

プレストレストコンクリート長大橋について

P. Jensen STUP 社 (フランス) 技師  
 主催 プレストレスト コンクリート技術協会  
 後援 極東鋼弦コンクリート振興株式会社

PC長大橋の架設方法としてつぎの4つの方法をあげることができる。

- A法: 支保工を設けて場所打ちコンクリートでコンクリートを打設する方法
- B法: 支保工を設けてプレキャストブロックを乗せてついでゆく方法
- C法: 支保工を用いなくて現場打ちコンクリートで延ばしてゆく方法
- D法: 支保工を用いなくてプレキャストブロックを架設してゆく方法

A法は従来より鉄筋コンクリートの施工で広く用いられていた方法であるので説明は省略する。

B法の代表的な例として、現在シドニーで建設中のスパン 300 m のアーチ橋 Gladesville をあげることができる。本橋はコンクリートとしては世界最大のスパンを持つ橋架であり、並列した4本の箱型リブよりなる上路式固定アーチ橋である(図-1, 写真-1 参照)。

計画にあたり設計計算は通常のアーチ橋としてほとんど問題にならなかったが、いかに経済的に建設するかという問題に焦点がしぼられた。1962年作業が開始され、現在施工中である。

箱型リブを構成するプレキャストブロックは、約半マイル上流に設けられたヤードで作られ、フロートクレーンを使用して架設現場に運ばれ、セントラルタワーに設けられたウインチで吊り上げられて架設された。プレキャストブロック1個の重量は約60tであった。

支保工は図-2に示されるごとく4本の鋼管杭の上に設けられたコンクリートキャップの上に鋼管で一リブ分のみ組まれ(写真-2参照)、そのリブが完成し次第横移動され、つぎのリブの支保工として使用された。したがって5列設けられたコンクリートキャップ上にはレールが敷かれ、移動用として同一水系に接続された移

図-2

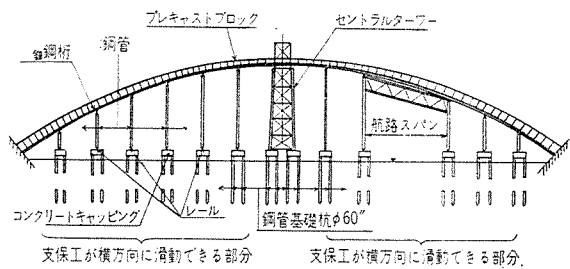


写真-1

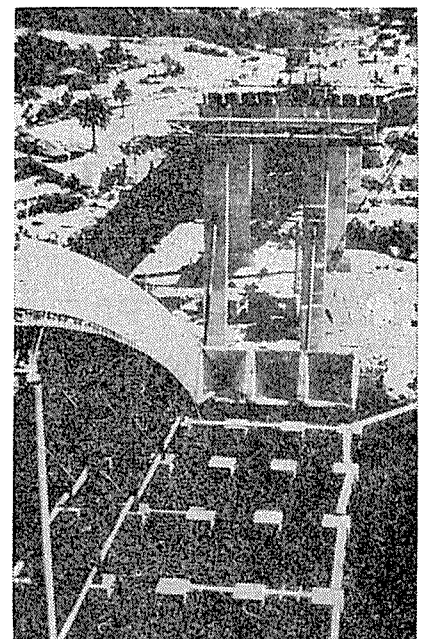


図-1 Gladesville 橋側面図

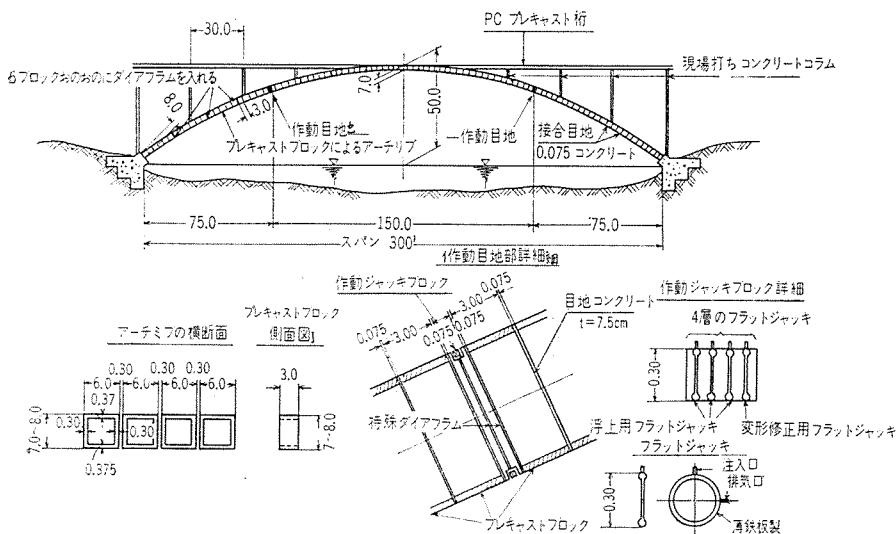


写真-2

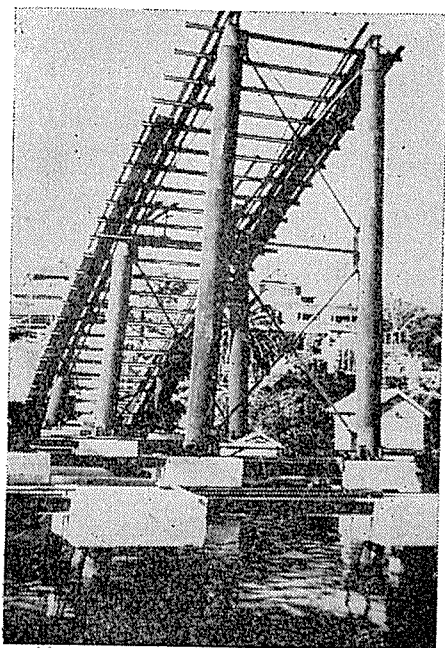


写真-3

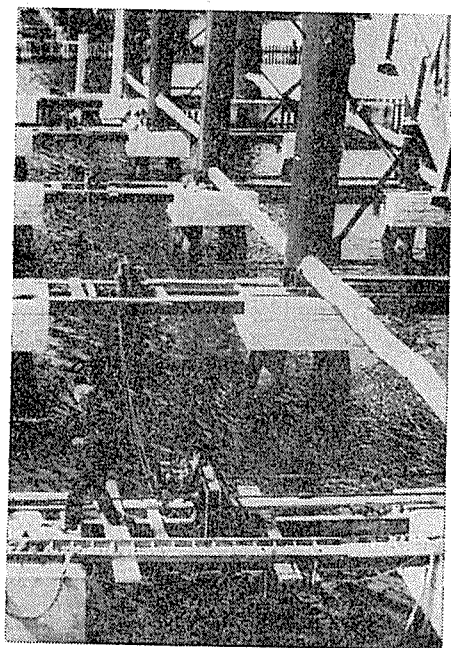


写真-4



写真-5

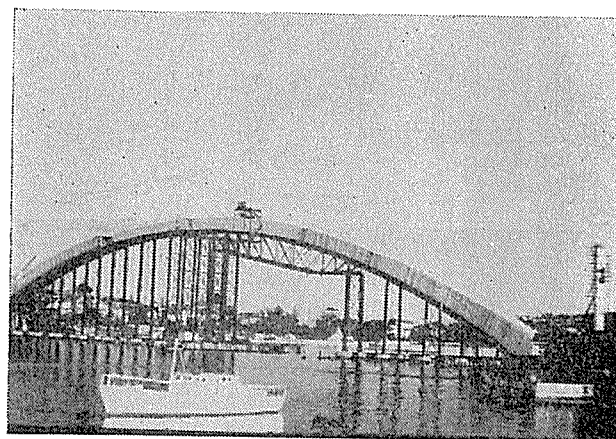
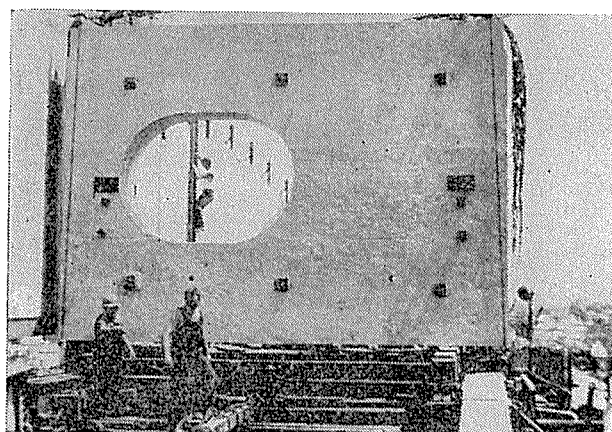


写真-6



動用ジャッキが用意された(写真-3 参照)。

鋼管支保柱の上には鋼製横桁および縦桁が並べられ、その上に底版が組まれた。底版上にはスパン方向にレールが敷かれ(写真-4 参照)、セントラルタワーによって吊りあげたプレキャストコンクリートブロックが、セントラルタワー上に設けられた台車で横どりされ、その底版上のレールの上を台車で所定位置に移動しすえつけられた(写真-5 参照)。ブロックのすえつけには木製クサビが使用され、これによってレベルの調整が行なわれた。

各ブロックの間の目地は 7.5 cm あけられ、全ブロッ

クがすえつけられたのちコンクリートが詰められた。ブロックの長さは 3 m であったので、リブあたり 100 個のブロックが使用された。ブロック 6 個ごとには写真-6 に示されるようなダイヤフラムが設けられ、これには 4 つのリブの完成後、横桁を構成できるように横方向プ

## 講演要旨

レストレッシング用の穴が設けられた。

また、スパンの各  $1/4l$  点には、作動目地と呼ばれる特殊なダブル ダイアフラムが設けられた。このダイアフラムは本橋の架設上最も重要なものであり、図-3 に示されるごとく、周囲の溝に 56 個のフラット ジャッキが設けられた。各フラットジャッキは四層にして用いられ、このうち三層は浮上用として、残る一層は後で述べる変形修正用として計画された（写真-7 参照）。

本橋の架設上の問題点は、リブの完成後いかにして支保工を抜くかということであり、この目的のためにフラット ジャッキが使用され、目地コンクリートが詰められたのち、このフラット ジャッキを作動し、アーチ リブを浮上させることによって支保工を抜く方法を採用した（写真-8,9 参照）。

図-3

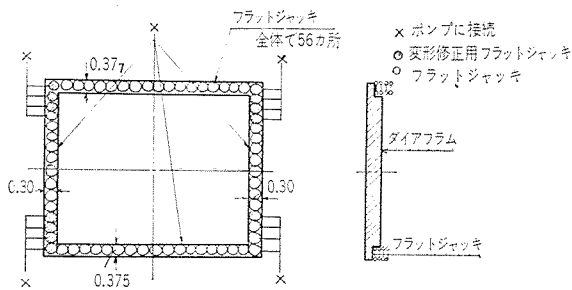


写真-7

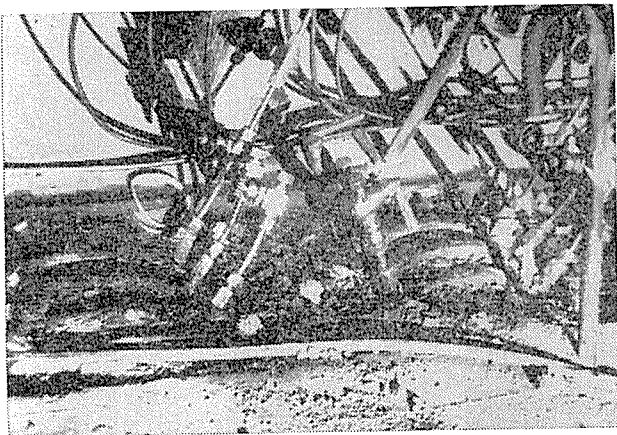


写真-8

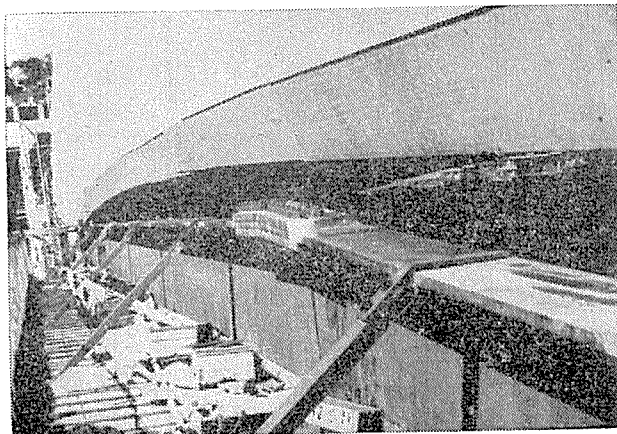
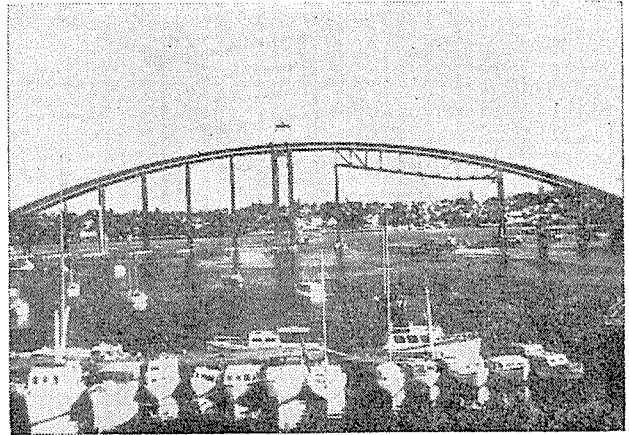


写真-9



作動目地間のアーチ リブの重量は約 3000 t であり、これを持ち上げるためには、2カ所の作動目地の位置で、おのこの 1500 t ずつの鉛直力が必要であった。作動目地の位置における中心線のスロープは 4:1 であるので、持ち上げるためには作動目地で 6000 t の軸力を発生する必要がある。この力が 56 個のフラット ジャッキによって発生された。

100 個のプレキャスト ブロックが、おのこの所定位置にすえつけられ、目地コンクリートが打ち込まれたのち、フラット ジャッキは水圧によって作動された。まづ一層目のフラット ジャッキが一つ一つ水圧によってふくらまされたが、フラット ジャッキ 1 個の動程は 25 mm であるので、これはリブのコンクリート乾燥収縮クリープ、弾性変形等によって償却されて、アーチは持ちあがらなかった。1 層目 56 個のフラット ジャッキをふくらませたのち、1 個 1 個圧力が抜かれ、同等に加圧されたセメント グラウトが注入されて置きかえられた。次に 2 層目、3 層目と同様作業がくり返された。3 層目が半分程度ふくらまされたとき、アーチは支保工より浮上した。本橋で設けられたフラット ジャッキは 4 層であり、3 層は上記浮上用に使用されたが、他の 1 層は万一の場合を仮定して、変形の修正用として用意された。しかし 4 層目のフラット ジャッキは、本橋の架設では使用する必要はなかった。

各四隅のフラット ジャッキは 4 個ずつ異なった水系につながれ、他の 40 のフラット ジャッキは、同一水系につながれた。もし日光とか風とかの影響で、アーチ リブが図-4 のように変形したとすると、修正したい側のフラット ジャッキを作動させることによって、変形の修正が可能である。

このフラット ジャッキの動程と、アーチ リブの変形量との関係は、あらかじめ表示され、また実験によっても事前に確認されている。アーチの浮上後、支保工はキャッピング上に設けられたレール上を、オイル ジャック

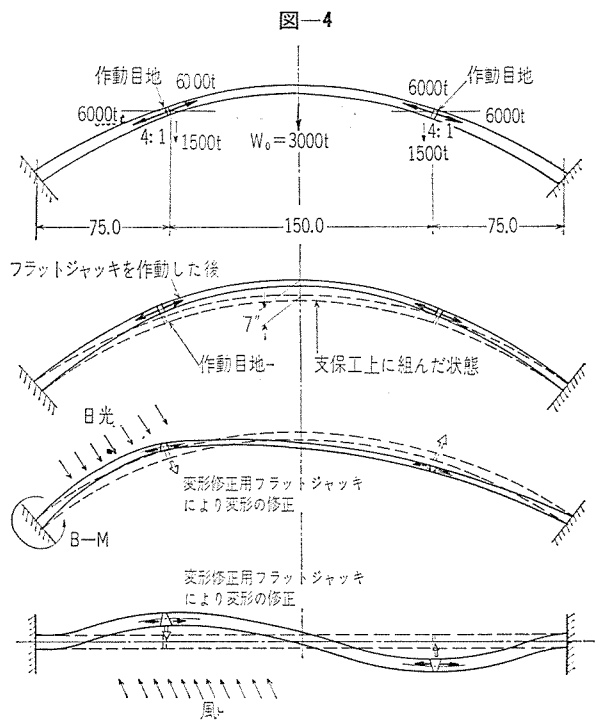
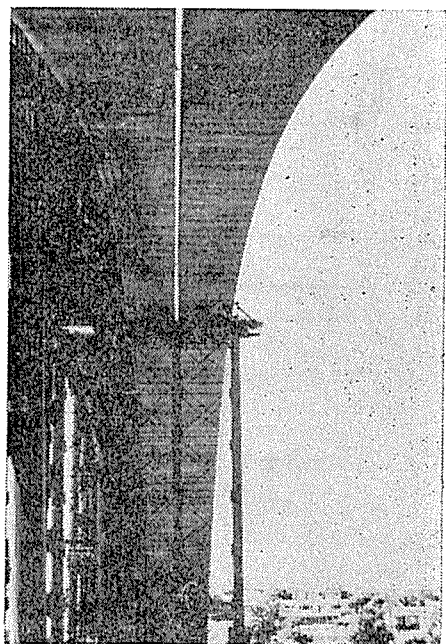


写真-10



キで引いてつぎの位置に移動される。

スパン中央に設けられたセントラルタワーには、アーチリブが非常にスレンダーなものであり、自立後風、日光等の横荷重に対して非常に不安定であるので、それを止める装置が設けられている。この装置はリブを水平方向には動かないで、鉛直方向に可動な結合を行なえるような構造をしており、したがってセントラルタワーは、この水平力のとれるような形をしているので(写真-10参照)、他の支保工は移動できるが、このセントラルタワーは橋梁の完成まで不動であった。

アーチの上部構造は、アーチリブの上に場所打ちコン

クリートのコラムが設けられ、プレキャストコンクリートのPC桁が架設される。アプローチスパンと同種なPC桁は、単純桁として別のヤードで製造され、アプローチスパン上を運んで架設桁を用いて架設される(図-5参照)。目地はコラムの上でフック状に加工された両桁の端版の間に設け、架設後この目地にコンクリートを詰め、桁と舗装との間には鉄筋を横たえ、その上に舗装コンクリートを打って鉄筋による活荷重合成が行なわれる(写真-11参照)。

桁とコラムとの間の支承には、クロロプレン系ゴム支承が用いられた。またコラムは非常にスレンダーなものが設計され、コンクリートの乾燥収縮、温度変化による桁の変形等の拘束をできるだけ少なくするように計画された。各コラムは非常にスレンダーなものであったので、上部工の完成まで自立させるのに不安があったため、架設中は一時的な鋼管のステがとられた。

アーチリブは浮上後コンクリートの乾燥収縮、クリーブ等によって、だんだんと沈下してくる。アーチリブの施工期間は約2.5カ月であり、4基のアーチリブの完成までには約7.5カ月の日時が必要であった。したがって、いま理論上の高さにすべてのリブを浮上するものとする、最後のリブを浮上させる7.5カ月後に

図-5

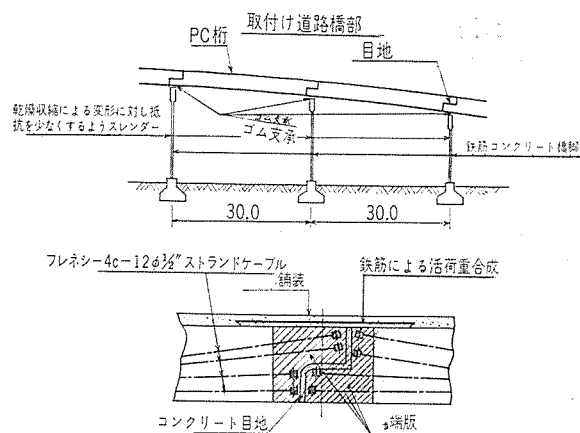
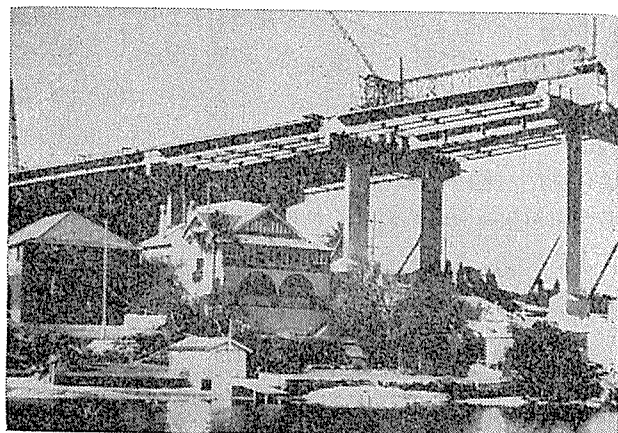
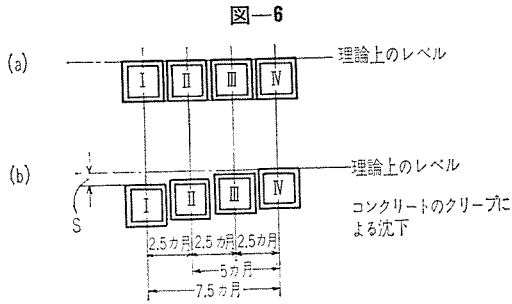


写真-11





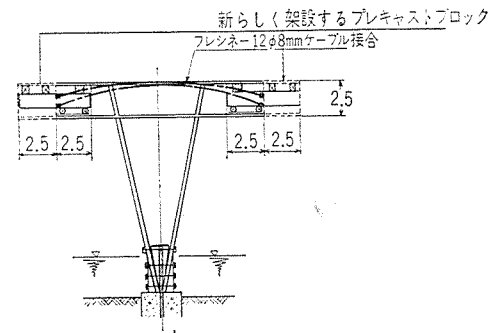
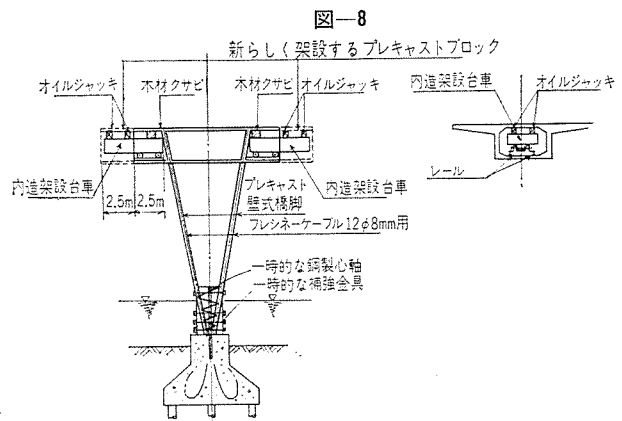
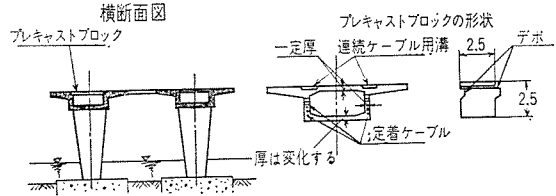
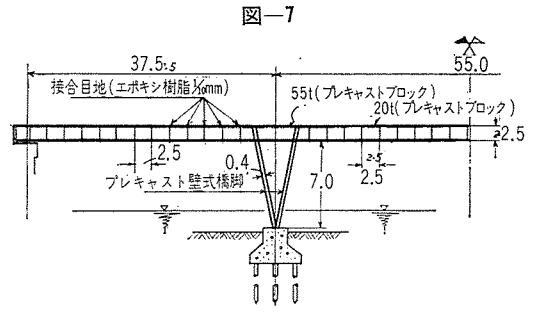
は図-6 (b) のような状態に、おのおのが異なった高さに沈下する。このように傾いた状態では、横方向の結合はおろか上部工を建造することは困難である。したがって、もしこのような形になったら、同一レベルになるよう補正しなければならない。例えば四つのうち三つが同一レベルで、他の一つが上がりすぎていたとすると、その一つには中に水を入れその重さで下げる。またその反対に一つが下がったような形になった場合には、その一つにフラット ジャッキを作動させて持ち上げる。

本橋の建設では、各リブは最初の浮上量の段階で、この補正を計算して浮上されたので、上部工を建設するときには各リブはほとんど同一レベルに調整でき、そのような補正の必要はなかった。

D法の代表的な例としてカンチレバー エレクションをあげることができる。そのうち主な例として、現在パリのセヌ河に架設中の CHOISY-LE-ROI 橋をあげることができる。セヌ河は船舶の運航が多いので、支保工は建てられなかった。したがって本橋の架設には、1962年にフレッシュで開発された、最も新しいもの一つである内造台車が使用された。本橋はスパン  $37.5+55+37.5$  の3径間連続桁で、はり部は二つの箱型断面よりなり、橋脚はプレキャスト製V型の薄い壁で構成されている(図-7 参照)。

まづ基礎杭が打たれ基礎が作られた。この基礎が本橋建設に使用された唯一の現場打ちコンクリートであった。他の部材はすべてプレキャストブロックで造られた。基礎の上部に2枚のプレキャスト製の薄い壁式橋脚が置かれ、橋脚上のブロックが運ばれた。このブロックは特に重く、約55tであった。橋脚上のブロック、壁体はフレッシュケーブルによって基礎につながれ、橋脚底部には、鋼製の心軸を持った一時的な補強金具がつけられた(図-8 参照)。橋脚上のブロック内で内造架設台車が組み立てられ、これによってカンチレバー工法による架設が進められた。

本橋の架設は Gladesville 橋と同様に、プレキャストブロックをついで建設された。ヤードよりプレキャストブロックの運搬には、セヌ河をフロートクレーンで運ばれ、ウインチで吊り上げられた。プレキャストブ



ロックの長さは2.5mで1個約20tであった。目地は型わく等で施工の手数のかかるコンクリートを用いるかわりに、エポキシ樹脂による接着が行なわれた。エポキシ樹脂はローラーで接合面に非常に薄く塗られた。

プレキャストブロックは、図-7に示すような形をしており、断面には連続ケーブル用の溝が上突縁にきられ、腹部断面中には1~2個後に定着されるケーブル用の穴が設けられた。

内造台車は鋼製部材をボルトでめして組んであり、桁中のレールの上に載っている。台車には4つの車輪(図-8 参照)と、ブロックを吊ったとき転倒しないような転倒防止用の木製クサビと、ブロックのレベルを調整するための4台のオイルジャッキが備えてある。架設プロ

ックの長さは 2.5 m であったので、台車の形状は桁中に 2.5 m、桁外に 2.5 m はり出す 5 m の長さのものが用意された。

またプレキャスト ブロックには、せん断デボが用意された。接着目地はエポキシ樹脂によりはりつけられるというように、目地部での形状の補正が全然不可能な形が採用されたので、プレキャスト ブロックは同一な型ワクを使用して作られた。すなわち橋梁の縦断勾配と同一なキャンバーを持った製作台がヤードで作られ、一つの型ワクをコンクリート打設後順次移動して、各ブロックは製作された。そしてその順序に架設されたので、他ににんら特別な施工上の注意を行なうことなく、施工は進められた。

カンチレバー エレクションによって橋脚上より左右バランスを取りながら、プレキャスト ブロックを1日4個の割合で架設した。そして最後にスパン中央の接合部の処理をいかにするかという問題が生じてきた。

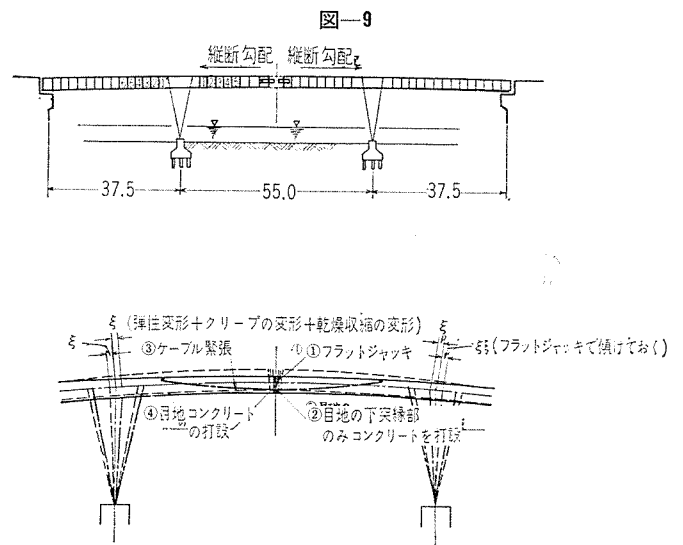
もし中央にヒンジを設けるならば、コンクリートのクリープによってだんだんとレベルが下がり、ヒンジ部でがたができる恐れが多分にある。したがって本橋では、接合部を連続的にする試みがなされた。

中央径間には 12φ8 mm フレシネー ケーブルを用いてプレストレスが導入された。その場合この径間をプレストレスすることによって生ずるコンクリートの弾性変形のため、両橋脚は中央部に傾き脚底部に大きな曲げモーメントを生ずるおそれが考えられた。その上コンクリートの乾燥収縮、クリープ等によって、この変形は倍加されるであろう。したがって、そのような変形をおさえる必要が生じ、そのためにフラット ジャッキが使用された。すなわち接合部に設けられたフラット ジャッキで、プレストレスを導入する前あらかじめふくらまして両橋脚を外側に拡げておき、プレストレスおよびクリープ等の終った状態で理論的な位置にもどすように配慮された(図-9 参照)。

接合部の施工順序としては、まず上部隅角部にフラット ジャッキを配置してこれをふくらませ、両橋脚を外側に傾けさせる。つぎに目地の下突縁部のコンクリートのみを打設する。三番目に中央に設けられたPCケーブルを緊張する。四番目に下突縁以外の目地部をコンクリートでつめる。以上によって作業を完了した。

最後に内造架設台車はボルトをはずし、ダイアフラムの中に設けられた穴を通して外部に運び出された。

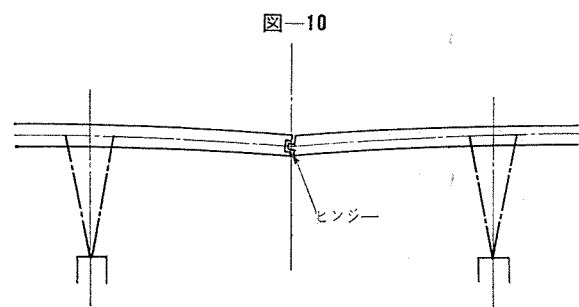
C および D 法による長大橋の建設に、カンチレバーエレクションが使用された例は古く、1932年にはワイヤーを用いた工法で、鋼部材を組み立てて長スパンの橋梁が架設された。1940~1945年には同様な工法がコン



クリート部材を用いて試みられた。

その後カンチレバー方式による橋梁架設法には種々の工法が開発され、プレキャスト部材を継いでゆくもの、また時には現場打ちで打ち継いでゆくもの等があり、架設台車はときには桁の内部に、ときにはデッキの上部または下部に設けて行なわれる。この方法でPC鋼棒を使用したものには、ディビダーク工法、マコール工法等があるが、本文で御紹介したCHOISY-LE-ROI橋は、PCケーブルを使用したフレシネー工法である。フレシネー工法によるカンチレバーエレクションは、1951年最初に試みられ、以後20にあまる橋梁がこの方式で建設されている。

フレシネー方式による本工法の特長は、スパン中央接合部をケーブルによって連続するために、ディビダーク工法等、ヒンジを持った橋梁にみられる、年月とともに進行するコンクリートのクリープのために接合部の沈下が増大する、といった欠陥がなく、恒久的に円滑な路面が保証される点にある(図-10 参照)。クリープによる接合部の沈下は、スパンが大きくなるほどいちじるしく現われるので、STUPでは最近の橋梁はすべて接合部を連続にしている。ごく最近フレシネー工法によるカンチレバーエレクションで架設された橋梁の例をあげるとのつぎようである。



(1) Le Rio Tocantins (ブラジル) 1960

## 講演要旨

- スパン(m) : 53.00+140.00+53.00  
 幅員(m) : 車道巾 8.20 m, 歩道 2×0.90 m  
 構造形式 : 橋脚上で連続中央径間中央に、ヒンジ、そう入、せん断力のみを伝える。  
 ケーブル : 12φ7 (P C鋼線 147 t, コーン 1130 個)。
- (2) **Goncelin 橋 (フランス) 1961**  
 スパン(m) : 29.55+59.10+29.55  
 幅員(m) : 車道 6.00 m, 歩道 2×0.60 m  
 構造形式 : 変断面の3径間連続桁  
 ケーブル : スパン方向 12φ8, 横方向 12φ7, P C鋼線 27 t, コーン 12φ8 用 288 個, 12φ7 用 250 個。
- (3) **Lacroix Falgarde 橋 (フランス) 1961**  
 スパン(m) : 30.25+60.50+30.25  
 幅員(m) : 車道 6.00 m, 歩道 2×2.00 m  
 構造形式 : 変断面の3径間連続桁  
 ケーブル : スパン方向 12φ8, 横方向 12φ7, P C鋼線 31 t, コーン 12φ8 用 260 個, 12φ7 用 270 個。
- (4) **Cuiaba 橋 (ブラジル) 1961~1962**  
 スパン(m) : 32.50+65.00+32.50  
 幅員(m) : 車道 8.00 m, 歩道 2×0.90 m  
 構造形式 : 変断面3径間連続桁  
 ケーブル : 12φ7 (コーン 367 個), P C鋼線 23 t。
- (5) **Vallon 橋 (フランス) 1962**  
 スパン(m) : 45.00+82.00+45.00  
 幅員(m) : 車道 9.00 m, 歩道 2×2.50 m  
 構造形式 : 変断面3径間連続桁  
 ケーブル : 12φ8 (510 コーン) 12φ7 (420 コーン), P C鋼線 73 t。
- (6) **Le Rio Uluá 橋 (ホンジュラス) 1962**  
 スパン(m) : 42.00+120.00+42.00  
 幅員(m) : 車道 7.30 m, 歩道 2×1.20 m  
 構造形式 : 中央径間に 36 m の単純桁を有する片持ばり  
 ケーブル : スパン方向 12φ12.7 mm, 横方向には鋼棒を用いた。
- (7) **Le Rio Parana 橋 (ブラジル) 1963**  
 スパン(m) : 8×109.50 m, 30×45.00 m (全長 2226 m)  
 幅員(m) : 車道 8.20 m, 歩道 2×2.00 m  
 構造形式 : 109.5 m スパンは橋桁から 30.00 m の片持ばりと 45 m の吊桁とで形成される。45 m スパンに対しては単純桁。  
 ケーブル : 12φ7 (7200 コーン), 12φ5 (9000 コーン), P C鋼線 770 t。
- (8) **Port-de-Bouc 橋 (フランス) 1963**  
 スパン(m) : 20.30+43.00+20.30  
 幅員(m) : 車道 10.00 m, 歩道 2×2.00 m  
 構造形式 : 変断面3径間連続桁  
 ケーブル : スパン方向, 横方向とも 12φ8 (374 コーン), P C鋼線 25.5 t。
- (9) **Choisy-le-Rio 橋 (フランス) 1963**  
 スパン(m) : 37.50+55.00+37.50  
 幅員(m) : 車道 7.00 m, 歩道 4.00 m (同一寸法の第二の橋が並んで架設される)  
 構造形式 : 桁高一定 (2.50 m) の3径間連続桁橋脚は高さ 7 m, 厚さ 0.40 m の2枚の壁からなる。  
 ケーブル : 12φ8 および 12φ7
- (10) **La Sorce 橋 (Villars-st-croix) (スイス) 1963**  
 スパン(m) : 48.00+82.00+48.00  
 幅員(m) : 12.00 m  
 構造形式 : 変断面連続桁  
 ケーブル : 12φ8
- (11) **La Meuse 橋 (Chooz) (フランス) 1963**  
 スパン(m) : 28.25+59.00+28.25  
 幅員(m) : 車道 4.70 m, 歩道 2×0.90 m  
 構造形式 : 変断面3径間連続桁  
 ケーブル : 12φ8
- (12) **La Verberie 橋 (I Autoroute du Nord) (フランス) 1963~1964**  
 スパン(m) : 17.00+82.50+17.00  
 幅員(m) : 12.5 m の車道が2つ独立し, これを2mのRC版で結合。  
 構造形式 : 短い側径間によって固定された変断面の桁, 側径間はカウンターウェイトとなっている。  
 ケーブル : 12φ12.4 mm および 12φ8
- (13) **Flevieu 橋 (フランス) 1963~1964**  
 スパン(m) : 33.00+28.00+23.40+56.00+15.50+28.00  
 幅員(m) : 10.50 m 車道が2列 (自動車道路)  
 構造形式 : 桁高一定の斜連続桁支承はネオブレーン  
 ケーブル : 12φ8
- (14) **Pierre Benite 橋 (フランス) 入札決定済み**  
 スパン(m) : 55.00+84.00+55.00  
 幅員(m) : 車道 13 m, 歩道 1.0 m, 自転車道 1.50 m  
 構造形式 : 桁高一定断面2次モーメント変化の連続桁 (下床版厚さ変化)  
 ケーブル : 12φ1/2'', 12φ8, 12φ7
- (15) **Le Nil 橋 (Khartoum) (スーダン) 入札決定済み**  
 スパン(m) : 44.25+7×88.50+44.25  
 構造形式 : 断面2次モーメントの変化する2つの片持ばりからなり, 頂にヒンジをそう入。これはプレストレッシングで結ばれたローラーよりなる。  
 ケーブル : 12φ1/2''
- (16) **Saget 橋 (Bordeaux) (フランス) 入札決定済み**  
 スパン(m) : 62.10+4×77.00+62.10  
 幅員(m) : 車道 18 m, 歩道 2×1.20 m, 箱断面内は自転車用として利用  
 構造形式 : 桁高変化の連続桁  
 ケーブル : 12φ1/2'', 12φ8, 12φ7