

## FEM 解析による RC ラーメン橋脚梁部の耐震性能照査

○首都高速道路公団 正会員 森田 隆司  
日本技術開発（株） 正会員 藤田 亮一

## 1. はじめに

著者らは、既設 RC ラーメン橋脚梁部の耐震補強に関連した一連の模型実験を実施し、いわゆるせん断破壊先行型の橋脚でも梁部でせん断破壊に至るまでにある程度の靱性と耐力が期待できることを明らかにするとともに、FEM 解析によるシミュレーションで上記実験結果を十分な精度で再現可能であることを確認してきた<sup>1)</sup>。本稿では、これらの知見を実橋脚の耐震性能照査に適用する方法を提案するとともに、具体的に耐震性能照査を行った結果を報告する。

## 2. FEM解析による梁部の耐震性能照査方法

ここで提案する耐震性能照査手順は以下のとおりである。

Step1：正負交番漸増変位を作用させた 2 次元弾塑性 FEM 解析(具体的な条件を 3 に示す)

Step2：荷重～変位履歴曲線から完全弾塑性型の荷重～変形特性を設定(具体的な方法を 3 に示す)

Step3：荷重～変形特性を用いて地震時保有水平耐力法(以下、保耐法)に準拠した方法で耐震性能を照査すなわち、荷重～変形特性の算出に既往研究成果に基づく FEM 解析を適用して靱性や水平耐力を精度よく評価し、それ以外の照査方法は基本的には保耐法に準拠したものとしている。

## 3. 耐震性能照査に適用する条件

実橋の耐震性能照査に適用する条件を以下に示す。

(1)荷重と境界条件：解析モデルはフーチング底面と側面を完全固定とし、支承位置の梁上面に水平方向の強制変位を与えた。強制変位は初降伏変位の整数倍を漸増载荷し、同一振幅を 3 回繰り返した。これは過年度の実験と同じ载荷条件であり、実橋に対して数値実験を実施することを意図したものであるとともに、せん断に対して厳しい状況を想定したものである(図-1 参照、以下(6)まで同様)。

(2)上部構造のモデル化：上部構造から橋脚に作用する死荷重を支承位置で集中重量としてモデル化した。

(3)縁端拡幅用鋼製ブラケットの取り扱い：梁前面に設置されている鋼製ブラケットの影響は考慮しないこととした。ブラケットを設置した梁供試体による実験の結果、ブラケットのない場所からせん断ひび割れが進行して破壊に至ることが確認されており、せん断耐力向上への寄与は小さいと考えたためである。

(4)柱部の耐震補強巻き立て鋼板の取り扱い：柱部には一般に鋼板巻き立て補強が実施されているため、標準的な補強量(9mm, SM400)を想定して等価な鉄筋量に換算し、柱の RC 要素の鉄筋比に反映させた。

(5)主鉄筋の伸び出しの影響：柱基部の主鉄筋伸び出しについては考慮しないこととした。一般に寸法の小さいモデルでは主鉄筋伸び出しの影響が大きく、荷重～変形特性を計算する際には、その影響をジョイント要素を用いて解析に反映させる必要があるが、実橋のような大きなものではその影響が無視できる程度に小さいと言われており、本解析ではそのような考え方を踏襲した。

(6)終局判定の方法：実験のシミュレーション結果を踏まえ、要素せん断ひずみが 4%に達した時点を終局状態とした。構造全体としての曲げ変形性能は橋脚補強により十分確保されていると考えられ、実験でも梁部のせん断破壊が先行する結果が得られていることから、曲げ変形では破壊しない条件設定とした。解析上は曲げ変形に伴う圧縮及び引張ひずみは 10% (プログラムで設定可能な最大値) まで許容することとした。

(7)荷重～変形特性の算出方法：FEM 解析から得られた梁部の荷重～変位履歴曲線に対して図-2 に示すようなルールを適用し、荷重変形特性を設定した。

キーワード：ラーメン橋脚、耐震性能、弾塑性解析、FEM

連絡先：〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町 43-5 首都高速道路公団東東京管理局保全部 Tel:03-5640-4867

4. 耐震性能照査法の適用例

提案した手法を用いて既設 RC ラーメン橋脚の耐震性能照査を行った例を表-1 に示す. 参考として保耐法による照査結果を併記した. 同表に示すとおり, 保耐法では耐力不足と判定されたが, FEM を用いた照査では必要な耐震性能が確保されているという判定になった. 保耐法では耐力や靱性の評価が安全側になるように設定されているが, FEM を用いて構造物が本来有する耐震性能を精度よく評価したことで最終的な結果が異なつたと考えられる.

5. おわりに

本論では, 模型実験とそのシミュレーション解析に基づく RC ラーメン橋脚の地震時挙動に関する知見を実橋脚の耐震性能照査に適用する方法を提案した. 今後は, 実橋脚を用いた試算を多く実施して本手法の適用性を確認するとともに, より合理的な RC ラーメン橋脚の耐震性能照査法を検討していく予定である.

参考文献

1) 睦好宏史 他：RC ラーメン橋脚におけるはり部耐震補強に関する研究，土木学会論文集 No746/V-61,pp.215-228

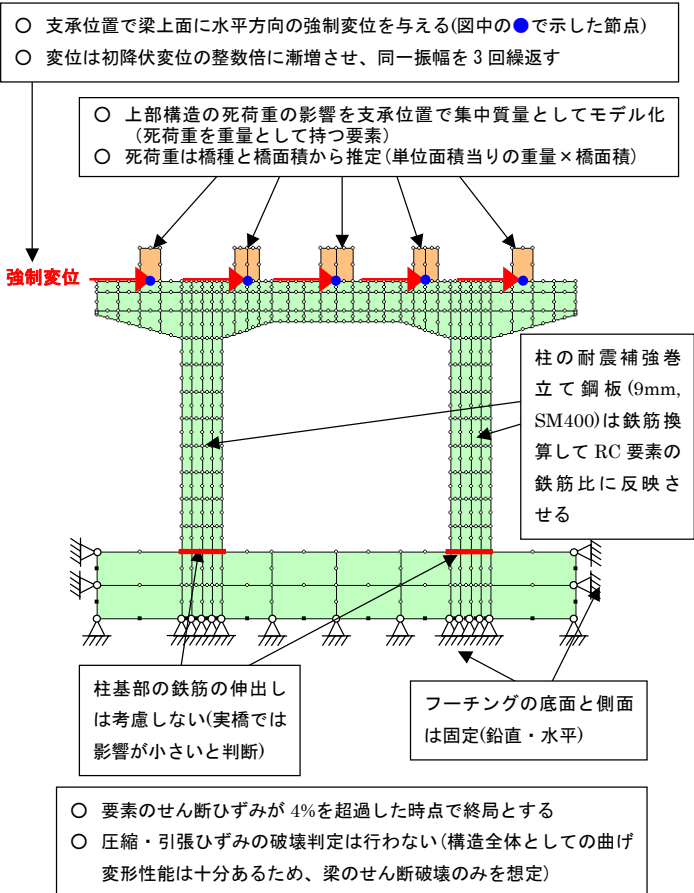


図-1 解析条件

表-1 耐震性能照査の一例

|                             | FEM  | 保耐法   |
|-----------------------------|------|-------|
| 降伏変位 $\delta y$ (m)         | 0.04 | 0.04  |
| 終局変位 $\delta u$ (m)         | 0.21 | 0.04  |
| 許容塑性率 $\mu a$               | 3.84 | 1.00  |
| 設計水平震度の標準値 $k_{hc0}$        | 1.50 | 1.50  |
| 設計水平震度 $k_{hc}$             | 0.58 | 1.50  |
| 等価重量 $W$ (kN)               | 8670 | 9647  |
| 地震時保有水平耐力 $P_a$ (kN)        | 8000 | 6769  |
| 作用水平力 $k_{he} \cdot W$ (kN) | 5032 | 14471 |
| 判定                          | O.K. | N.G.  |

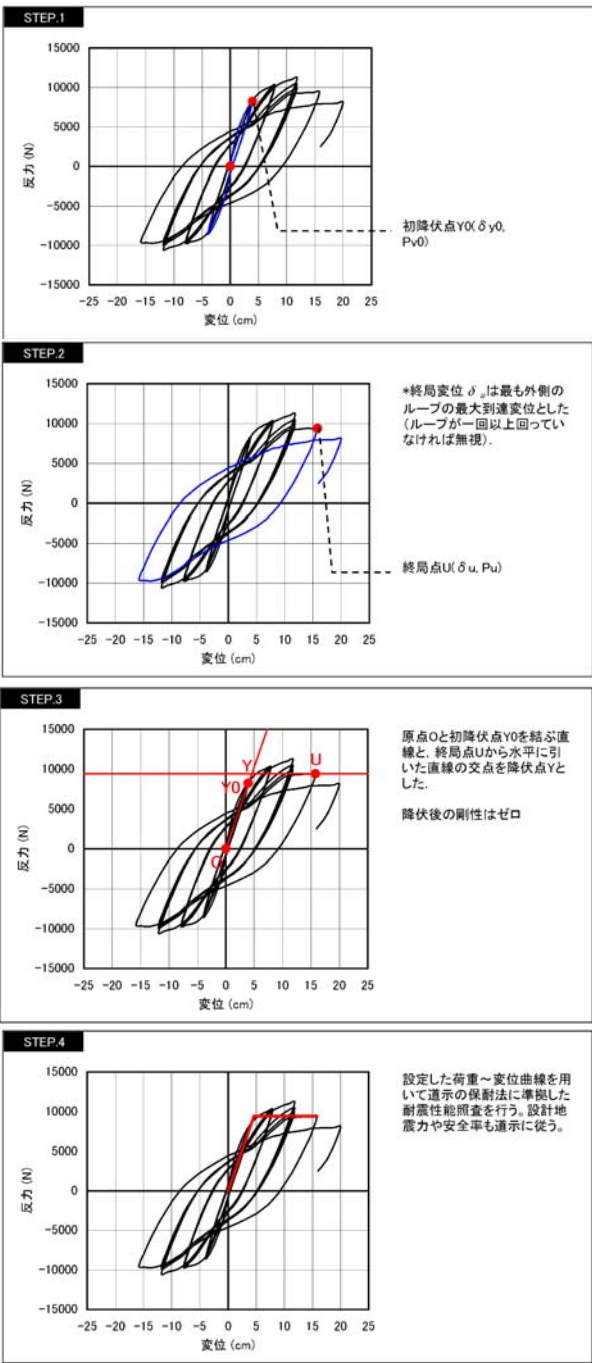


図-2 荷重～変形特性の算出方法