

大阪大学大学院 学生員 ○松居 伸明

大阪大学工学部 正会員 大倉 一郎

1.前書き 先に、プレートガーダーの製作において、ロボット溶接に適した垂直補剛材とフランジとの連結構造の開発を目的として、垂直補剛材端ギャップを有する試験体の疲労試験について報告した¹⁾。その後、垂直補剛材端がフランジに溶接された試験体、密着された試験体の疲労試験を行った。本報告では、これまでの試験結果から垂直補剛材端ギャップと疲労亀裂を起こさせる局部応力との関係を明らかにする。

2.試験体 図-1 に示すような主桁と横桁からなる試験体を 2 体製作した。横桁支間中央に繰返し荷重を作用させることにより、垂直補剛材端に局部応力を発生させる。

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 B では、垂直補剛材の上下端がともにフランジに溶接されている。垂直補剛材 C では、垂直補剛材の上下端は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 B と C はそれぞれ $g=35\text{mm}$, 55mm のギャップを持ち、 $g+a=175\text{mm}$ となるように垂直補剛材端が切断されている。

3.疲労試験 試験体 VF-1 においては、横桁支間中央の点 D と E に $P_{\min}=2\text{tonf}$, $P_{\max}=30\text{tonf}$ の繰返し荷重を与え、245.5 万回まで疲労試験を行った。その結果、密着された場合の垂直補剛材端に、図-3 に示すタイプ 4, 7 の疲労亀裂が生じた。垂直補剛材端がフランジに溶接された場合、この荷重の大きさでは垂直補剛材端に疲労亀裂が発生しなかったため、横桁中央の点 D に $P_{\min}=2\text{tonf}$, $P_{\max}=50\text{tonf}$ の荷重を与えて、さらに疲労試験を続けた。繰返し回数 172.4 万回で横桁を取り付ける垂直補剛材の最上のボルト孔から疲労亀裂が発生・伝播したので、この繰返し回数で疲労試験を終了した。

試験体 VF-2 においては、横桁支間中央の点 D と E に $P_{\min}=2\text{tonf}$, $P_{\max}=30\text{tonf}$ の繰返し荷重を与え、237.4 万回で疲労試験を終了した。図-3 に示すように、垂直補剛材端ギャップ $g=35, 55\text{mm}$ の両方にタイプ 4, 6, 7 の疲労亀裂が生じた。

4.S-N 曲線 タイプ 4 の亀裂に対する S-N 関係を図-4 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 σ_s を S、溶接止端に沿う亀裂の長さが $25\sim 44\text{mm}$ になっ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疲労試験の結果²⁾も同図にのせてある。最小自乗法の適用によって、S-N 曲線が次のように与えられる。

$$\log N = 16.4 - 4.5 \log(\Delta \sigma_s) \quad (\text{標準偏差 } \xi_N = 0.289)$$

ここに、 $\Delta \sigma_s$: 単位 MPa

5.試験体の応力解析 図-1 の疲労試験体に対する FEM モデルを図-5 に示す。FEM モデルは試験体の主桁と横桁で構成されている。対称性より試験体の 1/4 が要素分割されている。

垂直補剛材端ギャップに生じる局部ひずみの分布を図-6 に示す。実測値も同図にのせてある。垂直補剛材端がフランジに溶接されている場合とそうでない場合では、ひずみの大きさが異なる。溶接されていない場合、各ギャップサイズとタイプ 4 の亀裂発生位置での表面ひずみとの関係を図-7 に示す。密着、 $g=35, 55\text{mm}$ に対して、実験値および解析値の表面ひずみはそれぞれほとんど変化しない。すなわちタイプ 4 の疲労亀裂を生じさせる表面ひずみの低減に対して、 $g=55\text{mm}$ まではギャップを大きくすることの効果はない。

【参考文献】1)松居, 菊池, 大倉, 福本: 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, 土木学会第 50 回年次学術講演会, I-379, 1995 年.

2)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, 1989 年.

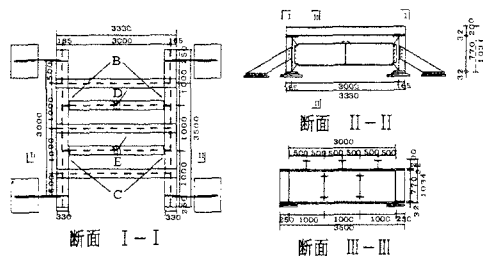


図-1 試験体一般図

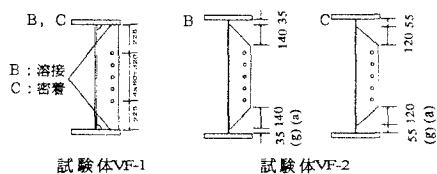


図-2 垂直補剛材端部

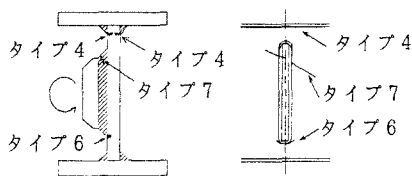


図-3 疲労亀裂図

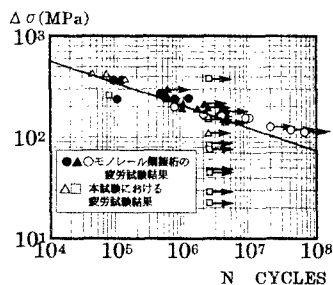


図-4 S-N 線図

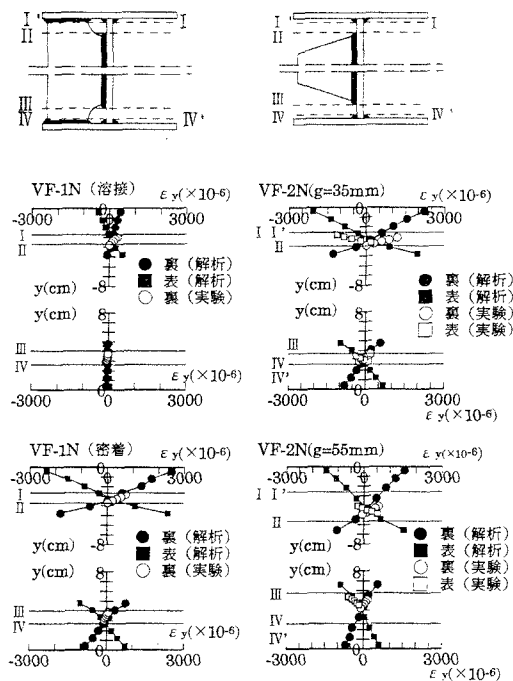


図-6 垂直補剛材端ギャップに生じるひずみ分布

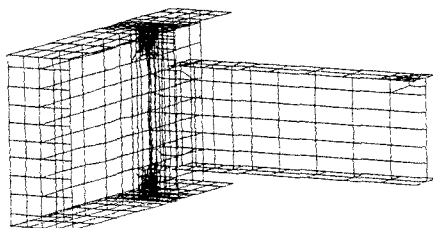


図-5 FEM モデル

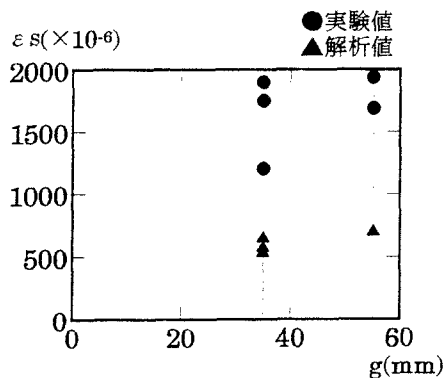


図-7 ギャップと表面ひずみ