

# 軟層を含む溶接継手の静的強度に関する寸法効果

大阪大学 工学部

佐藤 邦彦

土井 勉

○ 豊田 政男

溶接継手においては、普通には溶接金属あるいはそれに隣接する熱影響部の金属組織は母材とは異なり、しかもおおむね連続的に変化している。したがって、その力学的特性—たとえば、応力・ひずみ関係—もまた母材と異なり連続的に変化しているはずである。そしてこのような変化を示す部分の大きさは通常の材料試験で採用されている試験片の寸法に比べて決して無視できる大きさでない。このように溶接継手は、巨視的な振替りの中で材料の力学的特性が変化している。すなわち均質・等方的とは認めることのできない溶接継手に関して、その静的強度に関する特性を明らかにすることを目的として一連の研究を計画した。溶接継手を取扱うのに、まず最も簡単な場合として降伏強さと引張強さの高い母材の中間に局部的に強度の低い、いわゆる軟層を含むような継手模型を取扱うことにした (Fig. 1)。

継手模型は、フラッシュバット溶接により作製し、母材としてS35C、軟層としてS10Cを用いた。溶接後、焼入れ (850°C 10分保持後水焼入れ) 焼

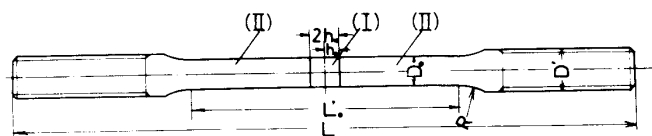


Fig. 1 Mechanical test piece  
(I) soft interlayer  
(II) parent metal

もどし (500°C 30分保持後空冷) の熱処理を行ない、機械的性質が著しく不均一であるような模型継手を得た。試験片の継手部の機械的性質の不均一を硬さ分布によってあらわすと、たとえば Fig. 2 のようになる。引張試験は4種の試験片直径 ( $D_0 = 3, 6, 10, 15\text{mm}$ ) をもつ丸棒試験片について、すべて室温で行なった。

軟層を含む継手においては、引張荷重を加えてゆくとまず軟層部分が塑性変形を開始する。この場合、塑性変形にともなう軟層の横方向の収縮は、軟層と母材の接触面の近傍で強度の高い母材金属によって阻止されるため、軟層部分にくびれを生ずるはずである。この

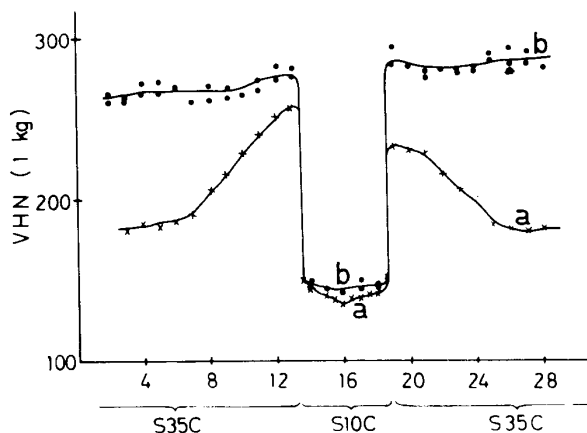


Fig. 2 Hardness distribution over welded joint section  
(a); as weld (b); quench & temper

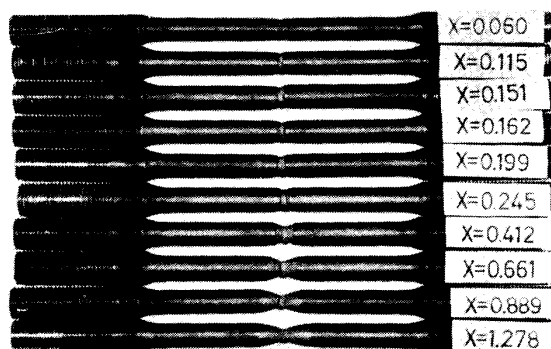


Photo. 1 Specimens after tensile test for various values of X

ような状態では、引張試験片のくびれ部を切欠き付き丸棒試験片などでみられるような三軸応力状態になる。この三軸応力度は層厚さが薄くなるほど著しくなり、引張強さが軟層自体の強さよりも上昇することが考えられる。また2, 3の仮定のもとでの理論解析結果によると、引張試験結果は試験片直径のいかんにかかわらず層厚さと試験片直径との比すなわち相対厚さ $X$ に依存し、 $X$ の減少とともに引張強さが上昇することがわかった。

軟層を含む溶接継手の静的引張試験の結果、次のような結論が得られた。Fig. 3は $X$ の異なる種々の継手の応力・ひずみ曲線の例である。またPhoto. 1は破断後の試験片を相対厚さの小さい順に並べた一例である。

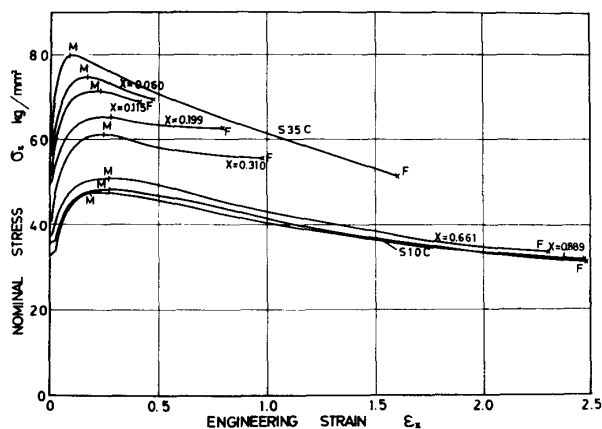


Fig. 3 Nominal stress versus engineering strain curves

- (1). 軟層を含む溶接継手では、その降伏応力、引張強さ、塑性拘束係数、絞りおよび伸び率は軟層の厚さの影響を受ける。これらの値は、理論から予想されたように、軟層の相対厚さが同じであれば、試験片寸法のいかんにかかわらずほぼ同じ値を示す。
- (2). 軟層を含む溶接継手では、軟層の相対厚さが減少するにつれて、降伏応力や引張強さは上昇し、絞りや伸び率は減少する (Figs. 4, 5)。相対厚さが十分に小さい場合には、引張強さは母材の引張強さに近づく。
- (3). 軟層を含む継手では、相対厚さの極端に薄い場合に、軟層材自体の破面遷移温度より

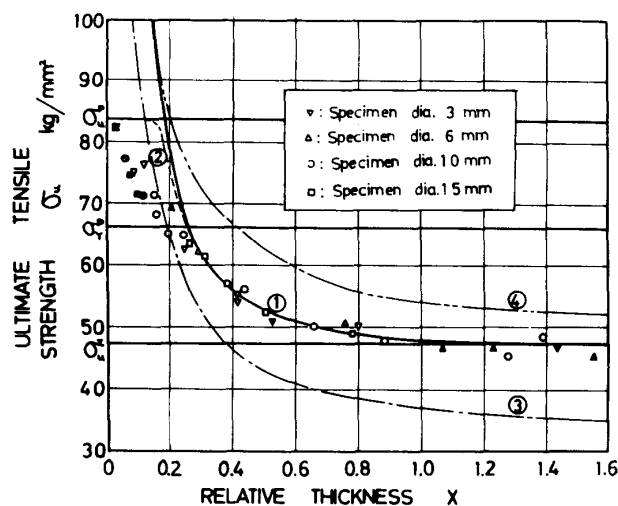


Fig. 4 Ultimate tensile strength as a function of relative thickness  
 $\sigma_u$ : ultimate tensile strength of interlayer  
 $\sigma_p$ : yield stress of parent metal  
 $\sigma_u$ : ultimate tensile strength of parent metal  
 ①, ②; curves calculated by the authors' theoretical equations  
 ③, ④; curves calculated by the Bakshi's theoretical equations

はるかに高い室温においても破面に脆性破面を含むようになる。

- (4). 相対厚さがあまり小さくなく、母材が塑性変形を起こさないような相対厚さの範囲では、筆者らの理論解析によって引張強さがよく近似された。

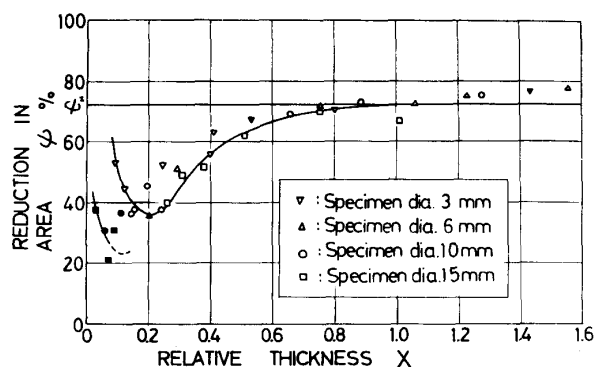


Fig. 5 Reduction in area as a function of relative thickness