

山陽新幹線百間川橋梁の設計および施工

中 村 諦 二*
 鳥 井 興 彦**
 水 島 修 治***

1. 概 要

百間川は、岡山県の中央部を南北に貫流している県下三大河川の一つである旭川の越流河川で、岡山平野を洪水から守るため、承応3年(1654年)に新設された延長12km、計画高水量 3 000 m³/sec を有する一級河川である。

山陽新幹線が、山陽本線の北を並行して西進し、岡山駅に向うのであるが、この橋梁は、岡山駅まであと3kmの地点で百間川を斜めに横切って架設されたもので、山陽新幹線では唯一のフレシナー工法による連続桁である(図-1)。

昭和43年10月下旬部構造工事に、44年8月上旬部構造工事にそれぞれ着手し、昭和45年8月に竣工したものである(図-2)。

橋梁延長：304.64 m

スパン割：27.50 m 2連(PC単純桁)

48.80+49.60+48.80

1連(PC3径間連続桁)

図-1 新幹線百間川橋梁位置図

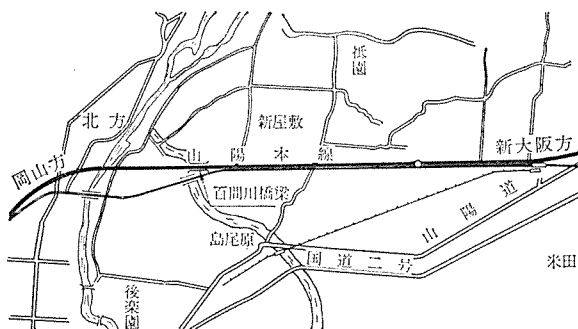
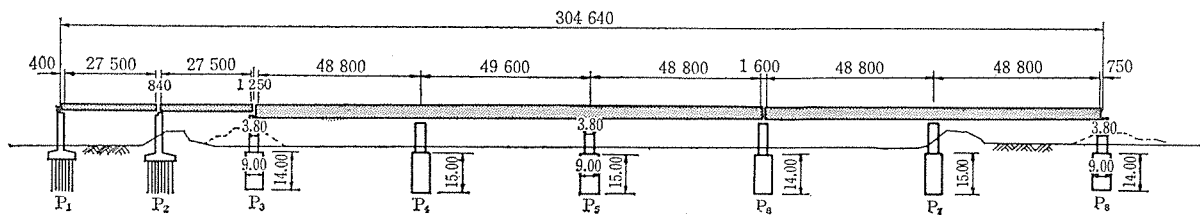


図-2 全 体 図



48.80+48.80 1連(PC2径間連続桁)

2. 下部構造

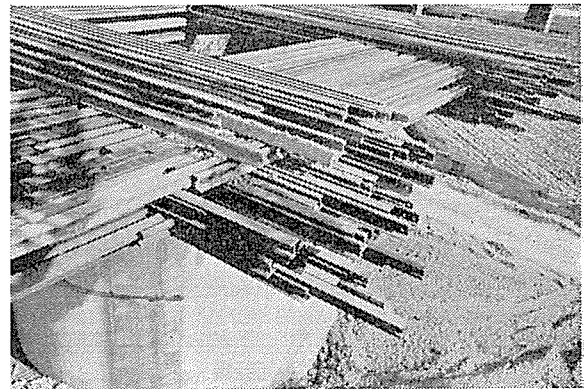
(1) 地 質

横架地点の地質は、洪積期終り頃の河川により堆積したものと考えられ、上層部の砂質土は、全体に軟弱で、かつばらつきが多く、大荷重の基礎としては不安定であるが、表土より15m付近の洪積砂礫層に達すれば、中粒またはそれ以下の礫が多く、粘性土の混入もあり、N値が50以上で安定した支持地盤といえる。

井筒の沈下に際し、周辺摩擦力を1.5 t/m²として、沈下荷重を想定していたが、深くなるにしたがい沈下に困難をきわめた。

2ロット程度までは、順調に下がったが、最終ロットにおいては、粘土質を多量に含み摩擦力が多いのみでなく、洗掘が許されないため刃口の抵抗が非常に大きく、当初予定していた載荷荷重では沈下が不可能となり、逐

写真-1 井筒沈下のレール載荷

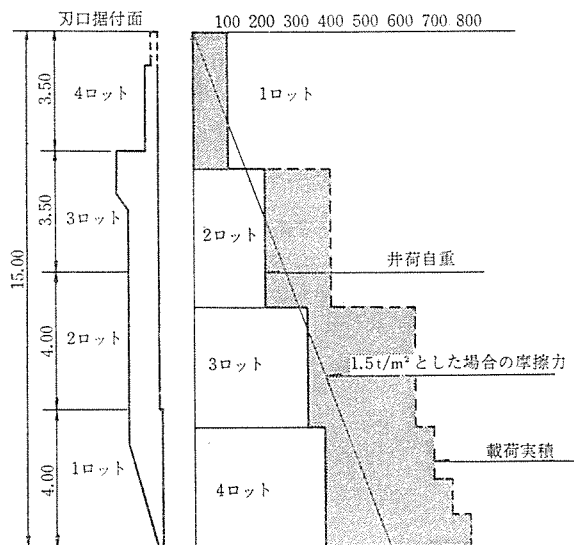


* 国鉄大阪新幹線工事局岡山工事事務所線増第1課補佐

** " 軌道工事課

*** " 東岡山工事区

図-3 井筒ロット割



次荷重を増加した（写真-1，図-3）

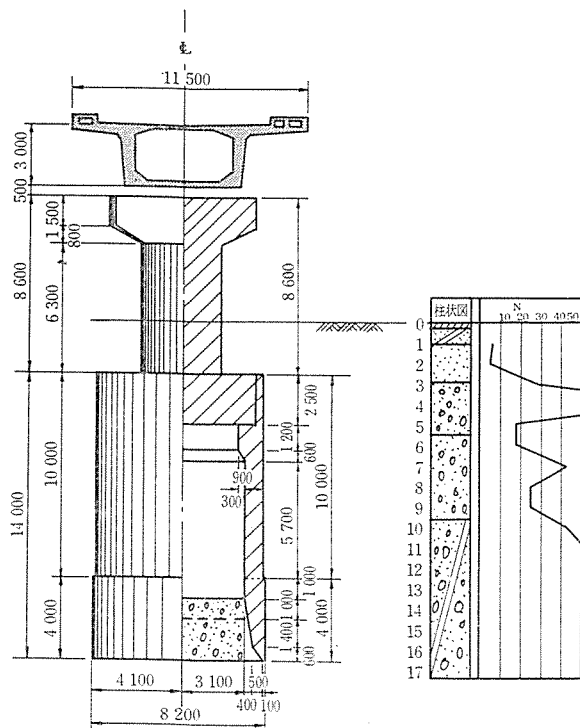
(2) 設 計

スパン割，橋脚幅，基礎天端高については建設省と協議を重ね，高水量（150年確率により3000m³/sec），交差角（60°）などにより橋脚間隔を49.60mと決定した。

付近の列車騒音による公害対策，経済性を考慮して有道床PC連続桁とした。

橋脚は流水に支障がなく直桁の架設を考慮して，直径3.8mの複線T型円形橋脚とし，その基礎は井筒工を採用した（図-4）。

図-4 断 面 図



根入長については，横山・池原式により，内部摩擦角38°，洗掘長4mとして計算し，地震時における縦荷重は各橋脚に鉛直力に比例して分散するものとして設計した（表-1）。

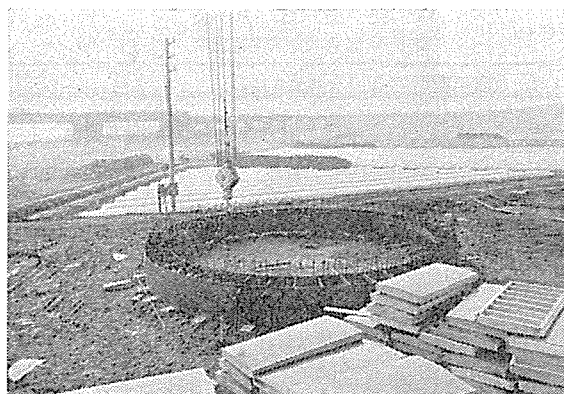
表-1 橋脚に作用する荷重

橋 脚	常 時	地 震 時	
	鉛 直 力	鉛 直 力	水 平 力
P ₆	2080 t	1400 t	283 t
P ₇	2960 t	2110 t	425 t

(3) 施 工

施工順序は，左岸より P₁P₂の矩形橋脚（鉄筋コンクリート杭）に続いて P₃~P₅の井筒を3基の8t吊り三脚デリッククレーン（2回転用）により施工した（写真-2）。

写真-2 井筒刃口のすえ付け



井筒のセットは沈下荷重載荷の状態，火薬（榎3号200g）により行なったが，上部工完了後においても初期沈下が少なかった点などから考え非常に良かったと思う。

3. 上部構造

(1) 設 計

PC桁の工法としては，地質，桁高さ，経済性などの点から，フレシネー式の3径間と2径間の連続桁とし，複線上路1室箱桁断面で，桁高さは3.0mとした（表-2）。

(2) 施 工

a) 支保工 支保工の基礎は杭打基礎（載荷試験をした結果，H-200×200×8×12 l=5.5m）とし，H鋼をD-12により1本ごとに，支持力を確認しながら施工した。

支保工の上げ越し量は，支保工の変位量，プレストレスによる反り，自重，橋面荷重，活荷重などを考慮して，最終的な桁の反りを，活荷重載荷時において水平となるように計画した（表-3，写真-3）。

b) シューおよびストッパー 可動シュー，ストッ

表-2 上部工設計条件

活 荷 重		N.P.19		
衝 撃 係 数		$i=0.228$		
コン ク リ ー ト	強度	設計基準強度 (材令 28 日)	400 kg/cm ²	
		プレストレス導入時	350 "	
	許 容 応 力 度		プレストレス導入直後 (圧 縮)	170 "
			" (引 張)	- 15 "
			設計荷重作用時 (圧 縮)	130 "
		" (最小圧縮)	0 "	
	" (斜 引 張)	- 9 "		
	破壊荷重時斜引張 (許 容 値)	- 20 "		
	" (最大値)	-40(-50) "		
P C 鋼 より線 12-φ12.4 mm		引 張 強 度	175 kg/mm ²	
		降 伏 点 応 力 度	150 "	
		定着位置における作業時許容応力度	135 "	
		設計断面における設計荷重作用時許容 応力度	106 "	
		レラクセーション	5 %	
P C 鋼 棒 (SBPC 110)		引 張 力 強 度	110 kg/mm ²	
		降 伏 点 応 力 度	95 "	
		設計荷重作用時許容応力度	66 "	

注：() 内の数値はねじりを考慮した場合

表-3 支保工の上げ越し量 (2 径間連続桁の場合)

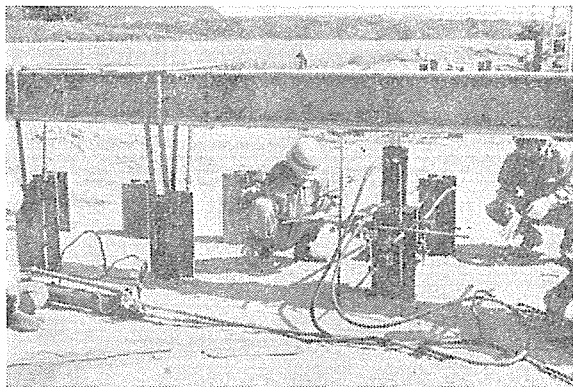


各点のたわみ表

(単位: mm)

	主桁自重	プレスト レス	橋面荷重	2次応力	活荷重	支保工の 沈下	合 計
δ_0	0	0	0	0	0	6	6
δ_1	7.2	-22.5	3.5	6.2	5.3	9	8.7
δ_2	13.4	-41.5	6.5	12.0	9.9	9	9.3
δ_3	17.5	-54.7	8.5	17.1	13.4	9	10.8
δ_4	19.2	-61.7	9.3	21.0	15.4	9	12.2
δ_5	18.4	-62.3	9.0	23.4	15.8	9	13.3
δ_6	15.3	-56.5	7.5	24.0	14.5	9	13.8
δ_7	10.8	-45.0	5.3	22.2	11.8	9	14.1
δ_8	5.3	-29.5	2.9	17.8	8.1	9	12.9
δ_9	1.7	-13.6	0.9	10.4	3.9	9	12.3
δ_{10}	0	0	0	0	0	6	6

写真-3 支保工用 H 鋼杭の載荷試験



パーは桁のプレストレッシングによる弾性変化、クリープ、乾燥収縮による縮み量を考慮し、平均気温時に所定の位置にセットされるよう、あらかじめずらして組み立

てられたものをすえ付けた。

シューのすえ付けの際には、上シュー、下シューともに水平に、かつ移動方向に対し直角になるようにセットした。高さの調整は図-5に示すように、L型鋼を足とする受台をヘッドプレートの四隅に作り、ボルトの出を調節して高さを決めシューをすえ付けた(写真-4)。

図-5 シューすえ付け用ボルト

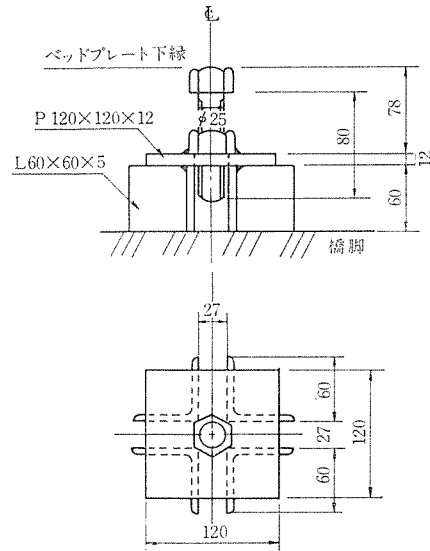
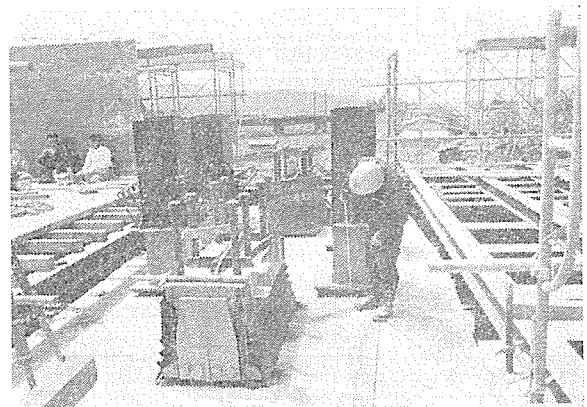


写真-4 シューおよびストッパーの位置検測



c) シース 3 径間

連続桁では、シースはφ65 mm、肉厚 35 mm のものを使用し、スターラップ鉄筋上にシース受鉄筋、Dφ 16 mm を溶接し、

これに結束線でシースを固定したが、コンクリート打設中に棒状バイブレーターが触れたりして、鋼線の通りが狂ったこともあったので、2 径間連続桁のときは、シース受鉄筋に、図-6 のように、短鉄筋を溶接し、その中にシースをはめ込み、シースの通りの狂いが生じないようにした。

3 径間連続桁では、一部のシースに変形を生じたの

で、2径間の場合は、施工に細心の注意を払う一方、シースの肉厚を0.41mmとし、堅固なものを使用した。また、0.41mmのシース使用については、種類サンプルを作り、一方はシースの凸部と凸部の間に2山とし、そして、もう一方は1山として、曲げ試験をした結果、前者はあまりに剛性が大き過ぎて曲線にならなかったのに対し、後者はスムーズなカーブが描けたので摩擦係数のことを考え、後者を採用した(図-6参照)。

写真-5 シースの配置

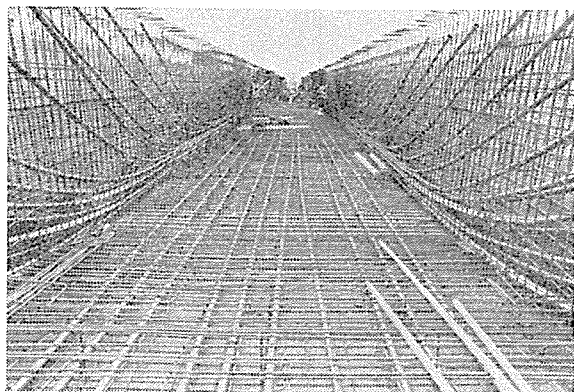
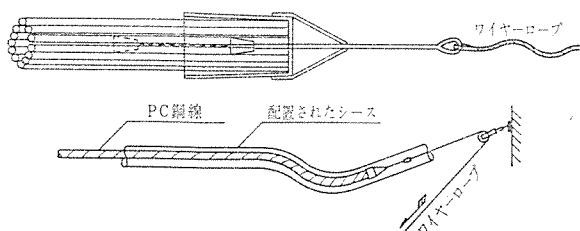


写真-6



d) PC鋼線布設 PC鋼線布設は、人力で押込むのは不可能であるので、PC鋼線(φ8mm)1本をセットされたシースの左端より右端まで通し、右端のワイヤーロープ(3分)を、そのPC鋼線(φ8mm)に結びつけ、PC鋼線を左端に引きもどすことによって、ワイヤーロープをシース内に引き込み、左端でPCケーブルの先端(12-φ12.4)に“ケーブル引入具”を結びつけたのち、ワイヤーロープを15HPの電動ウインチで巻き取って、

図-7 ケーブル引入具図



PCケーブルを左端より右端へ引き込んでPC鋼線を布設した(図-7参照)。

e) 横締めPC鋼棒の布設 横締め鋼棒はφ24mmを桁中央部では1mピッチに配置し、定着部はJRSのアンカープレートを使用した。また、各支点の両側には、φ27mmの縦締鋼棒を配置し、せん断力をとらせた。

f) コンクリート工 コンクリート打設は、タワーを建てコンクリートバケット(1m³)により吊り上げ、カート車により打設した。打設にあたっては、3径間連続桁は5ブロック、2径間連続桁では、3ブロックにわけ、各ブロックを打設したのち、施工目地を打設した。

打設順序は、図-8、9のとおりで、最初に床版腹部を打設しその後上床版を打設した。また、生コンの配合は表-4のとおりである。

養生については、寒中コンクリートはコンクリート打設後シートでおおいを設けて、200~500Wの投光器およびヒーターを使って養生した。また、暑中コンクリートについては、コンクリート打設後すぐにトヨマットを敷き、散水し、養生をした(図-8参照)。

図-8 コンクリート打設区分

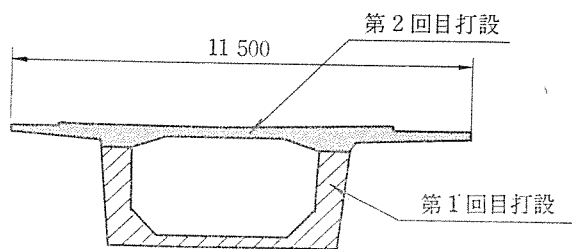
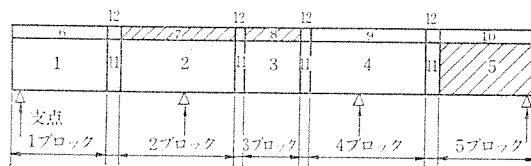


図-9 コンクリート打設 3径間



2径間

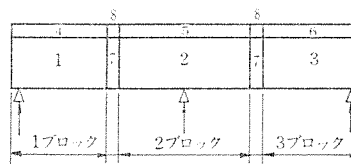


表-4 コンクリート配合

種別	設計基準強度 (kg/cm²)	組骨材の最大寸法 (mm)	空気量 (%)	最大水セメント比 (%)	スラブ厚 (cm)	単位セメント量 (kg)	摘要
A 箱型PC	400	25	4.5±1	37	5±1	385	普通ポルトランドセメント(JIS R 5210)
B 砂利止ダクト	240	25	4.5±1	53	12±1	285	〃

表—5 3 径間連続桁緊張順序

	1ブロック	2ブロック	3ブロック	4ブロック	5ブロック
目地連結前	48 800		49 600		48 800
	7, 8, 9	24, 39, 40	33, 42	24, 39, 40	7, 8, 9
目地連結後②	16, 17		22, 21, 20		16, 17
③	5, 3, 2, 1				5, 3, 2, 1
ステージング型枠撤去, 1ブロック応力検討④			29, 30		
⑤	18, 19		23, 27, 26		18, 19
⑦	15, 14				15, 14
⑧			31, 32		
2ブロック応力検討					
⑩					
3ブロック応力検討					
⑫					
⑬					
⑭					
⑮	34, 12, 4, 6				4, 6, 34, 12
⑯	12, 13				12, 13
⑰			23		

g) 緊張 各ブロックのコンクリートを打設後、乾燥収縮によるひびわれを防ぐため、ブロックごとの1次緊張を行ない施工目地を打設後、コンクリート強度が $\sigma_{ck}=350 \text{ kg/cm}^2$ 以上で2次緊張を行なった。

3径間連続桁のケーブルは、表—5のとおりである。○印内の番号は緊張順序を示し、ケーブルの下の番号は、ケーブル番号を示す。また引止点を求めるのに、3径間連続桁では、154ケーブル中、長さ、形状の異なる44種のケーブルについて摩擦測定を行ない、引止点を求めたが連続桁なので、非対称のケーブルが多く、そのものについては、引止点を求めるのに、鋼線の応力分布図を描き、その面積を求め、 $4l$ で除して、 E_p を求めた。

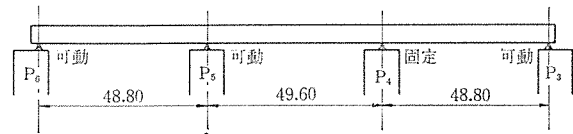
しかし、3径間連続桁では、形状、長さが種々あり、これをまとめて1つの引止点で管理をしたので、 μ の範囲が大きくなったので、2径間連続桁においては、長いケーブル、短いケーブルの2組に分けて、まったく別個に管理した。その結果 μ の範囲も小さくなり、よい管理が行なえた。また、摩擦測定解析などに使われている λ/μ は、0.0133と仮定してあるが、参考のため44本のケーブルについて λ/μ を、最小二乗法により別個に求めたところ、 $\mu=0.32$ 、 $\lambda=0.086$ 、 $\lambda/\mu=0.0269$ となった。

鋼線緊張後、シューの移動量、および桁の反りは、表—6, 7, 図—10, 11のとおりである。

h) グラウト グラウトの配合は、表—8のとおりである。

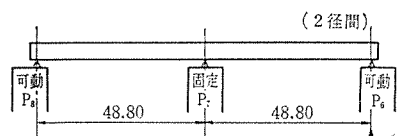
注入前にシース内に水を通してよく洗浄したのちグラウトを注入し、反対側の孔口より、一様なコンシステンシーのグラウトが十分流出するまで注入したのち、木栓をして流出口を閉そくした。また、ケーブルが断面の高い位置に彎曲して配置されているところでは、水や空気

表—6 橋脚沈下量およびシュー移動量 (3径間)



		P ₆	P ₅	P ₄	P ₃
橋脚沈下量	1次緊張後	0	0	0	0
	自重対応ケーブル緊張後	0	-1	0	3
	支保工解体後	-3	-17	-23	-2
	緊張後	-3	-17	-22	-2
シュー移動量	1次緊張後	1	0	0	1
	自重対応ケーブル緊張後	7	2	0	6
	支保工解体後	8	3	0	7
	緊張後	12	5	0	10

表—7 橋脚沈下量およびシュー移動量 (2径間)



		P ₈	P ₇	P ₆
橋脚沈下量	緊張前	0	0	0
	1次緊張後	-3	-9	0
	支保工解体後	-5	-25	-2
	緊張後	-5	-27	-2
シュー移動量	緊張前	0	0	0
	1次緊張後	4	0	3
	支保工解体後	12	0	12
	緊張後	15	0	15

表—8 グラウト配合

セメント C (kg)	水 W (kg)	水セメント比 W/C (%)	減水剤 (g)	アルミ粉 (g)
50	21	42	125	3.75

のポケットができないように、ビニールホースなどにより排水孔を設けた (表—8, 写真—7)。

図-10 たわみ測定結果表（プレストレス桁自重）（3径間）

	P_0	$t_{4.56m}$	$t_{4.80m}$		P_1	$t_{4.56m}$	$t_{4.80m}$		P_2	$t_{4.56m}$	$t_{4.80m}$		P_3
緊張前(4月6日)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1次緊張及び自重対応ケーブル緊張後(4月12日)	+4	+12	+12	+7	+5	+11	+10	+8	0	+8	+10	+11	+4
2次緊張後(4月19日)	-3	-4	-7	-10	-16	-6	-3	-5	-22	-15	-11	-7	-2
全緊張後(4月21日)	-3	+21	+19	+11	-17	-11	-11	-10	-22	+13	+20	+21	-2
橋脚沈下後(4月16日)	-3				-17				-23				-2

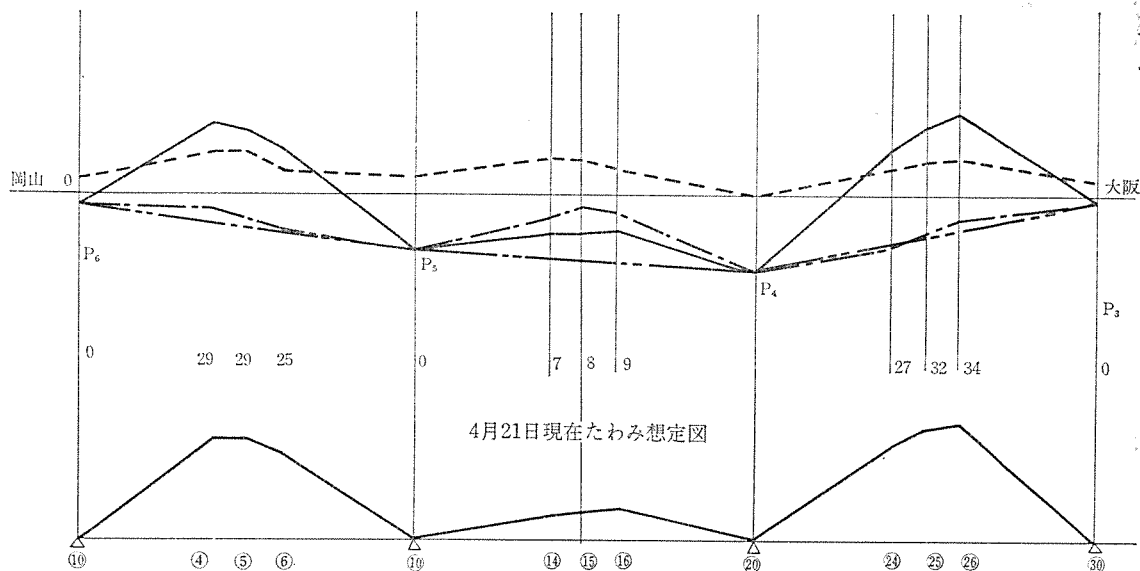


図-11 緊張による反り量図（2径間）

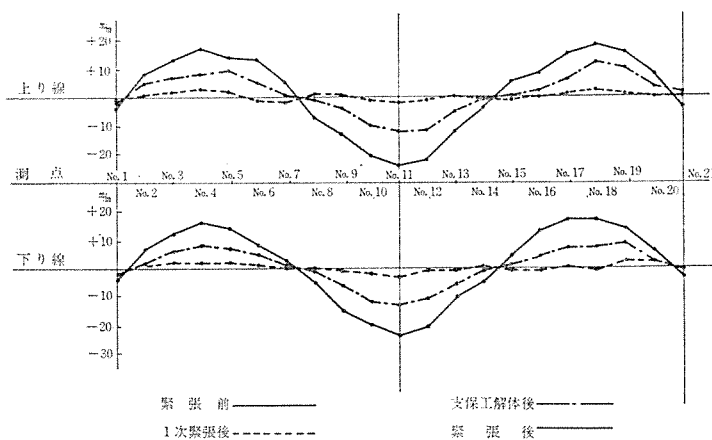
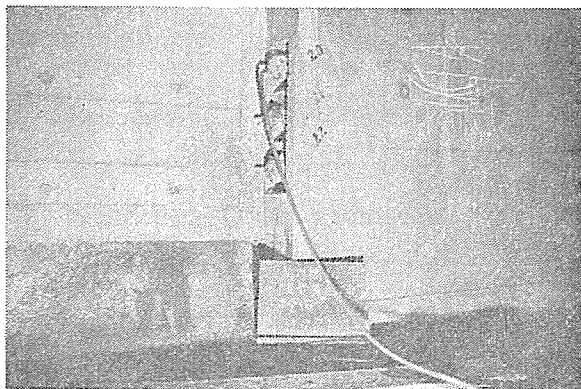


写真-7



4. むすび

山陽新幹線百間川橋梁は、昭和45年8月30日に竣工し、現在雄大な姿を百間川にあらわし、ツートンカラーの新幹線列車が走るのを待つばかりとなっている。竣工に至るまで、御指導、御協力いただいた国鉄関係局、構造物設計事務所、(株)間組、(株)日本構造橋梁研究所、その他、多くの方々のお世話になったことを、誌上を借りて厚く御礼申し上げます。

1970. 11. 20・受付