鋼構造ラーメン骨組における柱脚部の復元力特性が地震応答性状に及ぼす影響
（その２　スリップ型および除荷点指向型の柱脚を持つ骨組）

213-132　松岡　智大

1. 序

本報のその２では露出柱脚を非保有耐力接合（柱脚ヒンジ型）とした場合について着目し，柱脚部の復元力特性および耐力の違いによる影響を検討する．

秋山ら[1)]，石田ら[2)]は，柱脚部がスリップ挙動を示す骨組において第 1 層上部に損傷が集中するということを指摘しており，また河野ら[3)]はスリップ型と除荷点指向型の応答値の違いは柱脚部自身，また骨組全体の応答値に対してあまり影響しないと指摘している．しかしながら，いずれも解析骨組が限られており十分な検討がなされていたとは言い難い．

以上を踏まえ，柱脚部の設計方法による骨組の地震応答性状へ及ぼす影響について様々な解析骨組を対象に検討する．

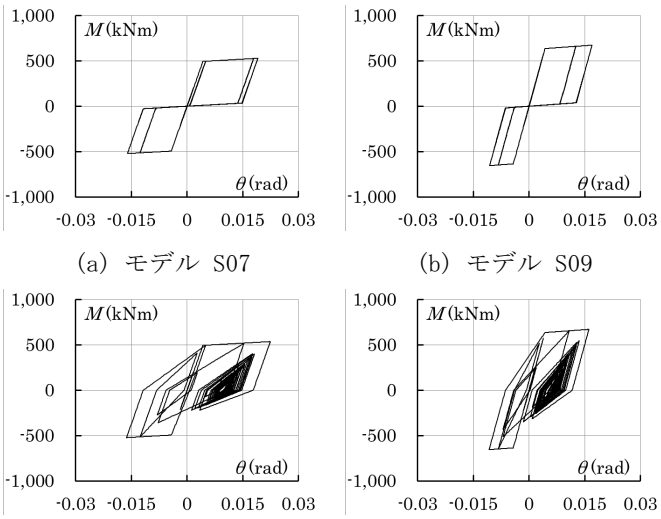
2. 解析モデル

その 1 の 2.で述べた解析骨組において，柱脚部のみ，復元力特性をスリップ型（アンカーボルト降伏先行型，柱脚タイプ S）と除荷点指向型（ベースプレート降伏先行型，柱脚タイプ D）の２種，柱脚柱耐力比（${}_bM_u/M_{pc}$）を 0.7，0.9，1.0，1.1，1.3 の５種をパラメータとして再設計したものを対象とする．また，その他の解析条件はその１と同様とする．

3. 解析結果

3.1　柱脚部の変形応答

図１に，モデル A0－04 について Hachinohe EW 0.5m/s を入力地震動とした際の中柱の柱脚部における曲げモーメント－回転角関係を示す．柱脚タイプ D では柱脚タイプ S に対して最大変形量は同等となるものの，履歴面積が増加することで塑性変形により吸収するエネルギー（以下，塑性歪エネルギーとする）が増大することがわかる．またどちらの柱脚タイプにおいても柱脚の耐力を小さくするほど柱脚部の変形が大きくなり，第１層の変形に影響を与えていることがわかる．



(a) モデル S07　(b) モデル S09　(c) モデル D07　(d) モデル D09

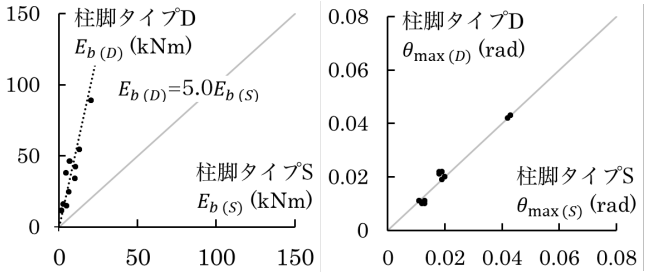
図１　柱脚部の $M-\theta$ 関係
（モデル A0－04，Hachinohe EW 0.5m/s）

また図２に，柱脚タイプ S，D とした各々の場合の柱脚部における変形応答（塑性歪エネルギー，最大変形角）を比較したものを示す．最大変形角を比較すると同等になるのに対し，塑性歪エネルギーを比較すると除荷点指向型とした場合ではスリップ型とした場合と比べ，約５倍のエネルギー吸収能力を持つことがわかる．

3.2　2 階床梁の変形応答

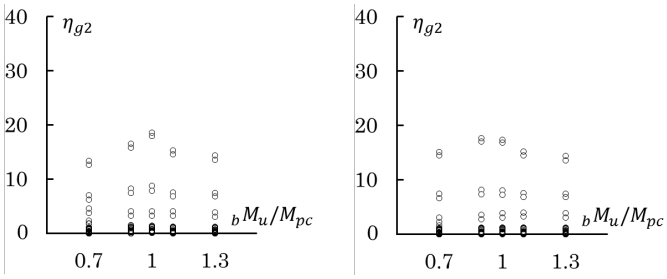
図３に，モデル A0－04 について２階床梁端部の累積塑性変形倍率を示す．既往の研究により柱脚がスリップ型の復元力特性を示す場合，第１層上部へ損傷が集中し主に２階床梁が塑性化する傾向にある[1)]，と指摘されている．しかし本解析では柱脚ヒンジ型（${}_bM_u/M_{pc}$=0.7，0.9，1.0）と柱ヒンジ型（${}_bM_u/M_{pc}$=1.1，1.3）との２階床梁の損傷を比較するとそのような傾向はみられなかった．

また，図 4(a)，(b)より柱脚タイプ S，D とした場合で応



(a)塑性歪エネルギー　(b)最大変形角

図２　柱脚部の変形応答の比較
（モデル A0－04，${}_bM_u/M_{pc}=0.7$）



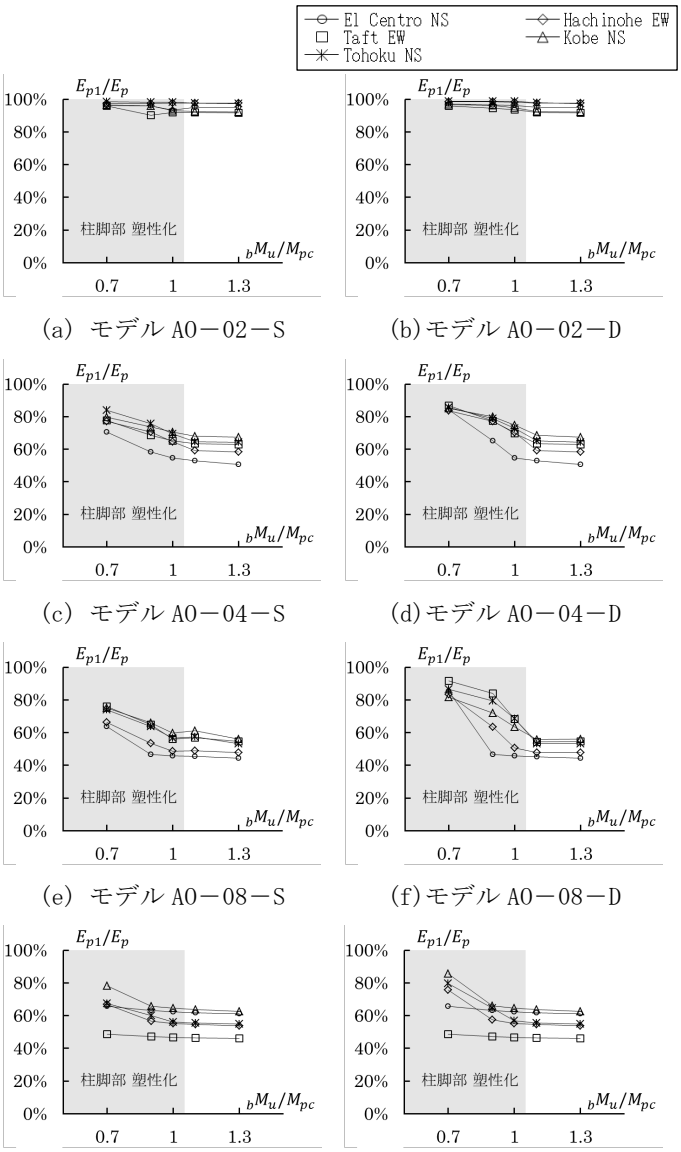
(a)柱脚タイプ S　(b)柱脚タイプ D

図３　２階床梁端部の累積塑性変形倍率
（モデル A0－04）

答値に大きく差はみられず，柱脚部における復元力特性の違いは2階床梁の損傷にあまり差を生じないことがわかる．しかし，上記の結果が既往の研究と異なる傾向となる要因については未だ不明である．

3.3 第1層への損傷集中

図4に，Hachinohe EW 0.5m/sを入力地震動とした際の，骨組全体に対する第1層への塑性歪エネルギーの集中率E_{p1}/E_pを柱脚柱耐力比をパラメータとして示す．柱ヒンジ型における第1層への塑性歪エネルギー集中率は高層のモデルになるほど低くなるものの，柱脚ヒンジ型の場合は建物の層数によらず高くなる傾向がみられる．$_bM_u/M_{pc}$=0.7とした場合，4層のモデルでは柱ヒンジ型としている場合に比べ1.3～1.4倍程度，4層のモデルでは1.4～1.8倍程度の損傷集中が生じている．また柱脚タイプDとする方が第1層への損傷集中率が高くなる傾向がみられ，柱脚タイプSとした場合と比べ，損傷集中率が4層のモデルでは1.1倍程度，8層のモデルでは1.3倍程度に増大する傾向がみられた．損傷集中の生じる原因としては，柱脚部の耐力が低下することで骨組全体に対する第1層の保有水平耐力が低下したこと，同じく第1層の剛性が低下したことなどが考えられる．また，AR骨組に関してはA0骨組に対して柱脚部が塑性化し難い傾向がみられ，第1層への損傷集中も生じにくい結果が得られた．



(a) モデルA0－02－S　(b)モデルA0－02－D

(c) モデルA0－04－S　(d)モデルA0－04－D

(e) モデルA0－08－S　(f)モデルA0－08－D

(g) モデルAR－08－S　(h) モデルAR－08－S

図4　第1層への塑性歪エネルギー集中率

図5に，骨組全体に対する第1層上部における塑性歪エネルギー集中率$(E_{p1}-E_b)/E_p$を示す．柱脚タイプSでは柱脚の塑性化による第1層上部への影響はみられず，図5(c)においてみられた柱脚の塑性化による第1層への損傷集中は柱脚の塑性歪エネルギーが負担したと思われる．また柱脚タイプDでは柱脚の塑性化により第1層上部の塑性歪エネルギーが減少する傾向がみられ，柱脚タイプSとした場合に対し第1層上部の損傷をより低減されると思われる．

4. 結

本報では，露出柱脚における設計方法および変形性能による地震応答性状への影響を，2層，4層，8層のラーメン骨組について地震応答解析により検討した．以下に得られた知見を示す．

・柱脚部の復元力特性の違いによらず，柱脚部の塑性化により第1層への損傷集中が生じ上層の応答値が低減される傾向にあり，除荷点指向型とすることで第1層上部への損傷集中をより緩和することができる．

・柱脚部におけるスリップ型（アンカーボルト降伏先行型）と除荷点指向型（ベースプレート降伏先行型）との復元力特性の違いは自身の最大変形応答や骨組全体の変形応答には影響しないが，塑性歪エネルギー吸収量は除荷点指向型の方が大きくなり5倍程度のエネルギー吸収能力をもつ．

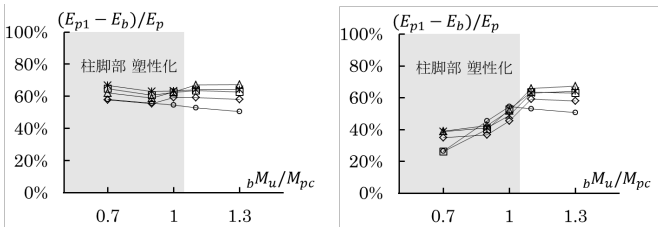
・柱脚部が他と異なる復元力特性を示す場合において，第1層上部への損傷集中率が増加するとは言えない．

［参考文献］

1) 秋山　宏，大井謙一：混合型の復元力特性をもつせん断型多層骨組の損傷集中特性，日本建築学会論文報告集，第303号，1981.5

2) 石田孝徳，山田哲，久保田航平：露出柱脚を有する鋼構造剛接骨組のD_s値再評価

3) 河野昭雄，松井千秋：柱脚の復元力特性の違いが梁降伏型ラーメンの地震応答性状に与える影響について，日本建築学会構造系論文集，第507号，1998.5



(a)柱脚タイプS　(b)柱脚タイプD

図5　第1層上部への塑性歪エネルギー集中率

（モデルA0－04）

（向出研究室）