

【論文・報告】

最近の大型移動支保工によるPC橋の施工 (AS-21工区高架橋, 別府橋)

Construction Report of Prestressed Concrete Bridges
by Traveling Stage Erection Method

境 豊和*
Toyokazu SAKAI

吉野 博**
Hiroshi YOSHINO

門馬憲幸***
Noriyuki MONMA

1. まえがき

プレストレストコンクリート橋が昭和26年に日本に始めて導入されて以来、PC橋の架設工法は、架設地点の変化、架設機械の進歩、社会構造の変化による架設技術開発等に伴って発達してきた。

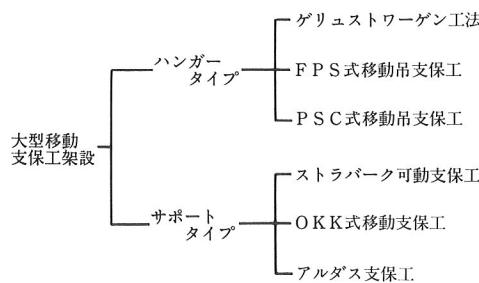
近年は特に高学歴化が進み、現場労働力の不足と高年齢化により、人件費の高騰を招き、急速施工と同時に省力化の必要性が生じ、機械化施工による大型移動支保工を使用した長大PC橋の施工が増加している。

本報告は、最近当社が移動支保工で施工した中で、特殊な構造形式や橋脚形式、複雑な平面線形、変化量の大きい横断勾配等の諸条件を有する AS 21工区高架橋と別府橋について、ハンガータイプの移動吊支保工の場合と、サポートタイプの可動支保工の場合に分けて、その諸問題への対応策と施工方法を報告する。

2. 移動支保工法の概要

(1) 移動支保工架設工法の分類

表-1 大型移動支保工架設工法の分類



上記の分類から、当社が施工した、FPS式移動吊支保工と、ストラバーグ可動支保工について、その概要を述べる。

* 川田建設株大阪支店工事部工事二課課長 **川田建設株東京支店工事部工事二課係長 ***川田建設株東京支店工事部工事二課主任

(2) FPS式移動吊支保工(ハンガータイプ)

本吊支保工は型枠、コンクリート及びその他全ての荷重を受け持つ2本の架設桁がR₁、R₂、R₃の3つの支持台を介して橋面上に設置され、架設桁よりPC鋼棒で鋼製型枠が吊り下げられており、コンクリート打設時には荷重がPC鋼棒により架設桁に伝達される構造である。

AS 21工区高架橋はこのタイプの大型移動支保工によって施工されたものである。(図-1参照)

(3) ストラバーグ可動支保工(サポートタイプ)

可動支保工の基本構造は、橋体の下に左右2本の支保工桁と中央の送り桁、橋脚ブラケット、前後方ラーメン、型枠及び吊り足場から成っている。

橋体施工時には、支保工桁は橋脚ブラケットにて、送り桁は橋脚頭部に配置されたジャッキにより支持されている。

別府橋はこのタイプの大型移動支保工によって施工されたものである。(図-2参照)

3. 施工概要

(1) 首都高速道路6号線AS 21工区高架橋

AS 21工区高架橋は、東京都と埼玉県の都県境に位置し、構造形式に曲線を駆使した主桁断面を有する、支間45mの9径間連続PC2主箱桁橋で計画された都市内高架橋である。架設地点は、地盤が非常に軟弱であることや、並行した市道は朝夕のラッシュ時に交通渋滞をきたし、この市道と連結する道路が工事区域内を横断している状況である。

以上のような諸条件により、当初計画した枠組支保工による、上下線一括施工が不可能なため、市道を切り回しながら施工する上下線分離施工とした。

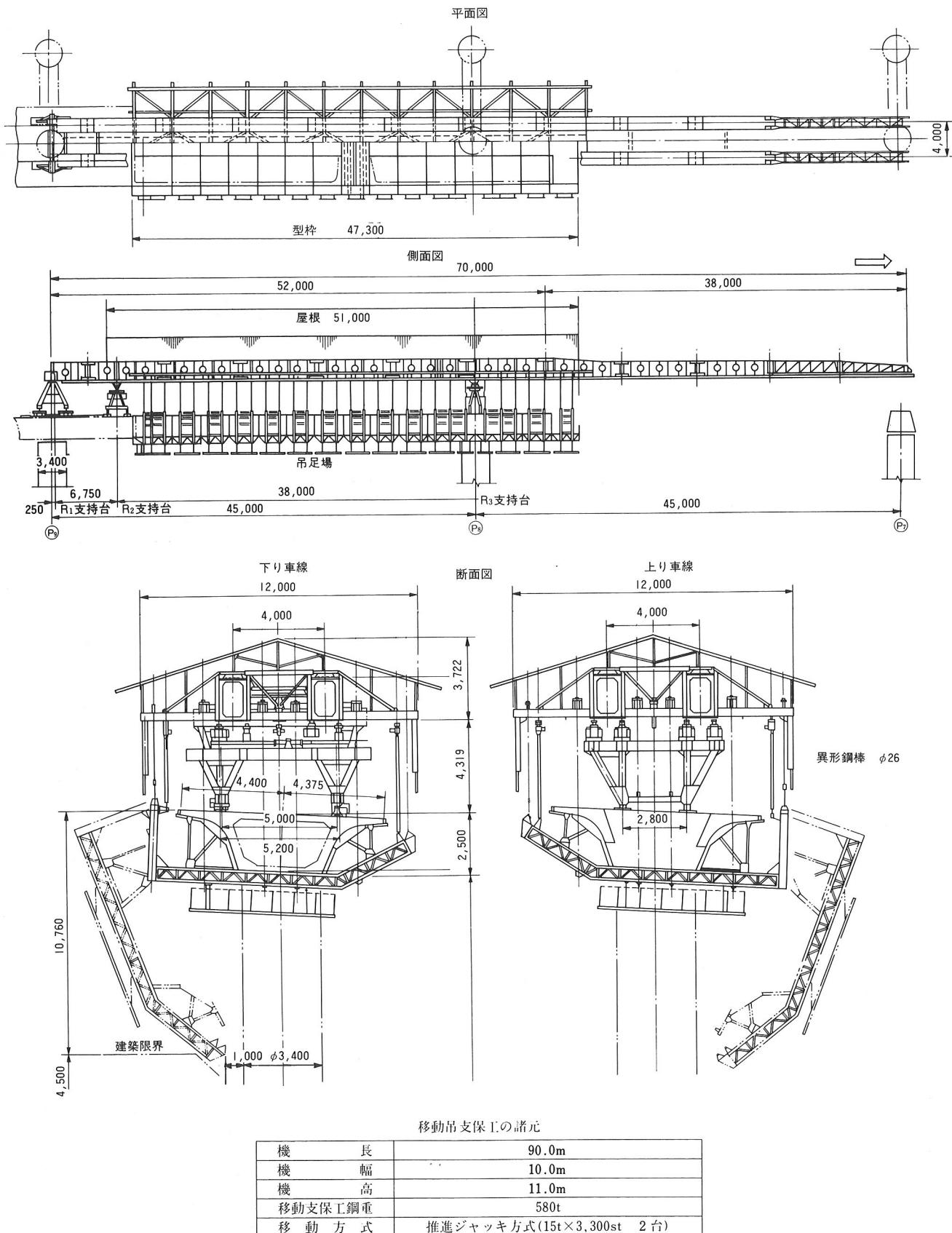


図-1 F P S式移動吊支保工図

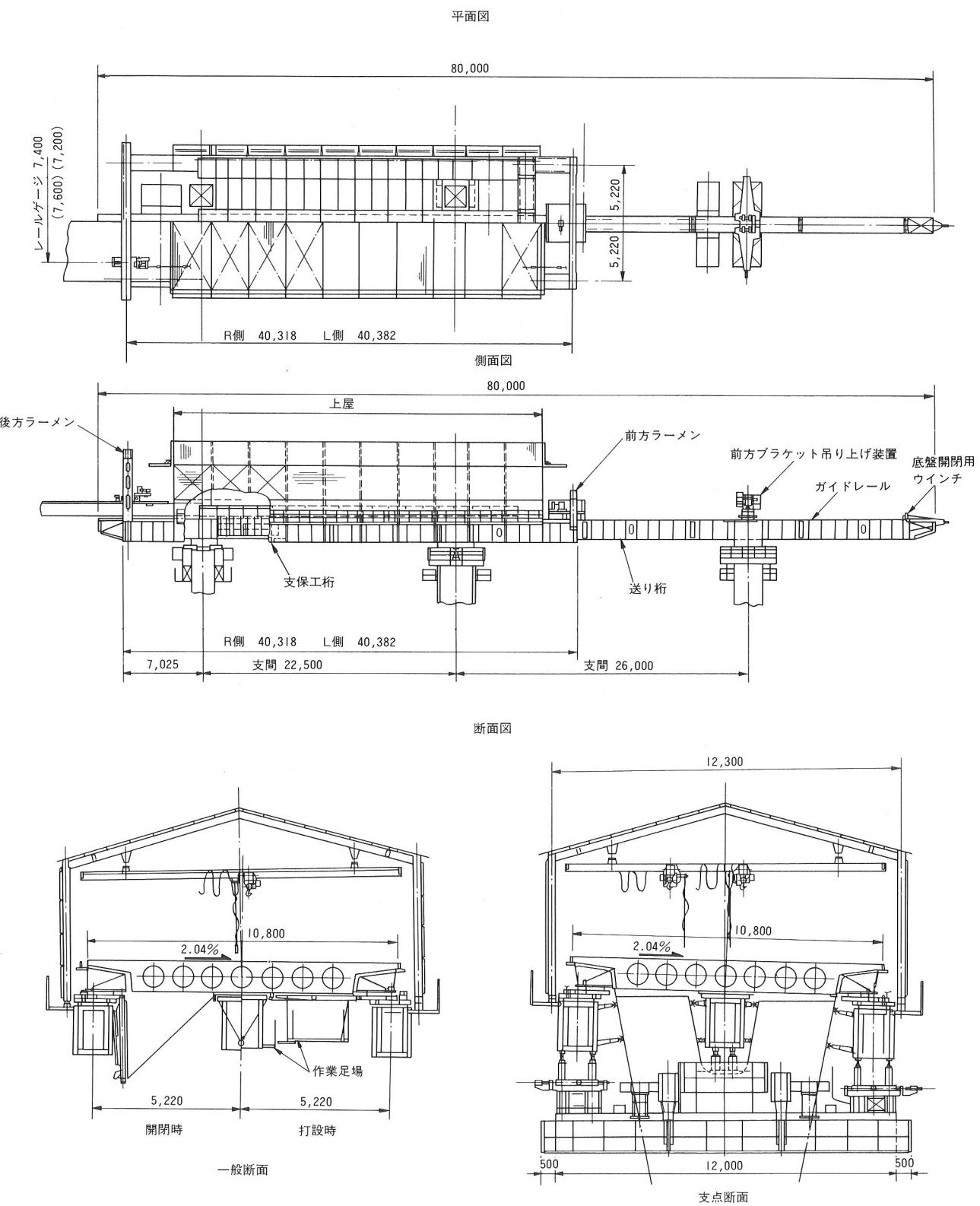


図-2 ストラバージ式可動支保工図

架設工法は、F P S式移動吊支保工を使用して、9径間連続部の大部分を施工し、P₉～P₁₀～P₁₁径間について、首都高速道路公団第3建設部とするためにケミコライザ工法による地盤改良を実施し、枠組支保工にて施工した。

(工事概要)

工事名	A S 2 1 工区 (その1) 高架橋上部構造新設工事
発注者	首都高速道路公団第3建設部
施工者	富士ピーエスコンクリート株 川田建設株 共同企業体
工事箇所	埼玉県八潮市浮塚地先
工事期間	昭和57年3月～昭和59年4月
橋格	T L - 2 0
橋種	プレストレストコンクリート道路橋
構造形式	9径間連続P C 2主箱桁橋 単純P C 3主箱桁橋
橋長	452.00m
支間	42.55m + 7 @ 45.00m + 44.29m
有効幅員	8.50m × 2
勾配	縦断0.35% 橫断1.5%～5.0%
平面線形	R = 900m
架設方法	F P S式移動吊支保工 上下線16径間 枠組支保工 上下線 4径間

表-2 主要材料

種別	単位	数量	摘要
コンクリート	m ³	6,750	$\delta_{CK}=350 \text{kg/cm}^2$ $\delta_{CK}=300 \text{kg/cm}^2$
P C鋼材	ton	360	SEEEケーブル F-200, FC-130
鉄筋	ton	677	SD-30
支承	ton	205	B.P.管

(2) 九州横断自動車道別府橋 (P C上部工)

別府橋は長崎を起点とし、佐賀、福岡、大分の各県にまたがる九州横断自動車道の中で、佐賀県多久市東部に位置し、架設地点は背振山の山麓づたいで地形の変化が大きいことや、橋脚高が高いことから地上式の支保工施工が難しく、上部構造が多径間P C中空床版橋であり、スパン割り、橋長等を考慮して、九州で初めて大型可動支保工による施工が行なわれた。

機械化施工を行なうことにより、河川や道路など桁下空間や地盤などの条件に左右されず、サイクル化した作業となり、作業員の熟練度も早く、施工中の安全管理、

品質管理も十分にゆきとどいたものとなった。

架設工法は、下り線A₂側より縦断勾配の低いA₁側へ向って施工し、A₂～P₁₇径間とP₁～A₁径間の2径間は、鋼製ベンドを支柱としてH型鋼とビティー柱を併用した支保工を地上より組立て施工した。

下り線施工完了後一度可動支保工を解体し、上り線A₂～P₁₇径間で再組立てをし、上り線を施工した。

可動支保工による施工は、下り線16径間、上り線18径間の計34径間であった。

(工事概要)

工事名	九州横断自動車道 別府橋 (P C上部工)
発注者	日本道路公団 福岡建設局
施工者	川田建設株 大阪支店
工事箇所	佐賀県多久市東多久町大字別府
工事期間	昭和58年10月～昭和60年6月
橋格	T L - 2 0 T T - 4 3
橋種	プレストレストコンクリート道路橋
構造形式	P C 3径間連続中空床版橋 (6連)
橋長	426.00m (上下線)
支間	22.10m + 26.00m + 22.10m
有効幅員	9.25m × 2
勾配	縦断3.2% 橫断2.9%～-2.0%
平面線形	A = 1200～800
架設方法	ストラバーグ可動支保工 上下線34径間 支柱式支保工 下り線 2径間

表-3 主要材料

種別	単位	数量	摘要
コンクリート	m ³	6,000	$\delta_{CK}=350 \text{kg/cm}^2$ $\delta_{CK}=240 \text{kg/cm}^2$
P C鋼材	ton	178	フレシネーケーブル 12φ12.4
鉄筋	ton	517	SD-30
支承	ton	87	B.P.管

4. 施工上の特色

(1) 概要

A S 2 1 工区高架橋と別府橋の施工上の共通点は、ハンガータイプとサポートタイプの違いはあるが、大型移動支保工を使用して施工した点にある。

大型移動支保工による国内における施工は昭和40年代より開始され、これまでに多くの施工実績の積み重ねと改善が行なわれてきた。これらの施工実績を見ると多くの場合において、橋梁計画の出発点より、大型移動支保工によるP C上部工の施工を考慮したものであり、したがって橋脚の形状や上部工の構造形式、平面線形、縦横断勾配、橋長、スパン割り等が機械化施工に十分適合

するように選定されたものであった。

今回報告する A S 2 1 工区高架橋は、都市内高架橋という性格上、景観美と走行性を考慮した 9 径間連続 PC 2 主箱桁橋で支間長 45 m、平面線形 R = 900 m、橋脚が 2 本の円柱を梁でつないだ門形脚であり、1 箱桁 1 点支承という構造形式であった。このため施工時の支保工の移動方法、型枠の開閉方法、支保工の安定対策等について特に検討を加えた。

別府橋は、平面線形が S 字形であり、横断勾配が 2.9%～-2.0% と橋梁内で反転していることや、縦断勾配が 3.2% であること、また Y 字形橋脚の橋梁をサポートタイプの可動支保工で施工する等、これらの条件より、支保工を支える橋脚ブレケットの構造と、取付方法、支保工の安定対策、縦横断勾配への対策等に熟慮した。

A S 2 1 工区高架橋と別府橋はこれらの諸問題をすべて解決して施工したものであり、今後の参考となるべく施工法について報告する。

(2) A S 2 1 工区高架橋

a) 橋脚の形状に対する対策

橋脚の形状は、架橋位置が都市内という環境上から、景観美を重視した、表面に凹凸のある円柱で、上下線を梁でつないだ門形脚である。(図-3)

通常、上下線分離した橋脚の場合、移動支保工の型枠を、橋脚の両外側に開く両開き方式とするが、門形脚のため、型枠を一方の外側へ開く片開き方法とし、移動支保工の附属設備である 2.8 t ホイストクレーンの操作により、1 パペル 3 m の型枠を移動中に順次開閉し橋脚をかわす構造とした。

b) 倍上ブロックの形状と製作方法

ハンガータイプの移動支保工は、支保工を支える脚が前方橋脚上に設置されるため、橋体の一部となるコンク

リートブロックを橋脚上に製作、設置する必要がある。

このコンクリートブロック（倍上ブロック）には、橋体コンクリート及び吊支保工の荷重として約 600 t が載荷されるので、断面の決定には、種々の解析検討を加え支保工の安定等も考慮して図-4 の構造とした。

製作方法は、1 箱桁 1 点支承であること、倍上ブロックの構造高さが 2.5 m と高いこと、橋脚上のスペースが小さいことなどの理由から、地上に製作台を設置し、上倍を水平に据付、底型枠、鉄筋、横締めシース、排水管を組立て、吊支保工と倍上ブロックの安定を図るために、異形 PC 鋼棒 ($\phi 32 \text{ mm } l = 1.0 \text{ m}$) を 8 本埋め込み、主桁と同じコンクリートをトラッククレーンで打設し製作した。又、倍上ブロックの橋脚上への架設はブロックの重量が約 50 t あるため、150 t トラッククレーンで架設した。

c) 倍上ブロックの安定対策

倍上ブロックの安定対策として、橋脚上に 4箇所 50 cm × 50 cm のコンクリートブロックによる仮倍を設けた。仮倍の上面には、テフロン板、ステンレス板、鉄板を重ね合わせ、架設された倍上ブロックとの隙間には無収縮モルタルを注入し、桁の伸縮を拘束することなく、倍上ブロックの回転を防止する構造とした。

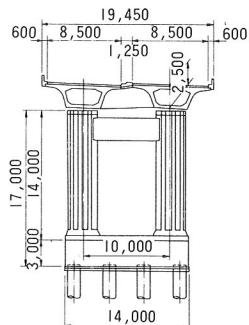


図-3 標準断面図

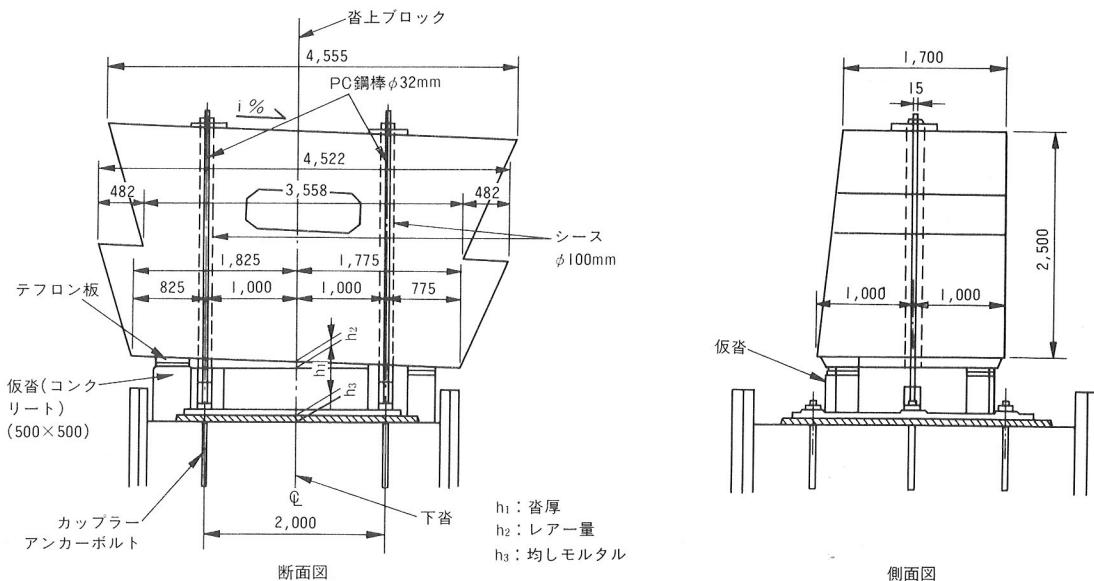


図-4 倍上ブロックの形状と安定対策

吊支保工据付時の安定対策としては、橋脚にすでに埋め込まれている支承のアンカーボルト($\phi 85\text{ mm}$)と脊上ブロックを $\phi 32\text{ mm}$ のPC鋼棒2本で異形カプラーを用いて緊結した。PC鋼棒の解放は主桁コンクリート打設後、プレストレス導入前とした。

d) 平面線形への対策

平面線形は $R = 900\text{ m}$ であり、吊支保工の移動時に架設桁の先端が 2.0 m シフトする、そこで R_1 および R_2 支持台には、架設桁を横取り可能なようにテフロン板を敷き、油圧ジャッキ(25t, 800mmストローク)により、移動中にシフト調整できる構造とした。

また、外型枠は、長さ 3.0 m で15パネルから成り、最大 30 cm のシフトが吊り鋼棒の横移動により調整でき、その設計曲線に合わせた施工ができた。

e) 施工時の耐震対策

本橋は9径間連続2主箱桁で、全橋脚が可動式であり、SUダンパーにより各橋脚に反力が分散される構造となっている。したがって施工時には、ある橋脚を仮固定して移動量を管理するが、地震時においては水平力が仮固定脚にすべて作用することになり、完成時以上の外力を受けることになる。

橋脚の許容水平力は、主桁重量の2径間分の地震時水平力に相当するので、2径間に1箇所、耐震治具を脊のサイドブロック部に設置し、常時における桁の伸縮を拘束することなく、地震時において水平力を各橋脚に分散

させる構造とした。

上下線一体構造なった時点で、SUダンパーの施工をし、その機能が発揮される状態になってから耐震治具を解放した。

(3) 別府橋

a) 橋脚の形状に対する対策

過去のサポートタイプの移動支保工施工の場合、橋脚の形状が2柱式か、中央に凹部のある壁式で、脚の側面に支保工を支えるブラケットを設置できる構造のものが大部分であった。

別府橋の橋脚形状は、上下線のY字形であり、橋脚高さが最大で 30 m である。これまでに、サポートタイプの移動支保工でこのような橋脚形状の条件で施工した例がなく、橋脚形状に対応した、支保工のサポート方法を考えなければならなかった。

また、橋脚の厚さも $1.5\text{ m} \sim 3.5\text{ m}$ と変化しているので、これにも対応できるように、橋脚をはさみ込み、Y橋脚の凹部に橋脚ブラケット頭部の脊をのせ、前後のブラケットを異形PC鋼棒10本で連結した、鋼製箱桁による梁形式構造とした。

橋脚ブラケットには、可動支保工重量と、主版コンクリート荷重として約 300 t が載荷されるので、これらの荷重に対して十分耐力のえる構造とした。

また、Y橋脚の凹部にも同様の集中荷重が作用するので、橋脚の応力状態を解析し、その安全性を確認した。

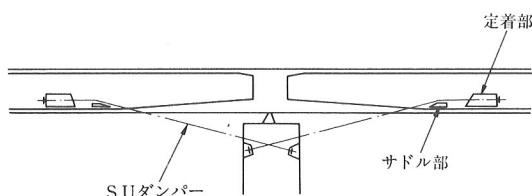


図-5 SUダンパーの配置



写真-1 SUダンパー

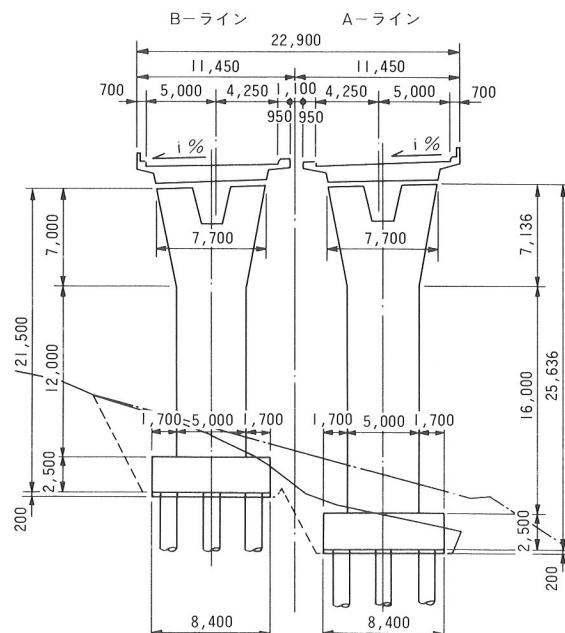


図-6 標準断面図

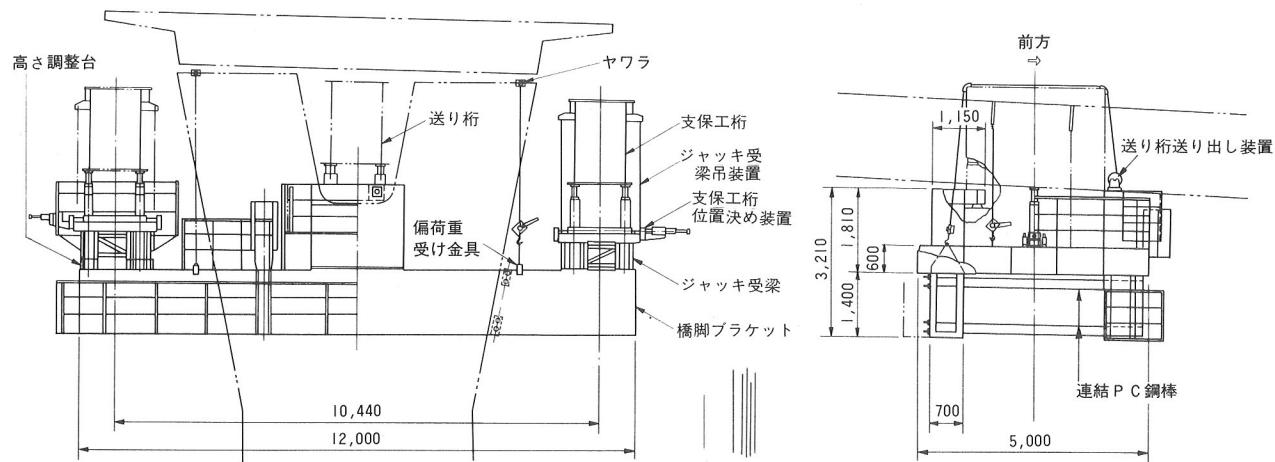


図-7 橋脚プラケットの構造図

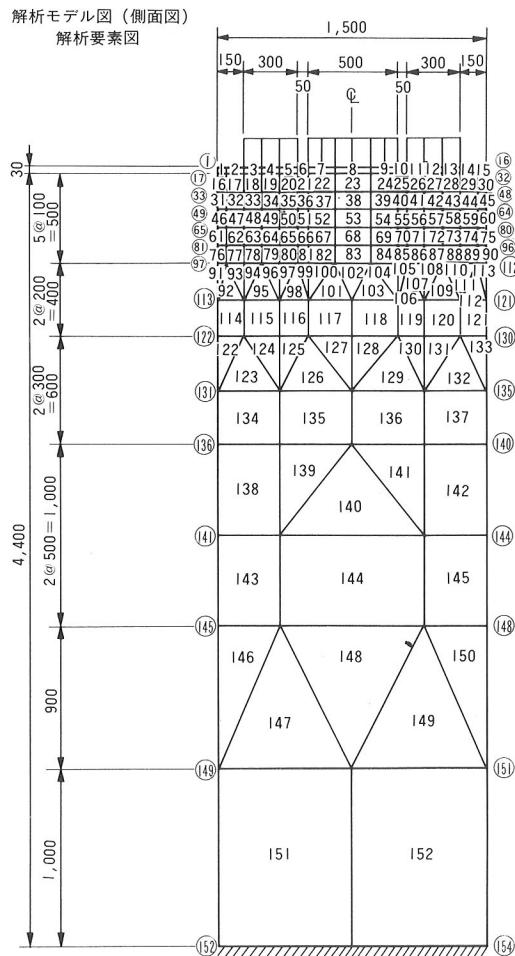
b) Y橋脚の凹部の検討

橋脚プラケットは、可動支保工の自重と、コンクリート荷重のすべてを受けもつものであり、本機械装置の中で最も重要な部分のひとつである。

橋脚プラケットは、頭部の沓1点で全荷重を支える構造となっており、すべての荷重が橋脚凹部に集中する。

したがって、橋脚プラケット本体の耐力とともに、橋脚の耐力についても検討する必要があった。

橋脚の検討は最大荷重時を条件として、有限要素法にておこない、凹部に鉄板($t = 30\text{ mm}$)を補強することにより、橋脚に作用する圧縮力が全て許容値内であり、十分安全であることを確認した。



○: 節点番号

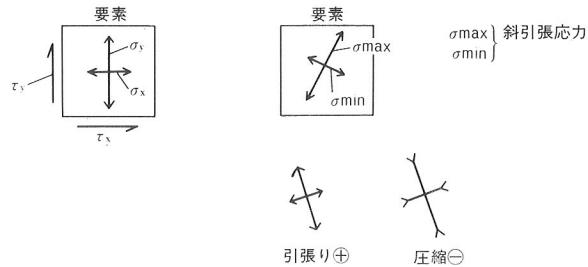
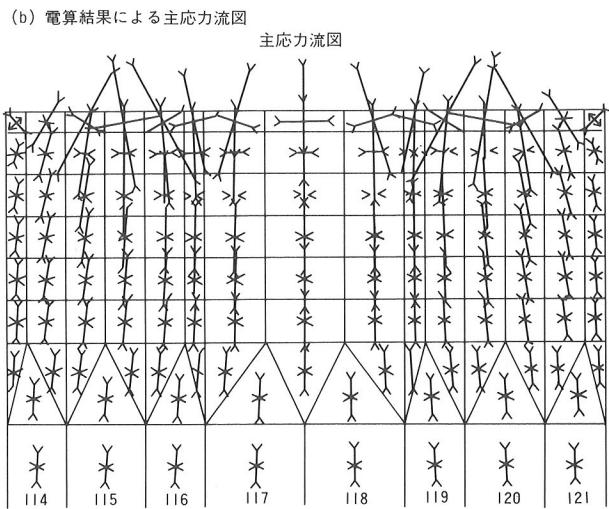


図-8 Y橋脚凹部の解析

c) 橋脚プラケットの取付、撤去方法

橋脚プラケットは、取付、撤去作業が工程上クリティカルにならないように、3橋脚分製作した。

取付、撤去作業は可動支保工の送り桁上および、既設橋面上に設置された、プラケット吊り上げ装置、プラケット吊り下げ装置のウインチの操作によりおこなった。

橋脚プラケットの横取り運搬は、45t トラッククレーンとポールトレーラーを使用しておこなった。

また、Y橋脚の凹部には、コンクリートの不陸調整用のクッション材 (SSタイト t=10mm) と、補強用の鉄板 (65cm×75cm, t=30mm) を設置した。

前後の橋脚プラケット取付後、頭部をφ36mmの異形PC鋼棒で連結し、落下防止をしてからプラケット梁部の水平方向の調整をした。

固定方法は、プラケット梁部を左右8本のφ26mmの異形PC鋼棒で橋脚をはさみ込んで連結し、支保工荷重載荷時および、コンクリート打設時の偏荷重による、プラケットの回転を防止する目的で、鋼棒1本当り20tの緊張力を与え、コンクリートとの摩擦力で偏荷重に対処した。

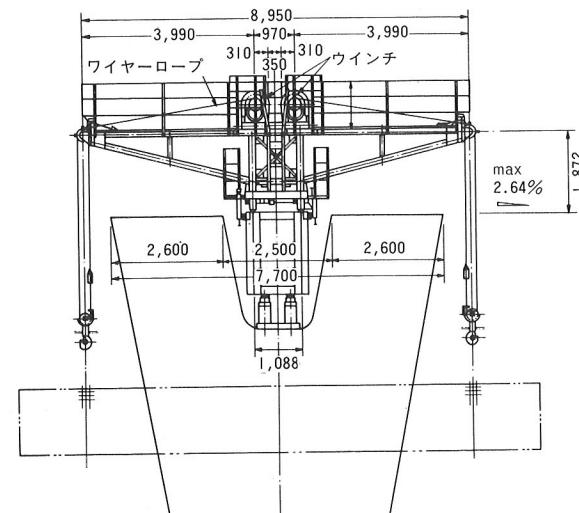


図-9 ブラケット吊上げ装置

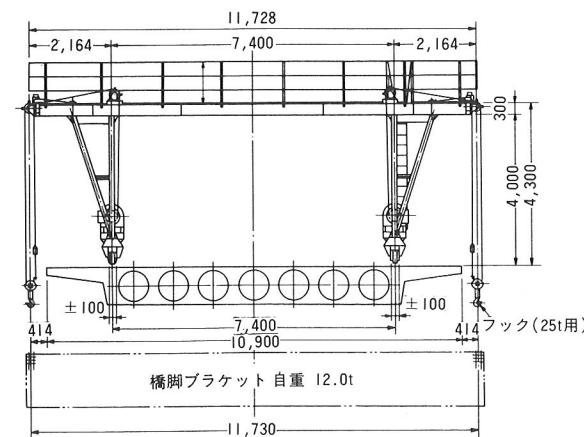


図-10 ブラケット吊下げ装置

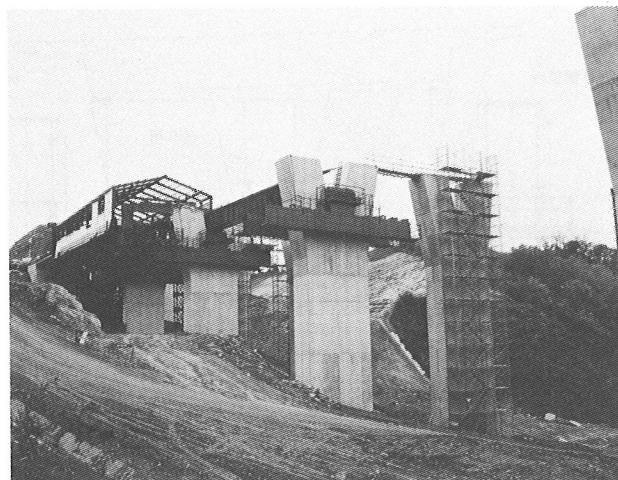


写真-1 橋脚ブラケット

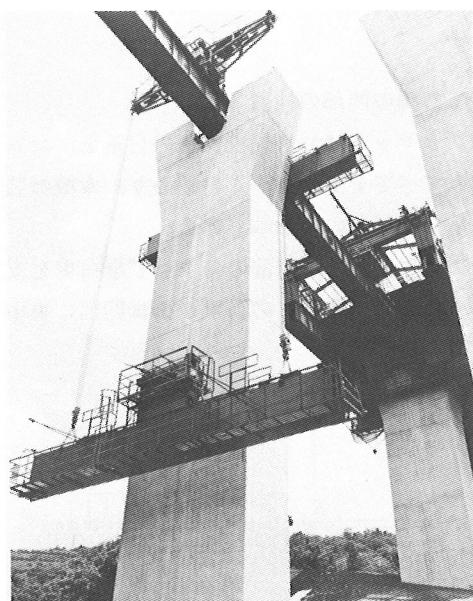


写真-2 ブラケット吊上げ



写真-3 ブラケット運搬

d) 平面線形への対策

別府橋の平面線形は $A = 800 \sim 1200$ のS字形のクロソイド曲線であり、横断勾配も $2.9\% \sim -2.0\%$ に変化している。

サポートタイプの可動支保工は、支保工桁上に型枠が配置されているので、橋脚間は主版を直線とし、張出し

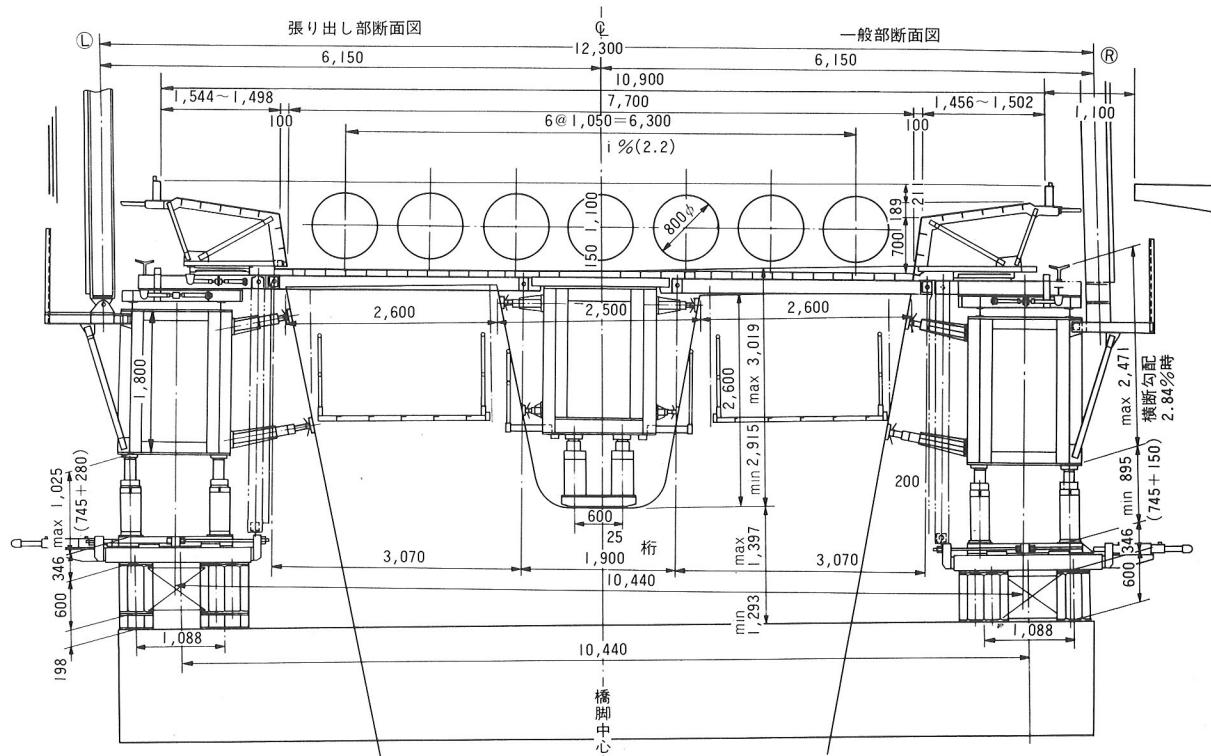


図-11 型枠、支保工図

床版長を調節できる構造として、平面線形に対処した。

また、可動支保工移動中の平面線形に対する、送り桁、支保工桁の位置修正は、橋脚プラケット上に横移動用の油圧ジャッキ（15t, 400ストローク）を設置しておこなった。

横断勾配の変化に伴う高さの調整は、橋脚プラケット上に支保工桁を支える100t×300ストロークの油圧ジャッキを8台配置することにより、各径間の変化に対応させた。

e) 施工時の偏荷重への対策

本橋の施工時において全荷重を支える橋脚プラケットは、橋脚の中央四部1箇所で支持する形式のため、施工時に橋脚プラケットに偏荷重が載荷されると、回転力が生じるので、施工中はできるだけ偏荷重にならないよう注意する必要があった。

偏荷重が生じるのは、可動支保工支保工桁のジャッキアップ、ジャッキダウン時、および、主版コンクリート打設時である。

支保工桁のジャッキアップ、ジャッキダウンは、機内有線電話を使用して、橋面上の作業指揮者の指示により、左右のジャッキ操作員が同時に油圧ポンプの圧力計を読みながら、圧力管理による操作とした。

また、主版コンクリート打設は、コンクリートポンプ車1台で支保工前方より、打継部へ向って打設した。

打設は橋体中央に5インチ管を配置し、支保工中央の送り桁上より打設し、フレキシブルホースを左右に振り分けながら、打設中においても、左右のコンクリート荷

重がアンバランスにならないように注意した。

5. あとがき

大型移動支保工による、日本における施工実績は40件近くになっており、この工法の安全性、経済性、高い品質管理に対する理解がすでに定着している。

今後は社会情勢の変化の中で、PC橋の上部構造の形式や、橋脚形式の多様化が進むと考えられ、それに伴い大型移動支保工も、これらの要求に対応すべく一層の技術開発、省力化が課題となる。

今回報告した2橋は、各種の難条件を克服して大型移動支保工施工したところに特色があり、今後同様の施工の参考になれば幸いである。

最後に、AS21工区高架橋、別府橋の施工にあたり御指導をいただいた、首都高速道路公團、日本道路公團の関係各位、ならびにAS21工区JVの方々に深く感謝の意を表わします。

参考文献

- 1) 遠藤・長尾・吉野：移動吊り支保工を用いた9径間連続PC2主箱桁橋の施工、橋梁と基礎、Vol.19, No.6, 1985.
- 2) 棚田・森本・吉村：常盤自動車道小木津高架橋の施工、川田技報、Vol.4, 1985.