

## U形孔ばりの弾塑性挙動について

(株)新日本技術コンサルタント 正員○藤原清隆  
立命館大学理工学部 正員 伊藤 清

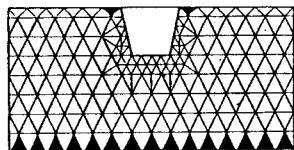
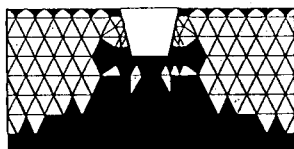
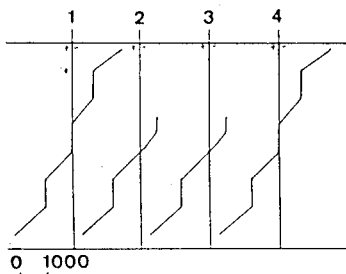
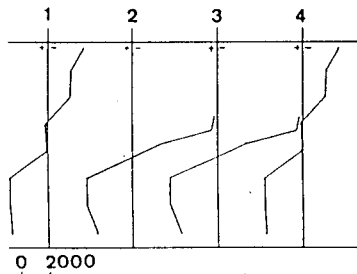
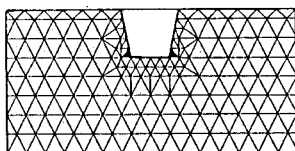
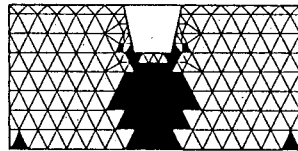
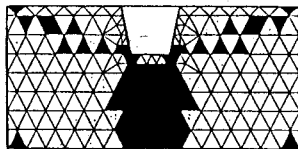
## 1. まえがき

閉じリブを有する鋼床版横リブの腹板には、U形鋼を通すための大きな孔が開けられ、孔周辺部には通常の桁にはみられない複雑な応力が作用する。このU形孔を有する横リブ腹板断面は、現状では孔のない通常の桁の腹板と同じように設計され、少し安全をみこんで腹板厚大きくするのが通例である。本研究は、孔あきばりの設計への基礎資料を得ることを目的として、孔あき腹板の、主として孔周辺部の弾塑性挙動を明らかにするため、鋼床版横リブを腹板上部に逆台形孔を有するU形孔ばりとしてとらえ、その挙動をFEM解析<sup>1)</sup>によって検討したものである。今回は、U形孔ばりが純曲げおよびせん断をうける場合について検討を行った。

## 2. U形孔ばりの塑性域の拡がり

図-1、図-2は、腹板高さ $h$ とU形孔高さ $H$ の比が3.0である、純曲げ供試体<sup>2)</sup>の塑性域の拡がりを示したものであり、この図で黒く塗りつぶしてあるのが降伏している領域である。この図によりU形孔ばりが純曲げをうけた場合には、通常のはりが曲げをうけた場合と同様に上下フランジ付近から塑性域が拡がり、やがて全塑性状態に至ることがわかる。図-3、図-4は、純曲げをうけるU形孔ばりの弾性限および全塑性状態における垂直応力分布を示したものであり、通常のはりにおける場合と同様な応力分布がみられる。このことから、U形孔ばりが純曲げをうける場合には、通常のはりに対するのと同様な解析方法が有効であると思われる。

図-5から図-7は、せん断供試体<sup>2)</sup>の塑性域の拡がりを示したものである。U形孔ばりがせん断をうけた場合には、まずU形孔の下コーナー部に初期降伏を生じ、その後孔の下部腹板に塑性域が拡がり、孔の下コーナー部を通る2つの断面に塑性ヒンジが形成されている。この塑性ヒンジが形成される荷重を極限強度と考えるこ

図-1  $P=18t$   $M=9tm$ 図-2  $P=26t$   $M=13tm$ 図-3 垂直応力分布  
 $P=17t$   $M=8.5tm$ 図-4 垂直応力分布  
 $P=26t$   $M=13tm$ 図-5  $P=22.5t$   $Q=7.5t$ 図-6  $P=42t$   $Q=14t$ 図-7  $P=45t$   $Q=15t$

とにより実験結果との非常によい一致が得られる。せん断載荷状態における場合には、塑性ヒンジが形成された後にも、塑性域が孔の側方に拡がることにより、さらに大きな荷重を受け持つことが可能になっている。しかし、そのころには塑性域が十分に拡がっているために、せん断座屈を引き起こしやすい状態であると考えられ、孔のコーナー部を通る断面に塑性ヒンジが形成される荷重を極限強度と考えることができるように思われる。

### 3. 孔周辺部の2次応力

図-8は、せん断載荷状態における弾性限荷重状態での、孔周辺部の鉛直方向に作用する垂直応力を示したものである。U形孔ばりにおいては、このように、通常のはりにおいてはみられないような大きな応力が生じている。また、その値は孔のコーナー部において、図-9に示される、水平方向に作用する垂直応力よりも大きなものとなっており、孔のコーナー部における降伏は、鉛直方向に作用する垂直応力に大きな影響をうけているものと思われる。このような鉛直方向に作用する垂直応力は、弾性限荷重状態における孔コーナー部での降伏のみでなく、極限強度にも大きな影響を与えているものと思われる。図-10、図-11は、それぞれせん断載荷状態における全塑性状態での水平方向および鉛直方向に作用する垂直応力を示したものである。孔あきばりにおいては、フィーレンディール作用の結果生じる、水平方向に作用する垂直応力により強度が低下すると考えられる<sup>3)</sup>。しかし、U形孔ばりでは、図-10、図-11に示されるように全塑性状態において、ほぼ全断面で鉛直方向に作用する垂直応力が水平方向に作用する垂直応力より大きな値を示している。このため、U形孔ばりでは、この2つの応力の影響によりその極限強度が大幅に低下するものと思われる。

### 4. あとがき

鋼床版横リブをU形孔を有するはりとしてとらえ、FEM解析により、U形孔周辺部の塑性域の拡がり、および孔周辺部に生じる2次応力について検討した。今回の研究は、純曲げ、およびせん断が孔周辺部に作用する場合について検討したが、今後、曲げモーメントとせん断力の組合せが作用する場合について検討を加えていくつもりである。最後に、図面の作成、データ整理には立命館大学橋梁研究室の方々の労をわずらわした。ここに深謝する次第である。

### 参考文献

- 1) 小堀為雄, 吉田博「有限要素法による 構造解析プログラム」丸善株式会社 昭和55年12月
- 2) 藤原, 伊藤「純曲げ・せん断をうけるU形孔ばりの極限強度について」土木学会第42回年次学術講演概要集 昭和62年 9月
- 3) 大村, 上野谷, 大谷「孔を有するH形はりの極限解析について」土木学会第28回年次学術講演概要集 昭和48年10月

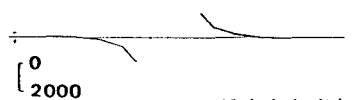


図-8 鉛直方向応力  
 $P=21t$   $Q=7t$

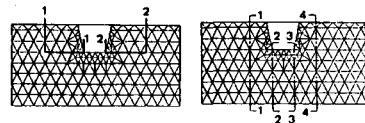


図-9 垂直応力分布  
 $P=21t$   $Q=7t$

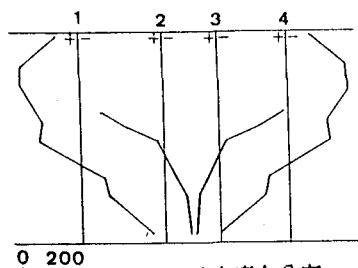


図-10 垂直応力分布  
 $P=42t$   $Q=14t$

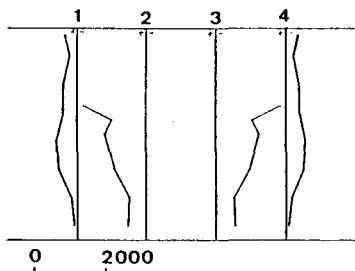


図-11 鉛直方向応力分布  
 $P=42t$   $Q=14t$