

Ⅲ－22

密度、及び透水係数の異なった砂における浸透破壊のパターンに関する実験

○東北学院大学工学部 学生員 村上 朋子
東北学院大学工学部 学生員 小野 浩
東北学院大学工学部 正会員 飛田善雄

1. 目的

矢板を用いた掘削工事などで浸透水が存在すると、土骨格に浸透力が作用し、ある限界を超すと土骨格の崩壊が起こり、地盤全体が流動する。この浸透力による地盤崩壊のメカニズムは未だ解明されていない。上向き浸透流を飽和砂供試体に与え、破壊時の動水勾配及びその破壊パターンについて行った研究成果を報告する。

2. 浸透破壊実験

図－1 に示す実験装置を用いて浸透破壊実験を行った。試料は、豊浦標準砂を使用し、以下の条件で実験を行った。

- (1) 砂試料の高さを 23cm とした場合
- (2) 砂試料の高さを 12cm とした場合
- (3) 砂試料の高さを 12cm とし、上載荷重 200g を加えた場合

3. 実験結果

2 の条件で実験を行った結果、間隙比と動水勾配の関係は、図－2 のようになる。直線は、Taylor の式より $(G_s - 1)/(1 + e)$ で求めた限界動水勾配である。砂試料の高さによる違いのもとで、結果を比べると、破壊時の動水勾配はやや 23cm の方が高くなっているが、その差は大きくない。上載荷重を加えた場合と加えない場合の結果を比べると、加えた方の破壊時の動水勾配がかなり高くなっていることが分かる。

破壊パターンは、大きく分けると、土粒子 1 つ 1 つを持ち上げる全体破壊と、浸透方向（上向き）に対して垂直方向に水道（みずみち）をつくる破壊に分かれた。

4. 考察

本研究で観察された浸透破壊パターンを整理した。図－3 にその構成図を示す。(a)～(e)の説明を与えると、次のようになる：

- (a) 個々の粒子が浸透力により持ち上げられ全体的に破壊するパターン（上載荷重がなく、緩詰めの場合）
- (b) 最初に水道が形成されて、表面に到達し破壊するパターン（上載荷重がなく、やや緩詰めの場合）
- (c) 最初に形成された水道が途中で分岐を繰り返すパターン（上載荷重がなく、密詰めの場合）
- (d) 砂試料上部に水道を形成し、表面に到達するパターン（上載荷重があり；緩/やや緩詰めの場合）
- (e) 水道が全体流れと垂直方向に発達し、上部砂試料を剛体として持ち上げるパターン（上載荷重があり、密詰めの場合）

図－4 は、上記の破壊パターンを、間隙比 e と有効拘束圧 p' に対する破壊時動水勾配の 3 次元グラフに重ねて描いたものである。if1 は、 $p'=0$ の時の動水勾配である。if2 は $p'=14.7(\text{kN/m}^2)$ の時の動水勾配である。if1 と if2 を比較すると、 p' を加えた事により明らかに動水勾配が上がっていることが分かる。①は、個々の粒子が浸透力により持ち上げられ全体的に破壊する上記(a)のパターンが生じるであろう領域を示す。③は、水道が全体流れと垂直方向に発達し、上部砂試料を剛体として持ち上げる上記(e)のパターンが生じるであろう領域を示す。②は水道が形成さ

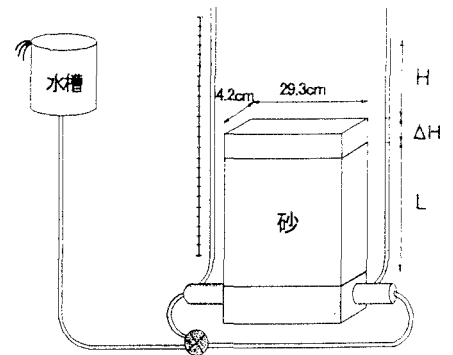


図-1 実験装置

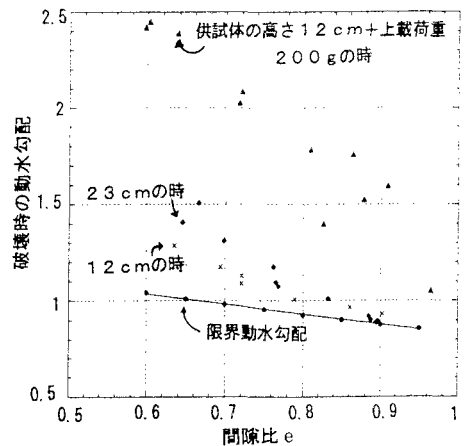


図-2 浸透破壊実験結果

れ、様々な形態を取りながら、全体破壊に至る(b)(c)(d)の各パターンが生じる領域を示している。

このような様々な破壊パターンが現れるメカニズムについて、破壊時までに必要な仕事量をパラメータとして考察した。図-5は、縦軸にある破壊パターンを起こすために必要な仕事量 W を取っている。ある密度、ある有効拘束圧が与えられた時に、それぞれのパターンが発生するのに必要な、外部から加えられるべき仕事量を考える。その仕事量は密度、有効拘束圧に応じて大きく変化するはずである。例として、(a)の個々の粒子が持ち上げられ全体が崩壊するパターンを考える。このパターンの場合には、密度が高くなると粒子骨格が強固になり、浸透力が作用すると、正のダイレタンシーを示し強く抵抗するはずである。よってこのパターンは密度の増加とともに必要な仕事量は大きく増加することになる。この全体崩壊パターンよりも、水道を形成する局所的破壊パターンの方が、その発生・進展に要する仕事量は相対的に小さくなることが考えられる。すなわち、密度が大きくなると $W(a) > W(b)$ となり、(b)のパターンの方が先行することになる。

様々なパターンに対して、このような仕事量が密度、拘束圧に対して計算できるものとする。これを図-5に示す様に、空隙比 e と有効拘束圧 p' に対して描くことにする。最も低い仕事量を連ねた曲線が発生する破壊パターンを決定することになる。複雑なパターンになるに従って、複雑な仕事量の差は小さくなり、わずかな実験条件の差で、異なるパターンが観察されることになる。

この様な考察の妥当性は今後の研究により判断されるべきであるが、浸透流に伴い発生する複雑な破壊パターンを理解する上で1つの有望な考え方であると思われる。

5. 結論

浸透破壊現象を詳しく観察した結果、次のことが言える。

- (1) 破壊時の動水勾配は限界動水勾配よりも高くなっていることが分かる。
- (2) 密度、拘束圧に応じて異なった5つのパターンが見られた。
- (3) 様々なパターンが現れる理由をそれぞれのパターン形成に仕事量という概念で考察した。

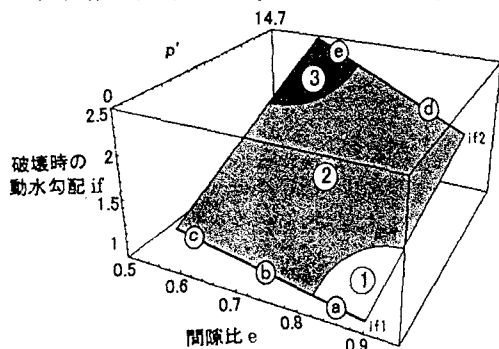


図-4 破壊パターンのグラフ化

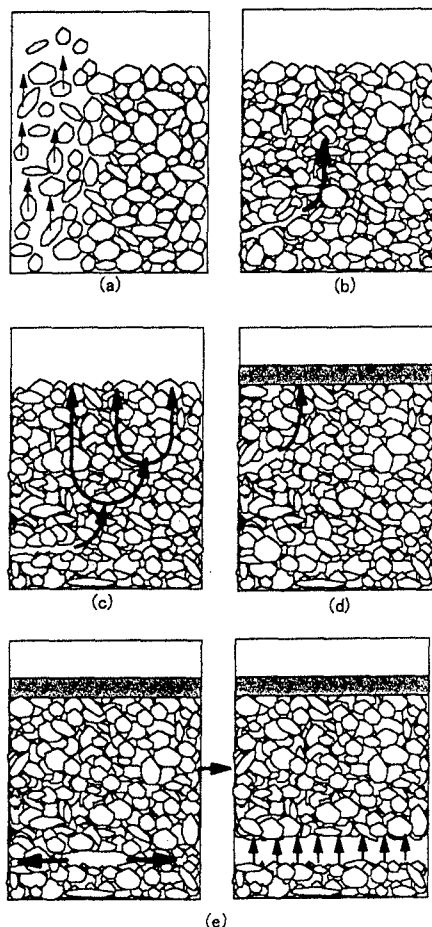


図-3 浸透破壊のパターン

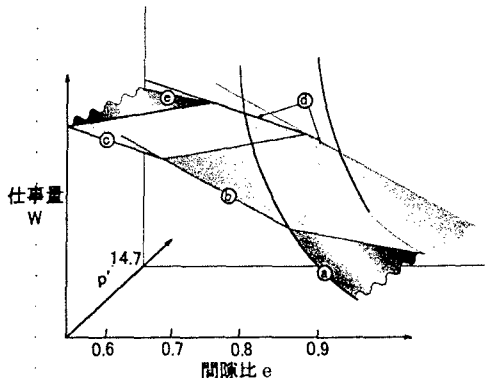


図-5 破壊に至るまでの仕事量