

神戸市立工業高等専門学校 学生員 ○辻上 和輝
 和歌山工業高等専門学校 正会員 山田 幸
 神戸市立工業高等専門学校 正会員 酒造 敏廣

1. はじめに

鋼製ラーメン橋脚のはり部材は変断面構造であることに起因して、抵抗断面力が小さい中央部でせん断崩壊を起こす場合がある^{1), 2)}。

本研究は、柱・はり間にブレース材を挿入した門形ラーメンの地震応答解析を行う。はり部材中央にせん断力卓越区間を設けて、その抵抗せん断力を増減させ、はり中央のせん断崩壊によって、柱基部の塑性変形状とそれに対応する履歴エネルギー分担がどのように変動するかを調べるものである。

2. 門形ラーメンの地震応答解析

(1) ラーメンのモデル化と運動方程式

図 1(a)に示すように、水平地動を受ける鋼一層門形ラーメンの柱頭部に集中質量を仮定して地震応答解析を行う。柱・はり間にブレース材を挿入し、隅角部域が弾性域に留まるようにする。ラーメンは同図(b)の剛体バネモデルでモデル化する。はり中央のバネ 2 は腹板のせん断変形を表している。このモデルの運動方程式は、次式で与えられる。

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + Ky = -m\ddot{y}_0 \quad (1)$$

ここに、 c は減衰係数 (5%減衰)、 K は次式のバネ係数である。

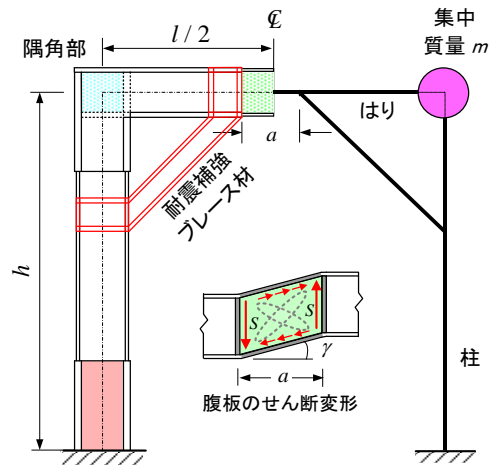
$$K = \frac{k_1}{h^2} + \frac{1}{h^2} \cdot \frac{L^2 k_2 k_3}{L^2 k_2 + a^2 k_3} \quad (2)$$

3 つの回転バネ k_i にはバイリニア型のモーメント M_i —回転角 θ_i 関係を仮定した^{1), 2)}。運動方程式の数

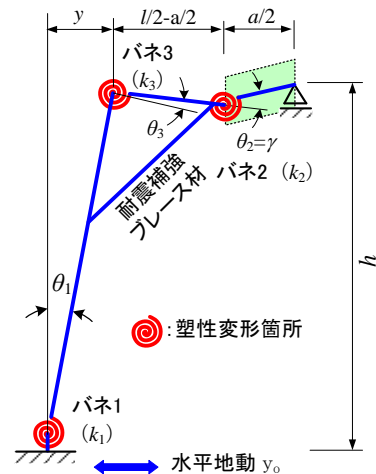
値積分法には平均加速度法を用いた。

(2) 解析モデルの諸元

一層門形ラーメンの寸法諸元等を表 1 に示す。同表中の Case1~3 は、はり中央と柱基部の塑性化順序を示している (図 2 参照)。地震加速度には、



(a) 門形ラーメン



(b) 弾性回転バネを組み込んだ解析モデル

図1 門形ラーメンの解析モデル

表 1 門形ラーメンの解析諸元

バネ i	弾性係数		塑性モーメント M_{pi} (kN·m)	備考
	解析 Case	k_i (kN·m)		
1	1~3	2.29×10^7	6.96×10^5	
	1	3.19×10^6	5.20×10^4	
	2	3.19×10^6	1.04×10^5	
2	2	3.19×10^6	1.04×10^5	
	3	3.19×10^6	1.56×10^5	
3	1~3	2.18×10^7	3.38×10^8	常に弾性

注 1) Case1~3 : $h=10m, L=10m, a=2m$, 質量 $m=101kg$
 2) 固有周期 $T_1=1s$ 3) 降伏水平変位 柱頭部 Case1~3 : $y_{p1}=304mm$, はり中間部 Case1 : $y_{p2}=0.5y_{p1}$, Case2 : $y_{p2}=1.0y_{p1}$, Case3 : $y_{p2}=1.5y_{p1}$

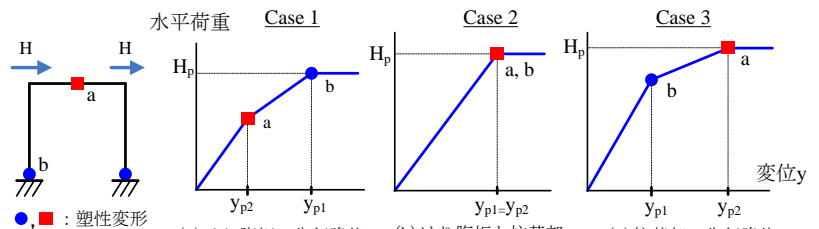


図 2 解析で想定した各部の塑性化順序

El-Centro 波 (1940) と神戸海洋気象台観測波 (1995, 兵庫県南部地震, Kobe-JMA) の NS 成分を用いた. 解析ではラーメンの塑性変形と損傷の大小を再現す

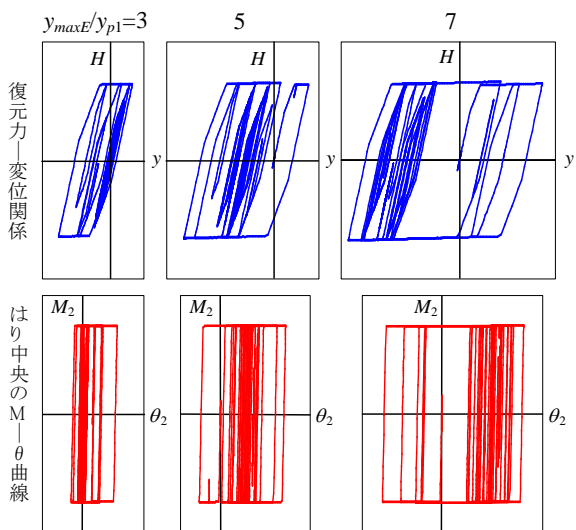


図3 はり腹板の降伏先行型 (Case 1) の復元力 H -変位 y 曲線, 及び, はり中央の M - θ 曲線

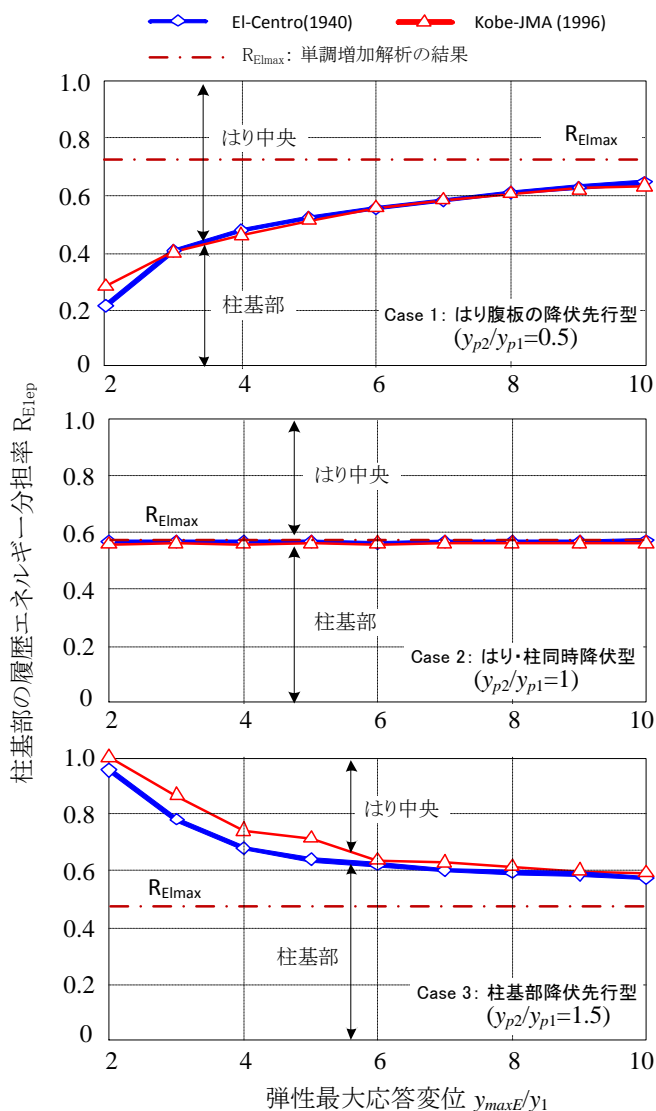


図4 弾性最大応答変位と履歴エネルギー分担の関係

るために, 入力加速度を増幅している. すなわち, 弾性応答の最大変位 y_{maxE} が柱基部の降伏時変位 y_{p1} の何倍になるかを指定して地震動の増幅率 y_{maxE}/y_1 を決めた. ここに, y_1 はオリジナルの地震波を用いて計算した弾性応答の最大変位である.

3. 門形ラーメンの地震応答解析の結果と考察

はり中央の降伏が先行する Case 1 に着目し, 弾性最大応答変位 $y_{maxE}/y_1=3, 5, 7$ のときのラーメンの復元力 H -水平変位 y 曲線, 及び, はり中央のモーメント M_2 -回転角 θ_2 曲線を図3に示す (XY 軸の数値は省略). また, Case 1~3 について, y_{maxE}/y_1 による柱基部の履歴エネルギー分担率の変動を図4にまとめる. これらの図から以下のことがわかる.

a) Case 1: はり腹板の降伏先行型

弾性応答が小さい範囲では, 柱基部のエネルギー分担が小さく, はりのせん断崩壊が柱基部の塑性変形を抑えている. 柱基部のエネルギー分担率は, y_{maxE}/y_1 の増大とともに漸増し, 単調増加解析から求めた分担率 $R_{EI_{max}}$ に漸近している^{1), 2)}.

b) Case 2: はり腹板と柱基部の同時降伏型

柱基部とはり中間部がほぼ同時に塑性化するため, 地震動の大きさにかかわらず, ほぼ一定になっている. これは, Case1 のような両者の降伏変位差の影響が現れないためである. はりがせん断座屈しても, 柱基部の塑性変形と履歴エネルギー分担に及ぼす影響は小さいことになる.

c) Case 3: 柱基部の降伏先行型

地震動が大きくなると, 柱基部の履歴エネルギー分担は小さくなっている. これは, はり腹板のせん断崩壊が柱基部の塑性変形を抑えていることになる.

4. まとめ

はりがせん断崩壊する門形ラーメンでは, 柱基部とはり中央のどちらが先行降伏するかによって, 両者の履歴エネルギー分担の性状が大きく変動する. 最後に, 本研究を実施するにあたり, (社)近畿建設協会の2011年度・研究助成の補助を受けたことを付記し, ここに謝意を表します.

参考文献 1)山田, 酒造:土木学会論文集A, Vol.65, No.2, pp.348~361, 2009年4月, 2)酒造, 山田, 都筑:構造工学論文集, Vol.55A, 土木学会, pp.525~536, 2009年3月.