

復元力特性に及ぼす減衰力の影響について

長野高専 正買 服部 秀人
国 鉄 荻原 郁男

1. ま え が き

強震を想定して地震応答計算を行う場合対象とする構造物の動的な復元力特性を知ることが必要である。しかし実構造物の塑性域における非線形な復元力特性を得ることができないので、模型実験によるか経験的に判断するとかしてそれを仮定するのが普通であるけれども、このことが地震入力の不確実さと相まって構造物の耐震性の検討をむずかしくしている。

近年強震観測網が整備されてきつゝあり、その観測記録から実構造物の強震時挙動を調べ復元力特性を知ろうと試みられており、これはきわめて有用であると思われる。強震記録から応答の絶対加速度と入力加速度とを利用し、復元力を絶対加速度のみで評価してカー変位の履歴曲線からその構造物の復元力特性をたとえばbi-linear型等でモデル化する場合、構造物の粘性が小さいときはそのバネの剛性が容易に見当がつくであろうが、大きいときには履歴ループがふくむので減衰力の影響を考慮する必要が出てくると思われる。そこでbi-linear型復元力特性を有する1自由度系をモデルとして、正弦波入力に対する応答をもとに減衰力の影響を調べることとする。

2. 計 算 方 法 お よ び 結 果

bi-linear型復元力特性を有する1自由度系の地動入力に対する運動方程式は次式のようなになる。

$$(\ddot{x} + \ddot{z}) + 2h\rho\dot{x} + f(x) = 0 \quad (1)$$

ただし x , $\dot{x}$, $\ddot{x}$ はそれぞれ応答の変位, 速度, 加速度を示し、 $\ddot{z}$ は地動入力加速度、 h は減衰定数、 ρ は系の線形時における固有振動数である。なお $f(x)$ は、 n を弾塑性傾斜率、 x_g を降伏変位、そして応答速度の符号が変わる際の塑性変位を x_0 として次式により与えられる。

$$f(x) = (1-n)\rho^2 x \pm n\rho^2 (x_g \mp x_0) \quad (2)$$

本数値実験で用いた具体的数値は以下の通りである。

1. 系の固有振動数 $\rho = 2\pi^{(rad/sec)}$, 地動入力変位 $z = \sin pt$ とし共振する入力を与え履歴ループをとり描かせるようにした。
2. 減衰定数 $h = 0.05, 0.1, 0.5$ の3種類。
3. 弾塑性傾斜率 $n = 0.2, 0.8$ の2種類。
4. 降伏変位 x_g を表わすパラメータとして $\mu = 0.4, 0.8$ の2種類。ただし μ はオー線形バネのみで系が応答するときの最大応答変位 x_{max} に対する x_g の比で定義する。したがって μ が1に近いほど線形応答に近いbi-linearとなる。

以上の h , n , μ をパラメータとして組み合わせ計12種類の応答計算を行い、次式により、

$$P = f(x) = -(\ddot{x} + \ddot{z}) - 2h\rho\dot{x} \quad (3)$$

$$P = f(x) = -(\ddot{x} + \ddot{z}) \quad (4)$$

図1のごとき履歴ループを描く。(3)式は(1)式の変形にすぎないが、単位質量に関する復元力であり、(2)式のbi-linear型を描く。(4)式は復元力を絶対加速度のみで評価した場合であり、

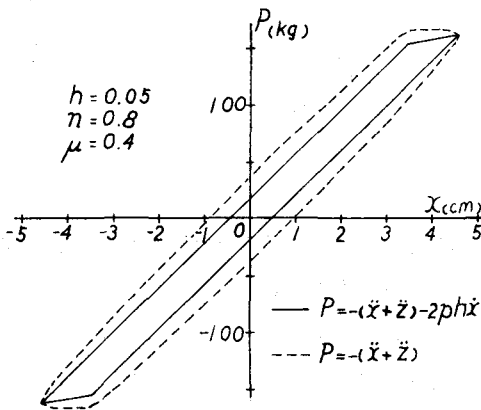


図1. 履歴曲線

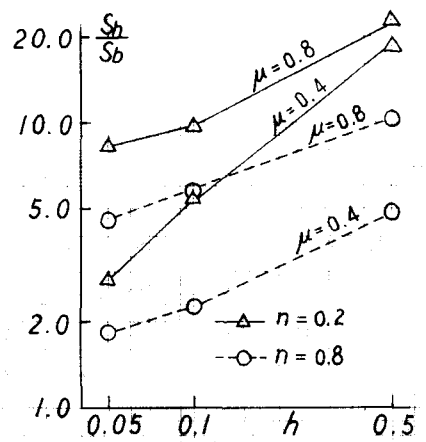


図2 面積比の比較

減衰力 $2Rp$ の分だけ履歴曲線のループがふくらむ。

図1の実線で囲まれた履歴ループの面積を S_b 、破線でのそれを S_h とし、両者の面積比を図2に示す。減衰定数と面積比とは両対数紙上ではほぼ直線関係にあるといえる。 μ が大きいほど、そして n が小さいほど面積比は大きい。すなわち応答の非線形性が小さい場合ほど履歴ループのふくらみの度合いが大きいといえる。

図1の破線および実線の履歴ループにおいてそれぞれ P の最大値を P_{max} 、 X の最大値を X_{max} とし P_{max}/X_{max} により一種の等価剛性を求める。破線の場合を k_b 、実線のものを k_h とし両者の比 k_h/k_b を図3に示す。 $h=0.1$ 程度までは剛性の違いは大きくあらわれないが、それ以上の範囲では剛性が大きく異なることが予想される。この傾向

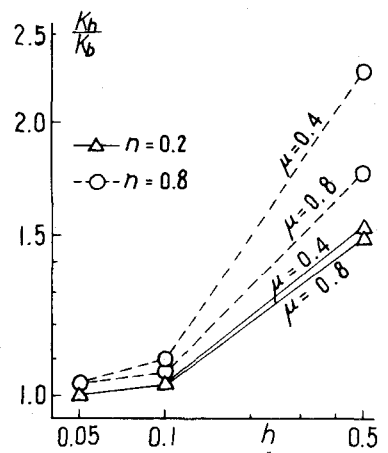


図3 剛性の比較

は μ が小さいほど、そして n が大きいほど顕著となる。しかし減衰定数が比較的小さくとも、図1の例示のごとく破線から実線の $bi-linear$ 型を決定するのは視覚的に非常にむずかしい。特に降伏点以後の $bi-linear$ 型バネの傾きを決定するのが困難になる。 h が増大すると破線のループは急激にふくらむのでその困難さは $bi-linear$ 型バネの推定にまで及ぶ。

3. あとがき

強震記録から絶対加速度のみによる復元力特性の推定にあたって生ずる問題は、バネの傾きの決定であり、図3のごとき等価剛性を媒介として類推するに、 $h=0.1$ 程度までは減衰力の影響は数パーセントであらうと思われる。また応答の非線形性が小さい場合には履歴ループのふくらみが強調されるので、特に地盤、基礎構造等減衰定数の大きい対象物については減衰力を考慮しないと復元力特性の信頼度がある。また等価線形化による応答計算を前提とするならばむしろ絶対加速度のみによる特性の方が便利ながある。その場合にも等価剛性の推定には十分注意を要することは同じである。