

繰返し軸方向載荷を受ける部材の大変形域における解析的弾塑性挙動

正会員 野中泰二郎* ○岡 吉田望**

序

最近、特に建築界では、地震時に於ける筋かい付き鉄骨架構の挙動を知るうえに、繰返し載荷を受ける筋かいそのものの変形性状をより明らかにしなければならぬことが認識され、実験的ならに理論的研究が活発に進められ、幾多の成果が報告されつつあり⁽¹⁾、筆者らも、トラス部材や筋かいを対象として、軸方向に繰返し載荷を受ける構材の履歴現象を調べてきた結果、通常要求される程度の小さな変形域での有効長さの明確な鉄骨充実断面材の挙動は概ね明らかにされたように思われる。しかし、構造上、部材が曲げを受ける場合と軸方向力を受ける場合との剛性差を考えると、軸力を受ける部材の大変形域における挙動を明確にしておくことが、上記構造物の最大耐力ないし終局状態の決定のために重要であることに気付く。このような観点から、すでに大変形域における解析手法の概略を示し、軸方向力と変形諸量との関係を求めるための数理的基礎式を導いておいたのだ⁽²⁾。ここではその理論による計算例を紹介する。

仮定

載荷前は真直で一様な断面を有する棒が、両端で単純に支持されているものとし、もともと材長 L_0 、断面積 A_0 、断面二次モーメント I_0 、Young 係数 E 、純曲げによる降伏モーメント M_0 、純引張による降伏軸力 N_0 を有していたものとする。この棒が、荷重 N を受けて、捻れることなく一平面内で伸にあるいは撓み、両端で相対変位 Δ が生ずる。撓みは材長のオーダーに達するほど大きくなり得るものとし、ELASTIKAの問題におけると同様、撓み曲線がいくつかの環状曲線を描くような場合をも含むことができる。その場合、相隣る反曲点間を有効長と考え、 N および Δ の正方向は微小変形域において引張りが正になるようにとる。さらに、塑性変形による有限伸びも考慮し、材長変化に伴う断面積、断面二次モーメント、降伏モーメントの変化も考慮し、それらの値を夫々、 A, I, M_p と書く。加うるに、中央点の撓みを V 、撓み角を θ 、曲げモーメントを M 、材端の撓み角を ψ とし、それらの正の方向を図 1 に示したようにとる。計算結果に先だち、以下に基本的な仮定を再掲する。1° 対称とする部材は一次元連続体と考慮得る。2° 一様な引張力を受けるとき、一定降伏軸力 $N_p = N_0$ を有する完全弾塑性的挙動をする。3° 軸力 N と曲げモーメント M が共存するときにも完全弾塑性体として扱ひ得、その相互干渉降伏条件は、 $|M/M_p| + |N/N_p| = 1$ で近似できる。部材剪断の影響は全く無視できるものとする。4° 弾性変形に伴う部材寸法の変化は無視できる。5° 断面は変形後も元の断面と幾何学的に相似である。6° 圧縮力を受ける真直な部材は降伏軸力 N_p または Euler 荷重 $N_E = \pi^2 EI/L^2$ で座屈する。ここに L は変形後の材長である。7° 局所的な安定性および十分な靱性は保証されているものとする。

計算例

部材定数として、降伏歪 $N_0/E A_0$ を $1/43 \times 10^{-3}$ とし計算した結果を図 2 ~ 図 5 に示す。図 2 ~ 図 4 は、荷重 N と変形量 Δ 、 V 、 θ 、 ψ および中央断面の曲げモーメント M との関係を表しており、縦軸には N/N_0 を共通座標にとってある。載荷履歴としては、変位制御で、圧縮側から始めて、 $\Delta/L_0 = -10\%$ とし、引張り降伏に至らしめ、再び同一の載荷経路を経たのち $\Delta/L_0 = 10\% \rightarrow -10\% \rightarrow 20\% \rightarrow -20\% \rightarrow 20\%$ とした。図中、実線は上記大変形の理論、破線は既報⁽³⁾ による小さな変形域に対する理論解であって、大変形理論との相異点は、有限伸びによる幾何学的変化を無視していることで、撓みが十分に小さく、撓み角の平方を 1 に比べ無視していることである。図 5 は単調圧縮における両理論の差と材端相対変位との関係を、部材の細長さを示す値 N_E/N_0 を助変数として示したものであり、大撓みの影響を示す。ここに N_E, N_0 は夫々大変形および小変形両理論による荷重値を表わす。

計算結果の解釈は、発表時に諸賢とともに考察し、議論の対象とした。

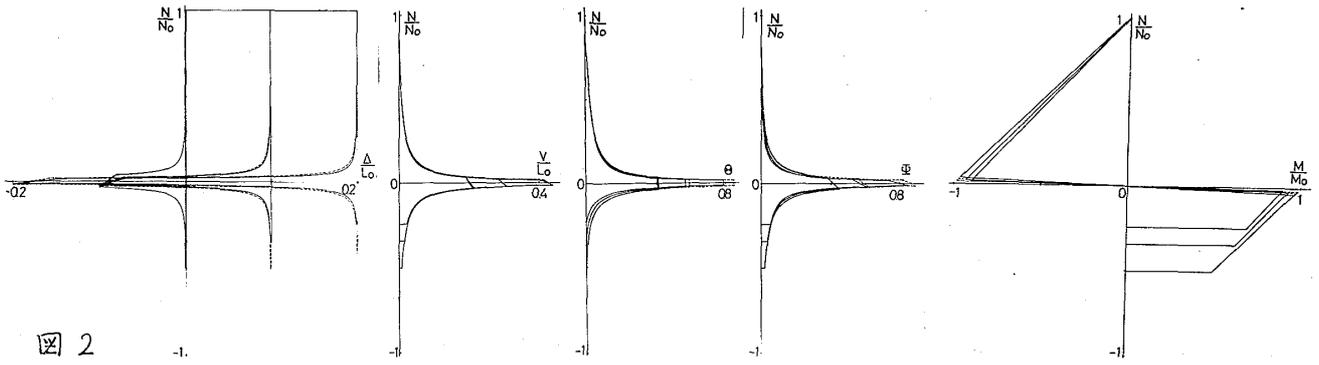


図 2

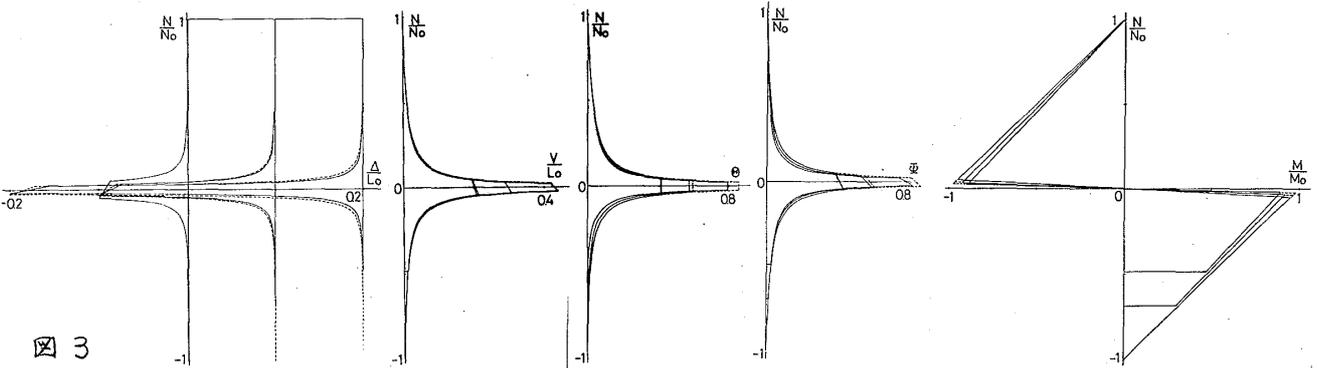


図 3

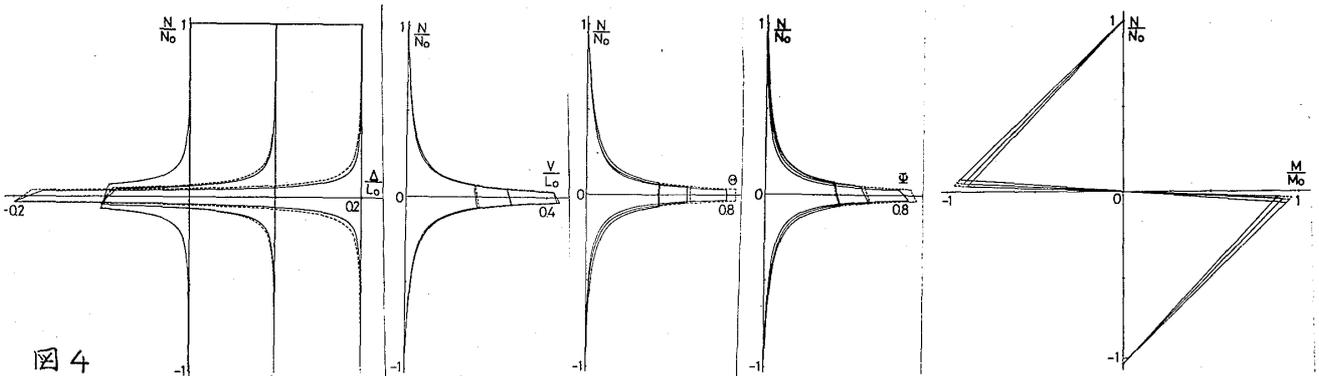


図 4

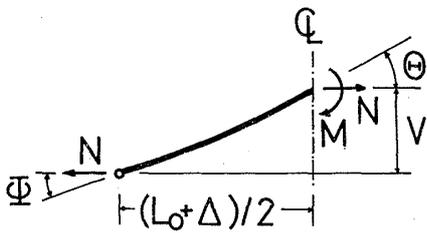


図 1

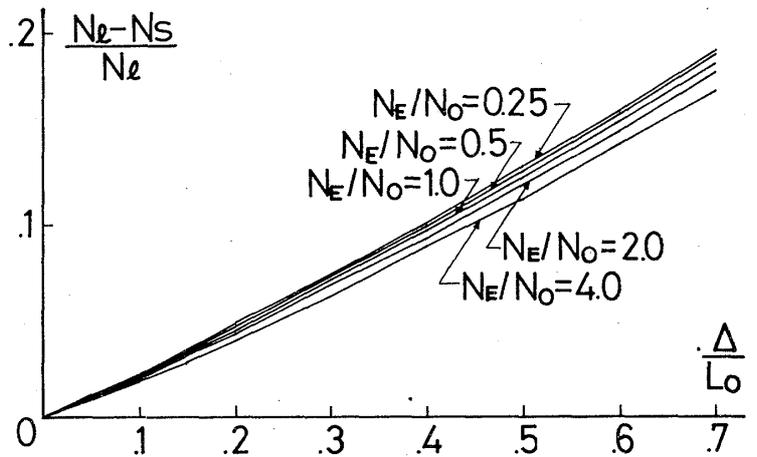


図 5

参考文献

1. 紙面の都合上省略するが、例えば、本文三「筋かいの挙動について」カラム 49号 P.P. 32~33
2. 野中泰二郎「繰返し軸方向載荷を受ける部材の弾塑性大変形解析」日本建築学会近畿支部研究報告集、昭和48年、P.P. 257~260
3. T. NONAKA "AN ELASTIC-PLASTIC ANALYSIS OF A BAR UNDER REPEATED AXIAL LOADING" INST. J. SOLIDS STRUCTURES, Vol. 9, No. 5, 1973, P. 589. with

* 京都大学助教授 Ph.D. ** 同大学院生