

載荷経路の異なる複合荷重を受ける棒部材の強度変動に関する研究

香川県
京都大学工学部

正 員 ○小野 栄二
正 員 杉浦 邦征

京都大学大学院 学生員 北原 武嗣
京都大学工学部 正 員 渡邊 英一

I はじめに

本研究は、長方形一様断面片持梁の自由端に、軸方向引張力・鉛直方向集中荷重・ねじりモーメントが異なった載荷経路で載荷される場合の変形挙動ならびに極限強度を有限要素法を用いて数値解析し、その極限強度を無次元化荷重－無次元化変位曲線を用いて評価し、載荷経路の違いによる極限強度の変動を比較したものである。

II 解析モデル及び定式化

解析に用いたモデル及び載荷する荷重について説明する (Fig. 1 参照)。モデルとして長さ 2.0m、幅 10.0cm、高さ 5.0cm の長方形一様断面片持梁を選び、軸方向 4 分割、断面は各々の辺長を 24 等分割した。荷重としてはその自由端に (1) 鉛直方向集中荷重 P 、ねじりモーメント T が作用する場合と、(2) P 、 T と軸方向引張力 N も作用する場合、の 2 つについて解析を行った。解析に用いた材料定数は、ヤング率 $E=2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.30$ 、単純引張降伏応力 $\sigma_y=3,400 \text{ kgf/cm}^2$ 、単純せん断降伏応力 $\tau_y=1,962 \text{ kgf/cm}^2$ 、硬化係数 $H'=0.01E$ とし、理想的な硬化型弾塑性体とした。

本解析では上述のモデル・材料に対して微小変形、断面剛の仮定とねじりの中心は移動しないという基本的仮定を用い、Prandtl-Reuss の応力－ひずみ関係式を用いて有限要素法で解析を行った。

極限荷重の算定は、Fig. 2 に示すように、無次元化荷重－無次元化変位空間において弾性域、塑性域各々の部分を最小二乗法によって直線化し、その交点に対応する荷重を極限荷重とした。

III 解析結果

Fig. 3 は、異なる載荷経路で P 、 T を載荷した場合の極限荷重を示したものである。横軸は、 P のみを載荷した場合の初期降伏荷重 $P_y (=708.3 \text{ kgf})$ を用いて P を無次元化した荷重であり、縦軸は T のみを載荷した場合の初期降伏モーメント $T_y (=1206 \text{ kgf}\cdot\text{m})$ で T を無次元化した荷重である。図中 '○' で表した 7 個の点は各々、
 $(P/P_y):(T/T_y)=1:0, 1:4, 1:2, 1:1, 2:1, 4:1, 0:1$

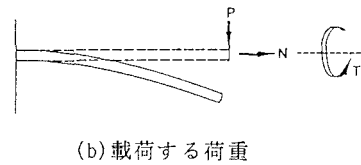
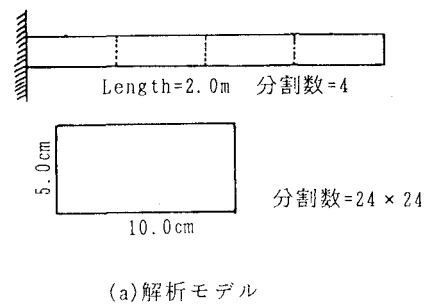


Fig. 1 解析に用いたモデルと載荷する荷重

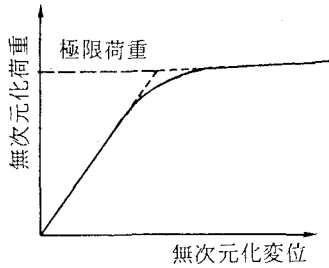


Fig. 2 極限荷重の求め方

Eiji ONO Eiichi WATANABE Kunitomo SUGIURA Takeshi KITAHARA

の比で比例载荷したときの極限荷重を示したものである。また、'□'で表した3個の点は、

$$(P/P_Y):(T/T_Y)=2:1, 1:1, 1:2$$

という3つの場合の比例载荷について、Pを载荷した後にTを载荷した場合の極限荷重である。同様に'×'で表した3個の点は同じく3つの極限荷重の場合についてTを载荷した後にPを载荷した場合の極限荷重である。また、図中に示した曲線は、曲げモーメントとねじりモーメントの完全塑性応力状態に関する相互作用曲線を、完全弾塑性体に関して示したものである。

異なる载荷経路でP、Tを受ける場合の極限荷重は、-1~+20パーセント程度の変動があった。

つぎにN、P、Tを異なる载荷経路で载荷した場合の無次元化荷重空間における極限荷重の一例をFig. 4に示す。但し(N/N_Y)は、軸力Nを単純引っ張りの場合の初期降伏荷重N_Y(=170000kgf)で無次元化したものである。まず、

$$(N/N_Y):(P/P_Y):(T/T_Y)=1:10:10$$

という比で载荷する経路の場合の極限荷重は

$$(N/N_Y)=0.137, (P/P_Y)=(T/T_Y)=1.37$$

であった(図中の経路①)。つぎに

$$(N/N_Y)=0.137, (P/P_Y):(T/T_Y)=1:1$$

という条件で载荷した場合の極限荷重は

$$(P/P_Y)=(T/T_Y)=1.30$$

であった(図中の経路②)。また

$$(P/P_Y)=1.37, (N/N_Y):(T/T_Y)=1:10$$

という条件で载荷した場合は

$$(N/N_Y)=0.127, (T/T_Y)=1.27$$

で極限荷重に達した(図中の経路③)。

異なる载荷経路でN、P、Tを受ける場合の極限強度は、载荷経路②においては-3.7パーセントの変動がみられた。同じく载荷経路③においては-7.1パーセントの変動があった。

IV おわりに

本研究においては、限られたケースであるとはいえ、ある組み合わせでは载荷経路の違いによる有意な差がみられた。今後、幾何学的非線形も考慮して解析する必要がある。

V 参考文献

- 1) 鷲津久一郎他編:有限要素法ハンドブックI、II、培風館、昭和58年2) 太田俊昭他:曲げとねじりモーメントを受ける一様な長方形断面棒の弾塑性解析、土木学会論文報告集、第285号、1979年

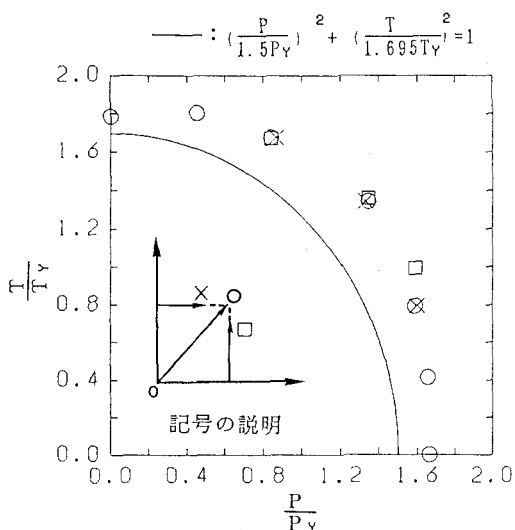


Fig. 3 自由端にP、Tを受ける片持梁の载荷経路と極限荷重

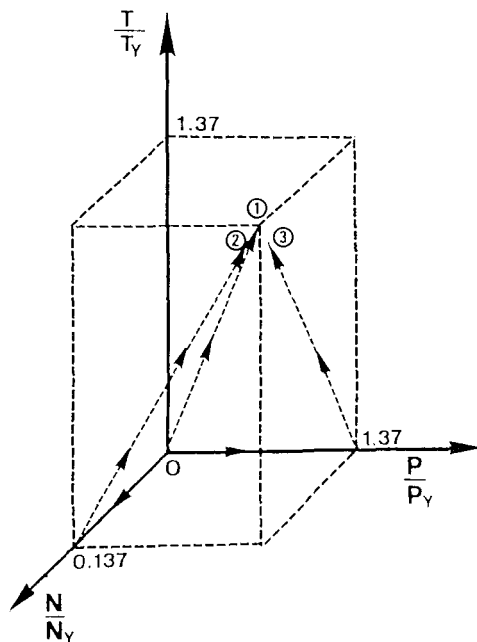


Fig. 4 自由端にN、P、Tを受ける片持梁の载荷経路と極限荷重