

経年劣化を考慮した R C 橋脚の地震時損傷度期待値

武蔵工業大学 学生会員 ○劉 汝剛
武蔵工業大学 正会員 吉川 弘道

1.はじめに

現在、R C 構造物の設計は仕様規定型から性能照査型への過渡期にあると同時に、設計の重点も新設に関する設計から、既存構造物の保守へと移行しつつある。本文は、鉄筋コンクリート橋脚を対象とし、経年劣化（鉄筋腐食による劣化）を考慮した、地震時の損傷度期待値を算定するものである。

2.地震危険度（地震ハザード曲線）

地震ハザード曲線は、震源距離分布及び水平最大加速度推定式の情報を集積し、歴史地震および活断層データから建設地点における地震動の年間超過確率を算定したものである。これは、すべての地震活動域に対し、マグニチュードと震源距離のすべての組み合わせについて距離減衰式を適用して任意の加速度 α の年間超過確率 $P(\alpha)$ を算出するものである。式(1)により、 t 年間でも超過確率 $P_t(\alpha)$ を算出するものである。図1に一例として、新宿付近における地震ハザード曲線を示した。式(2)により、地震ハザード曲線の年間超過確率 $P(\alpha)$ を基盤最大加速度 α で微分することで発生確率密度関数 $p(\alpha)$ に変換することができる。図2に新宿付近における発生確率密度曲線を示した。

$$P_t(a) = 1 - [1 - P(a)]^t \quad (1)$$

$$p_t(a) = - \frac{dP_t(a)}{da} \quad (2)$$

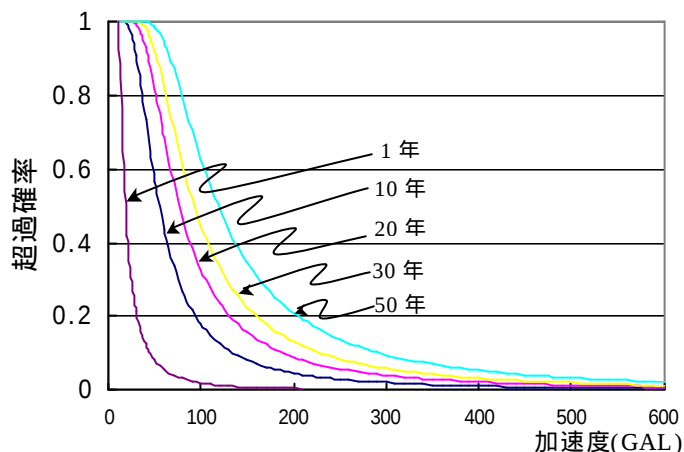


図1 地震ハザード曲線

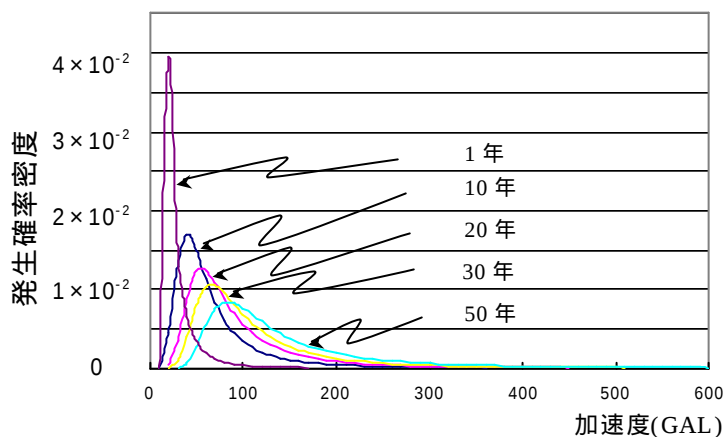


図2 発生確率密度曲線

3.地震時の損傷度曲線の解析

対象構造物の耐震性能を定量評価し、損傷状態に応じた損傷度期待値を予測する。対象構造物に基盤面最大加速度 α (Gal)が作用した際の弾性応答加速度 α_c (Gal)は式(3)より推定できる。非弾性挙動時の最大応答塑性率 μ_{resp} を弾塑性応答評価式(4)より推定する。さらに、Parkらが提案し、Kunnathらが修正した損傷度指標(Damage Index 以下:DI)を用い、構造物の耐震性能は式(5)より定量的に評価できる。

$$\alpha_c = 19.44 a^{0.6523} \quad (3)$$

$$\mu_{resp} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{P_E}{P_y} \right)^2 + 1 \right\} \quad (4)$$

$$DI = \frac{1}{\mu_u - 1} \left\{ (\mu_{resp} - 1) + \frac{1}{2} \frac{\beta \cdot E_h}{W_1} \right\} \dots \dots (b = 0.15) \quad (5)$$

キーワード：地震ハザード曲線 発生確率密度曲線 損傷度指標 経年劣化 損傷度期待値

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL : 03-3703-3111 FAX : 03-5707-1165

$P_E, P_y, \mu_u, E_h, W_l, \beta$ は弾性応答における復元力の最大値 (MN), 弾塑性系の降伏耐力 (MN), 終局変位靱性率 履歴吸収エネルギー (MN・mm), 降伏点までのひずみエネルギー (MN・mm), 部材の断面特性等に依存した正の係数である。

鉄筋腐食による経年劣化は, 式(6)のような腐食に断面減少として表す. この断面減少に伴い終局耐力 M_u が減少し, 式(7)によって算定する.

$$A_s(t) = np [D_b - 2v(t - T_l)]^2 / 4 \quad (6)$$

$$v = 0.04 \text{ mm/year} \quad T_l = 5 \text{ year (5年から劣化を始まる)}$$

$$M_u(t) = A_s(t) f_y \left(d - \frac{A_s(t) f_y}{1.7 b f'_c} \right) \quad (7)$$

さらに, 供用開始 t 年後の経年劣化を考慮した構造物に対する地震強度を表す損傷度曲線を算定する. 異なる経過年数に対する損傷度曲線を作成し, 図3を示した.

4. 地震時の損傷度期待値の算定

t 年後損傷度期待値密度 ed_t は, 式(8)のように発生確率密度 $p_t(\alpha)$ と損傷度指標 $DI(a)$ の積で表される.

供用期間あたりの損傷度を意味する供用期間損傷度期待値 ED_t を, 期待値密度 ed_t を用い, 加速度 α の全領域にて積分し, 式(9)より求める.

$$ed_t = p_t(a) DI(a) \quad (8)$$

$$ED_t = \int_0^{+\infty} ed_t(a) da = \int_0^{+\infty} p_t(a) DI(a) da \quad (9)$$

以上の手法により, 数値解析を実行し, 損傷度期待値密度曲線を図4, 損傷度期待値を時系列的な変化を図5に示した. 解析の結果を見ると, 経年劣化を考慮した場合, 供用期間損傷度期待値 ED_t が急速に拡大することがわかる.

5. あとがき

今後, 経年劣化を考慮した損傷度期待値の対数分布を用い, 破壊確率の算定を試みる.

参考文献:

- 1) Dan M. Frangopol, Kai-Yung Lin and Allen C. Estes: Reliability of Reinforced Concrete Girders Under Corrosion Attack, Journal of Structural Engineering, ASCE Vol.120, No.3, pp. 286-297, 1993.
- 2) 大井幸太, 吉川弘道: 鉄筋コンクリート橋脚に対する期待損傷額の算定, 土木学会第56回年次学術講演会, (平成13年10月)

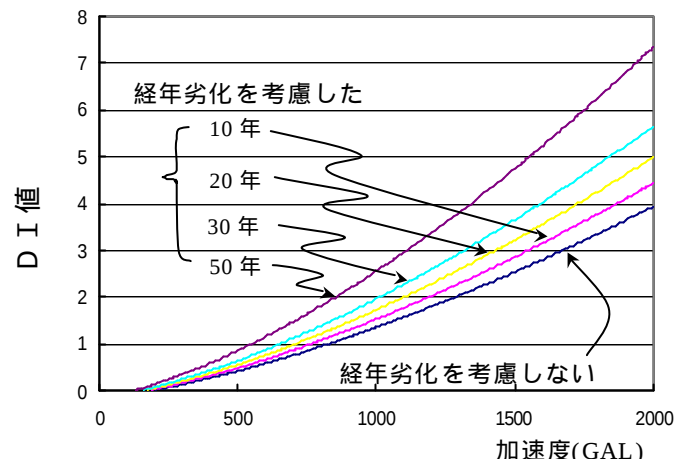


図3 損傷度曲線(DI)

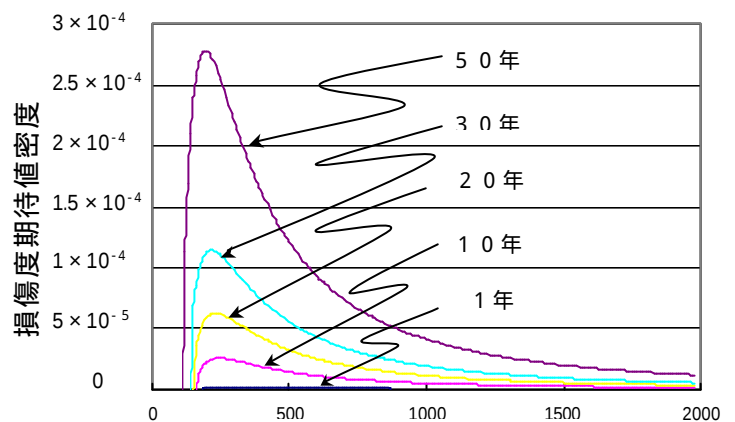


図4 損傷度期待値密度曲線 加速度(GAL)

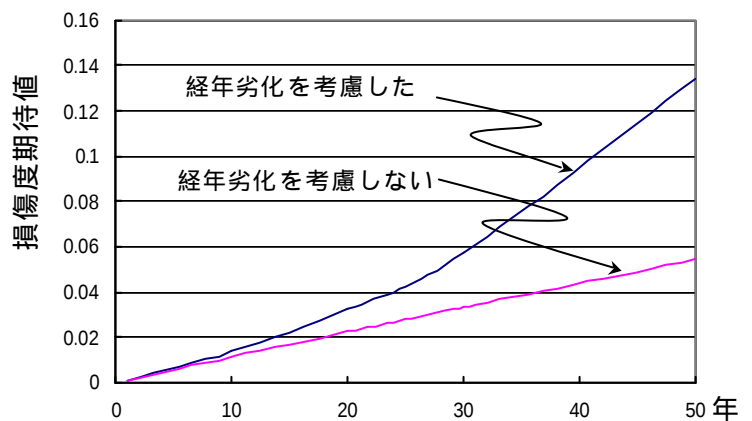


図5 時系列の損傷度期待値