

I-B7

はり中央腹板のせん断崩壊を伴う鋼一層門形ラーメンの崩壊メカニズム

大同工業大学大学院 学生会員 山田 幸

大同工業大学工学部 正 会 員 酒造敏廣

1. まえがき

鋼製ラーメン橋脚の隅角部とはり中間部のせん断耐力には大きな差異があり、後者のせん断降伏が先行すると、兵庫県南部地震で現れたように、はり中間部でせん断崩壊が起こると考えられる^{1)~3)}。これは、隅角部の作用せん断力がはり中間部よりもかなり大きいこと、隅角部域ではせん断遅れや応力集中現象を緩和するために板厚の大きな鋼板が用いられることにより、はり部材が変断面構造となることの影響が大きい¹⁾。

本研究では、はり中央でせん断崩壊する1層門形ラーメン^{1),2)}の非弾性応答解析を行い、はり中央、隅角部、柱基部に塑性化が現れるラーメンの崩壊メカニズムについて考察するものである。

2. 崩壊メカニズムに関するパラメータ^{2),3)}

箱形断面のはり・柱部材からなる一層門形ラーメン（Fig.1 参照）の崩壊モードに関するパラメータとして、本文では以下のものを用いる。

①隅角部と柱基部に関するパラメータ α_{p1}

$$\alpha_{p1} = M_{py} / M_{p1} \quad (1)$$

ここで、 M_{py} ：隅角部腹板の塑性モーメント、 M_{p1} ：柱基部断面の全塑性モーメント。

②はり中央腹板の塑性化判定のパラメータ β_{py}

$$\beta_{py} = \frac{1}{2\xi} \frac{L_o}{D_c} \frac{Q_{by}}{Q_{sy}} \quad (2)$$

ここで、 L_o ：柱内側フランジ間のスパン、 D_c ：はりの腹板高さ、 Q_{by} 、 Q_{sy} ：はり腹板と隅角部腹板の降伏せん断力である。 ξ は地震動の影響を考慮するために導入したパラメータである。

$$\xi = \frac{1}{2} \frac{D_b Q_{clE}}{M_{py}} \quad (3)$$

ここに、 D_b ：はりの腹板高さ、 Q_{clE} ：隅角部腹板が降伏するときに隅角部直下の柱断面に作用するせん断力の内、地震動によって生じる成分。

以下の数値解析では、柱基部断面 Sec.1、隅角部、および、はり中央腹板（Sec.5）で塑性変形が生じるような解析モデルを用いて、ラーメンの崩壊メカニズムの変動を調べる。

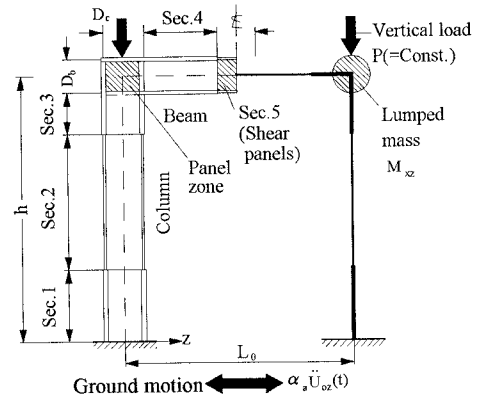


Fig.1 Numerical model of portal frame subjected to horizontal ground motion

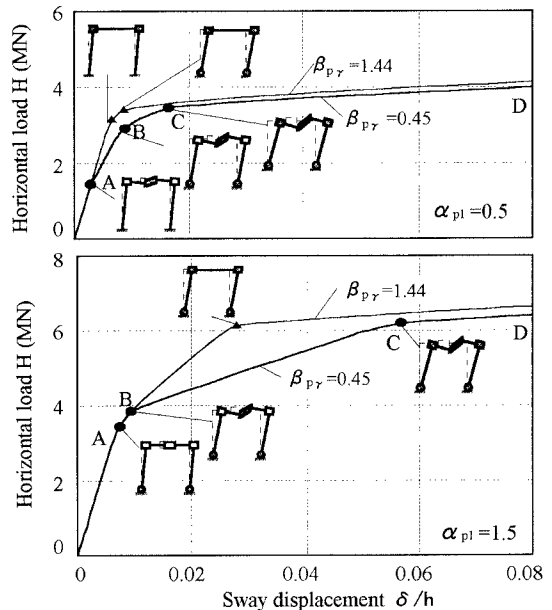


Fig.2 H-delta curves

鋼製ラーメン橋脚、崩壊メカニズム、はりのせん断崩壊、非弾性地震応答

〒457-8532 名古屋市中区白水町40 TEL 052-612-5571 FAX 052-612-5953

3. 崩壊メカニズムの変動

(1) 単調増加の水平荷重下における崩壊モード

単調増加の水平荷重 H を受けるラーメンの荷重 H - 水平変位 δ 曲線を Fig.2 に示す. 図中, $\beta_{pr} < 1$ は, 隅角部よりも, はり中央腹板の塑性化が先行するラーメンを示す^{2),3)}.

この図からわかるように, $\beta_{pr} = 0.45$ のラーメンでは, 変位 δ が増加すると, $\alpha_{pl} = 0.5$ のときは, はり中央, 柱基部, 隅角部の順, また $\alpha_{pl} = 1.5$ のときは, 柱基部, はり中央, 隅角部の順に塑性変形が現れており, 柱基部とはり中央腹板が塑性化する崩壊メカニズムを形成後に隅角部腹板も塑性化している.

つぎに, $\alpha_{pl} = 1.5$, $\beta_{pr} = 0.45$ のラーメンの隅角部とはり中央腹板のせん断力 Q_c と Q_b の関係を Fig.3 に示す.

この図から, 両者はほぼ線形関係にあるが, はり中央が塑性化し始める点 B 以降は, 隅角部のせん断力の割合が徐々に大きくなる傾向があることがわかる. はり中央腹板が塑性化する崩壊メカニズムにおいて, 隅角部腹板が塑性化すること, このせん断力比の変動とはり中央腹板のひずみ硬化が大きいと考える.

(2) 門形ラーメンの非弾性地震応答性状

水平変位応答が大きく現れるように水平地震動 EI-Centro NS 成分(1941)を増幅して, $\alpha_{pl} = 0.5$, $\beta_{pr} = 0.45$ のラーメンの非弾性地震応答解析を行い, 隅角部腹板が非弾性挙動を呈するときの性状を調べた. 水平復元力 H - 変位 δ 曲線と柱基部, はり中央, および, 隅角部の履歴消費エネルギーの時刻歴応答を Fig.4 に示す.

この図から, 履歴エネルギーの消費は, 柱基部で最も大きくなっていることがわかる. また, はり中央腹板が非弾性域に入った後, 変位応答が大きくなって隅角部が弾塑性挙動を示すため, せん断耐力の大きな隅角部腹板がはり中央腹板よりも大きなエネルギーを消費している. したがって, 隅角部よりもはり中央腹板のせん断降伏が先行する $\beta_{pr} < 1$ のラーメンでは, 変位応答の大小によって, 隅角部腹板も非弾性範囲に入る場合があることを考慮に入れておく必要がある.

4. まとめ

①柱基部とはり中央で塑性変形が卓越する崩壊メカニズムを形成後, 隅角部腹板が非弾性挙動を呈するメカニズムが起こることを示した. ②この崩壊メカニズムは, はり中央腹板のひずみ硬化, および, 隅角部とはり腹板のせん断力比 Q_c/Q_b の変動に起因すると考えられ, 今後実験で確認していく必要がある.

参考文献 1)酒造敏廣, 事口壽男, 長田好夫: 鋼変断面ラーメンの非弾性地震応答性状と崩壊モードに関する研究, 構造工学論文集, Vol.43A, 土木学会, pp.205~216, 1997年3月. 2)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. 3)はり中間部腹板のせん断崩壊を伴う鋼2層門形ラーメンの非弾性地震応答解析, 構造工学論文集, Vol.45A, 土木学会, pp.227~234, 1999年3月.

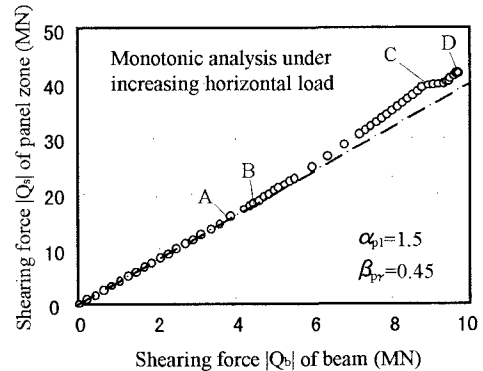


Fig.3 Relationship between shearing forces in panel zone and beam

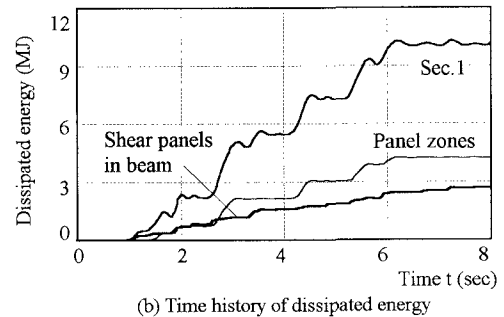
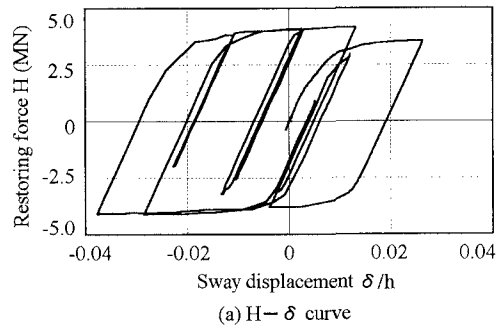


Fig.4 Inelastic earthquake response of portal frame with $\alpha_{pl} = 0.5$ and $\beta_{pr} = 0.45$