

地盤沈下地帯の護岸における地震時の変形解析

東京電機大学 フェロー会員 安田 進
 東京電機大学大学院 学生会員 ○清水 優匡
 東京電機大学 小松 佳祐

1 はじめに

東京や大阪、名古屋などの低地における特殊な条件として、地下水の汲み上げにより発生した大きな地盤沈下を原因とする、周囲の河川や湾の水位より地表面が低い“ゼロメートル地帯”が広く分布している。これを守っている堤防や護岸が液状化により変形すると、浸水する可能性が考えられる。そこで、液状化が発生すると予測されている地区から二箇所の護岸を選定し、残留変形解析手法である ALID (*Analysis for Liquefaction-induced Deformation*)¹⁾を用いて、レベル1および2地震動に対して、“ゼロメートル地帯”での護岸の変形状態を解析した。

2 解析方法

東京には、いくつかの川によって形成された広大な低地が存在する。そこでは、表層に沖積層の砂質土からなる上部有楽町層が堆積し、その下部に沖積層の粘性土からなる下部有楽町層が堆積している。東京低地では、都市域なので構造物の建設にあたって多くの地盤調査が行われ、地盤図としてまとめられており、これをもとに“ゼロメートル地帯”で、1923年の関東大震災の際に液状化した地区を選定した。

護岸は昭和50年代に建設されたコンクリートの特殊堤である。検討に使用する断面は堤防に直交とした。堤防建設時の設計図面によると、地区Ⅰの場合、旧堤防の前面にT型のコンクリート堤防が建設されており、その間は盛土が施してある。堤防の基礎にはφ600mm、長さ20mの鋼管杭が2列配置してあり、その前面には長さ13mの鋼矢板(Ⅲ型)が打設してある。地区Ⅱの場合、T型のコンクリート堤防の基礎にはφ300mm、長さ7mのRC杭が2列配置してある。盛土や旧堤防の断面形状は現地にて測定した。また、川底の形状が図面に記されていないため、目盛りを付けたひもに石をつけ、1mピッチで近くの橋の上からおろして目測で水深を測定した。従って、10cm程度の誤差を含んでいる可能性はある。水深は堤防の高さとの相対標高からAPに直し、川の底面を決定した。

液状化強度比 R_L の算出は、道路橋示方書・同解説の液状化の判定方法と、これを東京低地における砂質土の細粒分影響を補正した方法とで行った²⁾。後者は東京ガスの緊急遮断システムに使用されているため、ここでは東京ガスの方法と呼ぶ。地区Ⅰにおける深度と、二つの方法で求めた液状化強度比との関係を図-1に示す。両者で R_L は大きく異なる。

この他、単位体積重量 γ_t は土質名から推定した。細粒分含有率 F_c も土質名から判断する方法があるが、これだと誤差がかなり大きくなる。そこで、今回は図-2に示す東京低地の沖積砂層の N 値と F_c の関係を用いて、 N 値から推定する方法をとった。

液状化判定方用の入力地震動としては①旧道路橋示方書での $k_{hg}=0.18$ 、②レベル1地震動用の $k_{hg}=0.24$ 、③レベル2地震動タイプⅠ用の $k_{hg}=0.4$ 、④レベル2地震動タイプⅡ用の $k_{hg}=0.6$ の4種類を想定した。そこで、これら4種類の地震動に対して解析断面内の F_L の分布を計算し、それをもとに解析ソフトALID/Winによる変形解析を行うことにした。

3 解析結果

地区Ⅰの断面は、中間に粘性土層があり、その上部・下部に砂質土層がある。阪神・淡路大震災前に用いられていた $k_{hg}=0.18$ の地震動で解析した場合、上部砂質土層では F_L が0.7~0.9であるのに対し、下部砂質土層では0.9

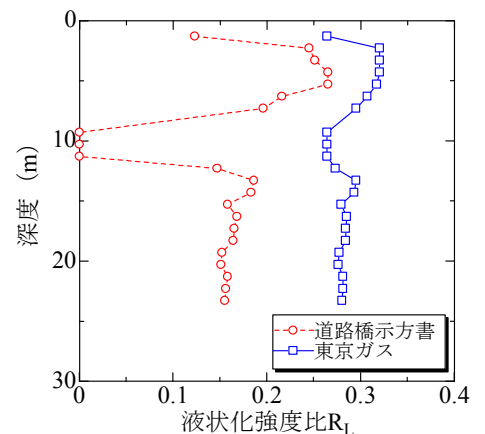


図-1 液状化強度比と深度の関係

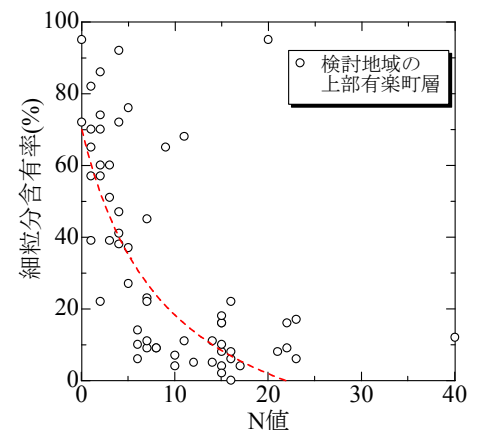


図-2 N値と細粒分含有率の関係

キーワード 液状化, 流動, 変形, 解析, 地盤沈下

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 0492-96-2911 (2748) FAX 0492-96-6501

～1.1 となり、層の下半分は液状化しない結果となった。杭先端の深度が液状化しないため、護岸の沈下量は 0.10m、天端の川側への変位量も 0.01m と小さい値となった。レベル2 タイプII地震動で解析した場合、図-3 に示すように両砂層とも F_L が 0.4～0.6 程度と小さくなり、杭先端の深度が液状化するため、護岸の沈下量は 0.87m、天端の川側への変位量は 0.76m となった。また、図-4 に示すように、堤体土が川側へ向かって流れ出したことにより、堤防底面と盛土との間に隙間ができた。

地区IIの断面では、地表面から 7m ほど砂質土層があり、その下部は粘土層となっている。杭先端の深度が非液状化層のため、阪神・淡路大震災前に用いられていた地震動で解析した場合、護岸の沈下量は 0.22m、天端の川側への変位量も 0.01m と小さい値となった。レベル2 タイプII地震動で解析した場合、図-5 に示すように川底・背後地盤の F_L が共に 0.2～0.6 程度と非常に小さくなるため、天端の川側への変位量が 0.18m なのに対して、護岸の沈下量は 0.74m となった。図-5 にその様子を示す。

水平震度の違いによる護岸の沈下量と天端の水平変位量を図-7～8 に示す。図に示すように水平変位量は大きくなく、ゼロメートル地帯では、背後地盤が川側へ大きく流動する結果とはならなかった。一方、護岸の沈下量は大きく生じやすい結果となった。

4 まとめ

東京下町の“ゼロメートル地帯”の護岸に関して、液状化にともなう変形を解析してみた。その結果、今回の二箇所の検討地区では、背後地盤が川の水より低い為、一般に川岸で生じ易い川側への大きな水平変位は生じない事が分かった。ただし、川の水が背後地盤よりも高いため、盛土部の沈下と護岸の前傾により、川の水が宅地に侵入する浸水被害が生じ易いことが懸念される結果となった。大都市内の護岸や背後・前面地盤の形状は多種多様であり、流動に関する広域のシミュレーションを行う場合、背後地盤のこのような地形も考慮する必要があることが分かった。

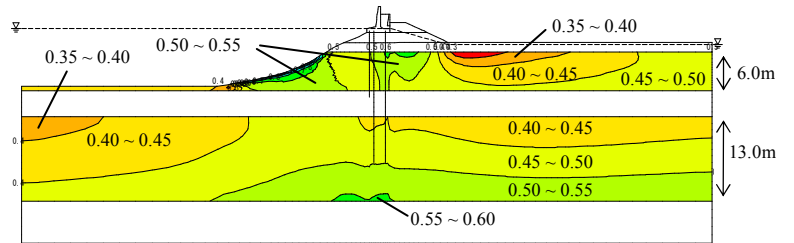


図-3 「地区I」レベル2タイプII地震動による F_L の分布図

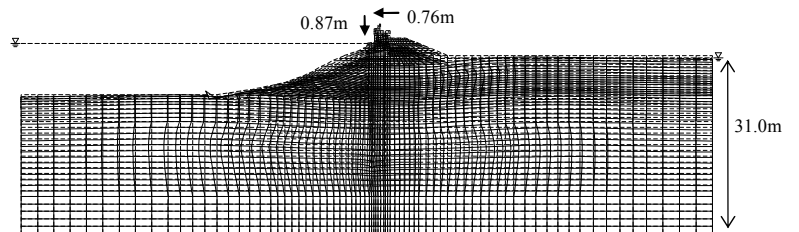


図-4 「地区I」レベル2タイプII地震動による変形図

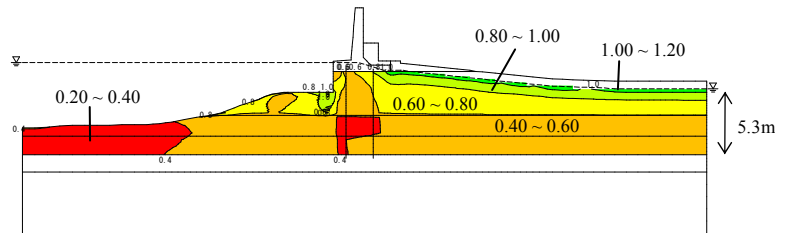


図-5 「地区II」レベル2タイプII地震動による F_L の分布図

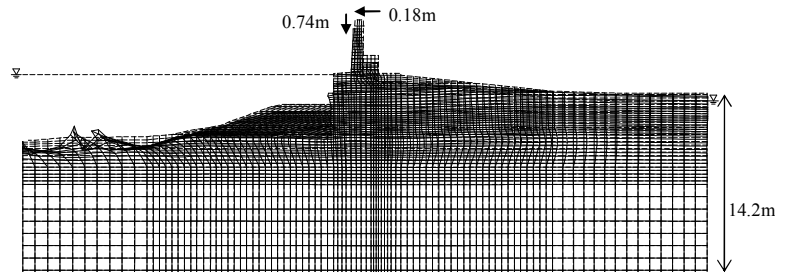


図-6 「地区II」レベル2タイプII地震動による変形図

参考文献

- 1) 安田進・吉田望・安達健司等:液状化にともなう流動の簡易評価方法, 土木学会論文集, No. 638/ III -49, pp. 71-89, 1999.
- 2) 亀井祐聡・森本巖・安田進・清水善久・小金丸健一・石田栄作:東京低地における沖積砂質土の粒度特性と細粒分が液状化強度に及ぼす影響, 地盤工学会論文報告集, Vol.42, No.4, pp.101-110, 2002.

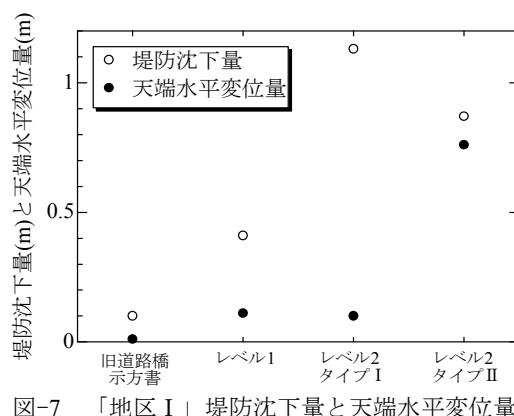


図-7 「地区I」堤防沈下量と天端水平変位量

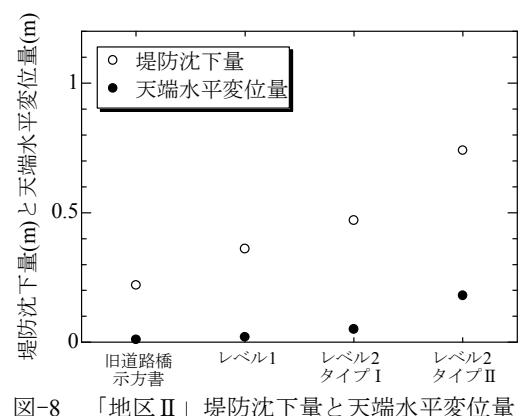


図-8 「地区II」堤防沈下量と天端水平変位量