

アメリカのPCについて

齋 継 男

1. まえがき

米国道路専門視察団(団長 青木楠男早大教授)の一員として昨年7月末、日本生産性本部より派遣され5週間の視察旅行を終え解散後帰路を利用して約3週間について視察をして帰国したので、その間見聞したことについて述べる。

2. アメリカのPCについて

戦後10カ年の間にめざましく発展してきたものではあるが、建設材料として鉄、コンクリートとともに、すでに一般普及化されており、今後ますます広い分野に発展が期待されているものである。「大量生産方式によるプレキャストされたPC部材として工期の短縮、労力、資材の節約をはかり、工費の経済化のため、特性を生かして大いに活用している」ということができる。

従って工場を基地としたプレテンション方式であり、標準タイプを設定してストランドを使用し、最近ではポストテンションの桁も場合により工場において製作されている。現在一般的に用いられているポストテンション工法としては a) Freyssinet 工法, b) Roebling 工法, c) Stress steel 工法, d) Prescon 工法などであり、今後の課題として、このポストテンションの分野においていかに発展してゆくかが大いに興味を持たれる点である。アメリカのPCは 1. 労働者賃金が高い, 2. 運搬架設の機械能力が大きい, 3. 道路がよく整備されている, 4. Ready Mixed Concrete が発達している, 5. 工事量の単位が大である, 6. 職能別組合制度が合理的に発達している, 等の社会的、経済的諸種の条件のもとにPCの特性を生かし、プレキャストされた部材を現場において組立式に施工してゆくやり方を特徴とするが、つちかわれてきたアメリカ本来の開拓者精神、実理主義、合理主義と協調性のもとづく、その勇氣と実行力とに対しては大いに敬意を表する次第である。

アメリカにおけるPCの発足は1950年であり、現在まではやはり橋梁関係に主として使われてきているが、上部工のみならず下部工にもパイルとして使用されており、その他パイプ、タンク、シートパイルにも応用され舗装においひても実験的に使用されている。なお建築関係においても現在すでにハリ、柱、屋根スラブ、床スラブ等に数多く使われており、今後この方面にますます伸

びるであろうことを期待されている。

地域的にこれを見れば、特にさかんな地方は西部(California)、南部(Texas, Louisiana, Florida)であり、北部(Illinois)、東部(Pennsylvania, New York)においても活潑である。

(1) PC 橋の占める割合

大スパン橋梁を除いては、次第に鋼橋、鉄筋コンクリート橋に代りつつあり、はげしい競争になっている。全米橋梁工事のうち、その占める割合は概略的に

1958年	5~8%
1959年	10%
1960年	15%

であり、毎年増加しつつある。

(2) プレテンションとポストテンションの比率およびその鋼材の使用状況

プレテンション	80%	{	ストランド	80%
ポストテンション	20%	{	ワイヤー	12%
			鋼棒	5%
			ストランド	3%

ほとんどがストランドを使用しており、3/8" ストランドと7/16" ストランドの2種類があり、初期においては3/8" が使用されていたが最近では7/16" が多く使用されているようである。

1957年における使用状況は次のとおりである。

3/8" ストランド	40%
7/16" ストランド	60%

(3) PC 鋼材の年間使用量

年次別の使用量は次のとおりである。

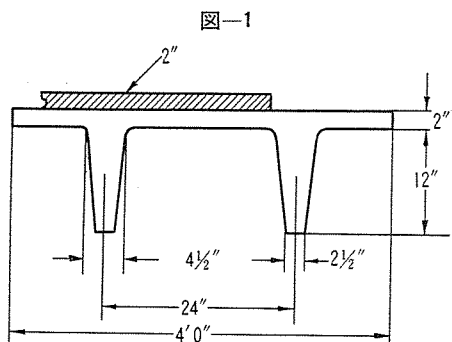
	プレテンション	ポストテンション	計
1957年	22 000 t	6 000 t	28 000 t
1958年	34 000 t	8 000 t	42 000 t
1959年	50 000 t	12 000 t	62 000 t

昨年の全米使用量は62 000 tであり、これは日本における年間使用量を5 000 t程度と見れば、約12倍ということになる。なおその増加率も過去において毎年50%程度伸長してきており、1950年の予想としても50~60%程度伸長するという予想が支配的である。

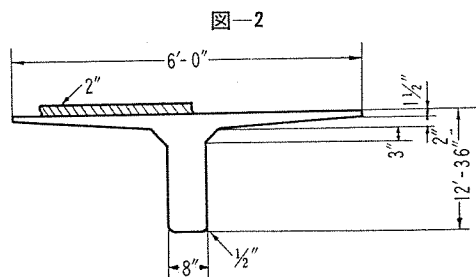
(4) Double Tee スラブ (図一)

建築用屋根版、床版に最もさかんに使用されており、これに使用するストランドの使用状況は

	1958年	1959年
3/8" ストランド	80%	60%
7/16" ストランド	20%	40%



で、逐次 7/16" の大径ストランドが多く使われてきつつあるようである。なお最近 Single Tee スラブ (Lin Tee, 図-2) が新しいタイプとして関心をもたれている。



(5) PC の製品分野

1958 年における製品分野は、次のとおりである。

Double Tee およびチャンネル スラブ	30%
桁およびハリ	44%
杭および柱	12%
その他	14%

橋桁のみならず、建築部材の Double Tee, チャンネルスラブ, ハリ, 柱あるいは杭などへの利用分野が比較的大きな割合を占めており、橋桁およびまくら木等がその大部分を占め、ようやく建築方面への利用を見つつある日本の今後を示さすものである。

(6) PC 工場

常設の PC 工場は 290 を数え、なおこのほかに臨時工場として操業しているものを加えれば 300 以上におよぶ。各州の分布状態は次のとおりである。

Alabama 6	Idaho 5	Massachusetts 3
Arizona 4	Illinois 8	Michigan 10
Arkansas 4	Indiana 8	Minnesota 6
California 12	Iowa 5	Mississippi 4
Colorado 6	Kansas 5	Missouri 11
Connecticut 4	Kentucky 4	Montana 3
Florida 21	Louisiana 5	Nebraska 2
Georgia 4	Maryland 3	Nevada 1
New Hampshire 1	Oklahoma 4	Utah 3
New Jersey 8	Oregon 1	Virginia 8
New Mexico 2	Pennsylvania 12	Washington 4
North York 16	South Carolina 6	West Virginia 6
North Carolina 6	South Dakota 2	Wisconsin 14
North Dakota 2	Tennessee 14	Ohio 12
Texas 26		

計 290

今このうち 159 工場につき製品別アバット設備状況を分類して見れば

Double Tee スラブの設備を有する工場	96
チャンネル スラブ	73
桁	118
杭	68
柱	68
その他	77

であり PC 工場の製品別設備の概況が予想できる。

(7) PC 橋

アメリカにおいて最初にかけてられた橋は Philadelphia の Fair-mont Park にある Walnut Lane 橋である。

1950 年 Preload Corporation により Magnel System によって 74'-155'-74' の 3 スパンが建設された。

California においてはスパン 110' の Arroyo Seco 橋 (Los Angeles) がポストテンションにより 1951 年に初めて建設されている。

連続桁としては Prof. T.Y. Lin の設計による Feather River 橋 (California) が 1958 年に建設され、151'-151' の 2 スパンとして大径ストランドを使用している (写真-1)。非常に安くでき上がったということであり、連続桁としては現在最長のスパンである。プレテンションにおいては最長スパン 118', 桁重量 40 t のものがあり、San Jose の橋 (California) は 1959 年にでき上がったがその他 California, Florida において数多く見られるようで、80'~90' のものは普通いたる所で見られる (写真-2)。

ポストテンションにおいては、近々完成される Little Falls の橋 (Maryland) はボックス桁、橋長 280', 径間 216' で、これが完成すれば最長の PC 橋となるはずである。

写真-1 Feather River 橋 (California)

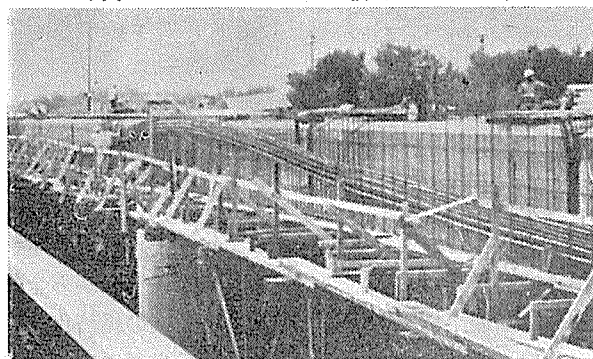
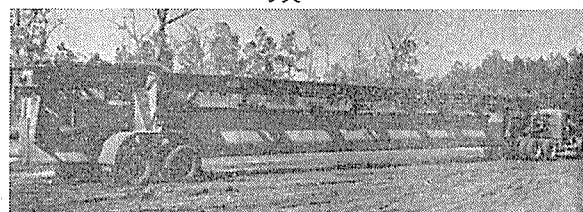


写真-2



著名な橋梁としては、世界最長を誇る橋長 24 mile にわたる Lake Pontchartrain Cause way 橋 (Louisiana) あり, Gandy 橋, Sunshine Skyway 橋, Howard Frankland 橋の三橋をふくむ Tampa Bay Bridge (Florida) あり, 高架橋としては Chicago の Illinois Tollway 橋 (Illinois) がある。建設中の橋梁としては George Washington 橋 (New York) のアプローチにボックス桁 (写真-3) の取合高架橋を施工中であり, 第二の Lake Pontchartrain Cause way 橋として, Pensacola Bay 橋 (Florida) のスラブおよび Raymond Cylinder pile を Mandeville の Louisiana Prestressed Concrete Products (Louisiana) において製作中であり, また Harlem Riverside Drive way (New York) を高架橋として施工中であった。

写真-3 (a) George Washington のアプローチ

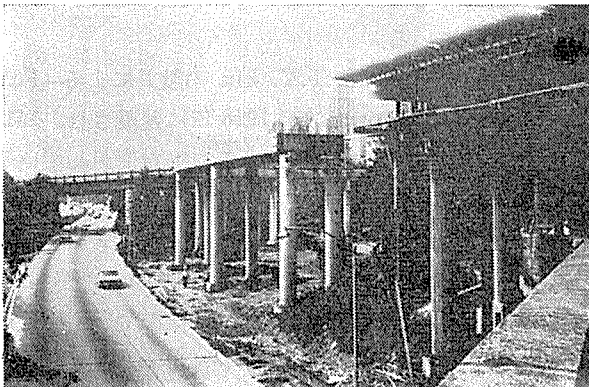
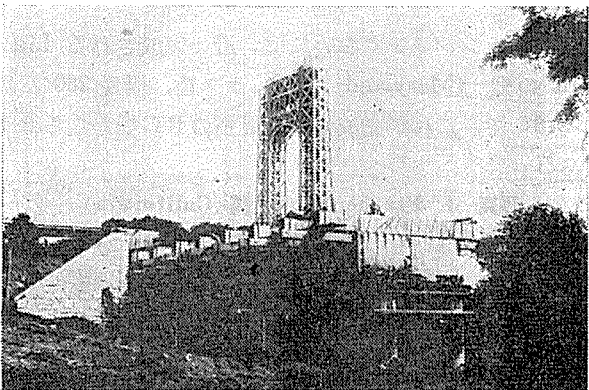


写真-3 (b) 同 上



(8) 標準化

計画の迅速化, 型わく利用の簡易化施工, 作業の単純化あるいは設備施設の合理化等のために, 早くから全国的に部材断面の標準化が行なわれ, 工事費の経済化を計り, 大量生産方式によるアメリカの PC 発展に寄与しているものである。部材断面についても全国的標準としては AASHTO-PCI Standard あり, California, Florida においてはそれぞれ州の California Standard, Florida Standard がある。

1) AASHTO-PCI Standard AASHTO (American Association of State Highway Officials) と PCI

(Prestressed Concrete Institute) とにより 1957 年 3 月, 4 種類の I 桁のタイプが設定され, 30'~100' スパンまでの桁について規定をしている。

2) California Standard I Girder, T Girder, Flat Slab, Channel Unit の 4 種類を規定し, I Girder, T Girder においてはそれぞれ桁高を加減して 3'~5' の 4 種類を設け, Flat Slab, Channel Unit においては 3 種類を設けている。適用スパン長については,

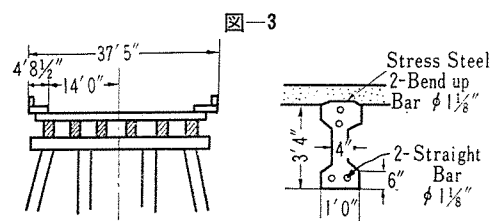
Flat Slab	20 ft to 50 ft
Channel Unit	30 ft to 60 ft
I Girder	up to 100 ft
T Girder	up to 100 ft

であり, I 桁, T 桁においては桁間隔をせばめることによって, 長いスパンに適用するものとしている。なお一般的設計仕様については AASHTO Specification により全国的に統一されている。ただプレテンションによるか, あるいはポストテンションによるかは, それぞれの場合経済比較により建設業者の選択にまかされている。

3. 視察したおもな PC 橋

(1) PC 橋

1) Sunshine Skyway 橋 (The 1st Tampa Bay Bridge, Tampa Bay (Florida) の一番外側 Mexico 湾に接する St. Petersburg と Bradenton を結ぶ橋梁である。橋梁の全長 4.24 miles で 1954 年竣工, 中央部を Cantilever Truss, Deck Truss, Deck Girder とし他はすべて PC の 48' @ 349 スパンのプレテンション橋である。6 主桁床合形式 (図-3) で各主桁は Stress steel 工法により 4 本の鋼棒を使用している。



2) Gandy 橋 (The 2nd Tampa Bay Bridge, 写真-5) 新旧両橋が並行して Tampa-St. Petersburg 間にかかっている。旧橋は RC 橋で 25 年前に施工したもので 6 年前に修理を加えられている。

新橋は PC 橋として 1956 年完成, 現在は両橋とも, それぞれ一方通行である。新橋は全長 2.5 miles (2 車線), 中央部 26 スパンはスパン長 72', その他はすべて 48' 等スパンのプレテンション橋である。

3) Howard Frankland 橋 (The 3rd Tampa Bay Bridge, 写真-6) Tampa Bay の一番奥の Old Tampa Bay にかかるもので橋体工事がようやくでき上

写真-4 Sunshine Skyway 橋

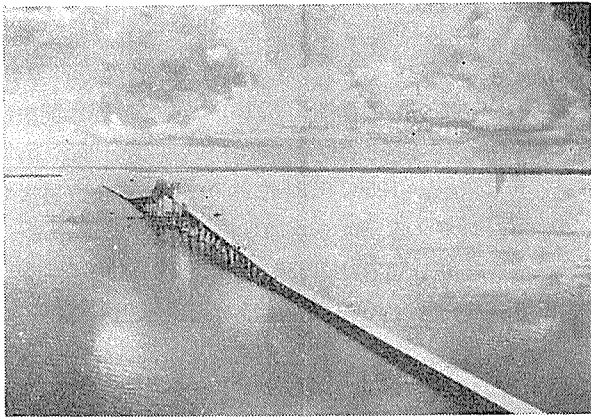
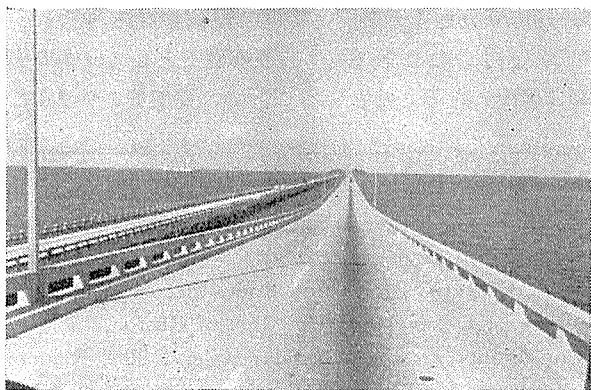


写真-5 Gandy 橋



り取付け道路工事を施工中であった。2 カ月ほどたてば開通するとのことであったので昨年 10 月末頃には交通開始になったことと思われる。橋梁 3.0 miles, スパン長 48', 66', 95' の 3 種類の I 桁を使用していた(図-4)。

写真-6 Howard Frankland 橋

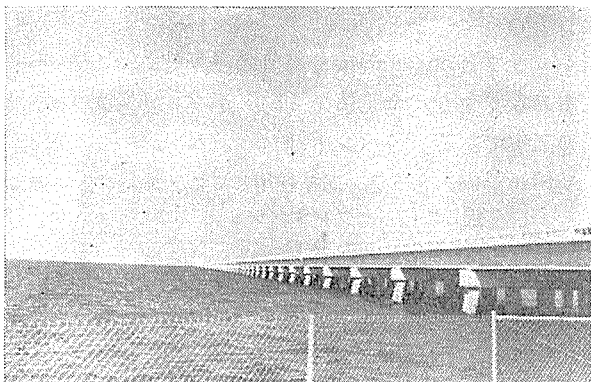
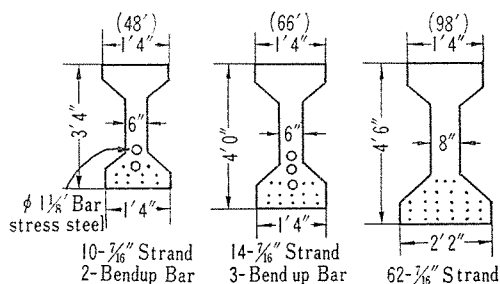
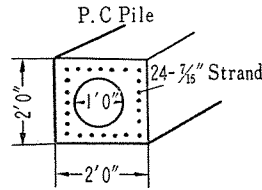


図-4



48' @ 286 スパン : 10 主桁 (7/16" スtrandを使用し曲げ上げは 1-1/8" 鋼棒を使用す)
 66' @ 26 スパン : 12 主桁 (" ")
 98' @ 1 スパン : 12 主桁 (曲げ上げもすべて 7/16" スtrandを使用す)

図-5



横締めについては、横締めボルトを使用する設計になっていたが、建設業者自身が $\phi 1-1/8"$ 鋼棒によりポストテンション横締めを行なった(図-5)。橋脚には 2' 角の P.C パイルを使用

し全工期としては 24 カ月の予定を組んであったが 19 カ月で完了している。

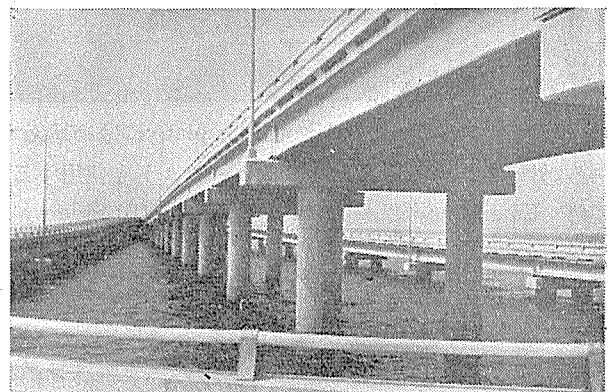
4) Lake Pontchartrain Cause way 橋 本橋は橋長において世界最長の橋であり、工期において驚くべき最短期間に完成した P.C 橋として、すでに各種文献により紹介されているものであるが、一直線に湖を横切っており、はるかに水平線上に連なるこの橋を渡り、この工事がいかに計画され施工されて行なったかを直接見聞して、いわゆるアメリカ的な P.C の粋を集めた代表的な橋梁として興味がつきなかったのである。

a) 位置 Lake Pontchartrain (Louisiana) の真中を南北に横切り、南は New Orleans, 北は Mandeville を結ぶ。

b) 橋長は 23.83 miles, 巾員 28' (2 車線) で総巾員は 33' である。

c) スパン 各 Bent の中心間隔は 56' である。2 215 Bents あり、単純桁の等スパン プレテンション橋として設計されている(図-6, 写真-7)。

写真-7 Lake Pontchertrain Cause way 橋



d) Expansion Joint 5 スパンごとに Finger Joint を設けている(写真-8)。

e) 支承 各スラブおよびキャップにそれぞれ 14 Bearing Plates を有し普通の場合 fixed bearing としてスラブには Flat Plate, キャップには Curved plate を使用している。

Expansion Joint の支承は 6" の Rocker を使用し

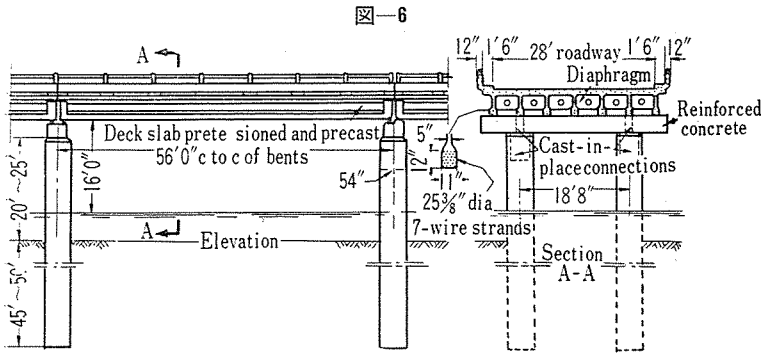


写真-8 Lake Pontchartrain Cause way 橋 Expansion Bearing に Rocker 使用

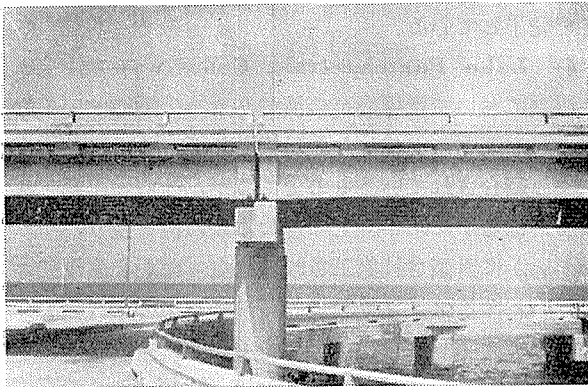
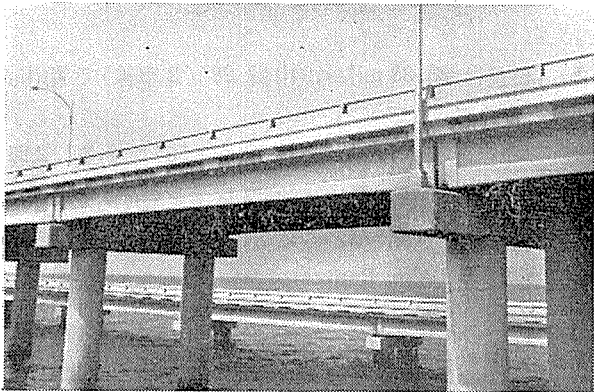


写真-9 同橋の Fixed Bearing



キャップとスラブに埋込まれた Flat plate にはめ込んである。外側支承のみに 2 本のアンカーボルトを使用する。

f) Emergency Side-walk 両側に 1'6" Side-walk がある。

g) 高欄 高さ 1', $\phi 4"$ のアルミニウム高欄をスラブすえつけ後、逐次取りつけて行なった。

h) 照明 Turn Around 付近のみ 4 スパンごとに両側千鳥式にキャップの上に設置する。

i) 通行料 乗用車 1\$, Toll Gate は New Orleans 側にある。通行量はあまり頻繁でなく、採算性について全体的には現在不十分のようである。

j) 工程

予定工程 1955. 1.20~1956.12.20 (23 カ月)

実施工程 1955. 1.20~1956.8.30 (19 カ月 10 日)

予定より 3 カ月 20 日間も早く竣工したわけである。

工場設備の準備としては、パイル設備に約 3 カ月、スラブ製作設備として約 4 カ月を要している。パイルの製作開始は 1955. 4.24 キャップの製作開始 5.15, スラブの製作開始は 6.8 である。パイルの打込みは 1955. 5.23 開始, 1956. 6.24 に終りこの間 13 カ月を要している。スラブの架設終りは 1956.8.4 であり、開通は 1956 年 8 月 30 日であった。

k) 工費 比較案の最低価格は 3 300

万 \$ であったが、PC 橋とすることによって総工費は 2 760 万 \$ (約 100 億円) であった。しかも工期延長 1 日ごとに 6 000 \$ (216 万円) の Penalty が付されていたが、逆に 3 カ月 20 日間も工期を短縮し得たのである。本工事遂行のため設備段取り準備費としては 700 万 \$ (25.2 億円) を要したということで、総工費の約 1/4 に相当する。

Consulting Engineers :

Palmer and Baker Inc. of Mobile, Ala.

Contractor : Louisiana Bridge Company

Joint Venture : Brown and Root, Inc. of Houston, Tex. T.L James and Co., Inc. of Ruston, La.

Consultants on the Cylinder Piles : The Raymond Concrete Co.

Consultants on the Slab stressing beds : The Freyssinet Company

1) 施工計画 多量生産、組立方式により工期を短縮し総工費の節減を計ったものである。現場における作業を極度に少なくして、ほとんどすべての部材を工場においてプレキャストし、これを運搬して組立式に逐次完成していった。現物作業としてはハンドレール取付工事キャップとパイルの接合部分の場所打ちコンクリート工事のみであり、全工事の 98% がプレキャスト部材関係の工事である。各ベントは

A Slab : $3/8"$ ストランドを使用してスラブ全体を同時に緊張して作ったプレテンションスラブ

A Cap : 工場製作による RC

2 Piles : 16' の各 Piece を継ぎ、 $\phi 5$ mm ワイヤのポストテンションによる PC Cylinder pile

の 4 Pieces より成立ち、スラブ製作は 8 連/日の進行を目標としてすべての設備段取りが計画された。このため Slab Casting Beds は 8 スパン同時に緊張製作しうるとく、490' @ 3 Beds を準備したのである。コンクリートの導入時強度 3 000 psi (210 kg/cm²) は 36 時間以内に確保できることを確かめて、8 連分型わくを有する Bed を 3 か所設備し、毎日 8 連製作可能の工程を組みえたわけである。8 Caps, 16 Piles もこの Slab 工程に応じて製作しうよう準備され、架設工程も、これに応じて組まれたので、結局スラブの Storage Area なしに

すまし得たことが一つの特徴である。橋梁北詰 Mandeville の湖岸に設けられた工場で作成された各部材は、工場引込みの Canal に Barge を準備して輸送し、Slab Placing, Cap setting, Pile Driving の Pontoon 三段がまえで Mandeville 方より逐次施工を進めて行ったのである。

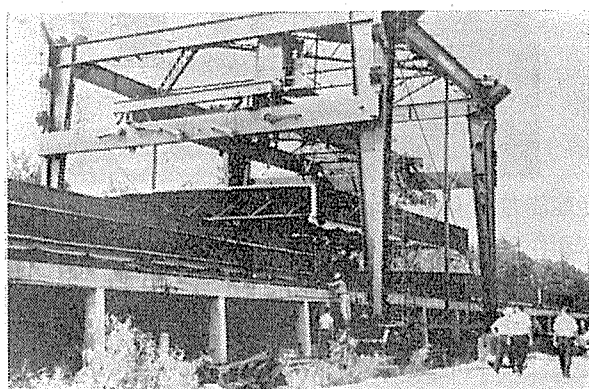
m) スラブの製作および架設

① 設 計：スラブは7主桁構造で桁高4'5" (路面まで) である。各主桁は 3/8" ストランド 25 本を使用し重量は 185 t である。初めスラブの断面型式として T 型 2 種

㊸ 4 主桁スラブ—Bottom Flange なし (Tapered web) (これは固定わくとして脱型容易)。

㊹ 7 主桁スラブ—Bottom Flange あり (Tinner web) (これは側型わくを取はずし式にする要あり。脱型困難) が考えられたが、建設業者は㊹案を採用した。結局重量の軽い方を選び資材の節減、取扱い容易のため軽量のタイプを採ったわけである。

写真—10 Elevated bed および Gantry Crane



② 型わく：Bottom Flange があるために、脱型に対する考慮が必要となり、Beam と Diaphragm の間の内型わく作業のために Elevated Form とし、側型わくは Screw 作動により数分間で組立、はずしができるようにした。型わくは金わくとして 90 回以上反覆使用した。スラブを持上げて脱型するために 200 t の Gantry Crane を用意して lift up し、Barge まで運搬された (写真—10)。

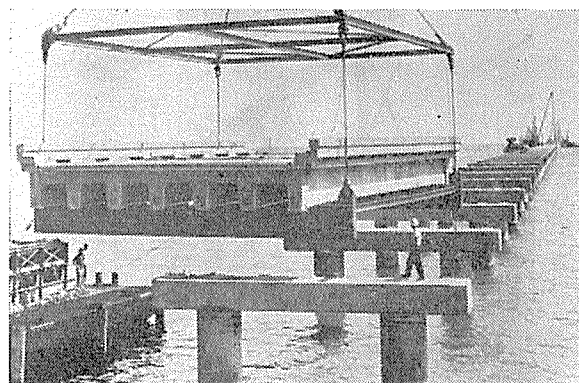
③ 緊張：25 のストランド コイルを Cross-Travel Track 上を動く車によってストランド位置を規正し、反対側に単胴ウィンチをすえてストランドを引き、個々のジャッキを利用して、共通の水圧ポンプの作動により 7 群のストランドを同時に緊張したのである。

④ 製作：スラブ製作上特に留意した点は、スラブ表面が縦、横方向ともに正確な Grade と Camber を確保されることであり、縦方向にレベルにするためには、特に Negative Camber を考えて加減している。

Slab Casting Bed は 490' 長さのものを 3 Beds 分準備し、これには基礎杭として 8 000 本以上の木杭 (15' ~ 80') を打込んだり不等沈下を防ぎ、養生は箱型の 1 スパンをおおえる養生箱をかぶせて蒸気養生をやり、コンクリート打込みの翌々日には脱型され運ばれて現場に架設された。

⑤ 架設：製作された部材は湖に接する工場内 Canal 上に Barge を準備して 2-Slabs を載せて輸送し、スラブつり込みのため特殊ケーシングを利用して容易に架設し得たのである (写真—11)。

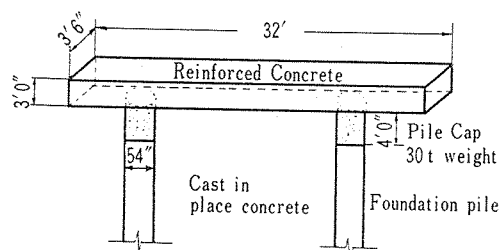
写真—11 架設用の特殊ケーシング



n) キャップの製作取付け (図—7) 工場の West yard においてスラブ 8 スパン分に対して毎日 8 本ずつ製作された。製作要領としては

㊸ 支承板をキャップに埋込むため、㊹ キャップとパイル取付けの Plug Reinforcing を 4' 伸ばし正しく取付けるために、これを逆さ打として行なった以外は一般的方法によった。

図—7



キャップとパイルの取り付けはキャップに埋込まれた鉄筋 4' を Cylinder pile の Top 4' の場所打ちコンクリートで固めることによりつながれている。

o) パイルの製作、打込み (図—8) 本工事に使用したパイルは Raymond Cylinder Pile で外径 54", 内径 46", 厚 4" の長さ 60' ~ 80' 支持力 300 t の PC パイルである。鋼材としては 5 mm ワイヤの Freyssinet 工法とポストテンション工法でグラウトを終って定着コーンは取りはずすもので約 5 000 本のパイルを製作している。長さ 16', 重さ 4.5 t の Unit を Centrifugal 式に打込み養生後各 Unit をつないポストテンションにより 1 本の

図-8

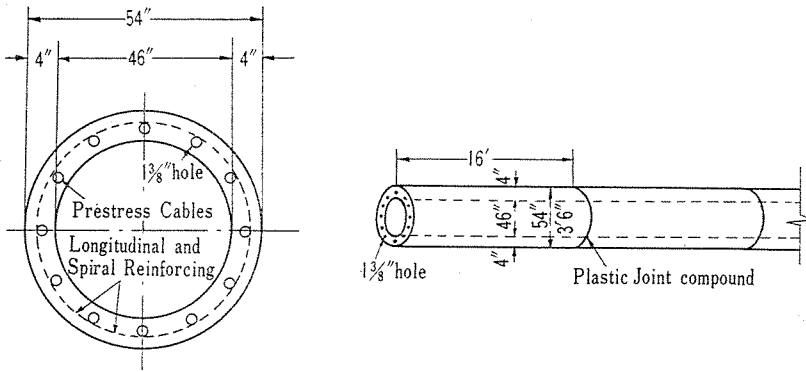
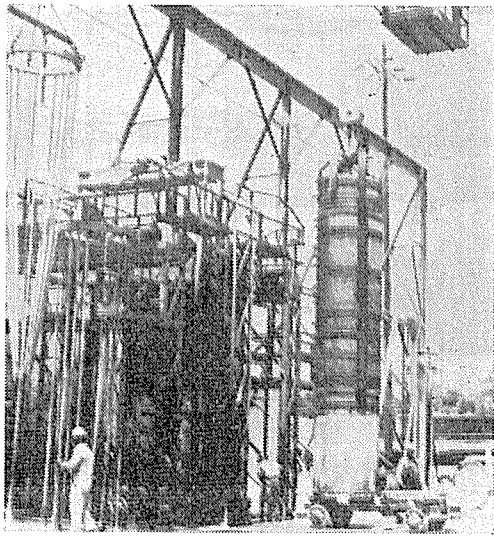


写真-12 型わく組立場



パイルとして仕上げる。まづ型わく組立場(写真-12)にて Vertically にシース 12 本とともに、縦筋およびスパイラル鉄線が型わくに組立てられ、10t クレーンによりそのまま吊下げられる。ミキサ前において水平に置きかえられて Cen-Viro-machine の回転台に載せられ管内水平に前後するロッドにより回転中の管にコンクリートが供給される。

セメント使用量は、 374 kg/m^3 水セメント比は 33.3% 以下である。養生は約 3 時間養生室において蒸気養生 $90^\circ \sim 165^\circ \text{C}$ を行なって脱型する。これにより型わくは 1 日 2 回転使用可能である。コンクリート強度は

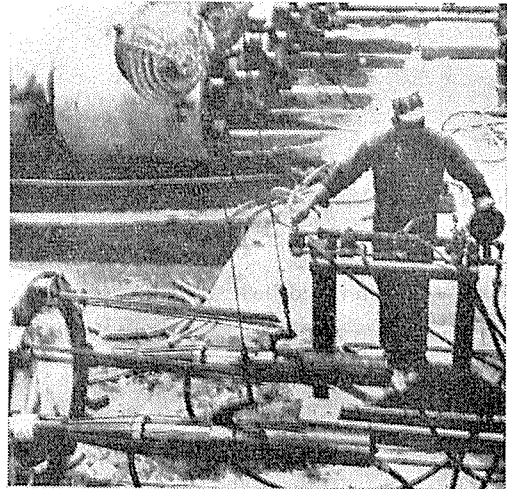
- σ 24 4 000 psi (280 kg/cm²) 以上
- σ 28 8 000 psi (560 kg/cm²) 以上

養生室より取出された Unit は縦置きにそのまま自然養生される。場内の運搬は横ばさみ式 Fork Lift により 1 本 1 本移動される。

各 Unit のジョイントは Plastic Joint Compound でコンプレッション、テンションともにコンクリート強度よりも強い。一直線に並べられた Unit は、このプラスチック目地を入れ 12-φ5 mm ワイヤより成る 12 ケーブルが Individual Freysinett Jack により緊張され(写真-13)、Grouting の効果が出てから Temporary anchorage は取り去られる。通常、

温暖な時期は 24 時間後 寒い時期は 48 時間後

写真-13 緊張作業



生産能力は Cen-Viro-machine 2 台により 85 units/day が製作された。1 日 2 回転作業として約 50 組の Unit Form を準備したことになる。

なおでき上がったパイルは Barge に積まれて現場まで運ばれ Pile Driving Pontoon により 4 本のジェットをもって打込まれ、打込み工程としては 1 日 16 本程度である。

4. 結 言

かえりみてはなはだ不十分ではあるが、以上視察中の見聞事項をまとめてみた。要するにアメリカなりの PC として、大量生産組立方式によるプレキャスト思想の発達は、すでに企業的にも成功の域に達し、ヨーロッパと違った意味において大いに参考になるものであり、最近ポストテンションにおいても最大スパンの橋梁や建築構造への応用が目立ってきており、建設材料として PC の果す役割は、ますます大きくなるものと思われ、今後大いに注目されるものである。

(筆者: ビー・エス・コンクリート KK 大阪事務所長)

川野田



普通ポルトランドセメント

早強ポルトランドセメント

ダム用ポルトランドセメント

白色ポルトランドセメント

高級シリカセメント

高炉セメント

小野田セメント

社長・安藤豊祿

東京・丸ノ内・鉄鋼ビル



すぐれた引抜技術

最新の冷間圧延!

当社は冷間引抜PC鋼線・PC鋼より線のメーカーとして最高品質を誇っております。異形PC鋼線はわが国で唯一の最新設備、ワイヤ・コールドローリング・ミルによって造られ、次のようなすぐれた特徴をもち御好評を得ております。

- ① 付着長が極めて短くなりますから
ブリテンショニング工法においても
太径のPC鋼線が使用できます。
- ② さび付けしなくとも充分な付着が得られます。
- ③ 軟荷重におけるひびわれの間隔を少くすることが出来ます。

スズキ、PC鋼線
スズキ、PC鋼より線

異形PC鋼線

鈴木金属工業株式会社

本社 東京都北区袋町2-1430

電話 (901) 4176 (代)

名古屋支店 名古屋市中村区新名古屋ビル南館

電話 (55) 1798