

— 液状化防止に関する理論的考察 —

岡山大学工学部 正員 名倉 宏之
岡山大学工学部 正員 ○前野 詩朗
日本国土開発 正員 武田 信治

1. まえがき、洪水時における河道災害の大半は、構造物周辺に発生する洗掘に起因するものである。著者らは、従来より、このような構造物周辺の局所洗掘機構に関して、変動水圧による地盤の脆弱化あるいは液状化が主要な原因になるのではないかという観点から基礎的な研究をすすめてきた。その結果、変動水圧による砂層の液状化の発生を実験的に確認するとともに、その機構の理論的説明が可能であることを示した¹⁾。さらに、砂層の性質と液状化特性について検討し、透水係数が大きくなると液状化は起り難くなることを明らかにした²⁾。本研究は、このような成果を踏まえて、液状化を防止するための一つの方法として、透水係数が小さく液状化が発生し易い砂層面上に、透水係数が大きく液状化が発生し難い砂層を上載することを提案し、その場合の地盤内応力の挙動を数値実験的に明らかにし、液状化防止効果について検討したものである。

2. 理論解析法の概要と計算対象条件

図1に示されるような鉛直1次元砂層モデルを対象として解析する。砂層内間隙水圧分布の基礎式は次のように表わされる³⁾。

$$\{\beta\lambda\omega + \lambda\alpha/(\rho gh + P_0) + \alpha\} \partial h'/\partial t + \{\beta\lambda\omega + \lambda\alpha/(\rho gh + P_0)\} \partial^2 h'/\partial t^2 = (k/\rho g) \partial^2 h'/\partial y^2 \quad \dots\dots (1)$$

ここに、 α 、 β ：砂層および水の圧縮率、 $\lambda\alpha$ 、 $\lambda\omega$ ：空気および水の体積含有率

ρ ：水の密度、 g ：重力加速度、 h ：間隙水圧水頭、 h' ：過剰間隙水圧水頭、 h_0 ：

砂層面上の水圧水頭 ($= h_0 + a_0 \sin 2\pi ft$)、 a_0 、 f ：変動水圧の振幅および周波数、

P_0 ：大気圧、 k ：透水係数、である。上式を境界条件 $y=0$ で $h'=0$ 、 $y=D$ で $\partial h'/\partial y=0$

および透水係数の異なる境界面 $y=D_1$ において $-k_1 \partial h'/\partial y = -k_2 \partial h'/\partial y$ のもとで

解くと砂層内の水圧分布が求まる。また、有効応力 σ_y は次式で表わされる。

$$\sigma_y = \gamma_s y + \rho g h_s - \rho g h$$

ここに、 γ_s は砂層の単位体積重量であり、 ρ_s を砂の密度とすると、

$$\gamma_s = \rho_s g (1 - \lambda\alpha - \lambda\omega) + \rho g \lambda\omega$$

式(1)は非線形偏微分方程式であり、解析解を求めることは一般に困難である。ここでは、Crank-Nicholson 法による数値解法を適用する。また、

図1に示される k_1 、 k_2 および D_1 、 D_2 については表1に示される計算条件を適用し、

その他の条件は次α値を用いた。 $h_0 = 100 \text{ cm}$ 、 $a_0 = 50 \text{ cm}$ 、 $f = 1 \text{ Hz}$

$$\lambda\alpha = 0.01$$

$$\lambda\omega = 0.4$$

$$\alpha = 5.065 \times 10^{-5} \text{ 1/atm}$$

$$\beta = 4.38 \times 10^{-5} \text{ 1/atm}$$

3. 結果および考察

図2～図5および図6～図7は、それぞれ砂層内の変動水圧 ($h' + a_0 \sin 2\pi ft$) および有効応力の時間的変化を示したものである。図2～図5で示されるように、RUN 2、RUN 3の変動水圧の変化は、 D_1 層では圧力の振幅

減衰が小さく D_2 層で減衰が著しいことがわかる。図6～図9において、RUN 2の場合、RUN 1での液状化の発生

状況と比較して明らかに液状化が抑制されていることがわかる。また、RUN 3においては液状化は発生していない。

以上の結果より、理論的には透水係数の大きな層が液状化の防止に役立つことが明らかにされたわけである

が、今後は、このようない原理を実際の護岸工の設計等にも適用していくことが課題である。

参考文献 1) 名倉：第26回水講演文集，1982，2， 2) 名倉，安倉，高井：57年度中四支部年講，1982，5。

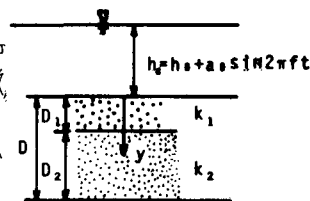


図1 砂層モデル

RUN	$k_1 (\text{cm}^2/\text{sec})$	$k_2 (\text{cm}^2/\text{sec})$	$D_1 (\text{cm})$	$D_2 (\text{cm})$
1	—	0.01	0	100
2	1.0	0.01	10	90
3	1.0	0.01	20	80
4	1.0	—	100	0

表1 計算条件

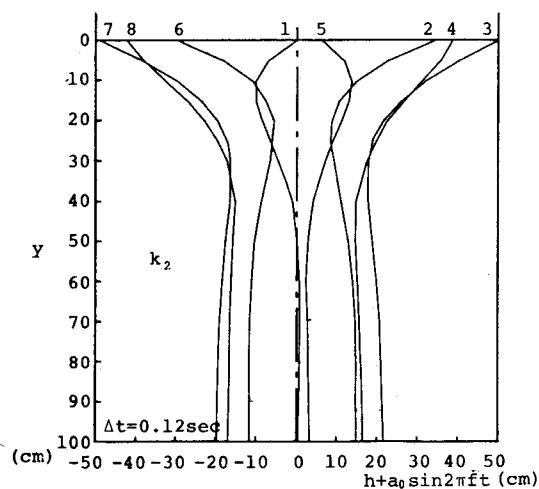


图2 变动压分布 (RUN1)

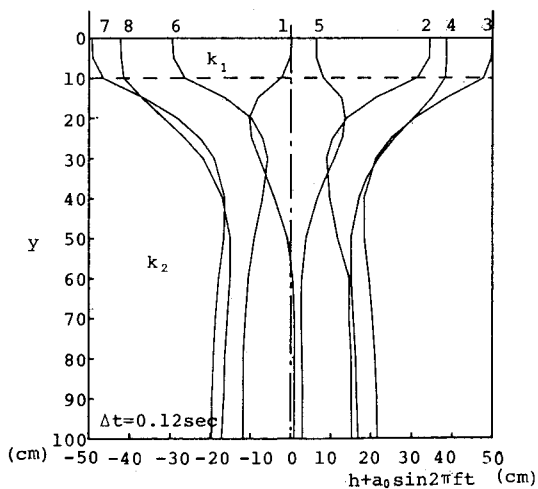


图3 变动压分布 (RUN2)

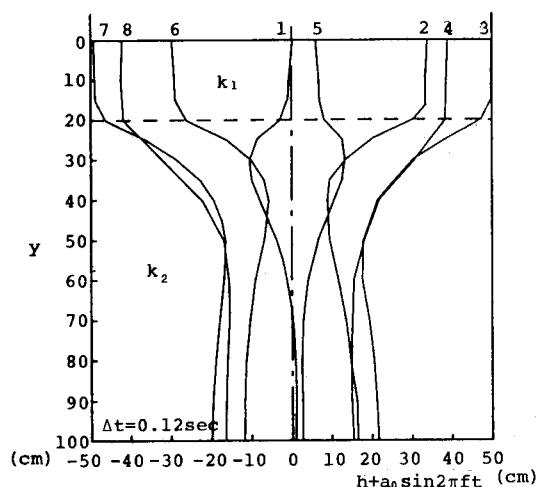


图4 变动压分布 (RUN3)

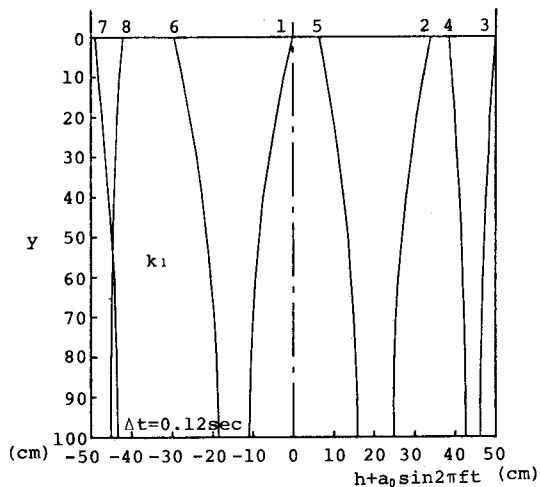


图5 变动压分布 (RUN4)

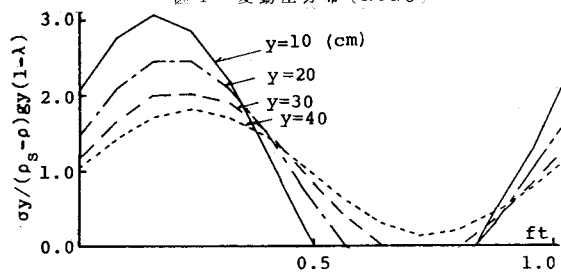


图6 有效应力 (RUN1)

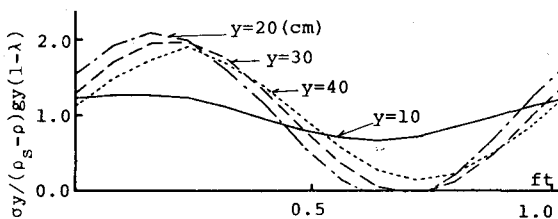


图7 有效应力 (RUN2)

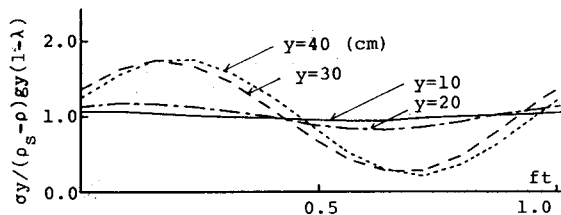


图8 有效应力 (RUN3)

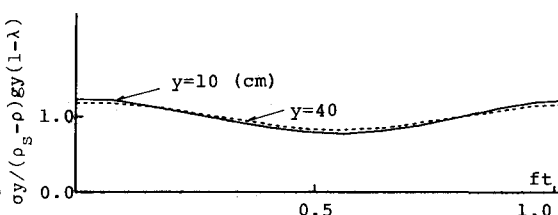


图9 有效应力 (RUN4)