

鋼製橋脚疑似ハイブリッド実験手法のための曲線復元力モデル

愛知工業大学 学生会員 ○党 紀
 愛知工業大学 学生会員 森田 慎也
 愛知工業大学 正会員 青木 徹彦
 愛知工業大学 正会員 鈴木 森晶

1. 緒言

1995年の兵庫県南部地震では、高速道路の倒壊により地震直後の緊急支援の遅れや、その後の物流機能の停止が生じ、経済的損失は極めて大きかった。鋼製橋脚の耐震安全性の向上のためには、実地震波に対する応答を調べるのが最も望ましく、そのために、ハイブリッド実験が行われる。しかし、一般にハイブリッド実験では1つの地震波に対して1つの実験供試体が必要であり、多数の地震波に対して、多くのハイブリッド実験を行おうとすると、経済的、時間的に困難となる。この問題を解決するために、本研究では疑似ハイブリッド数値実験手法を提案する。

疑似ハイブリッド数値実験とは、はじめに静的繰り返し載荷実験を行って、復元力—変位曲線を求めておき、これを簡単にモデル化し、履歴法則を定める。次にハイブリッド実験における実供試体の代わりに、数値計算により復元力を定めるという方法である。これにより、鋼製橋脚の静的繰り返し載荷実験を1回行っておけば、複数の地震波に対する応答計算を行うことができるというものである。

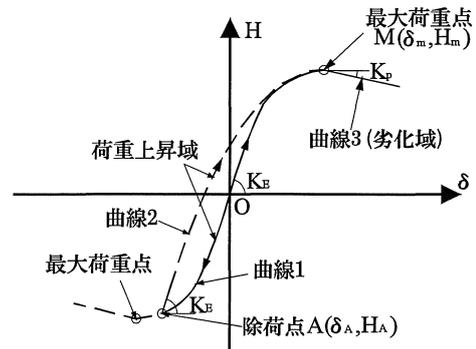
2. 復元力履歴法則

図・1に示すように、履歴曲線の荷重を H 、変位を δ とし、最大荷重点に達する前の荷重上昇域(図中曲線1と2)と最大荷重点後の劣化域(図中の曲線3)に分けて考える。

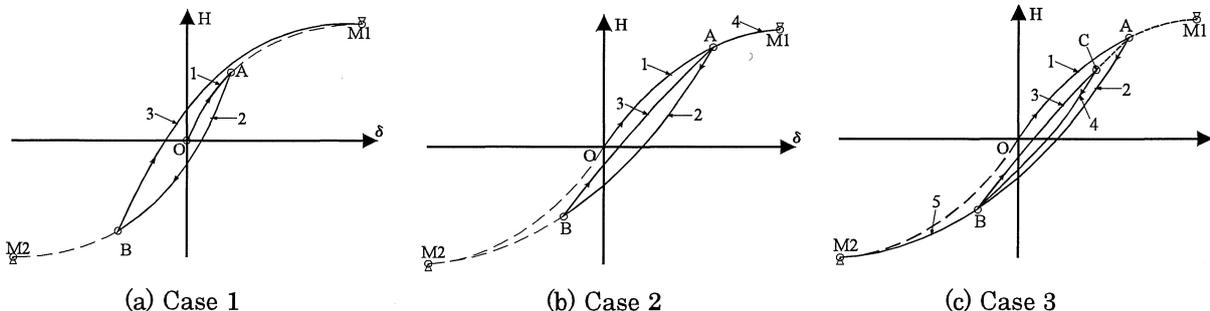
2.1 最大荷重点に達する前の履歴法則

荷重上昇域の履歴曲線は、初期剛性 K_E 、最大荷重点を通る3次式より定める。図1に示すように、荷重が原点から負側の曲線(曲線1)上を進み、図中のA点(δ_A, H_A)まできて除荷する場合、除荷点Aを始点とし、反対側(H の+側)の最大荷重点 $M(\delta_m, H_m)$ を終点とする3次曲線を式(1)より定める(図中曲線2)。

$$H = H_A + K_E(\delta - \delta_A) + \alpha_1(\delta - \delta_A)^2 + \alpha_2(\delta - \delta_A)^3 \quad (1)$$



図・1 鋼製橋脚復元力履歴曲線



図・2 除荷—再加力時の履歴

キーワード 鋼製橋脚, ハイブリッド実験, 疑似, 数値実験, 曲線モデル

連絡先 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 TEL 0565-48-8121 danji1980@hotmail.com

ここに、 K_E は弾性域剛性であり、静的繰り返し実験より求める。係数 α_1 と α_2 は、最大荷重点(δ_m, H_m)を通り最大荷重点の傾きが0という2つの条件より、以下のように求められる。

$$\alpha_1 = (3(H_m - H_0) - 2K_E(\delta_m - \delta_0)) / (\delta_m - \delta_0)^2 \quad (2)$$

$$\alpha_2 = (K_E(\delta_m - \delta_0) - 2(H_m - H_0)) / (\delta_m - \delta_0)^3 \quad (3)$$

一度除荷して再加力するとき、図-2(a),(b),(c)に示す3つのケースがあり、別々の履歴則に従うものとする。

Case1:図-2(a)に示すように、曲線2上で反転して、残留変位がマイナスの場合、前述の方法に従う(曲線3)。Case2:図-2(b)に示すように、残留変位がプラスの場合は、初期剛性 K_E とA点を通るという2つの条件を用いて、A点までの2次サブ曲線を作成する(曲線3)。Case3:図-2(c)に示すように、Case2で求めた曲線3上の途中の点Cで除荷する場合には、Case2と同じように、初期剛性 K_E を用い、B点を通る2次サブ曲線4を作成する。

2.1 最大荷重点以後の履歴法則

図-3に示すように、最大荷重以後を劣化域とし、静的繰り返し実験により求めた劣化域剛性 K_p の直線で表現する。劣化域で経験した変位を $\Delta\delta_p$ とする。劣化直線上から除荷する場合(図中A点)、除荷点Aを新たな最大荷重点として更新する。反対側の最大荷重点は、図-3に示すように、もとの位置から、変位 $\Delta\delta'_p$ だけ移動し、最大荷重値も $\Delta H'_p$ だけ低下させる。ここで、現段階では試行錯誤的に、 $\Delta\delta'_p = 0.7\Delta\delta_p$ 、 $\Delta H'_p = 0.4K_p\Delta\delta_p$ と設定した。

3. ハイブリッド実験との比較

今回提案した復元力モデルの妥当性を検討するために、鋼製橋脚供試体に対する、静的繰り返し実験とハイブリッド実験を行った。実験供試体は、材質 SM490、板幅 450mm、板厚 6mm の正方形補剛箱型断面とし、断面を構成する各面は 2 本のリブ(6×55mm)で、高さ方向に間隔 225mm のダイアフラムで補剛されている。ハイブリッド実験に用いる地震波は、1995 年兵庫県南部地震で、神戸海洋気象台地盤上(I種地盤)で計測された地震波(JMA)の NS と EW 成分を用いた。ハイブリッド実験の相似率は 4 である。

ハイブリッド実験の復元力履歴と応答変位時刻歴を図-4の破線で示し、疑似ハイブリッド数値実験の結果を実線で示す。同図に示すように、本研究が提案した復元力モデルによる計算結果はハイブリッド実験による履歴曲線を精度よく表現していることが分かる。

参考文献

- 1) 鈴木森晶他：鋼製箱型断面橋脚の復元力モデルと弾塑性地震応答解析，土木学会論文集，No. 549/I-37，pp. 191-204，1996. 10
- 2) Liu, Q.Y., Akira, K. and Usami, T.: Parameter Identification of Damage-based Hysteretic Model for Pipe-section Steel Bridge Piers, *Journal of Structural Engineering*, JSCE, Vol. 45A, pp.1005- 1016, 1999

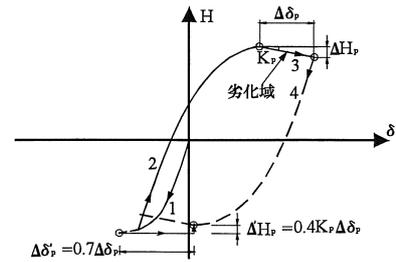
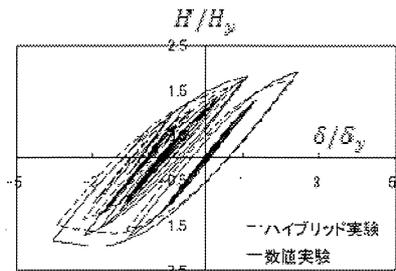
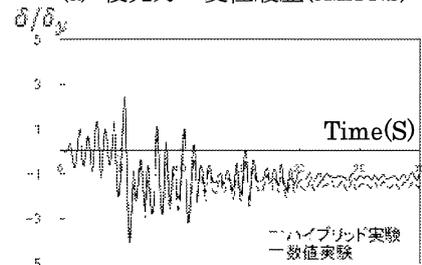


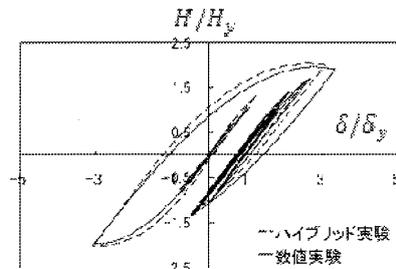
図-3 劣化域の履歴



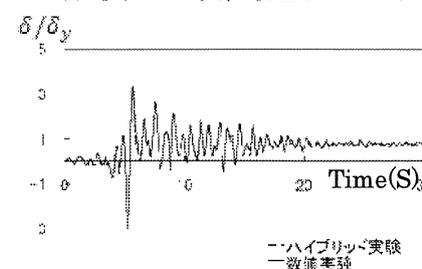
(a) 復元力-変位履歴(JMA-NS)



(b) 応答変位履歴(JMA-NS)



(c) 復元力-変位履歴(JMA-EW)



(d) 応答変位履歴(JMA-EW)

図-4 疑似ハイブリッド数値実験とハイブリッド実験の比較