

I - A165

一層ラーメン終局強度最適断面設計

東京都立大学 学生員 栗原康行
 東京都立大学 正 員 野上邦栄
 東京都立大学 正 員 成田信之
 北海学園大学 正 員 杉本博之

1. まえがき

国内外において許容応力度設計法から限界状態設計法へ移行している現状を踏まえ、設計上の観点から従来の有効座屈長を用いた耐荷力設計法に関する見直しが行われている¹⁾。本研究では、構造物を構成する個々の部材に対して安全性を確保することにより構造物全体の安全が確保できるとする従来の部材照査法に対して、新しい設計の一方法として弾性有限変位解析に基づく構造全体照査体系の確立を目指している。特に、座屈設計が問題となるような構造を対象に有効座屈長を用いずに終局強度設計を可能にする等価初期不整を用いる方法により、一層ラーメン構造を中心にした鋼骨組の最適断面設計について異なる2種法（遺伝的アルゴリズム²⁾、S.L.P法³⁾⁴⁾）を用いて、現行設計法との比較を試みている。

2. 等価初期不整を用いる方法

初期たわみ、初期荷重偏心、残留応力等骨組構造の終局強度に影響を及ぼす不整要因を等価な初期不整を全体構造に与えることで考慮した。

具体的な手順としては、

- 設計条件として構造物の形状、支持条件、荷重条件等を決定。
- 構造物の断面形状、寸法、材料等を代入。
- 設計荷重 F_d 、及び照査のための安全係数 ν 倍した照査荷重を設定。
- 等価初期不整の形状（今回は初期変形モード）や大きさを設定。
- 弾性有限変位により設計断面力 $S_d(\nu F_d)$ を計算。
- S_d と設計断面耐力 R_d の比較により限界状態の照査 ($S_d/R_d \leq 1$)。

の順番で行った。最適化手法としては設計変数を連続量として扱う S.L.P 法と、離散値として扱う GA を用いている。

3. 解析条件

解析モデルは図-1に示す3段階変断面門型ラーメン構造である。断面形状は正方形箱型断面、鋼材は SS400、 $\sigma_y = 2400 \text{ kgf/cm}^2$ とした。端条件は両端ヒンジと両端固定の2ケースを対象とする。ここでは、著者ら⁵⁾が提案した等価初期たわみ、ヒンジ端の場合 $w_0/l = 0.03$ 、固定端の場合 $w_0/l = 0.06$ を用い、またその形状は座屈モードとした。目的関数は、構造全体の鋼材総容積 $V = \sum_{i=1}^n 4(b_i + t_i)t_i l_i$ とする。ここで、 n は部材数、 b_i, t_i 、及び l_i はそれぞれ i 部材の板幅、板厚、部材長である。設計変数は、 $\{b_1, t_1, b_2, t_2, \dots, b_n, t_n\}$ である。制約条件は、JSHB(道路橋示方書)により照査する場合、最小板厚制限 (g_1)、最大細長比制限 (g_2)、最大幅厚比制限 (g_3)、安定照査式制限 (g_4)、強度照査式制限 (g_5) の5式とし、等価初期不整を用いる方法で照査する場合は、 g_4 と g_5 に代わり新強度照査式制限 ($g_6 = \sigma/\sigma_y - 1 \leq 0$) を加えた4式を制約条件として設計を行った。

4. 計算結果

図-2 と図-4 中に与えた等価初期不整の形状を表した。図-2 と図-4 は現行設計法と等価初期不整を用いる方

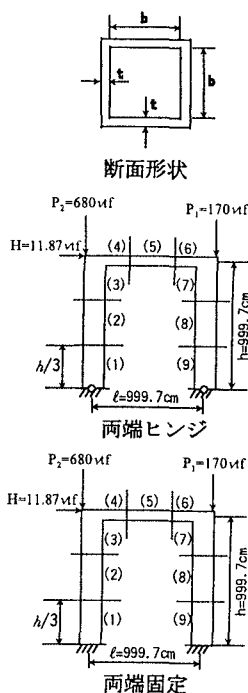


図-1 構造モデル

Design, Optimization, Frame

〒193-03 東京都八王子市南大沢1丁目1番地 Tel. (0426)77-1111, Fax. (0426)77-2772

〒064 北海道札幌市中央区26番西11-1-1 Tel. (011)841-1161, Fax. (011)551-2951

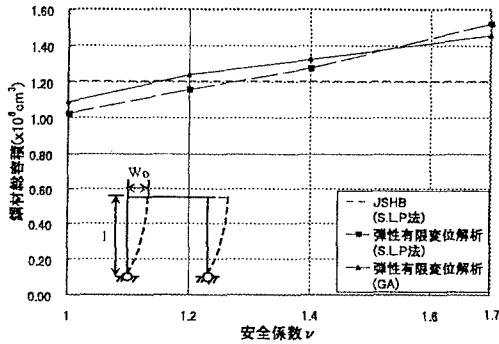


図-2 安全係数と目的関数値の関係(ヒンジ端)

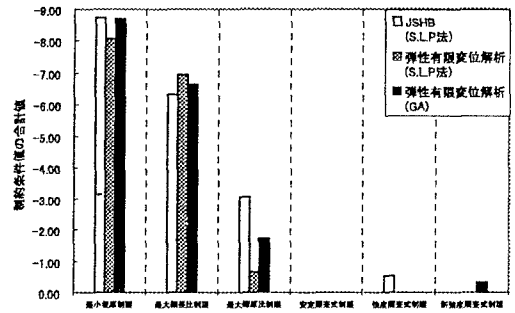


図-3 $\nu=1.7$ での各制約条件値の合計値(ヒンジ端)

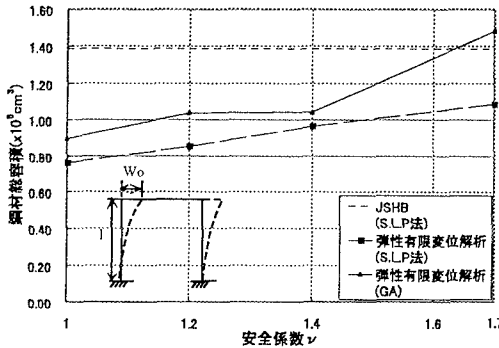


図-4 安全係数と目的関数値の関係(固定端)

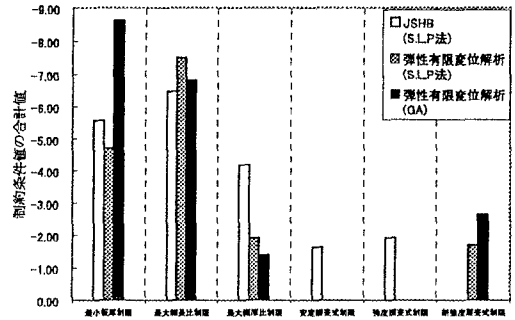


図-5 $\nu=1.7$ での各制約条件値の合計値(固定端)

法について、後者の安全係数 ($\nu = 1.0, 1.2, 1.4, 1.7$) パラメータに対する目的関数（鋼材総容積）値を表している。図-2 のヒンジ端の場合、鋼材総容積が弾性有限変位解析 (GA) で $\nu = 1.2$ 以上、弾性有限変位解析 (S.L.P 法) で $\nu = 1.4$ 以上で JSHB による鋼材総容積を上回る。一方図-4 の固定端では、弾性有限変位解析 (GA) の鋼材総容積が $\nu = 1.7$ で JSHB の計算結果を上回る他は全て JSHB を下回る値が出ている。また、図-3 と図-5 は安全率 $\nu = 1.7$ とした時の制約条件値を示している。横軸に制約条件を、縦軸に制約条件値の合計値を採っている。ヒンジ端の場合、JSHB では安定照査式制限と強度照査式制限、弾性有限変位解析では最大幅厚比制限と新強度照査式制限がアクティブになっている。固定端の場合も同様の傾向を示した。

5. まとめ

本研究より得られた結果をまとめると次のようになる

- ヒンジ端の場合、弾性有限変位解析の鋼材総容積が $\nu = 1.2$ 前後で JSHB の鋼材総容積とほぼ同等である。
- 固定端の場合、弾性有限変位解析の鋼材総容積が $\nu = 1.0 \sim \nu = 1.6$ で JSHB の鋼材総容積より小さい。
- 本解析の範疇では、JSHB では安定照査式制限、強度照査式制限、弾性有限変位解析では新強度照査式制限及び最大幅厚比制限が支配的な条件である。

以上の結果より、新しい終局強度設計法である等価初期不整を用いる方法の有効性が証明できた。

参考文献

- 1) 野上：ラーメン柱の有効座屈長算出法に関する一考察、構造工学論文集、No.39A、1993.3
- 2) 鹿・杉本：組み合わせ問題のための汎用 GA システムの構築に関する基礎的研究、土木学会第 52 回年次講演会、1996.9
- 3) 山田善一編著：構造工学シリーズ 1、構造システムの最適化～理論と応用～土木学会、1988
- 4) 藤野：鋼骨組構造の終局強度設計に関する基礎的研究、東京都立大学卒業論文、1997.3
- 5) 野上・成田：はり柱の等価初期たわみに及ぼす荷重パラメータの影響、構造工学論文集、Vol.41A、1995.3