

(130) S字曲線を有する下田水高架橋の片側押出し施工報告

本州四国連絡橋公団第三建設局今治工事事務所 藤田 太
 ピーシー橋梁(株)大阪支店工事部 正会員 三上 守
 極東工業(株)広島支店工事部 下元 栄治
 ピーシー橋梁(株)大阪支店技術部 正会員 ○廣井 幸夫

1. はじめに

下田水高架橋は、来島第一大橋の取り付け高架部のうち起点側に位置する、橋長259.000mの7径間連続PC箱桁橋である。本橋の平面線形はR=2000m~A=310、R=800mというS字要素を有し、当初支保工による分割施工にて計画されていた。しかし、架橋位置が丘陵部に位置し周辺にホテル、住居等が隣接しているため、地形及び周辺環境への配慮、またSP7橋脚背面に県道があるという点より、SA1側からの片側押出し施工に変更された。従来S字曲線橋は、主桁製作ヤード内の設備及び押出し軌跡管理等の問題より両側からの押出し施工が基本とされてきた。そのためS字曲線橋を片側押出し施工した橋梁として、本橋が国内初めての施工例となった。

本橋の施工的特徴を以下に列挙する。

- a) 押出し方法は、押出し推進反力を各橋台、橋脚に受け持たせる反力分散方式を用いた。
- b) S字曲線を主桁構造中心単曲線(R=2005.25m)に置き換え押出し施工(図-1)するため、各ブロック製作時に主桁製作位置が変化する。この変化に対応すべく、横移動型主桁製作装置を考案した。
- c) 橋面横断勾配の変化に対しては、主桁底版をLEVELとし、左右の桁高を変化させる事により対応した。
- d) SP1、SP2には橋脚側面に仮支柱を設置し、押出し軌跡に対応した。
- e) SA1橋台背面約80mの位置にトンネルがあり、十分な仮設備ヤード長が確保できない現地状況であった。
- f) 橋脚幅と主桁底版幅が同寸法なため、高精度の押出し軌跡が要求された。
- g) 入念な押出し施工管理(反力管理、主桁軌跡管理)を行った。

以上のような特徴を持った下田水高架橋において、本稿では横移動型主桁製作装置及び押出し施工管理等を重点に、本橋の施工報告を行う。

2. 工事概要

本橋の橋梁諸元を表-1に、上部工の主要数量を、

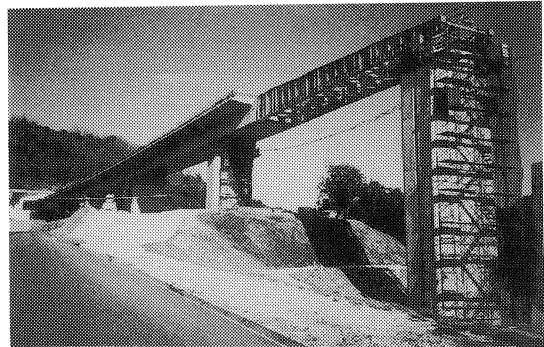


写真-1 押出し施工中の下田水高架橋

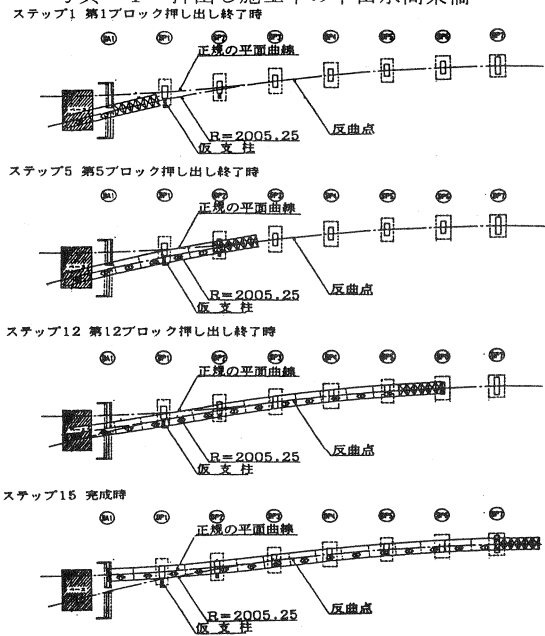


図-1 押出し軌跡図

表-2に、全体一般図を図-2に示す。

表-1 橋梁諸元

工事名	下田水高架橋PC上部工工事
路線名	国道317号
道路規格	第1種第3級
型式	7径間連続PC箱桁橋
橋長	259.000m
支間	36.350+5@37.000+36.350m
有効幅員	9.590m
設計活荷重	B活荷重
平面線形	R=800 ~ A=309.885 ~ R=∞ ~ R=2000
縦断線形	2.000% ↘ ~ ↙ 2.300%
横断線形	4.000% ↙ ~ ↘ 2.000%

表-2 主要数量

項目	仕様	単位	数量
コンクリート	$\sigma_{ck}=40N/mm^2$	m ³	1 900.6
型枠		m ²	5 955.7
鉄筋	SD345	t	241.339
PC鋼材	SBPR930/1180 ϕ 32 (架設鋼材)	kg	70 591
	SBPR7B 12S12.7mm (連続鋼材)	kg	15 033
	SWPR1 12 ϕ 8mm (横締め鋼材)	kg	27 159
	SBPR930/1180 ϕ 32 (鉛直鋼材)	kg	7 427
	合計	kg	120 210

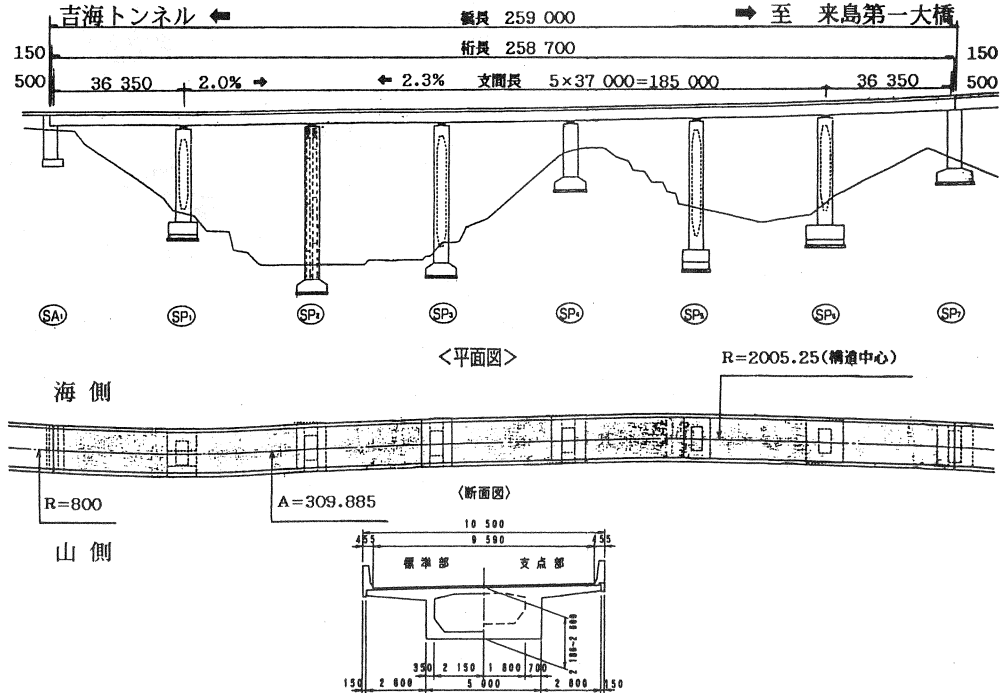


図-2 全体一般図

3. 横移動型主桁製作装置及び主桁型枠構造

主桁製作ヤードは、SP4～SP7橋脚間の主桁構造中心単曲線 (R=2005.25m) を、SA1橋台背面まで延長した線上に設置するが、本橋はS字曲線を単曲線 (R=2005.25m) の軌跡上に押し出し施工するため、平面要素が反転する9ブロック (以後BL) 以後主桁製作位置が変化する。そのため主桁製作位置を各BL製作時において算出する必要があり、線形計算にて各BLの主桁製作位置を算出した。その結果、最初の1BL製作時の押し出し基準点 (YEライン上B点: 図-3) は、完成系の線形より橋軸直角方向に約7.7m山側に離れた位置となった。それ以降最後の15BL製作時までに主桁製作位置をB点で約5.5m、E点 (BL後端) で約7m橋軸直角方向海側に平行移動では無く、ブロック後端を回転しながら移動させなければな

らず、容易に横スライドが可能な横移動型主桁製作装置を考案する必要があった。

横移動型主桁製作装置の設置要領を以下に示す。

- (1) ベースコンクリート及び調整モルタル打設。
- (2) 調整モルタル上にステンレス板(2X1000X2500)を設置。
- (3) 底型枠及び側枠高さ調整用のジャッキを備え、底面にテフロンコーティングを施した硬質ゴム(20X350X350)を取り付けることにより、装置全体の移動を可能とした型枠スライド架台を設置。

これにより、ステンレス板と型枠スライド架台の摩擦を低減し、型枠スライド架台を移動させるに当たり、10tf型油圧ジャッキ4台にて容易に横スライドさせることができた。

また、本橋の側枠は、左右の桁高を自由に变化させられ、かつ押し出し時主桁と側枠が接しないよう型枠脱型時、水平移動が可能な構造が要求された。そこで側枠下に高さ調整及び下面にテフロン板を設置し60cm水平移動を可能としたジャッキを設置することにより対応した。横移動型主桁製作装置設置状況を写真-2に、横移動型主桁製作装置軌跡図を図-3に、型枠及び型枠スライド架台を図-4に示す。

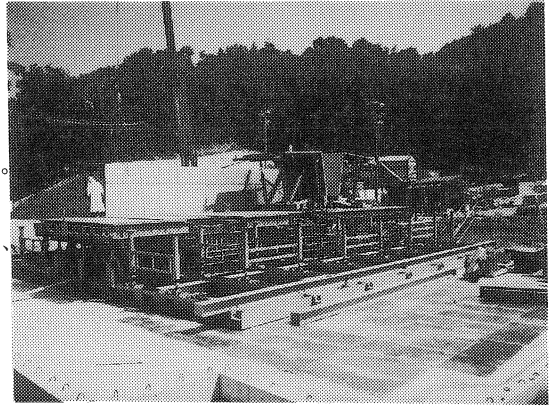
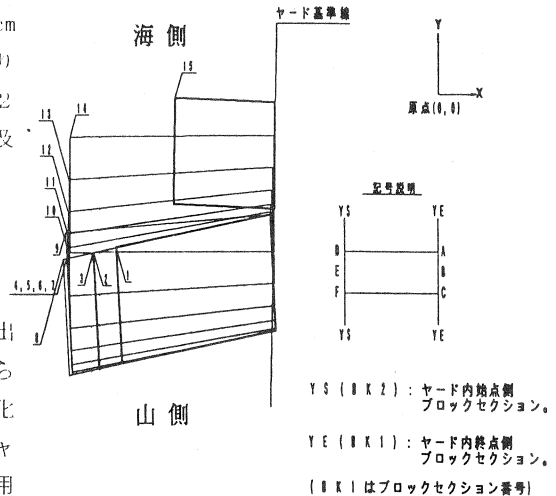


写真-2 横移動型主桁製作装置設置状況



主桁製作ヤードにおけるX, Y方向移動距離

	B地点		E地点	
	x	y	x	y
1BL ~ 2BL	0	0	-1989	-208
2BL ~ 3BL	0	0	-100	-10
3BL ~ 4BL	0	0	-2387	-252
4BL ~ 5BL	0	0	0	0
5BL ~ 6BL	0	0	0	0
6BL ~ 7BL	0	0	0	0
7BL ~ 8BL	0	0	-321	-32
8BL ~ 9BL	0	2	310	148
9BL ~ 10BL	5	115	-15	328
10BL ~ 11BL	13	331	-8	610
11BL ~ 12BL	25	612	4	958
12BL ~ 13BL	39	960	23	1372
13BL ~ 14BL	55	1374	48	1852
14BL ~ 15BL	75	1852	9477	2084

図-3 横移動型主桁製作装置軌跡図

4. 押し出し施工管理

(1) 反力管理

反力管理としては、各橋台、橋脚に設置された押し出し装置に圧力センサーを取付け、センサーにより送られてくる信号を中央制御室に伝送し、解析、グラフ化する自動反力測定システムを用いた。鉛直、水平ジャッキの高さ管理を徹底すると共に、このシステムを用い、各押し出し装置の作動状況の把握・監視を行い、各ジャッキ位置において集中的な偏荷重等を生じさせないよう管理を行った。

(2) 反力管理結果

本橋はコンクリートの支圧応力度及び押抜きせん断応力度より、設計最大反力400tfの20%増480tfを管理目標反力値とし、鉄板等を用い高さ調整を行うことにより反力移行を行いながら押し出し施工を行った。実測最大反力は463tf(5BL押し出し時SP1橋脚海側)であり、押し出し架設時管理目標反力を越える事なく施工する事が出来た。

また、押し出し時実反力は、押し出し前半において若干のバラツキはあるものの、設計値と同様の傾向を示し

ている。特にSP4橋脚以後は設計値とほぼ同一の値となった。計測システム系統図を図-5、反力測定グラフを図-6、反力推移図を図-7に示す。

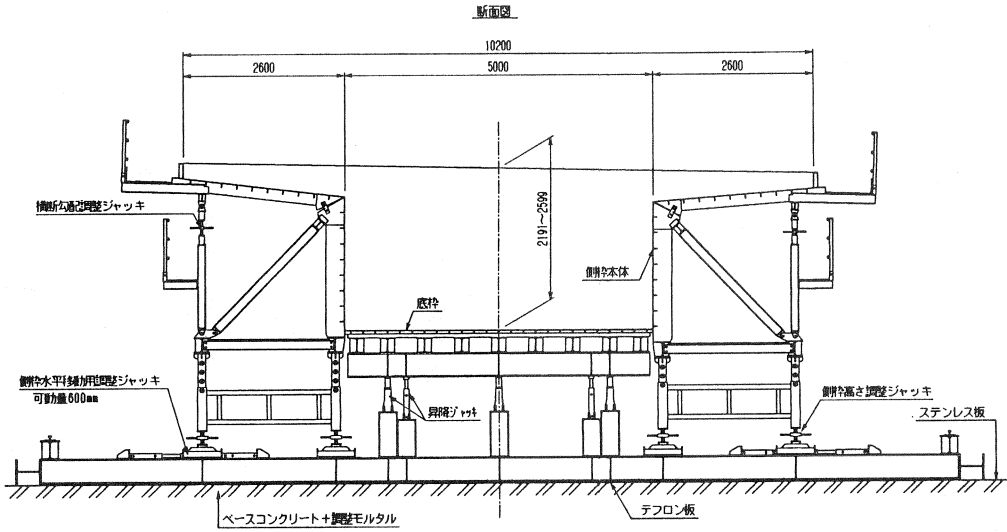


図-4 型枠及び型枠スライド架台

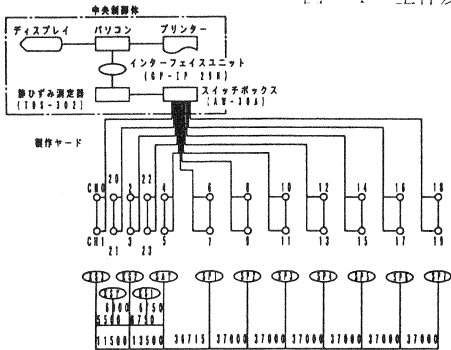


図-5 計測システム系統図

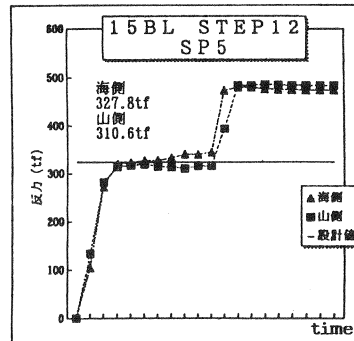


図-6 反力測定グラフ

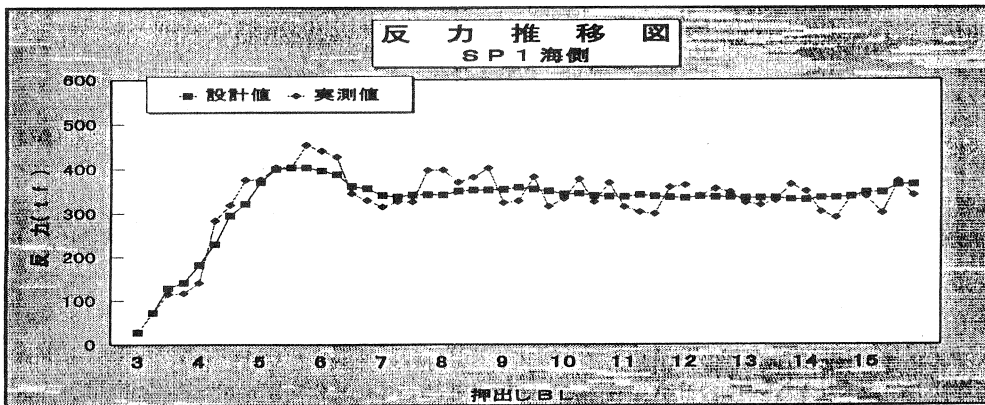


図-7 反力推移図

(3) 押し軌跡管理

本橋は、S字曲線をSP4～SP7橋脚間の主桁構造中心単曲線 (R=2005.25m) の軌跡上に押し出すため、SA1～SP3橋脚において主桁が橋脚から離れた所を通過する。(図-8) そこで予め各BL押し時、

各橋台、橋脚を通過する際の橋脚シフト量を単曲線区間BL、クロノイド区間BLに分けて算出し、それを設計シフト量として各橋脚において主桁軌跡誤差量(設計値とのズレ)の管理を行った。その際、各々のBLを直線にて製作する事による製作シフト量も考慮した。表-3に設計シフト量を示す。

管理方法は、単曲線区間の1~8BLにおいては、設計シフト量に変化しないため、各橋脚において、主桁通過時のシフト量を計測した。クロノイド区間においては、設計シフト量が通過断面毎(支間10等分点)に変化するため、主桁側面に45cm(水平ジャッキ1ストローク分)間隔にて設計断面(例16-③)を記入し、設計断面が各橋脚通過時に単曲線区間と同様、シフト量を計測した。計測した数値を各橋脚より中央制御室に連絡し、計測責任者がその都度主桁軌跡誤差量を確認した。押し出し方向は、押し出し軌跡(R=2005.25m)に対し、接線方向であるため、水平ジャッキはR=2005.25mに対し接線方向を基本とするが、主桁軌跡誤差量により各橋脚の水平ジャッキ方向を決定した。

また水平、鉛直ジャッキ位置の管理も各橋脚にて同時に行った。ジャッキ設置位置は、主桁の押抜きせん断応力度より、ウェブ側面から緩衝用ゴム端部まで100mmを基本とした。しかし、主桁本体が横移動することにより、ジャッキが主桁の内側に入りすぎると下床版の陥没、外側に出過ぎるとウェブかぶりコンクリートの剥離が考えられる。そこで、主桁に対するジャッキの相対位置は、100±30mmを基本とし、1ストローク毎にジャッキ位置の確認を行った。(図-9)平面要素の反転する9BL以後は、毎ストローク横方向ズレ量が発生し、13~15BLにおいては、1ストロークで30~50mmの横方向ズレ量が発生した。そのため1ストローク毎にジャッキ位置を修正しながら押し出し施工を行った。

(4) 押し出し軌跡結果

水平ジャッキ方向変更を含む主桁軌跡誤差量を表-4に、主桁軌跡誤差量経過図を図-10に示す。基本的に2ストローク毎に1回の誤差量測定を行い、誤差量20mmに対し1回程度の割合でジャッキ方向修正を行った。その結果、最終誤差量は計画シフト量に対し、最大13mmで収まり、沓及び移動制限下沓アンカーの設置に影響を及ぼすような範囲とはならなかった。

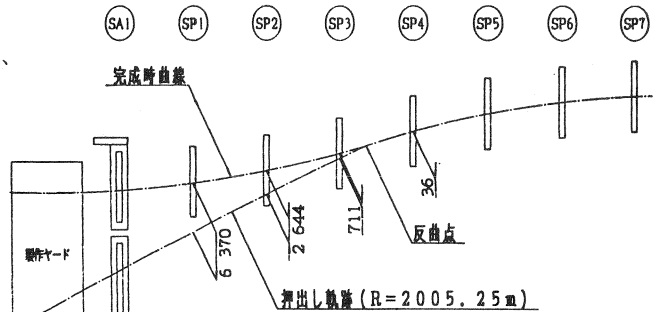


図-8 橋台、橋脚最大シフト量

表-3 設計シフト量(クロノイド区間BL)

SP1橋脚					
押し出しBL	通過断面	シフト量	押し出しBL	通過断面	シフト量
14BL	19	1682	15BL	15	964
	19-①	1662		15-①	939
	19-②	1643		15-②	914
	19-③	1623		15-③	889
	19-④	1604		15-④	864
	19-⑤	1584		15-⑤	839
	19-⑥	1565		15-⑥	814
14BL	19-⑦	1545	15-⑦	789	
	18	1526	15BL	14	764
	18-①	1503	14-①	735	
	18-②	1481	14-②	706	
	18-③	1458	14-③	677	
	18-④	1435	14-④	648	
	18-⑤	1413	14-⑤	619	
15BL	18-⑥	1390	14-⑥	590	
	18-⑦	1368	14-⑦	561	
	17	1345	15BL	13	532
	17-①	1322	13-①	499	
	17-②	1299	13-②	466	
	17-③	1275	13-③	433	
	17-④	1252	13-④	401	
15BL	17-⑤	1228	13-⑤	368	
	17-⑥	1205	13-⑥	335	
	17-⑦	1182	13-⑦	302	
	16	1158	15BL	12	269
	16-①	1134	12-①	236	
	16-②	1110	12-②	202	
	16-③	1086	12-③	168	
15BL	16-④	1061	12-④	135	
	16-⑤	1037	12-⑤	101	
	16-⑥	1013	12-⑥	67	
	16-⑦	989	12-⑦	34	
			11	0	

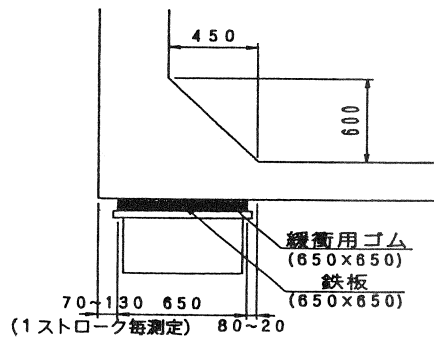


図-9 ジャッキ設置位置

5. おわりに

本橋のようなS字曲線橋の片側押し施工は、主桁製作ヤード内の設備、主桁軌跡管理等において十分な配慮が必要となる。本橋においては押し計画を入念に行い、横移動型主桁製作装置を考案し、かつ各橋台、橋脚において主桁軌跡を厳しく管理した事で対応することができた。これは、現場職員及び作業員が押し計画を徹底的に熟知、実行したこと、また各ブロック押し時、主桁軌跡誤差量の計測を高い頻度で行い、押し軌跡傾向をある程度予測出来た事が大きな要因と言えよう。

昨今の社会情勢から慢性的な熟練労働者不足、工期の短縮、建設費のコスト縮減がうたわれる中、作業場所が同一で品質管理に優れ、合理的、省力化が図れる押し施工法は、今後ますます増加することが予想される。このような状況下のもと、国内初としてS字曲線橋を片側押し施工した本橋の施工報告が、今後の押し橋梁の参考になれば幸いである。

最後に、本州四国連絡橋公団第三建設局今治工事事務所を初め、本橋の設計・施工にあたり多大なご指導、ご尽力を頂いた関係各位に深く感謝の意を表すと共に、本橋が尾道～今治地域の発展に貢献することを期待したい。

表-4 主桁軌跡誤差量

15BL押し出し時主桁軌跡誤差量

日 期：平成10年4月24日

橋脚	部材	ST	主桁軌跡誤差量							水平ジャッキ方向 (数値に対する水平ジャッキの方向)
			SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7	
45	流橋桁	2-2	12-1	22-1	32-1					SA1820mm, SP3810mm
	支脚	354	222	126	溝4					SP1, SP3810mm, SP4810mm
	流橋桁	山脚13	山脚14	山脚15	0	山脚5	山脚19	山脚45	山脚67	SP5830mm, SP6860mm, SP7820mm
47	流橋桁	2-3	12-2	22-2	32-2					SP7860mm
	支脚	285	182	101	溝8					
	流橋桁	山脚1	山脚20	山脚6	山脚5	山脚6	山脚10	山脚38	山脚57	
48	流橋桁	2-4	12-3	22-3	32-3					SA1820mm, SP1820mm
	支脚	229	140	78	溝14					SP1, SP4810mm, SP5830mm
	流橋桁	山脚2	山脚28	山脚1	山脚11	山脚9	山脚13	山脚32	山脚50	SP1, SP7 溝50mm
49	流橋桁	2-5	12-4	22-4	32-4					SA1820mm, SP810mm
	支脚	169	103	80	溝15					SP2, SP3810mm, SP4810mm
	流橋桁	山脚2	山脚32	山脚4	山脚13	山脚9	山脚11	山脚25	山脚40	SP5830mm, SP6860mm, SP7820mm
50	流橋桁	2-6	12-5	22-5	32-5					SA1820mm, SP1820mm
	支脚	120	74	45	溝15					SP2-SP4810mm, SP5830mm
	流橋桁	山脚2	山脚27	山脚3	山脚13	山脚9	山脚5	山脚13	山脚20	SP6 溝50mm, SP7 溝70mm
51	流橋桁	2-7	12-6	22-6	32-6					SP1 山脚30mm
	支脚	75	38	25	溝15					山脚11
	流橋桁	山脚18	山脚29	山脚7	山脚14	山脚4	山脚1	山脚3	山脚12	
52	流橋桁	1	12-7	22-7	32-7					SA1820mm, SP1820mm
	支脚		14	18(185)	溝11					SP2820mm, SP3810mm
	流橋桁	山脚11	山脚20	山脚10	山脚10	山脚2	山脚5	山脚5		SP4-SP6 8mm, SP7820mm
53	流橋桁									
	支脚	山脚1	山脚2	山脚8	山脚13	山脚10	山脚4	山脚5	山脚1	

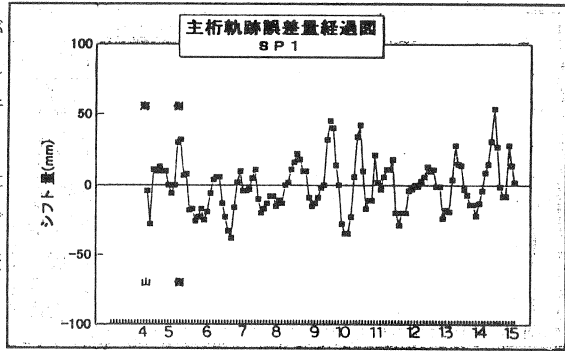


図-10 主桁軌跡誤差量経過図

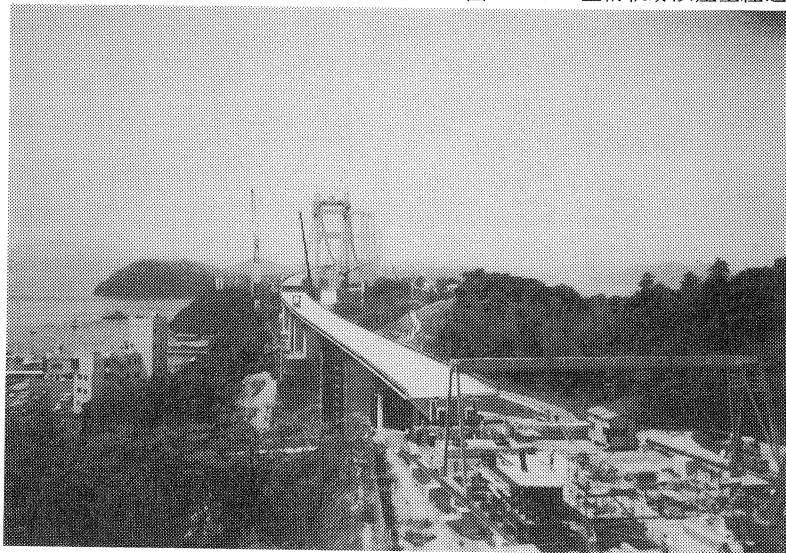


写真-3 押し完了状況