

上越新幹線下所島架道橋の設計・施工について

今 村 昌 弘*
植 木 宏 一**
鈴 木 真 男***

1. ま え が き

最近のわが国における橋梁は、ルート選定からくる地形上の制約および交差する施設の管理上からスパンがますます長大化する傾向にあり、加えて鉄道橋においては環境問題すなわち列車走行時における騒音・振動対策上から鋼構造よりRC構造物もしくはPC構造物へと転換を迫られてきた。さらに市街地における桁架設工事に対しては、主要道路交差点での交通制限の困難さ、付近住民への騒音・公衆災害といった建設公害に対する配慮、また施工性からは工期の短縮化、省力化、安全性等を考慮して、より優れた架設方法が求められてきた。

このような事情を背景にPC橋梁の架設方法については最近研究・開発が積重ねられ、スパン・地形・地理的条件に対応して現場打ちカンチレバー工法・ブロック工法・移動式支保工工法・押し出し工法等の各種工法が採用されている。一般にスパン20~40mのポストテンション桁ではガーダーもしくはクレーンによる架設、60m以上の桁ではブロック工法・現場打ちカンチレバー工法が主として採用されてきたが、この両者の間隙を埋めるものとして開発された架設方法が押し出し工法であり、従来PC桁が不得手としていたスパン40~60mの架設に適している。この工法の特徴は、桁の製作ヤードとして

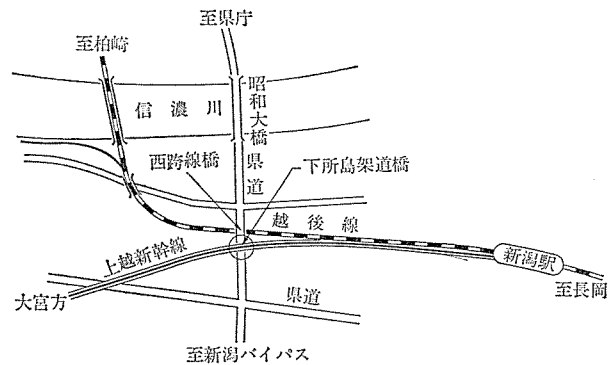


図-1 位置図

桁後方のわずかな範囲を使用すれば済み、押し出し架設される桁下には支保工はもちろん作業場等の設備も必要としないため、市街地での道路や鉄道の上空を横断する橋梁には最も安全かつ有利となる点にある。

ここに押し出し工法により架設した上越新幹線下所島架道橋について報告する。

2. 工事概要

上越新幹線下所島架道橋は新潟駅より約1.4km大宮方に位置している。この地点には、信濃川により東西に分割されている新潟市内を連絡する交通量の多い県道が、国鉄越後線と立体交差している、通称西跨線橋があ

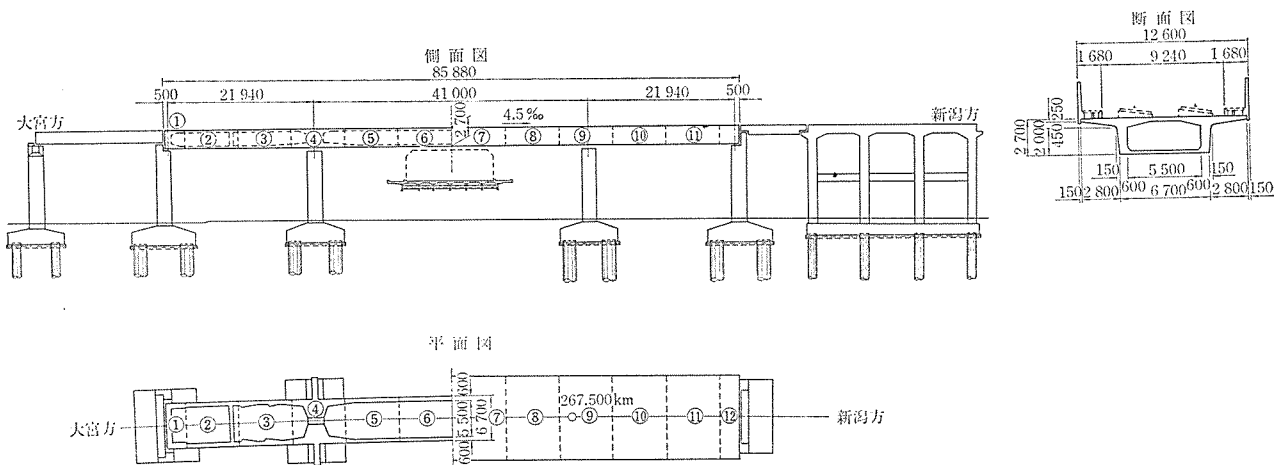


図-2 全 体 図

* 日本鉄道建設公団新潟新幹線建設局工事第五課長
** 日本鉄道建設公団新潟新幹線建設局新潟鉄道建設所所長
*** 日本鉄道建設公団新潟新幹線建設局新潟鉄道建設所副所長

り、本橋はこの跨線橋上をさらに立体交差するものである。構造は3径間連続 PC 箱形桁（1室断面）であって、線路勾配と桁下空頭確保の関係から桁高は 2.70m である。なお本橋の施工期間は、着手が昭和53年8月、しゅん功が昭和 54 年6月である。

3. 設計概要

3.1 概 要

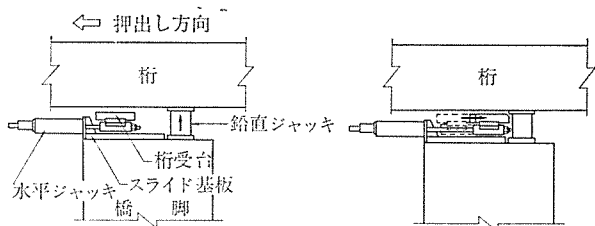
押し工法を用いる構造物は、その架設計画が設計と密接に関連しているため、架設計画を含めたバランスのとれた設計が必要とされる。すなわち、架設時と設計荷重作用時に生ずる断面力がそれぞれ異なるために、設計にはこの点が十分反映されていなければならない。

3.2 設計条件

設計条件は表-1に示すとおりであるが、本橋の押し工法による PC 桁としての特徴は、橋軸方向の PC 鋼材として架設時用・設計荷重作用時用を含め PC 鋼棒のみとしたことである。一般的な押し工法によれば、押し架設中の断面力を負担する架設時用鋼材には作業性の容易さから PC 鋼棒、設計荷重作用時に生ずる断面力に対応する完成時用鋼材には PC スtrandが用いられている。本橋の場合、当初大宮方からの押しを計画していたが、当該位置にあったアパートの移転が遅れたため新潟方からに変更した。しかし橋脚や隣接高架橋がすでに完成していたため、両者の狭あいな調整桁部分を製作ヤードとして利用せざるを得ず、通常設けられる準備ヤードが設置できなかった。このため PC スtrandの配置が事実上不可能となり、全体を PC 鋼棒による方法とした。

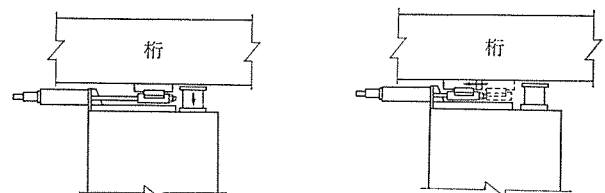
3.3 押し方式

押し工法における押し力の伝達方法を分類すると、大別して二つの方法に分けられる。その一つは特定の橋脚にジャッキを固定し、桁にセットしたアンカー材とジャッキ間の引張鋼棒を引張る方式であり、もう一つは各橋脚上に設けた桁受台を水平ジャッキにより滑動させる方式である。一般に工法略称として前者を T.L. 方式、後者を SSY 方式とよんでいる。なお本橋では SSY



① 鉛直ジャッキにて桁をわずか持ちあげる。

② 桁受台を水平ジャッキにより後方に移動する。



③ 鉛直ジャッキを下げ桁を桁受台に載せる。

④ 水平ジャッキの作動により桁は桁受台とともにスライド基板上を押し出される。

図-3 押し作動図

表-1 設計条件

スパン	21.94m + 41.00m + 21.94m		
曲線半径	R=2000m		
活荷重	N-18 P-19		
衝撃係数	i=0.324		
コンクリート強度	強度	設計基準強度	400 kg/cm ²
		プレストレス導入時	260 "
	許容応力度	プレストレス導入時(圧縮)	170 "
		" (引張)	-15 "
		設計荷重作用時(圧縮)	130 "
		" (引張)	0 "
		" (斜引張)	-9 (-12) "
破壊荷重時斜引張(許容値)	-20(-25) "		
" (最大値)	-40(-50) "		
鋼棒	P 主鋼棒 φ32 SBPR 95/120	引張強度	120 kg/mm ²
		降伏点応力度	95 "
		定着位置における作業時許容応力度	85.5 "
		設計断面における設計時許容応力度	66 "
	レラクセーション	3%	
	C 鉛直鋼棒 φ26 SBPR 95/120	引張強度	120 kg/mm ²
		降伏点応力度	95 "
		設計断面における設計時許容応力度	66 "
		レラクセーション	3%
	棒 横締鋼棒 φ26 SBPR 95/120	引張強度	120 kg/mm ²
		降伏点応力度	95 "
		設計断面における設計時許容応力度	66 "
レラクセーション		3%	
鉄筋(SD 35)	許容応力度	通常の繰返し応力を受ける部材	1800 kg/cm ²
		" (床版)	1400 "

方式を採用した。

SSY 方式による押し作動要領を 図-3 に示す。

3.4 手延べ桁

桁押し時の断面力を低減させるため種々の方法が用いられているが、通常次のような方法が考えられる。

- 1) 橋桁先端部に手延べ桁を取付ける
- 2) 支間中央部に仮支柱を設ける
- 3) ピロンを設ける

報 告

4) その他

以上の方法は現地の地理的条件・施工の難易・経済性・橋梁の支間等により適宜選択されるが、本橋では中央支間部に交通頻繁な県道があるため、桁先端部に手延べ桁を取付けるにとどめた。

手延べ桁の設計に際しては、過去の使用実績等から勘案して手延べ桁の剛性・単位重量等を仮定するが、実際に使用する手延べ桁との間に諸数値の差を認めた場合には再計算を行い、安全性の確認をする必要がある。一般に手延べ桁の長さは最大スパンの約 70%、剛度は主桁の曲げ剛度の 1/50 ぐらいであり、本橋では長さ 29m、重量 110t、桁高 2.20m~2.70m の変断面箱形断面手延べ桁を使用した。

手延べ桁は桁本体と片側当り 36 本の PC 鋼棒で、連結部に生ずる曲げモーメントにはプレストレスで、せん断力に対しては摩擦力（摩擦係数 0.5）によりそれぞれ抵抗させている。なお本橋の桁高は中央スパン 41m に対して $H=2.70m$ と比較的小さいため、連結部に生ずる断面力によるコンクリートの曲げ応力度の調整には苦慮した。

4. 施 工

4.1 施工概要

本橋の施工上における著しい特徴は $R=2000m$ の曲線中での施工にある。従来このような曲線中の施工は例がなく、実施にあたり桁本体を所定の位置へ据付ける方法が問題となった。しかし、SSY 方式の特徴でもある水平ジャッキの左右のストロークに差をつけることにより方向修正が可能と判断し、各橋脚上には横方向修正のための特別なガイド設備は考慮しなかった。押し装置の水平ジャッキストロークは 50cm であり、基準ブロック 8m を押し出すための反復作動 16 回のうちに桁を所定の曲線上に移動させるためには、曲線内側のジャッキストロークを外側より 1.5mm 短くする必要がある。このため板厚 1.5mm のプレートを挿入しストロークに差をつけたが、満足する結果を得ることができなかった。この原因として次の 2 点が考えられる。

- 1) 手延べ桁および桁本体を同一平面上の 4 点で支持することが極めて困難であり、調整用の鉄板・ベニヤ板等を挿入することによっても各橋脚上の左右の水平ジャッキに働く桁の反力を均等にすることがで

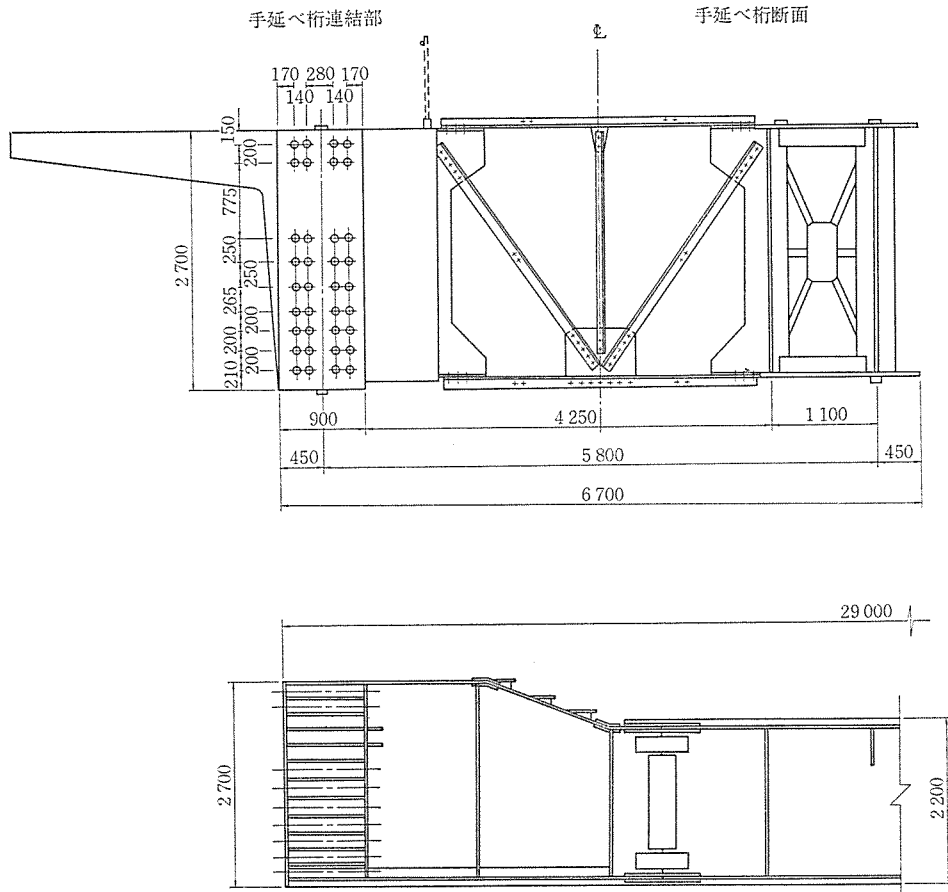


図-4 手延べ桁連結部詳細図

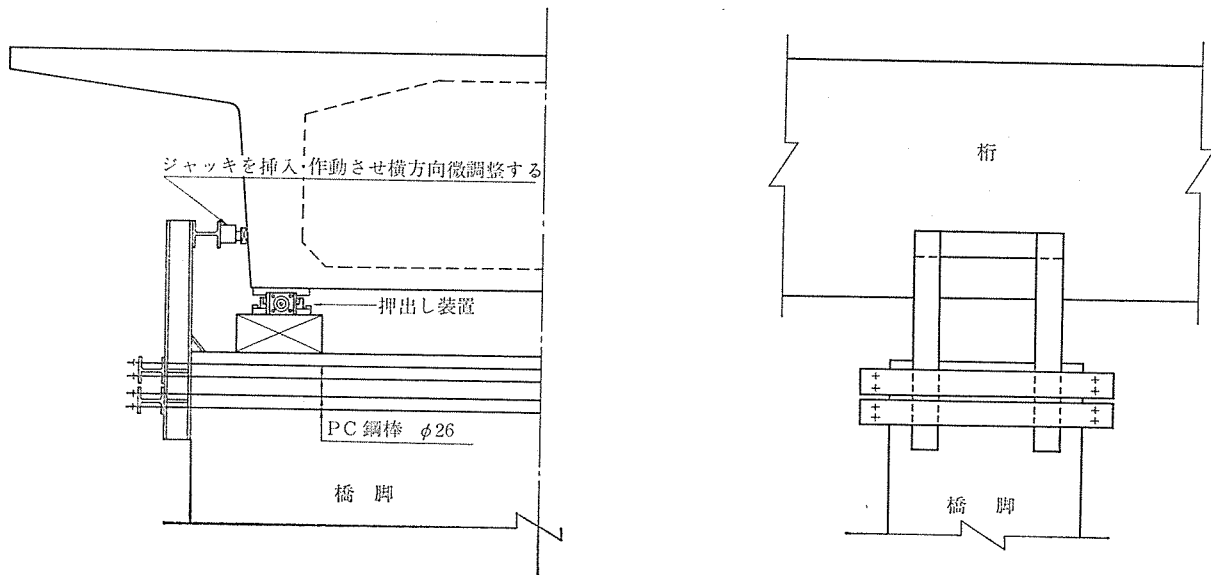


図-5 横方向ガイド略図

きなかったこと。

- 2) ジャッキの性能から考えると、ストローク差 1.5 mm の確保は困難であったこと。

したがって押し出し方向の修正には各橋脚上に大規模な横方向ガイドを設け、これを反力受けにして押し出しごとの横方向修正を行った。なおガイドは各支点上の最大反力の 5% (テフロン板摩擦係数相当分) の力に耐えうる構造とした。

ガイドの略図を 図-5 に示す。

4.2 押し出し装置

SSY 方式による押し出し装置は、鉛直方向と水平方向に作動する油圧ジャッキおよび桁受台、ならびにこの桁受台の支持台であり水平ジャッキの取付け台であるスライド基板、それにこれらを作動させる電動ポンプと連動装置から成り立っている。ジャッキは各橋脚につき2台、計8台を使用した。鉛直ジャッキによる桁のジャッキアップ・ジャッキダウン、水平ジャッキによる桁押し出し・ジャッキの引きもどしの一連の作業を安全確実にを行うため中央制御盤における集中コントロール方式とした。

通常、押し出しの完了した桁は次の押し出し作業までの期間、桁受台上に置かれるが、地震時における水平力は水平ジャッキのロッドで負担されるため、ロッドの安全性を確認しておく必要がある。本橋においては現場打ちカンチレバー工法の架設時における柱頭部の検討とほぼ同一の安全性を得られれば良いと判断し、片持ち最大のケースと各支点に最大反力の生ずるケースについて検討した。水平ジャッキのロッドには PC 鋼棒 $\phi 32$ (SBPR 95/120) が使用されているため、引張の許容応力度には降伏点応力度を、圧縮の許容応力度としては労働安全衛生規則に規定する応力度とし検討した結果、ともに安全の確認を得た。

4.3 押し出し作業

押し出し作業に要した時間は、1 サイクル当り (水平ジャッキストローク 50 cm) 約 10 分であり 1 ブロック (8 m) 当りでは約 3 時間であった。なお当初計画では 1 ブロックの製作・架設に要する日数を 7 日と考えたが、

- 1) 作業慣れに手間どったこと。
- 2) 各ブロックが同一断面の連続でなかったこと。
- 3) 準備ヤードが確保できなかったこと。

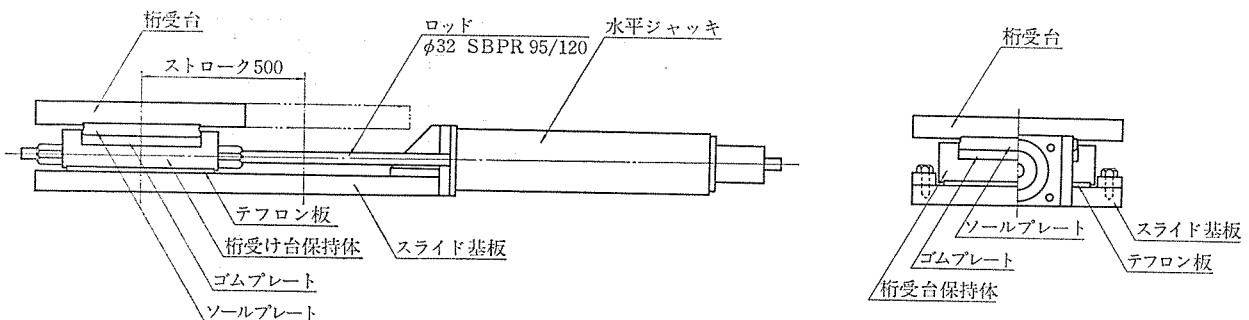


図-6 押し出し装置図

報 告

4) $R=2000\text{m}$ の曲線施工に伴う横方向微調整に時間を要したこと。などにより平均 10 日を必要とした。標準的なサイクルを表-2 に示す。

4.4 シュー・ストッパーの構造

本橋に使用したシューは PCI 形桁等を使用されている BP シューである。施工に当っては、あらかじめ箱抜きされた橋脚に下シュー部分を仮置きし、桁が所定の位置に据付けられたあと下シューをジャッキアップし、桁の上シューと一体化させる方法をとった。

ストッパーは幹線型のストッパーを採用したが、桁下空頭に余裕がなく、桁に埋込んだ形での施工ができなかったためストッパーを上下に分割した。施工はシューと同様な方法によったが、両者を一体化させるため接触面をクサビ式にするよう配慮した。

ストッパーの詳細を図-7 に示す。

4.5 摩擦係数の測定

押出し装置の滑動面における摩擦係数測定結果を図-8 に示す。

5. あとがき

押出し工法は、最近特に鉄道および市街地の交通頻繁な道路を横断する優れた架設方法として脚光をあびている。本橋は防音壁まで施工された橋桁を押出したので、道路上での施工が全くなく、交通を何ら阻害せず、また公衆に対しても危害を与えることなく無事故でしゅん功した。本橋のような立地条件であれば、橋長が短くてもかなり有利な工法といえよう。今後桁の修正方法の改善、熟練工の養成による施工速度の向上、架設用機材のはん用化を図り、より経済的な工法に改良されるよう期

表-2 標準 1 サイクル工程

作業内容		日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
①	外型枠	セット	■									
	底型枠	脱型									■	
②	下床版	配筋	■	■								
		鋼棒	■	■								
③	ウェーブ	配筋	■	■	■							
		鋼棒	■	■	■							
④	内型枠	セット				■	■	■				
		脱型										■
⑤	上床版	配筋					■	■				
		鋼棒					■	■				
⑥	コンクリート打設								■			
⑦	養生								■	■	■	■
⑧	鋼棒緊張											■
⑨	押出し、横方向移動											■

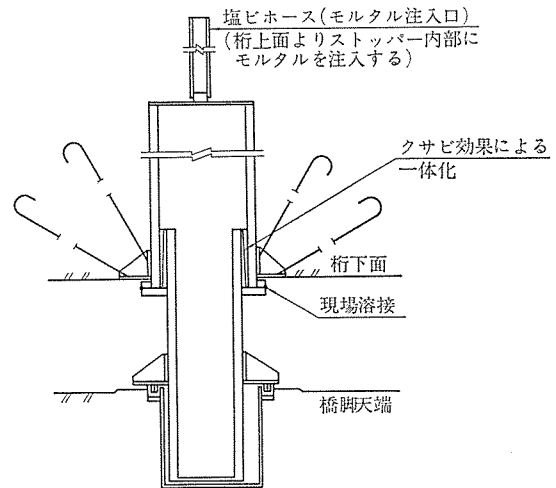
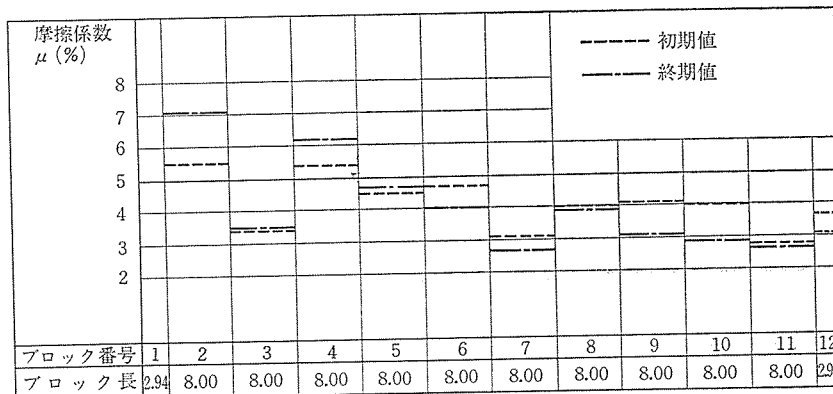


図-7 ストッパー詳細図

待したい。

最後に本橋の設計・施工に対し種々の御指導を賜った関係各位に深く感謝するしだいでありませう。



注 1) 図の各値は各ブロックにおける平均値である。
2) 初期値とは滑動開始時の水平反力を鉛直反力で、終期値とは滑動中の水平反力を鉛直反力でそれぞれ除した値である。

図-8 摩擦係数実測値