

広島大学工学部 正員 ○上野谷 実
 広島大学工学部 正員 大 村 裕

まえがき

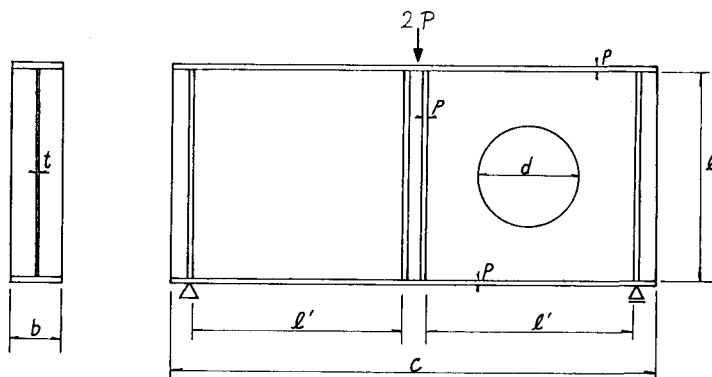
本研究は、図-1(1)に示すように「ウェブ」の中央に円孔を有し、両端で単純支持され中央に集中荷重を受ける工形はり「ウェブ」の弾塑性座屈実験に関するものである。すでに文献(1)で図-1(3)に示すような中央に円孔を有し、周辺に等分布のせん断応力を受ける正方形板が周辺で単純支持あるいは固定の支持条件に対する弾塑性せん断座屈解析結果を示した。ここでは、この解析結果を図-1(1)の工形はりに適用する場合、荷重条件、境界条件の違いによって生ずる問題点について考察を行った。

模型実験

荷重方法は図-1(1)に示すとおりで、荷重点および支点で横倒れを防止する枠を設置した。工形はりの断面寸法は図-1(2)に示す。円孔の大きさとして $d/d = 0.3, 0.5, 0.7$ でそれぞれ機械で穿孔した。「ウェブ」の材質はSS41で、引張試験の結果、弾性係数 $E = 2.07 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu = 0.269$ 、引張降伏応力 $\sigma_y = 3555 \text{ kg/cm}^2$ であった。座屈挙動として現れる「ウェブ」の面外にわみは「ダイヤルゲージ」で、また面外の曲げは「ひずみゲージ」により測定した。

実験結果とその考察

座屈荷重は文献(2)で用いられている方法に従って、荷重 P と面外にわみ δ から、 $P-\delta^2$ 曲線を描き、図-2に示すように、 δ^2 が急激に増加する直線部分と横軸の交点によって決定した。この方法による座屈荷重は測定場所の相違によるバラツキが少ないか「ひずみゲージ」による測定結果はバラツキが大きかった。

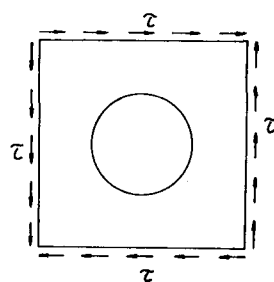


(1) 供試体の工形はり と 荷重方法

単位: mm

供試体	Case 1	Case 2	Case 3
d	180.5	299.0	419.8
l	600.1	600.7	600.3
l'	600.5	599.7	600.7
p	15.0	19.9	15.0
b	150.2	150.2	150.5
t	6.1	6.1	6.1

(2) 供試体寸法



(3) 理論解析の荷重状態

図-1

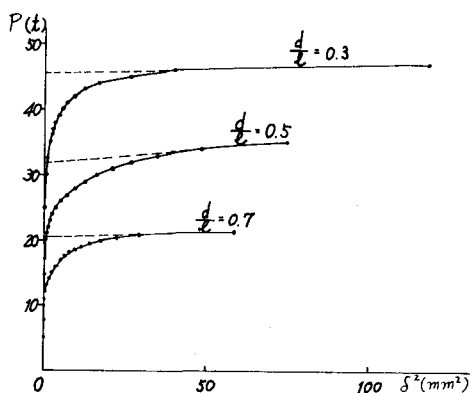


図-2 $P-\delta^2$ 曲線

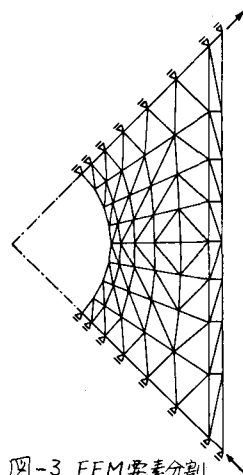


図-3 FEM要素分割

P- δ 法により得られた座屈荷重は $d/l = 0.3, 0.5, 0.7$ に対しそれぞれ 44.75, 32.0, 20.6 ton である。これらの座屈荷重がすべて ω で受けもたれていいると考えると、座屈応力は次式で与えられる。

$$\tau = \frac{P}{A_w} \quad (1)$$

ここで P : 座屈荷重, A_w : ω の断面積

式(1)による座屈値を文献(1)の理論座屈曲線と比較するため図-5に○印としてプロットする。これによると内孔の小さい $d/l = 0.3$ の場合、単純支持の理論値よりわずかに大きい値を示している。内孔が大きくなると、すなわち $d/l = 0.5$ の場合、固定支持の理論値に近くなり、 $d/l = 0.7$ の場合、固定支持の理論値よりかなり大きい座屈値を示す。これは内孔が大きくなると ω の欠損断面積が大きいため荷重の一部がフランジによって受けもたれていいるものと考えられる。そこで ω とフランジのひずみエネルギーを比較することによってフランジ部分の受けもつせん断力を検討した。ひずみエネルギーの計算は有限要素法による弾性応力解析を図-3に示す要素分割で内孔径を変化させて行われ、その結果は図-4に示すとおりで、せん断力を集中力として隅角部の1節点に作用させて $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ によるひずみエネルギーを計算すると無孔の場合でもフランジの受けもつせん断力は全体の20%にも達する。これは載荷点近くにおける応力集中の影響であり、等分布のせん断力としてフランジ外面に沿って作用させると2%になる。また、せん断応力だけにひずみエネルギーは載荷方法により相違はみられない。フランジの分担を考慮するに等分布載荷の結果を用いて修正した座屈値を図-5に●印としてプロットする。これによれば、実験値は内孔が小さい場合単純支持の理論値によく近似し、内孔の大きい $d/l = 0.7$ の場合単純支持と固定の中間にある。したがってフランジ部分のせん断力分担を考慮すれば、図-1(1)に示すような工形はりの ω の座屈荷重の予測に文献(1)の単純支持の座屈曲線が適用できると思われる。

参考文献

- (1) M. Ueno and R. G. Redwood, Elasto-plastic Shear Buckling of Square Plates with Circular Holes, Computers & Structures, Vol. 8, Apr. 1978
- (2) 吉識雅夫他, 有孔板の座屈強度について, 造船協会論文集, 第122号, 昭和42

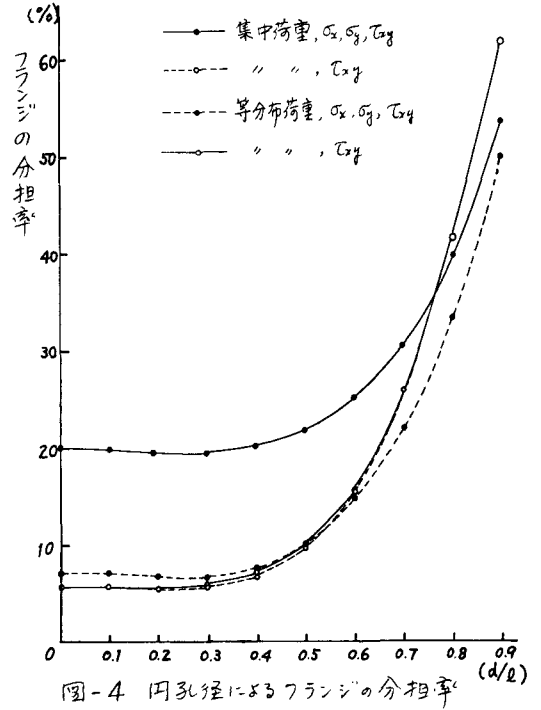


図-4 内孔径によるフランジの分担率 (d/l)

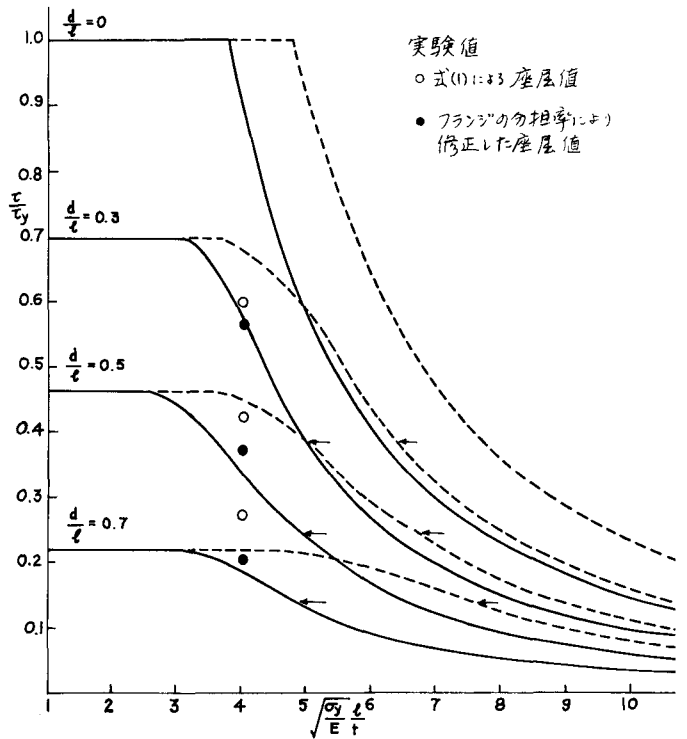


図-5