

日本道路公団 正員 谷合光正 窪田守男
川崎重工業 正員 繁戸武一 ○正員 土井佑介

1. まえがき

境水道橋は鳥取県弓ヶ浜半島の突端と島根半島の東端とを結び、境水道を跨ぐ橋梁である。事業費の関係から縦断勾配が7.25%となり、また一万トン船舶の航行より桁下空間40^Mとする必要から中央径間240^Mを有する非対称鋼三径間連続上下路式曲弦トラスを採用した。本橋の特異点は次の通りである。

- (1) 橋梁の途中で中路部があり、横荷重に対して慣用法の適用が難しいこと。
- (2) 曲弦トラスの影響より、床組と床版に主構の鉛直変位のみならず、アーチ作用が付加力として働くこと。
- (3) 縦断勾配が大きいので、伸縮時に取付橋梁との取合部で鉛直方向の喰い違いが生ずる。そのため伸縮装置に特別な工夫を要する。
- (4) 橋長に比して巾員が狭く、細長いタイプの橋梁であるため、横座屈強度の照査を必要とすること。
- (5) 斜材の細長比が大きく、風の振動に対する配慮を必要とすること。
- (6) トラベラーを使用した張出し工法であるため、トラベラーの走行にともなう多方面からの検討と、架設誤差が生じた場合の閉合方法を考慮した設計であること。

2. 設計基本事項

中央支間は240^Mであり、鋼道示の適用範囲外であるが、基本的には本示方書に準ずることとした。設計諸元は表-1に、設計荷重は表-2に示す通りである。

3. 主構の設計

解析法としては面内荷重に対し平面系、面外荷重に対しては開断面部があることを考慮して立体解析を行なっている。図-2に設計応力と抵抗断面値を示しているが、端の3パネルと交番部の上弦材はトラベラーの走行より決っている。主構の断面はいずれの部材とも箱断面としている。また格点部には剛結による2次応力が生じて来るの



写真-1. 閉合完了の境水道橋

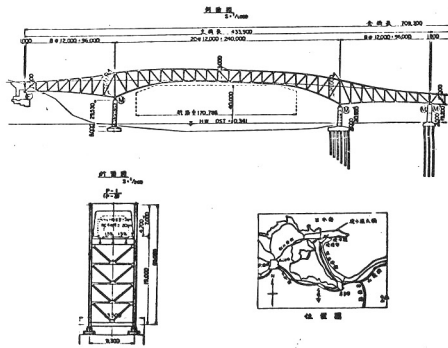


図-1. 一般図

表-1. 基本要目

型 式	鋼三径間連続上下路式曲弦トラス	
橋 格	一跨橋	
橋 長	433 ^M	
桁 長	432 ^M	
支 間 長	96 ^M + 240 ^M + 96 ^M	
格 間 長	8@12.0 + 20@12.0 側弦間 + 8@12.0 鋼弦間	
幅 員	14.0 + 6 ^M 5 + 1 ^M 0 地震考慮、地震	
主構間隔	4 ^M 3	
桁 下 高	最低橋170 ^M 28に引いて H44上40 ^M 0	
勾 配	縦 断	7.25%直線および放物線
	横 断	1.5%直線
床 版	鉄筋コンクリート20cm厚	
鋪 装	アスファルト5cm厚	

て、ガセ
ットプレ
ートの形状
と腹材の
端部の強度に注意
を払って
いる。

表-2. 荷 重

項 目	注 意 事 項
1. 比荷重	床版、橋板、高欄 および活荷重重量
2. 鋼 重	仮定鋼重と実測鋼重の差は3%以内とする。
3. 活荷重	下し-20 水圧はし荷重についても照査する。
4. 衝 撃	鋼道示10系に準拠する。
5. 風荷重	鋼道示11系に準拠する。ただし、暴露面積は別途計算する。
6. 温度差	基準温度+20℃、温度昇降を30℃、日射部と日陰部の温度差15℃とする。
7. 地震荷重	基準強度 $K_A=0.2$ 、 $K_U=5.0$ 、高さに比例増し考慮 $K_{Ed}=0.332$
8. 架設機材	トラバラー台60°(鉛直度)、87°(鉛直度)およびレール、足場など2222.5kg
9. 修正荷重	鋼道示の鋼重に上下方向に±50mm、横方向に±25mm以内に対し、相対に 換算力を加えることとし、この応力は1/2応力に見直し。
10. 不導沈下	全長のため、単位長の不導沈下について計算する。

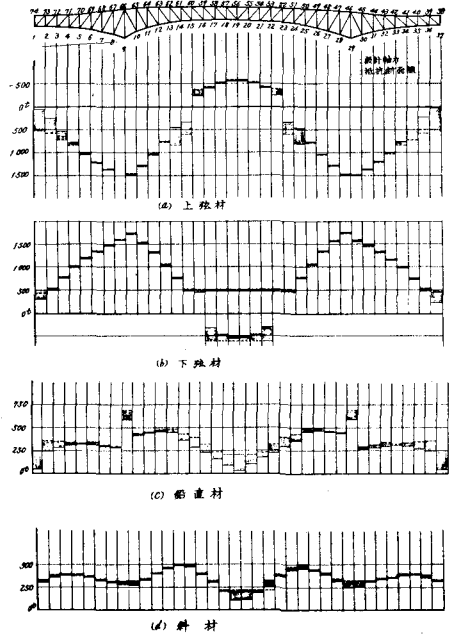


図-2. 設計部材力と抵抗断面値

4. 横構の付加力

従来の横構の設計は風荷重または地震荷重などの横力のみに注目しており、主構の変形にともな
って生じて来る付加力には特別な考慮が払われて
いない。図-3に付加力を考慮した場合の横構部
材力を示している。ここで横力による応力計算は
ダブルワーレントラスをシングルワーレントラス
に置換している。付加力を考慮した時の許容応力
の割増しは40%である。付加力が引張の範囲は付加力を考慮したものが、圧縮の範囲は
慣用計算を行なっておれば十分であることがわかる。

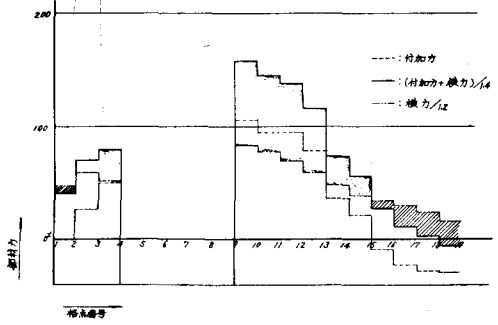


図-3. 横構部材力

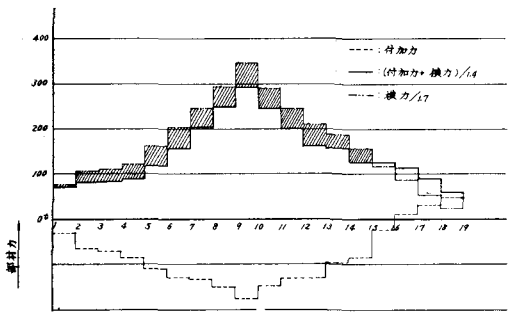


図-3. 横構部材力

5. 床組の付加力

縦桁は横梁の中間で不連続にすると、床版の破損を起しやすくなるので、全長にわたり
連続構造にしている。床組には主構の鉛直変位による曲げモーメントと曲弦トラスにより
生じるアーチ作用により、軸力も発生する。図-4に付加断面力を示しているが、中間橋
門構近傍では上下フランジを増厚することで対処している。この際の許容応力は40%の割
増しを行なっている。床版の配力筋についても同様な照査を行なっている。

表-3 死荷重たわみ量

	条 件				たわみ量 (mm)	
	case	格点	横構	床組	島根側	島取側
架設時	1	ビ ン	無	無	907	827
	2	剛 結	有	・	835	761
	3	ビ ン	無	・	383	383
完成時	4	・	・	有	366	366
	5	剛 結	有	無	359	359
	6	・	・	有	343	343
合 計	①	1 + 3			1290	1210
	②	1 + 4			1273	1193
	③	2 + 5			1194	1120
	④	2 + 6			1178	1104

(注) 中央区間中央点のたわみ量を示す。

6. たわみ量

本橋の架設工法は中央径間が張出し工法であるので、製作寸法の決定に当っては特に慎重な配慮が必要である。死荷重たわみについては剛結トラスおよび横構と床組の協力を考えた場合などの仮定条件を加味した各ケースについて前もって検討した。製作キャンバー量としては①の値を使用している。なお現場添接には、リベットを使用している関係から非弾性変形量として閉合点で 50 mm の上げ越しを見込んでいる。

図-4 縦桁の付加力

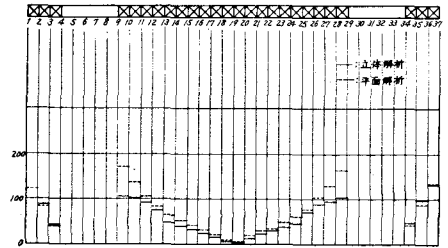
7. その他主要検討事項

(1) 立体解析と平面解析の比較

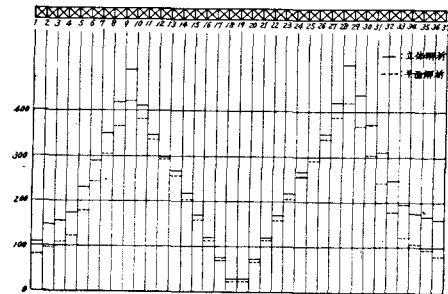
立体解析と平面解析の横構部材力の比較を行なえば、図-5 の通りである。上横構の設けられていない箇所は横力は下弦材側に移っている。また全体的に下弦材側に移っているが、これは箱断面の捻り剛性により横方向の剛性の大きい下弦材側に移ったものと推定される。

(2) 横座屈の計算

L (支間) / B (主構間隔) = 25.8 であり、細長いタイプの横梁に属するので、横座屈の計算を行なった。細長い薄肉 I 型ばりの横座屈に関しては F. Bleich により解析されており、これを基礎理論として変断面構造の場合に適用する。この種の計算については等分表現を用いる方法とエネルギー法 (Ritz 法) があり、これら両者について数値計算を行なっている。本橋は三径間連続トラスであるが、中央径間部のみ取り上げると



a) 上横構



b) 下横構

図-5 立体解析と平面解析の比較

ともにトラスはせん断剛性の等しい
平板に置換し、箱断面形として横座
屈強度の近似値を求めている。表-4
に計算結果を示しているが、完成系
について考察すると

- a) 等分の分割数は5分割と10分
割ではその差は約5%である。
- b) 集中荷重の影響は1.6%程度で
あり微小である。
- c) エネルギー法による計算値は
上限値とみられる。

上記考察より63.5%を採用する。
架設時についてみると、実橋では側径
間の拘束によって固定端は反り自由と
反り拘束の中間にあり、安全側を考え
て323.8%が略妥当と考えられる。

(3) 振動の計算

正方形に近い矩形断面の場合には静
的な空気力の他に動的作用として風琴
振動と跳躍振動が起ることが知られて

いる。図-6に斜材の風琴振動に関する計算結果を

示している。ここでストロハル数は $S=0.120$ とした。この地点の気象観測結果より共振風
速20%以下の中間橋門構近傍の3パネルは振動を防止する部材で、鉛直材と連結してい
る。跳躍振動についてはDen Hartogの判別式にて照査したが、別段問題とはならなかった。
なお参考のため上部工の固有振動数を求めたが、斜材と共振することは考えられなかった。

表-4. 横座屈安全率

手 法	端 要			座屈荷重 $W_{cr}(\%)$	安全率 f
	断面形状	境界条件	荷 重		
完 成 時	差分法	$n=5$	換り拘束 反り自由	等分布荷重	60.2
		$n=5$	換り自由 反り拘束	集中荷重考慮	59.3
		$n=10$	換り自由 反り拘束	等分布荷重	63.5
	エネルギー法	*	*	*	79.6
架 設 時	エネルギー法	*	換り拘束 反り自由	*	745.2
		*	換り拘束 反り自由	*	323.8
	Prandtl	最大断面	*	171.2	30.3
		最小断面	*	404.4	71.5

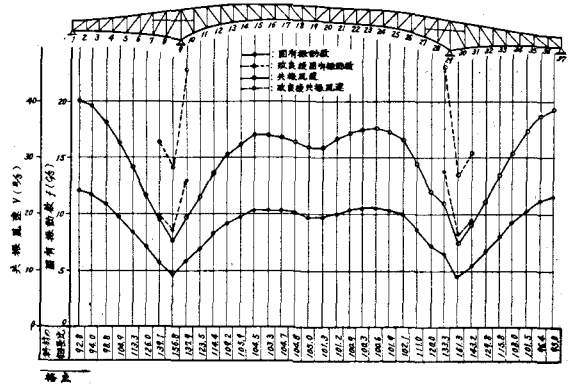


図-6. 斜材の固有振動数と共振風速

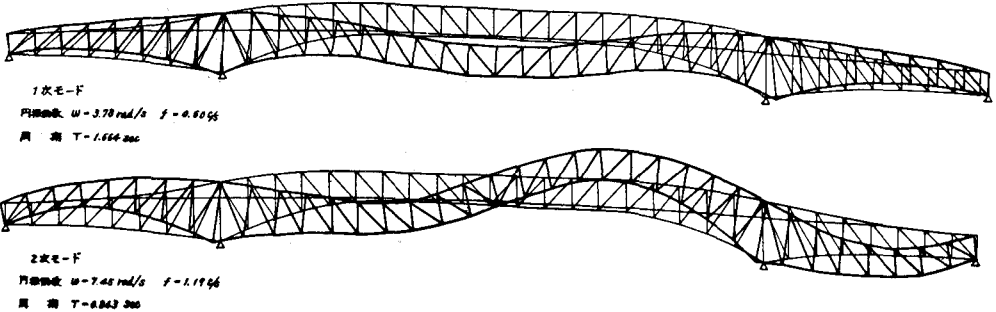


図-7. 橋体の固有振動

8. あとがき

本橋の特異性を考えて多方面からの検討を行なったが、従来2次的な問題として簡単に
処理している事柄も厳密な照査を行なってみると相当な応力が生じていることもある。本
報告は検討結果の一部であり、講演会にて詳細に説明の予定である。