第Ⅰ部門　　**はり崩壊型二層門形ラーメンの柱の軸力変動に関する研究**

神戸市立工業高等専門学校　学生会員　○樫原　太基
和歌山工業高等専門学校　　正 会 員　　山田　宰
神戸市立工業高等専門学校　正 会 員　　酒造　敏廣

1.　はじめに

都市高速道路で用いられている鋼製門形ラーメン橋脚部材には，軸力，せん断力，曲げモーメント等の様々な断面力が作用する．その中で，橋脚の耐震性を上げるために，柱基部の耐震設計が特に重要である．しかし，これまでのところ，地震時にラーメンが非弾性応答を呈するとき，柱に作用する軸力がどの程度変動するかについては，十分な検討が加えられていない．

本研究では，二層門形ラーメン橋脚に着目して，地震応答解析を行い，はり中央がせん断崩壊するときの柱基部の軸力変動と損傷について考察するものである．

2.　二層門形ラーメンの地震応答解析法

(1) 解析モデルと解析方法

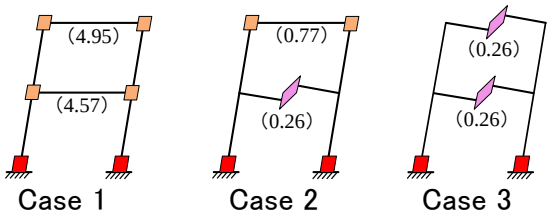
図-1 に示すように，二層目の柱頭部に定鉛直荷重 P が作用した状態で，水平地動$\ddot{y}_0(t)$を受ける二層一径間の門形ラーメンを研究対象とした．柱・はりは断面 Sec.1～Sec.12 からなる．Sec.6, 12 は，腹板に塑性せん断変形の発生を想定した断面である．各断面の寸法諸元と降伏点は，**表-1** に示すとおりである．応力―ひずみ関係は，等方・移動硬化を簡易的に考慮した Bi-Linear 型の曲線を仮定する[1]．解析は，文献 1）に示された平面骨組の動的応答解析法に従っている．

図-2 に示すように，3 つの Case を想定して，解析を進める．Case1 は柱基部と一，二層目の隅角部で塑性変形が進む場合，Case2 は柱基部と一層目はり中央，および二層目隅角部で塑性変形が進む場合，Case3 は一，二層目はり中央で塑性変形が進む場合である．

(2) はり中間部腹板の塑性化判定方法

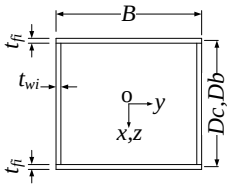
はりがせん断崩壊する二層門形ラーメンの地震応答性状を調べるためには，各層において隅角部腹板とはり中間部腹板のどちらが先行して塑性化するかを知る必要がある．

本研究では文献 1）に示された塑性化判定パラメーター$\beta_{p\gamma}$を用いた．隅角部腹板のせん断降伏が先行するときは$\beta_{p\gamma} < 1$，はり中間部腹板のせん断降伏が先行するときは$\beta_{p\gamma} > 1$となる（詳細は紙面の都合上省略）．

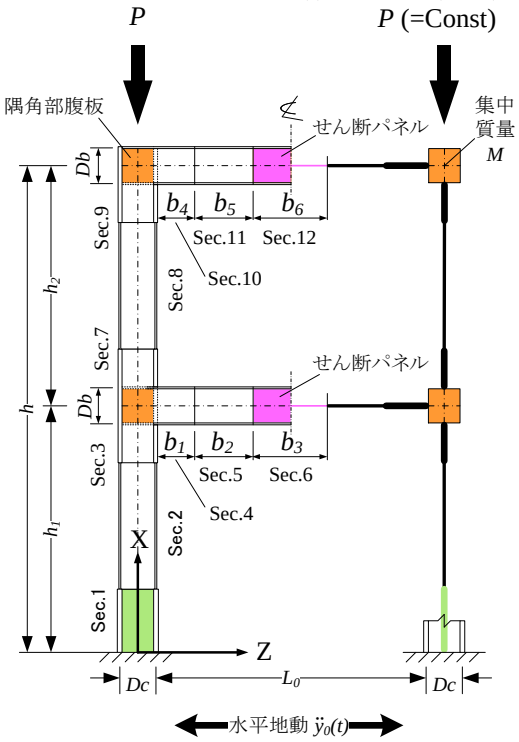


(　)内の値は$\beta_{p\gamma}$値

図-2　想定されるラーメンの崩壊パターン



(a) 断面図 Sec.i (i=1,12)



(b)　二層門形ラーメン

図-1　二層門形ラーメンの解析モデル

表-1　解析モデルの諸元

断面 i ＼ 項目	板厚(mm)		降伏点(MPa)	
	t_{fi}	t_{wi}	σ_{fi}	σ_{wi}
Sec.1	32	25.6	314	314
Sec.2, Sec.8	26	20.8	314	314
Secs.3～4, Sec.7, Secs.9～10	36	28.8	564	564
Sec.5, Sec.11	36	28.8	314	314
Sec.6（一層目はり中央腹板）	-	9	-	-(＊1)
Sec.12(二層目はり中央腹板)	-	9	-	-(＊2)
隅角部腹板	-	28.8	-	326

＊1) Case1：1489, Case2：49, Case3：49（MPa）
＊2) Case1：1489, Case2：149, Case3：49（MPa）
注）h =30m, h_1=15m, h_2=15m, L_0=11.04m, D_c=0.96m

Taiki KASHIHARA, Osamu YAMADA and Toshihiro MIKI
kashihara.taiki@gmail.com

3. 解析結果と考察

まず, Case1～Case3 の水平変位の時刻歴応答を**図−3** に示す.

この図から，Case1 と比較して Case2，3 の変位が小さいことがわかる．これはせん断崩壊によって変位が抑えられたと考えられる.

次に，Case1 と Case2 の右柱について，復元力 H−変位 δ 曲線を**図−4** に示す．ここに，ε_yは断面の降伏ひずみである.

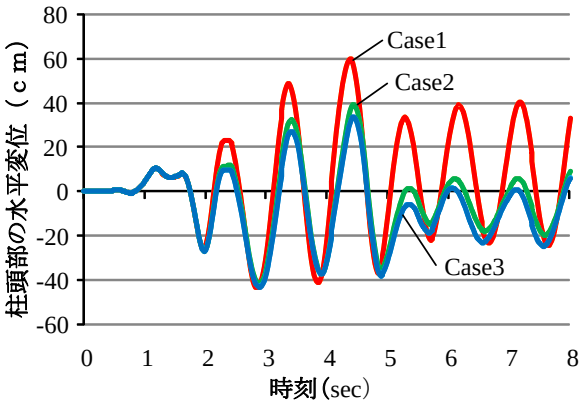
この図からわかるように, Case2 では Case1 と比較して復元力の最大応答が 28%，水平変位の最大応答が 30%抑えられている．このことから，はり中間部のせん断崩壊が，変位応答を抑えると言える.

Case1~Case3 の右柱について，累積塑性軸ひずみ量の柱の軸方向分布を**図−5** に示す.

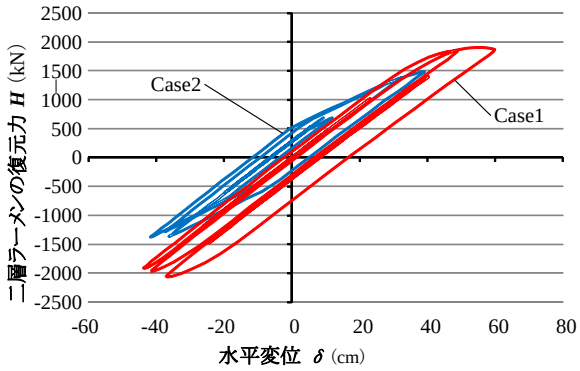
この図からわかるように，Case1，2，3 の順に柱の損傷が大きくなっている．Case1 に着目すると，柱基部と一，二層目隅角部付近で損傷が確認でき, Case2 では柱基部と二層目隅角部付近で損傷が出ている．また，Case3 では柱基部に損傷が確認できる．これらより，はり中間部でのせん断崩壊によって，柱の損傷が大きく抑えられることがわかる．なお，Case2 と Case3 では柱の損傷に大きな差異がない．この点は，地震動を増幅して，調べる必要がある.

最後に，柱基部の軸力 N−軸ひずみε_0 曲線を**図−6** に示す.

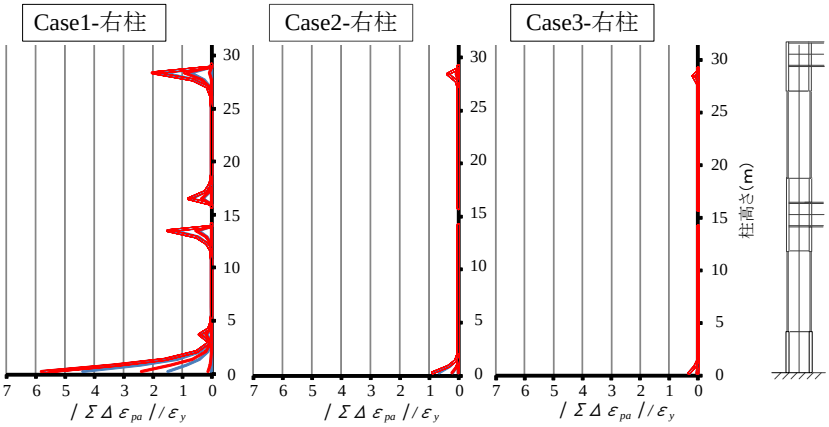
この図から，はり中間部のせん断崩壊による軸ひずみの減少が大きいことがわかる．Case2 では，Case1 と比較して軸ひずみの最大応答が 66%抑えられている．このことから，はり中間部でのせん断崩壊は柱の軸ひずみ減少，すなわち損傷軽減に効果的である.



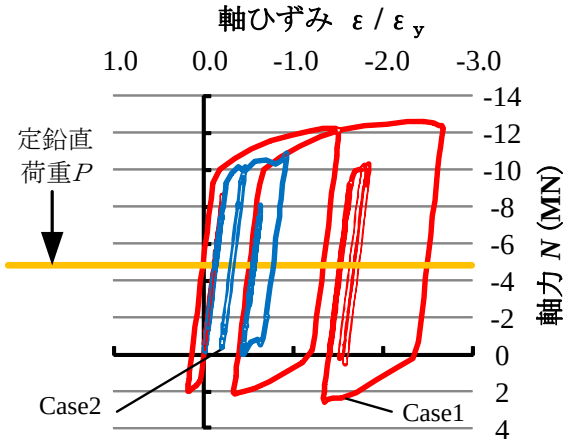
図−3 水平変位の時刻歴応答



図−4 復元力 - 変位曲線



図−5 累積塑性軸ひずみの柱の軸方向分布



図−6 軸力 - 軸ひずみ曲線

4. まとめ

はり中間部のせん断崩壊は，柱基部での損傷を抑えるのに有効である． Case2 と Case3 のどちらが効率的であるかは検討の余地がある．今後は，二層目のみせん断崩壊させた場合など，今回想定していない崩壊パターンも考慮して，また，各種の地震波を入力して数値解析を進める予定である.

参考文献

1) 酒造敏廣:せん断崩壊型はり部材を有する鋼門形ラーメンの非弾性地震応答性状に関する研究，構造工学論文集，Vol.44A，土木学会，pp.169-178，1998 年 3 月.