

V-272

RC単柱橋脚に及ぼす上下動の影響の概略推定

ハザマ技術研究所 正会員 松原勝己
 同 上 同 上 浦野和彦
 武蔵工業大学 同 上 吉川弘道

1. まえがき 一昨年の阪神・淡路大震災では、大きな上下動を含む震源近傍における多くの地震観測記録が得られ、構造物に対して上下動が及ぼす影響については未だ明確な結論が得られていないものの、構造物の被害や挙動に影響を及ぼすという指摘^{1) 2)}がいくつかなされているのも事実である。一方、現状の耐震設計では上下動を考慮する場合でも、震度法による対応が一般的に用いられている。本報では、上下動の影響を概略推定するため、橋梁上部構造と橋脚を一自由度系でモデル化し、応答スペクトル法を用いて水平および上下の地震時慣性力が作用したときに発生する断面力を算定・照査した。

2. 上下動の考慮方法 以下の手順で水平および上下の地震時慣性力が作用したときの橋脚に発生する断面力を算定・照査した。

- (1) 上下動に関係する橋脚の軸剛性は、ひび割れ前は全断面有効とし、ひび割れ後は軸方向鉄筋のみの剛性として求める。水平動に関係する橋脚の曲げ剛性は、鉄筋の剛性を無視したコンクリートの弾性剛性を用いる。
- (2) RC橋脚を一端固定の梁としたときの上下振動および水平振動の固有振動数(固有周期)を求める。
- (3) 兵庫県南部地震での神戸海洋気象台記録のUD(上下)およびNS(南北)成分の加速度応答スペクトルから、(2)の固有周期に対応する値を読みとり、減衰に対する補正を行い水平動および上下動の加速度応答値を推定する。
- (4) 橋脚に軸力および曲げが作用したときの断面力を(3)で求まる慣性力から算定し、軸力-曲げモーメントの相互作用図にプロットし照査を行う。

3. 断面力の推定と照査

(1) 橋脚の剛性 RC橋脚に対するひび割れ前およびひび割れ後の軸剛性を、式(1)および(2)で求めた。

$$\text{ひび割れ前} ; E_c A_c + E_s A_s = E_c A_c (1 + n p) \quad (1)$$

$$\text{ひび割れ後} ; E_s A_s = E_c A_c n p \quad (2)$$

ここに、 E_c, A_c :コンクリートのヤング係数および断面積、 E_s, A_s :鉄筋のヤング係数および断面積、 $n = E_s / E_c$ 、 $p = A_s / A_c$ である。

いま、実大の道路橋脚を想定して橋脚断面を $2.8\text{m} \times 2.8\text{m}$ の正方形($A_c = 7.84\text{m}^2$)とし、橋脚高さを $L = 12.7\text{m}$ とする。このとき、橋脚を梁としたときの軸方向のバネ k_v および k_v' は、式(3)および(4)で算定される。

$$\text{ひび割れ前} ; k_v = E_c A_c (1 + n p) / L = 1.426 \times 10^6 \text{ tf/m} \quad (3)$$

$$\text{ひび割れ後} ; k_v' = E_c A_c n p / L = 1.296 \times 10^5 \text{ tf/m} \quad (4)$$

ここに、 $n = 10$ 、 $p = 1\%$ とした。

また、水平振動に対するバネ k_H は、鉄筋の剛性を無視したコンクリートの弾性剛性を仮定し、一端固定の梁として式(5)で算定した。

$$k_H = 3EI / L^3 = 1.575 \times 10^4 \text{ tf/m} \quad (EI: \text{橋脚の曲げ剛性}, L: \text{橋脚高さ}) \quad (5)$$

キーワード: RC橋脚, 耐震設計, 上下動, 応答スペクトル法

連絡先: ハザマ技術研究所 〒305つくば市荏苒字西向515-1 TEL0298-58-8813 FAX0298-58-8829

武蔵工業大学 〒158東京都世田谷区玉堤1-28-1 TEL03-3703-3111 FAX03-5707-1165

(2)固有振動数 上部構造と張り出し部の重量を $W=1200\text{tf}$ として、橋梁と橋脚を一自由度系としたときの固有振動数（固有周期）を式(6)～(8)により求めた。

$$\text{上下動（ひび割れ前）； } f_{nv} = 1/2\pi \cdot \sqrt{(k_v g/W)} = 17.18 \text{ Hz } (T_{nv} = 0.0582\text{sec}) \quad (6)$$

$$\text{上下動（ひび割れ後）； } f_{nv}' = 1/2\pi \cdot \sqrt{(k_v' g/W)} = 5.18 \text{ Hz } (T_{nv}' = 0.193\text{sec}) \quad (7)$$

$$\text{水平動 } ; f_{nh} = 1/2\pi \cdot \sqrt{(k_h g/W)} = 1.81 \text{ Hz } (T_{nh} = 0.552\text{sec}) \quad (8)$$

(3)応答量の推定 兵庫県南部地震の神戸海洋気象台記録の減衰5%に対する加速度応答スペクトル（UD成分のみ）を、図-1に示す。図には、軸力の変化に伴うバネ定数と固有周期の変化、さらにそれに対応する応答スペクトルも合わせて示している。式(6)～(8)の固有周期に対応するスペクトル値は、それぞれ式(9)～(11)となる。

$$\text{上下動（ひび割れ前）； } S_{av}(0.0582, 0.05) = 354\text{gal} \quad (9)$$

$$\text{上下動（ひび割れ後）； } S_{av}(0.193, 0.05) = 942\text{gal} \quad (10)$$

$$\text{水平動 } ; S_{ah}(0.552, 0.05) = 1584\text{gal} \quad (11)$$

さらに、上下動および水平動に対して、地震時の減衰がそれぞれ10%および20%になると仮定し、式(12)で表される補正係数³⁾により補正を行えば、上下動（ひび割れ後）および水平動に対して、応答値がそれぞれ式(13)および(14)で得られる。

$$c_D = 1.5/(40h+1) + 0.5 \quad h: \text{減衰定数} \quad (12)$$

(h が0.1および0.2のとき、 c_D が0.8および0.67)

$$\alpha_v = 754\text{gal} = 0.769 \text{ G} \quad (13)$$

$$\alpha_h = 1061\text{gal} = 1.083 \text{ G} \quad (14)$$

(4)断面力の照査 式(13)および(14)を用いて、軸力および曲げモーメントを求めれば、式(15)～(17)が得られる。

$$\text{軸力 } N^- = (1-\alpha_v)W = 277 \text{ tf} \quad (\text{圧縮}) \quad (15)$$

$$N^+ = (1+\alpha_v)W = 2122 \text{ tf} \quad (\text{圧縮}) \quad (16)$$

$$\text{曲げ } M = \alpha_h WL = 16505 \text{ tf/m} \quad (17)$$

さらに、応力に換算すれば、式(18)～(20)が得られる。

$$N^-(bd) = 35.3 \text{ tf/m}^2 = 3.53 \text{ kgf/cm}^2 \quad (18)$$

$$N^+(bd) = 270.7 \text{ tf/m}^2 = 27.1 \text{ kgf/cm}^2 \quad (19)$$

$$M/(bd^2) = 751.9 \text{ tf/m}^2 = 75.2 \text{ kgf/cm}^2 \quad (20)$$

式(18)～(20)の結果を軸力-曲げモーメントの相互作用図にプロットすれば、図-2が得られる。図-2から、軸力変動自体は小さいが、釣り合い破壊近傍にあるため断面崩壊の危険性が大きいものと考えられる。さらに、図-1から曲げ降伏に伴う一部の主鉄筋が降伏することでさらに長周期化し、スペクトルのピーク値に達することも考えられる。

4.あとがき 本報では、RC橋脚と橋梁上部構造を一自由度系でモデル化し、応答スペクトル法を用いて上下動の影響を概略推定した。その結果、地震時の軸力変動自体は小さいが、釣り合い破壊近傍のため断面崩壊の危険性があること、また鉄筋降伏の影響を考えればさらに上下動の影響が大きくなる可能性があることがわかった。 <参考文献> 1)園田恵一郎：上下動における地盤と構造物の相互作用について，震災フォーラムNo.6「基礎構造」，土木学会誌，Vol.81，No.3，1996.3 2)伯野元彦：上下動復活か，土木学会第51回年次学術講演会I(B)，pp.186-187，1996.9 3)（社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編，平成8年12月，pp.79，1996 4)吉川弘道：鉄筋コンクリートの解析と設計，丸善，pp.117，1996.10

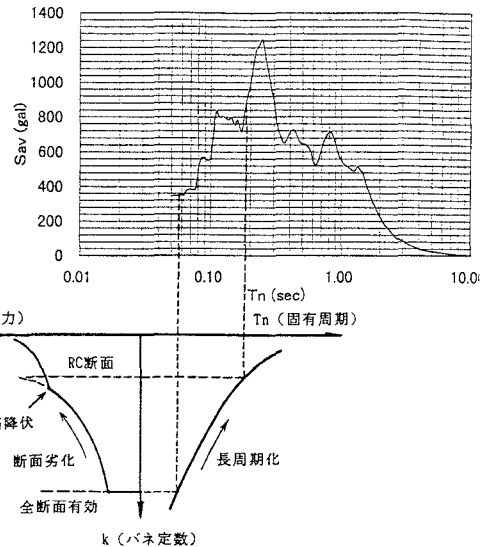


図-1 加速度応答スペクトル（神戸UD）

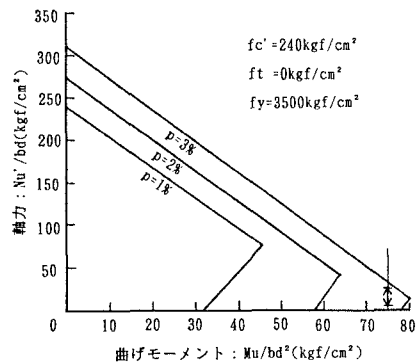


図-2 軸力-曲げモーメント相互作用図⁴⁾