

大阪大学溶接工学研究所
大阪大学大学院上田 幸雄
福田 敬二、中長 啓治

溶接の冷間割れを取扱う上では、その継手形式を突合せと隅肉との2種類に大別することができる。この中で突合せ継手に関しては、継手の拘束度—拘束応力と割れとの関係は一次元部材については非常に多くの研究成果が発表されほぼ確立されており、さらに溶接の全過程を通じて局部応力ひずみの履歴も解析されている。ところで突合せ継手については種々の割れの形態(ウェブのトウ、ルート、フランジのトウ、ルート、アンダービード、ヒール)がわずかの力学的条件の相異によって入り混って生じているようで、力学的条件と割れの形態との関係に統一した説明がなされていない。

この問題に対し

て、著者らは有限要素法による熱弾塑性解析法を適用し、溶接の全過程を通じて隅内部が受ける力学的履歴を解析した。解析の対象はFig. 1に示すようなT型継手で片側に1層隅肉溶接を行なう。材料は50 kg/mm²級の高張力鋼で、母材および溶着金属の温度に依存する機械的性質をFig. 2に示す。溶接条件は入熱量1,500 J/mm, 溶接速度150 mm/minとした。解析のための要素分割はFig. 1のようになり、ルートギャップを1 mmとし、また、要素の最小辺長を1 mmとした。したがって、応力ひずみなどはこの要素の面積内の平均値になっているほか、溶け込みの形状の相違による応力集

Model t H Restraining cond.

T-F	20	∞	u=v=0 at y=H
T-130	20	130	
T-90	20	90	
T-60	20	60	
T-40	20	40	
T-S	20	40	u=v=0 at x=-t, y=H
T-0	20	40	u=0 (web), at x=-t

中は考慮していない。本報告では右の7種類のT継手に対して解析を行った。いずれの試験片もフランジの底辺(φ=t)で $u=0$ としている。Fig. 3は、試験片T-F, T-130, T-S, T-0の残留応力を主応力であらわしたものである。図は応力の流れをよく表わしており、割れの発生は流れと直角方向に入るものと考えられる。たとえば、Fig. 3(a)のMODEL T-Fはウェブは拘束から自由であるので、割れが生じる場合はフランジのルート、またはトウ部であろう。MODEL T-Sでは冷却過程でのウェブの回転を止めたものであるが、それによってフランジのトウ部の応力は相当上昇しているが、ルート部はむしろ大きい圧縮を受けている。MODEL T-0では横方向の拘束が厳しいため、応力はフランジのトウ部からウェブのルート部に流れている。他方、MODEL T-130では、上下方向の拘束があるため、応力はフランジのルートからウェブルート、それからトウ部を流れ、後二者は相当高い値となっている。またフランジのトウ部にも高い引張応力が生じており、アンダービードクラックにつながる可能性がある。これらをまとめたのがFig. 4(a)および(b)である。Fig. 4(a)は、ウェブの伸縮に対する拘束の程度によらず、最終局部応力がどのように変化するかを示している。拘束度のないウェブが自由なMODEL T-Fでは、フランジのトウおよびルートのいずれも、それ程差がない最大応力が生じており、フランジに割れ発生の可能性があり、φ方向の拘束度を増大させると、最大応力がウェブのルートとトウに生じるようになり、割れ発生予定点が明らかにウェブへ移動してくることを示し

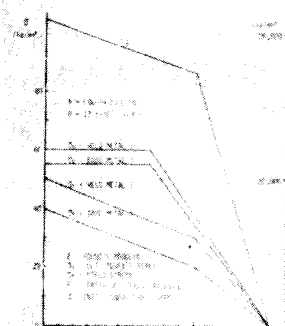
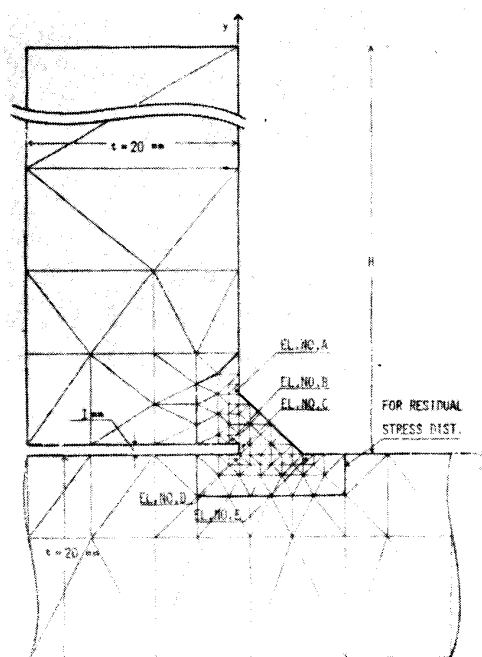


Fig.2 Mechanical properties

Fig.1 Model & FEM idealization

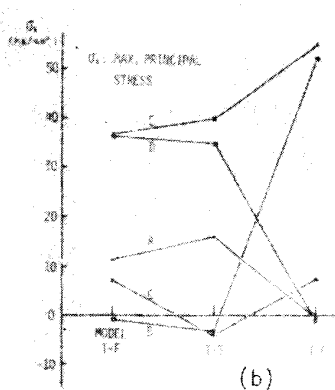
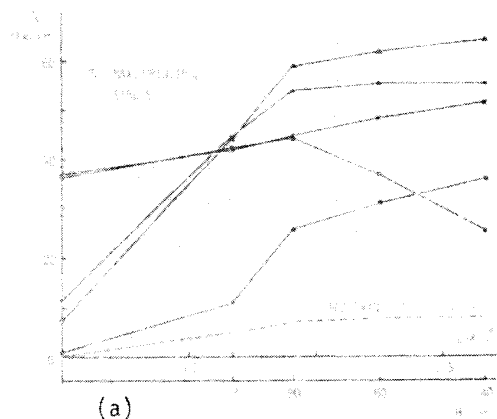


Fig.4 Max. principal stresses & restraint

ている。そして、応力値としてはルート部が最大であり、まず割れが生じ、冶金的な要因と相まってウェブのトウ部にも割れが起ることも考えられる。Fig.4(a)では、横方向(X方向)のウェブの拘束と局部応力を示している。この場合の割れは、まず、フランジのトウ部を除いて他には生じないと思われる。ただし、MODEL T-0ではウェブのルート(B)は応力が相当高くなるようであり、丁継手の第2ビードでは、ここに割れが発生することがあろう。

以上、熱弾塑性解析結果をもとに丁継手の第1ビード溶接割れ形態を力学の立場から考察した。

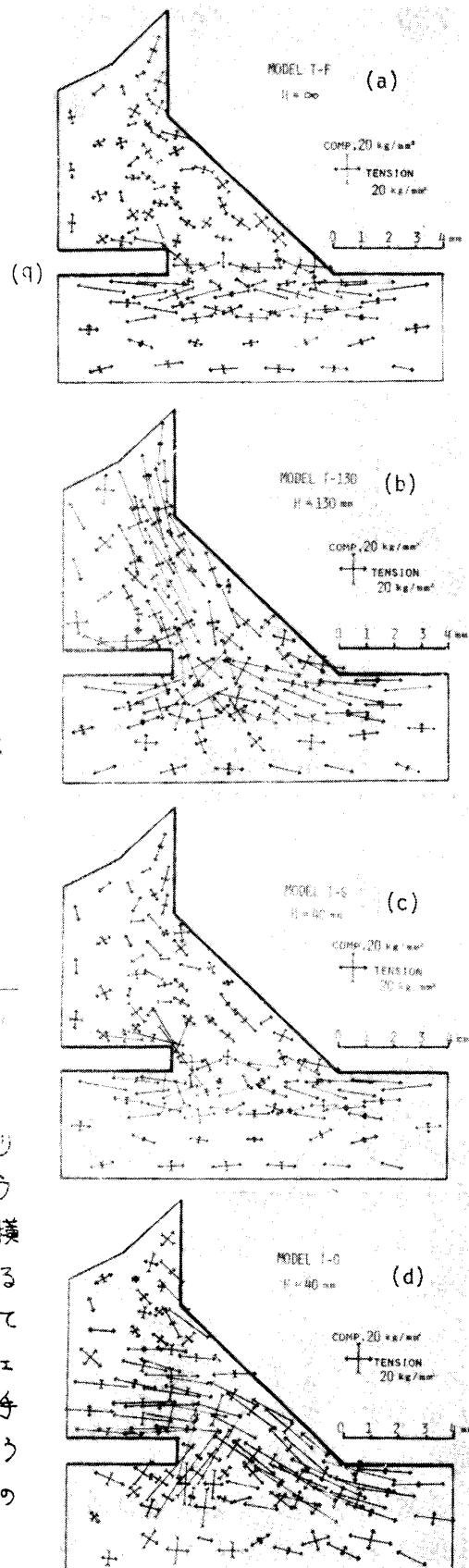


Fig.3 Residual principal stresses