

ずみ脆化度は、軟鋼あるいは As roll 型の HT 50 に比較して可成り少ないものであることは、すでに著者らの第一報における W. D. で述べた通りですが、この理由につきましては次のように考えております。即ち、本論文で明らかにしましたように、鋼材の熱ひずみ脆化の程度を支配するのは主として鋼中の固溶 N であります。一方、鋼中の窒素の存在形態は固溶 N と窒化物の 2 つの種類があり、これらを合せた。いわゆる Total な N 量については、特別の場合を除き、HT 60, 80 が特に少ない

とは考えられませんが、固溶 N 量につきましては、本文中 Fig. 19 に示しますように HT 60, 80 のような焼入れ焼戻しを受けた Al killed 鋼では極端に少なくなっていると考えられます。これは HT 60, 80 では、Al に加え、窒化物形成元素が添加されている事が多い為、熱処理により固溶 N が効果的に窒化物として固定されてしまうからで、このような理由で、これらの鋼材の熱ひずみ脆化度は Fig. 11 に示す HT 50-Al killed 鋼の場合と同様、著しく減少すると考えられます。

薄板構造物の溶接変形に関する研究

藤 田 譲 外

【討】 神近亮一君 (1) Fig. 4, 5 に示されている座屈荷重はエネルギー法によって導いたとありますが、具体的な計算法を御教示頂ければ幸いです。

(2) 平板にスティフナーを隅肉溶接した場合の残留応力と、平板の突合わせ溶接時の残留応力との関係について検討を行なっておられますでしょうか。

(3) 残留応力分布を定める佐藤先生らの関係式は 2 枚の板の突合わせ溶接を対象としていると思いますが、それを Fig. 11~14 のような edge 溶接に適用される際には、実際の溶接条件から出てくる入熱量 Q を 2 倍しておられるのでしょうか。もしそうでないとすれば、Fig. 15 と Fig. 17 の相違は何に起因するのでしょうか。

(4) Fig. 11~14 に ● 印で示されている限界入熱量と破線と縦軸が交差している位置での $(Q/t)_{cr}$ との相違は何に起因するのでしょうか。

【回】 野本敏治君 (1) 残留応力のある平板の座屈荷重については、渡辺、佐藤先生の著書⁹⁾に簡単な例が示されております。周辺単純支持された長方形 ($a \times b$) に面内圧縮力が作用した場合の座屈波形を

$$w = w_{mn} \cos \frac{(2m+1)\pi x}{a} \cos \frac{(2n+1)\pi y}{b}$$

と仮定する。

いま平面を保っていた平板が面外変形した場合の曲げによる歪エネルギーの増加 ΔU は

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{1}{2} \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \iint \{(w_{,xx} + w_{,yy})^2 \\ &\quad + 2(1-\nu)(w_{,xy} - w_{,xx}w_{,yy})\} dx dy \\ &= \frac{1}{2} \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \cdot \frac{ab}{4} w_{mn}^2 \pi^4 \left\{ \frac{(2m+1)^2}{a^2} \right. \\ &\quad \left. + \frac{(2n+1)^2}{b^2} \right\}^2 \end{aligned} \quad (1)$$

となります。次にその間に外力系のなした仕事増分 ΔV は

$$\begin{aligned} \Delta V &= \frac{1}{2} \iint (p+R)(w, x)^2 dx dy \\ &= \frac{1}{2} \iint p(w, x)^2 dx dy + \frac{1}{2} \iint R(w, x)^2 dx dy \\ &= \Delta V_{(p)} + \Delta V_{(R)} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで $\Delta V_{(p)}$ は

$$\Delta V_{(p)} = \frac{1}{2} p \frac{(2m+1)^2 \pi^2}{a^2} \cdot \frac{ab}{4} \quad (3)$$

一方、残留応力による外力仕事増分 $\Delta V_{(R)}$ は (残留応力分布を区分的に線形に仮定して $R_i = c_i x + d_i$)

$$\begin{aligned} \Delta V_{(R)} &= \frac{1}{2} \iint R(w, n)^2 dx dy \\ &= \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} \iint (c_i x + d_i)(w, x)^2 dx dy \end{aligned} \quad (4)$$

(1)~(4) を $\Delta U = \Delta V$ に代入すると、 $a=b$ の場合

$$\begin{aligned} p &= 4D \frac{\pi^2}{b^2} - \sum \left[c_i \frac{1}{b_i} \left\{ (x_i^2 - x_{i-1}^2) \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{b}{\pi} \left(x_i \sin \frac{2\pi}{b} x_i - x_{i-1} \sin \frac{2\pi}{b} y_{i-1} \right) \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{b^2}{2\pi^2} \left(\cos \frac{2\pi}{b} x_i - \cos \frac{2\pi}{b} x_{i-1} \right) \right\} \right. \\ &\quad \left. - d_i \frac{2}{b} \left\{ (x_i - x_{i-1}) + \frac{b}{2\pi} \left(\sin \frac{2\pi}{b} x_i \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \left. - \sin \frac{2\pi}{b} x_{i-1} \right) \right\} \right] \end{aligned}$$

を得ます。

(2) (a) 突合せ平板の残留応力と (b) 平板とスティフナーの隅肉溶接による残留応力との関係については未だ検討を行なっておりません。したがって今回の論文では (a) のみを対象としております。現在 (b) を含めて研究を実施しております。

(3) Fig. 11~14 では、溶接入熱のすべてがパネルに供給されると考えられます。したがって御指摘のように、佐藤・寺崎先生の式¹⁰⁾の 2 倍の入熱量で考えております。

また、端部溶接と中央溶接では残留応力の分布も異なりますが、両端部に同時に溶接したものと想定して、入熱量を2倍にただで残留応力の分布形状は佐藤・寺崎の式を採用させて頂きました。

(4) Fig.11~14 に示した●印は1次元応力状態によるものですが、私共の今回の曲線は固有歪 ϵ_y^* は1次元状態ですが、この固有歪によって発生する応力は2次元応力状態 ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_{xy}$) となっております。この点に計算方法の相違があります。私共の考えでは、●印より曲線の方がより現実に近いのではないかと考えております。

【討】 渡辺正紀君 (1) 貴論文に入熱量に Q/t と Q/t^2 の二種類が記されている。実験結果を単に整理するためなら、ある程度物理的な意味がなくても適当なパラメータを採用する事も許容出来ますが、少なくとも「……解析」と銘うたれた場合には、使用するパラメータにもある程度の物理的意義のある事が望ましいと思えます。両者について、ご意見をお聞かせ下さい。

(2) Fig.18 は貴論文の論旨と直接関係ないと思えますが、いかがでしょうか。

【回】 野本敏治君 (1) 入熱量 Q/t は単位板厚、単位長さに投与された熱量という物理的意味があります。

一方入熱量 Q/t^2 は佐藤・寺崎の論文より引用したものです (Fig.18 に関連して)、板の曲げ問題ですので、a) 入熱量 Q/t , b) 板の曲げ剛性, c) 熱の板厚方向への伝わり方などの複雑な関数となっているものと思われます。

そこで実験データのより良い整理のため、入熱量 Q/t^2 を用いているものと思われます。この限りでは、物理的意味は明確ではありませんが、文献10) によりますと、入熱量の無次元パラメータとして $T_0^* = \alpha Q / \epsilon_{r0} c \rho t^2$ を用いております。材料が定まると材料定数 $\alpha_0, \epsilon_{r0}, c, \rho$

はほぼ一定と考えられますので、 T_0^* と Q/t^2 は比例関係になります。

(2) 角変形による初期撓み量を推定させるために a) 入熱量と自由角変形 (θ_0) との関係、b) パネル寸法、溶接金属量及び板の曲げ剛性と拘束された角変形 (θ) との関係について別けて考えました。a) に関しては Fig.18 を b) については式 (14) で表現したつもりです。

【討】 前田豊生君 (1) 薄板構造物では、板継ぎ溶接、すなわち周辺が自由な板の中心線上を溶接する場合、縦曲り、横曲りの複合によって生じる変形も大きな問題の一つです。特に継手始末端での角変形の子量あるいは軽減が重要です。この場合の取扱いについてご構想をお聞かせ下さい。

(2) 本報では周辺単純支持のパネルを取扱っておられますが、実験では、試験板の支持に特殊の工夫をされたと想像します。支持方法の要点をご説明下さい。

【回】 野本敏治君 (1) 板継ぎ溶接による溶接継手端部付近に発生する変形は、最近の溶接工作上の大きな問題点の一つであると同っております。

この変形は一般に縦曲り変形と呼ばれているようですが、実際の変形状態を観察してみますと、比較的薄板の板継ぎ溶接の場合は溶接ビードの収縮による座屈形式の変形も寄与し、中・厚板では横曲り変形なども寄与して生じているように思われます。

この変形に対しては、本論文をそのまま適用することはできませんが、現在では有限要素法などによる数値計算法も適用できますので、今後、是非検討したいと考えております。

(2) 本実験を遂行するにあたり、試験板を周辺単純支持できるように、通常座屈実験に用いられているものを参考にして、板の周辺をローラではさみ込んでセッティングする治具を製作し、これを用いております。

新しい離散化モデルによる板の曲げ崩壊解析

川 井 忠 彦 外

【討】 山本善之君 興味ある論文をお示し下さりまして有難うございました。本研究で、板のヒンジラインの実験と理論がよく一致しておりますが、ヒンジ・ラインが予測できないとき、この方法をとると問題が起こる場合があります。たとえば、中央集中荷重をうける正方形板の場合、右図のようなメッシュ分割のときはどのようなようになるのでしょうか。

【回】 近藤一夫君 山本先生御指摘の通り、本モデルは、どんな要素分割に対しても良好な結果を与えると

