

押し出し工法

橋田敏之*

1. まえがき

押し出し工法は、以前より鋼橋の一般的な架設工法として広く知られているもので、架設する桁の先端に手延桁を接続し長径間をステーキングなしで架設する。

この架設法を重量の大きいPC桁に応用する最初のところみがオーストリアのAger 道路橋（全長 280 m）において 1962 年に行われ、以後、しだいにその有利性への認識が深まるとともに、ヨーロッパ各国（スイス、イタリア、フランス、西ドイツ、オランダ、ソ連）で実施に供されるようになり、我が国においても室蘭市の幌萌大橋（1974 年竣工、橋長 170 m）、東北新幹線 猿ヶ石川 PC 鉄道橋（7 および 8 径間連続桁で押し出し長さは 390 m、1976 年に架設終了）が施工されるにおよんで、押し出し PC 桁の計画が活発に行われるようになってきた。

本号は、架設機械の特集号であるが、押し出し工法が他の架設法に比較して架設計画が複雑なため、工法の安全対策、施工性の検討などが現時点において明確化されていないこと、および適用例が少なく橋梁計画が不十分なまま設計が進められる場合があることを考えて、これらの事項についても最近の検討結果をもとに最少限の注意事項を示した。

なお、機械および装置は、53 年 4 月末の調査時点で最新のものを関係各社に取りまとめ、図面化をお願いしたもので、一部ノウハウに属するものもあるが、押し出し工法の発展を希望する各社の誠意で公開されたものである。

2. 押し出し工法の概要

2.1 沿革

押し出し工法の基本構想は、1960 年代にバウル氏と F. レオンハルト博士から出された。両氏のアイデアを用いた 4 径間連続桁が Ager 橋に架設された。その後、ベネズエラの Rio Caroni 橋の国際入札に押し出し工法が入選した。この橋梁は 9.2m のプレキャスト箱桁を並べてプレストレスにより一体とし全長 500 m、10 000 t の重量の桁を製作し、橋脚、仮支柱上を押し出し架設した。

その後、各国に押し出し工法による架設が相次いで行われるようになった。各国の初期の橋梁を示すと表一の

ようになる。

表一 各国初期の押し出し橋梁

橋名	施工年次	国名	スパン割 (m)	桁高 (m)
Ager 橋	1962年	オーストリア	73+2×85+36	4.5
Caroni	1964	ベネズエラ	48+4×96+48	5.4
Inn	1965	オーストリア	84+3×102+60	4.6
Semarle	1968	イタリア	41+3×49+41	2.7
Boivre Poitiers	1969	フランス	36+5×43+36	2.5
Champigny	1969	フランス	35+70+35	3.35
Taubertal	1970	西独	4×54+60+7×54	3.55
Olleituings	1969	イタリア	38×36	2.12
幌萌大橋	1973	日本	53+63+53	3.0
Ravensbosch	1974	オランダ	42+6×56+42	3.3

我が国では、技術の導入および工事の実施が行われたのは、1973 年の幌萌大橋である。

現在、我が国で架設が終了している押し出し橋梁は、このほか猿ヶ石川鉄道橋、田平橋（橋長 113.4 m、1977 年）魚野川橋梁（上越新幹線ディビダーク工法の側径間に適用した、1977 年）、敷島橋（橋長 138 m、1977 年）などがある。

2.2 押し出し工法の分類

PC 押し出し工法の分類を、桁の製作方式、押し出し時の断面力の低減方法および、押し出し装置などの諸点より類別すると次のようになる。

(1) 桁の製作方式による分類

a. 場所打ちにより桁を順次、後方製作台上で打ち継ぎながら押し出す。

b. プレキャスト桁を PC 鋼材により順次接合しながら押し出す。

c. RC 構造で桁を打継ぎ順次押し出し、押し出し終了後、PC 鋼材により主桁にプレストレスを与える。

(2) 押し出し時の断面力の低減方法による分類

a. 先端に手延桁を使用する。

b. 架設径間の中間に仮支柱を設ける。

c. a. と b. の併用による。

d. 中央径間が大で仮橋脚の設置ができないとき（径間の中間で桁上面に縦断勾配を設ける必要があるときも該当する）両側より押し出し、中間で接合する。

上記 4 つのケースは、一般的な押し出し方法における断面力の低減方法であるが、これらのほか

e. 支点位置にタワーを立て、斜緊張材を使用する。

* 国鉄構造物設計事務所

例もあるが、斜緊張材の操作が複雑で転用に問題があり、さらに工費面などで有利でないなどの点で実施例が少ない。

(3) 押出し装置の分類

押出し装置に関する分類としては、これを4つの機能面により類別できる。なお、ここに示す分類は我が国で実施されている工法および計画が確定しているものに限って示すことにする。

a) 押出し中の桁から作用する鉛直荷重の支持方法

- i) コンクリート製あるいは鋼製の仮設滑りシュー
- ii) 水平ジャッキ付のスライドベース（仮設用 SSY 方式）

iii) 橋脚上の橋梁シューを用い、橋脚以外の支持装置としては、上記 i) または ii) を並用する。

b) 滑動の方式による分類

i) テフロンとゴムの複合したプレート（テフロン板と呼んでいる）を桁と滑りシューの間に挿入し、テフロン板と滑りシュー上面に貼ったステンレス板の間で滑動させる。

ii) 横移動装置に組込んだテフロン板を滑り架台上を滑動させる。

iii) 本来のシューの滑動機構を利用して、桁架設時の滑りに利用する（本シューの滑動部の長さを桁の押出しに適するよう 500 mm とする）。

c) 押出しのための水平力の加え方による分類

i) 特定の橋脚にジャッキを固定し、押出し桁にあらかじめ箱抜きした部分にアンカー材をセットし（ブラケットの場合もある）、アンカー材とジャッキの間に引張鋼棒を取付け、この引張鋼棒をジャッキにより引張ること

により桁に水平力を加える。アンカー材は押出しの進展にしたがって位置を変更することが必要であり、ジャッキのストロークごとに引張鋼棒の固定ナットの盛替えが必要となる（集中方式）。

ii) 各橋脚上および製作ヤードに設けたスライドベースの滑り架台に固定した水平ジャッキを作動させ滑り架台上の滑り台に水平力を加える（分散方式）。

iii) 各橋脚上のシュー（押出し装置兼用シューで上シューと下シューの間で滑動させる場合）に水平ジャッキを固定し、ジャッキにより桁を載荷した上シューを引張ることによって水平力を加える。

ii) と iii) による工法では水平力が桁に対して各装置より加えられるため分散押出し方式と呼ばれるのに対して i) は原則として水平力が桁に対し一点で加えられるため集中押出し方式と呼ばれるようになってきた。集中押出し方式で水平ジャッキによる方法もある。

d) 横方向修正装置

押出し桁が所定の位置に押出されるためには、押出し方向と直角の方向への位置の修正が一般に必要である。このための装置として、簡易なものとしては、横方向への滑動を防止しあるいは押出し方向に桁を押ししながら修正を行う横方向ガイド装置を設ける場合と、滑り装置の据付方向を微調整する場合があり、本格的な横方向位置修正装置としては、ジャッキにより橋軸直角方向の水平力を加えて位置修正を行うものがある。

横方向位置修正装置は、地震時に桁に作用する水平力に常時耐え得る機能、強度を有することが一般に要求される。

(4) 押出し工法の機能別の方式の組合せ

表-2 各押出し工法の機能別の方式の組合せ

押出し工法の呼び名	支持装置		滑動の方式	押出し力の加え方	押出し方向修正方式	工法略称
	材質	設置、撤去				
集中引張方法 (集中方式)	コンクリート	仮設により橋脚頭部に設置し使用後撤去の後橋脚を後埋め	テフロンとゴムの複合板による。人力により挿入を繰り返す	特定の橋脚をアンカーとした集中方式	横方向ガイドによる簡易修正方法による	レオンハルト方式
分散押出し方式 (分散方式)	鋼	仮設により橋脚頭部に設置し、使用後撤去する。装置高が小さく後埋めは一般に不要	装置に内蔵されたテフロン板部が前後に滑動する	各橋脚の水平ジャッキにより水平力を加える分散方式	すべり装置の据付位置の修正による（簡易修正方法）	SSY方式
本シュー利用の集中方式	鋼	本シュー上に滑動のためのステンレス板を設け使用後同板を撤去し、桁とシューを固定する	テフロンとゴムの複合板による。人力によりシュー上面と桁の間へ挿入を繰り返す	集中方式	横方向ガイドによる簡易修正方法	
本シュー利用の分散方式	鋼	正規にシューを据付け、押出し終了後桁とシューを固定装置により固定する	本シューの滑動機能を拡大したもので、上シューが前後に滑動する	各橋脚の水平ジャッキによる分散方式	横方向の位置修正は水平ジャッキによる	

【注】 本表は我が国で今後検討の中心となると思われる工法で、現在計画されているが、すでに実施された工法より示した。

●押し出し工法●

以上述べた各機能は、それぞれが組合わされて、独自の特徴を有する押し出し工法を形成しており、表-2 に工法名称と、各機能別方式の組合せを示す。

2.3 橋梁工法としての特長と橋梁形態

押し出し工法は、i) 桁の製作ヤードが一定の場所に限定されること、ii) 各種の桁製作作業が、装置の利用で省力化され、かつサイクル化が行われること、iii) 押し出し延長が長い場合には十分他工法に比較し経済的になること、iv) 建設時の騒音、公衆災害などの面で有利な施工計画を立て得ること、v) 桁の外観、桁高などを統一できるので橋梁の景観が好ましいこと、vi) 仮設の要求の少ない押し出し工法（本シュー利用の場合）では、架設に伴う危険な作業、手もどり作業などを皆無にできるので、他の既存の架設工法に比較して安全性が極めて高いなど多くの架設工法のもつ利点が認められて、押し出し工法の適用対象は工法の改良に伴い、急激な拡大を示すことになった。

従来、場所打ちカンチレバーあるいはブロック工法などが想定されたケースにおいても押し出し工法が検討の対象となり、工期、工費、施工性などの面でもこれらと同等か、あるいはこれらを凌駕する状況にある。

参考までに東北新幹線における工事費の例を示すと表-3 のようになり押し出し工法は、条件が良い場合には十分に経済的な工法といえることができる。

表-3 東北新幹線スパン 33 m 級 PC 桁の工費比較表

橋梁名	施工法スパン他	施工桁延長 (m)	桁長 1 m 当り工費 (万円)	積算時期	支保工高 (m)
前九年 BL	移動支保工による PC 箱桁スパン 33 m	1400	111	52.12	—
第 5 新堀 Bi	一般支保工による PC 箱桁スパン 33 m	33	120	52.11	5
江刺地区 PC 桁	PCI 8 主桁 在来架設工法スパン 33 m	99	152	52.8	—
猿ヶ石川 橋梁	押し出し工法による PC 箱形連続桁スパン 30 m	392	122.2	50.12	—

〔注〕 本表では工費を比較のため積算時期、桁長がほぼ同程度の橋梁を選んだ。

(1) PC 押し出し工法が好ましい適用対象橋梁

PC 押し出し工法が適する条件を簡条書きに列挙して示すと次のようなものとなる。

i) 鉄道線路、道路上空を横断する橋梁の架設において、従来の桁架設工法において取られた必要な安全措置（鉄道線路上などでは、線路閉鎖、キ電停止など）をとることができない条件の場合には押し出し工法のうち安全

度の高い工法を選定するなど、安全性の要因に関する検討を行い、必要とする条件が満足されたとき押し出し工法による架設が検討できる。

ii) 支保工の架設が困難か、支保工が可能でも割高な橋梁。

iii) 工専用栈橋などの設置ができないか、できても設置期間が渇水期間などに限定されるなど制約があるとき。

iv) 河川、道路、鉄道線路など支保工の施工、架設などに制約を受ける条件が重なる地域の橋梁。

v) 市街化、住宅密集地などで建設公害が問題となる場合。

vi) 桁長が 35 m 以上と長く、移動支保工の適用範囲を越えるスパンの場合。

(2) 今後の押し出し工法の適用対象の拡大について

押し出し工法は 2.3 のはじめに述べた多くの特徴を有するため (1) に列挙した好ましい適用例を示すことができたが、最近の橋梁の発注状況の傾向より次の諸点においても押し出し工法の検討が行われ、適用対象の拡大が行われることが期待できる。

i) 桁本体構造の経済化と押し出し工法の施工性の改善により、移動支保工による桁式高架と同様に、桁式高架の施工法として、住宅密集地における建設公害の軽減、都市景観の向上、工費の節減などに貢献する。

ii) 300~500 m などの長大工区の押し出し工法の同時発注により工事発注の簡略化、工事の消化能力の増加、急速施工などが達成できる。

2.4 安全性、施工性の要因

PC 押し出し橋梁は、計画に際して、橋梁の施工法の比較対象とされ、最近では採用が決定するケースが他に比較して多くなったが、その理由は 2.3 に述べた数多くの好ましい特長が他の工法をしのいでいるからであるが、とくに (1) i) に述べた鉄道線路・道路上空を横断する工法として安全性が極めて高く、この面ではかに比肩する工法がないためと考えられる。

国鉄では、押し出し工法を安全施工の面から検討を加えて、最近において設計施工指針案の作成にあたってきたが、安全性、施工性の要因として図-1 に示す項目について指針案を作成している。

3. 架設装置の構造

ここに紹介する図面は、関係各社において製作したものを、そのまま掲載したもので図面の加筆訂正などが行われていないことをおことわりしておく。

3.1 集中引張方式（集中方式）

押し出し施工要領の図-2 には、橋脚頭部を切欠いた施

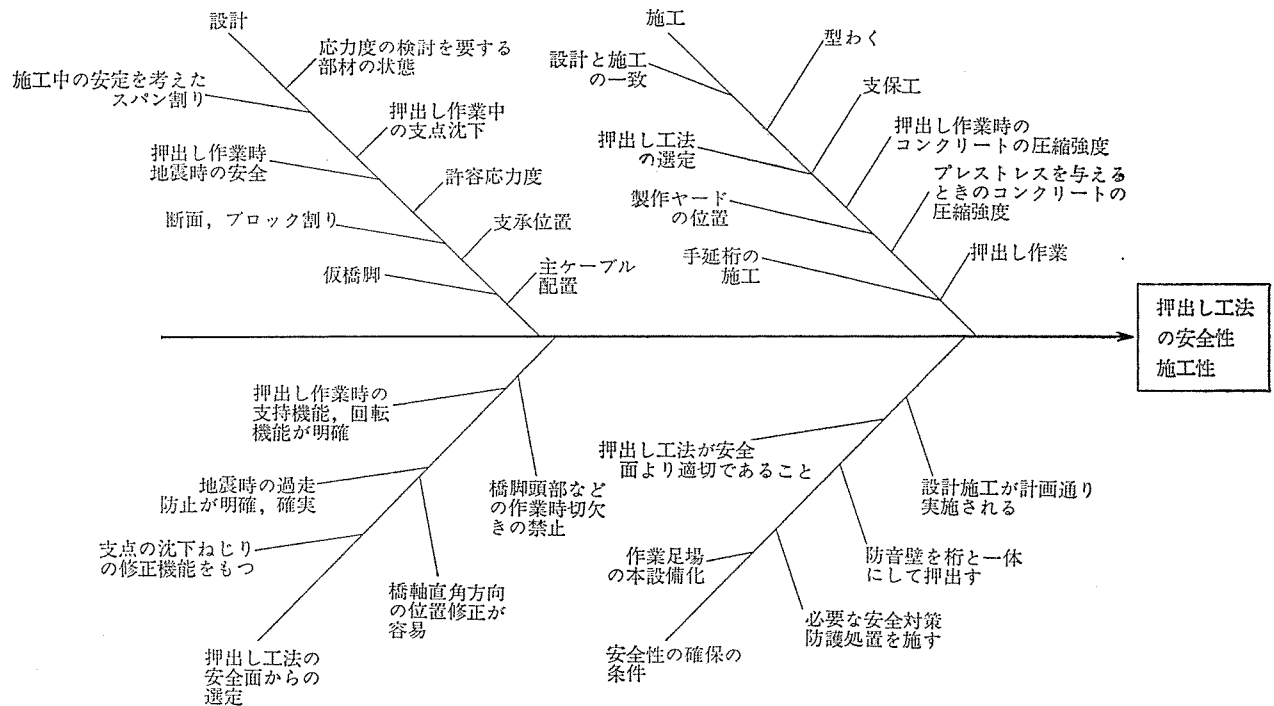


図-1 PC押し出し工法の安全性, 施工性要因図

工方法が示してあるが、本シュー利用の集中方式の検討も進めている。

滑り支承図(図-4)は一般図を示すものであるが、形状の細部は施工会社のノウハウとされている。

3.2 分散押し出し方式

集中引張方式の 図-2, 3, 4 に相当する図を 図-5, 6, 7 に示した。

図-8, 9 は、押し出し装置兼用シューを示す。

図-8 は東北新幹線中津橋梁の設計図より抜き出した兼用シューで、図中に施工法の概要を記した。

鉛直反力 2000 t までが現在計画されている。

図-9 は集中方式に検討中の押し出し装置兼用シューで、コンクリートタイプの滑り装置を本シューに置換えたものである。

3.3 手延桁

手延桁は棧能面より、手延部、同先端部、押し出し桁先端との取付部より構成される。

先端部は、先端の自重による下がりを受けて、押し出し装置上に手延桁下面を載荷させるためのジャッキ装置をもち、取付部は、桁本体と接合するためPC鋼棒による接合をはかるための定着板をもち。

手延桁は、手延桁の所要長さに応じるため、また運搬上の都合より 7~10 m 程度の長さでユニット化されている。

構造は、桁本体との取付位置の変化に対応でき

るように配慮した図-10 に示す形式と図-11 に示すオーソドックスな形式の2種類のものが実施されている。

4. 施 工

施工にあたっては、図-1 に示した各項について、あるいはこれに類する項目の必要とする内容の確認を行うことが、最初の作業となるものと考えられる。

ついで、現地の条件に応じた施工計画書の作成作業に入る。

押し出し工法の細部については、各工法の説明書を参照されるのが良いが、まだ、適当な工法説明書が作成されていない。早急な整備が望まれる。

作業サイクルは、一週間を単位とすることがコンクリートの養生面より好ましく工程短縮に結びつく。そのため、設計段階において、作業量を配慮して1サイクルのブロック長さを定める。

5. ま と め

我が国においては、押し出し工法は、最近急激な施工計画の伸びを示している。

そのため数少ない経験のもとで、長大スパンの押し出し工法を実施する状況におかれている。

押し出し工法に使用する装置類も、したがって発展段階にあり、今後、安全性の確認、装置機能の改善などの諸検討が一段と進められることが必要である。

● 押し出し工法 ●

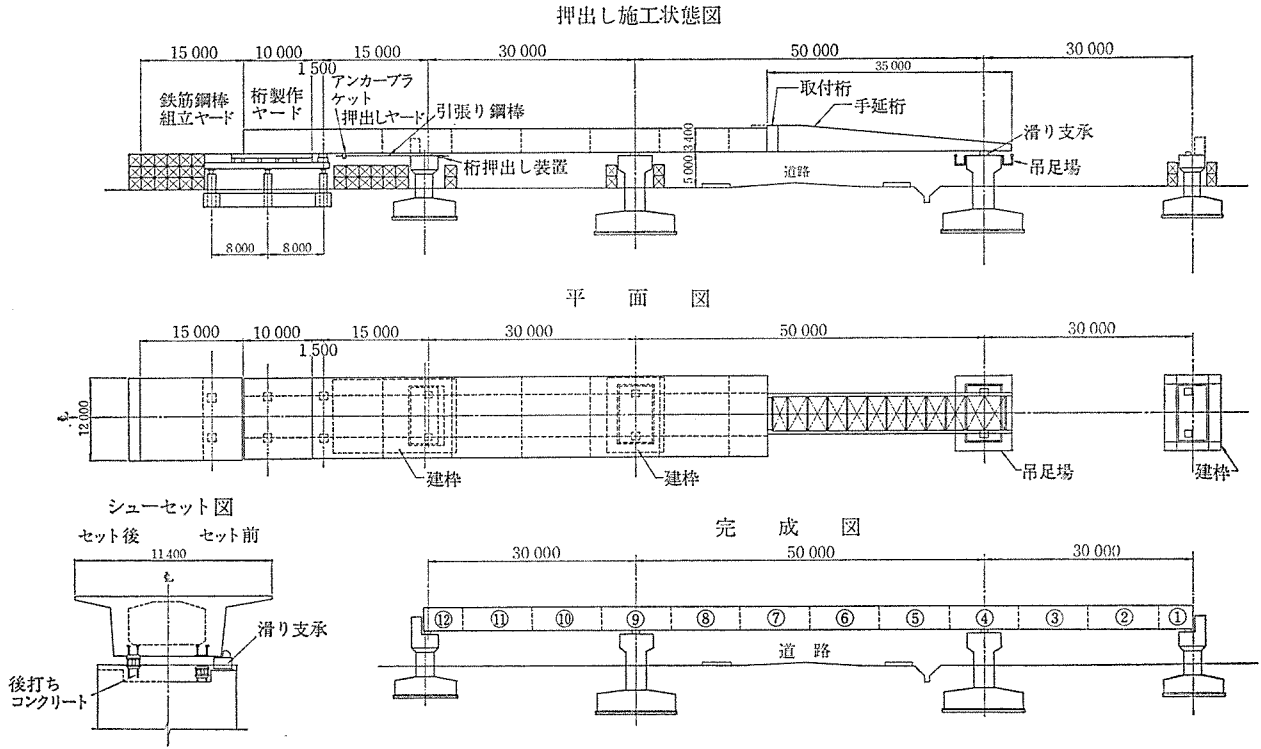


図-2 押し出し施工要領図（集中方式）

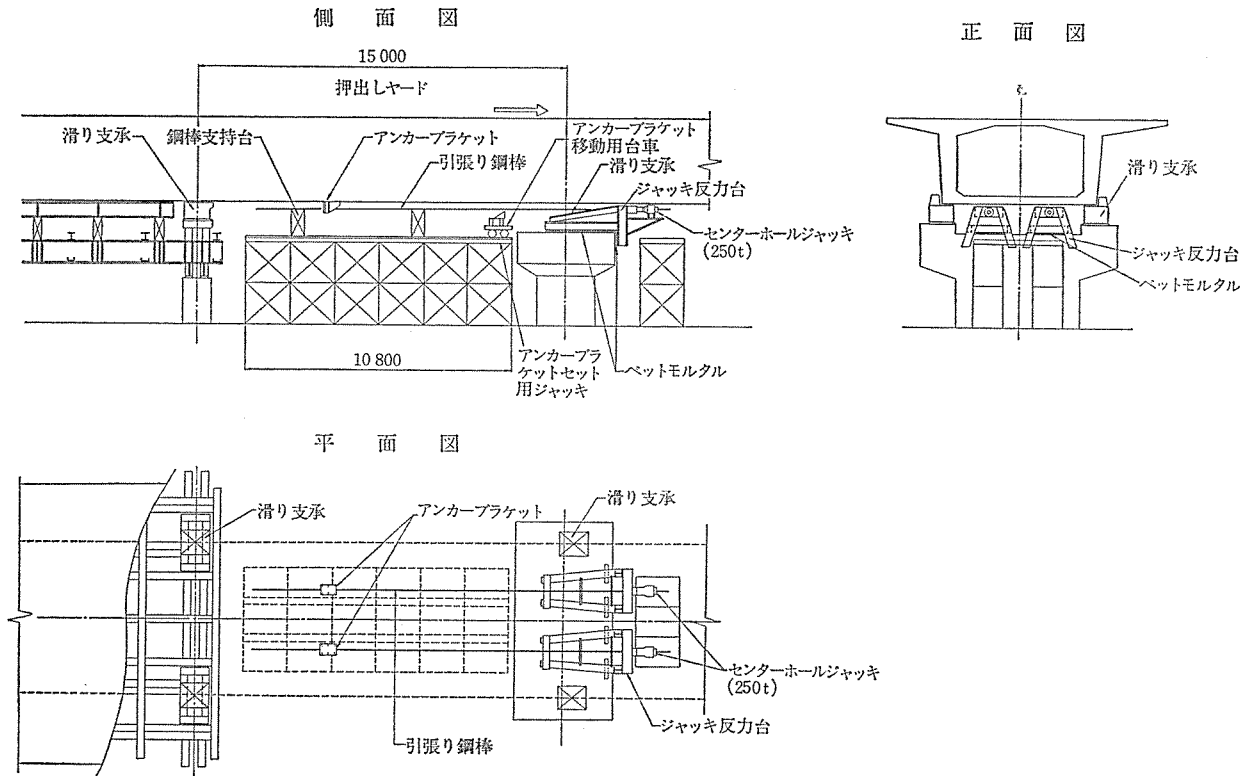


図-3 押し出し装置配置図（集中方式）

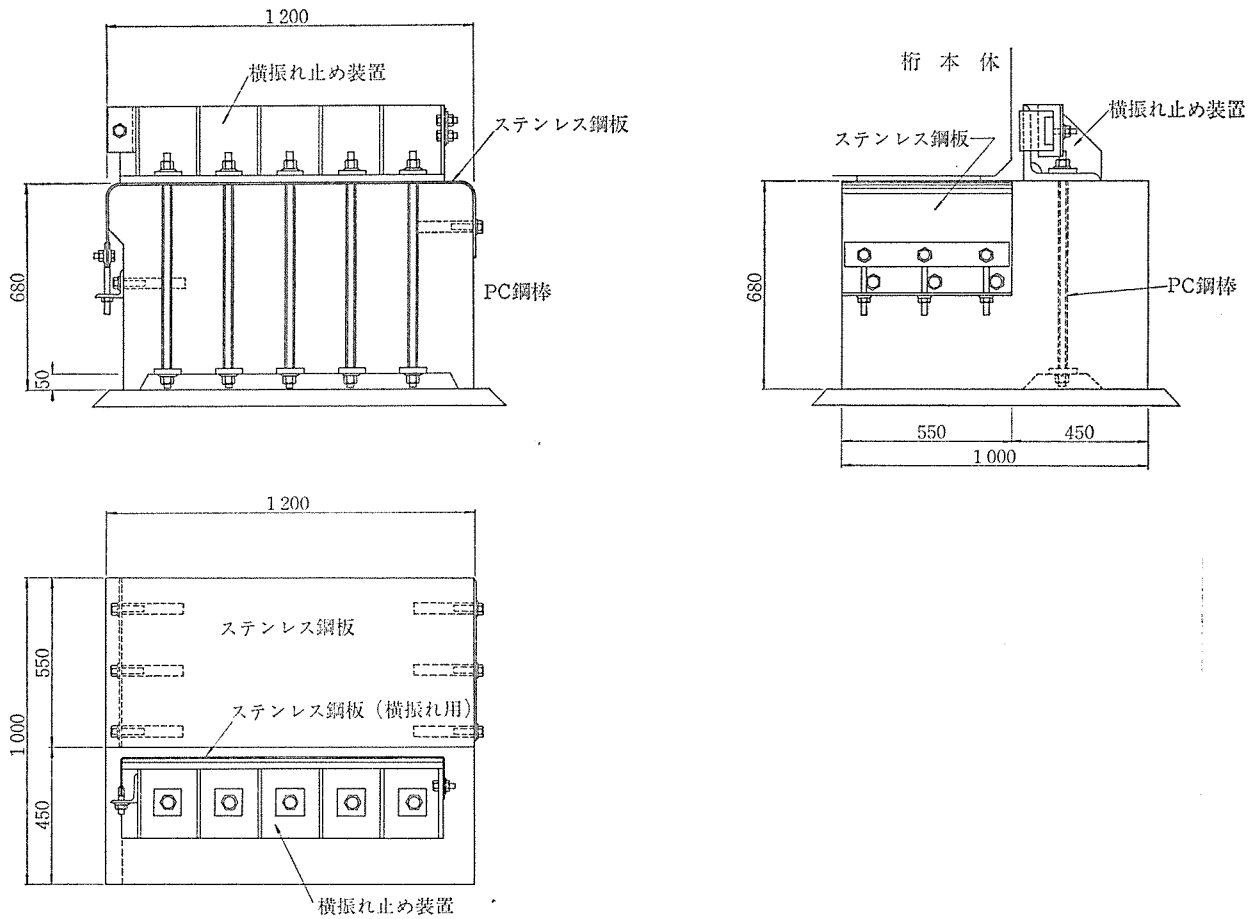


図-4 滑り支承図(集中方式)

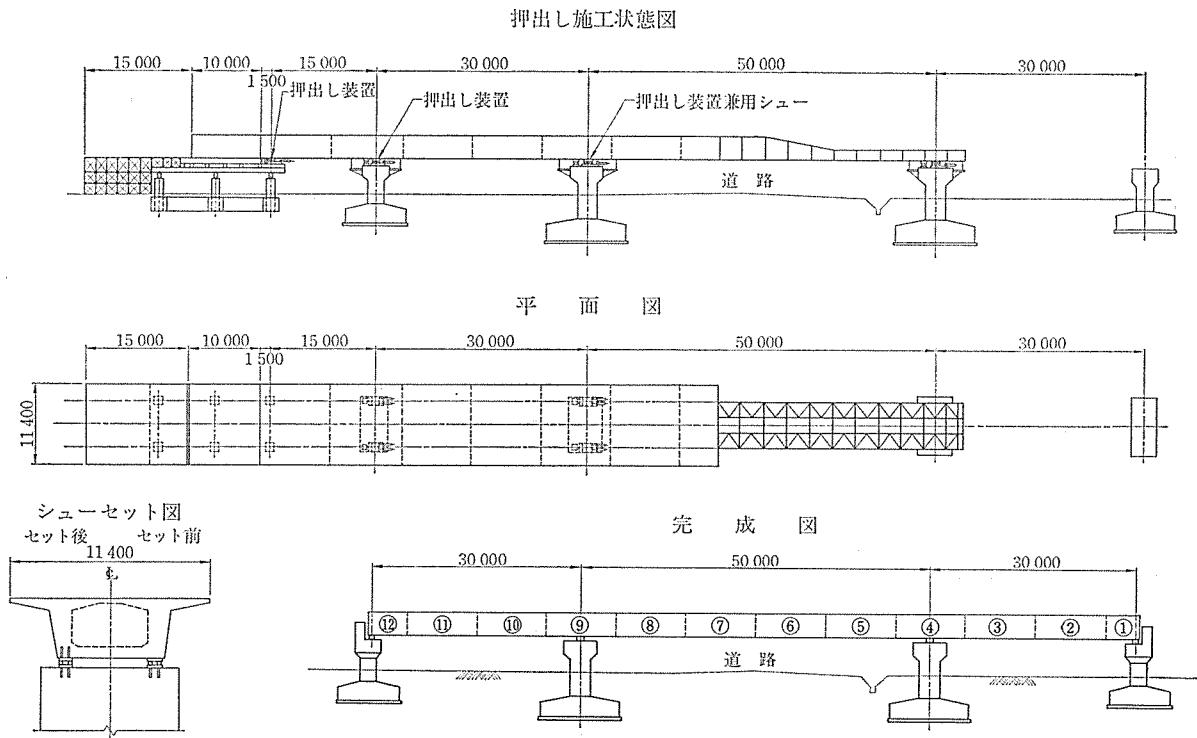


図-5 押し施工要領図(分散方式)

●押し工法●

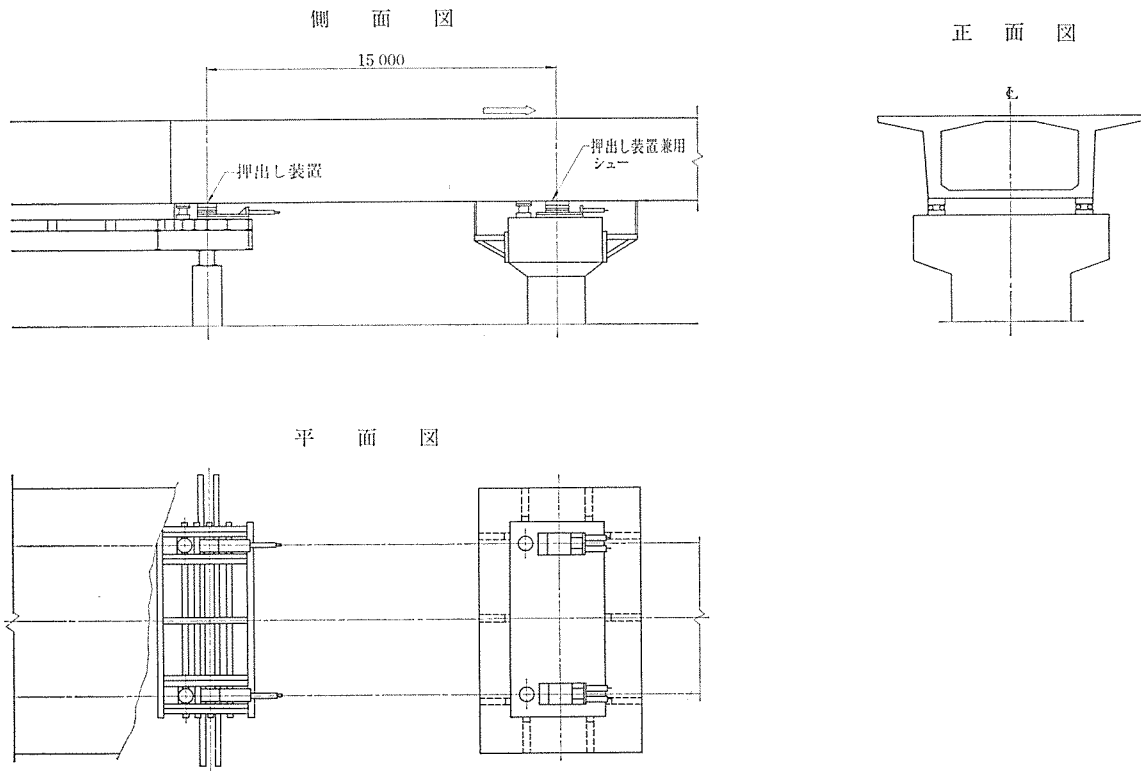


図-6 押し装置一般図(分散方式)

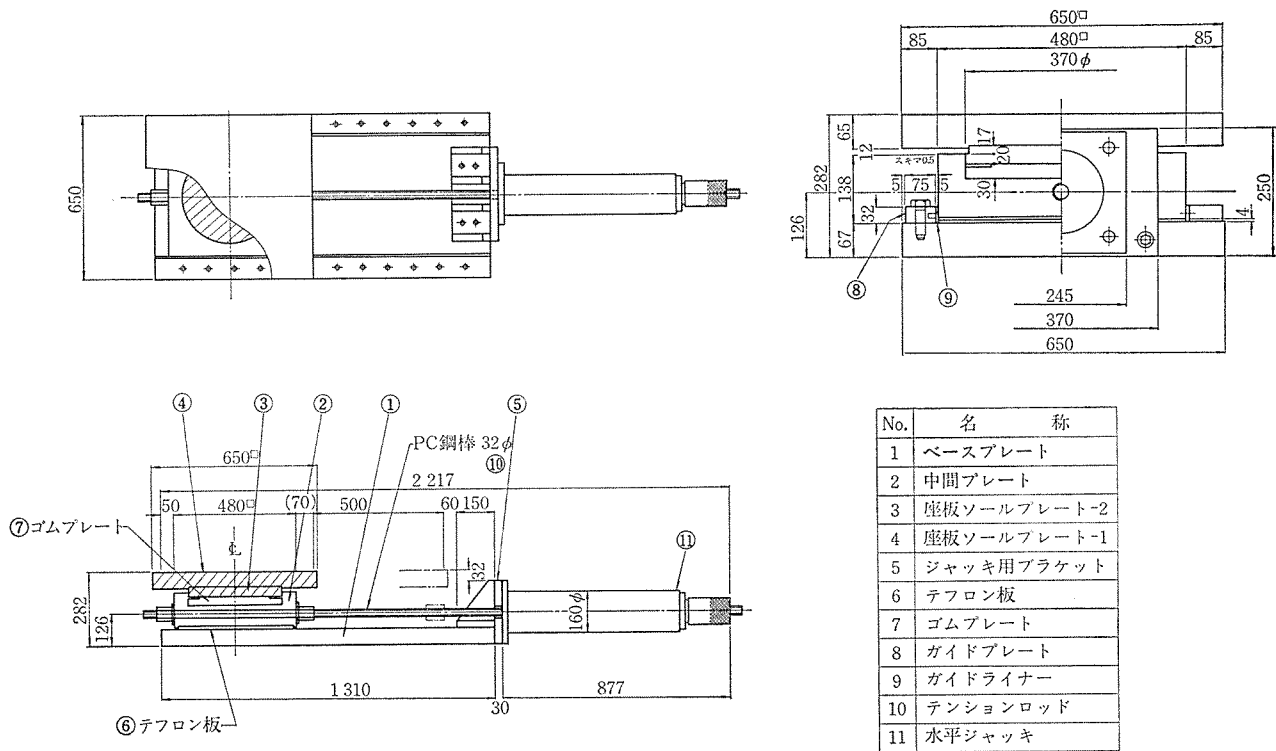
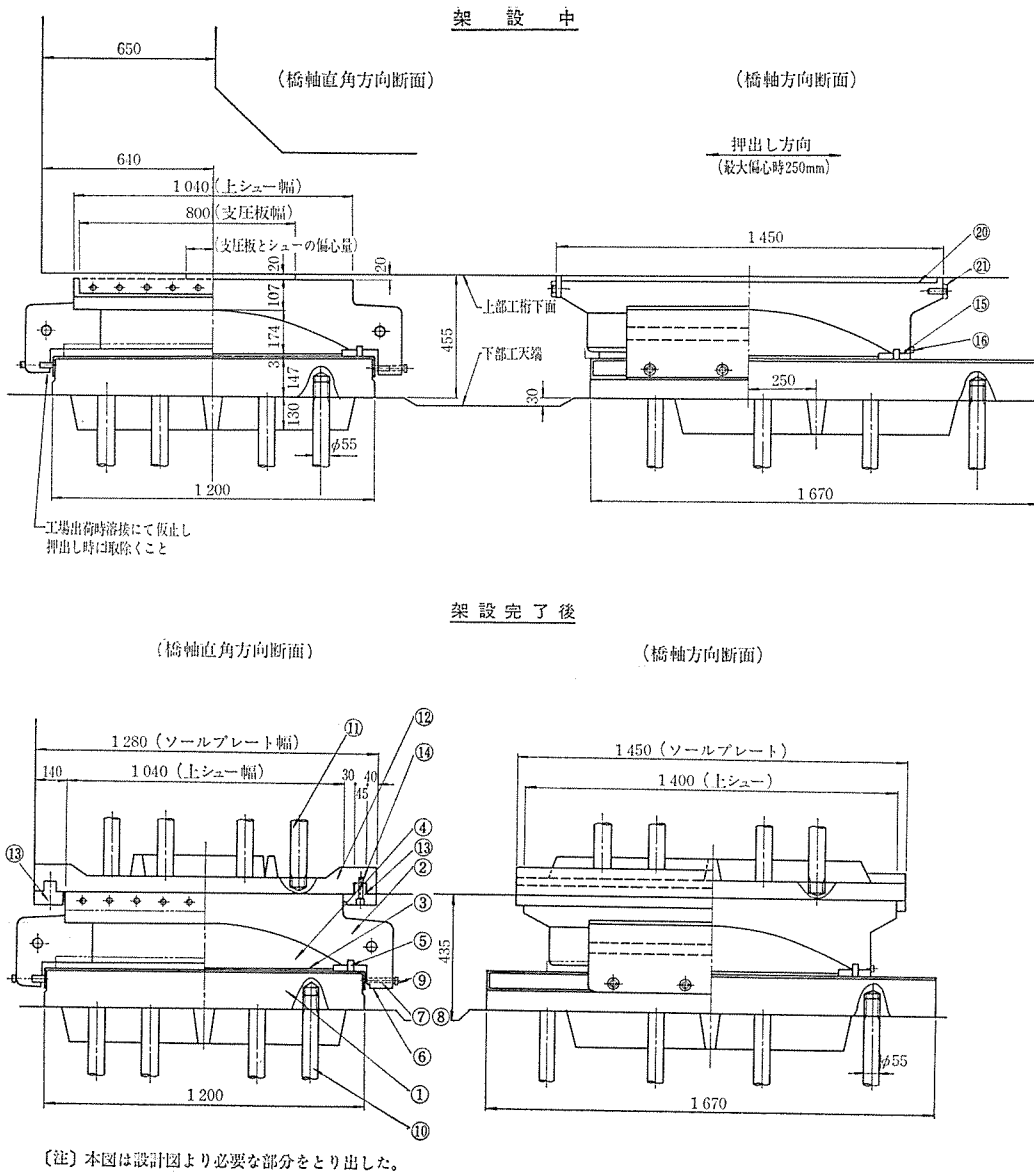


図-7 押し装置(800 ton 用, 分散方式)



材 料 表

品番	品 名	材 質	個数	重量 (kg)
1	下 シ ュ ー	SCMn 2 A	1	2403
2	上 シ ュ ー	SCMn 2 A + S S 41	1	2525
3	オイレスグライト板	充填材入り P T F E	1	7
4	支 承 板	H B s C 3 B + S L	1	661
5	シ ー ル リ ン グ	クロロレン スポンジゴム	1	4
6	位 置 調 整 ば ね	S U P 6	4	5
7	ばね調整プレート	S M 50	4	10
8	ばね取付ボルト	S C M 3	4	1
9	ばね調整ボルト	S S 41	8	3
10	アンカーボルト	S 35 C N	12	137
11	アンカーバー	S 35 C N	12	148
12	ソールプレート	SCMn 2 A	1	1095
13	ライナープレート	SCMn 2 A	1	85
14	ライナー取付ボルト	S C M 3	8	3
15	防 塵 カ バ ー	S U S 304 (JIS G 4305)	2	2
16	カバー取付ボルト	S U S 304 (JIS G 4315)	14	1
17	滑 り 板 A	S U S 304 (JIS G 4304)	1	46
18	滑 り 板 B	S U S 304 (JIS G 4305)	2	4
19	滑り板取付ねじ	S U S 304 (JIS G 4315)	44	1
20	架設用支圧板	S S 41	1	218
21	支圧板取付ボルト	S S 41	16	5
総 重 量 (kg)		7140	(20, 21 を含む 7363)	

架設材

押し施工時

- ③のグライト板の下面で滑動する。
- 下シュウにジャッキを固定しジャッキテンションバーを②上脊に設けたボルト穴に固定しジャッキを操作することにより上シュウを前後に移動して上シュウ上のPC桁を押し出す。

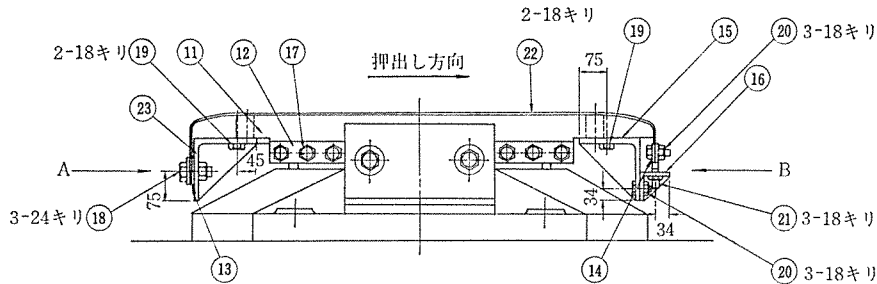
押し終了後

- 押し終了後上シュウを③ライナープレートにより固定して架設を終了する。

図-8 分散方式押し兼用シュウ (東北新幹線中津橋梁2050 t)

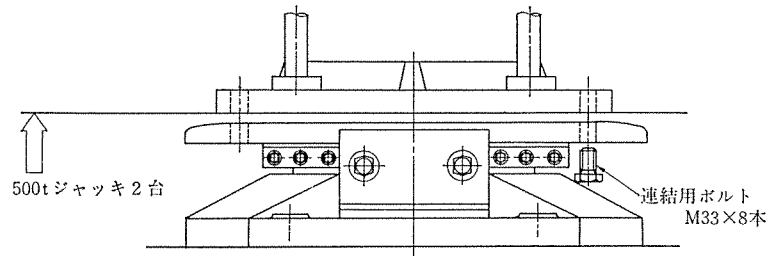
押出し施工時

- 1) 上シュューと下シュューの間に“固定ブロックを入れて固定する”
- 2) 上シュューにステンレス鋼板を張り“滑りシュュー”の役目をさせる
- 3) ソールプレートは上部工主桁の所定の位置に埋め込んでおく



押出し完了時

- 4) 押出し完了後桁をジャッキアップして固定ブロックテフロン板ステンレス板を撤去
- 5) ソールプレート上シュューを連結用ピンを差込んで固定する
- 6) ジャッキダウン

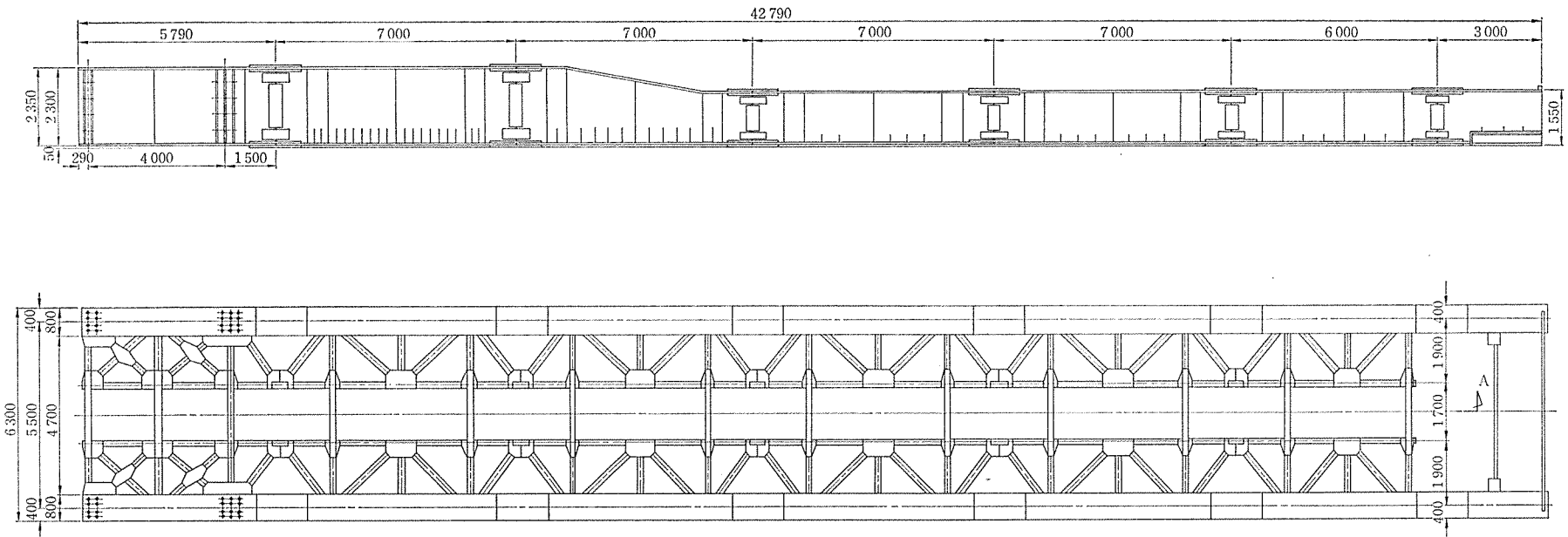


材 料 表

符号	名 称	材 質	個数	単 重	重 量	摘 要
1	下シュュー	SCMn 2 A	1		1044.2	
2	上シュュー	SCMn 2 A	1		561.5	
3	ソールプレート	SCMn 2 A	1		312.4	
4	支圧板	BP-1	1		99.8	
5	サイドブロック	SCMn 2 A	2	30.86	61.7	
6	サイドブロックボルト	S 35 C-N	4	1.34	5.4	M 36×110 (S=80)
7	アンカーボルトナット	SS 41	4	15.59	62.4	
8	アンカーバー	SS 41	4	12.66	50.6	
9	連結用ボルト	S 35 C-N	8	0.89	7.1	M 33×80 (S=72)
10	シールリング	クロムレンゴム	1		0.7	
11	固定ブロック(1)	SS 41	2	1.92	3.8	
12	” (2)	”	4	1.92	7.7	
13	プレート (1)	”	2	1.37	2.7	50×5×700 l
14	” (2)	”	2	1.10	2.2	40×5×700 l
15	山形鋼 (1)	”	1		24.9	150×150×15 700 l
16	” (2)	”	1		4.8	70×70×6 700 l
17	ボルト	F 11 T	12	0.28	3.4	M 22×60 (S=40)
18	ボルトナット	”	3	0.35	1.1	M 22×60 (S=40)
19	ボルト	SS 41	4	0.10	0.4	M 16×35 (S=25)
20	ボルトナット	”	6	0.14	0.8	M 16×40 (S=35)
21	”	”	3	0.15	0.5	M 16×70 (S=60)
22	ステンレス鋼板	SUS 304	1		10.5	700×1.5×1270
23	山形鋼	SS 41	1		24.9	150×150×15 700 l
合 計 重 量					2293.5 kg	

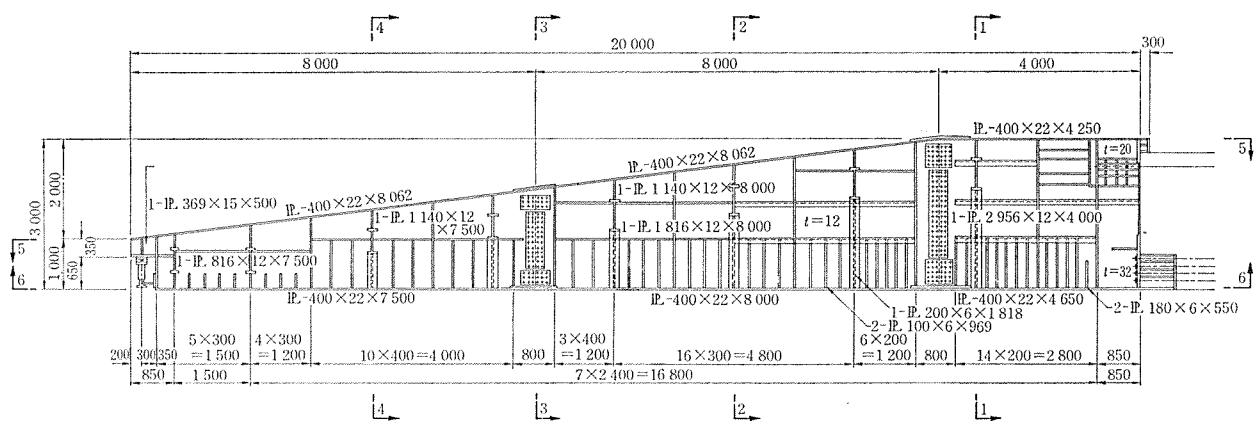
[注] 検討設計図より抜すいた。

図—9 集中方式における押出し兼用シュュー (検討案)

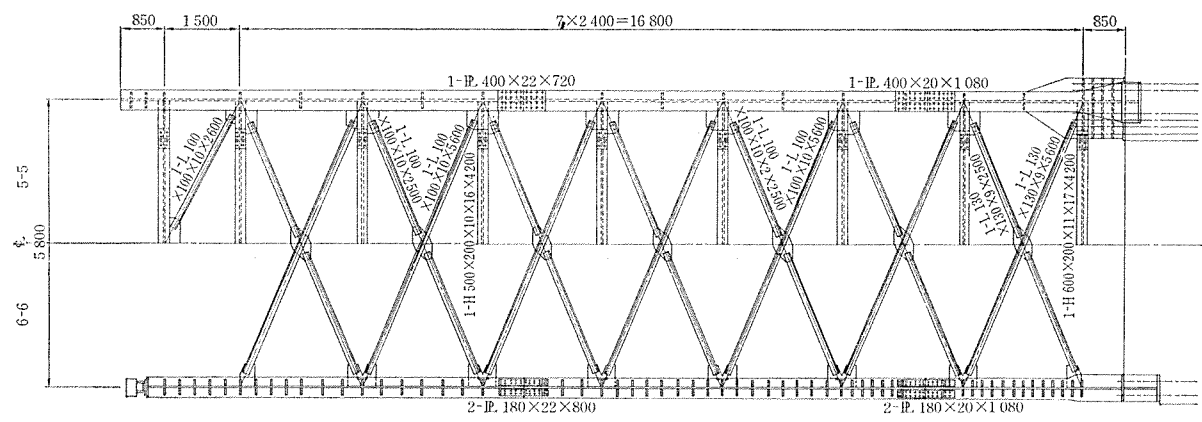


図一10 魚野川橋梁手延桁（上越新幹線）

側面図

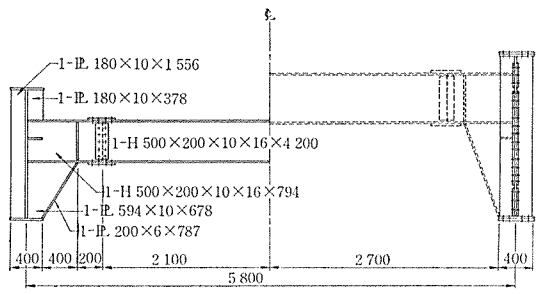


平面図



4-4

3-3



2-2

1-1

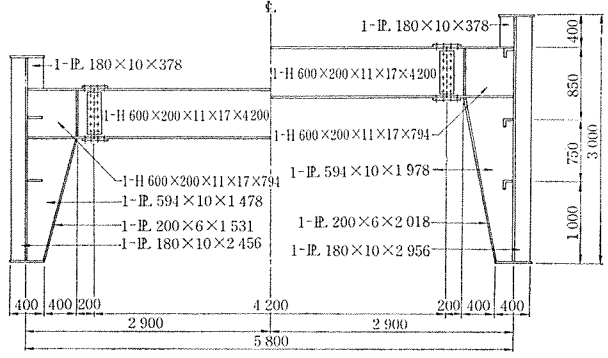


図-11 猿ヶ石川橋梁手延桁 (東北新幹線)

押出し工法は、すでに述べた二つの方式に大別されてグループ化が行われ、あるいは協会が結成されている。技術の研さん、優れた特徴をもつ工法の普及発展に益することが大であることが期待される。また、今後、より優れた押出し工法の開発も期待される。

押出し工法は、国鉄、とくに東北新幹線の橋梁架設法の最重点研究課題と目されている。道路橋についても計画が著しく増加していると聞いている。

今後の押出し工法の発展を心から期待してやまない。

6. 参考文献

- Bridge Construction by Extrusion Sliding/H. Korn/Concrete, May 1975
- 押出し工法によるPC橋の架設/只野直典/建設機械, 10 巻第2号
- 押出し工法による田平橋の設計と施工/清水基衛ほか/プレストレストコンクリート, Vol. 19, No. 6
- 押出し工法による幌前大橋の設計と施工について/水沢和久ほか/プレストレストコンクリート, Vol. 16, No. 3
- 押出し工法/石黒吉男/施工技術, 1975. 10
- 東北新幹線猿ヶ石川橋りょう建設工事/長崎光男/コンクリート工学, Vol. 15, No. 1
- 押出し工法の研究と開発/鈴木昭好ほか/橋梁, 1976. 1. 2
- 魚野川橋梁(上越新幹線)の設計施工/金子滋ほか/橋梁, 1977. 12

1978 年版 FIP Notes 購読予約受付について

1977年版は入手部数の関係上、折角のお申込みに対し一部会員の方々にはお断り申し上げ大変失礼いたしました。1978年版につきましてはFIP本部から若干の増量発送が認められましたので、この機会にお早目に下記要領にてお申し込み下さい。予約価格は前年度と変わりません。

- 1) 内 容：ロンドンに事務局を置くFIP (Fédération Internationale de la Précontrainte の略) は、PC技術普及発展のための国際交流機関で、その組織下にある各種委員会の活動状況や世界各国の技術水準を知るにふさわしい工事写真、報告、論文等が掲載されている。
- 2) 発 行：隔月刊(年6回)
- 3) 体 裁：A4判の英文、頁数12~16(不含表紙)
- 4) 価 格：年間(6冊分) 3600円(送料手数料共)
- 5) 申 込：希望者は「ハガキ」に必要部数、送付先(〒)、氏名、所属会社名記入のうえ協会事務局(電03-261-9151)へ、送金は三井銀行銀座支店(普通預金)920-790。なお、部数に制限がありますのでお早目にどうぞ。

◀刊行物案内▶

プレストレスト コンクリート 第7回FIP大会特集増刊号(英文)

- 体 裁：B5判 117頁
 定 価：1800円(会員特価1500円) 送 料：200円
 内 容：1974年5月ニューヨークで開かれたFIP(国際プレストレッシング連盟)大会にわが国より提出された論文(英文)をとりまとめたもので、詳細は会誌16巻2号参照。