

河川堤防堤体材料としての火山灰質粘性土の水分特性曲線および一次元変形特性の比較

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

近年、日本各地で集中豪雨による河川堤防への被害が発生し、2006年7月、長野県では記録的な豪雨により天竜川の河川堤防が決壊した。1時間に50mm以上の雨が降った回数は、1976年以降増加傾向にあることが図1から確認できる。また、日本本島への台風の接近数が多い8~9月の2ヶ月に着目すると、ここ約20年間の豪雨の発生件数は、過去約100年で最も多くなっている²⁾。以上のような背景から、集中豪雨による降雨、河川水の浸透に対する河川堤防の脆弱性評価が必要と考えられる。本研究では、関東地方と大分県地域の河川堤防堤体材料を想定した土質材料として、火山灰質粘性土である関東ローム、赤ぼくおよび黒ぼくを用い、土の保水性試験(吸水過程)を行った。その結果から、吸水過程における水分特性曲線および一次元変形特性を土質試料ごとに比較し、各地域の河川堤防の脆弱性を評価した。

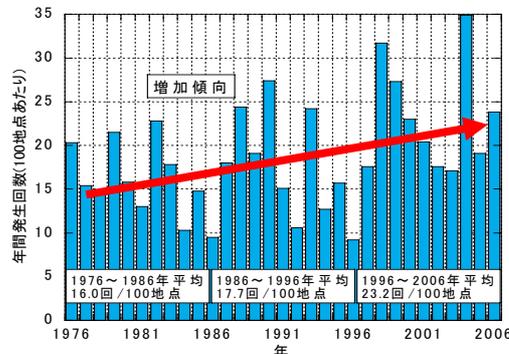


図1 1時間に50mm以上の雨が降った回数¹⁾

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 | 土粒子密度 ρ_s (g/cm ³) | 自然含水比 w_n (%) |
|--------|----------|-------------------------------------|-----------------|
| ※関東ローム | 茨城県水戸市 | 2.691 | 100.7 |
| 赤ぼく | 大分県豊後大野市 | 2.692 | 95.7 |
| ※黒ぼく | 大分県豊後大野市 | 2.616 | 77.5 |

(※は真空ポンプを使用)

2. 本研究で使用した土質試料

河川堤防は、日本全国に数多くあるため、全ての堤体材料について詳細に検討することは困難である。また、自然状態の河川に沿って造るものであり、築堤位置は河川に依存する。加えて、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³⁾。したがって、本研究では、河川堤防堤体材料を想定し、表1に示す日本各地域より採取した代表的な土質試料を使用した。各土質試料の土粒子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)⁴⁾、「土の含水比試験方法」(JIS A 1203:1999)⁴⁾に準拠した。土粒子密度の測定では、真空ポンプを用いた減圧吸引の方が植物繊維の間隙空気除去に効果があるため、関東ロームおよび黒ぼくは真空ポンプを用いて間隙空気除去を行った。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

本研究では、土の保水性試験を行い、水の吸水による堤体材料の水分特性曲線および一次元変形特性を把握する。土の保水性試験においては、三軸圧力室を用いた加圧板法による測定を行った。図2は試験容器の概略図を示す。試験方法は、地盤工学会基準「土の保水性試験方法」(JGS 0151-2000)⁴⁾に準拠した。既往の研究⁵⁾より、排水過程においてサクシオンが40~200kPaの範囲では、赤ぼくの鉛直ひずみが大いいため、本実験での吸水過程における測定サクシオンの範囲を200kPaから10kPaに低下する過程を設定した。また、河川堤防の上部を模擬するために、天端からの深さを考慮して鉛直圧50kPaを載荷し、図3は概念図を示す。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_s (%)を求めた。

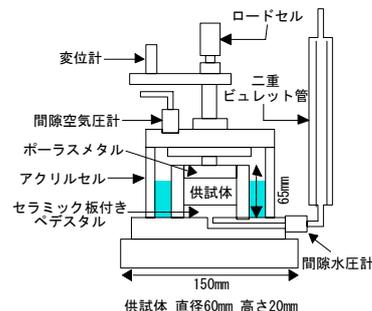


図2 試験容器の概略図

キーワード：土の保水性 水分特性曲線 一次元変形特性 河川堤防 火山灰質粘性土

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL0294-38-5004 e-mail08nm823t@hcs.ibaraki.ac.jp

茨城大学工学部 都市システム工学科 防災・環境地盤工学研究室

$$s = -(u_a - u_w) \dots (1), \theta = (w\rho_d) / \rho_w \dots (2), \varepsilon_s = (\Delta h_s \times 100) / h_{200} \dots (3)$$

ここで、 s : サクシヨン (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/cm^3)、 ρ_w : 水の密度 (g/cm^3)、 ε_s : 吸水過程におけるひずみ (%)、 h_{200} : サクシヨン 200kPa における供試体の高さ (mm)、 Δh_s : サクシヨン 200kPa の供試体の高さを基準とした鉛直変位 (mm)とする。また、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における河川堤防の締固め度の規定より、粘性土と想定した関東ローム、赤ぼくおよび黒ぼくの供試体作製時の目標乾燥密度は、施工含水比を用いた粘性土の空気間隙率および飽和度の規定より設定した⁶⁾。供試体作製時の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。供試体の作製方法は本研究では実施工の締固めを模擬し、動的締固め方法により供試体作製を行った。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、供試体を作製した。供試体の目標寸法は直径 60mm、高さ 20mm とした。表 2 は関東ローム、赤ぼくおよび黒ぼくの供試体の作製結果を示す。

4. 各土質試料の水分特性曲線の比較

図 4 は吸水過程における水分特性曲線を示す。吸水過程におけるサクシヨンが 200kPa から 10kPa に低下する過程で、全ての土質試料の水分特性曲線は同程度の傾きでサクシヨンが低下していることが図 4 から確認できる。また、同じサクシヨンにおける関東ロームの体積含水率は、赤ぼく、黒ぼくに比べ高いことも確認できる。すなわち、関東ロームは、赤ぼく、黒ぼくに比べ高い保水性を有する。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。

5. 各土質試料の一次元変形特性の比較

図 5 は吸水過程におけるサクシヨンと鉛直ひずみの関係を示す。吸水過程における全ての土質試料の鉛直ひずみはサクシヨンの低下に伴い膨張していることが図 5 から確認できる。間隙流体は骨格の隙間を自由に骨格と相対的に移動することができるため、隙間中に水が流入することにより、供試体が膨張したと考えられる。また、保水性が高いと考えられる土質試料は膨張量が大きいことも図 5 から確認できる。

6. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- ① 関東ローム、赤ぼくおよび黒ぼくのサクシヨンの低下は同程度であることが確認できた。
- ② 関東ロームは、赤ぼく、黒ぼくに比べ高い保水性を有するため、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。
- ③ 関東ロームは、赤ぼくおよび黒ぼくの鉛直ひずみはサクシヨンの低下に伴い膨張することが確認できた。
- ④ 保水性が高いと考えられる土質試料は鉛直ひずみの膨張量が大きいことも確認できた。

参考文献 1) 気象庁：気候変動監視レポート, p.33, 2006. 2) 気象庁：異常気象レポート 2005 概要版, pp.55-79, 2005. 3) 中島秀雄：図説 河川堤防, 技報堂出版, pp.15-16, p.189, 2003. 4) 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. 5) 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. 6) (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.

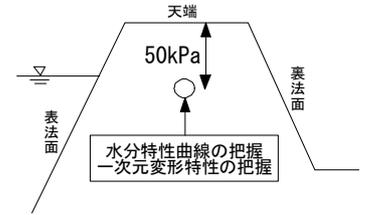


図 3 鉛直圧の概念図

表 2 供試体作製結果

| 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) |
|-------|--------------|---|---|
| 関東ローム | 100.0 | 0.680 | 1.360 |
| 赤ぼく | 93.0 | 0.721 | 1.393 |
| 黒ぼく | 73.7 | 0.813 | 1.412 |

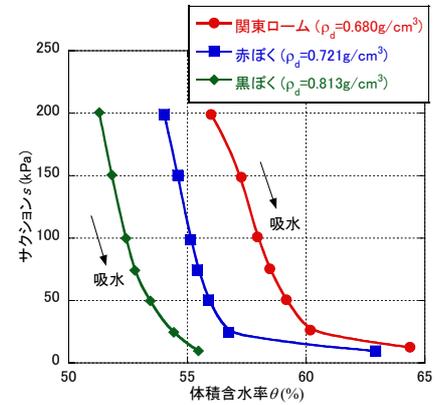


図 4 吸水過程における水分特性曲線

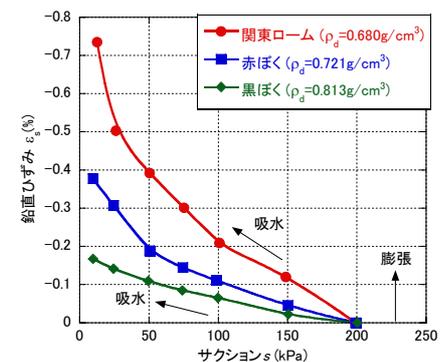


図 5 吸水過程におけるサクシヨンと鉛直ひずみの関係