

国内および国外の PC 鉄道橋について

友 永 和 夫 ・ 川 口 輝 夫
小 寺 重 郎 ・ 野 口 功

1. ま え が き

PC 鉄道橋は道路橋の数に比べればその数はわずかではあるが、鉄道橋の新しい構造方法として十分経済的と考えられるようになり、一つの橋梁の計画がある場合に、ほとんど必ずといってよいほど PC 橋が比較案の一つにあげられるようになってきている。これは従来鉄道橋型式として通常用いられるスパンで、もっとも安いと考えられていた開床式の上路鋼桁に対し、閉床式道床構造の PC 桁が、特殊な条件なしに経済的優位性を示すことが少なくないようになってきたからである。鉄道橋は一たん架設されると設計荷重に近い荷重が、列車回数に応じ 1 日数 10 回または 100 回以上も載荷されるので、疲労の問題に無関心ではいられない。従って、PC 桁の疲労破壊が、桁のひびわれ発生荷重に大きく作用するという種々の実験結果により、現在のところ PC 鉄道橋に対してはフルプレッシングによる設計を原則としているが、将来高次の不静定構造がふえ、これをより経済的に設計しようとすれば、パーシャルプレッシングの領域までその使用範囲をひろめるかということが研究課題となる。

鉄道橋では橋梁の新設を行なうことのほか、営業線にかけられている老朽桁を PC 桁にかけかえる工事も PC 使用の重要な分野にふくまれている。営業線においては主として夜間、わずかの列車間合に新旧桁を交換するので、桁の取扱いやすさという面から、従来はほとんど鋼桁に限られていたが、新桁に PC 桁を採用し、列車間合にかけかえる計画も考えられるようになり、すでに実施中の例もある。ただし、PC 桁の重量が開床式上路鋼桁の重量に比べ、4~6 倍あったので、鋼桁に採用していたかけかえ法をそのまま利用することはできないので、この点も一つの研究課題である。

外国における PC 鉄道橋の工事例は道路橋に比べるとまことに微々たるもので、PC 鉄道橋をさかんに使用しているのはドイツとわが国くらいということができよう。

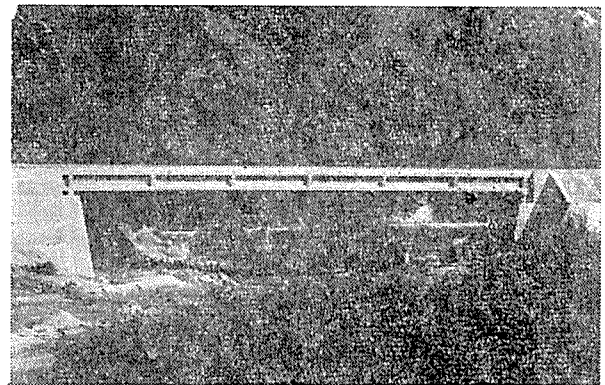
次に PC 鉄道橋の全ぼうを見るという意味で、国内および国外のおもな PC 鉄道橋について紹介したいと思う。

2. 国内の PC 鉄道橋

本格的な PC 鉄道橋として信楽線にスパン 30 m の大戸川橋梁が架設されたのは 1954 年であり、これは鉄道、道路を通じわが国としてはもっとも初期の PC 橋梁の名に値する橋梁の一つで、スパンとしても当時としてはもっとも長いものであった。写真-1 からわかるようにこの橋梁はスパンの割合に桁高が非常に低く、橋高はスパンの $1/23$ の 1.3 m である。これは橋梁取り付け部の土工量を減じるためであるが、コンクリートも $\sigma_{28}=500 \text{ kg/cm}^2$ の設計になっており、活荷重が小さい (KS-12) とはいふものの、単純桁の PC 鉄道橋としての桁高の小さい方の限界であろう。主桁は 4 本よりなっ

写真-1 大戸川橋梁

(スパン 30 m, 荷重 KS-12, 1954 年)



ており、PC ケーブルは $12 \times \phi 5$ を使用している。

その後道路橋の分野においては PC の利用は急速に発展していったが、鉄道橋としては 1957 年までの約 3 年間は PC 橋梁としてほとんど見るべき工事はなされなかった。1957 年に至り東京都専用側線の晴海橋梁にスパン 21.3 m 3 径間連続全 6 径間の鉄道橋としてははじめての PC 連続桁が架設された。これは写真-2 に示すごとく T 型 PC 主桁よりなっているが、各スパンを単純桁として架設したのちに、連続ケーブルによって連続桁としたものである。

またこれと前後して北陸本線に、橋梁としては 12.9 m 1 スパンの小規模なものであるが、工場で製作したブロックを現場まで運搬し、現場でブロックを継ぎ合わせる方法による橋梁が架設された。これは主要本線に PC

写真-2 晴海橋梁

(スパン 21.3 m, 3 径間連続, 荷重 KS-15, 1957 年)

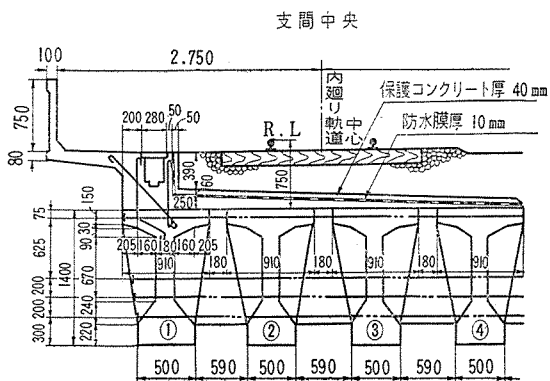


桁がはじめて使用された例でもある。

1958 年には大阪市内環状線高架橋工事の軌道延長約 7 km のうち、ほとんど半分を占める 3 km 以上に PC 桁の使用が計画された。この場合には高架橋が地盤の悪いところを通るため、井筒基礎が用いられ、そのため経済スパンが比較的長くなり、鉄筋コンクリートのラーメンが経済比較の結果不利となり、市内高架であるため軌道構造を有道床としなければならないことから開床式の上路鉸桁が採用できず、合成桁との経済比較の上で、このように大量の PC 桁が採用されることになったのである。一般の場合は地質条件によっては上部構造の重量増と下部構造の工事費増の関係は、慎重に比較検討する必要がある。ポストテンションの桁として採用された部分は約 80 連あり、スパンは 16 m から 23 m までの単純桁で、一線当り 4 本の I 型桁からなっている。このうちおもな高架橋の名称とスパン連数は表-1 に示すときのものである。

図-1 大阪環状線八雲第二架道橋

(スパン 19.6 m, 荷重 KS-16, 復線 8 主桁, 1959 年)



さらに 1958 年には環状線工事を契機としていくつかの大規模な PC 鉄道橋の計画がすすめられた。これらの中には新設の橋梁もあり、在来の上路鉸桁の取りかえ

表-1

	スパン(m)	連 数	備 考
西九条跨線橋	15.36	2	計 画 中
西二番架道橋	19.37	1	”
西三番 ”	23.67	3	”
北安治川高架橋	26.1	4	”
”	23.56	6	”
”	24.62	2	”
南安治川 ”	20.4	10	準 備 中
”	21.6	2	”
弁天町 ”	22.4	4	”
辰巳町 ”	22.4	2	”
八雲第一南架道橋	15.3	2	”
八雲第一高架橋	17.6	1	架 設 中
”	18.7	6	”
”	19.0	1	”
八雲第二架道橋	12.84	2	製 作 中
八雲第二高架橋	19.0	4	架 設 中
”	—	4	”
” 第五架道橋	12.86	2	”
” 第六 ”	17.5	2	”
” 第七 ”	23.5	4	準 備 中
” 第八 ”	11.7	2	”
” 第十高架橋	13.1	2	”
市岡元町高架橋	17.8	5	製 作 中
”	15.9	1	”
”	18.1	6	”
岩崎町西橋梁	16.5	1	”
”	17.8	1	”
計		82連	(うち6連はプレテンション)

に、営業線において列車の間合を利用して架設されたものもある。

営業線において列車間合を利用して架設された最初の橋梁に山陽本線の百間川橋梁がある。これはスパン 12.9 m の上路鉸桁 10 連を 2 主桁の PC 桁に交換したものであるが、線路の横で 2 つの主桁を横締めによって一体とし、列車間合をみて横取りによって架設を行なった。

営業線におけるさらに大規模な PC 桁の架設工事は日豊本線小丸川橋梁において計画され、目下桁製作の工事がすすめられている。この橋梁は現在 22.3 m の上路鉸桁 35 連がかけられており、全長約 800 m に達している。海岸線に近い関係で潮風による腐食がはなはだしく強度不足をきたしたため、桁交換が計画されたのであるが、本橋梁の場合では経済比較の結果、将来の保守費および耐用命数を考慮の外においても有道床式の PC 桁が無道式の上路鉸桁より有利になることが明らかとなった。上路鉸桁の場合、一連当り約 24 t の鋼材量を必要とするが、PC 桁の場合には約 40 m³ のコンクリートで、桁製作のみの工事費は一連約 180 万円(支給セメント代をふくむ)であった。

列車間合のわずかな時間で桁を交換するため、安全はもとより、桁の取扱いが容易であることがのぞまれるので、桁の重量をできるだけ軽くすることが要求された。

図-2 小丸川橋梁断面図

(スパン 22.3 m, 荷重 KS-16, 1959 年 工事中)

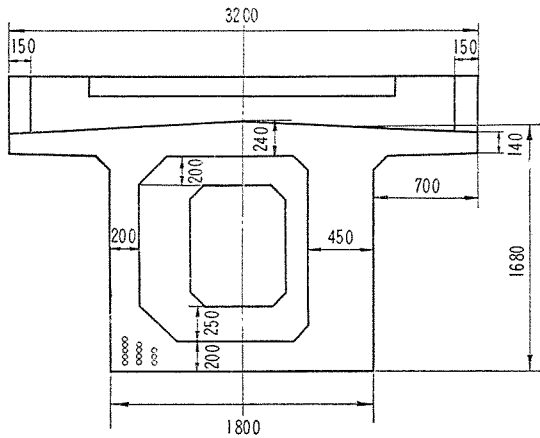
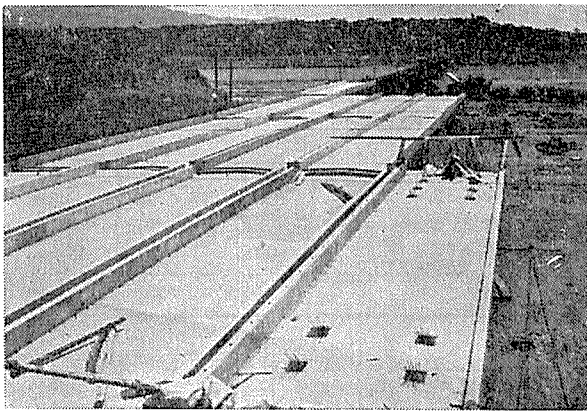


写真-3 小丸川橋梁 PC 桁製作現場



このため道床をなくし、軌道を桁に直結する方法も一案として考慮されたが、直結構造の経験がないという不安が残るためこの案は捨てられ、有道床式が最終的に決定された。桁の架設には 70 t 操重車 2 台を使用し、これを本線用トロに乗せられた PC 桁の前後に配置し、架設地点まで機関車でけん引したのち、PC 桁を操重車でつりあげ、旧桁を横取りして PC 桁を所定の位置に架設するという方法がとられる予定である。

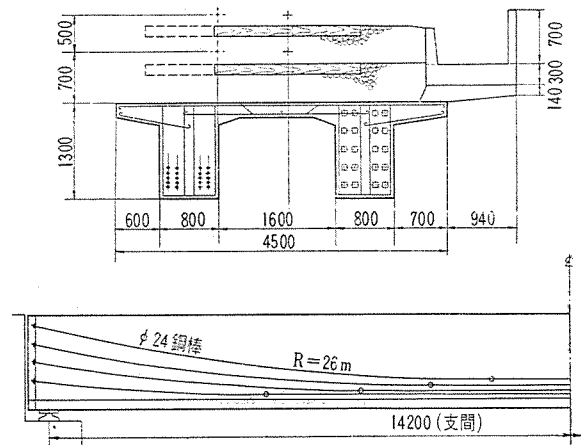
桁の概略図および製作中の写真を図-2 および 写真-3 に示す。

橋梁の規模としては小さいが、大阪駅構内の 0 番線増設にともない、支間 14.2 m の郵便局前西高架橋が架設された。

この工事においては足場工事が容易である関係上、前後の鉄筋コンクリート ラーメンと同様に、鋼製足場の上で、コンクリート打ちを行なった。コンクリートも生コンクリートを使用することを前提として、 σ_{28}

図-3 大阪駅郵便局前西高架橋

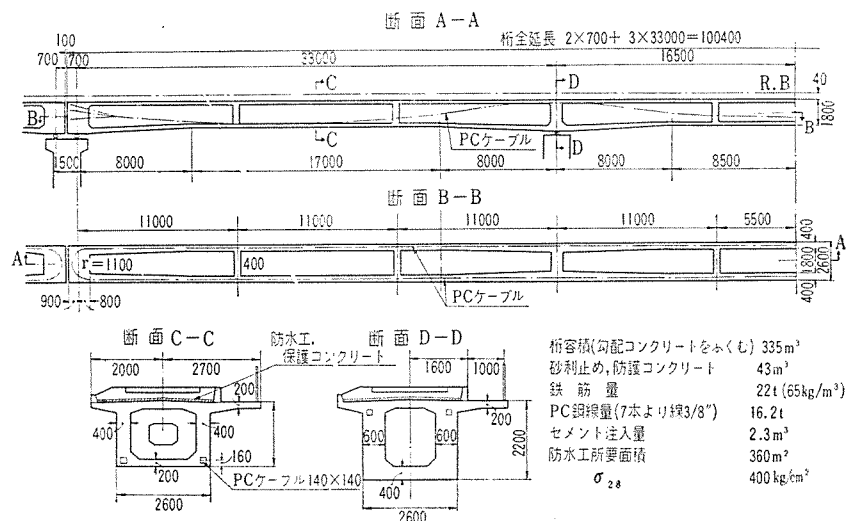
(スパン 14.2 m, 荷重 KS-16, 1959 年)



=300 kg/m² で設計された。主桁の PC 用鋼として鉄道橋としてははじめて、PC 鋼棒が使用された。PC 鋼棒の使用に際し、ネジ部の疲労強度に未知の点があったため、使用前に高周波焼入れ鋼棒について 200 万回の疲労試験を行ない、これに耐えることができたので使用したわけである。本橋は図のようにダブル T 型断面よりなり、全断面同時にコンクリート打ちし、横方向にはプレストレスされていない。本橋の上には分岐器が敷設され荷重が非常にかたよってのことがあるので、完成後一方の主桁上に荷重をのせて、荷重の分布作用を試験したが、所期の荷重分布が得られることが明らかとなった。

現在全設計を完了し、近日中に上部構造の工事がはじめられようとしている橋梁の一つに赤穂線吉井川橋梁がある。この橋梁は全長 400 m で、建設省の要求により、径間 30 m 以上とすることになったので、スパン 31.5 m の標準上路鋼桁、スパン 32.8 m のフレシネー式 PC 単純桁、Leonhardt 工法によるスパン 33 m の 3 径間連続バリについて比較検討の結果、わが国ではじめての

図-4 吉井川橋梁 (スパン 33 m, 3 径間連続, 荷重 KS-18, 1959 年 工事中)



Leonhardt 工法による連続鋼線方式が採用されることになった。図-4 のような箱型断面よりなり、桁高は径間部で 1.80 m、支点の上で 2.20 m である。腹部に一個づつ、一辺 16 cm の薄鉄製シースが配置され、そのなかに 7 本よりの 3/8" ワイヤーストランドが 14×14=196 本集中して配線される。桁端ではシースは上下に扇状に開き、ワイヤーストランドもそれに従って桁端で扇状に上下に開くとともに、平面的には両側腹部内のストランドがループ状に連続している。このようにして 1 リール延長約 3 km のストランドは切断されることなくシースの中に配線され、端は桁端部で半円形コンクリートアンカー内に埋めこまれる。ストランドはシース内にスペーサーにより基盤の目状に整然と配置される。シースは曲線形ではなく、数個の直線部と屈折部により折線状に配置され、ストランドは直線部ではシースの内壁にふれないようにする。屈折部では外側のストランドとシースの内壁の間に薄板（通称滑鋳）を挿入し、それにパラフィンをぬって滑りをよくしてあるので、プレストレスの摩擦による損失は、いちじるしく低減される。桁は橋脚上で、また径間部はステーシングによって支えてコンクリート打ちする。低水敷のステーシングには長さ 10 m 程度の鋼桁を使用する予定である。3 径間連続バリの一方の橋脚上に目地を設け、そこに 500 t ジャッキを 4 個入れて、桁のコンクリートが十分硬化してから、ジャッキを動かし、一径間分の桁を押し出すことにより桁にプレストレスを導入する。プレストレスは 2 回に別けて加える予定である。最終緊張力は約 1 800 t の予定で、緊張し終わったら目的の部分を実強コンクリートで埋め、硬化後ジャッキを取りはずす。注入は各径間のケーブルの最下点から行ない、最上部から排気する。シューには鋳鋼製ロッカーを使用する。

このほか 1958 年から 1959 年にわたって架設された PC 橋梁として、スパン 25.3 m の 2 主桁よりなる国分線 古江橋梁、スパン 20 m 4 主桁 2 径間よりなる北陸本線 新神通川橋梁等があり、工事中または設計を完了した橋梁として、次のようなものがあげられる。

大船山崎川のスパン 17.3 m 複線 2 連の山崎川橋梁、これは桁下面からレール頂面までの高さが 1.15 m にお

図-5 山崎川橋梁

(スパン 17.3 m, 荷重 KS-15, 1959 年工事中)

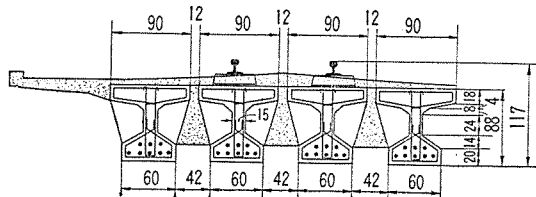
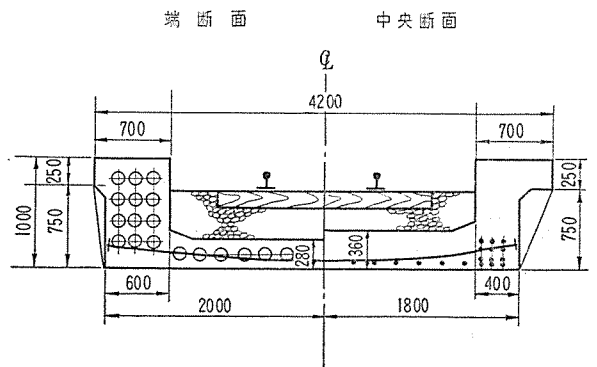


図-6 鹿児島本線 石堂川橋梁 (1959 年 工事中)



型 式: 下路 PC 桁	鋼棒 主桁用 $\phi 24$ 36本
活 荷 重: KS-18	スラブ用 $\phi 24$ 24本
支 間: 11.0 m	鋼棒重量: 1 699 kg
斜 角: 70°	鉄筋重量: 1 961 kg
	コンクリート容積: 24 m ³

さえられている関係上、PC 鉄道橋としてははじめての無道床式の直結構造が採用された。

またこのほか鹿児島本線の石堂川橋梁に、スパン 11 m で主桁の PC 用鋼として PC 鋼棒を使用した。国鉄としてはじめてこの下路 PC 桁の設計がなされた。

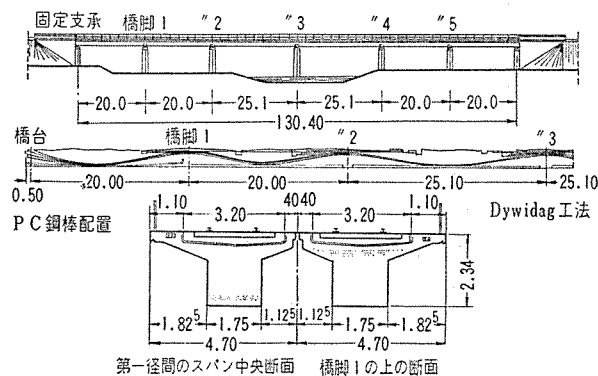
3. ヨーロッパの PC 鉄道橋

毎月の外国雑誌をのぞいてみると、必ず一つや二つの PC 橋梁の工事報告が掲載されているが、そのほとんどは道路橋の分野に属するもので、鉄道橋の例はきわめて少ない。これは道路工事量に比し、鉄道工事量が少量であることから当然であろう。

(1) ドイツ

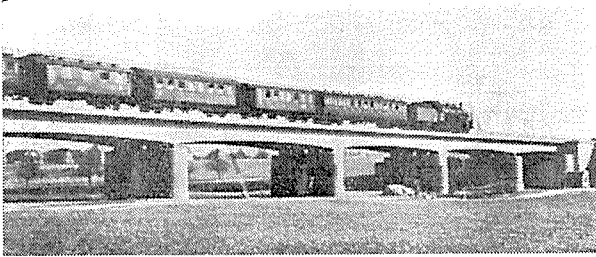
第 2 次世界大戦によって土木構造物に大きな被害を受けたドイツにおいては、1950 年以降の鉄道橋梁の復旧あるいは新設工事にかんがりの PC 橋が採用されており、1950~1952 年の間に 10 橋以上を数えている。これらの中には 20 m×2+25.1 m×2+20 m×2、全長 130.4 m の複線橋を Dywidag 工法によって 6 径間連続橋として架設した Ederstrom 橋 (図-7)、18.0 m+4×24.95 m+

図-7 Ederstrom 橋 (ドイツ) 1951 年



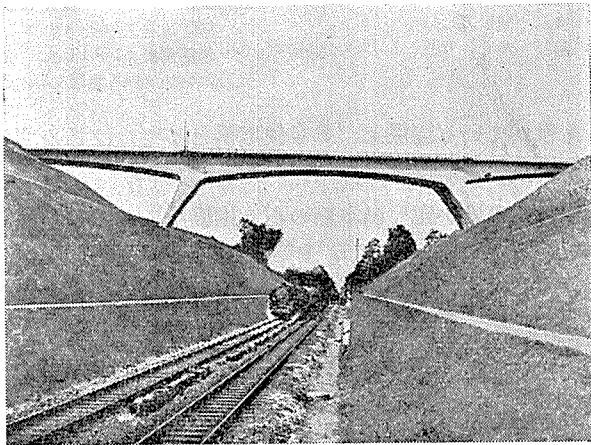
写真—4 Kocher 橋 (ドイツ)

(18 m + 4 × 24.95 m + 20 m, 6 径間連続, 1952 年)



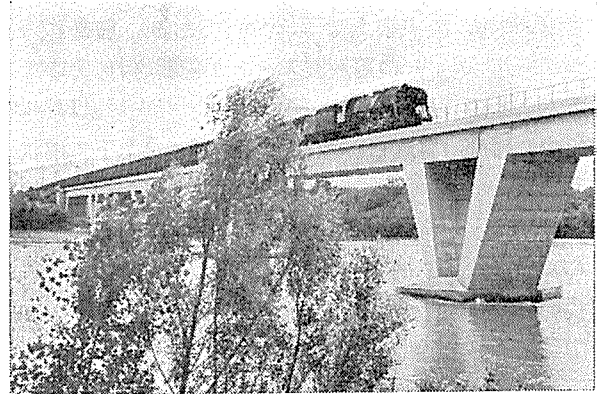
写真—5 Horren 橋 (ドイツ)

(全長 144 m, 1954 年)



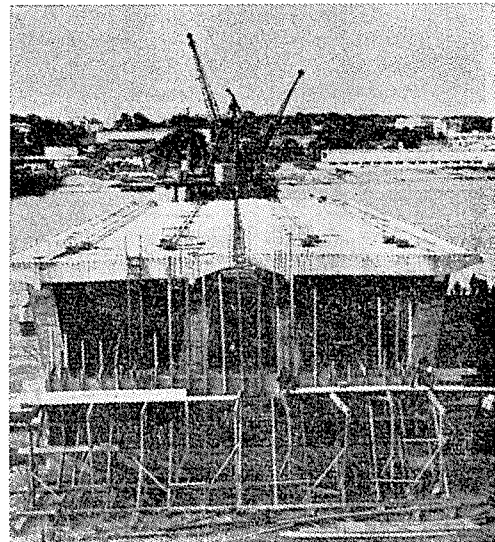
写真—6 La Voulte 橋 (フランス)

(60 m 5 径間斜脚ラーメン, 1955 年)



写真—7 Abidjan 橋 (フランス植民地)

(スパン 46.5 m, 1957 年)



20.0 m を 6 径間連続で Leonhardt 工法による Kocher 橋 (写真—4) 等がふくまれている。またドイツでもっとも大きな PC 鉄道橋として写真—5 に示す斜脚の剛結構造によるスパン 39.9+64.0+39.9 m の Horren 橋があげられる。一般にドイツにおける PC 橋は道路橋においても鉄道橋においても一般に足場の上で場所打コンクリートによって施工する方法が多くとられている。このような施工法によるため、多スパンが連続する場合には容易に連続構造とすることができるので、連続桁が多くかけられている。架道橋等の場合には一般に桁高を制限される場合が多いので道床を排し、レールを桁に直結する方法もとられ、フレッシュ工法によるスパン 21.5 m の Zuckerdamm 架道橋、スパン 21.2 m の Calw 架道橋の例があるが、これらはいずれも初期の時代に属するものである。

(2) フランス

ドイツにおいて PC 鉄道橋がかなり広範囲に利用されている反面、隣国のフランスにおいては、道路橋に PC がさかんに使われているにもかかわらず、PC 鉄道橋はただ一つを数えるのみである。しかもその一つが架設されたのは 1955 年であるから、時期的に見ても決して初期とはいえない。

写真—6 に示すごとく、60 m 5 スパンの斜脚のラー

メンよりなっており、その架設は架設用ストラットを併用したカンティレバー方法で行なっており、構造上および架設上からは、なかなか興味のある橋梁である。PC 工法は、フランスの一流土建会社である Eoussiron 会社がスイスの B.B.R. と技術提携を行なって B.B.R. 工法によって施工したものである。

フランス海外領地であるアフリカの象牙海岸の Abidjan において上記の会社が同じ PC 工法によって、写真—7 に示すような箱型断面の箱内に列車を通し、上面に道路を通すという鉄道道路立体併用の珍しい PC 橋を架設している。スパンは 46.5 m で 8 径間よりなっており、架設はポンツーンを利用して行なわれている。ただこの橋梁はあくまで道路が主体であって、鉄道は従の位置におかれている。

(3) オーストリー

ドイツの南隣りのオーストリーは、同じドイツ語を国語とする関係からドイツおよびスイスの影響をうけ、ドイツの Diwidag 工法、Leonhardt 工法、スイスの B.B.R.

工法により、現在までにすでに 12 の PC 鉄道橋が架設されている。このうちもっとも大きい橋梁はスパン 30 m の Prater-Hauptallee 橋で、スパン中央の桁高 1.95 m、支点におけるそれは 1.53 m である。この橋梁は橋上に分岐器がはいる関係上 3 線を一体とし、8 つの箱をもつ箱型断面になっており、各腹部に Leonhardt ケーブルが挿入されている。

(4) スイス

スイスにおいては B.B.R. 工法によってすでに数個の PC 鉄道橋が架設されているが、そのほとんどは道路との立体交差のためのものである。その中でも代表的な橋

写真—8 Stigli 橋 (スイス) 全長 36.9 m, 1957 年



梁は Stigli の鉄道橋であろう。これは 写真—8 に示すごとく全長 37 m の橋梁であるが、高速自動車道路をまたぐ関係上、見とおしをよくするために脚が斜めになっ

ている。この橋梁のもっとも大きな特長はアバットがないことで、盛土の中において脚と橋端が PC によって結ばれている。他の架道橋の一つは 3 径間連続になっているが、これも鉛直の脚にプレストレスを与えて橋梁全体を一体としている。

(5) その他

ヨーロッパのその他の国における PC 鉄道橋の使用は、鉄道橋梁工事そのものから少ないという理由もふくめて、非常に微々たるもので、試用の域を出ていないように思われる。

例えばイギリスにおいては 10 m 8 スパンの橋梁と 14 m 1 スパンの橋梁をフレシネー方式のプレキャスト版として営業線において操重車で架設した例があるのみである。

またベルギーにおいても 20.07 m 1 スパンの場所打ちスラブと、スパン 49.02 m 1 スパンを箱型断面で Magnel Blaton 方式によって架設した例があるのみである。

スウェーデンにおいては計画中および竣工したばかりの PC 鉄道橋が約 10 橋あるが、これはすべて道路との立体交差のためである。構造的には 1 スパンあるいは多スパンのラーメンが採用されており、プレストレスングはフレシネー工法である。

その他スペイン、ノルウェー、オランダ等には、PC の鉄道橋は現在までのところ一つも架設されていない。

(友永：国鉄構造物設計事務所長 工博
川口・小寺・野口：国鉄構造物設計事務所員)

雑誌の在庫について

当協会々誌「プレストレスト コンクリート」の在庫がございますから御希望の方に次のとおり実費で頒布いたします。

創刊号	(33年1月)	B・5判 50 ページ	150 円 (〒 共)
2号	(33年2月)	B・5判 58 ページ	在庫品切れ
3号	(33年7月)	B・5判 68 ページ	200 円 (〒 共)
4号	(33年11月)	B・5判 68 ページ	200 円 (〒 共)

御寄稿のお願い

この雑誌はプレストレスト コンクリートのわが国でただ一つの総合技術雑誌です。会員諸兄の技術向上にいきさかでも役立つように日夜苦心して編集に当たっておりますが、多くの問題を広くとりあげるのには、これでなかなか大変なことです。一方的になっても困りますし、とにかく皆様の卒直な声をお聞かせ願えませんか。自由に気楽に意見を述べて頂く会員欄、疑問点を相談していただきたい質疑応答欄、工事の状況、施工の苦心点を現場から速報してほしい工事ニュース欄、口絵写真欄、その他報告、資料など、御気軽にどしどし原稿をお寄せ下さい。また、新設してほしい欄とか、もっと充実してほしい欄、雑誌に対する建設的な御意見なども募ります。少しでも多く皆様の声を反映した親しみやすい雑誌に育て上げたいと念じておりますので御協力願います。以上の原稿、御意見などはすべて下記へお送り下さい。

東京都千代田区丸ノ内3の8 プレストレスト コンクリート技術協会編集委員会 電話 (271) 6171~5