

信州大学工学部 学生員 引地 明 著

〃 正 員 草 間 孝 夫

1. まえがき

構造物の設計に際し、応力解析は建設当初の状態のみを考慮して設計計画がなされる場合が多い。しかしながら、たとえば基礎の不同沈下や建設後の年数の経過によって変化する場合には、それにともない構造物は変形と残留応力が発生するなど、年数の経過とともに応力に変化が生ずることが考えられる。

一方、極限解析によると、初期変形、残留応力の存在は、構造物の崩壊時における変形には影響を与えず、崩壊荷重は変わらないことが知られている。よって、経年による基礎の不同沈下は構造物の崩壊荷重には影響を与えないことはない。また、繰り返し荷重をうける構造物の場合にも、不同沈下による残留応力ならびに塑性変形による残留応力は、それぞれ与えられた一定な死荷重に釣り合うから、残留応力の存在は変形硬化荷重には影響をおよぼさないと考えられる。これに反し座屈問題の場合には、部材の初期たわみと残留応力は最大荷重にかなり影響をきたすことが知られている。したがって、構造物が曲げモーメントのみならず、軸力をも同時にうけるときは、経年による基礎の不同沈下の変化が構造物の最大荷重に影響を与えることが予想される。このような場合には、建設当初における構造物の安全性の検討のみならず、年数を経過した後の構造物の安全性についても検討する必要がある。本報告は、このような見地から、一試みとして、基礎の相対沈下を粘弾性問題とし、上部構造は軸力の影響を考慮した弾塑性問題として取り扱ひ、解析モデルとしては、粘弾性地盤上の門型ラーメンを対象に、終局状態にいたるまでの変形性状と経年との関係について数値解析を行なったものである。

2. 考え方のなごびに方法

まず、つぎの仮定を設けた。1) 地盤は線形粘弾性バネ地盤とする。したがって、基礎の変位に対してはボルツマンの重ね合せの原理が成立する。2) 基礎の粘弾性変位は $t=0$ において加えられた一定死荷重による。3) 活荷重は短時間に作用し、基礎の粘弾性変位には影響を与えない。4) 作用する活荷重は $t=t_0$ において比例的に増加し、構造物は崩壊する。すなわち崩壊にいたるまでの荷重の履歴は1回である。つぎに計算方法について列記すると、1) まず死荷重による基礎変位の時間的変化を求める。この場合、仮定1) によりラプラス像空間における基礎反力～基礎変位関係と弾性状態における両者の関係には、粘弾性・弾性の対応原理が成立するゆえ、対応原理を用いて基礎変位の経年変化を求める。2) $t=t_0$ における基礎変位が求められたならば、基礎変位、死荷重ともその状態のまま漸増活荷重を加えて崩壊にいたるまで構造物の変形計算を行なう。なお、計算には曲げモーメント・軸力・曲率 (M - P - θ) 関係を用いた数値積分法によって解を追跡した。

3. 計算例

図-1は全部材とも長方形断面の同一部材、同一材料からなる門型ラーメンに、一定な鉛直荷重 $P=0.3P_y$ ($P_y=A\sigma_y$) が $t=0$ で載荷した状態を示す。もし、A, D支束の地盤の性質が異なれば両支束の沈下に差が生ずる。いま、両支束の相対沈下がアールビンモデルであらわされるものとし、簡単のため両支束とも時間が経過しても回転しないものとする。これらの仮定はいずれも実際の構造物を想定してのことではなく、パラメータを少なくして計算結果の傾向を知るために設けたものである。図-3は計算結果の一例で、 $EI/kL^3=0.07$, L/r (細長比) $=30$ のときの相対沈下 Δ の時間的変化を示す。ここに k はアールビンモデルのバネ定数を示し、図中の t は経過時間である。ある時間が経過すると図-2に示すように、支束の間に相対沈下 Δ が生じ、節点B, Cは水平に δ だけ変位してラーメンは変形する。つぎに漸増水平荷重 HP を図示のように加えると、 δ は増大し塑性域が発生してラーメンは崩壊する。図-4は δ と δ/L の関係をも $t/L=0$, $t/L=1$ の場合について示したものの

である。図-4には弾性安定線と塑性崩壊線を併記した。これらの曲線を求めるにあたっての考え方を記すと、

1) 弾性安定線 δ を与える。軸力の影響を考慮して剛性マトリックスを作る。この場合、軸力と節変位によって生ずる歪げモーメントは考慮したが、軸縮みは考慮したゆえ、基本的には座屈たわみ角式に一致する。まず、軸力を0とおいて解き、節変位と歪げモーメントより軸力を求め、得られた軸力を用いてさらに計算を繰り返し、軸力が変化しなくなるまで計算を行なって解を求めた。

2) 塑性崩壊線 塑性ヒンジは柱脚と柱頭に生ずる。つり合い条件と、曲げと軸力をうけるときの降伏条件式を用いて解くと、部材が長方形断面の場合

$$q = \frac{1}{2p^2} \left[-\frac{p}{\sqrt{3}} \frac{\delta}{l} \alpha + \sqrt{\left(\frac{p}{\sqrt{3}} \frac{\delta}{l} \alpha \right)^2 + 4p^2 (1-p^2) \alpha} \right] - \frac{\delta}{l}$$

を得る。ここに、

$$\alpha = \left(1 + 2\sqrt{\frac{3}{2}} p \frac{\Delta}{l} + \frac{\Delta}{l} \frac{\delta}{l} \right)^2, \quad p = P/P_v$$

である。なお、 $\alpha = 1$ となるゆえ、塑性崩壊線は直線となる。

3) M-P-中図係を用いた精解 δ/l を与え、A側の反力 V_A/P_v , H_A/P_v , M_A/M_v と δ を仮定する。このとき仮定する δ は塑性崩壊線より得られる δ より大であってはならない。これらの値をもとに、つり合い式から V_D/P_v , H_D/P_v , M_D/M_v を求める。ついで M-P-中図係を用いて A から B, B から C および D から C に向けて変形計算を行なう。得られた結果が満足しなければならぬ条件は i) AB部材のB側の水平変位は δ に等しい。ii) BC部材のC側の鉛直変位は Δ に等しい。iii) DC部材のC側の水平変位は δ に等しい。iv) BC部材の θ_c と DC部材の θ_c は等しい。この4つの条件を満足するように仮定値を逐次補正すればよい。計算には多次変数に拡張したNewton法を用いた。このようにして得られた計算結果の一例を図-4に示した。

4. 結論

この計算例の場合、 $t/l = 0$ ときの δ_{max} に対し $t/l = 1.0$ ときの δ_{max} は約5%低下している。この例の場合には、一定鉛直荷重に漸増水平荷重を作用させたが、同時に漸増鉛直荷重が作用するときには軸力による影響が増大するゆえ、荷重低下におよぼす経手の影響が顕著にあらわれるであろう。

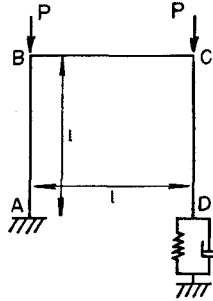


図-1

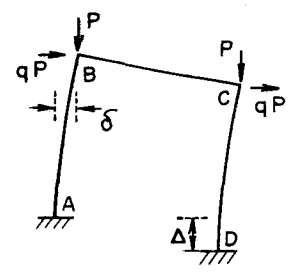


図-2

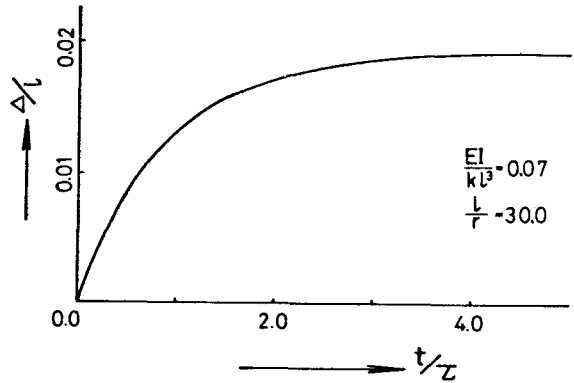


図-3

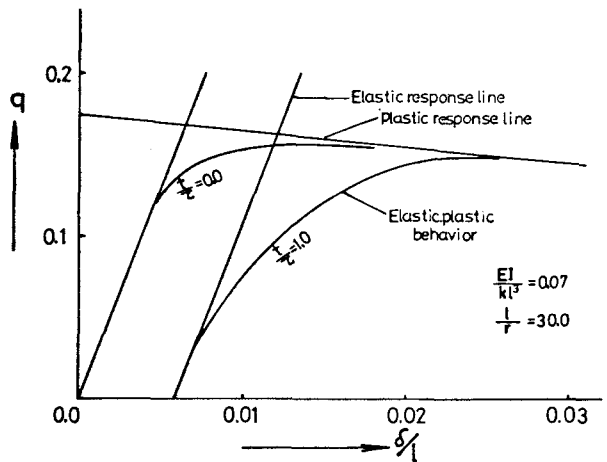


図-4