

二層目はり中間部腹板の塑性化に着目した鋼門形ラーメンの非弾性地震応答性状

岐阜大学大学院 学生会員 宮寄 靖大
 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一、二層門形ラーメンの地震応答解析を行い、はり中間部腹板の塑性せん断変形が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について検討してきた^{1)~2)}。

本研究では、二層門形ラーメン橋脚の地震応答において、主として二層目はり中間部腹板に着目し、そ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)二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 が作用する二層門形ラーメンを解析対象とし、漸増水平荷重を受ける場合と水平地動を受ける場合の解析を行った。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。解析では、はり中間部、隅角部腹板、および、柱基部の塑性化による損傷メカニズムの変動に着目した。解析は概ね文献1)の方法に従っている。水平地動には El-Centro 波の最初の8秒間を用いた。

(2) i 層目のはり中間部腹板の塑性化パラメータ β_{pyi}

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

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

文献1)によると、 $\beta_{pyi} < 1$ 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、 ξ は隅角部上下の柱部材に作用するせん断力に関するパラメータである。また、 L_0 と D_c は図1に示すとおりである。 $\beta_{pyi} = 1$ のときの二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

柱の水平復元力 H - 水平変位 δ 曲線と 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

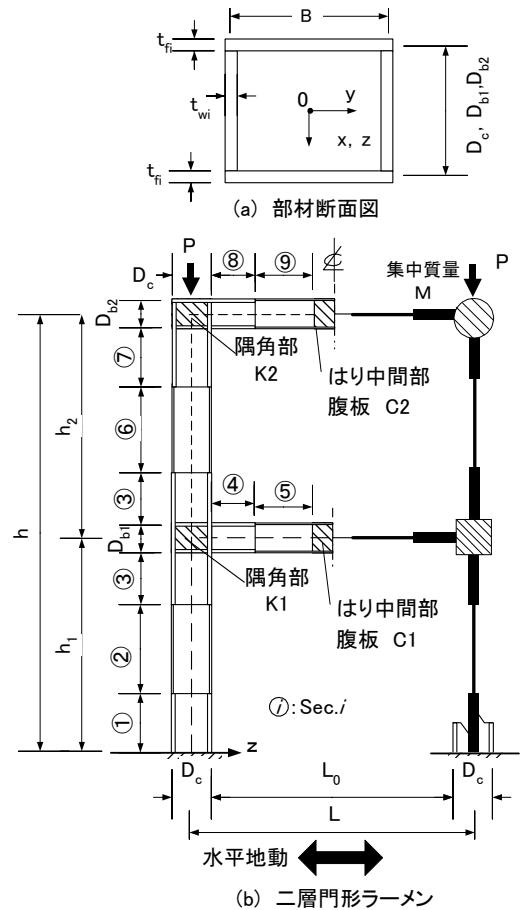


図1 二層門形ラーメンの解析モデル

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) |
|--------------|-----|--------------------|----------|----------|---|
| | | | t_{fi} | t_{wi} | $\beta_{py1} = \beta_{py2} = 1$ |
| 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) $h=30m, h_1=h_2=15m, L=12m, B=1.2m, Sec.i$ の部材長は文献2)と同じ。

キーワード：鋼製ラーメン 地震応答 はり腹板 せん断崩壊

連絡先：〒457-8532 名古屋市南区白水町40 大同工業大学工学部 都市環境デザイン学科 Tel 052-612-5571

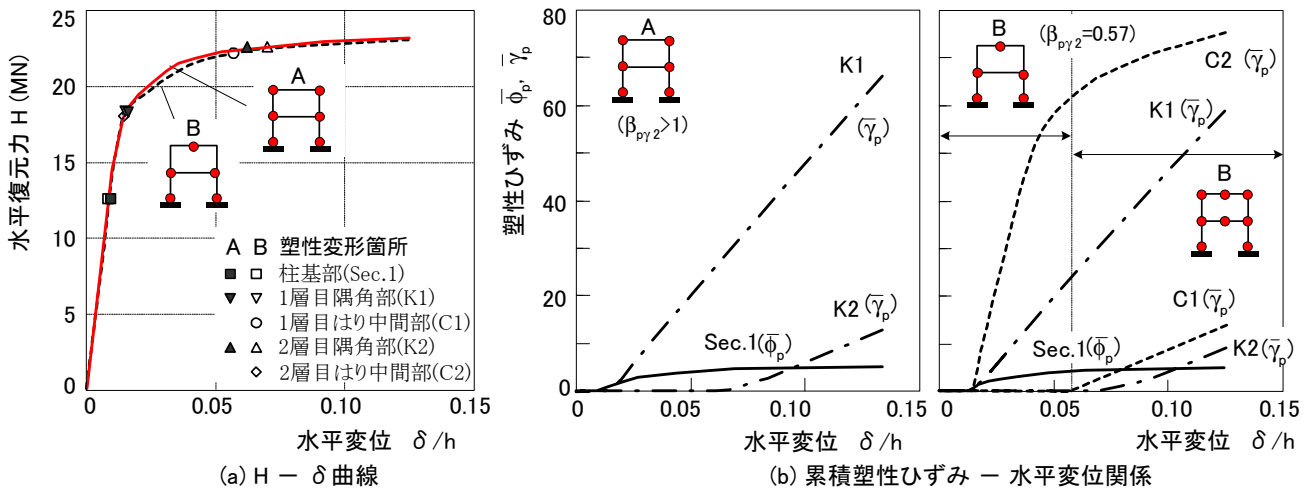


図2 漸増水平荷重を受けるラ - メンの弾塑性性状

分解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 $\bar{\phi}_p = \sum |\Delta\phi_{pi}| / \phi_{y1}$ ，隅角部とはり中間部の腹板ではせん断変形角 $\bar{\gamma}_p = \sum |\Delta\gamma_{pi}| / \gamma_y$ と記す。

同図(a)からわかるように、塑性変形のパターン A（柱基部，隅角部崩壊， $\beta_{pyi} > 1$ ）と B（二層目はり中間部の塑性化先行， $\beta_{py2} = 0.57$ ）は、ほぼ同じ $H - \delta$ 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、 δ/h は約 0.13 のときの累積ひずみは、パターン A, B とともに降伏曲率 ϕ_{y1} の 5 倍程度である。したがって、二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。弾性状態では二層目はり・柱に作用する断面力は一層目に比して小さく、柱基部が塑性化する場合でも二層目はり部材のせん断力は小さな値に留まるため、その塑性せん断変形の有無は柱基部の塑性化に影響を及ぼさない。

(2)地震応答解析の結果

まず、柱頭部の $H - \delta$ 曲線を図 3 に示す。この図から、パターン A, B のラ - メンはほぼ同じ $H - \delta$ ループを描いており、二層目はり中間部の塑性化の影響は小さいことがわかる。

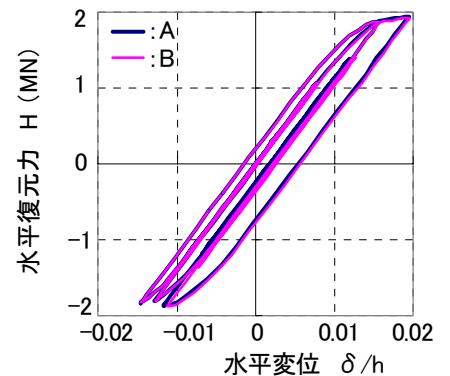


図3 H - δ 曲線（地震応答解析）

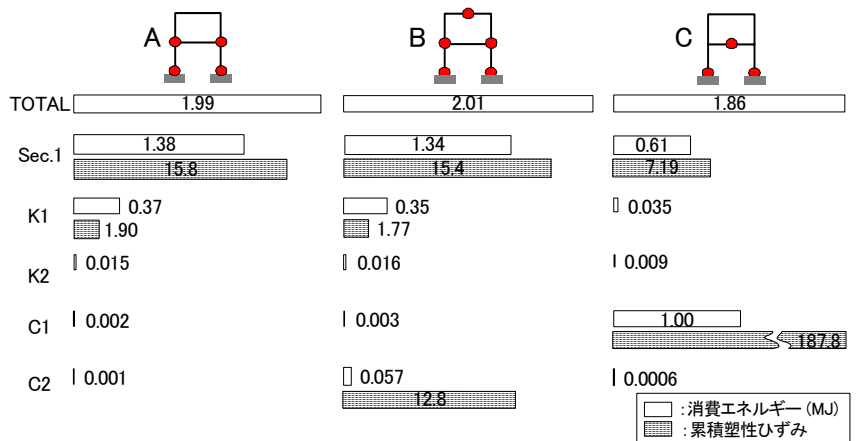


図4 ラ - メン各部の損傷と消費エネルギーの応答性状（地震応答解析）

つぎに、パターン A, B と一層目はり中間部腹板の塑性化を考慮したパターン C

について、累積塑性ひずみと消費エネルギーの内訳を図 4 に比較する。これまでに指摘したように、パターン C では A に比べて柱基部の損傷が軽微である¹⁾⁻²⁾。パターン B の柱基部や隅角部の消費エネルギーと累積塑性ひずみの性状はパターン A とほぼ同様であり、二層目はり中間部が塑性せん断変形した影響はほとんど見られない。

4. まとめ

二層目はり中間部腹板の塑性せん断変形が柱基部の塑性変形量（損傷）に及ぼす影響は小さい。この点は、柱基部の損傷を軽減する効果がある一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。