

損傷度指標を用いた道路橋の残存耐震性能評価

大阪産業大学 正会員 ○山下 典彦
 熊本大学大学院 学生会員 島袋 武

1. はじめに

道路橋示方書は、国際化や多様な工法・構造等への柔軟な対応を可能とする性能規定型の基準を目指して改訂されている。その具体的方法や性能の規定方法を定めるには、コンクリート構造物や鋼構造物の塑性域での動的挙動や終局強度を、精度良く評価する手法の開発が必要である。本研究では、損傷度指標¹⁾を耐震性能残存率²⁾へ導入し、実在する道路橋の1自由度モデル及びそれに直接基礎を考慮した3自由度モデルの耐震性能残存率を算出し、部材の断面特性に依存したパラメータβ(-0.3~1.2の広域な範囲)が解析結果に及ぼす影響について検討した。

2. 耐震性能残存率と損傷度指標

地震を受けた上部構造物が有する耐震性能残存率を算出するために必要な指標である損傷度は、応答変形と塑性率の関係に基づいて設定されている。本研究では、地震時の構造物の損傷度を数値的に表現する損傷度指標DIを塑性率の代わりに用いる。損傷度指標DIは、地震による構造物全体の損傷程度を定量的に表現することができ、RC橋脚における地震被害の外観との関係が確認されており、ここでは式(1)を用いる。

$$DI = \frac{\mu_d - 1}{\mu_u - 1} + \frac{\beta \cdot \mu_h}{\mu_u} \quad (1)$$

ここに、 μ_d, μ_u, μ_h はそれぞれ応答塑性率、終局変位靱性率、エネルギー靱性率である。

Parkら³⁾は、繰り返し載荷実験によって261個のβの値のデータを散布図として整理し、その結果からβの式を導出している。この散布図から、βは値が小さいほど密集しており、-0.3~1.2の広域な範囲を持つ値であることがわかる。本研究では、βとして比較的ばらつきが少ない0.0~0.3までを採用し、0.05刻みの0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30を用いた。

損傷度指標と上部構造物の損傷状態及び耐震性能の関係に、耐震性能残存率に用いる損傷度を組み合わせたものが表1である。前述の関係を利用し、損傷度指標を用いて耐震性能残存率を算出する。例として、損傷度IVの耐震性能残存率を求める場合を示す。まず、許容塑性率 μ_a を設定し、表1より終局変形はDI=1.0、損傷度IVは損傷度指標DI=0.60と設定する。上部構造物が終局変形(DI=1.0)に至った時点で求まる地震波倍率(原地震波に対する加速度入力倍率)が A_0 である。次に、図1に示すように、上部構造物が損傷度II(DI=0.60)に至るよう地震波を入力し、損傷度IVになった時点で1回目の地震波入力を終了する。引き続き、2回目の地震波を入力し、終局変形(DI=1.0)に至った地震波倍率が A_{d4} である。以上の計算より求められた A_{d4} を A_0 で除すことで、損傷度IVの耐震性能残存率 R_{dy4} が求められる。同様に、各損傷度での耐震性能残存率 $R_{dyn}(n=1,2,3,4)$ が求められる。

3. 解析条件

上部構造物の構造パラメータは、降伏震度0.2、許容塑性率5.0とし、直接基礎の影響を考慮する場合、I種地盤に支持されていると仮定し、土の単位体積重量17.6kN/m³、粘着力0.0kN/m²、ポアソン比0.3、上部構造物の減損傷度指標、耐震性能残存率、道路橋

表1 耐震性能残存率と損傷度指標

損傷状態	損傷度指標の値	耐震性能	損傷度	構造物の外観
無損傷	0.00	耐震性能I	損傷度I	ひび割れなし
使用可能	0.08			損傷度II
修復可能	0.18	耐震性能II	損傷度III	かぶりコンクリートの剥離
修復不可能	0.36			損傷度IV
崩壊	0.60	耐震性能III	損傷度IV	せん断耐力・軸耐力の損失

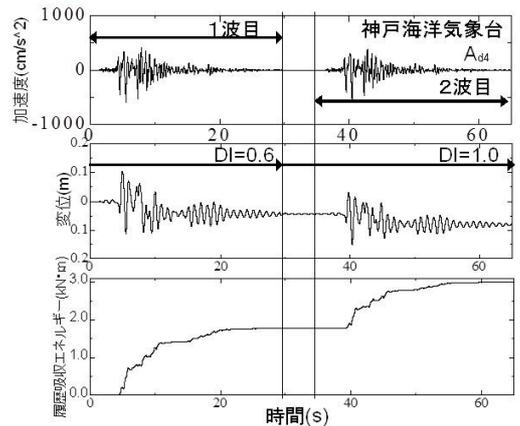


図1 損傷度IVの場合の時刻歴

衰定数 0.05, 基礎の減衰定数 0.1, N 値 40(道路橋示方書よりせん断波速度 273.6m/s, 内部摩擦角 39.5°)とした. 弾塑性地震応答解析は Newmark β 法($\beta=1/6$), 微小時間間隔 0.001s により行った. 入力地震動は, 神戸海洋気象台(兵庫県南部地震)及び築館(東北地方太平洋沖地震)の NS 成分とした.

4. 解析結果

β の設定による耐震性能残存率のばらつきをみるため, それぞれの β における耐震性能残存率を, その平均値である $\beta=0.15$ の耐震性能残存率で除したものを図 2 示す. 上段が 1 自由度モデル, 下段が 3 自由度モデルである. 損傷度指標の値が大きくなるに従って, $\beta=0.15$ の耐震性能残存率からそれぞれの耐震性能残存率のばらつく範囲が広がることがわかる. 上段の神戸海洋気象台で固有周期 0.965s の場合が最もばらつき, 損傷度指標 0.6, $\beta=0.00$ では $\beta=0.15$ のときと比較して約 1.8 倍大きくなっている. また一方, 上段と下段を比較すると, 神戸海洋気象台の場合, 1 自由度モデルの方が損傷度指標の値が大きくなるに従って, 耐震性能残存率のばらつきが大きくなっている. 築館の場合, そのような傾向はみられない. これらの結果から, 損傷度指標のパラメータ β は, 耐震性能残存率の算出に大きな影響を及ぼすことがわかった.

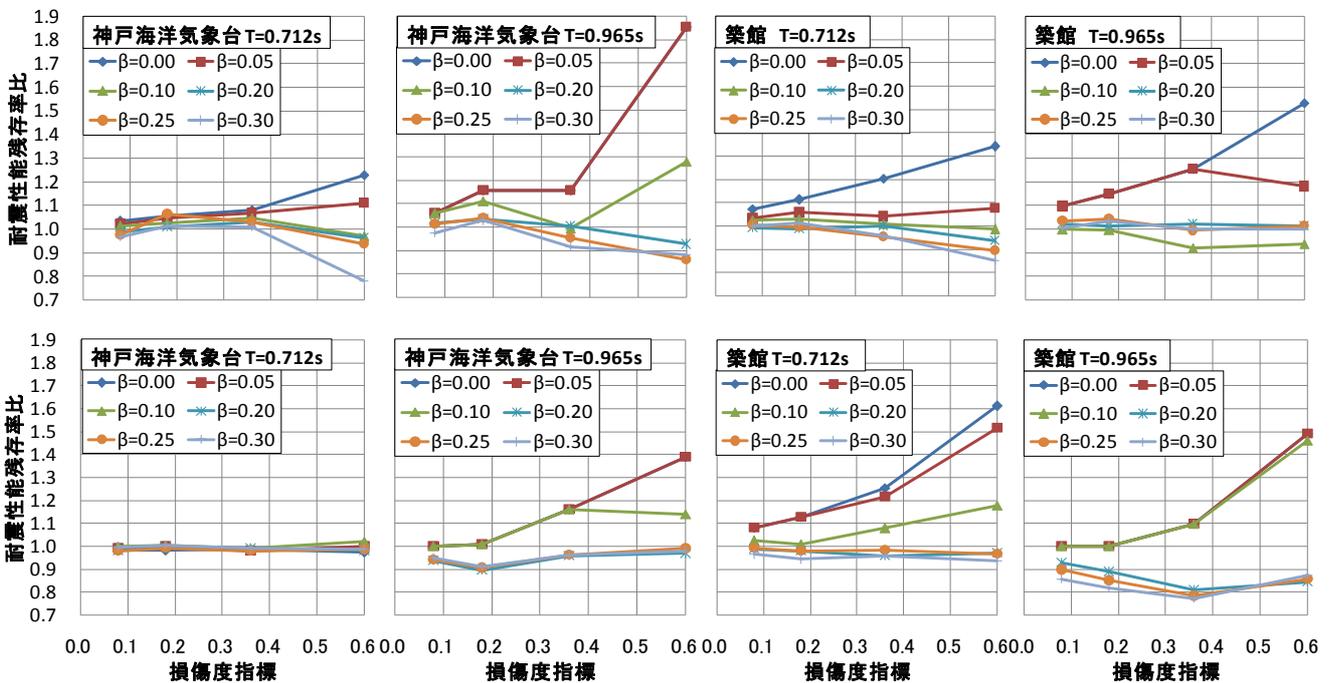


図 2 耐震性能残存率比—損傷度指標関係

5. まとめ

本研究では, 耐震性能残存率を算出し, 部材の断面特性に依存したパラメータ β が解析結果に及ぼす影響について検討した. その結果をまとめると以下の通りである. 1) 損傷度指標のパラメータである β を変化させることによって, 最大で平均値の約 1.8 倍の耐震性能残存率が算出され, パラメータの決定が耐震性能残存率へ大きな影響を及ぼすことがわかった. 2) 損傷度が大きくなる程, 耐震性能残存率の値が β の設定によってばらつくため, $\beta=0.15$ は 1 自由度モデルにおいて, 損傷度 III (損傷度指標 DI=0.36) までであれば耐震性能残存率の算出に利用できると考えられる.

参考文献

1) 家村浩和, 三上卓: 目標耐震性能に必要な降伏強度と塑性率のスペクトル, 土木学会論文集, No.689/I-57, pp.333-342, 2001. 2) 鄭文淑, 前田匡樹, 田才晃, 長田正至: 地震被害を受けた RC 造建築物の残存耐震性能の評価, 日本建築学会構造工学論文集, Vol.48B, pp.189-196, 2002. 3) Park, Y.-J., and Ang, A.H.-S.: Mechanistic seismic damage model for reinforced concrete, Journal of Structural Engineering, Vol.111, No.4, pp.722-739, 1985.