

金沢大学 正員 喜内 敏
 金沢大学 正員 吉田 博
 石川高専 正員 中村 昭 英

1. まえがき

構造部材におよぼすせん断力の影響については、はりの理論に基づきHodge, Drucker, Horne, Green等によって、トレスカおよびミーゼスの降伏条件式により理論的に解析が行なわれている。また、Koderik, Phillips等は広範囲にわたる試験から適宜した結果を表わしている。しかし、せん断力の影響を無視できないような構造は部材断面の高さとスパンとの比が数分の1程度であり、はり理論を適用することに矛盾があるように思われる。本論においてはこの点を検討するために、図-1に示すような長方形断面の十字型はりの中央に集中荷重を作用させ、近似的に片持ばりとして、張り出し部Lと断面の高さとの比が0.909, 1.515, 2.121の3種類について、光弾性及膜法を用いて塑性域の広がりを観察し、また、弾塑性有限要素法を用いて実験結果との比較検討を行なってみる。

2. 実験

(1) 予備実験

(a) 引張試験 実験に用いるSS41鋼材より引張試験片を製作し、引張試験を行なった結果、縦弾性係数 $E = 2.1 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、降伏応力 $\sigma_y = 3012 \text{ kg/cm}^2$ およびポアソン比 $\nu = 0.276$ を得た。

(b) 光弾性及膜材料の実験 光弾性及膜材料はエポコート100、テオコール30、チエラントリアミン8の割合で配合したエポキシシラバーを使用した。この及膜材料の引張試験の結果、縦弾性係数 $E_p = 1.54 \text{ kg/mm}^2$ 、光弾性感度 $\alpha = 1.28 \text{ mm/kg}$ を得た。

(2) 片持ばりの載荷試験

片持ばりの載荷試験は図-1に示すように中央剛結部と片持ばり部として、片持ばり部 $L = 3.0, 5.0, 7.0 \text{ cm}$ の3種類について実験を行なった。光弾性及膜はほぼ全スパンにわたりに貼付した。また、光弾性及膜法による結果と比較する目的で塑性域ひずみゲージを接着した。荷重載荷点下のはりのたわみはダイヤルゲージにより測定した。図-2は $L = 7.0 \text{ cm}$ に対する荷重とたわみの関係を示している。図中実線ははり理論によるものであり、黒丸は実験値、白丸は弾塑性有限要素法による値を示している。

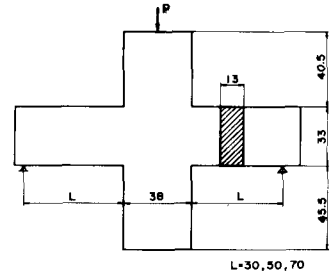


Fig. 1 Test Beam
 図-1 試験片の形状

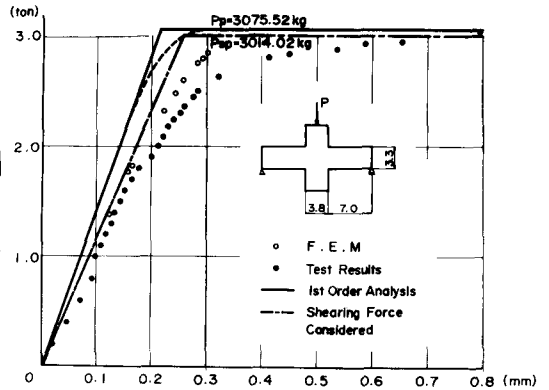


図-2 荷重-たわみ曲線

3. 考察

図-3は反射型光弾性実験と片持ばり $L=7\text{cm}$ の有限要素法による塑性域の拡がりを示している。図中破線は有限要素法による塑性域の拡がりを示している。図-3(c)は塑性域が断面を貫通するときのもので、有限要素法によるものは L/d が比較的大きいので、はり理論による塑性域の拡がりとよく一致し、セン断縁が形成されている。しかし、光弾性による塑性域は片持ばりの取付け部では断面中央部に塑性域が生ぜず取付け部から少し離れた所で塑性ヒンジが形成されている。図-4は片持ばり取付け部から $m\text{mm}$ の位置における有限要素法による応力 σ_x , σ_y , τ_{xy} を示している。図中実線は断面にある程度塑性域が生じたときの荷重(塑性荷重) $L=7\text{cm}$ で $P/P_p=0.926$, $L=5\text{cm}$ で $P/P_p=0.991$, $L=3\text{cm}$ で $P/P_p=0.981$ による応力、破線は最初に要素が降伏するときの荷重(弾性限界荷重)による応力である。また、それ以外の細線は各々の荷重のときのはり理論による応力である。 σ_x は弾性および塑性域ともはり理論による応力分布状態とよく一致しているが、 τ_{xy} は弾性の場合ははり理論では放物線分布するのであるが、むしろ反対に近い状態となっている。しかし、塑性荷重に対しては $L=5, 3\text{cm}$ の

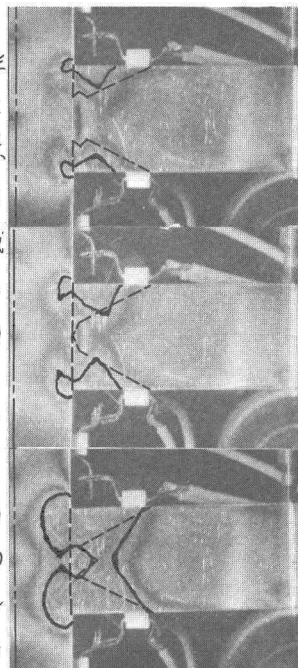


図-3 塑性域の拡がり

とも断面中央部分でセン断応力が大きくなっている。また、はり理論では σ_x で降伏している部分がセン断力を支え持たないとしていたことを考慮しなければなり、はり理論と一致するようである。なお有限要素法においてはセン断応力によるセン断降伏が起るとにわみが急に増加した。このことははり理論の仮定とよく一致するようであるが、耐荷力はなお増加し、はり理論によるものとはかなりの相違がみられる。図-5は $M_{ps}/M_p - Q_{ps}/Q_p$ の相関関係を示している。図中実線は理論値であり、黒丸は光弾性実験より求めた値、白丸は片持ばりの有限要素法による値を示している。実験値が理論値と異なるのは実験方法、ひずみ硬化等による影響によるものと思われる。

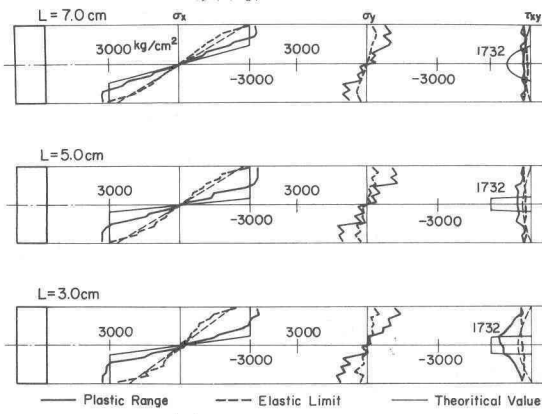


図-4 有限要素法による応力分布状態

4. おわりに

断面中央部におけるセン断応力が降伏セン断応力に達すると急ににわみが増加することが、有限要素法による計算結果から明らかとなった。しかし、セン断力による耐荷力の減少は明らかとならなかった。図-5 $M_{ps}/M_p - Q_{ps}/Q_p$ 相関曲線が、片持ばり固定端での境界条件の取方に問題があるようであり、現在、実験に用いた十字型はりと同じ境界条件で計算を行っている。

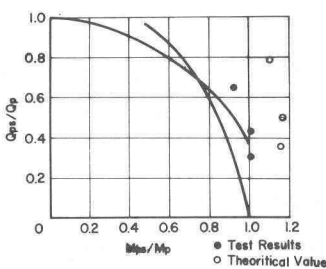


図-5 $M_{ps}/M_p - Q_{ps}/Q_p$ 相関曲線