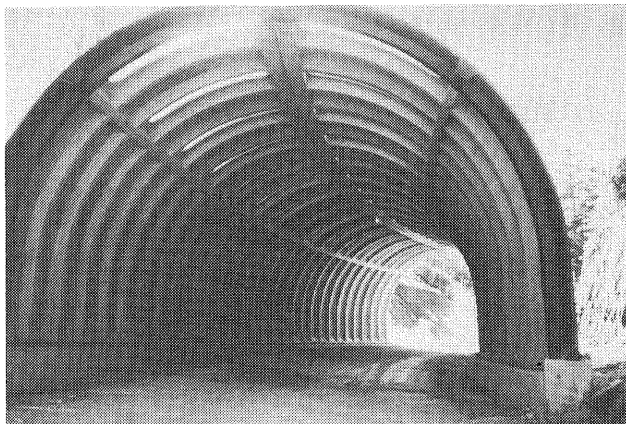
(PCスノーシェルター)

吹き溜りが生じ易い地形の道路や除雪が困難なトンネルの杭口付近等に設置される。



プレキャスト部材の組立方式のため工期が短い。
採光窓があるため、シェルター内部の明るさと視
距の確保が容易である。

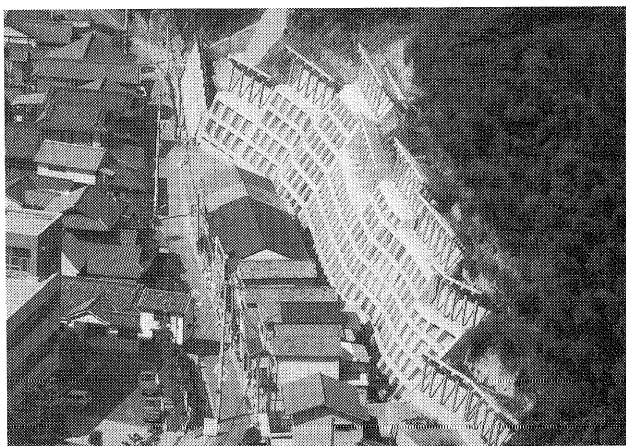
平板のアーチ形状のため、無雪期でも見栄えがよ
い。



（法面安定枠と落石防護柵）

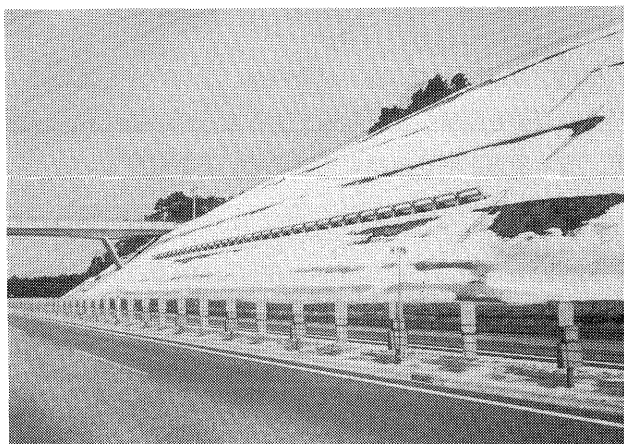
プレキャスト部材を用いて、法面の補強と落石防
護柵を設置している。

部材重量は5.0t～8.0t程度である。



（雪崩予防柵）

豪雪地域での雪崩の被害を防止するため、プレキ
ャスト製の柵を斜面に設置している。



（P C矢板）

港湾構造物、河川護岸、下水道、土留擁壁等に使
用されている。プレテンション方式であるため、矢
板長さ調整が自由である。

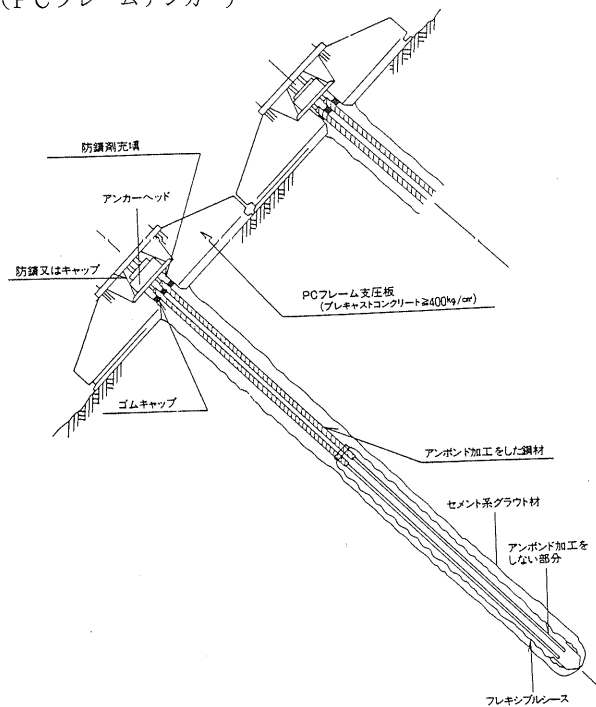
P C構造のため、大型で長尺の矢板の製作が可能
である。



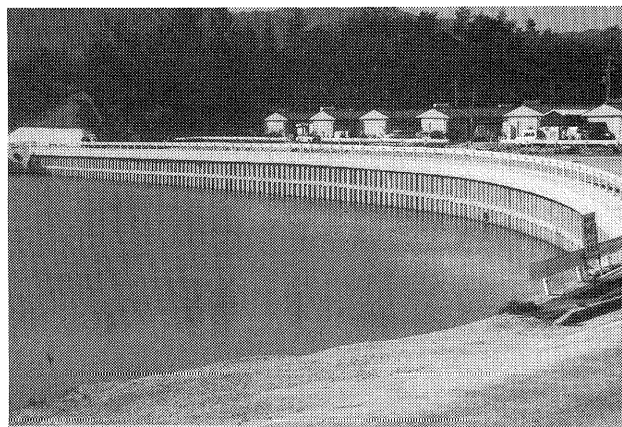
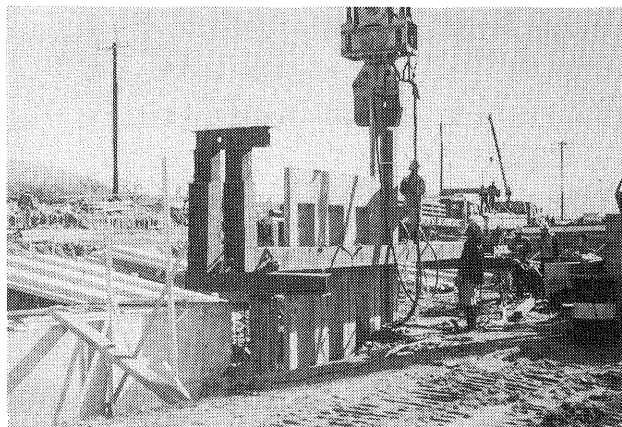
矢板の打込みは、P C特性により引張力にも強く、パイプロハンマー等あらゆる機械施工に適合する。

プレキャストコンクリート矢板を打込み、連続壁とするので、土留矢板を必要としないうえに、矢板を抜く手間も省け、他の工法に比べ工期が短縮できる。

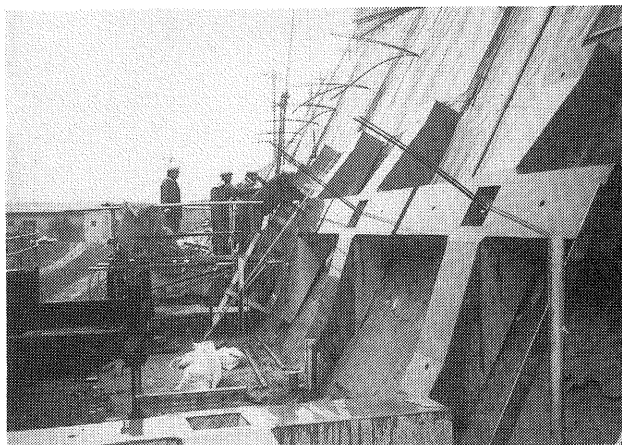
(P Cフレームアンカー)



P C版のり枠（P Cフレーム）の取付状況ですが、P Cフレームは3ton以下と比較的軽く、能力15ton程度のトラッククレーンにて簡単に施工できる。



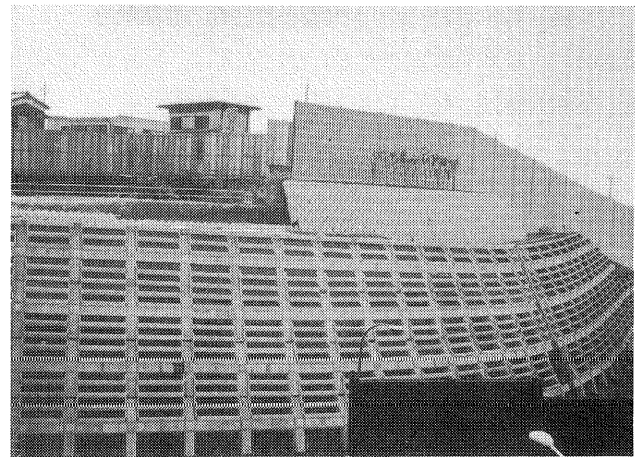
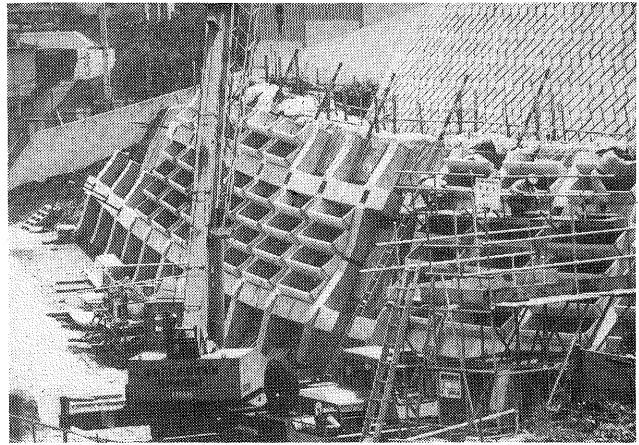
斜面を押さえるのり枠工の内、のり枠部分にP C版を用いたもので、アースアンカーとの組み合わせで使用されます。こののり枠には、通常、現場打ちコンクリートが用いられていますが、その作業は斜面で行うため能率が悪く、作業の安全性の確保も困難となっている。



これは、平面線形が $R=60\text{m}\sim 100\text{m}$ のクロソイド区間に用いた例で、PCフレームの腕の長さを調整することにより、曲線区間にも適用できます。

またこの現場では、各PCフレーム間に緑化用の棚を設けて美観を配慮した設計がなされている。

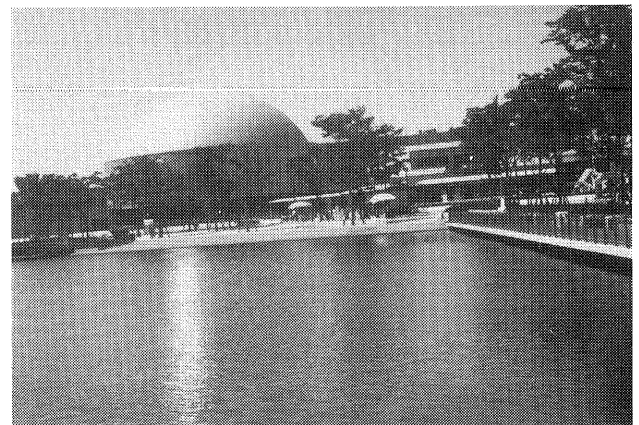
PCフレームと棚を取付終ったところです。ここは、横浜新道拡幅工事の保土ヶ谷インターチェンジ付近の現場で、5分勾配の急な斜面を逆巻きで施工したものです。



2) 建築部門

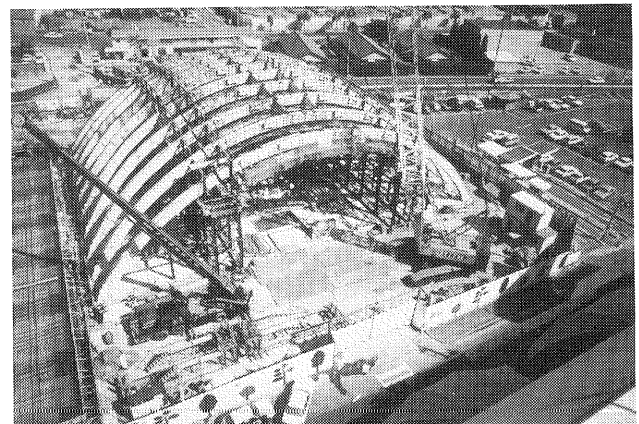
建物名称	国際科学技術博覧会政府出展館つくばエキスポセンター
用途	プラネタリウムドーム
所在地	茨城県つくば市
発注者	建設省
設計者	日本設計・佐藤総合計画共同企業体
ドーム概要	組立式プレキャスト造 (直径36.9m, 44等分のPC板)

ドーム (プラネタリウム)



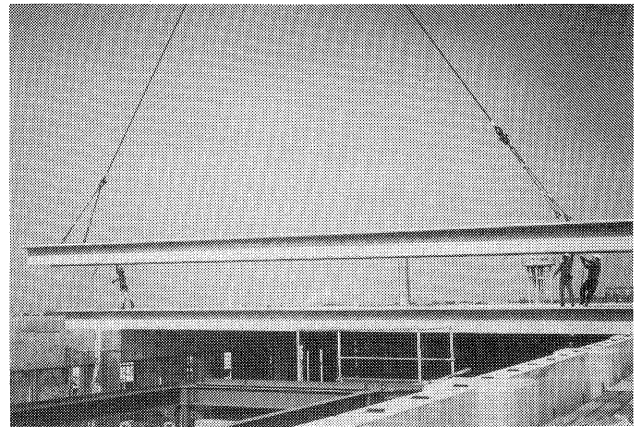
建物名称	瀬戸大橋記念館
用途	展示場
所在地	岡山県倉敷市
発注者	倉敷市
設計者	東畑建築事務所
PC概要	PCブロック工法(4分割) 大梁、小梁をプレキャスト スラブ現場打ちコンクリート
規模	スパン 46.2m, 桁行 31.5m, 地上高 14.69m

アーチ



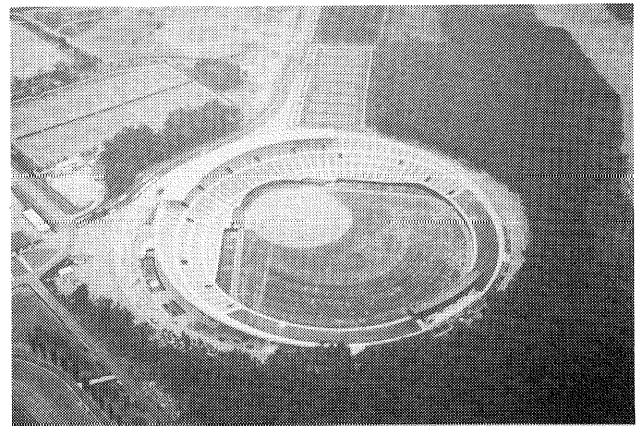
建物名称 日本バイリーン第2工場新築工事
 用 途 工場
 所 在 地 茨城県
 発 注 者 日本バイリーン
 設 計 者 海老原建築事務所
 規 模 階 数 3階
 延面積 11,672 m²
 構造形式 プレキャスト造と鉄筋コンクリート造
 の併用構造
 P C 概要 DT240/8 $\ell = 25.2\text{ m}$

ダブルTスラブ



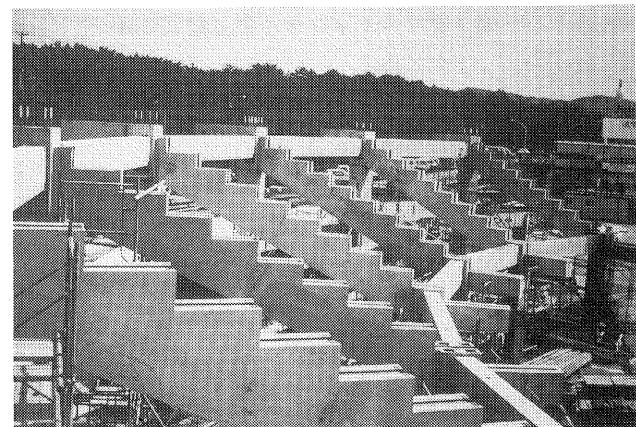
建物名称 あづま総合運動公園野球場
 用 途 野球場
 所 在 地 福島市
 発 注 者 福島県
 設 計 者 環境設計研究所
 規 模 収容人員 30,000人
 建築面積 8,835 m²

P C 段床 (1) 完成図



構造形式 プレキャスト組立造
 P C 概要 段梁, 桁梁, 柱, 段床 プレキャスト
 PC段床  (L型段床)
 (2段L型段床)

P C 段床 (2)



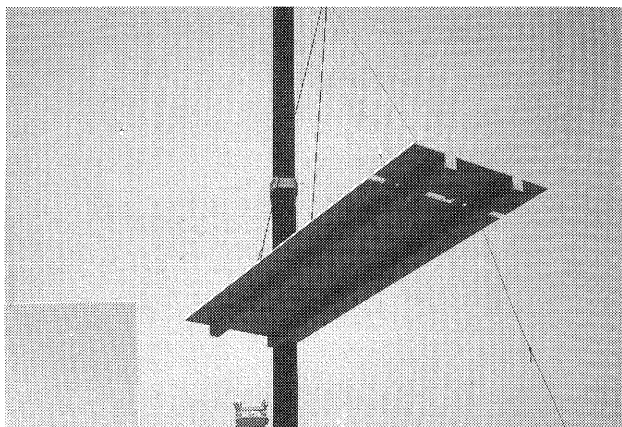
(この写真には下部P C骨組が写っているが、
 P C 段床はまだ取り付けられていない)

プレストレスの入ったP C合成スラブは、7社が商品化しております。
ここでは、3社を紹介します。

P社

形 式：ダブルT型, 幅2.0 m
ス パ ン：4～9 m
P C板強度：630 kg/cm²
特 徴：フランジ厚 30 mm
結 合 筋：なし

P C合成スラブ (CS板)



O社

形 式：チャンネル型(π型), 幅1.2 m
ス パ ン：3～9 m
P C板強度：500 kg/cm²
特 徴：フランジ厚 50 mm
結 合 筋：なし

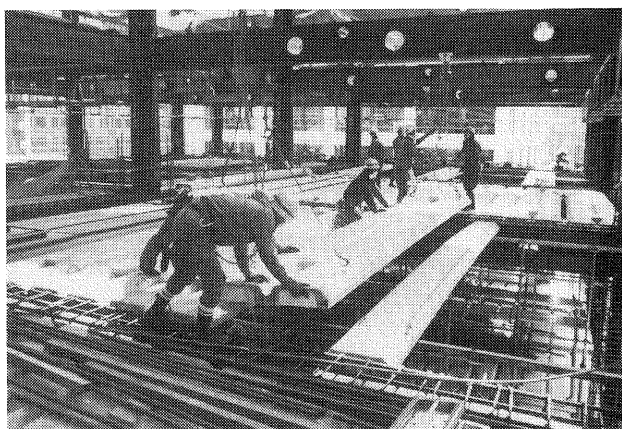
P C合成スラブ (πスラブ)



F社

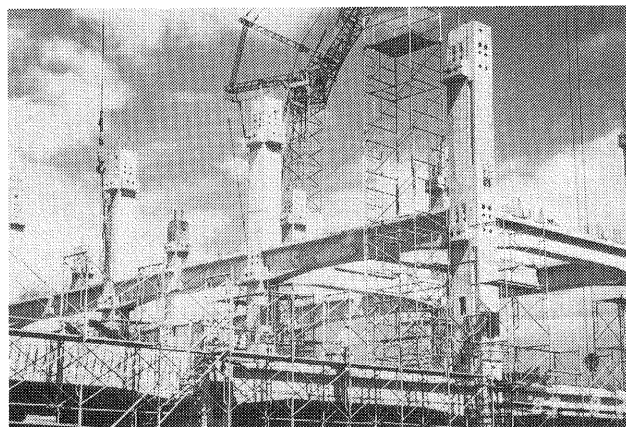
形 式：ダブルチャンネル型, 幅1.0 m
ス パ ン：3～9 m
P C版強度：500 kg/cm²
特 徴：フランジ厚 25 mm
結 合 筋：なし

P C合成スラブ (FC板)



建物名称	(株)大安京つけもの工房
用 途	工場
所 在 地	京都市
設 計	吉村建築事務所
規 模	プレキャスト造 3 階建(屋根鉄骨)
	建築面積 4,174 m ²
	延床面積 10,895 m ²
	グリッド 5.7m×12m
P C 概要	PC一柱, 大梁, 小梁, ダブルTスラブ 梁の緊結—K T B 工法 柱の緊結—P C 鋼棒
PCのねらい	・京都風神社仏閣のイメージ ・天井なし ・塩害対策

P C 組立工法



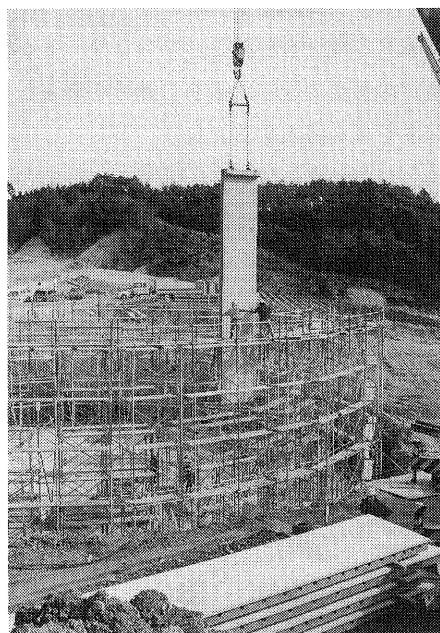
P C 駐車場



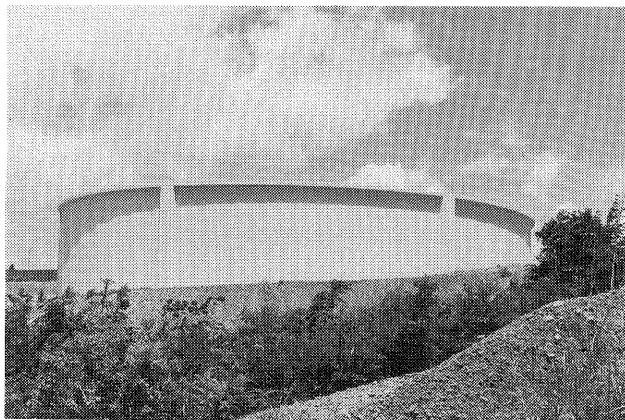
建物名称	若葉台 1—8 棟前自走式二層駐車場増設工事
用 途	駐車場
所 在 地	神奈川県
発 注 者	若葉台管理センター
設 計 者	フドウ建研
構造形式	プレキャスト組立造
規 模	収容台数 89 台 建築面積 783 m ²

3) 円形貯蔵容器部門

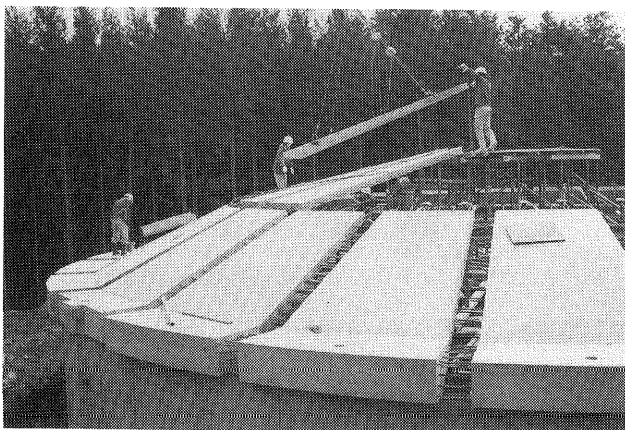
プレキャスト P C タンクは、縦長のプレキャスト版を円筒状に建て込み、目地部にモルタルを注入し、プレストレスを与えて一体化したものである。



プレキャスト部材数を増減することにより、任意の内径に応じた円筒タンクを構築することが可能です。



屋根部もプレキャスト化がなされており、工種の簡素化、単純化、工期短縮がはかれる。



4) その他

〔P C 舗装〕

P C 舗装には、ポストテンション方式とプレキャスト版方式がある。

（ポストテンション方式）

路盤構築後P C 鋼材を配置し、コンクリートを打設する。所定の強度に達した後P C 鋼材を緊張して、版にプレストレスを導入する。

このため、ひびわれの生じない舗装で、目地間隔を長くすることが出来るため、走行性がよい。

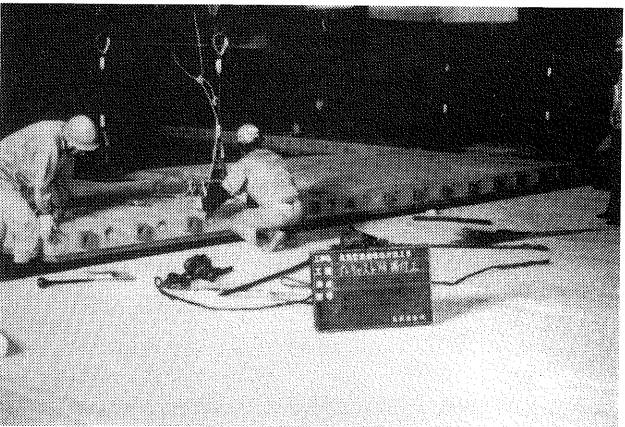
版厚は 15cm を標準とし、版長は 50m～80m 程度とする場合が多い。

（プレキャスト版方式）

工場で製作されたプレキャスト版を所定の位置に敷き並べ、特殊な結合体またはプレストレスにより版相互を結合する工法である。

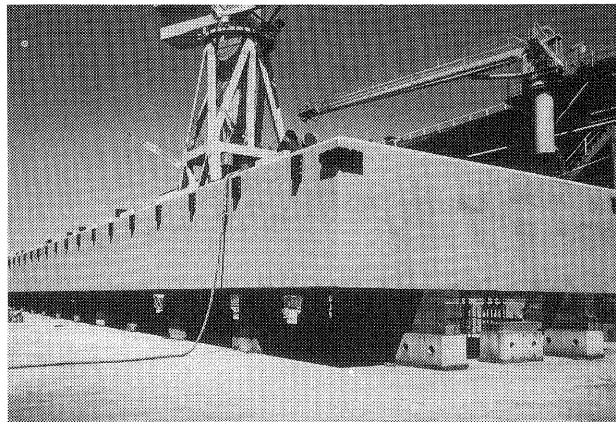
プレキャスト版のため、短時間施工・即時供用が可能である。

また、版の取替、補修も容易である。

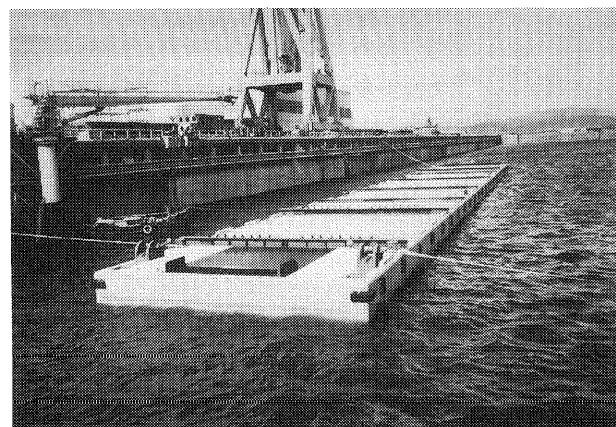


〔浮防波堤〕

浮函製作は、陸上でブロックごとに製作できるため、施工スピードが早い。



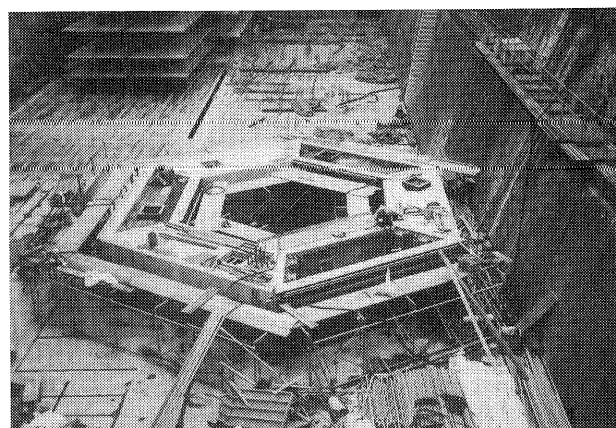
浮函ブロックは、洋上にて容易に接合出来る。
浮力を利用して大型構造物への対応が可能である。



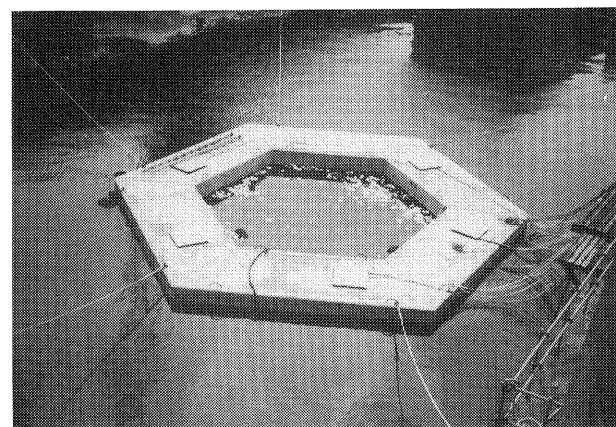
〔六角ポンツーン〕

全体を6ブロックに分割して製作ヤード(ドック)内で製作し、注水、浮上、曳航後海上にて引き寄せ接合して一体構造とする。

プレハブ方式のため製作が容易である。

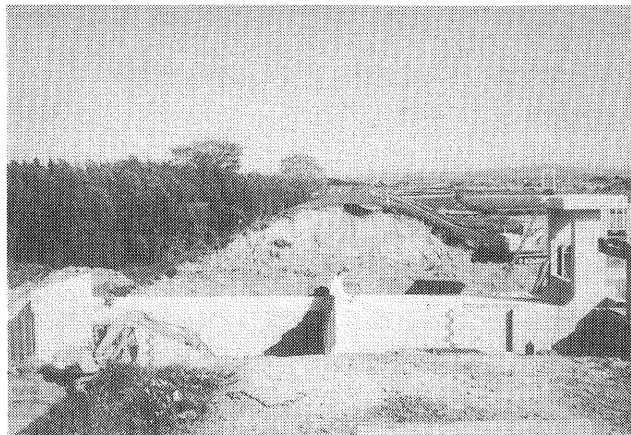


動揺が少なく、耐波性に優れた構造物であり、洋上ステージ、海上レストランなどへの利用が可能である。

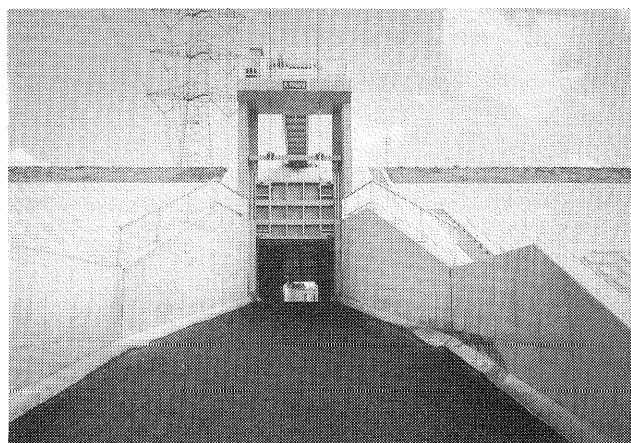


〔PC樋管〕

現場打工法とプレキャスト工法があり、現場打工法は大型樋管の製作に適している。プレキャスト工法の場合は、多量の同一形状寸法製作に適しており、工期の短縮を図ることが出来る。



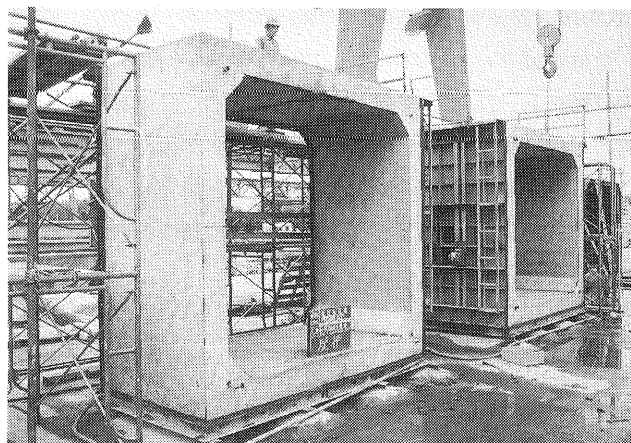
在来工法の杭基礎は必要とせず、プレストレスが導入されているため沈下変形によるひびわれ発生に強く、優れた性能を保つ。



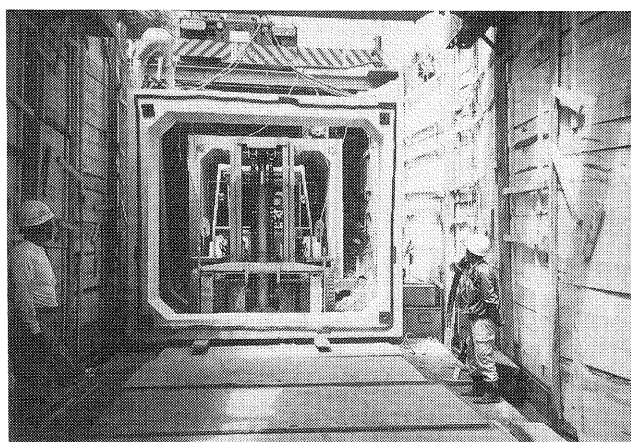
〔ボックスカルバート〕

プレキャストボックスカルバートは、下水道・地下道・河川暗きょなどに広く利用されている。

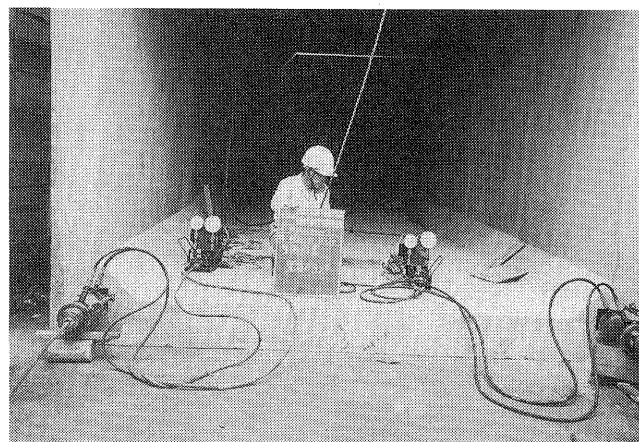
プレキャスト製品なので現場作業が少なく、工期の短縮・現場施工の簡素化が図れる。



ボックスカルバートの据付けは、門型クレーン、トラッククレーン車、フォークリフトなど現場の条件に適した方法が自由に選択できる。



縦方向にプレストレスを導入することにより、軟弱地盤上でも不等沈下の影響を受けず、ボックス接合部の水密性がます。



以 上

平成3年1月31日 印刷
平成3年2月2日 発行

新たな展開を示すPC構造

頒価 4,500円
(〒450円)

発行者 筒井 武 徳 東京都新宿区津久戸町4番6号

印刷者 井 上 一 次 東京都文京区本郷1-22-6

印刷所 株式会社 東京プリント 同 上

発行所 豊 プレストレストコンクリート技術協会

TEL. 東京(03)3260-2521 振替口座 東京7-62774番
FAX. 東京(03)3260-2518

〒162
東京都新宿区津久戸町4番6号
第三都ビル

