

2層目はり中間部腹板の塑性化に着目した門形ラーメンの地震応答性

大同工業大学工学部 学生会員 宮寄 靖大
大同工業大学工学部 松岡 伸児
大同工業大学工学部 正会員 酒造 敏廣

1. まえがき

筆者らは、これまでに、はり中間部腹板がせん断崩壊する1, 2層門形ラーメンの地震応答解析を行い、1層目はり中間部腹板の塑性せん断変形は隅角部とその近傍の柱断面、および、柱基部の損傷を軽減する効果があることを示した。

本研究では、水平地動を受ける2層門形ラーメン橋脚の2層目はり中間部腹板の塑性せん断変形がラーメン各部の損傷に及ぼす影響を調べたものである。

2. 解析モデルと解析方法

(1) 2層門形ラーメンのモデル化

図1に示すように、柱頭部に定鉛直荷重 P が作用している2層門形ラーメンを解析対象とした、漸増水平荷重を受ける場合と水平地動を受ける場合の2ケースを解析した。解析では柱頭部にのみ集中質量 M を考慮し、はり・柱の質量を無視した。はり・柱は、Sec.1~Sec.9、隅角部腹板K1, K2、および、はり中間部腹板C1, C2から構成されている。はり中間部、隅角部腹板及び柱基部の塑性化による損傷メカニズムの変動に着目するため、Sec.2~Sec.9は弾性状態を保つものと仮定した。解析方法は、概ね文献1)の方法に従っている。水平地動にはEl-Centro波の最初の8秒間を用い、弾塑性域の性状を調べるために加速度を4倍にして解析した。

(2) i 層目のはり中間部腹板の塑性化パラメータ β_{pi}

ラーメン第 i 層目のはり中間部腹板が塑性化するか否かは、次の基本パラメータから判定できる¹⁾。

$$\beta_{pi} = \frac{1}{2\xi} \frac{L_0}{D_c} \frac{t_{wbi}}{t_{wsi}} \frac{\tau_{byi}}{\tau_{syi}} \quad \dots(1)$$

文献1)によると、 $\beta_{pi} < 1$ のとき、はり中間部腹板の塑性化が隅角部腹板に先行して起こる。ここで、 t_{wbi} と t_{wsi} は i 層目のはり中間部と隅角部の腹板厚、 τ_{byi} と τ_{syi} は i 層目のはり中間部と隅角部腹板の降伏せん断応力である。また、 L_0 と D_c は図1に示すとおりである。 $\beta_{pi} = 1$ のときの2層門形ラーメンの寸法諸元と降伏点を表1に示す。

3. 数値計算結果と考察

(1) 漸増水平荷重の解析結果

地震応答解析を行う前に、柱頭部に単調増加水

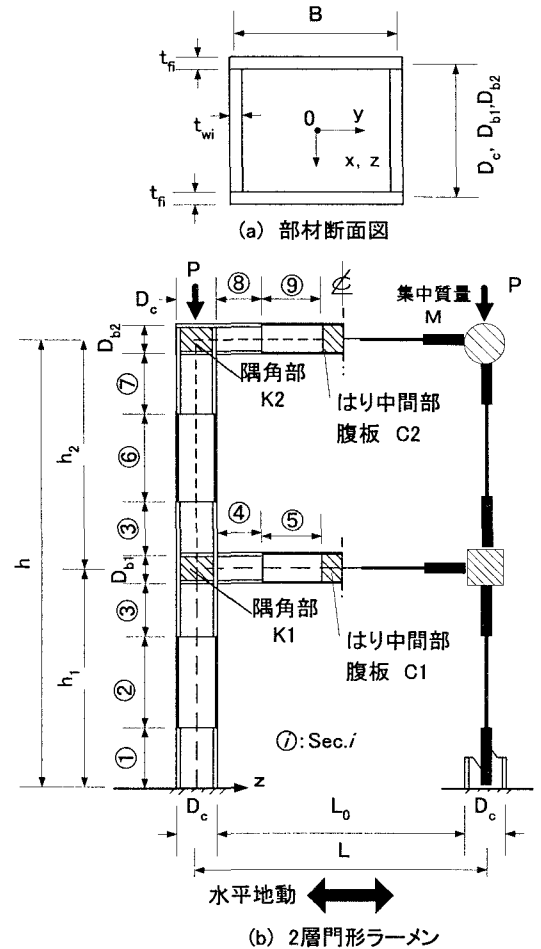


図1 2層門形ラーメンの解析モデル

表1 ラーメンの寸法諸元及び降伏点

断面	寸法他 腹板高さ D_i (cm)	板厚 (cm)		降伏点 $\sigma_{fyi}(\sigma_{wyi})$ (MPa) $\beta_{pi} = \beta_{pi2} = 1$
		t_{fi}	t_{wi}	
Sec.1	93	3.20	2.56	314(314)
Sec.2, Sec.6	93	2.60	2.08	314(314)
Sec.3, Sec.7	92	3.60	2.88	564(564)
Sec.4, Sec.8	116	3.60	2.88	564(564)
Sec.5, Sec.9	116	3.60	2.88	314(314)
隅角部腹板K1, K2	120	—	2.88	— (325)
はり中間部腹板C1	120	—	0.9	— (225)
はり中間部腹板C2	120	—	0.9	— (225)

注) $h=30m$, $h_1=h_2=15m$, $L=12m$, $B=1.2m$, Sec. i の長さは文献2)と同じ。

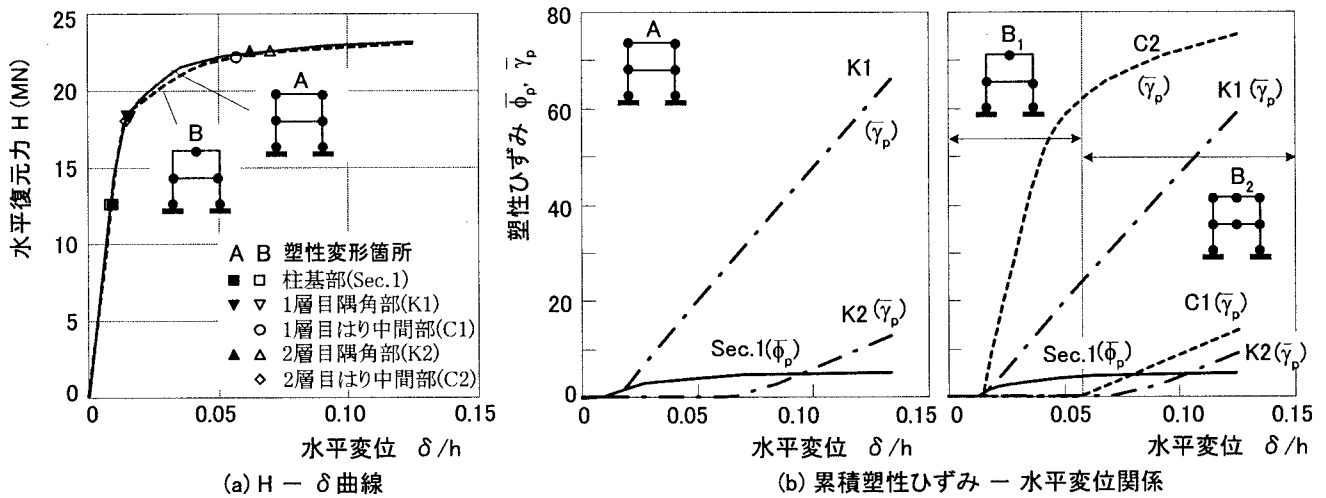


図2 漸増水平荷重を作用させたときの解析結果

平復元力 H —水平変位 δ 曲線と変位 δ の増加に伴うラーメン各部の累積塑性ひずみの変動を図2に示す。ここで、累積塑性ひずみは、増分解析で得られる増分塑性ひずみの絶対値和を降伏ひずみで無次元化したものと定義している。以下、柱基部 Sec.1 では曲率 $\bar{\phi}_p = \sum |\Delta \phi_p| / \phi_{yi}$ 、隅角部とはり中間部の腹板ではせん断変形角 $\bar{\gamma}_p = \sum |\Delta \gamma_p| / \gamma_p$ と記す。

同図(a)からわかるように、図中に示した塑性変形のパターン A (柱基部、隅角部崩壊, $\beta_{pi} > 1$)

と B (2層目はり中間部の塑性化先行, $\beta_{p2} = 0.57$) は、ほぼ同じ H — δ 曲線を描いている。また、同図(b)から、柱基部 Sec.1 に着目すると、 $\delta/h \approx 0.13$ のときの累積ひずみは、パターン A, B ともに降伏曲率 ϕ_{y1} の5倍程度である。したがって、2層目はり中間部の塑性せん断変形が柱基部の損傷に及ぼす影響は小さいと言える。

(2) 地震応答解析の結果

まず、柱頭部の水平復元力 H —水平変位 δ の関係を図3に示す。この図からわかるように、パターン A, B のラーメンはほぼ同じ H — δ ループを描いており、2層目はり中間部の塑性化の影響は小さい。

つぎに、パターン A, B の累積塑性ひずみと消費エネルギーの変動を図4にまとめる。同図(a)から、2層目はり中間部が塑性化するパターン B では、柱基部 Sec.1 と1層目隅角部 K1 の塑性ひずみが僅かに小さくなっていることがわかる。同図(b)に示したパターン A, B のラーメン各部の消費エネルギーは同図(a)の塑性ひずみ性状にほぼ対応している。

4. まとめ

以上の水平荷重の漸増載荷と地震応答解析の結果から、せん断変形が卓越する2層目はり中間部腹板を塑性変形させても、柱基部の損傷に及ぼす影響は小さいと結論できる。この点は、柱基部の損傷を軽減する効果がある1層目はり中間部の塑性せん断変形と相違する。

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，1998年3月，pp.169～178。2)酒造敏廣：ひずみ速度を考慮したはり崩壊型二層ラーメンの非弾性地震応答解析，第26回地震工学研究発表会・講演概要，土木学会，G2-5，2001年8月，pp.1001～1004。

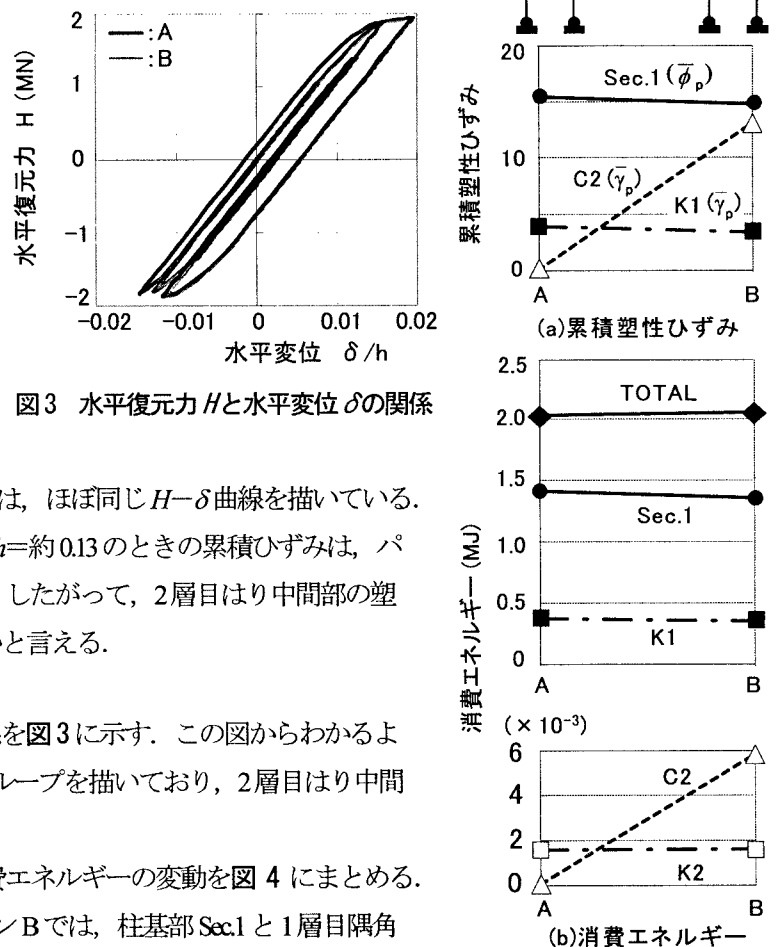


図4 累積塑性ひずみと消費エネルギー