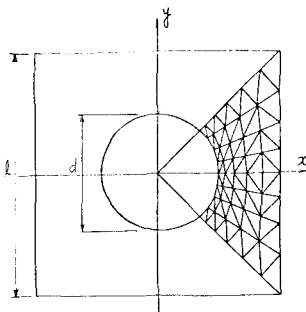


せん断変形と受ける有孔板の弾塑性座屈解析

広島大学工学部 正員 大村 裕
 福山大学工学部 正員 上野谷 実
 広島市役所 正員 〇向井 博之

まえがき

円孔を有する正方形板が一様せん断応力と受ける場合の弾塑性せん断座屈解析結果が文献¹に示されている。しかしながら、実際の構造物の変形を考えると、一様せん断変形状態となる場合もあり、一様せん断応力条件下における強度とは多少異なることが予想される。そこで本研究では、図-1に示すように、中心に円孔を有し周辺で単純支持あるいは固定されている正方形板が一様せん断変形と受けるときの弾塑性座屈解析とエネルギー法(Rayleigh-Ritz法)により $d/l = 0 \sim 0.7$ について行なう。



円孔を有する正方形板

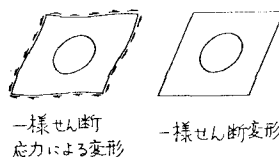


図-1

解析方法

エネルギー法による板の座屈解析は、幾可学的境界条件と満足するたわみ関数を仮定し、この関数の未定係数と座屈時のポテンシャルが最小となるように決定することに帰着する。仮定するたわみ関数は、無孔正方形板のせん断座屈荷重に対する精度の影響の大きいものから8項を用いる。これは、文献⁽¹⁾に示されているものと同じものであり、その場合の誤差は1%以内であることが確認されている。

ポテンシャルエネルギーを計算するために必要な有孔板の応力解析は有限要素法で行なう。用いる要素は要素内一定応力の三角形要素とし、対称性即ち用いて解析は図-1に示すような要素分割で正方形板の1/4について行なう。計算に必要な二重積分はガウスの数値積分法と用い有限要素の各三角形内に7つの積分点をとっている。

弾塑性応力解析においては、ひずみ硬化がなく、ミーゼスの降伏条件を仮定し、初期応力法を用い各増加変位における繰り返しは、降伏した要素の応力が降伏応力の1%以内に降伏面に近づくまで続ける。また降伏した要素の板剛度はゼロとする。板の破壊荷重は降伏域の拡大が円孔周辺から支持辺に達した時のものとする。

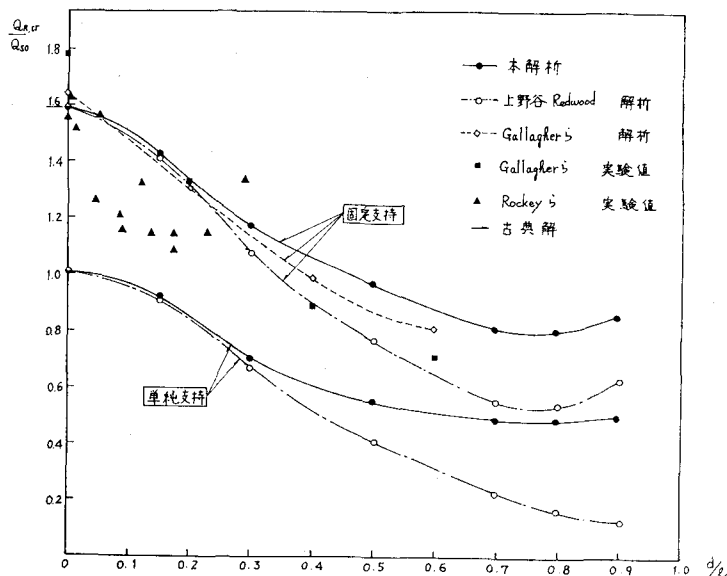


図-2 弾性座屈強度低下率

解析結果

一様せん断変形を受ける場合の、正方形板周辺におけるせん断応力分布は一様ではなく、更に同じオーダーの大きさの直応力と伴う。そこで座圧荷重は、せん断応力の合力と、直応力を静的な釣合から辺方向の合力に換算したものと加え合わせた座圧せん断力と表わすことにする。周辺単純支持無孔正方形板の座圧せん断力に対する有孔板の弾性座圧強度低下率と図-2に示す。本解析で得られた結果は、一様せん断応力を受ける場合の強度より大きく、円孔径が大きくなるにつれて、その傾向が著しくなる。固定された有孔正方形板が一様せん断変形と受ける場合について、有限要素法によって解析を行っている Gallagher ら⁽²⁾の解析結果も、本解析結果と同様の傾向を示しているが、多少の差異がある。これは粗い要素分割を用いているためと考えられる。

弾塑性座圧の解析は、降伏域が徐々に広がるように増分変形を与え各ステップにおいて座圧計算を行っている。計算した座圧荷重と無孔板における崩壊せん断力との比で表わしたものと図-3, 4に示す。塑性崩壊強度ならびに弾塑性せん断座圧強度は円孔径が大きくなるにつれて徐々に低下しているが、低下の割合は、一様せん断応力を受ける場合より小さく、これは円孔径が大きくなるにつれて著しい。この相違は、一様せん断変形と受ける場合はせん断応力による変形を減じるような直応力が生じ、このことが板の挙動を異ならしめるものにするためであると考えられる。

参考文献

- (1) H. Uenoya and R.G. Redwood, *Elasto-Plastic Shear Buckling of Square Plates with Circular Holes*, *Computers & Structures*, Vol. 8, Apr. 1978
- (2) R.H. Gallagher, et al, *Shear Buckling of Square Perforated Plates*, *ASCE*, Vol. 102, No. EM6, Dec. 1976, pp 1025-1040

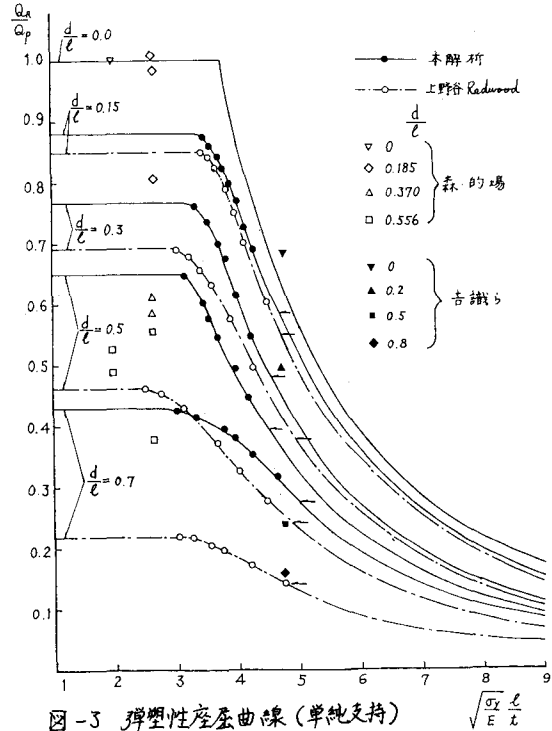


図-3 弾塑性座圧曲線 (単純支持)

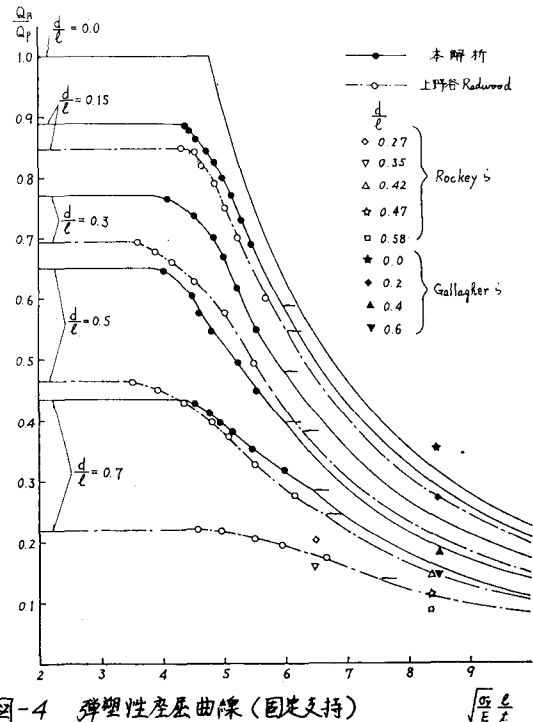


図-4 弾塑性座圧曲線 (固定支持)