

引張と面外曲げを受ける荷重伝達型十字溶接継手における 面外曲げの影響度の簡易推定

高知工科大学 学生会員 ○高尾亮次
高知工科大学 正会員 穴見健吾

1. はじめに

近年、鋼橋において多くの疲労亀裂の発生が報告されているが、その多くは構造の複雑な部位や二次変形（応力）が発生する部位など応力場が複雑な部位から発生している。溶接継手部の複雑な応力場での疲労挙動については、近年研究が始められているが、図1に示すような本研究で対象とする荷重伝達型十字溶接継手の疲労に関する研究は、これまで一様な面内応力のみ作用する場合の検討が多く、面外曲げが同時に作用した場合の研究は殆ど行われていない。本研究では面内一様引張と面外曲げを同時に作用させた場合の荷重伝達型十字溶接継手における面外曲げの影響をエフェクティブノッチストレス法（以下 ENS 法）を用いて簡易に推定することを検討した。

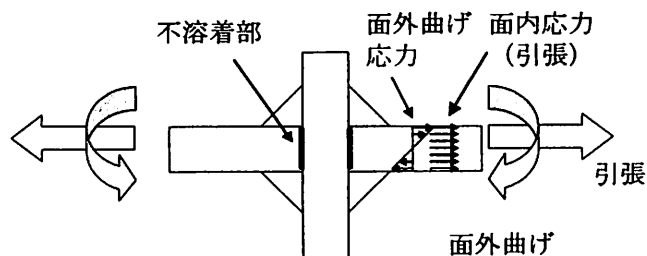
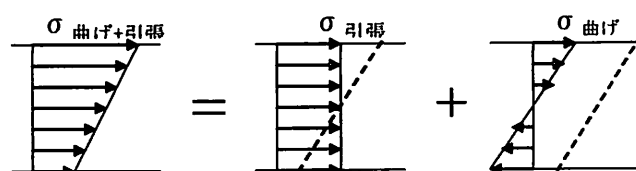


図1 荷重伝達型十字溶接継手



$$\text{曲げ混入率} = \sigma_{\text{曲げ (主板表面)}} / \sigma_{\text{引張 (主板公称応力)}}$$

図2 板厚内の応力分布と曲げ混入率の定義

2. 面外曲げ影響度への継手形状の影響

荷重伝達型十字溶接継手の疲労強度には、板厚、溶接脚長、溶け込み深さ、溶接ギャップ等の継手形状が影響を与えることが知られているが、本研究では、面外曲げ、引張りを同時に作用させ、表1に示すパラメータを変化させて曲げの影響の検討を行った。曲げ混入に関しては図2で定義する曲げ混入率が100%時の解析結果を報告する。また、本研究では ENS 応力として最大主応力を用いて整理した。解析で得られた、溶込み率 $R=0\%$ の場合の板厚と影響度 C との関係を図3に示す。

ここで

$$R = 2pw/T \quad \dots(1)$$

pw : 溶込み深さ

T : 板厚

$$C = ENS_{\text{comb}} / ENS_{\text{tens}} - 1 \quad \dots(2)$$

ENS_{comb} : 組み合わせ応力下での ENS

ENS_{tens} : 一様面内応力下での ENS

表1 パラメータ

主板厚=中板厚 T	脚長(等脚) L	溶込み率 R
11	7.8	0
22		
33		
44		
55	10	80
66	13	
mm	16	
mm	mm	%

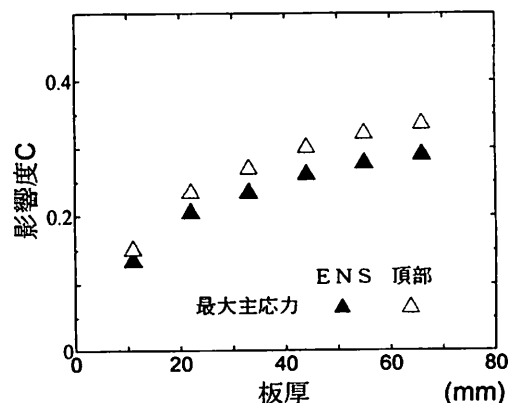


図3 溶込0%の場合の面外曲げの影響

同図には、板厚と曲げ混入による仮想円孔頂部の最大主応力の増分との関係もあわせて示す。頂部での曲げ混入による応力の増分は ENS の増分 C よりも若干大きいことがわかる。図4は溶込み率 R を横軸に縦軸に面外曲げの影響度 C をとり整理している。溶け込み率が低下するに伴い、影響度は大きくなっており、板厚が増加するほど、脚長が小さいほど影響度は大きくなる傾向がある。

4. 影響度の簡易推定

面外曲げ混入による頂部での最大主応力の増分が ENS の増分より若干大きいことがわかった。そこで頂部での最大主応力の増分を用いて曲げの影響度を安全側に推定することを試みる。まず引張载荷時ののど厚応力と円孔頂部の最大主応力との関係、曲げ载荷時の主板と着目部の断面の断面二次モーメントの比と頂部最大主応力との関係を整理した結果を図5と図6に示す。溶け込みがある場合には実のど厚を用い、着目部の断面二次モーメントはのど厚を中板面に展開して求めている。またそれぞれ主板の公称応力で無次元化している。図中の線は、溶込み率0%のデータに対して原点を通るよう直線回帰したものである。溶込み率0%の場合には頂部最大主応力との関係にはよい直線関係がみられる。

4.1 簡易推定

まず溶け込みのないモデルの場合を考える。円孔頂部の応力は接線方向応力が卓越することを考えると、引張のみ、曲げのみのそれぞれの頂部での最大主応力 σ_T , σ_B を用いて頂部の最大主応力の増分率を σ_B / σ_T でおおよそ求めることができる。図5, 6からそれぞれ、以下の式で与えられる。

$$\sigma_T = A_T T / (\sqrt{2}L) \quad \dots(3)$$

$$\sigma_B = A_B T^3 / ((T + \sqrt{2}L)^3 - T^3) \quad \dots(4)$$

添字 T, B, は引張、曲げを表している。 A_T , A_B はそれぞれ図で示す直線の傾きである。図7に全ての解析モデルに対して推定式を適用した結果と FEM 解析結果より求めた影響度 C との関係を示す。溶込み率0%の場合、推定値と解析結果より求めた頂部での最大主応力の増分はよい一致を示している。また影響度 C を安全側に推定できる結果となっている。しかし、溶け込みが大きく、板厚に対して脚長が小さくなると推定値からのずれが大きくなる傾向があり今後の課題である。なお式3, 4は溶け込み0%を対象としており、溶け込みのあるデータに対しては以下の式を適用した。

$$\sigma_T = A_T T / \sqrt{2}(L + (T - IP)/2) \quad \dots(5)$$

$$\sigma_B = A_B T^3 / ((\sqrt{2}(L + (T - IP)/2) + IP)^3 - IP^3) \times (IP/T) \quad \dots(6)$$

$$IP = T - 2PW$$

[参考文献]

- 1) 貝沼重信, 森猛, 一宮充: 荷重伝達型十字溶接継手の疲労破壊起点の評価方法の提案、土木学会論文集
- 2) 伊佐見和大, 三木千寿, 小西拓洋, 佐々靖彦, 佐々木栄一: エフェクティブノッチストレスによる溶接継手の疲労発生点と疲労強度の評価、土木学会年次学術講演会概要
- 3) 社団法人日本道路協会: 道路橋示方書

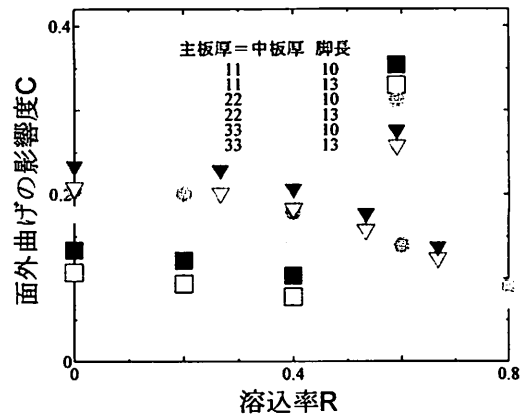


図4 面外曲げの影響度Cと継手形状との関係

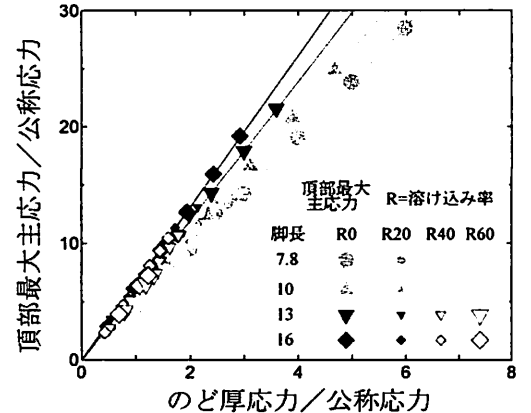


図5 引張载荷時ののど厚応力と頂部最大主応力との関係

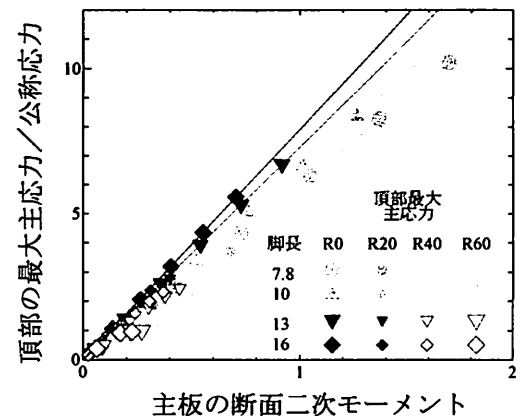


図6 曲げ载荷時の断面二次モーメントと頂部最大主応力との関係

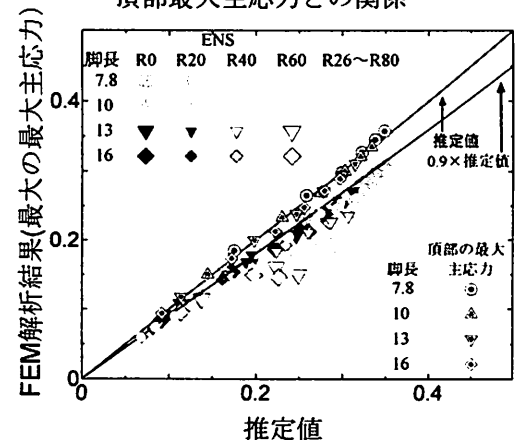


図7 全てのモデルにおけるFEM解析結果と推定値との関係