

第1章 桁橋の景観デザイン研究

第1章 桁橋の景観デザイン研究

目次

1.1	はじめに	9
1.2	研究内容	10
1.3	桁橋景観設計の着眼点と研究テーマ	10
1.3.1	着眼点の議論	
1.3.2	研究テーマ	
1.3.3	試算方法	
1.4	【テーマ1】床版の張出長	17
1.4.1	基本検討1～両側歩道タイプ～	
1.4.2	追加検討1～自専道タイプの場合～	
1.4.3	追加検討2～片持ち部床版の設計～	
1.4.4	まとめ	
1.5	【テーマ2】オーバブリッジの桁高	30
1.5.1	基本検討	
1.5.2	まとめ	
1.6	【テーマ3】河川橋の変断面の桁高	34
1.6.1	基本検討	
1.6.2	追加検討～桁高変化ケースの追加～	
1.6.3	まとめ	
1.7	【テーマ4】主橋と側橋の支間割	41
1.7.1	基本検討	
1.7.2	追加検討1～支間変化率を小さくした場合～	
1.7.3	追加検討2～橋長を大きくした場合～	
1.7.4	まとめ	
1.8	【テーマ5】一連の橋の支間割	55
1.8.1	基本検討	
1.8.2	追加検討～橋長を小さくした場合～	
1.8.3	まとめ	
1.9	おわりに	67
	参考文献	68

1.1 はじめに

鋼橋の中でI桁橋や箱桁の桁橋は、建設の割合が約8割（図 1.1.1）と最も多く建設されているが、どの橋も同様な形であり、景観検討を行って設計した橋は数少ないと思われる。

これまでの桁橋の設計では、標準設計やデザインデータブック等の各種設計マニュアルが整備されており、合理的で経済的な設計方法が研究されている。そのため、鋼重ミニマムで経済的、実用的となる桁高、桁配置、断面形状、支間割は確立されていると考えられている。

現在、ガイドライン型設計（図 1.1.2）が導入され、鋼重ミニマムから（鋼重+工数）ミニマムに移行することでコスト削減を図る考えに変わり、必ずしも鋼重ミニマムのものが経済性で有利にはならなくなった。

このような中、本研究WGでは、桁橋に着目して桁橋の美しさの着眼点として、支間割、桁高、床版張出しを挙げ、実際に試設計を行うことで、鋼重や経済性はどの程度の違いが生じるのかを確認し、採用への可能性を探ることとした。

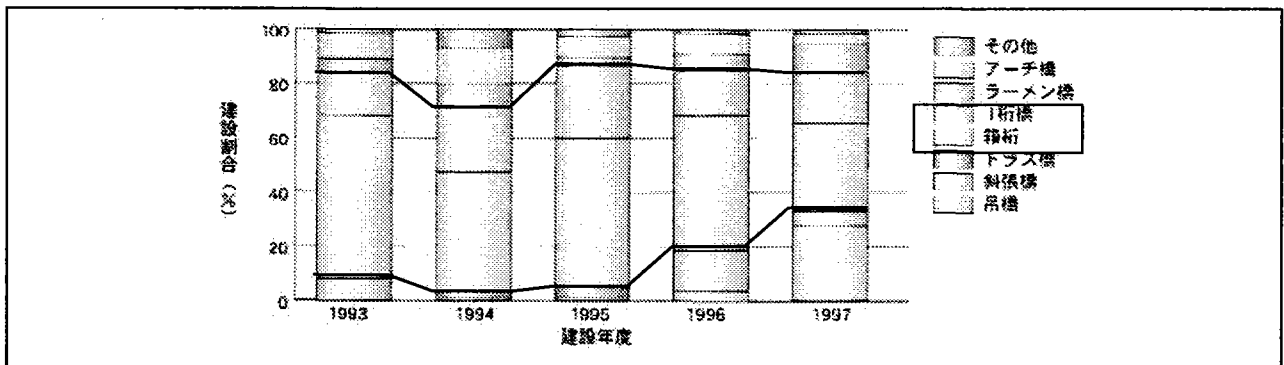


図 1.1.1 形式別国内鋼橋の建設割合 ※1

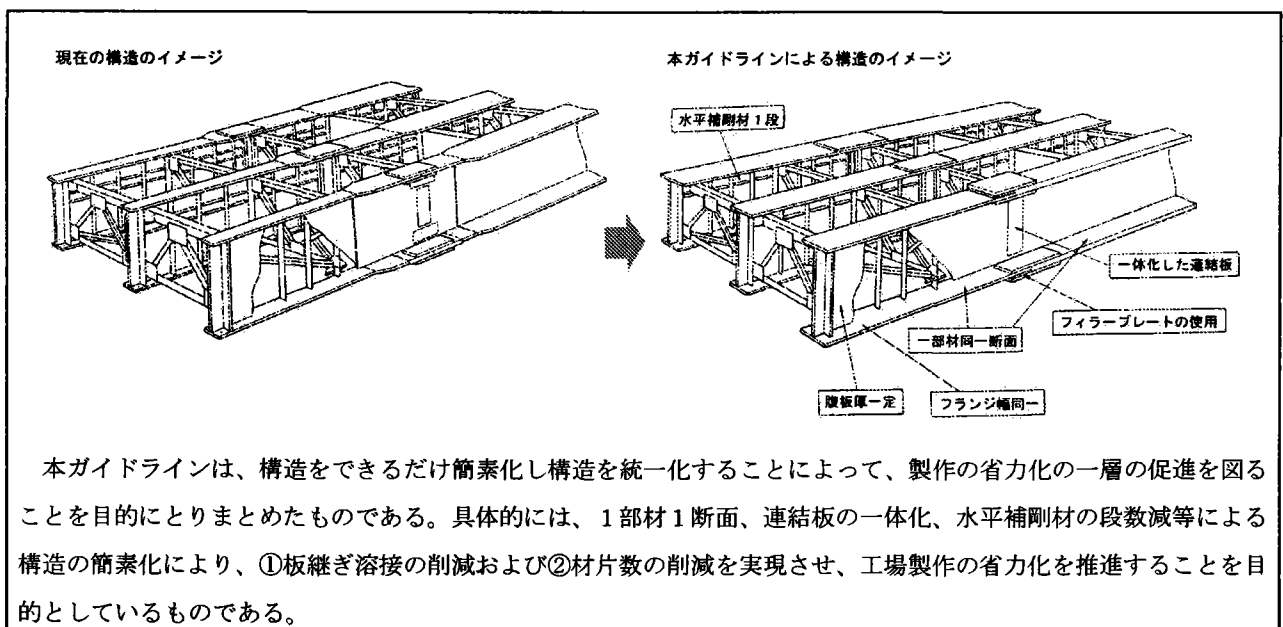


図 1.1.2 ガイドライン設計 ※2

1.2 研究内容

研究フローを図 1.2.1 に示す。始めに鋼橋の桁橋に着目し、事例や文献により景観設計の着眼点を整理する。次に着眼点毎に電算プログラムに乗りやすいモデルケースを設定し、試設計により経済性、構造的な確認する。景観性については、簡易CGによる視覚資料を用いて、評価・考察を行う。また、試算結果に対して、新たな着眼点が生じた場合はパラメータを増やし追加検討を行う。

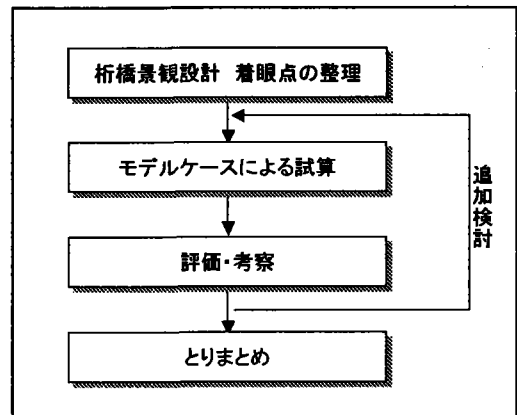


図 1.2.1 研究フロー

1.3 桁橋景観設計の着眼点と研究テーマ

1.3.1 着眼点の議論

桁橋景観設計の着眼点は、以下の文献（図 1.3.1）により着眼点を議論した。

- 「美しい橋のデザインマニュアル」昭和 57 年 土木学会
- 「美しい橋のデザインマニュアル第 2 集」平成 5 年 土木学会
- 「橋の造形学」2001 杉山和雄著 朝倉書店
- 「ブリュッケン」1998 フリッツオンハルト著 メイセイ出版
- 「景観用語辞典」1998 篠原修編 彰国社
- 「橋梁年鑑」平成 8 年版～平成 14 年版 社団法人 日本橋梁建設協会
- 「橋」1996～2002 土木学会
- 「Highway Deutschland」

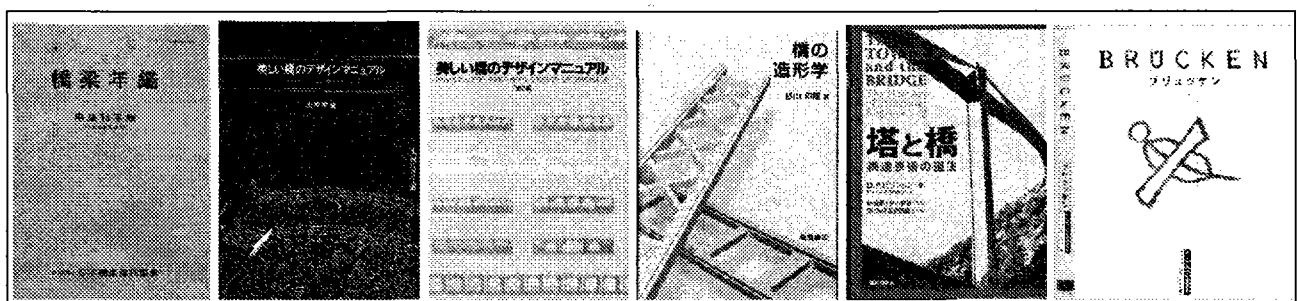


図 1.3.1 参考とした文献

文献から抜粋した写真カード（表 1.3.1～1.3.4）を用い、印象が良いものと悪いものの違いを調べ、美しい桁橋を設計していく上での留意点を探るという方法で議論を行った。そのステップは、次の通りである。

- ①桁橋の事例写真を持ち寄り、各人が印象の良いもの－悪いものを評価し、写真を並べ替える。
- ②並べ替えた理由について議論し、景観上の留意点を整理する。
- ③景観設計に関する文献を読み、知識を深める。

表 1.3.1 桁橋の事例写真(1)

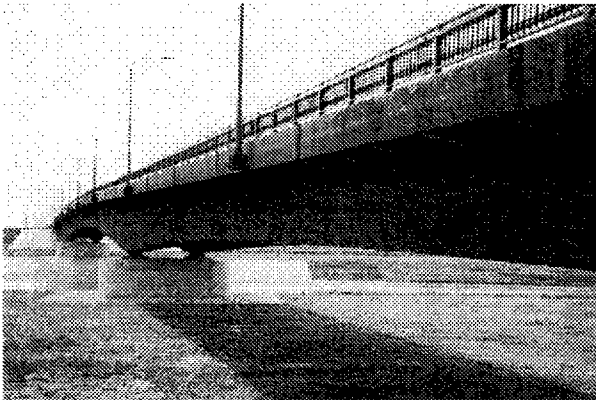
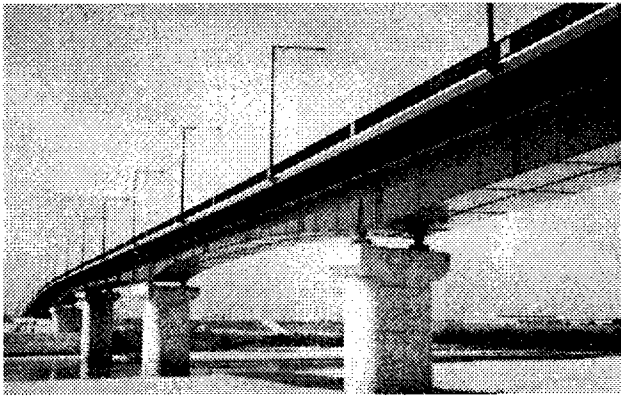
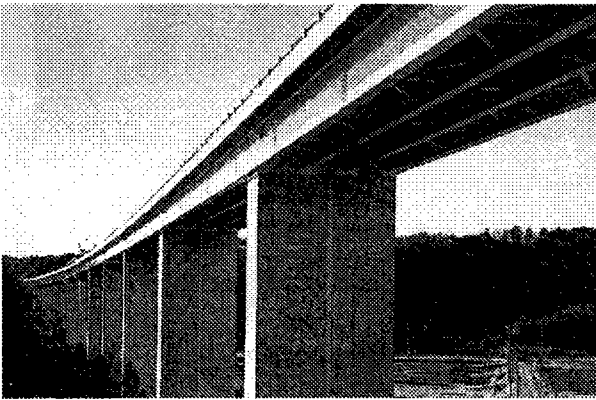
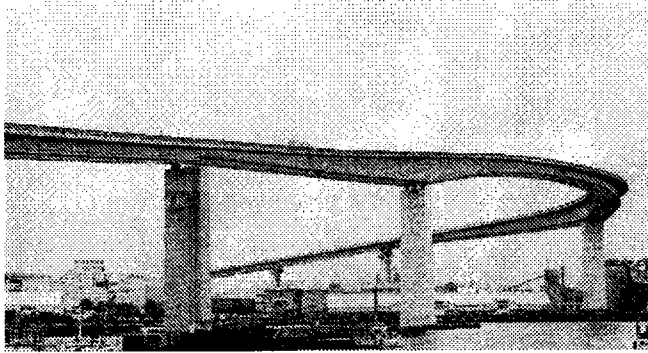
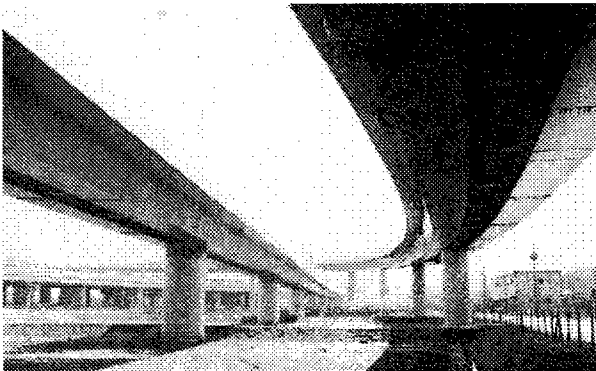
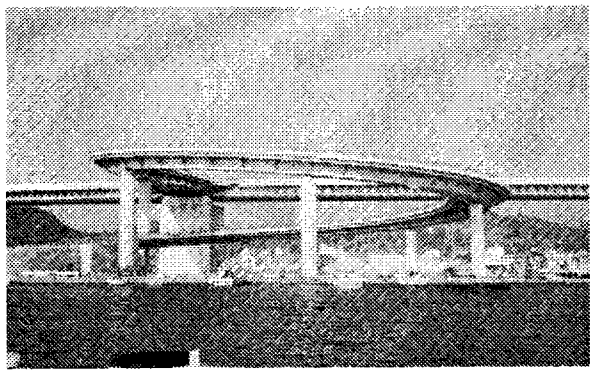
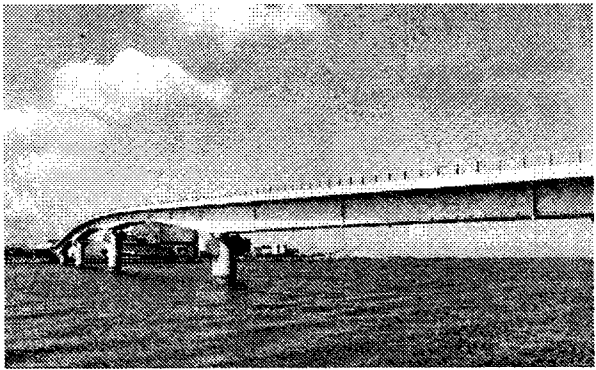
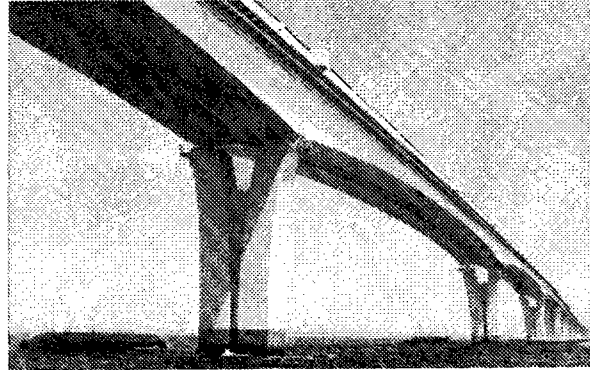
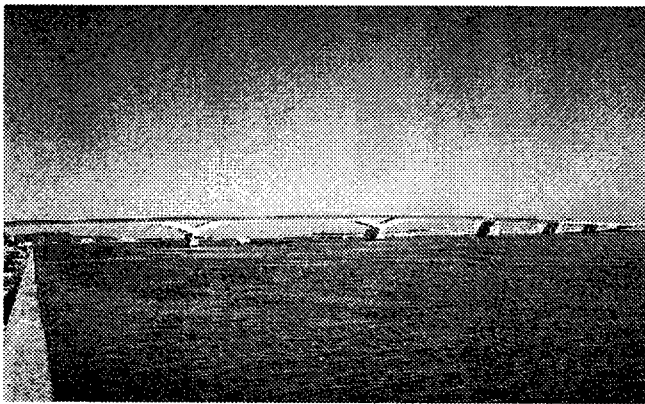
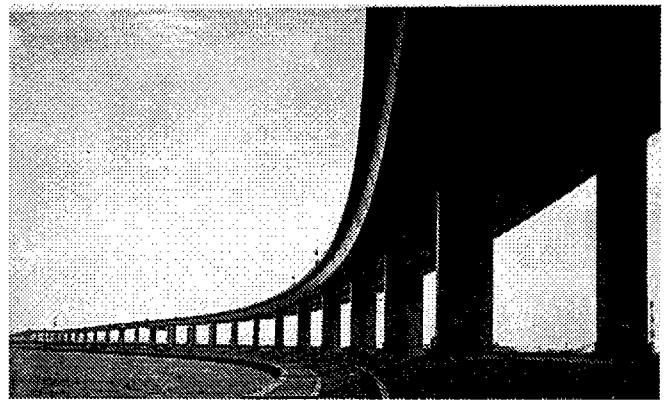
<p>1. 菫橋 (中央径間 140M 3径間連続鋼床版箱桁)</p> 	<p>5. 岡崎大橋</p> 
<p>2. 浅見川橋 (橋脚柱頭部と飯桁が剛結構造)</p> 	<p>6. なみはや大橋 (中央径間 250M 3径間連続鋼床版曲線箱桁)</p> 
<p>3. 横浜青葉インターチェンジ (桁と橋脚を剛結させた複合ラーメン構造)</p> 	<p>7. 牛深ランプ橋 (現場溶接)</p> 
<p>4. 港大橋 (中央径間 113M 5径間連続鋼床版箱桁)</p> 	<p>8. アクアライン橋梁部 (最大支間 240M)</p> 

表 1.3.2 桁橋の事例写真(2)

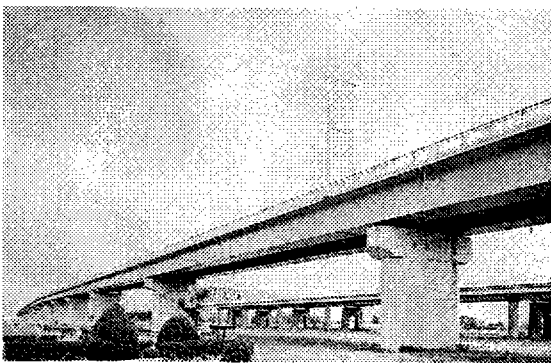
9. かもめ大橋 (香椎大橋)
(支点付近に景観的特徴をもたせた連続鋼床版箱桁)



13. 首都高中堰部高架橋
(基本 $3A \times 60M$ の3径間連続箱桁と横梁のない鋼製独立2柱形式の橋脚)



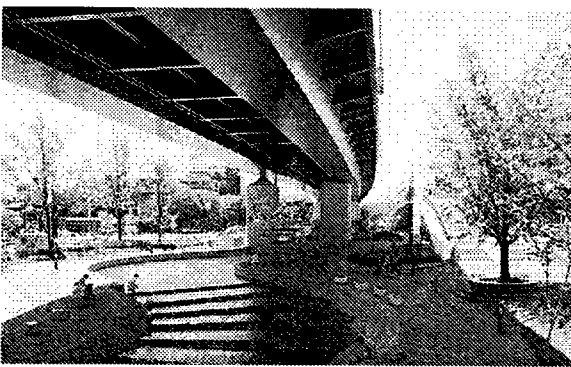
10. 治水橋 (大型ゴム巻を採用し、下部工の全体的な π 字をとっている)



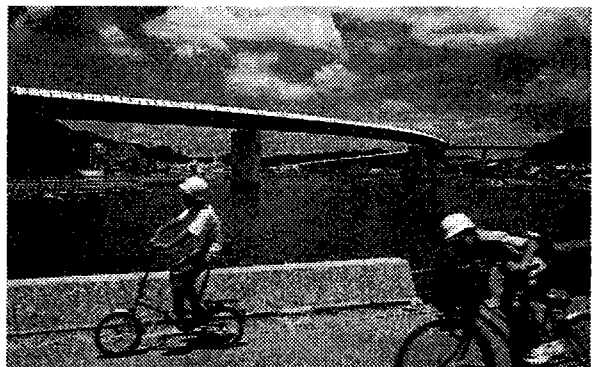
14. 新里大橋 (岩手県) のんびりした風景



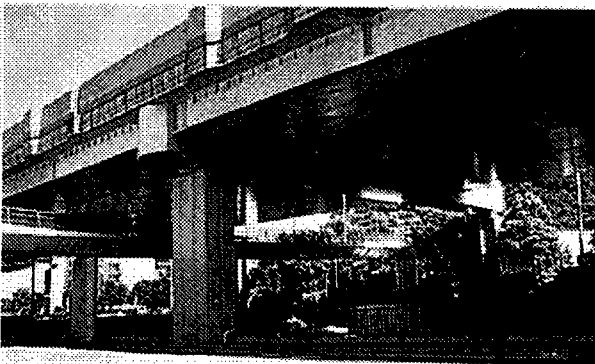
11. 名古屋市高速1号 若宮大通公園
(横梁のない2柱式RC橋脚と鋼箱桁 開放感のある桁下空間)



15. 牛深ハイヤ大橋
(水面上にゆっくりと伸びた一本の曲線は自然に溶け込んだ風景となる)



12. 首都高 堀川筋高架橋
($3A \times 35M$ 桁高 1.6M に統一、主桁と一体となった横梁をRC橋脚で支持)



16. 城ヶ島大橋
(3径間連続鋼床版箱桁 支間 70+95+70 1960年)

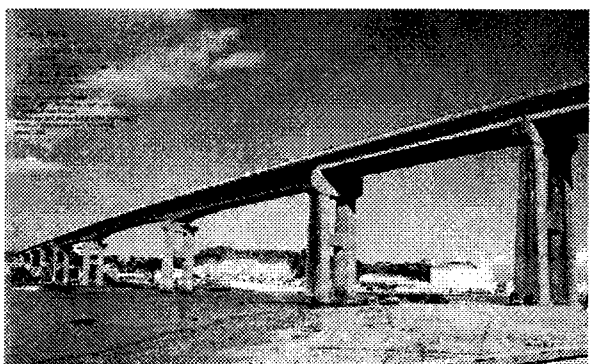


表 1.3.3 桁橋の事例写真(3)

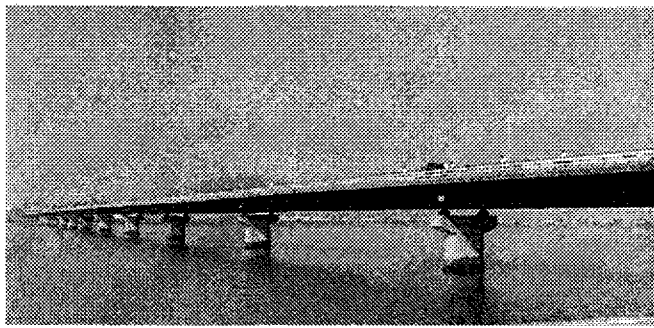
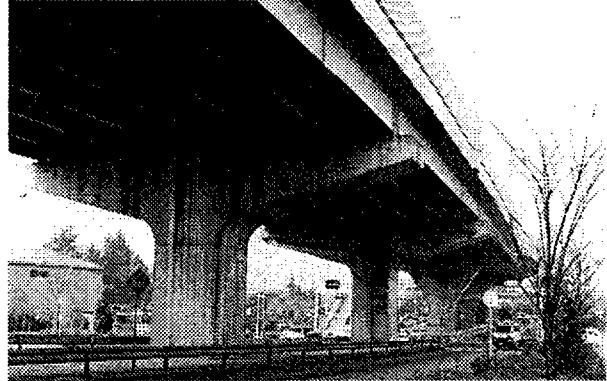
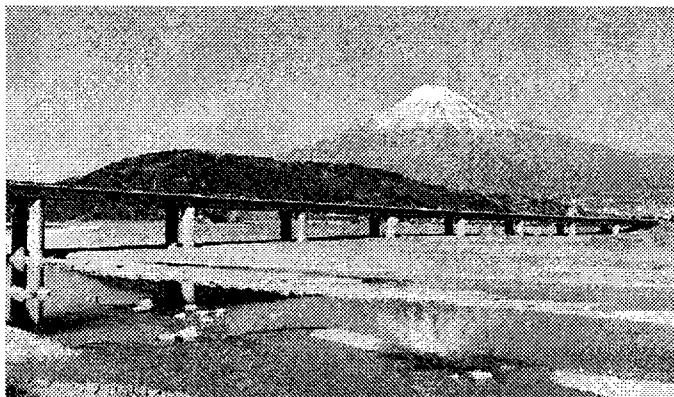
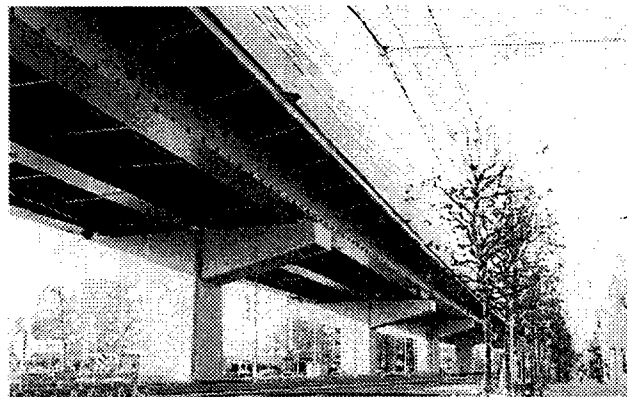
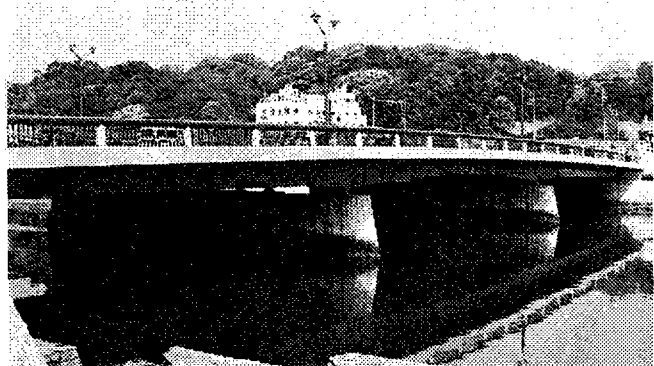
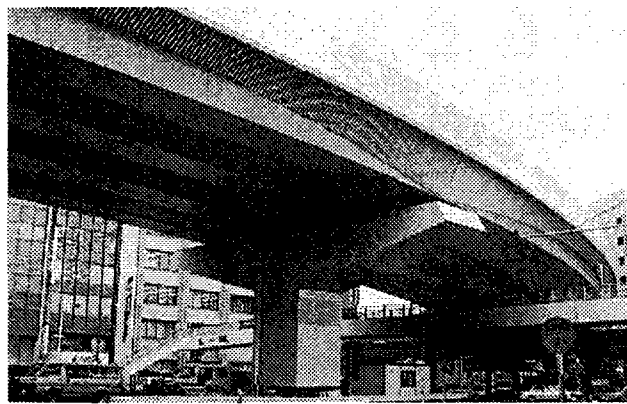
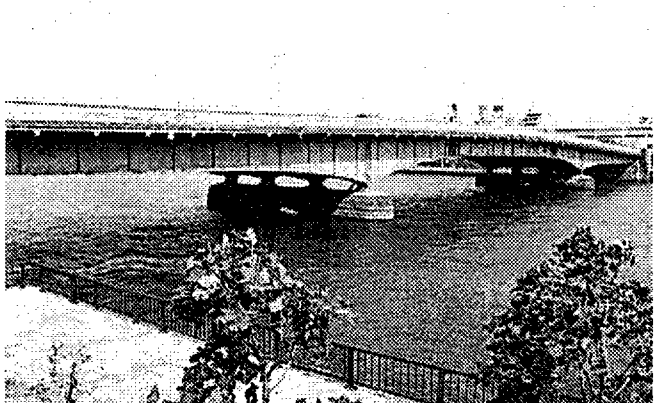

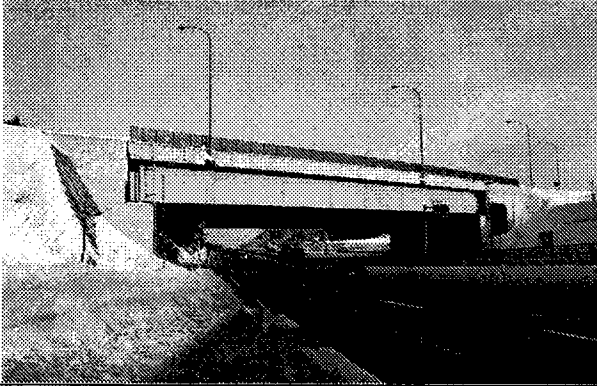
<p>17. 吉野川大橋</p> 	<p>21. 葛飾川口線 (首都高)</p> 
<p>18. 富士川橋</p> 	<p>22. 名古屋高速道路高架橋</p> 
<p>19. 鶴見橋 (広島県)</p> 	<p>23. 上野高架橋</p> 
<p>20. 言問橋</p> 	<p>24. 手形山大橋</p> 

表 1.3.4 桁橋の事例写真(4)

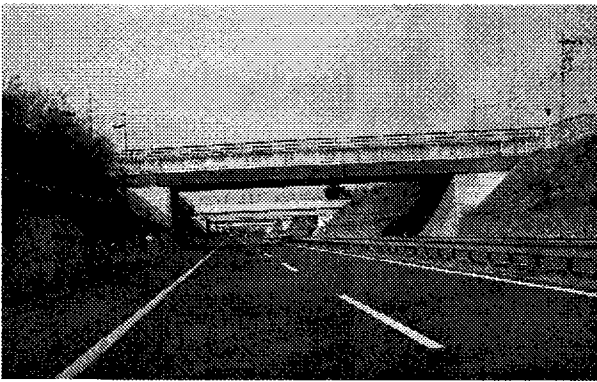
25. オバ-ブリッジ (秋田自動車道)



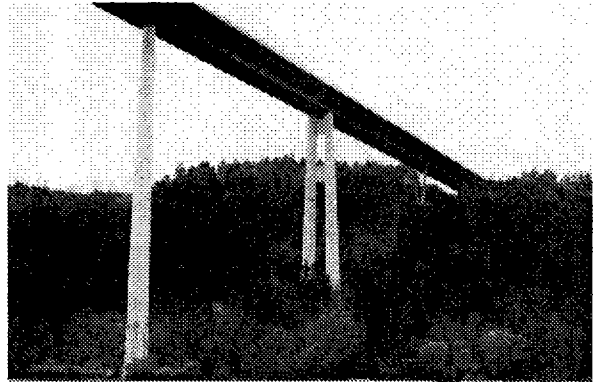
29. ドイツの橋②



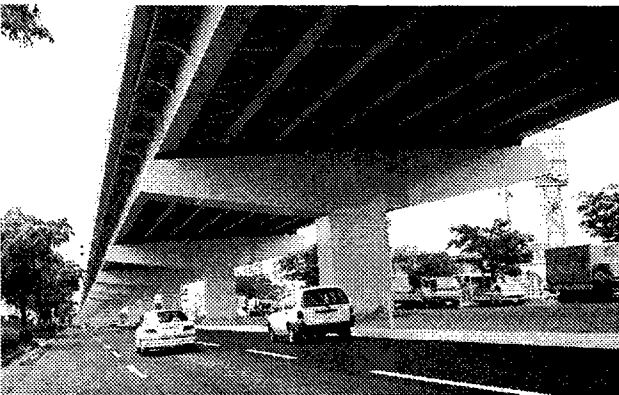
26. オバ-ブリッジ (圏央道青梅~入間)



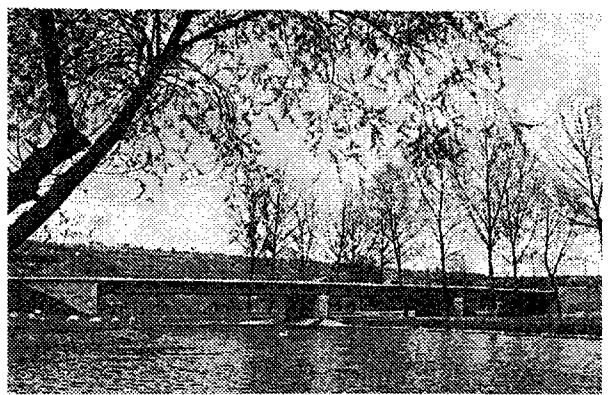
30. ドイツの橋③
(支間 134M、橋長 900M 5 径間連続鋼床版箱桁)



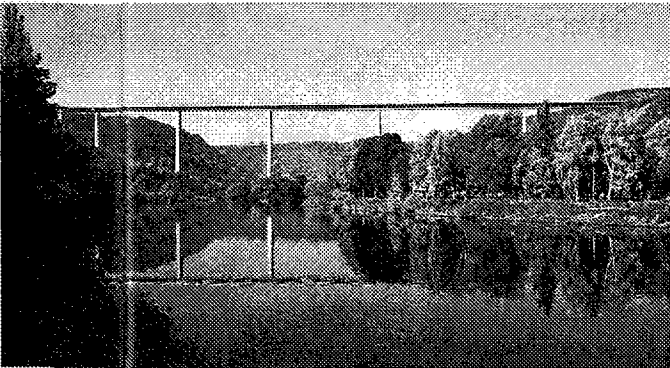
27. 仙台東部高架橋



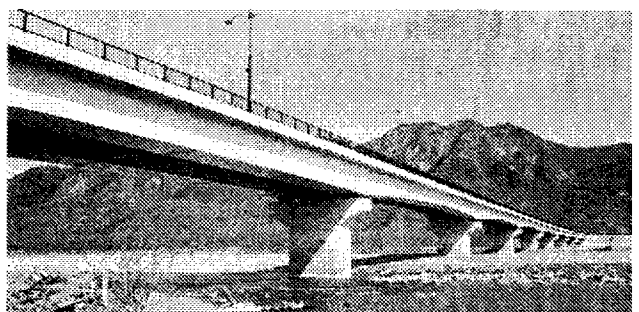
31. Jagst 橋



28. ドイツの橋①



32. 上田大橋 (2 連の 3 径間連続箱桁)



1.3.2 研究テーマ

WG内での議論の結果、印象の良い橋は概ね一致しており、景観上の留意点としては、「連続性」「プロポーション」「色彩」「付属物」「上部工と橋脚の形状」等が挙げられた。また、写真の撮り方、背景の美しさに影響される傾向があることが分かった。

研究対象としては、都市内高架橋は、制約条件が多い中での設計となるため、河川橋のように比較的架橋地点の制約条件の少ないものを対象にすることとした。

本研究のテーマとして、図 1.3.2 に示す床版の張出長、桁高、変断面桁の桁高変化、一連の橋および取付橋の支間割りの5つを設定した。

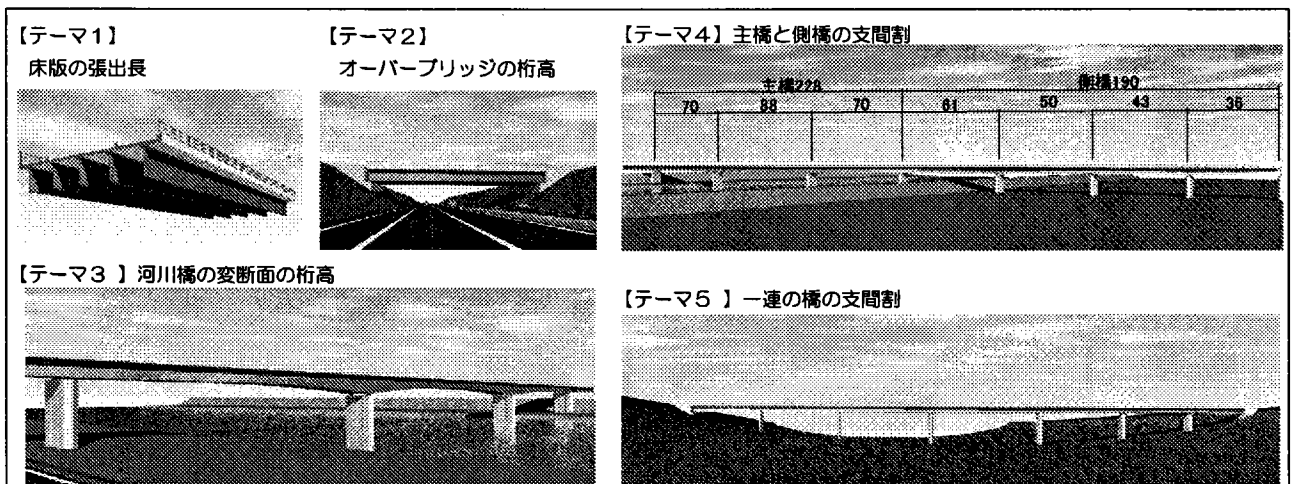


図 1.3.2 研究テーマ

1.3.3 試算方法

試算には J S P - 1 W (非合成桁の概略自動設計) を用い、このソフトで計算しやすいモデルケースを設定することとした。経済性の評価は上部工の概略工事費とし、下部工のコストは比較案とも同等となる条件を設定することで、下部工の概略工事費は算出しないこととした。

図 1.3.3 に概略工費算出例を示す。

【使用ソフト】

- ・ J S P - 1 W (非合成桁の概略自動設計)

【設定条件】

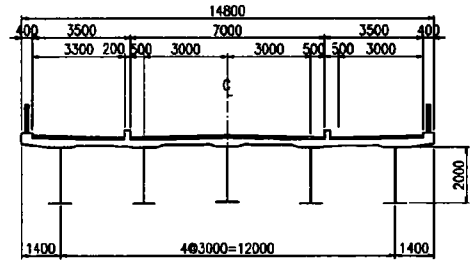
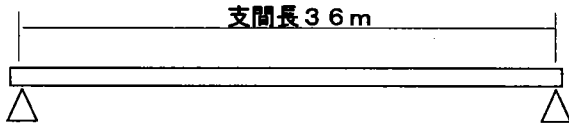
- ・ 使用する材質は SM490Y 系、降伏点一定鋼
- ・ 概略工事費の算出は基本的に JSP のデフォルト単価
- ・ PC床版の単価は 50 千円/m²
- ・ 支承は 8 千円/反力 t

【上部工の概略工事費】

- ・ 「工場製作費」 + 「架設工事費」 = 「請負製作費」

テーマ1：床版の張り出し長、ケース1

ケース1 単純非合成桁



§10. 概略工費

1. 工数算定要表

1) 工数算定要要素集計表

大型材片	材片数	単位	本体
	材片重量	Kg	81800
小型材片	材片数	個	606
	材片重量	Kg	12270
部材数		個	27
対横構	加工重量	Kg	2937
	部材数	個	16
横構	加工重量	Kg	3966
	部材数	個	28
総加工重量		Kg	100873
570材相当加工重量		Kg	0
総部材数		個	71
板継溶接延長		m	0
大型T継手溶接長		m	828
付属品	単位	重量	
伸縮継手	Kg	6803	
高欄	Kg	2941	

2) 工数算定要素内訳

	大型材片数	小型材片数	部材数	板継溶接	T継手溶接
主桁	45	360	15	0.0	736.0
横桁	36	246	12	0.0	92.0
対横構	—	—	16	—	—
横構	—	—	28	—	—

2. 請負工事費 (単価千円)

工場製作費	[(A)+(B)+(C)]	=	56,252
(A) 直接工事費	[(1)+(2)+(3)]	=	46,678
(1) 材料費		=	22,532
(2) 製作費	475.59 × 27.5 千円	=	13,079
(3) 工場塗装費	2213.39 m ² × 5.0 千円/m ²	=	11,067
(B) 間接工事費	[(4)+(5)]	=	12,683
(4) 間接労務費	(2) × 0.352	=	4,601
(5) 工場管理費	[(2)+(3)+(4)] × 0.281	=	8,079
(C) 一般管理費	[(A)+(B)] × 11.610 %	=	6,892
架設工事費	[(A)+(B)+(C)]	=	56,073
(A) 直接工事費	[(1)+(2)+(3)+(4)+(5)]	=	37,714
(1) 輸送費	110.63 t × 12.0 千円/t	=	1,328
(2) 架設費	110.63 t × 100.0 千円/t	=	11,063
(3) 現場塗装費	2213.39 m ² × 3.0 千円/m ²	=	6,640
(4) 床版工事費	159.96 m ³ × 100.0 千円/m ³	=	15,996
(5) 舗装工事費		=	2,687
車道部	257.60 m ² × 3.0 千円/m ²	=	773
歩道部	239.20 m ² × 8.0 千円/m ²	=	1,914
(B) 間接工事費	[(6)+(7)]	=	12,441
(6) 共通仮設費	(A) × 0.1524	=	5,748
(7) 現場管理費	[(A)+(6)] × 0.1540	=	6,693
(C) 一般管理費	[(A)+(B)] × 11.800 %	=	5,918
請負製作費 = 工場製作費 + 架設工事費		=	122,325

3. 工事費内訳

1) 材料費

材料費 = (a) + (b) + (c) + (d) + (e) = 22,532 千円

(a) 鋼材費	=	11,251
鋼材	110.63 t × 96.9 千円/t	= 10,720
喫装前処理	110.63 t × 4.8 千円/t	= 531
(b) 支保材料費	=	9,200
(c) HTB材料費	2.82 t × 250.0 千円/t	= 705
(d) 排水材料費	0.06 t × 800.0 千円/t	= 48
(e) 副資材費	110.63 t × 12.0 千円/t	= 1,328

2) 製作費

製作費 = Y × 27.50 = 13,079 千円

(Y) 全体製作工数

Y = (Y1 + Y2) × K + Y4 × 1.00 × 1.00 × 1.00 × 1.00 + Y5 = 475.59

(Y1) 本体の加工組立数

Y1 = 81 × 0.93 × 1.72 × 606 × 0.28 × 1.19 = 295.43

(Y2) 本体の溶接工数

Y2 = 0 × 1.07 / 10 × 828 × 0.45 / 10 = 37.26

(K) 570材相当品による影響割増

K = 1 + 0.00 / 100.87 × 0.28 = 1.00

(Y4) 対横構及び横構組立工数

Y4 = 16 × 0.93 × 1.14 × 28 × 0.37 × 1.16 = 28.98

(Y5) 付属品の製作工数

Y5 = Yd + Ye = 113.92

伸縮継手 Yd = 6.81 × 12.80 × 1.00 × 1.00 = 87.17

高欄 Ye = 2.94 × 9.10 × 1.00 = 26.75

図 1.3.3 概算工事費算出例

1.4【テーマ1】床版の張出長

床版の張出長が大きいほど陰影効果により桁がスレンダーに見え、橋脚のスリム化が図れる効果がある。張出長を大きくするにしたがって、構造や経済性はどのように変わっていくかを整理、考察する。

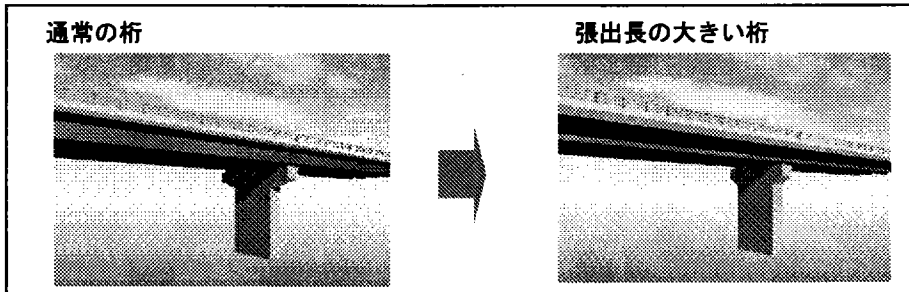


図 1.4.1 橋脚のスリム化

1.4.1 基本検討1～両側歩道タイプ～

(1) モデルケース

表 1.4.1 に示すようにモデルケースは、県道レベルの2車線、両側歩道の単純非合成板桁を設定した。検討ケースは、標準的な多主桁RC床版と張出しを大きくしたケースおよび少数主桁PC床版とした。

表 1.4.1 モデルケース

<p>幅員構成 桁配置</p>	<p>県道を想定 第3種第3級 両側歩道+2車線 単純非合成板桁</p>	
<p>橋長</p>	<p>36m</p>	
<p>平面格子図</p>		
<p>検討ケース</p>	<p>Case1 標準的な多主桁RC床版 Case2 床版張出長の大きい多主桁RC床版 Case2-1 張出長大、桁数小 Case2-2 張出長最大 Case2-3 張出長大、桁数小 Case3 少数主桁PC床版</p>	
<p>施工場所</p>	<p>オーバークリッジ又は高架橋</p>	

(2) 比較評価

表 1.4.2 に比較表を示す。

表 1.4.2 比較表(1)

断面図		Case1 標準的な多主桁RC床版	Case2 床版張出長の大きい多主桁RC床版
			Case2-1 張出長大、桁数少
断面図		<p>5本主桁、RC床版</p>	<p>4本主桁、RC床版</p>
イメージ図 上：斜め下の見え方 下：2連の桁の外観			
景観性		<ul style="list-style-type: none"> ・張出しが小さく、陰影が小さい。他家より、スレンダーさに劣る。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・張出しが大きく、陰影効果により最もスレンダーに見える。 ・橋脚が最もスリムとなる。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>
構造性		<ul style="list-style-type: none"> ・実績が多く特に問題ない。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・張出し長 2.9m の実績はない。 ・計算上は問題ないが実用面の検証が必要。 <p style="text-align: right;">(○)</p>
経済性 上部工 工事費 (百万円)	鋼重(t)	103.7 (1.00)	96.3 (0.93)
	工場製作費	66.3 (1.00)	62.2 (0.94)
	架設工事費	56.1 (1.00)	54.6 (0.97)
	合計	122.4 (1.00)	116.8 (0.95)
評価			○

表 1.4.3 比較表(2)

Case2 床版張出長の大きい多主桁RC床版		Case3 少数桁PC床版
Case2-2 張出長大	Case2-3 張出長大、桁数少	
<p>5本主桁、RC床版</p>	<p>4本主桁、RC床版</p>	<p>3本主桁、PC床版</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・張出しが大きく、陰影効果によりスレンダーに見える。 ・橋脚がスリムとなる。 <p style="text-align: right;">(○)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・張出しが大きく、陰影効果によりスレンダーに見える。 ・橋脚がスリムとなる。 <p style="text-align: right;">(○)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・他案に比べ桁高が大きい張出しが大きいため、陰影効果によりスレンダーに見える。 ・橋脚が最もスリムとなる。 <p style="text-align: right;">(○)</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・張出し長 2.5m の実績はない。 ・計算上は問題ないが実用面の検証が必要。 <p style="text-align: right;">(○)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・張出し長 2.45m の実績はない。 ・床版支間は道路橋示方書では 4m まで OK であるが、3.3m の実績はない。 ・計算上は問題ないが実用面の検証が必要。 <p style="text-align: right;">(○)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・特に問題ない。 ・床版支間が 4.4m と狭く、PC床版の特性を生かし切れていない。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>
105.7 (10.2)	96.3 (0.93)	85.8 (0.83)
70.0 (1.01)	62.0 (0.94)	57.0 (0.86)
55.4 (0.99)	55.1 (0.98)	65.0 (1.17)
122.4 (1.00)	117.1 (0.96)	122.0 (1.00)

(3) 考察

Case2-1 は、桁間隔を 3.0m として張出長を 2.9m と通常より大きくした案である。Case1 に比べ主桁本数が 1 本少なくなり、結果として鋼重が少なくなり、上部工工費は約 5% もの縮減となった。

Case2-2 は、張出長を 2.5m とやや大きく取り、桁本数は Case1 と同じにした案である。張出長にかかわらず、主桁本数が同じであれば、工費は Case1 とほとんど変わらない結果となった。

Case2-3 は、Case2-2 の張出長と同程度とし、主桁本数を 1 本減らして主桁間隔を 3.3m とした案である。主桁本数が少ないことが約 4% の工費減につながっている。

Case3 は P C 床版少数主桁の案である。主桁間隔が 4.4m と P C 床版にとっては狭いため、本ケースでは、優位性が出ない結果となった。

本モデルケースのように両側歩道を有する橋梁では、歩道部荷重が車道部荷重に比べ小さく、R C 床版においても床版張出長を長くすることが可能である。特に張出長を長くすることにより、主桁本数を減らすことが可能な場合、経済性は向上する傾向がある。ただし、歩道部といえども 2.5~2.9m と通常より張出長を大きくしており、実績がないため、採用にあたっては、耐久性や疲労に関する検証が今後必要になる。

1.4.2 追加検討1～自専道タイプの場合～

基本検討では、県道レベルの2車線、両側歩道のモデルケースの検証を行った。ここでは、地域高規格道路を想定した自動車専用道の場合でかつ橋長の違いにも着目し、検証を行う。

(1) モデルケース

表 1.4.4 に示すようにモデルケースは、地域高規格道路の暫定施工を想定して上下線分離の2車線とし、単純非合成板桁を設定した。検討ケースは、当初、多主桁 RC 床版では標準的なものと張出長の大きいものの設定を考えたが、この幅員では張出長は 1.25m と広いため、標準案および少数主桁 PC 床版とした。また、橋長は 36m と 48m の 2 ケースとした。

表 1.4.4 モデルケース

<p>幅員構成 桁配置</p>	<p>地域高規格道路を想定 第1種第2級 暫定施工を想定して上下線分離 自動車専用道 2車線 単純非合成板桁</p>	
<p>橋長</p>	<p>36m および 48m</p>	
<p>平面格子図</p>	<p>【橋長 36m】</p> <p>支間長 36m</p> <p>平面格子図 (4主桁の場合) $6 \times 6000 = 36000$</p> <p>【橋長 48m】</p> <p>支間長 48m</p> <p>平面格子図 (4主桁の場合) $7 \times 6000 = 48000$</p>	
<p>施工場所</p>	<p>オーバブリッジ又は高架橋</p>	

(2) 比較評価

表 1.4.5、1.4.6 に比較表を示す。

表 1.4.5 支間長 36m 比較表

断面図		Case1 標準的な多主桁RC床版	Case2 少数桁PC床版
断面図		4本主桁 桁高2m, RC床版 	2本主桁 桁高2.5m, PC床版
イメージ図 上：斜め下の見え方 下：2連の桁の外観		 	
景観性		・ Case2 に比べると張出しが小さく、スレンダーではない。 (△)	・ 桁高は Case1 より高いものの張出しが大きく、陰影効果によりスレンダーに見える。 ・ 橋脚がスリムとなる。 (◎)
構造的性		・ 実績が多く特に問題ない。 (◎)	・ 実績が多く特に問題ない。 (◎)
経済性 上部工 工事費 (百万円)	鋼重(t)	89.4 (1.00)	72.1 (0.81)
	工場製作費	54.1 (1.00)	45.6 (0.84)
	架設工事費	45.2 (1.00)	45.6 (0.84)
	合計	99.3 (1.00)	96.2 (0.97)
評価			○

表 1.4.6 支間長 48m 比較表

断面図		Case1 標準的な多主桁RC床版	Case2 少数桁PC床版
断面図		<p>4本主桁 桁高2m, RC床版</p>	<p>2本主桁 桁高2.5m, PC床版</p>
イメージ図		 	
景観性		<ul style="list-style-type: none"> ・ Case2 に比べると張出しが小さく、スレンダーではない。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 桁高は Case1 より高いものの張出しが大きく、陰影効果によりスレンダーに見える。 ・ 橋脚がスリムとなる。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>
構造的性		<ul style="list-style-type: none"> ・ 実績が多く特に問題ない。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実績が多く特に問題ない。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>
経済性 上部工 工事費 (百万円)	鋼重(t)	159.2 (1.00)	131.5 (0.83)
	工場製作費	88.1 (1.00)	73.7 (0.84)
	架設工事費	68.6 (1.00)	73.8 (1.08)
	合計	156.7 (1.00)	147.5 (0.94)
評価			○

(3) 考察

多主桁と少数桁での上部工工事費は、少数桁の方が経済性で有利となり、橋長 36m では 3%、48m では 6% もの縮減となった。基本検討の両側歩道タイプよりも工費の差が広がったのは、主桁支間が 5.5 m と広く、単価の高い PC 床版を用いてもその特性が十分生かされたためである。また、橋長による工費の差は少数主桁の方が長スパンに対して構造的合理性の高い桁高を有しているためと考えられる。

車道部のみを有する橋梁では、輪荷重の影響により、RC 床版では床版張出長を長くすることは好ましくない。そのため、張出長を長くする場合には、PC 床版を用いた少数桁を採用した方が経済的に有利となり、経済性は向上する傾向であると考えられる。

景観性では、少数桁の方が桁高は 2.5m と多主桁の 2.0m より 25% 高いものの、張出長 3.0m は 1.25 m より 2.4 倍も大きいいため、陰影効果によりスレンダーに見える。張出長を大きく取る方が景観性は良好である。

1.4.3 追加検討2～片持ち部床版の設計～

基本検討では両側歩道での床版張出を大きくすることは経済性でも景観性でも有効であることが分かった。ここでは、床版の必要鉄筋量を算出し、実際に採用が可能かどうかの検証を行う。

(1) フラットタイプ

図 1.4.2 に示す断面により、張出し長を 1.0～3.0m とした場合の必要鉄筋の計算を行った結果を表 1.4.7 示す。また、計算書例を図 1.4.3 に示す。

計算断面

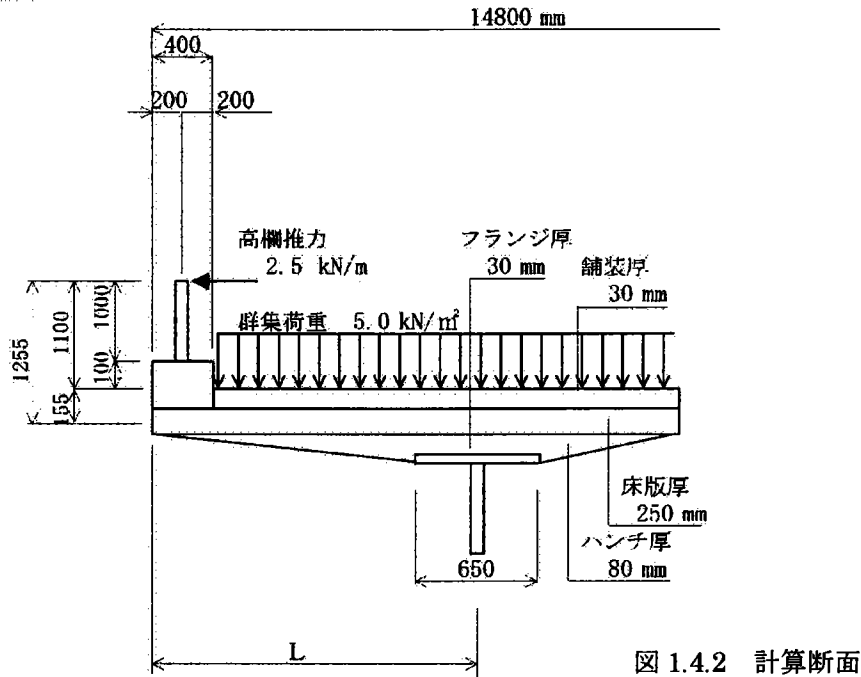


図 1.4.2 計算断面

表 1.4.7 計算結果

張出し長	1.0m		1.2m		1.4m	
引張側鉄筋径・ピッチ (mm)	D13	125 mmピッチ	D13	125 mmピッチ	D13	125 mmピッチ
圧縮側鉄筋径・ピッチ (mm)	D13	125 mmピッチ	D13	125 mmピッチ	D13	125 mmピッチ
コンクリート応力度 (N/mm ²)	0.8 (8.0)		1.0 (8.0)		1.4 (8.0)	
鉄筋応力度 (N/mm ²)	28.1 (140.0)		37.3 (140.0)		48.6 (140.0)	

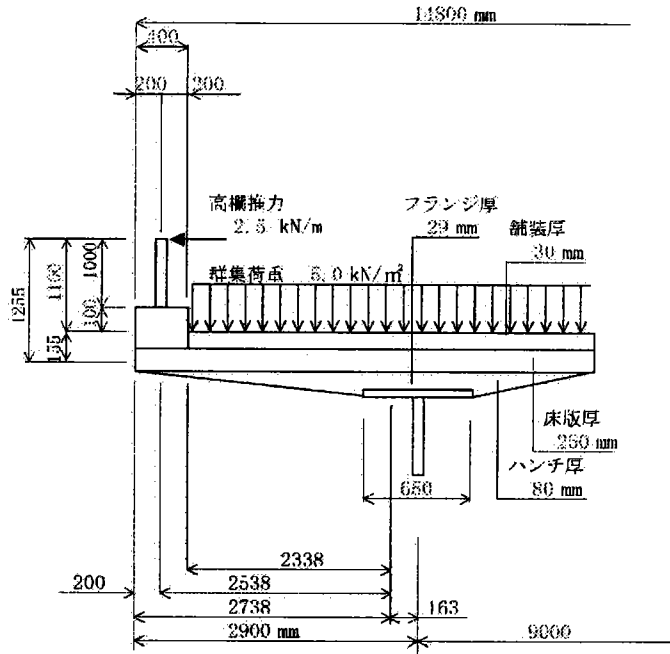
張出し長	1.6m		1.8m		2.0m	
引張側鉄筋径・ピッチ (mm)	D13	125 mmピッチ	D13	125 mmピッチ	D13	125 mmピッチ
圧縮側鉄筋径・ピッチ (mm)	D13	125 mmピッチ	D13	125 mmピッチ	D13	125 mmピッチ
コンクリート応力度 (N/mm ²)	1.7 (8.0)		2.2 (8.0)		2.7 (8.0)	
鉄筋応力度 (N/mm ²)	61.9 (140.0)		77.3 (140.0)		94.8 (140.0)	

張出し長	2.2m		2.4m		2.6m	
引張側鉄筋径・ピッチ (mm)	D13	125 mmピッチ	D13	125 mmピッチ	D16	125 mmピッチ
圧縮側鉄筋径・ピッチ (mm)	D13	125 mmピッチ	D13	125 mmピッチ	D16	125 mmピッチ
コンクリート応力度 (N/mm ²)	3.2 (8.0)		3.8 (8.0)		3.7 (8.0)	
鉄筋応力度 (N/mm ²)	114.3 (140.0)		135.8 (140.0)		105.7 (140.0)	

張出し長	2.8m		3.0m	
引張側鉄筋径・ピッチ (mm)	D16	125 mmピッチ	D19	125 mmピッチ
圧縮側鉄筋径・ピッチ (mm)	D16	125 mmピッチ	D19	125 mmピッチ
コンクリート応力度 (N/mm ²)	4.3 (8.0)		4.3 (8.0)	
鉄筋応力度 (N/mm ²)	122.7 (140.0)		101.1 (140.0)	

片持床版の設計

(1) 設計曲げモーメント



設計曲げモーメントMは以下のとおりとする。

死荷重の曲げモーメント

- ・ 舗装 - $0.675 \times 2.338^2 / 2 = -1.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- ・ 床版 - $6.125 \times 2.738^2 / 2 = -22.95 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- ・ ハンチ - $2.683 \times 0.913 = -2.45 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- ・ 地覆 - $1.274 \times 2.538 = -3.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- ・ 高欄 - $0.491 \times 2.538 = -1.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- ・ 高欄推力 - $2.500 \times 1.100 = -2.75 \text{ kN}\cdot\text{m}$

活荷重の曲げモーメント

- ・ 群集荷重 - $5.000 \times 2.338^2 / 2 = -13.66 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- $M = -48.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$

(2) 断面計算

1) 主鉄筋方向 (片持部)

- ・ 設計曲げモーメント: $M = -48.13 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
- ・ 使用鉄筋径 = D 16 (SD295)
- ・ 鉄筋コンクリートのヤング係数比: $n = 15$
- ・ 単位幅: $b = 100.0 \text{ cm}$
- ・ 引張側の鉄筋断面積: A_s
- $A_s = (100.0 / 12.5) \times 15.89 = 15.89 \text{ cm}^2$
- ・ 圧縮側の鉄筋断面積: A_s'
- $A_s' = A_s = 15.89 \text{ cm}^2$
- ・ 版厚下端より中立軸までの距離: X

複鉄筋矩形断面として

$$x = \frac{-n(A_s + A_s') + \sqrt{\left\{ \frac{n(A_s + A_s')}{b} \right\}^2 + \frac{2n(d \times A_s + d' \times A_s')}{b}}}{2} = 9.036 \text{ cm}$$

・ コンクリート断面係数: K_c

$$K_c = \frac{b \times X}{2} \times (d - \frac{X}{3}) + n \times A_s' \times \frac{(X - d')}{X} \times (d - d') = 10402 \text{ cm}^3$$

・ 鉄筋断面係数: K_s

$$K_s = \frac{1}{n} \times \frac{I}{(d - X)} \times K_c = 367 \text{ cm}^3$$

・ コンクリートの応力度: σ_c

$$\sigma_c = M/K_c = 4.81 \times 10^7 / 1.04 \times 10^7 = 4.6 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{ca}$$

$$\sigma_{ca} = \sigma_{ck} / 3.0 = 24 / 3 = 8.0 \text{ N/mm}^2$$

・ 鉄筋の応力度: σ_s

$$\sigma_s = M/K_s = 4.81 \times 10^7 / 3.67 \times 10^5 = 131.1 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{sa}$$

$$\sigma_{sa} = 140.0 \text{ N/mm}^2$$

鉄筋の種類および配筋一覧表

	↑鉄筋
曲げモーメント (kN・m/m)	-48.13
床版厚 (mm)	301
引張側鉄筋径・ピッチ (mm)	D16 125 mmピッチ
圧縮側鉄筋径・ピッチ (mm)	D16 125 mmピッチ
床版縁～鉄筋中心 (mm)	上段 10.0 / 下段 91.0
鉄筋量 A_s (cm ²)	15.890
鉄筋量 A_s' (cm ²)	15.890
コンクリート応力度 (N/mm ²)	4.6 (8.0)
鉄筋応力度 (N/mm ²)	131.1 (140.0)

図 1.4.3 計算書例 (張出長 2.9m)

(2) マウントアップタイプ

図 1.4.4 に示す断面により、張出長を 1.0~3.0m とした場合の必要鉄筋の計算を行った結果を表 1.4.8 示す。また、計算書例を図 1.4.5 に示す。

計算断面

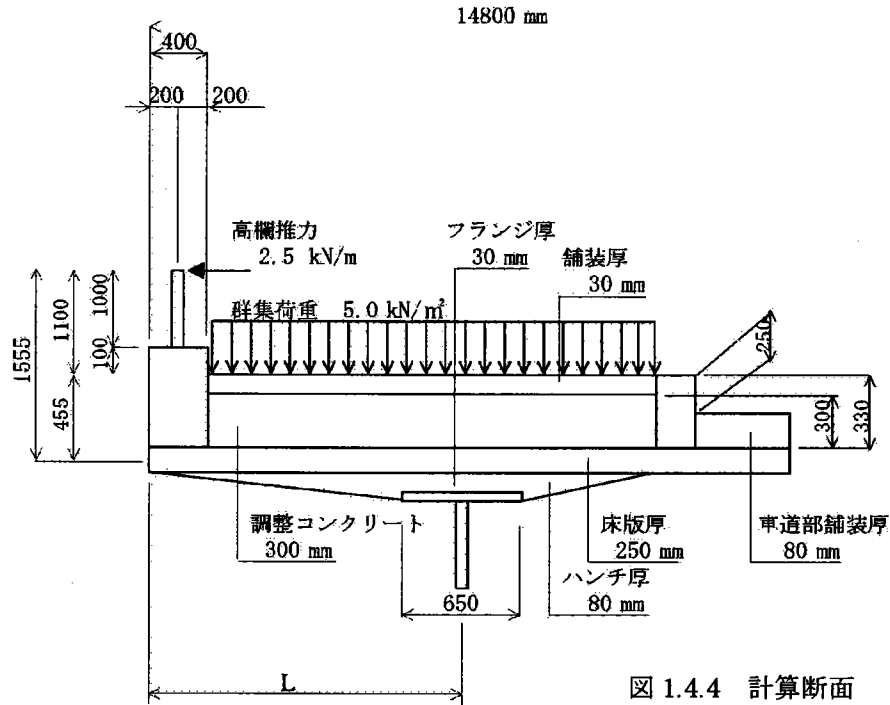


図 1.4.4 計算断面

表 1.4.8 計算結果

張出し長	1.0m	1.2m	1.4m
設計曲げモーメント (kN・m)	-8.6	-11.6	-15.3
引張側鉄筋径・ピッチ (mm)	D13 125 mm ^t ヲチ	D13 125 mm ^t ヲチ	D13 125 mm ^t ヲチ
圧縮側鉄筋径・ピッチ (mm)	D13 125 mm ^t ヲチ	D13 125 mm ^t ヲチ	D13 125 mm ^t ヲチ
コンクリート応力度 (N/mm ²)	1.0 (8.0)	1.3 (8.0)	1.8 (8.0)
鉄筋応力度 (N/mm ²)	35.5 (140.0)	47.8 (140.0)	63.3 (140.0)

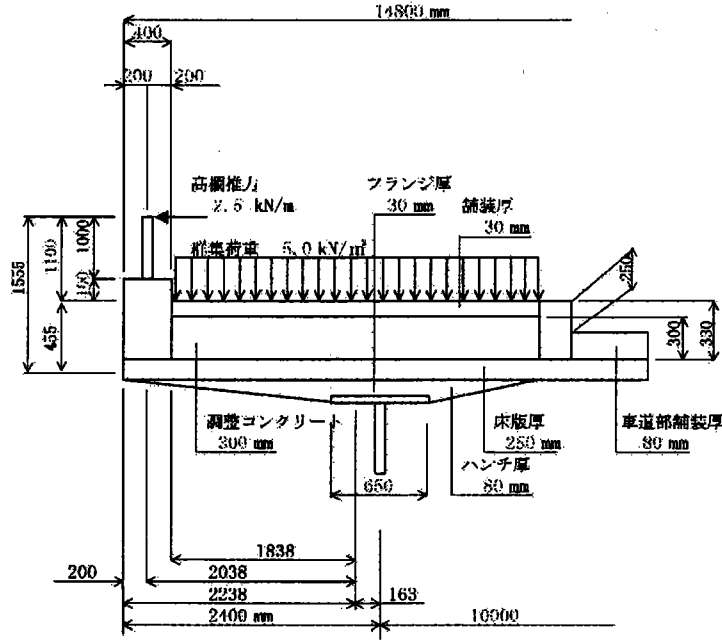
張出し長	1.6m	1.8m	2.0m
設計曲げモーメント (kN・m)	-19.8	-25.1	-31.2
引張側鉄筋径・ピッチ (mm)	D13 125 mm ^t ヲチ	D13 125 mm ^t ヲチ	D13 125 mm ^t ヲチ
圧縮側鉄筋径・ピッチ (mm)	D13 125 mm ^t ヲチ	D13 125 mm ^t ヲチ	D13 125 mm ^t ヲチ
コンクリート応力度 (N/mm ²)	2.3 (8.0)	2.9 (8.0)	3.6 (8.0)
鉄筋応力度 (N/mm ²)	81.9 (140.0)	103.8 (140.0)	128.9 (140.0)

張出し長	2.2m	2.4m	2.6m
設計曲げモーメント (kN・m)	-38.1	-45.7	-54.1
引張側鉄筋径・ピッチ (mm)	D16 125 mm ^t ヲチ	D16 125 mm ^t ヲチ	D19 125 mm ^t ヲチ
圧縮側鉄筋径・ピッチ (mm)	D16 125 mm ^t ヲチ	D16 125 mm ^t ヲチ	D19 125 mm ^t ヲチ
コンクリート応力度 (N/mm ²)	3.7 (8.0)	4.4 (8.0)	4.5 (8.0)
鉄筋応力度 (N/mm ²)	104.1 (140.0)	125.0 (140.0)	106.0 (140.0)

張出し長	2.8m	3.0m
設計曲げモーメント (kN・m)	-63.2	-73.2
引張側鉄筋径・ピッチ (mm)	D19 125 mm ^t ヲチ	D22 125 mm ^t ヲチ
圧縮側鉄筋径・ピッチ (mm)	D19 125 mm ^t ヲチ	D22 125 mm ^t ヲチ
コンクリート応力度 (N/mm ²)	5.2 (8.0)	5.3 (8.0)
鉄筋応力度 (N/mm ²)	124.0 (140.0)	109.3 (140.0)

片持床版の設計

(1) 設計曲げモーメント



設計曲げモーメントMは以下のとおりとする。

死荷重の曲げモーメント

- ・ 舗装 - $0.675 \times 1.838^2 / 2 = -1.14 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- ・ 床版 - $6.125 \times 2.238^2 / 2 = -15.33 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- ・ 調整コンクリート - $6.900 \times 1.838^2 / 2 = -11.65 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- ・ ハンチ - $2.193 \times 0.746 = -1.64 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- ・ 地覆 - $1.274 \times 2.038 = -2.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- ・ 高欄 - $0.491 \times 2.038 = -1.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- ・ 高欄推力 - $2.500 \times 1.555 = -3.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$

活荷重の曲げモーメント

- ・ 群集荷重 - $5.000 \times 1.838^2 / 2 = -8.44 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- $M = -15.68 \text{ kN}\cdot\text{m}$

(2) 断面計算

1) 上鉄筋方向 (片持部)

・ 設計曲げモーメント: $M = -15.68 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

・ 使用鉄筋径 = D 16 (SD295)

・ 鉄筋コンクリートのヤング係数比: $n = 15$

・ 単位幅: $b = 100.0 \text{ cm}$

・ 引張側の鉄筋断面積: A_s

$$A_s = (100.0 / 12.5) \times 1.986 = 15.89 \text{ cm}^2$$

・ 圧縮側の鉄筋断面積: A_s'

$$A_s' = A_s = 15.89 \text{ cm}^2$$

・ 版厚下端より中立軸までの距離: X

複鉄筋矩形断面として

$$X = \frac{-n(A_s + A_s') + \sqrt{\left\{ \frac{n(A_s + A_s')}{b} \right\}^2 + \frac{2n(dx A_s + d'x A_s')}{b}}}{2} = 9.001 \text{ cm}$$

・ コンクリート断面係数: K_c

$$K_c = \frac{b \times X}{2} \times \left(d - \frac{X}{3}\right) + n \times A_s \times \frac{(X - d')}{X} \times (d - d') = 10352 \text{ cm}^3$$

・ 鉄筋断面係数: K_s

$$K_s = \frac{1}{n} \times \frac{X}{(d - X)} \times K_c = 365 \text{ cm}^3$$

・ コンクリートの応力度: σ_c

$$\sigma_c = M / K_c = 4.57E+07 / 1.04E+07 = 4.4 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{ca}$$

$$\sigma_{ca} = \sigma_{ck} / 3.0 = 24 / 3 = 8.0 \text{ N/mm}^2$$

・ 鉄筋の応力度: σ_s

$$\sigma_s = M / K_s = 4.57E+07 / 3.65E+05 = 125.0 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{sa}$$

$$\sigma_{sa} = 140.0 \text{ N/mm}^2$$

鉄筋の種類および配筋一覧表

		主鉄筋
曲げモーメント (kN・m/m)		-15.68
床版厚 (mm)		300
引張側鉄筋径・ピッチ (mm)	D16 125 mmピッチ	
圧縮側鉄筋径・ピッチ (mm)	D16 125 mmピッチ	
床版縁～鉄筋中心 (mm)	上段 40.0 / 下段 90.0	
鉄筋量 A_s (cm ²)		15.890
鉄筋量 A_s' (cm ²)		15.890
コンクリート応力度 (N/mm ²)		4.4 (8.0)
鉄筋応力度 (N/mm ²)		125.0 (140.0)

図 1.4.5 計算書例 (張出長 2.4m)

(3) 考察

①鉄筋径

フラットタイプの床版では、張出長 2.8m まで鉄筋径 D16 に収まることがわかり、採用は十分可能であると考えられる。マウントアップタイプの床版では、死荷重が大きくなるが張出長 2.4m まで鉄筋径 D16 に収まり、張出長 2.8m でも鉄筋径 D19 で納まるため、採用は十分可能と考えられる。

②床版支間を含めた配筋バランス

中間床版では一般的に D16～D19 の鉄筋を使用する。

一般的な張出し床版長の範囲では、計算上必要鉄筋量は D13 で満足し、中間床版では、D16～D19 を使用する場合でも、張出し床版も中間床版に合わせた配筋とすることもあり、配筋上の問題はない。

また、張出し床版を大きくした場合でも、一般的な車道部床版での使用鉄筋である D16～D19 で満足することから、配筋については問題ないと判断できる。

1.4.4 まとめ

床版の張出長が大きいほど陰影効果により桁がスレンダーに見え、橋脚のスリム化が図れる効果がある。また、少数主桁と多主桁を比較すると少数主桁の方が桁高は高くなるが、張出長が大きいためスレンダーに見えることが分かった。

構造と経済性は、モデルケースとして選定した橋長 36m 県道レベルの 2 車線、両側歩道の単純非合成板桁 RC 床版では、標準的なケースに比べ張出しを 2.5m と大きくとり、主桁本数を 1 本少なくしたケースでは、上部工工費は 5% もの縮減となった。張出長 2.5m の片持ち部 RC 床版の断面計算を行ったところ、必要鉄筋は 125mm ピッチで D16 の鉄筋であり、通常用いる鉄筋量であった。しかし、歩道部とはいえ RC 床版で張出長 2.5m の実績はないため、採用に当たっては、耐久性や疲労に関する検証が今後必要であると考えられる。

地域高規格道路の暫定施工を想定した 2 車線、幅員 11.5m の自動車専用道のモデルケースでは、多主桁と少数桁で比較を行った。上部工工事費は、少数桁の方が経済性で有利となり、橋長 36m では 3%、48m では 6% もの縮減となった。本ケースでは主桁支間が 5.5m と広く、単価の高い PC 床版を用いてもその特性が十分生かされたためである。また、橋長による工費の差は少数主桁の方が長スパンに対して構造的合理性の高い桁高を有しているためと考えられる。景観性では、少数桁の方が桁高は 2.5m と多主桁の 2.0m より 25% 高いものの、張出長 3.0m は 1.25m より 2.4 倍も大きいため、陰影効果によりスレンダーに見える。張出長を大きく取る方が景観性は良好である。

本ケースのように車道部のみの橋梁では、輪荷重の影響により、RC 床版では床版張出長を長くすることは好ましくない。そのため、建築限界に余裕がある場合、張出長を大きくできる PC 床版を用いた少数桁を採用した方が経済性でも景観性でも有利となることが分かった。

1.5 【テーマ2】 オーバーブリッジの桁高

オーバーブリッジは橋軸直角方向から眺められるため、桁のスレンダーさが着眼点となる。桁高を低くするにしたがって、構造や経済性はどのように変わっていくかを整理、考察する。

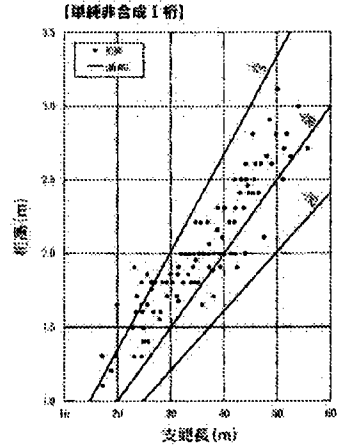


図 1.5.1 桁高と支間長

1.5.1 基本検討

(1) モデルケース

表 1.5.1 にモデルケースを示す。表 1.5.1 に示すようにモデルケースは、県道レベルの2車線、両側歩道の単純非合成板桁を設定した。検討ケースは、通常的设计時の最適桁高を検討する高さよりも幅広い範囲の1.4mから3.0mとし、20cm単位で桁高を設定した。また、参考として事例にあった支間中央の桁高を絞り緩やかなアーチ形状としたタイプも追加した。

表 1.5.1 モデルケース

<p>幅員構成 桁配置</p>	<p>県道を想定 第3種第3級 両側歩道+2車線 単純非合成板桁</p>
<p>橋長</p>	<p>36m</p>
<p>平面格子図</p>	
<p>検討ケース</p>	<p>桁高 1.4m、1.6m、1.8m、2.0m、2.2m、2.4m、2.6m、2.8m、3.0m 1.6~2.8m (支間中央の桁高を絞り緩やかなアーチ形状としたタイプ)</p>
<p>施工場所</p>	<p>オーバーブリッジ</p>

(2) 試算結果

表 1.5.2 と図 1.5.2 に上部工工事費の試算結果を示す。

表1.5.2 上部工工事費

	桁高	鋼重		工場製作費		架設工事費		請負製作費	
	(m)	(t)	比率	(千円)	比率	(千円)	比率	(千円)	比率
ケース1	1400	119.48	1.183	73,773	1.135	59,464	1.081	133,237	1.110
ケース2	1600	109.58	1.085	69,120	1.063	57,225	1.040	126,345	1.053
ケース3	1800	102.92	1.019	65,917	1.014	55,740	1.013	121,657	1.014
ケース4	2000	101.02	1.000	65,314	1.004	55,104	1.002	120,418	1.003
ケース5	2200	101.01	1.000	65,023	1.000	55,008	1.000	120,031	1.000
ケース6	2400	102.22	1.012	65,460	1.007	55,202	1.004	120,662	1.005
ケース7	2800	105.55	1.045	66,670	1.025	55,988	1.018	122,658	1.022
ケース8	2800	109.49	1.084	68,066	1.047	56,917	1.035	124,983	1.041
ケース9	3000	118.50	1.173	71,560	1.101	59,145	1.075	130,705	1.089
ケース10	1600~2800	124.61	1.234	76,161	1.171	60,766	1.105	136,927	1.141

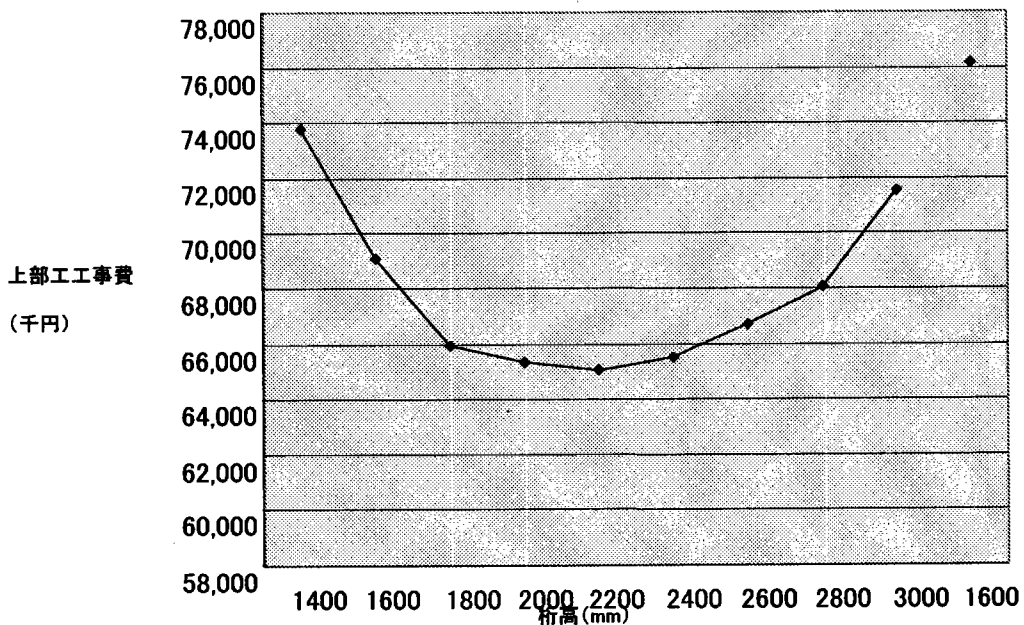


図 1.5.1 上部工工事費—桁高

(3) 比較表

検討ケースの中から最も安価となった桁高 2.2m とわずか 1% 増の 1.8m およびスレンダーな 1.4m、形態に特徴のある変断面桁の 4 ケースを取り上げ、景観性、構造的性、経済性の評価を行う。表 1.5.3 と 1.5.4 に比較表を示す。

表 1.5.3 比較表(1)





断面図		Case1 桁高 1400mm	Case3 桁高 1800mm
イメージ図			
景観性		・かなりスレンダーである。 (◎)	・桁高 2.2m よりはスレンダーである。 (○)
構造的性		・活荷重たわみにより桁高を決定。 ・フランジ厚が大きくなるため、現場溶接継手となる可能性が高い。(下フランジ 450×66mm、必要ボルト本数 65 本) (△)	・特に問題ない。 (○)
経済性 上部工 工事費 (百万円)	鋼重(t)	119.5 (1.18)	102.9 (1.02)
	工場製作費	73.8 (1.14)	65.9 (1.01)
	架設工事費	59.4 (1.08)	55.7 (1.01)
	合計	133.2 (1.11)	121.6 (1.01)
評価			○

表 1.5.4 比較表(2)

断面図		Case5 桁高 2200mm	Case10 桁高 1600~2800
イメージ図			
景観性		・比較案の中では桁高が高く重たい印象である。 (△)	・比較案の中では開放的な空間となる。 ・単純桁で桁端の桁高が高いのは違和感があるという意見とアーチ形状が良いという意見に分かれた。 (○)
構造的性		・特に問題ない。 (○)	・断面力と相反する構造となる。 (△)
経済性 上部工 工事費 (百万円)	鋼重(t)	101.0 (1.00)	124.6 (1.23)
	工場製作費	65.0 (1.00)	76.2 (1.17)
	架設工事費	55.0 (1.00)	60.8 (1.15)
	合計	120.0 (1.00)	137.0 (1.14)
評価			

1.5.2 まとめ

支間 36m の一般的な桁高Hは、 $L/20$ (1.8m) ～ $L/15$ (2.4m) である。通常的设计ではこの範囲で最適桁高を決めるため、作成するグラフは1%程度の工事費の違いの中で桁高が決められてしまう。今回のように1.4m から3.0m といった広い範囲で試算しグラフを作成すれば、1.8～2.4m はほぼ同じ工費であることが分かり、桁高の設定は設計者の采配で決められる範囲となろう。

景観面で優れる桁高 1.4m では工事費は14%増と大きく、参考として試算を行った変断面桁は、17%増であり、採用には建築限界の架橋条件が厳しい場合や景観上で配慮が必要な場合でないと、採用は難しいと考えられる。

1.6 【テーマ3】 河川橋の変断面の桁高

変断面桁は桁の曲線変化が景観的なリズム感を与える。ここでは桁高の変化（以下ハンチと称す）に着目し、その大きさ、曲線または直線変化による景観的な印象と上部工の鋼重、工事費による経済性の比較を行い、相関関係を考察する。

1.6.1 基本検討

(1) モデルケース

モデルケースを表 1.6.1 に示す。変断面桁が採用される支間として、端支間 70m、中央支間 88mを設定した。支間割りには曲げモーメントバランスが良いとされる 1 : 1.25 を基準とした。

表 1.6.1 モデルケース

幅員構成 桁配置	自動車専用道 3径間連続鋼床版箱桁橋 (支間長から鋼床版を採用)	
	橋長	228m
支間割	70+88+70m	
平面 格子図		
施工場所	河川橋	

(2) 曲げモーメント・せん断力図

図 1.6.1 に曲げモーメント・せん断力図を示す。曲げモーメントのバランスは正曲げ、負曲げとも同じ値にそろっており良好である。

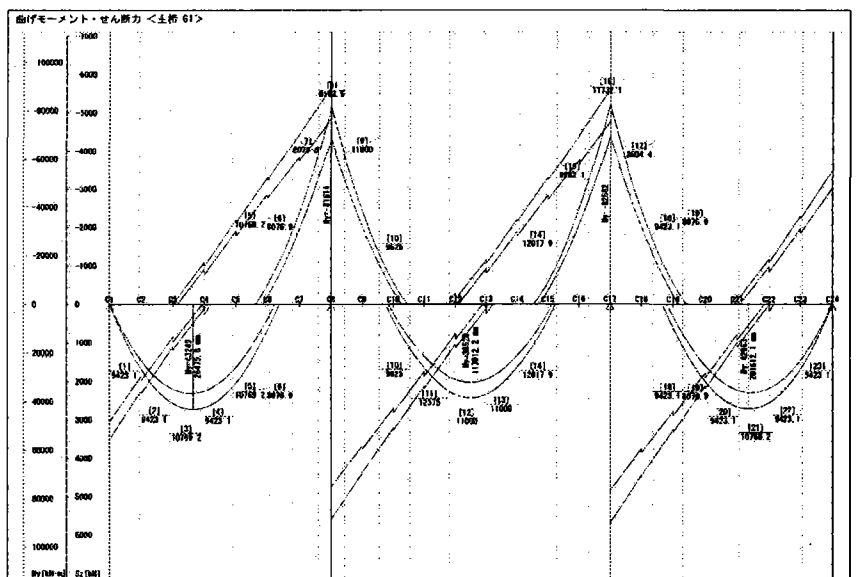


図 1.6.1 曲げモーメント・せん断力図

(3) 検討ケース

検討ケースとして、「桁高一定」、中間支点上に直線テーパーをつけた「直線変化」、支間全体に曲線変化させた「テーパー」および大きな曲線を入れた「大テーパー」の4つのケースを設定した。


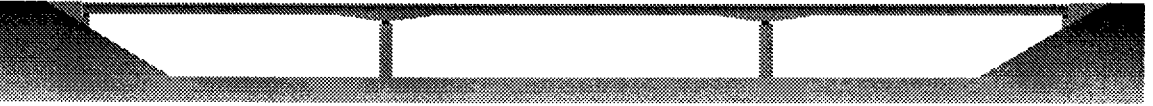


表 1.6.2 桁高の設定

桁高の設定	
Case1 桁高一定	<p>【桁高 2.6m】</p> <p>平均支間長 76m に対して最適と思われる桁高さ $L/30 \sim L/20$ のうち、鋼重が最も軽くなる桁高さを概略試験により算出した。その結果、桁高 2.6m が最小鋼重となり、このモデルを Case 1 とした。</p>
Case2 1.5m 直線 変化	<p>【桁高 2.2~3.7m】</p> <p>中間支点上に局所テーパーを設け中間支点上のみ直線的に桁高を変化させる。</p>
Case3 1.8m テーパー	<p>【桁高 2.2~4.0m】</p> <p>端支点-中間支点、中間支点間に 1.8m の高低差を設け、3次曲線で緩やかに変化させる。</p>
Case4 4.0m 大テーパー	<p>【桁高 2.6~6.6m】</p> <p>端支点-中間支点、中間支点間に 4.0m の高低差を設け、3次曲線で緩やかに変化させる。</p>

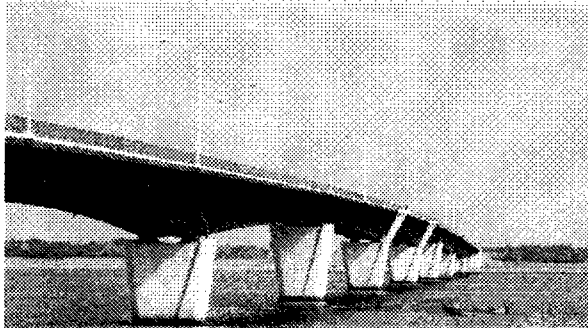
(4) イメージ図

架橋地点を河川と設定して側面のイメージ図を作成した。本来は背景の風景を考慮して選定することが望ましいが、ここでは橋単体の側面形態に着目して、造形的特徴の比較を行う。桁高一定はやや単調な印象があり、直線変化は、テーパーとの接点の折れ角があり桁水平方向の流れをやや阻害している。曲線テーパーの印象は良いが、大テーパーは支点部の桁高が 6.6m と大きく壁のようになっている。構造的、経済性とのバランスが良い桁高となる曲線テーパーを入れることが望ましい。

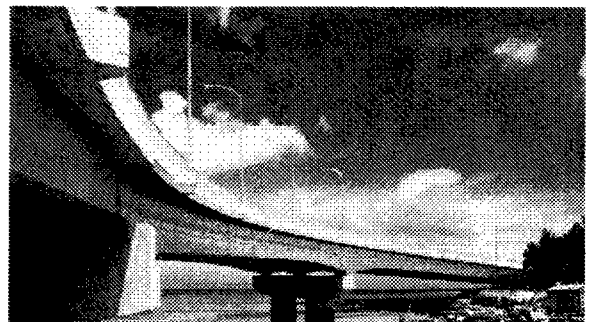
表 1.6.3 イメージ図

イメージ図	
Case1 桁高一定	
Case2 1.5m 直線 変化	
Case3 1.8m テーパー	
Case4 4.0m 大テーパー	

桁高が約 3m を超える場合は、運搬上の制約により横継ぎ目が必要となるため、景観面での注意が必要となる。図 1.6.2 に横継ぎの事例を示す。耐候性鋼材では横継ぎはあまり目立たないことが分かる。



利根かもめ大橋 (桁高 3.0~5.5m) 橋梁年鑑平成 12 年より引用



新牧港橋 (桁高 3.5~4.7m) 橋梁年鑑平成 12 年より引用

図 1.6.2 横継ぎの事例

(5) 構造的・経済性

表 1.6.4 に各ケースの桁高と鋼重および上部工工事費の算出結果を示す。

①横方向の添接

桁高が約 3m を超える場合は、運搬のため分割する必要があり横方向の添接が生じてしまう。桁高一定のケース 1 は桁高 2.6m であり、横方向の添接は生じないが、テーパ案はすべて添接が必要となる。

②鋼重

鋼重は、桁高一定よりも変断面にしたほうが小さくなる。これは、発生曲げモーメントに対して桁高 (web 高) を変化させた方が桁高一定で板厚を増大させるより合理的に設計できるためである。

大きなテーパは鋼重が大きく不経済である。このモデルでは桁高 2.2 から 4.0m の範囲が有効である。

③工場製作費

工場製作費は、桁高一定が最も小さくなっている。これは桁高 3m 以下のため横継ぎが無く、部材数が少ないためである。桁高 3m 以上の部材が多い、曲線変化の案はコストが高くなっている。

ガイドラインの積算基準では、「桁高変化による工数割増」があり、支間毎に桁高を 15cm 以上曲線的に変化させている橋梁では、工数を割り増しすることになっている。箱桁形式では 11%、板桁形式では 5% の割り増しである。テーパ案ではこの割増による製作費増が影響している。

表 1.6.4 経済性

	桁高 (m)	鋼重 (t)	経済性 上部工工事費 (百万円)		
			工場製作費	架設工事費	合計
Case1 桁高一定	2.6	1185 (1.000)	664.9 (1.000)	249.0 (1.000)	913.9 (1.000)
Case2 直線変化	2.2-3.7	1152 (0.972)	689.6 (1.037)	242.8 (0.975)	932.4 (1.020)
Case3 テーパー	2.2-4.0	1174 (0.991)	701.9 (1.056)	246.9 (0.992)	348.8 (1.038)
Case4 大テーパ	2.6-6.6	1497 (1.263)	843.1 (1.268)	306.3 (1.230)	1,149.4 (1.258)

(6) 考察

変断面桁は曲げモーメントにあった断面変化により鋼重は小さくなるが、ガイドライン設計では構造の簡素化による工場製作費の占める割合が大きく、桁高一定が最も経済的であり、ついで直線変化案の 2% 増であった。景観的に優れる緩やかなテーパをつけた場合では、約 4% のコストアップであるため、景観面で配慮すべき架橋地点では検討する価値があると考えられる。

追加検討として、テーパのケースを増やし、さらにコストダウンが図れ、景観的にも優れる断面変化の形態をさぐる。

1.6.2 追加検討～桁高変化ケースの追加～

基本検討では、桁高一定が最も経済性に優れ、テーパ案では桁高 2.2 から 4.0m の範囲が有効であることが分かった。追加検討として、2.2 から 4.0m の範囲でテーパ案のケースを増やし、さらにコストダウンが図れ、景観的にも優れる断面変化の形態をさぐる。

具体的には桁高変化 1.8m の他に 1.5m を追加し、曲線変化の他に桁中央部は桁高一定とした曲線テーパ+直線を追加し工場製作費の低減を図る。

(1) 桁高変化のパターン

以下の 3 Case を追加し、名称を付け直した。

- Case1 → CaseA 桁高一定 (桁高 2.2m)
- Case2 → CaseB 1.5m 直線変化 (桁高 2.2-3.7m)
- 追加 CaseC 1.5 m 曲線テーパ (桁高 2.2-3.7m)
- 追加 CaseD 1.5m 曲線テーパ+直線 (桁高 2.2-3.7m)
- Case3 → CaseE 1.8m 曲線テーパ (桁高 2.2-4.0m)
- 追加 CaseF 1.8m 曲線テーパ+直線 (桁高 2.2-4.0m)

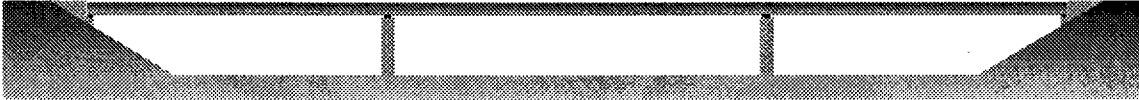


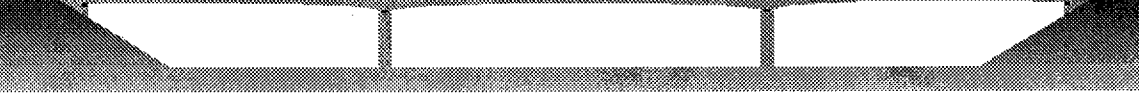


表 1.6.5 桁高の設定

桁高の設定	
CaseC 1.5m 曲線 テーパ	<p>桁高 2.2~3.7m</p> <p>端支点-中間支点、中間支点間に 1.5m の高低差を設け、3 次曲線で緩やかに変化させる。</p>
CaseD 1.5m 曲線 テーパ +直線	<p>桁高 2.2~3.7m</p> <p>中間支点上に曲線テーパを設け端支点部と中央支間部は桁高一定とする。</p>
CaseF 1.8m 曲線 テーパ +直線	<p>桁高 2.2~4.0m</p> <p>中間支点上に曲線テーパを設け端支点部と中央支間部は桁高一定とする。</p>

(2) イメージ図

桁高一定および直線テーパーに比べると曲線テーパーの方が曲線ラインは美しく良い印象がある。曲線テーパーと直線の組み合わせは支間に対して桁高変化が小さいので、なめらかなラインが維持されている。しいて言えば、桁高 1.5m より 1.8m の方がやや高い分だけ桁高一定のすり付けへの区間を広くとったほうがスムーズであり、曲線テーパーだけの方が良い。よって、桁高変化が小さい時は曲線テーパーに桁高一定区間を入れても良く、大きい場合は、曲線テーパーで構成した方が望ましいと考えられる。

表 1.6.6 イメージ図

イメージ図	
CaseA 桁高一定	
CaseB 1.5m 直線 変化	
CaseC 1.5m 曲線 テーパ-	
CaseD 1.5m 曲線 テーパ- +直線	
CaseE 1.8m 曲線 テーパ-	
CaseF 1.8m 曲線 テーパ- +直線	

(3) 構造的・経済性

表 1.6.7 に各ケースの桁高と鋼重および上部工工事費の算出結果を示す。桁高一定が最も経済的である。追加ケースではどれも基本検討で試算した CaseE よりもコストが下がった。これは桁高が 2.2-3.7 の 1.5m 変化の鋼重がミニマムとなり、また、桁高一定の区間を入れることで、「桁高変化による工数割増」が減ったためである。

表 1.6.7 経済性

	桁高 (m)	鋼重 (t)	経済性 上部工工事費 (百万円)		
			工場製作費	工場製作費	工場製作費
CaseA 桁高一定	2.6	1185 (1.000)	664.9 (1.000)	249.0 (1.000)	913.9 (1.000)
CaseB 1.5m 直線変化	2.2-3.7	1152 (0.972)	689.6 (1.037)	242.8 (0.975)	932.4 (1.020)
CaseC 1.5m 曲線テーパ	2.2-3.7	1161 (0.980)	695.2 (1.045)	244.6 (0.983)	939.8 (1.028)
CaseD 1.5m 曲線テーパ→直線	2.2-3.7	1155 (0.975)	690.4 (1.038)	243.4 (0.978)	933.8 (1.022)
CaseE 2.0m 曲線テーパ	2.2-4.0	1174 (0.991)	701.9 (1.056)	246.9 (0.992)	948.8 (1.038)
CaseF 2.0m 曲線テーパ→直線	2.2-4.0	1161 (0.980)	695.3 (1.046)	244.5 (0.982)	939.8 (1.028)

(4) 考察

ガイドライン設計では、桁高一定の方がコストは最も優れることが明らかとなった。景観面の配慮から変断面桁を採用する場合は、支間長と桁高変化のバランスから鋼重ミニマムを探し、さらに、端支間と中間支間の支間中央部に桁高一定区間を入れることで、コスト増を小さくすることが可能である。

本モデルケースでは、CaseD は景観性にも優れ、工費は僅か 2% 増であり、十分採用できる案と考えられる。

1.6.3 まとめ

河川に架かる支間 70+88+70m の 3 径間連続箱桁のハンチに着目し、その大きさと曲線または直線変化による景観的な印象と上部工の鋼重、工事費による経済性の比較を行なった。

景観的な印象では、橋単体の側面形態に着目して、造形的特徴の比較を行ったところ、桁高一定はやや単調な印象があり、直線変化は、テーパとの接点の折れ角があり桁水平方向の流れをやや阻害している。曲線テーパの印象は良いが、大テーパは支点部の桁高が 6.6m と大きく壁のようになっている。構造的、経済性とのバランスが良い桁高となる曲線テーパを入れることが望ましいことが分かった。

上部工の鋼重と工事費では、変断面桁は曲げモーメントにあった断面変化により鋼重は小さくなる。しかし、ガイドライン設計では構造の簡素化による工場製作費の占める割合が大きく、桁高一定が最も経済的であり、ついで直線テーパ案の 2% 増であった。景観的に優れる緩やかなテーパをつけた場合では、約 4% のコストアップであり、採用にあたっては、テーパをつけることの必要性をさらに検討する必要がある。

追加検討で行った端支間と中間支間の支間中央部に桁高一定区間を入れた緩やかなテーパ案では、僅か 2% のコストアップであり、設計者の采配で十分採用できる案と考えられる。

1.7【テーマ4】主橋と側橋の支間割

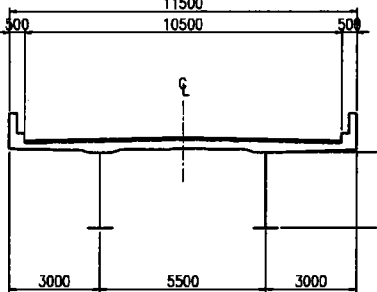
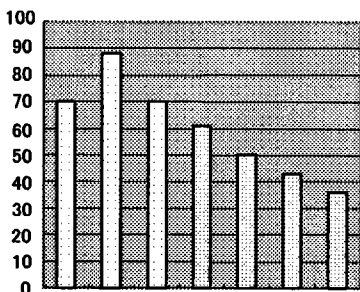
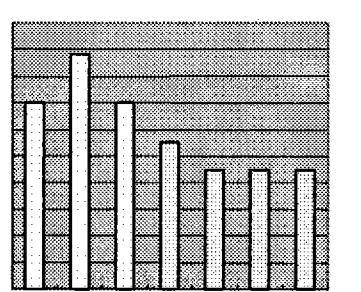
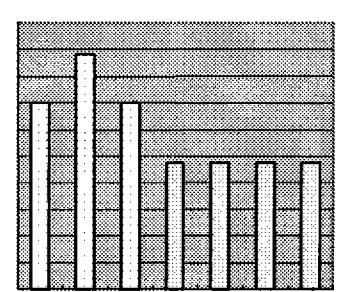
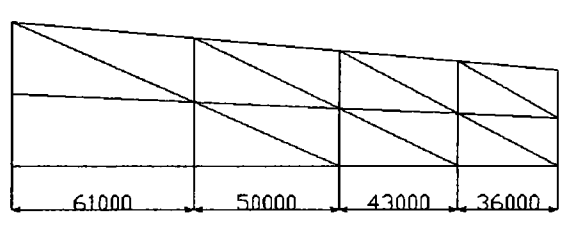
主橋と側橋の支間割は、橋全体での連続性を確保することが景観上望ましい。側橋の支間割りについて、連続性を考慮した場合と通常の場合での与える印象や景観との調和を考え、その際に変わる上部工の鋼重の変化から経済性の比較を行い、相関関係を考察する。

1.7.1 基本検討

(1) モデルケース

モデルケースを表 1.7.1 に示す。試算は上部工を対象にしているため、橋長と支間数は変えず橋脚本数は同じとし下部工のコストは同等という扱いにした。主橋は「河川橋の変断面の桁高」で用いたモデルケースの70+88+70mとし、それにつながる側橋として橋長190mの4径間連続桁を設定した。検討ケースは主橋と同じ支間比で連続変化した案と端支間だけ変化した案および通常の均等割とした。

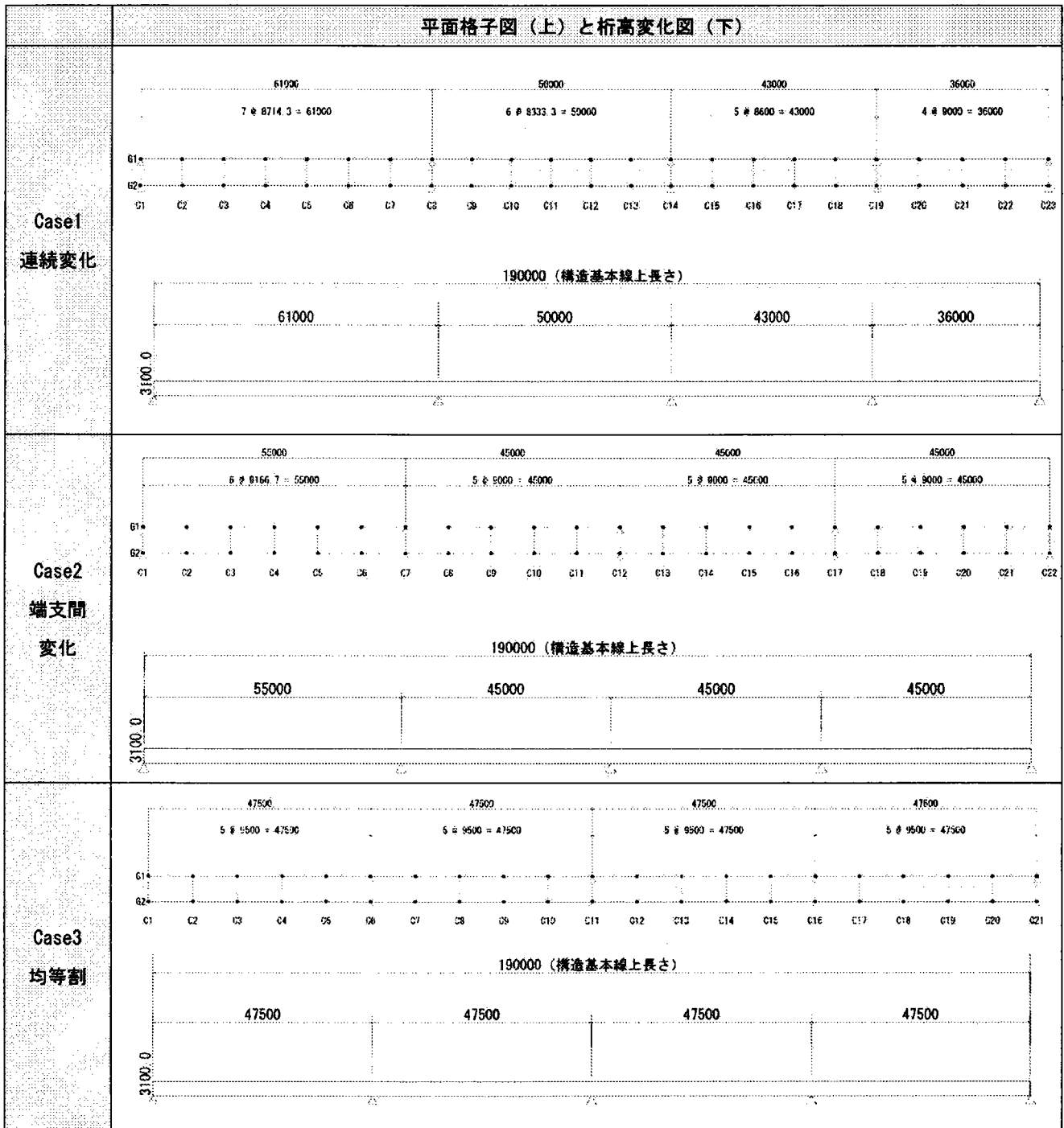
表 1.7.1 モデルケース

<p>橋員構成 桁配置</p>	<p>地域高規格道路を想定 第1種第2級 暫定施工を想定して上下線分離 自動車専用道 2車線 少数主桁 PC床版張出長 3.0m</p>	
<p>橋長</p>	<p>190m</p>	
<p>検討 ケース</p>	<p>主橋：①+②+③=70+88+70m 側橋：Case1 連続変化 ④+⑤+⑥+⑦=61+50+43+36m Case2 端支間変化④+⑤+⑥+⑦=55+45+45+45m Case3 均等割 ④+⑤+⑥+⑦=47.5+47.5+47.5+47.5m</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="282 1344 642 1724">  <p>Case 1</p> </div> <div data-bbox="689 1344 1050 1724">  <p>Case 2</p> </div> <div data-bbox="1066 1344 1411 1724">  <p>Case 3</p> </div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p>Case 1 変化の比率 1:1.25</p>  </div>	
<p>施工場所</p>	<p>河川橋</p>	

(2) 支間割りと平面格子図

表 1.7.2 に桁高変化図と平面格子図を示す。横桁は 10m ピッチ以下で配置したため、ケースによって本数が異なる。

表 1.7.2 平面格子図と桁高変化図

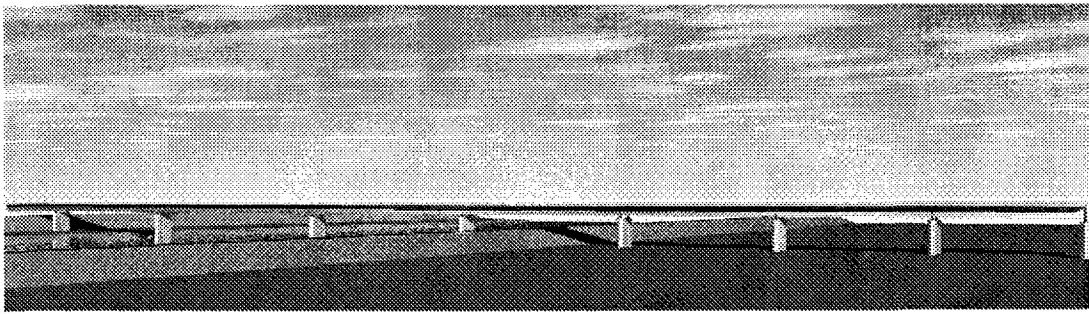
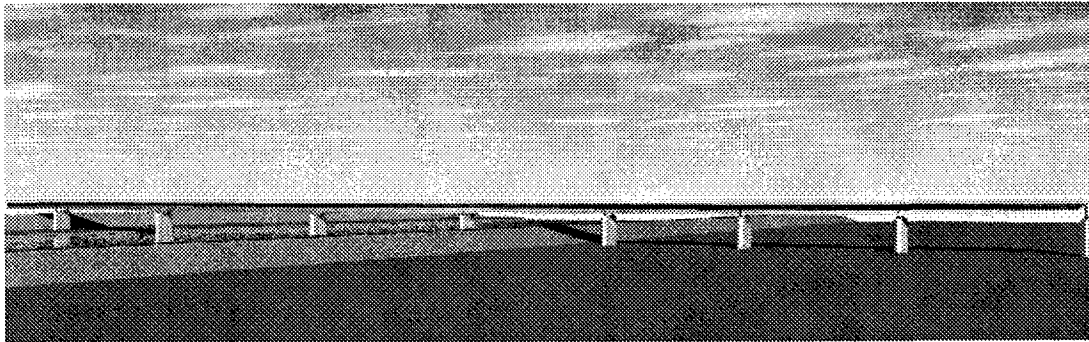
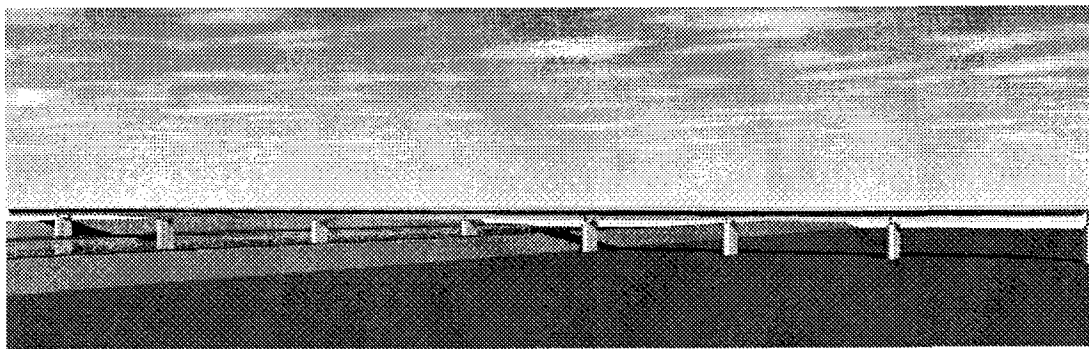


(3) イメージ図

表 1.7.3 に示す河川地形を背景とした簡易CGを作成し、景観性の評価を行った。

河川部の3径間連続桁橋を主橋として、それに続く4径間連続桁橋を側橋としている。橋を眺める人は主橋と側橋を意識することはないため、一連の橋としてどのように見えるかを評価する。Case 1は主橋支間と同じ比率 1.25:1 で変化しており、橋全体としてまとまりがある。Case 2は側橋の主橋側の端径間の支間を大きくしており、主橋との連続性が高まっている。Case 3では側橋は均等割であり、主橋とつながる端径間部で支間が短く見え連続性は低い印象となった。

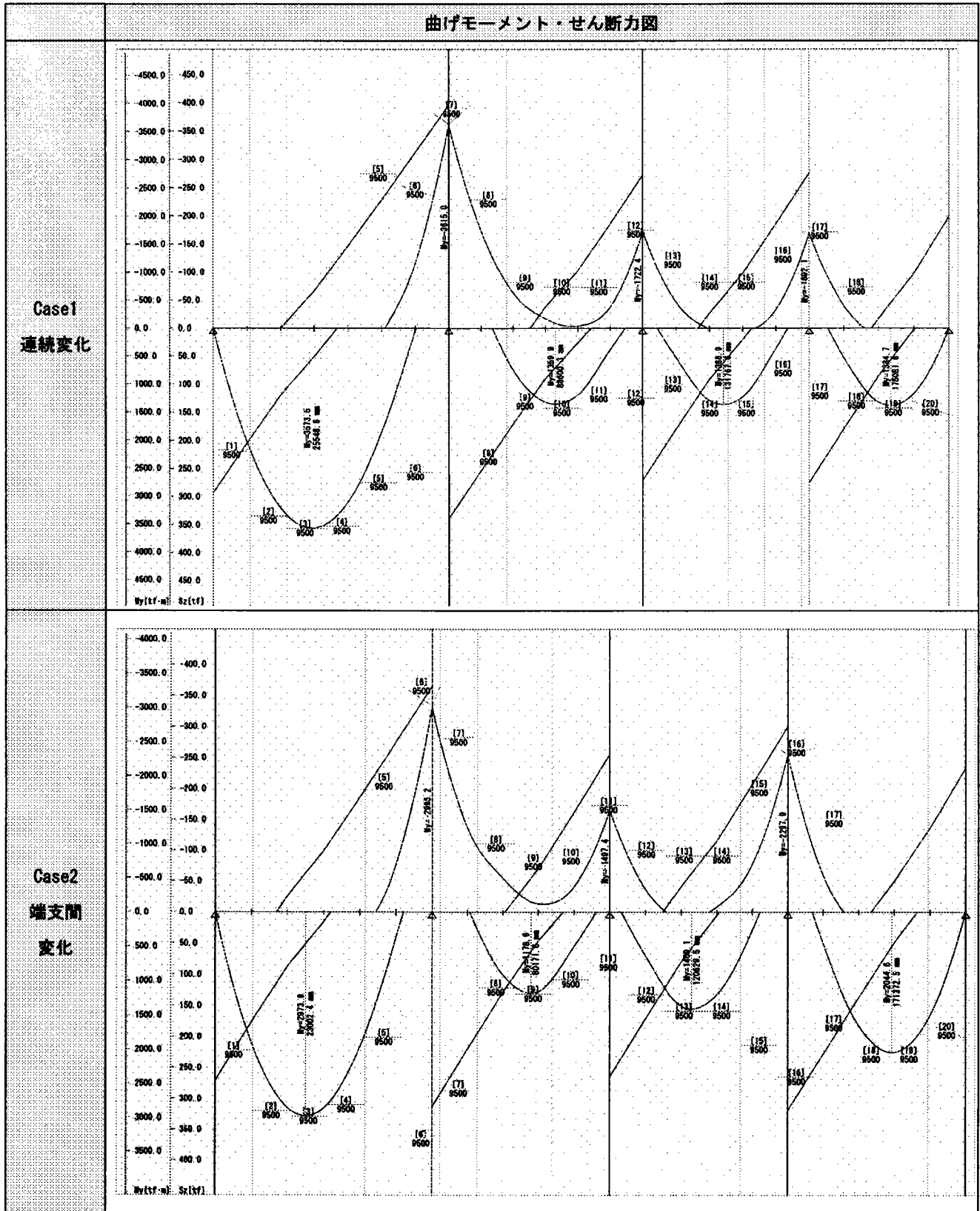
表 1.7.3 イメージ図

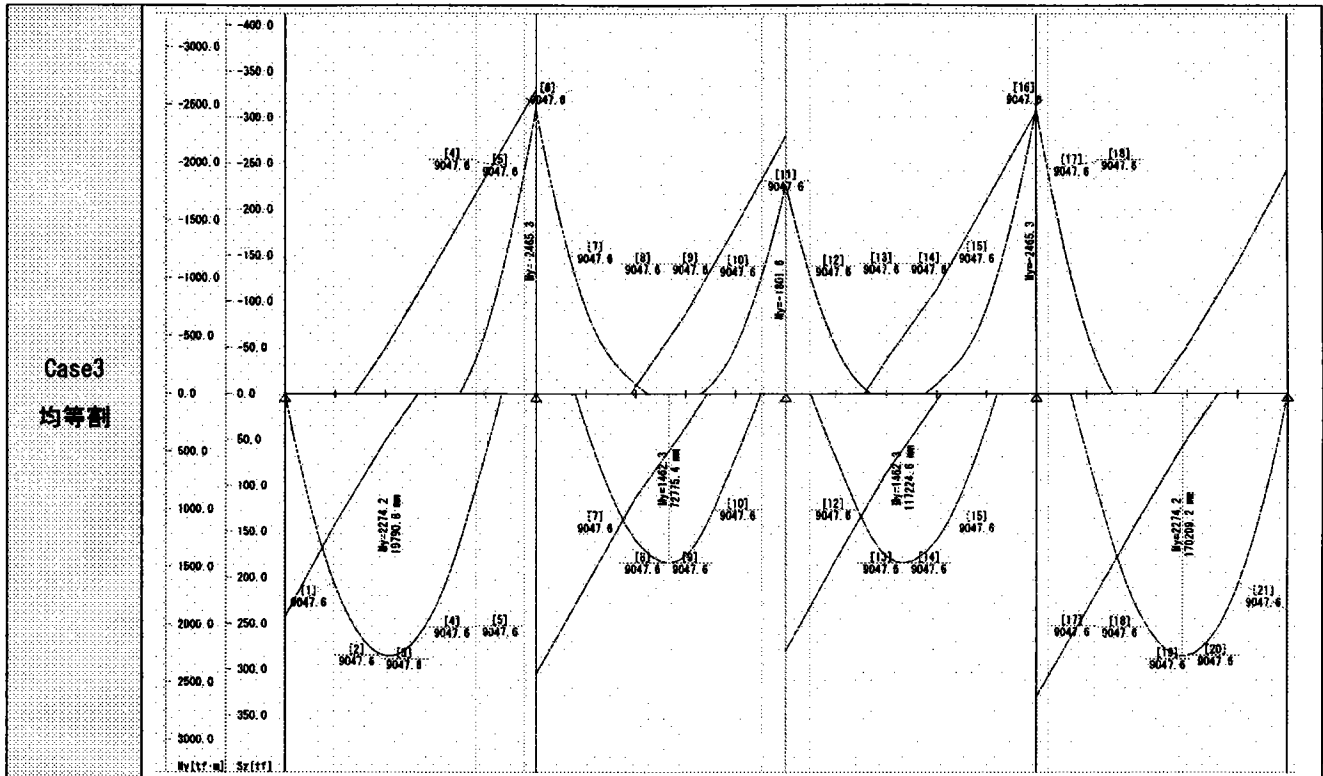
イメージ図	
Case1 連続変化	
Case2 端支間 変化	
Case3 均等割	

(4) 曲げモーメント・せん断力図

表 1.7.4 に曲げモーメント、せん断力図を示す。ブロック長は 14m 以下で支点を跨ぐように設定したため、Case によってブロック数は異なっている。曲げモーメントのバランスが最も良いのは Case 3 の均等割である。Case 1 は支間長が大きい端支間は曲げモーメントが大きくなりバランスは悪い。

表 1.7.4 曲げモーメント・せん断力図





(5) 経済性

表 1.7.5 に各ケースの桁高と鋼重および上部工工事費の算出結果を示す。最も経済的となったのは、均等割の Case 3 であった。景観性で優れる連続変化の Case 1 はコスト約 5% 増であり、採用にはその優位性の検討が必要となる。連続性の高い Case 2 では約 3% コスト増であった。

表 1.7.5 経済性

	桁高 (m)	ブロック数	鋼重 (t)	経済性 上部工工事費 (百万円)		
				工場製作費	架設工事費	合計
Case1 連続変化	3.1	20	423.1 (1.082)	244.3 (1.067)	263.5 (1.029)	507.8 (1.047)
Case2 端支間変化	3.1	20	408.2 (1.044)	237.2 (1.029)	260.1 (1.015)	497.3 (1.025)
Case3 均等割	3.1	21	391.0 (1.000)	228.9 (1.000)	256.1 (1.000)	485.0 (1.000)

(6) 考察

モーメントバランスの良い均等割の Case 3 が経済性で最も優れ、景観性の良い Case 1, 2 はコスト増が約 5%、3% 増という結果であった。経済性については、主橋および下部工を含めた橋全体のコストの中での比較を行えば、工事費増の割合は 1% 未満となるため、採用可能な案である。

追加検討として、橋長を長くした場合および支間比を小さくした場合について検討を行う。

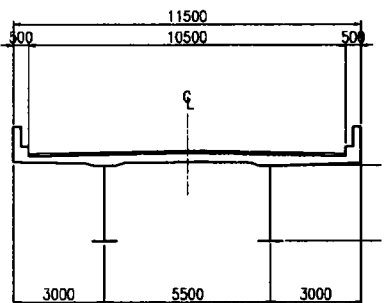
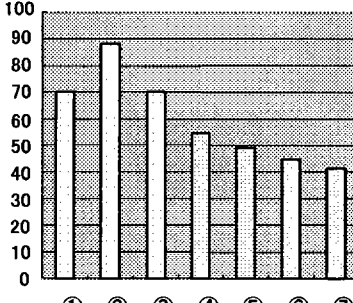
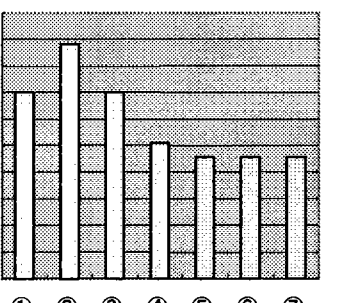
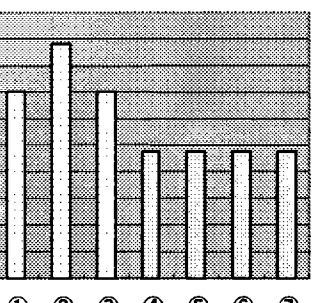
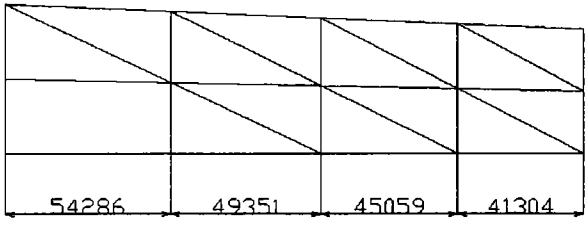
1.7.2 追加検討1～支間変化率を小さくした場合～

基本検討では、モーメントバランスの良い均等割のCase3が経済性で最も優れ、景観性の良いCase1, 2はコスト増が約5%、3%増という結果であった。ここでは、支間割りの変化を基本検討よりも緩やかにした1:1.0の場合の試算を行い、その傾向を探る。

(1) モデルケース

モデルケースを表1.7.6に示す。側橋として橋長190mの4径間連続桁を設定した。連続変化の支間割りは1:1.10とした。

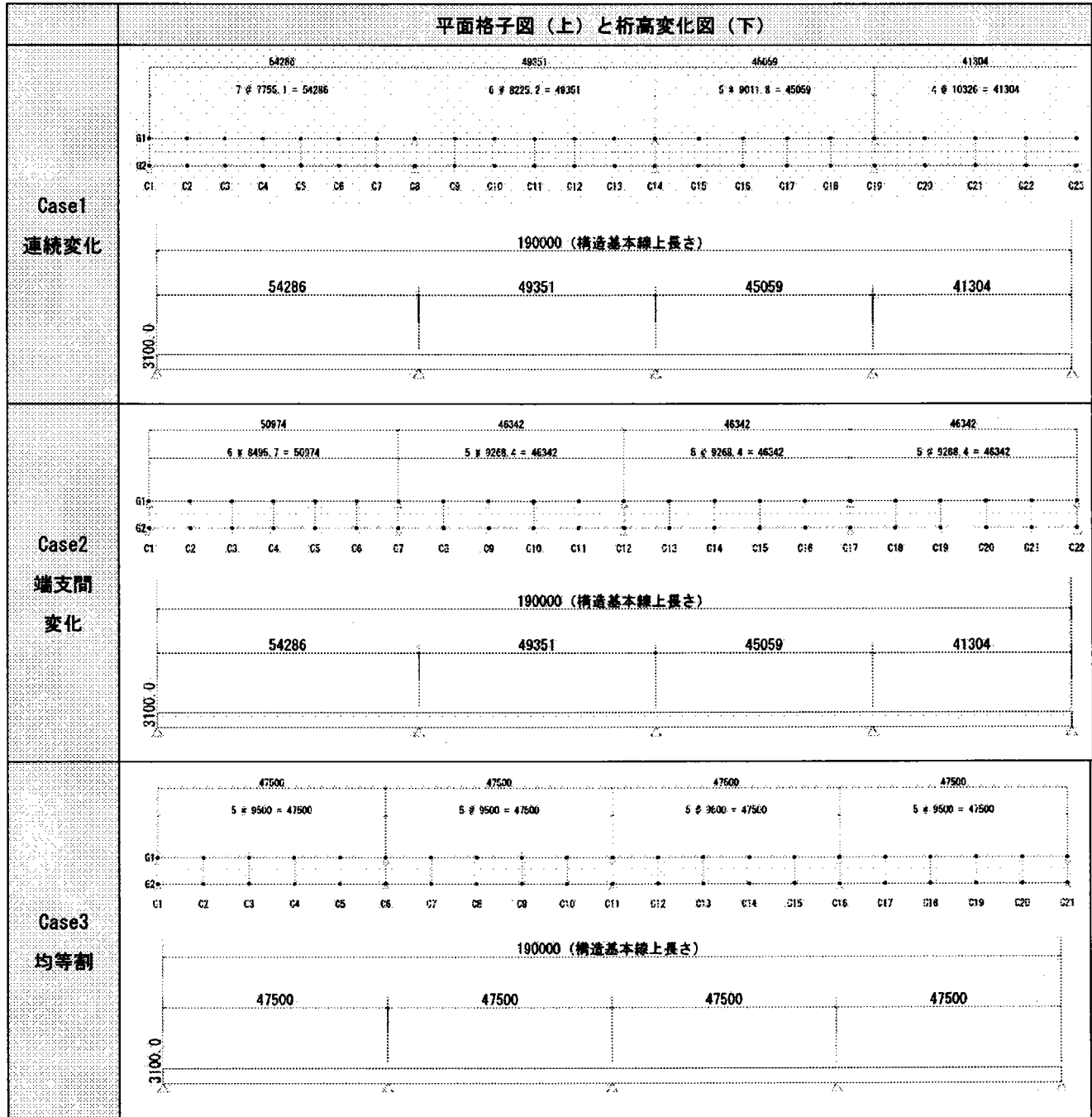
表 1.7.6 モデルケース

<p>幅員構成 桁配置</p>	<p>地域高規格道路を想定 第1種第2級 暫定施工を想定して上下線分離 自動車専用道 2車線 少数主桁PC床版張出長3.0m</p>	
<p>橋長</p>	<p>190m</p>	
<p>検討 ケース</p>	<p>主橋：①+②+③=70+88+70m 側橋：Case1 連続変化 ④+⑤+⑥+⑦=54.3+49.4+45.0+41.3m Case2 端支間変化 ④+⑤+⑥+⑦=51+46.3+46.3+46.3m Case3 均等割 ④+⑤+⑥+⑦=47.5+47.5+47.5+47.5m (前出)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="294 1265 658 1646">  <p style="text-align: center;">Case 1</p> </div> <div data-bbox="705 1265 1066 1646">  <p style="text-align: center;">Case 2</p> </div> <div data-bbox="1097 1265 1458 1646">  <p style="text-align: center;">Case 3</p> </div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p>Case 1 変化の比率 1:1.10</p>  </div>	
<p>施工場所</p>	<p>河川橋</p>	

(2) 支間割りと平面格子図

表 1.7.7 に桁高変化図と平面格子図を示す。横桁は 10mピッチ以下で配置したため、Case によって本数が異なる。連続変化の支間割りでは支間の差が大きいため、支間によって桁高を変化させた。

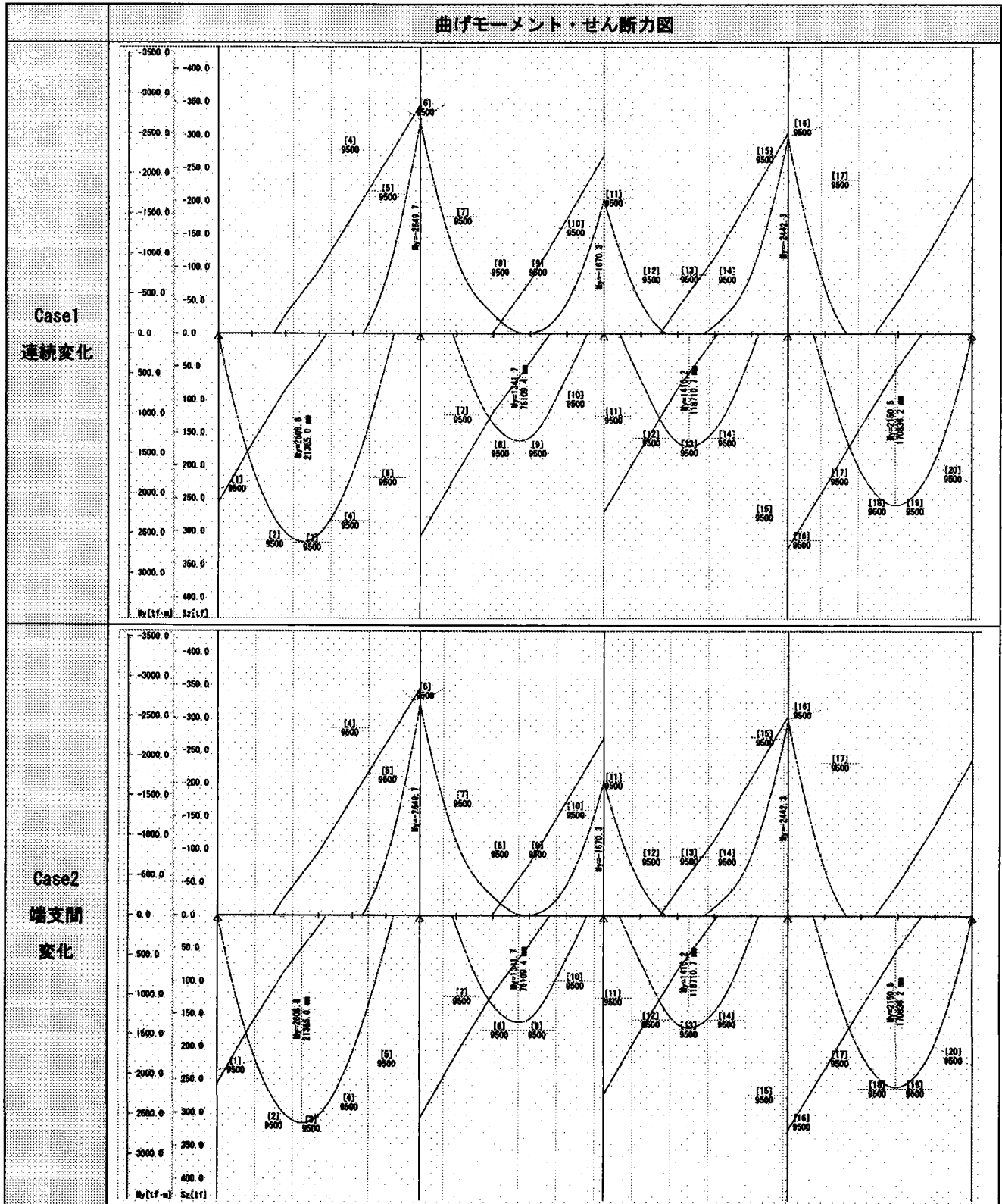
表 1.7.7 平面格子図と桁高変化図

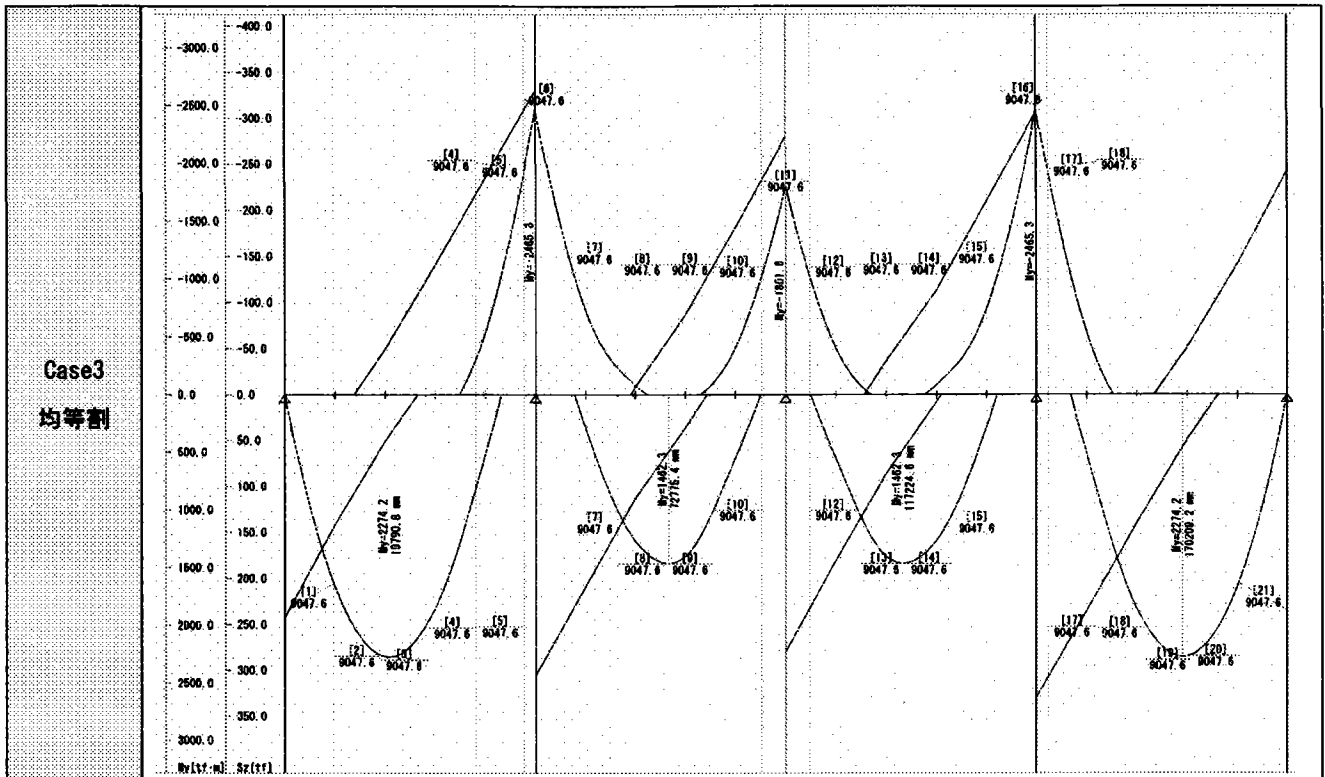


(3) 曲げモーメント・せん断力図

表 1.7.8 に曲げモーメント、せん断力図を示す。ブロック長は 14m 以下で支点を跨ぐように設定したため、Case によってブロック数は異なる。基本検討と同様、曲げモーメントのバランスが最も良いのは、Case 3 の均等割、Case 1 は支間長が大きい端支間は曲げモーメントが大きくなりややバランスは悪い。支間の差が基本案より小さいため、曲げモーメントの差は小さい。

表 1.7.8 曲げモーメント・せん断力図





(4) 経済性

表 1.7.9 に各ケースの桁高と鋼重および上部工工事費の算出結果を示す。上部工工事費は3案とも差は1%以内とほぼ同じとなった。

表 1.7.9 経済性

	桁高 (m)	ブロック数	鋼重 (t)	経済性 上部工工事費 (百万円)		
				工場製作費	架設工事費	合計
ase1 連続変化	3.1	19	403.6 (1.032)	234.7 (1.026)	259.0 (1.011)	493.7 (1.011)
ase2 端支間変化	3.1	20	397.8 (1.017)	235.3 (1.028)	257.7 (1.006)	493.0 (1.006)
ase3 均等割	3.1	21	391.0 (1.000)	228.9 (1.000)	256.1 (1.000)	485.0 (1.000)

(5) 考察

一般的には、曲げモーメントバランスを考慮すると経済性は均等割が優位であるが、今回の試算では端支間が大きいケースと連続変化したケースともほぼ同じ値であった。これは支間の差が小さくなり、ガイドライン型設計によるフランジ幅同一、一部材一断面の設定が連続変化に有利に働いたためと考えられる。

制約条件がなくスパン割の自由度がある場所では、トライアルする価値があると考えられる。

1.7.3 追加検討2～橋長を大きくした場合～

基本検討では、モーメントバランスの良い均等割の Case 3 が経済性で最も優れ、景観性の良い Case 1, 2 はコスト増が約 5%、3% 増という結果であった。ここでは、橋長を基本検討よりも大きくした 245m の場合の試算を行い、その傾向を探る。

(1) モデルケース

モデルケースを表 1.7.10 に示す。側橋として橋長 245m の 4 径間連続桁を設定した。連続変化の支間割りには 1 : 1.25 を基準とした。

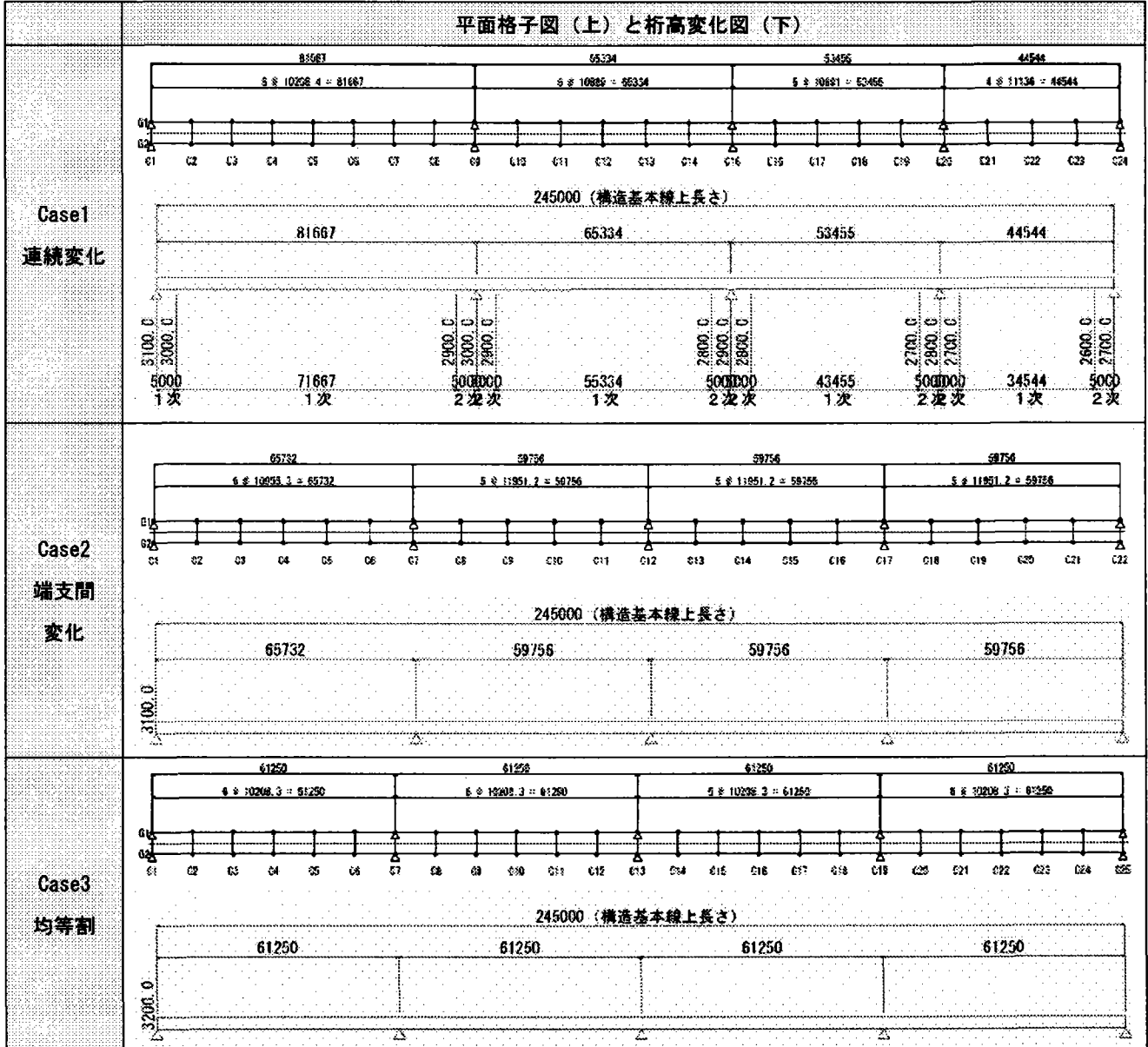
表 1.7.10 モデルケース

<p>幅員構成 桁配置</p>	<p>地域高規格道路を想定 第 1 種第 2 級 暫定施工を想定して上下線分離 自動車専用道 2 車線 少数主桁 PC 床版張出長 3.0m</p>	
<p>橋長</p>	<p>245m</p>	
<p>支間割</p>	<p>主橋：①+②+③=102+128+102m 側橋：Case1 連続変化 ④+⑤+⑥+⑦=81.7+65.3+53.5+45.5m Case2 端支間変化 ④+⑤+⑥+⑦=65.7+59.5+59.8+59.8m Case3 均等割 ④+⑤+⑥+⑦=61.3+61.3+61.3+61.3m</p> <p>支間長(m)</p> <p>Case 1 連続変化1 Case 2 Case 3</p> <p>Case 1 変化の比率 1:1.25</p> <p>81667 65334 53455 44544</p>	
<p>施工場所</p>	<p>河川橋</p>	

(2) 支間割りと平面格子図

表 1.7.11 に桁高変化図と平面格子図を示す。横桁は 10m ピッチ以下で配置したため、Case によって本数が異なる。連続変化の支間割りでは支間の差が大きいため、支間によって桁高を変化させた。

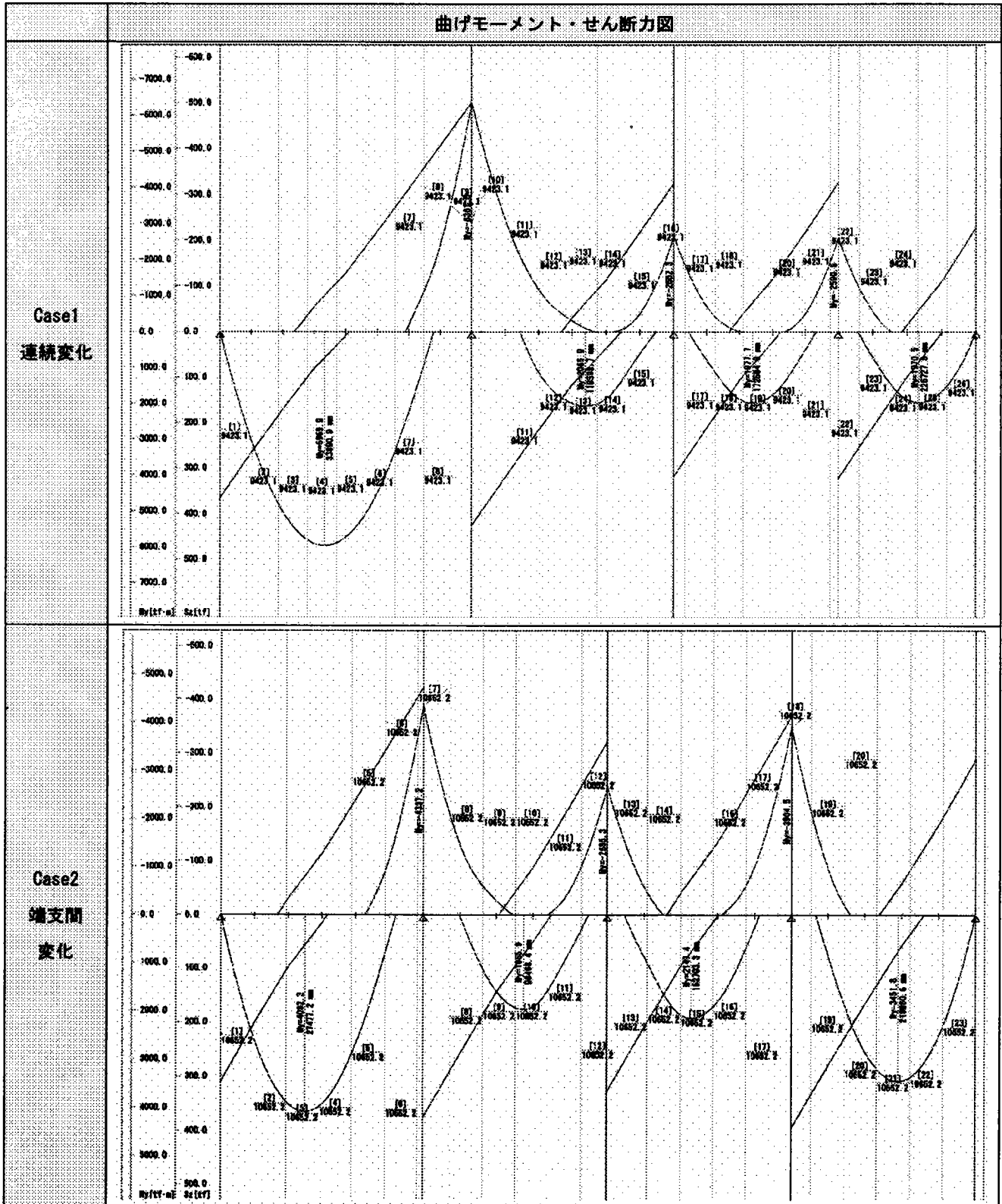
表 1.7.11 平面格子図と桁高変化図

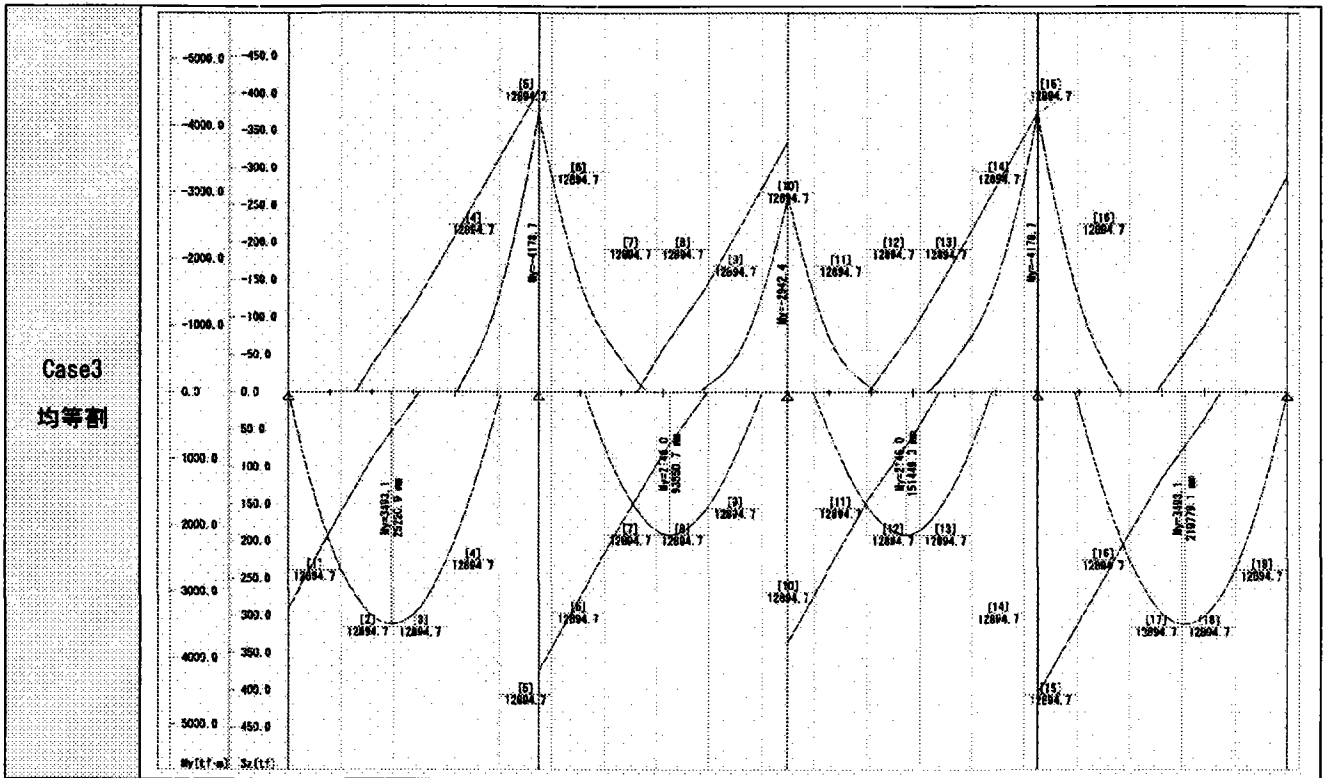


(3) 曲げモーメント・せん断力図

表 1.7.8 に曲げモーメント、せん断力図を示す。ブロック長は 14m 以下で支点を跨ぐように設定したため、Case によってブロック数は異なる。曲げモーメントのバランスが最も良いのは、Case 3 の均等割である。Case 1 は支間長が大きい端支間は曲げモーメントが大きくなりバランスは悪い。

表 1.7.12 曲げモーメント・せん断力図





(4) 経済性

表 1.7.13 に各ケースの桁高と鋼重および上部工工事費の算出結果を示す。上部工工事費は3案とも差は1%以内とほぼ同じとなった。

表 1.7.13 経済性

	桁高 (m)	ブロック数	鋼重 (t)	経済性 上部工工事費 (百万円)		
				工場製作費	工場製作費	工場製作費
ase1 連続変化	2.6~3.1	26	656.7 (0.998)	362.1 (1.013)	361.0 (0.999)	723.1 (1.006)
ase2 端支間変化	3.1	25	656.0 (0.997)	357.5 (1.000)	360.9 (0.999)	718.4 (0.999)
ase3 均等割	3.2	19	658.1 (1.000)	357.4 (1.000)	361.5 (1.000)	718.8 (1.000)

(5) 考察

一般的には、曲げモーメントバランスを考慮すると経済性は均等割が優位であるが、今回の試算では端支間が大きいケースと連続変化したケースともほぼ同じ値であった。これは支間の差が小さくなり、ガイドライン型設計によるフランジ幅同一、一部材一断面の設定が連続変化に有利に働いたためと考えられる。

制約条件がなくスパン割の自由度がある場所では、トライアルする価値があると考えられる。

1.7.4 まとめ

主橋と側橋の支間割は、橋全体での連続性を確保することが景観上望ましい。モデルケースとして、河川に架かる主橋 70+88+70m に接続する側橋として橋長 190m の 4 径間連続桁を設定した。検討ケースは主橋と同じ支間比で連続変化した案と端支間だけ変化した案および通常の均等割とした。

景観性の評価では、連続変化した案が最も優れるが、端支間だけ変化した案も連続性は保たれ、全体としてまとまりがあった。

上部工の工事費を見ると均等割案が最も経済性に優れ、連続変化の案はコスト 5% 増、端支間変化案は 3% 増という結果であった。主橋および下部工を含めた橋全体のコストの中での比較を行えば、工事費増の割合は 1% 未満となるため、採用可能な案である。

追加検討として、橋長を長くした場合および支間比を小さくした場合について検討を行った。試算の結果をみると、両方ともすべて上部工工事費はほぼ同じ値であった。ガイドライン型設計によるフランジ幅同一、一部材一断面の設定が連続変化に有利に働いたためと考えられる。

側橋のスパン割は、制約条件がない場所では、支間割りの連続変化案をトライアルする価値が十分あると考えられる。

1.8【テーマ5】一連の橋の支間割

図 1.8.1 に示すように谷間地形に架かる桁橋の支間は、地形と桁、橋脚で囲まれる空間比が一定である事が景観上望ましい。ある一連の連続桁橋を想定し、支間割りを変えることにより与える印象、景観との調和を考え、その際に変わる上部工の鋼重と工事費の変化から経済性の比較を行い、相関関係を考察する。

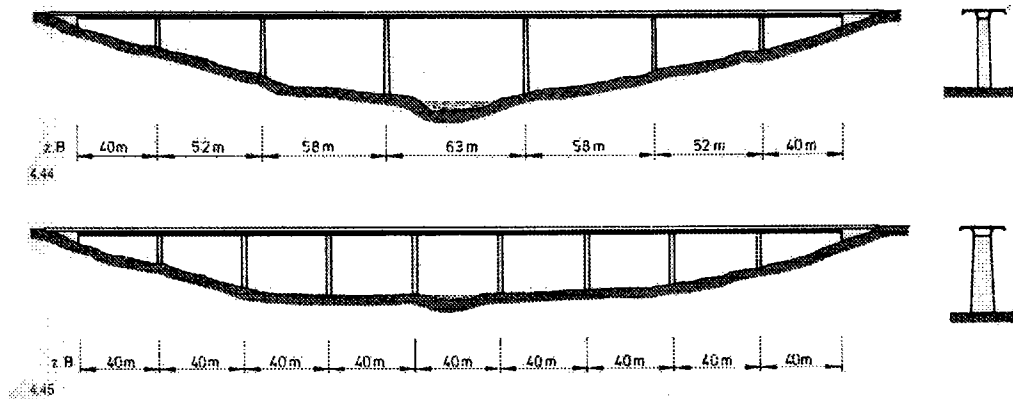


図 1.8.1 谷間地形の連続桁橋 (出典：フリュッケン)

1.8.1 基本検討

(1) モデルケース

モデルケースを表 1.8.1 に示す。試算は上部工を対象にしているため、橋長と支間数は変えず橋脚本数は同じとし下部工のコストは同等という扱いにした。の支間割りは1:1.25を基準とした。検討ケースは均等割りの案、端支間を短くした標準案そして、1:1.25で支間割りを変化させた連続変化の3ケースとした。

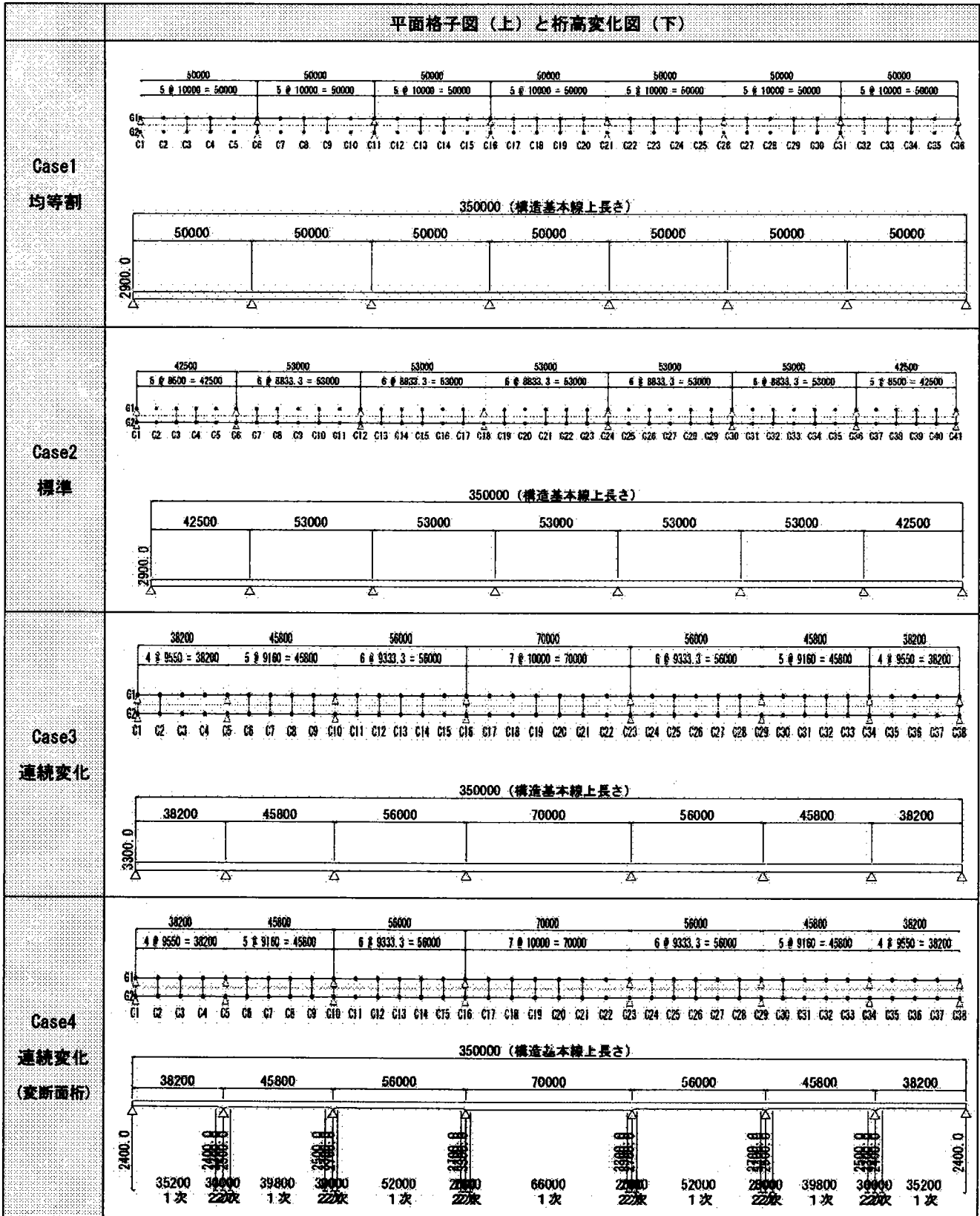
表 1.8.1 モデルケース

<p>幅員構成 桁配置</p>	<p>地域高規格道路を想定 第1種第2級 暫定施工を想定して上下線分離 自動車専用道 2車線 少数主桁 PC床版張出長 3.0m</p>	
<p>橋長</p>	<p>351m</p>	
<p>支間割</p>	<p>Case1 均等割 50+50+50+50+50+50+50m Case2 標準 42.5+53+53+53+53+53+42.5m Case3 連続変化 38.2+45.8+46+70+56+45.8+38.2m</p> <p>Case 3 変化の比率 1:1.25</p>	
<p>施工場所</p>	<p>谷間地形および河川</p>	

(2) 支間割りと平面格子図

表 1.8.2 に桁高変化図と平面格子図を示す。横桁は 10m ピッチ以下で配置したため、Case によって本数が異なる。連続変化の支間割りでは支間の差が大きいため、支間によって桁高を変化させた案を追加した。

表 1.8.2 平面格子図と桁高変化図



(3) イメージ図

谷間地形および河川の立地を背景とした簡易CGを作成し、景観性の評価を行った。

表 1.8.3 に示す谷間地形では、端支間の短い Case2 は均等割の Case1 よりもバランスが良い。連続変化の Case3 は橋脚高と支間の比がそろっており、最もバランスが良い。桁高を変化させている Case4 は Case3 よりも端支間で桁を絞っている印象となり、景観性は良いという印象となった。

表 1.8.3 谷間地形イメージ図

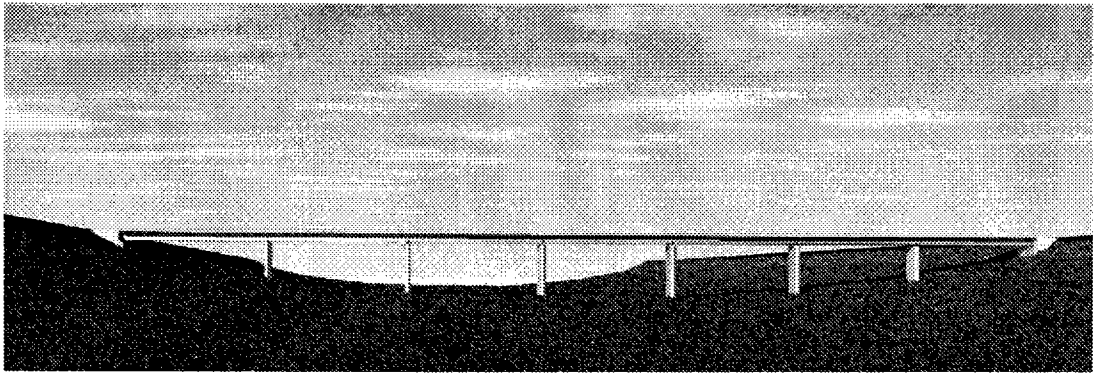
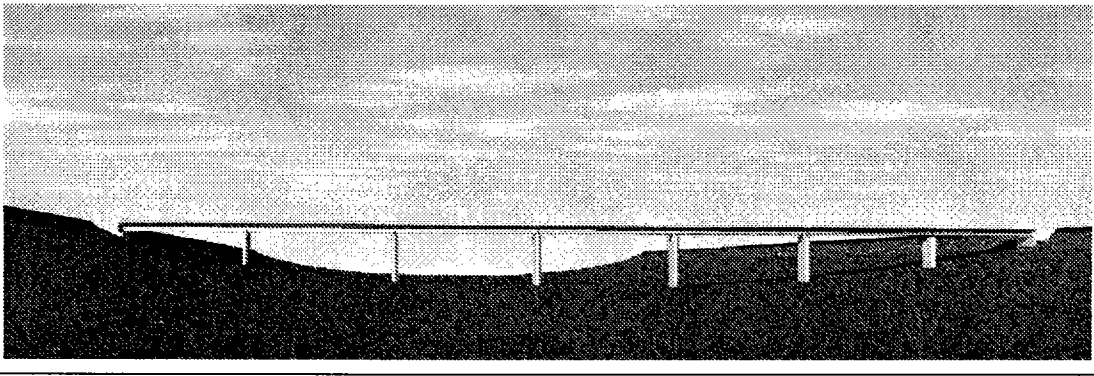


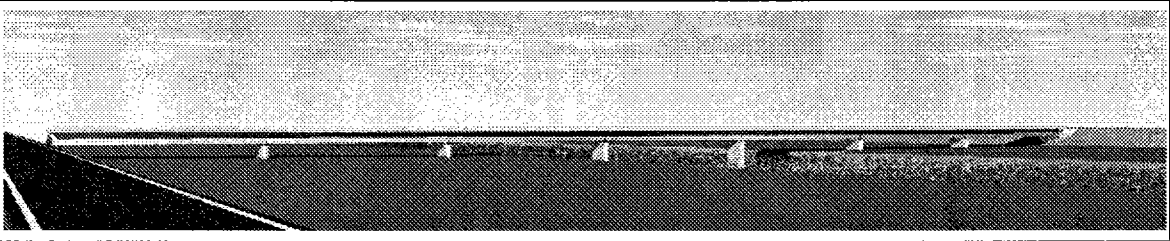
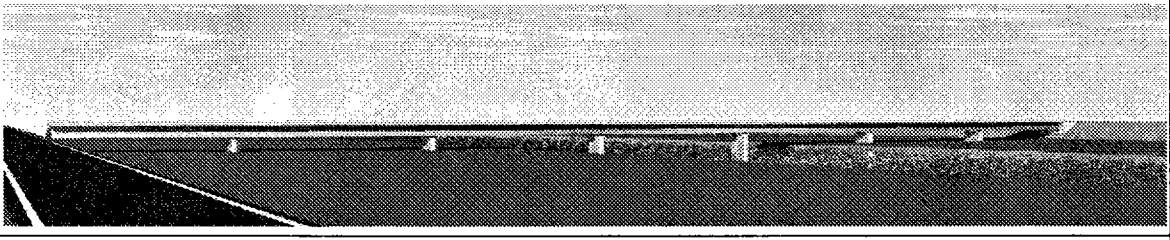
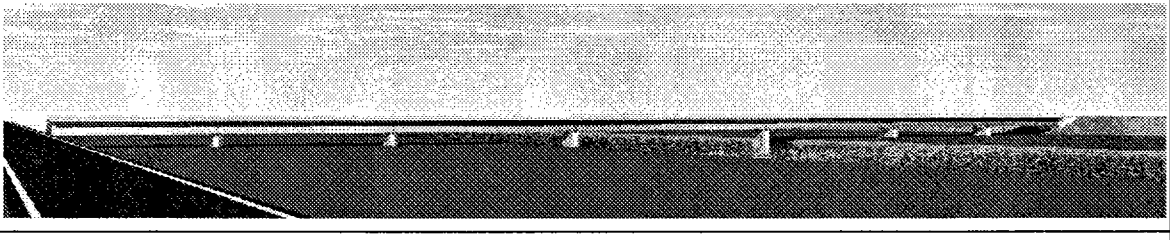
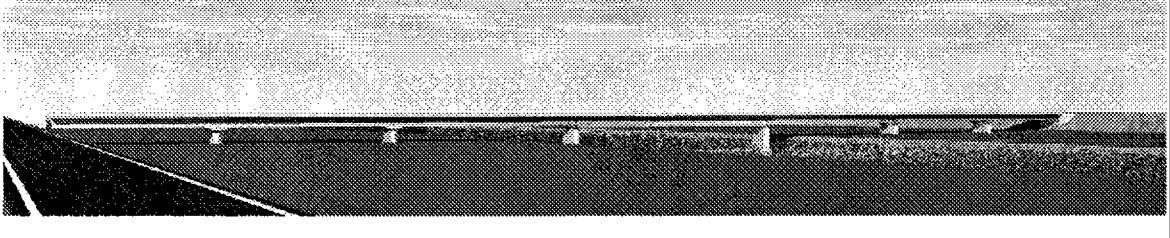
	イメージ図
Case1 均等割	
Case2 標準	
Case3 連続変化	
Case4 連続変化 (変断面桁)	

表 1.8.4 に示す河川橋では、端支間の短い Case2 は、均等割の Case1 よりもバランスが良い。連続変化の Case3 は流水部で支間を広げており、川の流れを阻害しないという合理性が高い印象となる。桁高を変化させている Case4 は Case3 よりも端支間で桁を絞っている印象となり、景観性は良い結果となった。

表 1.8.4 河川部イメージ図

イメージ図	
Case1 均等割	
Case2 標準	
Case3 連続変化	
Case4 連続変化 (変断面桁)	

(4) 曲げモーメント・せん断力図

表 1.8.5、1.8.6 に曲げモーメント、せん断力図を示す。ブロック長は 14m 以下で支点を跨ぐように設定したため Case によってブロック数は異なる。Case2 は曲げモーメントのバランスが良く、桁高一定の場合は構造的に優れる。Case1 は端部の曲げモーメントがやや大きいが特に問題ない。Case3 は異なる支間長で桁高一定としているため、構造的合理性は低い。Case4 はその改善案であり構造的に優れる。

表 1.8.5 曲げモーメント・せん断力図(1)

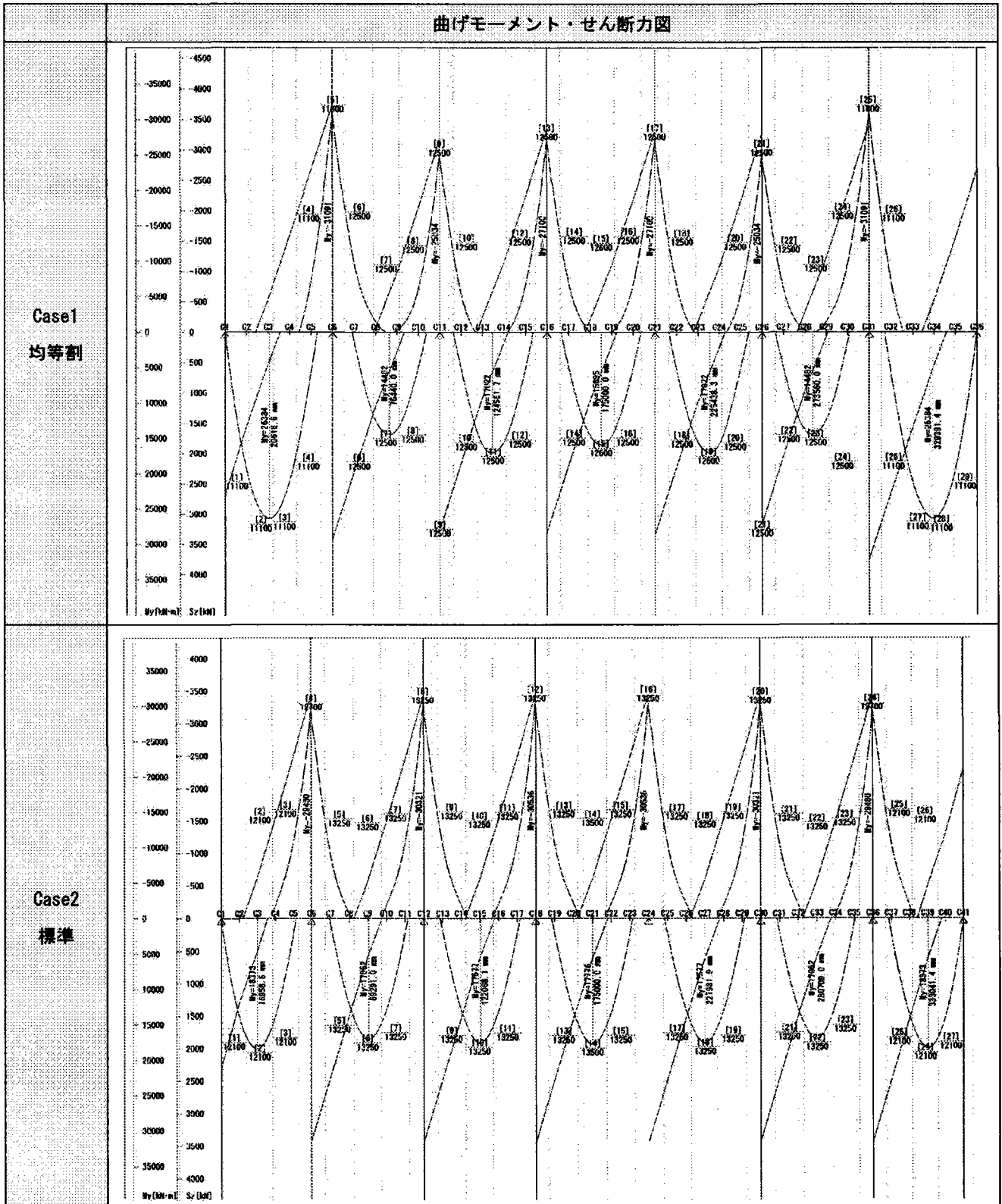
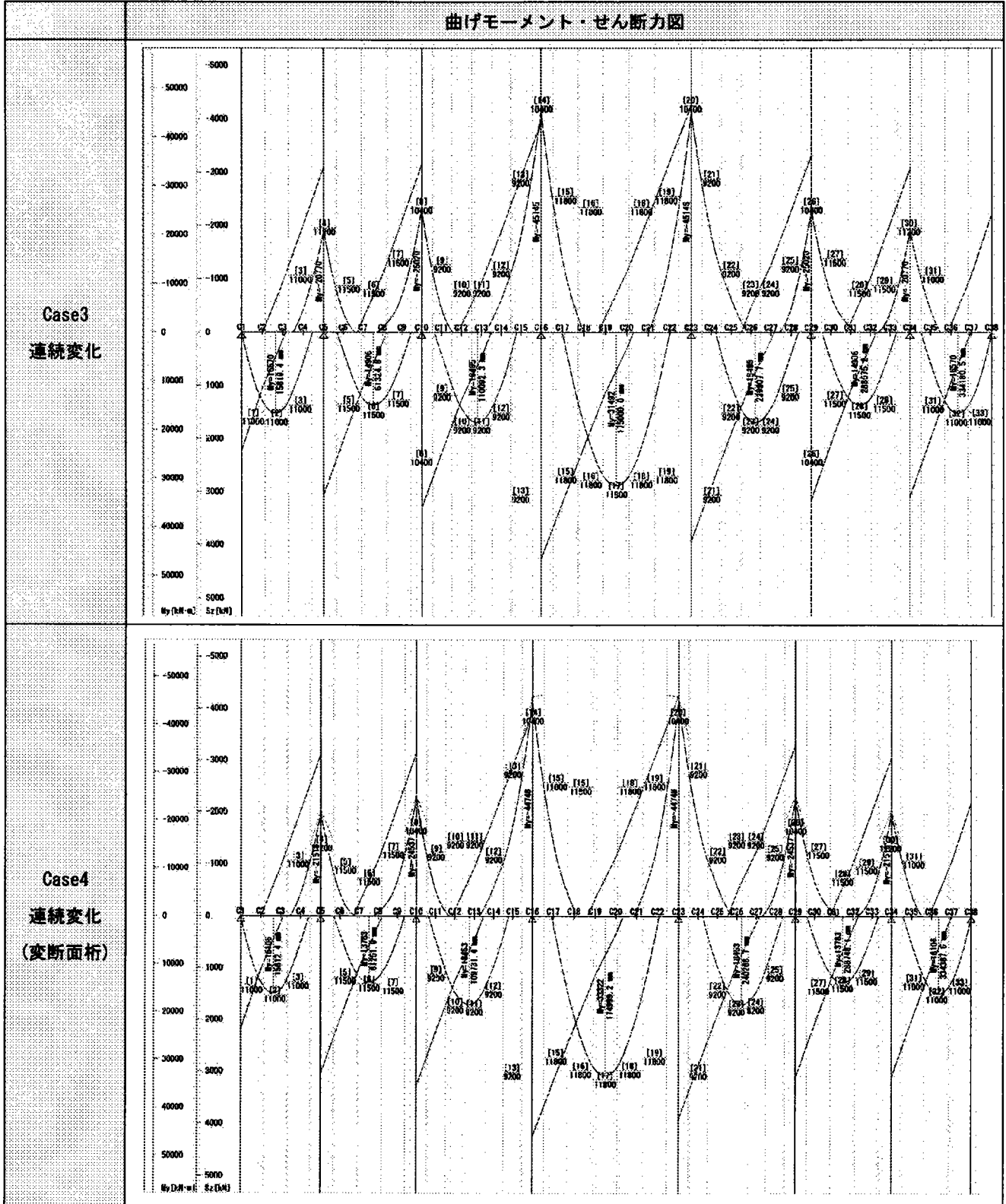


表 1.8.6 曲げモーメント・せん断力図(2)



(5) 経済性

表 1.8.7 に各ケースの桁高と鋼重および上部工工事費の算出結果を示す。最も経済的となったのは、標準の支間割りの Case2 であり、変断面桁とした Case4 は僅かなコストアップがあるが、ほぼ同等の経済性であった。

表 1.8.7 経済性

	桁高 (m)	ブロック数	鋼重 (t)	経済性 上部工工事費 (百万円)		
				工場製作費	架設工事費	合計
Case1 均等割	2.9	29	719.8 (1.000)	377.2 (1.000)	450.9 (1.000)	828.1 (1.000)
Case2 標準	2.9	27	726.2 (1.009)	379.3 (1.006)	452.3 (1.003)	831.6 (1.004)
Case3 連続変化	3.3	33	774.1 (1.075)	398.5 (1.056)	463.0 (1.027)	861.5 (1.040)
Case4 連続変化 (変断面桁)	2.4~3.3	33	728.5 (1.012)	386.7 (1.025)	453.2 (1.005)	839.9 (1.014)

(6) 考察

①経済性

均等割が標準よりも経済的となった理由として、支間長によるブロック数の違いが鋼重、工費に影響していると思われる。均等割は29ブロック、標準は27ブロックでブロック数と断面変化数は同じため、ブロック数の多い均等割りのほうが鋼重は軽くなる。但し、ブロック数の少ないほうが製作工費を算出する材片数も少なくなり、製作工数は少なくなるが、材料費も含めた製作費を集計すると最終的には鋼重の軽いケースのほうが工費も安くなる傾向になる。よって、ブロック毎で断面変化をさせるガイドライン設計では、必ずしも標準スパン割が経済的にはならない。

②鋼重

連続変化の鋼重、工費が高くなった理由として、支間長の差による最適桁高の違いが影響していると思われる。同じ構造形式の場合、最適桁高と支間の比率はほぼ同じ値になるため、最大支間が70mで最小支間が38.2mの連続変化スパン割では最適桁高差が倍近くとなるため、鋼重、工費が高くなった。

③桁高変化

②を踏まえて、連続変化の桁高を変化させたケースでは、かなりの鋼重低減が可能となった。しかし、中間支点上での曲げモーメント変化が大きいため、製作費は均等割の2.5%増となった。

④まとめ

基本的には曲げモーメント変化量の小さい方が断面変化量も小さくなり、経済的な断面構成となるが、ブロック割や桁高変化により鋼重、工費の調整が可能となるため、景観を考慮したスパン割としても工費差は小さく、標準のスパン割よりも経済的となる場合もある。

制約条件がなくスパン割の自由度がある場所では、トライアルする価値があると考えられる。

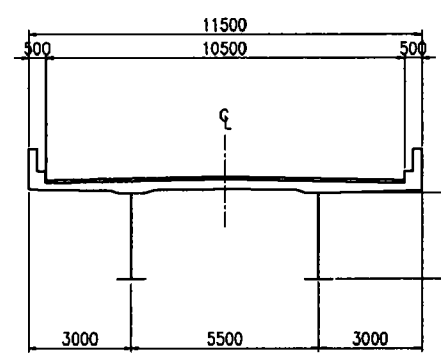
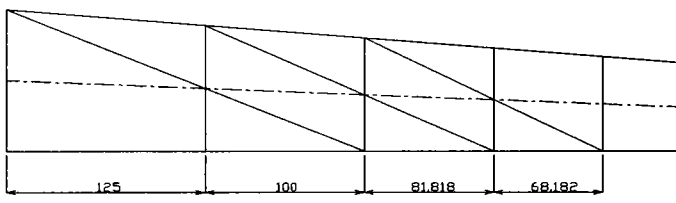
1.8.2 追加検討～橋長を小さくした場合～

基本検討では、上部工工事費が最も安価であった均等割案に対して連続変化案は僅かコスト1%増であり、十分採用可能であることがわかった。ここでは、橋長を小さくした場合にはその傾向が変化するかを検証する。

(1) モデルケース

モデルケースを表 1.8.8 に示す。試算は上部工を対象にしているため、支間数は変えず橋脚本数は同じとし下部工のコストは同等という扱いにした。連続変化の支間割りは1:1.25を基準とした。

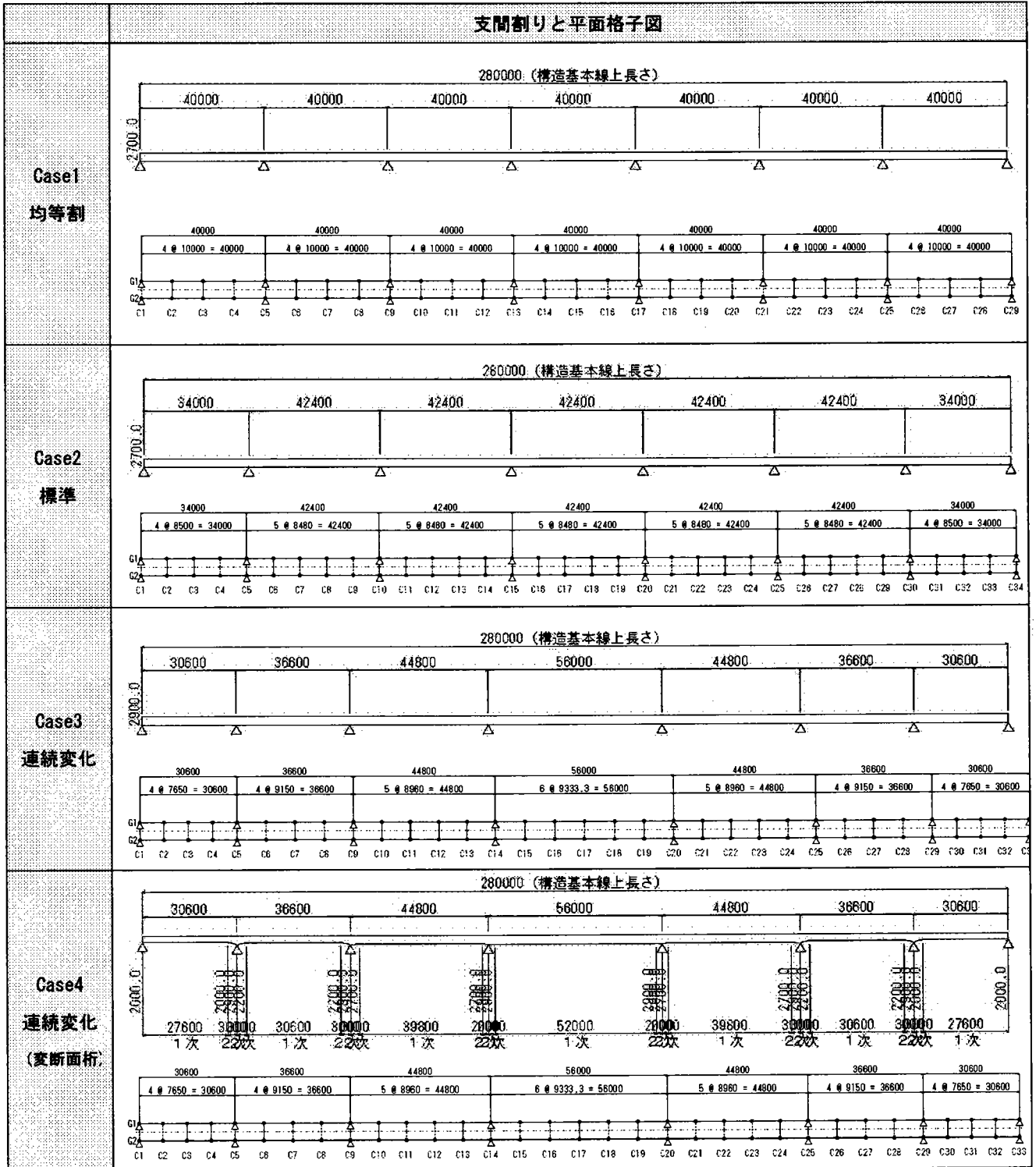
表 1.8.8 モデルケース

<p>幅員構成 桁配置</p>	<p>地域高規格道路を想定 第1種第2級 暫定施工を想定して上下線分離 自動車専用道 2車線 少数主桁 PC床版張出長 3.0m</p> 
<p>橋長</p>	<p>280m</p>
<p>支間割</p>	<p>Case1 均等割 40+40+40+40+40+40+40m Case2 標準 34+42.4+42.4+42.4+42.4+42.4+34m Case3 連続変化 30.6+36.6+44.8+56+44.8+36.6+30.6m</p> <p>Case 3 変化の比率 1:1.25</p> 
<p>施工場所</p>	<p>河川橋</p>

(2) 支間割りと平面格子図

表 1.8.9 に桁高変化図と平面格子図を示す。横桁は 10m ピッチ以下で配置したため、Case によって本数が異なる。連続変化の支間割りでは支間の差が大きいため、支間によって桁高を変化させた案を追加した。

表 1.8.9 平面格子図と桁高変化図



(3) 曲げモーメント・せん断力図

表 1.8.10、1.8.11 に曲げモーメント、せん断力図を示す。ブロック長は 14m 以下で支点を跨ぐように設定したため Case によってブロック数は異なる。Case2 は曲げモーメントのバランスが良く、桁高一定の場合は構造性に優れる。Case1 は端部の曲げモーメントがやや大きいのが特に問題ない。Case3 は異なる支間長で桁高一定としているため構造的合理性は低い。Case4 はその改善案であり構造性は優れる。

表 1.8.10 曲げモーメント・せん断力図(1)

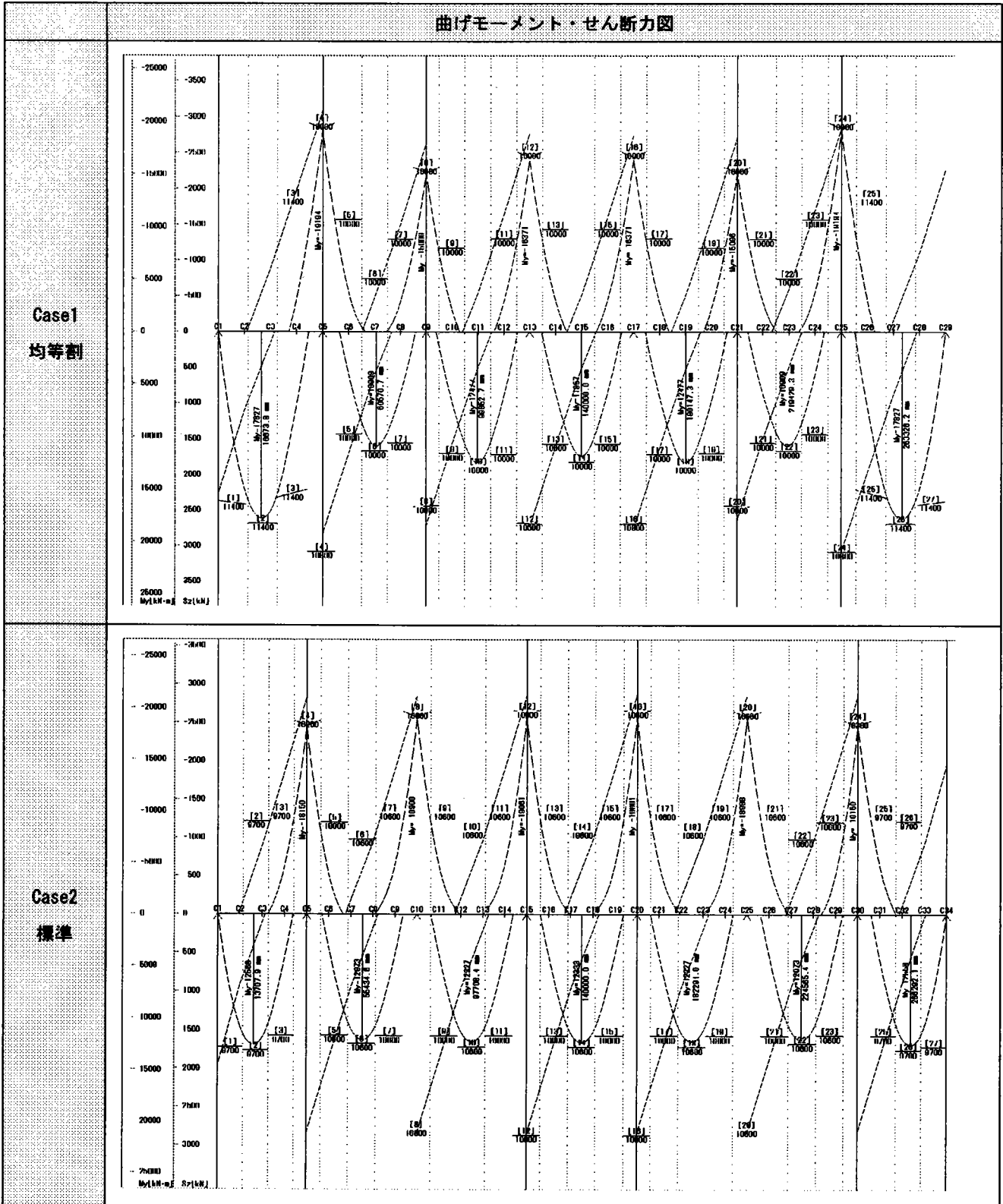
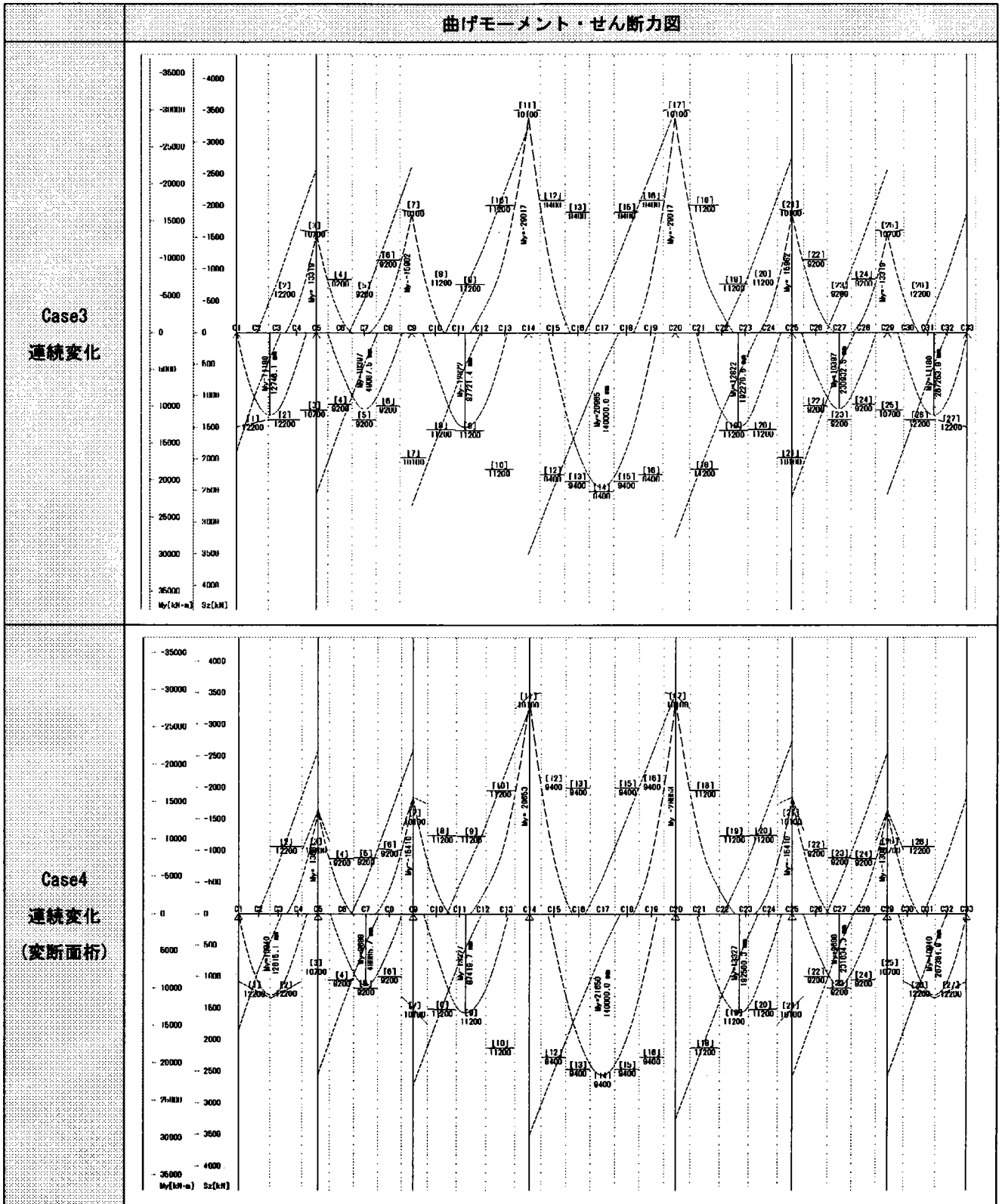


表 1.8.11 曲げモーメント・せん断力図(2)



(4) 経済性

表 1.8.12 に各ケースの桁高と鋼重および上部工工事費の算出結果を示す。最も経済的となったのは、標準支間割の Case2 であり、次はほぼ同額で均等割支間の Case1 であった。

表 1.8.12 経済性

	桁高 (m)	ブロック数	鋼重 (t)	経済性 上部工工事費 (百万円)		
				工場製作費	架設工事費	合計
Case1 均等割	2.7	27	459.5 (1.010)	260.7 (1.003)	334.0 (1.004)	600.7 (1.004)
Case2 標準	2.7	27	454.9 (1.000)	259.8 (1.000)	338.7 (1.000)	598.5 (1.000)
Case3 連続変化	2.9	27	492.8 (1.083)	274.6 (1.057)	347.0 (1.025)	621.6 (1.039)
Case4 連続変化 (変断面桁)	2.0~2.9	27	473.9 (1.041)	271.5 (1.045)	342.8 (1.012)	614.3 (1.026)

(5) 考察

連続変化案は、最も経済的となった標準案に対してコスト 3% 増と、基本検討の 1% よりも大きくなった。今回のモデルケースではブロック数が同じであり、断面変化の違いが有利に働かなかつたためである。

基本検討の結果に対して、均等割と標準が逆転した理由として、支間長によるブロック数が均等割と標準で同じブロック数となり、モーメント変化の一定な標準タイプが最適となったと思われる。但し、その差は請負工事費でも 0.4% と小さく、均等割を選定することに大きな問題はないと思われる。

1.8.3 まとめ

谷間地形に架かる桁橋の支間は、地形と桁、橋脚で囲まれる空間比が一定である事が景観上望ましい。モデルケースとして橋長 351m の 7 径間連続少数主桁橋を設定して、均等割りの案、端支間を短くした標準案そして、1:1.25 で支間割りを変化させた連続変化の 3 ケースの試算を行った。

試算の結果、均等割りが標準案よりも経済的となった。その理由は、支間長によるブロック数の違いが鋼重、工費に影響していると思われる。均等割は 29 ブロック、標準は 27 ブロックでブロック数と断面変化数は同じため、ブロック数の多い均等割りのほうが鋼重は軽くなる。但し、ブロック数の少ないほうが製作工費を算出する材片数も少なくなり、製作工数は少なくなるが、材料費も含めた製作費を集計すると最終的には鋼重の軽いケースのほうが工費も安くなる傾向になる。よって、ブロック毎で断面変化をさせるガイドライン設計では、必ずしも標準スパン割が経済的にはならない。

基本的には曲げモーメント変化量の小さい方が断面変化量も小さくなり、経済的な断面構成となるが、ブロック割や桁高変化により鋼重、工費の調整が可能となるため、景観を考慮したスパン割としても工費差は小さく、標準のスパン割よりも経済的となる場合もある。

制約条件がなくスパン割の自由度がある場所では、トライアルする価値があると考えられる。

1.9 おわりに

本研究では桁橋に着目して、床版張出しを大きくした案、桁高を絞る案、連続桁でテーパつけた案、橋全体でまとまりのある支間割とした案について、試設計を行い鋼重や上部工工事費は通常的设计案に比べどの程度の違いが生じるのかを確認し、採用への可能性を探った。

実際に試算を行ってみると提案した案の多くは、通常的设计案に対して2%以内とほぼ同等であり、十分採用可能であることが明らかとなった。

桁橋が採用される設計では、景観検討の予算が付くことは希であり、景観面の配慮については担当者の技量で設計が進められている。今回の研究ではコスト増がほとんどない範囲で景観性の向上を図る着眼点を提示できた。本報告書が設計担当者の景観知識の向上と実務の助けとなれば幸いである。

参考文献

- 1) 「橋 1992-2000」 土木学会
- 2) 「鋼道路橋設計ガイドライン (案)」平成10年5月
- 3) 「美しい橋のデザインマニュアル」昭和57年 土木学会
- 4) 「美しい橋のデザインマニュアル第2集」平成5年 土木学会
- 5) 「橋の造形学」2001 杉山和雄著 朝倉書店
- 6) 「ブリュッケン」1998 フリッツォンハルト著 メイセイ出版
- 7) 「景観用語辞典」1998 篠原修編 彰国社
- 8) 「橋梁年鑑」平成8年版～平成14年版 社団法人 日本橋梁建設協会
- 9) 「橋」1996～2002 土木学会
- 10) 「Highway Deutschland」