

軟質横突合せ溶接継手の耐荷力

横河ブリッジホールディングス 正会員 ○ 一宮 充
法政大学 正会員 森 猛
富士ピーエス 池田 祥吾

1. はじめに

鋼橋などの鋼構造物の溶接部においては、一般に鋼材強度が高まると低温割れが生じやすくなるが、その対策の一つに母材よりも溶接材料の強度が低い軟質溶接継手とする方法がある。軟質溶接継手の強度は塑性拘束効果によって溶接部単体の強度よりも上昇することが知られているが、その効果は実務で使用できるほど一般化されていない。本研究では、軟質横突合せ溶接継手の強度について、引張試験と弾塑性応力解析により検討した。

2. 引張試験

試験体は図-1に示す板厚12mmの突合せ溶接継手であり、母材はSM490Y, SM570(いずれもJIS G3106), SHY685(JISG3128)の3種類を用意した。溶接は比較的強度の低い溶接材料(日鐵住金溶接工業製YM-25, JIS Z3312 YGW16)を選定し、CO₂溶接により製作した。この試験体から、母材の引張試験片、継手引張試験片(いずれもJIS Z2201 1A号試験片)、全溶接金属引張試験片(JIS Z2311 タイプI号)を採取した。

引張試験結果を表-1に示す。継手引張試験片はすべて溶接部で破断したが、その強度は母材単体の強度よりも低く、溶接金属単体の強度よりも高くなった。

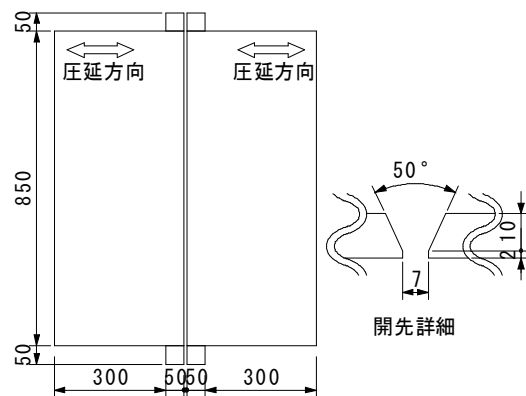


図-1 試験体

表-1 引張試験結果

	試験体No	降伏応力 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	伸び (%)	絞り (%)
母材 (SM490YA)	1	427	542	27.0	65.3
	2	400	519	27.0	69.1
	3	395	519	28.0	69.1
	平均	407	527	27.3	67.8
母材 (SM570)	1	496	588	15.5	64.0
	2	499	592	14.5	64.1
	3	502	596	14.0	67.7
	平均	499	592	14.7	65.3
母材 (SHY685)	1	808	847	10.5	54.0
	2	809	847	9.5	62.2
	3	810	848	10.0	62.1
	平均	809	847	10.0	59.5
軟質継手 (SM490YA)	1	310	442	9.5	60.2
	2	350	473	9	52.9
	3	343	469	10	59.1
	平均	334	461	9.5	57.4
軟質継手 (SM570)	1	388	500	5	55.5
	2	380	495	4.5	56.4
	3	374	488	4.5	60.8
	平均	381	494	4.7	57.6
軟質継手 (SHY685)	1	373	528	4.5	56.0
	2	332	477	4.5	58.3
	3	333	470	5.0	58.6
	平均	346	492	4.7	57.6
溶接金属 (SM490YA)	1	321	445	12.5	66.0
	2	320	442	11.8	66.4
	3	317	442	11.8	64.6
溶接金属 (SM570)	1	322	458	11.6	66.0
	2	340	453	11.5	66.8
	3	317	460	11.5	64.9
溶接金属 (SHY685)	1	318	446	11.6	64.4
	2	308	447	11.6	64.7
	3	314	444	10.7	66.4
溶接金属 (全平均)		320	449	11.6	65.6

3. 弾塑性応力解析

引張試験で使用した軟質溶接継手試験体を対象として弾塑性有限要素応力解析(解析コード: ABAQUS Ver.6.3)を実施した。解析モデルは対称性から1/4モデルとし、ソリッド要素で構成した。材料のヤング率は200kN/mm²としたが、溶接部の寸法は試験体のマクロ試験結果を反映し、母材、溶接金属、HAZで区分した。母材と溶接金属の真応力-真ひずみ関係は引張試験結果から算出した。HAZについては、Bond部における硬化域や高強度鋼でのHAZ軟化域を考慮し、SM490Y材は1種類、SM570材は2種類(図-2参照)、SHY685材は3種類の材料定数をビッカース硬さ試験結果から定義した。HAZの降伏応力と引張強度はビッカース硬さに比例しているものと考え、母材の引張試験結果を使用して表-2に示すように推定した。また、真応力-真ひずみ関係の算出では、ビッカース硬さと母材の引張試験結果から求めた一様伸びの関係から推定した。

解析で得られた荷重-変位関係の一例を図-3に示す。実験結果の変位はクロスヘッドでの計測値であるため、弾性域での勾配を補正している。解析で得られた0.2%耐力と最大変位時の応力を、実験で得られた降伏応力と引張強度と比較した。

キーワード: 軟質横突合せ溶接継手, 弾塑性応力解析

連絡先: 千葉県船橋市山野町47-1 (株)横河ブリッジホールディングス TEL 047-413-7700, FAX 047-413-7701

結果を図-4に示す。

4. パラメトリック解析

軟質溶接継手の降伏応力と引張強度について検討するため、パラメトリック解析を実施した。解析モデルは幅140mm×板厚(t)18mm×長560mmの矩形断面の横突合せ溶接継手とし、溶接幅(d)は20mm、降伏点と引張強度は、母材を500N/mm²と590N/mm²、溶接部を400N/mm²と472N/mm²とし、溶接部と母材の降伏比(α)は0.8を基本とした。これを基準モデルとし、解析パラメータは、tを9mm, 27mm, 36mm, dを10mm, 30mm, 40mm, 60mm, α を0.7, 0.9に変化させた。

解析結果の一例として、溶接幅(d)の影響について、d=20mmの基準モデルの強度との比を示す補正係数と、溶接幅(d)を板幅(w)で除したd/wの関係を図-5に示す。図中の実線は最小自乗法で求めた回帰直線であり、補正係数とd/wは1次関数で与えることができる。同様に板厚の影響、溶接・母材降伏比についても同様に整理し、各補正係数を式(1), (2)に示すように求めた。

$$\text{降伏応力: } \sigma_{ys} = 0.988 \times \beta_t \times \beta_d \times \beta_\alpha \times \sigma_y \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{引張強度: } \sigma_B = 0.947 \times \gamma_t \times \gamma_d \times \gamma_\alpha \times \sigma_s \dots\dots\dots (2)$$

$$\begin{aligned} \beta_d &= -0.155(d/w) + 1.021 & \gamma_d &= -0.299(d/w) + 1.031 \\ \beta_t &= -0.032(t/w) + 0.996 & \gamma_t &= 0.036(t/w) + 0.995 \\ \beta_\alpha &= -1.316\alpha^2 + 2.258\alpha - 0.045 & \gamma_\alpha &= -2.683\alpha^2 + 4.812\alpha - 1.132 \end{aligned}$$

$$[9 \leq t \leq 36 \text{ mm} \quad 10 \leq d \leq 60 \text{ mm} \quad 0.7 \leq \alpha \leq 0.9 \quad w = 140 \text{ mm}]$$

σ_y : 基準モデルの母材の降伏応力(N/mm²), β_d : 溶接幅の影響(降伏応力)
 σ_s : 基準モデルの母材の引張強度(N/mm²), γ_d : 溶接幅の影響(引張強度)
 β_t : 板厚の影響(降伏応力), β_α : 溶接・母材応力比(降伏応力)
 γ_t : 板厚の影響(引張強度), γ_α : 溶接・母材応力比(引張強度)

評価式から求めた降伏応力と引張強度を解析結果と比較した結果を図-6に示す。両者はよく一致しており、軟質溶接継手の降伏応力と引張強度を式(1), (2)で精度良く推定できている。

5. まとめ

横突合せ軟質溶接継手の降伏応力と引張強度について、実験と弾塑性応力解析を実施した結果から、その評価式を提示した。

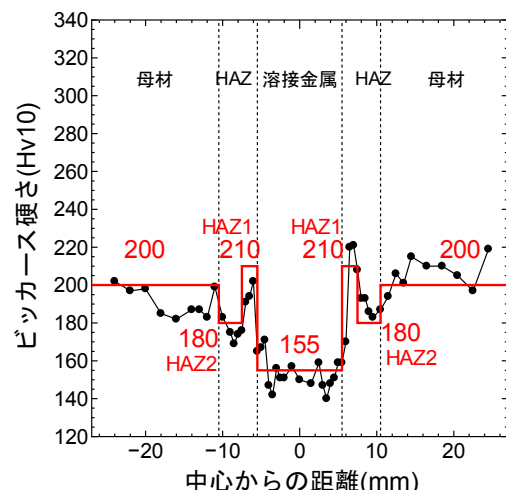


図-2 ビッカース硬さ試験結果の一例

表-2 推定したHAZの材料定数

鋼材		硬さ Hv10	降伏応力 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
SM490YA	HAZ	190	460	557
SM570	HAZ1	210	531	615
	HAZ2	180	425	529
SHY685	HAZ1	180	425	529
	HAZ2	160	354	471
	HAZ3	240	636	701

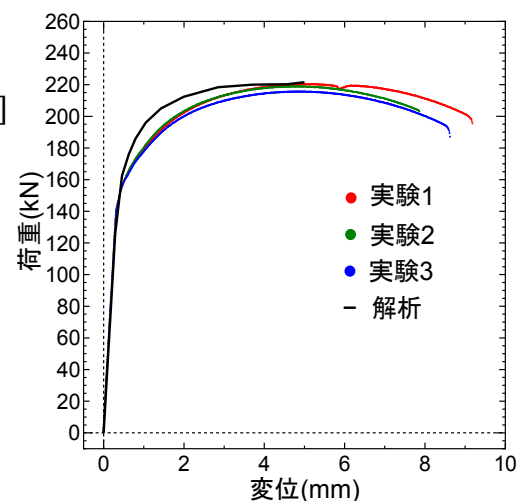


図-3 軟質継手の荷重-変位関係 (SM570)

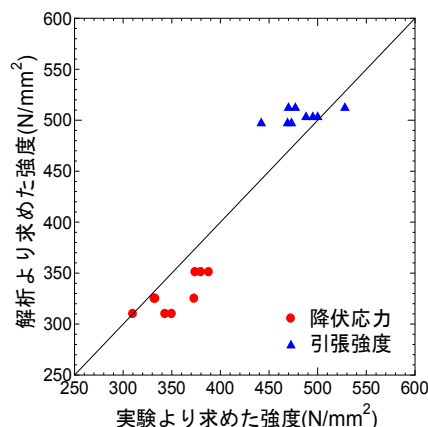


図-4 解析結果と実験結果

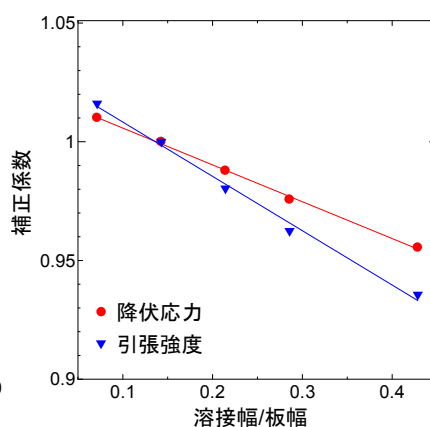


図-5 溶接幅の影響

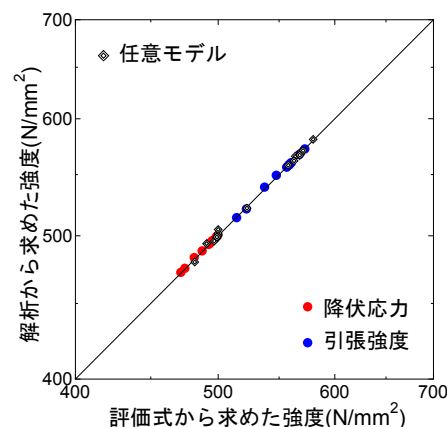


図-6 評価式の強度と解析結果