

1. はじめに 本州四国連絡橋のうち大鳴門橋は道路6車線と新幹線複線が、また児島-坂出ルート
の橋梁では道路4車線と在来線複線および新幹線複線が併設される構造である。児島-坂出ルートの海峡部
橋梁は、中央支間長が1000mクラスの吊橋が3橋、420mの斜張橋が2橋および200mクラスの
連続トラス橋から成っている。これらのいずれの橋梁もそれぞれの型式の橋としては世界最大規模のもの
であり、しかもこのような長大橋を道路、鉄道共用とした例はほとんどない。これらの本州四国連絡橋の
設計寿命は100年であり、その間に通過する交通荷重に対して疲労の安全性を照査している。また海上
にかかる橋ということより、全ての構造部材を密閉構造とするなどの腐食に対する配慮や維持・管理のた
めのシステムや機器の整備がされている。ここでは本州四国連絡橋プロジェクトにおける長大橋の疲労設
計に関連して実施した研究成果を概説する。

2. 大型疲労試験 本州四国連絡橋の計画当時(1973年に認可)SM58-800MPaクラスの
高張力鋼の、鉄道橋への使用実績はなかった。そのため本州四国連絡橋公団は高張力鋼を用いた各種継手
の多くの疲労試験を行ない、その結果に基づいて1974年3月に疲労設計基準が定められた。さらに、
1975年から動的能力400tonの疲労試験機を用いた疲労試験が開始された。その結果に基づいて、
1982年に疲労設計基準が改訂された。

今までに実施された主な大型疲労試験およびそれから得られた主な結果は次の通りである。

- (1) 板厚45mmおよび75mmの800MPa級高張力鋼継手試験体
 - 1) 部分溶け込み縦方向溶接継手; 板厚効果、溶接残留応力の影響
 - 2) リブ十字溶接継手; 板厚効果、改良溶接棒の効果、疲労強度に有利な積層法
 - 3) スカラップ付リブ十字溶接継手; 高い引張残留応力のある試験体での応力比の影響
 - 4) ガセット継手; 面内、面外ガセットの差、フィレット半径、仕上げの程度の影響
 - 5) 高力ボルト継手; 摩擦接合および支圧接合、ボルト列数の影響
- (2) 構造物モデル
 - 1) トラス格点構造; 斜材の接合方法、格点内のダイアフラム、スカラップの配置と格点内での局部的な応力および疲労き裂の発生、進展。角継手部の欠陥と疲労強度
 - 2) 箱断面部材; 実部材と同じ方法により製作されたトラス弦材継手部の疲労試験、欠陥の影響
 - 3) 箱断面ダイアフラム付部材; ダイアフラムの取付方法、特にスカラップの有無の影響
 - 4) H型箱断面中間ダイアフラム試験体; 実部材と同じ寸法のスカラップを付け、同じ方法で溶接。疲労強度に有利な溶接運棒法、止端形状と疲労強度
 - 5) H型箱断面端ダイアフラム試験体; 片側のみからすみ肉溶接で取付けられたダイアフラム。ルートギャップの影響およびルートからの疲労き裂の発生。中間ダイアフラム部との疲労強度比較
- (3) 実大試験体での疲労
 - 1) トラス部材; 斜張橋主構トラス部材の曲げ疲労試験、角継手部の欠陥とき裂
 - 2) 横トラス部材; 斜張橋横トラス下弦材の曲げ疲労試験、鉄道縦桁の支承部ディテールの疲労強度確認、局所的な面外曲げを防止するのに適したダイアフラムの取付方法

3. 疲労設計および製作基準 図-1にトラス構造中の各種の継手構造およびそれらの設計許容応力範囲の等級分類の例を図-2に設計寿命線を示す。大型疲労試験の結果に基づいて1974年の設計基準から改訂された主な点は次の通りである。

- (1) 設計寿命の勾配; SM58以上の高張力鋼を用いた溶接継手部に対して $-1/3$ 、SS41からSM53までの鋼に対して $-1/4$ 、非溶接部に対して $-1/5$ とした。
- (2) 照査する応力; 活荷重(衝撃を含む)により生じる応力範囲を用いる。平均応力が正の領域($R > -1$)では許容応力範囲は一定とした(基準強度)。圧縮応力のみを繰返しをうける場合($R = -\infty$)は、30%ほど基準強度を割り増し、 $R = -\infty$ から $R = -1$ の間は直線補間するようにした。
- (3) 継手分類; 角継手の一般部をA→Bに変更、角継手でガセットの応力集中の影響をうける部分をCに分類した。ガセット部をその型式、フィレット半径および端部の仕上げの状態に基づいてAからDまでに等級分類を行なった。前面すみ肉溶接部については、改良溶接棒を用い、止端形状が良好であることが確認される場合にC等級、その他をD等級とした。ボルト継手部はボルト列数に従ってAからCまでに分類した。
- (4) 欠陥の限界寸法; 設計計算による応力範囲と許容応力範囲の比に基づいて部材を4等級に分類し、それぞれの等級について許容される溶接欠陥の寸法を明示した。
- (5) 構造ディテール、溶接ディテールの改善; トラス格点構造、ダイヤフラムの取付方法、すみ肉溶接の運棒法および積層法、スカラップの大きさや位置等を改善した。

4. おわりに 現在、児島-坂出ルート of 橋梁部材の制作はほとんど終了し、架設が進められている。またこれらの橋梁群を維持・管理していくためのシステム、機器等の研究が続けられている。

以上に述べた研究は本州四国連絡橋公団により実施され、土木学会本州四国連絡橋鋼上部構造研究小委員会(奥村敏恵委員長)、疲れに関する検討会(西村俊夫主査)により検討されたものである。

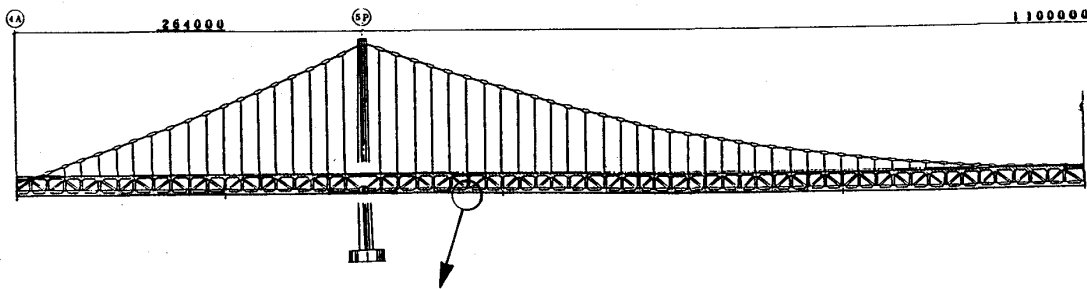


Fig.1 The Classification of Joint Details

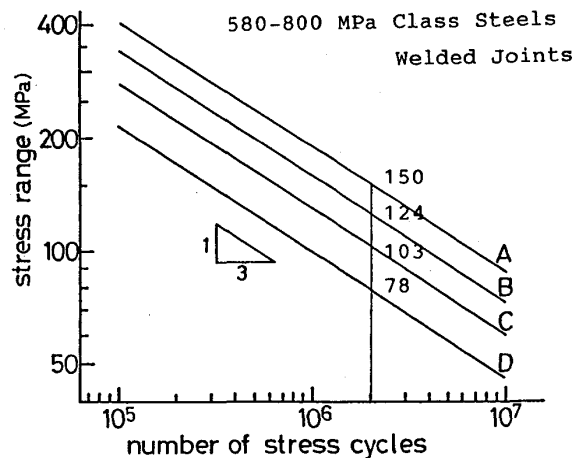


Fig.2 Fatigue Design Curves