

I-384

RC橋脚基部の塑性化領域のモデル化に関する一考察

日本技術開発株式会社 正員○斉藤 喜一
建設省土木研究所 正員 川島 一彦
日本道路公団 正員 大川 征治
日本技術開発株式会社 正員 佐伯 光昭

1. まえがき 鉄筋コンクリート（RC）橋脚の耐震性を検討する場合に、耐用年数の間に稀にしか発生しないと想定される大規模地震に対しては、変形性能を指標としたじん性照査を適用することが考えられている。この場合、橋脚天端での水平荷重（ P ）と変形（ δ ）の関係を弾塑性域において適切に定めることが必要となる。最近でのRC単一柱の水平くり返し載荷実験²⁾から得られた $P \sim \delta$ 曲線と、例えば、文献1)で提案されている計算手法から求められるそれとの関係は必ずしも良好な一致が得られていないのが実情である。本文では設計実務の立場から、実験結果を合理的に表現しうるような $P \sim \delta$ 曲線を得るため、実験で観測される降伏変形以後の橋脚基部の損傷状況に着目して、塑性化領域（以下等価ヒンジ区間と呼ぶ）の概念を導入した計算手法を提案するとともに、実験結果との対比を実施した結果を報告する。

2. 検討方法 RC橋脚天端での $P \sim \delta$ の関係について、既往の実験結果²⁾に対比して従来の計算手法¹⁾および部材の降伏～終局間を細分割した例を図-1に示した。同図より、実験と計算には明らかに差があることが判る。このため実験で得られる大変形能力を耐震性検討に評価するため、 $P \sim \delta$ 関係が実験と符合するような計算手法を検討することとした。既往の研究^{2, 3)}などでも変形について実験値と計算値を一致させるような試みがなされているが、ここでは曲げ破壊形態を示す実験値に対して、降伏～終局間の部材を4分割した軀体の曲げ変形の計算値に加えて、基部における鉄筋の抜け出しなどの影響を、曲率一定とみなした等価ヒンジ区間を設けたモデルを適用することとした。具体的には、図-2に示すように、耐力については実験値と計算値が一致するように等価ヒンジ上端を、また変位が両者で一致するようにその長さを、それぞれ降伏時および終局時について試算した。対象とした実験は文献²⁾に示した断面 $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ 、高さ $1.4\text{m} \sim 2.5\text{m}$ 程度のRC単一柱でその頭部にアクチュエータで水平荷重を図-3に示すようなパターンで載荷したものである。

3. 検討結果と考察 降伏時の等価ヒンジ上端位置は、図-4に示すように基部から $1.5D$ 以下となり、終局時の等価ヒンジ長は $2D$ 以下であった。これらは、主鉄筋比（ P_t ）、せん断支間比

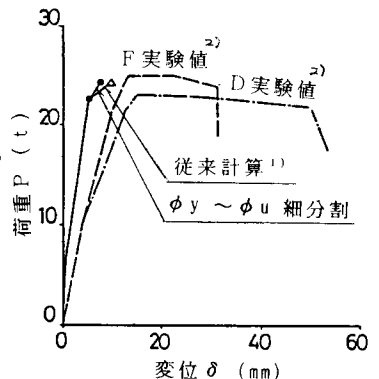
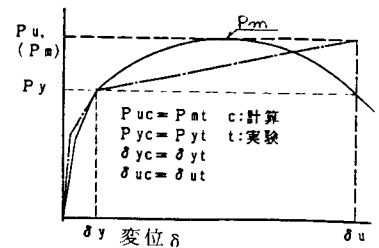
図-1 RC単一柱の $P \sim \delta$ 関係

図-2 等価塑性ヒンジ設定概念

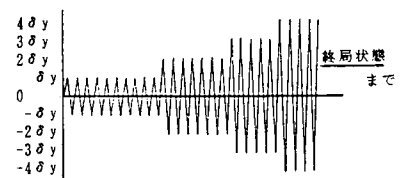


図-3 荷重履歴の例

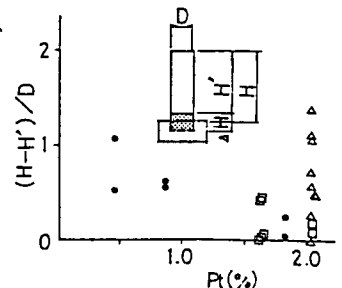


図-4 降伏時の等価ヒンジ上端

(H/D) および帯鉄筋比との明確な相関が認められなかった。
また等価ヒンジの位置および長さはバラツキがあるため耐震性検討の評価にあたっては、以下に示すような仮定を設けることとした。

①等価ヒンジの区間については、弾性域においても鉄筋の抜け出しが考えられることおよび弾塑性域の $P-\delta$ 曲線をなめらかにすり付けるために、弾性域（初期載荷時）から想定することとした。②等価ヒンジ上端位置については、設計上重要となる部材耐力が降伏時の状態での値であることから、図-4に示す降伏時の $(H-H')/D$ に着目し、構造物が安全側の評価となるように配慮し基部より $0.25D$ 上とした。③等価ヒンジの長さについては、降伏後の耐震性検討の指標が終局時の変位となることから図-5に示す終局時の $\Delta H/D$ に着目し、その中央値をやや下回る値で $0.75D$ とした。なお図-5に示した $\Delta H/D$ の値は、等価ヒンジ上端基部より $0.25D$ 上としたものである。以上をまとめたのが図-6に示す提案モデルであり、

図-7実験と提案手法のじん性率 $(\mu = \delta u / \delta y)$ を比較したものが図-7である。同図から分かるように計算値 (μ_c) は実験値 (μ_t) よりやや下回るデータが多いものの、上述した等価ヒンジ区間の設定は安全側であり実務的には妥当と判断される。

4. あとがき 以上述べたように、RC単一柱橋脚に対する水平くり返し載荷実験結果に着目し基損傷状況にもとづいて想定した等価ヒンジ区間の概念を用いて、実験値に近い橋脚天端での水平荷重～変位を弾塑性域について計算によって求めることができた。しかしながら、等価ヒンジ区間の位置および長さに影響を及ぼす要因と考えられる帯鉄筋比やせん断支間比などについては明確な相関を認めるには至らなかった。したがって今後は、せん断支間比および形状特性などに関し系統的な実験研究を行うことにより、上述した等価ヒンジ区間の設定の精度向上を図ることが設計上の課題と言えよう。

謝辞 本報告は、日本道路公団が設置した東名高速道路耐震補強対策検討会（座長池田尚治横浜国立大学教授）で審議されたものであり、貴重な御指導を賜った座長はじめ委員、幹事の各位に深く感謝の意を表します。

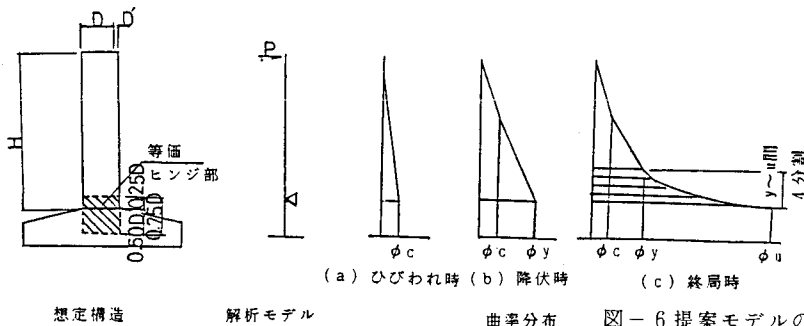


図-6 提案モデルの概念図

参考文献 1) 道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編；日本道路協会・昭和55年5月 2) 川島、長谷川、小山、吉田；鉄筋コンクリート橋脚の動的耐力及び変形性能；土木技術資料29-12 (1987) 3) 池田、山口、恵谷；コンクリート円環柱耐荷挙動に関する研究；第8回コンクリート工学年次講演論文集1986