

## 小型二次元矢板締切り地盤において相対密度が浸透破壊に及ぼす影響 Effects of relative density on seepage failure of soil in half 2D model

前田直人・田中 勉・笠松晃次・藤井理央・井上一哉

Maeta Naoto, Tanaka Tsutomu, Kasamatsu Kohji, Fujii Rio, and Inoue Kazuya

### 1. 序論

近年、都市の過密化に伴い掘削工事が増加し、大深度化が進められてきた。そこで問題となるのが、浸透流によって引き起こされる地盤の浸透破壊である。安全性と経済性の観点から、地盤の浸透破壊に対する限界水頭差を高い精度で予測する必要がある。地盤の諸条件が浸透破壊に与える影響については未解明な部分が多く、破壊を正確に予測することは未だ困難である<sup>1)</sup>。ここでは、地盤の相対密度  $D_r$  が浸透流特性、および浸透破壊特性に及ぼす影響について検討する。

### 2. 浸透破壊実験

ここで用いた小型二次元実験装置の概略図を Fig. 1 に示す。装置は前面がアクリル製であり実験地盤の挙動が観察できる。装置中央に厚さ  $t = 3$  mm の矢板が固定されている。 $T$  は地盤の層厚、 $D$  は矢板の根入れ深さ、 $H$  は地盤にかかる水頭差を表す。装置の背面には 322 個のピエゾメータ孔が設置されていて間隙水圧が測定できる。定水頭装置を用いて上流側の水位を段階的に増加させ、浸透流を発生させる。

### 3. 相対密度の影響

Table 1 に、作製した地盤の間隙比  $e$  と相対密度  $D_r$  を示す。地盤条件は  $T = 20$  cm、 $D = 10$  cm であり、実験試料は均一な細砂：琵琶湖砂 3 ( $G_s = 2.668$ ,  $U_c = 1.404$ ,  $D_{50} = 0.283$  mm) である。

Fig. 2 に、実験で得られた  $H-Q_{15}$  曲線を示す。ここに、 $Q_{15}$  は観測流量  $Q$  を水温  $15^\circ\text{C}$  時の値に換算したものである。実験において、 $H$  を増加させていくと  $Q_{15}$  は最初直線的に増加する。 $H = H_y$  に達したとき、地盤変形が生じ、それに伴う透水性の増加により  $Q_{15}$  は直線関係から外れ急激に増加する。地盤は  $H = H_f$  で破壊する。 $D_r \leq 60\%$  のとき、流量の急増は漸次的である。地盤が緩いため、水頭差が比較的小さい段階から、地盤内部で土粒子の移動が発生したと考え

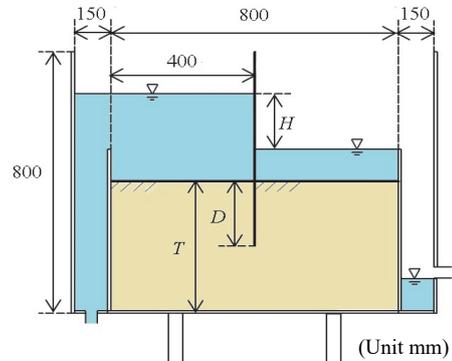


Fig. 1 Half model test apparatus of 2D seepage failure of soil

Table 1 A series of tests

実験	$e$	$D_r$ (%)
Case 1 (E0431)	1.068	13.3
Case 2 (E0428)	1.006	30.9
Case 3 (E0414)	0.943	48.7
Case 4 (E0425)	0.940	49.5
Case 5 (E0402)	0.936	50.7
Case 6 (E0427)	0.892	63.0
Case 7 (E0430)	0.816	84.4

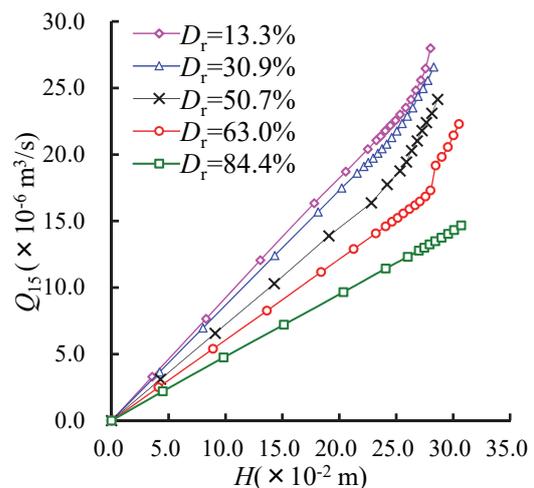


Fig. 2  $H-Q_{15}$  curve (Case 1, 2, 5, 6, 7)

られる。間隙構造の漸次的変化が、流量の漸次的変化の原因である。一方、 $D_r > 60\%$ のとき、流量の増加が突発的である。地盤が密なために土粒子の移動が起こりにくく、大きな水頭差に達したとき、初めて土粒子の移動が発生する。したがって、間隙構造の変化及び流量の増加が突発的になったと考えられる。

また、Fig. 3 に、Case 1 ( $D_r = 13.3\%$ )で得られた  $H \sim Q_{15}$  曲線、及び実験初期段階の  $H \sim Q_{15}$  関係による回帰直線を示す。ここで、回帰直線による  $Q$  の推定値を  $Q_R$  とする。Fig. 3 より、地盤表面が変形を開始する前に、 $Q_{15}$  は直線関係から外れ、 $Q_R$  を下回る値となっている。これは、地盤の透水性が減少したことを表している。特に上流側地盤内部で土粒子が再配列を起こし、相対的に密な状態に変化したことが原因と考えられる。

次に、変形開始前に発生する透水性の減少について、各実験の各水頭差段階における  $Q_{15} - Q_R$  の値の変化を示すと Fig. 4 となる。 $D_r > 60\%$ の地盤では透水性の減少は見られない。一方、 $D_r \leq 60\%$ の緩い地盤においてはいずれの実験でも地盤変形前の透水性の減少が生じていることがわかる。

Fig. 5 に、 $D_r$  と  $H_y/H_c$ 、及び  $H_f/H_c$  の関係を示す。ここで、 $H_y$ 、 $H_f$  は地盤の変形開始時水頭差、破壊時水頭差である。また、 $H_c$  は、Prismatic failure concept<sup>2)</sup> による理論限界水頭差であり、 $H_y$  に対応する。 $D_r = 60\%$  を超えると  $H_y/H_c$  の値は増加していく。 $H_y$  の値が  $H_c$  の値を上回る原因として、密度増加による内部摩擦角の増加、正のダイレイタンスに伴う地盤拘束圧の増加が挙げられる。 $D_r = 84\%$ のとき、地盤は、変形が突発的におこり同時に破壊に至る。

また、 $H_f/H_c$  の値は概ね 1.10~1.15 であり、変形開始から破壊に至るまでには余裕があることがわかる。

#### 4. 結論

相対密度  $D_r$  が浸透破壊に及ぼす影響について実験的に考察し、次のような結論を得た。(1)  $D_r \leq 60\%$ の緩い地盤では、地盤が変形に至る前に地盤内部の透水性が低下する。(2)  $D_r > 60\%$ の密な地盤では、 $H_y$  が  $H_c$  を上回る傾向にある。(3)  $D_r = 84\%$ の地盤では、変形が突発的におこり同時に破壊が起こる。

参考文献 1) 社団法人地盤工学会 (1995): 根切り・山留めのトラブルとその対策。2) 田中勉 (1996): 上昇浸透流を受ける矢板背後地盤の浸透破壊—Prismatic failure の概念と解析結果—, 農土論集 186, 77-87.

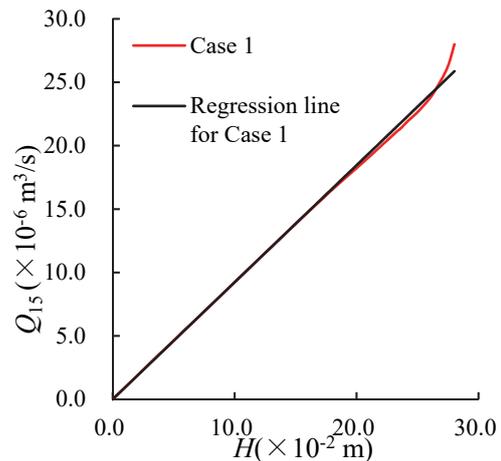


Fig. 3  $H \sim Q_{15}$  curve (Case 1 ( $D_r = 13.3\%$ ))

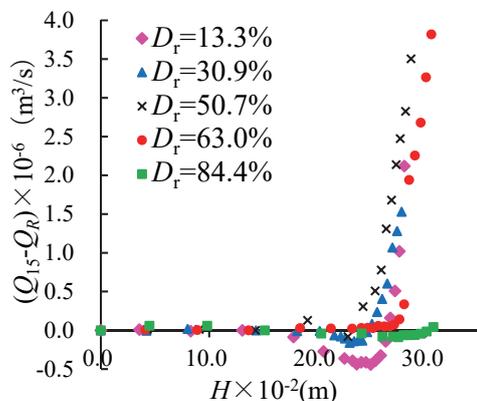


Fig. 4 Relationship between  $H$  and  $Q_{15} - Q_R$

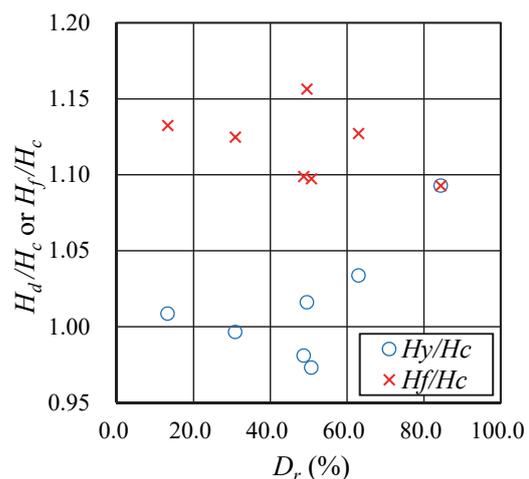


Fig. 5 Relationship between  $D_r$  and  $H_y/H_c$  or  $H_f/H_c$