

ホットスポット応力の推定方法

大阪大学大学院 学生員 ○磯部 剛
大阪大学工学部 正 員 大倉 一郎
大阪大学工学部 正 員 福本 湧士

1. まえがき

大阪モノレールの鋼製軌道桁の横桁連結部の疲労試験¹⁾において、図-1に示すように、軌道桁ウェブと横桁上フランジの交差部の横桁上フランジに、はり理論から計算される公称応力を上回る局部応力が発生していることが示された。この局部応力の発生機構を明らかにするために、横桁が軌道桁によって完全固定されたモデルに対して、アイソパラメトリックシェル要素を用いた有限要素法解析を行った。さらに、この解析結果に基づいて、ホットスポット応力の推定方法の問題点を指摘した。

2. T型断面を有するアクリル製試験体の静的载荷試験

I型断面片持ばりの上フランジの端部に生じる局部応力に対して、シェル要素を用いた有限要素法解析が、十分な精度を持った推定値を与えているか否かを確認するために、図-2に示すT型断面を有するアクリル製片持ばり試験体の静的载荷試験を行った。アクリル材は、溶接によらず接着剤を用いて接合を行うことができるので、溶接の存在によって生じる局部ひずみを排除することができる。

温度によってアクリル材の材料定数は大きく変化するため、試験体の静的载荷試験と同時に、試験体材料と同一材料の引張試験を実施してヤング率とポアソン比を得た。

ウェブ直上のフランジ上面に生じる、フランジ長手方向のひずみの分布を図-3に示す。縦軸には、荷重1kgfに対するひずみがとってある。同図には、図-4に示す要素分割に対する、8節点のアイソパラメトリックシェル要素を用いた有限要素法解析の結果が実線で示されている。縦板との接合部の付近に局部ひずみが生じていることが確認できる。また、測定結果と解析結果はよく一致している。

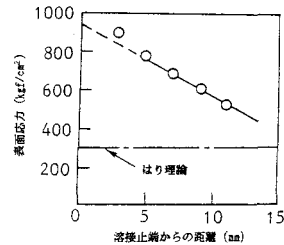


図-1 横桁上フランジの応力分布

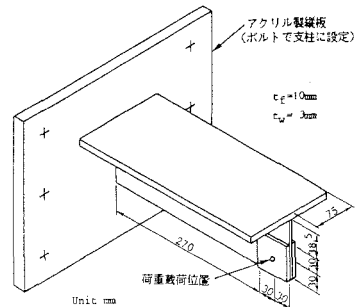


図-2 T型断面アクリル製試験体

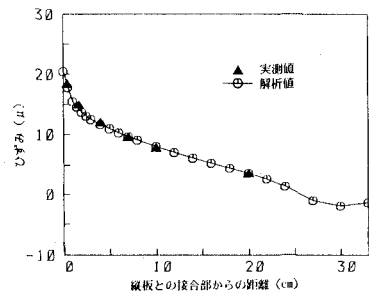


図-3 フランジ上面のひずみ分布

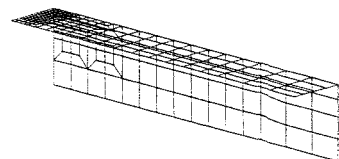


図-4 有限要素法解析の要素分割

Go ISOBE, Ichiro OKURA, Yuhshi FUKUMOTO

3. 局部応力の発生機構

局部応力の発生機構を明らかにするため、図-5に示すようなI型断面片持ばりの片持継手部に、三種類の境界条件を適用して有限要素法解析を行った。解析モデルAは、片持継手部のすべての変位を拘束するモデルである。解析モデルBは、解析モデルAの境界条件から、フランジの板幅方向の変位拘束を解放するモデルである。解析モデルCは、解析モデルBの境界条件から、さらにフランジの鉛直方向の変位拘束と、ウェブの中央の1点を除いてウェブの鉛直方向の変位拘束を解放するモデルである。要素分割を図-6に示す。

4. 解析結果

ウェブ直上の上フランジ上面に生じるフランジ長手方向の応力の、片持継手部付近における分布を図-7に示す。解析モデルA、Bでは片持継手部の極近傍で局部応力が発生しているが、解析モデルCでは発生していない。片持継手部における、上フランジ上面に生じるフランジ長手方向の応力の板幅方向の分布を図-8に示す。解析モデルA、Bではウェブ直上を頂点として広範囲に局部応力が分布している。これらの結果から、フランジとウェブの片持継手部の鉛直方向変位が拘束されているために局部応力が発生すると考えられる。

5. 局部応力の推定方法

これまでに述べてきた局部応力のほかに、溶接止端の極近傍では、溶接形状に起因する局部応力が生じる。

EUROCODE 3 草案²⁾では、溶接止端の極近傍の溶接形状に起因する局部応力を排除するため、継手付近で局部応力が直線分布をなす部分を溶接止端に外挿して得られる応力をホットスポット応力と定義している。しかし、図-7では、局部応力の発生が急激で、継手付近に直線分布の部分が見られない。これは、フランジ厚が薄いためであり、このような場合には、ホットスポット応力の定義ができない。

<参考文献>

- 1) 前田幸雄・福岡哲二・大倉一郎・磯崎弘治：跨座型モノレールの鋼製軌道桁の横桁連結部の疲労試験、土木学会論文集に投稿中
- 2) EUROCODE 3 草案, Chapter 9 Fatigue, Mar.1988

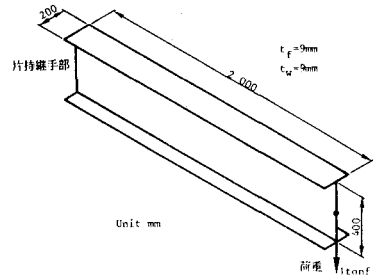


図-5 解析モデル

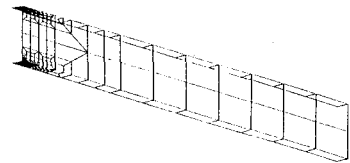


図-6 有限要素法解析の要素分割

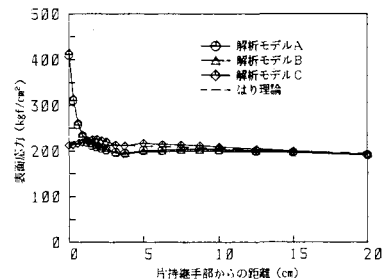


図-7 上フランジ上面の応力分布

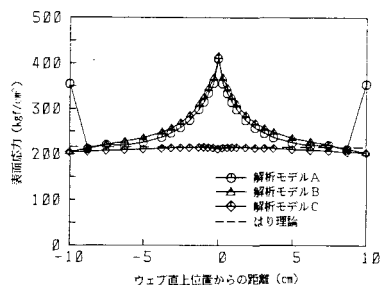


図-8 上フランジ上面の応力分布