

# 鉄道橋における架設設備

小林 薫\*

## 1. はじめに

プレストレストコンクリート（以下、PCと称す）桁の架設については、PC桁の構造形式、断面形状、架設重量、PC鋼材の配置状態、架設地点の制約、工期等を考慮して、最も安全で、かつ経済的となる工法を採用する必要がある。一般的には、最も経済的となる固定支保工式架設工法が多く用いられている。表-1に、PC桁の基本的な架設工法の

分類<sup>1)</sup>を示す。

鉄道橋の新設工事や改築工事は、河川改修事業や都市内の道路との立体交差化事業で主として行われている。これらの工事では、そのほとんどが鉄道線路に近接した箇所で行われることが多い。このため、列車運行上の十分な安全性を確保したうえで、桁の製作や架設を行うことになる。また、道路との立体交差となるところでは、道路側の交通を阻害せずに桁架設を行うことが要求される場合もある。

表-1 架設工法の分類表<sup>1)</sup>

	大分類	中分類	小分類
架 設 工 法	固定支保工式架設工法	1. 支柱式支保工架設 2. 梁式支保工架設 3. 梁・支柱式支保工架設	※支柱、および梁の種類により、多種の支保工架設がある。
		エレクションガーダー式架設	1. 抱込み式架設 2. 下吊り式架設 3. 上路式架設 4. 抱込み式横取り架設 5. 下吊り式横取り架設 6. 抱込み式桁移動架設
	プレキャスト桁架設工法	クレーン架設	1. トラッククレーン単吊り架設 2. トラッククレーン相吊り架設 3. フローティングクレーン架設 4. タワーエレクション架設
		門型クレーン架設	1. 定置式門型クレーン架設 2. 自走式門型クレーン架設
		支保工式架設	1. ベント式架設（ステージング式架設） 2. 移動ベント式架設
	張出し架設工法 (カンチレバーエレクション)	場所打ち張出し架設	1. 移動式作業車を用いた架設 2. 移動架設桁を用いた架設
		張出しブロック架設	1. 移動式作業車による架設 2. エレクションガーダーによる架設 3. エレクションタワーによる架設 4. ケーブルクレーンによる架設 5. 門型クレーンによる架設 6. トラッククレーンによる架設 7. フローティングクレーンによる架設
押出し架設工法	1. 集中式押出し工法 2. 分散式押出し工法	部分的な改良により、多種の架設工法の名称がある。	
移動式支保工式架設工法	1. 接地式移動支保工 2. 可動支保工 3. 移動吊支保工	部分的な改良により、多種の架設工法の名称がある。	

注) 上記の一覧表は、コンクリート橋の架設工法の基本的な分類であるが、構造形式をとって斜張橋の架設、アーチ橋の架設工法を付け加える場合もある。しかし、これらの架設工法は、分類された架設工法のいくつかの組み合わせによるものと考えられるので、基本的な分類から除外することにした。



\* Kaoru KOBAYASHI

JR東日本(株) 研究開発センター  
フロンティアサービス研究所  
新構造I グループリーダー

このような施工条件を満足するためのPC桁の架設工法は、線路側の条件と建設位置周辺の条件を総合的に勘案して決定される。

PC桁の架設においては、施工時に線路位置を移動する、しないによって施工方法が大きく区分される。施工時に線路位置を移動しない場合は、改良する桁に隣接して新設桁の製作ヤードを設置し、新設桁を製作後、列車運行上の間合いを利用して改良する桁を撤去し、新設桁を横移動させて桁架設を行う場合（以下、横取り工法と称す）がある。ま

た、施工時に線路位置を移動する場合で、たとえば道路上空にPC桁の架設を行う場合などでは、道路交通を阻害させないために押し出し工法による桁架設が行われる場合がある。押し出し工法によるPC桁の架設は、比較的河川幅の広い橋梁などにも多く用いられている。横取り工法や押し出し工法は、PC桁を横移動させる、あるいは押し出すための設備が必要となる。

本文では、鉄道のPC桁を対象として、PC桁の架設工法の変遷の概要を示し、横取り工法や押し出し工法を行う場合の諸設備について、最新の施工例から紹介する。

## 2. 鉄道PC橋の架設工法の変遷<sup>2), 3)</sup>

鉄道の分野でPCの適用は、1951年にプレテンション方式のPCマクラギが製作発注されたことにさかのぼる。その翌年(1952年)は、東京駅第6乗降場のホーム桁にポストテンション方式のPC桁(スパン9.7m)を日本で初めて採用した。このときの桁架設は、架設重量4.7tfの現場製作プレキャスト桁をトロ車と呼ばれる台車2台に乗せて、手押し運搬によって架設された。

本格的な鉄道橋へのPCの適用は、1954年に架設された信楽線第一大戸川橋梁(スパン31m、フレシナー方式のポストテンションI形4主桁)である。この桁は、架設重量50tfに対し現場の実状を考慮して、在来線の脇に桁製作場を設定し、在来線および旧橋梁を活用することによって、横取り、縦取りの架設方法が用いられた。

1960年に架設された日豊本線の小丸川橋梁(スパン22.3m)では、操重車を用いた桁架設が行われた。操重車は、線路上を走行するクレーン車で鋼桁の架替えなどでは多く用いられていた。この操重車を用いて、活線をそのまま活かして列車間合いに旧桁と新桁を架け替える工法が用いられた。

1962年には、北上線の鶯の巣川橋梁(24m+44m+24m、単線箱桁)が現場打ち片持ち梁張出し工法で施工された。この架設工法は、後の鉄道橋における長大橋梁架設の主流をなすもので、山陽、東北、上越の各新幹線の長大橋の大半に採用された最も一般的な工法である。その代表的な橋梁として1975年完成の東北新幹線第二阿武隈川橋梁(105m×5、複線)などがある。特殊な施工例として昭和54年、三陸鉄道小本川橋梁(45.7m+85m+45.7m)にPC斜張橋の主桁を張出し工法で施工した。

1967年、国鉄で初めて本格的なプレキャストブロック工法を用いた鉄道橋に北陸本線名立川橋梁(31.3m×2)がある。この橋梁は、単線箱形桁を21個のブロックに分割して現地搬入後、隣接するトンネル内で組み立て、エポキシ樹脂接着剤で接合しエレクショントラスによる引出し架設を行った。この工法は、PC桁の架設現場に製作ヤードが設けられない場合や架設工期が制限される場合に有利である。

1969年には、省力化工法、急速施工法としてプレキャストブロック工法が開発され、山陽新幹線加古川橋梁(55.6m×3、6連、単線箱形)に樹脂接着剤目地を用いたプレキャストブロックカンチレバー工法が用いられた。同年に奥羽本線米代川橋梁(56.3m×3、2連)がコンクリート目地のプレキャストブロック工法で完成した。

1960年代半ば以降、新幹線に対する環境問題等から、と

くに桁式高架橋が有利であると言われ、同一スパンのPC桁が連続して計画されるようになった。このことから、架設工法も連続繰返し施工が可能な移動支保工が導入され、この工法を用いたものに、1974年～1975年にかけて完成した東北新幹線第一北上川橋梁がある。

1976年に完成した東北新幹線猿ヶ石川橋梁(30m×7、30m×6)は、鉄道橋としては初めて押し出し工法が用いられた。東北新幹線の建設工事は、立体交差が基本であるため既設道路や在来鉄道の直上での桁架設時の安全性が強く求められ、従来の工法に代わって、列車や道路の交通を止めずに安全に桁架設ができる押し出し工法が導入された。押し出し工法に用いられる桁断面は箱形がほとんどであったが、桁下空頭の制限から下路断面(U形断面)においても施工が可能になった。下路形式の押し出し工法は、1980年仙山線上杉山通架道橋(39.6m)で採用され、その後、筑肥線玉島川橋梁(35.2m+40m×2+29.2m)での施工例がある。

## 3. 最近の事例

### 3.1 横取り工法

横取り工法は、新設桁を横移動させて桁架設を行う工法である。鉄道橋では、線路を移動しないで施工を行う中小河川の橋梁や道路上空に架設される橋梁などで用いられることが多い。ここでは、横取り工法における諸設備の概要を示し、中央線の東京駅付近の重層化工事で11連の桁を17ヵ月間仮位置で供用後、横取り工法で正規の位置に架設した事例を紹介する。

#### (1) 横取り工法における諸設備の概要

横取り工法における諸設備については、架設条件に応じてさまざまであるが、中小河川等で行われる横取り工法での架設を例として、主な諸設備の概要を述べる。図-1に、横取り工法における諸設備の略図を示す。

##### ① 横取り用の油圧ジャッキ

横取り用の油圧ジャッキは、桁の横移動の推力を発生する装置である。横取り用の油圧ジャッキの容量は、桁横移動時の設計所要推力に安全率を見込んで決定される。

##### ② 滑り架台(図-2)

滑り架台は、桁を横移動させるときの走行路となる架台である。滑り架台で桁が走行する面は、摩擦を低減する目

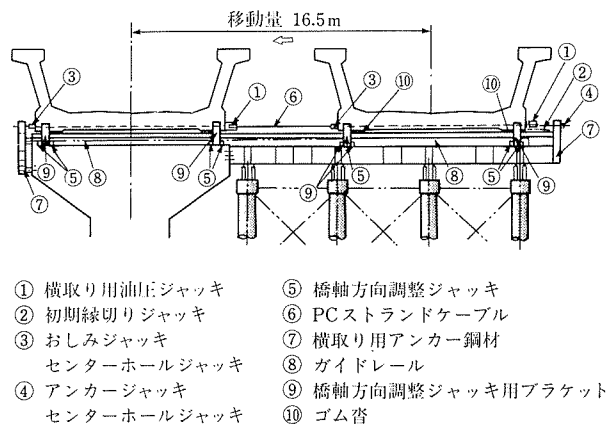


図-1 横取り工法の諸設備の例

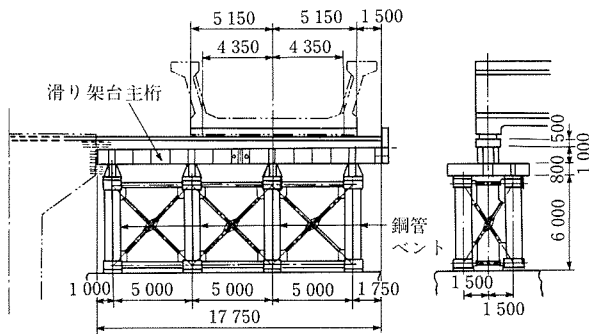


図-2 滑り架台の例

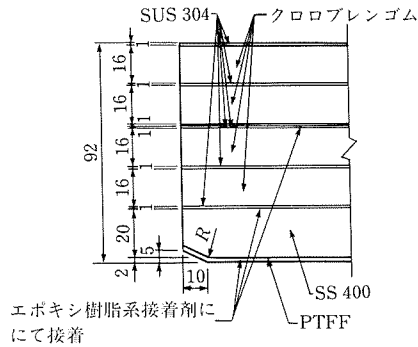


図-3 支承構造の例

的でステンレス板や二硫化モリブデンを主成分とする減摩材を焼付け塗装したものが使用される場合がある。

③ 支承構造 (図-3)

コンクリート桁の支承構造としては、通常ゴム沓が用いられている。横取り工法では、桁が滑り架台上の走行面を移動する。このため、ゴム沓には、桁横移動時の摩擦係数をできるだけ小さくする必要があるため、ゴム沓の下端に厚さ2mm程度のテフロン板を取り付けた滑り支承構造としている例がある。

(2) 横取り工法の実施例 — 中央線重層化工事<sup>4)</sup>

① 概要

桁を横移動させた事例として、東京駅付近の中央線重層化工事<sup>4)</sup>を紹介する。

東京駅付近の中央線重層化工事は、長野行き新幹線の東京駅乗入れに伴い、東京—神田間の中央線を高架化するための工事である。本工事はすでに完了し、供用開始されている。

本工事では、新設高架橋の施工時に中央線の建築限界に支障を来さないようにするために、道路上空を縦断占有する必要が生じた。道路管理者側と事前の協議により、道路上空の縦断占有面積を極力少なくするとの条件で工事が許可されたことから、新設高架橋の最終線形は鉄道側の用地内に極力戻すことが必要となった。当初、仮設桁を用いた施工方法を考えていたが、経済性、施工性の点から本設桁を仮設し、線路を正規の位置に戻すときに併せて桁を横移動させる施工方法を採用した。このため、11連の桁を約17ヵ月仮位置で供用後、所定の位置に横移動させる施工方法がとられた。桁の横移動時には、軌道・電気設備も同時に移動できる構造とした。

表-2 桁諸元

橋脚No.	桁No.	桁種別	桁長 (m)	スパン (m)	桁重量 (tf)	移動量 (m)
P42	1	PRC桁	17.0	15.8	538.0	2.39
P43	2	PRC桁	17.0	15.8	538.0	3.19
P44	3	PRC桁	17.0	15.8	538.0	4.13
P45	4	PRC桁	17.0	15.8	538.0	5.35
P46	5	PRC桁	17.0	15.8	538.0	6.03
P47	6	PRC桁	17.0	15.8	538.3	6.59
P48	7	鋼桁	38.9	37.8	840.7	6.64
P49	8	PRC桁	17.0	15.8	522.1	6.21
P50	9	PRC桁	19.4	15.2	581.3	6.02
P51	10	PRC桁	19.4	15.2	581.3	5.95
P52	11	PRC桁	19.4	15.2	581.3	5.94

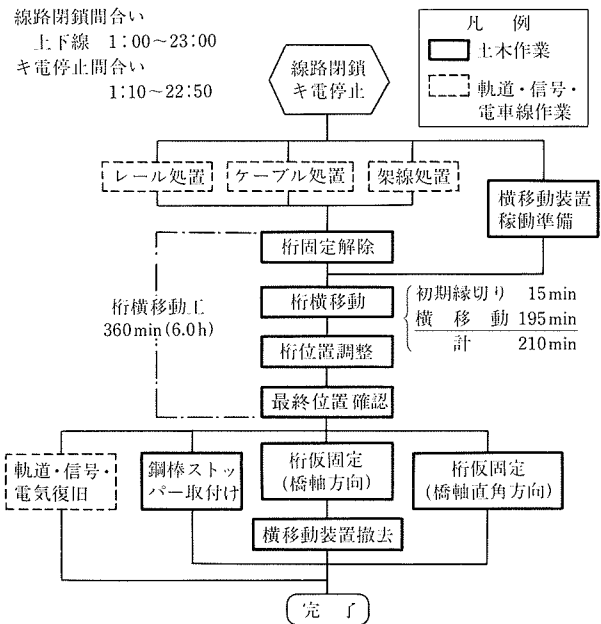


図-4 桁横移動工事のフロー

② 横移動工事

● 概要

横移動を行う桁種別および連数は、PRC桁10連および鋼桁1連で延長約220mである。表-2は、横移動を行う桁の諸元と移動量を示したものである。横移動を行う桁の重量は鋼桁が840.7tf、PRC桁が538.3tf、最大移動量は約6.6mである。

図-4は、桁の横移動工事の施工フローを示したものである。横移動工事では、供用中の中央線を一時運休して施工を行わなくてはならないため、列車運行への影響を極力小さくする必要がある。このため、軌道・電気工事を含めた全工程を約22時間とし、このうち、桁横移動時間を3時間30分程度と設定した。最終的には、中央線を最終列車から翌日の午後11時まで運休し、工事が行われた。なお、図-4中の「線路閉鎖間合い」とは、ある区間の列車が進入できないようにしている時間を言い、「キ電停止間合い」とは、ある区間のキ電線に電気を送らない時間を言う。

● 横移動設備

図-5は、横移動設備の概念図を示したものである。

ジャッキ荷重と桁横移動とを1カ所で制御するシステムを用いて11連の桁を同時に移動するため、移動には連続移動が可能な重量物連続移設用油圧ジャッキを採用した。このジャッキの特徴は、2つのシリンダーを交互に作動させることにより、連続的に所定の位置まで横移動させることができる点である。

桁の横移動は、横梁の線路側端部に取り付けた反力ブラケットにPCストランド(φ27.6mm)を固定し、桁端部の道路側側面に設置したダブルツイングジャッキでPCストランドをたぐり寄せながら行う。また、横移動時、微調整をしなくても桁が所定の位置に収まるように、あらかじめ上層横梁の線路側端部に鋼製ストッパーを取り付け、桁がそのストッパーに達した時点で移動を終了することにした。

図-6(a)は、横移動における滑り設備を示したものであり、滑りレール上を支承が移動する構造とした。滑りレールは、25mm厚の鋼板上に5mm厚の鏡面仕上げされたステンレス板を溶接した構造とし、上層横梁上に設置した。桁支点部に設置した支承は、35mm厚のゴム沓とし、下面に1mm厚のテフロン加工を施した。つまり、滑りレール上を支承が移動する構造とした。

図-6(b)は、ガイド構造を示したものである。ガイドは、桁を横移動する際に桁が平面的に回転し、隣接桁と接触することを防止するために設け、桁の支点部に2カ所設置した。ガイドと滑りレールとの橋軸方向の遊間は、余裕をもたせるためクリープ・乾燥収縮による設計上の収縮量

の2倍とした。

● 施工概要

桁の初期摩擦切りは各桁同時に行った。ゴム沓の破損などが考えられたため、ジャッキの加圧は慎重に行われた。作業は、バックアップジャッキを用いることなく、午前5時44分に開始し、約10分で終了した。初期摩擦切り終了後、ゴム沓の状況をチェックし、異常がないことを確認した。桁の横移動は、午前6時00分に本格的に開始し、午前9時32分に終了した。桁の横移動は、各ステップにおけるゴム沓の状況や橋軸方向への移動量の確認に時間を要したが、ダブルツイングジャッキの採用により移動自体の所要時間は短く、ほぼ予定どおりの3時間48分で桁横移動を終了した。

3.2 押し出し工法

押し出し工法は、桁自体を移動させることで桁の製作ヤードを一定の位置に固定している。したがって、当該ヤードに上屋設備を設けることにより、全天候型の作業場となり、品質管理が容易になる。また、荷役設備を桁製作ヤードに設けることによって、機械化、省力化が図れるので、経済的な工法でもある。ここでは、押し出し工法における諸設備の概要を示し、現在建設中の東北新幹線盛岡一八戸間で東北本線と立体交差する箇所での押し出し工法によるPC桁の架設が行われたので、その事例を紹介する。

(1) 押し出し工法における諸設備の概要

押し出し工法の概念図を図-7に示す。以下に、押し出し工法での諸設備の概要を述べる。

① 押し出し装置

押し出し装置は、桁を押し出すための推力を発生する装置である。押し出し装置は、油圧ジャッキとポンプの組合せが基本となる。油圧ジャッキの容量は、桁押し出し時の設計所要押し出し力に安全率を見込んで決定される。

② 滑り沓

滑り沓は、桁の押し出し時、支点となる橋脚や仮橋脚上に配置される。押し出しは、滑り沓上面をカバーしているステンレス板と桁との間に挿入されるテフロン板とが滑ることによって成立している。これは、ステンレス板とテフロン板間の摩擦係数が5%程度と非常に小さい値であることを有効に利用したものである。

③ 手延べ桁

手延べ桁は、PC桁先端に取り付けられる鋼製の桁で、PC鋼棒等でPC桁に連結される。手延べ桁は、押し出し時のPC桁に発生する断面力を低減する目的で設置され、押し出し時

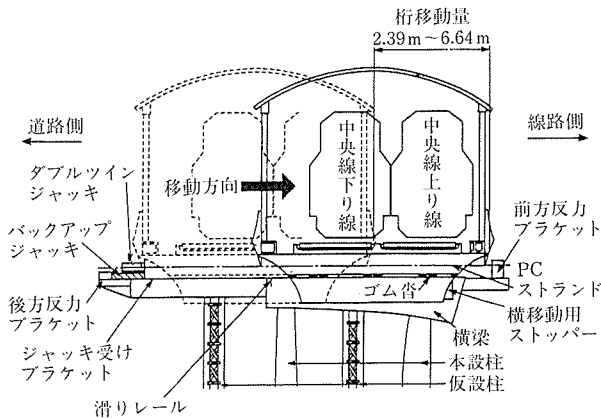


図-5 桁横移動設備概要

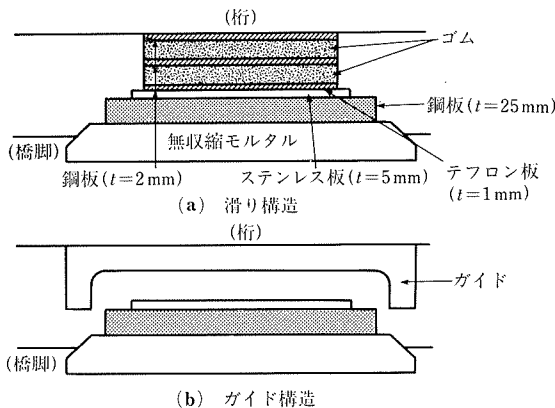


図-6 滑り設備

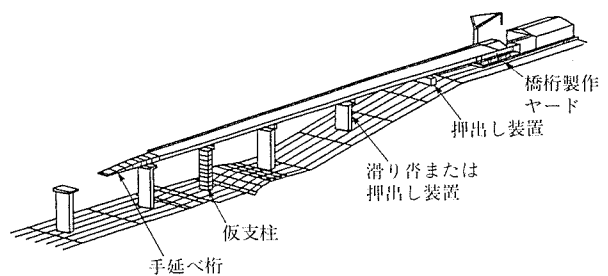


図-7 押し出し工法の概念図

の水先案内的役割は2次的なものである。

④ 仮支柱

仮支柱は、押し出しスパンが長い場合に中間に立て込む支柱で、押し出し完了後は撤去される。仮支柱は、十分な強度と剛性のあるものを設置する必要がある。また、押し出し時の仮支柱の沈下は、見かけ上のスパンの長大化を引き起こすことになるので十分な配慮が必要である。

(2) 押し出し工の実施例

押し出し工法によるPC桁の架設事例として、表-3に示す現在建設中の東北新幹線盛岡-八戸間における4橋梁<sup>5)</sup>を紹介する。

表-3で示した4橋梁では、橋脚および仮橋脚上に滑り支承を設置し、主桁を押し出すときの反力を1か所に集中させる反力集中方式による押し出し工法が行われた。

これらの橋梁は、在来線である東北本線や国道と立体交差するため、列車や道路交通に対する安全性の確保、桁架設時の重量、桁製作ヤードのスペースが制限されたことなどの理由から押し出し工法による桁架設が行われた。以下に、各橋梁における押し出し工法による施工概要、および押し出し工法における諸設備の概要を述べる。

表-3 上部工構造形式

名称	構造形式	橋長 (m)	桁高 (m)	全幅 (m)	適用材料
①沼宮内Bi	PC11径間連続箱桁	380	2.4	11.85	軽量コンクリート(I種)
②川原木Bi	PC単純下路桁	57	5.5	17	普通コンクリート
③金田一Bi	PRC単純箱桁	45	2.9	12.5	
④北高岩Bi	PRC単純箱桁	46	2.9	12.5	

注) Bi: 跨線線路橋

① 沼宮内跨線線路橋

沼宮内跨線線路橋は、在来線の東北本線と国道の上空を立体交差する橋梁である。本橋では、工期の制限、列車や道路交通に対する桁架設時の安全性を検討した結果、径間長35mの1スパンごとを一括製作してから押し出す桁架設方式が採用された。図-8に、沼宮内跨線線路橋における押し出し設備の概要を示す。

沼宮内跨線線路橋の押し出し架設では、PC桁先端に取り付けられる手延べ桁を架設スパンとほぼ同じ長さのものを用いている。これは、押し出し架設中、線路や道路上空で長時間片持ち状態で保持しておくことを避けるためである。

押し出し装置としては、油圧ジャッキの最大能力が500tfのセンターホールジャッキ(ストローク30cm)2台を並列にして使用した。これは、押し出し時の主桁重量の最大値(最終押し出し時の桁長は350m)を6600tfとし、最大静止摩擦係数 $\mu$ を0.1と想定して決定したものである。反力装置は、橋脚(P12)の起点側にセットした。なお、PC桁の製作は、桁製作ヤードを終点側(八戸側)に設置し、起点側(盛岡側)に向かって押し出しを行った。写真-1に、終点側桁端に押し出し装置がセットされた状態を示す。

押し出し時は、油圧ジャッキのポンプユニットを主桁上面に載せて配置したことでポンプユニットと油圧ジャッキ間の油圧ホースが短くなり、取扱いが容易になった。1スパンの押し出しに要する時間は、油圧ジャッキの押し、1ストロークのラム戻しに要する時間の総繰返し、押し出し途中の調整等を考慮し、約10時間程度と想定した。

実施工では、推進速度が8.3cm/min程度で、方向制御を含めて8時間~9時間程度で1スパンの押し出しを行うこ

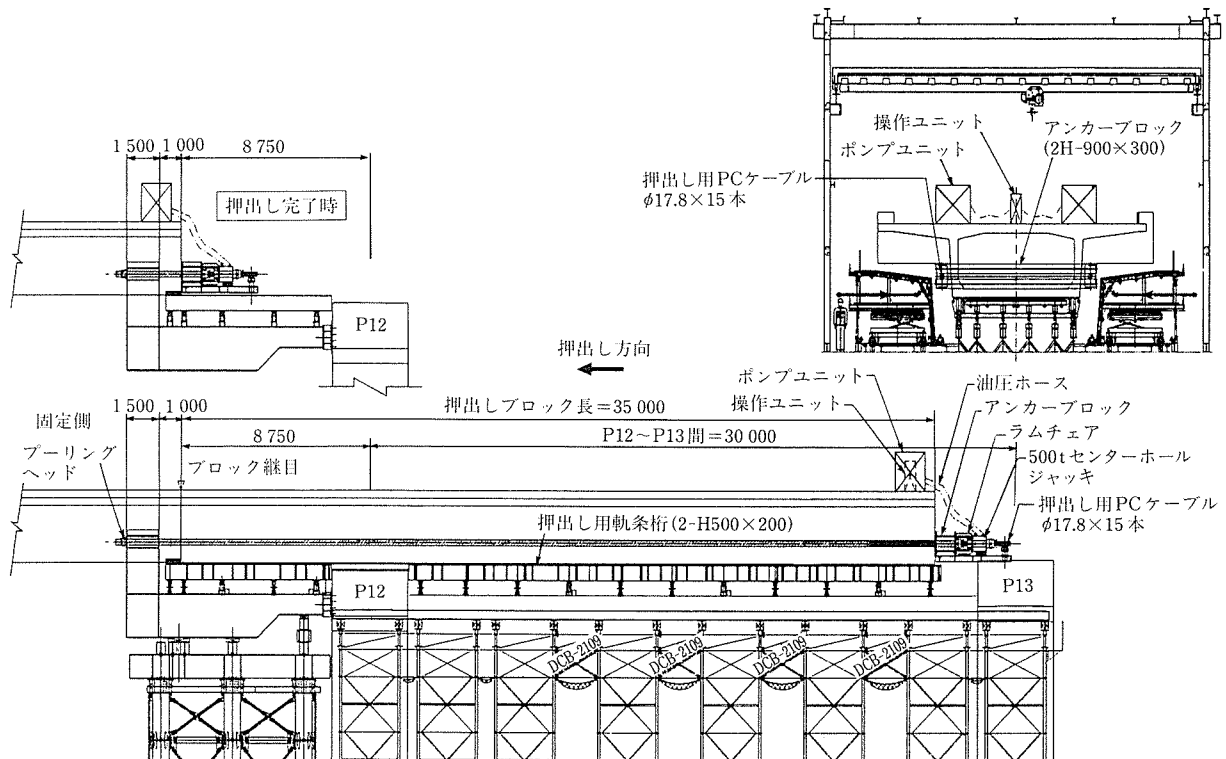


図-8 沼宮内Biの押し出し設備の概要

とができた。押し出し時の摩擦係数については、滑り始める直前の縁切り時で0.07、押し出し時で0.06程度であった。

② 川原木跨線線路橋

川原木跨線線路橋は、桁重量が約4000tfのPC下路桁で、在来線の上空を立体交差する橋梁である。図-9に、押

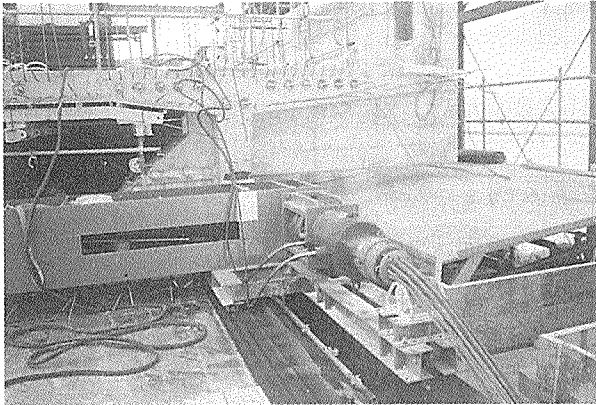


写真-1 沼宮内Biの押し出し装置のセット状況

出し設備の概要を示す。押し出し装置としては、油圧ジャッキが最大能力200tfのセンターホールジャッキ(ストローク30cm)4台を並列にして使用した。これは、押し出し時の主桁重量の最大値を4079tfとし、最大静止摩擦係数 $\mu$ を0.1と想定して決定したものである。本橋では、押し出し装置を起点側橋脚(P3)に設置し、反力装置を桁端に取り付け、起点側(盛岡方)から終点側(八戸方)へ押し出した。PC桁は、起点側の製作ヤードで1ブロック19mの長さごとに製作し、製作後押し出しを行った。写真-2に押し出しの状況を、写真-3には押し出し装置の状況を示す。

1ブロックの押し出しに要する時間は、推進速度を5cm~8cm/min程度と想定して架設計画を行ったが、実施工時での推進速度は6cm~7cm/min程度で、約6.5時間であった。押し出し時の摩擦係数については、滑り始める直前の縁切り時で0.07、押し出し時で0.04程度であった。

③ 金田一跨線線路橋

金田一跨線線路橋では、桁製作ヤードの設置条件から1ブロック15mの桁製作および押し出し架設を行った。桁の架

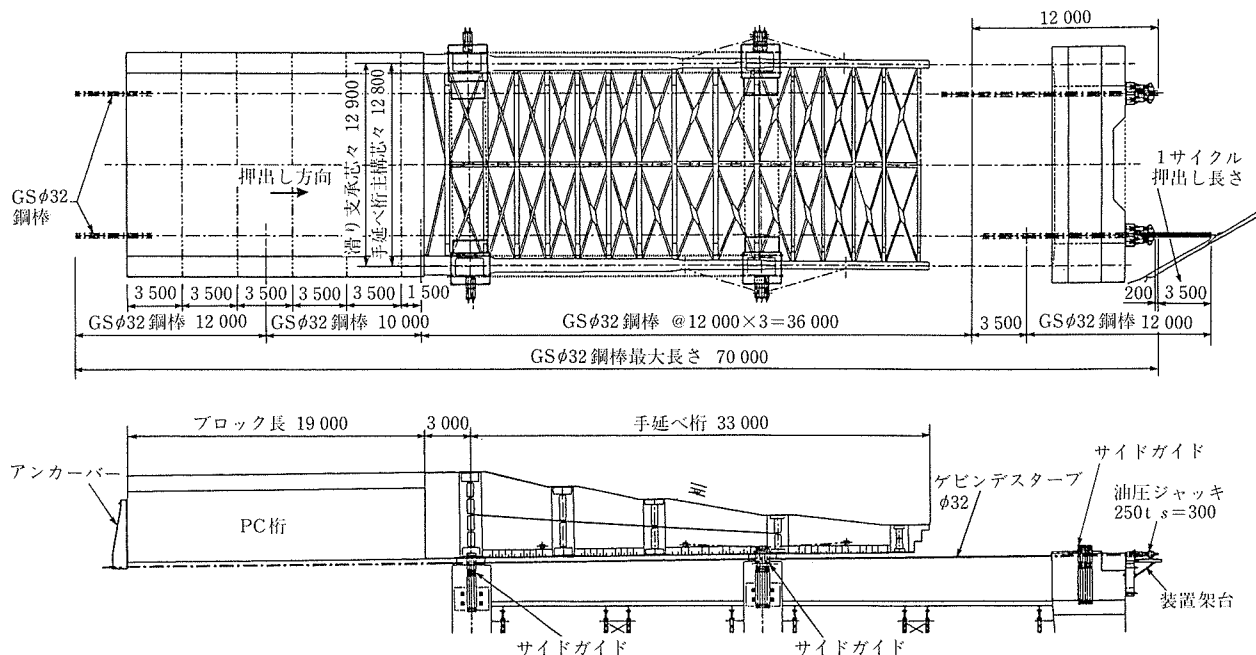


図-9 川原木Biの押し出し設備の概要

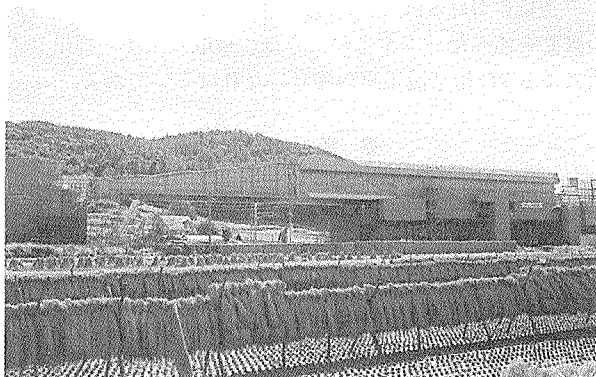


写真-2 川原木Biの押し出し状況

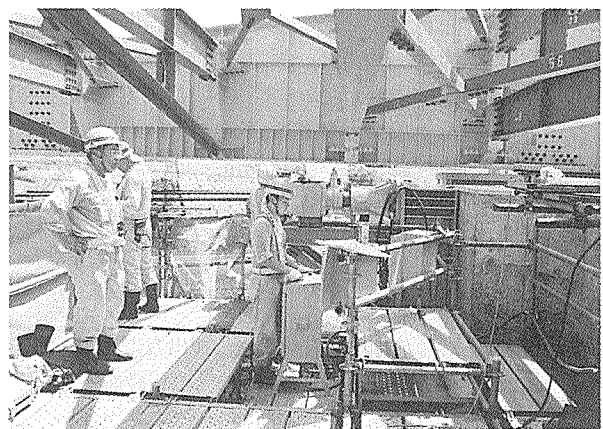


写真-3 川原木Biの押し出し装置のセット状況

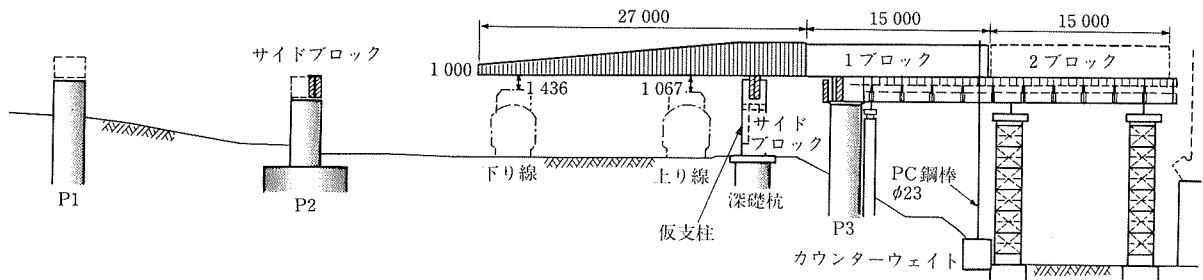


図-10 金田-Biの押し出し架設の状況

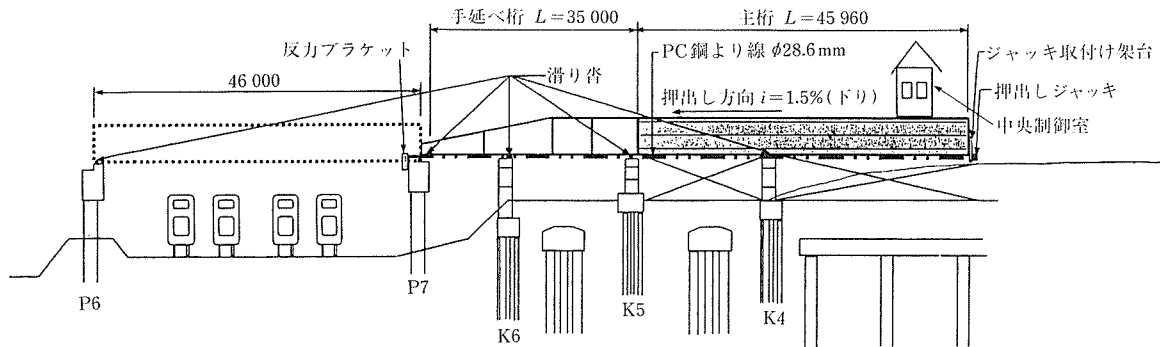


図-11 北高岩Biの押し出し設備の概要

設は、1ブロック押し出した後、2ブロック目の桁を製作する際、手延べ桁の線路上空張出し時の安定を確保するため、地上のコンクリート塊と主桁とをPC鋼棒で結び、回転モーメントに抵抗するカウンターウェイト(14.1tf×2個)を設置した。図-10に2ブロック目の製作時の状況を示す。なお、仮支柱は、撤去しやすいようにプレキャストセグメント工法で施工を行い、PC鋼線縦締めを行った。

押し出し時の推進速度は15cm/minであった。押し出し時の摩擦係数については、滑り始める直前の縁切り時で0.10、押し出し時で0.05程度であった。

#### ④ 北高岩跨線線路橋

北高岩跨線線路橋では、桁の製作ヤードに対する制限がなかったため、桁全長を製作し、一括押し出し架設を行った。図-11に、押し出し設備の概要を示す。

押し出し装置としては、油圧ジャッキのラムの押し、戻しを自動的に交互に行うことができる最大能力70tfの油圧ジャッキ(ストローク30cm)4台を使用した。これは、押し出し時の主桁重量の最大値を1357tfとし、最大静止摩擦係数 $\mu$ を0.1と想定して決定したものである。本橋では、押し出し装置を終点側桁端に設置し、反力装置を起点側橋脚(P7)に取付け、終点側(八戸方)から起点側(盛岡方)へ押し出した。写真-4に、押し出し装置の状況を示す。

押し出し時の推進速度は、35cm/minでほぼ計画どおりであった。押し出し時の摩擦係数については、滑り始める直前の縁切り時で0.12、押し出し時で0.03程度であった。

#### 4. 今後の方向

鉄道橋のPC桁における横取り工法、押し出し工法での桁架設は、比較的多くの実績がある。鉄道橋の新設あるいは改良工事は、線路に近接した箇所で行われることが多い。こ

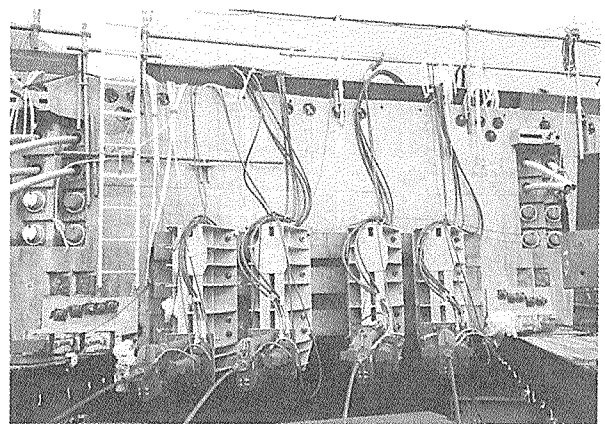


写真-4 北高岩Biの押し出し装置のセット状況

のため、桁の架設を行う場合は、短時間で安定した状態にする必要があるため、今後、さらに桁の移動時間が早くなることが要求されるものと思われる。

#### 5. おわりに

鉄道橋におけるPC桁の横取り工法、押し出し工法の諸設備の概要を述べた。本報告が、今後の横取り工法、押し出し工法によるPC桁架設工事の参考になれば幸いである。

#### 参考文献

- 1) 東日本旅客鉄道：PC施工の手引き，1987.4
- 2) 日本鉄道施設協会：鉄道施設技術発達史，1994.1
- 3) 石橋：鉄道におけるPCの歴史について，プレストレストコンクリート，Vol.42，No.6，pp.39～42，2000
- 4) 石橋，中山，細川，上田，下大衛：中央線重層化，プレストレストコンクリート，Vol.40，No.1，pp.30～39，1998
- 5) 井上，在田，龍内：東北新幹線盛岡以北4橋の押し出し桁架設工法の施工実績，JR東日本構造技術センター，SED17号，2001.12

【2002年1月7日受付】