

JR東日本 正会員 ○鈴木 孝之  
 宇都宮大学 正会員 横山 幸満

1. 本研究の目的

地下空間を語るとき、切っても切れない要因として地下水の問題がある。特に透水係数の大きい地盤の深い掘削については、従来の浅い掘削の延長線上では処理できない要因(透水力、動水勾配等)を含んでいる。しかし、地下掘削の際、土留め壁に作用する土圧の各種設計基準では、これらを土圧に反映させたものは現在ほとんど見当たらない。

本研究では、比較的透水係数の大きな地盤を対象として、浸透現象が地盤構造に及ぼす影響を研究し、地盤破壊の予測法の提案を試みた。

2. 試験概要

1) 試験装置：用いた試験装置はアクリル製容器に半円筒縮切矢板が設置されているもので、作成した地盤を介して水頭差 $\Delta H$ を与えることにより、矢板まわりの浸透流が得られるしくみになっている。その概要図を図-1に示した。尚、装置内のモールドは試験地盤の堆積状態、及び浸透現象がない状態としての粒度分布を知るためのものである。

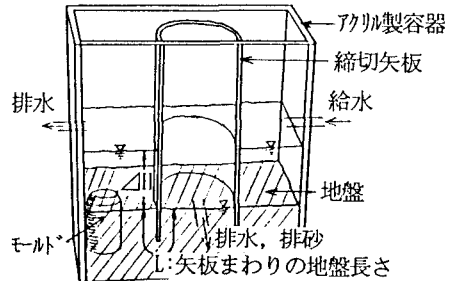


図-1 試験装置概要図

2) 使用試料：試料は稲城砂(0.074~0.840mm)を用いた(表-1)。

比重	最大乾燥単位重量	最小乾燥単位重量	均等係数	50%粒径
2.666	1.755 gf/cm <sup>3</sup>	1.435 gf/cm <sup>3</sup>	2.710	0.350 mm

表-1 稲城砂の物理的性質

3) 試験方法：見かけの動水勾配  $i_{ap}(=\Delta H/L)$  を試験ケースとする地盤を作成し、矢板縮切内の排水量、及びその中に含まれる排砂量の経時変化を観測し、同時に過マンガン酸カリウム(KMnO<sub>4</sub>)による流線のトレースを行った。そして、各排砂量をふるい分けし、粒度分布の経時変化も調べた。さらに、試験後のモールド内試料をふるい分けし、浸透現象がない状態としての粒度分布を求めた。尚、計測は地盤が破壊するまでを目安に行った。

3. 試験結果

1) 諸現象：破壊した地盤に見られた現象として、①各粒度分布線がそれぞれ浸透現象がない状態としての粒度分布に収束する傾向があったこと、②計測開始直後とヒーピング時に多量の排砂があったこと(この現象は昨年<sup>1)</sup>の研究でも明かにされた)、③透水力によって噴出したと思われる比較的細かい粒子が矢板縮切内で目視できたこと、が挙げられた。結果を図-2, 3に示した。一方、破壊しなかった地盤は、排砂したのが計測開始直後だけで、その後はほぼ排水のみだった。また、双方に見られた現象としては、①計測開始直後に比較的細かい粒子の排出が目立ったこと、②排水量がほぼ一定だったこと、③流線が矢板下流面へ接近したこと、が挙げられた。

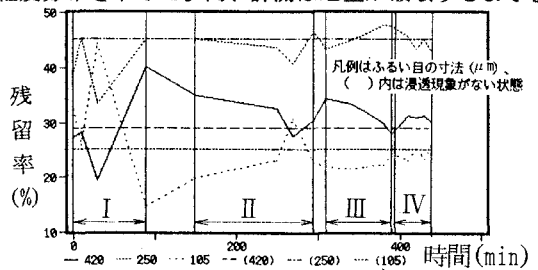


図-2 粒度分布の経時変化

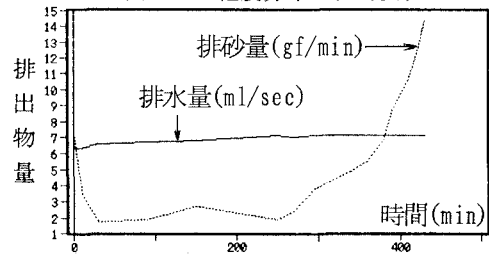


図-3 排水量及び排砂量の経時変化

2) 破壊機構: 破壊した地盤は次の現象を順に経験した。

- ①矢板包囲内排水と同時に多量な排砂/②矢板の下流面近傍で比較的細かい粒子の多量な噴出/③局部的なボイリング、パイピング(又はルーフィング)など一連の進行性破壊発生/④矢板締切内地盤が下からの圧力によって膨れ上がる(ヒービング)/⑤破壊(全体的なボイリング)。

4. 考察

1) 限界水頭遷移領域: 土中の上向き透水のもつ動水勾配が*i*であると、有効物体力は $\gamma' - i\gamma_w$ である。これが0であるとき( $i = i_{cr}$ : 限界水頭)、粒子間応力も消失し、土は水の中でいわば浮遊状態にあることになる。*i*が $i_{cr}$ をわずかでも上回れば、土は沸騰に似た状態を呈する(ボイリングという)。<sup>2)</sup>

ボイリングは最初局部で発生することが多いが、「3. 2) 破壊機構」で記したように、洗掘が進行することにより地盤を破壊に至らしめる。したがって、土質の各種設計基準には、このような進行性破壊に対する限界水頭 $i_{cr}$ の安全率を考慮に入れなければならない。そこで、本試験ケースから、相対密度が40~50%の稲城砂地盤について、「破壊可能性がある限界水頭 $i_{ap}$ の遷移領域」として次の範囲を推定した。

$$0.50 \sim i_{ap}/i_{cr} \sim 0.76$$

2) 粒度分布の収束性: 「3. 1) 諸現象」で触れたように、破壊した地盤には粒度分布の収束性が認められた。そこで、土質工学において、その工学的性質の推定上有効と思われる粒径加積曲線から、その収束性を明かにした。結果を図-4に示す。グラフ群には破壊に近づくにつれて、その収束度を増している様子が明確に表された。

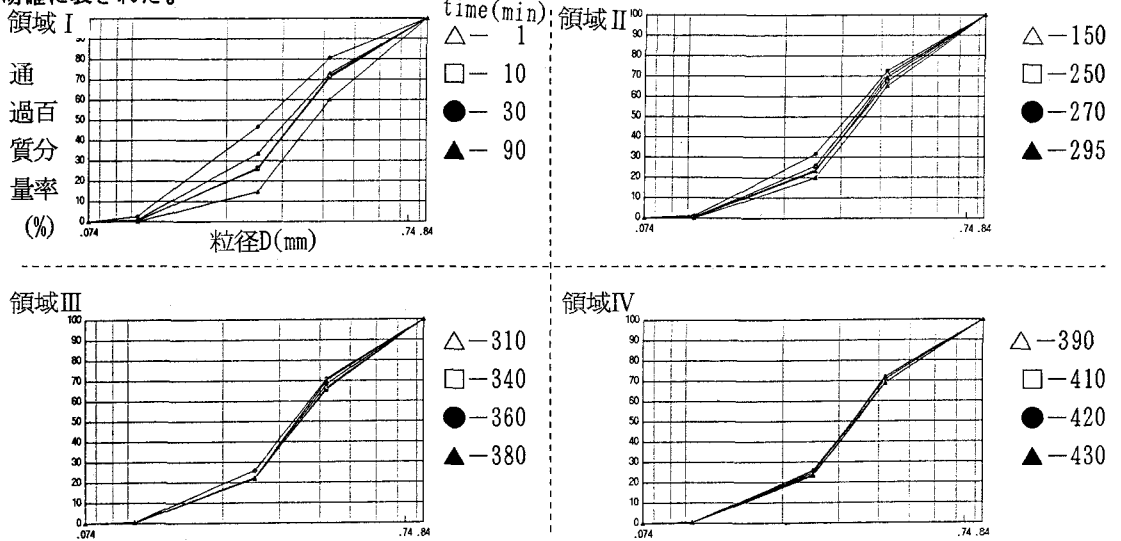


図-4 粒径加積曲線の経時収束度(○…浸透現象がない状態)

5. 結論

浸透現象により生じる透水力が地盤を破壊に至らしめたが、計測中、排水量が一定であったにもかかわらず、排砂量には変動があったことから、地盤破壊の予測は粒度分布の経時変化を追跡して、その可能性が見出された。また、破壊する地盤か否かの判定は、その地盤の限界水頭を知ることである程度可能であることも分かった。

【参考文献】

- 1) 東山, 横山, 日下部: 大深度地下掘削の施工時安定性の研究, 土木学会第45回年次学術講演会III, pp.972-974, 1990. 2) 山口 柏樹: 土質力学(全改訂), 技報堂, pp.53~89, 1986. 3) 土質工学会編: 土質工学ハンドブック, 土質工学会, pp.65~105, 1982.