歪勾配の大きな部位に存在する亀裂の CTOD 推定方法

新日本製鐵(株) 〇島貫広志 井上健裕 萩原行人 大阪大学大学院 豊田政男

CTOD Evaluation Method for the Crack at a Steep Strain Gradient Region by Hiroshi Shimanuki, Takehiro Inoue, Yukito Hagiwara and Masao Toyoda

1.緒言

240

日本溶接協会規格 WES2805¹⁾では脆性破壊を想定する部位に作用する歪と亀裂寸法から CTOD を 算出する CTOD 設計曲線を規定しており、この設計曲線に基づいて脆性破壊しないために必要な破 壊靱性値を作用歪と亀裂寸法から算出することが可能である。しかし、この設計曲線を建築鉄骨な どへ適用するにあたっては、建築鉄骨特有の破壊部(スカラップ底、柱梁溶接端)への適用性、つまり、

①地震等により想定される大歪下での適用性

②破壊発生部の歪勾配が非常に大きい場合の取り扱い

について十分に検討されていない。本研究ではこれらの点に着目し,WES の CTOD 設計曲線を 適用することを前提に,その場合の評価に用いるべき作用歪の定義について3次元弾塑性 FEM に より検討した。

2.FEM 解析条件

兵庫県南部地震で見られた柱梁接合部での脆性破壊事例を参考に, Fig. 1のA(スカラップ底), B(梁 溶接端部)部にそれぞれ Fig. 2, Fig. 3に示す半楕円表面亀裂または板厚貫通亀裂を持つ有限要素モ デルを作製し,弾塑性解析を行った。解析は MARC K6 を用い,要素には8接点アイソパラメトリ ック要素を用い,要素数は 4000 程度,亀裂先端部要素サイズは 0.05mm 程度とした。解析に用い た要素分割の例を Fig. 4に示す。また,CTOD と対応する作用歪を求めるため,亀裂のないモデル についても解析を行った。材料の応力-歪関係は Eq.1 に従うものとし,建築用鋼材を想定し SN490 相当の降伏応力_{のy}(=350MPa)と引張強さになるよう各係数を定めた。

 $\sigma/\sigma_v = (\epsilon_v / \epsilon_v)^{1/n}$

····· 1

但し、 σ_y :降伏応力、 ϵ_p :相当塑性歪、 ϵ_y :降伏歪(= σ_y/E)、E:ヤング率(=205800MPa)、n:歪 硬化指数(=8)とした。この場合の降伏比は 0.66 となった。また、降伏比(YR)の影響を調べるため、 引張強さを一定とし、降伏比が SN 鋼の上限の 0.8 となる σ_y =442MPa の条件についても検討した。

3.提案する評価歪の定義と CTOD 設計曲線

WES2805¹¹の CTOD 設計曲線を用いる場合は,作用歪として亀裂存在を想定する部位での作用応 力方向の平均的歪を用いることが解説されているものの,その定義については必ずしも明確ではな い。歪勾配の大きい部位に亀裂を想定する場合,WES2805 の歪定義法では評価部位の僅かな差に より作用歪が大きく変化するにもかかわらず,実際の CTOD は大く変化しないことがあり、設計曲 線の CTOD 推定精度が大きく変化する。そこで,WES2805 の歪の定義を拡張し,Fig.5 に示すよ うに亀裂を含み,亀裂寸法で囲まれる領域の平均的歪を評価歪とする新しい定義を提案した。この 定義を用い CTOD と歪の関係を調べ,Fig.6に溶接端部の結果,Fig.7にスカラップ底の結果を示 す。溶接端部については,溶接裏当て金による変形拘束と板厚による拘束を考慮し,CTOD が板厚 方向でほぼ最大,かつ平面歪状態に近い,板厚 1/4 位置での結果を示した。Fig.6は,新しい歪定義 液接学会全国大会講演概要 第65集('99-11)

168

により、大きな歪勾配部でも WES2805 の設計曲線により、良い CTOD の推定が得られることを示 している。Fig.7は溶接端部に比べ歪勾配の小さいスカラップ底において,従来の歪定義と提案し た歪定義で CTOD 推定精度に差が無く, ε/ε,が 70 以上の大歪下でも妥当な推定結果が得られるこ とを示している。また、Fig.6、Fig.7は降伏比の推定結果及ぼす影響が小さいことも示している。

4.結論

提案した評価歪定義法を用いることにより、建築鉄骨柱梁接合部に特有の、歪勾配の大きな部位や 歪が非常に大きい部位に存在する亀裂の CTOD 推定に WES2805 の CTOD 設計曲線が適用できる ことを明らかにした。

<参考文献> 1)日本溶接協会:WES2805-1997,(1997)





(Diaphragm to beam joint B)

Fig.1 Through-diaphragm type column to beam joint model (Center section of position A)



(Weld joint with through thickness crack model)