

V-516

偏心軸力が作用する RC 橋脚の非線形解析

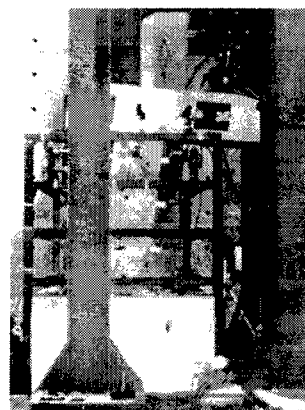
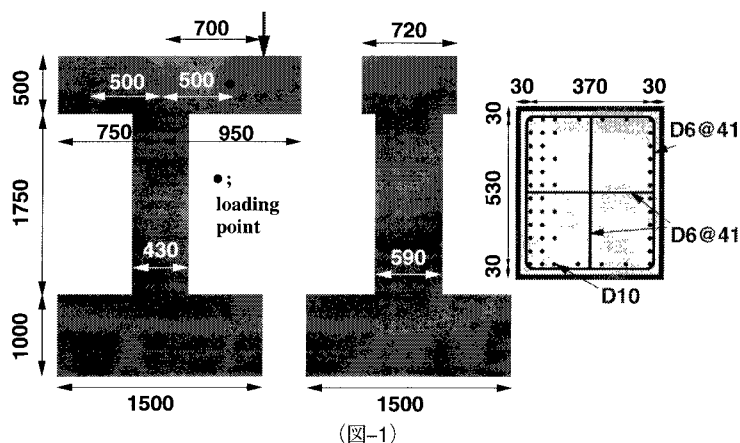
東京大学大学院 学生会員 土屋智史
 首都高速道路公団 正会員 小笠原政文
 首都高速道路公団 正会員 市川 衡
 東京大学大学院 学生会員 細田 暁

1. はじめに

阪神・淡路大震災以降、特に重要度の高い RC 橋脚に対して、せん断破壊による崩壊を防ぐと同時に、残留変位を小さく抑えなければならないという命題が課せられることになった¹⁾。そこで特に問題となるのが、一方方向に残留変位が大きくなると考えられる常時偏心軸力が作用する橋脚である。(以下「偏心橋脚」とする)しかし、このような偏心 RC 橋脚の挙動に関しては十分な知見を得るまでには至っておらず、その安全性(耐震性能)を正確に判定し、保証する方法は確立されていない。また、「コンクリート標準示方書耐震設計編²⁾」において見られるように、構造設計方法が性能規定型から性能照査型へと移行しつつあるが、そこでは、耐震性能を直接照査するための非線形解析の一層の向上が不可欠であり、なかでも、コンピューターを用いた数値解析の適用範囲の拡大と精度向上は当面の大きな課題の一つであると言える。本研究は、偏心 RC 橋脚を対象に、既往の実験³⁾を模擬した三次元非線形有限要素解析を行い、偏心橋脚の耐震性能を検討するとともに、非線形解析の精度検証もあわせて行うものである。

2. 既往の実験結果³⁾

ここでは、解析精度を確認するための実験結果として、文献3)に記載された(実験 No.3)を選定した。これは、供試体に橋脚圆心位置から 70cm のところに 15tf の偏心軸力が作用した上で、ねじりモーメントが加わらないようにして、偏心直交方向に降伏変位(8mm)の整数倍の強制変位を 2 回ずつ繰り返し与える正負交番载荷を行ったものである。その結果、強制変位の約 2 倍にあたる非常に大きな残留変形が偏心方向に蓄積されていくことが観測された。(写真-1)そこで、解析においてもこのような挙動が追跡できるのか、また、実験結果とはどのように異なるのかを比較することにした。供試体の概要を(図-1)に、実験より得られた偏心直交方向の荷重-変位関係を(図-2)に、偏心直交方向変位-偏心方向変位の関係を(図-3)に示した³⁾。なお、 $\pm 4\delta y$ 程度から偏心軸力による圧縮を受ける被りコンクリートの剥離が確認されている。



(写真-1)

キーワード 偏心軸力, RC 橋脚, 残留変位, 3次元有限要素解析

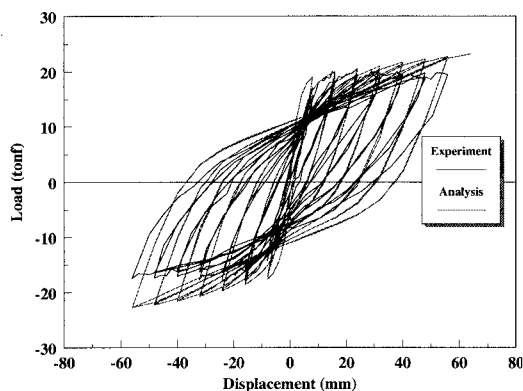
連絡先 (〒113-8656 東京都文京区本郷7丁目3-1 電話 03-3812-2111(6146) FAX 03-5802-2904)

3. 解析結果

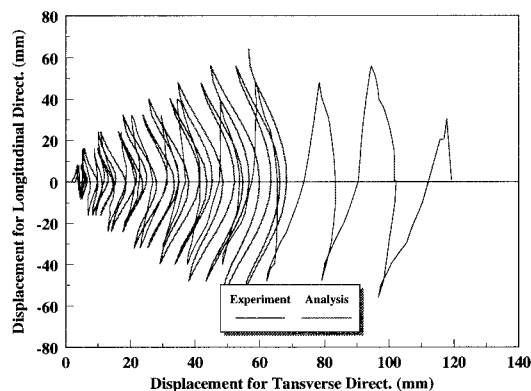
本解析では、3次元有限要素解析プログラム **COM3[®]**を使用し、解析モデルとして、線材要素を用いている。線材要素では、面外せん断破壊を表現することはできないが、曲げに起因する非線形性は高い精度で表現でき、計算が容易に行えるからである。対象として用いた供試体は曲げ破壊先行型の RC 橋脚であるので、このようなモデルで解析を行っても不都合は生じないと考えられる。また、このプログラムには材料非線形性の経路依存特性が組み込まれているが、繰り返し载荷による材料劣化のモデルは組み込まれてはいない。以上の条件により、既往の実験を模擬した解析を行った結果を（図-2）および（図-3）に実験結果と併せて示した。

偏心直交方向の荷重－変位関係を示した（図-2）を見ると、実験・解析ともにエネルギー吸収の高い、優れた耐震性能を有する橋脚であり、偏心軸力の影響は小さいように見える。そして、実験結果と解析結果を比較すると、特に $\pm 3\delta y$ までを中心、全般に精度良く追跡できていると言えるが、実験では $\pm 4\delta y$ 以降に徐々に耐力が落ちていくのに対し、解析ではむしろ耐力が上昇している。これは、解析においては、被りコンクリートの剥離や主鉄筋の座屈などのポストピーク挙動のモデル化が行われていないからであると考えられる。

次に、偏心直交方向変位－偏心方向変位の関係を示した（図-3）を見ると、解析においても、偏心橋脚に対して偏心直交方向に曲げ载荷をすると、偏心方向に残留変位が蓄積されていく現象が追跡できていることが確認できる。また、実験結果と解析結果の相違点に関しては、 $\pm 3\delta y$ まではかなり良好な一致を見せているものの、 $\pm 4\delta y$ 以降に実験では急激に偏心方向に変形が進んでいるのに対して、解析ではそれまでと同等の割合でしか変形が進んでいないため、 $\pm 4\delta y$ 以降では、両者の変形量の差が大きくなっている。この理由も、被りコンクリートの剥離などのポストピーク挙動をモデル化できていないからであろう。



（図-2）



（図-3）

4. まとめ

偏心軸力が作用する RC 橋脚実験供試体に、偏心直交方向に正負交番で水平力を加えた実験を模擬した解析を行った。その結果、実験により観測された偏心方向に変形が進行していき、非常に大きな残留変位を示す挙動が解析でも確認された。このことは、このような RC 橋脚の残留変位を評価する際には、3次元的に考えていかなければならないことを示唆している。今後は、この現象のメカニズムを探り、耐震性能評価に活用していくとともに、ねじりモーメントが作用する場合の挙動についても解析を行って行きたいと考えている。

参考文献

- 1)道路橋示方書・同解説 V耐震設計編，社団法人日本道路協会，1996.12.
- 2)コンクリート標準示方書 耐震設計編，社団法人土木学会，1996.7
- 3)小坂ほか：地震時にねじりモーメントを受ける逆L型 RC 橋脚の耐震性能に関する実験，第 53 回土木学会年次学術講演会（投稿中），土木学会，1998.10
- 4)Maekawa ほか：Path-dependent three-dimensional constitutive laws of reinforced concrete - formation and experimental verifications, Structural Engineering and Mechanics, Vol.5, No.6, pp.743-754