

荷重伝達型十字継手におけるのど断面応力の推定に関する研究

名古屋大学 学生会員 古崎 智大, 名古屋大学 フェロー会員 館石 和雄
 名古屋大学 正会員 判治剛, 名古屋大学 正会員 清水 優

1. はじめに

現在多くの橋梁で疲労き裂が確認されており, 図-1 に示すような荷重伝達型十字継手では溶接止端から発生するき裂とルートから発生するき裂がある. 荷重伝達型十字継手のルートき裂の疲労照査には, 主板的公称応力から算出される公称のど断面応力が一般的に用いられるが, 公称応力が定義できない形状の継手もある. 本研究では, 溶接ビード周辺のひずみおよび変位から継手に作用する膜応力と板曲げ応力を算出し, のど断面応力を推定する手法を検討した.

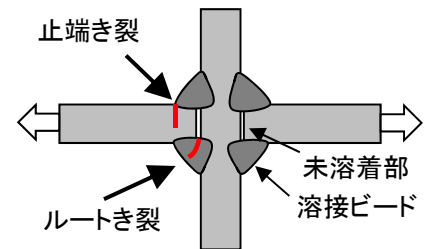


図-1 荷重伝達型十字継手

2. 有限要素解析を用いた膜応力と板曲げ応力の推定手法の検討

2. 1 解析概要

膜応力および板曲げ応力の算出には板表裏面の応力を用いるのが一般的であるが, 実際の継手では主板的裏からの計測が困難な場合もある. このことから, 主板的裏面の応力の代わりに, 交差板側および主板的側の溶接止端の相対変位 δ_b (以下, ビード相対変位) を用いる. 板厚 12, 16, 20, 24mm, 溶接サイズ 7, 8, 9, 11, 13, 15, 16mm, 合計 50 種類の荷重伝達型十字継手の解析モデルに対して, 主板的表面の応力が 100MPa となるように引張荷重あるいは曲げ荷重を与え, ビード相対変位 δ_b の違いから膜応力と板曲げ応力を推定する手法を構築する.

2. 2 荷重条件とビード変位の関係

例として, 板厚 12, 16, 20mm, 脚長 9, 11mm の解析モデルから得られたビード相対変位を図-2 に示す. この図から, 曲げ載荷時よりも引張載荷時のビード相対変位が常に大きい. このことから, 引張荷重と曲げ荷重が同時に作用する場合には, ビード相対変位は両者の間の値となることが明らかである. 次節以降ではこの性質を利用して膜応力および板曲げ応力を推定する. また, 引張荷重および曲げ荷重時のビード相対変位の差は板厚や脚長によって異なることがわかる.

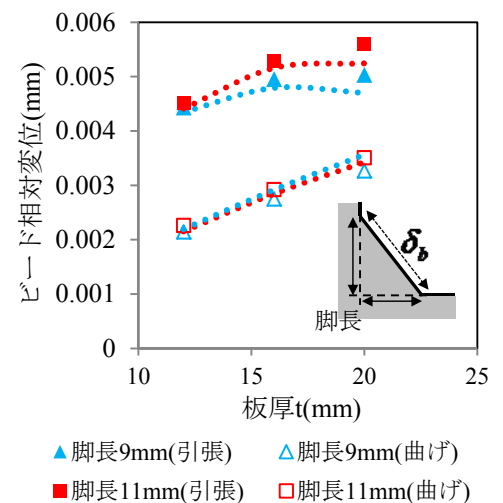


図-2 ビード相対変位

2. 3 膜応力および板曲げ応力の推定手法

ビード相対変位が主板的表面の応力に比例すると仮定し, 解析の結果から引張荷重のみが作用するときのビード相対変位 $\delta_{b,m}$ および曲げ荷重のみが作用するときのビード相対変位 $\delta_{b,b}$ の推定式を構築した.

$$\begin{aligned}\delta_{b,m} &= A\sigma_{s0} \quad (\text{for tension}) \\ \delta_{b,b} &= B\sigma_{s0} \quad (\text{for bending})\end{aligned}\quad \text{式(1)}$$

$$\text{ここで, } A = \frac{bt}{2S_1} \left\{ -1.89 \left(\frac{S_1}{S_2 + p} \right)^2 + 10.2 \left(\frac{S_1}{S_2 + p} \right) - 3.13 \right\} \times 10^{-6}, \quad B = \frac{bt}{4S_1} \left\{ -1.15 \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^2 + 7.70 \left(\frac{S_1}{S_2} \right) - 2.20 \right\} \times 10^{-6},$$

b はビード表面の長さ, S_1 は主板的側の脚長, S_2 は交差板側の脚長, p は溶け込み深さ, σ_{s0} は主板的のルート位置の外挿応力である. 図-2 には推定式の曲線も示しているが, 引張あるいは曲げ荷重のみが作用するときのビード相対変位を精度よく推定できている. 主板上の応力 σ_{s0} とビード変位 δ_b を計測し, 式(1)から算出される $\delta_{b,m}$ および $\delta_{b,b}$ を次式に代入することによって膜応力および板曲げ応力を推定することができる.

$$\sigma_m = \frac{\delta_b - \delta_{b,b}}{\delta_{b,m} - \delta_{b,b}} \sigma_{s0}, \quad \sigma_t = \frac{\delta_{b,m} - \delta_b}{\delta_{b,m} - \delta_{b,b}} \sigma_{s0} \quad \text{式(2)}$$

キーワード 荷重伝達型十字継手, のど断面応力

連絡先 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院 工学研究科 TEL: 052-789-4620

3. 荷重試験による提案手法の検証

提案したのど断面応力の推定手法の精度を検証するため、図-3 に示すような荷重伝達型十字継手に対して、引張荷重試験を行った。付加曲げが作用するように、図-4 に示すように試験体を固定した。止端から 20mm および 30mm の位置に貼付したひずみゲージから得られる応力をルートの位置に外挿した値を σ_{s0} とした。また、ビード相対変位 δ_b は、グラインダで平らにしたビード表面にひずみゲージを貼付し、得られたひずみにゲージ長を乗ずることで算出した。また、正確な膜応力および板曲げ応力を得るため、試験体の裏面にもひずみゲージを貼付した。

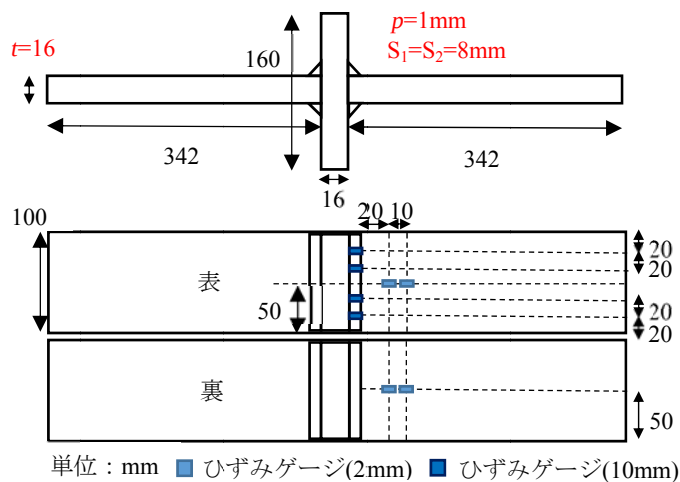


図-3 試験体寸法

4. 実験結果

式(3)から得られる膜応力および板曲げ応力と、試験体両面で計測した応力から得られる膜応力および板曲げ応力を比較した結果を図-5,6 に示す。実際の継手では外観から溶込み深さを把握することは不可能であることから、図-5,6 は溶込み深さ p を 0 として推定した場合の結果も示している。式(2)による膜応力および板曲げ応力の推定結果は試験体両面の計測結果から求めた値とほぼ一致している。一方、溶込み深さ $p=0$ とした場合、膜応力を小さく、板曲げ応力を大きく推定している。

膜応力と板曲げ応力の推定値および計測値から次式を用いてのど断面応力を求め、図-7 で比較している。溶込み深さ $p=0$ として推定したときの膜応力および板曲げ応力の推定誤差は、のど断面応力を危険側に推定する結果となっている。本研究で扱った約 1mm の溶け込み深さの場合、推定値および計測値から求めたのど断面応力の違いは 10%程度であった。

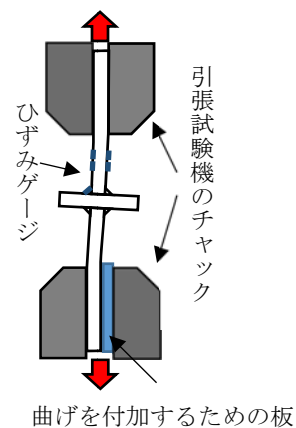


図-4 荷重方法

5. まとめ

荷重伝達型十字継手において、主板上の応力とビード上の相対変位を計測することにより、引張荷重と曲げ荷重が混在している場合においてものど断面応力を推定可能である。また、検証実験により推定式の妥当性を確認した。精度良く推定するためには溶込み深さが必要である。

謝辞 本研究は科研費(基盤(C),No.25420481)の補助を受けて実施したものである。ここに記して感謝いたします。

参考文献 1) 穴見健吾, 横田博之 (2008) : 引張と曲げを受ける荷重伝達十字継手の疲労挙動, 構造工学論文集, Vol. 54A, pp.695-702 2) 早田直広(2015) : すみ肉溶接継手のルートき裂に対する疲労強度評価法に関する研究, 名古屋大学修士論文

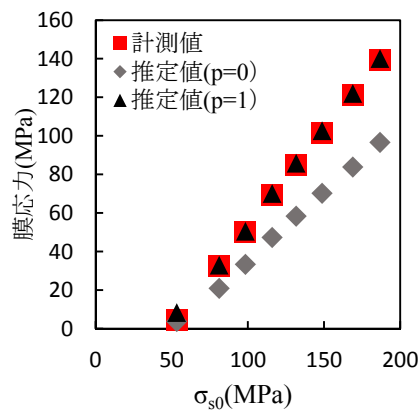


図-5 膜応力の推定結果

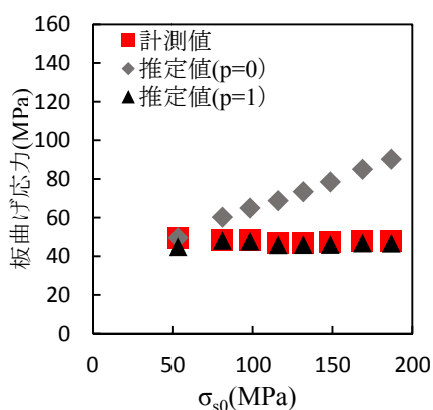


図-6 板曲げ応力の推定結果

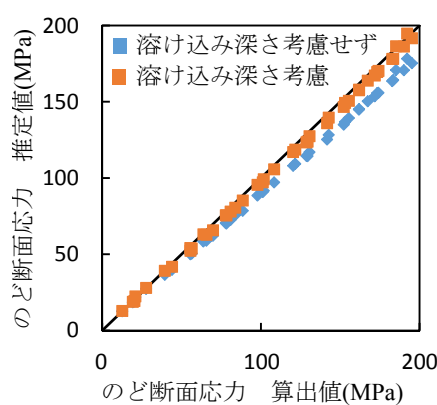


図-7 のど断面応力の推定結果