

I - 379

垂直補剛材端ギャップが横桁連結部の疲労強度に与える影響

大阪大学大学院 学生員 松居伸明
 大阪大学工学部 正員 大倉一郎
 大阪大学工学部 正員 福本嘯士
 川崎重工業（株） 菊池俊浩

1. まえがき プレートガーダーの製作において、ロボット溶接による自動化を困難にしている原因の一つに垂直補剛材とフランジの連結構造が挙げられる。本研究では、垂直補剛材端とフランジとの間のギャップ、すなわち垂直補剛材端ギャップが主桁と横桁の連結部の疲労強度に与える影響を、異なる垂直補剛材端ギャップを有する横桁連結部の疲労試験によって明らかにする。

2. 試験体 図-1に示すような主桁と横桁から成る試験体を2体製作した。試験体の左右の主桁の形状は全く同じである。横桁の支間の中央に繰返し荷重を作用させることにより、横桁の端部を回転させ、これによって主桁ウェブに面外変形を与える。このウェブの面外変形は垂直補剛材端に板曲げ応力を発生させる。左右の主桁上フランジをH型鋼で連結し、主桁上フランジの横方向の変位を拘束することによって、垂直補剛材の上端に大きな板曲げ応力を発生させた。

試験体の垂直補剛材端ギャップを図-2に示す。試験体VF-1の垂直補剛材端Bでは、垂直補剛材の上下端がともにフランジに隅肉溶接で連結されている。同試験体の垂直補剛材端Cでは、垂直補剛材の上下端ともフランジに溶接されず、密着されている。試験体VF-2の垂直補剛材端BとCはそれぞれ $g=35\text{mm}$ と 55mm のギャップを持ち、 $g+a$ が 175mm となるように垂直補剛材端が切断されている。

3. 静的載荷試験 試験体VF-2の横桁に生じる曲げモーメントを図-3に示す。両端単純支持と仮定した場合の曲げモーメントに試験値は近い値を示している。横桁端が主桁によって回転拘束を受けているため横桁端に負の曲げモーメントが生じている。

垂直補剛材端のまわし溶接の近傍のウェブの表裏に貼付した応力集中ゲージが与えるひずみの直線外挿によって、フランジとウェブを連結する隅肉溶接のウェブ側止端の位置のひずみを推定した。この結果を表-1に示す。

4. 疲労試験 図-1に示すように、横桁の支間中央の点Dと点Eに繰返し荷重 $P_{\min}=2\text{ tonf}$ 、 $P_{\max}=30\text{ tonf}$ を与え、荷重制御で疲労試験を行い、273万回の荷重の繰返しで疲労試験を終了した。図-4を参照して観察された疲労亀裂は次のように分類される。

a) タイプ1と1' : 図-4(a)に示すように、タイプ1の亀裂は、上フランジとウェブを連結する隅肉溶接において、垂直補剛材が存在しないウェブ面でウェブ側止端に発生する。タイプ1'の亀裂は、垂直補剛材が存在するウェブ面でウェブ側止端に発生する。図-4(b)に示すように、タイプ1とタイプ1'の亀裂は貫通亀裂となり、ウェブ側の溶接止端に沿って進展する。

b) タイプ2 : 図-4(a)に示すように、この亀裂は、垂直補剛材の上端のまわし溶接の補剛材側止端に近いビードに発生する。図-4(b)に示すように、この亀裂は隅肉溶接を破断させた後、ウェブに進入する。一方の亀裂の先端は上フランジに向かってウェブを伝播し、他方の亀裂の先端は斜め下に向かってウェブを伝播する。両者の亀裂は隅肉溶接の下でつながる。

c) タイプ3 : 図-4(a)に示すように、この疲労亀裂は垂直補剛材の下端のまわし溶接のウェブ側止端に発生する。疲労試験の終了時まで、この疲労亀裂はウェブの裏面に現れなかった。

5. S-N曲線

タイプ1の亀裂のS-N関係を図-5に示す。フランジとウェブを連結する隅肉溶接のウェブ側止端の位

置の表面応力範囲をS、溶接止端に沿う亀裂の長さが25mmから44mmの間で発見されたときの繰返し回数をNにとっている。モノレール鋼製軌道桁の走行路の疲労試験の結果¹⁾も同図に載せてある。最小2乗法の適用によって、S-N曲線が次のように与えられる。

$$\log N = 16.656 - 4.582 \log(\Delta \sigma) \quad (\text{標準偏差 } \xi_N = 0.289) \quad (1)$$

ここに、 $\Delta \sigma$ ：単位MPa

6. 結論

- 1) フランジと垂直補剛材端の間の主桁ウェブに大きな板曲げ応力が生じる。この板曲げ応力を減少させることに対して、垂直補剛材端ギャップを大きくすることの効果はこの疲労試験では明らかにできなかった。
- 2) 横桁連結部の垂直補剛材端には3種類の疲労亀裂が発生する。
- 3) フランジとウェブを連結する隅肉溶接のウェブ側止端に発生する疲労亀裂に対してS-N曲線を与えた。

試験体VF-1の疲労試験の結果は講演当日に発表する。

謝辞 試験体の製作に御協力を賜った阪神高速道路公団およびNKKの関係者各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 大倉・堀池・福本：Fatigue cracks at runways of monorail girders、土木学会論文集、第404号、pp.111-120。

表-1 $\sigma_s, \sigma_m, \sigma_b$ の値

断面形式	$\sigma = 35 \text{ MPa}$			$\sigma = 55 \text{ MPa}$		
	σ_s	σ_m	σ_b	σ_s	σ_m	σ_b
VF-2K						
I	411.6	45.4	365.2	365.5	9.0	356.5
II	156.6	65.5	81.7	246.7	65.0	-201.7
III	-120.6	-36.7	83.8	-140.0	36.0	122.0
IV	67.7	-10.5	-78.2	155.0	6.2	-151.8
VF-2S						
I	214.5	-5.5	220.5	419.7	25.0	393.7
II	-73.7	39.4	118.1	268.6	67.0	-261.5
III	-153.6	-49.6	-102.8	-145.2	-36.5	108.7
IV	101.0	-12.9	-114.0	128.5	6.5	-122.0

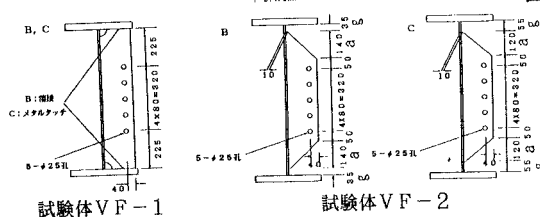


図-2 フランジと垂直補剛材の連結構造

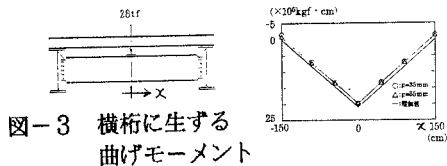


図-3 横桁に生ずる曲げモーメント

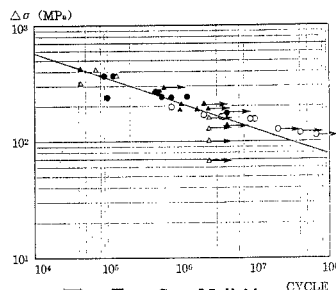


図-5 S-N曲線

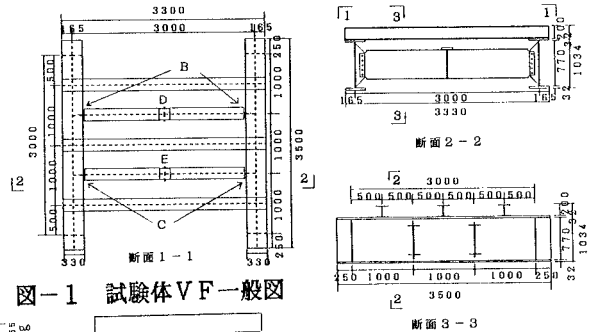


図-1 試験体VF一般図

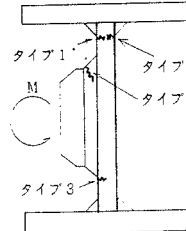


図-4.a 疲労亀裂

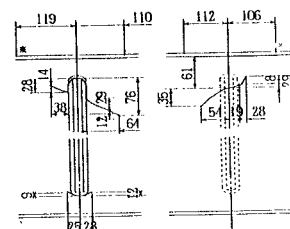


図-4.b 疲労亀裂

$\Delta \sigma$ (MPa)	N (×10 ⁶ cycles)	亀裂長さ (mm)
111.6	5.20	44
214.47	4.20	48
153.94	13.18	25
419.73	4.30	25
67.71	227.48	—
121.84	237.48	—
155.91	237.48	—
121.49	237.48	—

$\Delta \sigma$ (MPa)	N (×10 ⁶ cycles)	$\Delta \sigma$ (MPa)	N (×10 ⁶ cycles)	$\Delta \sigma$ (MPa)	N (×10 ⁶ cycles)
231.16	10.00	121.84	237.48	121.84	237.48
231.16	10.00	121.84	237.48	121.84	237.48
231.16	10.00	121.84	237.48	121.84	237.48
231.16	10.00	121.84	237.48	121.84	237.48
231.16	10.00	121.84	237.48	121.84	237.48
231.16	10.00	121.84	237.48	121.84	237.48
231.16	10.00	121.84	237.48	121.84	237.48
231.16	10.00	121.84	237.48	121.84	237.48
231.16	10.00	121.84	237.48	121.84	237.48
231.16	10.00	121.84	237.48	121.84	237.48

●▲○ モノレール構成桁橋の
疲労試験結果
△ 本試験における疲労試験結果