

鉄筋コンクリート橋脚の地震後残存性能に関する検討

東電設計㈱ 正会員 ○本田 国保
 東京電力㈱ 正会員 赤石沢総光
 同 上 正会員 末広 俊夫
 東電設計㈱ 正会員 松原 勝己
 同 上 正会員 足立 正信

1. はじめに

阪神淡路大震災における教訓から、震災時の合理的かつ迅速な復旧方策が重要視されているが、被災構造物の残存性能の定量的評価法に関しては必ずしも確立されていない。本研究では合理的な復旧計画の支援を目的として、被災構造物の残存性能の観点から解析的検討を試みた。

2. 検討方法

被災度の判定指標として、残留変位や衝撃振動試験¹⁾から推定される残留剛性あるいは固有周期等は計測が可能である。一方、数値解析によれば残留変位、塑性率、消費エネルギー等を求めることができるため、両者の対比から被災構造物のこれらの指標を精度良く評価できる可能性がある。著者らは、高さ10mの鉄筋コンクリート橋脚を対象に、非線形FEM²⁾を用いて静的正負交番繰り返し載荷および正弦波入力 of 動的解析を行い、消費エネルギーと残留剛性および残留変位との関係を調べた。構造諸元を表-1、解析モデルを図-1、動的解析のケースを図-2に示す。動的解析は加速度振幅500galの正弦波入力とし、加振後の残留剛性および残留変位を調べるためCASE_1,2,5,6では1波入力した後に十分減衰してから次の正弦波を入力する。

3. 解析結果

静的解析結果を図-3に示す。降伏変位 δ_y は4cm（固有周期 $T \approx 0.6$ 秒）、最大変位 δ_u は正側で28cm（塑性率 $\mu = 7$ ）となり、この載荷ループの負側で橋脚基部のかぶり部の圧縮ひずみが急増して解析が終了した。

動的解析の一例（CASE_2）を図-4に示すが、残留変位は1波目で4cm、2波目-10cm、3波目8cm、4波目では-11cmとなり、繰り返し回数が増えても残留変位は必ずしも大きくなる。ただし、残留剛性（割線剛性）は繰り返し回数が増えるにしたがって徐々に低下する傾向がみられる。

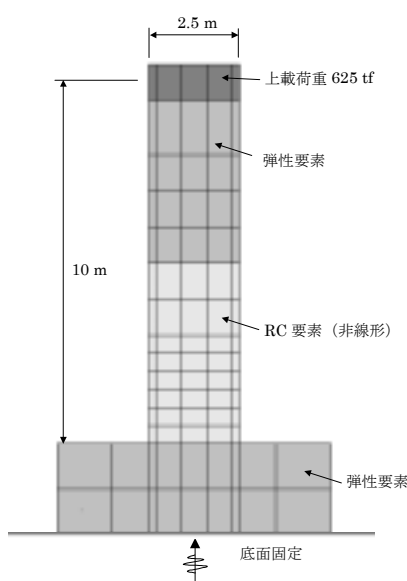


図-1 解析モデル

表-1 構造諸元

形状	高さ	10 m
	断面寸法	2.5×2.5 m
材料	コンクリートの圧縮強度	300 kgf/cm ²
	鉄筋の降伏強度	3,850 kgf/cm ²
配筋	主鉄筋比	1.0 %
	せん断補強鉄筋比	0.3 %

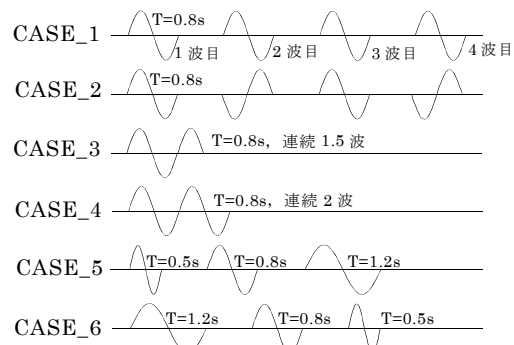


図-2 動的解析ケース

キーワード 鉄筋コンクリート橋脚, 被災構造物, 消費エネルギー, 残存性能, 非線形解析

連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野3丁目3番3号 東電設計㈱技術開発本部 TEL03-4464-5584

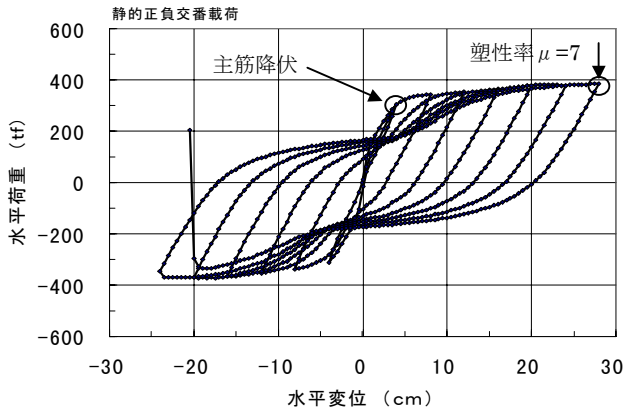


図-3 静的解析による荷重-変位関係

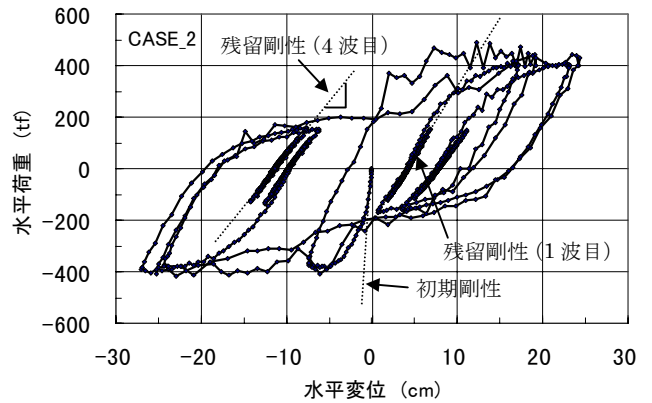


図-4 動的解析による荷重-変位関係 (CASE_2)

4. 残存性能指標

載荷履歴に依存せず損傷度を直接表現できる指標として累積消費エネルギー（図-5 参照）が考えられる³⁾。動的解析から求めた累積消費エネルギーと残留剛性および残留変位との関係を図-6 に示すが、残留剛性と累積消費エネルギーの関係は、残留変位に比べて相関が良いことがわかる。そこで、剛性残存率（残留剛性/初期剛性）あるいは固有周期とエネルギー残存率との関係で再整理し、結果を図-7 に示した。ここで、エネルギー残存率βは次式で定義した。

$$\beta = \left(1 - \frac{E_r}{E_{ca}} \right) \times 100$$

E_r (tf・m) は構造物が消費した累積エネルギーで地震応答解析から求まる荷重-変位関係の履歴ループ面積、 E_{ca} (tf・m) は構造物が吸収可能なエネルギー（静的正負交番繰り返し載荷の履歴ループ面積の累積）とした。

図-7 からエネルギー残存率は剛性残存率あるいは固有周期と明確な関係があることがわかる。また、エネルギー残存率が約 60%より小さくなると、剛性残存率あるいは固有周期はあまり変わらないことが見てとれる。なお、エネルギー残存率が 60%を下回る範囲での塑性率は 6~11 になっている。

5. まとめ

本報では構造物の損傷を定量的に表現できると考えられるエネルギー残存率を非線形解析により評価するとともに、エネルギー残存率が現場計測で推定可能な剛性残存率と明確な関係があることを示した。これにより、非線形解析と現場計測の組み合わせで被災構造物の残存性能を定量的に評価できる見通しが得られた。

参考文献

- 1) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告，土木構造物の応急復旧，補修，補強，1999.10
- 2) 岡村甫，前川宏一：鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則，技報堂出版，1991
- 3) 例えば，魚本ら：繰り返し曲げを受ける RC 梁の消費エネルギーによる破壊特性評価，土木学会論文集，No.460/V-18，1993

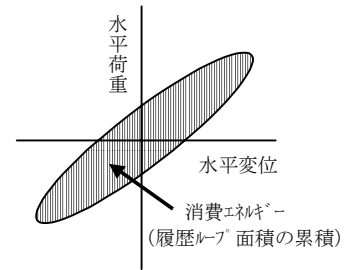


図-5 消費エネルギーの定義

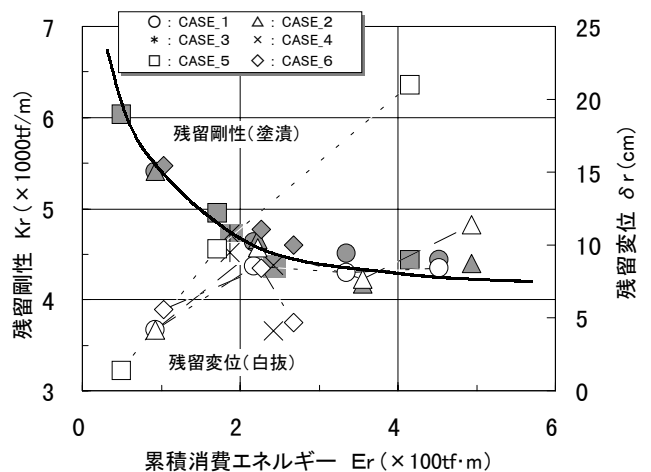


図-6 累積消費エネルギーと残留剛性の関係

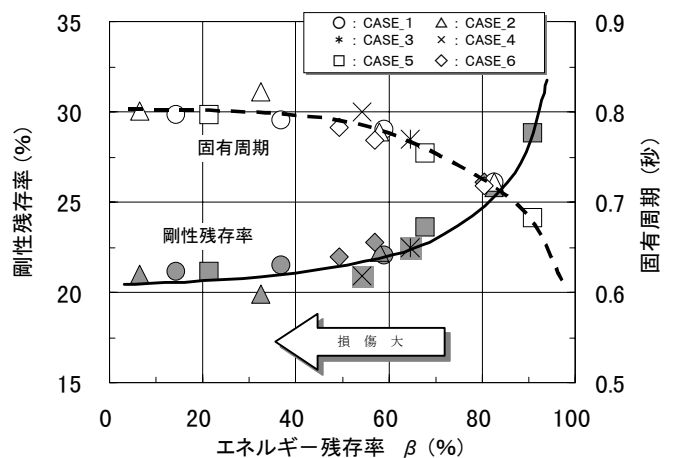


図-7 エネルギー残存率と剛性残存率の関係