

2. 少数主桁設計

2. 1 まえがき

少数主桁設計ワーキンググループ（以下、W/Gと略す）は 鋼橋技術研究会「合理化・省力化研究部会」の中で、合理的な設計を行うことにより、製作・架設・維持補修におけるトータル的な合理化と省力化を計り、鋼橋の経済性の追求を目的とする中のひとつのW/Gとして発足した。

少数主桁橋梁はかつては我国でも見られたが、ヨーロッパでは競争力のある鋼橋の形式として一般化している。日本においては平成5年頃から内外価格差・海外企業の参入などの影響や、PC業界との価格差に対応するため、この形式がひとつの新形式の橋梁として注目され始めた。

少数主桁設計W/Gの発足当時は、既に道路公団・橋梁建設業協会などで、合理化・省力化少数主桁橋梁の研究が進んでいた。国内における歴史としては北海道で、最初の合理化・省力化桁橋梁として新琴似高架橋（日本道路公団）が平成4年に完工し、合理化・省力化の少数主桁（2主桁）橋梁としてホロナイ川橋の建設工事が平成7年に完工した。また、第二東名・名神自動車道（第二東海自動車道等）では、広幅員で合理化・省力化した少数主桁（3主桁）橋梁の東海大府高架橋などが現在建設中である。

少数主桁設計W/Gでは、まず現在用いられている一般的な形式の橋梁の経済性を把握するために、PC橋梁と鋼橋の経済比較を行なうことによって、適用支間や幅員などの諸条件に関するその優劣を確認した。その後、少数主桁の形式としてI桁・箱桁を選定し検討を行った。

また、架設工事の工期短縮を目的とする中で、架設工事において床版工事の占める割合は大きい。したがって、プレハブ床版橋のひとつとして、大型トラフリップを使用した合理化厚板鋼床版I桁橋について試設計を行い、その経済性の比較検討を行った。

その他に、合理化橋梁の極厚フランジに対する現場継手の方法として、大口徑高力ボルトの比較設計も試みた。

本章では、これらの内容について検討した結果を報告するものである。

2. 2 鋼橋とコンクリート橋の比較設計

従来供用されている鋼橋とコンクリート橋のシェア実績は支間長が30m未満ではPC橋が多く、30m以上になると鋼橋の実績が多くなるとの調査結果がある(参考文献2. 6-15)。30m未満では、コンクリート橋が経済性に優れている他、維持管理の面でも優れていると言われているためコンクリート橋の実績が多いと考えられる。一方、鋼橋は支間長30m以上の実績が多いとされるが、コンクリート橋と経済性でどの程度の差があるのか、ここで比較し現状を把握することとする。

2. 2. 1 検討条件

比較設計は以下の条件で行うものとする。

- ① 比較ケースは支間長別の4ケースとする。
- ② 比較は上部工のみとする。
- ③ 橋梁形式は比較ケースごとに経済的と考えられるものを採用する。
- ④ 工費算出は、東北地建「道路橋計画設計資料(建設省東北地方建設局・平成5年11月)」を参考とする。
- ⑤ 架設工法は、鋼橋はクレーンベント工法、コンクリート橋は架設桁架設及び片持ち架設工法を想定する。

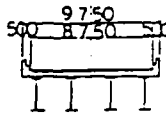
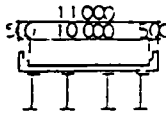
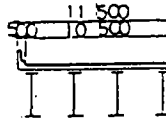
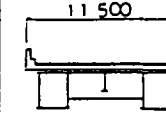
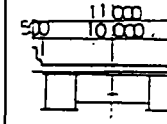
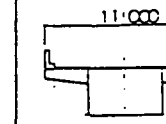
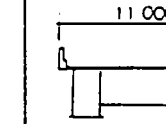
		鋼 橋	コンクリート橋
ケース1	支間割	<p style="text-align: center;">$4 \times 30000 = 120000$</p>	
	断面形状	<p style="text-align: center;">鋼連続I桁橋(4主桁)</p> <p style="text-align: center;">30~40mの支間長で最も標準的で 経済的な形式</p>	<p style="text-align: center;">ポステンT桁橋(6主桁)</p> <p style="text-align: center;">30~40mの支間長で最も標準的で 経済的な形式</p>

		鋼 橋	コンクリート橋
ケース2	支間割	<p style="text-align: center;">$3 \times 40000 = 120000$</p>	
	断面形状	<p>鋼連続I桁橋(4主桁)</p> <p>30~40mの支間長で最も標準的で経済的な形式</p>	<p>ポステンT桁橋(6主桁)</p> <p>30~40mの支間長で最も標準的で経済的な形式</p>
ケース3	支間割	<p style="text-align: center;">193000</p> <p style="text-align: center;">60000 73000 60000</p>	
	断面形状	<p>鋼連続I桁橋(4主桁)</p> <p>30~60mの支間長で適した形式 (この形式に対して対象支間は長めであるが合理化省力化検討の為採用した)</p>	<p>PC箱桁橋</p> <p>40mを超える支間長で最も適した形式</p>
	断面形状	<p>鋼連続箱桁橋(2主桁)</p> <p>40~80mの支間長で適した形式</p>	

		鋼 橋	コンクリート橋
ケース4	支間割	<p style="text-align: center;">319400 84500 140000 94900</p>	
	断面形状	<p>鋼連続箱桁橋(2主桁)</p> <p style="text-align: center;">11000 500 10000 500</p> <p>40~80mの支間長に適した形式であるが、合理化・省力化の検討の為、採用した。</p>	<p>PCラーメン橋</p> <p style="text-align: center;">10500 500 9500 500</p> <p>大支間で用いられる。 架設工法を考慮した形式</p>
	幅員 C2	<p>鋼床版箱桁橋(1主桁)</p> <p style="text-align: center;">11000 500 10000 500</p> <p>大支間の桁橋に適し、標準的な幅員に対して経済的となる形式</p>	
	断面形状	<p>鋼床版箱桁橋(2主桁)</p> <p style="text-align: center;">11000 500 10000 500</p> <p>大支間の桁橋に適し、広幅員に対して有効な形式</p>	

2. 2. 2 比較一覧表

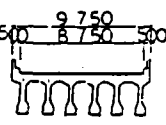
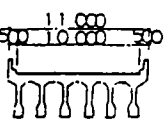
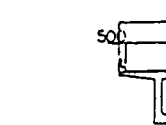
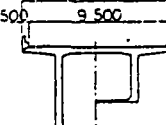
鋼橋の概算工費

ケース号	単位	ケース1	ケース2	ケース3		ケース4			備考 (積算根拠)
				CASE3-1	CASE3-2	CASE4-1	CASE4-2	CASE4-3	
主桁断面	----	鋼桁 4本主桁	鋼桁 4本主桁	鋼桁 4本主桁	箱桁 2本主桁	箱桁 2本主桁	箱桁 1本主桁	箱桁 2本主桁	
床版	----	RC	RC	RC	RC	RC	鋼床版	鋼床版	・CASE2-1の床版厚は25cm、CASE2-2は24cm縦桁付きである。
支間長	m	4@30	3@40	60x73x60		84.5x140x94.9			・CASE3-2の設計数量は、支間長の補正を行った。
有効幅員	m	8.75	10.0	10.5	10.5	10.0	10.0	10.0	
概略断面	----								・CASE3-2は腹板高を変化させているが、CASE3-3は腹板高を一定とした。
1. 設計数量									
主構鋼重	ton	162.1	233.4	569.6	692.1	1857.0	1439.9	1737.9	
支承重量	ton	6.3	7.6	13.7	15.6	41.3	18.2	20.5	
塗装面積	m ²	3.374	4.728	11.178	14.208	37.623	28.644	34.983	
RC床版	m ³	340.4	397.7	707.9	677.7	886.7	232.0	232.0	・壁高欄を含む。CASE3-2、3-3は地覆、壁高欄体積のみである。
2. 概算工費									
主構製作	千円	75,539	108,764	265,434	370,966	995,352	859,620	1,037,526	・鋼桁466千円/ton、箱桁536千円/ton、鋼床版箱桁597千円/ton
支承	"	6,300	7,600	13,700	15,600	41,300	18,200	20,500	・一律1,000千円/tonと仮定した。
工場塗装	"	6,160	8,869	21,645	15,918	42,711	33,118	39,972	・鋼桁38千円/ton、箱桁23千円/ton (内面、外面の面積比は1:1)
現場塗装	"	10,611	14,870	35,155	22,342	59,162	53,521	65,366	・鋼桁、箱桁(RC)3,145円/m ² 、鋼床版箱桁3,737円/m ² (")
輸送	"	2,983	4,295	10,481	12,735	34,169	26,494	31,977	・一律200km:18,400円/tonと仮定
架設	"	23,505	33,843	82,592	103,815	278,550	215,985	260,685	・鋼桁145千円/ton、箱桁150千円/ton
RC床版工	"	37,444	43,747	77,869	74,547	97,537	25,520	25,520	・33千円/m ² /0.3m ³ /m ² =110千円/m ³
合計	"	162,541	221,988	506,875	615,923	1,548,781	1,232,458	1,481,546	
鋼/PC	----	0.92	0.98	0.83	1.00	1.10	0.88	1.06	・下表PC工費に対する比
(ton単価)	"	965	921	869	870	816	845	843	・RC床版を含んだ全工費を、(鋼重+支承)で除した参考値である。
(幅員補正)	"	185,761	221,988	482,738	586,593	1,548,781	1,232,458	1,481,546	・有効幅員10mに補正した概算工費である。
(m ² 単価)	"	155	185	250	304	485	386	464	・合計工費を(有効幅員×橋長)で除した値である。

注) 建設省東北地建の計画設計資料に基づいて概算工費を算出した。

伸縮、排水等の付属物は考慮していない。

PC橋の概算工費

ケース号	単位	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	備考 (積算根拠)
構造形式	----	ポステンT桁 クレーン架設	ポステンT桁 クレーン架設	3径間連続PC箱桁 (ワーゲン架設)	3径間連続PC箱桁 (PCラーメン橋、ワーゲン架設)	
支間長	m	4@30	3@40	60x73x60	84.5x140x94.9	
有効幅員	m	8.75	10.0	10.5	10.0	
概略断面	----					
1. 概算工費						
主桁製作	千円	123,899	174,156		404,843	1,108,507
支承工	"	4,200	4,200		31,752	10,853
主桁架設	"	-----	-----		152,007	242,845
横組	"	34,103	32,697	-----	-----	-----
地覆工	"	14,524	15,708		25,241	39,697
合計	"	176,726	226,761		613,843	1,401,902
(幅員補正)	"	201,973	226,761		584,612	1,401,902
(m ² 単価)	"	168	189		303	439

注) ケース1,2は建設省東北地建の計画設計資料に基づいて概算工費を算出した。

ケース3,4はPC建設業協会資料により積算した。

2. 2. 3 考 察

(1) 30 m～40 mの支間長(ケース1、2)では、鋼橋は鈹桁、コンクリート橋はポステン桁が経済的に優れた形式であり実績が多い。鈹桁とポステン桁の経済性では、若干鈹桁が有利である。

(2) 60 m～80 mの支間長(ケース3)での経済比較は、鋼重が少ない鈹桁が有利となる。この支間の範囲では、鋼橋は箱桁形式の採用が一般的であるが経済性の面では鋼重が少ない鈹桁が有利となった。ただし、鈹桁では桁高が高くなりウェブには水平継手が必要となるため、鋼重は比較表のものより大きくなり他形式との差は小さくなると考えられる。しかしながら、鈹桁形式は製作・架設工法に合理化・省力化を検討することにより、競争力をアップすることが可能であると予想される。

また、鋼床版1箱桁はPC箱桁に対して10%程度有利となった。但しこれは標準的架設工法による試設計結果であり、架設地点の状況によって異なるものと考えられる。

(3) この試設計の結果では、支間長30 m～40 mに於いては鋼橋とコンクリート橋との差はなく、40 mを超えるものについては鋼橋が有利となる傾向が得られた。

橋梁形式の選定は上部工と下部工の経済性や施工性等を総合的に評価して行うものである。支間長30 m～40 m以下の場合には工費に差がないため、架設条件等のその他の要素により選択される場合が多かったものと予想される。

しかしながら、今までこの支間長でコンクリート橋が有利であるという理由は不明確な点が多い。鋼橋が採用されなかった理由を究明し、今後の合理化・省力化による競争力アップと、技術開発や維持管理(メンテナンスミニマム)などを考慮した総合的かつ長期的なライフコストなどを調査することにより、鋼橋の有利性をアピールすることが可能であると考えられる。

2. 3 合理化のための新構造について

2. 3. 1 鋼床版床組の見直し

(1) 概要

鋼床版は長大橋においては死荷重軽減のために、また、桁高の制限された桁橋などでは活荷重たわみに対する桁剛性向上のためなど、様々な形で使用されてきた実績がある。

鋼床版床組は、死荷重を約1/2に軽減できること、主構造の一部として機能するように設計することによって主げた剛性を向上できること、その構造上RC床版の厚さ相当分だけ主げたのけた高を大きくとれる、または路面を下げるができること、急速施工が可能であることなどの長所がある。

一方、鋼床版は橋面舗装の損傷、疲労による鋼床版の損傷、寒冷地においては路面凍結、RC床版と比較して高価であることなどの短所がある。

(2) 合理化・省力化の提案

【工期短縮】

鋼床版はプレハブ工法の一つとみなせ急速施工が可能であるため、工事工程を短縮することができる。従来、鋼床版は鋼重が増加し、RC床版と比較して高価であると言われてきた。しかし、人件費が高くなり工事費の中でその占める割合が大きくなった現在、鋼材の材料費は増加しても、製作・架設工事を合理的に省力化し、工事工程を短縮することによって、設計から架設に至る総工事費の低減を図ることは十分可能であると考えられる。

【厚板鋼床版】

従来の鋼床版床組は「道示」の最小板厚の規定から板厚12mmのデッキプレートを一般的に使用し、狭い間隔で縦リブを溶接する構造となっている。工場製作時においては使用する板厚が薄いわりに溶接量が多く、溶接作業による部材のひずみを整形するなどの手間がかかり、また供用時には活荷重たわみの影響によって疲労損傷を起こす原因ともなっていたと推察される。

したがって、ここでは厚板鋼床版を提案し、試設計を行いその経済性の検討を行なうこととした。

厚板鋼床版を使用することによって、縦リブ間隔を広くできるため大型トラフリブの使用が可能となり、溶接量を著しく低減でき、溶接による熱変形のひずみ取り作業もなくなるため、製作時の省力化が可能である。

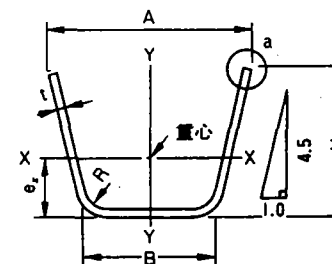
供用時においては、活荷重による変形や応力レベルが低減されるため、橋面舗装の割れや、鋼床版の疲労損傷、騒音問題も改善されるものと考えられる。

また、現在1~2m間隔で配置されている横リブも、その間隔を広くすることは可能であると予想され、省力化された合理的な構造であると考えられる。

次頁に鋼床版の板厚の変化によって提案するトラフリブの形状を示した表を添付する。

表 2.3.1.1 鋼床版の厚板化に対応した大型トラフリブ

鋼床版 板厚	縦リブ間隔 (道示より)		標準型トラフリブ							改良型トラフリブ						
			上辺	底辺	高さ	SS400		SM490Y		上辺	底辺	高さ	SS400		SM490Y	
	板厚 t	半径 r				板厚 t	半径 r	板厚 t	半径 r				板厚 t	半径 r		
	車道部	歩道部														
10		400														
11		440														
12	342	480	340	228.9	250	6	40	8	50	340	228.9	250	6	40	8	50
13	371	520	370	250.0	270	7	45	8	50	370	250.0	270	7	45	8	50
14	400	560	400	266.7	300	7	45	9	55	400	266.7	300	7	45	9	55
15	428	600	420	282.2	310	8	50	9	55	420	282.2	310	8	50	9	55
16	457	640	450	303.3	330	8	50	10	60	450	303.3	330	8	50	10	60
17	485	680	480	320.0	360	9	55	10	60	480	320.0	360	9	55	10	60
18	514	720	510	341.1	380	9	55	11	65	510	341.1	380	9	55	11	65
19	542	760	540	362.2	400	10	60	12	70	540	362.2	400	10	60	12	70
20	571	800	570	383.3	420	10	60	12	70	570	392.2	400	10	60	13	75
21	600	840	600	400.0	450	11	65	13	75	600	422.2	400	11	65	14	80
22	628	880	620	415.6	460	11	65	13	75	620	442.2	400	12	70	14	80
23	657	920	650	436.7	480	12	70	14	80	650	472.2	400	12	70	15	85
24	685	960	680	453.3	510	12	70	14	80	680	502.2	400	13	75	16	90
25	714	1000	710	474.4	530	12	70	15	85	710	532.2	400	14	80	17	95
26	742	1040	740	495.6	550	13	75	16	90	740	562.2	400	15	85	18	100
27	771	1080	770	516.7	570	14	80	16	90	770	592.2	400	15	85	19	105
28	800	1120	800	533.3	600	14	80	17	95	800	622.2	400	16	90	20	110
29	828	1160	820	548.9	610	14	80	17	95	820	642.2	400	17	95	20	110
30	857	1200	850	570.0	630	15	85	18	100	850	672.2	400	17	95	21	115
31	885	1240	880	586.7	660	15	85	19	105	880	702.2	400	18	100	22	120
32	914	1280	910	607.8	680	16	90	19	105	910	732.2	400	19	105	23	125



標準型トラフリブ

現在市販されているトラフリブのプロポーシオンで諸寸法を決定したもの。

(ウェブ勾配 1 : 4.5、リブ高=上辺×0.75)

改良型トラフリブ

腹板の断面欠損などを考慮し 標準型トラフリブの最大高さを400mmで押さえて諸寸法を決定したもの。(最大高400mmが妥当かどうか。上辺幅に最大値を設定するか?)

トラフリブ板厚

底辺の幅に対して 両縁支持板の局部座屈の低減のない板厚

板曲げ半径

トラフリブの曲げ半径で板厚+2mmの5倍とした。(15倍を使用するか?)

(3) まとめと今後の課題

本報告書では2. 4節で鋼床版厚12mm、16mm、19mm、22mmの鋼床版2主1桁橋について、支間長5 @ 4 8 mと5 @ 7 2 mで試設計を実施した。

【積算結果】

試設計の成果から概略工事費を算出した結果、デッキプレート板厚が厚くなるほど鋼重は重くなることは当然であり、工事費は増加する傾向にあるが、デッキプレートが厚くなると材片数が低減することから、工場における溶接量などの製作工数が低減されるために 鋼重の増加率に比べて工事費の増加率はさほど大きくないことが予想される。

【積算方法】

また、現在の積算基準は、トラフリブの溶接が明確には考慮されていないなど、積算上厚板鋼床版の長所を工事費に十分に反映できない要素が含まれているものと推察される。

【構造詳細】

今回の検討業務では期間が限られていたため、厚板鋼床版の詳細構造について十分な検討を行っていないが、採用にあたってはFEM解析や静的載荷・疲労載荷実験などを行い、その挙動や疲労特性などを十分把握し、構造詳細に反映する必要がある。

【舗装材の研究】

鋼床版共通の問題として寒冷地における路面凍結対策は以前として残る課題である。温熱設備（ヒーター）などを舗装内に設置することも考えられるが、現在あるものでは高価である。安価な温熱設備を考案するか、舗装材料を改良・開発するなどの対応策が必要である。

(3) まとめと今後の課題

本報告書では2. 4節で鋼床版厚12mm、16mm、19mm、22mmの鋼床版2主I桁橋について、支間長5 @ 4 8 mと5 @ 7 2 mで試設計を実施した。

【積算結果】

試設計の成果から概略工事費を算出した結果、デッキプレート板厚が厚くなるほど鋼重は重くなることは当然であり、工事費は増加する傾向にあるが、デッキプレートが厚くなると材片数が低減することから、工場における溶接量などの製作工数が低減されるために鋼重の増加率に比べて工事費の増加率はさほど大きくないことが予想される。

【積算方法】

また、現在の新積算基準は、トラフリブの溶接が考慮されていないなどの積算上の盲点があり、厚板鋼床版の長所を工事費に十分に反映できない要素が含まれているものと推察される。

【構造詳細】

今回の検討業務では期間が限られていたため、厚板鋼床版の詳細構造について十分な検討を行っていないが、採用にあたってはFEM解析や静的載荷・疲労載荷実験などを行い、その挙動や疲労特性などを十分把握し、構造詳細に反映する必要がある。

【舗装材の研究】

鋼床版共通の問題として寒冷地における路面凍結対策は以前として残る課題である。温熱設備（ヒーター）などを舗装内に設置することも考えられるが、現在あるものでは高価である。安価な温熱設備を考案するか、舗装材料を改良・開発するなどの対応策が必要である。

2. 3. 2 大口径ボルトの適用について

少数主桁の合理化橋梁では主桁一本当たりの断面力が従来橋梁にくらべ大きいことから、高力ボルト接合による添接ではボルト列数が増え添接板の板厚だけでなく長さも大きくなり必ずしも経済的にはならないことが予想される。そこで、大口径の高力ボルトの使用による添接の省力化の検討を行う。

高力ボルトの許容力Paは、表2.3.2.1に示すように径が大きくなるほど増加するので、大型径ボルトを使用することで使用ボルト本数を低減することが出来る。

表2.3.2.1

	α	σ_y kgf/mm ²	Ae mm ²	N tf	Pa tf	ρ_a kgf	強度比
M22	0.75	90	303	20.5	4.81	4800	1.00
M24	0.75	90	353	23.8	5.61	5600	1.17
M27	0.75	90	456	30.8	7.24	7200	1.50
M30	0.75	90	563	38.0	8.94	8900	1.85

しかし、一方で表2.3.2.2に示すように締め付け作業性の制約から径が大きくなるほどボルト間隔が大きくなりボルト1本あたりの添接板占有面積は大きくなる。

表2.3.2.2

	最小中心間隔	間隔比	面積比 (間隔比 ²)
M22	75	1.00	1.00
M24	85	1.13	1.28
M27	100	1.33	1.78
M30	115	1.53	2.35

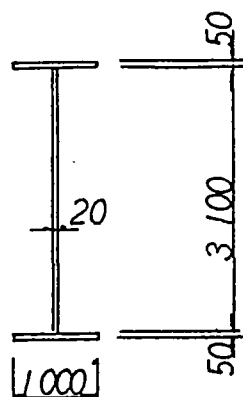
この傾向を定量的に把握するため、想定される最大のI桁断面（フランジ断面1000*50、ウェブ断面3100*20）現場継ぎ手に大口径ボルトを使用した場合の試設計を行い比較を試みた。

試設計にあたっては下図の断面をサンプルとし、作用させる断面力は孔引きにより補強断面とならない範囲でできるだけ大きくとった。

図2.3.2.1

M: 4000 tfm
S: 300 t

SM570



結果を、図2.3.2.2に示す。この結果より、ボルトの大口径化により添接板の重量は大きくなるものの、ボルト本数はM22に比べM24で86%、M27で66%、M30で56%の低減が可能である。従って製作時の孔明け、施工時のボルト締めを省力化することができ、製作工数、施工工期上有利である。

本例(t=50mm)の場合、ボルト列数はM22～M24で11列以上となり、M30では9列となる。一方で添接板の長さはM22～M24で1.5～2.0m、M30で1.3m程度と小さくできる。示方書によるとボルト列数は8本程度までが良いとされていることを考慮すれば、この試算例ではM30が有利となる。また添接板が小さくできることは、垂直補剛材ピッチの制約が少なくなるというメリットもあると考えられる。

今後の課題として、継手設計法における全強の75%の取り扱い方法の見直しや摩擦係数の改善による効率化を進めることが挙げられる。それによって、現地施工の容易さという大きな利点と合わせて、大口径ボルトを用いた高力ボルト継手を採用するメリットが大きくなることが考えられる。

図 2.3.2.2 添接部試設計結果一覧

	M22	M24	M27	M30
ボルト 本数	928本	802本	614本	520本
ボルト 重量	597kg	678kg	727kg	716kg
添接 重量	2007kg	2136kg	2402kg	2273kg
合計 重量	2604kg	2814kg	3129kg	2989kg

2. 4 合理化橋梁の試設計

合理化橋梁と称されているものは一般に、長支間のPC床版を有する2主桁もしくは3主桁のI桁橋であり、第二東名自動車道をターゲットにした支間長50m程度のものがJHを中心に各委員会で検討されている。本研究会では、全般的な視点からその他の形式にも着目して合理化構造橋梁の試設計を行い従来タイプとの比較を行った。

2. 4. 1 検討条件

比較設計は以下の条件で行うものとする。

①幅員構成

これからの一般道路は高規格化を指向しているものの、段階施工による対面通行や施工上の制約（街路交通規制や架け替え）を受ける事が多いと考えて2車線を想定し、総幅員10.2m（有効幅員9.0m）とする。

②支間割り

今後は騒音防止及び耐震性の向上のために多径間化が進む事が予想されることと、一般的な支間長をカバーする目的で5@48m=240m, 5@72m=360mの2種類とする。

③橋梁形式

合理化橋梁は全て2主桁橋とし、橋軸直角方向にプレストレスを導入したコンクリート床版を用いた鉸桁橋、箱桁橋、及び厚板を用いた鋼床版鉸桁橋とする。比較のための従来型橋梁は4主桁RC床版鉸桁、2主桁RC床版箱桁、鋼床版板厚12mmの鋼床版鉸桁とする。

④ブロック割り

最大部材長14m以下、最大ブロック重量25t以下とする。

⑤継手形式

従来橋梁は高力ボルト継手とし（鋼床版デッキプレートは現場溶接）、合理化橋梁は全断面現場溶接とする。

⑥断面設計方針

従来橋梁は標準的な構造として下記とする。

支間48mタイプ ウェブ高2.8m 水平補剛材二段

支間72mタイプ ウェブ高3.0m 水平補剛材二段

断面変化は標準的なものとする

合理化構造における基本条件は以下とする。

（共通事項、I桁）

- ・一ブロッカー断面とし、現場継手位置で断面変化させる。

（フランジ工場継手の省略）

- ・フランジ厚を一定とする。（加工工数の低減）

- ・腹板厚を厚くして水平補剛材を一段とする。（材片数と溶接量の低減）

- ・PC床版を採用し、縦桁・ブラケットを省略する。（材片数の低減）

{箱桁}

- ・箱幅を小さくして縦リブ本数を少なくし、横リブを省略する。

{ 鋼床版 }

- ・ 鋼床版厚を厚くする。
（対疲労性の向上、縦リブ間隔を広くする、製作時の変形防止）
- ・ 大型トラフリブの採用。（材片数と溶接量の低減）
- ・ 縦リブ本数を低減し、横リブを省略する。

2. 4. 2 試設計結果

試設計は下記18ケースに関して行いこの結果による一般図を添付する。また試設計結果による数量集計は、2. 4. 4項に示す。

検討ケース

(RC、PC床版I桁)

- ①従来橋梁RC床版4主桁I桁橋支間割り5@48m
- ②従来橋梁RC床版4主桁I桁橋支間割り5@72m
- ③合理化橋梁PC床版2主桁I桁橋支間割り5@48m
- ④合理化橋梁PC床版2主桁I桁橋支間割り5@72m

(RC、PC床版箱桁)

- ⑤従来橋梁RC床版2主桁箱桁橋支間割り5@48m
- ⑥従来橋梁RC床版2主桁箱桁橋支間割り5@72m
- ⑦合理化橋梁PC床版2主桁箱桁橋支間割り5@48m
- ⑧合理化橋梁PC床版2主桁箱桁橋支間割り5@72m

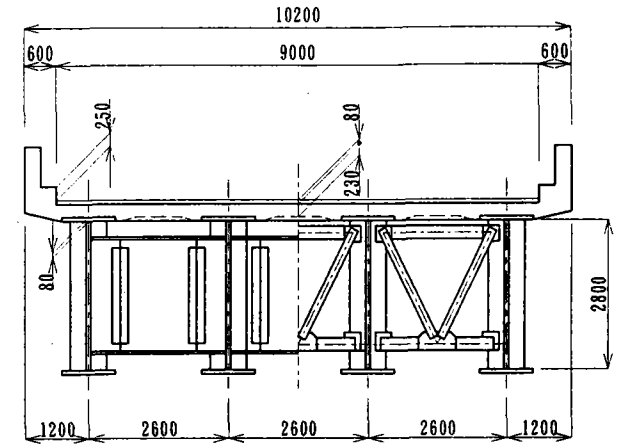
(鋼床版I桁)

- ⑨従来橋梁鋼床版2主桁I桁橋、鋼床版厚12mm、支間割り5@48m
- ⑩従来橋梁鋼床版2主桁I桁橋、鋼床版厚12mm、支間割り5@72m
- ⑪合理化橋梁鋼床版2主桁I桁橋、鋼床版厚12mm、支間割り5@48m
- ⑫合理化橋梁鋼床版2主桁I桁橋、鋼床版厚12mm、支間割り5@72m
- ⑬合理化橋梁鋼床版2主桁I桁橋鋼床版厚16mm、支間割り5@48m、
- ⑭合理化橋梁鋼床版2主桁I桁橋鋼床版厚16mm、支間割り5@72m
- ⑮合理化橋梁鋼床版2主桁I桁橋鋼床版厚19mm、支間割り5@48m
- ⑯合理化橋梁鋼床版2主桁I桁橋鋼床版厚19mm、支間割り5@72m
- ⑰合理化橋梁鋼床版2主桁I桁橋鋼床版厚22mm、支間割り5@48m
- ⑱合理化橋梁鋼床版2主桁I桁橋鋼床版厚22mm、支間割り5@72m

①従来形 I 桁橋

形式	5 径間連続鋼 I 桁橋
橋長	241.0 m
支間割り	5 @ 48.0 m
主桁本数	4 本
床版	R C 床版 $t = 23.0 \text{ cm} (715 \text{ m}^3)$
大型材片	5 2 2 ケ
小型材片	3 6 4 4 ケ
加工重量	4 6 1 t
塗装面積	9 4 0 0 m^2
継手	高力ボルト継手

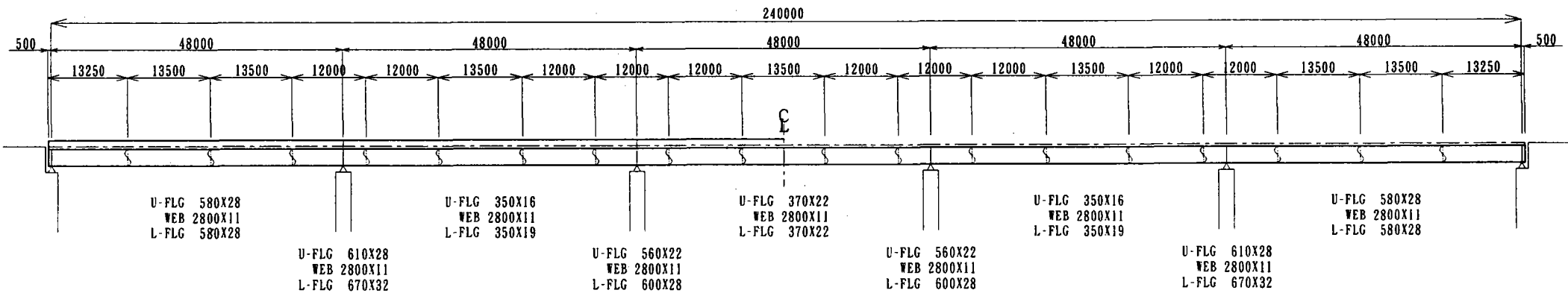
断面図



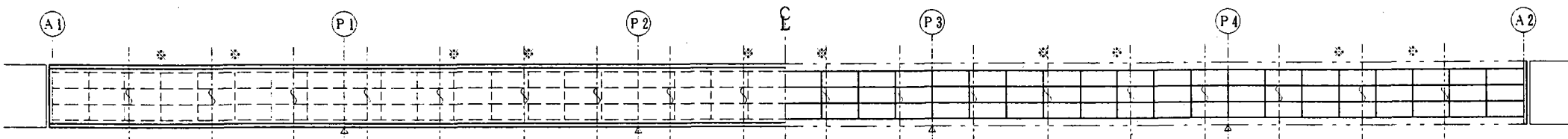
分配横桁(*)

対傾構 6 m ピッチ

側面図



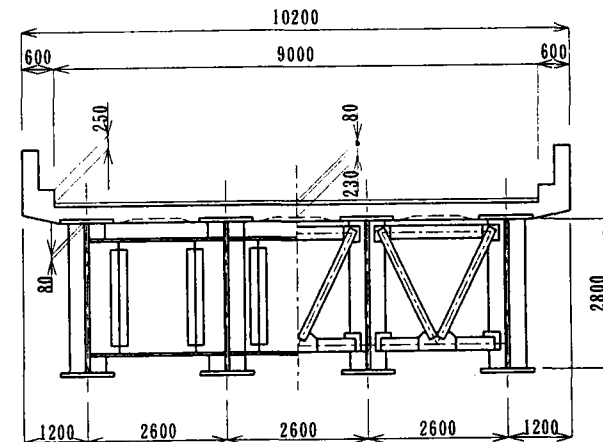
平面図



②従来形 I 桁橋

形式	5 径間連続鋼 I 桁橋
橋長	361.0 m
支間割り	5 @ 72.0 m
主桁本数	4 本
床版	R C 床版 t = 23.0 cm (1090m ³)
大型材片	847 ケ
小型材片	5595 ケ
加工重量	1079 t
塗装面積	15800 m ²
継手	高力ボルト継手

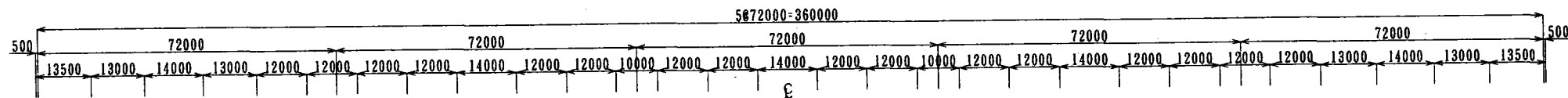
断面図



分配横桁(※)

対傾構 6 m ピッチ

側面図



U-FLG 900X47
WEB 3000X11
L-FLG 900X47

U-FLG 870X44
WEB 3000X11
L-FLG 880X46

U-FLG 640X34
WEB 3000X11
L-FLG 640X34

U-FLG 900X47
WEB 3000X11
L-FLG 950X49

U-FLG 760X39
WEB 3000X11
L-FLG 760X39

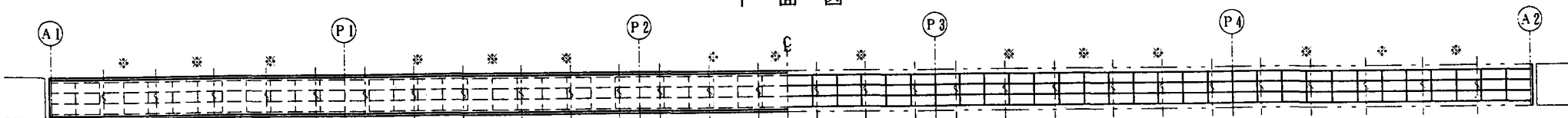
U-FLG 900X47
WEB 3000X11
L-FLG 950X49

U-FLG 640X34
WEB 3000X11
L-FLG 640X34

U-FLG 870X44
WEB 3000X11
L-FLG 880X46

U-FLG 900X47
WEB 3000X11
L-FLG 900X47

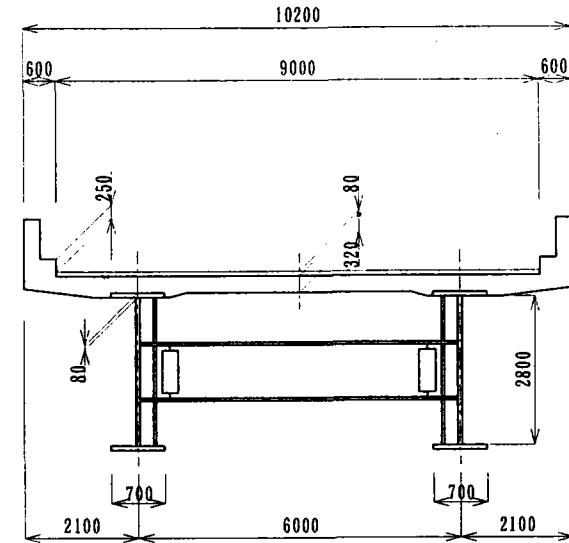
平面図



③ 合理化 I 桁橋

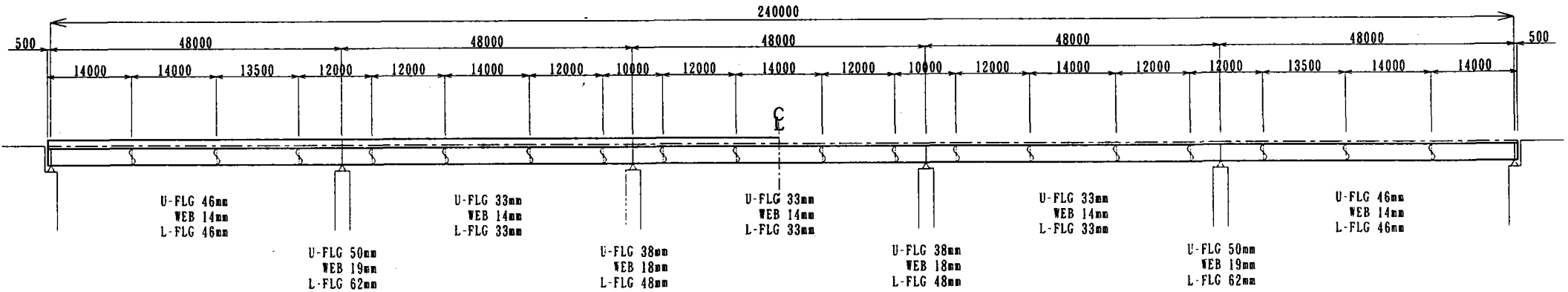
形式	5 径間連続鋼 I 桁橋
橋長	241.0 m
支間割り	5 @ 48.0 m
主桁本数	2 本
床版	プレストレス床版 $t = 32.0 \text{ cm} (937 \text{ m}^3)$
大型材片	237 ヶ
小型材片	1655 ヶ
加工重量	450 t
塗装面積	5500 m^2
継手	現場溶接
フランジ幅	700 mm 一定

断面図

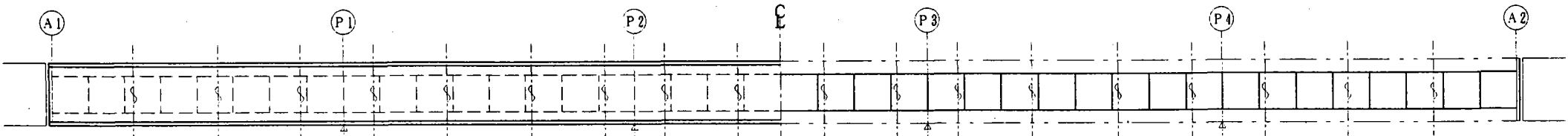


横桁 6 m ピッチ

側面図



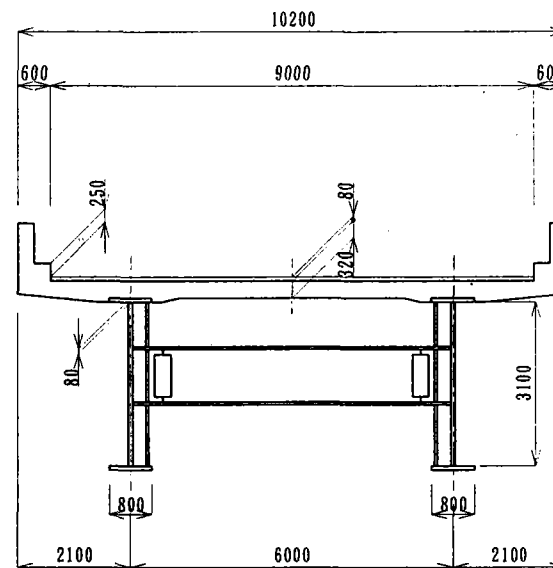
平面図



④ 合理化 I 桁橋

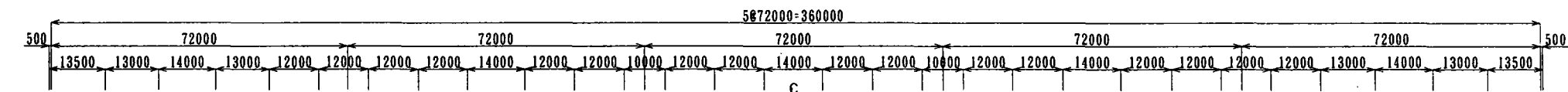
形式	5 径間連続鋼 I 桁橋
橋長	361.0 m
支間割り	5 @ 72.0 m
主桁本数	2 本
床版	プレストレス床版 $t = 32.0 \text{ cm} (1407 \text{ m}^3)$
大型材片	357 ケ
小型材片	3364 ケ
加工重量	900 t
塗装面積	9100 m^2
フランジ幅	800 m 一定

断面図

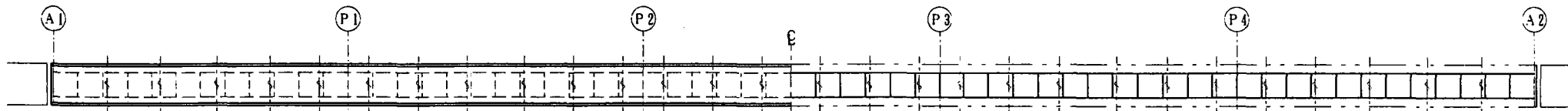


横桁 6 m ピッチ

側面図



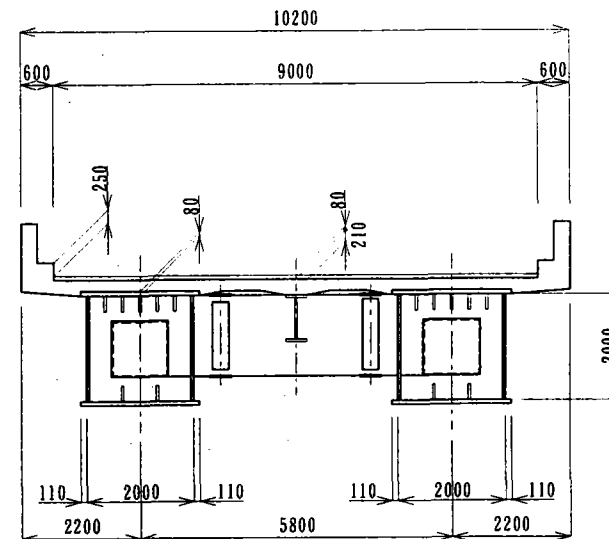
平面図



⑤従来型箱桁橋

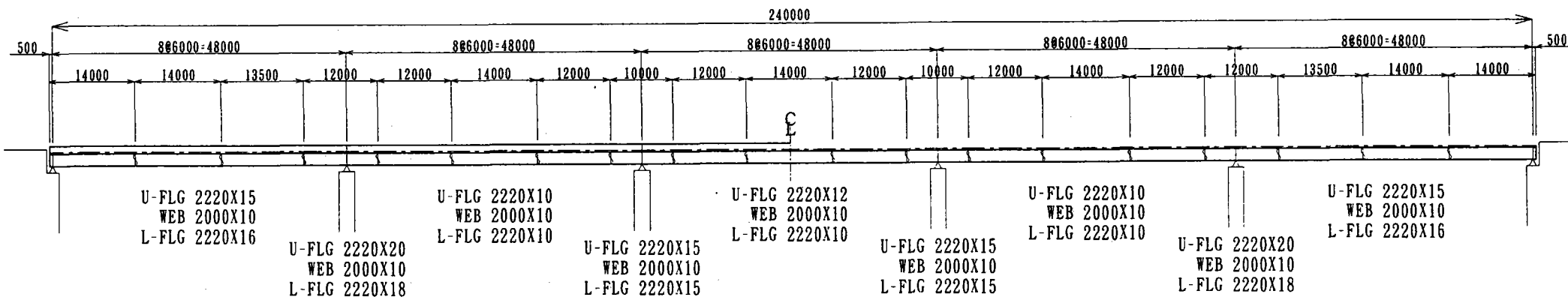
形式	5径間連続鋼箱桁橋
橋長	241.0 m
支間割り	5@48.0 m
主桁本数	2本+縦桁1本
床版	PC床版 t = 21.0 cm (609m ³)
大型材片	474ヶ
小型材片	5231ヶ
加工重量	552 t
塗装面積	12100 m ²
継手	高力ボルト継手
フランジ幅	2220 mm 一定

断面図

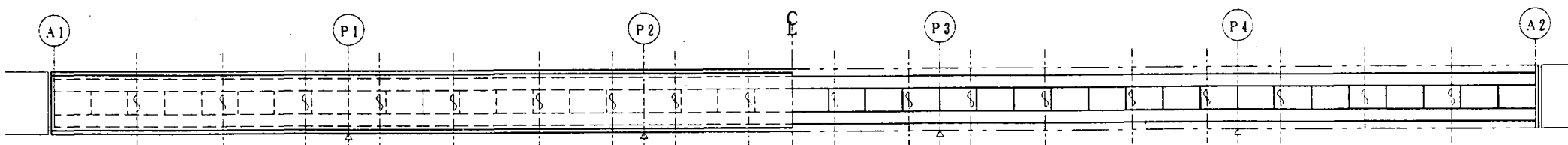


横桁 6 m ピッチ

側面図



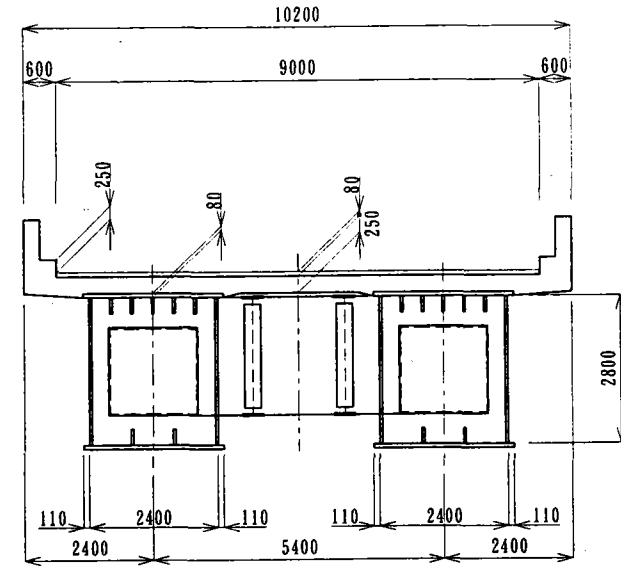
平面図



⑥従来型箱桁橋

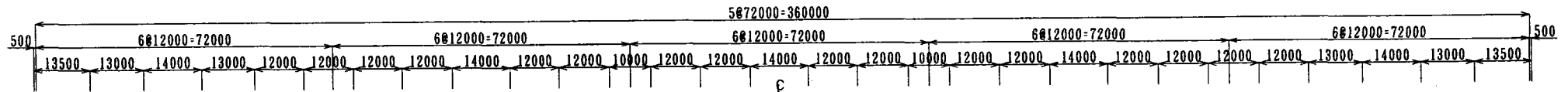
形式	5径間連続鋼箱桁橋
橋長	361.0m
支間割り	5@72.0m
主桁本数	2本
床版	PC床版 t = 25.0cm (1061m ³)
大型材片	567ヶ
小型材片	6933ヶ
加工重量	1225t
塗装面積	24400m ²
継手	高力ボルト継手
フランジ幅	2620mm一定

断面図

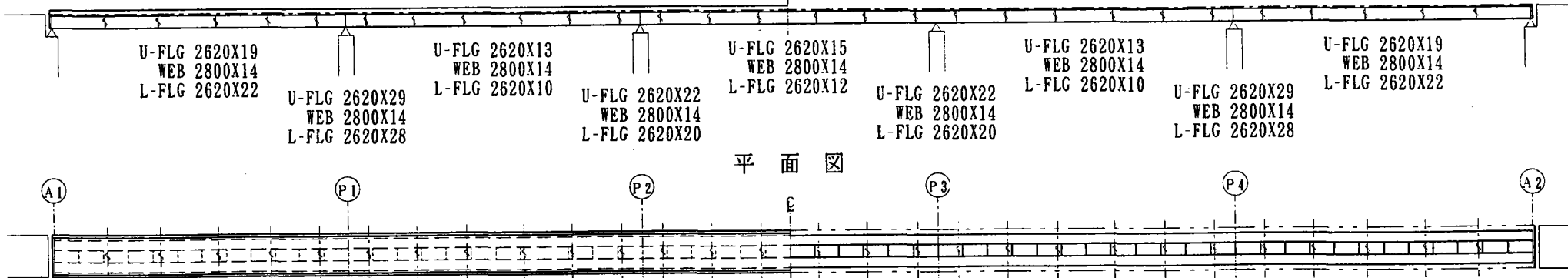


横桁6mピッチ

側面図



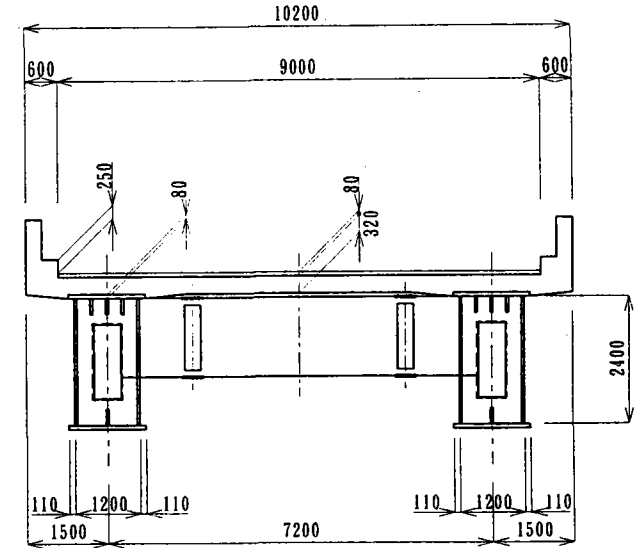
平面図



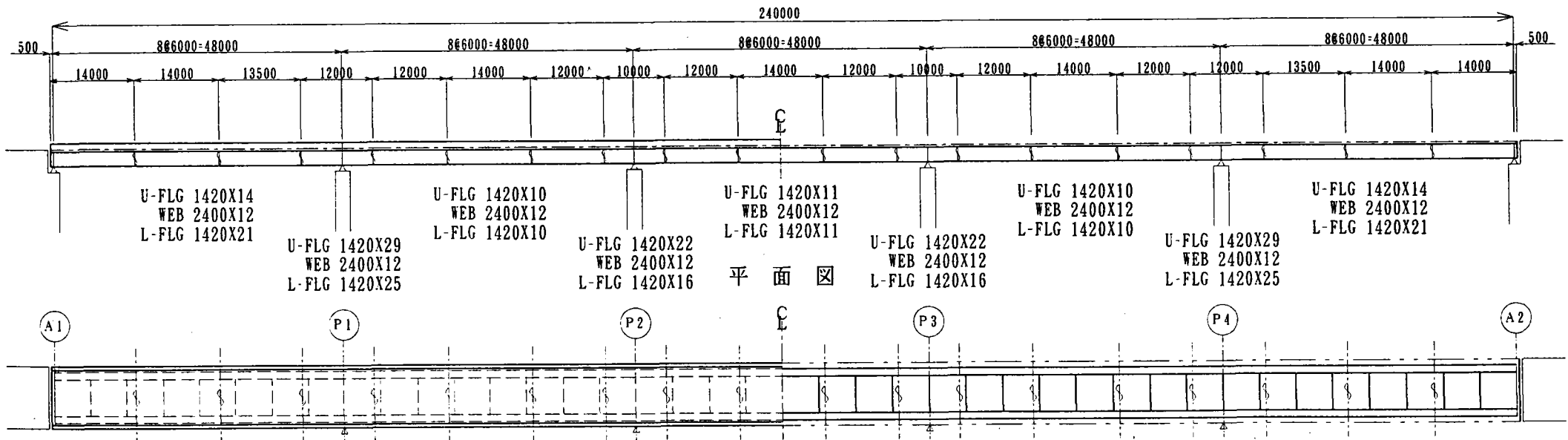
⑦ 合理化箱桁橋

形式 5径間連続鋼箱桁橋
 橋長 241.0 m
 支間割り 5 @ 48.0 m
 主桁本数 2本
 床版 プレストレス床版 $t = 32.0 \text{ cm} (878 \text{ m}^3)$
 大型材片 275ヶ
 小型材片 2500ヶ
 加工重量 553 t
 塗装面積 11200 m^2
 継手 現場溶接
 フランジ幅 1420 mm 一定

断面図



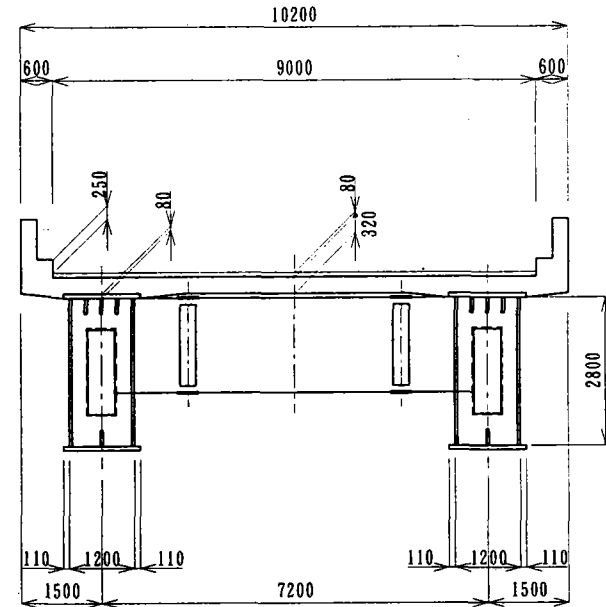
側面図



⑧ 合理化箱桁橋

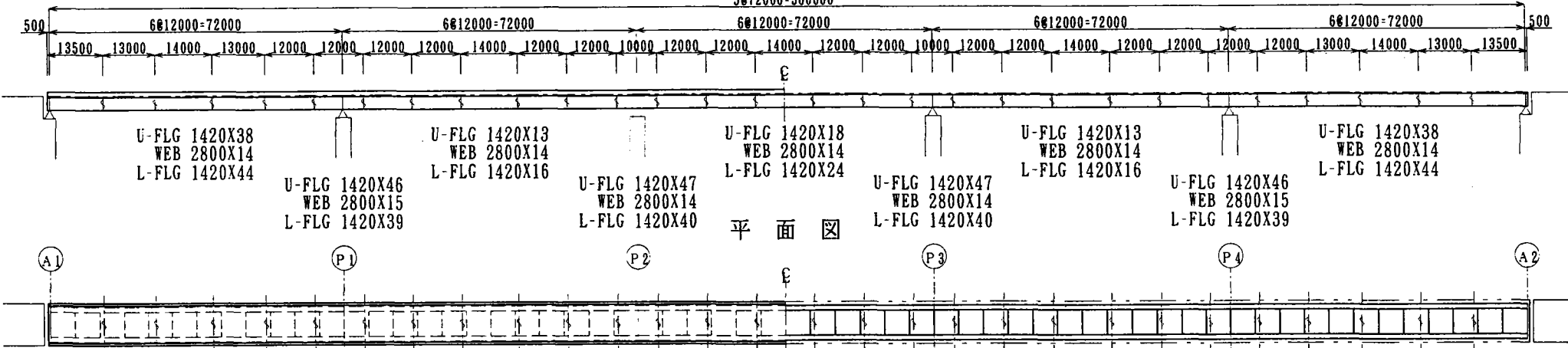
形式	5径間連続鋼箱桁橋
橋長	361.0m
支間割り	5@72.0m
主桁本数	2本
床版	プレストレス床版 t = 32.0cm
大型材片	415ヶ
小型材片	3810ヶ
加工重量	1258t
塗装面積	26500m ²
継手	現場溶接
フランジ幅	1420mm一定

断面図



側面図

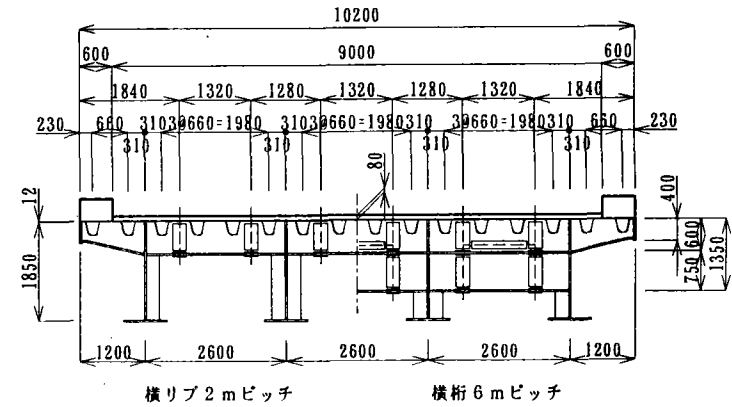
5072000-360000



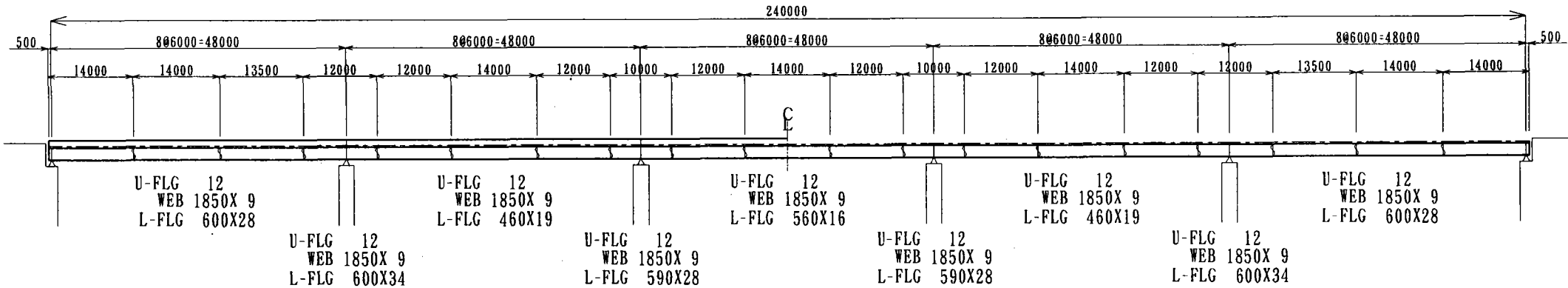
⑨ 従来型鋼床版 I 桁橋

形式 5 径間連続鋼床版 I 桁橋
 橋長 241.0 m
 支間割り 5 @ 48.0 m
 主桁本数 4 本
 床版 鋼床版 t = 12 mm
 大型材片 792 ケ
 小型材片 12010 ケ
 加工重量 763 t
 塗装面積 14400 m²
 継手 高力ボルト継手
 (鋼床版のみ現場溶接継手)

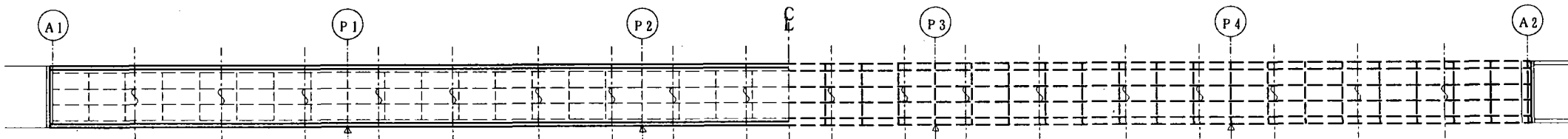
断面図



側面図



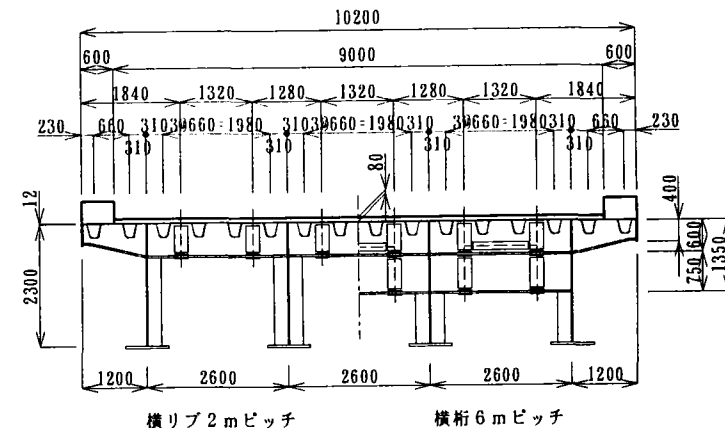
平面図



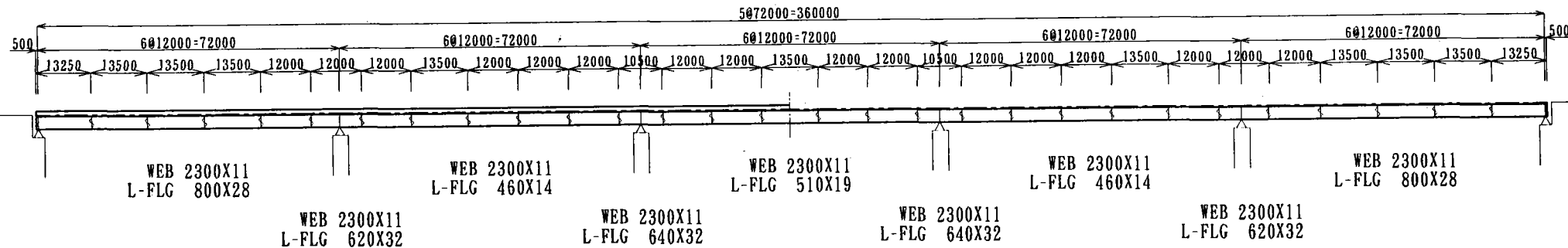
⑩従来型鋼床版 I 桁橋

形橋支主床大型小加工塗
 式長間割り桁本版材片材片重量面積手
 5径間連続鋼床版 I 桁橋
 361.0 m
 5@72.0 m
 4本
 鋼床版 t = 12 mm
 1128ヶ
 19254ヶ
 1543 t
 24000 m²
 高力ボルト継手
 (鋼床版のみ現場溶接継手)

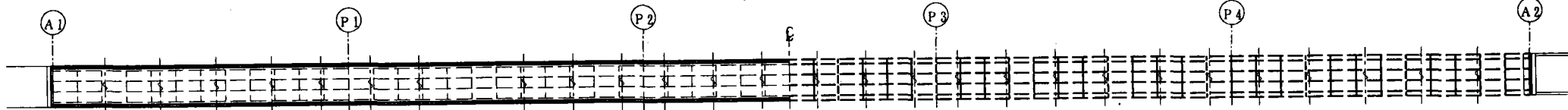
断面図



側面図



平面図

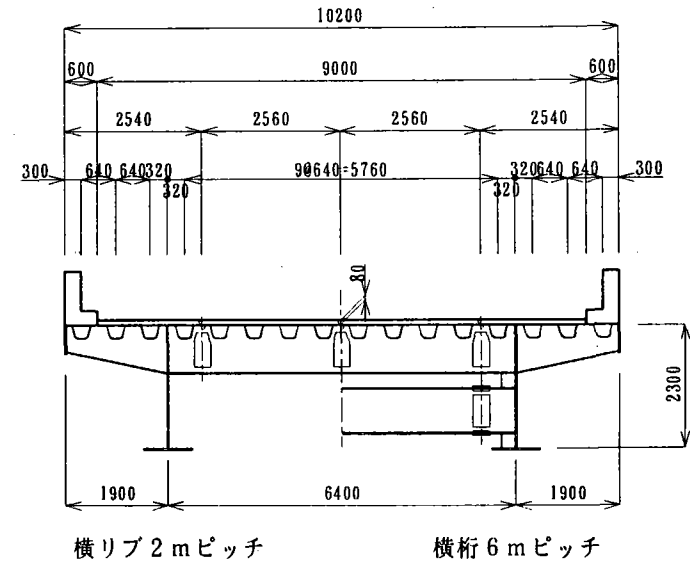


①合理化鋼床版 I 桁橋

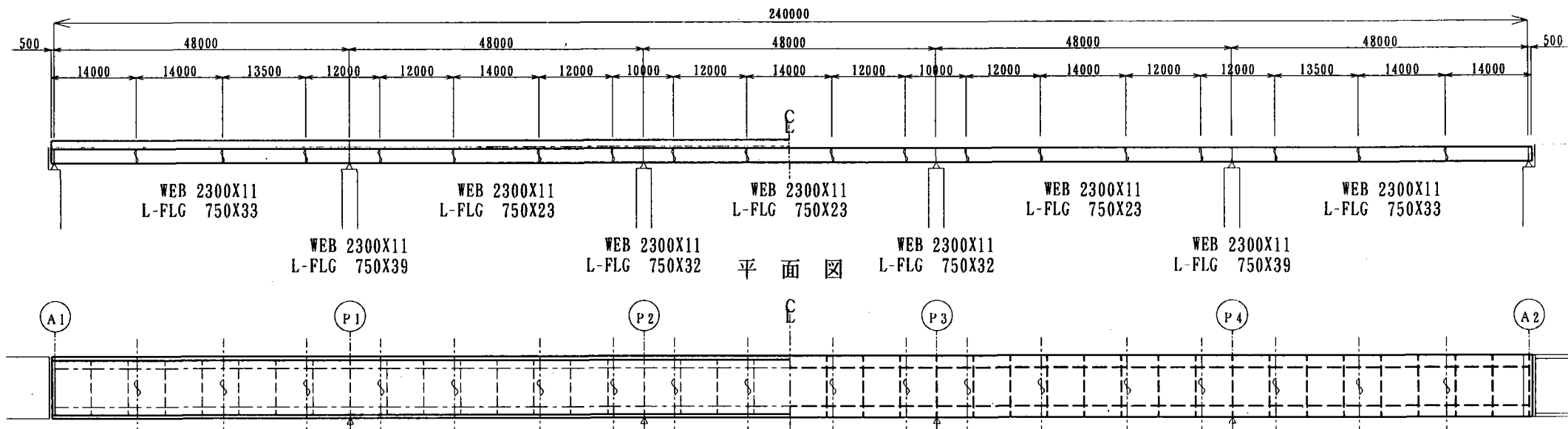
形式 5 径間連続鋼床版 I 桁橋
 橋長 241.0 m
 支間割り 5 @ 48.0 m
 主桁本数 2 本
 床版 鋼床版 t = 12 mm
 大型材片 275ヶ
 小型材片 6457ヶ
 加工重量 756 t
 塗装面積 11500 m²
 フランジ幅 750 m一定
 継手 現場溶接

デッキ厚 t=12mm
 縦リブ本数 n=15本

断面図



側面図

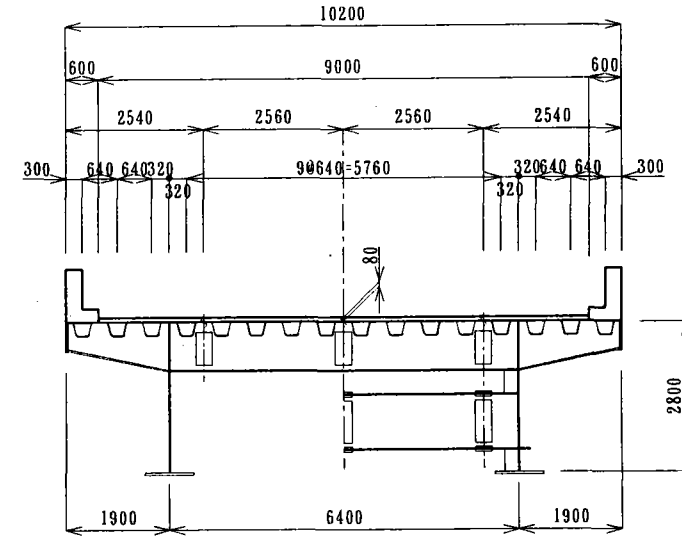


⑫ 合理化鋼床版 I 桁橋

形式	5 径間連続鋼床版 I 桁橋
橋長	361.0 m
支間割り	5 @ 72.0 m
主桁本数	2 本
床版	鋼床版 t = 12 mm
大型材片	531ヶ
小型材片	8368ヶ
加工重量	1255 t
塗装面積	18300 m ²
フランジ幅	800 m 一定
継手	現場溶接

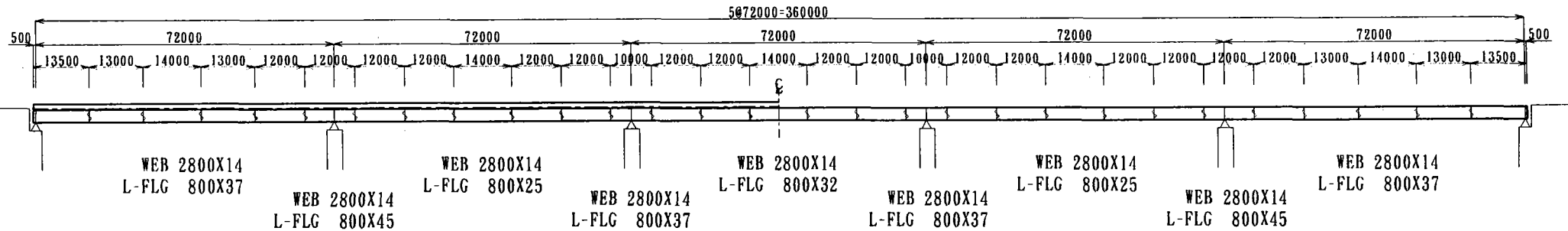
デッキ厚 t=12mm
縦リブ本数 n=15本

断面図



横リブ 2 m ピッチ 横桁 6 m ピッチ

側面図



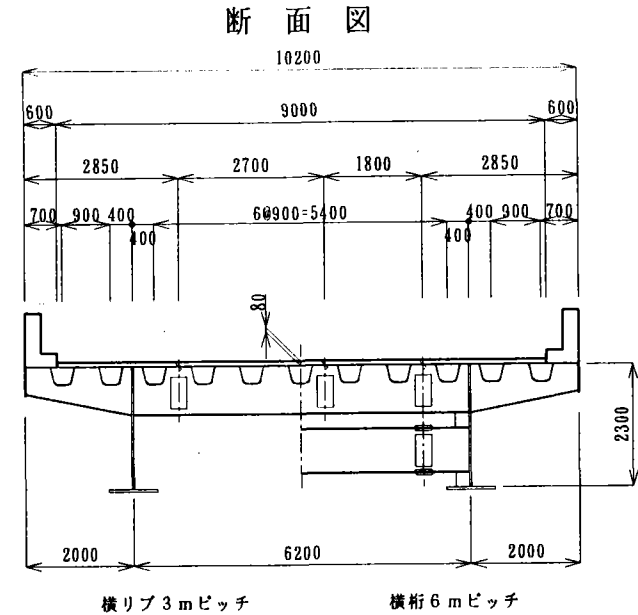
平面図



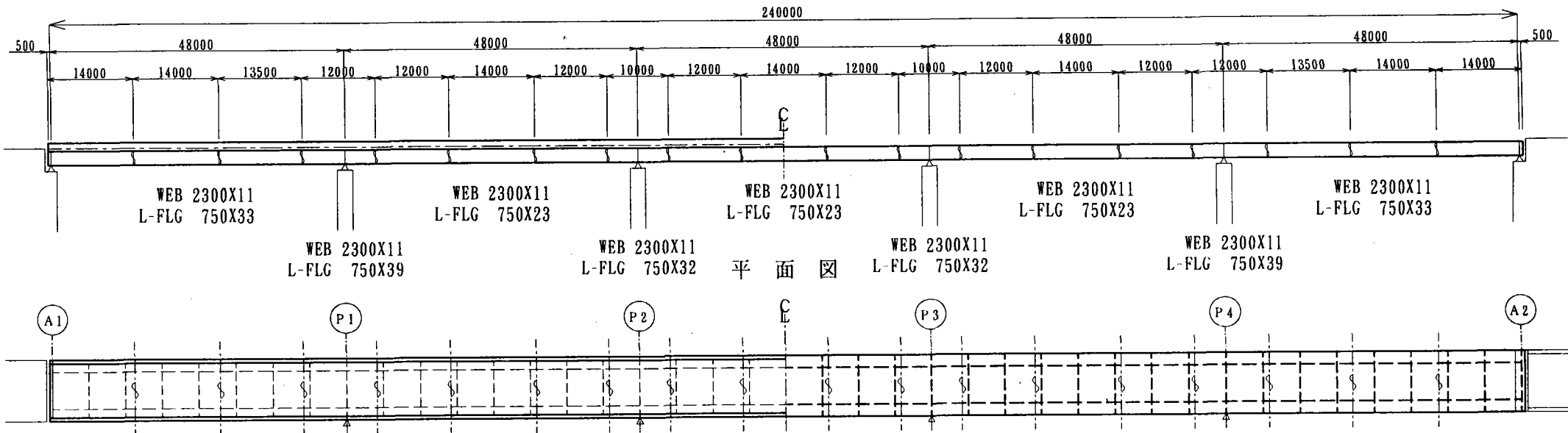
⑬ 合理化鋼床版 I 桁橋

形式	5 径間連続鋼床版 I 桁橋
橋長	241.0 m
支間割り	5 @ 48.0 m
主桁本数	2'本
床版	鋼床版 t = 16 mm
大型材片	275ヶ
小型材片	5016ヶ
加工重量	816 t
塗装面積	10400 m ²
フランジ幅	750 m一定
継手	現場溶接

デッキ厚 t=16mm
縦リブ本数 n=11本



側面図

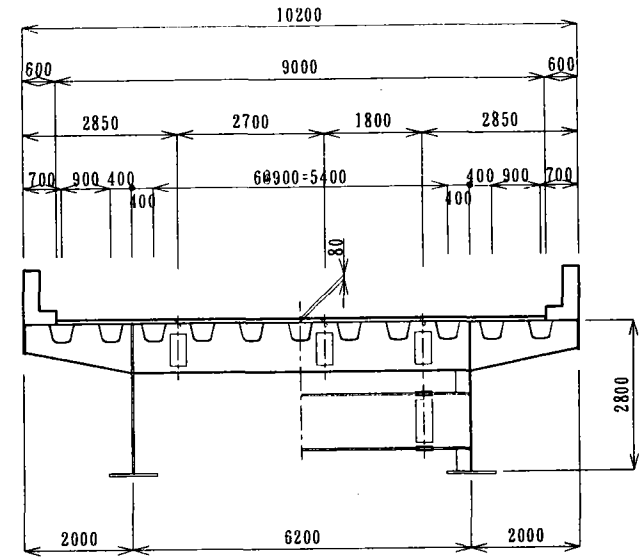


⑭ 合理化鋼床版 I 桁橋

形式	5 径間連続鋼床版 I 桁橋
橋長	361.0 m
支間割り	5 @ 72.0 m
主桁本数	2 本
床版	鋼床版 t = 16 mm
大型材片	531ヶ
小型材片	6323ヶ
加工重量	1380 t
塗装面積	18000 m ²
フランジ幅	800 mm 一定
継手	現場溶接

デッキ厚 t=16mm
縦リブ本数 n=11本

断面図

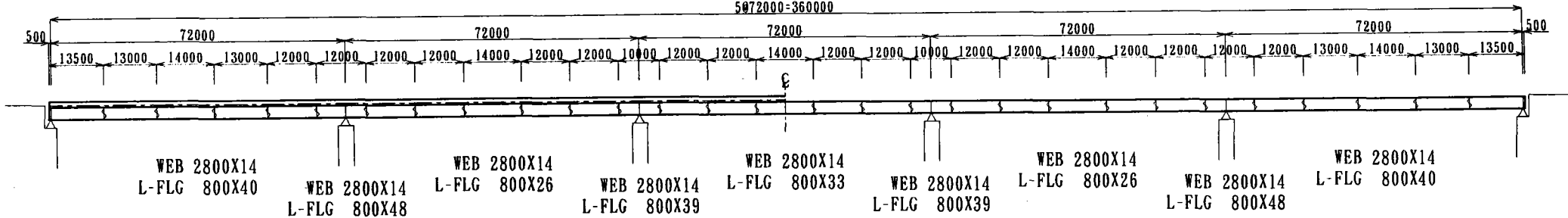


横リブ 3 m ピッチ

横桁 6 m ピッチ

側面図

5072000=360000



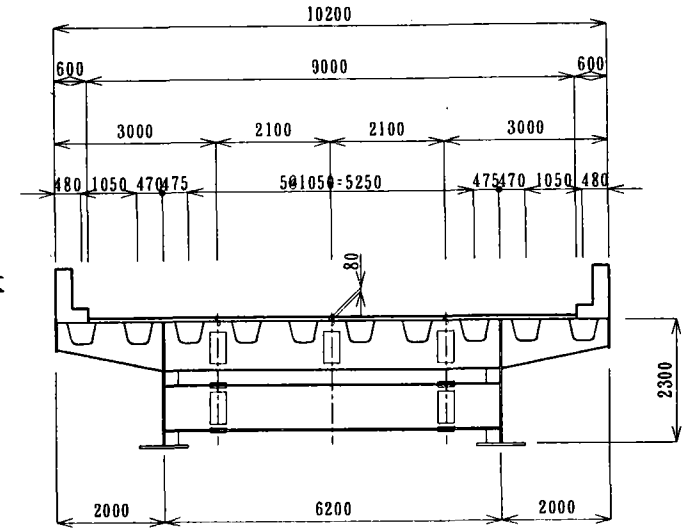
平面図



⑮ 合理化鋼床版 I 桁橋

形式 5 径間連続鋼床版 I 桁橋
 橋長 241.0 m
 支間割り 5 @ 48.0 m
 主桁本数 2 本
 床版 鋼床版 $t = 19 \text{ mm}$
 大型材片 275 ケ
 小型材片 3807 ケ
 加工重量 899 t
 塗装面積 9700 m^2
 フランジ幅 750 mm 一定
 継手 現場溶接

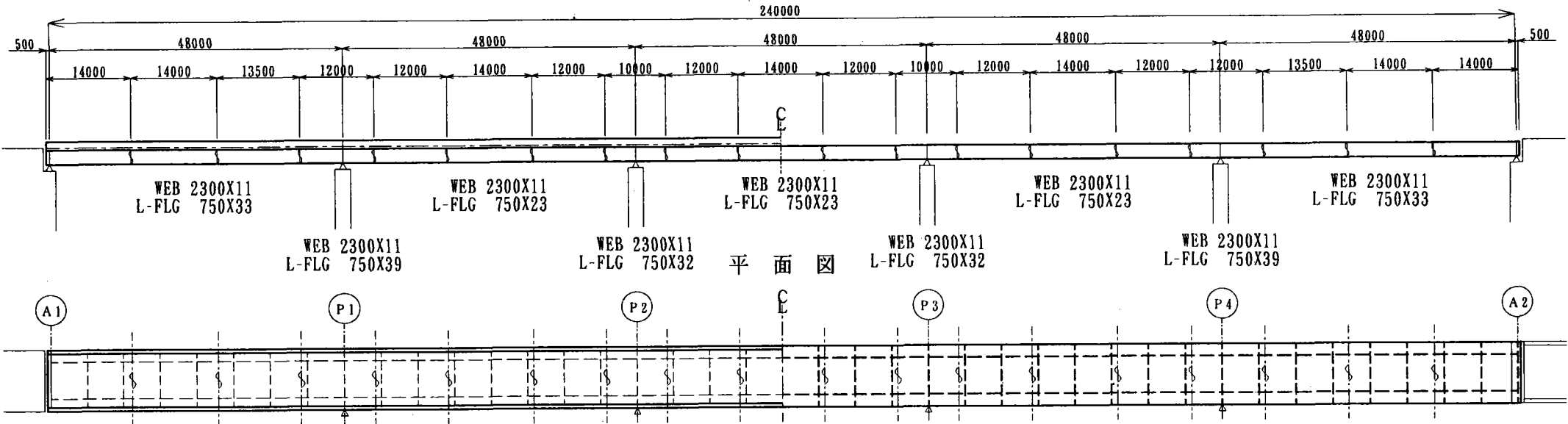
断面図



デッキ厚 $t=19\text{mm}$
 縦リブ本数 $n=10$ 本

横桁 6 m ピッチ
 (横リブなし)

側面図

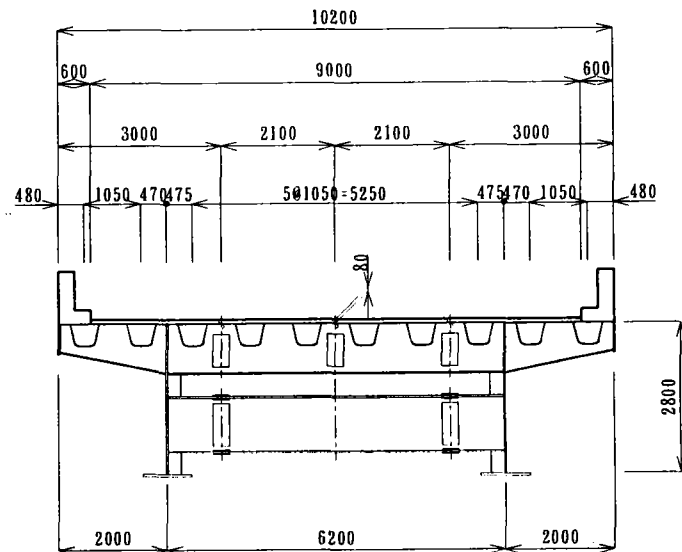


①6 合理化鋼床版 I 桁橋

形式 5 径間連続鋼床版 I 桁橋
 橋長 361.0 m
 支間割り 5 @ 72.0 m
 主桁本数 2 本
 床版 鋼床版 t = 19 mm
 大型材片 531ヶ
 小型材片 4618ヶ
 加工重量 1493 t
 塗装面積 15700 m²
 フランジ幅 800 mm 一定
 継手 現場溶接

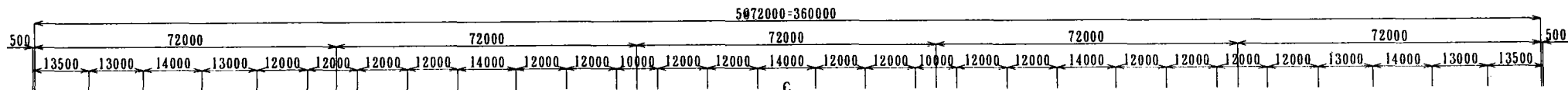
デッキ厚 t=19mm
 縦リブ本数 n=10本

断面図

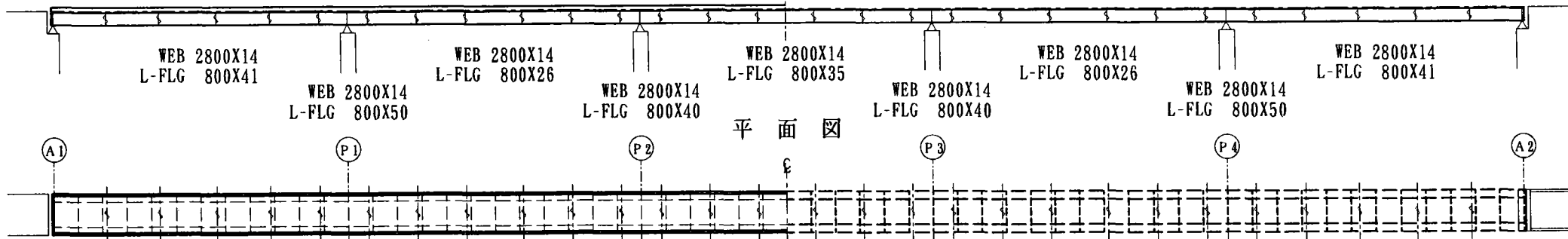


横桁 6 m ピッチ
 (横リブなし)

側面図



平面図

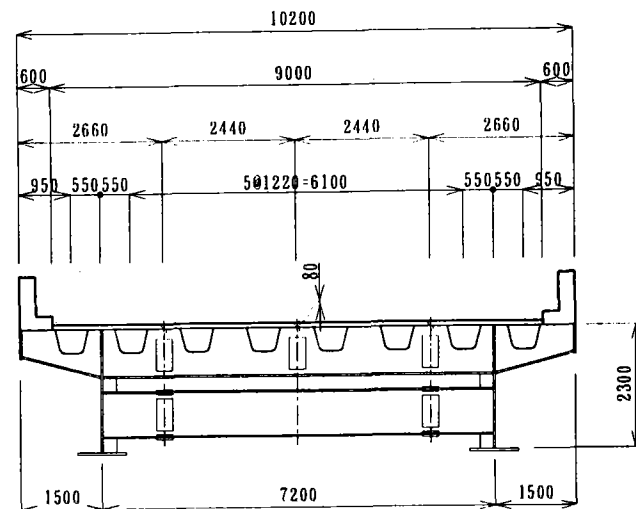


⑰ 合理化鋼床版 I 桁橋

形式 5 径間連続鋼床版 I 桁橋
 橋長 241.0 m
 支間割り 5 @ 48.0 m
 主桁本数 2 本
 床版 鋼床版 t = 22 mm
 大型材片 275 t
 小型材片 3667 t
 加工重量 958 t
 塗装面積 9300 m²
 フランジ幅 750 mm 一定
 継手 現場溶接

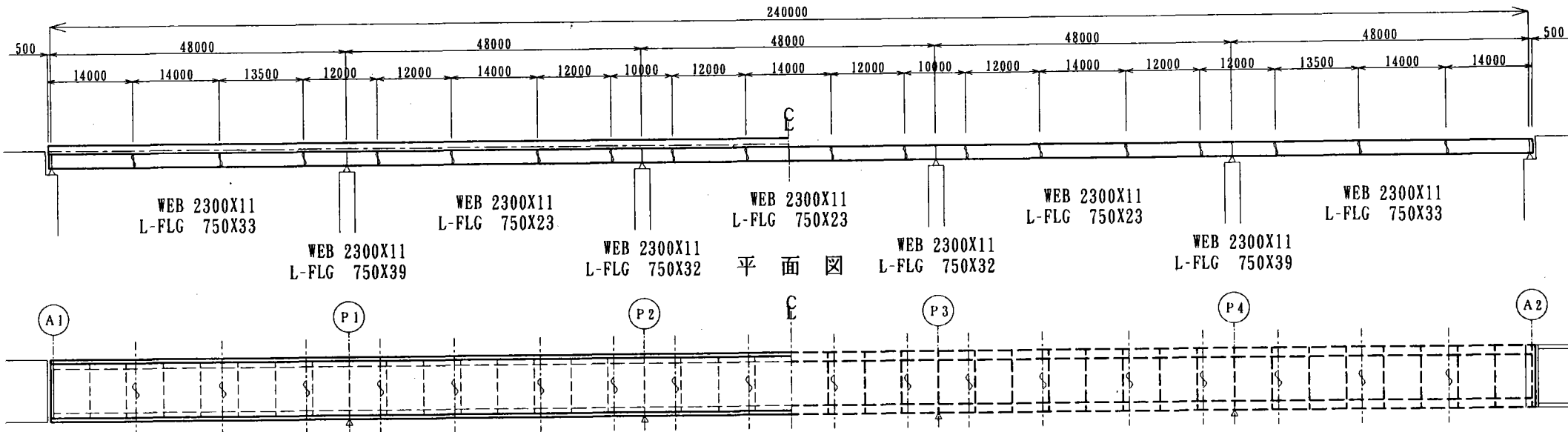
デッキ厚 t=22mm
 縦リブ本数 n=8本

断面図



横桁 6 m ピッチ
 (横リブなし)

側面図



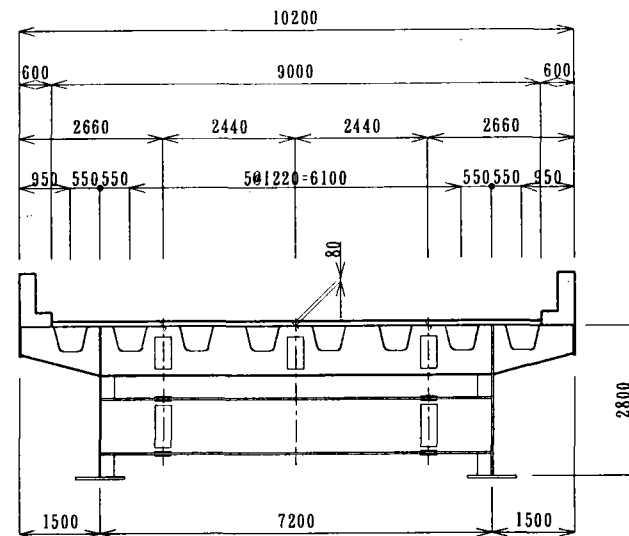
平面図

⑱ 合理化鋼床版 I 桁橋

形式	5径間連続鋼床版 I 桁橋
橋長	361.0 m
支間割り	5 @ 72.0 m
主桁本数	2本
床版	鋼床版 t = 22 mm
大型材片	531ヶ
小型材片	4448ヶ
加工重量	1579 t
塗装面積	15000 m ²
フランジ幅	800 mm 一定
継手	現場溶接

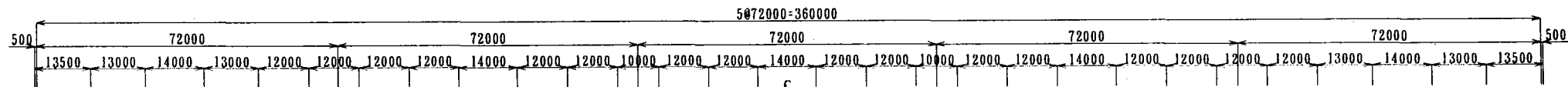
デッキ厚 t=22mm
縦リブ本数 n=8本

断面図

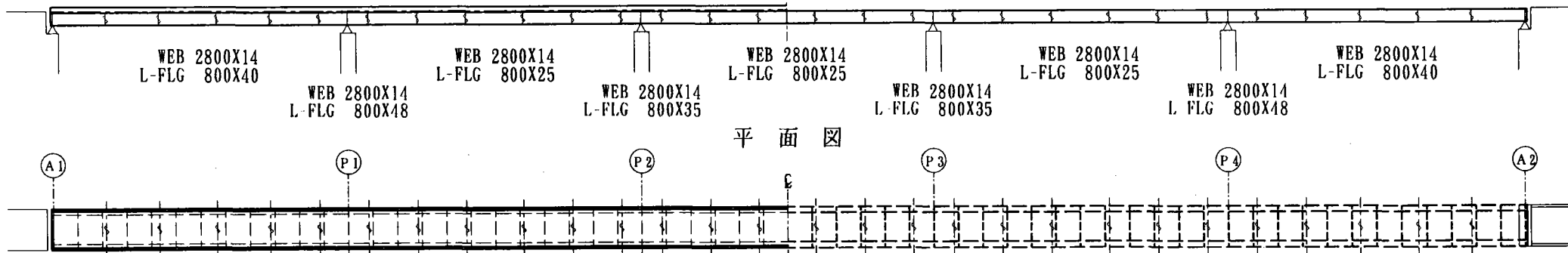


横桁 6 m ピッチ
(横リブなし)

側面図



平面図



2. 4. 3 架設工法・工程の比較

合理化桁の全体工期を検討するために、合理化構造が架設工期にどの程度影響するかの検討を行った。

以下に検討にあたっての前提条件を示す。

- ① 架設工法は、架設現地の条件でかなり左右されるが、ここでは最も一般的な架設工法である「トラッククレーン・ベント工法」と仮定した。
- ② 架設検討は、48mスパンの桁について行う。
- ③ 架設検討は「建設省土木工事積算基準（平成7年度版）」及び「橋梁架設工事の積算（平成7年度版）」によった。
- ④ 架設工程の算出は、積算上の工程による。

架設工法

I桁及び箱桁の架設は、2ブロックの地組立てを行った後のトラッククレーンによる架設とした。鋼床版桁の架設は、地組立てを行わず、直接トラッククレーンにて架設するものとした。従って、ベントの数量は、鋼床版桁の方が約2倍多い。

桁架設工

架設工期は、積算上の工程で比較した。

- ・ I桁、箱桁は従来桁に比べて合理化桁の方が架設工程が短縮される。その短縮工期はI桁で35%、箱桁で20%となっている。
- ・ 鋼床版桁も同様に従来桁に比べて合理化桁の架設工程が短く、35%の工期短縮となっている。ただし、ブロック数が多いため、I桁、箱桁と比較すれば長い。

床版工

- ・ 積算上の工程では、RC床版とPC床版での工程であり差はない。
- ・ 鋼床版桁では、床版工の代わりに鋼床版の現場溶接があるが、床版打設工の工期よりは40%程度短縮できる。

全体工期

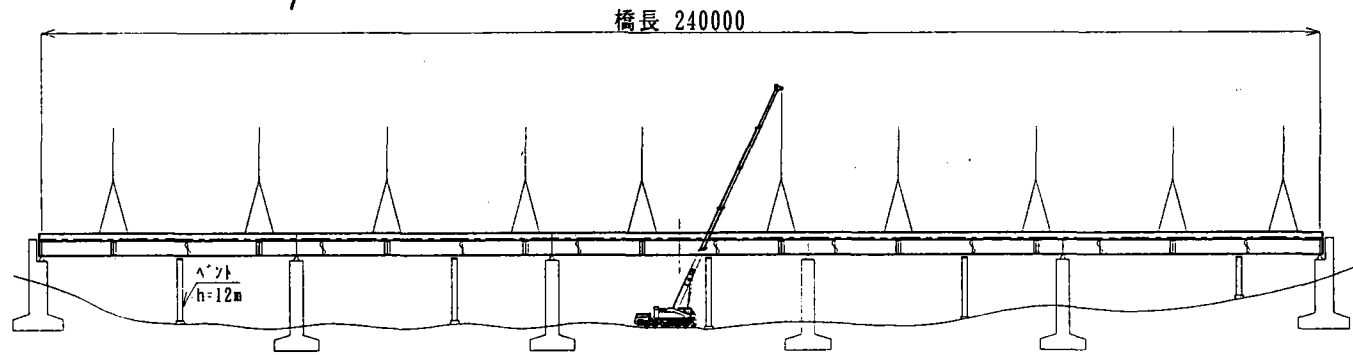
- ・ 全体工期として、従来形式のRC床版I桁を基準として比較すると、PC床版I桁で15%程度の減、PC床版箱桁では3%程度の増、合理化鋼床版桁が15%程度の減となる。

課題

今後の課題としては

- ・ 鋼床版I桁の場合は、厚板鋼床版の現場溶接方法
- ・ PC床版の場合はPCプレキャスト版の敷設方法などがある。

図 2.4.3.1 従来桁の架設要領図



(ブロック重量が小さいため、2ブロック地組立架設を想定する)

従来桁の場合(I桁)

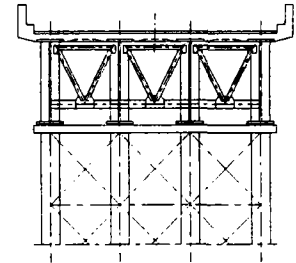
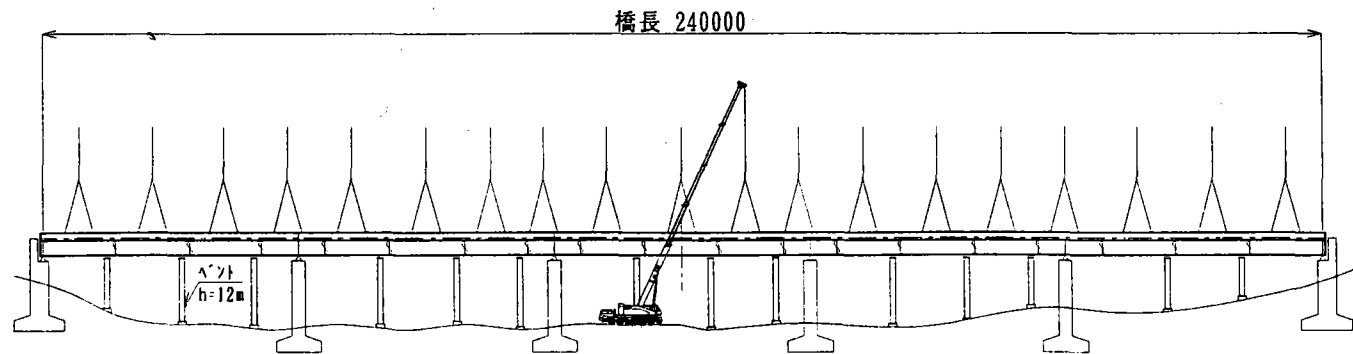


図 2.4.3.2 合理化桁の架設要領図



(ブロック重量が大きいため、単材架設を想定する)

合理化桁の場合(I桁)

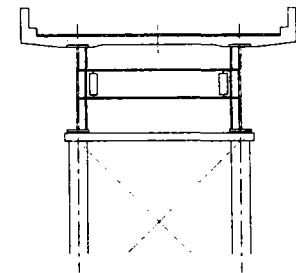


表 2.4.3.1 支間長 4 8 m 橋梁の架設積算数量一覧表

	単位	I 桁RC床版	I 桁PC床版	箱桁RC床版	箱桁PC床版	鋼床版従来	鋼床版t=12	鋼床版t=16	鋼床版t=19	鋼床版t=22
総重量	ton	462	462	552	553	730	711	817	898	958
主桁本数	本	4	2	2	2	4	2	2	2	2
主桁地組立て重量	ton	380	380	470	490	0	0	0	0	0
主桁地組立て継手数	本	36	18	36	36	0	0	0	0	0
主桁架設重量	ton	462	450	552	553	730	711	817	899	958
主桁架設回数	回	40	20	20	20	133	76	76	76	76
支承重量	ton	24	12	12	12	10	8	8	8	8
支承個数	基	24	12	12	12	20	12	12	12	12
HTB本数	本	30000	2000	40000	5000	25000	14000	14000	9000	9000
RC床版コンクリート数量	m ³	660	0	515	0	0	0	0	0	0
RC床版型枠面積	m ²	1968	0	1500	0	0	0	0	0	0
PC床版コンクリート数量	m ³		2448	0	2448	0	0	0	0	0
現場溶接延長 主桁	m		165.6	0	273.6	0	0	0	0	0
現場溶接延長 鋼床版	m					1440	903.6	903.6	903.6	903.6
現場溶接延長 U-RIB	個					288	288	198	180	144
現場塗装面積	m ²	9363	5481	9811	9166	14362	11466	10391	10586	10164
使用ベント本数	本	20	10	20	20	56	28	28	28	28
使用重機		油圧式120	油圧式160	油圧式160	油圧式160	油圧式160	油圧式160	油圧式160	油圧式160	油圧式160

表2.4.3.2 支間長4.8m橋梁の積算工程一覧表

	単位	I桁RC床版	I桁PC床版	箱桁RC床版	箱桁PC床版	鋼床版従来	鋼床版t=12	鋼床版t=16	鋼床版t=19	鋼床版t=22
桁架設工	日	93.0	59.6	94.0	75.5	151.5	99.8	99.9	97.0	97.0
ベント設備据付工	日	22.2	13.3	22.2	22.5	59.5	34.6	34.6	34.6	34.6
ベント基礎設置工	日	3.2	2.8	3.2	3.3	6.8	5.7	5.7	5.7	5.7
地組立工	日	15.3	15.3	18.7	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
桁架設工	日	24.8	20.3	20.3	20.3	64.6	45.0	45.1	45.2	45.2
支承据付工	日	9.6	6.0	6.0	6.0	5.6	6.0	6.0	6.0	6.0
IITB縮付工	日	17.9	1.9	23.6	3.9	15.0	8.5	8.5	5.5	5.5
床版工	日	155.2	145.0	128.2	145.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現場溶接工	日	0.0	28.8	0.0	39.6	110.9	102.5	94.3	92.7	89.4
現場塗装工	日	84.4	50.2	88.4	82.6	128.4	103.0	93.5	95.1	128.4
合計	日	332.6	283.6	310.6	342.7	390.8	305.3	287.7	284.8	314.8
比率	%	1.00	0.85	0.93	1.03	1.18	0.92	0.87	0.86	0.95

2. 4. 4 数量比較

前項（2. 4. 2）で行った試設計について、工費算定に影響のある項目について数量算出を行った。次頁より工数要素集計表とそのグラフを示す。

工費算定に影響する工数要素として下記のものを選定した。

- ①大型材片数及び重量
- ②小型材片数及び重量
- ③加工重量
- ④60k鋼比率
- ⑤部品数（加工ブロック数）
- ⑥板継溶接延長
- ⑦T継手溶接延長
- ⑧対傾構部材数
- ⑨横構部材数
- ⑩塗装面積
- ⑪床版数量

このうち、①～③及び⑩については、従来型のRC床版を1とした比率を算出してグラフ化した。グラフの上で鋼床版については床版も含む数量になっているので厳密な比較はできないが、各形式における合理化効果と各形式の特性をみることができる。

表 2.4.4.1 工数要素集計表 (5 @ 4 8 m)

項目	單位	R C 鈹桁橋		R C 床版鋼箱桁橋		鋼床版鈹桁橋					備考
		5 @ 4 8 m	5 @ 4 8 m	5 @ 4 8 m	5 @ 4 8 m	5 @ 4 8 m	5 @ 4 8 m	5 @ 4 8 m	5 @ 4 8 m	5 @ 4 8 m	
		従来橋梁	合理化桁	従来橋梁	合理化桁	従来橋梁	t d=12mm	t d=16mm	t d=19mm	t d=22mm	
大型材片数A1	個	522	237	474	275	792	275	275	275	275	
比率		1.00	0.45	0.91	0.53	1.52	0.84	0.84	0.84	0.84	
大型材片重量	KG	382688	392232	403259	417404	447843	428923	506111	564045	622128	
大型材片平均重量	KG	733	1655	851	1518	565	1560	1840	2051	2262	
小型材片数A2	個	3644	2280	5231	2500	12010	6457	5016	3807	3667	
比率		1.00	0.63	1.44	0.69	3.30	1.77	1.38	1.04	1.01	
小型材片重量	KG	78430	58099	148685	135930	314778	327326	309489	333681	335345	
小型材片平均重量	KG	21.5	25.5	28.4	54.4	26.2	50.7	61.7	87.6	91.4	
加工重量	KG	461118	450331	551944	553334	762621	756249	815600	897726	957473	
比率		1.00	0.98	1.20	1.20	1.65	1.64	1.77	1.95	2.08	
60K鋼重量	KG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
60K鋼比率W0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
部品数C	個	106	79	119	79	256	117	117	117	117	
部品平均重量	KG	4350	5700	4638	7004	2979	6464	6971	7673	8184	
板継溶接延長6mm隅肉換算	m	1378	0	1665	0	1285	0	0	0	0	
T継手溶接延長B2	m	4124.0	2737.9	5439.2	4840.0	4505.0	2781.0	2781.0	2781.0	2781.0	
対傾構部材数C1	個	93	0	0	0	0	0	0	0	0	
横構部材数C2	個	180	0	0	0	0	0	0	0	0	
塗装面積	m ²	9363	5481	12053	11175	14362	11466	10391	9706	9284	
比率		1.00	0.59	1.29	1.19	1.53	1.22	1.11	1.04	0.99	
P C床版数量	m ³	0	937	0	878	0	0	0	0	0	
R C床版数量	m ³	715	0	609	0	0	0	0	0	0	

表 2.4.4.2 工数要素集計表 (5 @ 7.2 m)

項目	単位	R C 鉄桁橋		R C 床版鋼箱桁橋		鋼床版鉄桁橋					備考
		5 @ 7.2 m	5 @ 7.2 m	5 @ 7.2 m	5 @ 7.2 m	5 @ 7.2 m	5 @ 7.2 m	5 @ 7.2 m	5 @ 7.2 m	5 @ 7.2 m	
		従来橋梁	合理化桁	従来橋梁	合理化桁	従来橋梁	t d=12mm	t d=16mm	t d=19mm	t d=22mm	
大型材片数A1	個	847	357	567	415	1128	531	531	531	531	
比率		1.00	0.42	0.67	0.49	1.33	0.63	0.63	0.63	0.63	
大型材片重量	KG	903548	801724	956807	1036371	958325	802070	924700	1018010	1096875	
大型材片平均重量	KG	1067	2246	1687	2497	850	1510	1741	1917	2066	
小型材片数A2	個	5595	3364	6933	3810	19254	8368	6323	4618	4448	
比率		1.00	0.60	1.24	0.68	3.44	1.50	1.13	0.83	0.79	
小型材片重量	KG	175730	98661	287952	221838	584514	453124	454804	475405	481702	
小型材片平均重量	KG	31.4	29.3	41.5	58.2	30.4	54.1	71.9	102.9	108.3	
加工重量	KG	1079278	900385	1244759	1258209	1542839	1255194	1379504	1493415	1578577	
比率		1.00	0.83	1.15	1.17	1.43	1.16	1.28	1.38	1.46	
6 O K 鋼重量	KG	24284	143868	0	51252	8352	235274	240549	245171	240248	
6 O K 鋼比率W0		0.023	0.160	0.000	0.041	0.005	0.187	0.174	0.164	0.152	
部品数C	個	131	119	119	119	386	177	177	177	177	
部品平均重量	KG	8239	7566	10460	10573	3997	7091	7794	8437	8919	
板継溶接延長6mm隅肉換算	m	6387	0	0	0	0	0	0	0	0	
T 継手溶接延長B2	m	6178.0	4092.7	7314.4	8046.4	8643.0	6715.0	5860.0	5006.0	5006.0	
対傾構部材数C1	個	138	0	0	0	0	0	0	0	0	
横構部材数C2	個	260	0	0	0	0	0	0	0	0	
塗装面積	m ²	15818	9061	24408	26520	23985	18302	18010	15663	15029	
比率		1.00	0.57	1.54	1.68	1.52	1.16	1.14	0.99	0.95	
床版厚	c m	23	32	25	32	0	0	0	0	0	
P C 床版数量	m ³		1407	0	1318	0	0	0	0	0	
R C 床版数量	m ³	1090	0	1061	0	0	0	0	0	0	

図 2.4.4.1 工数要素 (5 @ 48 m)

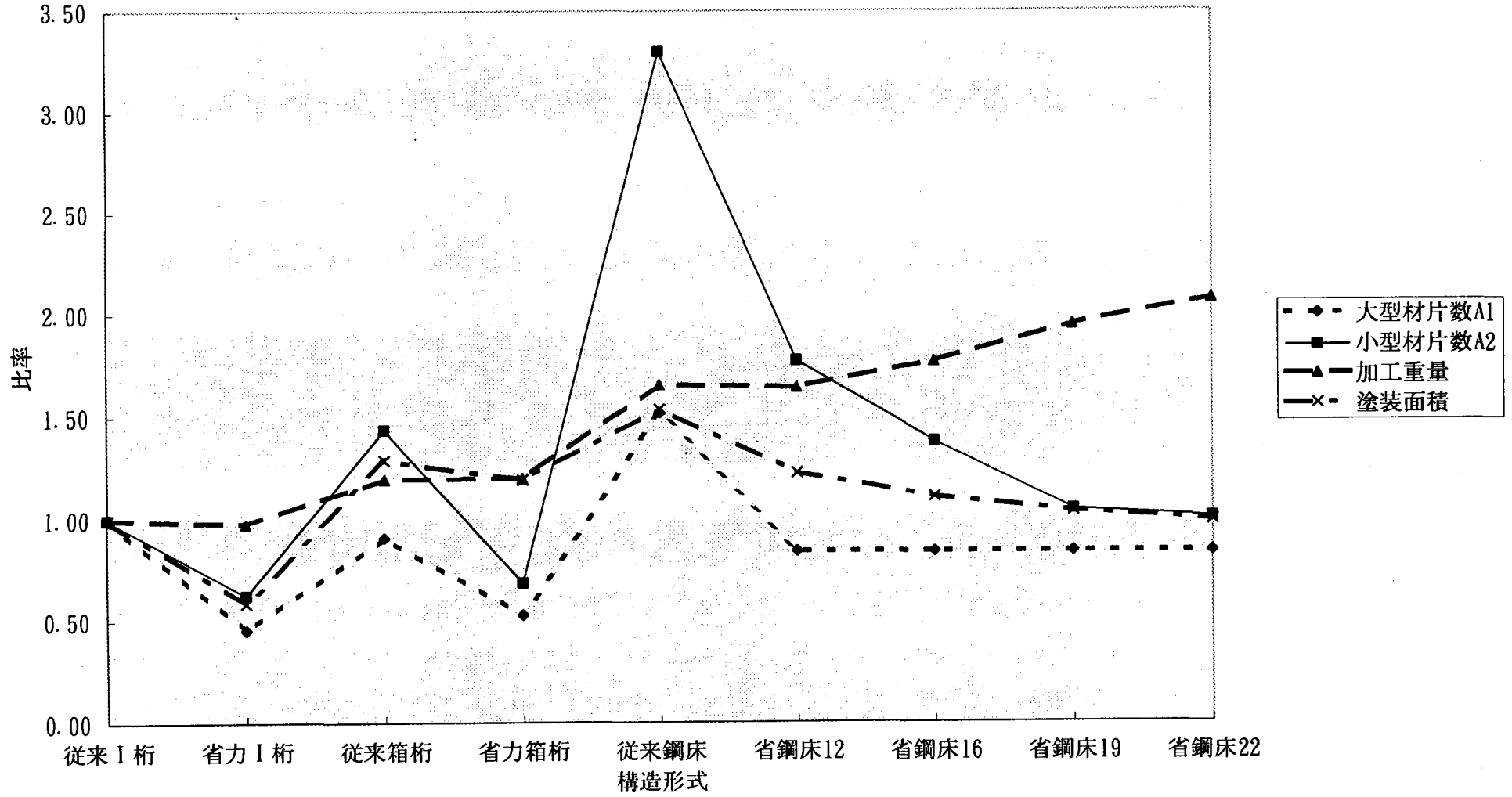
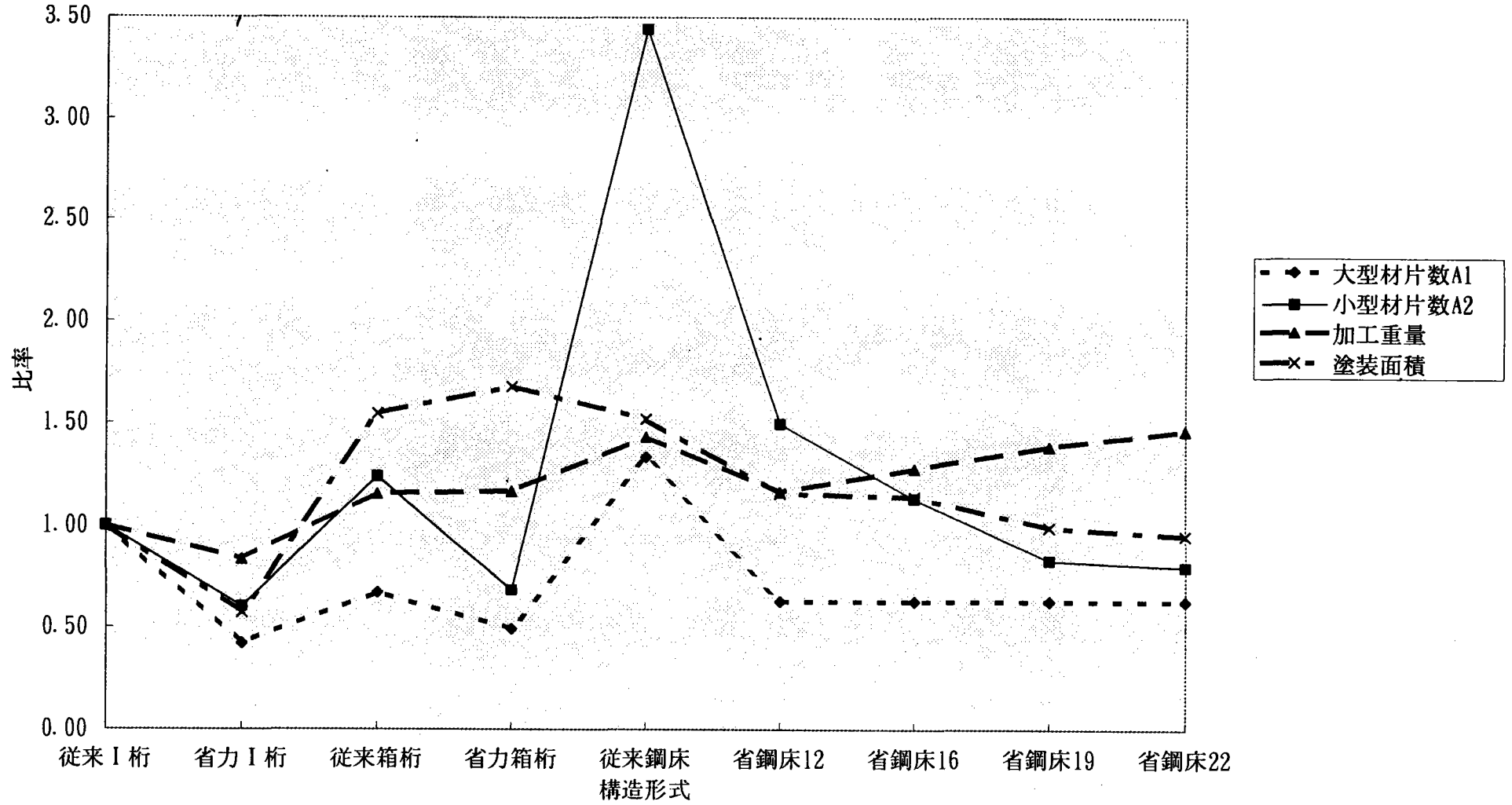


図 2.4.4.2 工数要素 (5 @ 7.2 m)



2. 4. 5 考 察

本項で行った試設計結果により以下のことがわかる。

(1) コンクリート床版 I 桁橋

合理化桁を採用することにより材片数、重量、塗装面積とも大幅に減少する。またこの工数要素の削減は工程の大幅な短縮につながる。但し P C 床版の全体に占める比率が大きいことから P C 床版のコストを下げ、工程を短縮することが必要である。

(2) コンクリート床版箱桁橋

今回検討対象とした幅員及び支間では、I 桁形式に比べて省力化桁のコストダウン効果は小さかった。幅員が広くなればもう少し差が出てくると思われる。但し、連続合成桁を前提とした広幅員・長支間橋梁であれば、P C 床版の採用を検討してみることが考えられる。

(3) 鋼床版 I 桁橋

鋼床版構造の場合、従来の多主桁鋼床版 I 桁と比べ、少主桁化する事により材片数、鋼重、塗装面積とも大幅に減少する。さらに鋼床版の板厚を上げて縦リブ・横リブ数を減らすことにより、加工重量は徐々に増加するが、材片数・塗装面積が減少する。

特に本検討の条件下では、図 2.4.4.1、図 2.4.4.2 より小型材片数については鋼床版厚を 16 から 19 mm に上げた場合に減少するが、22 mm では 19 mm と比較して減少率が小さい。一方、塗装面積については、減少率が小さいものの同様の傾向が見られる。また、大型材片数については、各板厚とも変化は見られなかった。以上の結果より、鋼床版厚 19 mm が重量増加割合に対して大きなコストダウン効果が期待できる。

また、この工数要素の削減は工程の大幅な短縮につながる。全体的に見て P C 床版 I 桁橋との比較をしてみるとコストダウンイメージが多少劣る感があるが、今後現地作業員の確保が困難になることが予想される中で、現地作業が少なくなることと、今後工場製作のコストダウンがいつそう進むであろうことから、P C 床版 I 桁橋との床版を含むコスト・工程比較をしながら構造を検討していく必要があると考えられる。

2. 5 まとめと今後の課題

2. 5. 1 従来形式における鋼橋とコンクリート橋の比較

支間長別の4ケースについて上部工のみを取り上げ、一般的な架設工法（鋼橋はクレーンベント工法、コンクリート橋は架設桁架設及び片持ち架設工法）を想定して比較を行った。

今回の試設計の結果は次の通りである。

1) 支間長30mから40mに於いては鋼橋、コンクリート橋の差はなく、40mを超えるものについては鋼橋が有利である。

2) 鋼橋が有利となる範囲に於いて形式別に比較すると、次のようになる。

a. 支間長60m～80mに於いては箱桁の採用が一般的ではあるが、経済性の面では鋼重が少ない鉸桁が有利である。

b. 支間長80m以上の場合、箱桁のうちRC床版形式よりも鋼床版形式が有利であり、さらに2箱主桁よりも1箱主桁の方が鋼重が少なく有利である。

橋梁形式の選定は架橋地点の地形や気象条件、下部工を含めた施工性や経済性、さらに維持管理等の要素により総合的評価で行う必要がある。今回は特定の条件のもとで上部工に限り鋼橋とコンクリート橋の比較を行ったが、上述の総合的評価による両者の比較、選定区分が今後の課題となろう。

2. 5. 2 合理化のための新構造

(1) 鋼床版床組

現在は「道示」の規定から板厚12mmのデッキプレート使用、狭い間隔での縦リブの溶接、1～2m間隔の横リブの配置が一般的であるが、板厚デッキプレート、大型トラフリブの採用や横リブ間隔の拡大といった試みによって次のような効果が期待できる。

a. 製作時：溶接量の低減、ひずみ取り作業の省略

b. 施工時：工期短縮・現地作業工数の低減、防護工削減（全工場塗装の場合）

c. 供用時：活荷重変形、応力レベルの低減による橋面舗装割れ、鋼床版の疲労損傷、騒音問題の改善

今後の課題として、疲労破壊や舗装割れに対する構造詳細の改良や横リブ配置の検討、路面凍結に対する舗装材料の改良や開発などが挙げられる。

(2) 大口径ボルト

極厚フランジに対する現場継手の一方法として、現行一般的に使用されているM22(F10T)をベースとしてM24、M27、M30の大口径ボルトの比較設計を行った。

ボルト径が大きくなるほどボルト及び添接板の重量は増加するが、ボルト本数は減少するので大型構造物等の条件によって省力化につながると考えられる。

今後の課題として、大口径ボルトの材料・機械的性質に関する試験や改良、開発が挙げられる。

2. 5. 3 合理化橋梁の試設計

有効幅員 9.0 m、支間割り 5@48m=240m 及び 5@72m=360m の 2 種類、合理化橋梁は全て 2 主桁とする等の条件で従来形橋梁 RC 床版形式 4 ケース、従来形橋梁鋼床版形式 2 ケース、合理化橋梁 PC 床版形式 4 ケース、合理化橋梁鋼床版形式 8 ケースの合計 18 ケースについて試設計を行い比較した。その結果を要約すると以下の通りである。

- 1) 支間割りに拘らず PC 床版形式による合理化 I 桁橋が鋼重、材片数とともに最も少なくなった。
- 2) 今回の試設計では全て 2 主桁としたため、箱桁形式の合理化の効果は小さい。箱桁形式では、合理化の効果を発揮できる要因として主桁本数の低減が挙げられる。そのため、比較的広い幅員をもつ橋梁での検討が必要と考えられる。
- 3) 鋼床版 I 桁橋についてはデッキプレート厚、トラフリブ間隔を従来のものより厚くまた広くして試設計を行った。重量は増加したが材片数が減少する傾向がつかめた。特にデッキプレート厚さ 19 mm 程度とした場合が縦リブ本数、横リブ本数の減少により材片数が大幅に減少し、鋼重増の比率に対して合理化・省力化効果が大きいと考えられる。

全体として PC 床版 I 桁橋の合理化効果が高いことは確認できたが、PC 床版の施工性や、広幅員で 3 本以上の主桁本数になった場合の鋼桁・床版の構造特性、跨線部等現地架設条件の厳しい場合の施工等の問題が残されている。また、今後は現場作業員の確保が困難になることが予想される。このため、プレファブ構造としての厚板タイプの鋼床版 I 桁橋は、現地の制約条件や工程上のメリットを含め合理化構造として、PC 床版 I 桁橋とその特質をケースバイケースで比較しながら検討していくべき構造と考えられる。

今後の課題として以下が挙げられる。

- 1) 広幅員、高規格道路における少数主桁橋梁の合理化・省力化効果の把握
- 2) 長支間コンクリート床版の設計・施工法の確立
- 3) 溶接用鋼板や耐候性鋼板の極厚化への対応
- 4) 極厚鋼板の現場継手技術（現場溶接、大口径ボルト使用）の研究・開発

2. 6 参考文献一覧

No.	題名	著者、雑誌名	発行年月	概要
1	・ロングライフ鋼道路橋の疲労に対する許容活荷重応力範囲	・土木学会 第48回年次学術講演会 板野 昌弘 藤野 陽三 三上 市蔵 長井 正嗣	1993年5月	ロングライフを300年保証寿命と定義し、疲労設計の立場から鋼道路プレートガーダー橋の許容活荷重応力を試算した。試算に用いた現状レベル比1.5倍の活荷重が妥当だとすると、ある程度大型車通行が予想される場合には最大活荷重に対する許容応力度はほぼ疲労限応力とすべきということになる。
2	・鋼橋工事の省力化工法	パンフレット 日本道路公団、(株)横河ブリッジ	1994年	上信越自動車道栃木川橋の下り線において実施された省力化と安全性を目指した橋梁の試験工事報告。 製作：1部材1断面、横桁間隔10m、下横構の省略、全工場塗装の採用等 床版：PC床版、PC壁高欄の採用 架設：全断面送り出し工法（PC床版載荷状態）の採用
3	・合理化手法によって実施された新琴似高架橋の設計・製作・架設	・川田技報 Vol. 12/JAN. 1993 清澤 孝吉 松永 久夫 茂手木 博 小西 哲司 町田 文孝 橋 佳宏	199 年1月	本橋は労働力不足に対応し、第二東名・名神などのプロジェクトに向けた最初の合理化が図られた試験橋である。第一歩の合理化手法として、主桁断面変化の大幅な省略、全体仮組立の廃止、床版および壁高欄のプレキャスト化の3点について採用したものである。
4	・鋼構造物の補剛設計 ・2主桁橋の横倒れ座屈 ・鋼床版2主桁 〔対傾構の挙動と効果 主桁下フランジの設計法〕	・森北出版		・農林道橋や側道橋のような幅員が狭くスレンダーな並列2主桁橋の全体横倒れ座屈計算に対する簡略式を示す。 ・床桁がたわむ→対傾構を通じて主桁が回転→主桁下フランジの水平方向に変位発生→水平方向の付加曲げモーメントおよび応力発生→対傾構にもそれに対応する応力発生
5	・鋼橋2主桁橋	・小西 一郎		大きな2本主桁とその間に配置される床桁によって構成される幅員の広い2主桁橋に関し、その発生の経緯並びに特に重要な主桁と床組の構造と設計の要点について実施例を挙げながら解説。

No.	題 名	著者、雑誌名	発行年月	概 要
6	・ 2主桁橋の設計に関する2、3の問題	・ 土木学会大関西支部年次講演会、I-58 大阪市土木局、川崎重工業	1978年6月	大阪市において建設された長柄橋（2主桁鋼床版橋）で、実施された模型載荷実験の報告。 実橋の約1/5の実験桁に、活荷重に相当する荷重を載荷し、主桁下フランジの水平変位、水平付加曲げモーメントに着目して実験を行っている。
7	・ 横リブの変形に伴う2主桁橋の応力度について	・ 土木学会第34回年次学術講演会、I-76 大阪市土木局、川崎重工業	1979年10月	模型試験により、主桁下フランジに床組の変形に伴って付加応力度が発生することを確認しているが、この応力についてブロック有限要素法を用いて計算した結果の考察についての報告。 広幅員の2主桁橋では横リブの変形が下フランジの主桁応力度に顕著に影響するため、横断面構成は詳細な検討が必要である。
8	・ 2主桁橋の載荷実験について	・ 土木学会第34回年次学術講演会、I-131 大阪市土木局、川崎重工業	1979年10月	長柄橋の実橋荷重載荷実験の報告。 設計は1-0法、曲げ振り理論（W.T法）による解析の他、横断面の変形を考慮したブロック有限要素法（B.F.E.M）により行っており、実橋載荷実験により解析法の妥当性を検証している。
9	・ 2主桁構造・2次部材の設置による力学モデルの変更	・ 構造物の立体挙動と設計法 日本鋼構造協会	平成4年11月	2主桁構造の横繫材の力学的役割について述べている。 ①横桁のみ ②対傾構のみ ③一面横構のみ ④二面横構のみ ⑤対傾構+一面横構 ⑥対傾構+二面横構
10	・ 新しい橋の紹介（6） 第二東海自動車道計画設計	・ 日本構造橋梁技報 松谷 正憲 小西 俊之		新技術・新工法を前提とした新しい橋梁形式に関する報告。 1) 上部工 多径間連続鋼3主桁橋 2) 床版 プレテンション方式 PCプレキャスト床版 3) 下部工 3柱式ラーメン橋脚 4) 基礎工 フーチングなしの壁基礎 各々の特徴と今後の課題を列挙。

No.	題 名	著者、雑誌名	発行年月	概 要
11	・ JHの技術開発⑥～⑧	・ 高速自動車新聞	1993年10月	<ul style="list-style-type: none"> ・ 橋梁上部工の新技術 伸縮装置の減少を目的とした橋梁連続化 ・ 橋梁下部工の新技術 <ul style="list-style-type: none"> ① 鋼管コンクリート複合構造橋脚 ② 鋼製エレメント橋脚 ③ 深礎ぐいの自動化 ・ 橋梁の補修・補強技術 <ul style="list-style-type: none"> ① 鋼橋塗装ライフサイクル延伸 ② 床版補修・補強 ③ 防水工等
12	・ 第二東名・名神高速道路の計画と課題	・ 土木学会論文集No. 444 荒牧 英城	1992年3月	<p>第二東名、名神高速道路は、将来の交通需要の増大に対処するため、高速道路のもつ本来の機能（高速性・快適性・安全性）を高いレベルで実現する道路として計画されている。この道路は、早期に整備する必要があることから、建設費の節減も大きな課題となる。そのため今後検討すべき技術的課題も多い。</p>
13	・ 合成構造橋梁の現状と将来の展望	<ul style="list-style-type: none"> ・ Stahlbau 59 橋梁と基礎 92-2 海外文献紹介で紹介 ・ ミュンヘン工科大学 F. Nather教授 	<p>1990年</p> <p>1992年2月</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ ドイツにおける新しい合成構造の鉄道橋や、道路橋の他、スイス、フランスなどの新しい合成構造の橋梁について紹介している。 ・ 合成構造の橋梁の、将来についての展望を記述している。
14	・ BRIDGE TO THE FUTURE	<ul style="list-style-type: none"> ・ BRIDGE TO THE FUTERE 欧州橋梁調査団 	平成6年3月	<ul style="list-style-type: none"> ・ 欧州橋梁調査団が平成5年9月23日から10月8日にかけてフランス、スイス、ドイツの3カ国を訪問し調査した際の報告書である。 ・ 調査はコンクリート橋、鋼橋、複合橋等二十数橋について行った。
15	・ 橋梁の計画ならびに構造の合理化に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> (財) 高速道路調査会 (社) 日本橋梁建設協会 	1990年3月	<ul style="list-style-type: none"> ・ 橋梁構造形式の合理化を考えるに当たって、鋼橋の適用されている現状を調査する目的で、鋼橋工事を昭和58年度～昭和62年度の5年間について支間長あるいは発注者別に分類まとめたもの。

No.	題名	著者、雑誌名	発行年月	概要
16	・鋼橋の合理化に関する一提案	・橋梁と基礎 春日井 敏博 和内 博樹 大森 邦雄	平成6年7月	圧縮フランジの縦リブと横リブの交差部について板厚比パラメータを実用の範囲で変化させて弾塑性有限変位解析を行うことにより、交差部の溶接が不要であるとしている。 (勝野氏の論文の補足)
17	・21世紀の橋梁技術検討小委員会 橋梁の単純化に関する調査報告書	・高速道路調査会	平成5年10月	橋梁構造の省力化を目標にして以下の項目の海外事例調査を行っている。 ・PCプレキャストセグメント橋 ・鋼とコンクリートの複合橋 ・鋼橋における単純化の検討
18	・縦リブと横リブとを溶接しない補剛板の耐荷力特性	・三菱重工技報 Vol. 24 No. 4 ・横浜製作所 勝野 寿男 渡辺 保之 熊谷 洋司 関田 和生 早稲田大学 依田 照彦	1987年7月	縦・横リブ間の力の伝達を考慮しない圧縮補剛板について、実橋縮尺供試体による対荷力実験と、有限要素法による数値解析により実橋の圧縮補剛板の耐荷力特性を明らかにし、併せて非溶接構造の安全性について考察したものである。
19	・下横構を省略したプレートガーダー橋の提案	・橋梁と基礎 ・(株)横河ブリッジ 大塚 勝 三井造船(株) 佐藤 哲也 ・(株)春本鐵工所 竹中 裕文 ・(株)巴コーポレーション 和地 輝男	1993年11月	標準的なプレートガーダー橋を対象とした立体解析モデルを用い、鉛直荷重を載荷して各部材の変異および応力等を求め、下横構のない構造の力学的挙動に関して、下横構を有する場合と比較して考察している。
20	・プレキャスト床版による施工の合理化	・橋梁と基礎 ・日本鋼管工事 烏海 右近 日本橋梁 蔵本 健一	1992年8月	プレハブ化された床版構造利用による工期の短縮・現場での労働力の省力化を図ることが重要である。急速施工に対応したプレキャスト床版について、現在までの施工実績と今後の課題を取り上げ、現場工期と工費を試算し、工事費の推移を予測したものである。

No.	題 名	著者、雑誌名	発行年月	概 要
2 1	・イラワディ・デルタ地帯の 橋梁建設	・Structural Engineering International ・Martin Diggelmann and Jurg Krahenbuhl	1992年1月	・スイス政府の援助で、ミャンマーの公共事業者で実施されたプロジェクトであり、上部工形式は単純合成ワーレントラス橋であり、支間36.5m(4連)、幅員7.3mである。 ・主構部材は全てH形鋼で、亜鉛メッキを施す。床版はプレキャストパネルと場所打ちコンクリートの併用である。
2 2	・合成鋼床版合成桁	・複合構造橋梁 技報堂 川田 秀樹 野村 国勝 梶川 靖治	平成6年9月	薄いデッキプレートにスタッドを施工し合成桁とした構造の紹介。合成桁と鋼床版の中間的な位置づけの新構造であるが突出したメリットは見られない。
2 3	・波形鋼板ウェブを用いたPC 単純桁の試設計	・プレストレストコンクリート技術協会 ・第2回ソポゾウム論文集 (株)ピーエス 服部 政昭 大浦 隆	1994年1月	波形鋼板はせん断座屈強度を向上させると同時に、補剛材を省略して生産性を向上させ、フランジとウェブの接点部の剛性と対疲労性を高める利点を有している。本文では、波形鋼板の特色、これを利用した合成橋梁の今後の日本における新たな展開、設計方法などについて述べている。
2 4	・合成構造における波形鋼板の 活用	・土木施工35巻1号 NCB研究委員会報告(3) ・アジア航測(株) 寺田 和己 (株)ピーエス 大浦 隆 ドーピー建設(株) 上平 健二	1994年1月	波形鋼板はせん断座屈強度を向上させると同時に、補剛材を省略して生産性を向上させ、フランジとウェブの接点部の剛性と対疲労性を高める利点を有している。本文では、波形鋼板の特色、これを利用した合成橋梁の今後の日本における新たな展開、設計方法などについて述べている。
2 5	・波形鋼板ウェブを用いた合成 PC箱桁のねじり特性につい て	・構造工学論文集 Vol. 39A 依田 照彦 大浦 隆	1993年3月	本論文は、新潟県に建設された新開橋を例に、波形鋼板ウェブを用いた合成PC箱桁のねじり特性についての報告である。コンクリートに比べて軸方向剛性の小さい波形鋼板ウェブを用いることにより、鋼、PC橋では、特に問題とならないねじりや断面変形の影響について報告している。

No.	題名	著者、雑誌名	発行年月	概要
26	・波形鋼板ウェブを持つ合成桁の力学的挙動に関する研究	・鋼構造論文集 第1巻第2号 依田 照彦 多田 維弘 中島 陽 大内 一男	1994年6月	・本研究では波形鋼板ウェブの力学的特性および波形鋼板ウェブとコンクリートフランジとの接合部を調べている。 ・試験方法としては、曲げを受けるI形断面合成桁について3種類の供試体を製作し2点載荷により曲げ破壊試験を行っている。
27	・波形鋼板ウェブPC箱桁橋新開橋の設計と施工	・橋梁と基礎 新潟県土木部 (株)ピーエス	1994年9月	日本で初めて、新潟県は、波形鋼板ウェブと取り替え可能な外ケーブルを使用したPC箱桁橋”新開橋”を建設した。この報告書は、新開橋の構造概要、設計概要、施工概要について述べたものである。
28	新しいタイプの橋梁	・プレストレストコンクリート		PC分野において、鋼とRCとPCの利点を組み合わせた構造、またこれらをうまく利用した新しい橋梁の試みが、世界中で意欲的に実施されてきている。本報告書は、これらの事例の紹介である。 1. ウェブを鋼部材とした構造（波形鋼板、トラス） 2. 斜張橋（PC斜張橋、複合斜張橋、エクストラード橋） 3. トラス橋（PCトラス橋、斜材をPC部材とした斜張橋） 4. 吊り床版橋、その他
29	・鋼・コンクリートハイブリッド構造の横強度	・プレストレストコンクリート技術協会 ・第2回シンポジウム論文集 運輸省船舶技術研究所 松岡 一祥 田中 義久	1993年3月	本論文は、新潟県に建設された新開橋を例に、波形鋼板ウェブを用いた合成PC箱桁のねじり特性についての報告である。コンクリートに比べて軸方向剛性の小さい波形鋼板ウェブを用いることにより、鋼、PC橋では、特に問題とならないねじりや断面変形の影響について報告している。
30	・ケーブルカンチレバー(FCC)工法の緊張材に炭素繊維を適用するためのシステム開発	・プレストレストコンクリート技術協会第3回 シンポジウム論文集 細矢 学 田中 茂義 関 文夫	1992年11月	CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) をPC橋梁の緊張材に適用するため、実験により得た耐力による設計手法を提案、また、施工管理手法として、摩擦係数による緊張管理手法、線材の架設方法等を提案した。

No.	題 名	著者、雑誌名	発行年月	概 要
3 1	・ 締固め不要コンクリートのP C製品工場への導入に向けた検討	・ プレストレストコンクリート技術協会第3回シンポジウム論文集 手塚 正道 今井 昌文 吉岡 民夫	1992年11月	締固め不要コンクリートをP C部材を扱うコンクリート2次製品工場に導入するため、試験練りにより配合設計に必要なデータ抽出、またプレテンション桁の試作を行った。
3 2	・ 高強度P Cグラウトの製造	・ プレストレストコンクリート技術協会第3回シンポジウム論文集 池田 正志 辻 幸和	1992年11月	P Cグラウトの高強度化を目的として、高性能減水材の添加率、水セメント比、スラグ置換率等が、P Cグラウトに与える影響を実験的に検討、高強度P Cグラウトが、得られる配合条件を提示した。
3 3	・ 非鉄シース実用化への基礎試験	・ プレストレストコンクリート技術協会第3回シンポジウム論文集 中條 友義 寺下 貢 油原 邦夫	1992年11月	波付き硬質ポリエチレン(FEP)管の実用化を計るため、品質試験、押し抜きせん断試験、ひび割れ試験、グラウト注入試験、グラウト充填確認試験といった基礎的試験結果の報告を行う。
3 4	・ 電気防食を適用したP C部材の力学挙動	・ プレストレストコンクリート技術協会第3回シンポジウム論文集 石井 浩司 井川 一弘 関 博 福手 勤	1992年11月	電気防食をプレストレストコンクリート構造物に適用する場合の問題点である梁部材の力学的特性に対する影響に着目し、試験を行った結果を示す。
3 5	・ アラミドFRPポステン橋の設計と施工	・ プレストレストコンクリート技術協会第2回シンポジウム論文集 住友建設株式会社 土木部	1991年11月	P C橋の緊張材としてアラミドFRPを使用した橋梁の設計と施工の報告である。アラミドFRP緊張材は、アラミド繊維をビニルエステル樹脂で固めた複合材料で、優れた強度特性や耐久性を有している。実証橋は、橋長25m、桁高1.9mの箱桁橋である。