

III-A 161

排水機能付き矢板の排水効果に関する一考察

京都大学工学部 正会員 関口秀雄
 京都大学防災研究所 正会員 北 勝利
 京都大学大学院 学生会員 佐々真志

はじめに 排水機能付き矢板締切り工法は、矢板による近傍地盤の変形拘束効果と排水機能による間隙圧の消散効果により、地震時における構造物直下地盤の液状化の発生を抑制するものである¹⁾。本研究では、過剰間隙圧分布に及ぼす排水機能の効果について、簡単な解析モデルを設定し理論的検討を加えている。

問題設定 基盤上に水平な液状化層が存在し、盛土近傍両側において液状化層を貫通して排水機能付き矢板が打設されている場合を考える（図1）。液状化層厚を D 、矢板の打設間隔を $2B$ とする。液状化層は、均質で飽和しているものとする。

基礎方程式：平均全応力が時間的に一定と仮定すると、地盤中の過剰間隙圧を u 、繰り返し载荷による土の塑性体積ひずみを v^p として、貯留方程式およびダルシー則より次式を得る²⁾。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k}{m_v \gamma_f} \left\{ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right\} + \frac{1}{m_v} \frac{\partial v^p}{\partial t} \quad (1)$$

ここに、 m_v ：土の体積圧縮係数、 k ：ダルシーの浸透係数、 γ_f ：間隙流体の単位体積重量、である。

繰り返し载荷による土の塑性体積ひずみは、液状化簡易解析における損傷度手法を参考に、载荷時間の関数として式(2)で与える（図2中太線）。
 $v^p = v_0^p t \quad (2)$

繰り返し振幅一定の排水せん断試験などでは、繰り返し载荷の進行とともに塑性体積ひずみ速度は減少するが（図2中細線）、ここではひずみ速度 \dot{v}_0^p が一定で際限なく体積圧縮が継続するものとする。また体積ひずみ速度 \dot{v}_0^p は層内で一様とする。

今、繰り返し塑性による間隙圧の蓄積と排水による間隙圧の消散が平衡した定常状態を考える。この場合、式(2)を式(1)に代入し、過剰間隙圧の時間微分項を無視することによりポアソン方程式型の基礎方程式(3)を得る。

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = -\frac{\gamma_f \dot{v}_0^p}{k} \quad (3)$$

境界条件：基盤面、液状化層表面および矢板面を排水境界とする。また矢板から十分遠方では水平方向の間隙圧の変化がゼロとなる。以後、矢板より盛土側を領域I、矢板の外側を領域IIとして別々の座標系を設定し（図1参照）、解を誘導する。領域Iでは座標原点を矢板天端に設定し、 (x_1, z) 座標系で議論する。一方領域IIでは、座標原点を盛土中央線上地表面位置に設定し、 (x_2, z) 座標系で解を求める。各領域の境界条件式は次式で与えられる。

領域I： $u = 0 \quad (x_1 = \pm B, z = 0, z = -D) \quad (4)$

領域II： $u = 0 \quad (x_2 = 0, z = 0, z = -D) \quad (5-a), \quad \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad (x_2 \rightarrow \infty) \quad (5-b)$

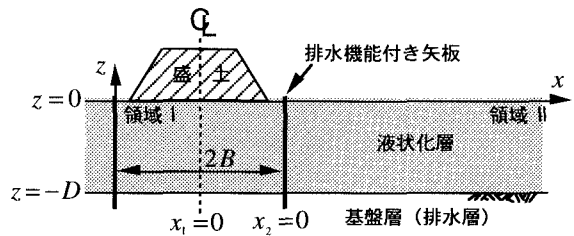


図1 問題設定

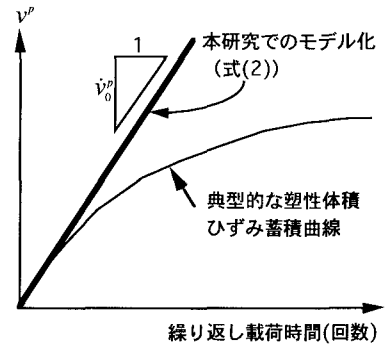


図2 塑性体積ひずみの蓄積モデル

解の具体形と間隙圧分布 基礎方程式(3)を境界条件式(4), (5)の下で過剰間隙圧 u について解くと、次式の表現を得る³⁾。

$$\text{領域 I: } \frac{u}{u_0} = -4 \frac{z}{D} \left(1 + \frac{z}{D}\right) - 32 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\{(2n+1)\pi\}^3} \frac{\cosh\{(2n+1)\pi x_1/D\}}{\cosh\{(2n+1)\pi B/D\}} \sin\left\{(2n+1)\pi\left(1 + \frac{z}{D}\right)\right\} \quad (6)$$

$$\text{領域 II: } \frac{u}{u_0} = -4 \frac{z}{D} \left(1 + \frac{z}{D}\right) - 32 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{-(2n+1)\pi x_2/D}}{(2n+1)^3} \sin\left\{(2n+1)\pi\left(1 + \frac{z}{D}\right)\right\} \quad (7)$$

ここに u_0 は矢板より十分遠方の液状化層中央における過剰間隙圧値であり、次式で与えられる。

$$u_0 = \frac{\gamma_f \dot{v}_0^p D^2}{8k} \quad (8)$$

式(6)(7)より、正規化した過剰間隙圧 u/u_0 は、液状化層厚で正規化された座標 $(x/D, z/D)$ および矢板打設間隔と液状化層厚の比 B/D の関数として与えられることがわかる。

矢板打設間隔パラメータ B/D を種々に変化させた場合の、領域 I の液状化層中央深度 $(z/D = -0.5)$ における過剰間隙圧の水平方向分布を図3に示す。同図より、(1) 側方排水境界面となる矢板より最も遠い盛土中心線直下 $(x_1/B = 0)$ において正規化過剰間隙圧 u/u_0 が最大となり、排水境界に近づくに従い u/u_0 が減少すること、(2) $B/D \leq 1.0$ の場合に、盛土中心線上 $x_1/B = 0$ においても $u/u_0 < 1.0$ となり、領域全体に排水効果が及んでいること、(3) $B/D > 1.0$ の場合でも矢板近傍において過剰間隙圧の抑制効果が現れること、がわかる。

同様に領域 II において、水平位置 x_2/D を変化させた場合の過剰間隙圧の深度分布を図4に示す。過剰間隙圧の深度分布は層中央でピークとなる放物線形状をとり、矢板から遠ざかるに従い過剰間隙圧のピーク値は大きくなり u_0 値に漸近する。液状化層中央深度における過剰間隙圧の水平方向分布を図5に示す。同図より、矢板近傍 $x_2/D \leq 1.0$ の区間で $u/u_0 < 1.0$ となり、排水効果が現れている。

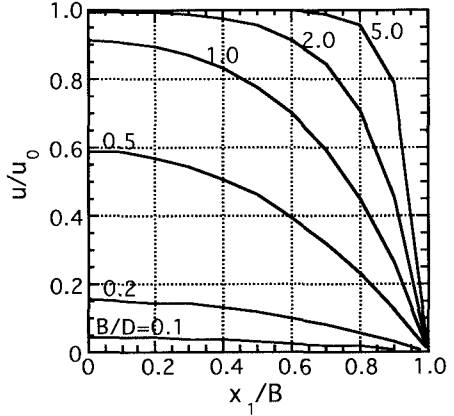


図3 液状化層中央における過剰間隙圧の水平方向分布（領域 I）

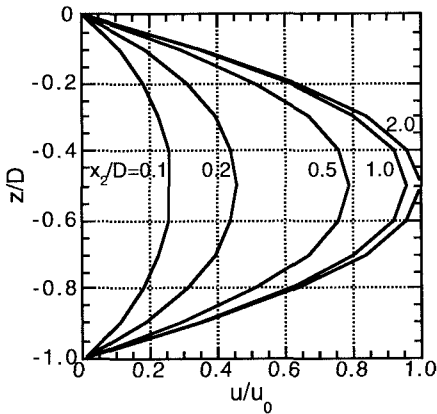


図4 過剰間隙圧の深度分布（領域 II）

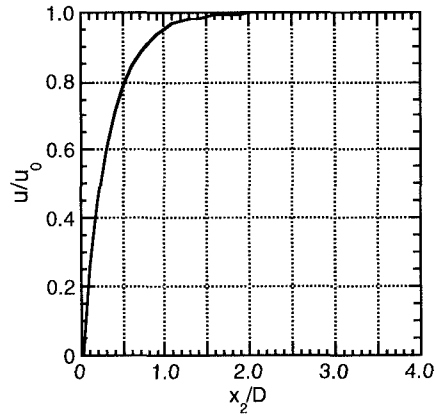


図5 液状化層中央における過剰間隙圧の水平方向分布（領域 II）

参考文献 1) 田中・喜田：土質工学研究発表会, pp.1077-1078, 1995. 2) Sekiguchiet al. : Soils and Foundations, Vol.35, No.3, pp.31-42, 1995. 3) Carslaw and Jaeger : Conduction of Heat in Solids, Oxford Univ. Press, 1959.