

鋼骨組構造物の終局強度の近似計算法について

大阪市立大学工学部 正 員 酒造敏廣
 大阪市立大学工学部 正 員 中井 博
 高 田 機 工 (株) 正 員 森下泰光

1. まえがき

近年、従来の有効座屈長を用いた部材設計法とは別に、骨組構造物の終局強度を直接的に評価しようとする研究が活発に行われてきている。すなわち、米国SSRCの設計ガイド¹⁾では、側方変位する骨組に対して有効なP- Δ 解析法が示されている。また、欧州鋼構造協会(ECCS)のEurocode 3²⁾では、一次理論ではあるが、同様な骨組構造物を対象に、P- Δ 効果や初期不整の影響を考慮したラーメンの終局強度算定法が提案されている。一方、わが国でも中井ら³⁾は、薄肉箱形部材からなる骨組構造物の終局強度の近似計算法(以下、OCUの方法という)を提案している。

本文では、鋼骨組構造物の終局強度の近似計算法として、SSRC、ECCS、および、OCU のP- Δ 法を取り上げ、それらの精度と設計への適用性を検討する。

2. P- Δ 解析法の計算方法

上記3種類のP- Δ 解析法の計算過程の概略を図-1に示す。図中、 $\psi_{1n} \sim \psi_{4n}$ は、それぞれ点①～④のたわみ角である。ECCSおよびOCUの方法において換算水平荷重に含まれる係数 ψ_0 は、初期不整による耐荷力低下を考慮した初期部材回転角である。SSRCとECCSの方法は、与えられた作用荷重に対してP- Δ 効果を考慮した解を得るのに、部材を約10分割して逐次繰返し計算を必要とする。しかし、OCUの方法は、①要素分割を必要としない、②逐次近似の反復計算を必要としない、③骨組形状と荷重状態が決まれば、P- Δ 効果および初期不整を考慮するための換算水平荷重が定まる、などの特徴を有している。

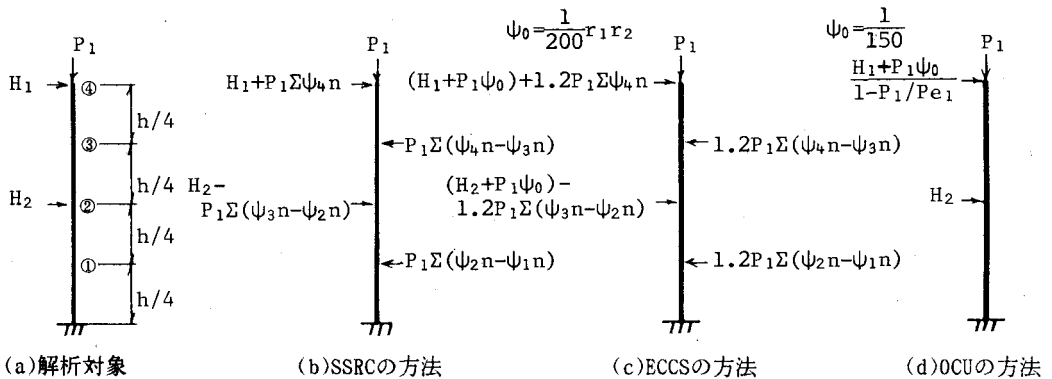


図-1 各P- Δ 計算法の換算水平荷重と計算過程

3. 骨組の終局強度のパラメトリック解析とその考察

初期不整を考慮した平面骨組の弾塑性有限変位解析から得られる終局強度を厳密解とし、これとSSRC、ECCSおよびOCUの3種類のP- Δ 解析法による近似解とを比較する。解析対象は、図-2に示すように、箱形断面を有する二層門形ラーメンType-1(各層に水平荷重載荷)およびType-2(第一層のみに水平荷重載荷)とし、柱の無次元細長比を $\bar{\lambda} = \frac{l}{r_y} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} = 0.3 \sim 1.2$ とした。ここに、 l :弾性座屈理論に基づく柱の有効座屈長。また、図中に示す鉛直・水平の荷重比 α は、0.003 $\sim$ 2としている。

解析結果を鉛直荷重 P で整理し、P- Δ 解析および弾塑性有限変位解析による終局強度をそれぞれ P_{ua}/P_y および P_{ue}/P_y として、図-3 $\sim$ 4に比較する。ここに、 P_y :柱の圧壊荷重。

これらの図からわかるように、ECCSとOCUの方法では、初期不整による耐荷力低下の影響が考慮されてい

Toshihiro MIKI, Hiroshi NAKAI and Hiromitsu MORISHITA

るため、厳密解に対するそれぞれの近似値のばらつきは小さい。また、OCUの方法で、危険側の値を与えるのはすべてtype-2の場合である。SSRCの方法は、初期不整の影響が考慮されていないため、耐力力を過大に与える傾向にあり、3つのP-Δ解析法の中で最もばらつきが大きく精度が悪い。

4. 骨組の終局強度の近似計算法に関する考察

(1)修正OCUの方法の提案

OCUの方法では、ラーメンの柱頭部以外に水平荷重が作用する場合、弾塑性有限変位解析との差異が大きくなる傾向があるため、この方法で用いる換算水平荷重を、次のように修正する（以下、これを修正OCUの方法という）。

$$Q_r = \frac{H_r + \sum P_r \psi_0}{1 - \sum P_r / P_{er}}$$

ここに、図-5を参照して $\sum P_r$ ：第r層に作用する鉛直荷重の総和、 $\sum P_r \psi_0$ ：第r層以上に作用する鉛直荷重の総和である。

(2)解析結果との比較・考察

前記の解析条件のもとで修正OCUの方法の精度を調べた。その結果も図-4中に示すが、修正OCUの方法は、Type-2のラーメンに対して、OCUの方法では考慮されていないP-Δ効果（図-5のH₂に対するもの）が考慮されているため、全体的に安全側のよい結果を与えることがわかる。

5. まとめ

以上から、SSRCの方法は骨組の耐力力を過大に評価し、ECCSおよびOCUの方法は、厳密解に対してはほぼ満足できる結果を与える。さらに、修正OCUの方法は中間水平荷重を受ける骨組に対して、OCUの方法よりも有効である。

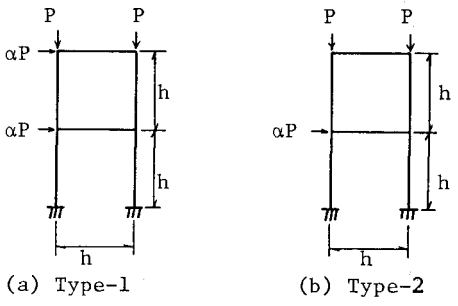


図-2 解析対象

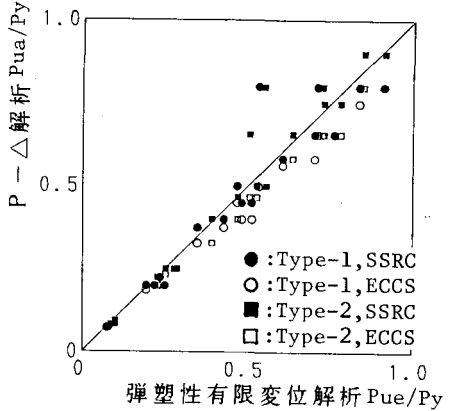


図-3 SSRC, ECCSの解析結果

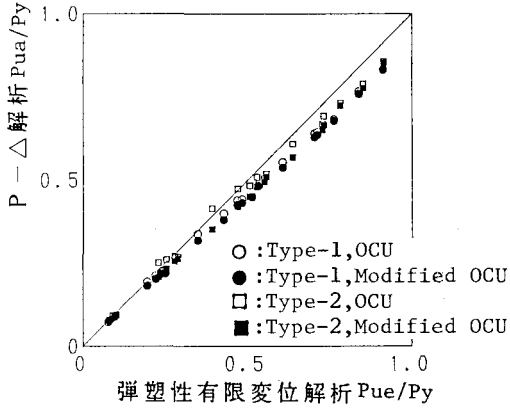


図-4 OCUと修正OCUとの比較

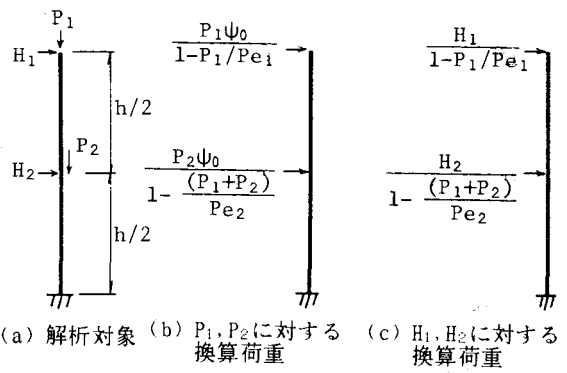


図-5 修正OCUの換算荷重の計算例

(注) $P_{e1} = \pi^2 EI / (2h)^2$, $P_{e2} = \pi^2 EI / h^2$

—参考文献—

- 1) Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures, Edited by T. V. Galambos 4th Edition. John Wiley & Sons. 1988
- 2) Commission of the European Communities: Industrial Processes, Building and Civil Engineering, Eurocode No. 3 Common Unified Rules for Steel Structures.
- 3) 中井 博、酒造敏廣、大垣賀津雄：鋼薄肉ラーメン構造物の限界強度の近似計算法、土木学会論文集、第380号／1-7、1987年4月、pp. 263～272