

地下水位の上昇に伴う基礎地盤・地下構造物の不安定性に関する1G場模型実験

茨城大学 学生会員 ○柴田 はるか
 茨城大学 フェロー 安原 一哉
 茨城大学 正会員 村上 哲
 茨城大学 正会員 小峯 秀雄

1. はじめに

近年,都市部において地下水位規制強化や気候変動による海水面の上昇に伴う長期的な地下水位の上昇,集中豪雨による急激な地下水位の上昇が懸念されている.実際に,地下水位の上昇による基礎地盤や構造物の変状事例が報告されている.特に,JR 武蔵野線新小平駅では断続的な降雨により地下水位が急激に上昇し,駅躯体が浮き上がる被害が発生した¹⁾.本研究では,このような地下水位上昇に伴う基礎地盤の不安定性と構造物の重量や根入れの深さに関する模型実験の結果の一部を報告する.

2. 実験装置

図-1 に示す,実験に用いた模型地盤は,幅 100cm,高さ 48cm,奥行き 20cm である.水位上昇量を測定するため,土槽内の両端に不織布を先端に巻いたシンプレックスチューブを設置した.注水方法は,図-2 に示すアクリル円筒を用い,その底部と模型土槽の注水口 2箇所を図-3 のようにチューブで接続し,水頭差を利用し,水を土槽内へ供給した.6 ケースの実験の平均水位上昇速度は 0.257cm/min である.

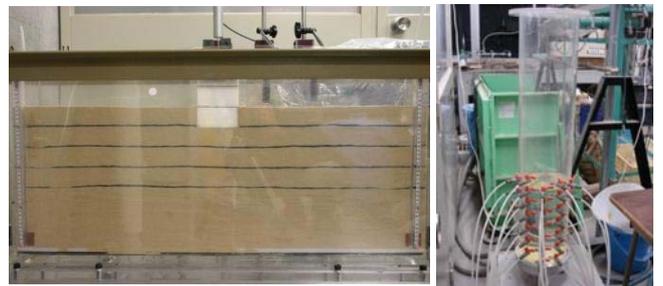


図-1 模型土槽

図-2 注水装置

3. 実験方法

初期状態が乾燥密度 1.392g/cm³,間隙比 0.896,相対密度 0.258 の豊浦砂を自由落下させ,相対密度 30~40%に作製した.模型構造物は浮力の影響による構造物の浮き上がりに着目し発泡スチロールに鉄板を差し込み重量調節可能にした.また,構造物壁面と地盤の摩擦を低減させるため,セロハンを発泡スチロール周面に巻いた. 図-4 に実験条件を示す.

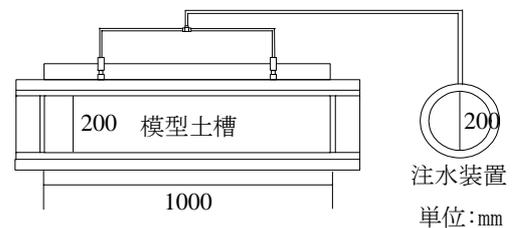


図-3 模型装置の平面図

4. 実験結果および考察

土槽に注水を開始すると,まず毛管現象による水の吸い上げが生じる.毛管高さが約 10~15cm 上昇すると水位が上昇し始める.毛管現象が地表面に達すると水みちが大気と接し,水位が急激に上昇した.図-5 に地下水位の上昇に伴う模型構造物の沈下量の変化を示している.Case.1.2.4 は地下水位上昇比 $\Delta h_w/B=1.5$ にいたるまでは一定の速度で沈下が生じている.これは,サクシヨンの作用による圧縮変形と不飽和状態の地盤が浸水することで生じるコラプス沈下によるものと考えられる.次に,構造物が浮き上がる時の地下水位上昇比 $\Delta h_w/B$ について考察する.図-6 のモデル地盤において浮き上がりが起こるのは,構造物壁面と地盤の摩擦力を無視すると次式で表せる.

$$W/Us < 1 \quad \dots 1)$$

ここで, $Us = \gamma_w (Df - (H - \Delta h_w))$, W :構造物重量(kN), Us :浮力,

Df :根入れ(m), H :地盤高さ, Δh_w :水位上昇量(m)

1)式を用い浮き上がる時の計算上の $\Delta h_w/B$ を求めた.表-1 に示す.

	Case.1	Case.2	Case.3
重量(g)	663g	663g	668g
根入れ(cm)	5cm	10cm	15cm
変位計位置 $L_0=0, L_1=12, L_2=24$			
重量(g)	1281g	1286g	1285g
根入れ(cm)	5cm	10cm	15cm
変位計位置 $L_0=0, L_1=12, L_2=24$			

図-4 実験条件

キーワード 地下水位 浮き上がり 不安定性 模型実験

連絡先 〒316-8511 日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 TEL:0294-38-5163

計算上の $\Delta h_w/B$ と実験から得られた浮き上がりの $\Delta h_w/B$ と比較すると、Case.1では $\Delta h_w/B$ が一致している。根入れが深くなるに連れて②-①の値が大きくなることから、構造物壁面と地盤が接する面の摩擦力が働いていることが分かる。図-7, 8に地下水水位の上昇に伴う $L_1=12\text{cm}, L_2=24\text{cm}$ のそれぞれの沈下量を示している。どちらも $\Delta h_w/B=1.5$ までに一定の沈下を示していることが分かる。これは、コラプス沈下と考えられる。また、図-7におけるCase.3, 6の $\Delta h_w/B=3.0$ 以降の急激な沈下は、構造物の浮き上がりが急激に生じ、構造物と地盤の隙間に砂が入り込んだために、生じたものと考えられる。これに対し、 $L_2=24\text{cm}$ におけるCase.3, 6の $\Delta h_w/B=3.0$ 以降の地盤は $L_1=12\text{cm}$ に比べて影響を受けていない。

5 構造物の浮き上がりの対応策

図-9に(a)構造物が浮き上がる前と(b)浮き上がった後の地盤と構造物の様子を示す。構造物の浮き上がりが急激に生じた場合、構造物と地盤の間に空隙が生じ、周辺地盤の砂が流れ込んでいる。これより、地震時液状化における地中構造物の浮き上がり防止策に挙げられるような止水壁や締め切り矢板を適用することによって、周辺地盤の沈下に対する対応が可能ではないかと考える。

6. 終わりに

地下水水位上昇に伴う基礎地盤の不安定性と構造物の重量や根入れの深さに関する模型実験を行い、構造物・地盤の挙動を考察した対応策を示した。今後、対応策に関しての実験を行う予定である。

7. 参考文献

- 金子静夫・井上寿男・新堀敏彦：武蔵野線新小平駅災害復旧工事,トンネルと地下,pp.651-658,1992.
- 満山聖：構造物・基礎地盤の不安定性に及ぼす地下水水位の影響,pp.14-30,平成15年度茨城大学大学院理工学研究科修士論文.
- 安原・村上・鈴木：地下水水位の上昇が構造物・基礎地盤に及ぼす影響とその評価,自然災害科学,24-3, pp. 214 - 221.

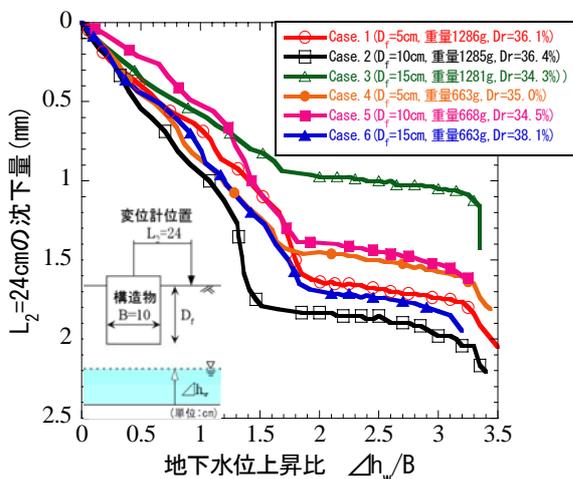


図-8 地下水水位の上昇に伴う地表面の沈下量(L2=24cm)

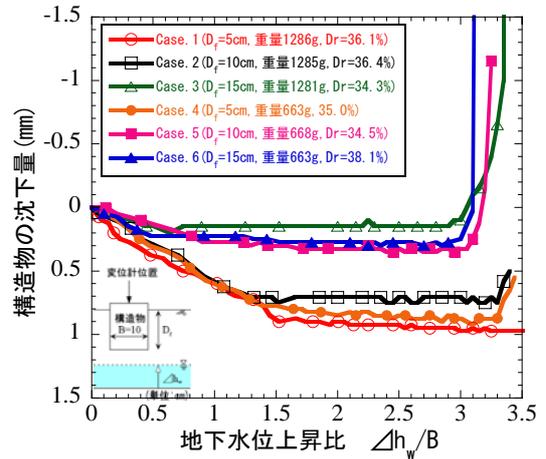


図-5 地下水水位の上昇に伴う模型構造物の沈下量

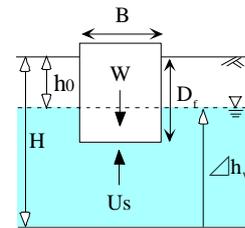


図-6 構造物重量と浮力の関係

表-1 構造物が浮き上がる時の $\Delta h_w/B$

	Case.1	Case.2	Case.3
①計算上の地下水水位上昇比 $\Delta h_w/B$	-	3.18	2.68
②実験での地下水水位上昇比 $\Delta h_w/B$	-	3.35	2.95
②-①	-	0.17	0.27

	Case.4	Case.5	Case.6
①計算上の地下水水位上昇比 $\Delta h_w/B$	3.35	2.85	2.35
②実験での地下水水位上昇比 $\Delta h_w/B$	3.35	3.10	3.00
②-①	0	0.25	0.65

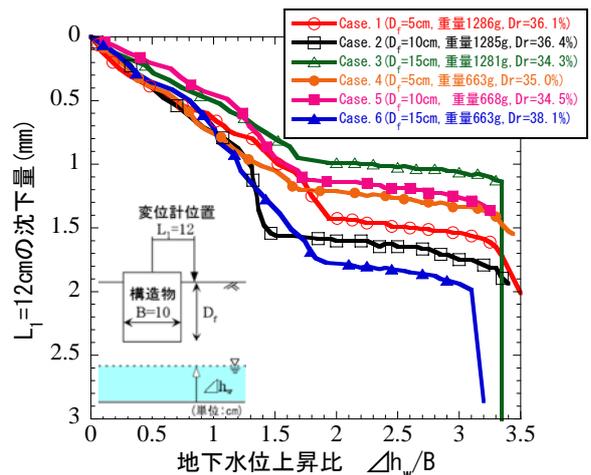


図-7 地下水水位の上昇に伴う地表面の沈下量(L1=12cm)



(a) 浮き上がり前 (b) 浮き上がり後

図-9 地下水水位の上昇に伴う構造物の挙動