

荷重伝達型十字溶接継手の疲労き裂発生点に及ぼす未溶着寸法の影響

岐阜大学 学生会員 ○荒川 慎平
岐阜大学 正会員 木下 幸治

1. はじめに

鋼構造物の溶接継手において、施工不良により未溶着部が残る、それを起点として疲労き裂が発生する場合がある¹⁾。未溶着部を起点とした疲労き裂は継手表面に現れるまでに発見することが困難である。そのため、どの程度の未溶着部が存在する場合にそれを起点とした疲労き裂が発生するか把握しておくことが必要である。

本研究では荷重伝達型十字溶接継手を対象に疲労き裂発生点に及ぼす未溶着寸法の影響を明らかにすることを目的とし、局部応力評価手法である Effective Notch Stress 用いた FEM 解析を実施した。

2. Effective Notch Stress

Effective Notch Stress とは、線形弾性体を仮定して得られたノッチの応力である。溶接止端・溶接ルート・のノッチを 0.5~1.0mm の仮想的な半径の円弧と仮定し、円弧周辺に発生する応力を用いることで、き裂の発生点・進展方向を評価できる²⁾。本研究では仮想円弧の半径を 1.0mm とし、円弧周辺に発生する最大主応力を用いた。

3. FEM 解析

図-1 に解析対象を示す。図-2 に要素分割例を示す。解析には汎用有限要素解析プログラム DIANA を用いて、平面ひずみ条件を仮定して解析を行った。解析モデルはモデルの対称性を考慮し 1/4 モデルとした。荷重はすべてのモデルにおいて公称応力が等しくなるように与えた。要素の最小寸法はノッチ周辺で 0.05mm 程度とした。

解析のパラメータは図-1 に示す未溶着寸法、板厚および溶接サイズとした。未溶着寸法は、未溶着寸法 h と板厚 t との比 h/t が 0.1 程度から 1.0 の範囲を検討した。板厚は、9mm, 17mm, 34mm, 75mm を

検討した。溶接サイズは、板厚が大きくなるに伴い相似的に大きくなると考えられる。しかし、継手が完全溶込み溶接の場合、のど断面は継手の板厚となる。従って、のど断面を確保するために溶接サイズを大きくする必要がないため、不等脚溶接となる場合が多い。そこで、溶接サイズを等脚で 7mm, 17mm とした場合、および板厚 17mm に対して主板側の脚長を $s=t$ 、中板側の脚長を主板側の脚長 $s=t/2$ と仮定して不等脚溶接をした場合について検討した。

4. 解析結果

解析結果として図-3 に最大主応力分布図の一例を示す。本研究では、図-3 に示す溶接ルートに発生する最大主応力の最大値 σ_{root} と溶接止端に発生する最大主応力の最大値 σ_{toe} の比の $\sigma_{root}/\sigma_{toe}$ が 1 を上回る場合に溶接ルートから疲労き裂が発生するとした。

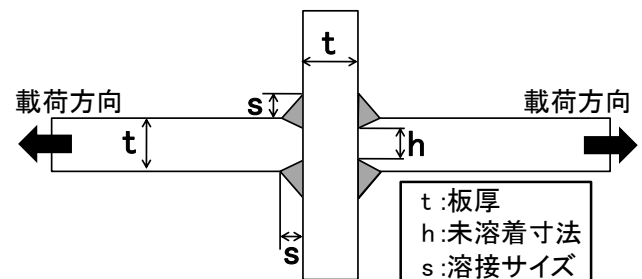


図-1 解析対象

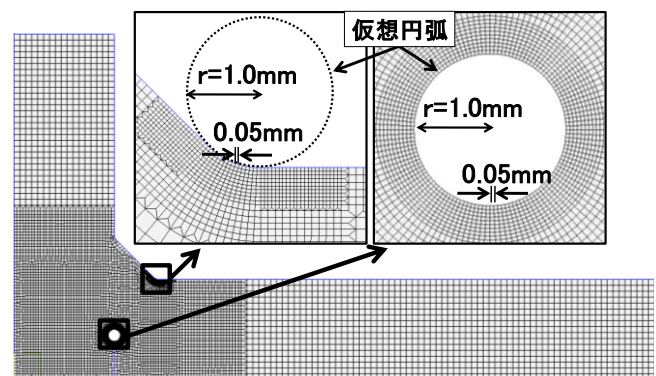


図-2 要素分割例

キーワード エフェクティブノッチストレス、ルートき裂、荷重伝達型十字溶接継手

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部 TEL 058-293-2424

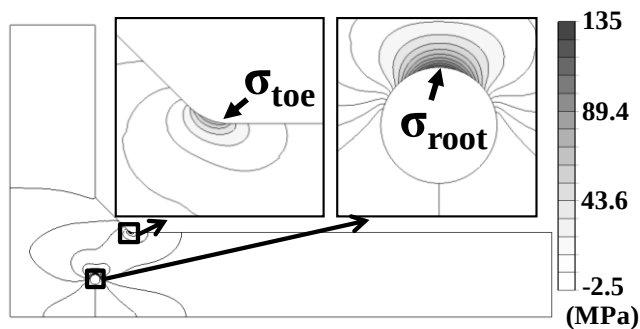
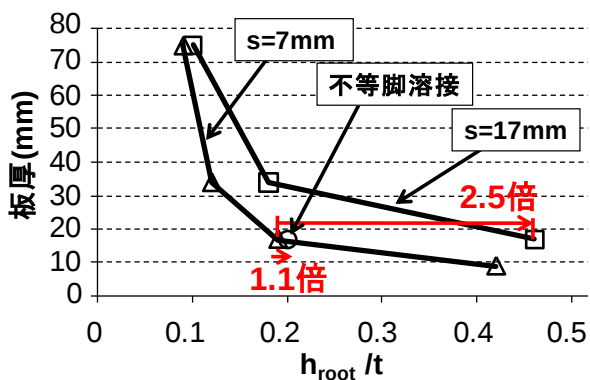


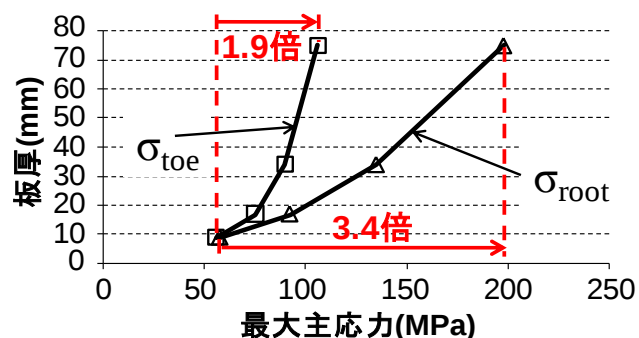
図-3 最大主応力分布図

図-4 板厚と h_{root}/t の関係

解析結果を $\sigma_{\text{root}}/\sigma_{\text{toe}}$ と h/t で整理し、 $\sigma_{\text{root}}/\sigma_{\text{toe}}$ がちょうど1を上回る時の未溶着寸法 h_{root} と板厚 t との比 h_{root}/t を求めた。板厚 17mm、溶接サイズ 7mm の解析の結果、 h_{root}/t は 0.19 程度であり、板厚に対して 2 割程度の未溶着が存在すると溶接ルートからき裂が発生する可能性が高いことがわかった。この h_{root} に対する各パラメータの影響を検討した。

図-4 に板厚と h_{root}/t の関係で整理した各解析結果を示す。図-5 に溶接サイズ 7mm、 $h/t=0.5$ の時の板厚と σ_{root} および σ_{toe} の関係を示す。図-4 より板厚が厚くなるに伴い、 h_{root}/t が小さくなった。これは、図-5 に示すように板厚が大きくなるに伴い σ_{root} の方が σ_{toe} より応力集中の増加する割合が大きくなるためであり、未溶着部の影響は板厚が厚くなるに伴い厳しくなると言える。

溶接サイズの影響については、図-4 より溶接サイズが 7mm から 17mm に大きくなるに従い h_{root}/t は大きくなるが、板厚が大きい場合では h_{root}/t が大きくなる程度が小さかった。これは、溶接サイズが大きくなることで溶接ルートの応力集中が低減するためと考えられるが、板厚が大きい場合では溶接サイズと板厚の比が小さいためにその効果が小さかったと考えられる。溶接を不等脚溶接（主側脚長 $s=t$ 、中側脚長 $s=t/2$ ）とした場合の h_{root}/t は、図-4 より、溶

図-5 $s=7\text{mm}$ 、 $h/t=0.5$ の板厚と最大主応力の関係

接サイズ 7mm の時の h_{root}/t の 1.1 倍程度であり、板厚と溶接サイズが等しい $s=t=17\text{mm}$ と比較すると溶接サイズによる影響が非常に小さいことがわかる。従って、板厚が大きくなるに伴い相似的に溶接サイズが大きくなるが、不等脚溶接となるために溶接サイズによる影響は小さいと言える。

5. 結論

本研究では、荷重伝達型十字溶接継手を対象に疲労き裂発生点に及ぼす未溶着部の影響を明らかにすることを目的とし、Effective Notch Stress 用いた FEM 解析を実施した。本研究で得られた結論を以下に示す。

- 1) 未溶着部の影響は、板厚が厚くなるに伴い厳しくなる。板厚 17mm では板厚に対して 2 割程度、板厚 34mm 以上では板厚に対して 1 割程度の未溶着が存在すると溶接ルートからき裂が発生する可能性が高い。
- 2) 溶接サイズが大きくなることによる溶接ルートからのき裂発生抑制効果は、溶接サイズが等脚で大きくなる場合に期待できるが、不等脚溶接となる場合には期待できない。

参考文献

- 1) 森河久，下里哲弘，三木千壽，市川篤司：箱断面柱を有する鋼製橋脚に発生した疲労損傷の調査と応急対策，土木学会論文集，No.703/I-59，pp.177-183,2002.4
- 2) Hobbacher, A. : Recommendations for fatigue design of welded joints and components, IIW document XIII-1965-03/XV-1127-03, International Institute of Welding 2003.