

関西大学 学生員 ○二村大輔 学生員 松本健太郎 正会員 坂野昌弘
 三菱重工業（株） 正会員 磯田厚志 非会員 近藤伸介
 住友金属工業（株） 非会員 有持和茂 非会員 誉田 登

1. はじめに

疲労亀裂の進展を抑える効果を持つ耐疲労鋼材が開発され、その効果は素材レベルと小型の十字継手試験体では確認されている¹⁾。

本研究では、耐疲労鋼の橋梁部材への適用性を検討するために、橋梁中で疲労強度上重要な横桁下フランジと主桁ウェブの取り付け部を模した溶接桁試験体を耐疲労鋼と従来鋼で製作し、それらの疲労実験を行った。

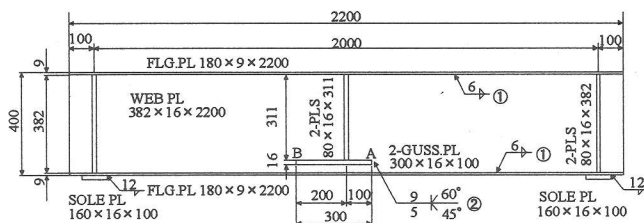


図-1 試験体の形状と寸法(側面図)

2. 実験方法

2.1 試験体

試験体の形状と寸法を図-1 に示す。試験体は I 型断面溶接桁で、スパン中央のウェブに横桁下フランジを接合する面外ガセットを設けている。ガセット取付けは JIS YFW-C602R 相当のブラックス入りワイヤ(DW-60)を用いた。上下各 6 層程度の CO₂ 半自動溶接により行い、平均入熱量は 13 (kJ/cm) であった。また、ガセット両縁部のうち高応力側を A、低応力側を B と呼び、応力集積、同じ断面の上下フランジに 1 軸ゲージを貼付した。の 2 種類である。従来鋼はフェライト・パーライト組織ト組織を有し、疲労亀裂進展抑制効果を持つものである。

Section D		$\Delta\sigma_1$ (MPa)	$\Delta\sigma_2$ (MPa)	θ (deg)
Cal. a		59.2	-6.1	-17.8
Meas. b	Face	58.6	-6.9	-15.9
	Rate b/a	0.99	1.13	0.89
	Back	59.2	-1.8	-16.5
	Rate b/a	1.00	0.30	0.93

Section C		$\Delta\sigma_1$ (MPa)	$\Delta\sigma_2$ (MPa)	θ (deg)
Cal. a		66.1	-5.5	16.1
Meas. b	Face	63.3	-7.3	16.4
	Rate b/a	0.96	1.25	1.02
	Back	65.2	-1.8	16.8
	Rate b/a	0.99	0.33	1.04



图-2 主応力图(SM570Q 2 体目 $\Delta P=230\text{kN}$)

2.2 载荷方法

載荷条件は両端支持の中央一点載荷で、最大荷重は死荷重を考慮し下フランジの最大応力が 154 (MPa) となるように 300kN と設定し (応力比 0.13~0.35)、荷重繰返し速度は 5Hz とした。試験中は目視、磁粉探傷試験、浸透探傷試験を併用して亀裂の発見に努めた。なお、片側の試験部が破断した場合には、高力ボルトによる当て板補強を行い、疲労実験を続行した。

3. 實驗結果

3.1 応力分布

上下フランジの 1 軸ゲージによって測定した各試験部の断面内の曲げよる直応力はほぼ直線的に分布し、梁理論による計算値に対して 8~10%程度小さめであった。



写真-1 発見時の疲労亀裂
(SM570Q 1 体目 B 断面 Nd=443 万回)

図-2 に 3 軸ゲージで測定した C, D 点の主応力を示す。計算値はガセット継手を無視し、一様断面の I 型梁と仮定して梁理論により求めたものである。最大主応力範囲 $\Delta\sigma_1$ の実測値は表裏ではほぼ一致しており、計算値よりも 1~4%程度小さくなっている。

3.2 疲労破壊挙動

写真-1,2 に 2 体目の疲労亀裂発生・進展状況を示す。SM490 鋼製試験体²⁾と同様、亀裂はガセット縁部のウェブ側の溶接止端部に沿って生じており、(写真-1)、図-2 に示した主応力方向とほぼ垂直に上下方向に進展し、下フランジを破断させている。写真-3 に疲労破面を示す。亀裂はガセット縁の溶接止端部の表面から発生して、半楕円状に進展し、ウェブを貫通した後上下に進展している。

3.3 疲労強度

図-3,4 に実測応力範囲で表した疲労実験結果と既報²⁾の SM490 材の疲労試験結果を道路協会の疲労設計曲線³⁾と共に示す。設計指針³⁾では曲げ応力範囲で評価するが、せん断応力が大きい場合には最大主応力範囲を用いる方がより合理的な評価ができる²⁾。図-3,4 とともに、従来鋼の疲労強度は SM490 と同程度で F 等級を満たしている。耐疲労鋼の疲労限は従来鋼に比べ 1.5 倍以上向上しており、疲労強度等級は E 等級以上となる。

4. おわりに

以上により、耐疲労鋼を用いた主桁-横桁接合部の疲労強度は従来鋼に比べ 1.5 倍以上向上することが確認された。疲労試験は現在も継続中であり、今後は耐疲労鋼の破壊挙動についても検討する予定である。

【参考文献】

1) 菅田他：金属組織制御による鋼材の疲労亀裂進展特性の改善-

疲労特性に優れた船体用鋼板の開発 第 1 報 日本造船学会論文集第 191 号 春季講演会, pp.229~237, 2002.

2) 坂野他：主桁-横桁接合部ウェブガセット溶接継手の長期疲労強度, 鋼構造論文集, 第 5 巻 第 18 号, pp.31~40,

1998. 3) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針, 2002.

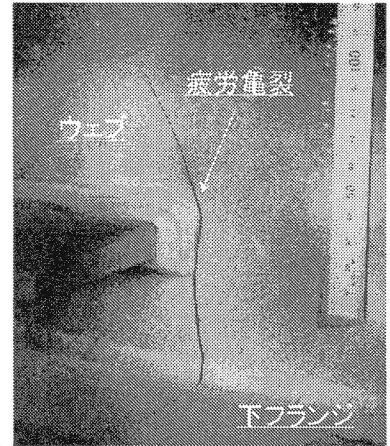


写真-2 破断時の疲労亀裂
(SM570Q 2 体目 B 断面 Nf=535 万回)

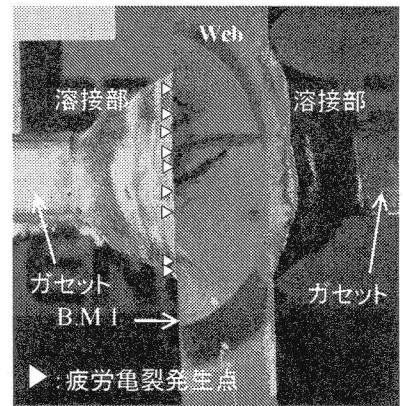


写真-3 疲労亀裂進展状況
(SM570Q 2 体目)

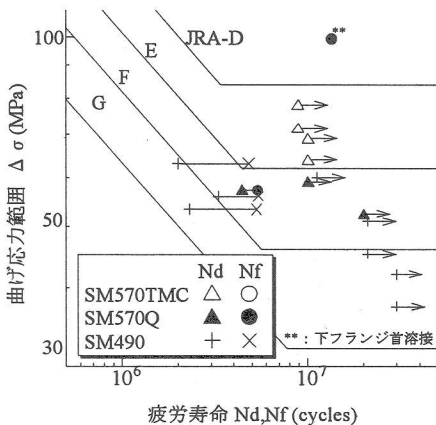


図-3 疲労強度(曲げ応力範囲)

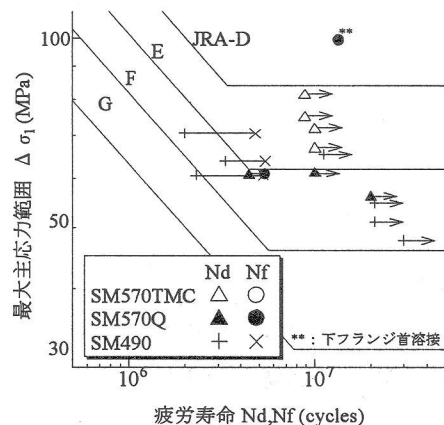


図-4 疲労強度(主応力範囲)