

I-68 座屈前の変形が門型骨組の座屈特性に及ぼす影響

農 林 水 産 省 正 員 河 本 康 秀
愛 知 県 正 員 鈴 木 五 月
名古屋工業大学 正 員 後 藤 芳 顯
名古屋工業大学 正 員 松 浦 聖

1 はじめに

弾性骨組の座屈解析の多くは、座屈前の変形を無視した線形座屈解析に基づいている。しかしながら、剛結骨組では、部材の曲げ作用によっても荷重を支持されるように設計されるので完全系においても座屈前の曲げモーメントによる変形が生ずる場合があり、より厳密な安定解析を行うには座屈前の変形の影響を考慮することが必要となる。このような座屈前の変形を考慮した座屈解析はChwalla¹⁾、林²⁾らによって報告されているが、いずれも線形化はり・柱の式を増分することによって得られる式をもとにしており、座屈前の変形は正確に考慮されていない。ここでは、幾何学的非線形性を厳密に考慮した、有限変位・有限ひずみの解に収束しうる剛体変位除去の手法³⁾に基づき、門型骨組の座屈挙動を正確に解析し構造パラメータが初期曲げを受ける骨組の座屈特性に及ぼす影響について検討する。また、すでに著者らはBowlingの影響を考慮した統一のとれたはり・柱の式を用いて同様の解析を行っている⁴⁾が、ここでは、この結果との比較も行う。

なお、非線形座屈挙動の解析は著者らの文献⁵⁾に基づいている。

2 構造パラメータと座屈特性

座屈前に曲げ変形を生ずる門型骨組では、構造パラメータの組み合わせにより、座屈挙動が異なる可能性がある。本研究では、座屈挙動の特性と構造パラメータの関係について明らかにする。解析対象は図1の2種類の門型骨組で、構造パラメータを次に示す。

$$k = \frac{I_b L_c}{I_c L_b}, \quad \ell = \frac{L_b}{L_c}, \quad a = \frac{A_b}{A_c}, \quad \lambda_c = \frac{L_c}{\sqrt{I_c/A_c}}, \quad c = \frac{I_c}{A_c^2}$$

この5つのパラメータの内 a , λ_c , c の座屈荷重に及ぼす影響は小さいので、ここでは、 a , λ_c , c の値をほぼ平均的なものとして $a=1$, $\lambda_c=40$, $c=2.5$ に固定し、 k , ℓ のみ変化させて解析する。

解析の結果得られた門型骨組の非線形挙動は集中荷重下の脚完全固定の門型骨組を例にとると図2(a)～(c)に示すように、分岐座屈、屈服座屈、及び単調増加の3種類の挙動に分類される。このような3種類の挙動が生ずる領域の境界を図1の集中荷重下の構造について主要なパラメータ k , ℓ に関して示すと図3(a)、(b)の実線となる。なお、図3における点線は、Bowlingの影響を考慮したはり・柱の式⁴⁾を用いた解析結果を表している。図3より図示したパラメータ k , ℓ の範囲では脚完全固定の門型骨組ではすべて図2に示す3種類の挙動を示すが脚ピンの場合には分岐座屈と屈服座屈のみを示す。図示していない分布荷重下の各構造についても、ほぼ同様の挙動を示すが、座屈前の変形は小さく図3の境界は上方向に移動する。

Bowlingの影響を考慮したはり・柱の式を用いた解析結果と比較すると、図3に示すパラメータの範囲では非線形挙動の分類及びその境界の形について定性的には同様な結果が得られている。しかしながら、分岐座屈と屈服座屈の境界、及び屈服座屈と単調増加の境界はともにBowlingの影響を考慮したはり・柱の式を用いた解析結果に比べて上の方にずれている。

本報告で扱った様な弾性座屈荷重は、実用的には有

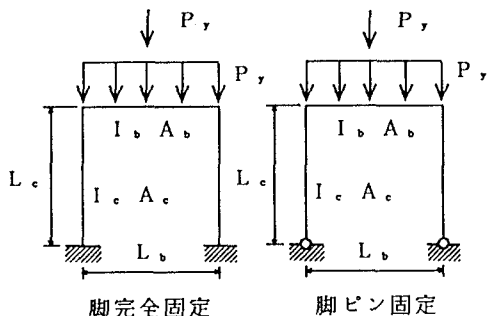
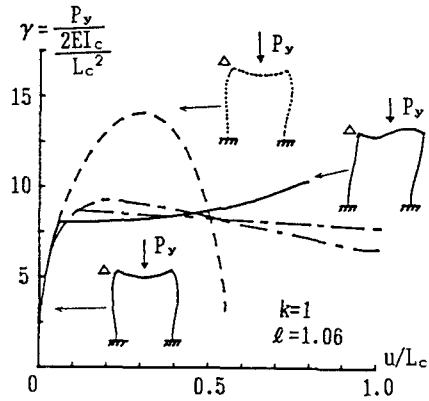


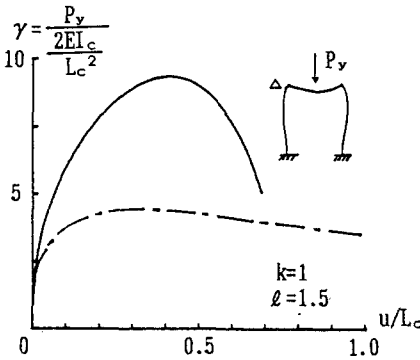
図-1 門型骨組

効座屈長の評価に利用される。座屈前の変形を無視した通常の線形座屈解析を用いると、ここで扱った門型骨組では全て水平移動分岐座屈を生じ、図3の屈服座屈、単調増加を生ずる領域では、従来の座屈荷重は正解とは大きく異なり、結果として有効座屈長にも差が現れる。

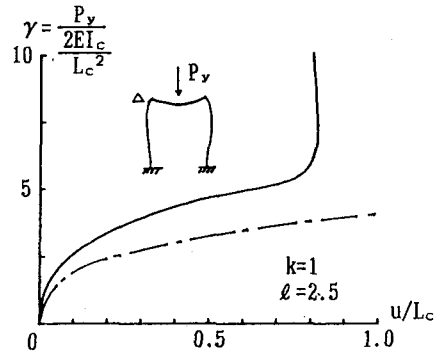
有効座屈長は材料の非弾性効果を考慮して議論するのがより厳密と考えられるが、弾性座屈解析に基づいて評価する現行の設計法では弾性座屈挙動と矛盾のない有効座屈長を設定するのが少なくとも妥当といえよう。この意味から、従来の有効座屈長の妥当性は、図3の屈服座屈、単調増加の生ずる範囲では疑わしく、適用限界には注意する必要がある。



(a) 分岐座屈



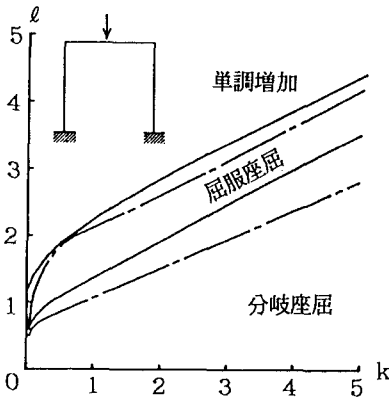
(b) 屈服座屈



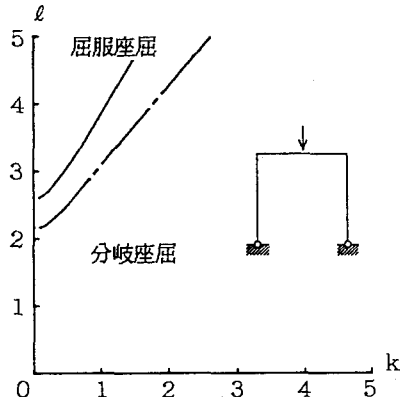
(c) 単調増加

△; 水平変位uを示した節点

図-2 脚完全固定門型骨組の非線形つり合い経路 (—— 有限変位・有限ひずみ --- はり・柱)



(a) 脚完全固定門型骨組



(b) 脚ピン固定門型骨組

図-3 門型骨組の座屈特性 (—— 有限変位・有限ひずみ --- はり・柱)

3 参考文献

- 1) Chwalla(1938); Der Bauingenier
- 2) 林(1986); 構造工学論文集 Vol.32A
- 3) 後藤 他(1987); 土木学会論文集 No.386
- 4) 後藤 他(1990); 構造工学論文集 Vol.36A
- 5) 後藤 他(1989); 土木学会論文集 No.389