

昭和島公園橋の設計と施工

大 内 雅 博*
 阿 保 進**
 小 島 宏***

1. はじめに

現在、首都高速道路公団が建設中の「高速湾岸線」は東京都大田区昭和島から千葉県市川市高谷までの約 26 km であり、すでに東京港トンネルをはじめ一部区間が供用中である。

ここに紹介する昭和島公園橋は、高速湾岸線本線から現在供用中の高速 1 号線に接続する分枝線の一部であり 5 径間連続 PC 箱桁橋を押し出し工法によって施工したものである。図-1 に工事施工場所を示す。

ここで紹介する押し出し工法は、日本においても数年前より施工されているものと同じ PC 桁の架設方法で、あらかじめコンクリート打設のための製作ヤード（型枠その他）を後方に設け、その製作ヤード上で長さ 10~20 m ずつコンクリート桁を打ち継ぎながら順次ジャッキによって前方に押し出して架設する方法である。常に同じ場

所でコンクリートを打設するため、場所打ちコンクリートとしての長所を持ちながら型枠の転用や同一作業の繰返し等のプレキャスト桁としてのメリットを合わせ持つわけである。

本工事では、押し出し時の反力を一つの橋脚で集中的に取り、滑り支承上で桁を滑らせて移動させる TL 押し出し工法で施工した。TL の T はドイツ語の Taktshiebe から取ったもので、一節ごとに押し出すという意味で、L はこの工法の開発者の Leonhardt 博士の頭文字を取ったものである。

2. 構造形式の選定およびデザイン

2.1 環境および景観上の配慮

本橋施工場所は、図-1 に示すとおり、京浜運河とモノレールとはさまれた昭和島公園内にある。本工区両端で、京浜運河とモノレールとを越えるため、桁下空間がかなり広くなり、対岸の平和島地区からも視線を集める構造物となる。都心から羽田へ向かうモノレールや、供用中の高速 1 号線も昭和島付近で徐々に近づき交差するため、これらからの視線も受ける。さらに公園内であることから、工事完成後、桁下をテニスコート等に利用する計画があり、遠方からの視線だけでなく、桁に接近して多くの視線を集めることが予想され、景観上の配慮が特に強く要求された。

2.2 構造形式の選定

桁下からの視線を考慮する際、I 桁では横構、対傾構等がわずらわしく感じられ、下フランジのすっきりした箱桁の方が優れている。

鋼箱桁とコンクリート箱桁とを比較すると、コンクリート構造が経済的に優れていることと、床版と主桁との一体性とか、断面形状の選択の自由度などにおいて優れている。

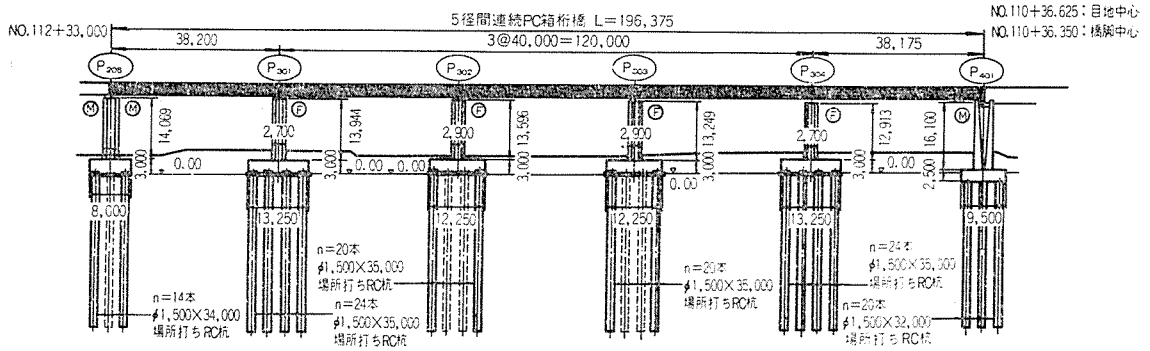
また、オールステージングによる場所打ち施工と、押し出し工法とを比較すると、工事場所が埋立地内であり地盤が悪いことと、桁下空間が広いことから、ステージングにコストがかかり押し出し工法の方が経済的となった。



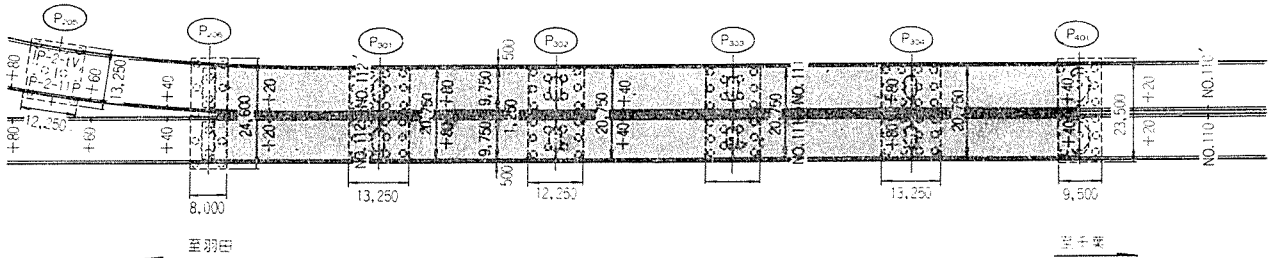
図-1 工事施工場所

* 首都高速道路公団工務部工事管理課長
 ** 首都高速道路公団湾岸線建設局設計工事第一課長補佐
 *** 首都高速道路公団湾岸線建設局昭和島工事事務所

側 面 図



平 面 図



標 準 断 面 図

千葉方面 羽田方面

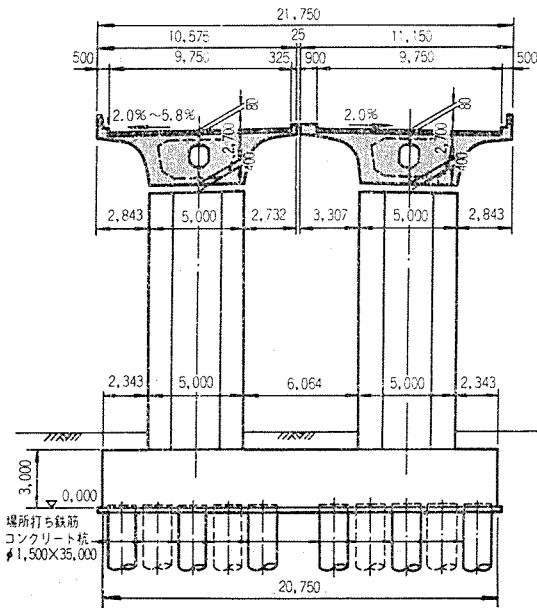


図-2 全体一般図

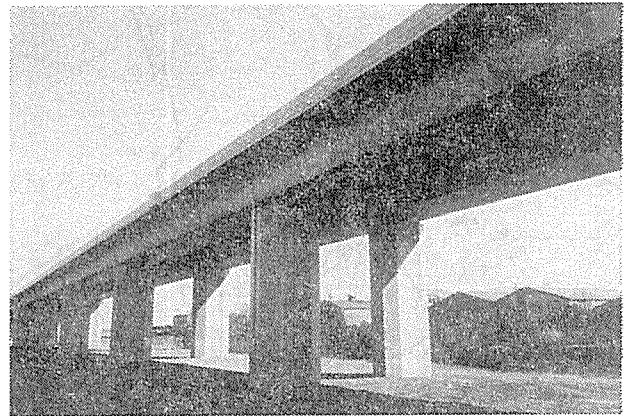


写真-1 完成状況

以上のような経緯により押し出し工法による5径間連続PC箱桁橋が採用された。図-2に全体一般図を示す。

2.3 デザイン

遠方からだけでなく公園内にあることから、桁直下からも多くの視線を集める構造物となるため、透視図等により、橋脚断面、主桁断面の形状の検討を行った。この結果、橋桁断面は矩形でなく、凹形の円曲線を持った断面として変化を持たせるとともに橋脚天端幅は主桁下床版幅と同じとした。また、主桁のハンチも $R=1.5\text{ m}$ の円曲線とし、全体として丸みのある形状とした。

さらに、高架橋の景観上常に問題となる排水管は、橋軸方向の横引き管をやめ、橋面の地覆下に開渠式排水路を設け、各橋脚で、主桁および脚に密着させた形式の排水管とした。写真-1に完成状況を示す。

3. 設計概要

3.1 設計条件

形式：5径間連続PC箱桁（押し出し工法）
 橋長：196.375 m
 桁長：196.200 m
 支間：37.650 m+3 @ 40.000 m+37.350 m
 桁高：2.700 m~2.972 m
 有効幅員：2 @ 9.750 m
 活荷重：TT-43, TL-20
 衝撃係数： $i=10/(25+l)$
 水平震度： $K_H=0.24$
 斜角： 90°
 平面線形：直線およびクロソイド曲線
 縦断勾配： $0.87\% \searrow \swarrow 0.3\%$
 横断勾配： $2.0\% \sim 5.8\%$
 主要材料：

コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{ kg/cm}^2$	3107 m ³
PC鋼棒 $\phi 32$ (B種1号)	縦締め	107 t
	横締め	54 t
PC鋼より線	12×12.4	53 t
鉄筋 SD 30		323 t
単位体積当り	PC鋼材	69 kg/m ³
	鉄筋	104 kg/m ³

3.2 線形

押し出し工法においては、主桁の底面の各点が滑り支承上を通過するため、桁の押し出し線は直線または単一円弧上になければならない。本橋では、中間部で縦断勾配が変化し、さらに平面線形に一部クロソイドが入っているため、その対処の方法について記す。

(1) 縦断線形への対処

橋面の縦断勾配は、押し出し進行方向に対して標準とし

て0.87%の下り勾配であるが、 P_{401} 付近では逆に0.3%の上り勾配となる。主桁ブロック製作台は0.87%の下り勾配に設置され、その台上でブロックが打設され最終位置まで押し出し施工されるため、縦断勾配変化点から P_{401} までの区間は桁高の変化により路面縦断線形に対処させた。

(2) 平面線形への対処

平面線形が曲線である場合は、通常これらの線形を包絡する単円を設定し、その単円に従って押し出しを行う。今回は、クロソイドの入った端径間が施工上の理由からオールステージングによる場所打ちとなったため、直線部のみを押し出し工法で施工することとした。

3.3 施工ブロック割

主桁ブロック長は、設計荷重時の最大・最小曲げモーメントが発生する支間中央、中間支点上でブロック継目とならないよう第1ブロックの長さを8.05 m、第2ブロックから第9ブロックまでは20 m、最終の第10ブロックは28.15 mのステージングによる場所打ち施工とした。

3.4 主桁断面

図-2に示すとおり、主桁断面は美観上の配慮から $R=1.5\text{ m}$ のサークルハンチを持つ断面とした。このサークルハンチ部分のみには、死荷重作用時に引張($\sigma_t=-15\text{ kg/cm}^2$)が生じてよいものとした。

押し出しの架設時応力を低減させるためには、地覆および高欄は押し出し完了後に打設する方がよいが、押し出し完了後に施工する場合、それらの型枠、足場作業のわずらわしさのほか、都市高架橋としての観点からステージング以外でのあと作業をなるべく少なくするという目的も考慮し、本工事では、高欄は押し出し前の施工とし、地覆、排水路工事は押し出し完了後の施工とした。

上床版横締めは、PC鋼棒B種1号($\phi 32\text{ mm}$)を50 cmピッチで行った。また将来車線拡幅の予定があるため、壁高欄側の定着はデッドアンカーとし、高欄および地覆部を取り払っても支障のない構造とした。したがって、PC鋼棒は中央分離帯側での片引き緊張とした。

3.5 手延べ桁

手延べ桁は、主桁先端付近の架設時応力を小さくするために使用し、主桁端にPC鋼棒で緊結する。本橋の場合、手延べ桁長は26 mであり、最大支間の65%である。また、手延べ桁の剛度は、主桁の剛度の約1/10である。

3.6 架設時の検討

押し出し架設時に各々の断面に生ずる作用応力は、架設中の構造系の変化に伴い順次変化する。本設計では、実際の架設状態に応じて押し出しステップを想定し、各々の

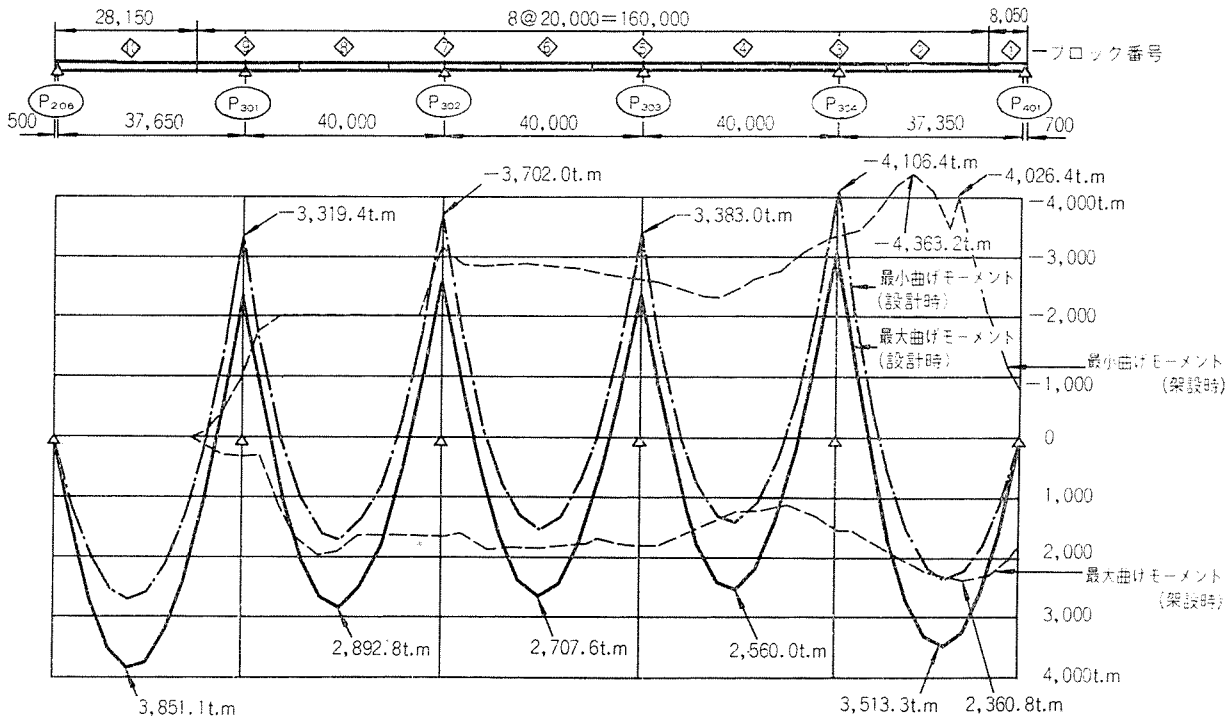


図-3 曲げモーメント図

設計断面における断面力を算出した。この断面力により応力算定、架設鋼棒の配置を行い、設計断面での必要プレストレスはその断面における押し架設中に生ずる正負の最大曲げモーメントに対して決定し、応力度の検討を行った。架設中に生ずる各断面の正負の最大曲げモーメント、および設計荷重時曲げモーメントを図-3に示す。

図-3 からわかるとおり、押し出し工法ではすべての断面が、押し出しの施工中に支点上、支間中央となり、正負両方の曲げモーメントを受ける。これらの曲げモーメントによって生ずる断面力に対し、箱桁上・下床版に PC 鋼棒を配置して軸圧縮力を与え、PC 鋼棒本数は、ブロックごとの正負の最大曲げモーメントの大きさによって決定される。

PC 鋼棒は B 種 1 号 (φ32mm) を用い、各ブロック端で半数ずつ交互に緊張した。

なお、第 10 ブロックは、ステージングによる場所打ち施工のため、架設用 PC 鋼棒は配置されていない。

3.7 完成時の検討

完成時の断面力は、主桁自重、橋面荷重、TT-43 荷重を考慮した活荷重、および不静定 2 次応力について算出した。断面力は、5 径間連続桁として棒理論により算定し、活荷重は、TL-20 の主載荷荷重に TT-43 の割増し係数を乗じた。

架設時に発生する曲げモーメントに対しては、すでに架設用 PC 鋼棒が配置されているので、設計荷重作用時

に不足するプレストレスの量を偏心プレストレスとして PC 鋼より線 12 T 12.4 フレシネーケーブルにより導入した。

なお、支点沈下として 20mm、床版とその他の部分の温度差を 5°C としたが、それらの影響を考慮した合成応力度が、各々設計荷重時において引張とならないこととした。

3.8 横桁の設計

架設時応力の低減のため、横桁は手延べ桁を取り付ける端横桁を除き、押し出し完了後打設とした。横桁は、支点上のほか支間中央に 1 か所ずつ配置した。支点横桁の設計では、支点到作用する全反力を支持する梁として計算し、PC 鋼棒で横締めを行った。

4. 施工概要

4.1 施工順序

本工事の施工順序を図-4 のフローチャートに示す。第 1 ブロックから第 9 ブロックまでは、押し出しブロック製作の繰返しであり、押し出し完了後、場所打ちの第 10 ブロックを施工して、その後主ケーブルの緊張を行った。

以下工事の流れに従って工事概要を説明する。

4.2 主桁製作台および支保工

初めに、橋脚 P₂₀₆ と P₃₀₁ 間に主桁製作台を設け、その後方に鉄筋組立て台を設置した。主桁製作台は H 杭によって支保され、その上に 1 ブロック分 20m の鋼製型枠を設置した。

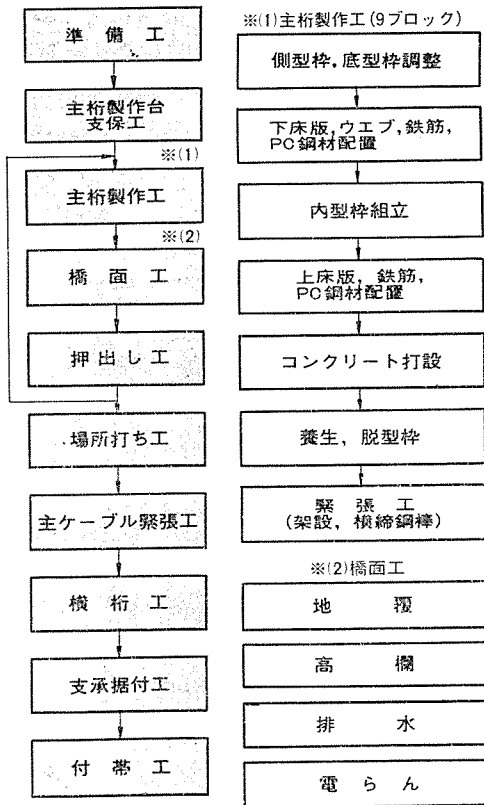


図-4 施工順序

図-5 に全体側面図を示す。また、P₂₀₀ 後方から見た主桁製作台および鉄筋組立て台を 写真-2 に示す。

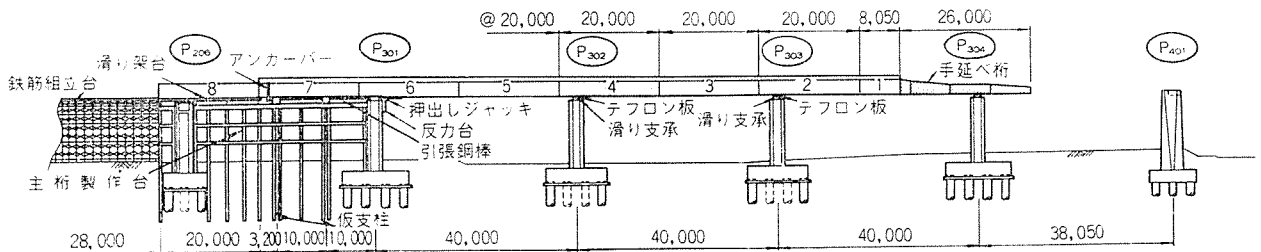


図-5 全体側面図

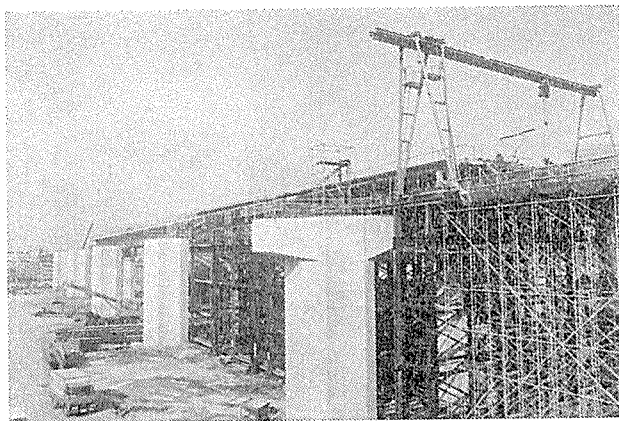


写真-2 主桁製作台および鉄筋組立て台

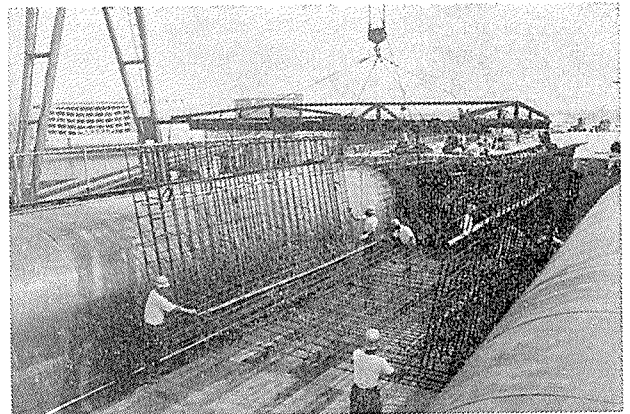


写真-3

4.3 主桁製作工

最初に押し線上手延べ桁を設置し、第1ブロックコンクリート打設後、PC 鋼棒で緊結した。

ウェブおよび下床版の鉄筋はあらかじめ主桁製作台後方の鉄筋組立て台上で組み立てられ、門型クレーンで型枠内に吊り込んだ(写真-3)。次に、下床版架設鋼棒およびウェブの連続ケーブルのシースを配置し、内型枠をセットした後、上床版の鉄筋、架設鋼棒、床版横締め鋼棒を配置した。

主桁コンクリートには $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$ の早強コンクリートを使用し、箱桁全体を連続して打設し、打継目はつくりなかつた。

なお、主桁コンクリート打設に際して、毎回コンクリートの早期強度の判定試験を行った。この試験は、現場で打設されるコンクリート中から1回につき 500 g のモルタル分をふるい分けて、急結剤を添加して供試体(3.16×3.16×3.16 cm, 3個)を作成し、70°C の蒸気養生槽で 90 分間養生し、その直後に圧縮試験を行ってモルタルの強度を求めるものである。このモルタル強度からコンクリートの 28 日強度を推定し、打設されたコンクリートの強度を 2 時間以内に判定するわけである。この試験は、首都高速道路公団で数年にわたって行われた試験の一環であるが、今回の試験では、すべてのコンクリートに対して安定したモルタルの早期強度が得られ、 σ_{28} のコンクリート強度と照合しても、不良コンクリー

工種	日数												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	側底組 型立 枠立工	■	■										
2	下床版, ウエブ 鉄筋, PC鋼材 配置工	■	■										
3	内型 組立工			■	■								
4	上床版, 鉄筋 PC鋼材 配置工					■	■						
5	コンクリート 打設工							■					
6	養生工								■	■			
7	脱型枠工										■		
8	緊張 グラウト工											■	
9	押し出し工												■

(標準ブロック $l=20m, V=150m^3, W=375t$)

図-6 1ブロック工程

トは見られなかった。

コンクリート打設後3日後に、コンクリートが所定の強度に達したことを確認した後 ($\sigma_3 > 260 \text{ kg/cm}^2$), 架設鋼棒の緊張を行い、引き続き押し出しを行った。図-6に1ブロック製作の標準工程を示す。

4.4 押し出し工

押し出しは、 P_{301} に設置された200tセンターホールジャッキ2台によって行った。ジャッキは P_{301} にPC鋼棒で固定された反力台に2台平行に取り付けられ、ジャッキ1台に対して、3本の引張鋼棒(ゲビンデ鋼棒)が配置された。引張鋼棒はアンカーバーに固定され、ジャッキの押し出し力は、引張鋼棒、アンカーバーを介して桁に伝わり、桁を P_{401} 方向に押し出す。

押し出し時の水平力は、第9ブロック押し出し時に最大となるわけであるが、この時の主桁重量約3500tに対して、140~160tであった。この力は、 P_{301} 上端に逆向きの反力としてかかるわけであるが、完成時の地震時水平力+温度、乾燥収縮、クリープの影響による水平力と比較すると、押し出し時の水平力の方が小さいため、 P_{301} に対して、押し出し時の水平力に対する補強は行わなかった。

押し出し時に主桁は、各橋脚に2基ずつ設置した滑り支

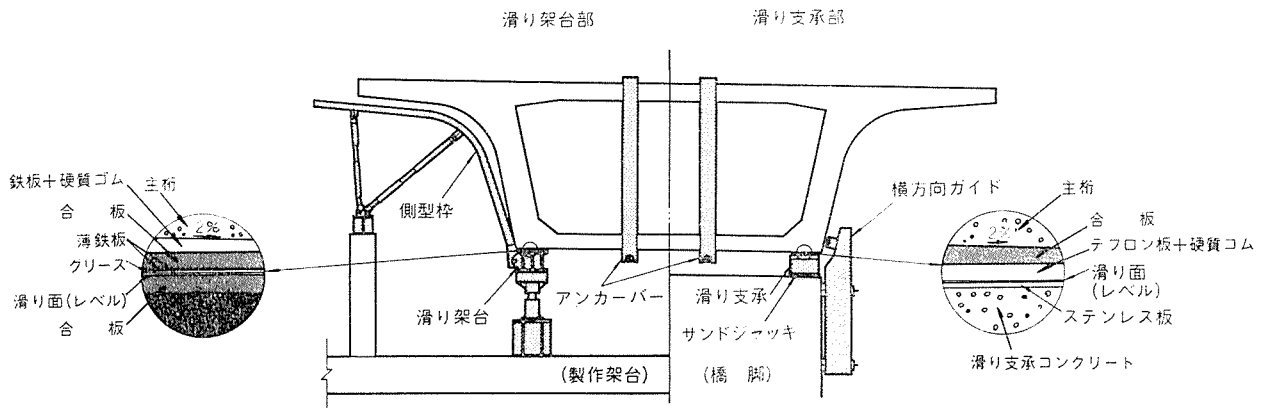


図-7 断面図

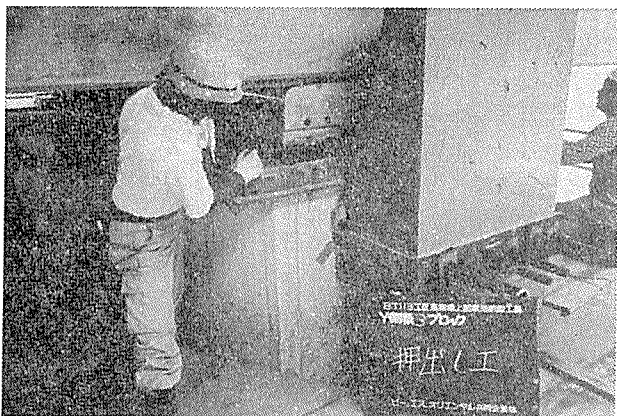


写真-4 押し出し作業状況



写真-5 押し出し作業状況

承上を滑らせ移動させた。滑り支承は鉄筋コンクリート製で、その上にステンレス板を貼ったものである。押し出し移動時には、滑り支承と主桁との間にテフロン板を挿入し、滑り摩擦係数を低減させた。図-7 に主桁および滑り支承の断面図を示す。また、押し出し作業状況を写真-4,5 に示す。

主桁製作型枠上では、2枚の薄鉄板の間にグリースをぬったものを滑り面とした。

なお、滑り支承が各橋脚縁端に設置してあるため、橋脚天端のせん断ひび割れのおそれがあることと、主桁の橋軸直角方向の修正用ジャッキの反力台として、各橋脚に図-7 に示すような横方向ガイドを PC 鋼棒で緊張し、固定した。

今回の押し出しでは、主桁は 2% の横断勾配を持ったまま滑り支承上を移動させた。滑り支承はレベルに設置されているため、2% 分のテーパーを付けた合板を、押し出し移動時にテフロン板に重ね合わせて使用し、2% の横断勾配を吸収した。

4.5 場所打ち工

P₂₀₆~P₃₀₁ にかけて曲線部分が含まれているので、全橋にわたって押し出し工法を行うことができなかったため、第 10 ブロックは長さ 28.15m の場所打ち施工となった。曲線桁となるため、第 9 ブロックまでに使用した鋼製側型枠を分解し、鋼製型枠と新規に作製した木製型枠とを使用した。

このブロックはオールステージンクによる施工であるため、架設用鋼棒は使用しなかった。

4.6 主ケーブル緊張工

第 10 ブロックコンクリート打設後、あらかじめウェブ内に配置した主ケーブル用シースに 12×12.4 フレシネーケーブルを挿入し、緊張を行った。フレシネーケーブルの伸びとジャッキのストロークとの関係、および摩擦によるロスによって 200m の全長にわたって一度に緊張することができないので、あらかじめケーブルの最

大長を約 70m とし、3 か所に分けて緊張を行った。緊張は両引きで行い、途中定着を行う場所では、箱桁内部に突起を設けて定着を行った。

4.7 横桁工

各支点上には厚さ 1.5m、また支間中央には厚さ 30cm の横桁を設けた。あらかじめ横桁コンクリート打設用の穴を箱ぬきしておき、押し出し完了後、コンクリートを打設した。

支点横桁は、上下 2 段にわたって PC 鋼棒で横締めを行った。

5. おわりに

押し出し工法では、押し出しに伴って正負の曲げモーメントを受けるため、上・下床版に架設鋼棒を配置している。この内で完成時に、中間支点上の下床版、支間中央の上床版の鋼棒は不要になるが、通常これを埋め殺しにしている。ちなみに、本工事では約 69 kg/m³ の PC 鋼材を使用しており、完成時に不要となる一部の鋼棒を撤去するか、応力解放することができれば、押し出し工法はより経済的なものとなるが、そのような工法がとれるよう、今後検討を行う必要があろう。

今回の押し出しでは、桁高-スパン比は約 1/15 であったが、桁下空間が広いこともあり、それほど重量感を感じさせない構造物となった。押し出し工法では、桁高を高くすると架設鋼棒が少なくなるが、桁重量が大きくなり、さらに景観上からも重圧感が増すので、設計段階で経済的な面だけでなく、デザイン上の配慮も必要であると思われる。

なお、この工事は昭和 55 年末に始まり、本年 1 月に無事竣工したが、工事に関係したオリエンタルコンサルタンツ(株)、ピー・エス・コンクリート(株)、オリエンタルコンクリート(株)の皆様深く感謝する次第である。

【昭和 57 年 2 月 16 日受付】

◀刊行物案内▶

プレストレスト コンクリート橋の設計・施工上の最近の諸問題

体 裁：A 4 判 116 ページ

定 価：1500 円 送 料：450 円

内 容：(1) PC 橋の施工開始前の諸問題、(2) PC 橋の工事ならびに施工管理について、
(3) 新しい PC 設計方法について、(4) 最近の話題の橋梁
お申込みは代金を添えて、(社)プレストレストコンクリート技術協会へ