

露出柱脚モデルの違いによる鋼構造建物の地震応答特性

建築計画研究室 中通 比呂

(令和5年2月3日提出)

1. 研究背景と目的

兵庫県南部地震の鋼構造建物被害は、柱脚に損傷が多発しており、そのうち6割の柱脚が露出柱脚であると確認されている。本研究は、5階、10階、15階建ての立体骨組を対象とし、露出柱脚モデルを変えることによる構造物の地震応答特性に与える影響について考察する。

2. 解析概要

対象建物は、5階、10階、15階建ての鋼構造立体骨組のモデル化を行う。図1に5階建てモデルを示す。柱脚は露出柱脚型とし、柱梁接合部は剛として扱い、柱の鋼材はBCP235, BCP325, 大梁の鋼材は外法一定H形鋼SN400, SN490を用いる。

内部粘性減衰は1次減衰定数が2%の初期剛性比例型とする。本研究では、告示波に加え、観測波としてEl Centro NS, Taft EW, Hachinohe EWを用い、最大速度を50kineに基準化した。解析条件として、数値積分法にはNewmark β 法 ($\beta=0.25$)を用い、積分計算における時間刻みは0.001秒とする。

3. 構造物モデルの履歴特性

上部構造の履歴特性は、図2の標準型の履歴特性を示す。柱脚の履歴特性は、アンカーボルト先行降伏型とされる柱軸力を考慮したスリップ型、図3のベースプレート先行降伏型とされる除荷点指向型¹⁾を解析プログラムに適用できるように近似した最大点指向型の2種類を用いる。図4に本論で用いる柱脚の履歴特性モデルを示す。本論では、軸力による抵抗モーメント $bMn(=N \cdot dc, N:柱軸力, dc:柱せいの半分)$ を考慮する。図中の bMu は柱脚の終局曲げ耐力、 Kb は回転剛性を示す。

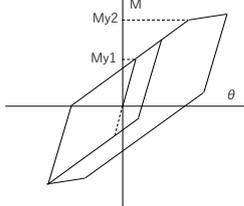


図2 上部構造の履歴特性

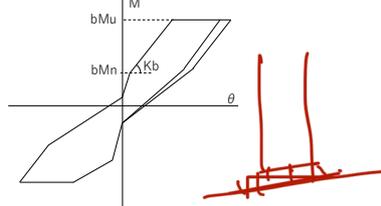
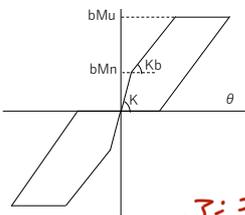
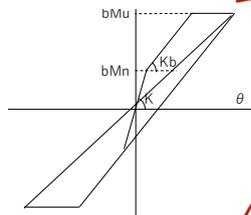


図3 除荷点指向型



(a) スリップ型



(b) 最大点指向型

図4 本論で用いる柱脚の履歴特性モデル

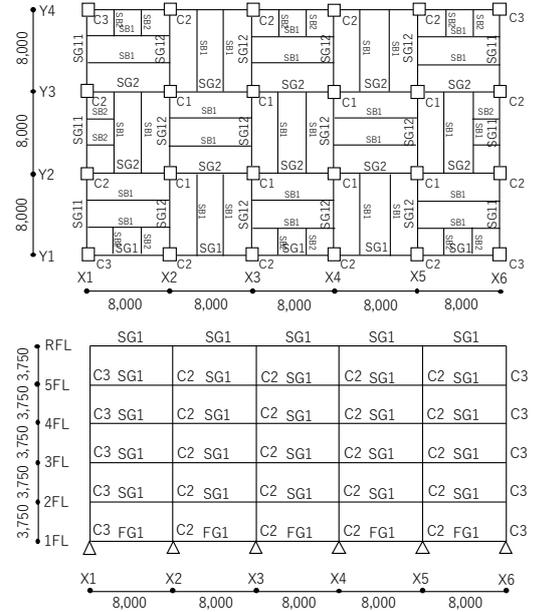


図1 5階建てモデル

表1 5階建て露出柱脚の形状の変化

解析ケース	柱脚耐力比	アンカーボルト			ベースプレート		回転剛性 (kNm/rad)	
		呼び径	定着長さ (mm)	サイズ (mm)	板厚 (mm)	アンカーボルトの圆心からベースプレート外縁の距離 (mm)		
1	C1	0.74	M45	650	830	60	85	253,037
	C2	0.74						
	C3	0.82						
2	C1	0.78	M48	700	830	65	85	267,474
	C2	0.79						
	C3	0.88						
3	C1	0.85	M52	700	830	70	85	313,285
	C2	0.87						
	C3	0.94						
4	C1	1.03	M56	750	900	75	100	363,906
	C2	1.05						
	C3	1.14						

表2 10階建て露出柱脚の形状の変化

解析ケース	柱脚耐力比	アンカーボルト			ベースプレート		回転剛性 (kNm/rad)		
		呼び径	定着長さ (mm)	本数	サイズ (mm)	板厚 (mm)		アンカーボルトの圆心からベースプレート外縁の距離 (mm)	
5	C1	0.89	M52	700	8	960	70	90	443,385
	C2	0.73							
	C3	1.41							
6	C1	0.94	M56	750	8	960	75	90	480,194
	C2	0.78							
	C3	1.61							
7	C1	1.05	M60	800	8	1,000	80	110	517,893
	C2	0.88							
	C3	1.61							
8	C1	1.12	M56	750	12	1,000	75	100	658,952
	C2	0.96							
	C3	1.31							

表3 15階建て露出柱脚の形状の変化

解析ケース	柱脚耐力比	アンカーボルト			ベースプレート		回転剛性 (kNm/rad)		
		呼び径	定着長さ (mm)	本数	サイズ (mm)	板厚 (mm)		アンカーボルトの圆心からベースプレート外縁の距離 (mm)	
9	C1	0.99	M52	700	12	1,100	75	100	794,697
	C2	0.79							
	C3	2.17							
10	C1	1.03	M56	750	12	1,100	80	100	860,672
	C2	0.85							
	C3	2.27							
11	C1	1.19	M56	750	16	1,150	90	125	1,075,840
	C2	0.99							
	C3	1.70							

4. 解析結果

4.1 構造物の地震応答

各階層モデルの各入力地震波による最大応答層間変形角と最大応答加速度，最大応答層せん断力係数を図5，図6，図7に示す。

結果，観測波について適当な値が出力された。

4.2 構造物の損傷集中度

構造物モデルに関して，建物全体に対する上部構造の各層，柱脚の塑性歪エネルギー分担率を図8に示す。ここで，上部構造の第1層全体とは，2階床レベルの梁と1階柱，柱脚の合計を指す。

ここでは，5階建てモデルの解析結果を示す。塑性歪エネルギー分担率は，入力歪エネルギー E_p と i 層にかかる塑性エネルギー E_{pi} の比率をいう。

この結果から，柱脚の履歴特性の違いや柱脚耐力比の違いは，柱脚自体や上部構造の E_{pi}/E_p に与える影響はほとんどないことが分かる。

5. まとめ

本研究は，露出柱脚モデルの違いによる地震応答特性について検討した。地震応答性状の結果，観測波について適当な値が出力された。また，柱脚耐力比や柱脚の履歴特性の違いは，柱脚自体や上部構造の塑性歪エネルギー分担率 E_{pi}/E_p に与える影響はほとんどないことが分かる。

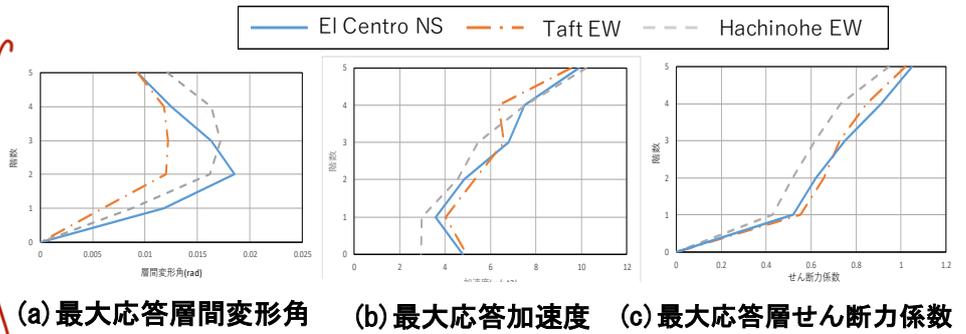


図5 5階建てモデル地震応答性状

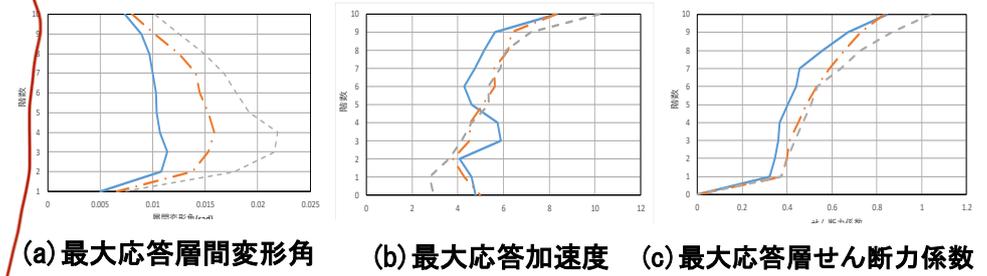


図6 10階建てモデル地震応答性状

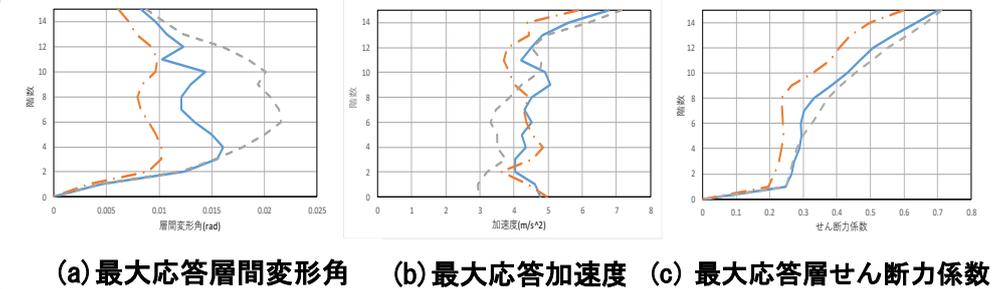


図7 15階建てモデル地震応答性状

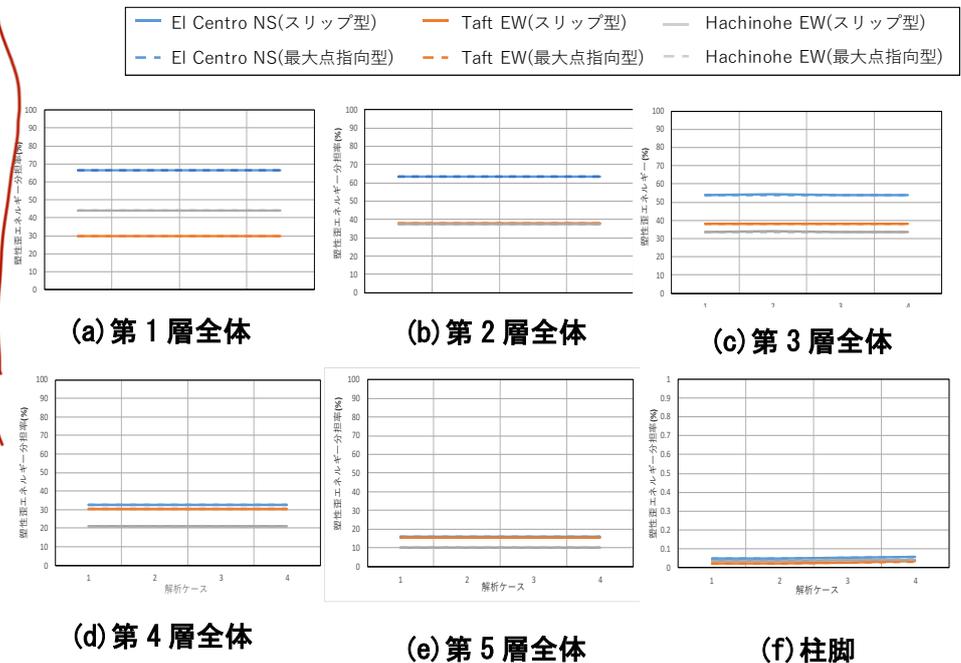


図8 5階建てモデルの塑性歪エネルギー分担率

参考文献

(1) 松岡智大，中野駿一，向出静司：

鋼構造ラーメン骨組における露出柱

脚の復元力特性が地震応答性状に及ぼす影響：柱脚モデルと解析概要，pp.261-264，2019. 7

?