

## [箱桁製作の省力化工法]

テーパー鋼板および差厚鋼板の橋梁への適用（その2）  
大量にテーパー鋼板を使用した大高跨道橋の設計と製作[Labor-Saving Method of Box Girder Production]  
-Using Longitudinally Tapered and Profile Plates in Bridges (Part 2): Design and construction of the Ohtaka overbridge using quantities of longitudinally tapered plate-高橋 亘\* 小林 紀夫\*\*  
Wataru TAKAHASHI Norio KOBA YASHI

## Summary

In response to increasingly heated calls for lower construction costs, various proposals are being made toward rationalizing the construction of steel bridges. With regard to connecting plates, doubtless one way to improve construction efficiency is to use plates of uniform thickness. Any gap between connecting plates of differing thickness can then be rectified in the field with a filler plate. However, using longitudinally tapered plates with thickness varying continuously at a given rate from one end to the other to rectify such gaps would yield even higher efficiency.

This paper reports on a preliminary investigation which was performed in order to omit shop butt welding, and the execution management exercised when constructing the Ohtaka overbridge.

## 1. はじめに

大高跨道橋は平成7年に建設省中部地方建設局から受注した支間長55.8mの鋼単純非合成箱桁である。上下線分離構造で、斜角はあるものの構造上は比較的簡明なものである。図-1に全体一般図を示す。建設コストの縮減論議が高まる中、鋼橋の製作の合理化に向けて各種の提案がなされ、一部は実際に施工されている。端的には従来鋼重ミニマムが良いとされて来た設計を若干の鋼重増を容認して、工場突き合わせ溶接を省略すると共に部材材片数を減らす事でトータルコストの低減を目指すものである。

ガイドライン<sup>1)</sup>に基づく合理化設計は一部材内に同一板厚を使用し、現場継手部の板厚差をフィラープレートで処理するものであるがこれを一歩進めて板厚差に相当するテーパー鋼板（板厚が一定の比率で連続的に変化する鋼板）を使用する事でより一層合理性を高める事が出来る。

本橋は、テーパー鋼板を用いて工場突き合わせ溶接継手を省略することで中部地建の技術活用パイロット事業（工場突き合わせ溶接継手の省略を目的としたテーパー鋼板適用工法）として採用された。採用に際しては事前にテーパー鋼板に係わる安全性の検討を十分に行うと共に、技術活用パイロット事業工事として施工の歩掛かり

に係わる調査・施工管理に係わる調査・品質管理に係わる調査・安全性に係わる調査などを実施した。当社は平成5年頃よりテーパー鋼板・差厚鋼板の研究を進めており、研究成果を成宮・百瀬が宮地技報第10号「橋梁の省力化対策—テーパー鋼板および差厚鋼板の橋梁への適用（その1）」<sup>2)</sup>に発表済みである。

本文は大高跨道橋でテーパー鋼板を用いて工場突き合わせ溶接継手を省略する際に実施した事前検討と実施工に際しての施工管理について報告する。

## 2. 設計検討

工場突き合わせ溶接継手の省略に関して、今までは工場のフランジ・ウェブなどで同板厚異材質のものは高材質側を延長する事が行われてきた。最近では、鋼橋のコスト議論のなかで現場継手位置で断面を変化させ板厚の差をフィラープレートで調整するというガイドラインに基づく合理化設計が提案されかなりの施工実績がある。これを一歩進めてテーパー鋼板を使用する方法がフィラープレートを使用する合理化設計に比べてより鋼重を低減させる事ができ、かつ施工の合理化になる。このような観点から、テーパー鋼板使用に係わる技術的特徴と経済性について比較検討した。図-2に従来工法による構造概念を図-3にテーパー鋼板を用いた板継ぎ省略構造概念を示す。

\* 技術本部技術部次長

\*\* 松本工場生産設計部生産設計課課長代理

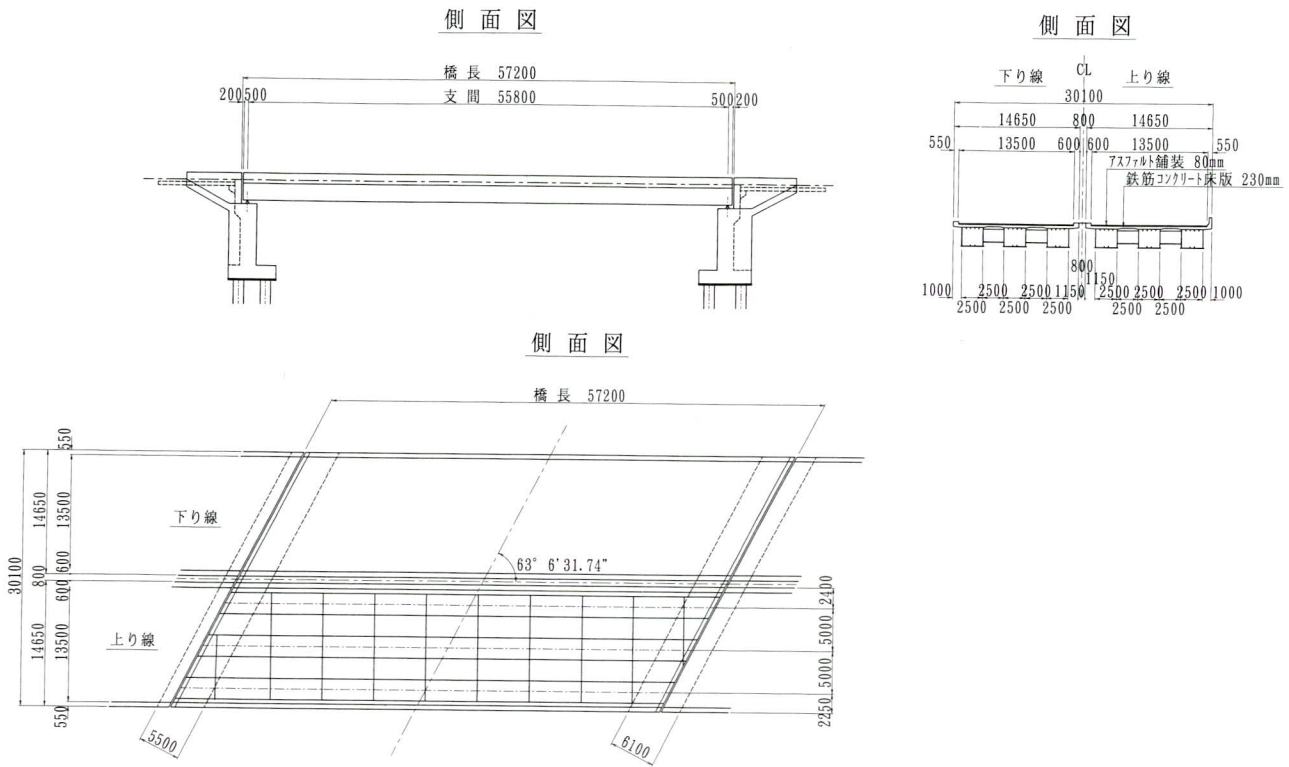


図-1 全体一般図

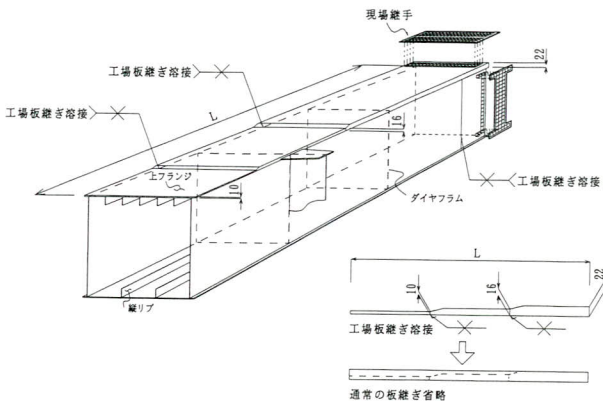


図-2 従来工法による構造概念図

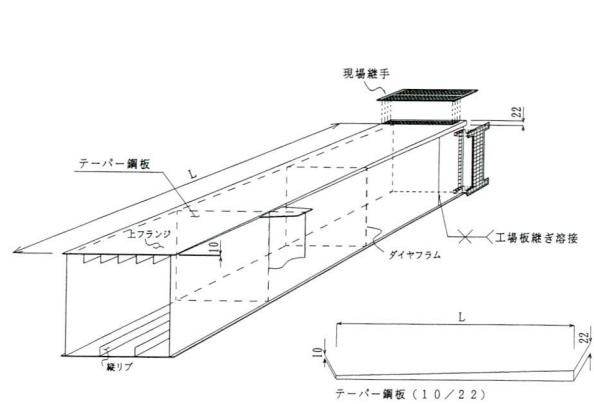


図-3 テーパー鋼板を用いた板継ぎ省略構造概念図

### (1) 基本検討

基本検討として上り線G-3主桁に着目して、添接板・ウェブの補剛材を除く主橋体工（フランジ・ウェブ・リブ）の鋼材を仮に普通鋼材10万円/tf、異形鋼材11.2万円/tfとして各々の鋼重を基に算出した鋼材費を下記比較対象ケース毎に整理した。

TYPE-1 従来設計（原設計）

TYPE-2 ガイドラインに基づくフィラープレートを用いた合理化設計

TYPE-3 テーパー鋼板を用いた合理化設計

TYPE-4 テーパー鋼板を用いた合理化設計（縦リブには板継ぎ溶接有）

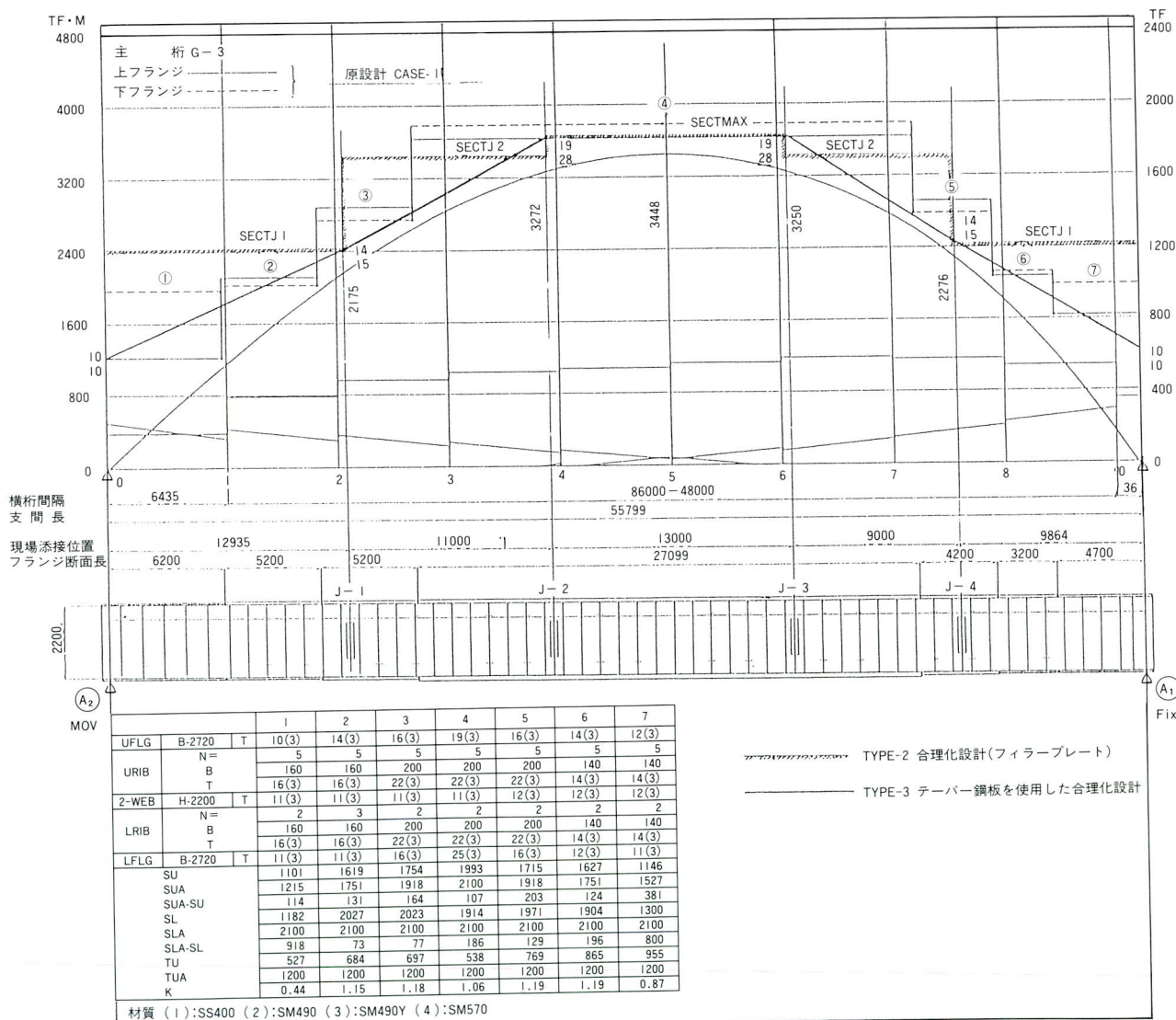
TYPE-5 現場継手位置に自由度がある場合  
合理化設計の支配応力は現場継手位置に生ずるから  
TYPE-5として現場継手位置を変えた場合を含めて検討した。検討結果を表-1に示す。要約すると以下のとおりである。

○ TYPE-4が鋼重の増加比率が一番小さい。  
これは工程上の理由から原設計の細部構造

表一 鋼重比較表

TYPE		G 3 主桁	Flg・Webのみ	縦リブ	テーバー鋼板	普通鋼板	材料費	備考
1	従来設計 (原設計)	1.0			—	744	744	フランジ・ウェブ縦リブ共板継ぎ溶接あり
		74.418 t	63.140 t	11.278 t	—	74.418 t		
2	フィラープレートを用いた合理化設計	1.088			—	810	810	フランジ・ウェブ縦リブとも板継ぎなし
		80.986 t	67.494 t	13.492 t	—	80.986 t		
3	テーバー鋼板を用いた合理化設計	1.024			315	481	796	同上
		76.233 t	62.741 t	13.492 t	28.155 t	48.078 t		
4	テーバー鋼板を用いた合理化設計 (縦リブには板継ぎ溶接有)	1.015			330	460	790	縦リブのみ板継ぎ溶接あり
		75.544 t	64.266 t	11.278 t	29.509 t	46.035 t		
5	現場継手位置に自由度がある場合	1.016			313	476	789	同上
		75.596 t	62.104 t	13.492 t	28.011 t	47.585 t		

- \* 下段は、鋼材重量を示す。(上がり線 G 3 主桁に着目)
- \* 上段は、従来設計に対する比率を示す。
- \* 中段は、材料費 (普通鋼材10万円/tf、テーバー鋼板11.2万円/tf) を示す。



図一 4 TYPE-2, TYPE-3 応力図



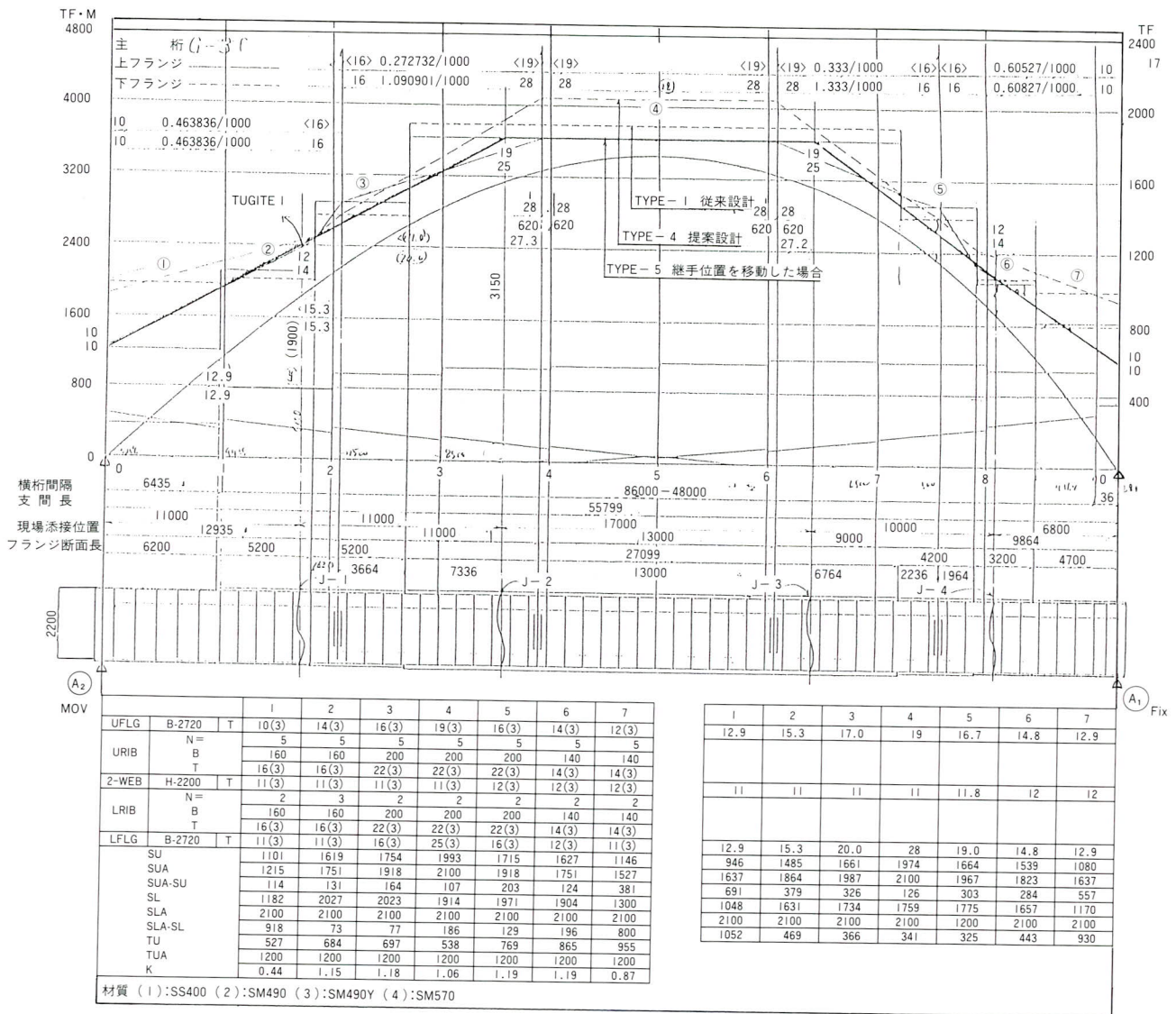


図-5 TYPE-1, TYPE-4, TYPE-5 応力図

を変えないよう縦リブの工場突き合わせ溶接継手を残したためである。

- 当初から合理化設計をした場合（フランジ・ウェブおよび縦リブとも板継ぎ溶接なし）の試算結果をTYPE-2、TYPE-3に示すが、鋼重増加率はそれぞれ8.8%、2.4%となる。
- 原設計をベースに継手位置に自由度を持たせたTYPE-5（フランジ・ウェブおよび縦リブとも板継ぎ溶接なし）はTYPE-4（縦リブのみ板継ぎ溶接あり）とほぼ同様であり、施工の条件が満足できれば鋼重低減の効果はある。

図-4 にTYPE-2, TYPE-3の応力図を図-5に

TYPE-1, TYPE-4, TYPE-5の応力図を示す。

(2) 詳細検討

本工事にテーパー鋼板を使用することを前提に詳細検討を行った。各案の比較条件と特徴はつぎのとおりである。

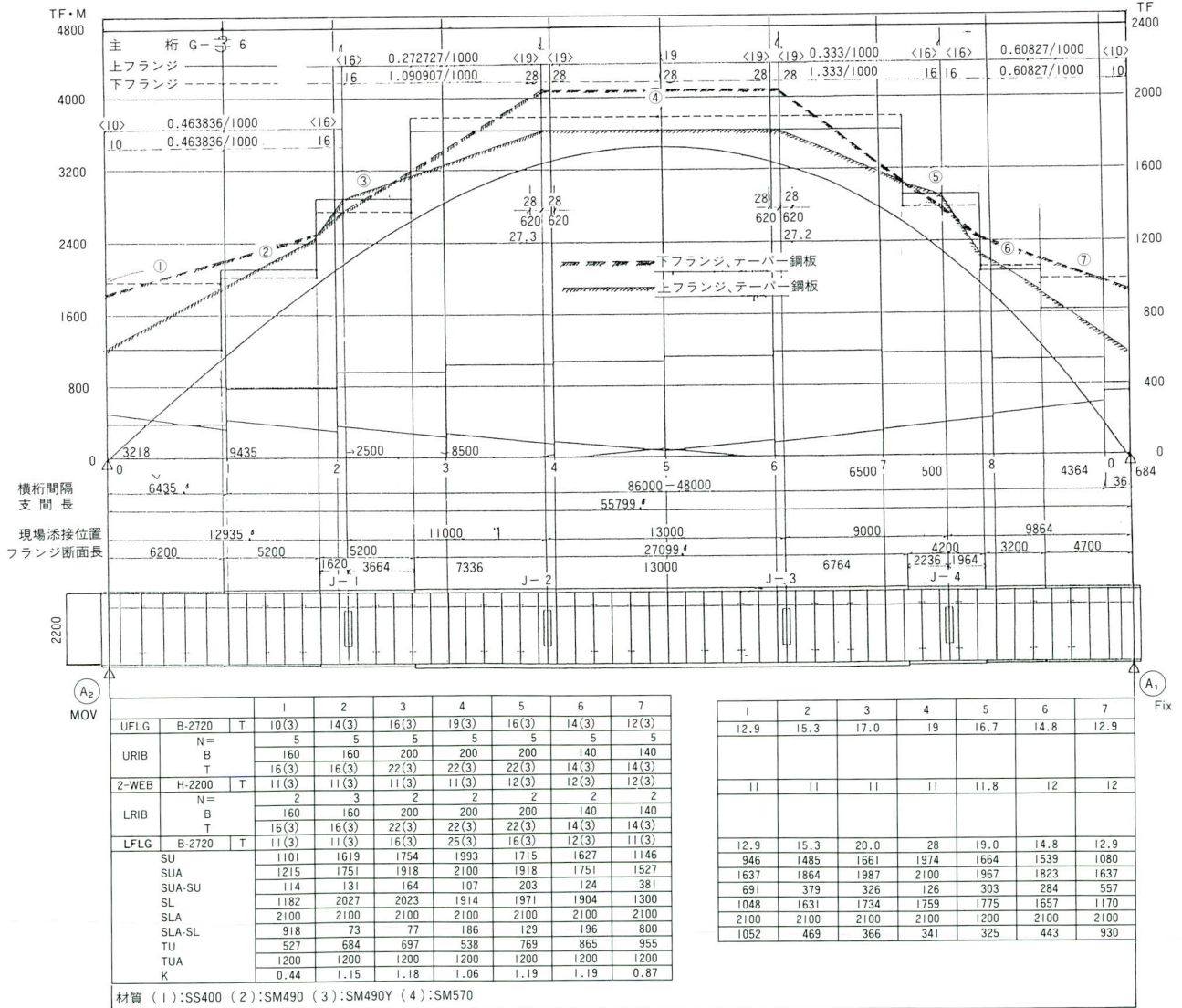
比較条件

- 部材長は原設計どおりとする。（最大部材長L=13m）
  - フランジの最小板厚をt=10mmとする。
  - テーパー鋼板を使用する。
- A一案（増加鋼重W=11.650tf）この案を採用した。
- 主部材の全ての板継ぎ溶接を省略（縦リブを除く）

表一 2 板継ぎ省略に関する鋼重比較表

比較条件 1) 部材長は原設計どおりとする。(最大部材長 l = 13m)  
 2) フランジの最小板厚を t = 10mm とする。  
 3) テーパー鋼板を使用する。

比較案	特徴	原設計との鋼重比較 (t)   連分	相違点																		
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>主部材の全ての板継ぎ溶接を省略</li> <li>フランジ、ウェブ共テーパー鋼板を使用</li> <li>支間中央断面は継手部の補強断面を延長する</li> </ul>	<table border="1"> <tr><td>原設計</td><td></td><td>変更設計</td></tr> <tr><td>u-flg</td><td>57・657 Δ0・609</td><td>58・266</td></tr> <tr><td>l-flg</td><td>63・499 Δ5・080</td><td>68・579</td></tr> <tr><td>webL</td><td>33・400 Δ0・068</td><td>33・468</td></tr> <tr><td>webR</td><td>33・400 Δ0・068</td><td>33・468</td></tr> <tr><td>合計</td><td>187・956 Δ5・825</td><td>193・781 (Δ5・825=11・650)</td></tr> </table>	原設計		変更設計	u-flg	57・657 Δ0・609	58・266	l-flg	63・499 Δ5・080	68・579	webL	33・400 Δ0・068	33・468	webR	33・400 Δ0・068	33・468	合計	187・956 Δ5・825	193・781 (Δ5・825=11・650)	<ul style="list-style-type: none"> <li>B案との相違はウェブにもテーパー鋼板使用</li> <li>●鋼重増 (flg. webに対して) +5.825 t (3.1%)</li> <li>●テーパー鋼板重量 104.465 t</li> <li>●板継ぎ溶接省略箇所54箇所 (完全省略)</li> <li>●この案を提案する</li> </ul>
原設計		変更設計																			
u-flg	57・657 Δ0・609	58・266																			
l-flg	63・499 Δ5・080	68・579																			
webL	33・400 Δ0・068	33・468																			
webR	33・400 Δ0・068	33・468																			
合計	187・956 Δ5・825	193・781 (Δ5・825=11・650)																			
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>主部材の全ての板継ぎ溶接を省略</li> <li>フランジにテーパー鋼板を使用</li> <li>ウェブは t = 12mm に統一</li> <li>支間中央断面は継手部の補強断面を延長する</li> </ul>	<table border="1"> <tr><td>原設計</td><td></td><td>変更設計</td></tr> <tr><td>u-flg</td><td>57・657 Δ0・609</td><td>58・266</td></tr> <tr><td>l-flg</td><td>63・499 Δ5・080</td><td>68・579</td></tr> <tr><td>webL</td><td>33・400 Δ1・913</td><td>35・313</td></tr> <tr><td>webR</td><td>33・400 Δ1・913</td><td>35・313</td></tr> <tr><td>合計</td><td>187・956 Δ9・515</td><td>197・471 (Δ9・515=19・030)</td></tr> </table>	原設計		変更設計	u-flg	57・657 Δ0・609	58・266	l-flg	63・499 Δ5・080	68・579	webL	33・400 Δ1・913	35・313	webR	33・400 Δ1・913	35・313	合計	187・956 Δ9・515	197・471 (Δ9・515=19・030)	<ul style="list-style-type: none"> <li>A案に比べて鋼重3.690 t 増</li> <li>●鋼重増 (flg. webに対して) +9.515 t (5.1%)</li> <li>●テーパー鋼板重量 89.500 t</li> <li>●板継ぎ溶接省略箇所54箇所 (完全省略)</li> </ul>
原設計		変更設計																			
u-flg	57・657 Δ0・609	58・266																			
l-flg	63・499 Δ5・080	68・579																			
webL	33・400 Δ1・913	35・313																			
webR	33・400 Δ1・913	35・313																			
合計	187・956 Δ9・515	197・471 (Δ9・515=19・030)																			
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>ウェブは原設計どおりとする (t = 11, 12の板継ぎ溶接有り)</li> <li>フランジのほとんどにテーパー鋼板を使用</li> <li>支間中央断面は原設計どおりとする (t = 22-25 t = 25-28の板継ぎ溶接有り)</li> </ul>	<table border="1"> <tr><td>原設計</td><td></td><td>変更設計</td></tr> <tr><td>u-flg</td><td>57・657 Δ0・609</td><td>58・266</td></tr> <tr><td>l-flg</td><td>63・499 Δ2・820</td><td>66・319</td></tr> <tr><td>webL</td><td>33・400 Δ</td><td>33・400</td></tr> <tr><td>webR</td><td>33・400 Δ</td><td>33・400</td></tr> <tr><td>合計</td><td>187・956 Δ3・429</td><td>191・385 (Δ3・429=6・858)</td></tr> </table>	原設計		変更設計	u-flg	57・657 Δ0・609	58・266	l-flg	63・499 Δ2・820	66・319	webL	33・400 Δ	33・400	webR	33・400 Δ	33・400	合計	187・956 Δ3・429	191・385 (Δ3・429=6・858)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●鋼重増は最小となる。ウェブに鋼重増はない。</li> <li>●鋼重増 (flg. webに対して) +3.429 t (1.8%)</li> <li>●テーパー鋼板重量 70.108 t</li> <li>●フランジの一部およびウェブ板継ぎ残る。板継ぎ溶接省略箇所40箇所</li> </ul>
原設計		変更設計																			
u-flg	57・657 Δ0・609	58・266																			
l-flg	63・499 Δ2・820	66・319																			
webL	33・400 Δ	33・400																			
webR	33・400 Δ	33・400																			
合計	187・956 Δ3・429	191・385 (Δ3・429=6・858)																			



図一 6 応力図の 1 例



- フランジ・ウェブ共テーパ鋼板を使用
- 支間中央断面は継手部の補強断面を延長する。

B一案 (増加鋼重W=19.030tf)

- 主部材の全ての板継ぎ溶接を省略(縦リブを除く)
- フランジにテーパ鋼板を使用
- ウェブは t = 12mm に統一
- 支間中央断面は継手部の補強断面を延長する。

C一案 (増加鋼重W=6.858tf)

- ウェブは原設計どおりとする。(t = 11、12の板継ぎ溶接有)
- フランジのほとんどにテーパ鋼板を使用
- 支間中央断面は原設計どおりとする (t = 22-25、t = 25-28mmの板継ぎ溶接有)

各案の鋼重比較結果を表-2に応力検討結果の一例を図-6に示す。なお採用したA一案のテーパ鋼板の重量は約208tfである。

### (3) 設計上の留意点

テーパ鋼板を用いて設計する場合のポイントはテーパ率の設定と平坦度の確保といった製鋼上の問題に加えて最小板厚をどう決めるか・全体的に自重および剛性が若干増加することから製作キャンパーに与える影響はどうか・テーパ鋼板を使用する場合の補剛材の設計をどうするか・現場継手部の高力ボルトの継手性能に係わる問題などについて注意する必要がある。本橋の場合は十分な事前検討結果に基づいてつぎのようにした。

- 最大テーパ率1.33/1000 (28/16-9000) であり、tw=11~12mm変化するウェブにもテーパ鋼板を使用した。
- フランジ最小板厚を10mmとした。
- 自重・剛性の変化については、剛性は5%以下の上昇であり、鋼重の増加は約5.5%の増加であった事から、死荷重のたわみ差は6~7mmで

表-3 ミルシートの1例

新日本製鐵株式会社  
Nippon Steel Corporation  
寸法測定成績表  
DIMENSIONS MEASUREMENT REPORT

契約番号 : 5-110-H5-1-6-5107  
CONTRACT No. : 5-110-H5-1-6-5107

規格 : JIS G3106 SM490YA-TAPER  
SPECIFICATION : JIS G3106 SM490YA-TAPER

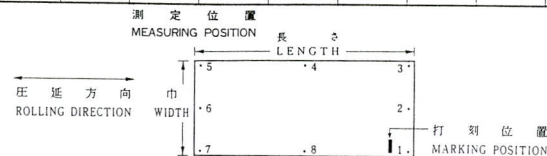
需要家 : MIYAJI TEKKO/MATSUMOTO  
CUSTOMER : MIYAJI TEKKO/MATSUMOTO

本社 : 〒100 東京都千代田区大手町二丁目6番3号  
HEAD OFFICE : 2-6-3, OTEMACHI, CHIYODA-KU, TOKYO 100, JAPAN  
大分製鐵所 : 〒870 大分県大分市大字西ノ瀬1番地  
OITA WORKS : 1, NISHINOSU, OITA-CITY, OITA-PREF., 870, JAPAN

発行番号 : 18093-1  
REPORT No. : 18093-1  
発行年月日 : 1995-08-02  
DATE OF ISSUE : 1995-08-02

寸法 NOMINAL DIMENSION (MM)	製品番号 PLATE No.	実測寸法 ACTUAL DIMENSION (MM)										備考 REMARKS
		厚み THICKNESS								巾 WIDTH	長さ LENGTH	
		1	2	3	4	5	6	7	8			
16X10X2750X14230	673162-01	16.25	16.20	16.25	13.59	10.70	10.90	10.70	13.60			
16X10X2750X14220	674554-01	16.15	16.05	16.25	13.15	10.35	10.49	10.24	13.10			
16X10X2750X14220	674555-01	16.00	15.85	16.03	12.95	10.15	10.18	10.08	12.97			
16X10X2750X12700	674559-01	16.00	15.83	16.02	12.99	10.23	10.31	10.22	13.12			
16X10X2750X12690	674562-01	16.07	15.87	16.02	12.98	10.22	10.30	10.27	13.01			
16X10X2750X12690	674563-01	16.01	15.80	15.89	13.03	10.17	10.30	10.25	13.05			
16X10X2750X11160	674566-01	16.30	16.17	16.22	12.99	10.38	10.45	10.45	13.10			
16X10X2750X11160	674567-01	16.23	16.05	16.09	12.95	10.33	10.56	10.34	12.95			
16X10X2750X11150	676114-01	16.58	16.50	16.58	13.55	10.57	10.75	10.60	13.50			
16X10X2750X11150	676116-01	16.50	16.42	16.45	13.42	10.60	10.70	10.62	13.43			

検査員 :  
SURVEYOR :



大分製鐵所品質保証企画室長  
MANAGER, INSPECTION  
OITA WORKS



あり原設計に対して3%程度の差であった。施工は精算したもので行ったが原設計のキャンパー値をそのまま使用したとしても問題なかったと思われる。

- 道路橋示方書に定められている補剛板の基準耐荷力曲線は通常の平板に対するものでありテーパ鋼板を用いた場合にはそのまま適用する事が出来ない。そこで、縦リブと中間板厚からなる柱部材をモデル化して座屈安定照査を行った。
- 現場継手部では部材両端の母材のテーパ率が異なる場合、添接板と母材との肌スキが予想される。本橋の場合この肌スキは最大0.5mm程度であるが、安全性確認のため別途「テーパ鋼板を用いた高力ボルト摩擦接合試験」<sup>3)</sup>を実施した。

#### (4) 施工管理

テーパ鋼板は板厚が連続して一定比率で変化するか

ら施工品質管理に際しては板厚管理が重要である。そこで通常の管理に加えて下記のように手順を定め確実に運用した。

- 罫書き前にテーパ鋼板の材料寸法・材質・テーパ方向を確認する。
- 板厚基準線を薄板側に罫書き、それを基に長さ寸法を押さえる。
- 溶接による縮み代は厚板側に逃がす。
- 罫書き完了後、部材両端部の板厚を測定し所定の板厚が確保されている事を確認する。
- 箱桁の板厚変化は全て外側とする。
- 部材端の切断形状は内面に対して直角とする。

テーパ鋼材の品質規格はJISG3193（平坦度・横曲がり・直角外れ）およびJISG3106によった。また、ミルシートの規格名表示はJISG3106SM520B-TAPERとした。

ミルシートの一例を表-3に橋梁用鋼板の板厚の許容差を表-4に示す。

表-4 橋梁用鋼板の板厚の許容差(mm)

幅	1.250未満	1.250以上 1.600未満	1.600以上 2.000未満	2.000以上 2.500未満	2.500以上 3.150未満	3.150以上 4.000未満	4.000以上 5.000未満		
厚さ 6	+0.90 -0.30	+0.90 -0.30	+1.00 -0.30	+1.20 -0.30	+1.40 -0.30	+1.60 -0.30	+1.80 -0.30		
8	+0.80 -0.40	+0.80 -0.40	+0.90 -0.40	+1.10 -0.40	+1.30 -0.40	+1.50 -0.40	+1.70 -0.40		
9	+0.75 -0.45	+0.75 -0.45	+0.85 -0.45	+1.05 -0.45	+1.25 -0.45	+1.45 -0.45	+1.65 -0.45		
10	+0.70 -0.50	+0.70 -0.50	+0.90 -0.50	+1.10 -0.50	+1.30 -0.50	+1.50 -0.50	+1.70 -0.50		
11	+0.65 -0.55	+0.65 -0.55	+0.85 -0.55	+1.05 -0.55	+1.25 -0.55	+1.45 -0.55	+1.65 -0.55		
12	±0.60		+0.80 -0.60	+1.00 -0.60	+1.20 -0.60	+1.40 -0.60	+1.60 -0.60		
13			+0.75 -0.65	+0.95 -0.65	+1.15 -0.65	+1.35 -0.65	+1.55 -0.65		
14			±0.70		+0.90 -0.70	+1.10 -0.70	+1.30 -0.70	+1.50 -0.70	
15					+0.85 -0.75	+1.05 -0.75	+1.25 -0.75	+1.45 -0.75	
16	±0.70		+1.00 -0.80	+1.20 -0.80	+1.40 -0.80	+1.60 -0.80			
19			±0.80		+1.05 -0.95	+1.25 -0.95	+1.45 -0.95	+1.65 -0.95	
20					±0.90		+1.40 -1.00	+1.60 -1.00	+1.80 -1.00
22							±1.00		+1.30 -1.10
28	±0.80		±1.00		±1.30				±1.40
30									
32									
36									
38	±0.90		±1.00		±1.40		±1.50		
40									
42									
44									
46									
48									

### 3. 材料調査結果

- テーパー鋼板の鋼材特性は全てJIS規格を満足した。
- 所定板厚位置の実測板厚は若干プラス気味であった。
- 組立のケガキに際して板厚管理を実施した。また、部材完成後に部材端部での板厚測定を行ったが、全て所定の板厚を満足した。
- 異なるテーパー率のテーパー鋼板を用いた高力ボルト摩擦接合継手の試験結果は十分満足のいくものであった。

### 4. まとめ

建設コスト低減を目的として、テーパー鋼板を用いて工場突き合わせ溶接継手を省略した大高跨道橋の事前検討と施工管理について報告した。鋼橋に大量のテーパー鋼板(208tf)を使用するのは初めての事であり材料・設計・製作に係わる貴重なデータが収集できた。本橋は当初普通鋼板の使用を前提に設計されていたものをテーパー

鋼板の適用に向けて見直し設計をしたものであり、大板(フランジ・ウェブ)のみテーパー鋼板を使用し、縦リブは当初設計のままで製作した。当初からテーパー鋼板を意識した合理化設計をすることでより一層のコスト縮減ができると思われる。

最後に、板継ぎ溶接省略のためのテーパー鋼板の使用という当社の提案に対して快くパイロット事業工事として採用して戴いた建設省名四国道工事事務所の方々に感謝いたします。

### <参考文献>

- 1) 鋼道路橋設計ガイドライン(案), 平成7年10月, 建設省
- 2) 成宮他; 橋梁の省力化対策— テーパー鋼板および差厚鋼板の橋梁への適用(その1), 宮地技報NO.10
- 3) 鳴沢他; [箱桁製作の省力化工法] テーパー鋼板および差厚鋼板の橋梁への適用(その3) テーパー鋼板を用いた高力ボルト摩擦接合試験(大高跨道橋), 宮地技報NO.12

1996. 10. 31受付

### グラビア写真説明

#### JR東日本新本社ビル

新宿南口に最近オープンした高島屋の向いに丸味をおびたアルミカーテンウォールのビルがあります。それがJR東日本新本社ビルです。

地下4階, 地上28階, 塔屋1階のオフィスビルで鉄骨造, 一部鉄骨鉄筋コンクリート造です。高さは地上150.75mで竣工は平成9年秋の予定です。構造的な特徴としてはBOX柱4本からなるスーパーフレーム柱とそれを結ぶスーパートラス(5階, 17階, R階)ではないかと思えます。松本工場も17階を施工しましたがHT60材(t=70, 60mm)を使用しての構造物は各種の立会い試験と溶接管理が大変で、日夜溶接ワイヤを溶かしての製作となりましたが現場でのトラブルもなく無事建方を完了することができました。

(小松)