

大阪市立大学工学部 学生員 加茂 年彦
大阪大学工学部 正 員 小松 定夫
大阪市立大学工学部 正 員 北田 俊行

1. まえがき

板継ぎ溶接部には、目違い及び角変形などの初期不整が必ず存在する。圧縮板におけるこれらの初期不整と極限強度に関する研究としては、Dorman-Dwight¹⁾の実験的研究があるが、実験では、目違い量及び角変形量が極限強度に及ぼす影響のみを正確に再現するのは難しい。そこで、本研究のように理論的立場からの研究が不可欠であると考えられる。また、実測された目違い量及び角変形量はばらつきの大い確率変数であるので、確率論的な立場から板継ぎ溶接部を含む圧縮板の耐力評価を行うことも必要であると考えられる。従って、本研究では、1) まず、これらの初期不整が実橋の自由突出圧縮フランジ並びに、圧縮補剛板と構成する板パネル及び縦補剛材などの板要素においてはどの程度の大きさで存在し、2) 次に、これらの初期不整は極限強度にどの程度影響を及ぼすのかを明確にし、3) 更に、実橋製作時におけるこれらの初期不整の制限値についても考察を加える。

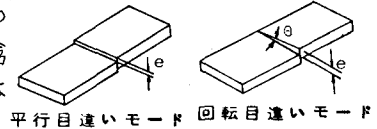


図-2 目違いモード

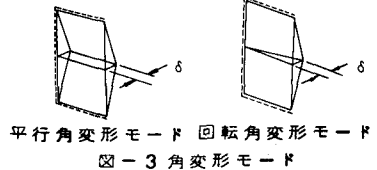


図-3 角変形モード

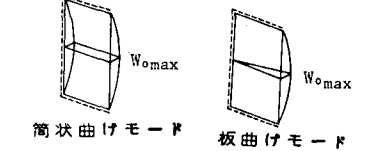


図-4 初期たわみモード

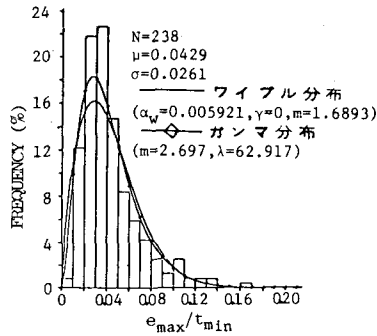


図-1 e_{max}/t_{min} のひん度分布 (自由突出フランジ)

2. 実測した目違い量及び角変形量の統計処理結果

目違い量及び角変形量の頻度分布は、ワイブル分布及びガンマ分布によく適合することがわかった。その結果の一例を図-1に示す。

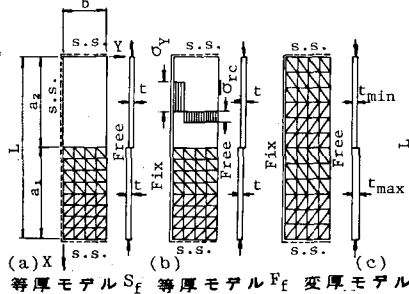


図-5 解析モデル (突出板)

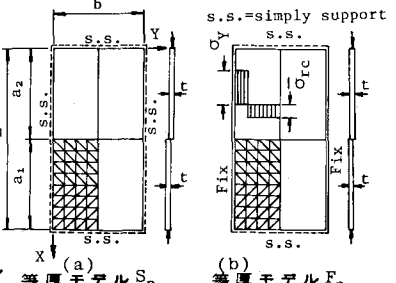


図-6 解析モデル (周辺支持板)

3. 極限強度解析

図-2及び図-3にそれぞれ示すような2種類の目違いモード及び角変形モードを考える。解析法には、弾塑性有限変位理論に基づいた文献2)の有限要素法を用いた。目違い量の取り扱いについては、文献3)を参照されたい。また、一様相対圧縮変位を与えろことにより、板に圧縮力を導入した。

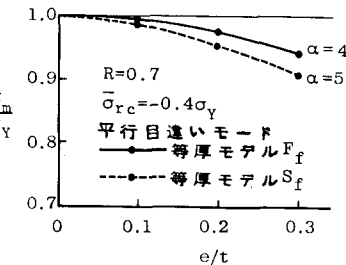


図-7 目違い量と極限強度の関係 (突出板)

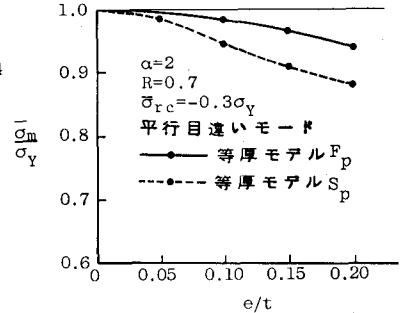


図-8 目違い量と極限強度の関係 (周辺支持板)

突出板に関しては図-5に示す3つの解析モデル、そして周辺支持板に関しては図-6に示す2つの解析モデルを用いた。また、残留応力に関しては、自己平衡となる分布形を仮定し、残留圧縮応力度 $\bar{\sigma}_{rc}$ は、突出板の場合、 $-0.4\sigma_y$ 、周辺支持板の場合、 $-0.3\sigma_y$ 及び $-0.4\sigma_y$ とした。

a. 目違い量と極限強度の関係

まず、突出板に関する解析結果を以下に示す。縦横比 $\alpha (=L/b)$ と極限状態における平均圧縮応力度 $\bar{\sigma}_m$ (以下、極限応力度という) の関係を調べたところ、 α を2以上に大きくしたが、極限応力度はほぼ一定値を示した。また、極限応力度はほとんど目違い位置 (a_1/L) に影響されなかった。幅厚比パラメータ $R (=b/t \cdot \sqrt{\sigma_y/E} \cdot 12(1-\nu^2)/\pi^2 k, k=0.425)$ が0.7の突出板に関して、目違い量と極限応力度の関係を図

7に示す。次に、図-5(c)に示すような接合される2枚の板の板厚が異なる場合 ($t_{max}/t_{min}=2.0$) について解析したが、薄い方の板が厚い方の板の中に完全に含まれてしまうような目違い量を有する場合に関しては、強度低下は全く認められなかった。逆に、薄い方の板が厚い方の板の外側に出るような目違い量を有する場合に関しても若干の強度低下しか認められなかった。

解析結果の一例を図-8に示すが、周辺支持板の場合に関しても、突出板の場合とほとんど同様なことがいえる。

b. 角変形量と極限強度の関係

解析結果を表-1及び表-2に示す。角変形量を有する板については、最大初期変形量と等しく取った初期にわみを有する板継ぎ部のない板として極限応力度を求めれば、安全側の良い近似値が得られることがわかる。

4. 目違い量の制限値について

安全側の見地より、自由突出圧縮フランジ、縦補剛材及び補剛板の板パネルのそれぞれについては、等厚モデル F_f 、等厚モデル S_f 及び等厚モデル F_p を用いて以下の考察を行う。自由突出フランジ、縦補剛材及び補剛板の板パネルに関して、目違い量と極限強度及び道路橋示方書の許容値の本計算値に対する実安全率 ν^* の関係を、それぞれ表-3、表-4及び表-5に示す。同表より、自由突出フランジ、縦補剛材及び補剛板の板パネルに関して表-5目違い量と極限強度および実安全率の関係 (板パネル等厚モデル) は、目違い量は、圧縮耐荷力という面から、ほとんど問題にならないことがわかる。また、等厚モデル S_p の板パネルに関しては、 $\mu+2\sigma$ (超過確率4%) の目違い量に対して、降伏点から約8%の極限強度の低下が認められる。

目違い量及び角変形量の統計処理結果並びに極限強度特性に関する解析結果の詳細は、当日、説明申し上げる予定である。

参考文献

- 1) Dorman, A.P. and J.B. Dwight: Tests on stiffened compression panels and plate panels, Int. Conf. on Steel Box Girder Bridges, 1973.
- 2) 小松、北田、宮崎: 残留応力および初期にわみを有する圧縮板の弾塑性解析, 土木学会論文報告集第244号, 1975年12月
- 3) 小松定彦編: 鋼橋鋼材の形状初期不整と耐荷力の統計学的研究, JSSC 日本鋼橋協会誌, 1980年4月

表-1 角変形量と極限強度の関係 (突出板)

CASE	初期不整モード	極限強度	$\bar{\sigma}_m/\sigma_y$
1	平行角変形モード	δ/b 1/100	0.930
2	回転角変形モード		0.963
3	筒状曲げモード*	W_o/b 1/100	0.912
4	板曲げモード*		0.950

等厚モデル $S_f, R=0.7, \bar{\sigma}_{rc}=-0.4\sigma_y, \alpha=1$

*) 図-4を参照

表-2 角変形量と極限強度の関係 (周辺支持板)

CASE	初期不整モード	極限強度	$\bar{\sigma}_m/\sigma_y$
1	平行角変形モード	δ/b 1/150	0.780
2	回転角変形モード		0.829
3	筒状曲げモード*	W_o/b 1/150	0.768
4	板曲げモード*		0.822

等厚モデル $S_p, R=0.7, \bar{\sigma}_{rc}=-0.4\sigma_y, \alpha=1$

*) 図-4を参照

表-3 目違い量と極限強度
および実安全率の関係
(自由突出フランジ)

構造部分	等厚モデル F_f	
e/t	$\bar{\sigma}_m/\sigma_y$	ν^*
$\mu+2\sigma$ [4.2%] (1/10.5)	0.995	1.71
$\mu+3\sigma$ [0.8%] (1/8.25)	0.991	1.70
1/10 [3.2%]	0.995	1.71

図-7に示す極限強度曲線

を用いた ($R=0.7, \alpha=1$)

[] : ワイブル分布にあてはめた
場合の超過確率

表-4 目違い量と極限強度
および実安全率の関係
(縦補剛材)

構造部分	等厚モデル S_f	
e/t	$\bar{\sigma}_m/\sigma_y$	ν^*
$\mu+2\sigma$ [4.6%] (1/8.97)	0.983	1.69
$\mu+3\sigma$ [1.2%] (1/6.92)	0.972	1.67
1/10 [7.1%]	0.987	1.69

図-7に示す極限強度曲線

を用いた ($R=0.7, \alpha=5$)

表-5 目違い量と極限強度および実安全率の関係
(板パネル等厚モデル)

構造部分	板パネル 等厚モデル S_p	板パネル 等厚モデル F_p
e/t	$\bar{\sigma}_m/\sigma_y$ ν^*	$\bar{\sigma}_m/\sigma_y$ ν^*
$\mu+2\sigma$ [4.0%] (1/7.86)	0.924 1.58	0.975 1.67
$\mu+3\sigma$ [0.7%] (1/6.22)	0.903 1.55	0.960 1.65
1/10 [12.6%]	0.944 1.62	0.986 1.69

図-8に示す極限強度曲線を用いた ($R=0.7, \alpha=2$)