

埼玉大学大学院 学生会員 高野 光司
 埼玉大学工学部 正会員 牧 剛史
 埼玉大学工学部 正会員 睦好 宏史

1、はじめに

1995 年の兵庫県南部地震では多くの RC 構造物に被害が生じ、これらの被害の原因究明に関して、多くの研究が行われてきた。しかし地盤や杭が構造物の応答性状、あるいは破壊性状に及ぼす影響について十分に明らかにされているとは言い難い。本研究は、神戸市深江本町で 600m にわたり倒壊した阪神高速 3 号神戸線の神 P126 橋脚の橋軸直角方向について、地盤—杭基礎—RC 橋脚全体系の非線形地震応答解析を行い、地盤、杭基礎、RC 橋脚の各種要因が構造物全体系の地震時挙動に及ぼす影響を明らかにしたものである。

2、解析方法

本研究では 2 次元弾塑性有限要素法を用いて解析を行った。解析対象構造物は、図-1 に示すように直径 3.3m の単柱円形断面のピルツ橋脚で、基礎部はフーチングと直径 1m で長さ 10m の場所打ち杭 19 本で構成されている。本構造物は昭和 39 年版鋼道路橋示方書で設計されたもので、設計水平震度を 0.2 としており、固有周期は 0.5 秒である。解析に用いた地盤条件は本構造物の周辺において実際に調査されたものである。対象構造物は、図-2 に示すように要素分割した。この場合、境界部には粘性境界を設定し、橋脚、杭の復元力は剛性低下型 (Takeda モデル) モデルとし、地盤は Hardin-Drnevich モデルの平面ひずみ要素でモデル化した。またフーチングに関しては剛な線形はり要素とした。入力地震動は、神戸海洋気象台で観測された、最大加速度 818gal (NS) の地震波形 10 秒間を、1 次元重複反射理論に基づくプログラム k-SHAKE を用いて G.L.= -15m に設定した工学的基盤面まで引き戻し (最大 796gal)、これを最大加速度 500gal に基準化して基盤面に入力した。

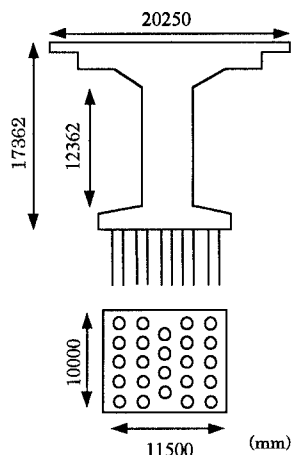


図-1 神 P126 橋脚概要

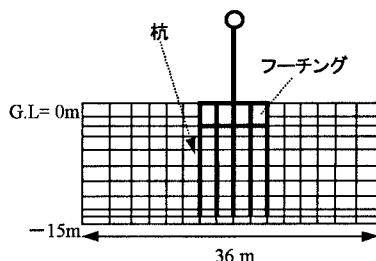


図-2 要素分割

3、解析結果

本研究ではまず解析手法の精度を検討するために、実際のデータを入力した応答解析結果と実構造物の被害状況を比較した。その結果、解析においては橋脚躯体に大きな被害 (塑性率 5 程度) が生じ、杭頭部においてはクラックが生じた。実際の被害は、橋脚では段落しでせん断破壊が生じ、また杭頭部では、幅 2mm 程度のひびわれが生じた程度であった。このことから本解析手法により概ね、よい精度で全体の地震時挙動を計算できることが確認できた。次に橋脚躯体の降伏震度、固有周期、地盤の種類、杭形状が構造物の応答性状に及ぼす影響を明らかにするためにパラメトリックスタディーをおこなった。図-3 は、橋脚固有周期を 0.2、0.5、1.0 秒に変化させた場合の橋脚躯体と杭の塑性率、フーチング近傍の地盤の履歴吸収エネルギーを示したものである。橋脚降伏震度を大きくすると杭頭部での損傷が誘発されて塑性化が進行していくのに対し、橋脚躯体の損傷が小さくなっていくのが分かる。橋脚固有周期が 0.5

Keywords: RC pier, Pile, Nonlinearity of Soil, Energy Distribution, Two Dimensional Dynamic Elasto-Plastic FEM

〒338-8570 埼玉県浦和市下大久保 255 埼玉大学工学部建設工学科 建設材料研究室 048-858-3556

秒の時、フーチング近傍での地盤履歴吸収エネルギーは固有周期が 0.2、1.0 秒の時よりも大きくなり、このとき橋脚天端での加速度も最大となった。これは橋脚の固有周期が基盤入力波の卓越周期に近いからであると思われる。すなわち、換言すると橋脚高さが高くなり、橋脚耐力が大きくなるほど、杭、地盤へ損傷が移行していくことになる。

近年、RC 橋脚の耐震補強が盛んに行われているが、橋脚の耐力を大きくした場合、杭にどの程度の負担が生じるのかを検討した。ここでは、入力地震波の最大加速度を 1G にし、橋脚躯体の降伏震度のみを 0.2 から 1.0 に変化させた場合 (Case1) と、降伏震度を変化させ、杭の本数は変えずに断面積を 2 倍にした場合 (Case2) について応答解析を行った。なお、ここでは群杭効果の影響を無視した。図-4 は Case1 と Case2 について、橋脚および杭の塑性率を示したものである。橋脚の降伏震度を大きくした場合、橋脚と杭ともに塑性率が 1 を超えて降伏しているが、杭の断面積を 2 倍にすると橋脚、杭ともに降伏に至っていないことが分かる。すなわち、橋脚のみを補強して耐力を大きくした場合は大きな地震が生じた時、杭に損傷が生じる可能性があることを示唆している。図-5 は、地盤と杭を考慮した応答解析の結果とエネルギー一定則および変位一定則の関係を示したものである。図-5 (a) では橋脚固有周期 0.2 秒とした時の橋脚降伏震度と塑性率の関係、(b) に橋脚固有周期を 1.0 秒とした時の橋脚降伏震度と最大変位の関係を示している。今回、対象とした構造物において短周期の場合では、地盤の非線形性を考慮した本解析の結果は、エネルギー一定則とほぼ同様の関係を示しており、長周期の場合では、変位一定則と同様の関係となった。また解析値はエネルギー一定則の理論曲線よりもやや安全側の値となった。これは橋脚のみならず、杭基礎や地盤にも損傷が及んだからであると考えられる。

4. まとめ

兵庫県南部地震で大きな被害が生じた RC 橋脚について、地盤-杭基礎-RC 橋脚全体系を考慮した 2 次元弾塑性有限要素法を用いて応答解析を行った。本研究の範囲内から以下ことが言える。

- 1) RC 橋脚の固有周期が比較的長く、地盤の非線形性が顕著になるほど、基礎部や地盤に被害が集中することが分かった。
- 2) 地盤、杭基礎、RC 橋脚の被害を定量的に求めるには、本研究で用いた地盤-杭基礎 RC 橋脚全体系の解析法が有効である。

※ 本研究で用いた解析手法は (株) 構造計画研究所と (株) 地震工学研究所が開発したもの (NANSSI) である。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：土木研究所報告 第 196 号 第 5 編 平成 8 年
- 2) 兵庫県南部地震道路橋震災耐震委員会：兵庫県南部地震における道路橋の被災に関する調査報告書 平成 7 年
- 3) 秋吉・睦好・佐伯・町田：地盤と基礎を考慮した鉄筋コンクリート構造物の応答性状 土木学会第 47 回年次学術講演会講演概要集第 5 部 土木学会 平成 4 年

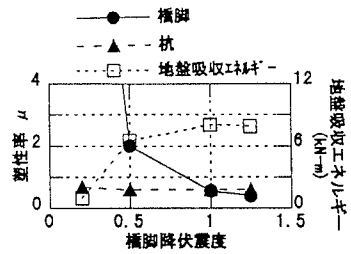


図-3 (a) T=0.2 秒の時

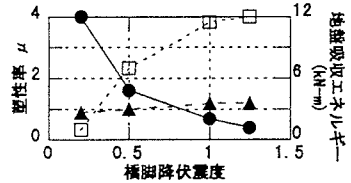


図-3 (b) T=0.5 秒の時

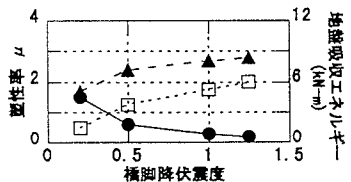


図-3(c) T=1.0 秒の時

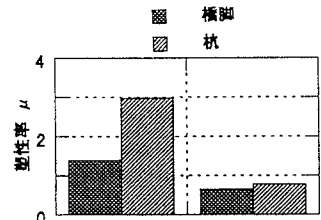


図-4 杭形状の影響 (降伏震度 1.0)

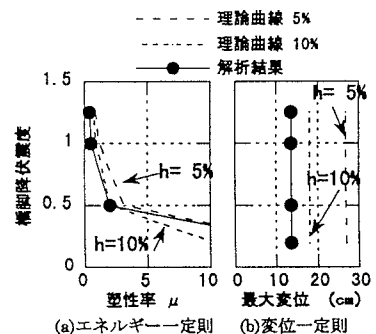


図-5 エネルギー一定則の検討