

PSV-21 変形性能を考慮した鉄道橋脚の耐震設計

北海道旅客鉄道(株) 正会員 吉野 伸一
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 石橋 忠良
 鉄道総合技術研究所 正会員 斉藤 俊彦
 鉄道総合技術研究所 正会員 渡辺 忠朋

1. はじめに

RC構造物の耐震設計において、耐力のみならず、部材降伏以後の変形能力を考慮することで、大地震に対しても安全な構造物を経済的に造ることができる。筆者らは、既往の研究成果から鉄筋コンクリート部材の変形能力(靱性率)を比較的精度良く算定することを可能にし、これによりRC橋脚の耐震設計法の検討を行い、鉄道橋脚の設計に取り入れているので紹介する。

2. 部材降伏以後の変形能力を考慮した耐震設計

RC構造物の耐震設計は、変形能力を考慮しない耐力設計とある程度の塑性変形を許容する靱性設計の2通りに分けることができる。鉄道橋脚等の一般のRC構造物は中小地震に対して機能確保の条件を満足し、大地震に対しては塑性変形を許容するが安全確保の条件を満足する。即ち、後者の考え方を基に設計してよいと考えられる。

この設計の考え方をエネルギー的に捉えると、図-1に示す荷重-変位曲線において、面積 $\triangle ODE$ (地震入力エネルギー) < 面積 $\square OABC$ (部材の吸収エネルギー)となるように各部材を設計するとよいということになる。鉄道橋脚の各部材の耐力は、その建設地点で数年に一度発生する程度の中小地震に対して降伏値を越えないように設計し、その変形性能(靱性率: μ)は、耐用年数間に発生するか否かの大地震時において各部材が吸収できるエネルギーが地震入力エネルギーを上回るように設計することとしている。

2.1 RC橋脚の靱性率

RC部材の靱性率は、(1)式のように表せる⁽¹⁾。

$$\mu = \delta_u / \delta_y = (\mu_0 \cdot \delta_{y0} + \delta_{u1}) / (\delta_{y0} + \delta_{y1}) \cdots (1)$$

$$\mu_0 = -1.9 + 6.6(Su \cdot \ell / Mu) + (13 \cdot Pw - 1.6) \cdot Pw \cdots (2)$$

ここに、 Mu : 終局 τ - M 、 Su : せん断耐力($=Sc+Sv$)

靱性率は、終局時変形量 δ_u を降伏時変形量 δ_y で除して得られる。それぞれの変形量には、部材の弾塑性変形量に軸方向引張鉄筋がフーチングから引抜けることによる剛体回転変形量(δ_{y1} : 降伏時, δ_{u1} : 終局時)が含まれている。

μ_0 は橋脚く体のみの靱性率である。 μ_0 , δ_{y0} , δ_{y1} , δ_{u1} の4つが求まれば靱性率 μ の計算が可能となる。

2.2 耐震設計のフローチャート

橋脚断面の耐震設計を行うフローチャートの例を図-2に示す。このフローチャートは、設計地震強度 P_E , P_y 及び橋脚に保有させる靱性率 μ を決定して必要となる軸方向引張鉄筋比 P_t を求め、各変形量(δ_{y0} , δ_{y1} , δ_{u1}), 断面耐力(M_u , S_u)から、所要の靱性率を保有させるために必要な横方向拘束鉄筋比(P_w) (せん断補強鉄筋比)を求める過程を示している。このフローチャート中の各変形量の算定には若干煩雑な計算を要するため、これらを簡単に求められるノモグラムを使用することとしている。フローチャート中の(3)式は(1)式を μ_0 につ

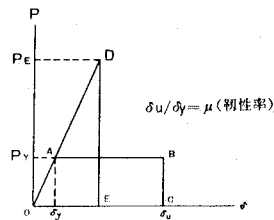


図-1 エネルギー一定則を示す荷重-変位曲線

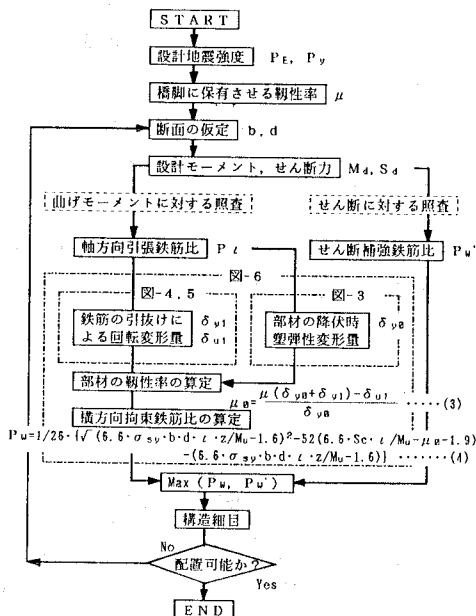


図-2 フローチャート

いて、(4)式は(2)式を P_w について各々解いたものである。

2. 3 耐震設計用のノモグラム

各ノモグラムを図-3～5に示す。図-3は、断面有効高さが100cmの場合の降伏時弾塑性変形量で、設計断面の有効高さ(d)に応じてノモグラムから求まる値にd/100を乗じた値を橋脚の弾塑性変形量とする。図-4、-5は、それぞれせん断スパン比 l/d が1.0の場合の軸方向引張鉄筋のフーチングからの引抜けによる回転変形量で、ノモグラムから求まる値に設計橋脚の l/d を乗じた値を橋脚の引抜けによる回転変形量とする。図-6に靱性率を4.0を確保するために必要な横方向拘束鉄筋比を簡単に求めるノモグラムの例を示す。このノモグラムは、軸方向引張鉄筋比、 l/d に応じて横方向拘束鉄筋比を求めるもので、断面有効高さを100cm、平均軸方向応力度を10kgf/cm²にした場合を示す。

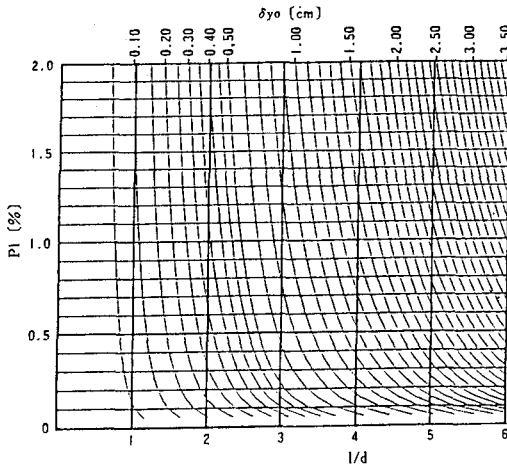


図-3 δ_{y0} を求めるノモグラム

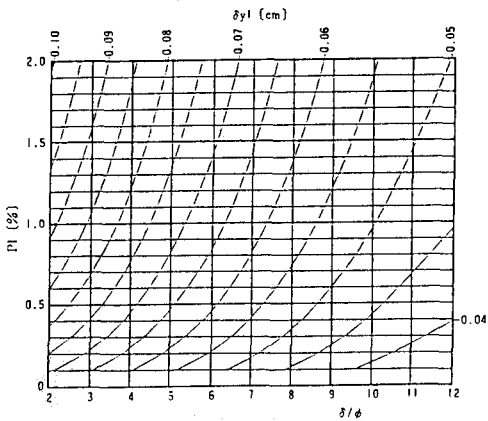


図-4 δ_{y1} を求めるノモグラム

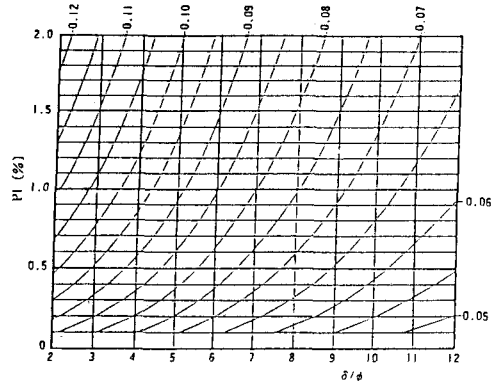


図-5 δ_{u1} を求めるノモグラム

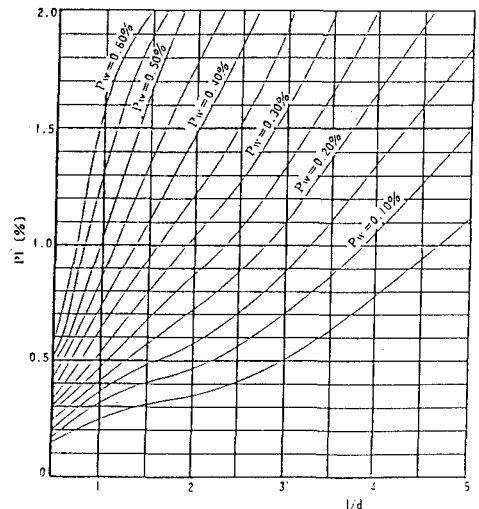


図-6 $\mu = 4$ のとき P_w を求めるノモグラム

3. おわりに

変形性能を考慮した橋脚の耐震設計において所要の靱性率を確保するのに必要な横方向拘束鉄筋量を算定する手法について紹介した。このフローチャートでは μ の上限を定めていないが、中小地震に対する設計耐力、震災後の橋脚の損傷の程度から、4～5以内が望ましいと考えている。

【参考文献】

- [1] 石橋, 吉野: 鉄筋コンクリート橋脚の地震時変形能力に関する研究; 土木学会論文集, 390号, 1988年 2月
- [2] 石橋, 吉野, 青木: 鉄筋コンクリート部材のじん性率; 構造物設計資料, No. 79, 1984-9
- [3] 石橋 他3名: R C部材の耐震に関する構造細目の取扱い方; 構造物設計資料, No. 88, 1986-12