

鋼構造立体ラーメン骨組の倒壊挙動を把握するための解析モデルに関する研究 (その2 実大4層骨組の倒壊解析)

212-109 橋本 集

1. はじめに

本論その2では様々な地震動を対象にして、高精度に解析できる文献1)の統合化構造解析システムと汎用性解析ソフトの倒壊挙動を比較することで、その妥当性を検証する。

2. 実験と解析の比較

2.1 目的

本項では、部材の耐力劣化を考慮した柱・梁の線材要素モデルで構成された解析モデルの地震応答解析結果とE・ディフェンスにて震動実験が実施された実大4層鉄骨造建物の完全崩壊試験体の実験結果の比較をし、構築された解析モデルの妥当性および倒壊現象の再現性等を検証する。

2.2 検討対象

本報では、E・ディフェンスにて震動実験が実施された実大4層鉄骨造建物の完全崩壊試験体を対象とする解析対象は図1のものとする。

2.3 解析モデルの概要

柱はその1で示したMult-Springモデルとし各パラメータは標準値を用いる。梁の負曲げは、加藤・秋山の骨

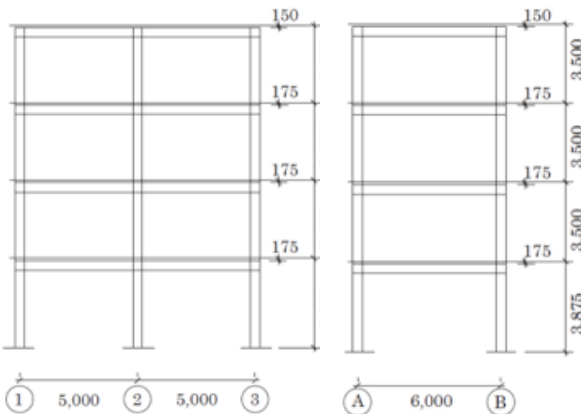
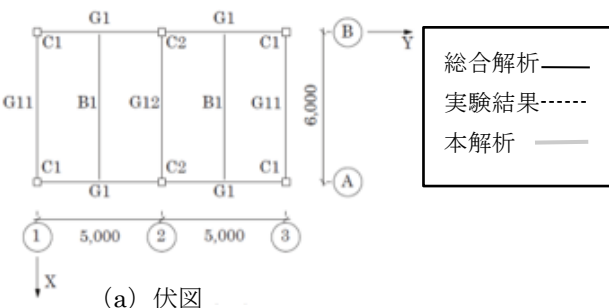


図1 検討対象の伏図および軸組図

格曲線とする。正曲げの耐力は、鋼構造限界状態設計指針²⁾に基づき算出する。初期剛性は、正負曲げの平均とし、正曲げ・負曲げともに折れ点の荷重値をそのままにモデル化する。接合部パネルは、せん断変形のみを考慮したtri-liner型のモデルとする。

2.4 地震応答解析

解析プログラムにはSNAPver.7を用いる。入力地震動は、震動台実験の台上波(1995年兵庫県南部地震JR鷹取駅記録)を用いる。地震動の入力方向は、実験と同様、3方向入力とし、X方向にEW成分、Y方向にNS成分、Z方向にUD成分を入力する。減衰は、レーリー型として、X方向の1次と2次に対して、減衰定数が2%とする。

2.5 解析結果

1階の層の各方向の層せん断力 Q -層間変形角 r 関係を図2に示す。地震応答解析の変形方向は、実験結果と同様にY方向の変形が大きくなっている。水平力による抵抗力を喪失した層間変形角 r はX方向0.22rad、Y方向0.20radと実験よりも大きくなった。解析では最大耐力が小さくなり、耐力劣化後の勾配が緩やかになる傾向があり、水平方向の復元力を喪失する変形量が大きくなる

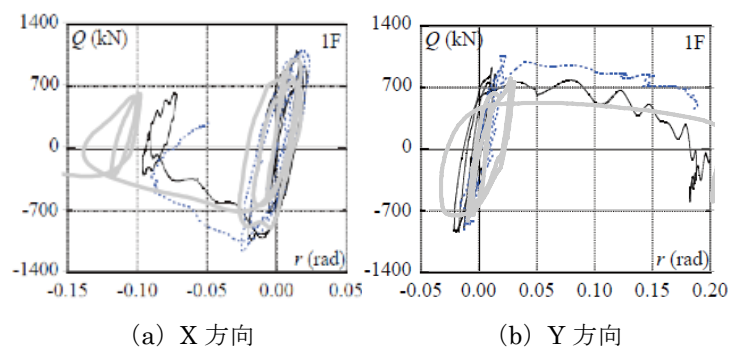


図2 入力ケース(0)層せん断力-層間変形角関係

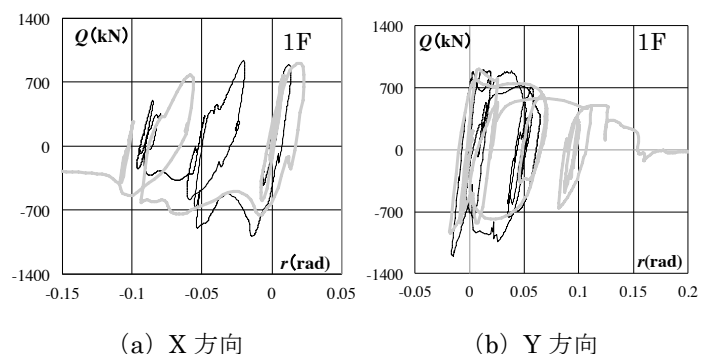


図3 入力ケース(5)層せん断力 Q -層間変形角 r 関係

傾向があったが、倒壊するという結果は一致した。

3. 統合化解析システムとの比較

3.1 目的

本項では、標準3波(El Centro, Hachinohe, Taft)を表1に示す組み合わせで用いた地震応答解析を行い、統合化構造解析システムと前項で採用した汎用解析プログラムの倒壊性状を比較する。

3.2 解析結果

表1に本解析と文献1)の解析結果一覧を示す。同表にはX方向、Y方向、最大応答方向の最大層間変形角 x_{rmax} 、 y_{rmax} 、 r_{max} と、損傷に寄与する地震入力エネルギーの速度換算値 V_{dm} を示している。本解析で倒壊に至ったケースでは、文献1)と同様、いずれも1層部分層崩壊にて倒壊している。El Centroを用いた入力ケース(5)の1層の層せん断力-層間変形角関係を図3に例示する。同図からわかるように、前項と同様、本解析は、文献1)よりも耐力が低く、耐力を喪失するまでの変形が大きくなる傾向にある。他の入力ケースについても、本解析では、文献1)よりも変形応答が大きくなる傾向にある。また、Hachinohe および Taft を用いた場合には、本解析と文献1)で倒壊したかどうかは相反する結果となった。また両者で倒壊すると判断された入力ケース(15)、(16)、の場合であっても、 V_{dm} に1~2割程度の差が生じている。倒壊を判定するためには、復元力特性をモデル化する際により高い精度が要求されることがわかった。

4. まとめ

本論では、汎用解析プログラムによる地震応答解析を行い、鋼構造立体ラーメン骨組の倒壊挙動を把握すべく、そのモデル化の妥当性について検証した。対象とした建物は、柱の局部座屈による耐力劣化が倒壊性状を決定していたことから、そのような挙動を表現可能なMult-Springモデルを柱に用いた。既往研究で提案されている手法でモデル化した場合、その1で示したように、柱の最大耐力を低めに、耐力劣化勾配を緩やかに評価する傾向があり、このことに起因して、建物全体の応答性状には実験との差が生じていた。結果的に倒壊するかどうかはこの差が影響する場合が散見されたことから、倒壊性状を把握するためには、柱の解析モデルをより高精度にする必要があると考えられる。

参考文献

1)森前直樹, 向出静司, 多田元英:様々な地震動に対して鋼構造立体骨組が倒壊するときのエネルギー吸収性状, 日本建築学会学術講演梗概集 C-1 分冊, pp. 1039-1040, 2014. 9
2)日本建築学会:鋼構造限界状態設計指針・同解説, 2010

表1 入力地震動と解析結果

入力ケース			入力条件						本解析				文献1)			
			入力地震動			最大加速度 (cm/s ²)			最大層間変形角 (rad)			V_{dm} (cm/s)	最大層間変形角 (rad)			V_{dm} (cm/s)
			X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向	r_{xmax}	r_{ymax}	r_{max}		r_{xmax}	r_{ymax}	r_{max}	
0	Takatori原波	3方向	EW	NS	UD	849	857	384	1層倒壊			372	1層倒壊			375
1	El Centro (50cm/s)	2方向	EW	NS	-	314	511	-	0.01	0.01	0.02	199	0.01	0.01	0.01	160
2		3方向			UD			308	0.02	0.01	0.02	198	0.01	0.02	0.02	153
3	El Centro (100cm/s)	2方向	EW	NS	-	628	1022	-	0.07	0.07	0.09	347	0.03	0.02	0.03	329
4		3方向			UD			616	0.07	0.07	0.09	347	0.03	0.03	0.03	308
5	El Centro (150cm/s)	2方向	EW	NS	-	943	1533	-	1層倒壊			408	1層倒壊			390
6		3方向			UD			924	1層倒壊			412	1層倒壊			367
7	Hachinohe (50cm/s)	2方向	EW	NS	-	262	334	-	0.03	0.02	0.04	190	0.02	0.01	0.02	165
8		3方向			UD			166	0.03	0.02	0.04	190	0.02	0.01	0.02	187
9	Hachinohe (100cm/s)	2方向	EW	NS	-	524	667	-	0.15	0.12	0.19	425	1層倒壊			354
10		3方向			UD			332	0.08	0.08	0.11	421	1層倒壊			344
11	Taft (50cm/s)	2方向	NS	EW	-	432	497	-	0.02	0.02	0.02	203	0.02	0.01	0.02	173
12		3方向			UD			291	0.02	0.02	0.02	203	0.02	0.01	0.02	172
13	Taft (100cm/s)	2方向	NS	EW	-	863	994	-	1層倒壊			345	0.03	0.03	0.04	341
14		3方向			UD			581	1層倒壊			343	0.03	0.05	0.05	345
15	Taft (150cm/s)	2方向	NS	EW	-	1294	1491	-	1層倒壊			406	1層倒壊			351
16		3方向			UD			872	1層倒壊			408	1層倒壊			356

(向出研究室)