

パイピング現象の実験的研究 (第2報)

岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎
 岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
 岡山大学大学院 学生員 ○上山一彦
 大林道路(株) 出海恭輔

1. はじめに

地下水位の高い地盤の掘削工事、洪水時の河川堤防やフィルダムなどで浸透水によって土粒子が流失し、地盤内にパイプ状の孔や水みちができて破壊に至らしめることがある。このような進行性破壊をパイピング現象と称する。本研究では、粘着力を有しない川砂と粘着力を有するマサ土を用い、鉛直1次元モデル実験によりパイピング現象のメカニズムを究明することを目的とし、安定性を検討する。

2. 実験概要

実験装置の概略図をFig. 1に示す。モールド円筒(内径194 mm, 長さ360 mm)に試料を詰め、上部中央に開放部(内径80 mm)のあるフィルターを設置し、側面からは、間隙水圧測定用のマンメーターに接続するステンレス管(直径2 mm)を中心部に挿入した。上流水位は、定速度で上昇させ動水勾配を増加させた。また、全体破壊は、モールドに付設の上流水位測定用マンメーターの急激な下降点をもってみなし、その点での水位差を供試体長で割ったものを限界動水勾配とした。実験で用いた試料の粒径加積曲線をFig. 2に示す。

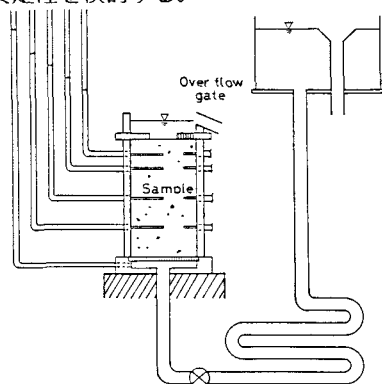


Fig. 1 実験装置

3. 供試体長と限界動水勾配の関係

第1報の供試体長が長い程、パイピングが生じにくいという結果について、もう少し拡張した範囲で検討することを目的としたものである。結果をFig. 3に示す。これより供試体長が12 cm以上では、川砂の場合、供試体長にあまり影響を受けていないが、マサ土の場合、逆比例の関係となっている。この原因を究明するために供試体内の間隙水圧を測定した結果をFig. 4に示す。これを見ると供試体底

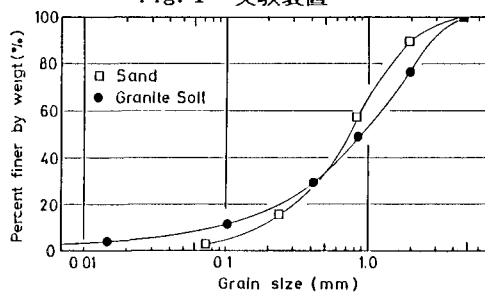


Fig. 2 粒径加積曲線

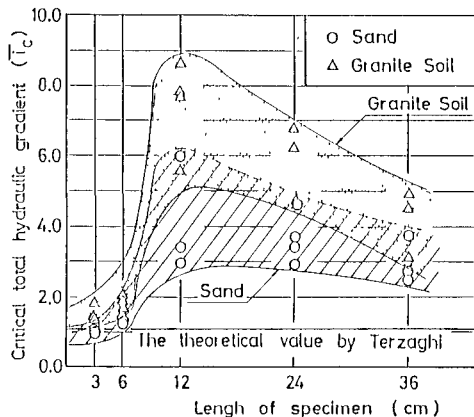


Fig. 3 供試体長と限界動水勾配の関係

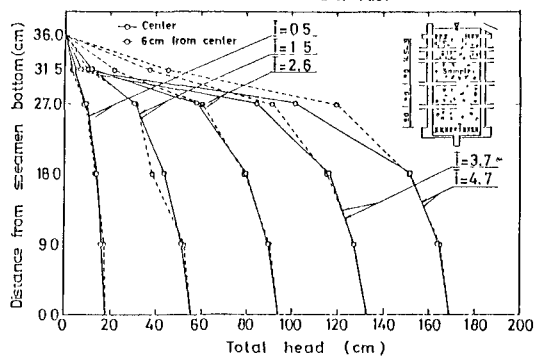


Fig. 4 間隙水圧分布

部は動水勾配が小さく、上部は大きい。これは底部の細粒分が上部に移動し、上部を密にしたためと考えられる。これより動水抵抗を受ける実質の供試体長は、もっと短いと考えられ、限界動水勾配の補正を行うとFig. 5のようなになる。供試体長12cm以下では、板の曲げのような作用力がかかり小さい動水勾配で全体破壊となる。

この供試体の上方に浸透圧が作用している各位置で動水勾配が異なると考えると、

$$\text{全体の浸透力 } J = \gamma_w \bar{i} V = \gamma_w \pi r^2 \int_0^L i \, dz \quad (1)$$

$$\text{円柱土塊の水中重量 } G = \gamma_{\text{sub}} V = \pi r^2 \int_0^L \gamma_{\text{sub}} \, dz \quad (2)$$

$$\text{せん断抵抗力 } P = 2\pi r \int_0^L \tau \, dz \quad (3)$$

$$\left(\begin{array}{l} \gamma_{\text{sub}} : \text{土の水中単位体積重量, } \bar{i} : \text{全体動水勾配} \\ r : \text{開放部半径, } \gamma_w : \text{水の単位体積重量} \end{array} \right)$$

$$\text{限界平衡状態では, } J = G + P \quad (4)$$

供試体内で試料が移動しないで均質であるとする(1), (2), (3), (4)式より、

$$\bar{i}_c = \frac{\gamma_{\text{sub}}}{\gamma_w} + \frac{L \gamma_{\text{sub}} \tan \phi K_0 + 2c}{\gamma_w \cdot r} \quad (5)$$

となる。(5)式を用いると供試体長12cm以下では、実験値に近い値になるが、12cm以上では、内部に試料の移動があるため実験値の1/2程度の値となる。ゆえに、供試体長12cm以下では有効である。

4. 間隙比と限界動水勾配の関係

全体破壊に至る供試体内で移動する部分とその周囲の抵抗は、間隙比に関係すると考え実験を行った。結果をFig. 6に示す。これより川砂は、マサ土と比較すると限界動水勾配は小さいが、マサ土と同様に間隙比が増大するに従って限界動水勾配が減少している。また、両試料において間隙比が増大するに従ってTerzaghiの理論値に近づいてゆく。マサ土において間隙比が減少する程、2次曲線的に限界動水勾配が増大するのは間隙比が小さく密になる程、粘着力が増大し、抵抗力が増すためと考えられる。逆に、間隙比が増大すると粘着力は減少し、インターロッキング等の抵抗のみとなるため、川砂とマサ土の限界動水勾配の差が小さくなると考えられる。

5. 間隙比と限界流速の関係

結果をFig. 7に示す。ここでの限界流速とは、全体破壊直前までの流量変化より破壊時の流速を推定したものである。川砂の場合、間隙比が変化しても限界流速にあまり変化はないが、マサ土では、間隙比の増大に伴い限界流速も増加している。

すなわち、パイピング現象のような破壊では、粘着力が非常に重要な因子である。

参考文献

- 1) 西垣誠, 他; パイピング現象の基礎的実験, 第60回土木学会中国四国支部講演集概要, PP217 ~ 218, 1985

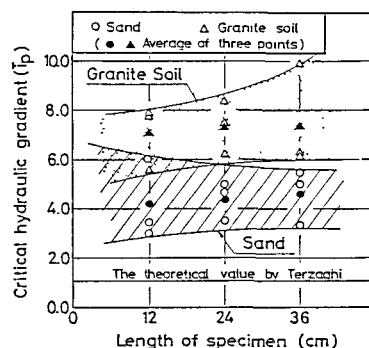


Fig. 5 補正限界動水勾配

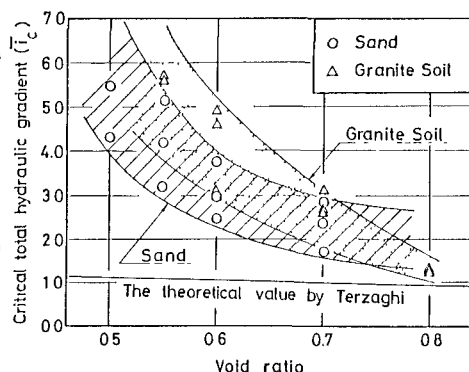


Fig. 6 間隙比と限界動水勾配の関係

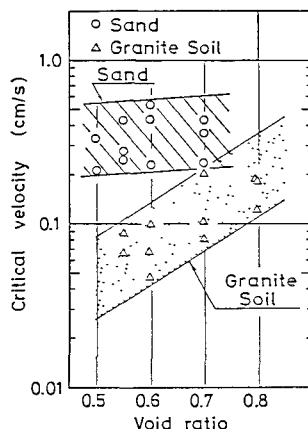


Fig. 7 間隙比と限界流速の関係