

# I-45 地震時保有水平耐力法で設計された単柱式 RC 橋脚の復元力履歴特性

徳島大学大学院 学生員 ○西窪 由香理  
徳島大学大学院 フェロー 平尾 潔

徳島大学大学院 正 員 成行 義文  
徳島大学大学院 学生員 奥知 憲久

1.はじめに 本研究は、地震時保有水平耐力法<sup>1)</sup>で設計された「耐震性能2」、「耐震性能3」の単柱式 RC 橋脚の復元力履歴特性ならびにエネルギー吸収能について静的繰返し載荷時の解析結果をもとに比較検討したものである。なお、解析には「UC-win/Frames(3D)」<sup>2)</sup>を使用した。

2.橋脚の構造緒元・モデル化 図-1、図-2 は橋脚一般図および橋脚断面図である。橋脚は円形 RC 断面（直径 $\phi$ （耐震性能2：3.8m，耐震性能3：3.5m））を有し、橋脚高さが10mの標準的な単柱式 RC 橋脚である。主鉄筋は D29 を用いて、コンクリート外縁より 0.13m および 0.23m の位置に等間隔に配筋（耐震性能2：53 本 $\times$ 2 段，耐震性能3：47 本 $\times$ 2 段）されている。

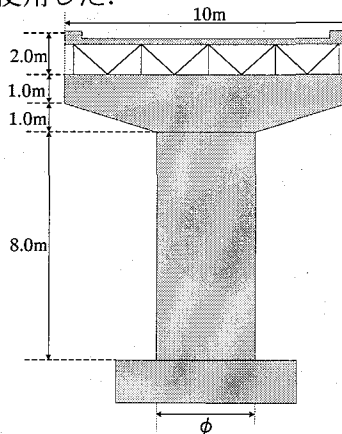


図-1 橋脚一般図

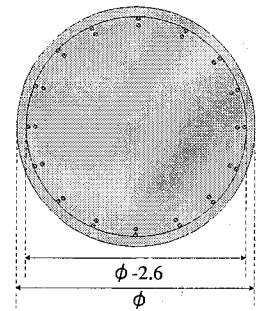


図-2 橋脚断面図

図-3 は橋脚をモデル化した図である。図中に示すように橋脚の基部から断面直径 $\phi$ m の区間を非線形梁要素、梁上端から慣性力作用位置までを剛体要素、それ以外を弾性梁要素とした。また、非線形梁要素はファイバー要素とした。ファイバー要素は断面を図-4 のようにメッシュ分割し、各セルに対してヒステリシスを与える非線形要素である。<sup>2)</sup>コンクリートならびに鉄筋の材料非線形モデルを図-5 に示す。

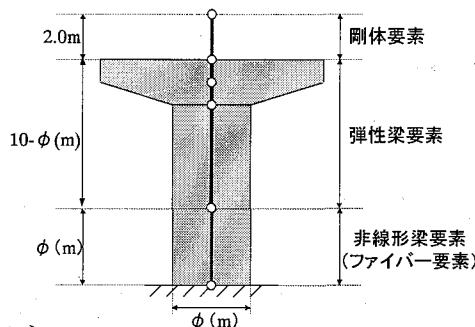


図-3 解析モデル

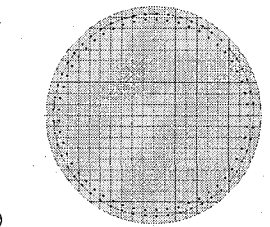
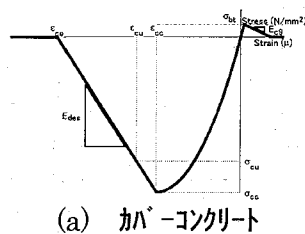


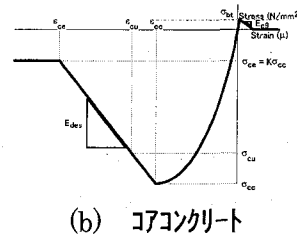
図-4 メッシュ分割

## 3. 数値解析結果 図-6 の

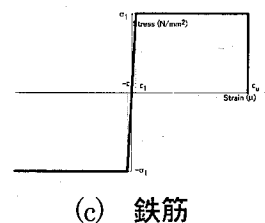
ように慣性力作用位置に漸増変位を与えた時の荷重-変位関係を図-7 に示す。以降、それぞれ橋脚の降伏変位 $\delta_y$ を基準とした変異振幅を与え、解析を行っていく。



(a) 加圧コンクリート



(b) コンクリート



(c) 鉄筋

図-5 材料非線形モデル

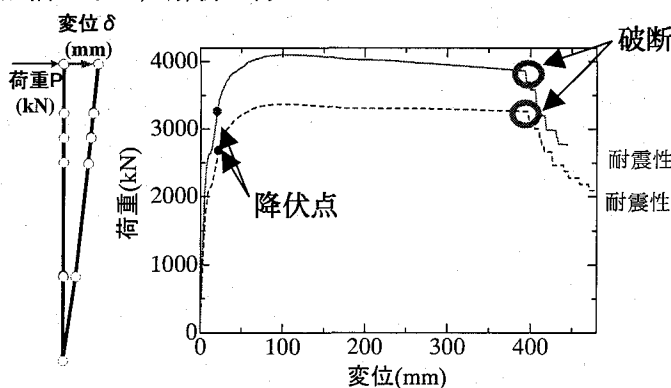


図-6 モデルの荷重と変位

図-7 荷重-変位関係

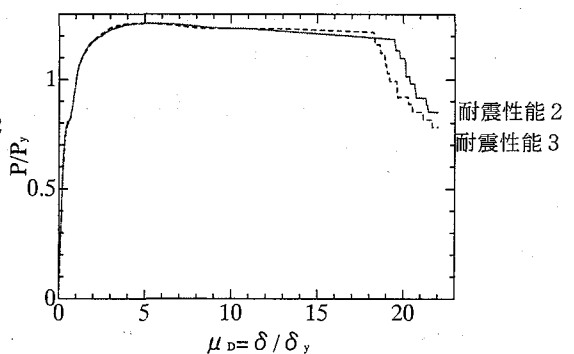


図-8 荷重変位関係の正規化

図-8は図-7をそれぞれの橋脚の降伏点で除することで正規化を行い、耐震性能2・3を重ねて示したものである。

図-9は慣性力作用位置に正負交番载荷を与えて解析を行った時の荷重－変位関係である。正負交番载荷は $\delta_y$ の整数倍の増分で3回ずつ振幅を繰り返し、 $22\delta_y$ を最大振幅とする。また、図-7と図-9の第1象限を重ねると図-10のようになる。

図-7より鉄筋の耐力は鉄筋破断後に大きく低下することが確認出来る。図-8より耐震性能の異なる橋脚の荷重－変位関係図をそれぞれの降伏点で正規化すればほぼ重なる。

図-10よりRC橋脚の正負交番载荷に対する荷重変位関係の包絡線は変位漸増载荷時の骨格曲線にほぼ重なる。

**4. エネルギー塑性率の算出** 荷重変位関係において、各ステップ毎の履歴曲線に囲まれた面積を計算することで算定される履歴吸収エネルギー $W_H$ を $P_y\delta_y/2$ で除し、エネルギー塑性率 $\mu_H$ を算出した。<sup>3)</sup>繰返し载荷による耐力の低下を確認するため正負交番载荷を1回行った時の $\mu_{H1}$ と、同振幅を3回行い耐力が低下した時の $\mu_{H3}$ を示すと図-11のようになる。また、図-12に $\mu_{H1}$ と $\mu_{H3}$ の差を示す。

図より、正負交番载荷の1回目に比べて3回目のエネルギー吸収量は損傷が進むほど低下することが分かる。特に鉄筋破断後にその差が大きくなっていることが分かる。

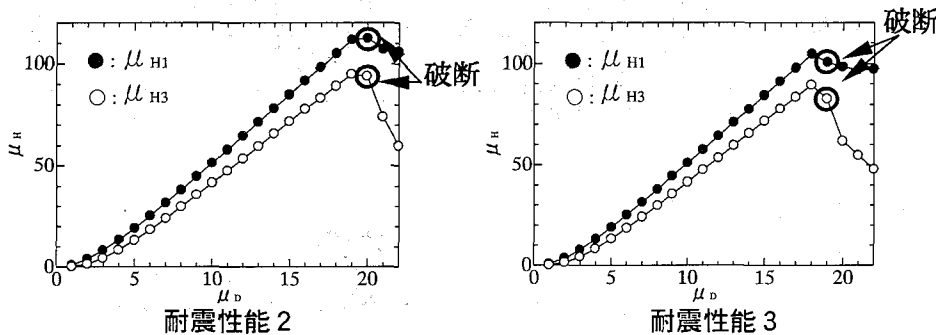


図-11 エネルギー塑性率の比較

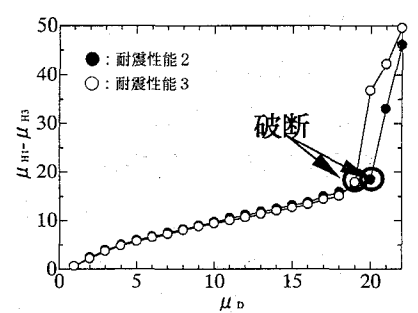


図-12  $\mu_{H1} - \mu_{H3}$ の比較

**5. おわりに** 本研究で得られた基礎的知見を以下に列挙する。

- 1) 橋脚の耐力は鉄筋破断後に大きく低下することを確認した。
- 2) RC橋脚の正負交番载荷に対する荷重変位関係の包絡線は変位漸増载荷時の骨格曲線にほぼ重なる。
- 3) 耐震性能の違う橋脚の荷重変位関係の履歴ループを降伏点で正規化すればほぼ重なる。
- 4) 正負交番载荷の1回目に比べて3回目のエネルギー吸収量は損傷が進むほど低下する。

**6. 参考文献** 1) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説，耐震設計編，丸善，H14.3

2) フォーラムエイト：「UC-win/FRAE(3D)」電子マニュアル

3) 柴田明徳：最新耐震構造解析，森北出版，2004.10