

まえがき

ここに示す寄書は、群馬県長野原町当局で国立公園内に架設する鬼押出橋の設計にあたり、技術上の諸問題の解決について国立公園協会を通じ東大農学部林学科に依頼があり、本文に示す委員会を組織して上記問題に対して回答した報告書により作成した。

その後の検討で本橋の形式は本報告書中の吊橋案に決定したが、プレストレスト コンクリートによる PC 案もそのままに捨てるには惜しむべきものである。

本文の作成によって、林道橋、農道橋等の中小橋の架設において、橋梁計画の参考資料を提供し、同時に不幸にして今回は実現できなかった プレストレスト コンクリート案を公にし、もし同条件の場合があれば本設計の採用の機会を与えて載ければ幸いと考えている。

1. 概 要

群馬県長野原町当局では、かねてから浅間山麓の観光地総合開発を計画し、道路、駐車場等の建設を実施してきた。今回それら総合開発の一環として、既設備と名勝「鬼押出」を連絡する橋梁を架設することになった。

本橋は当該観光における臥竜点晴をはかるものであり、したがって特に美観を重要視しなければならない。加うるに活火山近傍に設けられることから耐震性、噴出ガスに対する耐久性に特別の検討を要するものと思われた。しかもこれらの要求は「町の定められた予算」内で解決するという絶対条件の中で行なわれる必要がある。

本橋におけるこれら構造、美観、耐久性、経済性等多問題について検討するべく、国立公園協会を通じて依頼されたので、下記に名称構成を示す研究会を組織し、鋭意検討につとめてきたのであるが、以下にその概要を報告する。

(1) 研究会名称

鬼押出橋（仮称）設計、施工、架設研究会

(2) 研究会の構成

役	氏 名	所 属	担 当
委員長	加藤 誠平	東京大学農学部教授	指 導
委 員	二神 和吉	大成建設 KK 土木設計課	設 計
"	塩田 敏志	東大農学部造園学教室	美 術
"	湯田坂益利	大成建設 KK 土木設計課	設 計
"	清水 永策	川田工業 KK 設計課長	設計・架設

* 東京大学農学部助手、森林利用学教室

委 員	細川 久雄	日本鋼弦コンクリートKK 設計課	設計・架設
"	川田 忠樹	東大工学部橋梁研究室	技 術
"	井上 太郎	大成建設 KK 土木設計課	設 計
幹 事	南方 康	東大農学部森林利用学教室	連絡事務等
"	船越 稔	東大工学部コンクリート研 究室	"
"	松野 操平	日本道路公団総裁室	"

2. 本橋の特殊問題はどこにあるか？

本橋架設において問題となる点を列記すると以下のとおりである。

(1) 浅間山の火山活動による影響

(1.1) 耐震工学上の問題

(1.2) 噴出ガスによる材料腐食の問題

(2) 観光地に設けられることから、美観を重視しなければならぬ。

(3) 工費が比較的少ない。

(4) 現場付近に水がなく、また冬期の工事不能期間が長いことによる施工上の制限。

以下に各項目について概説する。

(1) について

最近上高地の焼岳を始め、北海道の十勝岳、三宅島の雄山と日本火山系の活動が次第に活発になってきていることにかんがみ、本橋付近の浅間山の火山活動による影響については、当委員会としても特に留意した。しかし最近の火山活動にともなう地震の記録によれば、三宅島の震度階5が最も大きいものであり、他はいずれも震度階1程度の微震であった。したがって、火山活動にともなう地震の設計震度としてはやはり現在一般に考えられている100年に1回起こりうる地震の震度 ($k_h=0.2$, $k_v=0.1$) をとっておけば十分と考えられる。

噴出ガス・火山弾についても、浅間噴火の記録では、おおむね火口より南、東方面にその落下がかたよっているようである。したがって本橋付近は比較的影響が少ないものと考えられる。

しかし、本橋付近の気象の烈しさと、噴出ガス等についてのより安全な考え方からすれば、耐久性はやはり橋梁形式決定上の一つのキーポイントたるを失わない耐久性の点から考えれば、竣工後のメンテナンスに相当負担を要する鉄構造とするよりも、コンクリート構造の方がよいわけである。また火山弾の衝突を考えれば、マスの小さいスレンダーな部材の多くなる鋼橋（特に吊

橋)は好ましくなく、この面からもやはりコンクリート構造が適当と思われる。

(2) について

周知のとおり「鬼押出し」は黒味をおびた岩石の集塊を基調とする重厚な風景である。この特異な風光によくマッチし、これを損わず、周囲の風景をいっそう引立たせるような橋梁を作らなければならない。

本橋は鬼押出しの入口に架けられることから、観光客に与える影響はよきにつけあしきにつけ、はなはだしく大きいと考えられる。

以上のことから美観は本橋の場合とくに重要なファクターであることをよく理解できよう。

(3) について

本橋のスパンは谷の深いことから、自ら 50 m 程度を余儀なくされる。コンクリート橋としては、アーチ橋を除けばスパン 50 m といえば日本で 10 位以内に入る。このことからコンクリート橋としては相当規模の大きいものに属するのであるが、事業主体の予算としては残念ながら一般町道と同程度のものしか期待できないものと想像される。

(4) について

水のある場所は工事現場から 4 km ほど離れており、また寒さのため特にコンクリートの現場施工期間が制限されている(10 月頃から翌年 3 月一杯)。これらのことから施工上なるべく現場作業を軽減できる方法、かつ工期をなるべく短縮できる方法が要求される。

3. 設計条件をどうきめるか

3.1 一般

設計条件をきめるにあたっては、できるだけすでに発行されている示方書類に準拠することにした。しかし、2. で述べたような「本橋の特殊性」からそれらを準用することが不相当であると思われる場合には以下に述べるごとく特別に設計条件をきめることにした。

本橋の設計にあたって準用した示方書類は下記のとおりである。

林野庁	林道規定
土木学会	PC 設計施工指針
〃	コンクリート標準示方書
道路協会	鋼道路橋設計示方書

3.2 活荷重

自動車として 9 t トラックを考え、これに該当する線荷重と、群集荷重として 200 kg/m² の等分布荷重を考えた。

観光計画によれば、本橋架設地点には駐車場が設備されることになっており、観光客は橋の手前で車を下り、徒歩で橋を渡り、さらに橋を越えて設けられている遊歩

道を歩いて鬼押出を見るようになっている。

したがって、本橋には原則として自動車荷重は載荷されないわけであるが、しかし本橋の有効巾員が、後で述べるように 3.0 m あり、構造上、大型自動車でも通りうる巾員構成となっていること、および将来の遊歩道拡大大工事等のため作業用トラックを通す計画もあること等を考え合わせ、一応線荷重として 9 t トラックを考えることにした。

また、本橋からの眺望は絶佳であり、横正面に浅間の雄姿を仰ぎ、行手に鬼押出の威容を擁している。したがって本橋上に、絶景に見とれる観光客が満載されることもありうるので、群集荷重として 1 m² あたり 4 人 (50 kg/人) をとることにした。

3.3 衝撃荷重

活荷重には衝撃をとまなうものとした。ただしこの場合、林道規定ではスパンに関係なく一様に $i=0.3$ ときめてあるが、これは林道橋では一般にスパンが小さいことによるものであり、本橋のごとく特殊の場合には、むしろ一般道路と同じ値をとるのが適当である。本橋では「鋼道示」にもとづき $i=\frac{20}{50+l}$ を採用した (l はスパン m)。

注：群集荷重には衝撃を加えないのが普通であるが本橋の場合は 4 人/m² と比較的密でない群集を考えているので、これらの群集にはなお衝撃を加えるための動作を起こしうると考え、身動きできないほどの群集荷重の場合では考えない衝撃を加算することにした。

3.4 地震荷重

2. で述べたごとく、本橋では水平、垂直各震度をそれぞれ 0.2、0.1 とした。なお死荷重を求めるときのコンクリート、土などの単位重量は関連示方書類によった。

3.5 橋梁形状

a) 側面形状 本橋を側面から眺める時は否応なく浅間の雄大な姿と、その優雅な綫性を背景とすることになる。したがって本橋の縦断線形はこれとマッチする曲線としなければならない。

さらに注意すべきことは「桁下線にカーブをそう入する場合、桁が垂れ下がって見えないためにはスパン全長にわたってカーブを入れることが望ましい」ということである。

もし図-1のごとく一部に直線部分を入れると、桁は直線部分で吊れ下がって見えるのである。

本橋では図-2に見られるように桁上下線ともパラボ

図-1

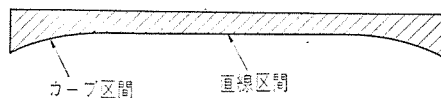
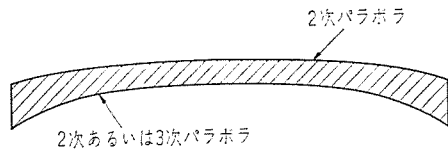


図-2



ラとした。

b) 断面形状 巾員構成は橋梁の横方向剛性、将来の交通等を合わせ考え、図-3のようにした。

注：地覆は側面から見た桁をできるだけスレンダーに見せること、自重を軽くすること。万一火山噴出物が橋面に落下しても、これがあるべく橋面に堆積しないようにすること、等々を考え設けないことにした。

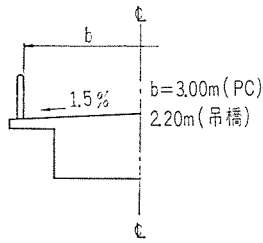
舗装もできるだけ軽くすることから場所打ち断面では2cmの摩耗層を本体と同時に施工すればよいことにした。プレキャスト桁を並べる場合には打継目の段違いを除くためだけを目的にして2cmの橋面被覆、モルタル舗装工を行なう。

3.6 許容応力度および安全率

PC部コンクリートはパーシャルプレストレッシングの設計を行なうものとして土木学会PC指針によった。このほかRC部コンクリート、鉄筋、PC鋼材、構造用鋼材等、すべて関連学協会の示方書類によった。

安全率についても同様である。ただし下部工の滑動、転倒の安全率については規定がないので、常時1.5、地

図-3



震時1.0とした。

地震の許容地耐力は常時40 t/m²、地震時60 t/m²とした。

注：現場の地盤調査の結果、圧縮力にたいしては十分安全な地盤であることが確かめられた。

4. 橋梁形式の選定（比較設計とその結果）

4.1 概略設計による各形式の比較

タイプ決定は2.で述べた特殊条件を考慮して選ばれた数種の形式について概略設計を行ない、その中で最もよいものを選定する形で行なわれた。

a) コンクリートの場合 桁形式とすると、そのスパンからPCとせざるを得ない。現場施工をできるだけ軽減することからプレファブ方式を多く取り入れた施工法であることが要求される。

b) 鋼の場合 鋼橋の場合は一時的な橋と考え、橋の一部（例えば床版）あるいは全部を仮橋的な思想で設計する場合と、永久橋とした場合の二とおりで行なうことにした。

前者の場合、荷重は逆に設計結果として逆算されて出てくることになる。

3.および4.の事項を示すだけで、あとは完全に設計担当委員の自由な判断にまかせることにした。

4.2 概略設計結果

概略設計の結果を表-1に示す。

4.3 形式決定

表-1

設計No.	設計担当委員	構造	形式	摘要	工費(単位 万円)
①	井上		レオバ工法プレファブ方式ポストテンションPC片持ばり	基礎に特殊な定着工法を用いている。ブロック現場結合	16.00 ^{*1}
②	井上		鋼棒使用工法プレファブ方式ポストテンションPC3ヒンジラーメン	ブロック(7t)現場結合	15.66 ^{*2}
③	細川		フレシネ工法ポストテンションPC2ヒンジラーメン	場所打ちプレファブ併用	13.65
④	清水		3径間連続鋼板桁	床版はプレファブコンクリートブロック。桁はハイテン使用	(上部工) 10.00 12.00 ^{*3}
⑤	南方		吊橋	床版は木材 荷重4tトラック	7.10 ^{*4}

注：*1 概略、*2 見積は日本PSコンクリートKKに依頼、高欄経費を含まず、*3 下部工は概略、*4 見積は東鋼商事KKに依頼。②、③の工費は水の運搬、両岸橋台、床掘経費は含まれていない。

次に示す5つの比較設計を総合的に判断した結果から本委員会は最終的に③および⑤案を採択するものである(③と⑤のどちらをとるかについては後述の方法による)。

各設計について説明すると以下のとおりである。

No. ①について：本設計に用いられているレオバ工法は大成建設 KK と西独 レオンハルト社の間で技術提携の結果わが国に導入されたものである。この工法では定着装置、接続装置が大きいので、桁断面がそれらを設置せしめるために必要以上に大きくなる。このため経済的な結果が得られなかった。加うるに現地における地盤調査の結果、基礎工法として採用している揚力に抵抗させるくい基礎工法が不適当地盤であると認められたので、技術的にも不採用となった。

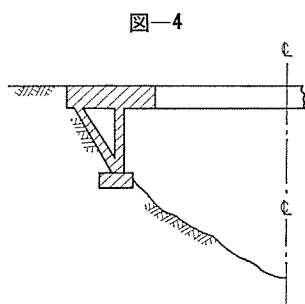
No. ②について：本設計は高張力鋼棒(4種鋼棒)を使用し、これをカプラーで結合して緊張作業を行ない、順次プレファブブロックをつぎ足して両岸からカンティレバーエレクションにより組立てる工法を採用している。両側から突出された桁は中央でヒンジ結合され、全体ができ上がったときは静定の3ヒンジラーメンと同じ構造になるのである。

施工管理の上からは最も望ましい工法であるし、構造上も静定であるから、不等沈下等、地震にともなう不測の地盤変動に対しても影響が少ない。しかし架設時に自動車の入れない右岸側に7tブロックを搬入する手段にかなりの経費を要し、工費が割高になった。しかし新しい架設技術としてプレファブ部材による片持ばり工法を具体的に提案したことで今後の技術開発に大きく貢献するものであり、かつ架設地周辺の自然景観に対する形態美は特にすぐれている。

No. ③について：本橋は図-4において斜線部を場所打ちし、他をヤードで製作して吊出す方法を採用している。吊り出されたプレ

キャスト桁は、ガゼットプレートで場所打ち部に添接され、でき上がり構造は一次不静定の2ヒンジラーメンとなる。この方法では現場のコンクリート打設作業が②に比

して多くなるが、それでもなお中央の最も谷の深い部分ではプレキャスト方式によっているので、支保工を大いに節約できるし、支保工上のコンクリート打ち作業をなくすることができると同時に工期を短縮できる等の利点あげられる。また橋脚高を高くして、その代りスパンが短かくなっているが、これにより工費を多少軽減でき



たのである。PCの三設計の中では最も工費が安くなった。以上の工事、工費、構造上の利点から、PC橋の場合の決定形式として本設計を採用することにした。

No. ④について：本設計は桁本体にハイテンションスチールを使用することにより、桁をスレンダーにし、合わせて下部工の負担を軽くして下部工費を軽減させることに留意してある。しかし残念ながら連続桁とするには、あまりにも谷が深すぎたようである。

すなわちスパン割をきめるにあたって中央の2橋脚を両側に寄せざるを得なかった。このため3径間連続橋で最も経済的スパン割とされている0.7:1.0:0.7の比が大いに崩れている。また当然のことながらこの結果、外側橋脚には上揚力を生じ、これをアンカーするために相当大きなコンクリート量を要し、結局そのボリュームがPCとした場合の全ボリュームに匹敵する量(200m³)に達してしまった。

No. ⑤について：本橋は設計荷重として4tトラックと200kg/m²の等分布荷重を考えている。また床版は板張りとしてある。

美観上も環境とマッチしないきらいがある。また主索アンカーブロックを橋体から離して設置するため、これが駐車場にまで入り込んでくる。また床版の取りかえ塗装等、相当の補修費を要することになる。

しかしinitial costの点では他形式に比しいちじるしく安いので、上記の恒久的架設物とは思想を異にした場合の設計として万一initial costが不足であった場合にそなえ、鋼橋の場合の採用形式としたのである。

5. 決定タイプによる実施設計

決定タイプについて、実施のための詳細設計を行なった。決定タイプの一般図および主要材料表を図-5,9に示す。

おのおのの最終見積を表-2に示す。

表-2

		見 積 金 額	設計担当委員
P	C	13 000 000 円	井 上
吊	橋	7 000 000 円	南 方

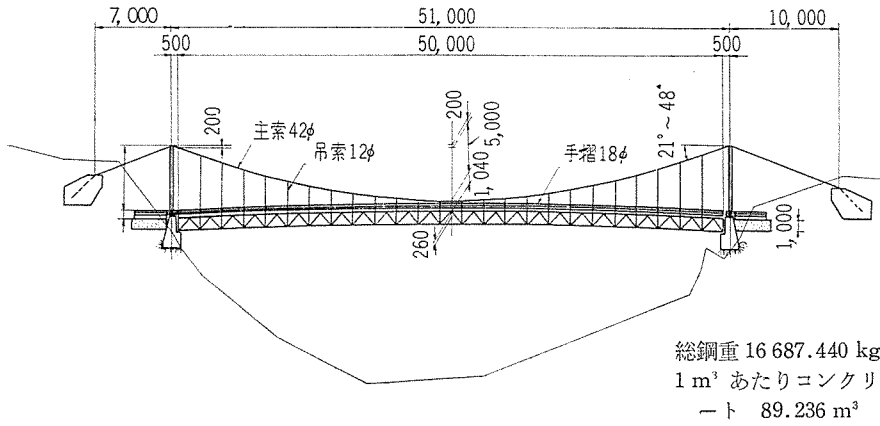
注：経済比較をする場合、吊橋では維持費を毎年30000円、橋の寿命を10年、残存価格を鋼材のスクラップ価格と考え、PCの場合、維持費を毎年5000円、橋梁の寿命を50年、橋の残存価格を0と考えた。

また、金利を年5分として計算した。

この経済比較の方法については、省略するが、結果はPC案がinitial cost(工費)13000000円の場合、吊橋の工費は8000000円以下であれば経済的に有利であることになる。

initial costとして大きな投資ができないとすれば、前に述べた積算資料から考えて吊橋案が無条件で有利なわけである。

図-5 吊橋案一般図



総鋼重 16 687.440 kg
1 m³ あたりコンクリート 89.236 m³

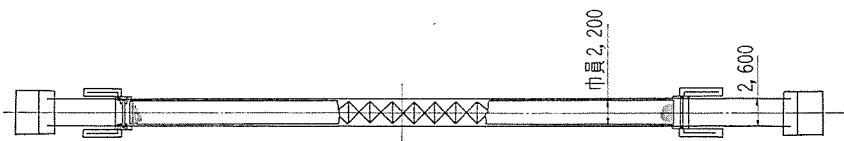
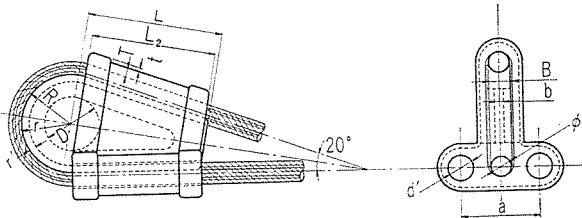


図-6 ウェッジソケット規格品寸法表



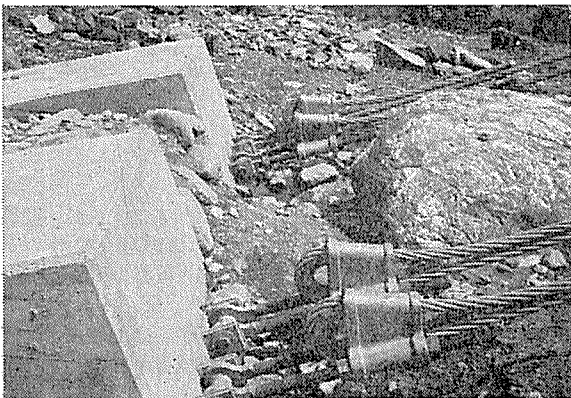
鋼索径 φ	D	R	r	r'	B	b	L	L ₂	T	t	d'	a	重量 kg
44	111	111	102	13	44	20	280	260	19	7	54	160	68.0

5.1 吊橋案

本橋は図-5でわかるようにハーフスルーの鋼補剛桁を有する吊橋であり全体的構造については特に述べることはない。ただ構造上の細目について以下の点で考慮が払われている。

a) 主索アンカー 小さな吊橋では主索をアンカーブロックに定着するとき工費の点で安いので、ただ主索

写真-1 ウェッジソケット実施例



をブロック中に埋込んだだけとするのが普通である。

この定着方法ではコンクリート面で主索がくり返し曲げを受け破壊の原因となりやすい。また、何らかの理由で主索がたれ下がった場合にも再調整は不可能である(林道橋でこのため補剛桁がたれ下がり、トラスアッパーコードが座屈している例を多く見る)。

この欠点を補ない、かつ工費の高くないアンカー装置として考案されたのが本設計で用いられているウェッジソケットである(図-6, 写真-1 参照)。

林道橋のような小吊橋の場合の安価で確実な主索定着方法として推しよされる。

b) 耐風索を除いたこと 現場は前にも述べたとおりコンクリート作業が困難な点が多いので、耐風索を除いた。これにより耐風索定着図のコンクリート約 15 m³ を節約した。

このため補剛桁のラテラルメンバーは当然大きくなったが、耐風索は強風下の補剛桁の転倒座屈にたい

して、それほど効果がないといわれている。

c) 床板の取付方法について 本橋のフローシステムは鋼線の横桁の上に木製(栗)のストリンガーを載せ、その上に木製(栗)のフミ板を敷並べる構造となっている(図-7 参照)。

このような場合、普通はストリンガーをボルトで横桁に止め、フミ板とストリンガーは釘でうちつけることが多い。しかしこのようにするとボルト孔が腐食の原因となりやすく、このためフローシステム全体にガタがきたり、フミ板の摩耗にともなって釘頭が突き出してきたりして走行歩行上の支障となる。

本橋では鋼製横桁と木製ストリンガー、木製ストリンガーと木製フミ板、フミ板と木製地覆等の結合をすべて合成樹脂接着剤(エポキシ樹脂, ショウボンド)で行なっている。これにより結合部材間に水が入って木材がくさったり鉄がさびやすい等の弱点も除くことを期待した。

最近登場した新しい建材, 合成樹脂接着剤を吊橋に用いた点で本橋は画期的な意味を持っている。

d) 高欄には 図-8 に示すようなガード ケーブルを使用し、軽快な感じを与え
るとともに工費を安くした(2000円/m)。

5.2 PC 案

本橋は別々に作られた部材を現場で一
体構造とすることに特徴を有する。

本橋の例に限らず、林道橋では一般に
辺僻な現場にあることが多い。したがっ
てコンクリート部材を工場製作し、これ
を現場に搬入し、現場ではこれを結合さ
せるだけにする工法(プレキャスト方
式)は、林道農道の橋では特に有利とな

図-7 吊橋案のフロー システム

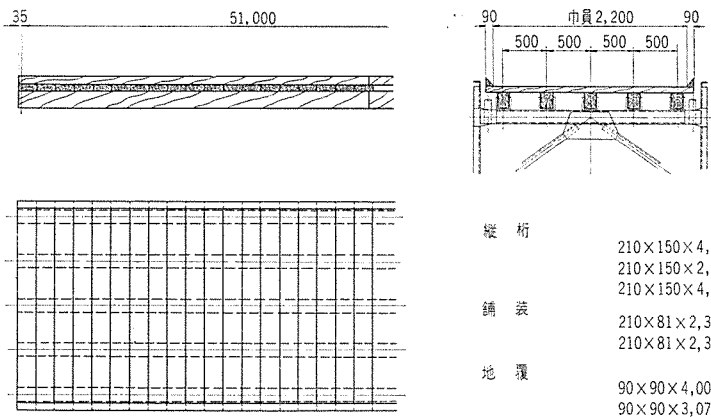


図-8 ハンド レール

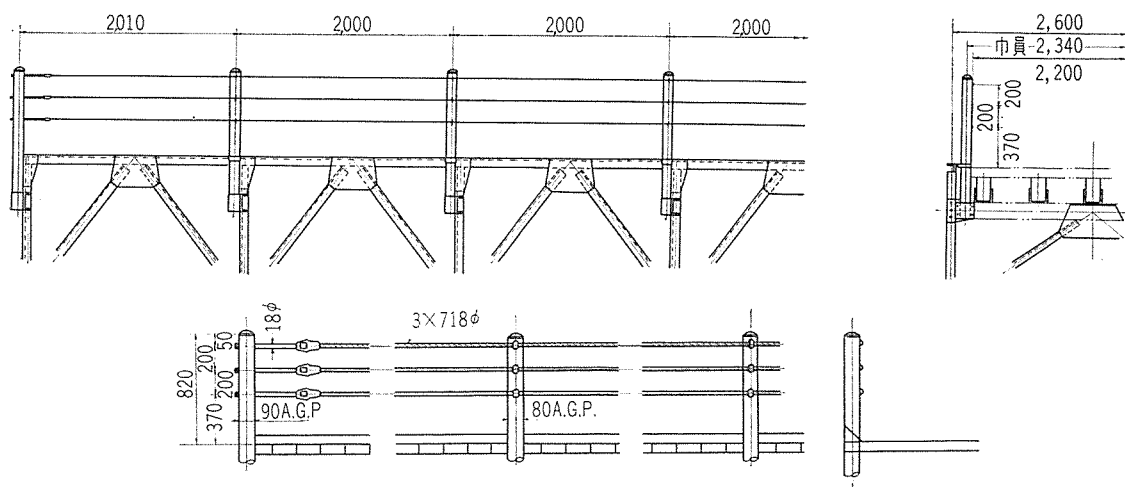
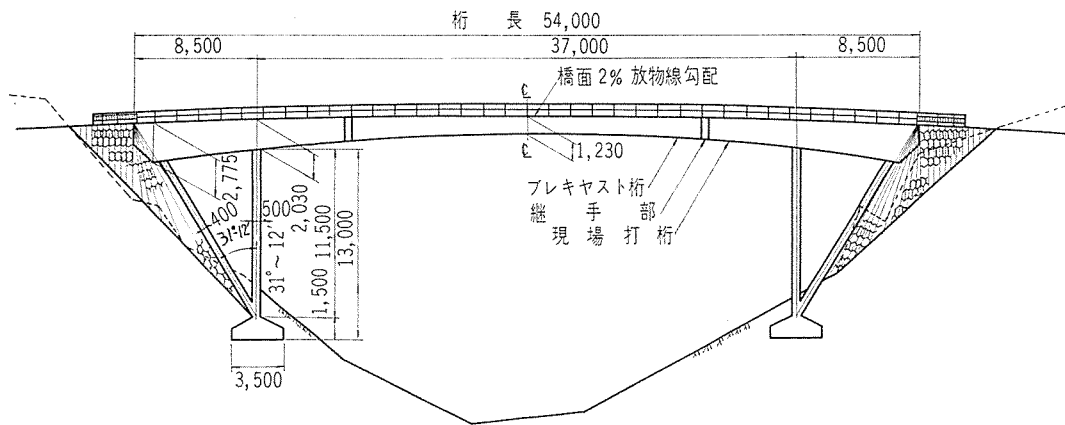


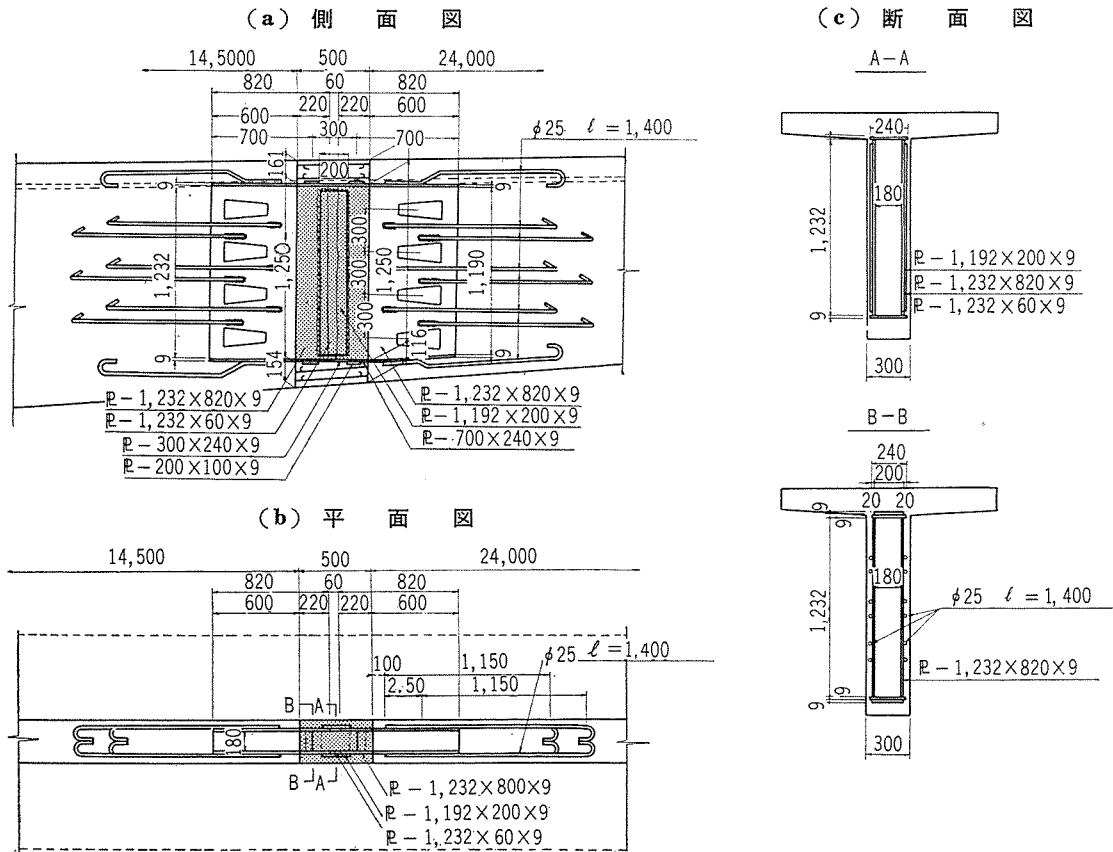
図-9 PC 案 一般 図



材 料 表

名 称	仕 様	使用箇所	全 量	名 称	仕 様	使用箇所	全 量
コンクリート	プレキャスト	主 桁	28.20 m 71.87 "	PC 鋼 材	鋼線 12-φ7	主 桁	2762.60 kg
		桁間および横桁	7.17 "		鋼棒 φ24	脚	204.76 "
	継 手	3.10 "	合 計			2967.36 "	
	現 場 打	舗 装	8.94 "	鉄 筋	28~φ6	橋体工・橋面工共	15966.17 "
		脚およびフーチング	83.58 "	鉄 板	l-9	継 手	1428.24 "
	合 計		202.86 "				

図-10 PC 案プレキャスト桁継手明細図



る。これによって現場技術者の負担を軽減できる一方、橋梁の規格化も可能になる。

プレファブ方式については別に発表の機会を持つとして、本文では PC 案とした場合の一般図、および部材結合部の明細を示すことにする (図-9,10 参照)。

6. 結 論

以上各章で述べた事項を総合し以下のことがいえる。

- (1) 採用する設計として、工費の点を別にすれば 図-9 に示した PC 形式が望ましい。
- (2) 一般に長大橋梁では実績の点から PC 橋は疑問があり、PC が有利となるのは中小橋の場合であるといわれている。しかし、さらに小規模な二等橋以下の

橋では、コンクリート橋は死荷重をそれほど小さくできないので、やはり吊橋が有利となることがわかる。

〔付 記〕 本文のとりまとめにあたっては松野幹事の御助言を得たことを付言しておく。

設計計画上の詳細については本文に記した各担当委員にお尋ねになるほか、実際施工の問題については下記会社に直接お問合せいただければ細目の解答が得られるものと思う。

東網商事株式会社 (電) 川崎 (3) 4934

土本三郎 松野良治……本体施工関係

昭和化工株式会社 (電) (601) 5151

瀬 川 敏……………接着剤の施工関係

1963.2.13・受付

寄 書 欄 に つ い て

本号に始めて「寄書」という欄を設けてみました。明確な区分ではありませんが、報告、資料などと少しニュアンスが違い、提案、設計上の考え、読者の意見を聞いてみたいこと、などで有益と思われる記事をどしどし御投稿下さい。

新しく設けてほしい欄、充実してほしい欄など、協会誌の編集について御意見があれば御遠慮なくお申出で下さいますよう御願ひ致します。

(編 集 部)