

I-A 357

現場溶接継手の疲労強度の破壊力学による解析

名古屋大学 正員 山田健太郎 貝沼重信 J R総研 正員 田中寿志
鉄建公団 正員 保坂鐵矢 トピー工業 正員 酒井吉永

1. まえがき 橋梁の現場溶接は、美観、応力伝達、重量軽減、製作の自由度、防錆上の利点からもっと採用されても良いと思われるが、現場溶接の施工管理、継手強度の信頼性などの問題から、必ずしも広範囲に採用されているとは言い難い。特に疲労強度については、現場溶接の多様性からその評価が難しい。破壊力学を用いた疲労き裂進展解析は、そのような多様性に十分対応することが出来る。本研究では、実物に近い鋼箱断面大型試験体の曲げ疲労試験体の溶接継手について、破壊力学の手法を用いて疲労強度の検討を行ったので報告する。

2. 解析の流れと有限要素解析

疲労寿命解析は、実物大の箱断面大型試験体のいくつかの溶接継手を対象にして、有限要素法による応力解析を行った。さらに、この結果を用いて疲労き裂が発生すると思われる部位について、応力拡大係数範囲 ΔK の幾何学的補正係数 F_g を求めて、疲労き裂進展解析により疲労き裂進展寿命 N_p を計算して、実験値と JSSC 疲労設計指針の設計 S-N 線図と比較した。

実験では、図 1 に示すように鋼

箱桁に用いる場合に疲労が問題となる箇所を考慮して、全断面の突合せ溶接部の他に、いくつかの試験対象部を設けた。このうち次の 3 箇所を解析対象とした。

①ダイヤフラムの溶接部：ダイヤフラムは、一般に両面からすみ肉溶接されるが、現場溶接の場合に片側からしか溶接できないことがある。そのため、ダイヤフラムを裏当て金（駒^コとも呼ぶ）を用いて片面完全溶込み突合せ溶接された部分を解析した。

②縦リブのスカラップ部の現場溶接：フランジの現場突合せ溶接のためのスカラップ部に生じる応力集中と縦リブどうしの現場溶接の目違いによる応力集中や溶接欠陥の影響を解析した。

③上フランジに設けられたハンドホールの補強リング：実構造物では、製作上の都合でハンドホールを設け、リングをすみ肉溶接して補強する。この溶接止端部で応力集中を生じるため応力分布を解析した。

応力解析には汎用有限要素解析プログラム COSMOS/M を使い、①に関しては 2 次元の 3 節点平面ひずみ要素で、

②と③に関しては 3 次元の 8 節点固体要素で弾性応力解析を行った。本報告では、①についての結果を示す。

3. 応力解析結果と疲労寿命評価 裏当て金を用いたダイヤフラムで想定される疲労き裂の発生箇所は、図 2 に示すように、①裏当て金とダイヤフラムの間のルートギャップ（幅 g と溶込み高さ h で表す）、と②のすみ肉溶接止端部（止端角 45 度、止端半径 0mm）である。解析結果の例を図 3 に示す。ルートギャップ部とすみ肉溶接止端部の応力集中係数 K_t を比較すると、0.1mm の最小メッシュでの K_t は、 h が 4mm のモデルで $K_t = 5$ とかなり大きくなった。すみ肉溶接止端部ではルートギャップ幅 g の影響はほとんど無く、また h が変わった場合も、 K_t の分布にはほとんど差が出なかった。ルートギャップの K_t とすみ肉溶接止端のそれを比較すると、 $h = 4\text{mm}$ のとき、ルートギャップの方がすみ肉溶接止端よりも K_t の最大値が大きくなった。

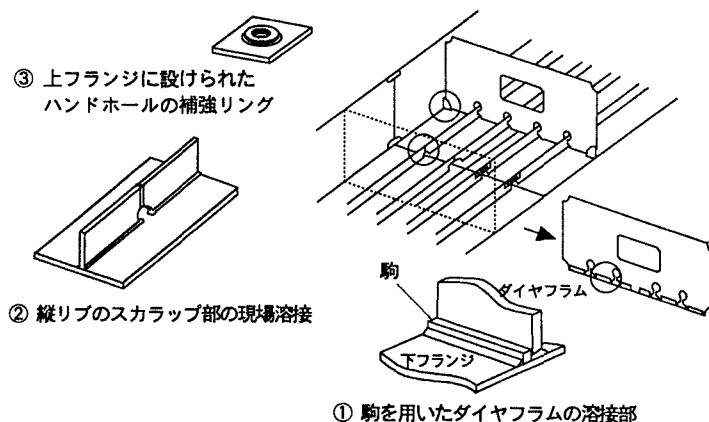


図 1 鋼箱断面供試体と解析対象

4. 疲労き裂進展解析

による疲労寿命評価

解析は $g=0.2\text{mm}$ で、 $h=4\text{mm}$ と 8mm のモデルについて、図4に示すようにルートギャップと溶接止端からき裂が発生すると仮定した。初期き裂長は 0.2mm 、き裂形状は $a/b=1/2$ の半楕円、最終き裂は板厚貫通と

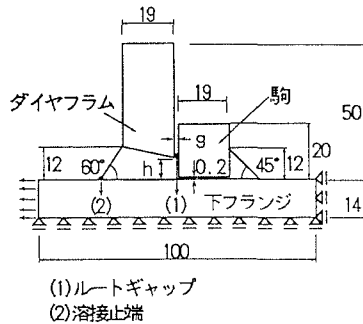
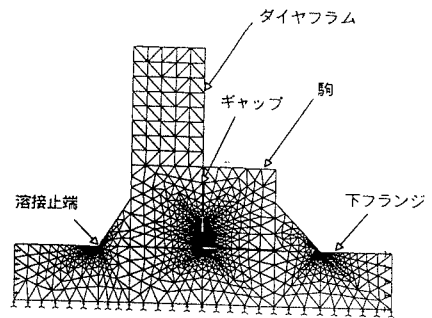


図2 裏当て金を用いたダイヤフラム溶接部の解析モデル



した。解析結果を図5に示す。解析結果を比較すると、 $h=4\text{mm}$ では、溶接止端部からのき裂とルートギャップからのき裂がほぼ同じ寿命を与え、実験値に近い値となった。これに比べて、 $h=8\text{mm}$ では、ルートギャップからのき裂の疲労寿命はかなり長くなり、十分な溶込みがある場合には、溶接止端からのき裂で疲労寿命が決まることが予想される。また、JSSCの疲労設計曲線と比較すると、溶接止端からのき裂の場合はE等級をほぼ満足する。溶込みが十分でない($h=4\text{mm}$)ときには、 60MPa 以下の低応力範囲でもき裂が進展することから、この継手はF等級相当の疲労強度であると思われる。

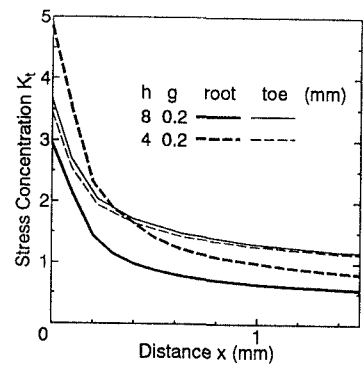


図3 ルートギャップと溶接止端の応力集中

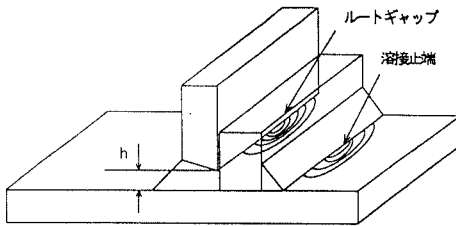


図4 疲労き裂の仮定

5. まとめ 本研究では、破壊力学の手法を用いて現場溶接継手の疲労き裂進展解析を行って、疲労強度の評価を行った例を示した。有限要素解析の進歩と様々な継手に対する破壊力学の手法の適用実績から、このような解析が可能になってきた。特に設計条件が多岐にわたるような場合の疲労寿命評価には破壊力学の適用が有効である。

[参考文献]

1. 稲葉紀昭, 保坂鐵矢, 酒井吉永, 山田聡, 渡辺昌之: 現場溶接継手の疲労強度, 構造工学論文集, Vol. 40A, 1994, pp. 1243-1253.
2. 日本鋼構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針・同解説, 1993.
3. 田中寿志: 鋼箱桁現場溶接継手の疲労強度解析, 1995年度名古屋大学修士論文, 1996.

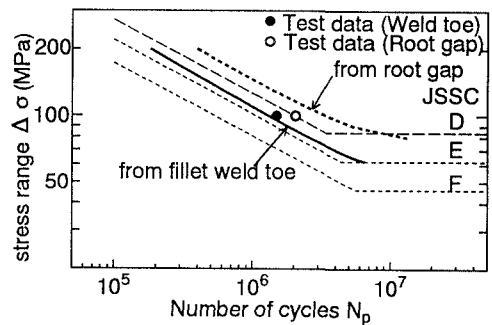
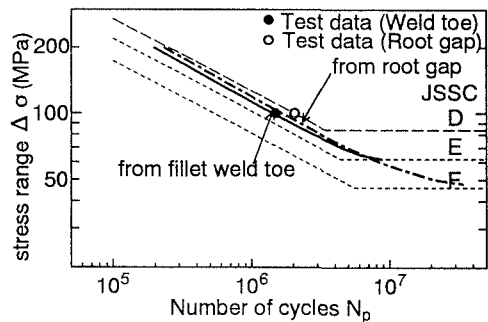


図5 解析結果と実験値の比較