

5. 箱桁製作における合理化構造の提案

5. 1 まえがき

近年、鋼橋のコスト低減をはかるため構造の合理化に関する種々の提案がなされている。このうち、I桁橋の構造の合理化については既にいろいろ提案されている。一方、箱桁構造の合理化に関する提案はいまだ少ない状況にある。そこで、本章では箱桁（連続非合成箱桁）の製作に関連したコスト低減のための構造の提案を行う。

鋼橋の製作において、原寸、けがき、孔明といった前加工作業段階では、自動化がかなり進められてきており、I桁パネル、箱桁のフランジパネル、ウェブパネルと言ったパネルの組立溶接の段階まで自動化が計られつつある。しかし、箱桁の組立溶接についての自動化はまだあまり行われていないのが現状である¹⁾。これは箱桁になると部材形状が閉断面構造となり、寸法も大きく（約3 m * 3 m * 12 m）、ブロック重量も重たくなり、構造ディテールも複雑になってくることなどが主な要因と考えられる。

箱桁の製作方法には、全ての部材を仮付けで箱桁に組み立ててから本溶接する総組立工法と、ウェブ、フランジに各々縦リブや補剛材を組立溶接しパネルを形成してから箱桁に組み立てるパネル組立工法がある。総組立工法は、溶接作業の大部分が箱桁内での作業となる。一方、自動溶接装置の適用が比較的容易で、生産性の向上を計ることができることから、現在多く用いられているパネル組立工法においても、ダイヤフラムや、横リブ回りの溶接およびフランジウェブ間の角溶接が依然として箱桁内作業として残っている。この箱桁内の溶接作業は狭い空間での作業が多く、劣悪な環境下で人手に頼っているのが現状である。

これらに対し溶接作業工数の低減及び作業環境の改善を目的とした構造細部の改善が望まれている。また、将来の熟練溶接工不足への対応を計るための、ロボットを適用しやすい構造への改善が望まれている。

本章は、箱桁の製作コストの低減を目標に、箱桁の補剛構造を出来るだけシンプル化し、箱桁内での溶接作業をなくし、あわせて溶接の自動化が計りやすい構造を検討したものである。すなわち、本報告の目的は次の3点である

- 1 箱桁構造の合理化による製作（特に溶接）工数の低減
- 2 箱桁内の溶接を必要としない構造を提案することによる溶接作業環境の改善
- 3 ロボットによる溶接を適用しやすい構造を提案する。

5. 2 合理化構造の検討

5. 2. 1 全体構造

(1) 対象とした橋梁形式、構造諸元

箱桁の合理化構造を検討するにあたり一般的な構造を対象とすることが望ましいと考え、連続非合成箱桁を選んだ。また、その構造諸元については非合成箱桁橋の典型例として日本道路公団標準設計：3径間連続箱桁橋（昭和56年4月）²⁾の値を用いた。ただし、標準設計は曲率半径600mの曲線箱桁であるが、簡単のため合理化構造検討では直線箱桁に置き換えた橋梁を想定した。すなわち、橋軸方向の寸法は標準設計の橋梁中心線上の値を用い、主桁板厚、材質等はそのまま使用した。実際には、曲線桁の直橋化に伴う断面力の変化や板厚、材質の変更が予想されるが、本検討は合理化効果を調査することが主眼であるのでその差異は考慮していない。また、標準設計は平成6年2月の道路橋示方書改訂前に行われたものであるが、同様の理由により道路橋示方書最新版での設計は改めて実施していない。主要な構造諸元は以下の通りである。

型式	: 3径間連続非合成箱桁橋
橋長	: 211.300m
桁長	: 210.900m
支間長	: 70.000m + 70.000m + 70.000m
平面線形	: 直橋
横断勾配	: 2%勾配
縦断勾配	: 1%直線勾配
有効幅員	: 9.000m
主桁本数	: 2本
主桁間隔	: 5.850m
横桁間隔	: 6.000m
ウェブ間隔	: 1.950m
ウェブ高さ	: 2.800m

(2) ダイヤフラム配置およびブロック分割

5.1で述べたように、本検討では箱桁内の作業をなくすこと、ならびに、溶接の自動化が図りやすい構造の実現を目的とした。その実現のため、ブロックの組立においては以下を基本的な条件として設定する。

○フランジ、ウェブに取付く部材はブロック組立前に本溶接を行う（パネル組立工法を採用）。

○ブロック内の溶接作業は基本的に行わない（支点上ブロック等構造上外側からの溶接のみでは対応できない箇所のみブロック内溶接作業を行う）。

そのため、

○フランジとウェブとの溶接は片側開先を取りブロックの外側からのみ行う。

○ダイヤフラムはブロック両端にのみ配置する（中間支点上は除く）。また、ダイヤフラムとフランジ、ウェブとの溶接は応力的には片側すみ肉溶接で十分で

あるが、格点として力を伝達する箇所であり、慎重を期して外側からのパージナル溶接のケースも設定する。

前記の条件のもとに、ダイヤフラム配置、ブロック分割を決定した。なお、最大ブロック長は12mであり、桁高、桁幅を考え合わせても輸送上の問題はないと判断される。また、ブロック数19個は標準設計と同じである。

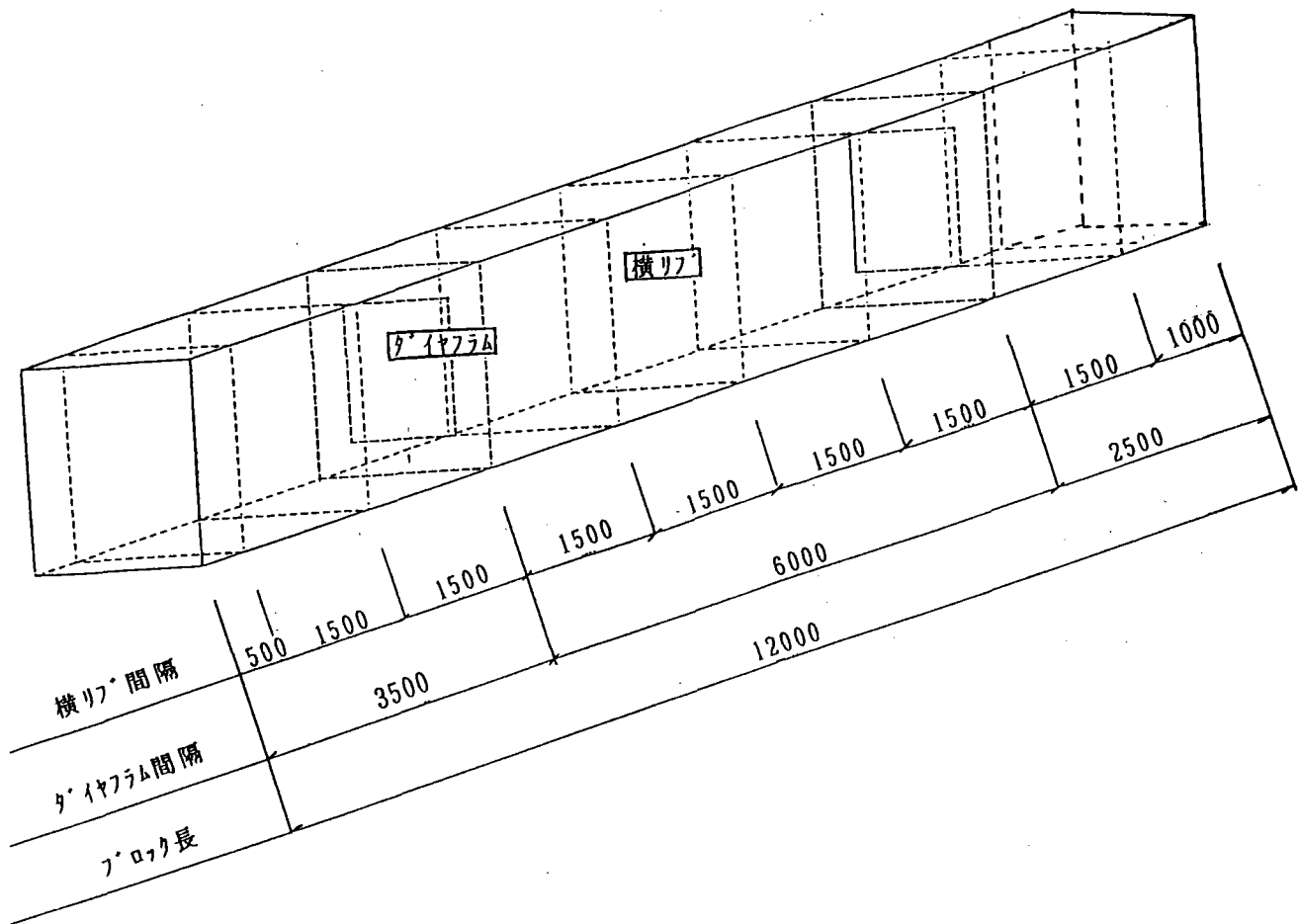


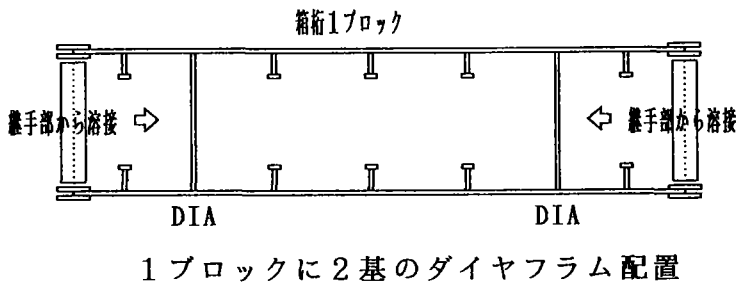
図 5. 2. 1 標準ブロックの基本寸法

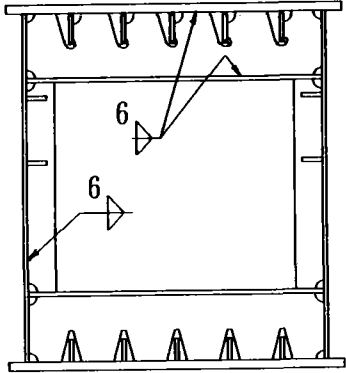
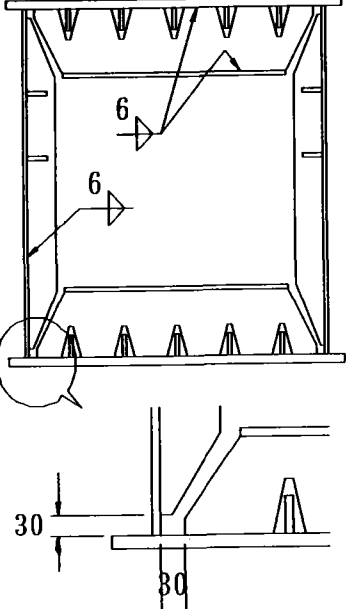
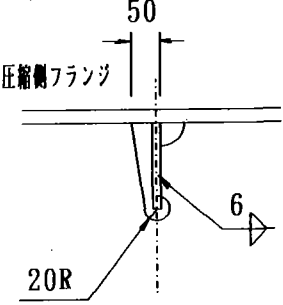
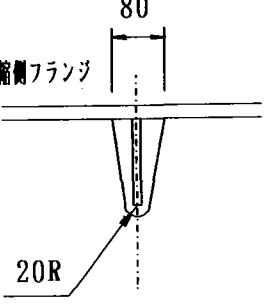
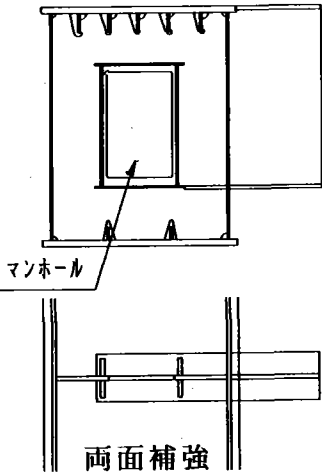
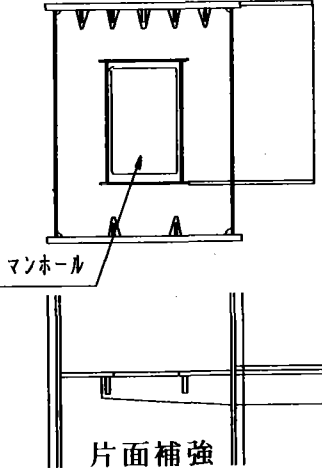
5. 2. 2 細部構造

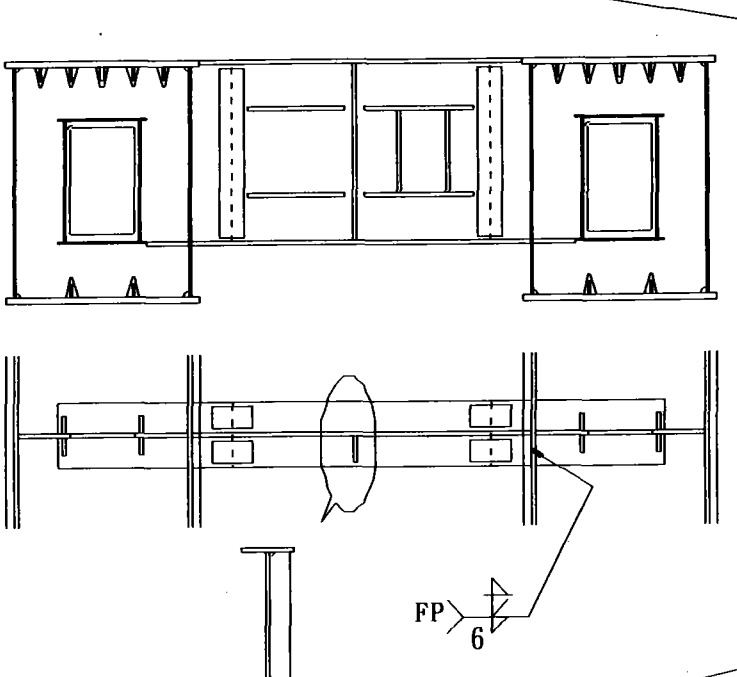
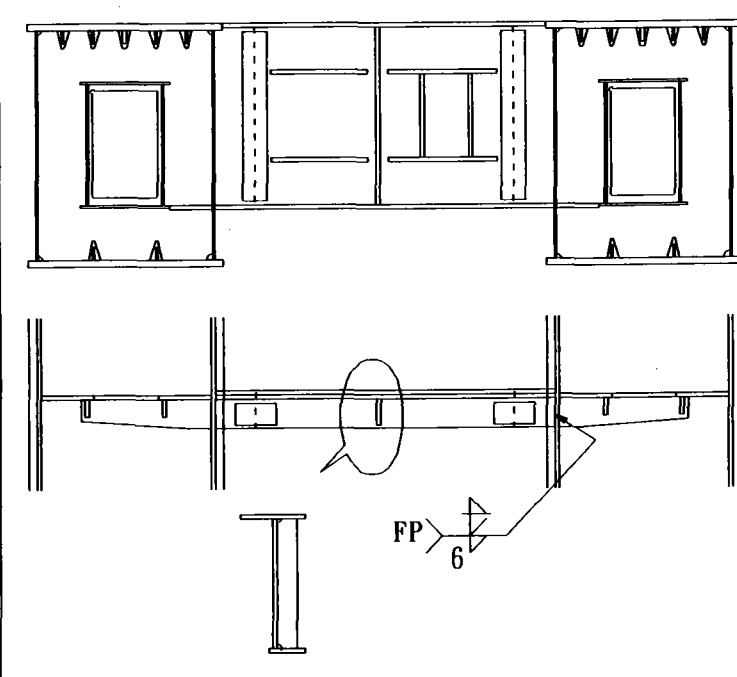
箱桁細部構造について、下記に示す6項目を提案する。

箱桁細部構造

項目	標準構造	合理化構造	特徴
① ウェブとフランジの溶接			<p>ウェブとフランジの溶接は箱桁外側から片面溶接施工採用 参考文献 1)</p>
② ダイヤフラムとフランジ・ウェブの溶接			<p>製作時、外面からの溶接作業が可能になるよう片面溶接施工採用</p> <p>主桁ブロック割とダイヤフラム位置を設計段階で配慮した構造採用</p>



項目	標準構造	合理化構造	特徴
③ 横リブ構造 (垂直補剛材との取合)	 <p>横リブと垂直補剛材 溶接構造</p>		<p>横リブと補剛材の溶接接合をやめて箱桁内面における溶接作業をなくした構造採用</p>
④ 縦リブスカーラップ構造		 <p>非溶接タイプ</p>	<p>縦リブのスカーラップはすべて非溶接タイプ構造採用</p> <p>参考文献 3)4)</p>
⑤ ダイヤフラム開口部補強構造	 <p>マンホール</p> <p>両面補強</p>	 <p>マンホール</p> <p>片面補強</p>	<p>ダイヤフラムマンホール開口部の補強は片面側のみの補剛材補強構造を採用</p> <p>注) 横桁構造に対応した補強</p>

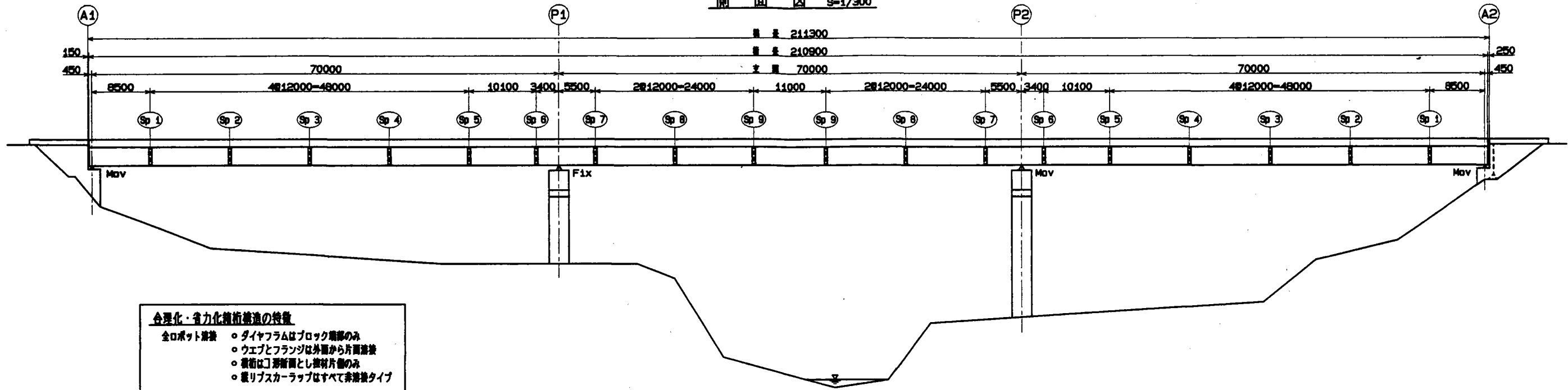
項目	標準構造	合理化構造	特徴
⑥ 横桁の断面構造	 <p data-bbox="344 1052 548 1097">横桁 I 形断面</p>	 <p data-bbox="392 1915 580 1960">横桁 C 形断面</p>	<p data-bbox="1081 425 1348 616">横桁断面を C 形断面で対応し箱桁内 控部材の溶接を外 側から作業できる 構造を採用</p> <p data-bbox="1081 660 1348 862">注) 支点上横桁は従来構造を採用して対応 ダイヤフラム構造においても同様とする</p>

5. 2. 3 構造図

次ページ以降に箱桁合理化構造案の構造図を示す。なお、構造図の構成は以下の通りである。

- (1 / 8) 一般図
- (2 / 8) 主桁 G 1 (その 1)
- (3 / 8) 主桁 G 1 (その 2)
- (4 / 8) 主桁 G 1 (その 3)
- (5 / 8) 主桁 G 1 (その 4)
- (6 / 8) 主桁 G 1 (その 5)
- (7 / 8) 横桁及びダイヤフラム (その 1)
- (8 / 8) 横桁及びダイヤフラム (その 2)
- (8' / 8) 横桁及びダイヤフラム (その 2)

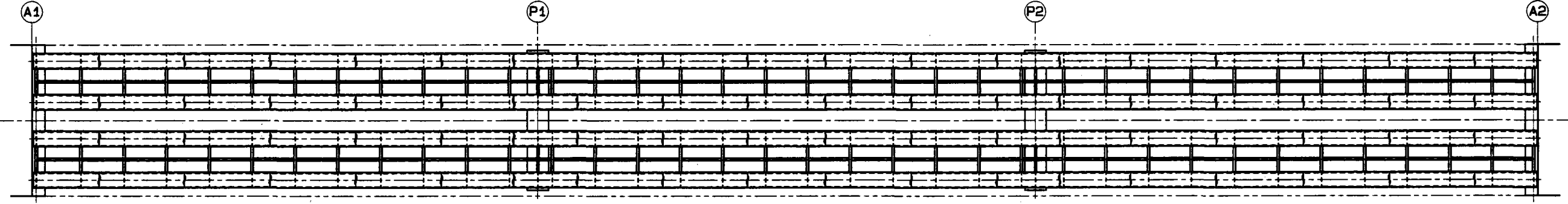
一般図
側面図 S=1/300



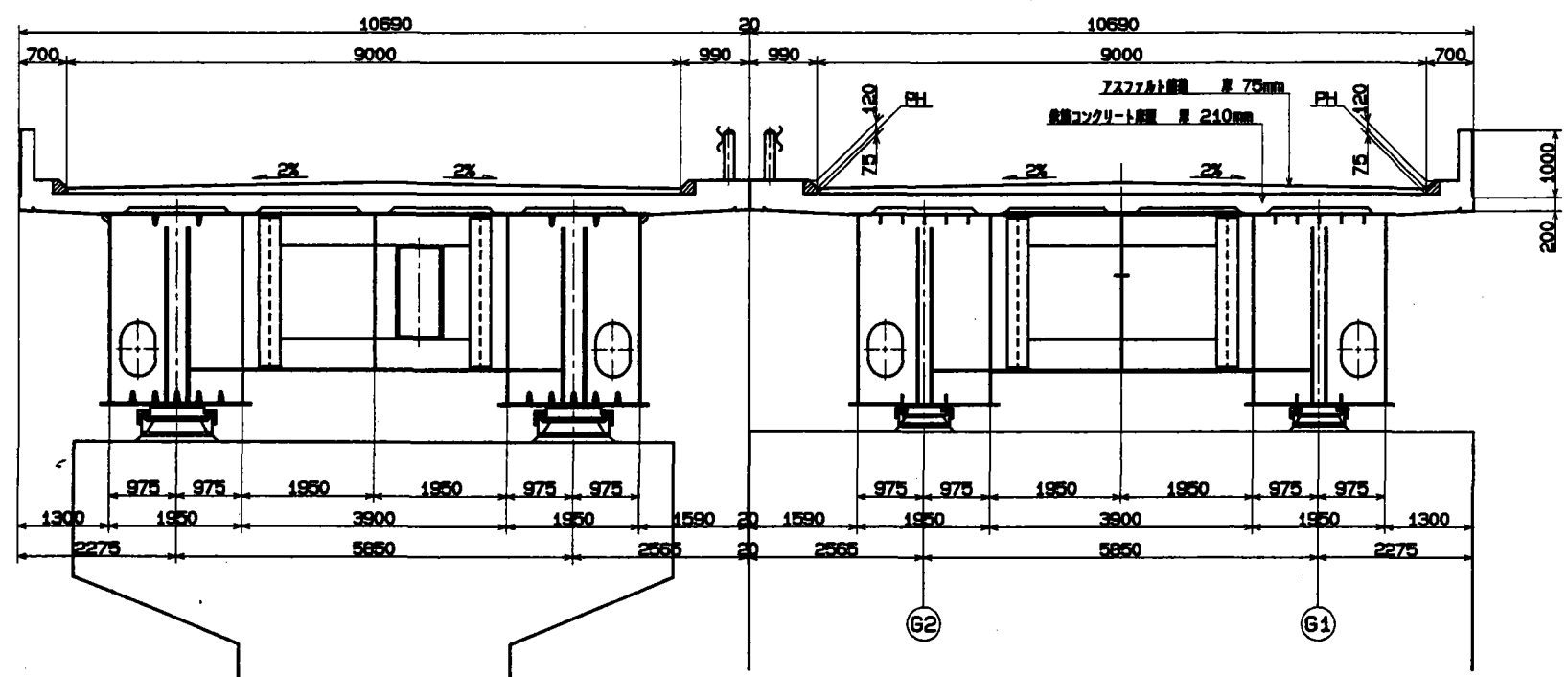
合理化・省力化箱桁構造の特徴

- 全ロボット溶接
- ダイヤフラムはブロック構造のみ
- ウェブとフランジは外面から片面溶接
- 縦筋はU形断面とし材料片数のみ
- 縦リブスカーラップはすべて非溶接タイプ

平面図 S=1/300



中間支点上断面 断面図 S=1/50 端支点上断面

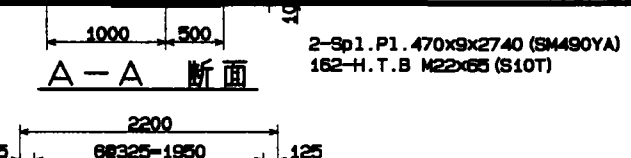
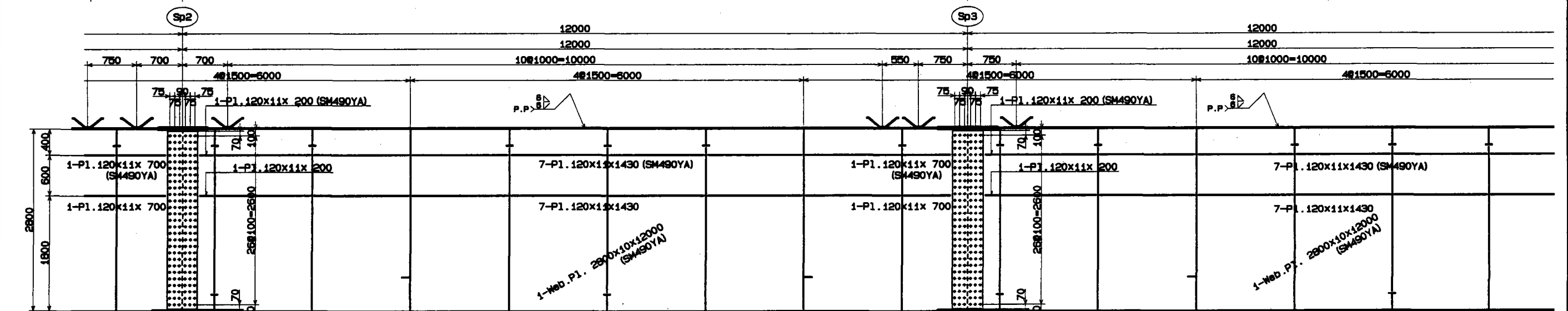
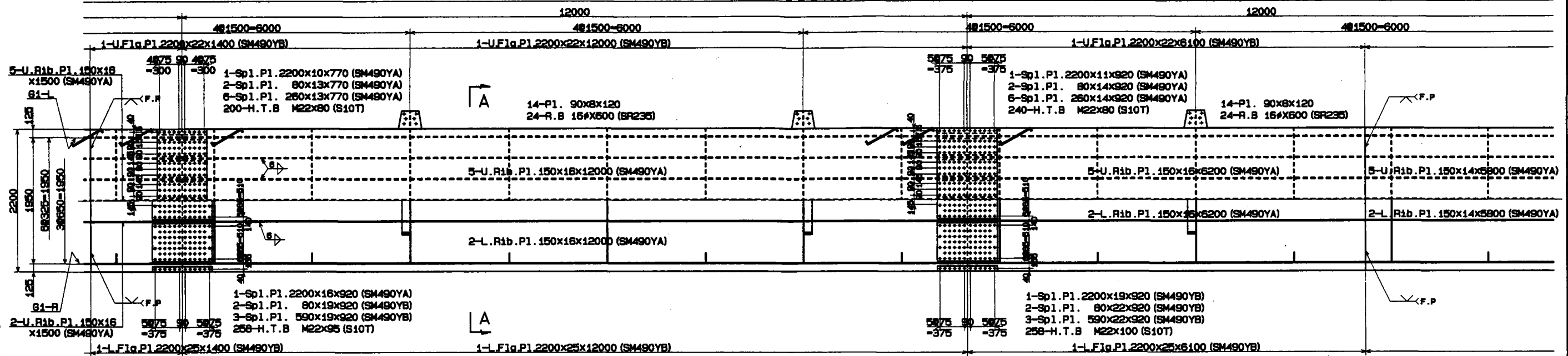


設計条件		
橋長	211m300	橋長 210m900
道路規格	第一種 第三種A	
荷重	B級荷重	
型式	3幅連続橋	
支間	70m+70m+70m	
有効幅員	9m000	橋長 90°00'00"
平面線形	直線	
縦断勾配	2%昇勾配	
横断勾配	1%降勾配	
地震係数	水平地震 K _H =0.20 鉛直地震 K _V =0	
鋼材種別	E級鋼 Sck=240kg/cm ²	
床版鋼種	SD295	
適用規程	鋼橋設計規程 (S.55.4), 鋼橋設計規程 (H.6.2)	
使用材質	SS400, SM490Y	

縮尺	1/8	縮尺	1/300
製作者	合理化・省力化箱桁構造		
製作者	鋼橋技術研究会・合理化・省力化研究部会		
製作者	製作・装置WG		

主桁 G1 (その2) S=1/30

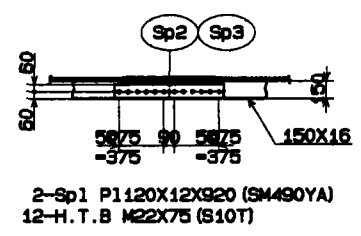
支間長 70000



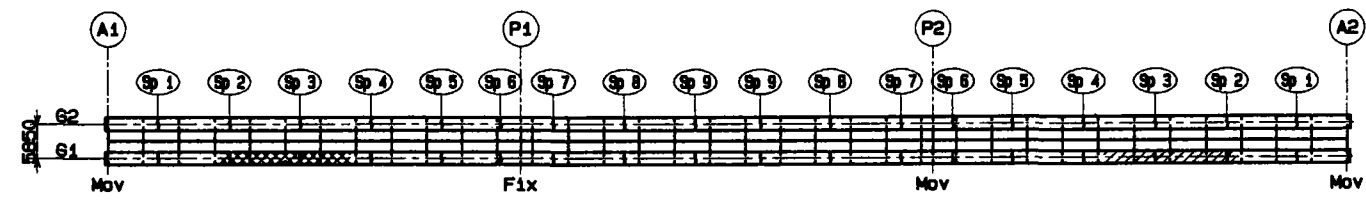
ウェブとフランジは外面からの片面溶接

ダイヤフラムはブロック端部のみ配置

縦リブ添接
(上T縦リブ残)



配置

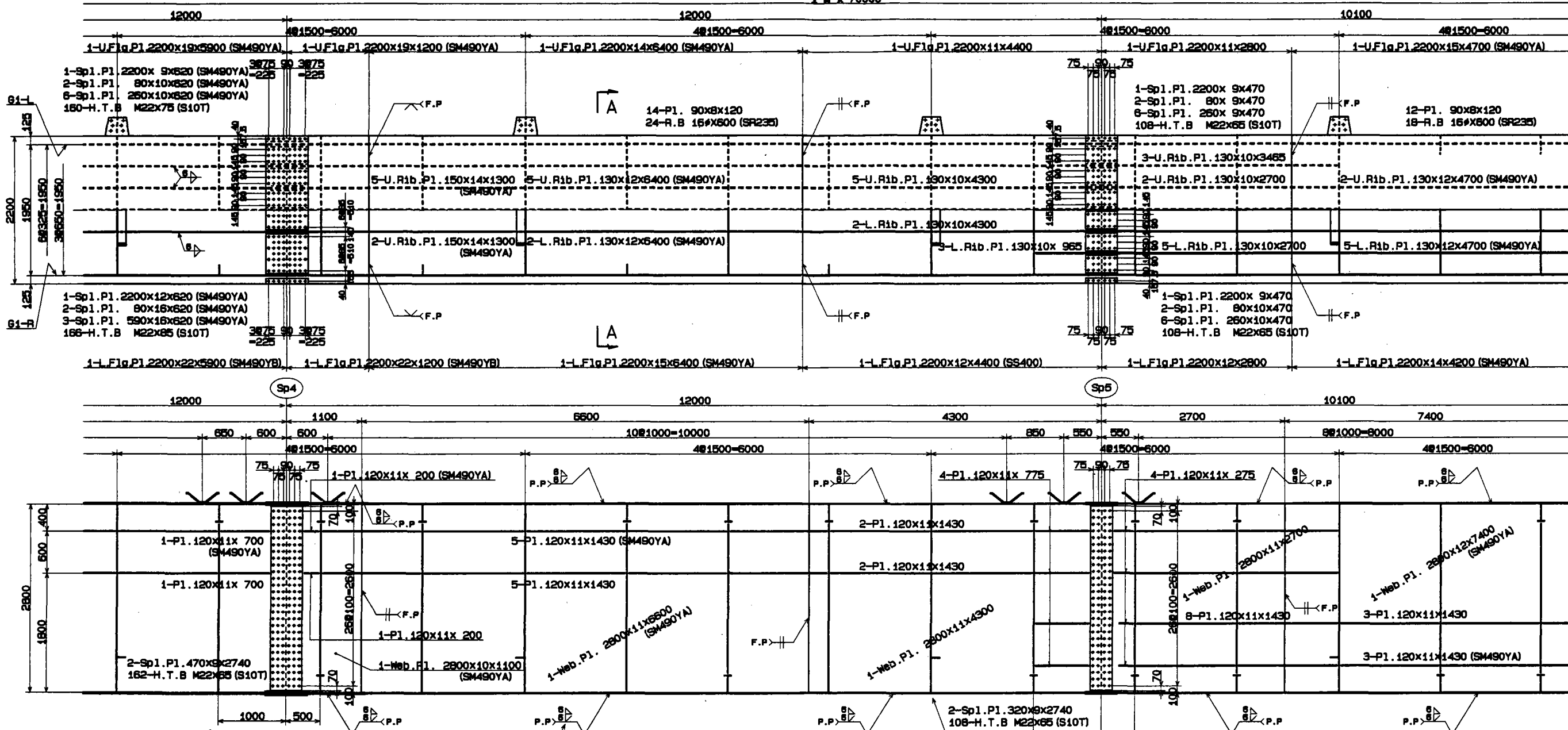


- 注
1. 鋼材は材質としてSS400とする。
 2. + 号は耐力がM22 (S10T) を示す。
 3. 図中の断面、寸法は必ずしも等しい。

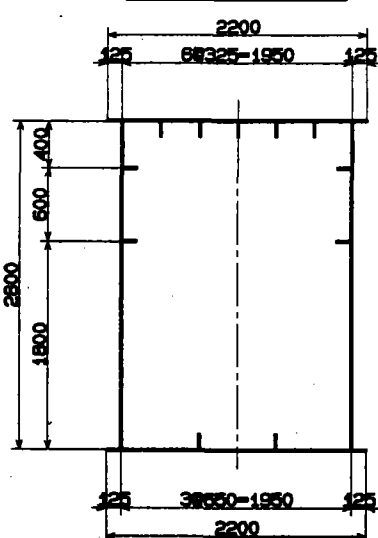
図番	3/9	図尺	1/30
図名	主桁 G1 (その2)		
合理化・省力化箱桁構造			
鋼橋技術研究会・合理化・省力化研究部会 製作・築設WG			

主桁 G1 (その3) 9-1/30

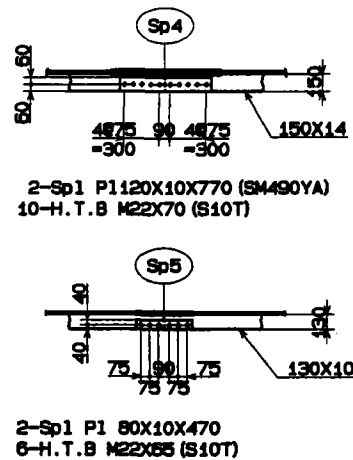
寸法 70000



A-A 断面



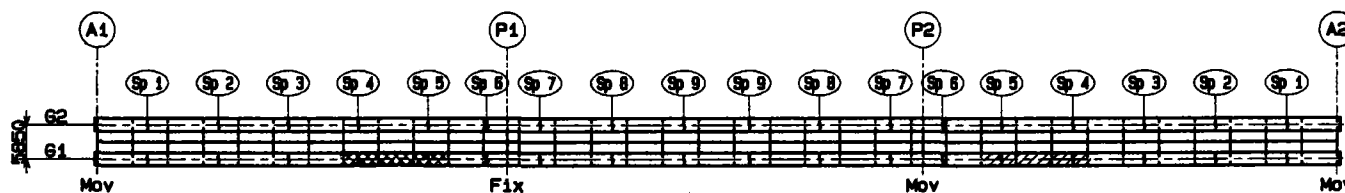
縦リブ添接 (上下裏リブ共通)



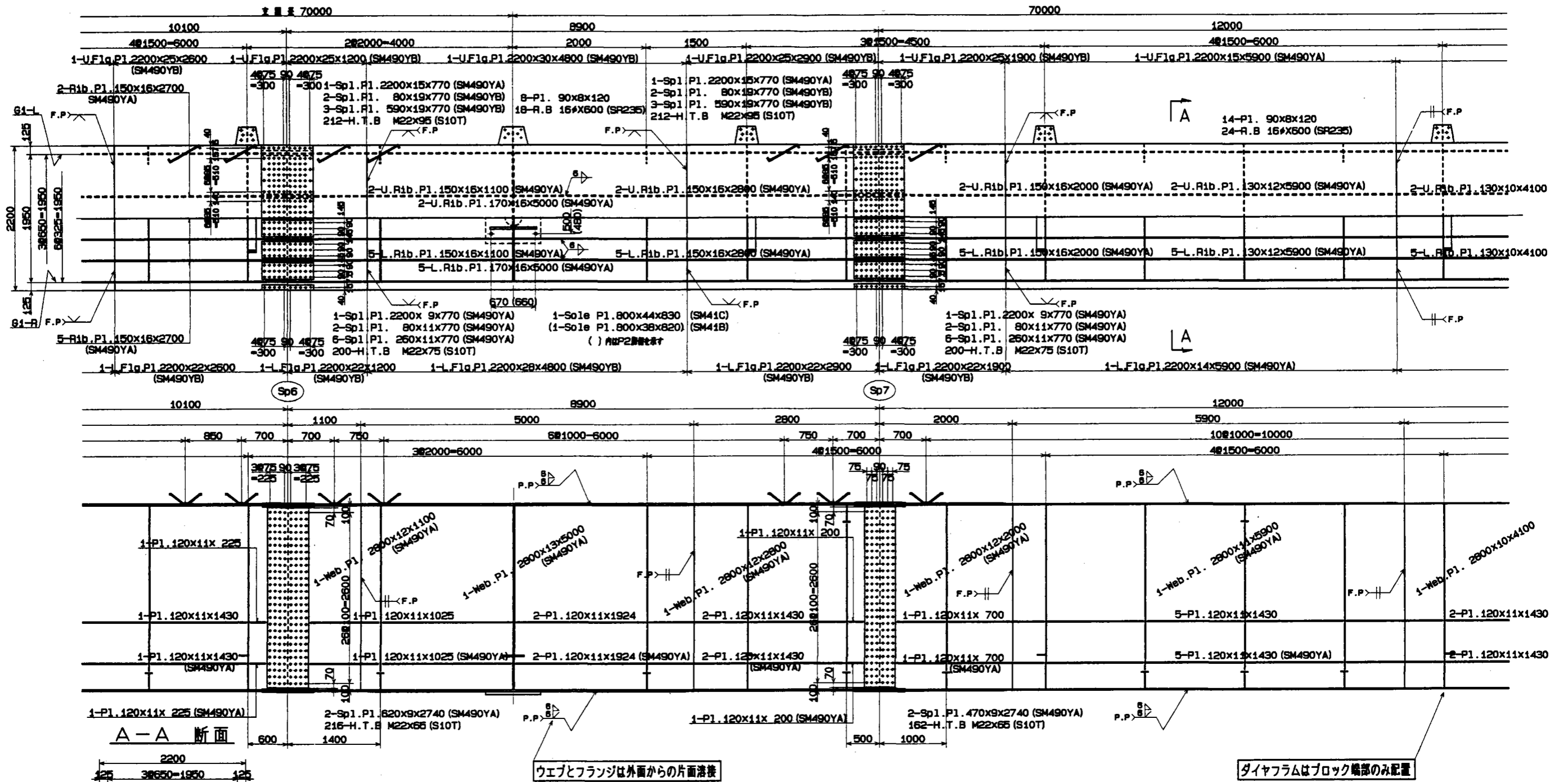
ウェブとフランジは外面からの片面溶接

ダイヤフラムはブロック端部のみ配置

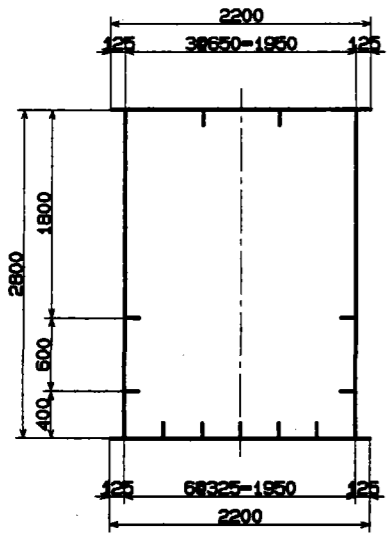
配置図



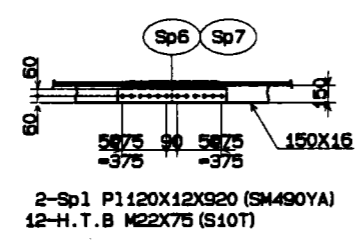
主桁 G1 (その4) 9-1/30



A-A 断面



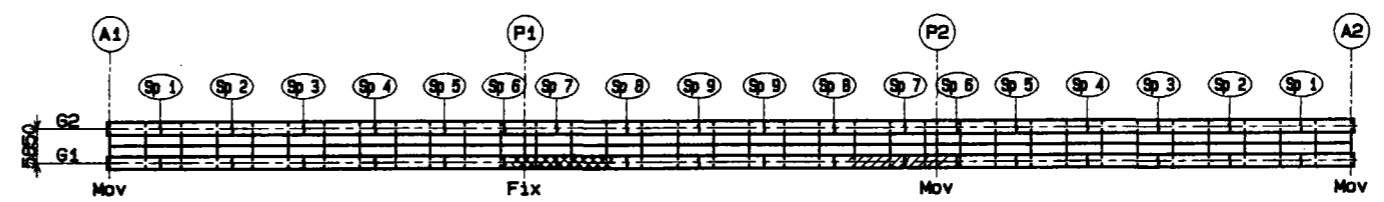
縦リブ添接 (上下リブ共)



ウェブとフランジは外面からの片面溶接

ダイヤフラムはブロック端部のみ配置

配置図

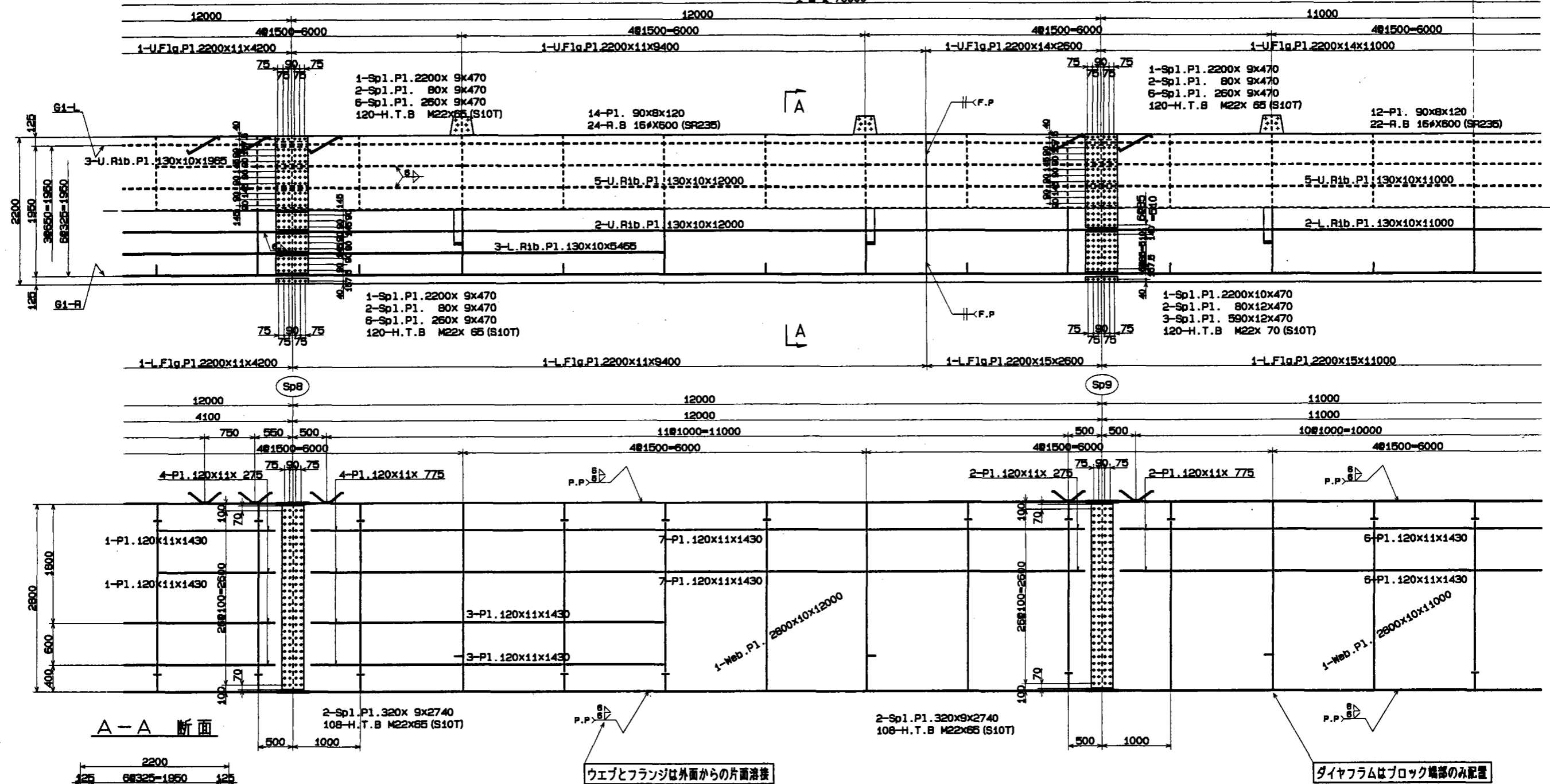


- 注
1. 鋼材の材質はTSS400とする。
 2. 十等鋼は力減りM22 (S10T) を用す。
 3. 図中の寸法、材質は参考値とする。

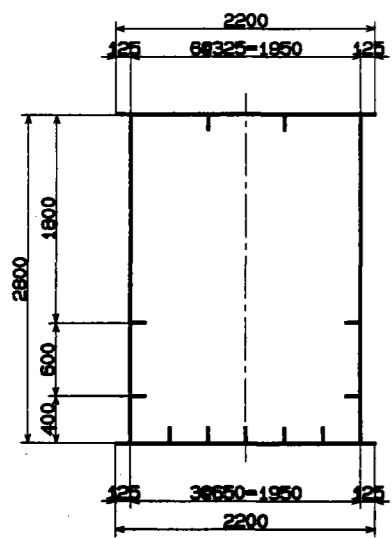
図番	5/B	縮尺	1/30
図名	主桁 G1 (その4)		
合理化・省力化箱桁構造			
鋼構技術研究会・合理化・省力化研究部会			
製作・検査WG			

主桁 G1 (その5) 9-1/30

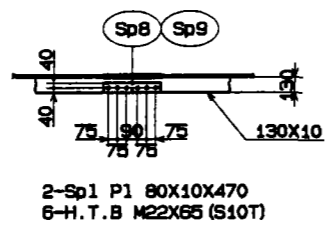
支間長 70000



A-A 断面



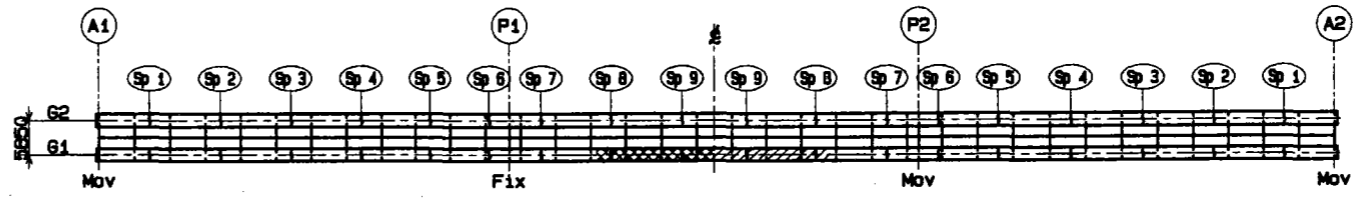
縦リブ添接 (上下重り共通)



ウェブとフランジは外面からの片面溶接

ダイヤフラムはブロック端部のみ配置

配置図



- 注
1. 鋼材の材質は全てSS400とする。
 2. + 号は耐力がM22 (S10T) を要す。
 3. 図中の取付、材質は必ず確認する。

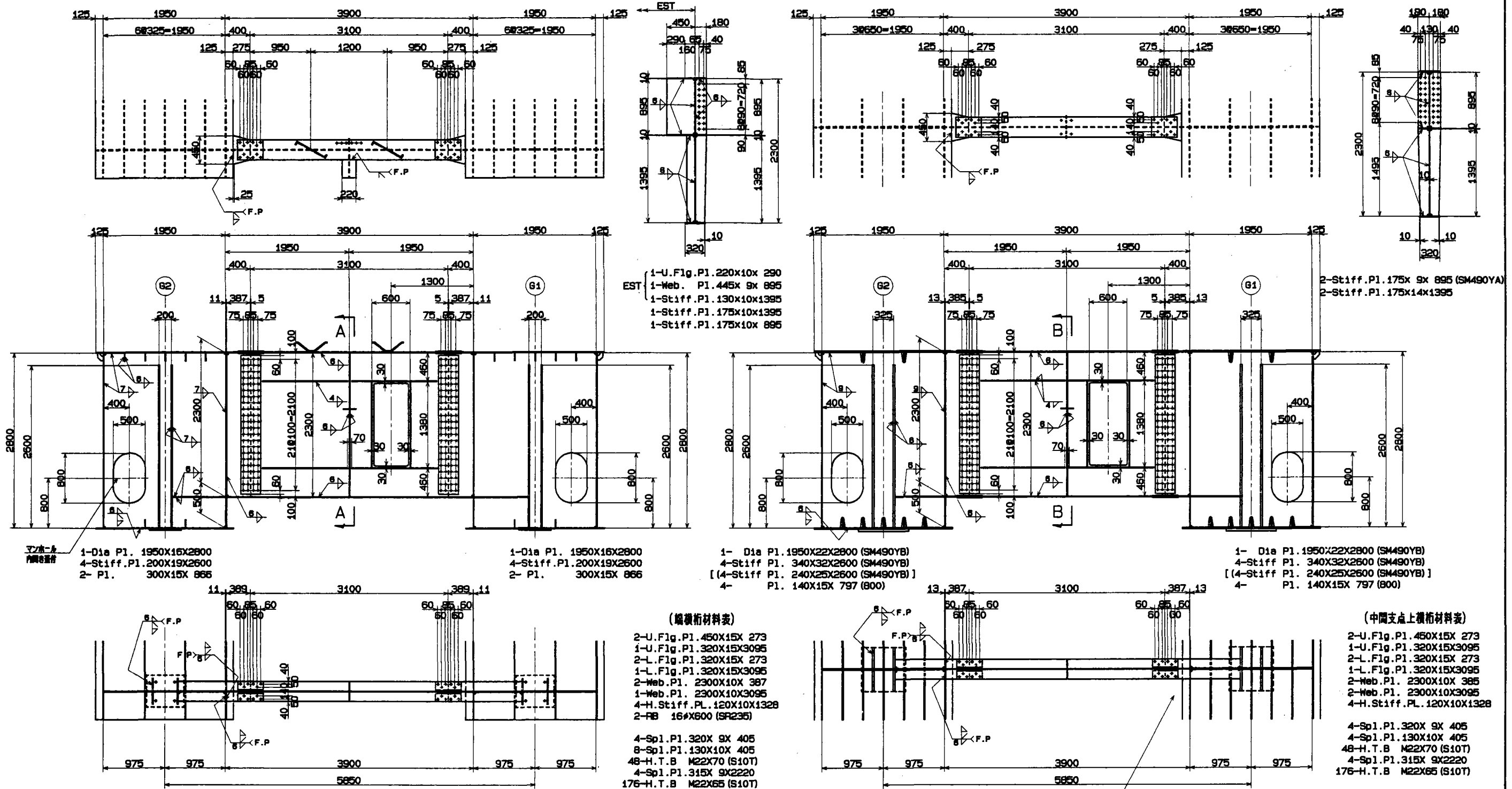
図番	G/B	縮尺	1/30
図名	主桁 G1 (その5)		
合理化・省力化箱桁構造			
鋼橋技術研究会・合理化・省力化研究部会			
製作・架設WG			

端支点部 EFB

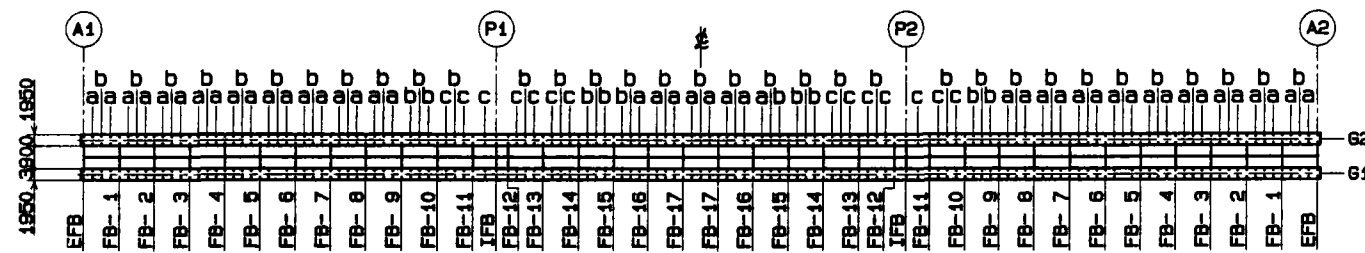
A-A

中間支点部 IFB

B-B



配置図

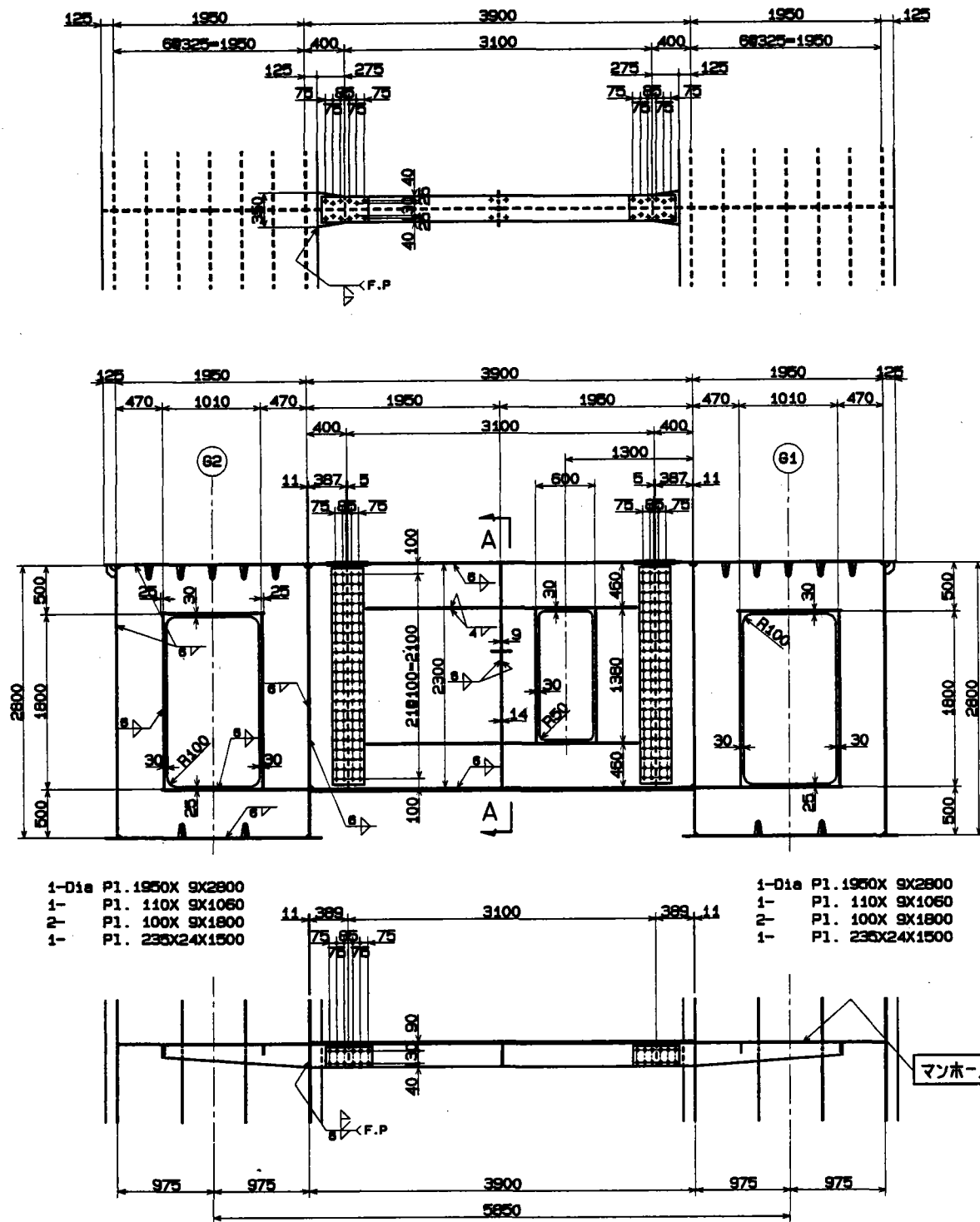


- 注
1. 鋼材の材質は全てSS400とする。
 2. +号は高力鋼材M22 (S10T) を表す。
 3. 図中の縦尺、材質は参考値である。

図番	7/8	図尺	1/30
図名	横桁及びダイヤフラム(その1)		
合理化・省力化橋桁構造			
鋼橋技術研究会・合理化・省力化研究部会			
製作・築設WG			

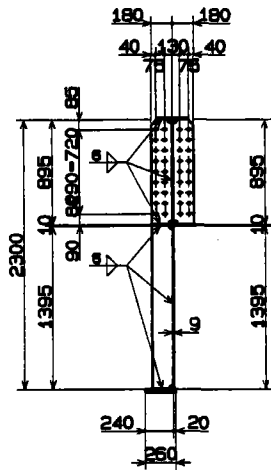
横桁及びダイヤフラム (その2) S=1/30

中間部 FB-1~17

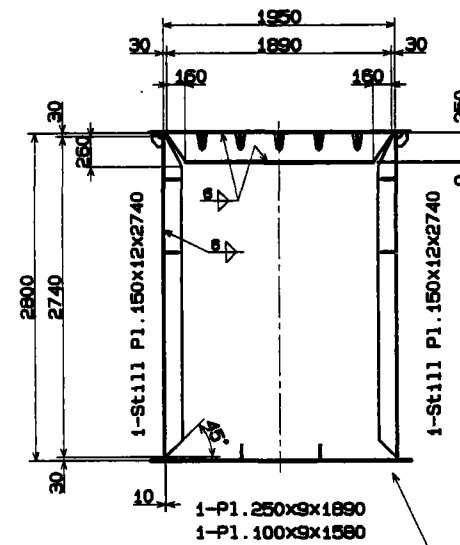


- (中間横桁材料表)
- 2-U.Fl.g.P1.350X12X 274
 - 1-U.Fl.g.P1.250X12X3100
 - 2-L.Fl.g.P1.250X24X 387
 - 1-L.Fl.g.P1.250X24X3100
 - 2-Web.P1. 2300X 9X 387
 - 1-Web.P1. 2300X 9X3094
 - 4-H.Stiff.P1.120X10X1328
 - 2-P1. 100X 9X1380
 - 2-Sp1.P1.250X 9X 465
 - 4-Sp1.P1.105X 9X 465
 - 24-H.T.B M22X65 (S10T)
 - 4-Sp1.P1.315X 9X2220
 - 176-H.T.B M22X65 (S10T)
 - 4-Sp1.P1.210X16X 465
 - 24-H.T.B M22X90 (S10T)

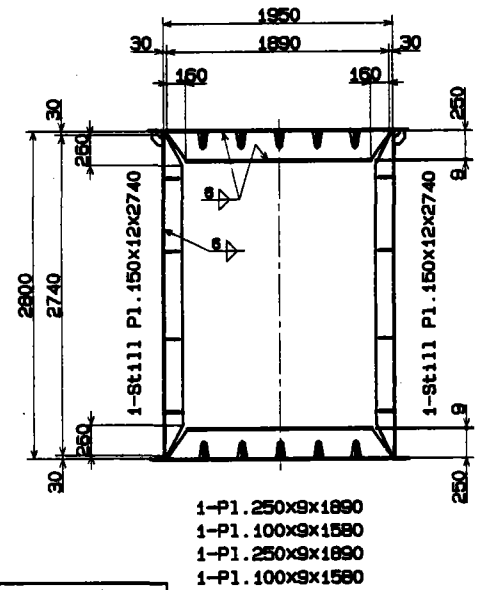
A-A



タイプ: a

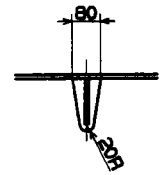


タイプ: b

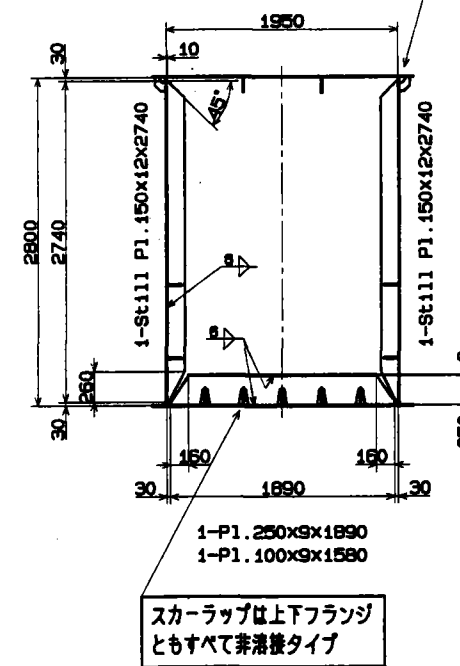


覆りリブとフランジは溶接しない

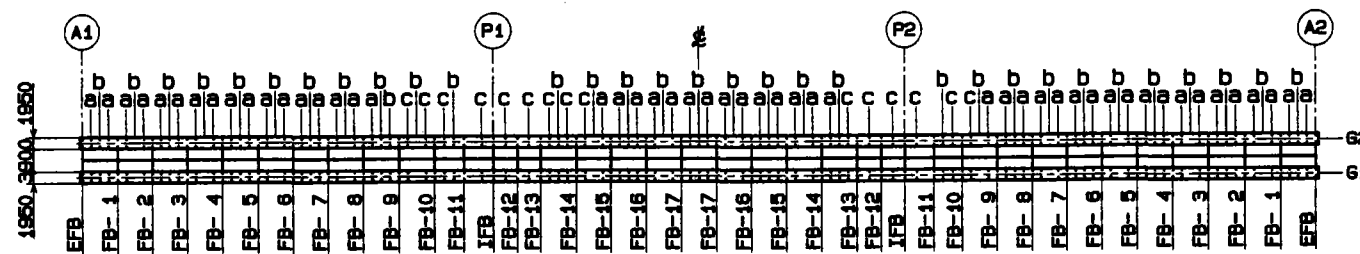
スカーラップ詳細 S=1/10



タイプ: C



配置図



- 注
1. 鋼材の材質は全てSS400とする。
 2. + 等は耐力減率M22 (S10T) を要す。
 3. 箇中の破線、材質は必ず考慮する。

日付	8/8	縮尺	1/30
図名	横桁及びダイヤフラム (その2)		
合理化・省力化横桁構造			
鋼構技術研究会・合理化・省力化研究部会			
製作・東武WG			

5. 3. 合理化効果

5. 3. 1 製作工数の低減評価

(1) 溶接の比較

◎効果：合理化構造の方が溶接長が少なく（-17.2%）、また組立後の溶接が外側からが主であることから、溶接作業効率がUPすると考えられる。

1)主桁と横桁の省力化 $-17.2\%(\%1) \times 1.113(\%2) = -19.1\%$

2)橋全体の溶接を対象とすると $-19.1\% \times 0.950 = -18.2\%$ （効率up）

（主桁及び横桁の溶接割合を橋全体として95%とする）

(2) 素材加工の比較

◎効果：材片数（鋼材材片数比較表を参照）はほとんど変わらないが、主桁ウェブの開先加工と横リブ・Vスチフナーの材端斜切り等のため作業効率がDOWNとすると考えられる。

1)主桁素材加工全体としては

① 横リブがボルト接合でない場合 $=+4.6\%(\%3) \times 0.75 \sim 0.80 = +3.5\% \sim +3.7\%$

② 横リブがボルト接合の場合 $=+6.6\%(\%4) \times 0.75 \sim 0.80 = +5.0\% \sim +5.3\%$

（主桁の素材加工割合を75～80%とする）

2)横桁素材加工全体としては

$+46.2\%(\%5) \times 0.05 = +2.3\%$

（横桁の素材加工割合を5%とする）

3)素材加工全体としては

① 横リブがボルト接合でない場合 $=+5.8\% \sim +6.0\%$ となる（効率down）

② 横リブがボルト接合の場合 $=+7.3\% \sim +7.6\%$ となる（効率down）

(3) 組立の比較

◎効果：横リブがボルト接合構造となった場合、小組立の作業効率がDOWNとすると考えられる。

・組立全体としては、 $+8.3\%(\%6) \times 0.85 \sim 0.90 = +7.0\% \sim +7.5\%$ （効率down）

（主桁の組立割合を85～90%とする）

(4) 全体としての省力化

◎効果：数値的には少量の省力化であるが、熟練工の必要性があまり無く、さらにロボット溶接機を採用できれば、より以上の省力化が計れると考えられる。また、熟練工と非熟練工との賃金の差、さらに溶接の作業環境を考えると十分価値があると考えられる。

1) ケース1 : 横リブがボルト接合構造ではない場合

- ① 溶接 = $27.1\% \times -18.2\% = -4.9\%$
 - ② 素材加工 = $35.4\% \times +5.8\% \sim +6.0\% = +2.0\% \sim +2.1\%$
- } <省力化>
-2.8%~2.9%
- (各工種比率)

2) ケース2 : 横リブがボルト接合構造の場合

- ① 溶接 = $27.1\% \times -18.2\% = -4.9\%$
 - ② 素材加工 = $35.4\% \times +7.3\% \sim +7.6\% = +2.6\% \sim +2.7\%$
 - ③ 組立 = $21.8\% \times +7.0\% \sim +7.5\% = +1.5\% \sim +1.6\%$
- } <省力化>
-0.6%~0.8%
- (各工種比率)

(5) 資料

1) 溶接長の算出 (6mm換算長)

	a. 端支点	b. 中間支点	c. 中間部	d. 横桁	計
標準構造	554m × 4	789m × 4	745m × 30	41m × 37	28,623m (100.0%)
合理化構造	501m × 4	629m × 4	594m × 30	37m × 37	23,709m (82.8%)
					差引き17.2%(*1)

2) 溶接の作業効率について

-11.3% (*2)	}	a. 主桁FWの内面スミ肉溶接の省略~溶接工数	10H	}	計12H
		b. ダイヤフラム、内側からの溶接省略~	2H		
		1台当たりの組立工数	$\frac{12H}{113H}$	=-10.6%	
			主桁溶接全体として考えると-9.9%		
		C. 横桁の溶接効率が良くなる。			
		・改造の横桁溶接工数	~ $\frac{6H}{8H} = 75\%$		100-75=-25%
		・標準の	~ $\frac{8H}{8H}$		横桁溶接全体として考えると-1.4%

3) 素材加工の作業効率について

- a. 主桁ウェブに開先加工がある。~ 主桁1台当たり 5H増
- b. 横リブ、スチフナーに孔明けがある。の " 3H "
- c. 横リブ、スチフナーの端部の斜め切り。~ " 2H "

主桁1台当たりの素材加工の工数 = 152H

$$\frac{7H}{152H} \approx +4.6\% (*3)$$

(横リブがボルト接合でない場合)

$$\frac{10H}{152H} \approx +6.6\% (*4)$$

(横リブがボルト接合の場合)

- c. 横桁の修正がある。

横桁1台 0.5H × 37台 = 18.5H

$$\frac{18.5H}{40.5H} \approx +46.2\% (*5)$$

40 H

4) 素材加工の作業効率について

① ボルト接合面の調整が必要となる。 ~ 1台当たり 4 H 増

② 高力ボルトの締付けがある、摩擦面の処理がある。 ~ " 4 H 増

計 8 H 増

$$\boxed{\text{主桁 1 台当たりの組立時数}} \frac{8 \text{ H}}{96 \text{ H}} = +8.3\% (\#6)$$

※※ 各工種の工数については標準桁の中間部を採用した。

(5) 鋼材材片数の比較

鋼材材片数比較表 (主桁1ブロック分)

	中間部		備考欄
	標準型	改造型	
主桁 F L G	4	4	
主桁 W E B	2	2	上下端に開先加工有
横桁 F W	—	—	
大型材片数小計	6	6	
	—	—	
縦リブ	7	7	
主桁 V. STIFF	12	12	端部に斜め切り有
主桁 H. STIFF	36	36	
支点 V. STIFF	—	—	
支点 D I A	—	—	
中間 D I A	2	2	
横リブ	16	16	端部に斜め切り有
ハンドホール	2	2	
ソールプレート	—	—	
横桁仕口	6	6	
横桁 V. STIFF	—	—	
横桁 H. STIFF	—	—	
主桁 S P L	19	19	
主桁 F I L L	—	—	
横桁 S P L	8	6	
縦リブ S P L	14	14	
バックアップ, リブ	—	—	
小型材片数小計	122	120	
材片数合計	128	126	
吊金具	14	14	
スラブアッカー	24	24	
小型材片数小計	160	158	
材片数総合計	166	164	
比較	1.000	0.988	

5. 3. 2 作業環境の改善

箱桁内の溶接作業は、1) 溶接ヒュームやグラインダーによる溶接の手入れ作業による粉じん、2) 溶接熱による高温、3) 狭あい部での作業による無理な姿勢、4) 感電の危険性、5) 溶接装置の移動等作業性の悪さ、6) 換気装置や局所排気設備が必要等多数の問題点があり、労働環境が悪く、作業者にとって負担の大きい作業となっている。

特に、作業環境の管理項目であるヒューム、スパッタなどの粉じんは、全体換気設備のある製缶工場での一般的な値は $0.1 \sim 0.3 \text{ mg/m}^3$ と低濃度であるが、箱桁内での溶接作業中の値は $6.3 \sim 15.7 \text{ mg/m}^3$ を示し高濃度となっており健康上好ましくなく、人体への影響が懸念される。このため、粉じん対策として防塵マスクの着用、送風機や集塵機による局所換気が実施され、さらなる改善策としてヒューム・スパッタ発生量を低減させた新しい溶接棒や溶接装置の開発及び溶接ロボットの適用などが行われているが根本的な改善策には至っていない。

本提案は、前章までに述べたように構造や作業方法を変更する事により、箱桁内部の溶接作業をほぼ全面的に無くしており、ロボットや自動溶接機の適用をより可能なものとし作業効率を向上させるだけでなく、過酷な溶接作業の改善に大きく貢献出来るものと思われる。

5.4 まとめと今後の課題

5.4.1 まとめ

本報告は、連続非合成の箱桁を対象に、製作が省力化できる構造の提案、溶接作業環境の改善のための構造の提案、あわせて、ロボットを適用しやすい構造の提案を行ったものである。結論をまとめると次のようになる。

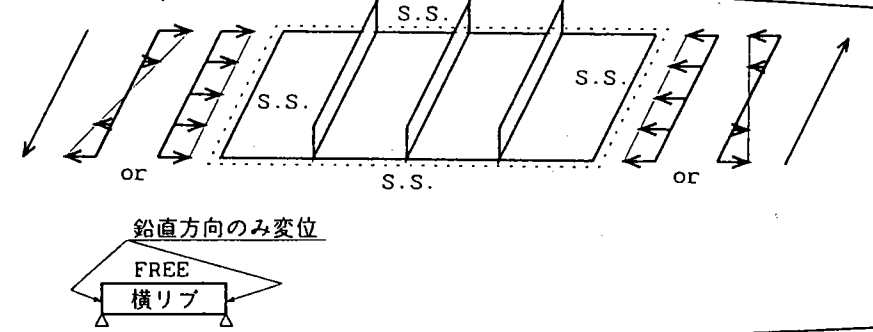
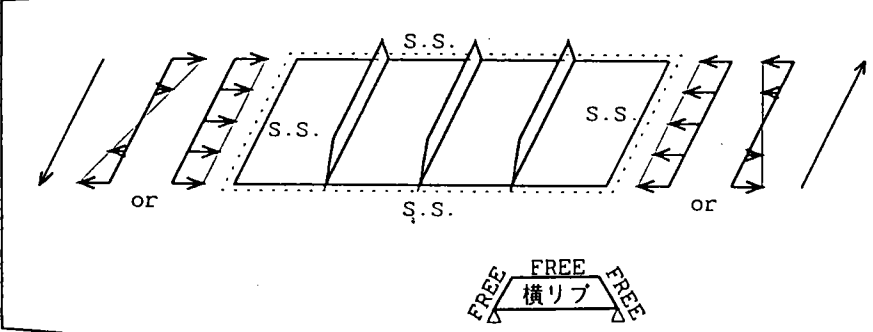
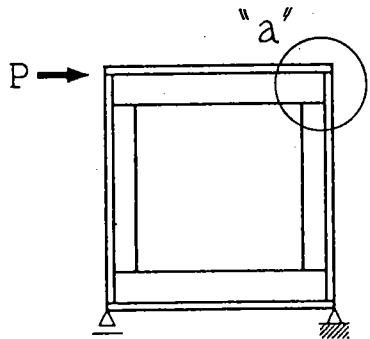
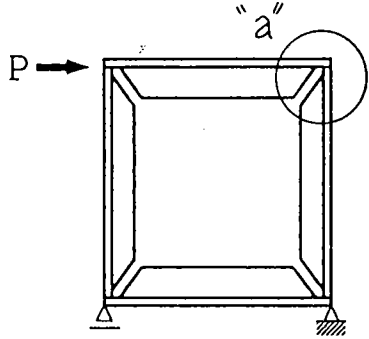
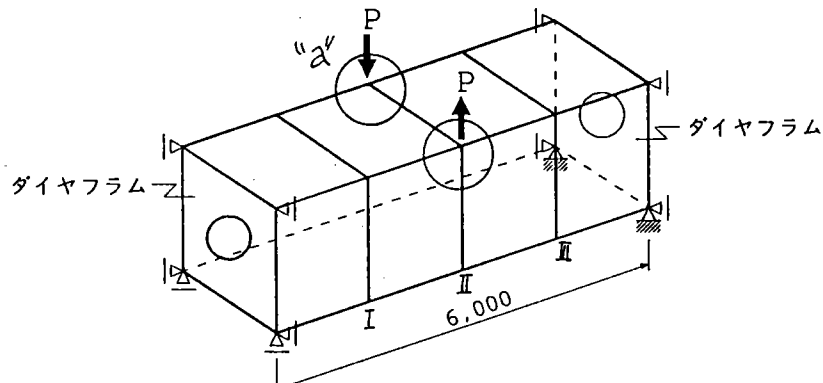
- (1) 次のような構造にすることにより箱桁内の密封された空間での溶接作業をなくすことが出来る。
 - ① ダイヤフラムをブロックの両端にのみ配置するようにブロック分割を設計段階で決定し、ダイヤフラムとフランジ、ウェブとの溶接をブロック端部側からの片面溶接とする。
 - ② フランジとウェブとの溶接を外側からの片側溶接とする。
 - ③ 横リブと垂直補剛材との取り合いを溶接しない構造とする。
- (2) (1) のように構造を合理化することにより、製作工数を標準構造（日本道路公団 標準図）と比較して、約3%低減することが出来る。
- (3) 箱桁内の密閉された空間での溶接作業がない構造となることで、作業環境を改善することが出来る。
- (4) 箱桁内の（細かい）溶接がない構造のため、ロボットは適用しやすいと思われる。また、汎用ロボットでなく、この箱桁内部の溶接（上記(1)のダイヤフラムとフランジ、ウェブの溶接）専用の簡易な装置を考えることが出来る可能性がある。

5.4.2 今後の課題

- (1) 横リブと垂直補剛材の取り合い部の強度検討

今回の構造では、横リブと鉛直補剛材が分離されている。そのため、本合理化構造は標準構造に比べてフランジ、腹板に対する補剛効果が低下し、これらの部材の耐荷力低下が懸念される。そのため、今後の課題としてはF.E.M解析等で標準構造と合理化構造の強度を比較検討し、提案した合理化構造の妥当性を確認する必要がある。以下にF.E.M解析する場合の解析モデルの一例を示す。

表-5. 4. 1 F.E.M.解析モデルの例

モデル	標準構造	合理化構造	着目点
パネル			<p>面内に圧縮、曲げ、せん断を加えたときのパネルの座屈強度</p>
平面			<p>"a"部の応力性状</p>
立体			<p>I, II, III断面に横リブ、垂直補剛材がある "a"部の応力性状</p>

(2) ロボットの適用について

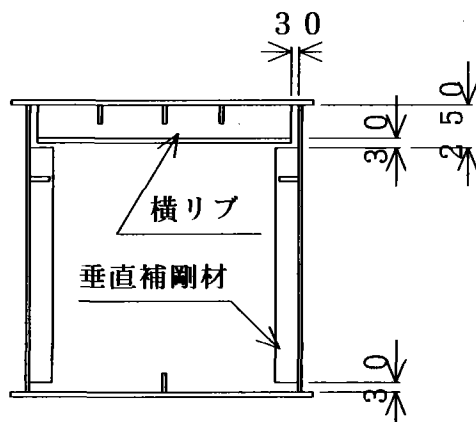
提案した合理化構造について溶接施工を行うロボットには、どのような機能が要求されるのか、また、本構造に適したより簡易な専用装置での溶接施工の可能性についての検討は今後の課題となった。

5.5 参考文献

- 1) 濱田仁、寺尾圭史、塚原弘光：箱桁製作省力化の提案、横河ブリッジ技報 NO.23、PP83～95、1994年
- 2) 日本道路公団：鋼橋標準設計（三径間連続箱桁橋）、1981年
- 3) 勝野、渡辺、熊谷、関田、依田：縦リブと横リブとを溶接しない補剛板の耐荷力特性、三菱重工業技報、VOL24、NO4、PP352～357 1987年
- 4) 春日井、和内、大森：鋼橋の合理化に関する一提案、橋梁と基礎、VOL28、NO7、PP27～33、1994年

付 属 資 料 - 1

横リブおよび垂直補剛材とWEBとの隙間寸法についての検討

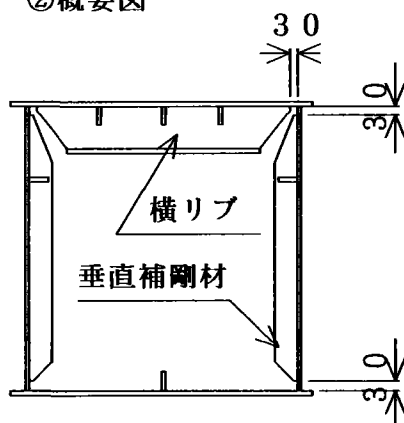


[設計強度からの検討]

圧縮力作用下の板の補剛部材として設計する横・縦リブ（圧縮フランジに対し）および垂直・水平補剛材（ウェブに対して）は、原則として計算上全領域をカバーする構造を前提としている。しかし、スカーラップ35mmの隙間、水平補剛材と横構ガセットとの隙間30mm等の値が、一般的に許容されている具体的数値として用いられている。これらのディテールは、道路橋示方書ならびに日本橋梁建設協会からも明示されている数値である。

上図の横リブ断面において検討した場合、横リブ高に対応する長さのWebの補剛材がカットされ（250mm区間）、局部座屈の危険がある。①Web板厚を厚くするか、②30mm程度の隙間まで補剛できる構造とするか、③横リブと垂直補剛材の位置をずらして取付けるかの回避方法が考えられる。慣例を無視すると、③横リブと垂直補剛材の位置をずらして取付けることにより、計算上は問題がないと思われる。

②概要図



[製作観点からの検討]

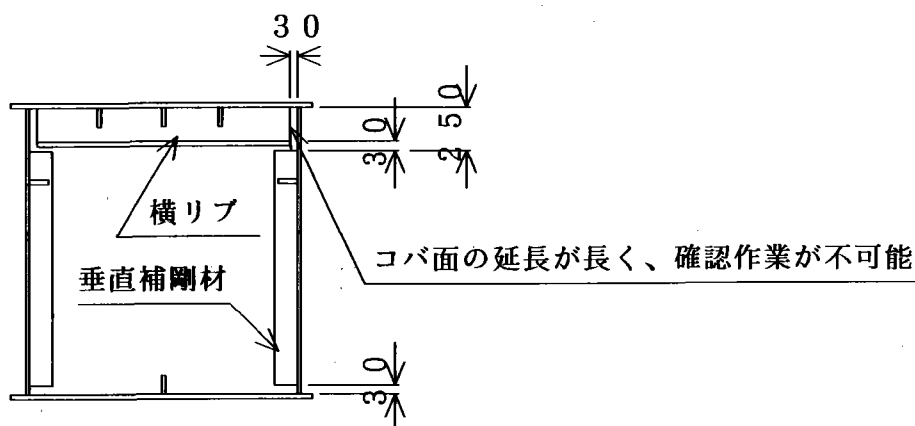
設計的観点からの検討で述べたディテール寸法は、完全な溶接と塗装の施工性を主目的とした製作上からの数値である。

本省力化の目的である製作上のパネル組立てを行う際にも、組立て時の調整隙間確保量としては、30mmが最低必要なディテールであると考ええる。

塗装の施工においても、ハケが入るディテールとして30mmを最低確保する必要がある。また、箱桁内に発生する結露による水の流れからも、塵による詰まりを解消する隙間は、30mm程度が適当である。

下図の横リブ断面において検討した場合、塗装の施工に対して下記の観点から難点がある。横リブ端部が直角切りのため、ハケをはわすことしか出来ず、不十分な施工となる可能性が高い。このため、②概要図で示したようなカット切りを行い、目視できる空間へとスペースを広げていく構造が必要である。

横リブと垂直補剛材の縁端は、直角切りを避ける必要があると考える。



付 属 資 料 一 二

'94. 9.30.(Fri)

ダイヤフラムの片面溶接について

(株)横河ブリッジ 徳田 浩一

横河ブリッジ技報, No.23, pp.83-95, 1994.1. 参考

1. 中間ダイヤフラムの場合

ずり変形によるせん断応力 : 31 kgf/cm²

横桁から伝わるせん断応力 : 249 kgf/cm²

合 計 280 kgf/cm²

したがって、下フランジ部のダイヤフラムの作用せん断応力は280kgf/cm²である。

下フランジ部のダイヤフラムに作用するせん断力 : 49140 kgf

6 mm片面すみ肉溶接部のせん断応力 : 594 kgf/cm² < 800 (SS400)

以上より、中間ダイヤフラムを片面溶接接合としても問題はない。

2. 支点上ダイヤフラムの場合

中間支点の反力を700tonfとすると、

2-1 9 mm片面すみ肉溶接

$$\frac{700000}{0.45\sqrt{2}\times 280\times 2} = 1964 \text{ kgf/cm}^2 > 1200 \text{ (SM490Y)}$$

以上より、許容応力を超過する。したがって、横河技報で提案されているようにリブをパネルで両面溶接しておいて、箱に組んでからリブに高力ボルト接合する等の対策が必要である。

2-2 11mm部分溶込み溶接

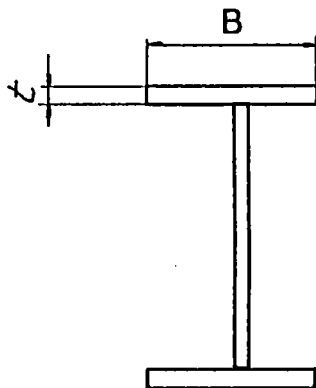
$$\frac{700000}{1.10\times 280\times 2} = 1136 \text{ kgf/cm}^2 < 1200 \text{ (SM490Y)}$$

以上より、支点上ダイヤフラムの場合でも、11mm部分溶込み溶接なら問題はない。

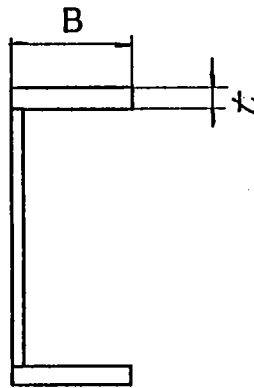
横桁の断面形状について

	標 準 図				変 更 後				
	板幅 (B)		板厚 (t)	断面積 (cm ²)	板幅 (B)		板厚 (t)	断面積 (cm ²)	B/t
端支点部	320	x	15	48	260	x	19	49.4	13.7
中間支点部	320	x	15	48	260	x	19	49.4	13.7
中間部	260	x	12	31.2	210	x	15	31.5	14

標準図



変更後



〈横リブと垂直補剛材のボルト添接構造案〉

箱桁内の溶接作業量を削減し、箱桁内作業の省力化と作業性の改善を計る目的の一つとして、横リブと垂直補剛材の継ぎに現行用いられている溶接をボルト添接に変更した場合の構造について検討する。

1. 連結部に作用する力

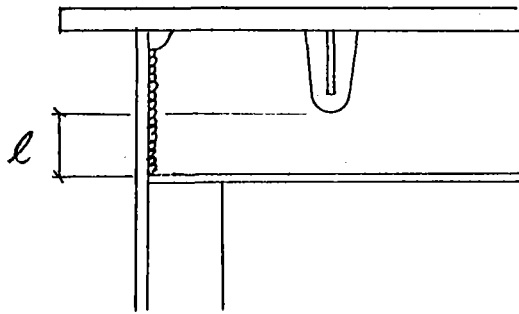
箱桁に作用する力は曲げ、せん断、ねじりがあり、これらに抵抗して不安定現象が生じないようにする必要がある。

道示によると、補剛材の設計はフランジとウェブを個別に設計していることから、曲げとせん断に対し横リブと垂直補剛材を継ぐ必要はないと考えられる。

また、ねじり荷重が作用した場合の断面変形に対しは、ダイヤフラムで抵抗するように設計されているので、ねじりに対しても横リブと垂直補剛材を継ぐ必要はないと考えられる。

以上のことより横リブと垂直補剛材の継ぎ部には、特に考慮しなければならぬ力は作用していないと考えるので、この継ぎに必要なボルト本数は、箱桁組立時の作業性を考えるとして本程度配置するのが適当と思われる。

※ 横リブウエブの鍋肉溶接に相当する必要ボルト本数



$$\text{有効溶接長 } l = 250 - (130 - 20) = 100 \text{ mm}$$

有効断面積 (スリットサイズ 6 mm)

$$A = 0.727 \times 10 \times 2 = 8.78 \text{ cm}^2$$

許容せん断力

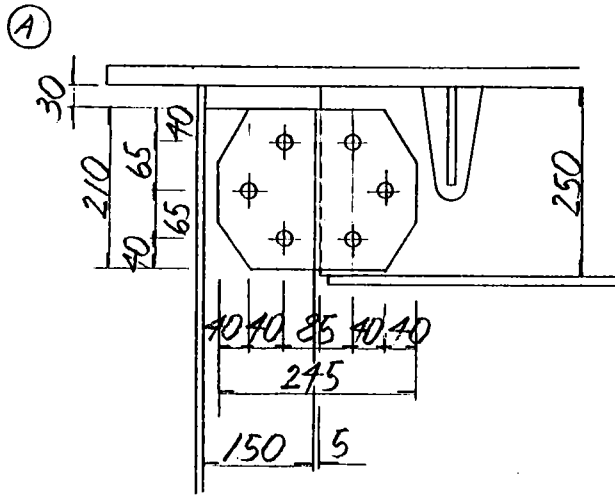
$$S = 800 \times 8.78 = 6784 \text{ kgf}$$

必要ボルト本数 (1面摩擦)

$$n = 6784 / 4800 = 1.4 \rightarrow 2 \text{ 本以上}$$

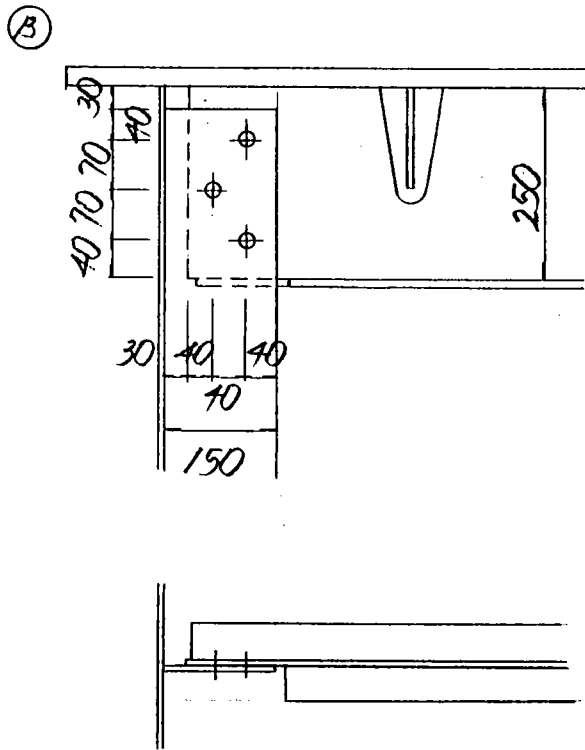
2. 継手構造案

1). 横リブとV/Sが同じ位置の場合

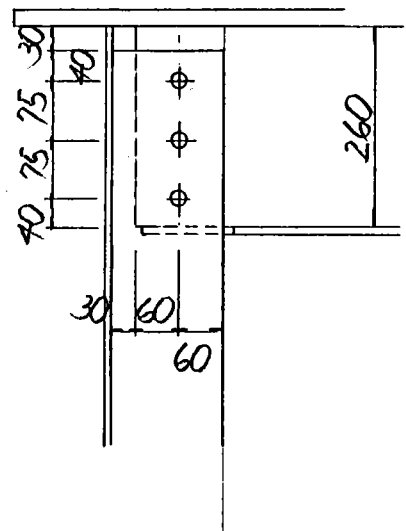


※横リブのウエブ高を280mm以上にする場合は千鳥配置をしなくて済む。

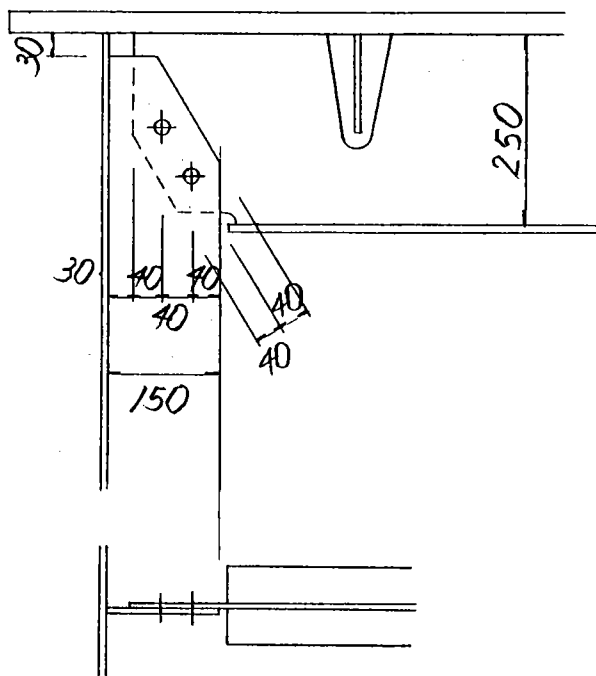
2). 横リブとV/Sを橋軸方向に板厚の分だけずらした場合



※横リブのウエブ高を260mm以上にする場合は千鳥配置をしなくて済む。



③



* 現在の横リブとVSの寸法では斜め方向にはホルトが2本しか配置できない。この場合は組立時の孔合せが困難になる。

横リブとVSの継手にホルト添接構造を採用する場合は、

③ タイプAで横リブウェブ高を260mmとしホルトを直列に配置した構造が、作業性が一番良いと思われる。