

# 非線形パラメータが非線形応答スペクトルに及ぼす影響

武蔵工業大学 学生会員 近藤 由樹  
 武蔵工業大学 学生会員 青戸 拓起  
 武蔵工業大学 正会員 吉川 弘道

## 1. はじめに

非線形応答スペクトルは応答スペクトル法などで応答値の算定に用いられるが、過去の研究例が数少ない。そこで、基礎的な研究として日本道路協会が定める標準波形を例に非線形パラメータが非線形応答スペクトルに及ぼす影響を検討した。

## 2. 解析概要

解析は、高速道路のRC丸単柱橋脚を対象とした。水平方向1自由度系の1質点モデルを用い、曲げ変形のみを考慮した梁要素を与え、時刻歴応答解析用標準波形<sup>1)</sup>(タイプ1, タイプ2ともI種地盤)を入力し、非線形動的応答解析を行った。復元力モデルは武田モデル(除荷時剛性低下指数 $\beta=0.4$ )を使用した。

着目した非線形パラメータは第2剛性比 $\alpha_2$ と粘性減衰定数 $h$ である(図-1)。標準値は断面解析で得られた $\alpha_2=0.027414$ と $h=0.05$ とした。

## 3. 非線形応答スペクトル

### 3.1 定義

非線形応答スペクトル<sup>2)3)</sup>とはある地震動に対し、1自由度系の最大応答変位がある塑性率になるようその降伏耐力を定め、系の固有周期をパラメータとして算定したものを指す。ここでは横軸に固有周期 $T$ 、縦軸に所要降伏震度 $k_{hy}$ で表している。

### 3.2 I種地盤の非線形応答スペクトル

図-2は時刻歴応答解析用標準波形(タイプ1, タイプ2-I種地盤の計6波形)の非線形応答スペクトルを塑性率 $\mu=2, 6$ について表したものである。

例えばタイプ1-I種地盤の3波形は標準加速度応答スペクトルに適合するように振幅調整(スペクトル適合波)されており、位相特性が異なる。しかし、弾塑性特性を考慮しているにもかかわらず、非線形応答スペクトルは類似している。特に、塑性率が大きい方が類似する傾向があった。この傾向は、地震動のタイプ別、地盤種別にお

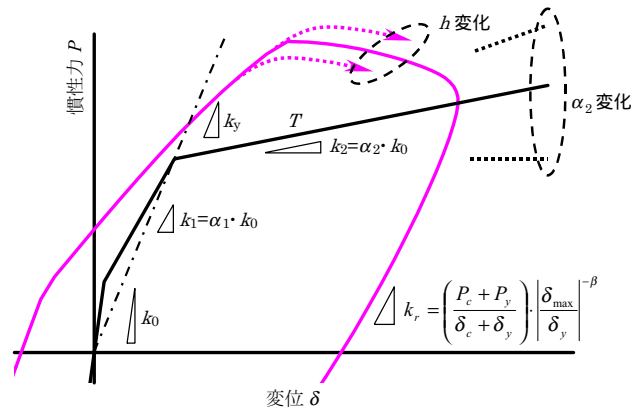


図-1 非線形パラメータの概念図

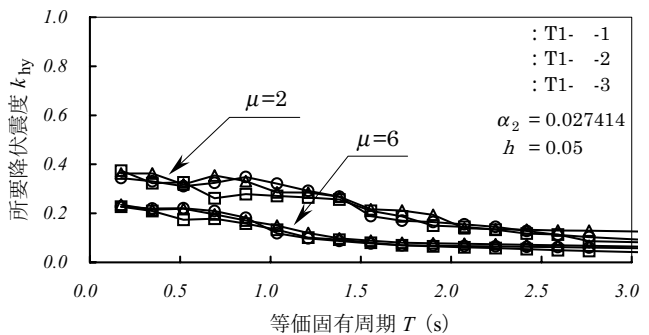


図-2(a) タイプ1-I種地盤の非線形応答スペクトル

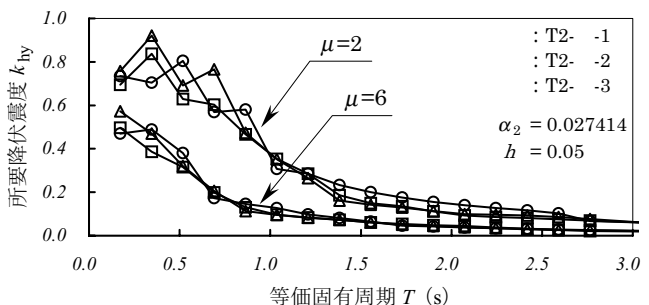


図-2(b) タイプ2-I種地盤の非線形応答スペクトル

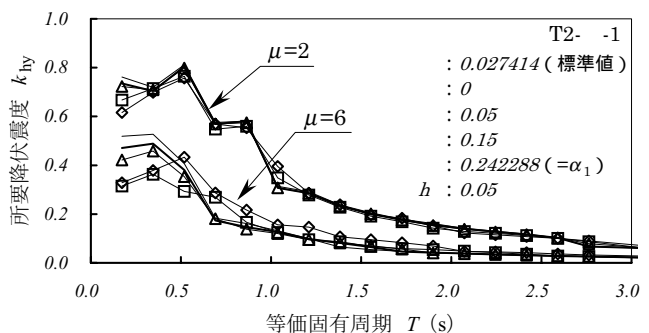


図-3(a) 第2剛性比の影響

**Key Words:** RC丸単柱橋脚, 非線形応答スペクトル, 第2剛性比, 粘性減衰定数

連絡先: 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1丁目28番1号 TEL:03-3703-3111(内線3241) FAX:03-5707-2125

いても同じ傾向を示した。

このことから、弾塑性特性を考慮した非線形スペクトルは位相特性よりも、スペクトル適合波の基準となった応答スペクトルの影響が強いといえる。

#### 4. 非線形応答スペクトルへの影響

非線形応答スペクトルは位相特性の影響が小さいため、非線形パラメータ( $\alpha_2$ ,  $h$ )に着目し、それらが非線形応答スペクトルに及ぼす影響を検討した。ここではタイプ2地震動-I種地盤-1番目の波形についてのみ示した。

##### 4.1 第2剛性比 $\alpha_2$ の感度

$\alpha_2$ を変化させたときの非線形応答スペクトルを図-3(a)に示す。また、それらを標準値( $\alpha_2=0.02741$ )のスペクトルと比較した値を図-3(b), (c)に示す。

図-3(a)より、 $\mu=2$ に比べ $\mu=6$ の方が、感度が大きいことがわかる。図-3(b)より $\mu=2$ のときは感度が小さい。一方同図(c)より $\mu=6$ のときは感度が大きく、 $\alpha_2$ を大きくすると短周期領域では標準形よりも所要降伏震度 $k_{hy}$ が低減されるが、等価固有周期 $T$ によっては増大される部分(比の大小関係が入り代わる部分)がある。その遷移点は塑性率の増加に伴って、短周期側に移った。また、タイプ1とタイプ2を比べても同じ傾向であった。

##### 4.2 粘性減衰定数 $h$ の感度

$h$ を変化させたときの非線形応答スペクトルを図-4(a)に示す。また、それらを標準値( $h=0.05$ )のスペクトルと比較した値を図-4(b), (c)に示す。

図-4(a)より、 $\alpha_2$ に比べ感度が大きく、長周期領域での感度も大きい。また、 $\mu=6$ に比べ $\mu=2$ の方が、パラメータによる感度が大きい。図-4(b), (c)より、標準形との大小関係が固有周期によって入れ代わることがなく、 $h$ を変化させても比は固有周期によらずほぼ一様な感度であった。

#### 5. まとめ

スペクトル適合波の非線形応答スペクトルは、適合波の基準スペクトルに大きく依存している。

第2剛性比の感度はそれほど大きくないが、粘性減衰定数の感度は大きい。

#### 【参考文献】

- 1) 日本道路協会: 道路橋の耐震設計に関する資料, 1997.3
- 2) CRC 総合研究所: D-SPEC (非線形応答スペクトル算出プログラム) 操作説明書, ユーザーズマニュアル
- 3) 伊藤 彰浩, 家村 浩和, 五十嵐 晃: 必要強度スペクトルに基づく弾塑性耐震設計法について, 土木学会 第51回年次学術講演会講演概要集 第1部(B), P514~515, 1996.9

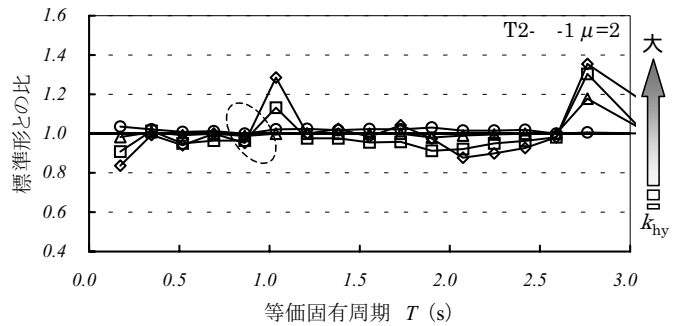


図-3(b) 標準形との比 ( $\mu=2$ )

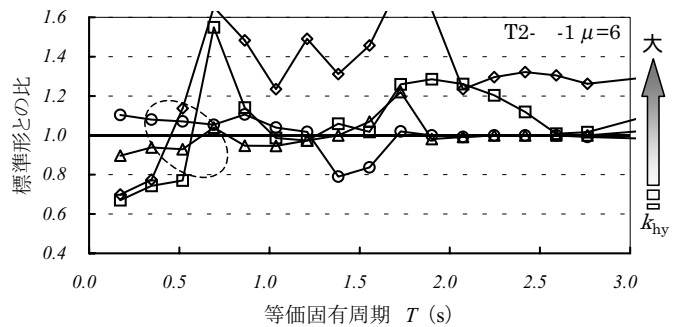


図-3(c) 標準形との比 ( $\mu=6$ )

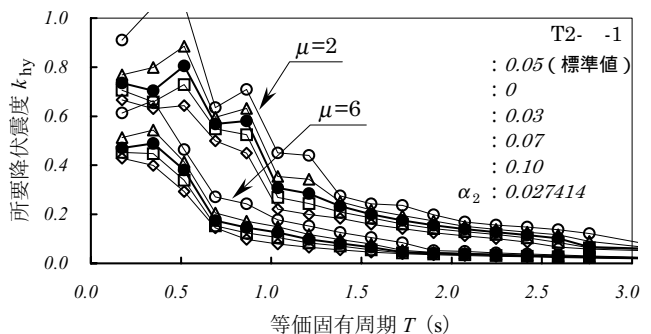


図-4(a) 粘性減衰定数の影響

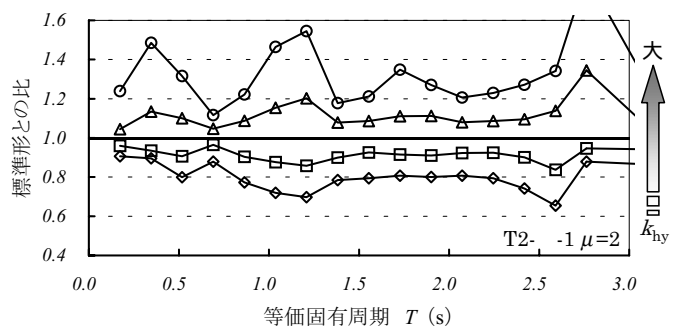


図-4(b) 標準形との比 ( $\mu=2$ )

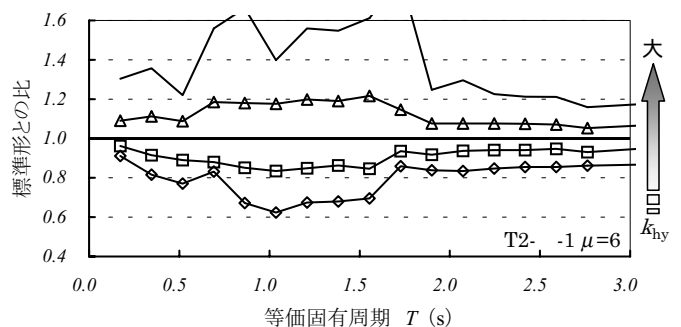


図-4(c) 標準形との比 ( $\mu=6$ )