

I-219 低強度溶接材料による高張力鋼溶接継手の力学的特性

日本鋼管 正員 ○嶋田正大
 東京都立大学 正員 堀川若甫

1. まえがき

70%級 80%級の高張力鋼の溶接においては溶接部に十分な強度とじん性を確保すると同時に溶接われを阻止するために例えば溶接入熱を制限し予熱温度を高くする必要があるなど溶接施工上厳しい制約条件が課せられている。更に溶着金属は鑄造組織状であるので溶接性の改善はかなり困難といえる。ある広がりを持つ枝料の一部に低強度の層が存在しても枝料のマクロ的な強度に及ぼす影響が小さいといわれている⁽¹⁾。従って溶接枝料に低強度の枝料を用いて溶着金属のもつ困難性を回避することは1つの方策であると考えた。低強度溶接枝料による高張力鋼の溶接の問題はこれまで主として溶接工学—溶接枝料の開発、施工—の立場からは関心がもたれている。筆者等は二次元有限要素法弾塑性解析法を導入してこのような溶接継手の力学的性状を検討し構造継手として許容される低強度枝料による高張力鋼溶接の限界を求めようと試みた。

2. 解析方法

○解析モデルは図1に示すような突き合わせ溶接継手で母枝と溶着金属の2つの部分から成るとしx-y面内で平面応力状態にあるものとして取り扱った。

○枝料は溶着金属を含め等方等質性とし 降伏は von Mises

の降伏条件に従うものとし塑性域にある要素についての 図-1 解析モデル

応力-ひずみ関係としてReussの応力-塑性ひずみ増分関係を用い新增荷重法により計算した。

○枝料特性は素枝試験によって得られた応力-ひずみ曲線より相当応力 $\bar{\sigma}$ と相当塑性ひずみ $\bar{\epsilon}_p$ の関係を指数関数で近似しインプットした。使用鋼枝の枝料特性は表に示す。

○継手幅Bと溶接幅Wと

の比 B/W が5,10,20,40

の4つのケースについて

	枝 種	σ_{yield}	σ_u	ϵ_u	$\bar{\sigma} \sim \bar{\epsilon}_p$ 関係式
母 枝	HT 80	76.0	84.0	0.075	$\bar{\sigma} = 51.50 (\bar{\epsilon}_p + 0.005)^{0.75} + 41.4$
溶 接 枝	60ヤロ鋼	52.1	61.4	0.12	$\bar{\sigma} = 21.0 \bar{\epsilon}_p^{0.2} \quad (0.0 \leq \bar{\epsilon}_p < 0.012)$ $\bar{\sigma} = 48.33 \bar{\epsilon}_p^{0.2} + 23.92 \quad (0.012 \leq \bar{\epsilon}_p < 0.12)$

て計算を行なった。溶接幅が最も小さいケース($B/W=5$)でも溶接部の要素分割は3層とし 要素分割の粗さに伴う溶接部の変形の拘束が解の精度に及ぼす影響を少なくした。

3. 解析結果と考察

図2に継手の公称伸び率と断面平均応力との関係を示す。計算時間の制約により見掛けの降伏点を上回る状態までしか計算していない。これによれば B/W の値が大きくなるにつれ継手の降伏点強度が上昇していることがわかる。強度が増加する理由は次のように考えられる。溶接部、母枝共に弾性域内にある場合には ほぼ単軸応力状態にある。溶接部が降伏域に達するとまだ弾性域にある母枝から強く拘束を受けこのために溶接部内には荷重と直角方向の応力成分 σ_y を生じ二軸応力状態になる。この二軸性は母枝の拘束が大きい程強く

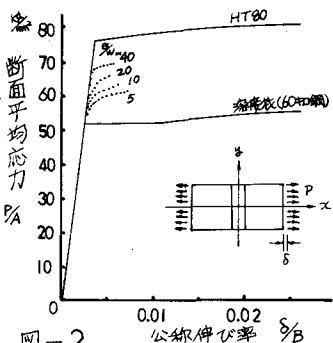
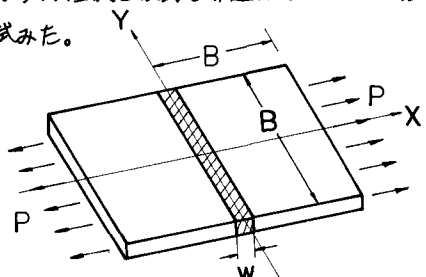


図-2

なる。この二軸性により継手の強度が増加すると考えられる。図3には60キロ鋼単一枚と $B/W=20$ のケースでの継手中央点でのひずみ ϵ_x と断面平均応力との関係を示す。二軸性により強度が上昇するのが明かにわかる。

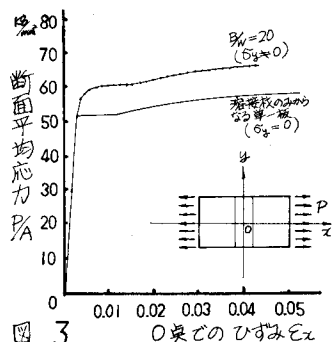


図4には溶接部中央断面、及び母材との接触部におけるひずみ分布を示す。母材による拘束の様相は荷重と直角方向のひずみ ϵ_y の分布の差に明らかである。 $B/W=20$ のケースではいずれの断面でも ϵ_y は小さい。つまり母材の拘束が溶接部の中央部にまで及んでいること

がわかる。図5には溶接部中央断面及び溶接部と接触している母材断面での応力成分 σ_x , σ_y の分布を示す。溶接部が降伏する以前においては一軸であった応力状態が溶接部が降伏域に達した以降は強い二軸応力状態になっていることがわかる。溶接部中央断面では母材の拘束により引張応力 σ_y が生じている。 σ_y の分布は $B/W=20$ では自由端から中央に近づくとき急激にその値を増し一定値に近づくが $B/W=5$ では徐々に上昇するのが認められる。この差異は母材からの拘束の程度の差による。溶接部と接触する母材断面では溶接部によって荷重と直角方向の変形を進行させるような力を受けるので σ_y は圧縮応力となっている。

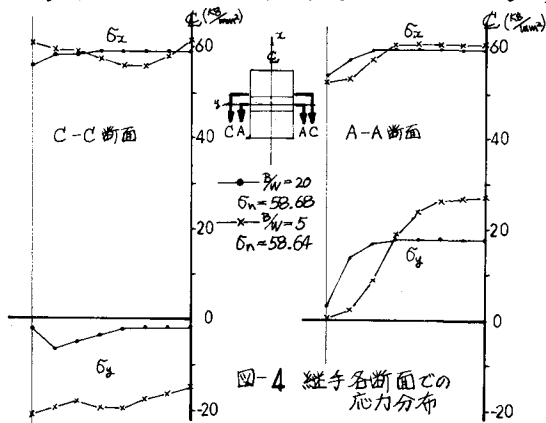


図-4 継手各断面での応力分布

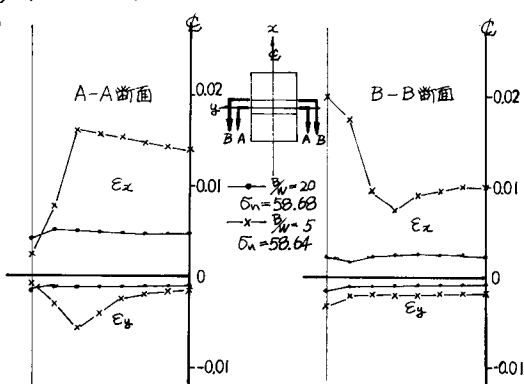


図-5 継手各断面でのひずみ分布

高張力鋼溶接継手に低強度溶接材料を用いた場合、継手強度がどの位減少するかという事は工学的に重要な意味をもつ。低強度材料を用いた継手の0.2%耐力と母材のみから成る単一枚の場合の0.2%耐力との比を継手効率と定義する。この継手効率と B/W との関係を示したのが図6である。これによると $B/W=20$ 以上ならば、強度低下は10%以内である。

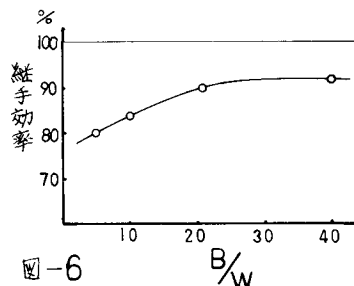


図-6

以上の解析は平面応力状態の仮定で計算を行なっているので厚さ方向には自由に變形できるとしているが、実際の継手では厚さ方向にも溶接部は拘束を強く受けるので溶接部内では三軸応力状態となっていて継手の強度は更に上昇すると予想される。この点に関しては実験により確認したい。

〈参考文献〉(1)佐藤和彦他「軟層を含む溶接継手の静的強度に関する寸法効果」溶接学会第33巻第1号(1968)
(2)山田嘉昭「弾塑性問題における剛性マトリックス」生産研究第19巻3号(1967)