

I-29

剛結および半剛結接合を組み合わせた鋼骨組の挙動解析

室蘭工業大学 正 員 岸 徳 光

名古屋工業大学 正 員 後 藤 芳 顕

室蘭工業大学 正 員 松 岡 健 一

1. はじめに

構造設計手法の世界の趨勢は許容応力設計法から限界状態設計法に移行する方向にある。鋼骨組構造の分野では適切な使用限界、終局限界評価のために梁-柱の接合部の挙動とこれらの全体系への影響について検討を行い、AISC-LRFD の設計基準では構造形式を剛結接合構造 (FR 構造) と半剛結接合構造 (PR 構造) に分類して設計することを規定している。剛結接合構造に関しては線形解析を基本にして上記設計手法に基づいた設計が可能のように示されている。しかしながら、半剛結接合構造に関しては現在盛んに研究されている段階であり、合理的設計計算手法が提示されていない。このような観点より著者らも接合部剛性に関する実験データの収集や剛性評価モデルの作成および解析手法に関する研究を行ってきた。その結果ワークステーションの利用を基本として、同基準の概念に即した半剛結接合鋼骨組の設計計算を行うことが可能となった。一方、半剛結接合構造はその接合部剛性が小さいために比較的低層の骨組を対象として検討が行われているようである。もし、より高層の骨組に対しても適用可能であれば経済性の面からもその利用が高まるものと考えられる。

本論文はこのような観点より、剛結接合と半剛結接合を組み合わせた場合の鋼骨組の挙動解析を行い半剛結接合の高層骨組構造への適用性について検討を行った。本研究では 8 層 4 径間の鋼骨組を対象として接合部を剛結接合と Top- and Seat-angle 接合 (double web angle 付設) を用いた 4 case の組み合わせを考え、Top angle と Seat angle を同一断面形状として固定し、Web angle の板厚および長さを種々変化させ、特に骨組の横移動量に関する検討を行った。

2. 解析手法および接合部剛性評価

本解析では先に後藤-Chen によって示された幾何学的非線形と接合部の非線形剛性を考慮することが出来る解析手法を用いている。従って AISC-LRFD の基準で示されているような幾何学的非線形を考慮するための B_1 , B_2 法は用いていない。また、本解析手法は解析的に誘導された梁-柱の剛性方程式を用いているため、解析精度を向上させるための要素分割の必要はなく、最小限の要素分割で所要の精度の確保ができる利点を有している。半剛結接合部の剛性評価に関しては、著者らによって提案されている三要素パワーモデルを用いることとした。このモデルは接合部初期剛性 R_{ki} 、接合部限界曲げ耐力 M_u 、形状指数 n の三つのパラメータから構成されるもので無次元化して示すと次のようになる。

$$m = \frac{\theta}{(1 + \theta^n)^{1/n}} \quad 1)$$

ここで、接合部曲げモーメントを M 、相対回転角を θ_r とすると、各変数は $m = M / M_u$, $\theta = \theta_r / \theta_0$, $\theta_0 = M_u / R_{ki}$ となる。式 1) は m , θ , $dm/d\theta$ に関し閉じた形で整理することが出来る利点を有している。また、 R_{ki} , M_u はアンクル材の諸形状寸法に関連づけられたノモグラフを利用することにより算定可能である。形状指数 n に関しては上記 2 パラメータおよびデータベースに格納されている実験データを用いて統計的に決定された算定式を用いることとした。

Numerical Analysis of Steel Frame using Rigid and Semi-Rigid Connections

by Norimitsu KISHI, Yoshiaki GOTO and Ken-ichi MATSUOKA

3.1 骨組、設定荷重および接合部アングル材の主形状寸法

3.2 解析結果および考察

の梁の接合部を全て剛結接合としたものを基本構造とし (case-1)、基本構造に加えて、屋根部の梁材を剛結接合とした場合 (case-2)、中心の柱材の接合部を剛結接合とした場合 (case-3)、両外側の梁材の接合部を剛結接合とした場合 (case-4)、および全て剛結接合とした場合の 5 case について検討を行った。図-4 に各 case の ℓ_w 、 t_w を変化した場合の横移動量を整理している。図より全 case とも Δ/H が 1/300 より小さくなっていることがわかる。case-1 と 2 の場合はほぼ類似の結果となっており、屋根部の剛結接合は横移動の制御にほとんど寄与しないことがわかる。case-3 の場合は case-1、2 の場合に比較して 30 % 程度小さな値となっている。case-3 と case-4 は半剛結接合部の数が等しいが、横移動量は case-4 の方が case-3 より小さくなっている。これより、case-4 の方がより合理的な構造となっているものと考えられる。図-5 には $g_w = 1.75\text{in}$ 、 $\ell_w = 7.5\text{in}$ 、 $t_w = 3/8\text{in}$ に固定した場合の骨組全体の変形状態を示しており、各 case の構造全体の変形状態の様子がわかる。また、図-6 にはその時の横移動量

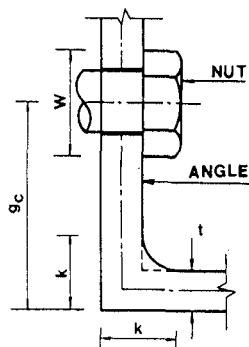
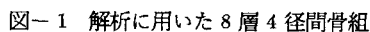
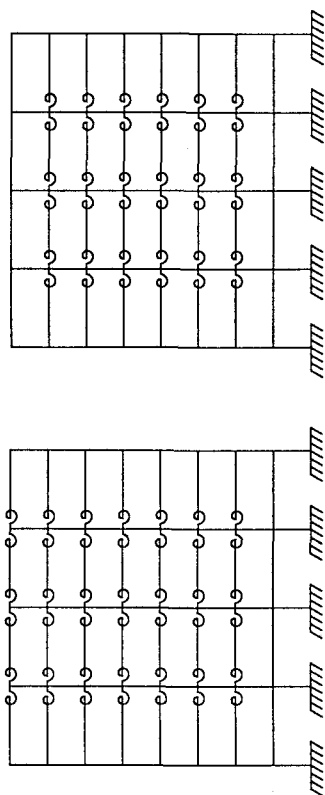
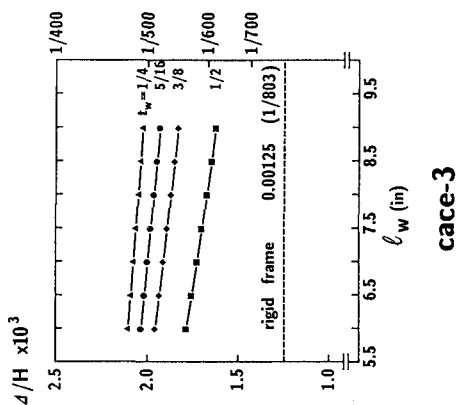
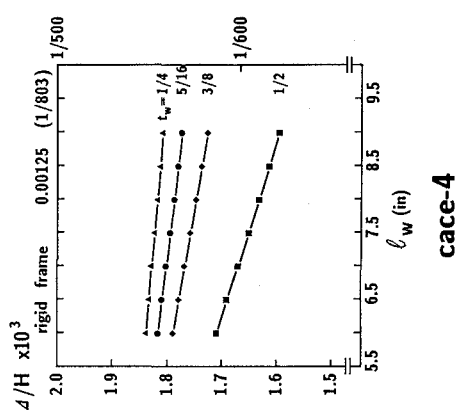
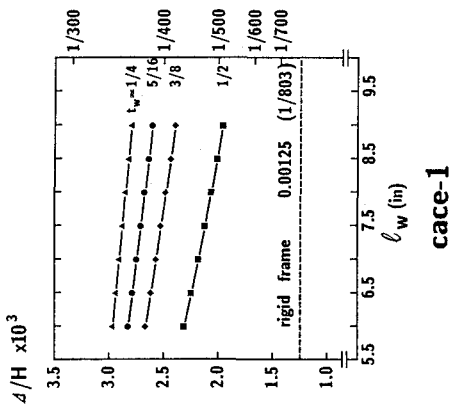
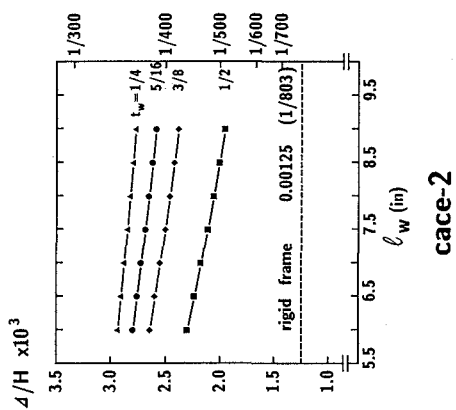
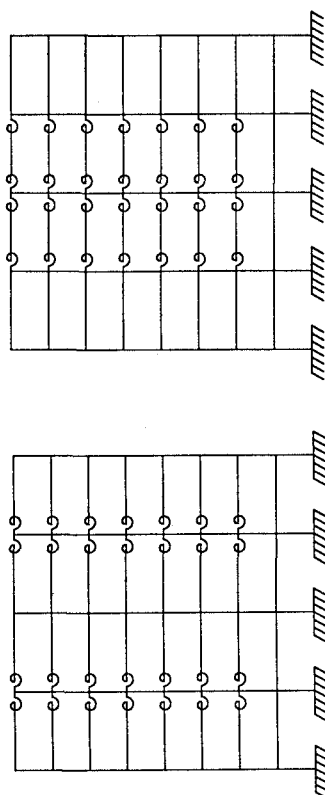


図-2 アングル材



case-2



case-4

図-4 各 case の横移動量の一覧

図-3 各解析 case の一覧

を case 番号を横軸にとって整理している。剛結接合構造の場合は $\Delta/H \approx 1/800$ であるが、case-3, 4 で $1/500$ 以下であり、case-1, 2 で約 $1/400$ 程度となっていることがわかる。これより剛結接合と半剛結接合を効率よく組み合わせることによって高層骨組構造にも半剛結接合を用いることが可能であることがわかる。

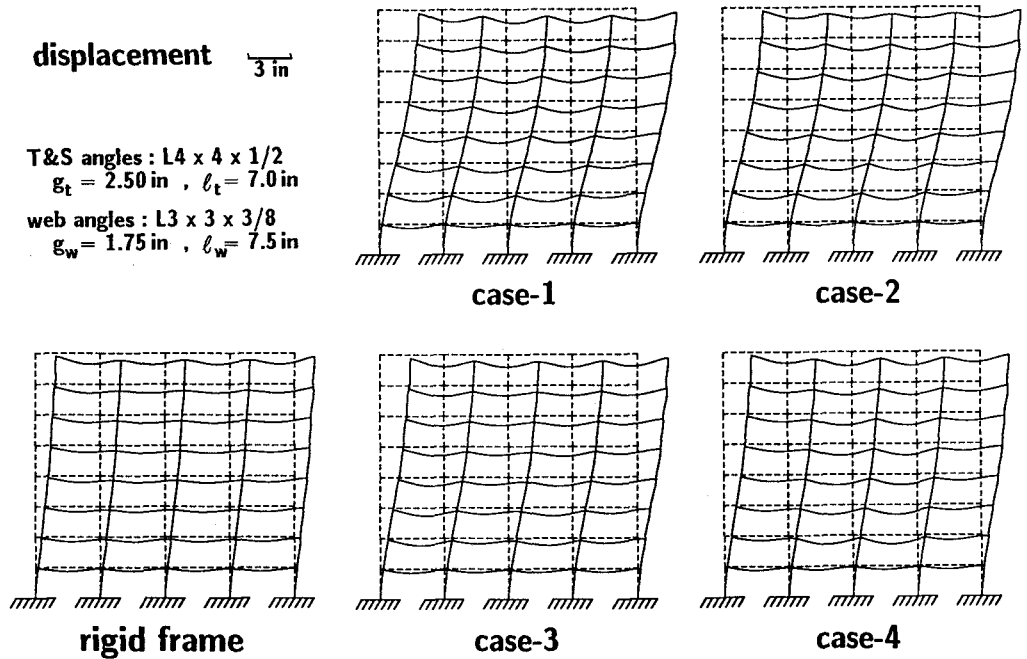


図-5 各 case の構造全体の変形状態

4. まとめ

一般に半剛結接合のみを用いる骨組は接合部剛性が小さいために比較的低層の骨組に用いられているようである。ここでは半剛結接合と剛結接合を組み合わせた場合の鋼骨組の挙動解析を行い半剛結接合の高層骨組構造への適用性について検討を行った。

数値解析は 8 層 4 径間鋼骨組を取り上げ剛結接合と半剛結接合に関する 4 つの組み合わせを考えて行った。半剛結接合として Top- and Seat- angle 接合 (double web angle 付設) を取り上げ Web angle の板厚と長さを変化させた場合の骨組の横移動量について検討を行った。

検討結果、いずれの場合も $\Delta/H < 1/300$ とすることができ、半剛結接合は剛結接合と併用することにより高層骨組にも十分応用可能であることが明らかになった。なお、本論文で検討している全ての case は安全性照査もパスすることを確認している。

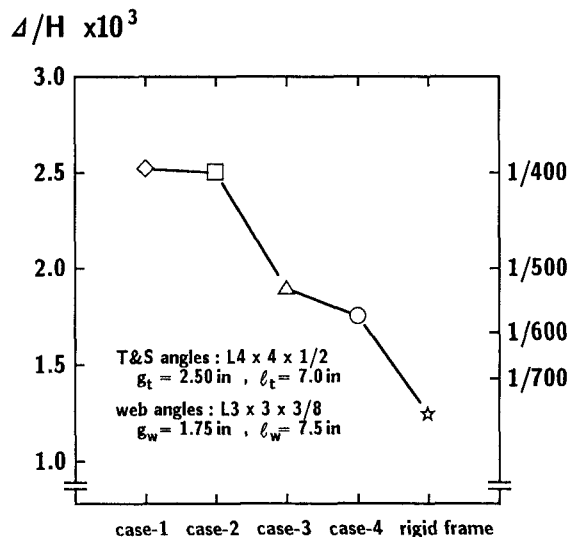


図-6 各 case の横移動量