

## 軟質溶接継手の降伏耐力評価に関する解析的検討

法政大学大学院 学生会員 ○池田 祥吾 法政大学 正会員 森 猛  
 黄河ブリッジホールディングス 正会員 一宮 充

## 1. はじめに

近年、鋼構造物の軽量化や低コスト化を図るために、高強度鋼の使用が注目されている。高強度鋼の溶接に高強度鋼用の溶接材料を用いると溶接割れなどが発生するため、溶接材料の強度を母材の強度より低くした軟質継手が用いられることもある。軟質継手では、塑性拘束効果により溶接部の降伏耐力をそのままではなく、ある程度割増しすることも可能と考えられる。しかし、軟質継手の降伏耐力を支配する因子およびそれらを用いた評価法は明らかではない。本研究では横突き合わせ溶接継手を対象として、溶接部が母材と異なる降伏強度をもつ継手（特に軟質継手）の降伏耐力の評価式を示すことを目的として、パラメトリックな弾塑性有限要素解析を行う。

## 2. 解析モデルと解析方法

解析モデルは、図1に示すような矩形断面の横突き合わせ溶接継手である。ここでは、[板幅 (w)]・[板厚 (t)]・[溶接幅 (d)]・[溶接部降伏応力と母材降伏応力の比 (溶接・母材降伏応力比  $\alpha$ )]をパラメータとした。このモデルの対称性から 1/8 モデルを用いて解析を行った。なお、これらのパラメータは、それぞれ w を 20mm、40mm、60mm、t を 6mm、12mm、24mm、d を 4mm、8mm、16mm としている。また、 $\alpha$  は 0.7～1.2 (0.1 刻み) としている。

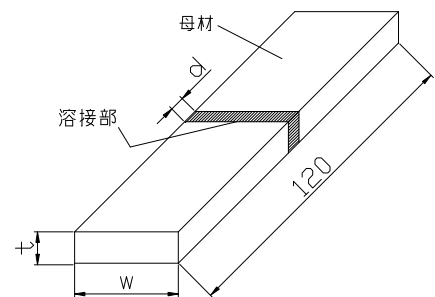


図1 解析モデル

軟質継手の降伏耐力、変形状と応力性状を調べる目的で、解析ソフト **NE/Nastran** を用いて、3次元弾塑性有限要素応力解析を行う。解析はモデル端に 0.05mm ステップで 3mm の強制変位を与えることにより行った。鋼材のヤング率は弾性域で  $E_1 = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、塑性域で  $E_2 = 200 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比は  $\nu = 0.3$  とした。また降伏条件として **Von-Mises** の降伏条件式を用いた。Von-Mises 応力は、以下の式で表すことができ、この値が降伏応力に達すると材料は降伏したと判断する。

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ (\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + (\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{zz} - \sigma_{xx})^2 + 3(\sigma_{xy}^2 + \sigma_{xz}^2 + \sigma_{yx}^2 + \sigma_{yz}^2 + \sigma_{zx}^2 + \sigma_{zy}^2) \right\}}$$

## 3. 解析結果

解析より得られた荷重と変位の関係の例を図2に示す。荷重 80kN 程度までは、荷重・変位関係が直線であり、その後非線形になっている。この点での荷重を継手の降伏耐力と定義した。なお、継手降伏耐力と母材降伏耐力の比を継手降伏耐力比と呼ぶ。図2に示す継手降伏耐力は、降伏応力の低い溶接部の降伏耐力（溶接部の降伏応力  $\times$  断面積）よりも高くなっており、軟質継手の降伏耐力の割増しが可能であることがわかる。

図3に継手降伏耐力比と溶接・母材降伏応力比  $\alpha$  の関係を

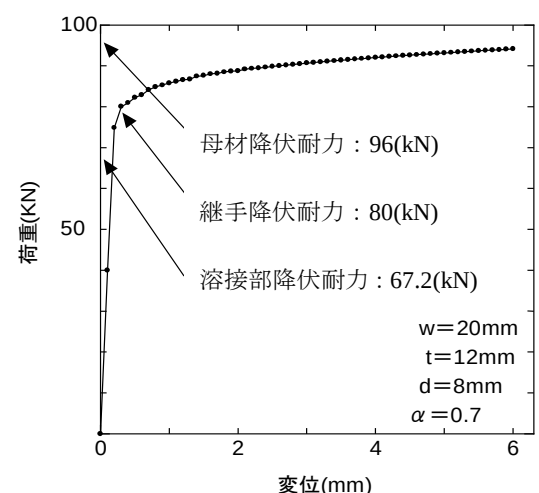


図2 荷重・変位関係

(w=20mm, t=12mm, d= 8mm,  $\alpha$  =0.7)

キーワード 軟質継手、塑性拘束、降伏耐力

連絡先：〒162-0843 東京都新宿区市ヶ谷田町 2-33 法政大学大学院デザイン工学研究科 TEL03-5228-1429

溶接幅によってマークを変えて示す。 $\alpha$ が1より小さい領域(軟質継手)では、 $\alpha$ が高くなるにしたがって、継手降伏耐力比も高くなっている。 $\alpha=1$ のとき(等質継手)の場合には、当然のことながら継手降伏耐力比も1となっている。また、 $\alpha$ が1を超える(硬質継手)領域では、継手降伏耐力比は1となっている。図4に軟質継手と硬質継手の変形図の例を示す。軟質継手では溶接部が先に変形しようとするが降伏耐力の大きい母材部に拘束されているために継手全体としては耐力が増加する。硬質継手の場合は母材部が先に変形し、母材部だけで継手全体の降伏耐力が決まってしまうため、継手降伏耐力比は1となる。

図3に示したように、溶接幅が広いほど、継手降伏耐力比は低くなっている、図5は、継手降伏耐力比と板幅の関係を示している。板幅が広くなるにしたがって、継手降伏耐力比は高くなっている。板厚についても、板が厚くなるにしたがって、継手降伏耐力比が高くなるという結果が得られた。これは、同じ溶接幅であれば、板幅が広いほど、また板が厚いほど、塑性拘束効果が高くなるためと考えられる。

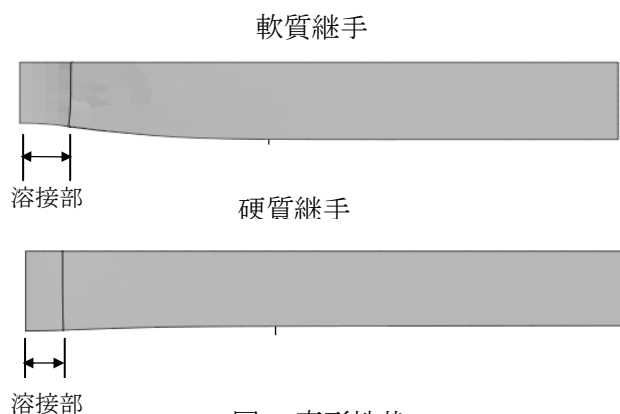
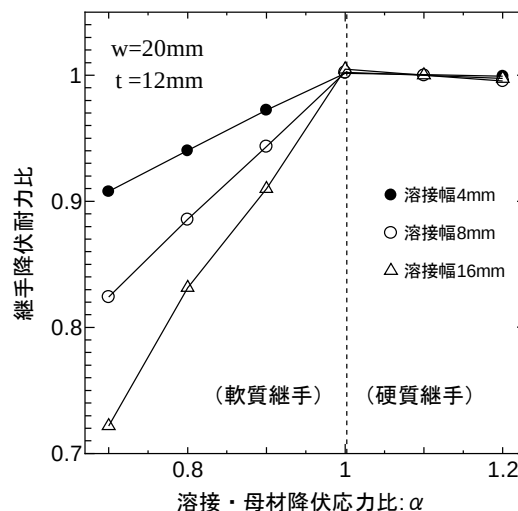
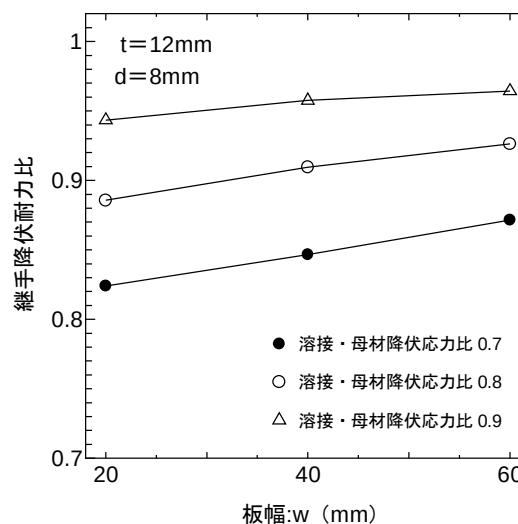


図4 変形状

図3 溶接・母材降伏応力比の影響  
( $w=20\text{mm}$ ,  $t=12\text{mm}$ )図5 板幅の影響 ( $t=12\text{mm}$ ,  $d=8\text{mm}$ )

#### 4. 継手降伏耐力の評価

前章で示したように、板幅が広いほど、板が厚いほど、また溶接幅が狭いほど、継手降伏耐力比が高くなることが明らかとなった。この結果から、継手降伏耐力比を整理するためのパラメータとして、板幅、板厚、溶接幅の3つを含む  $d^2/t \cdot w$  を用いることを考えた。このパラメータで整理した継手降伏耐力比を図6に示す。いずれの溶接・母材降伏応力比においても、このパラメータを用いることにより、ある程度軟質継手の降伏耐力を推定できるといえる。

#### 5. まとめ

軟質継手の降伏耐力を推定するためのパラメータをしめし、それを用いた推定式を提示した。今後は溶接・母材降伏応力比の影響について検討する予定である。

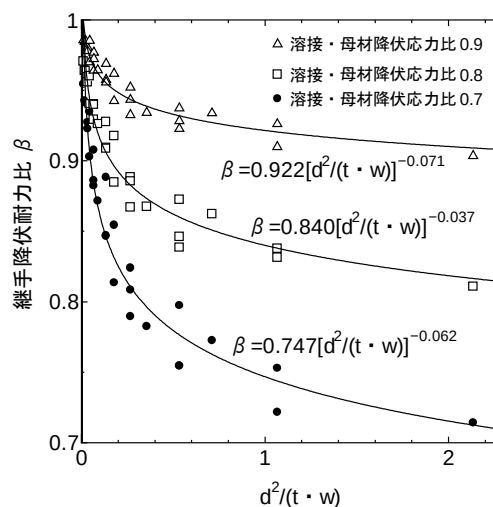


図6 継手降伏耐力の評価