

道路盛土材の非排水せん断強度特性に与える飽和度状態の影響

山口大学 学生会員 ○知花 大夢

山口大学 正会員 中田 幸男

NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) 松方 健治

1. はじめに

近年、1 時間に 50mm を超える集中豪雨が増加傾向にあり、豪雨による道路盛土の崩壊が発生している。盛土崩壊は降雨の盛土内への浸透や地下水の増加による飽和度状態の変化が原因で発生する。既往の研究では締固めた土を対象とした強度特性に関して飽和非排水試験が行われ¹⁾、不飽和せん断強度については排気排水条件による試験が行われている²⁾。そこで本研究では飽和度状態の変化による盛土材の非排水せん断強度特性に対する影響を把握することを目的とした。今回の試験では九州と四国の既存道路盛土材を使用し、初期状態において与える飽和度およびサクションを変えて圧密非排水($\bar{C}U$)条件の三軸圧縮試験を実施することで、既存盛土材の強度特性を把握する。

2. 用いた試料と試験の概要

2-1 用いた試料

試験で用いた試料は福岡県朝倉市にある杷木 IC と愛媛県東温市にある松山自動車道の道路盛土材である。杷木 IC 盛土材は花崗岩が風化したまさ土の砂質土であり、松山盛土材は堆積岩類が風化した脆弱岩の礫混じりシルト質砂である。盛土材の物理的性質を表 1 に示す。松山の方が現場乾燥密度、土粒子密度どちらも高く、細粒分含有率も高い。

2-2 試験の概要

試験では、飽和、部分飽和および不飽和状態の供試体を準備した。飽和および部分飽和状態の供試体については飽和三軸試験機、不飽和状態の供試体は不飽和三軸試験機を用いて圧密非排水試験を行った。飽和供試体には体積の 2 倍以上の通水を行い、200kPa の背圧を載荷させて 30, 50, 100kPa で圧密、せん断を行った。部分飽和供試体には体積分の通水を行い、背圧を載荷させずに 20, 50, 80kPa で圧密、せん断を行った。不飽和供試体には初期状態においてサクションを変えるために、空気圧を 5kPa, 10kPa 載荷させて 20, 50, 80kPa で圧密を行い、排気非排水条件でせん断を行った。供試体は高さ 10cm, 直径 5cm であり、現場乾燥密度となるようにランマーを用いて締固めて作製した。

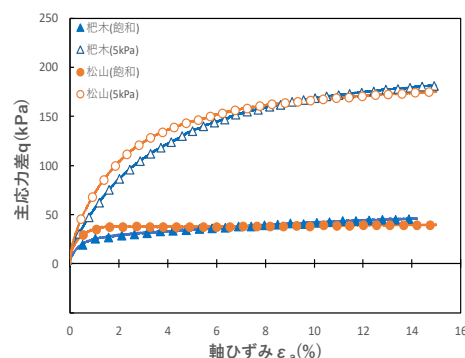
3. 飽和度状態の変化による強度特性への影響

3-1 非排水せん断挙動

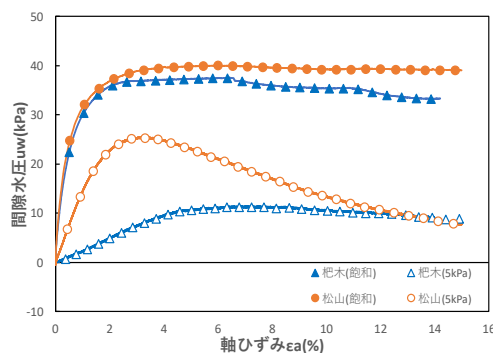
拘束圧 50kPa における杷木 IC 盛土材と松山盛土材の飽和および不飽和($u_a = 5kPa$)試験の応力ひずみ曲線とせん断中の間隙水圧の変化を図 1 に示す。飽和状態の応力ひずみ曲線では、杷木 IC 盛土材の主応力差が徐々に大きくなっているのに対し、松山盛土材のそれは

表 1 道路盛土材の物理的性質

試料	現場乾燥密度 $\rho_d(g/cm^3)$	土粒子密度 $G_s(g/cm^3)$	現場含水比 $w(\%)$	現場飽和度 $S_r(\%)$	細粒分含有率 $F_c(\%)$
杷木 IC	1.588	2.687	17.3	67	18.1
松山	1.672	2.707	20.9	91	29.8



(a) 杷木 IC と松山盛土材の応力ひずみ曲線



(b) 杷木 IC と松山盛土材の間隙水圧挙動

図 1 50kPa における飽和および不飽和($u_a = 5kPa$)状態に対する応力ひずみ曲線および間隙水圧挙動

キーワード 非排水せん断試験, 飽和度, 盛土材料

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科 TEL : 0836-85-9326

10kPa 程度であるが最初に大きくなりその後ほとんど変わらない。不飽和状態の応力ひずみ曲線は、2つの盛土材で軸ひずみが15%に達した時の主応力差はほとんど変わらないが、8%までのせん断挙動が異なる。杷木 IC 盛土材の主応力差は徐々に大きくなっているのに対して、松山盛土材のそれは最初に大きくなり軸ひずみが3%程度になると緩やかに大きくなっている。飽和状態のせん断中の間隙水圧の変化を見ると、軸ひずみが2~3%に達するまで急激に増加し、その後ほぼ一定の値を示した。不飽和状態の間隙水圧変化は、杷木 IC 盛土材は緩やかに増加し軸ひずみが4%を超えるとほぼ一定の値を示し、松山盛土材では急激に増加し軸ひずみが3%を超えると減少した。

3-2 非排水せん断強度特性への影響

三軸圧縮試験の結果から飽和度と非排水せん断強度特性の関係をまとめた。図2にサクシオンと飽和度および最大主応力比の関係を示す。最大主応力比は最大主応力差を拘束圧50kPaで除した値を示している。サクシオンと飽和度の関係から飽和度が低くなるとサクシオンは大きくなる傾向がある。そしてサクシオンと最大主応力比の関係から、サクシオンが大きくなると最大主応力比も大きくなることから、サクシオンが5kPaを超えるとサクシオンが大きくなっても主応力比はほとんど変わらないことから、サクシオンが5kPa以下で主応力比に影響を与えていることがわかる。次に間隙水圧による影響を見ていく。今回は間隙水圧による影響を評価するために Skempton の間隙水圧係数 A 値と B 値の積で与えられる AB 値を用いた。よって AB 値は最大主応力差に対する最大主応力差時の間隙水圧の比となる。図3に AB 値と飽和度および最大主応力比の関係を示す。AB 値と飽和度の関係から飽和度が高くなり飽和に近づくとも AB 値は急激に増加し、AB 値と最大主応力比の関係から AB 値が大きくなると最大主応力比は小さくなることからわかる。図4に飽和度と粘着力および内部摩擦角の関係を示す。飽和度と粘着力の関係から飽和度が増加し、ある飽和度を超えると粘着力が急激に低下している。その飽和度は杷木 IC 盛土材で90%、松山盛土材では95%付近である。飽和度と内部摩擦角の関係では全応力による内部摩擦角で見ると、同様の傾向を示し飽和度の値も同様である。一方、間隙水圧を考慮した有効応力での内部摩擦角との関係を見てみると飽和度が増加し、飽和状態になっても変化は見られない。

4. まとめ

本研究では既存盛土材を使用し、初期状態において与える飽和度およびサクシオンを変えて、圧密非排水条件での三軸圧縮試験を実施することで既存盛土材の強度特性を把握した。その結果、盛土材の非排水せん断強度特性は飽和度やサクシオン、間隙水圧および強度特性それぞれにある関係を持っていることを把握した。飽和度状態と強度特性の関係について影響が現れている飽和度を見てみると、飽和度変化による非排水せん断強度特性の低下は松山盛土材の方がより高い飽和度状態で認められた。さらに、盛土材によって、同じ飽和度でも AB 値が異なり、間隙水圧が特に強度に支配的になっていることがいえた。

参考文献 1) 平川大貴, 川原園美幸, 龍岡文夫: 土木学会論文集 C, Vol.64, No.2, pp253-266, 2008.

2) 笹原克夫, 南哲行: 土木学会論文集 C, Vol.62, No.1, pp227-239, 2006.

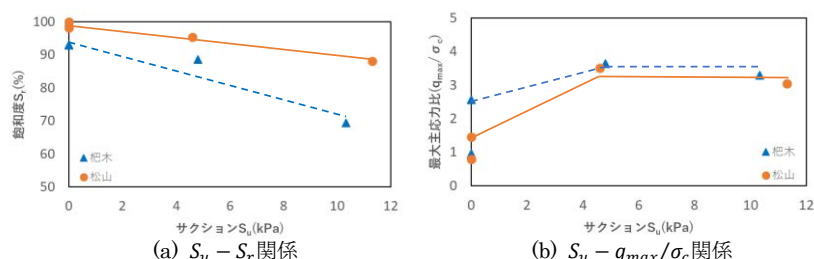


図2 拘束圧 50kPa におけるサクシオンと飽和度および最大主応力比の関係

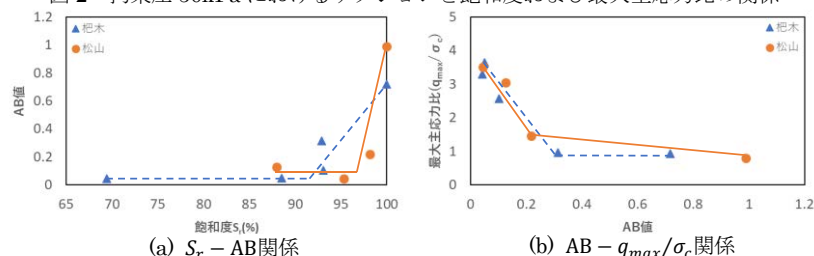


図3 拘束圧 50kPa における AB 値と飽和度および最大主応力比の関係

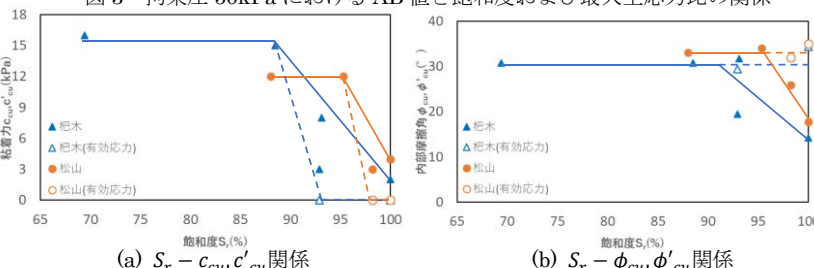


図4 拘束圧 50kPa における飽和度と粘着力および内部摩擦角の関係