

浸透力の作用する砂質地盤内における気泡の発達現象

名古屋大学大学院 学生会員 ○ 小高猛司
 名古屋大学大学院 学生会員 宮崎裕光
 名古屋大学 正会員 浅岡 顕

1. はじめに 砂質海底地盤や砂質堤体は潮位変動や波浪によるくり返し浸透によって浸食され、劣化していくと考えられる。そのメカニズムは未だに全面的には明らかではないが、その原因の一つとして砂質地盤内の気泡の発生・発達があることを前年報告した¹⁾。今回はさらにその気泡の発生・発達の原因について実験を進めたのでこれを報告する。

2. 実験地盤および使用水 実験試料は豊浦標準砂を用い、図1に示す平面ひずみ条件の浸透破壊実験用土槽に次の2種類の実験地盤を作製した。

①地盤A…表乾状態の砂を普通の水道水中に水中落下法により作製。地盤内にはかなりの量の空気が分布していると考えられる。②地盤B…よく洗浄した湿潤状態の砂を脱気水中に水中落下法により作製。地盤内はほぼ飽和状態と考えられる。また、実験に使用した水は次の3種類である。①水道水…D0(水中溶存酸素ガス量)=9.9~11.1mg/l ②脱気水…D0=4.2~4.8mg/l ③水道水と脱気水の混合水…D0=8.0~8.5mg/l。

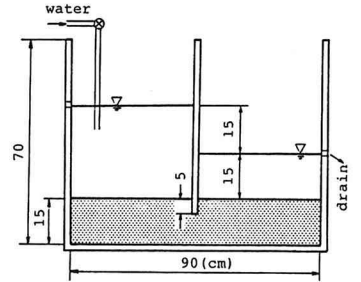


図1: 浸透破壊実験装置

3. 実験条件 地盤AおよびBについて上流側水位上昇速度 $h=2\text{cm/hour}$ で定常浸透場を十分に保つように緩速で載荷したところ、上下流水位差16.0~16.5cmでボーリングが起ることが確認されている¹⁾。本報告では水位差15cmになったところで水位を一定に保ち、実験地盤にどのような変化が生じるかを観察した。なお、実験地盤と使用水の組み合わせにより以下の7条件の水位一定試験を実施した。I. 水道水+地盤A(間隙比 $e=0.90$) II. 水道水+地盤A($e=0.90$)(室温30℃) III. 水道水+地盤A($e=0.89$)(水位差14cm一定) IV. 水道水+地盤B($e=0.87$) V. 脱気水+地盤A($e=0.90$) VI. 脱気水+地盤B($e=0.90$) VII. 混合水+地盤A($e=0.90$)。実験は恒温室内で行い、II以外はすべて室温22℃で実施した。なお、D0の測定には隔膜交換式ガルバニ電極法によるポータブルD0計を使用した。

4. 実験結果 I: 上流側から発生した気泡が矢板に沿って広い範囲で徐々に発達し、均一に分布していく。気泡が下流側にまで分布し、放出されるようになると、地盤の劣化は急速に進み、上流側は沈下し下流側は隆起してくる(写真1)。19時間経過後地盤はボーリングした。II: I とほぼ同じ過程をたどるが、気泡の発達はやや早く9時間17分でボーリングした。III: I より水位差を1cm下げて実施した。I とほぼ同じ過程をたどり、25時間20分でボーリングした。IV: I ~ III と異なり気泡は局所的に発生し、1つ1つは大きく発達する(写真2)。それらが下流側地盤外に放出される度に生じる劣化の度合いはI ~ III より大きく、4時間10分でボーリングした。V ~ VII: いずれも実験中地盤にはなんら変化が起らなかった。V, VIIは24時間、VIは100時間経過しても変化なかった(写真3) ために実験を終了した。

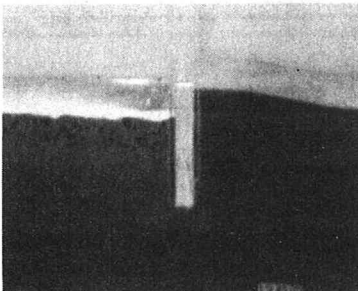


写真1: 水道水+地盤A

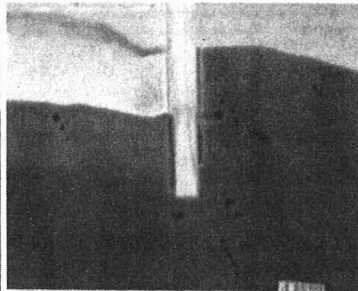


写真2: 水道水+地盤B

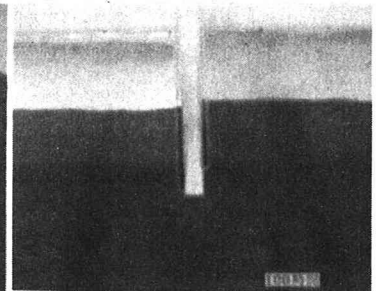


写真3: 脱気水+地盤B

5. 考察 図2はI ~ IVにおいて、1分間に下流側から排水される流量として計測される上流から下流への地盤の透水量の経時変化である。気泡が発達するにつれて大きく減少し、破壊に近づくとき激しく変動する。それは気泡が増加するにつれ透水性は悪くなるが、ひとたび気泡が地盤外へ放出されると一時的に透水性が良くなるためである。図3はV ~ VIIの透水量である。地盤内に気泡の発生が見られないために、図2のI ~ IVより透水量はかなり多く、減少の

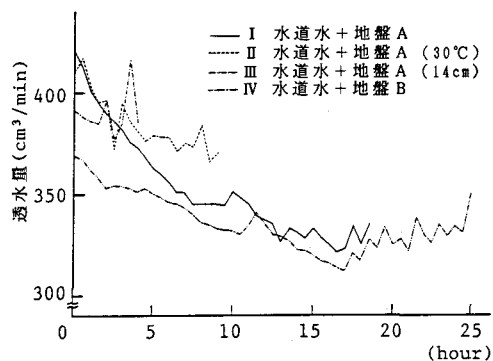


図2: 透水量の経時変化 (I~IV)

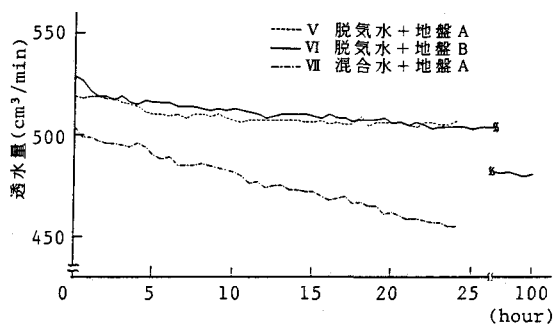


図3: 透水量の経時変化 (V~VII)

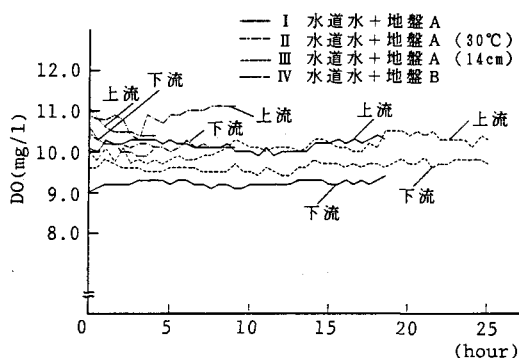


図4: DO(溶存酸素量)の経時変化 (I~IV)

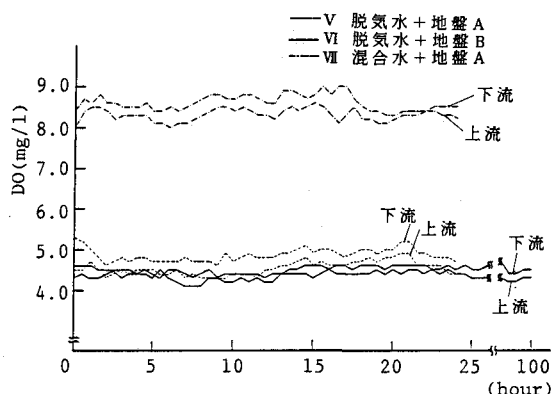


図5: DO(溶存酸素量)の経時変化 (V~VII)

度合いと変動も小さい。この場合に透水量が減少するのは砂地盤の目づまりなどの原因が考えられる。図4および5はDOの経時変化である。気泡が発生・発達し、やがて破壊に至るI~IVでは常に上流側のDOが下流側を上回る。飽和溶存酸素量は水温によって異なるが、例えば最も水温の低かったIの場合(18.9℃)が9.03mg/lであることから判断して、上流側の水は溶存空気が過飽和状態となっており、地盤内を浸透した後の下流側は飽和あるいはわずかに過飽和状態になっていると見てよい。つまり気泡の発生・発達に使われる空気は浸透水中の過飽和分の空気が地盤内で排出されることが考えられる。図5のVIIは水温21.3℃でDOが8.5mg/l(飽和溶存酸素量8.63mg/l)とわずかに未飽和状態にある水を用いたが、上述のように脱気水によるV, VIと全く同様に気泡の発生は無かったことから気泡の発生のためには浸透水中に溶存する空気が過飽和でなければならないと考えられる。また、図5のV~VIIはDOが上流より下流の方が大きく、特に地盤内に空気を多く含む地盤Aを用いたV, VIIではその差は大きい。これは未飽和状態の浸透水が地盤内の空気を逆に吸収するようなこともありうることを示唆している。水中に溶存する空気は温度変化や圧力変化によって簡単に過飽和あるいは未飽和になるが、過飽和分の空気はただちに水中で気泡になるわけではなく、主に気相と接する界面から逃げることになる²⁾。そのため地盤Aは地盤内に空気が広く分布しているため浸透時には絶好の過飽和分の空気の受入れ場所になると思われ、実際その地盤Aを用いたI~IIIは広く均一な気泡の分布が観察された(写真1参照)。地盤Bを用いたIVは気泡の発生・発達の仕方が他と異なったが、その理由は地盤内に取り残されていた数少ない空気に過飽和分の空気の受け渡しが集まるために局所的かつ大きな気泡の発生の原因となったと考えられる(写真2参照)。

6. おわりに 前年まで気泡発生の原因は、密な砂質地盤に浸透力によってせん断力が加わると膨張しようとするが、細粒分やその間に含まれた空気のため、膨張しようとする場所に水が供給されず負圧が発生して、水に溶けている空気が気泡となって集まるためであると考えていた。しかし、今回の実験のデータはあながち原因はそれだけではないことを示すものであり、この問題の複雑さをうかがうことができる。

参考文献 1) 小高・奥村・浅岡: 密な砂質地盤の浸透力による破壊実験, 第26回土質工学研究発表会発表講演集, PP. 1279-1282. 2) 半谷高久: 水質調査法, 丸善, PP. 203-211.