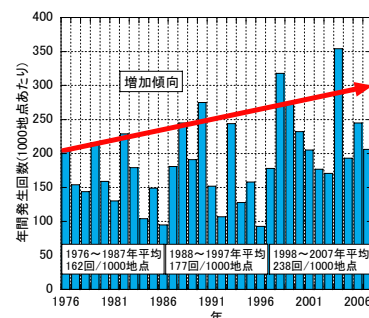


吸水および排水過程での保水性試験に基づく各地域における河川堤防堤体材料の脆弱性の比較

茨城大学 学生会員 ○胸組 智光 茨城大学 正会員 小峯 秀雄
 茨城大学 フェロー会員 安原 一哉 茨城大学 正会員 村上 哲

1. はじめに

1976 年以降、時間雨量 50mm 以上の発生件数は、図 1 のように増加傾向にあることが確認できる。このようなアメダスのデータを使って集計した短時間の強雨や大雨の発生回数は、ここ 30 年間では増加傾向にある¹⁾。また、近年では日本各地で集中豪雨による河川堤防への被害が発生している。以上のような背景から、集中豪雨の発生件数の増加に伴い、河川堤防の被害も増加することが懸念され、降雨、河川水の浸透に対する河川堤防の脆弱性評価が必要である。

図 1 時間雨量 50mm 以上の発生件数¹⁾

2. 本研究で使用了土質試料

河川堤防は日本全国に数多くあるため、全ての堤体材料を詳細に検討することは困難である。また、建設の際に大量の堤体材料を必要とするため、現場に近接する場所から入手することが多い²⁾。したがって、本研究では、河川堤防堤体材料を想定し、表 1 に示す代表的な土質試料を使用した。各土質試料の土

表 1 土質試料の種類、採取場所および基本物性結果

土質試料	採取場所	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	自然含水比 w_n (%)
一次しらす	鹿児島県鹿児島市田上	2.460	14.6
二次しらす	鹿児島県鹿児島市田上	2.631	16.6
※関東ローム	茨城県水戸市	2.691	100.7

(※は真空ポンプを使用)

粒子の密度および自然含水比の測定は、日本工業規格「土粒子の密度試験方法」(JIS A 1202:1999)³⁾、「土の含水比試験方法」(JIS A 1203:1999)³⁾に準拠した。土粒子の密度の測定では、真空ポンプを用いた減圧吸引が煮沸に比べて、植物繊維の間隙空気の除去に効果があるため、関東ロームは真空ポンプを用いて間隙空気の除去を行った。自然含水比は密閉容器内に保存してある状態での値を用いた。本研究に用いる土質試料は全て攪乱試料である。

3. 河川堤防堤体材料を想定した土の保水性試験

実環境の集中豪雨による河川堤防への影響は、図 2 に示すように降雨による吸水および排水によるものであるため、本研究では、間隙水の排水、吸水過程を一連とした土の保水性試験を行い、各土質試料の水分特性曲線および一次元変形特性を把握することを目的とした。土の保水性試験の測定方法は、三軸圧力室を用いた加圧板法にて行い、地盤工学会基準「土の保水性試験方法」(JGS 0151-2000)³⁾に準拠した。試験装置の概略図は図 3 に示す。既往の研究⁴⁾より、排水過程において、サクシオンが 40~200kPa の範囲で、二次しらすの鉛直ひずみが大きいため、本実験での排水、吸水過程における測定サクシオンの範囲を 10~200kPa と設定した。また、河川堤防の土被り圧を模擬するため、天端からの深さを考慮して鉛直圧 100Pa を載荷した。以上の条件で実施した土の保水性試験の結果から、式(1)~(3)を用いて、サクシオン s (kPa)、体積含水率 θ (%) および吸水過程における鉛直ひずみ ε (%) を求めた。

$$s = u_a - u_w \cdots (1), \quad \theta = w\rho_d/\rho_w \cdots (2), \quad \varepsilon = \Delta h/h_0 \times 100 \cdots (3)$$

ここに、 s : サクシオン (kPa)、 u_a : 間隙空気圧 (kPa)、 u_w : 間隙水圧 (kPa)、 w : 含水比 (%), θ : 体積含水率 (%), ρ_d : 供試体の乾燥密度 (g/cm³), ρ_w : 水の密度 (g/cm³), ε : 鉛直ひずみ (%), h_0 : 鉛直圧 100kPa 時の供試体高さ (mm), Δh : 鉛直圧 100kPa の供試体高さを基準とした鉛直変位 (mm)とし、鉛直ひずみの符号は沈下を正とする。

3.1 供試体の初期条件

河川土工マニュアル⁵⁾における河川堤防の締固め度の規定より、砂質土に分類される一次しらすおよび二次しらす

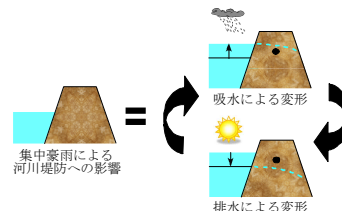


図 2 集中豪雨による河川堤防への影響の概念図

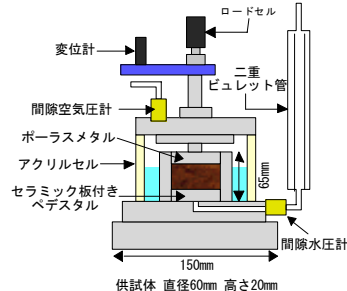


図 3 土の保水性試験機の概略図

キーワード: 不飽和土 土の保水性 水分特性曲線 一次元変形特性 河川堤防

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL 0294-38-5004 e-mail 08nm823t@hcs.ibaraki.ac.jp

すの目標乾燥密度は、砂質土の品質下限値である締固め度 80%とし、粘性土に分類される関東ロームの目標乾燥密度は、施工含水比時の空気間隙率および飽和度の規定より設定した。供試体作製時の含水比は自然含水比を用いた。供試体の作製方法は、実施工の締固めを模擬し、動的締固め方法にて行った。供試体の締固めには、変水位透水試験用突棒(直径 19.95mm, 質量 502.39g)を用い、試験装置の供試体リング内にて直接作製し、目標寸法は直径 60mm、高さ 20mm とした。各土質試料の供試体の作製結果を表 2 に示す。

表 2 供試体の作製結果

土質試料	含水比 w (%)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	飽和度 S_r (%)	締固め度 D_r (%)
一次しらす	12.6	1.023	1.152	22.0	80.7
二次しらす	14.5	1.287	1.480	36.0	83.4
関東ローム	96.6	0.664	1.306	85.3	-

注) 関東ロームは粘性土と分類しているため、締固め度を記載していない。

4. 各土質試料の水分特性曲線の比較

排水および吸水過程における各土質試料の水分特性曲線を図 4 に示す。図 4 より、全ての土質試料にヒステリシスが生じ、関東ロームのヒステリシスは一次しらす、二次しらすに比べて、大きいことが確認できる。また、二次しらすの水分特性曲線は一次しらす、関東ロームと異なり、排水過程が吸水過程より保水性が低く、他の土質試料に比べて、同一サククションにおける体積含水率が低いことを示している。すなわち、二次しらすは排水性に優れていると考えられる。さらに図 4 において、関東ロームは一次しらす、二次しらすに比べて、同一サククションにおける体積含水率が高いため、高い保水性を有していることが確認できる。したがって、関東ロームは堤体内の残留水が排水しにくい可能性が高いと考えられる。

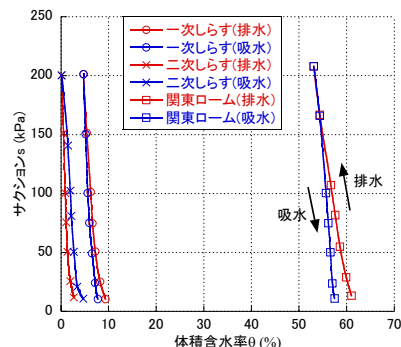


図 4 水分特性曲線

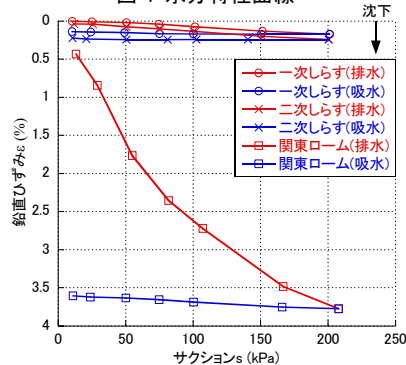


図 5 サククションと鉛直ひずみの関係

5. 各土質試料の一次元変形特性の比較

排水および吸水過程における各土質試料のサククションと鉛直ひずみの関係を図 5 に示す。図 5 より、排水過程における全ての土質試料の鉛直ひずみはサククションの増加に伴い沈下し、吸水過程における全ての土質試料の鉛直ひずみはサククションの低下に伴い膨張していることが確認できる。また、排水過程における関東ロームの鉛直ひずみは、他の土質試料に比べて、沈下が大きく、吸水過程における全ての土質試料の鉛直ひずみは同程度の膨張であることを示している。これは表 2 に示した関東ロームの初期の飽和度が、他の土質試料に比べて、高いことから、関東ロームが排水した水における重力水の割合が高いためと考えられる。すなわち、保水性が高い土質試料は圧密沈下が生じやすいと考えられる。さらに図 5 において、全ての土質試料の鉛直ひずみは、吸水過程に比べて、排水過程の方が大きく、特に関東ロームは排水過程と吸水過程における鉛直ひずみの間に明確な差異が確認できる。したがって、関東ロームは連続的に集中豪雨が発生した時、堤防の沈下が大きくなることが予想され、越水破壊を引き起こす可能性が高く、余裕高を高め計画する必要がある。

6. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。各土質試料の水分特性曲線より、全ての土質試料にヒステリシスが生じ、関東ロームのヒステリシスは一次しらす、二次しらすに比べて、大きいことが確認できた。また、関東ロームは他の土質試料に比べて、同一サククションにおける体積含水率が高いため、高い保水性を有していることが分かった。各土質試料のサククションと鉛直ひずみの関係より、鉛直ひずみはサククションの増加に伴い沈下し、サククションの低下に伴い膨張することが確認できた。また、排水過程における関東ロームの鉛直ひずみは、他の土質試料に比べて、沈下が大きく、吸水過程における全ての土質試料の鉛直ひずみは同程度の膨張であることが分かった。

参考文献 1) 気象庁:気候変動監視レポート, pp.30-32, 2007. 2) 中島秀雄:図説 河川堤防, 技報堂出版, pp.15-16, p.189, 2003. 3) 地盤工学会:土質試験の方法と解説-第一回改訂版-1, pp.54-68, pp.93-108, pp.118-135, 2000. 4) 内田佳子, 小峯秀雄, 安原一哉, 村上哲, 工藤竜太:河川堤防を想定した堤体地盤材料の排水過程における一次元変形特性, 第 42 回地盤工学研究発表会, 2007. 5) (財)国土開発技術研究センター:河川土工マニュアル, 国土開発技術研究センター, pp.76-84, 1993.