

1. まえがき

平成7年兵庫県南部地震では、臨海部の埋立地盤の広い範囲で液状化が発生するとともに、特に水際線近傍では液状化に伴う地盤の流動が発生し、橋梁基礎に残留変位が生じた事例が見られた。このことに鑑みて、平成8年12月に改訂された道路橋示方書では地盤の流動に対する規定が設けられたが、流動が基礎に及ぼす影響については未解明の部分が残されているのが現状である。本研究は、兵庫県南部地震により残留変位を生じた橋梁基礎を対象として、地盤の流動に伴う地盤の変位並びに橋梁基礎に生じる変位及び断面力について解析的に検討したものである。

2. 解析方法

図-1に本解析のフローを示す。まず、解析モデルを作成するにあたり、液状化の危険性が高い土層（埋土層、置換部）の液状化判定を行い、液状化時の地盤物性を推定する。液状化の判定では、最初に一次元地震応答解析により地震時せん断応力比の時刻歴波形を算出した後、これを用いて累積損傷度法に基づく計算により、地盤の液状化強度比（ R_L ）を算出する。これを前述の一次元地震応答解析により得られる地震時最大せん断応力比（ L_{max} ）で除すことにより、液状化に対する抵抗率（ $F_L = R_L / L_{max}$ ）を求める。このようにして得られた F_L に応じて、埋土層及び置換部のせん断剛性を設定し¹⁾、図-2に示す二次元有限要素解析モデルを作成する。このモデルの自重により生じる地盤の変形を流動に伴う変形とみなす。

次に、橋梁基礎（杭、フーチング）及び橋脚柱のうち地中部を二次元非線形梁要素によりモデル化し（図-3参照）、それに橋脚の死荷重及び非線形パネ要素を介して地盤変形解析により得られた地盤変位を作用させ、橋梁基礎の変形及び断面力を算出した。

3. 地盤変形解析の結果

図-4に、地震前の護岸の前面（海側）からの距離と地盤の水平変位及び沈下量を示す。護岸から離れるにしたがって、地盤の水平変位が減少しており、その傾向は実測変位と概ね整合的である。また、地盤の沈下量は置換部がある護岸から約30mまでの間で大きく陥没したような傾向を示している。

図-5に橋脚位置（護岸から30.9m）での地盤の水平変位の深度分布を示す。地表面変位は約1.7mであり、変位の分布形状は、液状化層の下端である深度18m付近から急激に増加し、液状化層の中心で最大となる分布を示している。また、置換部の下部に相当する18mから15mの間での変位の増加の割合（ひずみ）が大きくなっている。

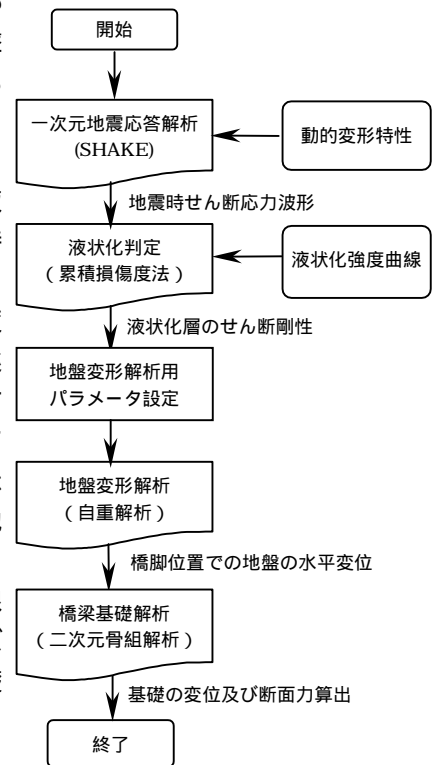


図-1 解析のフロー

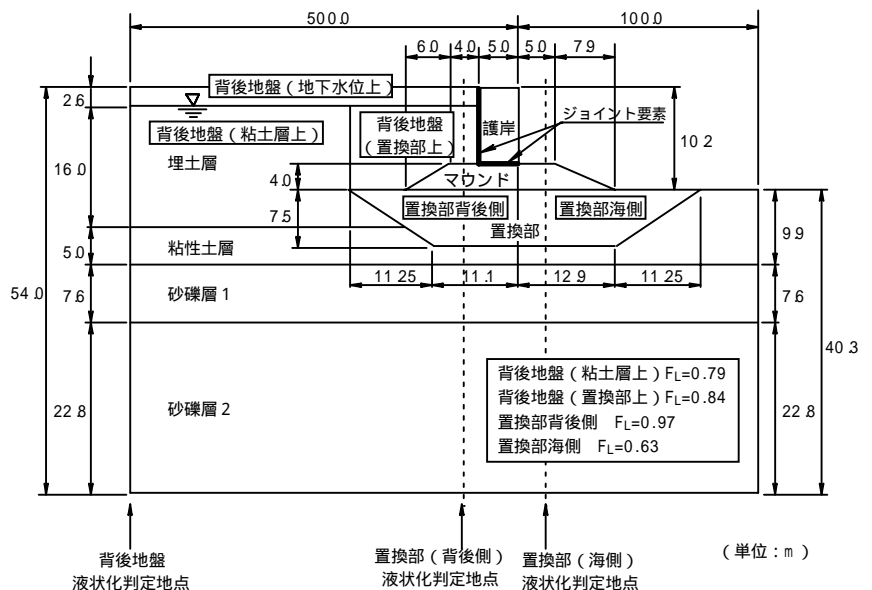


図-2 地盤変形解析のモデル図

キーワード：液状化，流動化，変位，橋梁基礎，数値解析，有限要素法

連絡先：茨城県つくば市大字旭1番地，TEL 0298-64-4963，FAX 0298-64-0598

4. 橋梁基礎解析の結果

図-6に、解析で得られた基礎の水平変位、基礎に生じた曲げモーメント、兵庫県南部地震後に計測された杭の亀裂の位置及び幅を示す。基礎の変位は、杭頭部で60cm程度であり、地震後の実測値が62cmであったことから、地盤の変位について本解析は実測値とよく整合している。また、曲げモーメントについては、杭頭部から4~5m及び深度19m~21m付近で降伏曲げモーメントを越える結果となっている。実際の杭でもこの付近で大きなクラックが認められており、このような状況とも整合している。

5. まとめ

地盤の流動に伴う地盤の変位並びに橋梁基礎に生じる変位及び断面力について解析的に検討を行った。その結果下記が明らかとなった。

(1) 護岸から離れるにしたがって、地盤の水平変位が減少しており、その傾向は実測変位と概ね整合的であった。地盤の沈下量は置換部がある護岸から約30mまでの間で大きく陥没している。また、地盤の水平変位は、液状化層の下端付近から急激に増加し、液状化層の中心で最大となる分布を示した。

(2) 解析により得られた基礎の変位は、杭頭部で60cm程度であり、地震後の実測値とよく整合した。また、解析により得られた杭の曲げモーメントが降伏点を越えている深度と、兵庫県南部地震後に確認された杭の亀裂が多い深度は、よく整合していた。

【参考文献】

1) 安田進、吉田望、安達健司、規矩大義、五瀬伸吾、増田民夫：液状化に伴う流動の簡易評価法，土木学会論文集 No.638 / -49, pp71-89, 1999年12月

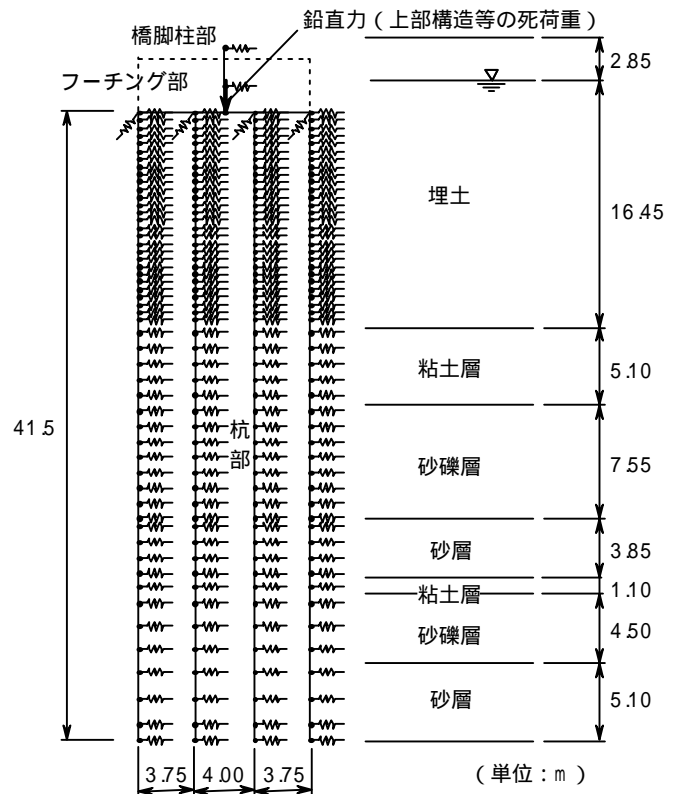


図-3 橋梁骨組解析のモデル図

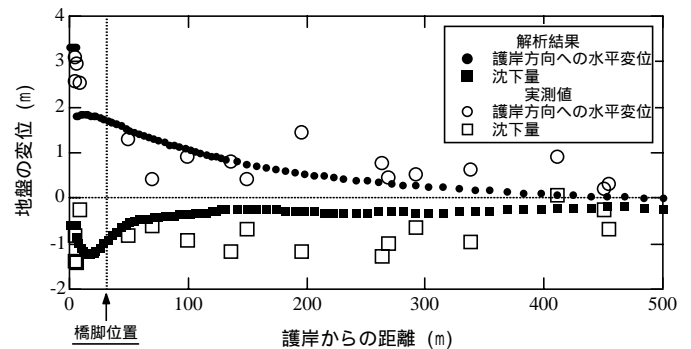


図-4 水際線からの距離と地盤の水平変位量

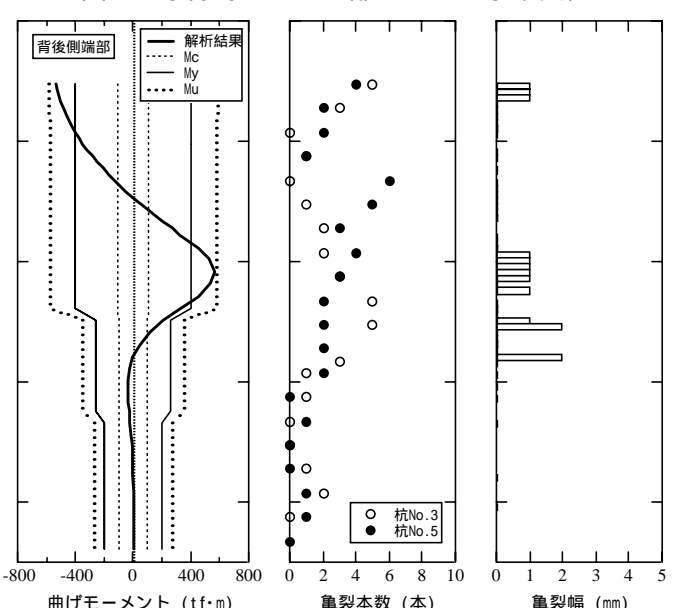
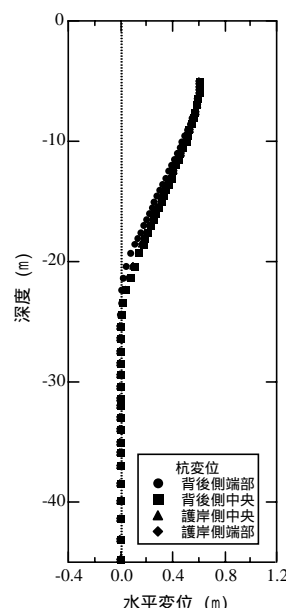
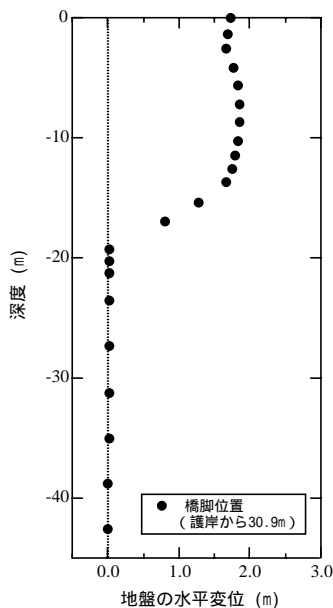


図-5 地中の水平変位分布

図-6 基礎の変位、曲げモーメント及び兵庫県南部地震後に計測されたの杭の亀裂