

神戸大学工学部 フェロー 高田 至郎
神戸大学工学部 正会員 Nemat Hassani
神戸大学工学部 学生員 ○島崎 友寛

1.はじめに

1995 年の兵庫県南部地震により、阪神地区の東西を結ぶ道路、鉄道などの多くの高架橋が甚大な被害を受けた。本稿では個別要素法を用いて地盤・基礎を含めた橋脚の破壊解析を行い、橋脚の挙動、破壊モードを検討する。本研究では解析対象として RC 単純橋脚を用い、杭基礎をモデル化して時刻歴応答解析を行う。

2.解析手法と解析モデル

本来、個別要素法は非連続体解析手法であったが、これをコンクリートのような連続体に用いることで、従来の連続体解析では非常に困難となる破壊の発生から進行過程までの破壊解析が可能となる。解析モデルを図 1 に示す。橋脚部分は橋脚高さ 12.9m、円形断面 $\phi 3.1\text{m}$ の RC 単純橋脚をモデル化し、鉄筋コンクリートの特性を表すために円形要素間の間隙バネにコンクリートと鉄筋の二種類の特性を導入する。今回鉄筋コンクリート構造物をモデル化するにあたり、図 2 のように鉄筋要素を配置し主鉄筋要素間には主鉄筋の特性を、帯鉄筋要素間には帯鉄筋の特性を与えることで鉄筋の拘束力を表現した。杭基礎の部分についても鉄筋コンクリートの特性を与えている。地盤部分には安定した沖積層を想定し、表 1 に示す材料特性を入力する。また、解析モデルの地盤部分の両端から離して固定要素を配置し、地盤の両端と固定要素の間に粘性境界を設定した。入力加速度波形は神戸海洋気象台で観測された加速度波形を基盤に戻した図 3 に示す波形を用い、NS 成分と UD 成分を地盤の基底部分から入力する。今回行った解析ケースを表 2 に示す。CASE1 は図 1 の杭基礎のあるモデル、CASE2 は図 1 の杭基礎をなくしたモデル、CASE3 は橋脚部分のみのモデルである。また、地盤自体の応答を調べるため、地盤モデルのみで地震動を入力した解析も行った。

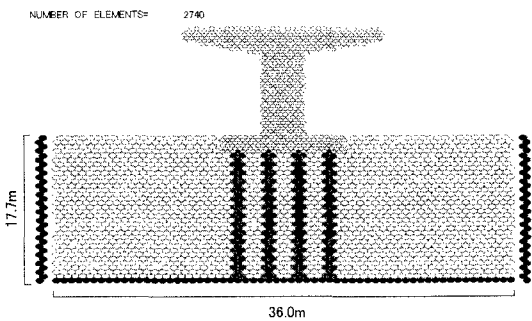


図 1 解析モデル

表 1 地盤の材料特性

地盤	単位体積重量(kN/m ³)	ヤング係数(MPa)	ポアソン比	摩擦係数
沖積層	18.6	1.20E+03	0.45	0.53

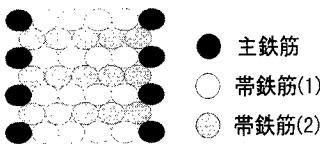
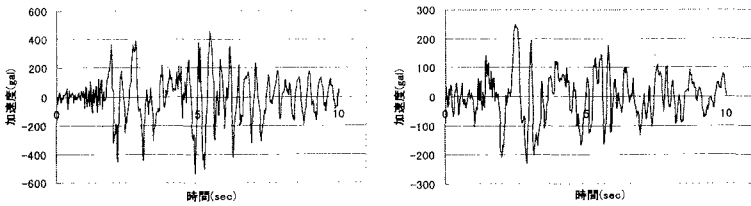


図 2 橋脚躯体の要素配置



(a)NS 方向

(b)UD 方向

図 3 入力加速度波形

3.解析結果

まず、地盤のみのモデルに地震動を入力した結果、地盤の相対変位は地表面に近づくにつれ増大し、地表面で最大 6.0cm の

相対変位を示した。最大応答加速度は地表面で 1.6 倍近くの 920gal まで増幅している。次に各ケースの解析結果を示す。図 4 は各ケースの橋脚部分におけるクラックパターンであるが、CASE1 では橋脚下部に左面側から引張りによる水平クラックが生じている、それに対し CASE2 ではクラックの発生はみられなかった。図 5 は橋脚部分の応答を分かりやすいように倍率を大きくして表示したモデル図である。杭基礎がある場合は杭によって橋脚の基盤部分に振動が伝達しやすく、杭基礎によりフーチング部分が安定しているため、振幅により橋脚下部において引張り側に大きなひずみが発生した。一方、基礎がない場合には破壊は生じていないが、この原因としてフーチング部分がモーメント方向に比較的フリーであり、基部と地盤の間にすべりが発生するため、応答が減少するなどの要因が考えられる。しかし、実際には 3 次元の挙動をする橋脚において基部の橋軸方向へのすべりによる落橋や、地表近くに N 値が低い地盤の層が分布する場合、回転がフリーであるために橋脚の転倒が発生する可能性があるため、この結果により杭基礎がないケースが安全であるというわけではない。また、振動が橋脚部分に直接伝わる CASE3 では、橋脚躯体は衝撃的な力を受け大きく破壊し耐力を失っていることが知られた。

表 2 解析ケース

	モデル	入力地震動	杭基礎	入力場所
CASE1	地盤を含む橋脚モデル	基盤面加速度	あり	地盤底面
CASE2	地盤を含む橋脚モデル	基盤面加速度	なし	地盤底面
CASE3	橋脚部分のみのモデル	地表面加速度		フーチング底面

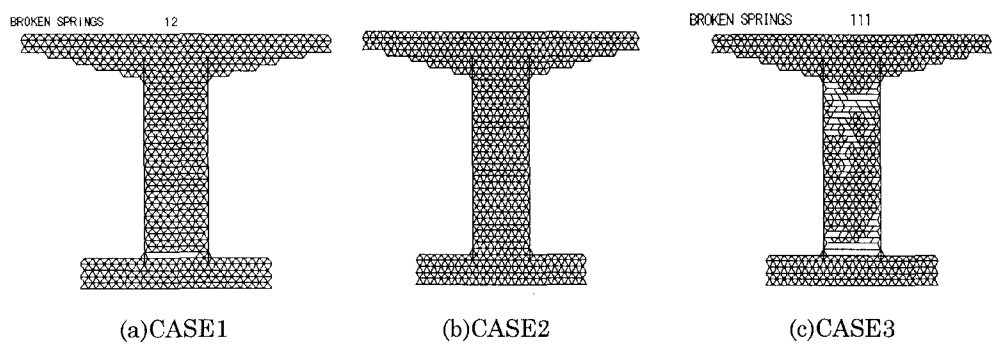


図 4 各ケースにおける橋脚部分のクラックパターン

4.まとめ

解析の結果、杭基礎があるケースにおいて橋脚の下部に破壊が見られたが、逆に杭基礎のない場合においては破壊が発生しないという結果が得られ、基礎部分の支持の条件が橋脚の挙動・破壊に影響を与えることが分かった。橋脚破壊のシミュレートには、やはり橋脚に地盤・基礎条件を含めた全体系で考える必要がある。

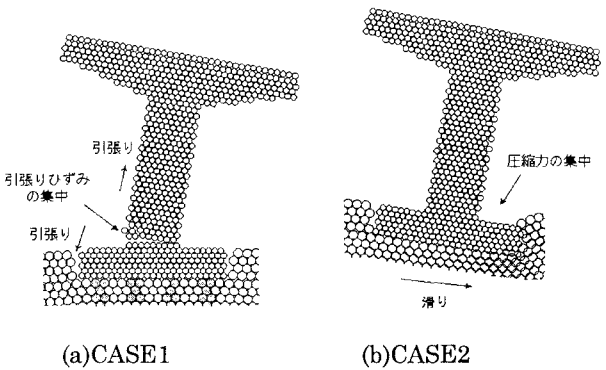


図 5 橋脚モデルの振動

【参考文献】

- 1)中島健司：個別要素法アルゴリズムを用いた連続体メディアの破壊解析の精度検証とその応用に関する研究，修士論文，神戸大学大学院自然科学研究科博士課程前期課程建設学専攻，1998.3