

立命館大学理工学部 正 員 伊津野 和行
立命館大学大学院 学生員 〇馬場 正成

1. 研究の目的

既存構造物の中には、既に地震動を経験しているものは少なくない。そして、それらの耐震性を考えた場合、必ずしも設計当時の強度を保持しているとは考えられない。そこで本研究では、地震動を経験したRC構造物を例に挙げ耐震安全性評価手法を提案する。

2. 本研究を進めるにあたって

本研究では、既存RC橋脚をモデル化したもの（モデルは1自由度系の倒立振り子とし、初期剛性から求まる固有振動数は約2 Hzであり、減衰は5%を仮定した。）に例題入力地震波形として、El Centro NS 記録の倍率を変えて第1波を30秒、自由振動減衰時間として10秒、第2波を30秒とする2波入力（第1波-第2波の最大加速度がケース①：200gal-350gal, ケース②：350gal-200galとした。）し、地震応答解析を数値的に行った。そしてダメージインデックスの値を用いて地震動を経験したRC構造物を例に挙げ耐震安全性評価を行った。

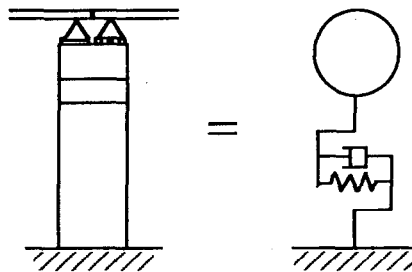


図-1 既存RC橋脚のモデル化

ダメージインデックスは、Park, Ang, and Wenらりによって提案された損傷度評価指標で、次式で表わされる。

$$D = \frac{\delta_m}{\delta_u} + \frac{\beta}{P_y \delta_u} \int dE \quad (1)$$

ここに、 δ_m : 最大応答変位。

δ_u : 単一方向荷重による終局変形能。

P_y : 降伏強度。

β : 正の定数。

$\int dE$: 履歴エネルギー吸収量。

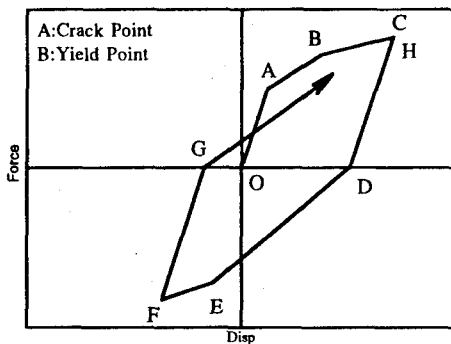


図-2 劣化型トリリニア復元力モデル

本研究では、 $\delta_u = 11.64 \text{ cm}$, $P_y = 1503 \text{ tonf}$ を採用し、 $\beta = 0.20$ と仮定した。 β の決定方法としては、数多くの実験結果から回帰分析によって推定式を導いている。また、 $D \geq 1.0$ は破壊または全体的な損傷を意味する。なお、RC構造物の変位-復元力特性として劣化型トリリニア履歴復元力モデル（図-2）を用いた。

以上のモデルと入力地震波形を用い、非線形時刻歴応答計算を行ってダメージインデックスDの値をパラメータとして耐震安全性評価を行った。

3. 数値シミュレーション解析結果と耐震安全性評価

ケース① (200gal-350gal入力), ケース② (350gal-200gal入力)の地震応答解析結果によるダメージインデックスDと履歴エネルギー吸収量Eをそれぞれ図-3, 4に示す。ダメージインデックスの式(1)を見ても明らかのように第1項は最大応答変位に、第2項は履歴エネルギー吸収量に影響する。そこで各々のケースにおいて最大応答変位は、ケース①では約42秒時（第2波入力の約2秒時）。ケース②では第1波入力時の約2秒時に発生している。したがって、耐震性を評価においてケース②のように入力2秒以降は履歴エネルギー吸収量のみによって成立する場合は、将来吸収可能な履歴エネルギー量を求めることで耐震安全性評価でき

Kazuyuki IZUNO, Masanari BABA

ると考えられる。本シミュレーションのケース②を例にとると、350gal入力終了時の $\delta_m = 4.42$ cmを式(1)に代入し、 $D \leq 1.0$ を仮定すると、総履歴エネルギー吸収量 E_0 が求まり、350gal入力終了時の履歴エネルギー吸収量 $E_1 = 41900$ tonf.cmを差し引くと、350gal入力終了後の吸収可能履歴エネルギー量 $\Delta E = E_0 - E_1 \approx 54300 - 41900 = 12400$ tonf.cmとなる。この数値を用いて、上述した最大応答変位を超えない地震動以外にも風や車両通過等による振動に対する耐震(振)安全性の評価が可能である。また、ケース①のように第2波入力時に最大応答変位が大きく変化するような場合は、その入力地震波の強度を推定するには最大応答変位を決定づけるシミュレーションを要し、その決定した値を用いて上述と同様に耐震性評価が可能であると考えられる。

4. まとめ

本研究により提案するRC構造物の耐震安全性評価手法は、ダメージインデックスDの値をもとに算定した将来吸収可能エネルギー量を指標として評価するものである。なお、評価する構造物の固有周期、振動の減衰効果と、その構造物の立地点における地震動の特性(強度、周期特性、継続時間)やその他の振動特性等によって無数の応答のケースがあるのは当然のこととであるが、具体的には以下に示す手法で地震を経験した既存橋脚の耐震安全性を評価する。

- ① 現時点での既存橋脚の損傷度を推定するために、実地震波形を用いた地震応答シミュレーションにより最大応答変位、履歴エネルギー吸収量を求める。
- ② 将来において最大応答変位の推定する。
- ③ ダメージインデックス $D \leq 1.0$ として、構造物特性の諸々の値(δ_u , P_y , β)と最大応答変位 δ_m (実応答値、または予測値)を代入し、算定した構造物の総吸収可能履歴エネルギー量から現時点における履歴エネルギー吸収量を差し引いて将来吸収可能履歴エネルギー量を推定する。
- ④ 現時点での構造物の吸収可能履歴エネルギー量 ΔE と、将来n年間において予測される履歴エネルギー吸収量 E との比較により評価する。

(I) $\Delta E \leq E$ の場合、将来n年間において耐震安全性に欠く。

(II) $\Delta E > E$ の場合、将来n年間において耐震安全性が保たれている。

参考文献

- 1) Y.J.Park, A.H-S.Ang and Y.K.Wen : Mechanistic Seismic Damage Model for Reinforced Concrete, Journal of Structural Engineering, vol.111, No.4, pp.722 - 739, April 1985.

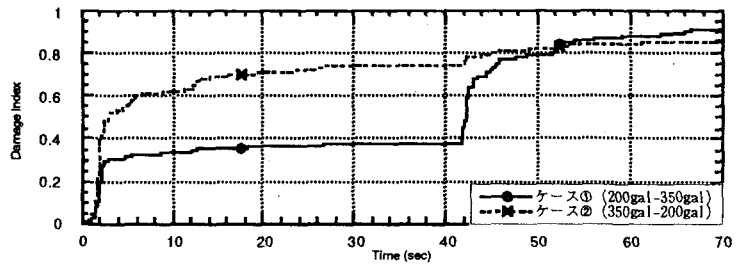


図-3 ダメージインデックス

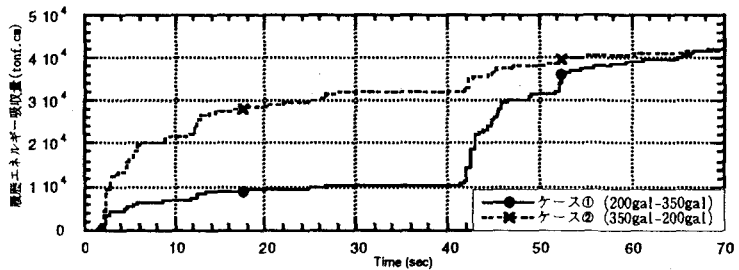


図-4 履歴エネルギー吸収量