

## 軟質溶接継手の引張耐力と変形挙動に関する検討

法政大学大学院 学生会員 ○池田 祥吾 法政大学 正会員 森 猛  
 横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恐れがあるため、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がある。軟質継手では、塑性拘束効果により溶接金属の強度ではなく、それをある程度割増しすることも可能と考えられる。昨年度、解析的な検討を行った結果を報告した。ここでは、軟質の横突き合わせ継手が引張力を受ける場合の強度特性と変形挙動を明らかにする目的で、変位制御で高精度な引張試験を行った結果を報告する。

### 2. 試験体

試験体は SM490YA(JIS G 3106)で作成した母材試験体と軟質継手試験体の2種類で、試験体の数はそれぞれ3体である。図1に試験体の形状と寸法を示す。これは JIS 1A 号試験体に従ったものである。軟質継手の溶接材料には軟鋼用ソリッドワイヤ (JIS Z 3312 YGW16) を用いた。溶接方法は CO<sub>2</sub> 溶接である。試験体は、2枚の母材を V 形の溝が形成されるように加工し、4パスの溶接を行って作成した。試験体側面のマクロ写真を図2に示す。溶接金属の幅は 20 mm 程度である。また、溶接部のビッカース硬さ試験も行った。硬さは、引張強さと関係が強く、引張強さ  $\sigma_B$  (N/mm<sup>2</sup>) とビッカース硬さ  $H_V$  の間には、 $\sigma_B=10/3 \cdot H_V$  という関係があるとされている。

### 3. 引張試験

引張試験は、応力・変位制御高ひずみ試験装置を用いて行った。また、試験体長手方向のひずみを塑性ゲージで測定した。引張試験の状況を写真1に示す。

引張試験より得られた結果を表1に、荷重-変位関係の例を図3に示す。図3に示すように軟質継手では降伏点が明確でないため、降伏応力を 0.2% 耐力として求めた。母材と軟質継手の降伏応力と引張強度をそれぞれ平均値で比較すると、軟質継手の方が降伏応力で 6.5%、引張強度で 4.1%

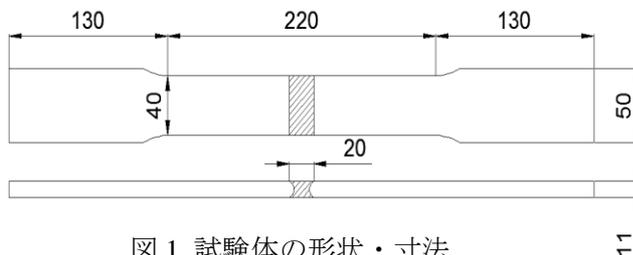


図1 試験体の形状・寸法

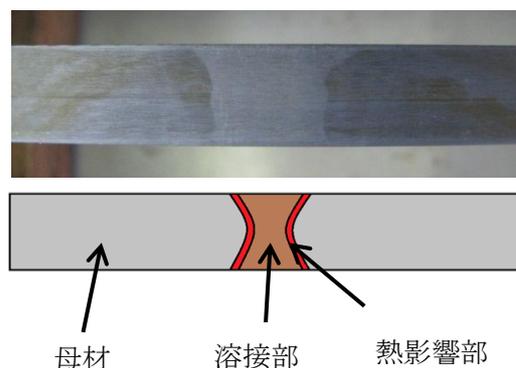


図2 溶接部形状



写真1 試験状況

表1 引張試験結果

	試験体No	降伏応力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	絞り (%)
母材	1	418	548	53.13
	2	390	511	45.81
	3	424	566	50.15
	平均	411	542	49.70
軟質継手	1	390	525	36.63
	2	384	524	36.70
	3	382	512	43.45
	平均	385	520	38.93

キーワード：軟質継手、塑性拘束、降伏応力

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

低くなっている。また、母材に比べて軟質継手の絞りの方が小さくなっている。写真2に破断後の試験体の例を示す。軟質継手の方がくびれが生じている範囲が狭く、その周辺での伸びが小さくなっている。すなわち、軟質継手の変形が局所化している。これは、溶接金属部の変形を、それよりも強度が高い母材で拘束するためと考えられる。これが、先に述べた塑性拘束効果である。

ビッカース硬さ試験の結果を図4に示す。このビッカース硬さ試験結果と引張試験で得られた母板の引張強度と降伏応力から推定した溶接金属部、熱影響部と母板の降伏応力と引張強度を表2に示す。溶接金属の降伏応力は、母板よりも10%程度低いと推定される。

4. 解析

実験で得られた軟質継手の降伏耐力を解析的にも明らかにする目的で、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。解析モデルは、引張り試験体をモデル化した矩形断面の横突き合わせ溶接継手(220×40×10mm)である。ここでは、図2に示したマクロ試験結果より、溶接幅は20mm、熱影響部幅は2mmとした。また、それらの降伏応力はビッカース試験結果に基づき表2に示すように仮定した。モデルの対称性から1/8モデルを用い解析を行った。解析はモデル端に0.05mmステップで5mmの強制変位を与えることにより行った。応力-ひずみ関係はBi-Linearとし、弾性域で $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、塑性域で $200 \text{ N/mm}^2$ とした。ポアソン比は $\nu=0.3$ とし、降伏条件としてはVon-Misesの降伏条件式を用いた。

解析より得られた応力と変位の関係を図5に示す。軟質継手の降伏応力は $384 \text{ N/mm}^2$ であり、溶接金属( $370 \text{ N/mm}^2$ )よりも高くなっている、解析より得られた軟質継手の降伏応力は実験で得られたものとほぼ一致している。

5. まとめ

軟質継手の降伏耐力、引張強度は母材より低く、溶接金属より高い。軟質継手の変形は、母板に比べて局所的である。軟質継手の降伏耐力を解析的に求めることがある程度可能である。

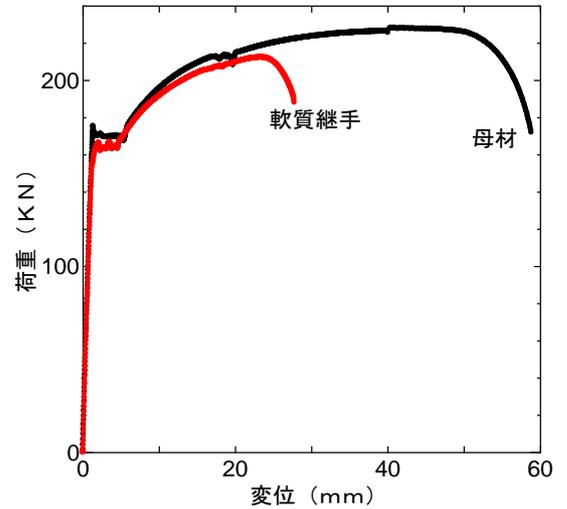


図3 荷重-変位関係

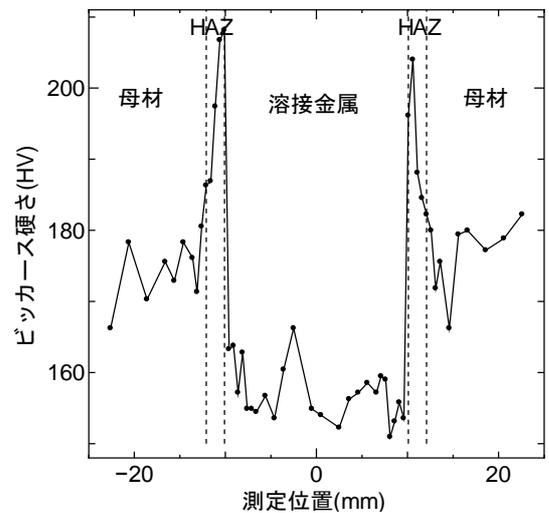


図4 ビッカース硬さ試験結果

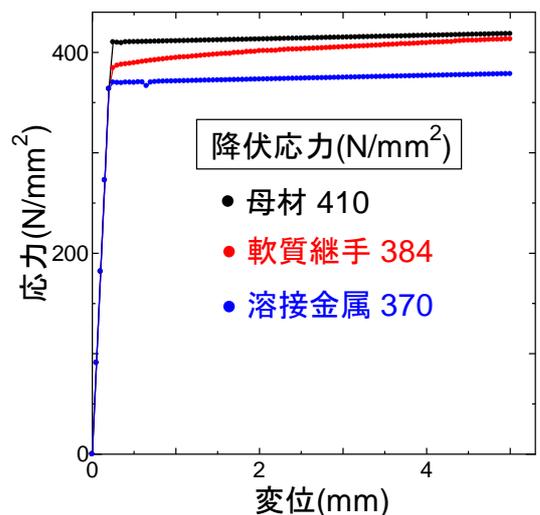


図5 応力-変位関係



写真2 破断後の試験体

表2 母材と溶接金属の降伏応力と引張

	引張強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	降伏応力 ( $\text{N/mm}^2$ )
溶接金属	487	369
熱影響部	653	440
母材	541	410