

神奈川県 正員 田村 秀夫  
北海道大学 正員 堺 孝司

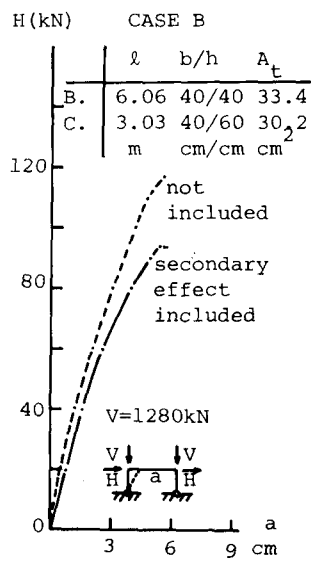
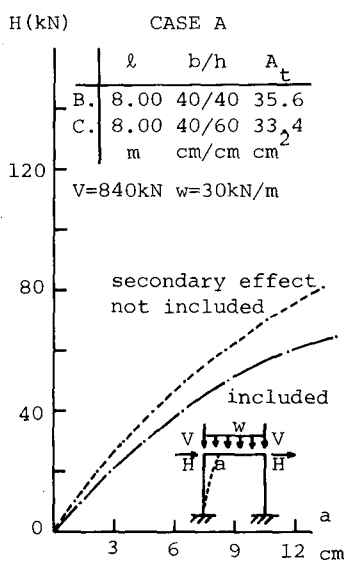
1. まえがき 構造物の設計の目的は、想定した荷重に対して、構造物を構成している各部材に十分な強度を持たせることである。そのためには、その構造物の系としての構造解析を行なって、各構成部材の断面力を算定しなければならない。鉄筋コンクリート構造物の構造解析の方法は、大きく、弾性理論に基づく線形解析と、幾何学的非線形性および材料非線形性あるいはそのどちらか一方を考慮した非線形解析とに分類することができよう。

鉄筋コンクリートフレーム構造の耐荷挙動においては、一般に、二次効果と称される現象が起こる。すなわち、圧縮力を受けている部材において、たわみとの間に付加的な断面力が発生する。これは、通常の弾性線形解析ではとらえることのできないものである。従って、弾性線形解析の結果に基づいて部材設計をする場合には、これらの影響を考慮した補足的な処置が必要となる。さて、構造物の設計における最も理想的な方法は、各構成部材の断面を仮定し、想定される荷重状態に対する前述の両非線形性を考慮した解析を行なって、その構造物が十分な耐力を有するかどうかを検討することである。しかしこのような解析手法は煩雑であり、一般的とは言いがたい。そこで、次に考えられるのが、二次効果は解析に含めるが、剛性変化は考慮しない二次弾性解析を行なう方法である。その際、各部材剛性は、当然その構造物の終局状態で生じている断面力に対応するものでなければならない。

以上のようなことを背景に、本研究では、単純な門形フレーム構造を利用し、幾何学的非線形性および材料非線形性を考慮した非線形解析を行ない、二次効果に関する一般的な特性について調べると共に二次弾性解析で用いるべき等価剛性についての検討を行なう。

2. 解析法 解析法は、幾何学的非線形性を考慮するための有限要素法による二次弾性解析と、材料非線形性を考慮するための横断面解析の二つの部分からなる繰り返し計算法であり、その基本的な考え方は、Jakobsenによって示された。解析では、断面はすべて矩形横断面对称配筋、横断面のひずみ状態は平面保持に従う、鉄筋の応力～ひずみ曲線は、引張および圧縮の何れに対しても同じ完全弾塑性、コンクリートの応力～ひずみ曲線は、二次放物線と直線の組み合わせ曲線、コンクリートの引張抵抗および収縮の影響は無視、コンクリートの塑性ひずみおよび終局ひずみはそれぞれ0.002 および0.0035、なる仮定をする。また、コンクリートの

3. 二次効果と等価剛性 図.1, 2 は、一定垂直荷重を受けている門形フレームに水平荷重を作用させた場合の水平荷重と荷重作用位置におけるたわみとの関係を示したものであり、二次効果を考慮した場合と考慮しない場合の両方を含んでいる。図.1の例の場合、二次効果を考慮しないと、考慮した場合の最大荷重より約25%も大きな結果となっている。従って、このようなスレンダーな柱を有する構造では、二次効果を考慮しない最大荷重の予測は危険側となる。因に、この場合、左の柱における、断面の中心圧縮耐力に



対する最大荷重時における軸力との比は約0.23であった。図.2の例においても最大荷重は25%程の差が生じている。また、はりの拘束の影響を考慮した慣用の有効長  $l$  の断面高さ  $h$  に対する比は、図.1の場合20.47、図.2の例の場合14.86であった。

図.3,4,5は、最大水平荷重および二次効果に対する垂直荷重の大きさの影響を示す。図は、最大水平荷重が、垂直荷重の増加と共に増加し、ある所から低下し始めることを示している。これは、ある軸荷重まではその軸圧縮力の影響による剛性増加が最大水平力を増加させるが、その後は、剛性増加の程度より、軸ひずみの増加が大きく影響するためであると思われる。また、二次効果は、垂直荷重に大きく依存し、一般にその増加と共に大きくなる。図.5は、柱の  $l/h \div 10$  の場合を示す。因に、 $V=840$  kN の場合においては、最大荷重は約 6%程の差しか生じていない。

ACI 基準の10.10.1 の解説では、実際のモーメント～曲率関係に基づく正確な剛性値の代りに、柱に関しては  $E_c I_g (0.2 + 1.2 p_t E_s / E_c)$  を、またはりに関しては  $0.5 E_c I_g$  を用いてもよいことが記されている。図.6は、逐次計算による終局時のモーメント分布と、ACI の柱に関する剛性の第2 項をその原式  $E_s I_s$  とし、二次効果を考慮した場合と考慮しない場合のモーメント分布の比較の例であるが、二次効果が顕著であり、設計でそれを無視することの影響は大きい。図.7は、逐次計算、ACI の等価剛性の原式を用いた場合、およびコンクリート全断面有効なる剛性を用いた場合の比較である。何れも二次効果を考慮している。

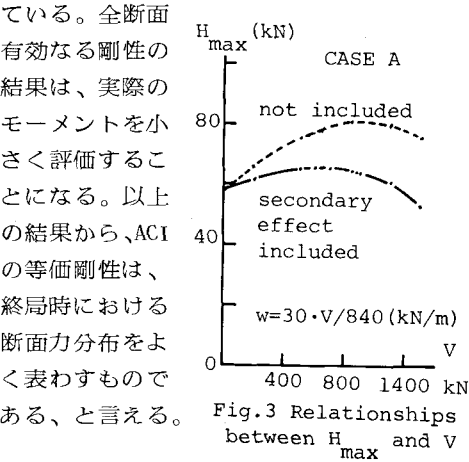


Fig.3 Relationships between  $H_{max}$  and  $V$

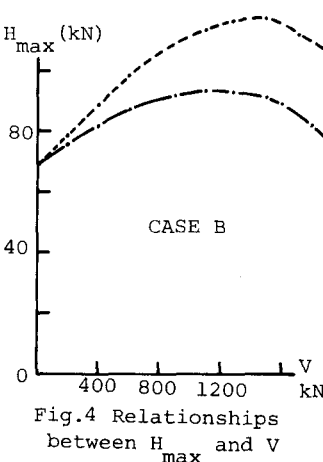


Fig.4 Relationships between  $H_{max}$  and  $V$

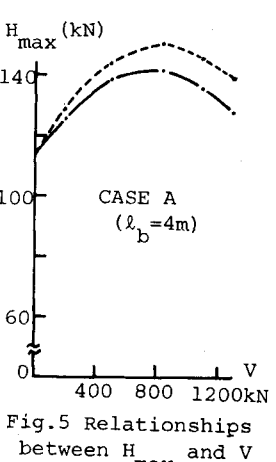


Fig.5 Relationships between  $H_{max}$  and  $V$

CASE A (  $H=64.4$  kN )

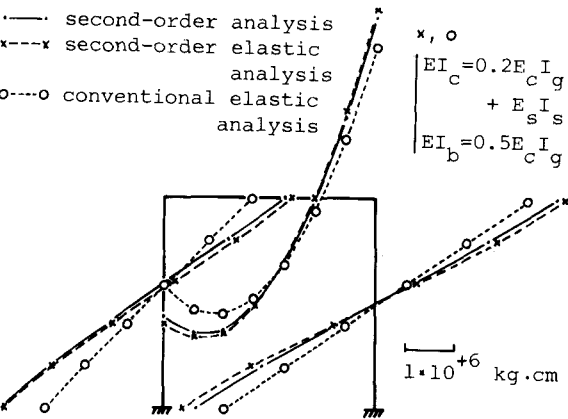


Fig.6 Bending Moment Diagram

CASE B (  $H=93.5$  kN )

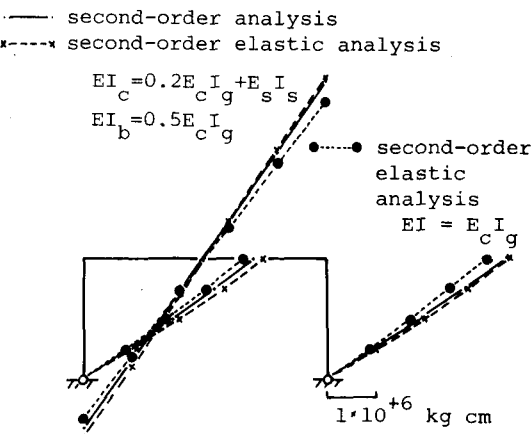


Fig.7 Bending Moment Diagram

(参考文献) Aas- Jakobsen, K. and M. Grenacher : Analysis of Slender Reinforced Concrete Frames, Bericht Nr.50, Institut für Baustatik ETH Zürich, pp.17, März 1974.