

溶接型セミリジッドラーメンの弾塑性解析

九州大学工学部 学生員 前 畠 龍 三

九州大学工学部 学生員 Mian Amar Mahmood

九州大学工学部 正会員 彦 坂 照

1. 緒 言

鋼ラーメンにおける剛節の仮定は、柱-梁接合部に十分な補剛材の配置を必要とし、溶接工数の増加により製作・施工コストが増大する。本研究では、この補剛材の一部を省略し柱と梁の相対回転角を許して剛節と滑節の中間的挙動を示すセミリジッド接合を考へ、接合部の実態に即した取扱いをすることにより解析結果の信頼性及び構造物の安全性を向上させると共に、製作・施工コストの低減に寄与する目的で、セミリジッドラーメンを次の仮定の基に解析した。(1)梁及び柱部材は塑性設計が可能なH形またはI形断面を有し、強軸まわりの曲げ部材としてのみ用いる。(2)梁は柱のフランジに直接溶接接合される。(3)部材及びラーメン全体の座屈は無視できる。

2. 溶接ジョイントのモーメント-相対回転角特性

図-1の水平及び斜め補剛材で補強されるリジッド接合部では、材端に塑性ヒンジが生じるまで、節点において柱-梁の相対回転角は生じないと仮定する。これらの補剛材を省略した図-2のセミリジッド接合部に生じる相対回転角 ϕ を、ここでは次の2つに分けて考える。

①曲げ相対回転角 ϕ_b : 梁の曲げモーメントに伴う、柱ウェブの引張及び圧縮変形により生じる。

②せん断相対回転角 ϕ_s : 接合部の柱ウェブパネルの純せん断変形により生じる。

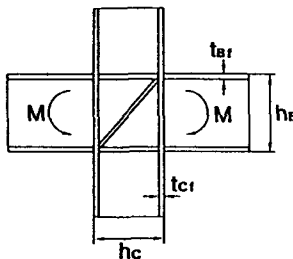


図-1 rigid connection

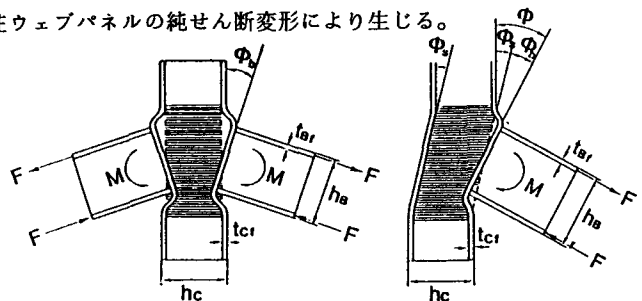


図-2 semi-rigid connection

接合部の力学的挙動を解析するに当たり、梁の材端モーメント M は静力学的に等価なフランジ偶力 F に置換する。せん断相対回転角 ϕ_s は接合部左右の材端モーメントが等しくないときに生じ、偶力 F が ϕ_s を引き起こすせん断力になる。接合部の回転挙動特性として、曲げ及びせん断相対回転剛性 C_b, C_s 、曲げ及びせん断相対回転による降伏モーメント M_{yb}, M_{ys} と塑性モーメント M_{pb}, M_{ps} が決定される。これらの接合部の相対回転挙動の特性値の算定式は、文献(3)に記す。

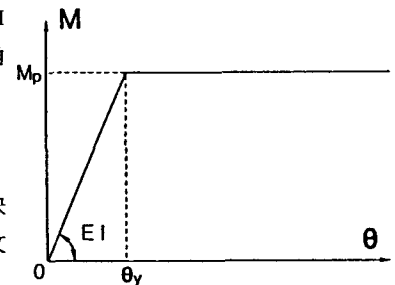


図-3 部材のM-θ関係

3. セミリジッドラーメンの弾塑性近似解析

(1) 部材の曲げモーメント M と曲率 θ の関係は、図-3の完全弾塑性モデルで表されるものとする。従って、部材の塑性域は塑性ヒンジとしてのみ扱われ、塑性ヒンジ間の部材は弾性挙動を仮定する。

(2) 接合部のモーメントと相対回転角の関係は、曲げ及びせん断相対回転挙動の降伏モーメント M_{yb} または M_{ys} 以下の弾性領域、及びそれらを越えて塑性モーメント M_{pb} または M_{ps} に至るまでの弾塑性領域をbilinear型モデルで表し、塑性モーメントに達した接合部は塑性ヒンジ化するものと仮定する(図-4)。

(3) 弾性域におけるジョイントの曲げ及びせん断相対回転剛性 C_b, C_s の効果を解析に取り入れるため、接

合部を、そのパネル長の半分 $h_B/2$, $h_C/2$ に等しい材長と断面二次モーメント $I_{BK} = C_B h_C/2E$, $I_{CK} = C_S h_B/4E$ の十字形骨組に置換する (図-5)。弾性域では接合部の相対回転剛性 C_B , C_S を使って解析を行い、接合部が降伏した後は順次接合部の回転剛性を図-4の $M-\phi$ 関係を満足するように変化させ、崩壊を起こすのに十分な塑性ヒンジが形成されるまで解析を進めた。図-6 (a), (b), 図-7 は、水平及び鉛直集中荷重を受ける門形ラーメンと2スパンラーメンのジョイントがリジッド及びセミリジッドの場合の解析結果を比較したものである。

図-6 (a)のラーメンは、リジッドに比べ、セミリジッドの崩壊荷重の低下が9%である。図-6 (b)のラーメンは、ジョイントのセミリジッド化により強度低下が著しい柱と梁の組合せ例である。崩壊形式は、図-6 (a)のリジッドラーメンが組合せ形式で、図-6 (a)のセミリジッドと図-6 (b)のリジッドおよびセミリジッドラーメンは層形式となる。図-7 は、より複雑な崩壊形式のラーメンの一例であり、リジッドとセミリジッドの間で崩壊形式が異なる。本解析は、部材伸縮を考慮した有限要素法を用いて行ったが、たわみ角法によってもほぼ一致した結果を得た。

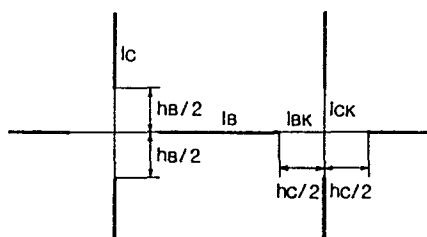


図-5 ジョイントの解析モデル

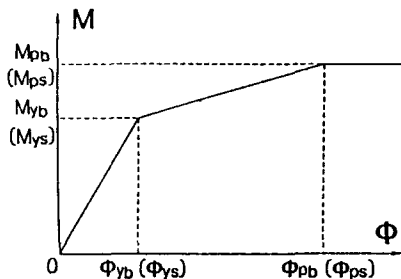


図-4 ジョイントの $M-\phi$ モデル

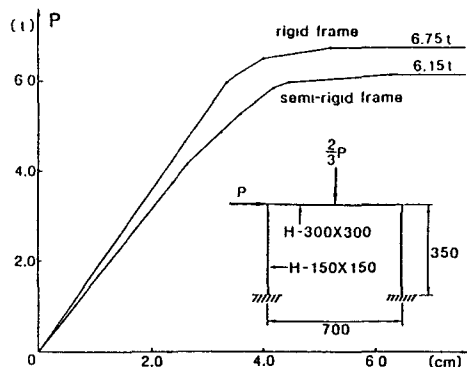


図-6 (a) 荷重-たわみ曲線 (柱頭水平変位)

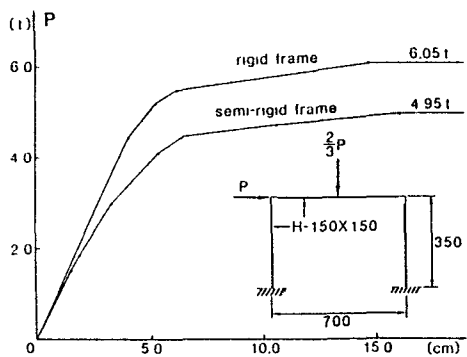


図-6 (b) 荷重-たわみ曲線 (柱頭水平変位)

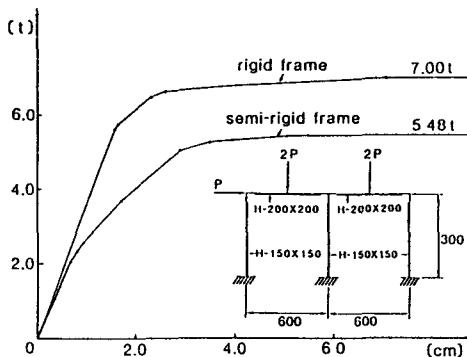


図-7 荷重-たわみ曲線 (柱頭水平変位)

参考文献

- 1) EEC/EC3: Eurocode No.3 for Steel Structures (Draft November 1983)
- 2) H.Krawinkler et al.: Seismic Behavior of Moment Connections and Joints. ASCE ST2, Feb.1982
- 3) 彦坂他: 溶接ジョイントの非線形剛特性を考慮したラーメンの解析: 昭和62年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 I-20. pp.40~41 1988.3.
- 4) 彦坂他: 溶接ジョイントのセミリジッド特性を考慮したラーメンの弾塑性解析: 土木学会第43回年次学術講演会講演概要集 I-85. pp.224~225 1988.10.