

R C 橋脚の耐震設計における変形照査法について

京都大学防災研究所 正会員 土岐 憲三
 京都大学大学院 ○学生員 白井 孝治

1. まえがき：道路橋示方書の第Ⅴ編耐震設計編¹⁾の中では、脆性破壊の恐れがあるような橋脚については応力度の照査に加えて変形性能の照査も行なうべきことが示されている。

しかし、その照査法の中で用いられている数値などについては不明確な点が多く、改善する余地があると指摘されている²⁾。本研究では、橋脚をロッキングを考慮に入れない一自由度系のモデルに置き換えて弾塑性応答計算を行ない、その結果に基づき簡便で実用的な応答塑性率の検討方法を提案した。

2. 弾塑性応答解析：本研究では橋脚の解析モデルとして1自由度の非線形系を用いた。また、繰り返し荷重載荷時のRC部材の荷重変形履歴曲線は、図-1に示すような劣化型のtri-linear型（武藤モデル）を用いた。解析の対象とした構造物は、図-2に示すT型単柱のRC橋脚である。その構造諸元を決定するにあたっては、阪神高速道路道路公団の『鉄筋コンクリート構造物標準図』³⁾を基準とした。この標準図中の橋脚高さ $H=16\text{m}$ のものを基本型として選定し、その橋脚下端における断面力を比較して、一般的な断面寸法をもつように計60種類設計した。また、スケルトンカーブの決定などの設計作業については、道路橋示方書に準拠したCADシステム⁴⁾を用いた。入力地震波形はEl Centro(1940)、八戸(1968)、開北橋(1978)、Taft(1952)、室蘭(1968)、青森(1968)、宮古(1968)での記録を用いた。

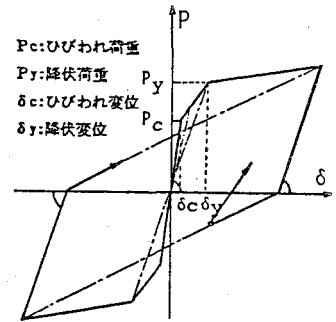


図-1 履歴曲線

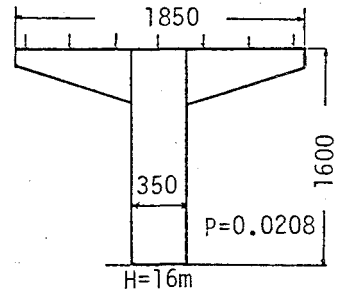


図-2 対象構造物

3. 計算結果：橋脚高、柱断面寸法（正方形）、鉄筋比、入力最大加速度（100gal ~ 1000 gal）、入力地震波などを変化させ、これらを組み合わせて応答特性が明らかになるように弾塑性応答計算を行なった。計算結果の一例（入力地震波形：El Centro）として塑性率（ μ ）と入力最大加速度（ α_{max} ）の関係を示したものが図-3である。これより、断面が大きくなるに従って塑性率が大きくなり、高さが高くなるに従って塑性率が小さくなっていることがわかる。また、図-3(a)、(b)、(e)ではほぼ1次比例の関係があるが、図-3(d)では2乗に比例する関係が認められる。そこで横軸の入力最大加速度を重力加速度で除して入力震度 k_p なるものを考え、塑性率と入力震度間の回帰式を次式のように定義した。

$$\mu = A k_p^2 + B k_p \quad (1)$$

また各橋脚によって塑性率の大きさが異なるのは橋脚の固有周期に依存すると思われるので、次式で定義される固有周期をA、Bのパラメータとして選んだ。

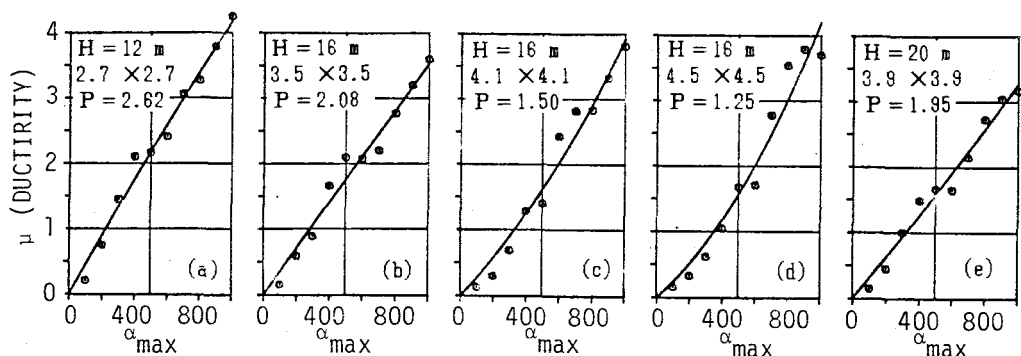


図-3 入力加速度と塑性率の関係

$$K_{eq} = P_y / \delta_y, \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{W}{g K_{eq}}} \quad (2)$$

次に A、B と T との関係をも El Centro の場合について図-4 に示した。この結果及びその他の波形を用いた結果から A、B を次式のように定義した。

$$\mu = \begin{cases} 4 k_p & (T \geq 0.5 \text{ sec}) \\ 4 k_p + (0.5 - T)(30 k_p + 60 k_p^2) & (T < 0.5 \text{ sec}) \end{cases} \quad (3)$$

4. 応答塑性率の推定法：3. の結果において橋脚の形状・寸法が標準的なもの（図3 (a), (b), (e)）であれば、 μ と $\alpha_{\max}$ の関係はほぼ直線関係に近いと認められる。そこで議論をこれらに限定すれば、式(1)で2次の係数を0とすればよいので B(T) は次式で与えられる。

$$B(T) = \begin{cases} 4 & (T \geq 0.5 \text{ sec}) \\ 19 - 30T & (T < 0.5 \text{ sec}) \end{cases} \quad (4)$$

一方、図-6のような完全弾塑性型の復元力特性を持つ系を考えるならば、次式が成立する。

$$\frac{\delta_p}{\delta_e} = \frac{\delta_p}{\delta_y} \cdot \frac{\delta_y}{\delta_e} = \mu \frac{\delta_y}{\delta_e} \quad (5)$$

また、水平設計震度と荷重との間に、 $Q_e/Q_y = k_p/k_y$ (k_y : 鉄筋が降伏する時の震度) が成り立つと考えられるので、式(4)と式(5)から次式を得る。

$$\frac{\delta_p}{\delta_e} = B(T) \times k_y \quad (6)$$

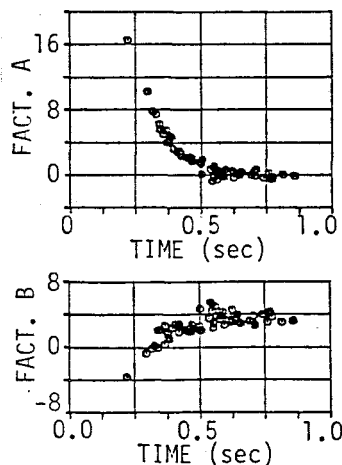


図-4 係数 A、B と T の関係

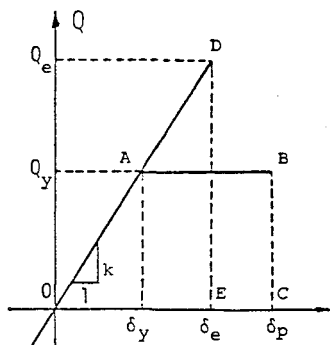


図-5 完全弾塑性型復元力特性

すなわち、この式は、B(T)、 k_y 、及び弾性応答変位 δ_e から非弾性応答変位 δ_p が求まることを示している。 δ_e は、各種線形応答スペクトルから知ることができるので、降伏震度 k_y さえ算定すれば B(T) を用いて容易に応答塑性率が求められる。

参考文献：1) 日本道路協会：道路示方書・同解説『耐震設計編』、昭和55年、8月 2) 太田：鉄筋コンクリート橋脚の耐震設計、橋梁と基礎、1981年12月、pp.32～pp.37 3) 江見、石崎、木代：阪神道路公団・技法第3号、pp.48～pp.59、1984 4) 沢田：道路橋の耐震設計のためのマイコンによるCADシステム、京都大学工学部卒業論文、昭和59年2月