

Ⅲ-A 307

礫質土の浸透破壊への粒度の影響

中央大学 正 國生 剛治

学○藤倉 裕介 荒井 隆俊

1. まえがき

浸透破壊の発生、破壊条件は、Terzaghi による限界動水勾配の考え方が一般的に用いられ、均等係数の比較的小さな砂などについてはその破壊、限界時に関する設計法はすでに確立されている。しかし、特に細粒の砂やシルトから粗粒の礫が混在するような礫質地盤についてはその粒度によって、限界動水勾配理論値よりもはるかに大きな実験値が得られたり^{1),2)}、あるいはその1/3から1/5の大ききで細粒分がパイピングするといったケース^{3),4)}もあり、非常に複雑な現象を生じている。そこで、礫質土の上昇浸透流による破壊挙動やメカニズムを明らかにする目的で、定水位透水試験を行っている。本報告では今までに得られた礫質土の限界動水勾配の実験値をもとにその粒度分布の影響に関して考察する。

2. 試験方法と試験試料

実験装置の概略は図1に示すようなものである。試料を入れる円筒は透明アクリル樹脂製のもので、内径200mm、長さ400mmである。円筒には、透水試験時の水頭差 h を測定するためのピエゾメータが5本付いている。通水管上部の給水部と透水円筒上部の越流部は二重構造とし、試験中は水をオーバーフローさせて水位を一定に保つようにした。フィルター部は、多数の穴の開いたアクリル板と金網、ろ紙を用いた。図1のように設置した装置において給水部を50mmごとに上方に上げ、水位を変化させて透水試験を行った。測定は段階ごとに約20～30分間隔で行い、同時に供試体内の変化の様子を観察した。動水勾配 ($i = h/L$) は図1のようにそれぞれのピエゾメータの読みと越流部自由表面高さとの差を h 、供試体上面からそれぞれのピエゾメータまでの距離を L としてそれぞれ求め、平均化したものを採用した。試験に用いた試料の粒度分布を図2に示した。どの試料も最大粒径を26.5mmと一定にしている。主に利根川砂礫を用いて試料Aを人工調整して作製し、それをもとに、細粒分を加えた試料B、砂分含有率を小さくした試料Cを作製した。また、ポートアイランドまさ土³⁾に関しても参考として示してある。各試料の物理特性をは表1に示した。供試体の作製は、最大密度、最小密度試験を行った試料に関してはその結果⁵⁾をもとにして、目的の相対密度（30%～80%まで10%ごと）に調整した。具体的な作製方法は乾燥試料を用いて円筒を何層かに分け、突き棒によるタンピングを行って密度を調整した。ただし、密詰めの場合は木槌による水平打撃を併用して供試体を作製した。

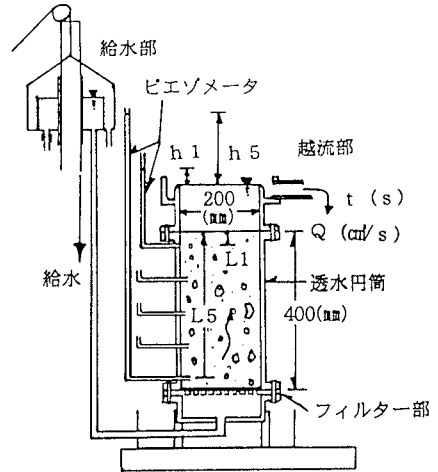


図1 定水位透水試験装置

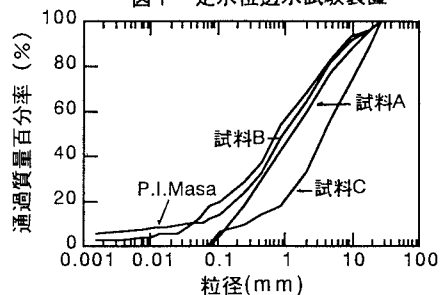


図2 粒径加積曲線

表1 試料の物理特性

	ρ_s (g/cm ³)	均等係数	曲率係数
試料A	2.655	9.92	0.57
試料B	2.685	34.3	1.52
試料C	2.635	25.4	3.41
まさ土	2.622	45.0	1.81

キーワード: 礫質土、均等係数、曲率係数、浸透

連絡先: 〒112-8551 文京区春日1-17-23 中央大学理工学部土木工学科 ☎03-0817-1799 Fax03-3817-1803

3. 実験結果と考察

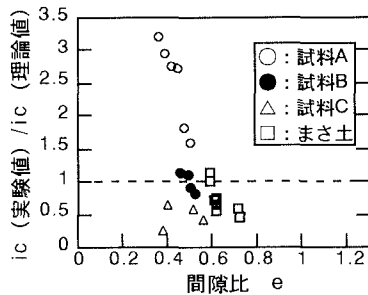


図3 間隙比と限界動水勾配

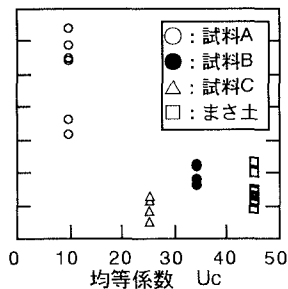


図4-1 均等係数とic

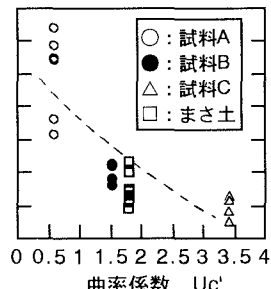


図4-2 曲率係数とic

図3は試験で得られた限界動水勾配の実験値と理論値の比と間隙比の関係を示している。限界動水勾配の実験値は給水部の水位上昇によって浸透破壊が生じ、ピエゾメータの下がる寸前のものを採用した。試験Aのようなicの実験値が理論値を大きく上回る傾向は既往の文献^{1),2)}でも報告されている。それに対して、まさ土や細粒分を含んだ試験B、砂分含有率を減少させた試験Cでは比較的ゆる詰めの場合、限界動水勾配の実験値はその理論値よりも小さい結果を得ている。図4-1、4-2は図3と同様に均等係数、曲率係数との関係をそれぞれ示している。均等係数、曲率係数ともにその増加に伴い限界動水勾配は小さい値をとり、粒度分布の広がりやの大きさ、粗粒と細粒の配合割合に関係していることを示唆している。図5はKenney (1985) らが提案した礫質土の安定指標³⁾を各試験に適用した結果を表している。図中の右下の図のような要領で粒度分布上にFを1%きざみでとり、それに対応する粒径D, 4D, そしてHを求め、FとHの関係として表したものである。この図表は実際に不安定化した粒子の最大粒径程度までが重要であると考えられるのでF=30(%)までの関係を示した。また、過去の文献^{4),5)}より安定と不安定を破線により分けした。試験B、Cとまさ土が試験Aに比べて不安定材料である可能性を示していると思われる。図6は図5より得られたH/Fの最小値とその限界動水勾配の実験値と理論値の比の関係をプロットしたものである。(H/F)_{min}の値の減少に伴い、限界動水勾配は小さくなる傾向が読み取れ

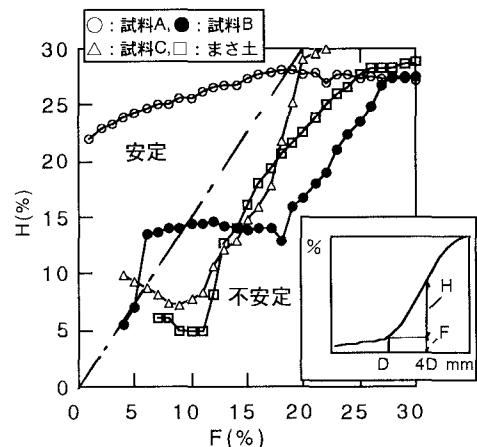
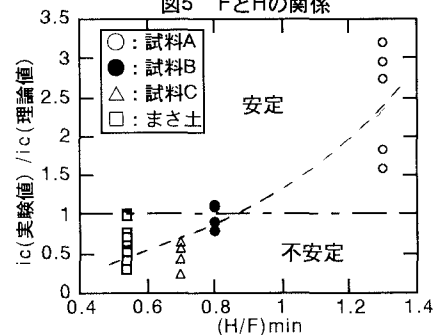


図5 FとHの関係

図6 (H/F)_{min}とicの関係

4. 結論

(1)試験の粗粒と細粒の配合割合や中間粒径の欠如などが粒子同士の見かけの粘性、結合力を小さくし、限界動水勾配の実験値に影響していると考えられる。(2)図5,6による粒度分布を用いた指標によると今回の試験で用いたまさ土や試験B、Cは不安定材料に判定され、理論限界動水勾配以下で不安定現象の生じる可能性を示していると思われる。(3)今後は礫質土の不安定化の条件を更に定量的に評価する方法を検討したいと考えている。

参考文献 1) 大西他 (1980) ボイリング現象に関する一次元モデル実験について、第15回土質工学研究発表会、p.1441-1444. 2) 山口他 (1990) 粒度の広い砂のバイピング特性、第25回土質工学研究発表会、p.1667-1668. 3) 國生、藤倉 (1997) ポートアイランドまさ土の上昇間隙水流による不安定化メカニズム、第32回地盤工学研究発表会、p.767-768. 4) Skempton, A. W. & Brogan, J. M. (1994). Experiments on piping in sandy gravels. *Geotechnique* 44, No. 3, 449-460. 5) Kenney, T. C. & Lau, D. (1985). Internal stability of granular filters. *Can. Geotech. J.* 22, p.215-225.