

変位増幅係数を用いた非線形応答変位の推定に関する検討

土木大学 正会員 ○渡邊 学歩

土木大学 正会員 川島 一彦

1. はじめに

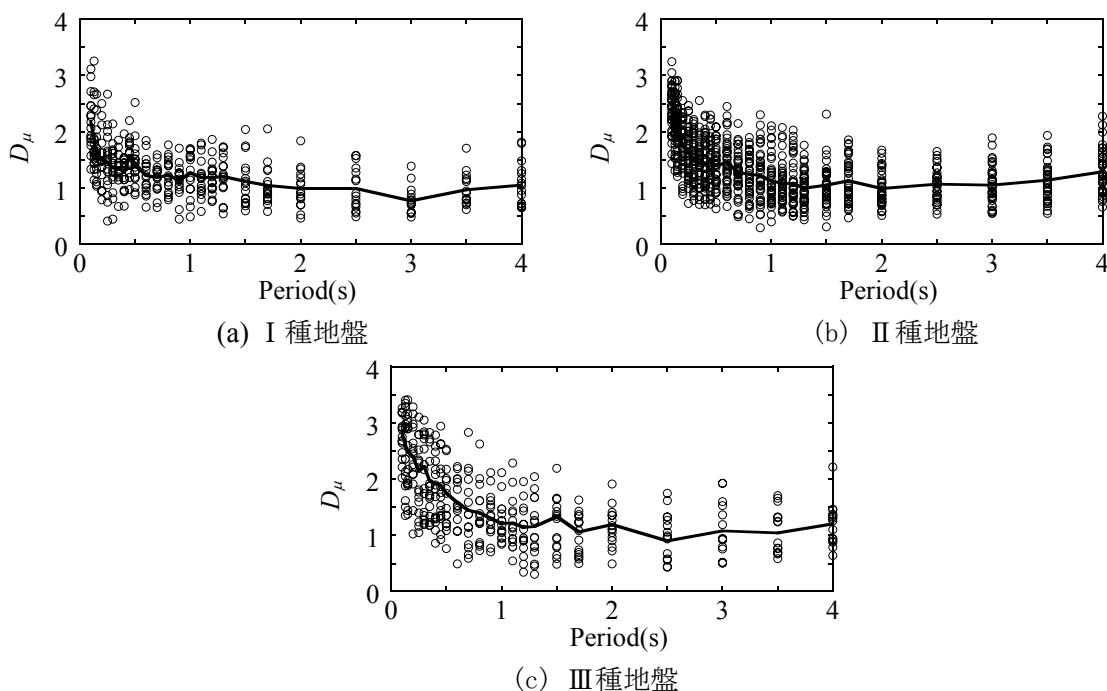
構造物の塑性化を考慮した構造物の耐震設計では、荷重低減係数や非線形の要求耐力スペクトルなどから地震時に想定されるじん性率に応じた構造物の要求耐力を推定し、構造物の耐震性能を照査することが多い。しかし、構造物の損傷は変形に依存するために、構造物に生じる変位の保有変形性能に対する照査も行われる必要がある。本論文では線形・非線形の構造物に生じる変形量に着目し、変位増幅係数という指標を用いることで、非線形の要求変形性能の推定法を提案していくものである。

2. 変位増幅係数の定義とその算出

1 自由度系モデルを用いた地震応答解析による、線形応答および非線形応答の最大値である δ_{EL} および δ_{NL} より、変位増幅係数 D_μ を次式のように定義する。

$$D_\mu = \delta_{NL} / \delta_{EL} \quad (1)$$

非線形応答 δ_{NL} は降伏変位 δ_y によって大きく変化する。変位増幅係数 D_μ の解析に際しては、応答じん性率が所定のじん性率 μ_T ($=2, 4, 6, 8$) となるように繰り返し計算によって固有周期毎 ($T=0.1-4.0$) にそれぞれ δ_y を求め、これらの場合の非線形応答 δ_{NL} に対する変位増幅係数 D_μ を求める。なお、非線形地震応答解析を行う際の履歴特性としては最も基本的な特性である完全弾塑性 Bilinear 型とし、入力地震動としてはわが国で観測された震源距離が 10km~500km の浅発地震を 63 記録、70 成分を対象とする。地震動を道路橋示方書の地盤種別区分に分類すると、Ⅰ種、Ⅱ種、Ⅲ種地盤に対して、それぞれ 16, 39, 15 成分である。

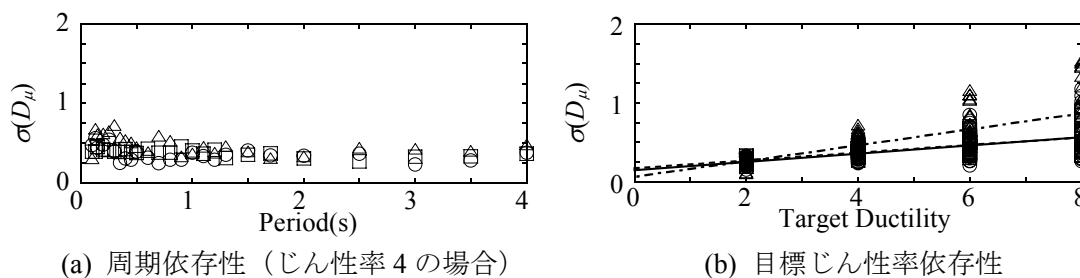
図-1 多数の地震動記録に対する変位増幅係数 D_μ

3. 多数の地震動記録に対する変位増幅係数

図-1には、目標じん性率 μ_T を4とした場合の変位増幅係数 D_μ およびその平均値を各地盤種別ごとに示す。変位増幅係数 D_μ は地震動により固有周期毎にばらつきがある。ただし、図-2に示すように変位増幅係数の標

キーワード 耐震設計、性能規定型設計、橋梁、非線形最大応答変位、変位増幅係数、じん性設計

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学 TEL 03-5734-2922

図-2 変位増幅係数 D_μ の標準偏差 $\sigma(D_\mu)$

標準偏差は周期によらず一定であり、じん性率 μ に応じて標準偏差は以下の通り推定することができる。

$$\sigma(D_\mu) = 0.5\mu_T + 0.15 \quad (2)$$

4. 変位増幅係数の定式化

図-1 に示した変位増幅係数 D_μ を定量的に評価するために、変位増幅係数 D_μ を次式のように定式化する。

$$D_\mu = -(c-1) \cdot (\mu-1) \cdot (T-a) / ae^{b \cdot T} + 1 \quad (3)$$

ここで、各係数 a , c は線形応答 δ_{EL} と非線形応答 δ_{NL} が等しくなり変位増幅係数 D_μ が 1 となる際の周期および周期がゼロとなる際の変位増幅係数 D_μ の極限を表している。また、係数 b については変位増幅係数 D_μ が最大となる場合の周期 $T = a + 1/b$ に影響を及ぼす。なお、これら非線形モデルのパラメーターの値は非線形回帰分析によって求めることとする。

図-3 には非線形回帰分析によって得られた式(3)による変位増幅係数の推定式の結果を示す。提案式は図-1 に示した平均値の変動をよく表している。図-4(a)には非線形回帰分析により得られたパラメーター a のじん性率依存性について示す。これは変位増幅係数 D_μ が 1 となるつまり非線形応答および線形応答の最大値が等しい（変位一定則）固有周期を表しており、じん性率によらず I 種、II 種、III 種地盤毎にそれぞれ 1.8, 1.9, 2.3 秒程度である。同様にしてエネルギー一定則（ $D_\mu = \mu / \sqrt{2\mu - 1}$ ）による非線形最大応答変位の推定が可能な固有周期について図-4(b)に示す。地盤種別に応じてそれぞれ 0.52-0.69, 0.53-0.62, 0.72-0.88 となり 0.5 秒から 0.8 秒程度の構造物ではエネルギー一定則による非線形最大応答変位の推定が可能であることが分かる。

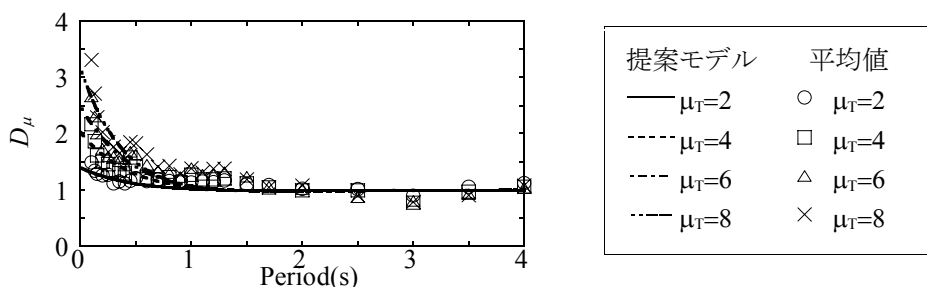


図-3 提案式による変位増幅係数と平均値の比較

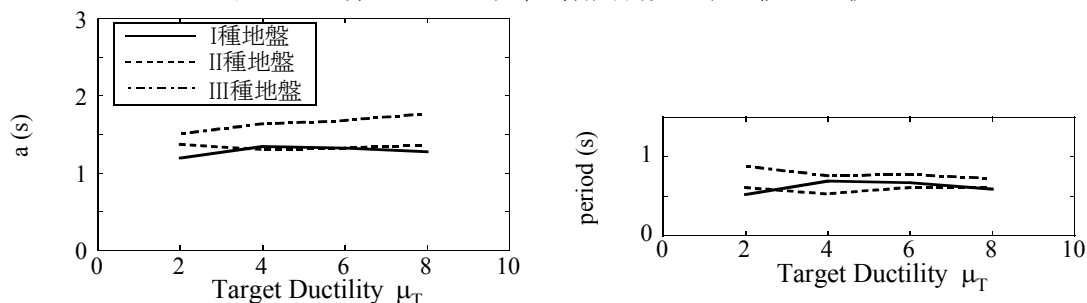


図-4 変位一定則およびエネルギー一定則により非線形最大応答変位が推定可能な固有周期

5. 結論

非線形最大応答変位の推定に用いる変位増幅係数に関する本解析結果については以下の通りである。

- (1) 変位増幅係数は図-1 に示したように、地震動によって大きなばらつきを有している。
- (2) この変位増幅係数を定量的に評価するために式(3)のように非線形モデルを提案し、これが変位増幅係数の周期依存性をよく捕らえている。