

I-45 繰り返し荷重を受ける鋼圧縮部材のエネルギー吸収能力と塑性率に関する実験的研究

NKK 正員○今井康幸 名古屋大学 正員 宇佐美勉
愛知工業大学 正員 青木徹彦 名古屋大学 正員 伊藤義人

1. 緒言：地震のような繰り返し外力を受けた場合、耐震性に優れた構造物であるためには、強度と共に変形能(靱性)も持ち合わせていなければならない。前報¹⁾では、地震力を受ける鋼製橋脚を想定して一定鉛直荷重と水平繰り返し荷重を無補剛、補剛断面部材に作用させた実験(25体)を行い、それより得られた荷重-変位履歴関係を基に、繰り返し荷重による強度劣化について考察を行った。この報文では同じ実験結果について、エネルギー論的立場から塑性率を新たに定義し、鋼製橋脚の耐震設計に関する基礎的資料を提供している。

2. 塑性率の評価方法：図1に示すような実験によって得られた荷重-変位履歴曲線から以下に述べる方法によって塑性率を評価する。(1)実験は4体を除いて同一変位に対して3サイクルの載荷を行ったので、荷重-変位履歴曲線の各サイクル毎の最大変位(正、負の絶対値の平均) δ とそれに対応する荷重(正、負の絶対値の平均) H において、第1サイクルの変位を結んだ包絡線上へ、第2サイクル以上の変位を移動させ、水平荷重-変位曲線(図2)を作成する。(2)図2に示すように強度が劣化し始めてから設計に用いられる耐荷力 H_y に達した時を破壊とみなし、それに対応する変位を見かけの最大塑性変位 δ' とする。実験で求められたループが完全弾塑性形であると仮定すると、 δ' を最大塑性変位とみなしそれを変形能力として評価できるが、図3のように実際には局部座屈やバウシinger効果の影響により、エネルギー吸収能力 A (斜線部の面積)が完全弾塑性形のエネルギー吸収能力 A_0 よりも過大評価されるため次の補正を行う。(3)図3の斜線部分の面積 A を、図4のような完全弾塑性形の面積 A_0 に置き換える。そのときの変位を真の最大塑性変位 δ_u として、塑性率 μ を設計に用いられる耐荷力 H_y に対応する降伏変位 δ_y を用いて次式のように表す。

$$\mu = \delta_u / \delta_y$$

3. 塑性率：図5は、このようにして求められた塑性率を断面のフランジの幅厚比 β ラメータ R ²⁾に対してプロットしたものである。但し、耐荷力 H_y については、文献²⁾に示す方法を用いた。また、図のCCは一定振幅(δ_y の2倍)で載荷した場合の結果である。まず無補剛断面においては(図5(a))幅厚比 β ラメータ R が約0.5と小さい場合は、軸力が無いときは軸力が $0.2P_y$ のときの2倍以上の塑性率となることから、塑性率に軸力による影響が出ていることがわかる。また幅厚比 β ラメータ R が、0.9から0.7になっても塑性率 μ はほとんど改善されないが、0.7から0.5になると塑性率はかなり改善されることがわかる。次に補剛断面においては、図5(b)より幅厚比 β ラメータ R が0.6から0.5になっても塑性率はほとんど改善されないが、0.5から0.3になると塑性率はすべてにおいて2倍以上に改善されている。さらに、補剛材剛比を道示の3倍から5倍にあげても塑性率はほとんど改善されないが、剛比を1倍から3倍にあげると塑性率は改善される。また図5(b)からわかるように、軸力比が大きいほどつまり0.1より0.2のときの方が、剛比をあげると塑性率の改善される割合が大きい。

4. 等価水平震度：文献³⁾に示されているNewmarkのエネルギー一定則から求められた地震時保有水平耐力の照査に用いる等価水平震度 k_h を、上で求めた塑性率より求めたものの例が表1である。ここに、 k_{h0} は標準値が1.0の設計水平震度である。また、軸力比は0から $0.2P_y$ に変動させてある。この表から分かるように、現行道示の限界幅厚比程度の断面に対しては、等価水平震度は0.3から0.4程度にする必要がある。これらの値は設計に用いる耐荷力 H_y に依存するが、ここで用いた H_y は、板要素の局部座屈強度または初期降伏を基準としており、実際の耐荷力(例えば図1のピークの値)よりかなり低い荷重であることに注意すべきである¹⁾。すなわち、繰り返し荷重下の圧縮部材の設計に際しては、一方向載荷より得られる最高荷重より、かなり低めの値を設計強度とする必要がある。

参考文献1)水本貴士ら：第45回年次講演会概要集 2)宇佐美勉：構造工学論文集Vol.364(1990)。

3)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編，1990。

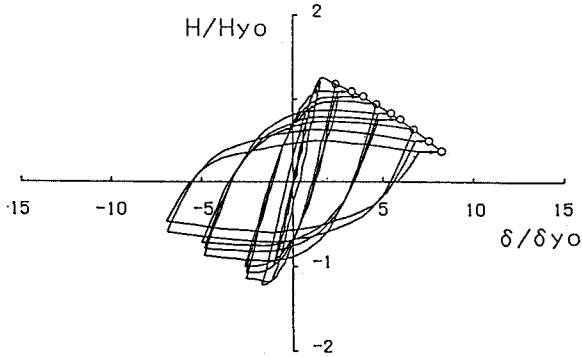


図1 荷重-変位包絡線

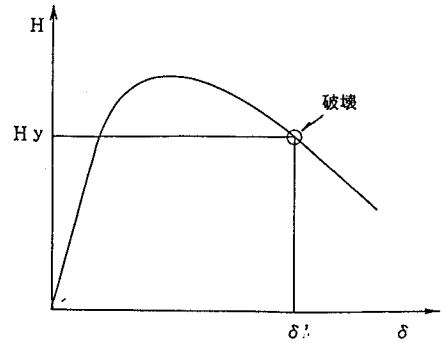


図2 破壊の定義

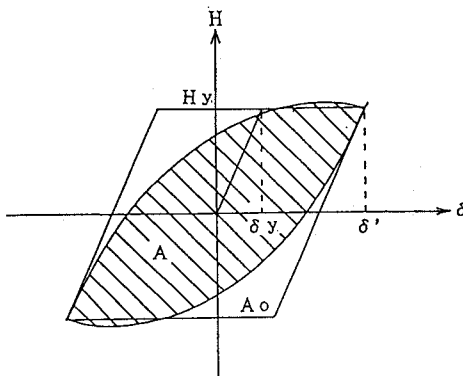


図3 吸収エネルギー

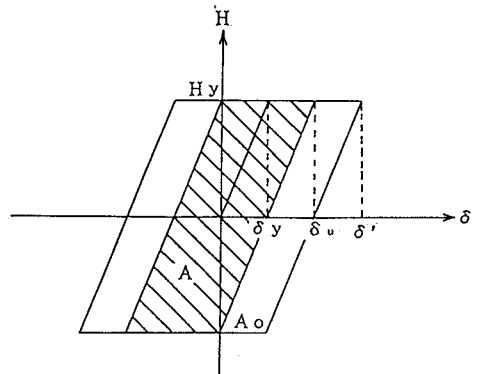
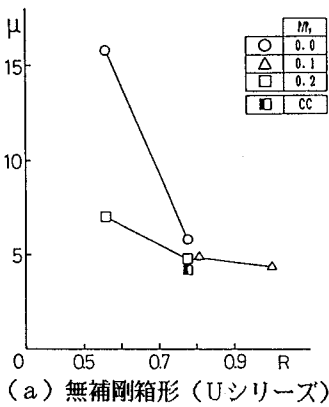
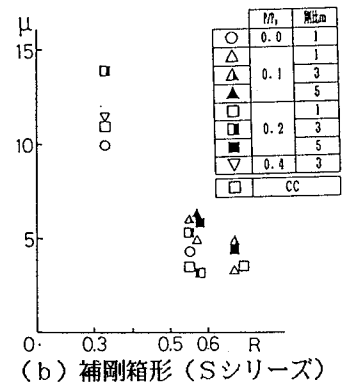


図4 吸収エネルギーの置換



(a) 無補剛箱形（Uシリーズ）



(b) 補剛箱形（Sシリーズ）

図5 塑性率と幅厚比パラメータ

表1 等価水平震度($k_h/k_{h0} = 1/\sqrt{2\mu-1}$)の評価 $P/P_y = 0 \sim 0.2$

断面形	幅厚比パラメータ	剛比	塑性率 μ	等価水平震度 k_h/k_{h0}
無補剛箱形	0.7	—	5.8~4.3	0.31~0.37
		1	3.2~5.0	0.34~0.43
補剛箱形	0.5	3	5.3~6.0	0.30~0.32
		5	5.8~6.3	0.29~0.31