

飽和度を変化させた盛土材料の強度特性

東海旅客鉄道 正会員 ○大木 基裕

1. 目的

盛土の降雨時の耐力評価は堤体内部の飽和度を把握し、飽和度に応じた強度定数等を設定することにより行う。飽和度の分布(コンター)は、例えば設計標準¹⁾にあるように、平地の盛土であれば推測が可能である。しかし、その飽和度に対応する盛土材料の強度特性は未知であり、現地材料による強度試験を行うことが適切な盛土の性能を評価することにつながる。本稿では現地盛土材料を室内で再構成した供試体による飽和度を変化させた三軸試験方法の手順と試験結果について報告する。

2. 試験装置概要

図1に今回用いた不飽和三軸試験装置²⁾を示す。試験装置は、三軸圧力室(セル)、セル圧供給装置、背圧供給装置(間隙空気圧・間隙水圧)、圧縮装置、および応力・変位・体積変化・排水量・間隙水圧・ならびに空気圧測定装置で構成されている。三軸圧力室は、不飽和状態にある供試体の体積変化を求めるため、外セルと内セルの2重構造になっている。本装置の主な特徴は①体積変化は三軸セル内に設置した内セルの水位変化を微小差圧計によって測定していること②サクシオンは、ペDESTALに設置した薄膜を介し測定していることである。

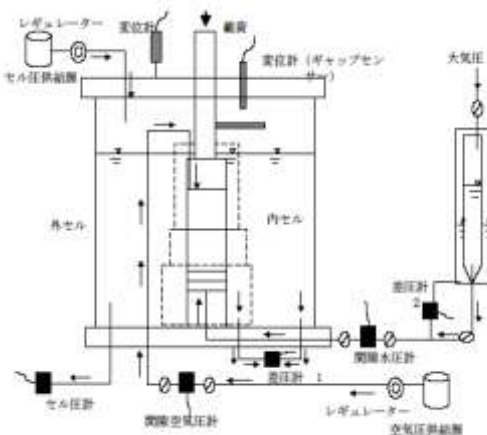


図1 不飽和三軸試験装置

3. 盛土材料と実験手順

盛土材料は、設計標準の土質②、③、④に相当する。表1に盛土材料の物性値を示す。図2に不飽和試験の条件設定のフローを示す。採取した試料は盛土表層であり現地密度試験が困難であったことから、締め固め試験を行い鉄道盛土の施工管理基準である締め固め度90%以上とするよう供試体密度を管理した。飽和度の設定はこのときの最適含水比や塑性限界を目安により湿潤側の条件で行うこととした。また同密度におけるサクシオンの計測を行い、サクシオンが100kPaを超えない範囲で飽和度を設定することとした。これらは、降雨時の盛土の強度評価が主目的であることを考慮している。図2は試料名AKAの水分特性試験と図1の三軸試験装置で行ったサクシオンの計測結果の一例であるが、後者の方がサクシオンは低くこの値をサクシオンの目安とした。

表1 盛土材料の物性

試料			ISI	AKA	ROKU
土粒子密度	ρ_s	g/cm ³	2.777	2.683	2.656
粒度	粒径	%	68.3	23.3	46.7
	砂分	%	24.6	15.6	28.4
	細粒分	%	7.1	61.1	24.9
	均等係数		122.73	-	1046.45
コンシステンシー	液性限界	%	NP	163.5	56.5
	塑性限界	%	NP	90.9	25.2
	塑性指数		NP	72.6	31.3
分類			GS-Cs	VH2SG	GCsS
締め固め	最大乾燥密度	g/cm ³	1.690	0.698	1.790
	最適含水比	%	20.0	89.5	15.3
設計標準			土質②	土質④	土質③

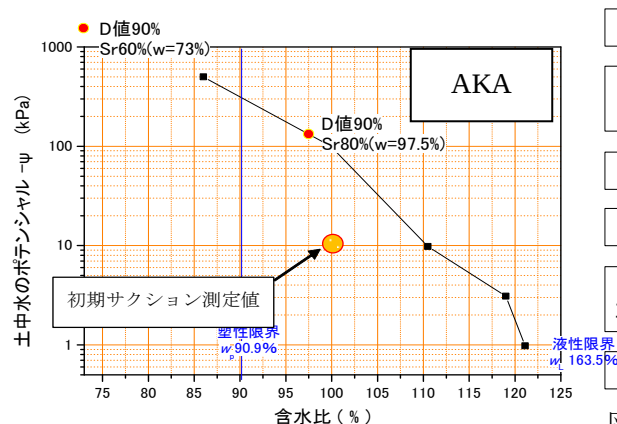


図3 飽和度とサクシオンの関係

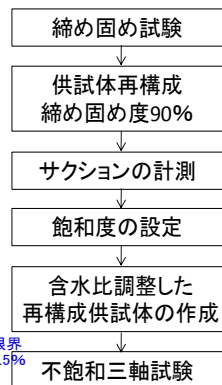


図2 試験条件設定のフロー

キーワード 飽和度, 粘着力, サクシオン

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 東海旅客鉄道(株) 総合技術本部 技術開発部 TEL0568-47-5375

不飽和三軸試験は、地盤工学会「不飽和土の三軸圧縮試験法」(JGS0527-1998)に準拠して実施し、計測されたサクションを試験中一定圧で作用させる排気排水条件で、圧密・せん断を行った。

4. 試験結果

せん断時の体積変化はいずれも比較的密な条件であるため多くの場合で膨張傾向を示した。ここではせん断ひずみ 15%を残留状態と定義し、この時のモールの応力円を図 3~5 に示す。破壊包絡線は、飽和度 100%での内部摩擦角 ϕ を共通に用い、飽和度の影響はすべて粘着力の増減で表現することとした。

試料や飽和度等の違いによるバラツキはあるものの、3 供試体とも不飽和から飽和状態に移行した場合には強度低下が生じている。

図 4 に示す ISI の物性は砂礫であり、飽和度 $S_r=80\%$ の初期サクションは 2.3kPa、60%では 8.9kPa である。これより、飽和度がサクションに及ぼす影響は小さく、粘着力の変化は試験した 3 試料の中では最も緩やかである。

図 5 に示す AKA の物性は粘性土であり、事前のサクションの計測結果から試験条件の飽和度は $S_r=90\%$ 、 80% とした。 $S_r=90\%$ の初期サクションは 26.3kPa、 80% では 55.9kPa である。 $S_r=100\%$ と 90% との比較では粘着力は大きく異なるが $S_r=80\%$ と 90% では、粘着力に違いはない。

図 6 に示す ROKU の物性は、ISI と AKA の中間の性質を有している。 $S_r=80\%$ の初期サクションは 12.0kPa、60%では 35.7kPa である。粘着力は飽和度の変化とともに比例的に変化している。

5. 考察

図 7 に 3 試料の飽和度～粘着力関係を示す。これより、物性の違いにより飽和度が粘着力に及ぼす影響が異なることがわかる。粘性土である AKA は飽和度 100%からわずかに下がるだけで大きな粘着力が発揮される一方、砂礫土である ISI は AKA に比較し飽和度を下げても発揮される粘着力は小さい。しかし盛土ののり面などを考えた場合、わずかな粘着力が安定性の評価には大きく影響することから、この評価は慎重に行う必要がある。

6. まとめ

本検討では、飽和度と盛土材料の強度特性を評価する具体的な試験手法を確立した。また 3 つの物性の異なる試験の結果、粘性土では飽和度のわずかな変化が粘着力に大きく変化し、砂礫土では緩やかに変化、その傾向は物性の変化と一定の相関性があることがわかった。今後も本評価手法を適用し、異なる盛土材料の強度特性を評価してゆく。

謝辞

今回、試験全般を実施していただきました(株)複合技術研究所の木口峰夫氏、試験機器をお借りする際にご尽力賜りました(財)鉄道総合技術研究所の渡辺健治氏に、紙面を借りまして厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説(土構造標準), 鉄道総合技術研究所, 2007.1
- 2) 石塚ら: 粘着力に及ぼす飽和度の影響について, 土木学会第 59 回年次学術講演会 p559, 2004.9

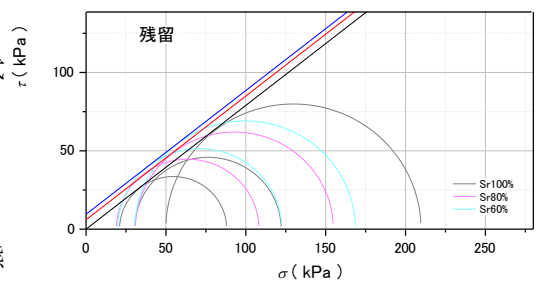


図 4 残留強度のモール円

ISI : $S_r=100\%$ 、 80% 、 60%

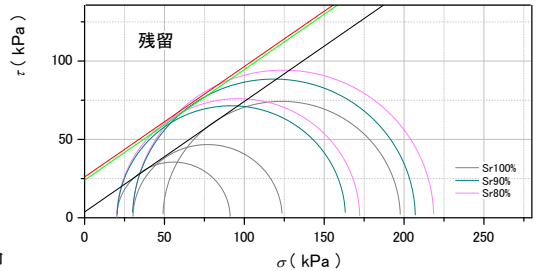


図 5 残留強度のモール円

AKA : $S_r=100\%$ 、 90% 、 80%

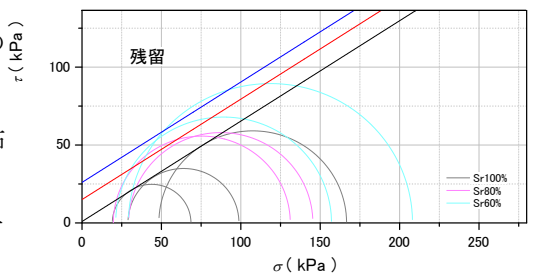


図 6 残留強度のモール円

ROKU : $S_r=100\%$ 、 80% 、 60%

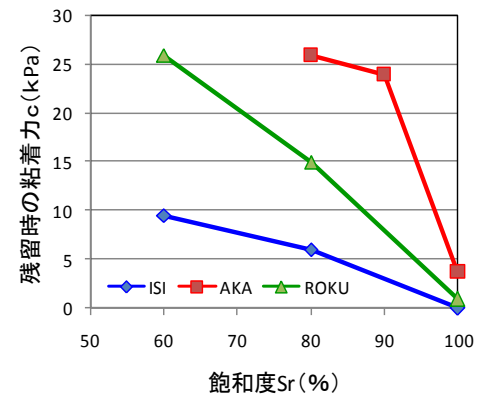


図 7 飽和度～粘着力関係