

III-279

地盤の液状化による永久変位量の簡易予測式

東京大学工学部 東 畑 郁 生
不動建設㈱ 山 田 和 彦

1 はじめに

筆者らは地表面が水平な液状化層の下に傾きを持つ非液状化層(基盤)がある地盤をはじめとする数種のモデル地盤についての振動台実験を行い、そこで得られた知見をもとに、永久変位量について簡易な予測式を提案した¹⁾。そして、この式の検証を大型振動台実験及び過去の事例をもとにして行い、計算用モデル地盤、つまり計算に用いる各パラメータの設定にかなり注意が必要であることがわかった。今回はこのパラメータの計算値に対する感度分析の結果を報告する。

2 永久変位のメカニズム

ここに振動台実験で得られた知見を述べると、

- (1) 変位の形は正弦波に似ている。
- (2) 永久変位は斜面を下る方向に発生している。
- (3) 傾斜していた地盤は加振後、水平になる。

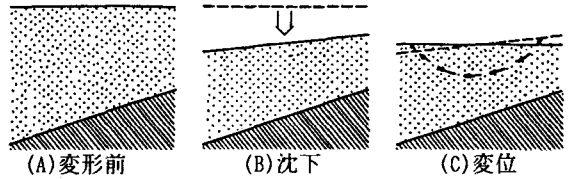


図-1 永久変位のメカニズム

- (4) (3) より液状化層は液体またはせん断定数の小さい固体とみなせる。

これらの知見より 図-1 に傾斜している基盤の上に地表面が水平な液状化層がある地盤の永久変位のメカニズムのフローを示す。地表面が水平で下の基盤が傾きを持つ地盤(A)が水平変位をしないで液状化後圧密沈下をすれば、層厚の違いによる不等沈下で地表面が傾き始め(B)、この沈下の動きと並行して液状化層は液体として振舞い、傾いた地表面を水平に戻そうとする(C)。このとき、(C)の矢印が示すような物質の移動が起こる。これを永久変位と考える。

3 永久変位量の予測式

液状化層の両端の層厚が H_{10} , H_{20} で下の傾斜角が θ のモデル地盤(図-2)を用いて永久変位量の予測式について説明する。なお、両端は水平変位の起こらない一種の剛壁とみなす。これは、過去の地震の液状化事例では、液状化層の最も厚い場所、及び薄い場所で永久変位が無かったこと(その場所で変位の向きが反転していること)に対応している。図-2において、地表面は沈下だけではABのように傾く。しかし、同時に水平方向の変位 u も起こり、地表面はGKになる。なお、GKは完全な水平にはならず微小な角度 ϕ だけ傾いているとする。これは液状化した土でも若干の強度があることを反映した。鉛直断面CDから流入した土の体積CDEは地表面の上昇分AEFGに等しいとする。すなわち、等体積の流動を仮定する($CDE = AEF G$)。そして、CDEの形が正弦曲線で近似出来るとすれば、変位 u は次式で表される。

$$u = \left\{ x - \frac{1}{2} [\beta - \sqrt{\beta^2 - 4(\beta - L)}] \right\} \sin \left\{ \frac{\pi}{2} \frac{y - x \tan \theta}{(1 - v)(H_{10} + \alpha x)} \right\}$$

ここに、 $\sin \{ \}$ は図-2の u の分布を正弦関数と仮定したもの

$$\tan \theta = (H_{10} - H_{20}) / L : \alpha = \tan \theta : v \text{ は圧密沈下の際の体積ひずみ}$$

$$\beta = L + \frac{2L(1-v)(H_{10} + \alpha x)}{\pi A G}$$

また、鉛直変位 w の発生は体積一定での流動においてであるから、計算した水平変位 u を

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial y} = 0$$

に代入して液状化層下端で $w=0$ となる条件下で y につき積分し圧密沈下分を加えればよい。

4 予測式の感度分析

計算対象域 $L=200\text{m}$ 、液状化層厚 $H_{10}=10\text{m}$ $H_{20}=5\text{m}$ 、地表面水平 $DZ=0\text{m}$ 、体積歪 $v=0.05$ 、変位後の

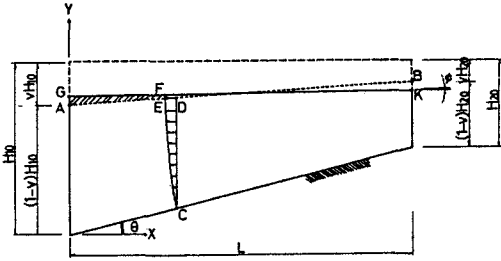


図-2 永久変位予測式の骨子

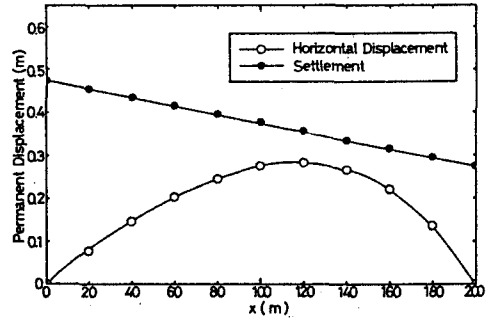


図-3 水平・鉛直変位の分布

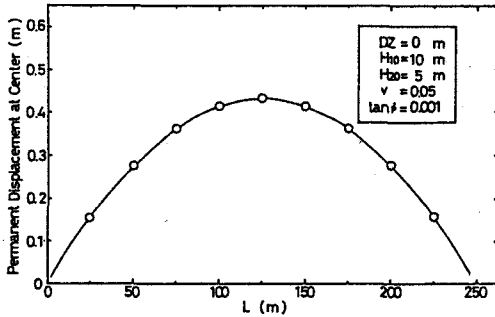


図-4 L～u関係図

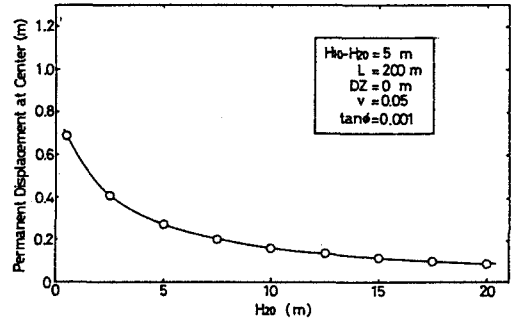


図-5 層厚～u関係図（1）

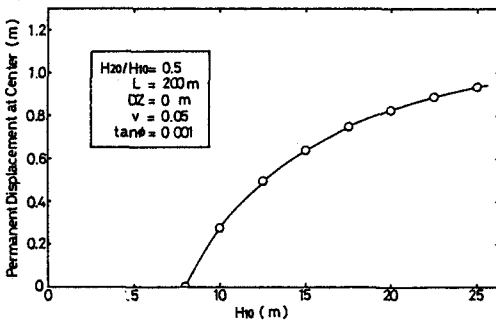


図-6 層厚～u関係図（2）

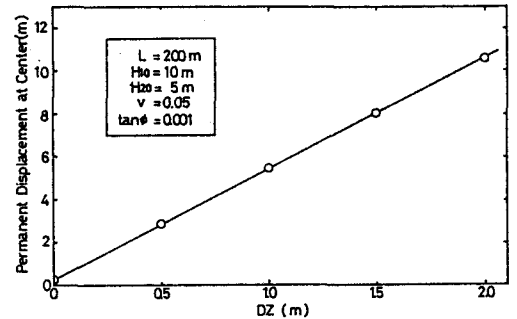


図-7 DZ～u関係図

地表面勾配 $\tan \phi = 0.001$ を基本モデル地盤として予測式の感度分析を行った。図-3 は水平変位と鉛直変位の分布を示したものである。水平変位はやや中心から層厚の薄い方にずれた位置で最大値をとる。なお、感度分析の水平変位は中央 $x = 0.5L$ の値を用いた。計算対象域の水平距離 L と水平変位の関係は $L = 0\text{m}$ のとき当然 $u = 0$ であり、また $L > 250\text{m}$ となると変形後の地表面勾配を $\tan \phi = 0.001$ としているため水平方向の変位は計算上発生せず上に凸の曲線となる（図-4）。図-5、6 に液状化層厚との関係を示す。図-5 は $H_{10} - H_{20} = 5\text{m}$ の条件を科して増減させた。層厚が厚くなるにつれ、変位が減少していく。また図-6 は $H_{20}/H_{10} = 0.5$ の条件で行った。ここでは逆に層厚が厚くなると液状化層下端が急勾配となり変位は増加する。次に液状化前の地表面勾配との関係を図-7 に示す。ここで DZ は両端の地表面の標高差を表す（ $DZ > 0$ は図-2 では右上がりとなる）。 DZ は変位に対して大きな影響を持つことがわかる。このことは計算する地盤のモデル化において特に変位前後の勾配の設定に特に注意を要することを意味する。

<参考文献>

- 1) 東畑郁生他: 振動台を用いた液状化地盤の永久変位に関する研究, 第24回土質工学研究発表会, 1989