

十字引張強さの推定式の導出 (スポット溶接継手の継手強さの推定—第3報)

NKK 総合材料技術研究所 ○船川義正、樺沢真事

Estimation of Cross Tension Strength of Spot Welded Joint

by Yoshimasa Funakawa and Makoto Kabasawa

1. 目的

前報⁽¹⁾において、スポット溶接継手の引張せん断強さの推定式を導出した。本報でも単純モデルにより、薄鋼板継手の十字引張強さの推定式を導出する。とくに十字引張強さが、母材強度に依存しない事実⁽²⁾に留意してモデルを設定した。

2. 推定の対象と実験条件

推定の対象は、十字引張試験で母材破断する場合である。供試材は板厚が0.6～3.2mm、引張り強さが300～800 N/mm²の40種類の鋼板である。溶接はWES 7301のAクラスに相当する条件で電流を変化させ行い、データ数147の継手強度を得た。

3. モデル設定と推定式

十字引張試験片は破断までにFig.1の様に大きく変形する。ここでは、試験片が直径50mmの円周で変形拘束され、破断はナゲット近傍の円周で生じる軸対称モデルを仮定する。破断直前の破断部の鋼板の変形角を θ 、破断時の板内の半径方向の荷重を $P(N)$ とすると、十字引張強さ $CTS(N)$ は①式の様に表記される。

$$CTS = P \cdot \sin \theta \quad \dots \textcircled{1}$$

板厚を $t(mm)$ 、母材の引張強さを $TS(N/mm^2)$ 、破断径がナゲット径 $ND(mm)$ の α 倍、破断部には半径方向に TS の β 倍の応力が加わるものと仮定すると②式が得られる。

$$CTS = t \cdot \pi \cdot (\alpha ND) \cdot (\beta TS) \cdot \sin \theta \quad \dots \textcircled{2}$$

$\sin \theta$ は材料の変形を表すが、ここではFig.2のように考える。破断部は傾き変形の開始部にあるとし、そこでの試験前の半径方向の微小長さを r とする。破断までに r は dr の伸びを得、これが材料の傾きを決めるものとし、 dr/r は鋼板の

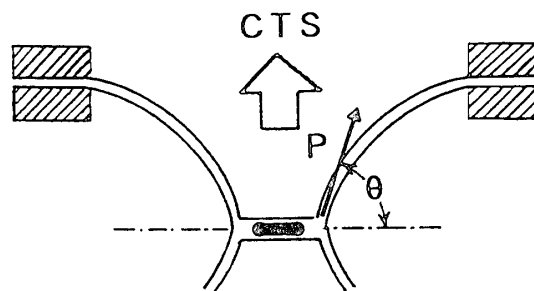


Fig.1 Loading model for CTS

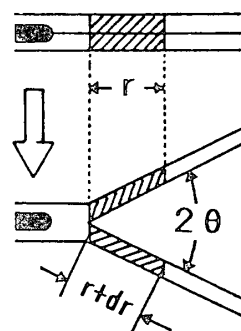


Fig.2 Deformation model for CTS

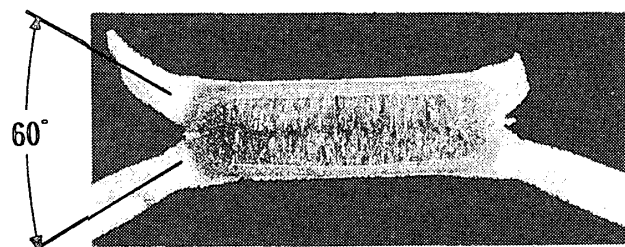


Fig.3 Macro section of fractured weld
($t=1.2mm$, $TS=553N/mm^2$,
 $EL=29.7\%$, $CTS=8330N$, $ND=6.4mm$)

破断伸び値EL(%) の γ 倍と仮定する。これら仮定から、 $\sin \theta$ は③式で表される。

$$\sin^2 \theta = \{(r+dr)^2 - r^2\} / (r+dr)^2 = 1 - \{100 / (100 + \gamma EL)\}^2 \quad \dots \textcircled{3}$$

Fig.3 の破断部の断面写真より θ を測定し、③式より γ を0.5 と決定した。次に、 $\sin \theta$ が計算できるので、②式を④式のように変形し、左辺の値から $\alpha \cdot \beta$ の独立性を吟味した。この結果 $\alpha \cdot \beta$ は⑤式のように $\sin \theta$ に大きく依存することが判明した。

$$CTS / t \cdot \pi \cdot ND \cdot TS \cdot \sin \theta = \alpha \cdot \beta \quad \dots \textcircled{4}$$

$$\alpha \cdot \beta = 5 \sin^{1.91} \theta \quad \dots \textcircled{5}$$

今回のデータでは θ は25~35° の範囲にあり、この時の α と β はFig.4 の関係にある。Fig.3 から α は1.2~1.3と算定できるので、 β は0.3~0.8と考えられる。

②、③、⑤式より、CTS の推定式が最終的に⑥式として得られた。⑥式の計算結果と実験結果の関係をFig.5 に示すが、両者は良い一致を示す。

$$\begin{aligned} CTS &= 5 \pi \cdot t \cdot ND \cdot TS \cdot \sin^{2.91} \theta \\ &= 5 \pi \cdot t \cdot ND \cdot TS \cdot [1 - \{100 / (100 + 0.5 EL)\}^2]^{1.46} \quad \dots \textcircled{6} \end{aligned}$$

4 材質の影響

一般にCTS に対するTSの影響は小さい。これは⑥式でTSと $\sin^{2.91} \theta$ の変化が互いに打ち消し合うため考えられる。今回の供試材における両者の関係をFig.6 に示すが、両者の積はほぼ一定とみなせる。したがって⑥式は、TSとELを含まない式で簡略化できる。この形で回帰分析した推定式を⑦式に示す。十字引張強さは板厚とナゲット径のみでほぼ決まるといえる。

$$CTS = 1150 \cdot t \cdot ND \quad \dots \textcircled{7}$$

【参考文献】

- (1) 船川、小川、樺沢：溶接学会全国大会講演概要、第53集(1993)、p410
- (2) 能勢ら：溶接学会抵抗溶接研究委員会資料、RW-149-78(1978)

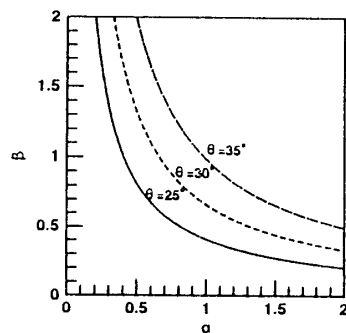


Fig.4 Relationship between α and β

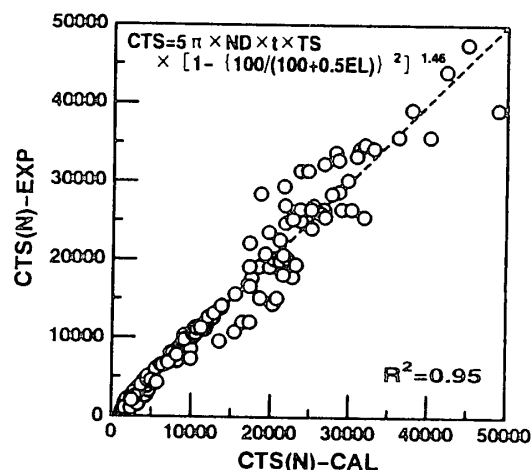


Fig.5 Evaluation of estimated value

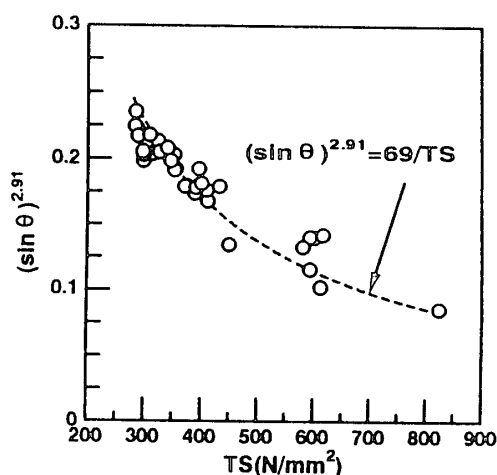


Fig.6 Relationship between TS and $\sin \theta$