

フレーム構造の複合非線形動的解析におけるブレース材のモデル化の影響

○名城大学大学院 学生会員 齊藤 直也 (株) 耐震解析研究所 正会員 馬越 一也
名城大学 フェロー 宇佐美 勉 (株) 耐震解析研究所 正会員 野中 哲也

1. 緒言

本研究は、フレーム構造の複合非線形動的解析におけるブレース材のモデル化に対する研究の基礎として、最も単純な1層ブレース材付き門形ラーメンの繰返し弾塑性有限変位解析を実施し、過去に本研究室で行われた静的解析結果との比較を行い、ブレース材端部のモデル化、初期不整の与え方及び大きさが解析結果に及ぼす影響について考察を行い、最も適切なモデル化を提案する。

2. 解析概要

解析対象構造は、図-1 および表-1 に示す1層の正方形箱形断面門型ラーメンで、柱頂部には、構造物の質量 m を載荷させ、構造物の底部には、加速度は $y_0=a_0 \cdot t \cdot \sin pt$ の増大振幅 $\sin$ 波を作用させる。門形ラーメンに配置したブレース材は2種類を考え、ブレースAは細長比 $L_b/r_b=49$ (L_b =ブレース材長, r_b =ブレース材の断面2次半径), ブレースBは $L_b/r_b=102$ である。この構造に対するブレース材の解析モデルとして、図-2 に示す端部条件および初期不整の与え方を変えた6種類を考える。すなわち、剛結-初期不整なし(R), ピン-初期不整なし(P), ピン-初期たわみあり(P-ID), ピン-初期横荷重あり(P-IL), 剛結-初期たわみあり(R-ID), 剛結-初期横荷重(R-IL)である。ここで、初期横荷重は載荷履歴の間一定としている。以降、解析モデルはかっこ内の略号で示す。初期たわみは、最大値が $L_b/1000$ の半波の正弦曲線、初期横荷重はブレース材軸に直角に作用する等分布荷重とし、その大きさはブレース材を単純はりとした時の中央のたわみが $L_b/1000$ に等しくなるように定めた。

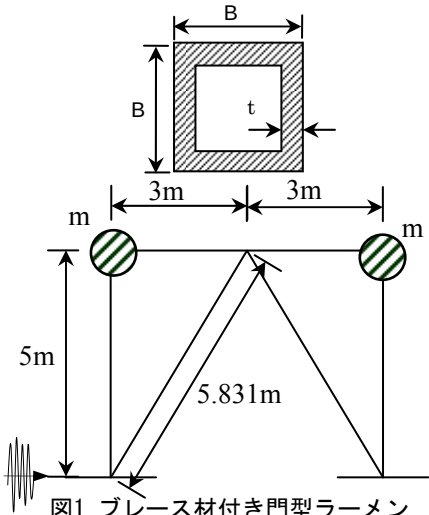


図1 ブレース材付き門型ラーメン

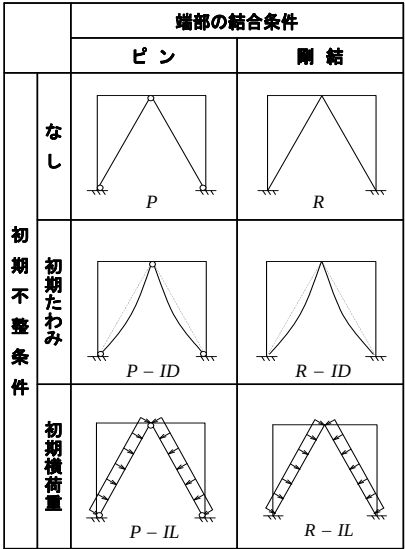


図2 解析モデル

表-1 断面諸量

			フレーム部材(柱)	フレーム部材(梁)	ブレースA	ブレースB
部材長	L	m	5.000	6.000	5.831	5.831
幅	B	m	0.500	0.500	0.300	0.150
板厚	t	m	0.020	0.020	0.010	0.010
断面積	A	m ²	0.0384	0.0384	0.0116	0.0056
断面2次モーメント	I	m ⁴	1.477E-03	1.477E-03	1.628E-04	1.839E-05
断面2次半径	r	m	0.1961	0.1961	0.1185	0.0573
細長比	L/r	-	25	31	49	102
材質	-	-	SM490	SM490	SM490	SM490
降伏応力度	σ_y	kN/m ²	3.150E+05	3.150E+05	3.150E+05	3.150E+05
弾性係数	E	kN/m ²	2.000E+08	2.000E+08	2.000E+08	2.000E+08
せん断弾性係数	G	kN/m ²	7.692E+07	7.692E+07	7.692E+07	7.692E+07
ポアソン比	ν	-	0.3	0.3	0.3	0.3
全断面降伏軸力	N_y	kN	12096	12096	3654	1764
有効せん断係数	k	kN/m ²	0.44	0.44	0.44	0.44
細長比パラメータ	$\bar{\lambda}$	-	0.322	0.386	0.622	1.286
幅厚比パラメータ	R_f	-	0.52	0.52	0.63	0.31
オイラーの座屈荷重	P_E	kN	116629	80992	9451	1067
ファイバー要素の積分点	-	-	25x25	25x25	29x29	15x15
鉛直荷重	P	kN	2419.2	—	—	—

表2 外力諸量

名称	記号	単位	
固有周期	T_n	sec	0.292
固有円振動数	ω	rad/sec	21.5
質量	M	t	247
周期	T	sec	0.365
振動数	f	Hz	2.74
円振動数	p	rad/sec	17.2
振幅(仮定)	a_0	m	0.07
減衰比($h=c/c_c$)	h		0.05
振動数比	ω/p		0.80

キーワード：ブレース材，鋼ラーメン，端部条件，初期不整，繰返し解析，複合非線形解析

連絡先：〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学研究科建設システム工学専攻 TEL:052-838-2363

3. 過去の研究結果

過去の研究では、ブレース材と主構造の結合条件（ピンあるいは剛結）、初期不整の与え方（初期たわみ、あるいは初期横荷重）と大きさ等の違いによる構造物の挙動の相違を検討した。図3、図4は過去に行われた静的解析の $H-\Delta$ 曲線であり、研究により得られた結論を列挙する。

- 1) 最も適切な解析モデルは、ピン—初期横荷重あり(P-IL)もしくは、剛結—初期横荷重あり(R-IL)である。
- 2) ブレース材に初期たわみを与えるモデル(P-ID), (R-ID)は、時として収束性に問題が生ずる場合がある。
- 3) (R-IL)と(P-IL) は実用的な範囲 ($L_b/r_b > 100$) で耐力差はほとんど無くなる。

4. 解析結果

過去の静的解析の結果を元に今回の研究の比較を行った。今回の研究で行った動的解析の $H-\Delta$ 曲線を図5、図6に示す。ピン結合の場合において静的解析ではP（ピン）では座屈現象が考慮できなかったが、動的解析でも同様に座屈現象を考慮することができなかった。P-ID（ピン-初期たわみ）では座屈現象を捉え、P（ピン）よりも小さい履歴を描いていることがわかる。P-IL（ピン-初期横荷重）も同様な現象を示すことが分かる。剛結合の場合の静的解析では、R（剛結合）、R-ID（剛結合-初期たわみ）、R-IL（初期横荷重）はほぼ同じ履歴を示した。これは静的解析と同様な結果である。

5. 結論

過去の静的解析の結果から P-IL, R-IL が適切であると分かっている。本研究では、動的解析を行い過去の静的解析の結果との比較を行い、静的解析同様ブレース材と主構造の結合条件、初期不整の与え方の違いによる構造物の挙動の相違を検討した。研究により得られた結論を列挙する。

- 1) P は動的解析においても部材の座屈を考慮できないため使用すべきではない。
- 2) P-ID, R-ID はPほどではないが、座屈を考慮しにくいと望ましくない。
- 3) 静的解析結果同様、部材座屈を考慮できることから最適なモデルは、P-IL, R-IL である。

参考文献

- 1) 宇佐美勉編著：鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン，日本鋼構造協会，技報堂出版，2006。
- 2) 土木学会：鋼・合成構造標準示方書—耐震設計編，丸善，2008。
- 3) 宇佐美勉，馬越一也，吉野廣一，野中哲也：複合非線形動的解析におけるブレース材のモデル化について，土木学会第63回（平成20年度）年次学術講演会講演概要集，2008.9

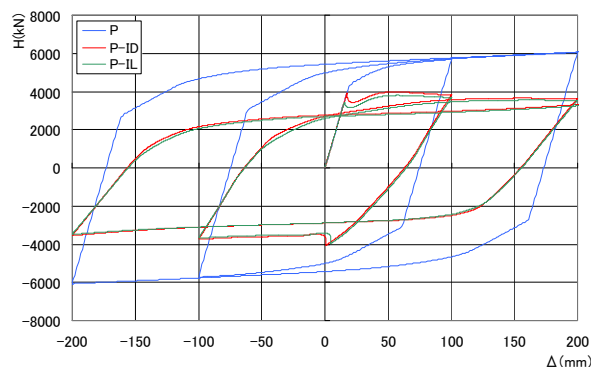


図3 静的解析（ピン結合）

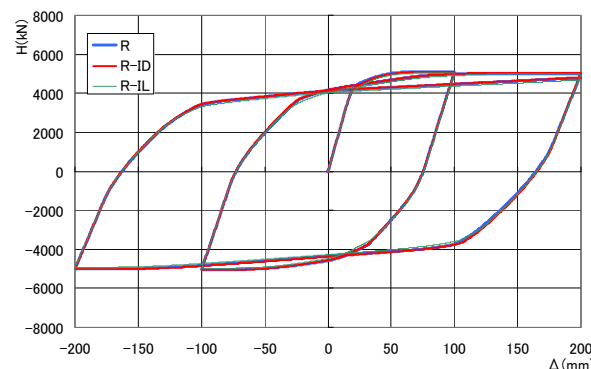


図4 静的（剛結合）

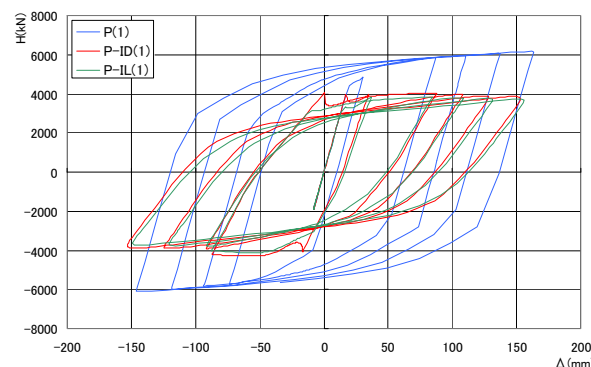


図5 動的（ピン結合）

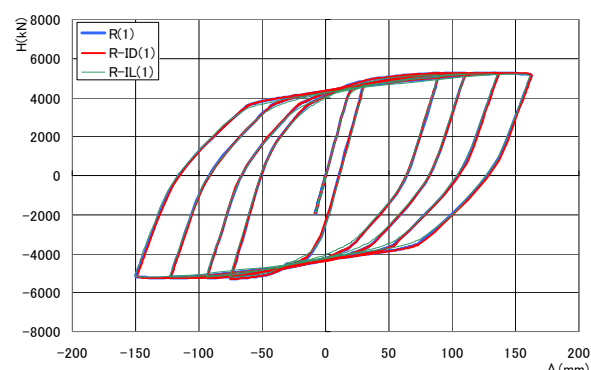


図6 動的（剛結合）