

V-276

既設橋脚の耐震性評価に関する一考察

(株)日本構造技術研究所 正員 ○平岡 良彦 正員(フェロー) 則武 邦具 伊藤 守

1. はじめに

平成7年に発生した兵庫県南部地震による多くの震災事例を踏まえ、耐震設計手法の見直しが行なわれ、平成8年の道路橋示方書V・耐震設計編(以後道示Vという)にて、保有水平耐力法による耐震設計が義務づけられた。

既設橋脚においても、保有水平耐力法にて耐震性の照査を行ない、その補強設計がなされている。本稿は、道示Vに規定されているタイプⅠ及びタイプⅡ規模の巨大地震に対して「損傷は受けるが、崩壊はしない」という耐震性能を設定し、エネルギー的な観点にたつて、既設橋脚の耐震性能を評価した。

2. 検討対象橋脚及び検討ケース

検討橋脚は、図1に示すような震度法レベルで設計され、橋脚途中で主筋の段落しを行い、中間帯鉄筋が道示Vに規定の構造細目を満足していないRC橋脚とした。また、その応答加速度が大きくなる固有周期の範囲となるよう、橋脚1基が受け持つ上部工重量を670 tf、335 tf、168 tfの3ケースとした。(表1)

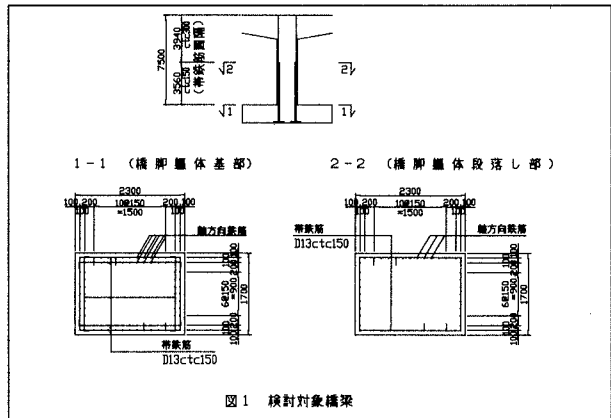


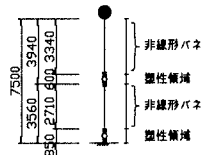
図1 検討対象橋脚

3. 保有水平耐力法による照査結果

図2に示す橋脚基部及び段落し部の2個所に塑性ヒンジ領域を設けた解析モデルにて漸増荷重による静的非線形解析を行なった結果、全てのケースでせん断破壊先行の破壊過程となった。そこで、段落し部を補強することを前提に橋脚基部のみに塑性ヒンジを設け、保有水平耐力法による照査を行なった結果、表2に示すように、橋脚基部は、許容塑性率の安全率を1.0としても、一部、道示Vの耐震性能を満足しなかった。

表1 検討ケース及び主筋配

検討 ケース	上部工重量 (tf)	主筋の配筋状態	
		基部	段落し部
CASE 1	670	2段-D32@150	D32@150
CASE 2	335	2段-D29@150	D29@150
CASE 3	168	2段-D25@150	D25@150

図2 保有水平耐力
解析モデル

4. 耐震性能評価方法

一般的に、地震による構造系へのエネルギー総量Eは、以下のようになる。

$$E = E_p + E_e + E_h \quad (1)$$

E_p : 塑性歪エネルギー

E_e : 弾性歪エネルギー

E_h : 減衰エネルギー

通常の静的な荷重が構造物の静的な釣り合い状態を喪失する際に無限に近いエネルギーを投入するのに対して、地震時に投入されるエネルギーは有限であり、構造物の最大耐力レベル以後、構造物の耐荷力は、低下するが、まだ、動的な釣り合い状態にある。(図3)

表2 保有水平耐力照査結果

検討 ケース	固有周期 (sec)	地震動 タイプ	橋脚基部保有水平耐力照査結果			判定
			終局水平耐力 (tf)	$K_h \cdot W$ (tf)	せん断耐力 (tf)	
CASE 1	0.58	I	244	293	244	NG
		II	244	751	244	NG
CASE 2	0.46	I	190	130	232	OK
		II	190	331	232	NG
CASE 3	0.37	I	145	32	222	OK
		II	145	155	222	NG

(注) せん断耐力はコンクリート標準示方書(H8)の方法にて算出

今、(1)式における E_p は、構造物が塑性変形して吸収する塑性仕事の累積値であり、 $E_p + E_e$ を構造物が受ける損傷の程度を示すエネルギー E_d と定義し、構造物が崩壊しない耐震性能に対するクライテリアを、下式のように設定した。

$$\delta_{\max} \leq \delta_u, E_d \leq E_r \quad (2)$$

ここに、 $\delta_{\max}$ は最大応答変位、 δ_u は終局変位、 E_r は構造物の吸収可能エネルギーである。この吸収可能エネルギーは、通常、構造系の荷重(P)—変形(δ)関係から、その面積で表されるが、荷重—変形の履歴がある場合、その履歴による移行を補正した平均累積塑性変形倍率 η を用い、終局変位の降伏変位に対する比率(塑性率： η_0)を $\eta = \eta_0(1+3/4)$ にて割り増しできるとしている¹⁾(図4)。

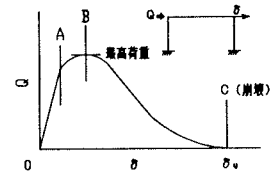


図3. 地震荷重による崩壊過程

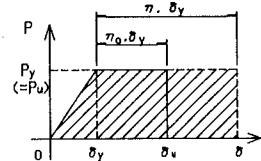


図4. 荷重の履歴を考慮した吸収エネルギー

5. 橋脚の評価結果

図2に示す解析モデルを流用し、橋脚を道示Vに規定の $M-\phi$ 関係を有する非線形部材とした非線形動的解析を行なった。尚、本解析は、段落し部を補強し、損傷が基部先行の曲げ破壊型に移行したと仮定した。図5に示すように、水平保有水平耐力照査で耐震性能が確保されなかったcase2及びcase3で、目標とする耐震性能を満足した。また、地震レベルと耐震性能の関係を確かめるため、入力最大加速度($\alpha_{\max}$)を基準に、その0.5倍、1.5倍の加速度を有する地震動を入力し、case2のタイプII地震について、同様の解析を行なった結果、図6に示すように、タイプII地震入力加速度の約1.3倍の入力地震動まで目標とする耐震性は確保され则认为される。また、解析から得られた橋脚へ損傷を与えるエネルギー量を等価な速度($V_d = \sqrt{2 \cdot M / E_d}$)で、整理した結果、図7に示すような関係にあり、今後データを重ねれば、損傷エネルギーが推定できると考えられる。

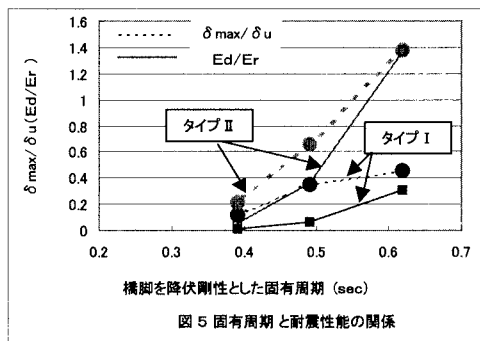


図5 固有周期と耐震性能の関係

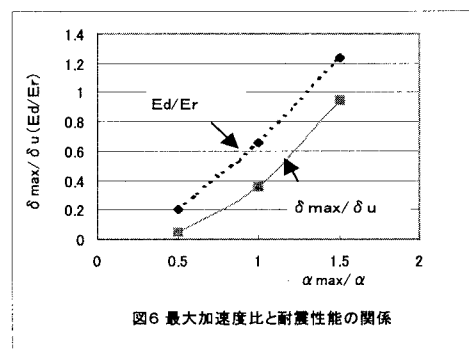


図6 最大加速度比と耐震性能の関係

6. まとめ

本検討対象橋脚は保有水平耐力法での照査では、橋脚基部まで補強が必要であるが、「橋脚が崩壊しない」という耐震性能を設定し、エネルギー収支に着目して評価した結果、その性能を満足する場合もあり、今後の耐震補強に関する一つの技術提案となる可能性もある。

- 1) 秋山 宏: RC構造剛接合骨組みの地震応答, 日本建築学会論文報告集, 1987年

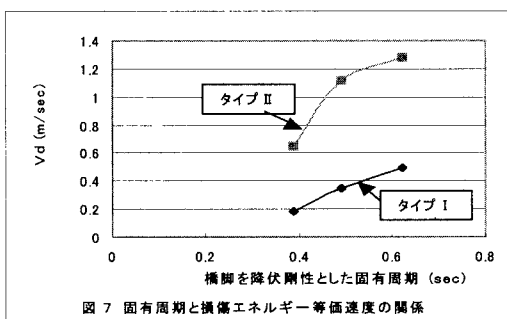


図7 固有周期と損傷エネルギー等価速度の関係