

○石川島播磨重工業（株）正 員 鳴尾 亮 大阪大学大学院 学生員 中原 太樹
大阪大学大学院 正 員 大倉 一郎 日本軽金属（株）正 員 萩澤 亘保

1. はじめに

これまで筆者らは摩擦撹拌接合（以下 FSW）によって製作されたアルミニウム床版に対して静的載荷試験、疲労試験および FEM 解析を行うことで、その疲労特性を調べてきた¹⁾。これまでの研究成果を以下に要約する。

- ① 輪荷重の移動により橋軸方向の応力は正負交番するが、橋軸直角方向の応力は正負交番しない。
- ② アルミニウム床版の疲労試験では、図-1 に示すように、床版の上板の FSW 部にタイプ 1 の疲労亀裂が発生した。この疲労亀裂は、図-2 に示すように、輪荷重に対する上板の局部変形による板曲げ応力により発生する。

アルミニウム床版の疲労試験では支持間隔が 2m と短かったため、下板に疲労亀裂が発生しなかった。しかし、支持間隔が広くなると曲げモーメントが大きくなるので、図-3 に示すように、FSW 部に直角な方向にタイプ 2 の疲労亀裂が発生すると予想される。

本論文では、アルミニウム床版に特有なこれら 2 種類の疲労亀裂に対して、その疲労強度を明らかにする。

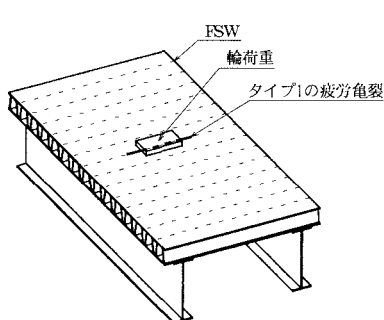


図-1 タイプ 1 の疲労亀裂

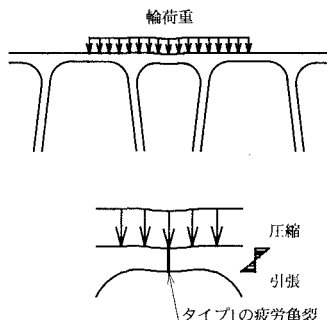


図-2 局部変形

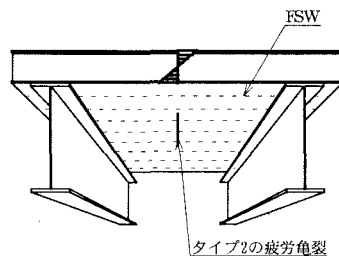


図-3 タイプ 2 の疲労亀裂

2. タイプ 1 の疲労亀裂の疲労強度

アルミニウム床版の上板のタイプ 1 の疲労亀裂の疲労強度を調べるために、図-4 に示す試験体 A に対して疲労試験を行った。疲労試験は下板の鉛直方向の変位を拘束し、幅 10cm の硬質ゴムを介して疲労荷重を与えた。疲労荷重を与えると上板に板曲げ応力が発生する。応力比 R は 0.1 である。

疲労試験の結果を図-5 に示す。引張試験片タイプの母材および FSW 部の接合線直角方向の引張疲労試験の結果¹⁾、および Eurocode 9 で規定される溶接線直角方向の MIG 溶接の S-N 曲線²⁾ も図-5 に示す。さらに、図-1 に示すアルミニウム床版の疲労試験結果も図-5 に示してある。

図-5 から次のことが分かる。

- ① 試験体 A の疲労強度は、MIG 溶接の S-N 曲線と比べて非常に高い。
- ② 引張試験片タイプの母材および FSW 部の接合線直角方向の傾きはほぼ同じである。これらと比べて、試験体 A の試験結果の傾きは大きい。
- ③ 試験体 A の疲労強度は、引張試験片タイプの FSW 部の接合線直角方向の疲労強度と比べて高い。これは試験体 A の疲労試験が板曲げ応力であることと、FSW 部の接合線直角方向の残留応力が圧縮であるが¹⁾、引張試験片タイプではこの圧縮の残留応力が開放されているためである。
- ④ 試験体 A の疲労強度のばらつきが大きい。

⑤ アルミニウム床版の疲労強度は、試験体 A の疲労強度と比べて低下している。

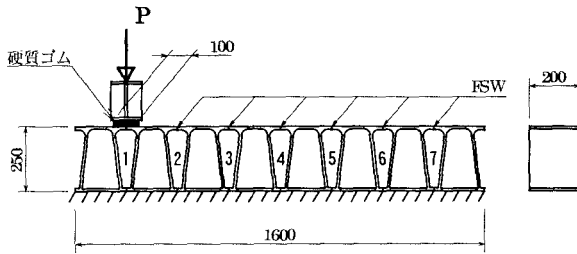


図-4 試験体 A の疲労試験

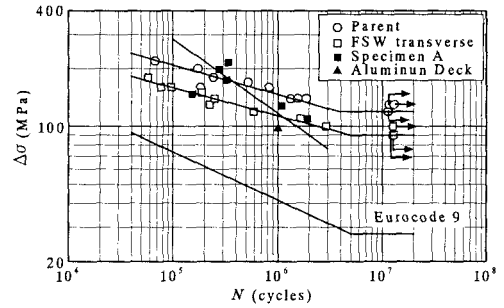


図-5 S-N 関係

3. タイプ 2 の疲労亀裂の疲労強度

アルミニウム床版の下板のタイプ 2 の疲労亀裂の疲労強度を調べるために、図-6 に示す試験体 B, C に対して疲労試験を行った。試験体は、試験体 B が 1 体、試験体 C が 4 体の計 5 体である。上下フランジの中央に FSW 部が存在する。荷重は試験体中央に、幅 10cm の鋼板を介して与えた。応力比 R は 0.1 である。

疲労試験の結果を図-7 に示す。引張試験片タイプの母材および FSW 部の接合線方向の引張疲労試験の結果¹⁾、および Eurocode 9 で規定されている溶接線方向の MIG 溶接の S-N 曲線²⁾ も図-7 に示す。疲労亀裂の発生位置は、5 体のうち 3 体が支間中央付近の、接合ツールのショルダーの跡であるくぼみからであった。残り 2 体の疲労亀裂の発生位置は、最大応力が生じる位置の FSW 部であった。

図-7 から次のことが分かる。

- ① 試験体 B, C の疲労強度は、MIG 溶接の S-N 曲線と比べて高い。
- ② 引張試験片タイプの母材および FSW 部の接合線方向の傾きはほぼ同じである。これらと比べて、試験体 B, C の試験結果の傾きは大きい。
- ③ 試験体 B, C の疲労強度は、引張試験片タイプの FSW 部の接合線方向の疲労強度と比べて低い。これは試験体 B, C の下フランジにくぼみが存在していたことと、FSW 部の接合線方向の残留応力は引張りであるが¹⁾、引張試験片タイプではこの引張りの残留応力が開放されているためである。

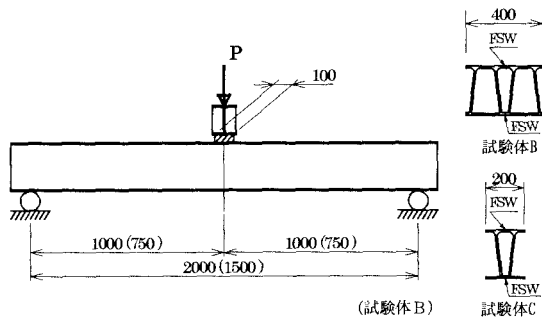


図-6 試験体 B, C の疲労試験

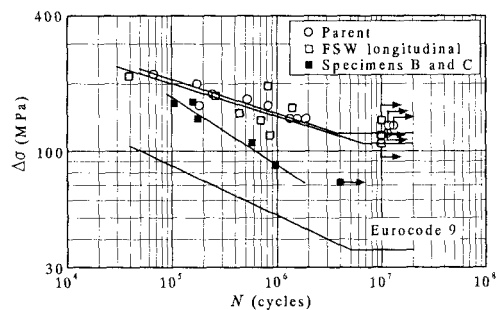


図-7 S-N 関係

参考文献 1) 大倉一郎, 鳴尾亮, Vigh, Laszlo Gergely, 萩澤亘保, 戸田均: 摩擦撓拌接合で製作されたアルミニウム床版の材料・構造特性, 土木学会, 第二回道路橋床版シンポジウム講演論文集, pp.131-136, 2000. 2) Eurocode 9: Design of Aluminum Structures, Part 2: Structures Susceptible to Fatigue, prENV 1999-2, 1997.