

河川堤防材料を用いた保水性試験による集中豪雨時の体積変形評価

茨城大学 学生会員 ○胸組 智光

茨城大学 正会員 小峯 秀雄 フェロー会員 安原 一哉  
 正会員 村上 哲 学生会員 内田 佳子

1.はじめに

1980年代以降、日本における日降水量が100mm以上もしくは200mm以上の豪雨の発生件数は、長期的にみて統計的に有意な増加傾向にある<sup>1)</sup>。特に、本土への台風の接近数の多い8~9月の2ヶ月で見ると、最近約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<sup>1)</sup>。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。したがって、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である。河川堤防という社会基盤施設は、日本全国に数多くあるため、全ての堤体材料について検討することは困難である。河川堤防は自然状態の河川に沿って造るものであるから、築堤位置は人為的に決められない。また、河川堤防は大量の土を必要するために、現場に近接するところから材料を入手することが多い<sup>2)</sup>。したがって、本研究では、日本各地域より採取した代表的な土質材料を用いて、土の保水性試験の吸水過程を実施し、その結果から集中豪雨時の河川堤防の一次元変形評価を試みる。

2.基本物性の調査

各土質試料の土粒子密度および含水比の測定は、日本工業規格「土粒子の密度試験方法」(JIS A 1202:1999)、「土の含水比試験方法」(JIS A 1203:1999)の規格に準拠して行った。土粒子の測定においては、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を除去に効果があると考えられたため有機物を多く含んだ土質試料は真空ポンプを用いた。これらの結果と日本各地域より採取した代表的な土質材料を表1に示し、土の保水性試験における土粒子密度として表1の値を用いる。

表1 土質試料の種類と採取場所

土質試料	採取場所	土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	自然含水比 $w_n$ (%)
※関東ローム	茨城県水戸市	2.691	100.7
まさ土	山口県岩国市	2.561	2.2
乱した一次しらす	鹿児島県鹿児島市田上	2.460	14.6
乱した二次しらす	鹿児島県鹿児島市田上	2.631	16.6
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
※江別	北海道江別市	2.648	21.5
※対応築堤材料	北海道江別市の河川堤防の築堤材料	2.596	20.5
※新潟築堤材料	新潟県の信濃川の堤体材料	2.610	21.0
※旭川	北海道旭川市	2.680	14.4

(※は真空ポンプを使用)

3.土の保水性試験

土の保水性試験を行い、水の浸透による堤体の一次元変形を評価する。試験容器の概念図を図1に示す。本研究では、三軸圧力室を用いた加圧板法による測定を行った。試験方法は、地盤工会基準「土の保水性試験方法(JGS0151-2000)」に準拠して行った。なお、一次しらすと二次しらすの吸水過程には、河川堤防の天端からの深さを考慮して鉛直圧50kPaを载荷しているが、一次しらすと二次しらすの排水過程には、河川堤防の天端からの深さを考慮していない既往の研究のため、鉛直圧を载荷していない。試験結果より得られた各段階の排水量、負荷した間隙空気圧と間隙水圧から式(1)、(2)、(3)を用いてサクシオン $\phi_m$  (kPa)、体積含水率 $\theta$  (%)を求めた。今回は、乱した一次しらすと乱した二次しらすの二つの土質試料を用いた。以下、攪乱試料である乱した一次しらすおよび乱した二次しらすを、一次しらす、二次しらすと表記する。

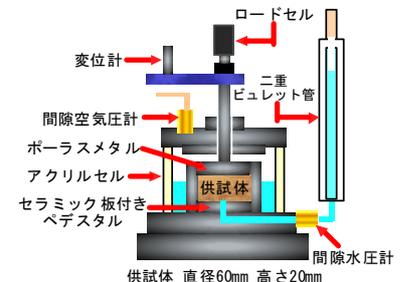


図1 試験容器の概念図

$$\phi_m = -(u_a - u_w) \dots (1), w_i = \frac{m_{i+1} + d_{i+1} - m_s}{m_s} \times 100 \dots (2), \theta_i = \frac{w_i \rho_d}{\rho_w} \dots (3)$$

ここで、 $\phi_m$ :サクシオン (kPa)、 $u_a$ :間隙空気圧 (kPa)、 $u_w$ :間隙水圧 (kPa)、 $w_i$ :第*i*段階における含水比 (%)、 $m_{i+1}$ :第

キーワード:土の保水性 体積変形 河川堤防 浸透

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL0294-38-5163 e-mail54063x@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.

$i+1$  段階における供試体質量 (g)、 $d_{i+1}$ : 第  $i+1$  段階における排水質量 (g)、 $m_s$ : 炉乾燥質量 (g)、 $\theta_i$ : 第  $i$  段階における体積含水率 (%)、 $\rho_{di}$ : 第  $i$  段階における供試体の乾燥密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )、 $\rho_w$ : 水の密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) 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、砂質土の品質下限額値である締固め度 80%における乾燥密度を供試体作製時の目標の乾燥密度とした<sup>5)</sup>。本研究では実施工の締固めを模擬し、動的締固め方法にて供試体を作製した。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。一次しらすと二次しらすの供試体の作製結果を表 2 に示す。

4.土の保水性試験による吸水過程と排水過程の違い

一次しらすと二次しらすの水分特性曲線、サクシオンと鉛直ひずみの関係をそれぞれ図 2、図 3 に示す。

図 2 より、二次しらすに比べ、一次しらすの方が、高い保水性を有していることが分かる。また、一次しらすと二次しらすの吸水過程、排水過程ともに、同じサクシオンにおいての体積含水率が異なっている。したがって、一次しらす、二次しらすともにヒステリシスがあると考えられる。

図 3 より、吸水過程における一次しらすと二次しらすの鉛直ひずみは、サクシオンが 200kPa から 50kPa までの範囲では膨張している。間隙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。しかし、50kPa 以下では、一次しらすの鉛直ひずみは沈下を示している。したがって、一次しらすの間隙内の水分量が増加したため、メニスカスによる土粒子間の吸着力が消失し、コラプス沈下が生じたと考えられる。二次しらすの鉛直ひずみは、サクシオンが 50kPa 以下でも 200kPa から 50kPa までの範囲での理由と同様な理由で膨張したと考えられる。排水過程における一次しらすと二次しらすの鉛直ひずみは、サクシオンが増加するとともに沈下している。すなわち、間隙中から間隙水が流出することにより、供試体が沈下したと考えられる。また、水分特性曲線の勾配からも、吸水過程および排水過程での一次しらすと二次しらすの一次元変形の挙動は、間隙中への水の流出入が関連していると考えられる。

5.結論

二次しらすに比べ、一次しらすの方が、高い保水性を有している。一次しらす、二次しらすともにヒステリシスがあると考えられる。水分特性曲線の勾配からも、吸水過程および排水過程での一次しらすと二次しらすの一次元変形の挙動は、間隙中への水の流出入が関連していると考えられる。

参考・引用文献 1)気象庁：異常気象レポート 2005 概要版, pp.55-79, 2005. 2)中島秀雄：図説 河川堤防, 技報堂出版, 2003. 3)地盤工学会：土質試験の方法と解説-第一回改訂版-1, 2000. 4)小峯秀雄, 安原一哉, 村上哲, 篠田光貴：液性限界・塑性限界の観点からの温暖化/海面上昇による河川堤防堤体材料に及ぼす影響の簡易評価, 土木学会関東支部技術研究発表会, 2007. 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.

表 2 供試体の作製結果

土質試料	含水比 w (%)	乾燥密度 $\rho_s$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	湿潤密度 $\rho_t$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	締固め度 D <sub>r</sub> (%)
乱した一次しらす	12.3	1.045	1.174	82.4
乱した二次しらす	17.6	1.333	1.568	86.3

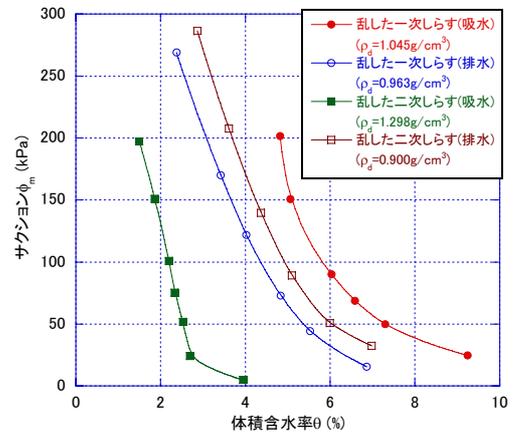


図 2 乱した一次しらすと乱した二次しらすの水分特性曲線

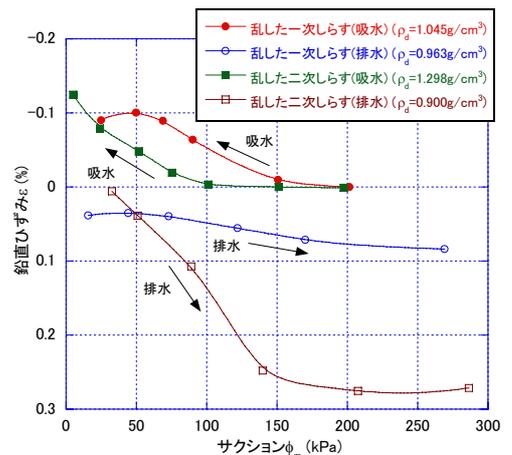


図 3 サクシオンと鉛直ひずみの関係