

東京低地における傾斜地盤および 護岸背後地盤の流動の簡易解析

安田 進¹・清水 善久²・小金丸 健一³・入澤 恒裕⁴・松本 浩一⁵

¹正会員 工博 東京電機大学教授 理工学部建設環境工学科 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

²正会員 東京ガス株式会社 防災・供給センター (〒105-8527 東京都港区海岸1-5-20)

³正会員 東京ガス株式会社 防災・供給センター (〒105-8527 東京都港区海岸1-5-20)

⁴学生会員 工修 東京電機大学 理工学研究科応用システム工学専攻 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

⁵学生会員 東京電機大学 理工学部 建設工学専攻 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

液状化に伴う地盤の流動には、傾斜地盤と護岸背後地盤の2つのタイプがある。流動量には、液状化層厚や地表面の傾斜、地盤の密度などが大きく影響することが、過去の被害事例や模型実験などから明らかにされてきている。また、液状化した土の種類や細粒分含有率が大きく影響するのではないかと考えられている。そこで、筆者らは、東京低地地区を対象地区とし、傾斜地盤および護岸背後地盤の流動量を予測するため、残留変形解析を用いていくつかの条件のもとで解析を行い、流動量に与える影響を検討した。その結果、傾斜地盤および護岸背後地盤の解析では、細粒分含有率が大きくなれば、流動量が小さくなり、液状化層厚が厚くなれば流動量が大きくなること分かった。

Keywords : liquefaction, flow, sandy ground, zoning

1. はじめに

液状化にともなう流動には、傾斜地盤と護岸背後地盤の2つのタイプがある。流動は、液状化層厚や地表面の傾斜、地盤の密度などが影響することが、過去の被害事例や模型実験などから明らかにされてきている。さらに、液状化した土の種類や細粒分含有率が流動に大きく影響するのではないかと考えられる。特に、東京低地地区においては、細粒分を多く含んでいることが分かっている。そこで本研究では、実際に東京低地地区に存在する地盤の流動量を予測するために残留変形解析方法“ALID”¹⁾を用いて、いくつかの条件のもとで解析を行い、流動量に液状化層厚、 F_L 、細粒分含有率 F_c 、水深が与える影響を検討した。

2. 解析方法

(1) 傾斜地盤の解析

東京東部低地を今回の検討対象地域とした。この中で、液状化が発生し、かつ、その勾配が1%以上の場所を液状化に伴う流動が生ずる可能性がある地盤とした。この傾斜地盤は、等高線地区から抽出した。液状化の発生に関しては、道路橋示方書に基づいて液状化指数 P_L 値の分布図を図1のように求め、 P_L 値が10以上の地区を流動が発生するものとした。両者の条件とも、当てはまる地区は86カ所であった。抽出した86地点の各地点における代表的な断面、柱状図を選出し、液状化層の平均 N 値、液状化層厚、平均 F_L 、平均 F_c 、勾配を求めた。例として大田区大森付近のボーリング柱状図を図2に示す。



図1. 液状化判定地図 (タイプI, $K_{hc}=0.3$)
【色が濃いほど P_L が大きい】

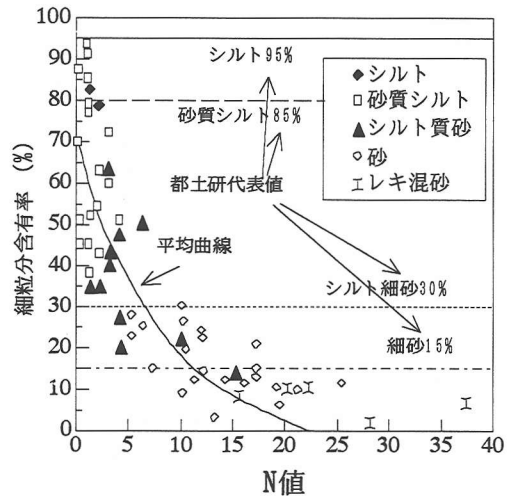


図3. 上部有楽町層のN値と F_c の関係

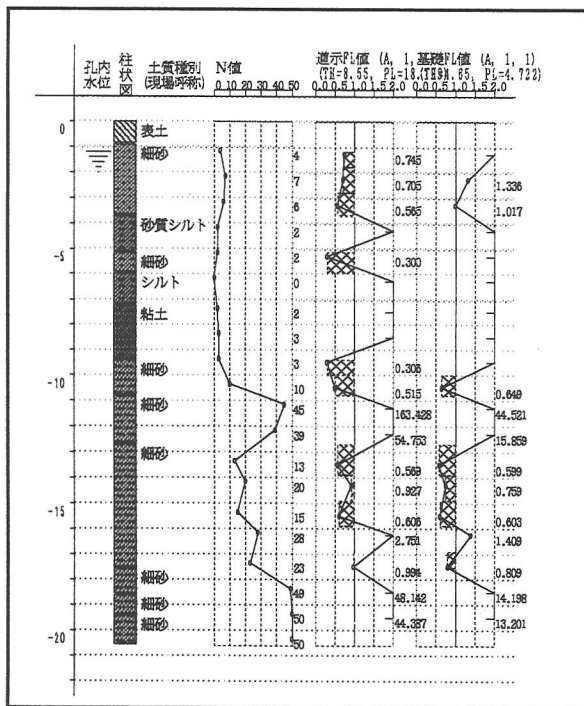


図2. 対象とした地区のボーリング柱状図例

なお、広域の予測を行うため、本研究では、既存のボーリング資料を用いたが、これには一般にN値と土質名しか記載されていない。ところが、土質名のつけ方も一定でないため、ここでは、N値から F_c を推定し、液状化の判定を行っている。このため、東京の沖積砂層におけるN値と F_c の関係調べたところ図3のような関係があることが、見出されたため、これを用いている。²⁾

$$F_c = 916 / (9.21 + N) - 29.5 \quad (N \leq 22) \quad \dots 1)$$

$$F_c = 0 \quad (N \geq 22) \quad \dots 2)$$

次に、簡易な残留変形解析手法“ALID”¹⁾を用いて流動量の解析を行った。解析用の傾斜地盤モデルとして、図4のような地盤を設定した。

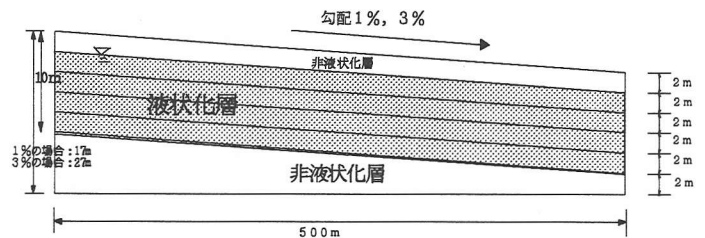


図4. 傾斜地盤モデル

また、地盤解析条件は東京低地全域を考慮するため、 $F_c = 0\%$, 10% , 20% , 30% , 40% として、液状化層厚を2m, 4m, 6m, 8mとして解析を行った。また、液状化に対する安全率 F_L を0.7, 0.8, 0.9, 1.0とし、傾斜勾配を1%と3%とした。

(2) 護岸背後地盤の解析

東京低地の護岸には矢板式と重力式があるため、これらを代表的な2つのモデルを用いて解析を行った。図5に示すように、護岸背後地盤は、水面側に100m, 背面側に200mの広さで、液状化層下に深さ44mまで非液状化層があるモデルを設定した。地下水位は地表から2mとし、水面は地表面から3mとした。

解析を行うにあたり、矢板式では、長さ22mの鋼矢板III型を仮定した。また、重力式では図6に示すような高さ

10m、幅7.5mの木杭付きのL型棚道を仮定した。この際
の木杭は長さ12m、 $\phi=400$ mmの杭で、2m間隔で2列に
配置してあると仮定した。

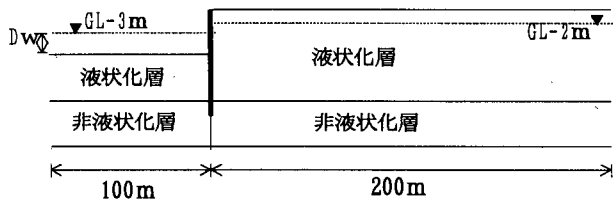


図5. 護岸背後地盤モデル

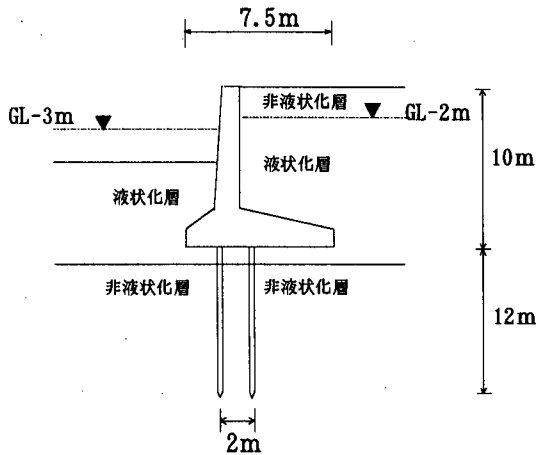


図6. 重力式護岸モデル

地盤条件として、水深は1m、3m、液状化層厚は4m、
8m、12m、細粒分含有率 F_c は、0%、10%、30%、 F_L は
0.7、0.85、1.0の条件で解析を行った。なお、傾斜地盤解
析と同様に N 値と F_c に図3²の関係があると考え、上記の
より F_c に相当する、 N 値を22、14、6とした。さらに、
大崎の式³に代入してせん断抵抗角 ϕ を求め、既往の実験
より求められた C と ϕ の関係より粘着力 C を求め、土圧
のバランスのチェックも行った。また、杭や矢板と地盤の
境界にジョイント要素を入れ、変形状態を上手く表現でき
るようにした。矢板式護岸はビーム要素とし、重力式護岸
はソリッド要素として解析を行った。

3. 解析結果

(1) 傾斜地盤の解析結果

解析を行った結果のうちの一部を図7・図8に示す。細粒
分含有率が増加することもない水平変位量が小さくなり、液
状化層厚が厚くなると水平変位量は大きくなる傾向が見られ
た。さて、図7、8などの結果を用いて、前述した86地点につ

いて水平変位量を推定してみた例を図9に示す。この地区
では、水平変位量は0.14m~0.27mとなった。他の地区でも、
大半が0.1m~0.2m程度であり、最大でも0.66mであった。

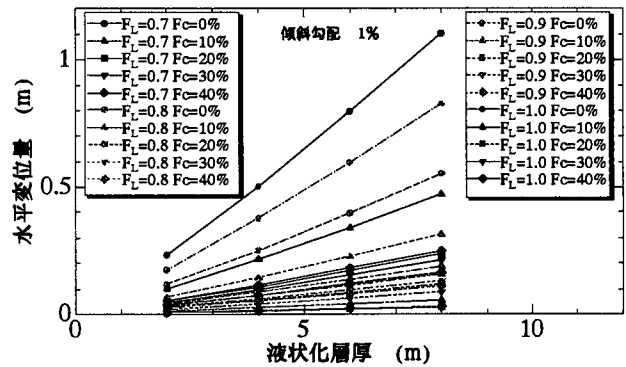


図7. 液状化層厚と水平変位量の関係 (勾配1%)

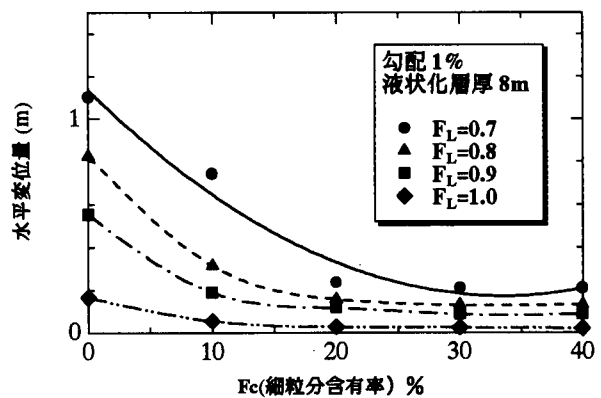


図8. 細粒分含有率と水平変位量の関係

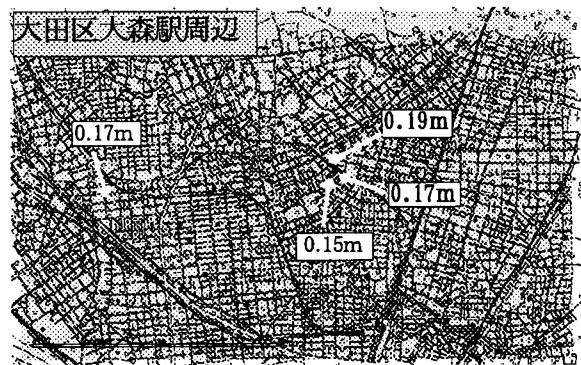


図9. 解析から推定される各点の水平変位量

(2) 護岸背後地盤の解析結果

解析結果として、水平変位量と護岸からの距離、液状化
層厚、細粒分含有率 F_c の関係を図10、図11に示す。全
体的に液状化層厚が大きくなるにつれて、また細粒分が少
なくなるにつれて水平変位量が大きくなる傾向となった。
図12、図13には護岸から20mの地点での水平変位量と細

粒分含有率 F_c の関係を示す。これに見られるように細粒分が多くなれば、水平変位量が減少する傾向となった。また、水深も浅いほど水平変位量は小さくなった。矢板式護岸と重力式護岸とを比較すると、矢板式護岸の方が水平変位量は大きくなる傾向となった。

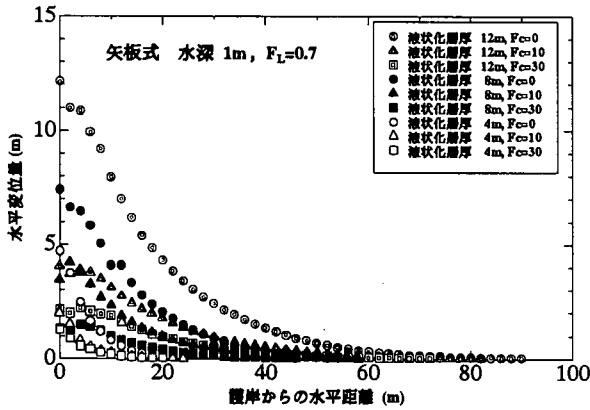


図10. 護岸からの距離と水平変位量の関係 (矢板式)

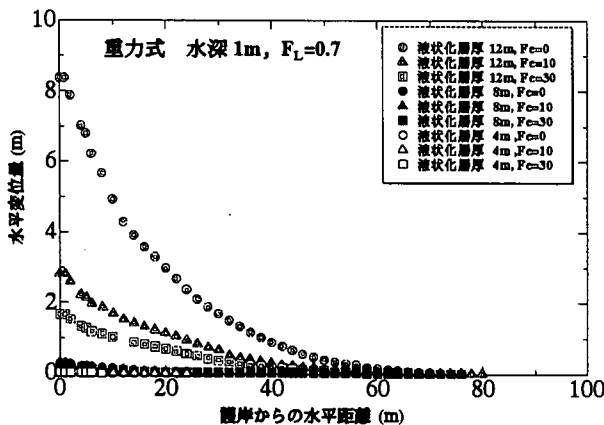


図11. 護岸からの距離と水平変位量の関係 (重力式)

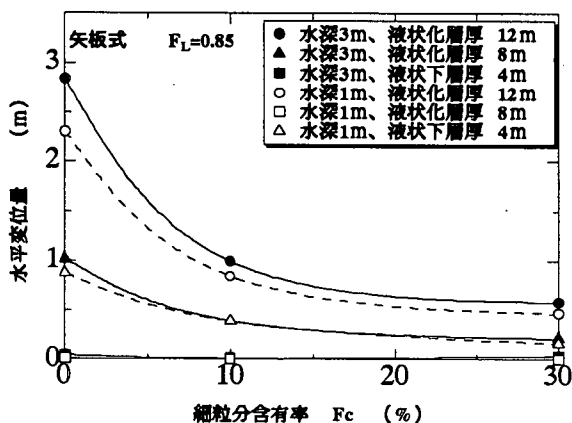


図12. 細粒分含有率と水平変位量の関係 (矢板式)

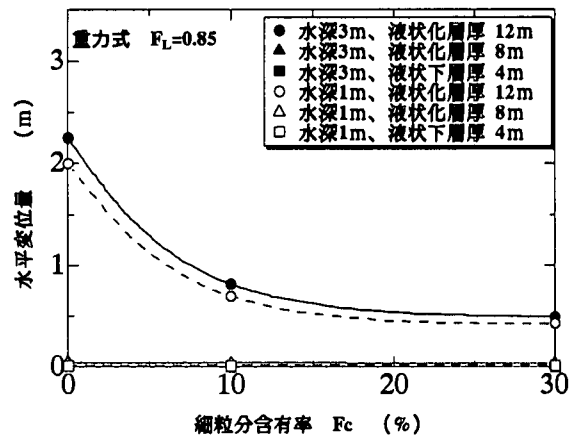


図13. 細粒分含有率と水平変位量の関係 (重力式)

4. まとめ

残留変形解析を用いて、細粒分含有率が東京低地における傾斜地盤の流動量に与える影響に関して解析を行った。その結果、細粒分含有率の増加に伴い、水平変位量は小さくなる傾向になることがわかった。また、ほとんどの地点で0.2m~0.3m程度の変位量となった。また、東京地区における護岸背後地盤における流動の解析について、ALIDを用いて、液状化層厚や水深、細粒分含有率 F_c が、東京低地の護岸背後地盤の流動に与える影響の検討を行った。その結果、細粒分が多くなれば流動量が小さくなる傾向などが得られた。

なお、本研究は(財)地震予知総合研究振興会の研究の一環として行ったものであり、日本技術開発株式会社の磯山龍二氏・石田 栄介氏や、東京電機大学学生の佐々木 鋼君などの協力を得た。末筆ながら関係者各位に感謝する次第である。

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予測方法, 土木学会論文集, No638, III-49, pp71-89, 1999, 12
- 2) 亀井 祐聡, 安田 進, 森本 巖, 清水 善久, 小金丸 健一, 中山 涉: 首都圏地盤における沖積砂質土の細粒分含有率に関する検討, 第35回地盤工学研究発表会, No1168, pp2277-2278, 2000.6
- 3) 地盤工学会: N値とC・φの活用法