

摩擦撹拌接合によって製作されたアルミニウム床版の疲労特性

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

1. はじめに

これまで、アルミニウムで床版を作製することが検討されてきたが^{1)・2)}、従来の溶接法では溶接部の強度低下が著しく、アルミニウムで床版を製作する際のネックになっていた。今回、筆者らは英国の溶接研究所(TWI)によって開発された摩擦撹拌接合(FSW)³⁾を用いて、アルミニウム押出し形材を接合することにより床版を製作した。本報では、この摩擦撹拌接合によって製作されたアルミニウム床版の疲労特性について述べる。アルミニウム床版の材料特性については別報⁴⁾を参照されたい。

2. 試験体

押出し形材の断面を図1に示す。図2に示すように、図1の押出し形材の上下フランジを摩擦撹拌接合で連結することにより、図3に示す試験体を作製した。用いたアルミニウム材はA6N01S-T5である。

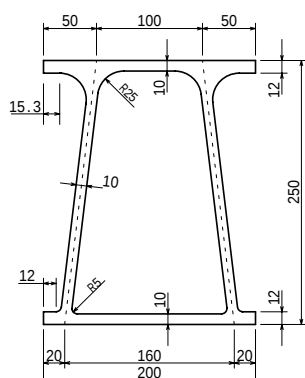


図1 押出し形材の断面

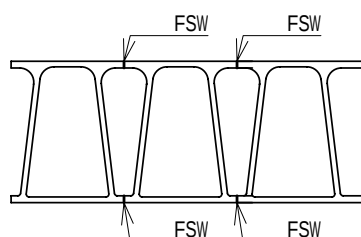


図2 摩擦撹拌接合による連結

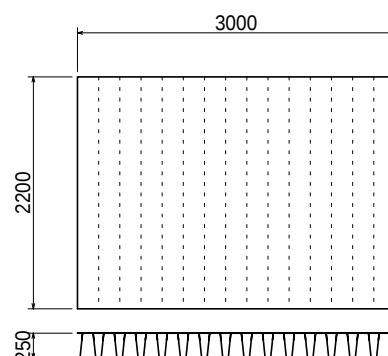


図3 試験体

3. 疲労試験

疲労試験の概要を図4に示す。鋼桁上の丸鋼の上に試験体を載せた。支持間隔は200cmである。荷重は橋軸直角方向50cm×橋軸方向20cmの領域に1.5cmの厚さの硬質ゴムを介して与えた。疲労試験の荷重載荷位置を図5、荷重条件を表1に示す。疲労試験ケース1では摩擦撹拌接合がないセル上、疲労試験ケース2,3では摩擦撹拌接合が存在するセル上に荷重を載荷した。

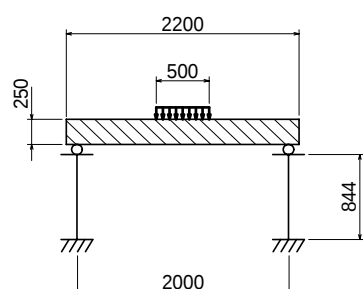
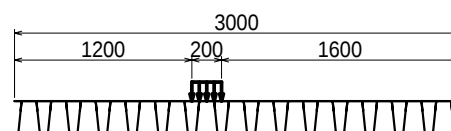


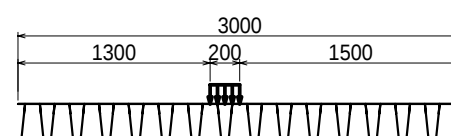
図4 疲労試験の概要

表1 疲労試験の荷重条件

	疲労試験 ケース1,2	疲労試験 ケース3
P_{min}	5.0tf	5.0tf
P_{max}	19.0tf	27.4tf
ΔP	14.0tf	22.4tf



(a) 疲労試験ケース1



(b) 疲労試験ケース2,3

図5 疲労試験の載荷位置

Keyword: アルミニウム床版, 摩擦撹拌接合, 疲労

連絡先: 〒562-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 TEL:06-6879-7620 FAX:06-6879-7621

疲労試験ケース 1 では、ひずみ範囲およびたわみ範囲に変化がみられず、疲労亀裂も発見されなかったため、繰返し回数 200.0 万回で疲労試験を終えた。

疲労試験ケース 2 では、繰返し回数 100.0 万回で上フランジの摩擦撈拌接合線上の、橋軸方向のひずみ範囲が変化した。たわみ範囲に変化がみられず、疲労亀裂も発見されなかったため、疲労試験を続行し繰返し回数 200.0 万回で疲労試験を終えた。

疲労試験ケース 3 では、疲労試験ケース 2 と同じ荷重位置で荷重範囲を 22.4tf に上げて疲労試験を行った。繰返し回数 10.2 万回で摩擦撈拌接合線上のひずみ範囲が変化した。100.0 万回で荷重直下の、上フランジ上面の摩擦撈拌接合線に沿って全長 48cm の疲労亀裂を発見した。上フランジ上面に塗布した染色浸透探傷剤が上フランジ下面に現れたため、疲労亀裂は既に貫通亀裂になっていた。たわみ範囲に変化がみられなかったため、疲労試験を続行し繰返し回数 200.0 万回で疲労試験を終えた。

疲労試験ケース 3 で発見したときの亀裂の長さとしてそれが既に貫通亀裂であったことから判断して、疲労亀裂は既に疲労試験ケース 2 の繰返し回数 100.0 万回で発生していたと想像する。

4. FEM 解析

解析には汎用プログラム MARC⁵⁾を用いた。要素分割を図 6 に示す。対称性を考慮して 1/2 モデルとした。用いた要素は 8 節点厚肉シェル要素である。解析モデルの、左側下フランジの節点の鉛直方向を拘束し、右側切断面の節点に対称の境界条件を与えた。荷重・荷重位置は疲労試験ケース 2、3 と同じである。荷重は面積配分し、節点に集中荷重として与えた。

上フランジの橋軸方向応力の分布を図 7 に示す。これは荷重直下の横方向の応力分布である。荷重の大きさは 14tf である。荷重直下で大きな板曲げ応力が発生していることがわかる。荷重中心の上フランジ下面で 609kgf/cm^2 、上面で -554kgf/cm^2 である。板曲げ応力は荷重の荷重範囲でほぼ一様に分布している。 609kgf/cm^2 を試験体の繰返し回数 100.0 万回に対する疲労強度とし、このパネル試験体から取出した引張試験片タイプの疲労試験の結果⁴⁾と比較したものを図 8 に示す。引張試験片タイプの疲労試験結果と比較して、試験体の疲労強度が著しく低下していることがわかる。これは、摩擦撈拌接合部に、疲労強度を下げる何らかの欠陥が存在していたことを示唆している。

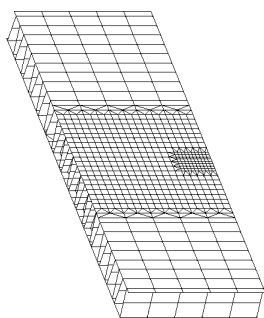


図 6 要素分割

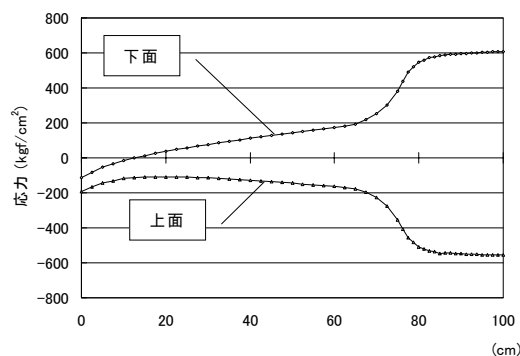


図 7 上フランジの橋軸方向応力の分布

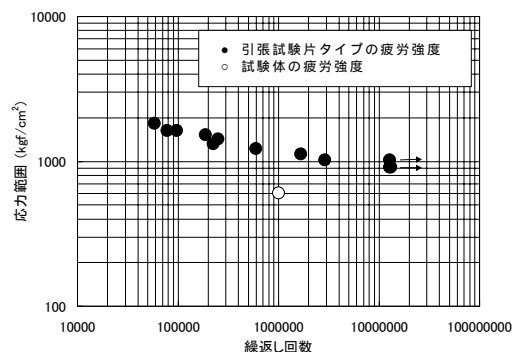


図 8 疲労強度の比較

[参考文献]

- 1) 日本アルミニウム連盟：公共土木資材のアルミニウム化による社会資本の長寿命化に関する調査研究報告書，1997 年。
- 2) 日本アルミニウム連盟：良質な社会資本ストックに関する調査研究報告書，1988 年。
- 3) <http://www.twi.co.uk/bestprac/database/fswintro.html>
- 4) 萩澤亘保，大倉一郎，戸田均：摩擦撈拌接合で製作されたアルミニウム床版の材料特性，土木学会，第 55 回年次学術講演会講演概要集，2000 年。
- 5) 日本マーク(株)：MARC，K.7，1997。