

Ⅲ - A421

被災した橋脚の非線形地震応答解析事例

大林組 正会員 伊藤政人 孫利民 田坂幹雄 上野孝之

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、土木分野の耐震設計基準では、基礎や地中構造物に対しても大きな地震力を入力し、非線形応答解析を行い、安全性を照査することが要求される方向にある。また現在導入の機運にある性能規定型設計においても、構造物の損傷過程を表現する非線形応答解析を用いて、構造物の耐震性能をいかに限界近くまで評価できるかが重要となる。そこで今回、兵庫県南部地震で被災した橋脚¹⁾を対象に、RC部材に非線形モデルを用いた地震応答解析を行い、解析手法の適用性について検討したのでここに報告する。

2. 解析対象

解析対象は兵庫県南部地震で被災した2つのRC単柱橋脚である(図-1)。両橋脚は約150m離れており、同時期に建設され構造形式もほぼ同じであるが、被災状況は大きく異なっていた。橋脚Aは脚柱が大きく損傷したが杭は無被害であり、橋脚Bは杭頭および中間部に損傷が見られたが、脚柱は損傷しなかった。

3. 解析モデル

解析はFEMモデルを用いた逐次積分時刻歴応答解析(解析コード EFACT)を用いた。解析断面は橋軸方向とし、2次元モデルとした(図-2)。地盤およびフーチングは平面ひずみ要素とし、橋脚および杭ははり要素とした。地震入力基盤はKP-18mとし、基盤入力波形は兵庫県南部地震の基盤とみなせる地点の観測記録から被害橋脚サイトの深層地盤構造の影響を考慮して計算した推定地震波²⁾を用いた(図-3)。モデルの下端および左右両端には粘性要素を設置して、下方、側方への波動逸散を考慮した。

地盤の要素は線形弾性とし、弾性係数は一次元重複反射解析(SHAKE)による等価剛性とポアソン比から定めた。杭および橋脚の曲げ剛性は、図-4に示すようなトリリニア型のM-φ関係でモデル化し、 M_{cr} 、 M_u 、 ϕ_{cr} 、 ϕ_u は、それぞれ軸力に依存する。地盤および橋脚のレイリー減衰 α 、 β は、それぞれ1次と2次の固有振動数で減衰定数h(地盤:SHAKEの収束値、構造物:5%)が等しくなるように定めた。

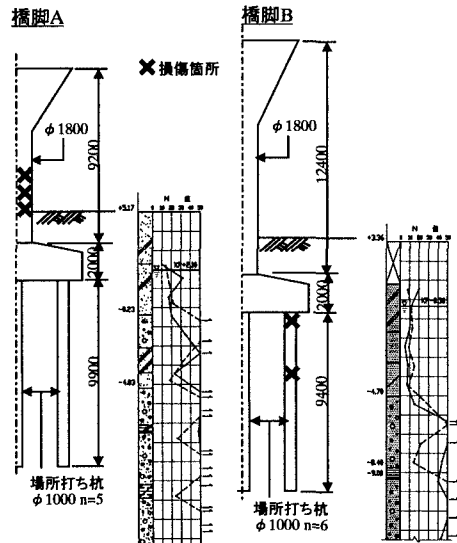


図-1 解析対象橋脚

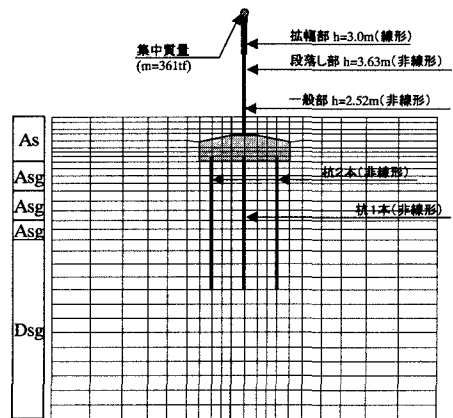


図-2 解析メッシュ(橋脚A)

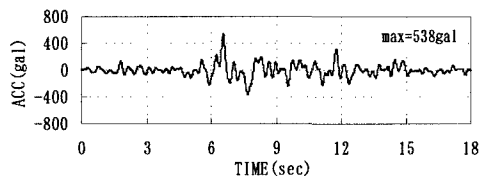


図-3 入力地震波

キーワード：橋脚、杭、地震応答解析、非線形解析

〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640 TEL:0424-95-0936 FAX:0424-95-0903

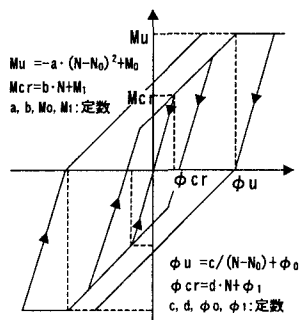


図-4 R/C部材非線形モデル

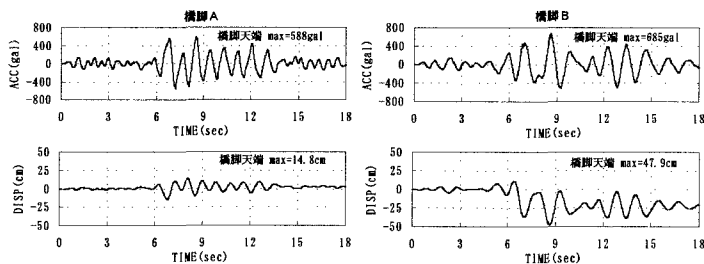


図-5 橋脚天端応答値

表-1 固有周期(sec)

橋脚	地盤	全体
A	0.45	0.62
B	0.68	0.86

4. 解析結果

表-1 に固有値解析の結果を示す。橋脚Aの方が脚柱が高く、地盤が軟らかいことより固有周期は長くなっている。図-5 に橋脚天端の加速度、変位の時刻歴を示す。橋脚天端における応答加速度、変位は、どちらの橋脚も別途行った材料線形とした解析に比べ、加速度は小さく、変形は大きくなっている(線形解析では橋脚A: 1180gal, 8.2cm, 橋脚B: 2100gal, 39.2cm)。これは部材が非線形領域に入ること、変形が増大し、長周期化したためと考えられる。

図-6 に橋脚および杭の曲率塑性率を示す。橋脚の最大塑性率は橋脚A: 2.8, 橋脚B: 2.2と橋脚Aの方がやや大きい。杭の塑性率は橋脚Aではすべて 1 以下であり、橋脚Bでは杭頭で 2.7, 杭中間部では 2 であった。橋脚Bの杭中間部において、曲げ破壊が生じたのは、KP-5m 付近の沖積砂層でせん断ひずみが大きくなるためであり、それによって杭に曲げが生じたものと考えられる。

図-7 に解析における損傷箇所を示す。橋脚Aの被害実態は脚柱に大きな損傷があったものの杭にはほぼ被害がなかった。解析では、脚柱基部および段落部に曲げ破壊が生じているが、杭には曲げ破壊は生じておらず解析は被害実態とよく一致した。一方橋脚Bの被害実態は杭頭、杭中間部にひび割れが見られたものの脚柱は損傷していない。解析では、脚柱が橋脚Aよりは塑性率が小さいものの曲げ破壊が生じるという結果となったが、杭頭と杭中間部に曲げ破壊が生じており、杭に関しては実態をよく模擬できた。

5. おわりに

兵庫県南部地震で被災状況の大きく異なった2つの橋脚を対象に非線形応答解析を行ったところ、解析結果はほぼ被害実態と一致し、解析手法の妥当性を検証できたといえる。しかし、全体としては被害を過大に評価する傾向となっており、構造物のモデル化(フーチングと脚柱の結合の影響、支承部の剛結程度の評価³⁾)や地盤の非線形挙動の影響などについて、さらに詳細な検討が必要であると考えられる。

【参考文献】1) 土木学会：阪神・淡路大震災調査報告土木構造物の被害，第1章，橋梁，pp216-224, 2) 藤森ら：1995年兵庫県南部地震における三宮断面の地震動評価，日本建築学会大会学術梗概集，1997.9.3) 孫ら：質点系モデルを用いた被災橋脚の非線形地震応答解析，第10回日本地震工学シンポジウム，1998, pp1849-1854

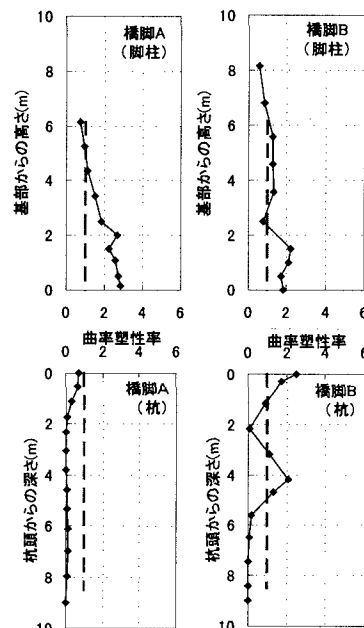


図-6 曲率塑性率分布

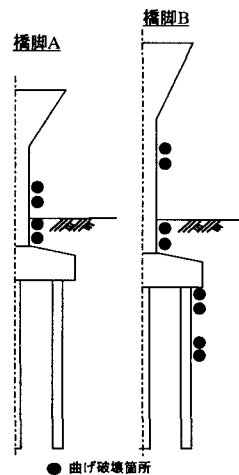


図-7 解析損傷箇所