

神戸大学工学部 フェロー会員 高田至郎
 神戸大学大学院自然科学研究科 正会員 李騰雁
 神戸大学大学院 学生員 ○中島健司

1. はじめに

兵庫県南部地震によって、阪神地区の東西を結ぶ交通施設は壊滅的な被害を受け、その機能性は一瞬にして失われた¹⁾。その中でも橋梁建造物の被害はその最たるものと言える。そしてこれらの被害は交通の麻痺をもたらし、輸送、救援活動の停滞など災害復旧の大きな妨げの要因となる等、その耐震性の不足を露呈した。地震時における橋梁システム全体の複雑な挙動とそれに伴う損傷のメカニズムを早急に明らかにすることは、今後の耐震補強対策、および耐震設計を考えていく上で重要な課題となっている。

そこで本研究では、上部工、下部工、支承から構成される橋梁システムに基礎構造と地盤も考慮して、それらの動的相互作用を考慮した全体系を解析対象として有限要素化し、2次元弾塑性動的FEM解析プログラムを用いてシュミレーションを行う。そして橋梁システム全体の損傷メカニズムについて考察を行う。

2. 解析諸条件

解析のモデルは図-1に示す橋梁システムとする。橋梁形式は単純桁で、RC橋脚としている。地盤は沖積層である。図-2に今回の解析に用いた入力加速度波形を示す。モデル図の底面の基盤面を入射面としている。また、支承部をモデル化したジョイント要素、および地盤と基礎をつなぐジョイント要素は、鉛直方向、水平方向に幾何学的形状を持たないジョイントバネを介して結合した。その剛性については、表-1のように仮定した^{2) 3)}。表-2は本モデルで仮定した材料定数である。また、表-3に示す様に異種桁が並ぶ箇所とそうでない箇所の解析ケースそしてモデルの左半分の地盤をやや軟弱地盤と仮定した3種類の解析ケースを考える。今回の解析では、桁同士の衝突があるものとして、接触条件を満たすときに、その衝突力をパルスとして入射した。衝突力については1次元弾性棒の衝突理論⁴⁾より衝突時の圧縮応力を外力に変換している。

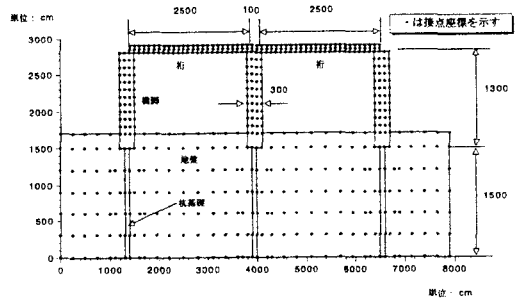


図-1 モデル図

表-1 ジョイント部剛性

	水平方向		鉛直方向
	1次勾配	2次勾配	1次勾配
固定支承	75000	15000	剛
移動支承	540	—	剛
地盤と基礎	100	—	100

表-2 材料定数

	密度	ヤング係数	ポアソン比	減衰定数	せん断伝達係数
コンクリート	0.0025	320000	0.17	0.05	0.30
鋼	0.0780	2100000	0.20	0.05	0.30
地盤	0.0016	3000(760)	0.40	0.49	0.30

表-3 解析CASE

	上部構造(桁)	橋脚形式	基礎	地盤
CASE 1	コンクリート+コンクリート	コンクリート	杭基礎	沖積層
CASE 2	鋼+コンクリート	コンクリート	杭基礎	沖積層
CASE 3	コンクリート+コンクリート	コンクリート	杭基礎	沖積層(軟弱)

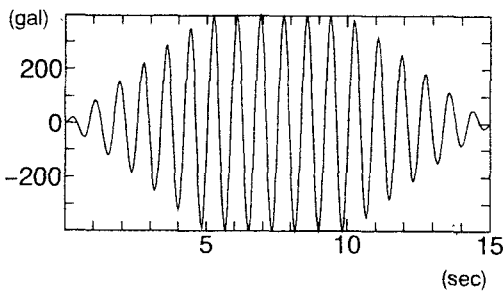


図-2 入力加速度波形

3. 解析結果と考察

図-3は、CASE1とCASE2、およびCASE3のクラックの発生箇所である。図-3より、CASE2の異種桁の方が、クラックの入り方が多い結果となった。また、その中でもとくに、2つの異種材料桁を支える中央の橋脚で被害が大きくなっていた。兵庫県南部地震の実際の橋梁構造物の被害で、構造形式が変わる箇所被害が出たケースもあることから、上部での慣性力の違いが破壊箇所に影響を及ぼしているものと考えられる。また、CASE1とCASE3ではそれほどの違いは見られなかった。

次に、図-4としてCASE1とCASE3の左側の橋脚基部に対する橋脚天端部の時刻歴応答変位を示す。両者にあまり差異は見られないが、図-5の基盤面に対する天端部の応答変位を見ると、CASE3の方が大きな値を示していることがわかる。このことと、兵庫県南部地震において阪神高速道路5号湾岸線で液状化した地盤により基礎に残留変位が生じて桁の落下につながったケースは類似していると思われる。湾岸線は、3号神戸線に比較して、格段に耐震性能が向上しているわけで、実際に橋脚の被害も少ないのだが、地盤からの拘束が若干弱いために橋脚自身に働く力は軽減されるものと考えられる。次に、図-6としてCASE2の支承部における変位-荷重の履歴と桁の衝突による衝撃力の時刻歴を示す。

まず、支承に伝達される力については、大きく、且つかなり激しく正-負繰り返し荷重を受けていることがわかる。また、衝撃力も激しく現れていることなどから橋脚とはまた違った振動をしていることが考えられるが、本研究では正弦波を利用した模擬地震動であるので、今後詳細な検討をする必要がある。

4. まとめ

本報告では、上部工死荷重の違いによる橋脚の被害の差異、地盤条件の違いによる橋脚の被害の差異について検討した。これにより、上部工の慣性力は、それを支持する橋脚の被害に影響を及ぼすことを解析的に確認した。また、橋梁構造物と地盤との相互作用は、橋脚地震の被害よりも、上部工の落橋との関係が強いことが推測できた。

(参考文献) 1)神戸大学工学部兵庫県南部地震緊急被害調査報告書(第2報) 2)社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説・V耐震設計編, s 55.2 3)藤野ら：高架橋システムの最適損傷配分評価に関する試み, 阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp. 545~, 1996.1, 土木学会 4)土木学会：構造物の衝撃挙動と設計法, pp. 1~3, H. 6.1.10

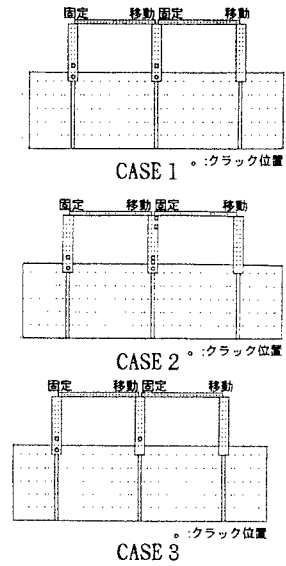


図-3 クラックの発生箇所

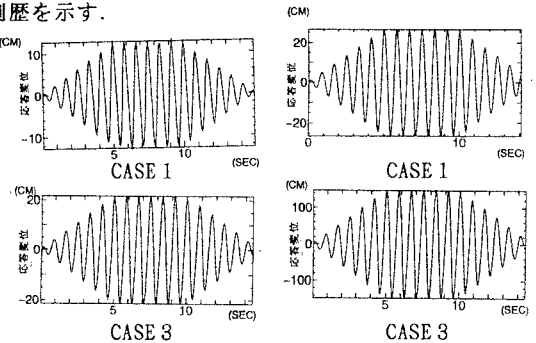


図-4 橋脚基部に対する天端部の応答変位
図-5 基盤面に対する天端部の応答変位

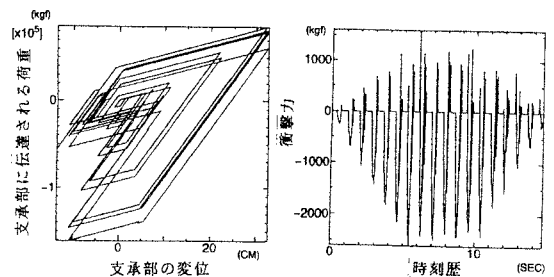


図-6 CASE2の支承部の変位-荷重履歴と桁の衝突による衝撃力の時刻歴