

3主桁下路式PC3径間連続水路橋の横移動工法 (重量6500t, 橋長137mのPC橋横移動工事例)

會田 三郎*1・亀井 信彰*2・山村 法男*3・佐藤 忠宏*4

1. ま え が き

北海幹線は、空知川の北海頭首工に端を発し、北海道の中央部、空知の広大な穀倉地帯を貫流する、全長およそ80km、灌漑面積16500haにもおよぶ国内最大の灌漑溝である。一方、砂川市を流れるペンケ歌志内川とペンケ歌志内川は、これまで幾度となく氾濫を繰り返しており、北海道では、ペンケ歌志内川を上流で水路トンネルによりペンケ歌志内川に導くとともに、本河川の改修工事を行っている。現ペンケ水路橋は、北海幹線用水路がペンケ歌志内川を跨ぐ位置に架けられている。橋長30mの鋼水路橋であり、本工事は、河川の拡幅に伴い橋長が足りなくなった現水路橋を解体し、橋長137mのPC3径間連続桁橋に架替えしたものである。

また、工事は工程的に非灌漑期に限定され、現位置で

の施工が困難であると判断されたため、上部工は橋軸直角方向に約50m離れた支保工上で施工し、次年度に横移動する工法を採用した。

本報告は、コンクリート構造としては、全国的にも珍しく、規模の大きな(W=6500t)横移動工の工事実績について述べるものである(図-1)。

2. 工 事 概 要

工事名称：北海幹線ペンケ水路橋架設補償工事

発注者：北海土地改良区

施工場所：北海道砂川市焼山

全体工期：1990年5月～1992年8月

水路名称：北海幹線

橋 格：水路橋

橋 種：プレストレストコンクリート橋

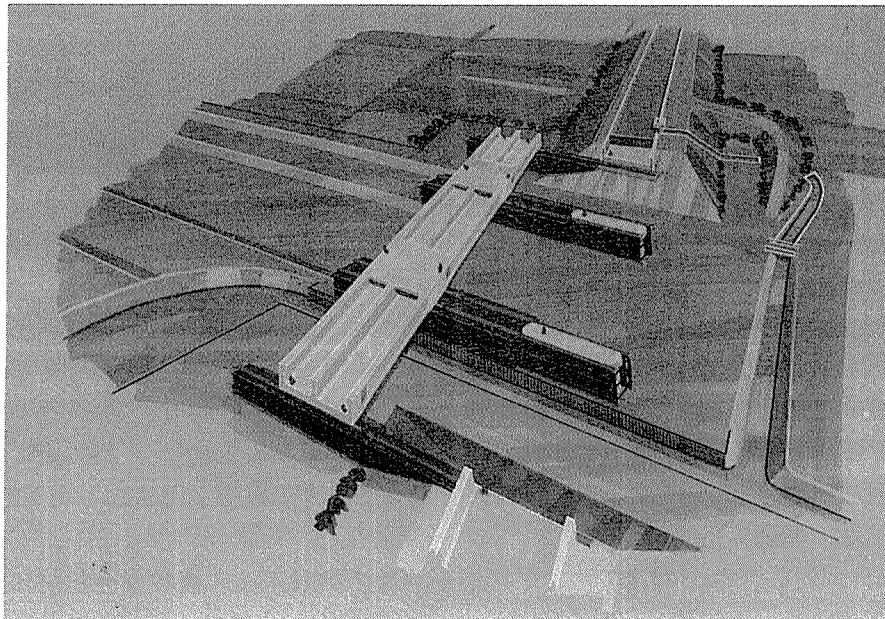


図-1 工事全体図

*1 Saburo AIDA：北海土地改良区 技術部長

*2 Nobuaki KAMEI：鹿島建設(株) 建設総事業本部札幌支店ペンケ水路橋JV工事事務所所長

*3 Norio YAMAMURA：鹿島建設(株) 建設総事業本部札幌支店ペンケ水路橋JV工事事務所工事課長

*4 Tadahiro SATO：鹿島建設(株) 建設総事業本部札幌支店土木部設計課

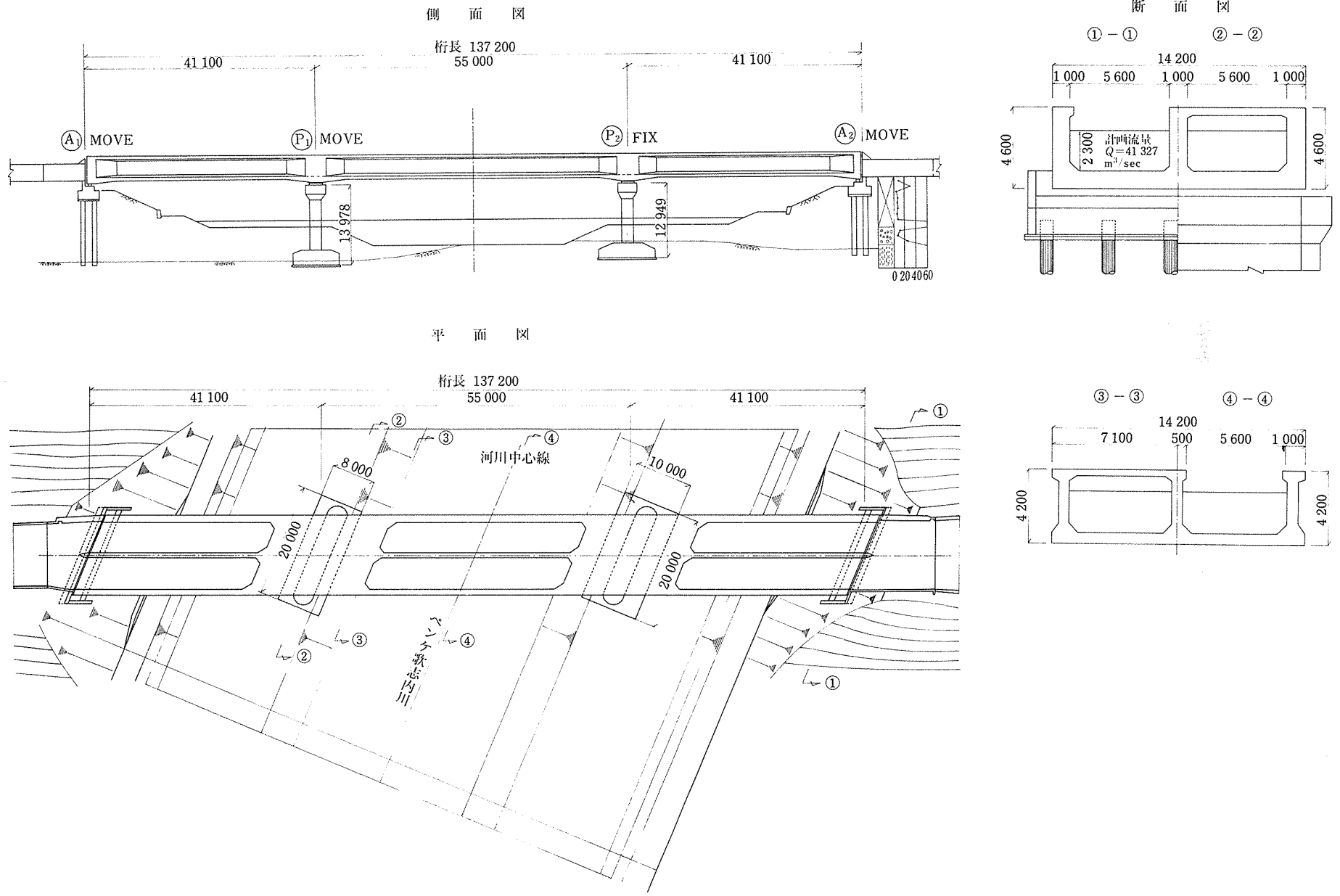


图-2 水路橋全体一般図

◇工事報告◇

構造形式：(上部) 3主桁下路式 PC 3径間連続桁
(下部) 逆 T 式橋台 (杭基礎)
逆 T 式橋脚 (直接基礎)

設計流量： $Q=41.327 \text{ m}^3/\text{sec}$

橋 長：137.4 m

桁 長：137.2 m

幅 員：14.2 m

桁 高：4.2 m

斜 角： $67^\circ 22'$

架設工法：スライドジャッキ横取り工法

移動距離：48.754 m

工事数量：上部工	コンクリート	2 638 m ³
	鉄筋	201 t
	PC 鋼材	118 t
下部工	コンクリート	2 280 m ³
	鉄筋	154 t
軌道工	鋼材	2 261 t
土工		71 580 m ³

図-2 に水路橋全体一般図を示す。

3. 横取り工の計画

3.1 工法採用経緯

北海幹線の工事可能期間は、毎年9月初旬から翌年3月下旬までの非灌漑期にあたる7か月間である。

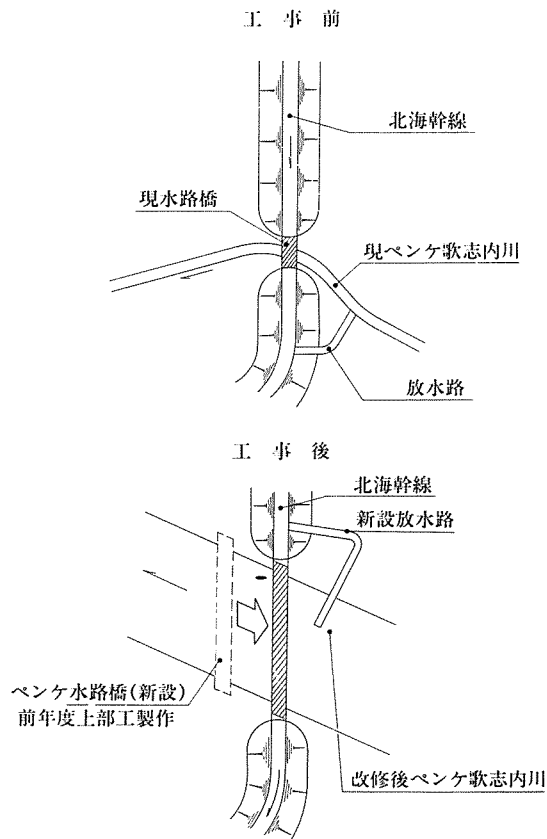


図-3 工事概要図

事前検討より、当工事は工事規模から、この期間内での施工は非常に困難であるため、初年度に架設箇所の横で上部工を製作し、次年度落水後、既設水路橋の撤去と下部工事を施工して、さらに横移動架設する工法を採用したものである(図-3)。

3.2 横取り工

横取り方法としては、種々比較検討(表-1)よりスライドジャッキ、および推進ジャッキを利用した押し出し工法を採用した。

表-1 横取り工法比較表

		利 点	欠 点	評 価
移動方法	繰返し押し出し	軌道支保工に水平力が作用しない	軌道の製作は高精度が要求される 蛇行移動が懸念される	○
	連続引込み	移動量の管理が容易	下部工上に反力盤の製作スペースが必要 軌道支保工に水平力が作用する	×
支持方法	テフロン	摩擦係数が最小 ジャッキとの組合せが可能	ジャッキ圧力操作に高度な施工管理が必要	○
	車輪	抵抗が少ない。 軌道の製作精度は普通でよい	車軸強度の確保が困難	×
	メタル	ジャッキとの組合せが可能	レールはステンレス仕上げとなるほか、高精度の製作が必要	×

3.3 横移動装置システム

横移動装置は、軌道上に設置されジャッキ下端と軌道面がスリップする構造となっているスライドジャッキと、軌道上に設置され軌道自体をクランプし、スライドジャッキを軌道軸方向に押し出す推進ジャッキにより構成されている。装置全体は、図-4 に示すように計6本の軌道上にスライドジャッキ36台、推進ジャッキ12台を設置した。油圧系統は、各軌道ごとに独立して桁上に配置し、それぞれのポンプは電気的に直列結合とし、荷重の偏載が無いように計画した。

① スライドジャッキ(図-5)

スライドジャッキは、ジャッキ下端に厚さ20mmのテフロンが封入されており、これを先端を摩擦低減加工した特殊合金リング状シリンダで取り囲み補強している。

また、上面は球面状のユニバーサルセットにより、 2° 程度の傾斜を吸収できるようになっている。

② 推進ジャッキ

推進ジャッキは、反力となるH鋼クランプ部とピストン部からなり、いずれも油圧で作動する。ピストンはスライドジャッキが格納されるスライドベースとヒンジ結合されており、ピストンストローク最大600mmで

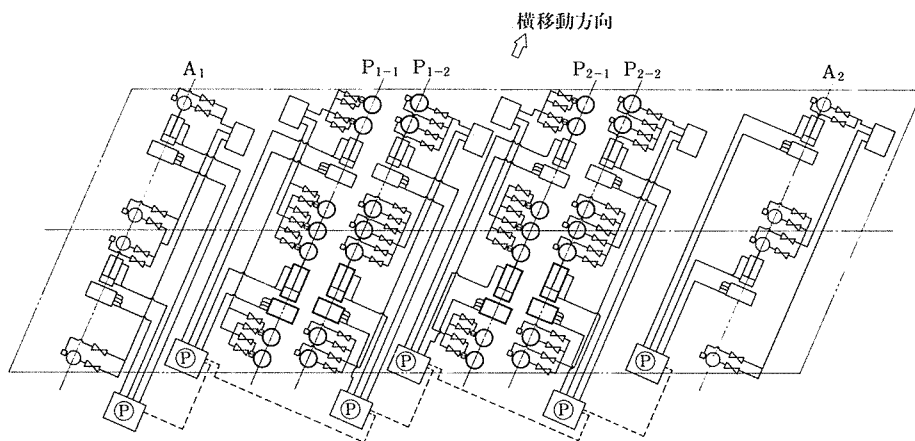


図-4 横移動装置全体配置図

記号	名称
○	200TONスライドベース
○	300TONスライドベース
□	クサビ式H形鋼クランプ装置 (50TON)
□	クサビ式H形鋼クランプ装置 (120TON)
⊗	ストップバルブ
—	油圧ホース
- - -	連動コード
▭	50TON 600ST水平油圧ジャッキ
▭	120TON 1100ST水平油圧ジャッキ
□	移動直角方向調整ジャッキ (20TON 35ST油圧ジャッキ)
□	5.5kW電動油圧ポンプユニット
Ⓟ	橋梁用多目的油圧ポンプユニット (可変吐出ポンプ型)

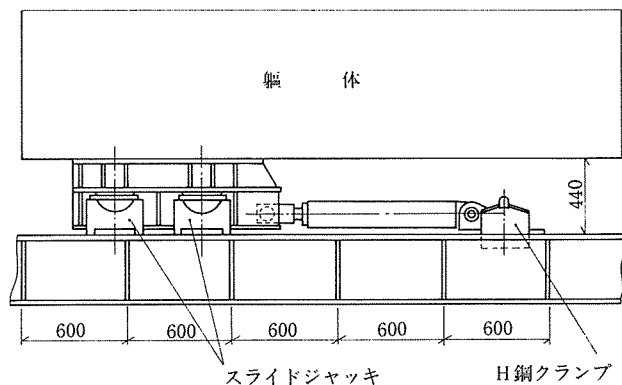
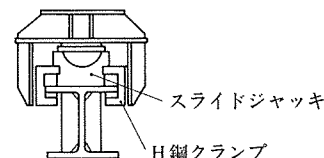
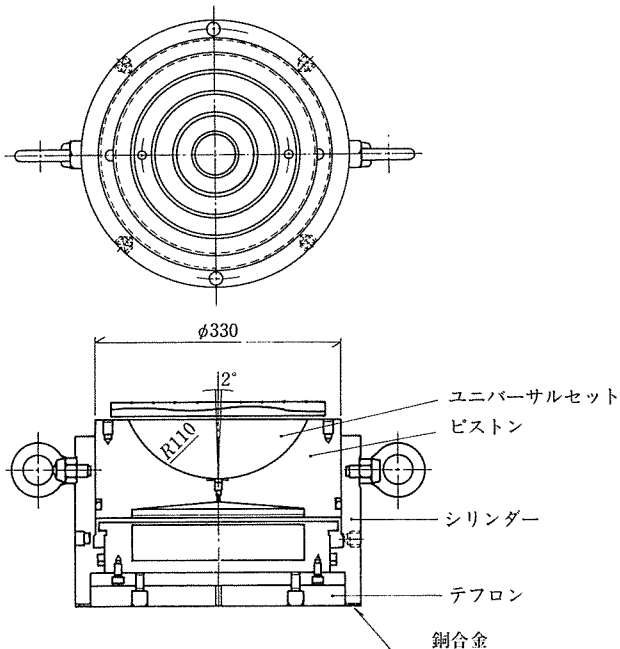


図-5 横移動装置図

しゃく取り虫式に、軌道支保工に反力を依存すること無く橋体を移動することができる。なお、移動量の微調整は、H鋼クランプの盛替え位置を変えることで対処し、橋体が斜めに移動した場合についても各ピストンの盛替え位置をそれぞれ調節することにより対応できる。

③ スライドベース

スライドベースは橋体と軌道のクリアランスの確保、および橋体重量を確実に軌道に伝達させる目的で設置された鋼製のスライドジャッキの格納箱である。またベース本体は下端で軌道のフランジを遊間 10 mm で取り囲み移動方向に対するガイドとした。

④ 軌道

軌道には、極厚 H 形鋼 (H-418×417×30×30) を使用し、橋体の蛇行時におけるフランジ部への荷重偏載荷

に対処し、推進ジャッキの H 鋼クランプに支障のない範囲で補強を施した。また、移動時の摩擦面となるフランジ上面の処理については、室内実証試験により鋼材素地のままとし、また、軌道の継目は溶接のうえサンダーをかけた。なお、実施工では錆止め、および凍結防止を目的にグリースを塗布した。

3.4 軌道支保工

軌道支保工は、各支点ごとに計 4 列 (ピア部は軌道 2 本を設置) 製作した。軌道は地上高約 5 m の位置であるため、構造的には、受桁、継梁、ブレース材、突出杭からなる栈橋形式である (到達側橋脚、橋台部においてはフーチング上に杭を直置きし転倒防止のため PC 鋼棒で下部工に緊結した)。設計的には、橋体製作範囲においては、1 年間の仮置きを考慮して長期扱いとし、移動

◇工事報告◇

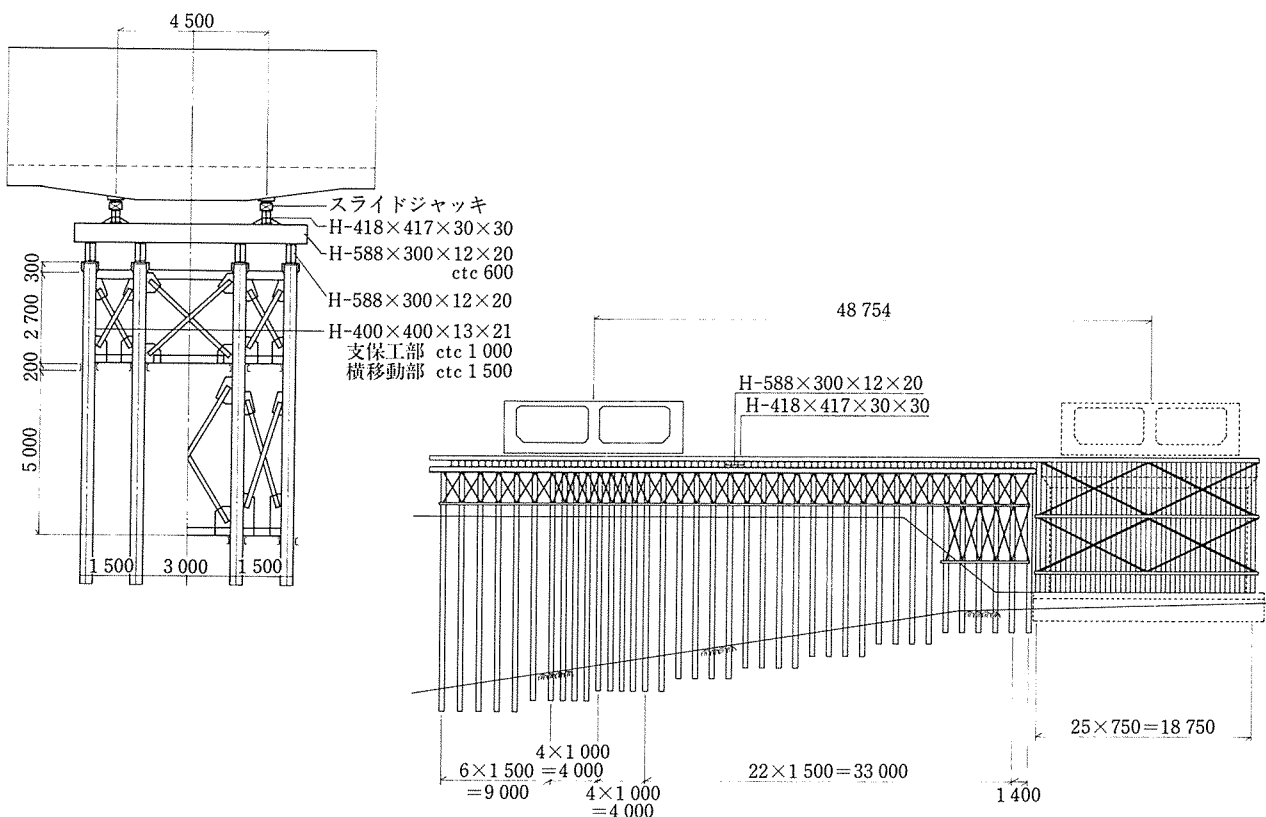


図-6 軌道支保工一般図

範囲においては、通過荷重として短期扱いとしている。
また設計管理値として変位量が問題となったので、一般の
の架橋よりもかなり多くの鋼材量を要している。

図-6 に軌道支保工一般図を示す。

4. 横取り工の管理

4.1 目的

管理目的として、以下の4項目を掲げた。

- ① 品質：水路構造物としての機能を満足する。すなわち、移動中に橋体に有害なクラックを発生させない。また、移動終了後、正規の位置に橋体を設置する。
- ② 工期：どんな非常事態においても春からの通水を確認する。
- ③ コスト：管理自体を簡素化し、オートメーション

化を図る。

- ④ 安全：特殊工事における危険要因について十分考慮する。

4.2 品質管理項目

橋体の品質確保のために、表-2 に示す管理および計測項目を計画した。

4.3 品質管理手法

本横移動工において最も考慮しなければならない事項は、橋体の変形を許容最小限に抑える（反力バランスを保つ）ことと、これに大きな影響を与える移動速度の適切な計画である。また、移動に伴って変化する橋体の状態は随時管理状態にある必要がある。したがって、各種計測データは、逐次コンピュータに取り込み、適宜データ加工してリアルタイムにモニタリングできるシステムを開発し適用した（図-7）。なお、移動装置の運転に際し

表-2 管理項目一覧表

管理項目	管理目的	計測項目
絶対変形	橋体全体の姿勢制御	電子レベル 電子スタッフ
相対変形 鉛直	橋体にひびわれを発生させない	電子レベル 電子スタッフ
相対変形 水平	橋体にひびわれを発生させない	電子レベル 電子スタッフ
鉛直反力	橋体全重量をバランス良く支え、変形を生じさせない	スライドジャッキ圧力
推進力	橋体を均等に押し、横移動を行う	推進ジャッキ圧力
摩擦係数	レールとジャッキの接触状態の確認	演算処理
鉄筋応力	躯体に発生している応力の確認	鉄筋計
温度変化	補正用	温度計（外気温）

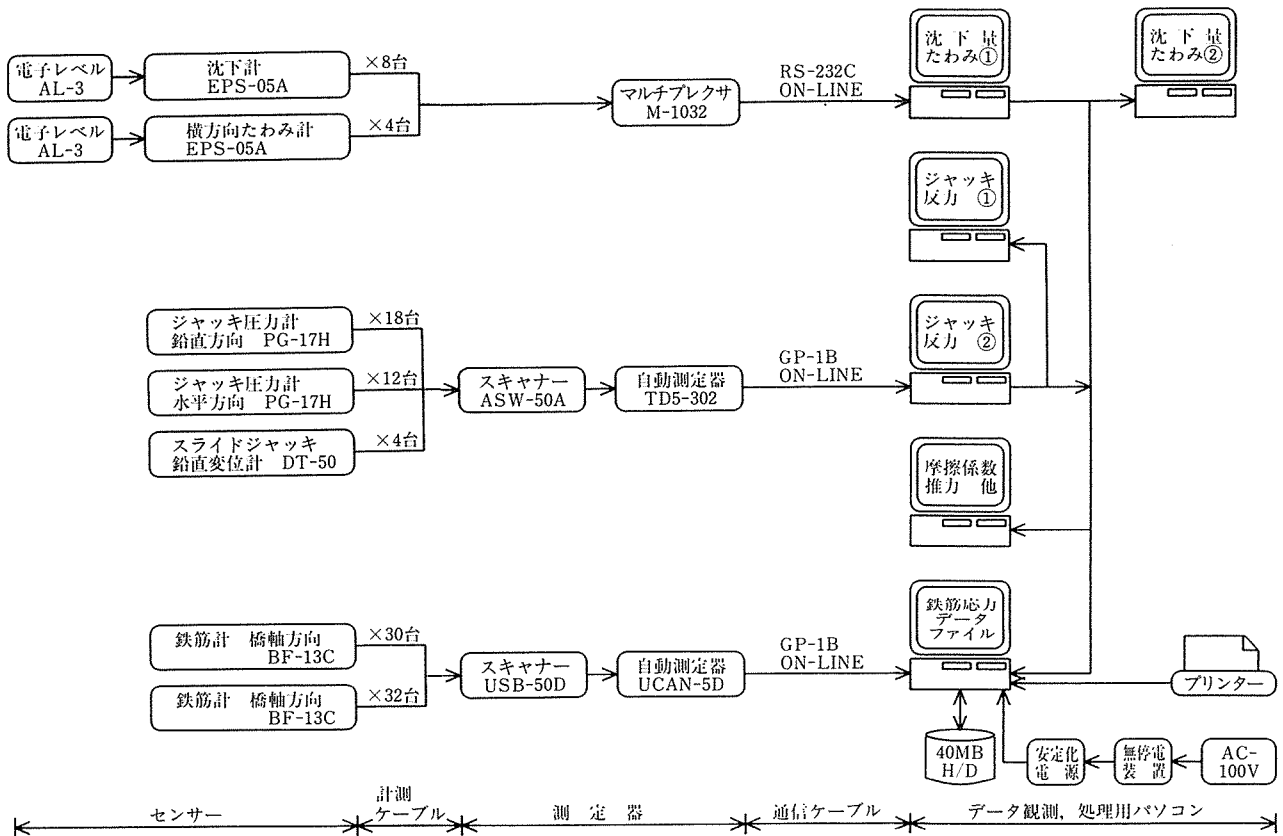


図-7 リアルタイム計測システム図

では、最終的には人間の判断基準に任せるものとし、コンピュータ側では、経時的にデータを出力する機能と、あらかじめ定めた管理基準値に応じた警報機能を付加した。

4.4 品質管理基準

① 軌道の施工精度

高さ、平行度、ともに±5 mm 以内とした。軌道継目は全強溶接とし、特に細心の注意を必要とした。

② 躯体の応力度

自主管理範囲として $-5 \text{ kg/cm}^2 \leq \sigma \leq 140 \text{ kg/cm}^2$ とした。

③ 圧力管理値

イニシャル反力（ジャッキアップ後、変形量のキャリブレーションを行った実反力）に対する増減可能率で与え、予想応力度、およびジャッキ能力に対し安全率を考慮して以下のように定めた。

危険レベル ±6.6 % ($F_s=1.1$)

要注意レベル ±5.6 % ($F_s=1.3$)

通常レベル ±4.9 % ($F_s=1.5$)

設計計算との擦り合わせについては、地盤、軌道支保工を考慮した弾性支点上の連続梁、および格子桁としてモデル化し、各変形モードを再現して引張ばね支承とならない範囲で、支点到強制変形を与えることにより行った。

なお、移動工にあたっては、総重量比、反力配分、変形、弾性係数等をパラメータとした設計計算値を影響線としてデータベースに登録し、キャリブレーションがスムーズに行え、ジャッキアップ後にただちに移動工に移れるように計画した。

④ 変形管理値

変形管理値は、圧力管理値を設定した条件でのピア部の相対変形量（橋体の直線性に関するピア部の変形量）として与え、以下のとおりである。

危険レベル ±16.1 mm ($F_s=1.1$)

要注意レベル ±13.6 mm ($F_s=1.3$)

通常レベル ±11.8 mm ($F_s=1.5$)

また、水平面内の横たわみ量は以下のとおりである。

〈ピア部〉

危険レベル ±9.0 mm ($F_s=1.1$)

要注意レベル ±6.9 mm ($F_s=1.3$)

通常レベル ±4.6 mm ($F_s=1.5$)

〈アバット部〉

危険レベル ±16.0 mm ($F_s=1.1$)

要注意レベル ±12.3 mm ($F_s=1.3$)

通常レベル ± 8.2 mm ($F_s=1.5$)

なお、断面方向の変形管理値については、圧力管理下であれば十分安全であるとの設計計算結果が得られたので管理項目より外した。

◇工事報告◇

⑤ 移動速度

移動に伴い、軌道に載荷される処女荷重による杭の弾性変形、地盤の弾性（塑性）変形、支保工のたわみ、なじみ、および軌道の不陸等により、橋体と軌道とのクリアランスは、逐次変化する。スライドジャッキはクリアランスの変化を圧力の変化として感知し、自動的にジャッキストロークを伸縮させ、たえず一定の圧力値を示すように計画されているが、ジャッキストロークの上昇下降速度に限界があるため、軌道の変位に追従できる適当な移動速度を設定する必要がある。

移動速度は推進ジャッキに送る油圧ポンプの回転数で管理し、1ストローク（600 mm）あたり2分（秒速5 mm/秒）で進むように調節した。

5. 横移動工

横移動工は図-8 に示すように、受替え工、横取り工、および設置工に大別される。

5.1 受替え工

仮受け架台の間に設置された軌道上に横移動ジャッキシステムを挿入し、計画反力値の10%ごとに加圧した。目視にて浮上を確認後、計画レベルまで橋体をジャッキアップし、仮受け架台の撤去を行った。

5.2 キャリブレーション

ジャッキアップした時点で、各支点の実測反力が得ら

れたので、変形が発生していないことを確認のうえ、全重量、反力分配率（橋軸、および断面方向）のキャリブレーションを行い、予め設定していた管理値の補正を行った。本作業は作業工程上、迅速に行う必要があったため、パソコンを使用し、設計値をデータベース化して行った。

5.3 横取り工

横移動は以下の順序で行った。

- 1) 推進ジャッキのピストンストロークを最小まで縮める（油圧）。
- 2) 推進ジャッキのH形鋼クランプを軌道のフランジにセットし、クランプする（油圧）。
- 3) すべて（12台）の推進ジャッキを同時にスタートさせ、毎秒5 mmのスピードで橋体を移動させる（油圧）。この時、スライドジャッキの油圧調整システムにより鉛直方向の反力バランスを自動で行う。
- 4) 推進ジャッキのH形鋼クランプを解放し、次のサイクルに移る。

5.4 設置工

横移動終了後、上沓、下沓の間隔が規定値にあることを確認のうえ、実測反力を10%ずつ減じていき、ジャッキダウンを行った。橋体が完全に下部工に受け変わった後に、横移動ジャッキシステムを撤去した。

また、下部工の変位観測のため、各測定計器は2日間

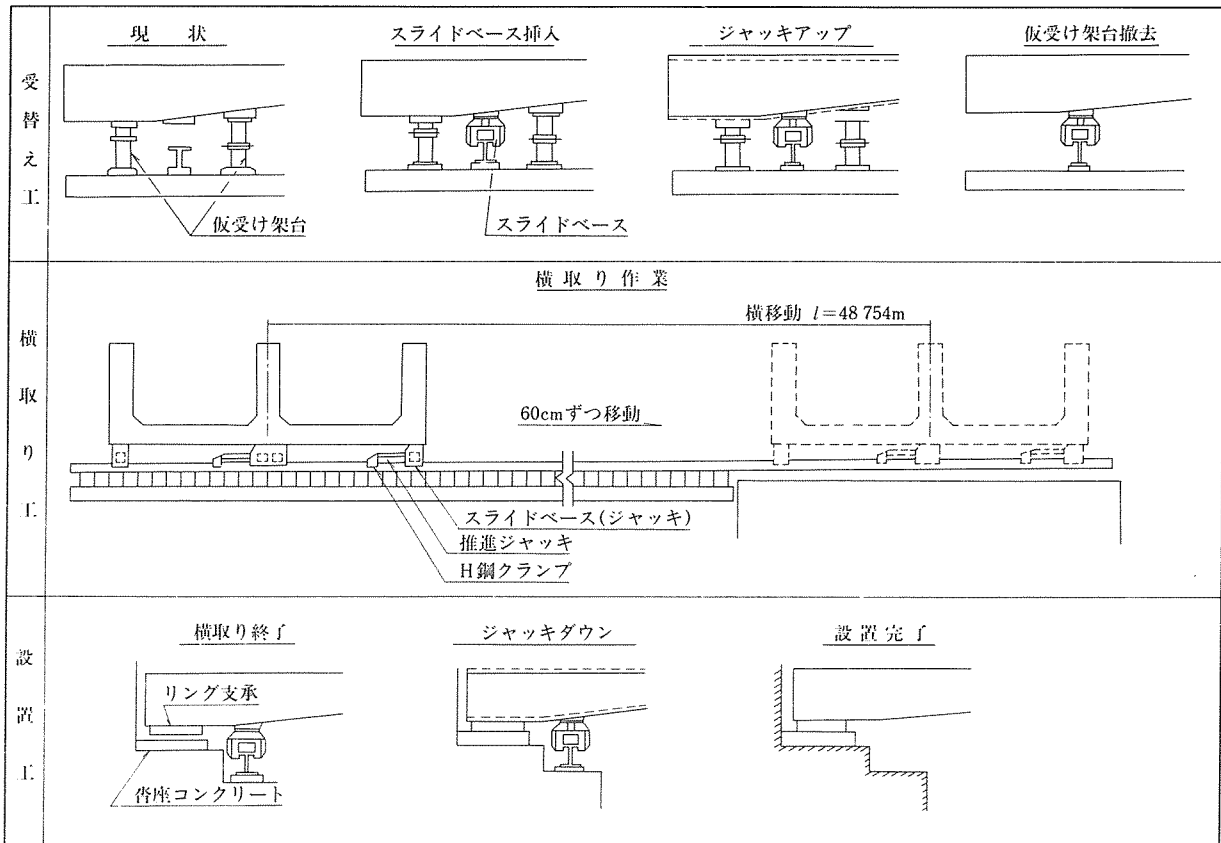


図-8 横移動工概要図

計測を継続したあと撤去した。

5.5 連絡指示系統

本横移動工には総勢 45 名の人員を要し、これが橋長 137 m 内、かつ桁上、桁下に離れて配置される必要があり、水路橋上部に設置された中央制御室から先端オペレータまでの意思伝達と緊急時対応について円滑に行われることが要求された。情報伝達手段としては、通常時は無線にて行い、すべての判断は中央制御室で行われるようにした。緊急時についてはどのポイントにおいて運転中止を判断しても直ぐに全体が止まるように電氣的にシステムを構築した。

6. 横移動実績

6.1 工事工程

図-9 に横取り工の工程実績を示す。

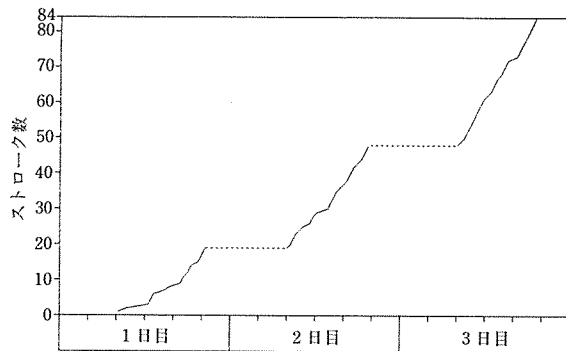


図-9 工程実績

6.2 重量

計画重量 6 530 t に対し、実績 6 730 t を検出 (積雪量の差)。

6.3 反力分担率

表-3 に反力分担率を示す。

表-3 反力分担率 (%)

	A ₁	P ₁₋₁	P ₁₋₂	P ₂₋₁	P ₂₋₂	A ₂
計 画	8.6	19.9	21.5	21.5	19.9	8.6
実 績	8.3	20.0	21.4	21.7	20.4	8.2



写真-1 水路橋全景 (仮置き時)

6.4 摩擦係数

表-4 に摩擦係数を示す。

表-4 摩擦係数

計 画	—	$\mu=0.10$
実 績	静 止 摩 擦	$\mu=0.09$
	動 摩 擦	$\mu=0.07$

6.5 工事記録

写真 1~9 に各工程における工事の状況を示す。



写真-2 横取り前

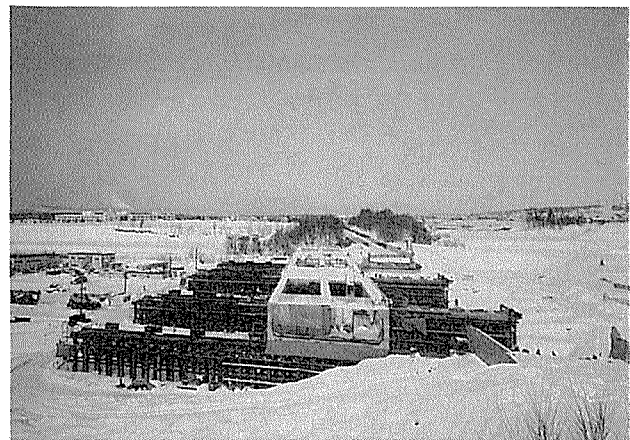


写真-3 横取り中

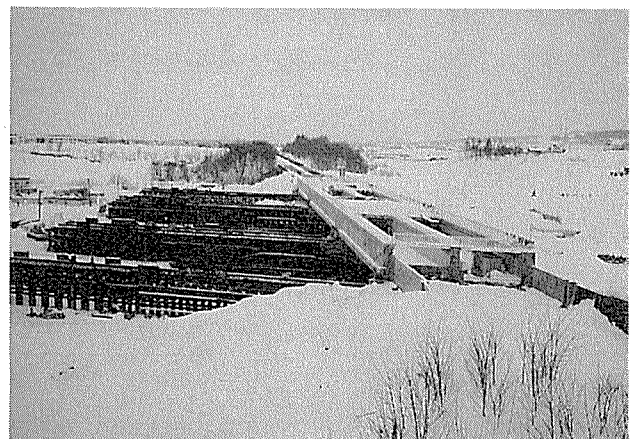


写真-4 横取り後

◇工事報告◇

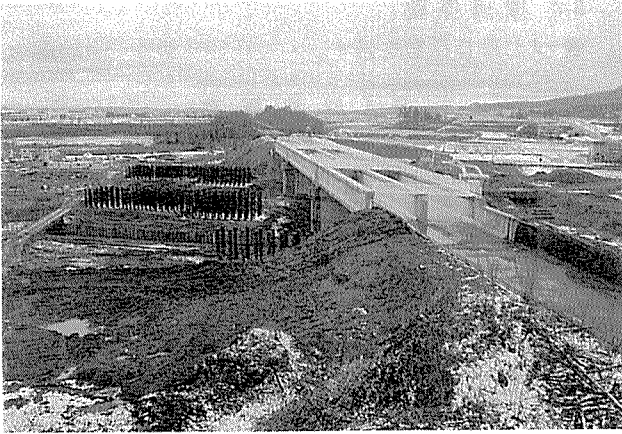


写真-5 軌道撤去後



写真-6 計測システム（中央制御室）

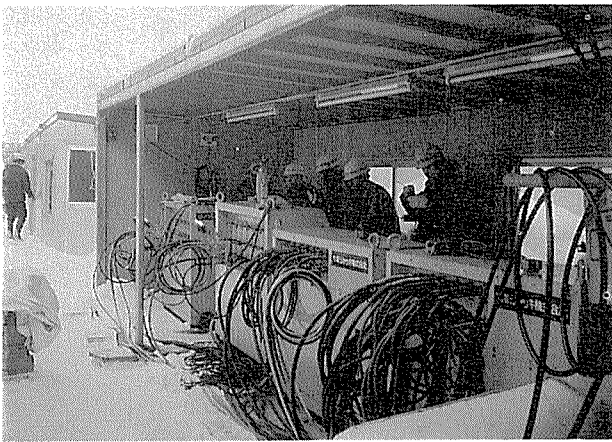


写真-7 油圧ポンプユニット

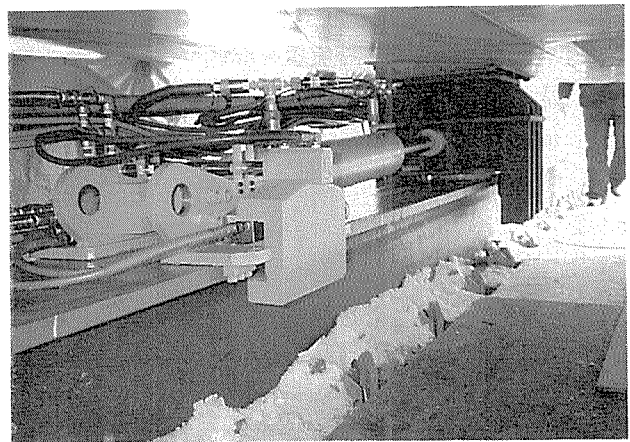


写真-8 横移動装置

7. 計測管理結果

図-10～12にリアルタイムで行った計測データの抜粋を示す。

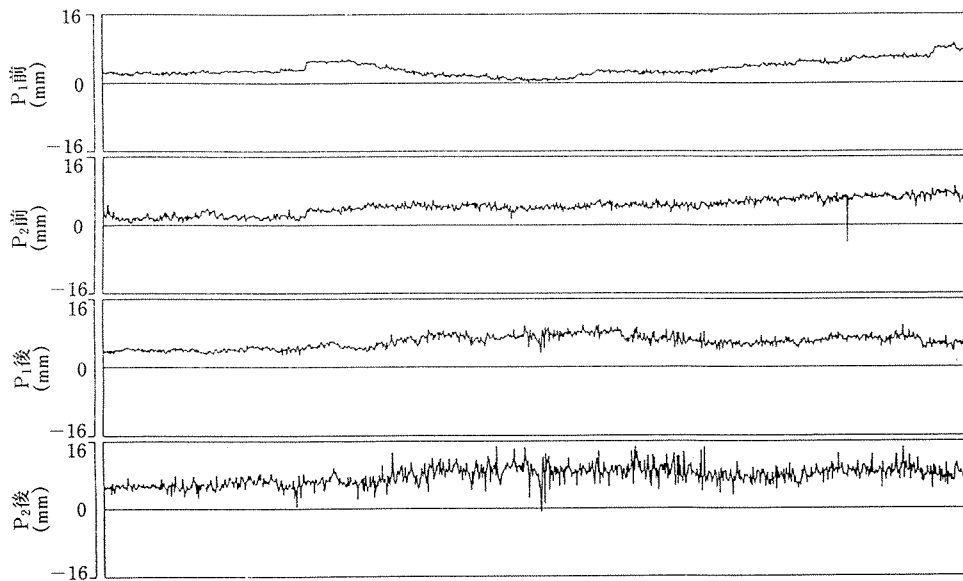


図-10 相対変形経時変化図(19~41 ストローク)

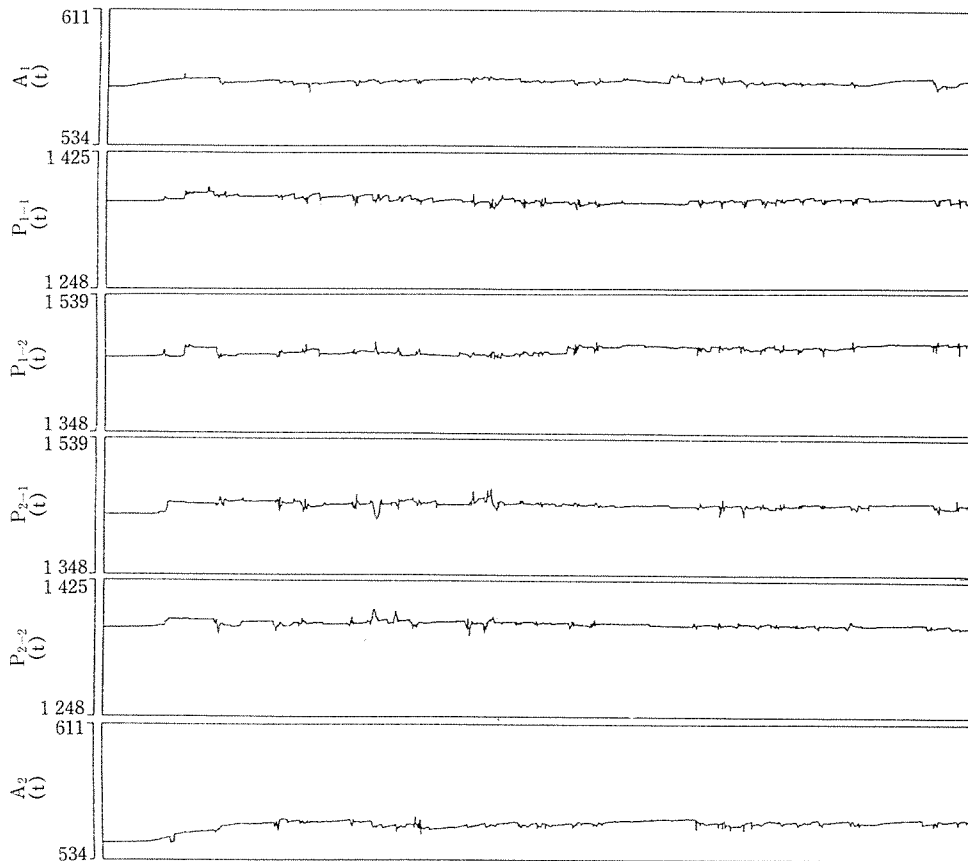


図-11 ジャッキ反力経時変化図(19~41 ストローク)

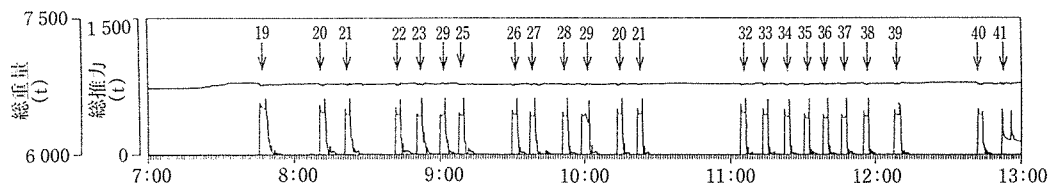


図-12 総重量・総推力経時変化図

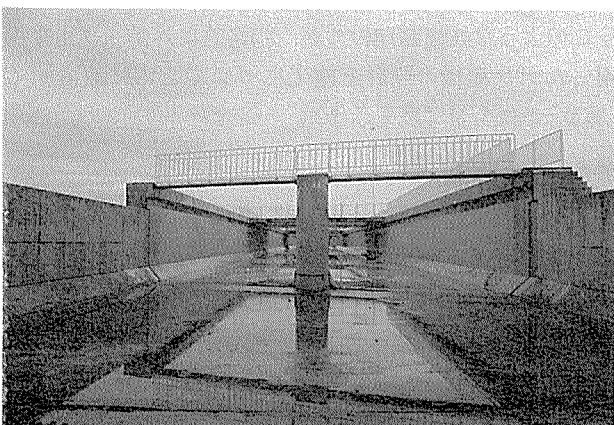


写真-9 水路橋内部(横取り完了後)

8. あとがき

本工事では、工期限定など特殊条件が重なり、プレストレストコンクリート橋の横移動工法を計画した。

6 500 t という重量、移動距離、不静定構造等を考慮すると、全国的にみても非常に希な工種を経験したといえる。北海道での厳寒期 (-15℃) の中で行われたことなどにより、細部については種々の課題を残したものの、計画には万全を期し、全体的には大過無く無事終了することができ、今春5月4日初通水を完了した。

今後、本報告が同様な施工法を検討する際の参考となれば、関係者一同望外の幸せである。

最後に、本報告の作成にあたり、ご協力を頂いた関係各位の皆様に謝意を表する次第である。

【1992年4月15日受付】