

鋼製橋脚の復元力特性のモデル化に関する研究

名古屋大学 学生員○伊藤 努

名古屋大学 正 員 宇佐美勉

1. はじめに 動的応答解析においてなされる構造物の復元力特性のモデル化の問題は、その適否が設計構造物の損傷度の評価や、動的解析から得られる構造物の応答特性などの信頼性に関係することから、耐震設計における基本的問題であると言える。本研究では、鋼箱形断面柱を対象として、繰返し外力による剛性劣化、強度劣化、降伏点の変更などを考慮した復元力モデルを提案し、実験データとの比較、検討を試みた。

2. 復元力特性のモデル化 このモデルは、3パラメータモデル¹⁾を土台として、鋼製橋脚に適用できるように改良したモデルである。考慮している劣化は、強度、及び剛性で、降伏点の変更も取り入れている。このモデルを使用するためには、単調載荷実験（1体）、変動振幅低繰返し数実験（1体）の計2体を先だって行わなければならない。このモデルの概要を以下に示す。

I) スケルトンカーブの設定（図-1）

スケルトンカーブは、荷重方向の正側、負側とも対称とし基本的には単調載荷実験によって決定する。（最大強度は、変動振幅低繰返し数実験の最大強度が単調載荷実験のそれより大きい場合、前者のものを使用する。）

II) 剛性劣化（図-2）

過去受けた変位の絶対値よりも大きい変位を受けた場合（初期値： Y_v ）、初期剛性線上の $-\alpha H_v$ （正側： αH_v ）の位置を目指して除荷（または再負荷）される。それ以外の場合は、前回の剛性と同じとする。係数 α は、剛性劣化を制御する係数で α を無限大にとると剛性劣化は起こらない

III) 強度劣化（図-3）

強度劣化は、下式に従う。

$$\beta = \frac{d\delta \cdot H_m}{dE} \quad (1)$$

ここに、 H_m ：最大強度、 dE ：半サイクルの履歴エネルギー（例えば、図-3において1→2を目指す場合、 dE は斜線部の面積である。）である。そして、累積最大（最小）変位が次式のように示される。

$$Y_{max} = Y_{max} + d\delta \quad (2)$$

$$Y_{min} = Y_{min} - d\delta \quad (3)$$

弾性域を越えて塑性域に入る場合、この累積最大（最小）変位に対応するスケルトンカーブ上の点を目指し強度が劣化する。（累積最大変位が Y_m より小さい場合は硬化する。荷重の負側の場合も同様とする。）係数 β は、強度の低下を制御する係数であるが、 $\beta=0$ とすると繰返しによる劣化は起こらない。

IV) 降伏点の変更

降伏点は、累積最大変位が 図-1 の②の領域の場合には、前回の最大強度点まで弾性域となるように変更され（図-4）、③の領域の

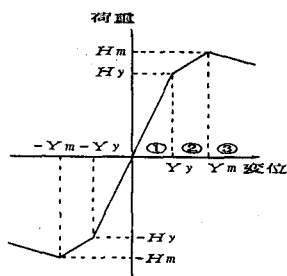


図-1 スケルトンカーブ

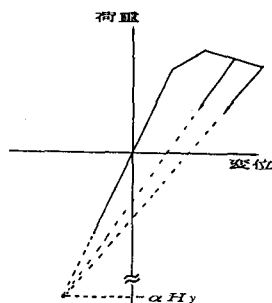


図-2 剛性劣化

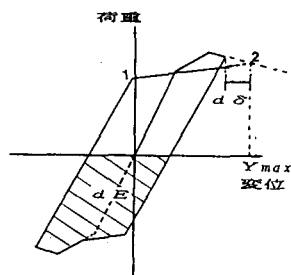


図-3 強度劣化

場合には、次式のHHの示す強度点まで弾性域となるように変更される(図-5)。荷重方向の負側の場合も同様とする。

$$HH = H_y \cdot \frac{H_1}{H_m} \quad (4)$$

このように、I)~IV)までを組み合わせて復元力モデルとした。なお、このモデルで使用する係数 α 、 β は、変動振幅低繰り返し数実験によって決定する。

3. 結果と考察 本研究で使用した供試体は、様々なパラメータをもつ無補剛断面柱及び補剛断面柱で文献2)によるものである。結果の一例を図-6と図-7に示す。図-6は実験データによるもので、図-7は実験の変位のデータを復元力モデルの中に入力して求めたものである。この供試体は、幅厚比パラメータ:R:0.78、細長比パラメータ $\bar{\lambda}$:0.48、軸力比 P/P_y :0.1の無補剛断面柱²⁾である。これらの図は次のような諸量によって無次元化したものである。

$$H_{y0} = \frac{M_y}{h} \quad (5)$$

$$\delta_{y0} = \frac{H_{y0} \cdot h^3}{3EI} \quad (6)$$

ここに、 M_y :降伏モーメント、 EI :供試体の曲げ剛性、 h :供試体長さである。

これらの図からわかるように、一致度は良好で、実験値と復元力モデルとのエネルギーの誤差は、 $\pm 10\%$ 以内に抑えることができる。この図は変動振幅低繰り返し数実験によるものであるが、同じ係数値($\alpha=6.2$, $\beta=0.37$)で一定振幅低繰り返し数実験にも適用できる。このように、一度係数である α 、 β の値を決めてしまえば、様々な振幅の低繰り返し数実験(荷重-変位関係)を数値計算的に行うことができ、経済的な面においても、時間的な面においても有効であるといえる。

4. あとがき 今回提案した復元力モデルは、鋼製箱形断面柱を対象としたものであるが、このモデルを使用すると履歴吸収エネルギーを実験値と合うように近似することができる(誤差: $\pm 10\%$ 以内)。また、最近エネルギーによる損傷度の評価が注目されているが、このモデルを使用すると、実験による裏付けのある損傷度評価が可能となり、本研究の応用として発展できる。今後、このモデルの係数である α 、 β の値をいくつかのパラメータで表すことが必要であり、箱形断面柱だけでなく他の断面においても適用が可能であるかどうかの検証が課題である。

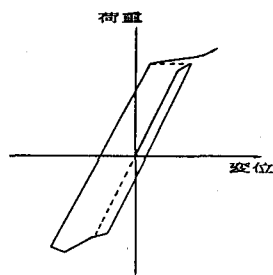


図-4 降伏点の変更(領域②)

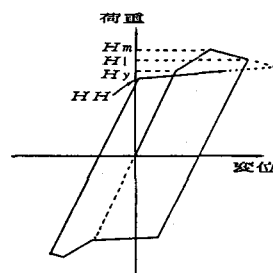


図-5 降伏点の変更(領域③)

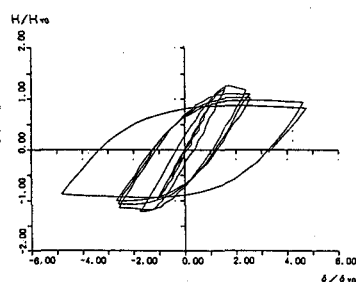


図-6 荷重-変位曲線(実験)

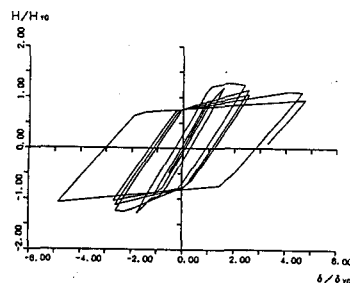


図-7 荷重-変位曲線(本モデル)

《参考文献》 1) Sashi K. Kunnath, Andrei M. Reinhorn, Young J. Park: Analytical modeling of inelastic seismic response of R/C structure, Journal of struc. engig., Vol. 116, No. 4, pp. 996-1017 April, 1990. 2) 宇佐美勉, 今井康幸, 青木徹彦, 伊藤義人: 繰り返し荷重を受ける鋼圧縮部材の強度と変形能に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol. 37A, pp. 93-105, 1991. 3.