

大阪大学大学院 学生員○高 建修

大阪大学工学部 正 員 西村 宣男

1. まえがき

鋼フレームの強度設計法に関して、研究レベルでは(1)伝統的な有効座屈長法の改良、(2)弾性有限変位解析法における等価初期不整の評価、(3)簡易弾塑性有限変位解析法などが検討されている。有効座屈長法の問題点として軸力の小さい部材の有効長さが過大に評価されることが指摘されている。これに対する改良法としては西野らの付加軸力法や尾下の高次固有値を用いる方法などが提案されているが、改良法にも問題点があり、強度設計法の合理化のための検討が必要とされている。本報告では有効座屈長法の問題点を基本に立ち帰って考察し、各部材剛性の変化が座屈強度に与える敏感度を尺度として安定照査の採否を判定する新しい試みを提案する。

2. 有効座屈長法の問題点

第1の例題として、図-1(a)に示す固定門形ラーメンに柱頭鉛直荷重 P と水平荷重 $H = \alpha P$ が作用する場合、左右の柱部材の強度設計を考える。横荷重の影響を考慮した柱部材の有効座屈長の算定に対しては、図-1(b)の等価柱頭荷重を考える。柱部材の断面諸元は表-1に示す2通りとする。座屈設計ガイドラインによるラーメン柱部材の有効座屈長さ係数の近似式より、左右の柱部材の有効長さ係数を求め、柱部材の細長比パラメータを評価した結果を表-2に示す。

柱部材は軸圧縮力と曲げモーメントの組合せに対して部材の安定照査と断面強度の照査を満たすように設計される。図-1のラーメンの左右の柱部材の安定照査式および断面強度照査式を鉛直荷重と柱部材の圧縮に対する全強の比 P/N_y の関数として表示することができる。

2つの照査式の P/N_y と荷重比 α の関係から図-2に示すように安定照査式が限界強度を与える領域は荷重比 α の極小さい場合のみで、圧倒的に断面強度照査式で設計される場合が多い。また安定照査の領域から断面強度照査に移行する α の限界値は左右の柱部材でほぼ等しくなっている。このように両部材において軸圧縮力が支配的な領域での部材の安定照査については有効長さ係数法の問題点は現れない。荷重比が大き

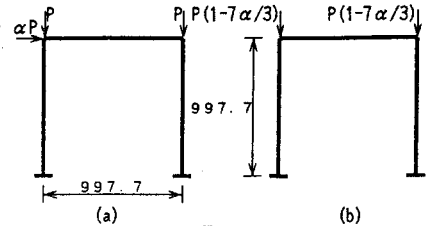


図-1

表-1 (単位: cm, kg)

A	I	r	W	N_y	M_y
304	73365	15.53	3668	7.296×10^5	8.803×10^6
544	419605	27.77	11989	1.306×10^6	2.877×10^7

表-2

α	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
A=304 左柱	0.817	0.836	0.856	0.875	0.899
A=304 右柱	0.782	0.767	0.752	0.738	0.726
A=544 左柱	0.457	0.466	0.478	0.490	0.503
A=544 右柱	0.438	0.429	0.421	0.414	0.406

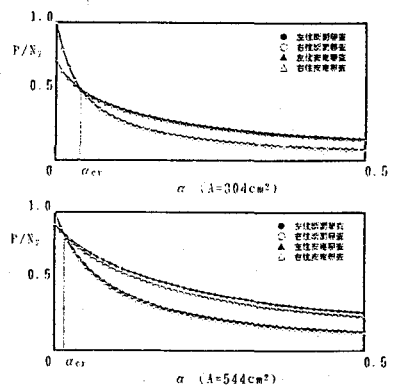


図-2

くなり、左柱部材の軸力が小さくなるとラーメンの最小座屈荷重に合わせるために左柱部材の有効座屈長が過大に評価されるけれど、断面強度照査が優先するので実質的には問題はない。

第2の例題として、構造系は前例と同一で載荷荷重が図-3に示すような場合を考える。前例と同様に有効座屈長法を適用して部材安定照査式と断面強度照査式を P/N_y の関数として表し、荷重比 α との関係を図-4に示す。この荷重状態で α が小さいときは、左柱部材の有効長さは極めて大きくなり、安定照査式と与える限界強度が異常に小さく評価される。このラーメンでは右柱部材が大きな圧縮力と曲げモーメントを受けており、崩壊現象はこの部材に集中するけれど荷重比の小さい領域を除いて断面強度照査が優先している。しかし、左柱部材では有効座屈長の過大評価のために安定照査の優先する領域が右柱部材のそれより大きくなるという矛盾が露呈されている。

3. 座屈荷重に対する断面変化の敏感度

上述のような軸力の小さい部材に対する有効座屈長法の問題点を改良する一つの方法として、部材の剛性変化が座屈荷重に与える敏感度を尺度として、安定照査を省略できる範囲を導入することを提案する。より一般的な場合を考えて、図-5に示す固定門形ラーメンの最小座屈荷重に対する柱部材の曲げ剛性の変化による影響を調べ、座屈荷重を部材剛比の導関数として計算した結果は図-6に示す。横軸は0.1から100までとっているが、この構造物では左柱部材より右柱は小さな圧縮力と曲げモーメントを受けており、設計の上で合理的な範囲は1以下である。図に示すようにこの範囲で座屈荷重は右柱の剛性の変化に対してかなり敏感である。次に、右柱の曲げ剛性を一定として、左柱の曲げ剛性を変化させると、計算した結果は同じく図-6になる。しかし、この場合に対して、同様な理由で合理的な範囲は1以上である。その範囲で剛性が大きくなるにつれて、座屈荷重の変化は小さくなることを見られる。

4. あとがき

本報告では有効座屈長法の問題点を明確にするために、極めて簡単な構造モデルを対象とした。有効座屈長法の欠陥は、実構造では斜張橋の主塔などより複雑な構造において問題となっている。そのような複雑な構造モデルについて本報告で提案した部材剛性変化の座屈強度に対する敏感度の評価法を発展させる必要がある。

参考文献

- 1) 土木学会：座屈設計ガイドライン，技報堂，1987.
- 2) S G S T：特定課題－骨組構造物の座屈設計法，第2回拡大研究会論文集，1993.

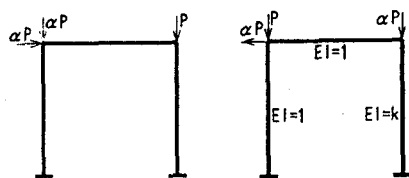


図-3

図-5

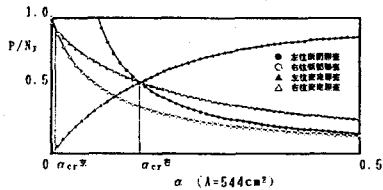
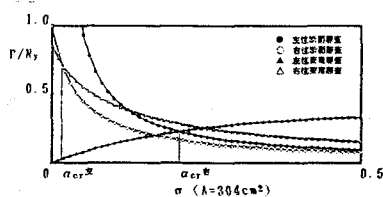


図-4

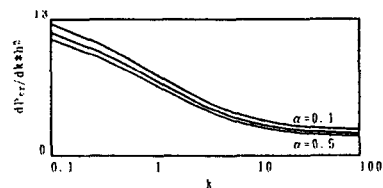


図-6