

九州大学工学部 学生員 前 島 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柱-梁リジッドジョイント(剛節)の仮定は解析のための理想化であり、完全にリジッドなジョイントは存在しない。剛節の解析仮定をできる限り満足させるためには、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て柱と梁の相対回転角を許すものをセミリジッド接合と呼び、セミリジッドラーメンの剛性と強度を、次の仮定のもとに解析した。(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。

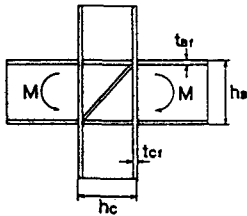


図-1 rigid connection

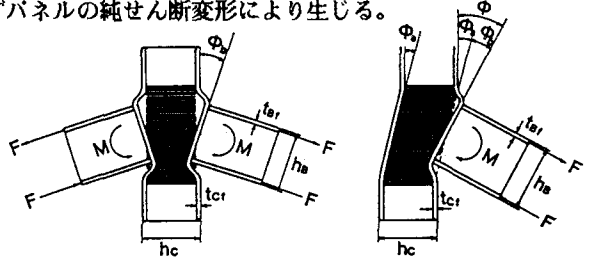


図-2 semi-rigid connection

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は静学的に等価なフランジ偶力Fに置き換える。せん断相対回転角 ϕ_s は接合部左右の梁の材端モーメントが等しくない時に生じ、偶力Fが ϕ_s を引き起こすせん断力にもなる。

(1) 曲げ及びせん断相対回転挙動の特性値

曲げ相対回転剛性 C_b は、梁のフランジ偶力Fにより引張及び圧縮を受ける接合部の柱ウェブの弾性変形に基づいて算定される。セミリジッドジョイントの降伏モーメント M_{yb} 及び終局モーメント M_{pb} は、柱ウェブの弾性及び塑性限界時の有効幅¹⁾を用いて算定される。せん断相対回転剛性 C_s は、純せん断を受ける接合部の柱ウェブパネルの弾性変形に基づいて算定され、降伏モーメント M_{ys} は、von Misesの降伏条件より求められる。 M_{ys} を越えるモーメントは、主として柱フランジの曲げにより抵抗され、ジョイントは十分な相対回転容量を持つことが知られている。本研究では、Krawinklerらが実験により求めた終局モーメント式²⁾を用いた。上記の各特性値の算定式は、文献(3)に記す。JIS圧延H形鋼から塑性設計が可能な断面のみを幾つか選び、それらを梁-柱に配したセミリジッドジョイントの特性値計算結果から、一例としてジョイント強度の支配要因を図-4に示した。図の

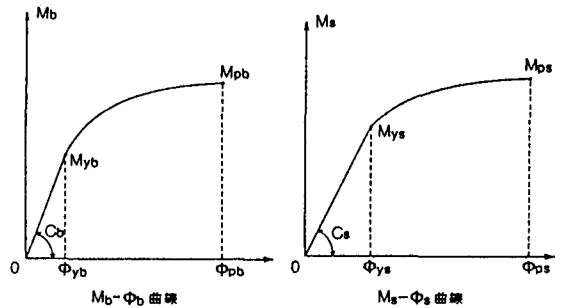


図-3 セミリジッドジョイントのM- ϕ 関係

せん断相対回転剛性 C_s は、純せん断を受ける接合部の柱ウェブパネルの弾性変形に基づいて算定され、降伏モーメント M_{ys} は、von Misesの降伏条件より求められる。 M_{ys} を越えるモーメントは、主として柱フランジの曲げにより抵抗され、ジョイントは十分な相対回転容量を持つことが知られている。本研究では、Krawinklerらが実験により求めた終局モーメント式²⁾を用いた。上記の各特性値の算定式は、文献(3)に記す。JIS圧延H形鋼から塑性設計が可能な断面のみを幾つか選び、それらを梁-柱に配したセミリジッドジョイントの特性値計算結果から、一例としてジョイント強度の支配要因を図-4に示した。図の

右上隅、左下隅の領域は、それぞれ柱、梁の全塑性モーメントがジョイント強度を支配し、対角線近傍の領域においてのみジョイント強度が、セミリジッドジョイント自身の塑性限界モーメントに支配される。

3. セミリジッドラーメンの弾塑性近似解析法

セミリジッド溶接ジョイントのM-φ関係を、図-5の折線で近似し、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 $I_{BK} = C_b h_B/2 E$ 、 $I_{CK} = C_s h_C/2 E$ (Eはヤング係数)の十字型剛節骨組に置換して³⁾ 弾性及び塑性解析を行った。図-6(a)、(b)は、等分布荷重を受ける門形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

塑性限界モーメント M_{pk} (t-cm)	梁		柱																
	H × B	M_p	3	4	5	7	9	10	13	14	16	23	30	36	38	42	47	52	54
柱 H × B	M_p	210	244	368	377	503	591	878	885	1260	2310	3600	5250	6110	6780	8810	12500	15100	
3	100×100	210	x																
4	150×75	224		x															
5	125×125	368			x														
7	175×90	377				x													
9	200×100	503					x												
10	150×150	591						x											
13	250×125	878							x										
14	175×175	885								x									
16	200×200	1260									x								
23	250×250	2310										x							
30	300×300	3600											x						
36	380×300	5250												x					
38	350×250	6110													x				
42	440×300	6780														x			
47	400×400	8810															x		
52	594×302	12500																x	
54	428×407	15100																	x

図-4 柱-梁の組合せとセミリジッドジョイントの強度支配要因

メンは、図-4及び図-5のaに示すセミリジッドジョイント特性をもつ。図-6(b)は、図-4及び図-5のbに示すジョイント特性を持ち、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からなる。解析を行ったラーメンは、いずれも、ジョイントに先に塑性ヒンジができ、その後の荷重増加で梁中央部に塑性ヒンジができ、梁形式の崩壊を起こす。

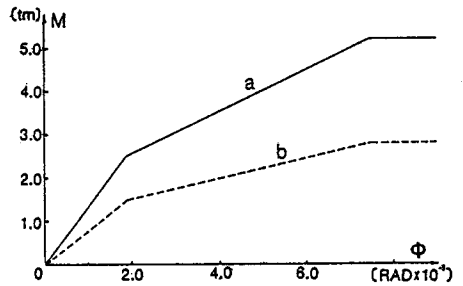


図-5 ジョイントのM-φ関係

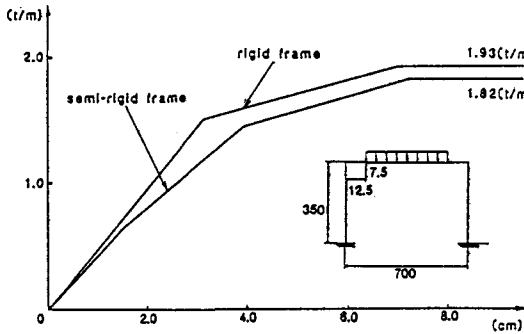


図-6(a) 荷重-たわみ曲線(梁中央)

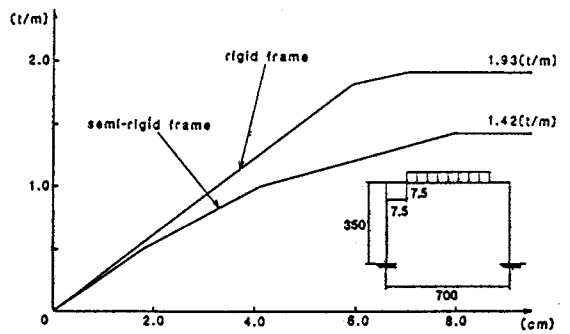


図-6(b) 荷重-たわみ曲線(梁中央)

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集 1-20. pp40~41 1988.3.