

I - B 197

高架橋 RC 橋脚の衝撃的破壊について
— モデル橋脚に対する FEM 解析による検討 —

九州旅客鉄道株式会社 正会員 中島 大使
大阪市立大学大学院 学生員 奥田 洋一
大阪市立大学工学部 フェロー 園田恵一郎
大阪市立大学工学部 正会員 小林 治俊

1. はじめに

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震においては多くのRC構造物が被災したが、それらの破壊現象のメカニズムについては十分に検証されたとは言いがたく、高架橋RC橋脚の損傷・破壊などは、衝撃的な鉛直地震動によによって引き起こされた可能性がある。そこで本研究では、先の水中線爆装置による高架橋RC橋脚モデルの破壊実験結果[1]を数値解析[2]によって検証し、モデル実験で得られた破壊モードとの比較を行い、有限要素解析が衝撃的破壊現象の再現に有効であることを確認、さらに有限要素解析により、実際の高架橋RC橋脚に対する衝撃的破壊現象について論ずる。

2. モデル実験への非線形有限要素法の適用

先に行われたモデル実験から得られた破壊形態を数値解析によって再現するため、8節点軸対称有限要素により図1に示す解析モデルを充電電圧7.5kV、静電容量5μFの時の上載質量が0、1.0、2.5、5.0、ならびに10.0kgの5種類とキャップなしの実験供試体モデル6体について構築した。時間積分法にはNewmark-β法(β=1/4)を用いた。

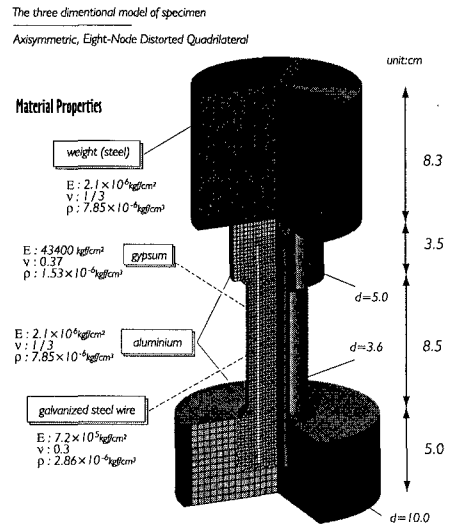


図1 実験供試体モデル要素分割図

2.1 数値解析結果

解析モデルに与える外力は、図2に示す同実験で計測された衝撃圧力波を解析モデル底面全面に一樣に与えた。また、材料特性は材料非線形性を考慮し、図3の様な相当応力ひずみ関係を用いた。脆性的な破壊挙動を示す石膏に対してはコンクリート系材料によく用いられる降伏条件として放物線形Mohr-Coulombの降伏条件式を、さらに補強筋としての針金の材料特性を考慮し、円周方向の降伏応力を軸方向の降伏応力の1/10に減ずることの可能なHillの降伏条件式を適用している。減衰の取り扱いについては、減衰定数に換算して、8%の構造減衰を用いた。さらに、降伏強度に対するひずみ速度の影響を考慮し、図4に示す塑性ひずみ速度-降伏強度増加率を用いて、本解析結果と実験結果の破壊モードとの比較を行った。

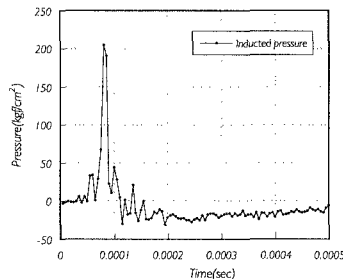


図2 入力衝撃圧力波形

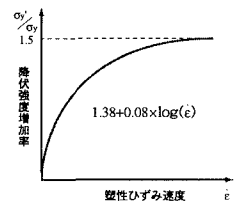


図4 ひずみ速度効果曲線

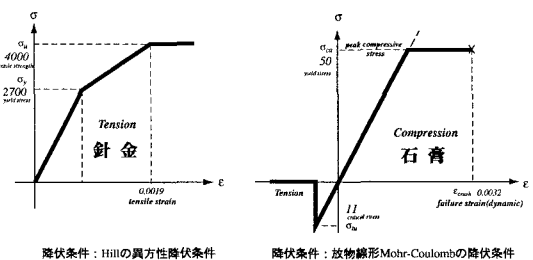


図3 針金・石膏の単軸応力-ひずみ関係

キーワード：高架橋RC橋脚、鉛直地震荷重、衝撃破壊、数値解析、有限要素法
連絡先（〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138、TEL&FAX：06-605-2723）

2.2 解析結果

衝撃力載荷実験結果と有限要素解析結果との比較を図6と図7に示す。ここでは上載質量が0kg, 10.0kgの2例について示している。破壊モードの比較では、水中線爆実験と有限要素解析では上載質量の違いに関わらず破壊モードとしては上載質量に対応して類似した破壊形態が得られた。

時間-軸方向ひずみ応答曲線における応答の周期については上載質量が増加するに従って実験値では周期が増加するが、解析では実験結果程の周期の伸びは認められなかった。これは、構造物の減衰特性によるものと考えられるが、解析においても上載質量の増加に伴う周期の増加を確認することができた。

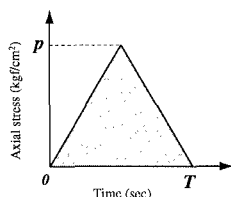


図8 入力三角形パルス波形

3 高架橋RC橋脚の破壊についての検討

衝撃力載荷実験と非線形有限要素法の破壊モードから実際の高架橋RC橋脚モデルの破壊について新たに解析モデルを構築し、図8の三角形パルスで表される衝撃的な力が橋脚柱の破壊に及ぼす影響を調べた。その結果を表にまとめたものを右記の図9に示す。破壊モードの比較では、入力応力が $p=10\text{kgf/cm}^2$ の時の破壊モードは $T'(=2T)$ 、 T ：入力継続時間を意味するパルス幅が0.05秒のものが引張破壊を示した以外は破壊しなかった。入力応力が $p=20\text{kgf/cm}^2$ 以降の破壊形態は本解析モデルの固有振動周期(約0.05秒)付近で引張破壊を示し、その固有振動周期から離れるに従って破壊を起こさず、入力応力が增大するにつれ、固有周期周辺で圧縮応力応答値が増大し、圧縮破壊を起こすという結果を示した。

4 まとめ

衝撃力載荷実験の結果を基に有限要素解析手法を用いて破壊モードの再現を試みた結果、実験結果と同様の破壊モードを解析においても再現でき、同解析手法の衝撃的破壊現象への適用性が確認できた。さらに実物大の高架橋RC橋脚の破壊に及ぼす影響を調べた結果、圧縮破壊及び引張破壊をもたらす鉛直方向応力波の大きさと固有振動周期との相関性が確認できた。

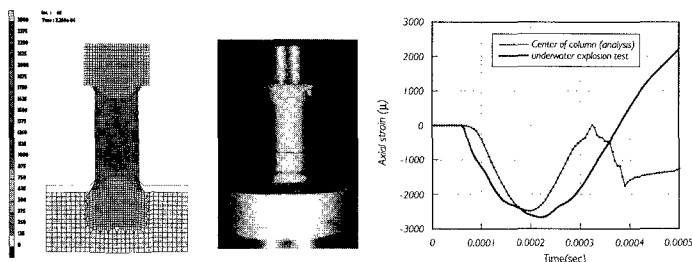


図6 上載質量0kgモデル破壊モード図及び時間-軸ひずみ応答曲線

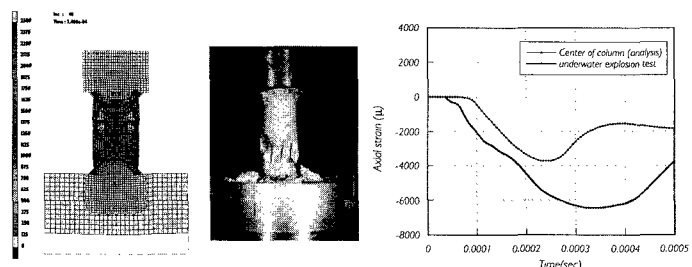


図7 上載質量10.0kgモデル破壊モード図及び時間-軸ひずみ応答曲線

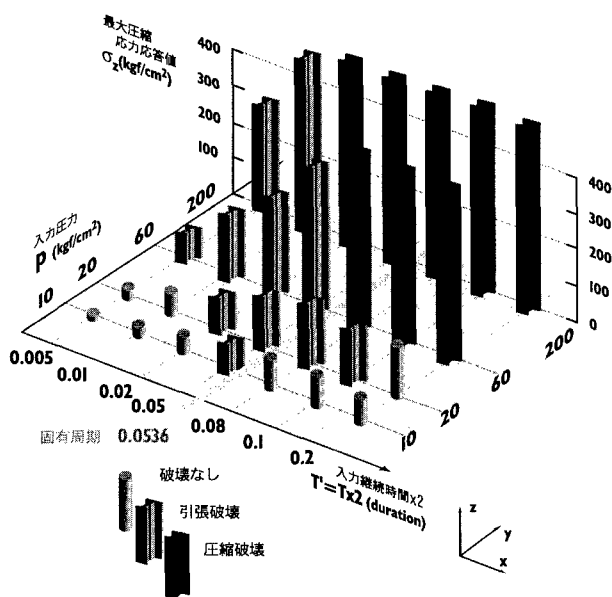


図9 入力鉛直波応力と継続時間特性による最大圧縮応力及び破壊モード対応図

参考文献

- [1] 園田恵一郎・高田俊他：衝撃電圧発生装置を用いた高架橋橋脚モデルの破壊実験，衝撃問題研究小委員会資料，1997年11月4日。
- [2] 汎用構造解析プログラム MARC-K6 マニュアル A-E 編：日本マーク（株）