

締固めた軟岩の乾湿繰返しによる一面せん断特性の変化

舞鶴工業高等専門学校専攻科 建設・生産システム工学専攻 学生員 ○山本 雄基
舞鶴工業高等専門学校 建設システム工学科 正会員 加登 文学, 森尾 敏

1. はじめに

軟岩はスレーキングの問題もあり，建設材料として適さないとされている．しかし現在では，土不足や建設発生土の有効利用などの問題から軟岩を建設材料として用いる場合も多い．本研究では，盛土材として軟岩を用いることを想定して，舞鶴市で採取された軟岩の物理特性やスレーキング性について把握し，締固めた軟岩の乾湿繰返しによる強度劣化について調べた．

2. 用いた試料

本研究では，京都府舞鶴市で採取された軟岩試料 ($\rho_s=2.747\text{g/cm}^3$) を用いる．掘削時には約 20cm 四方の岩塊であるが，力を少し加えると崩れるほどの脆弱岩である．スレーキング試験には 2~4cm 程度の軟岩片を用い，締固め試験および一面せん断試験には，厚手のビニール袋に入れて高さ 150cm 程度から 20 回自由落下させて砕いた砕屑物を用いた．まず基本的性質のうち，液塑性限界試験結果の塑性図を **図 1** に示す．液性限界 $w_L=37.4\%$ ，塑性指数 $I_p=11.24$ となり，ML に分類された．図中には比較として既往研究で得られた軟岩の結果 ¹⁾ を載せている．次に **図 2** に締固め試験の結果を示す．図中には舞鶴市の建設発生土の試験結果も同時に示しているが，本研究で用いた軟岩試料は最大乾燥密度が高く，盛土材として用いた場合に十分な強度が期待できる材料といえる．最適含水比 w_{opt} は 19%，乾燥密度 ρ_{dmax} は 1.75g/cm^3 となった．

3. スレーキング特性

泥岩などの軟岩は乾湿の作用により細粒化が進行するスレーキング現象を起こすことが知られている．**写真 1** に示すような軟岩片 10 個に対して岩石の促進スレーキング試験を実施した．**写真 2** は 3 回の乾湿繰返しを与えた際の観察結果である．スレーキングにより小片に分解されている様子が見える．スレーキングには泥岩のように泥状化するものと，シルト岩や砂岩のように砂状化するものがあるが，本研究で用いた軟岩片でスレーキングを起こしたものはいずれも後者の崩壊形態を示した．また，スレーキング区分は全く変化しない「区分 0」から全体が砂状化する「区分 4」まで 5 段階で評価されるが，試験を行った 10 個の区分は「区分 0」2 個，「区分 1」3 個，「区分 2」2 個，「区分 3」3 個，「区分 4」0 個という結果となった．

4. 乾湿繰返し作用を受けた供試体に対する一面せん断試験

一面せん断試験の供試体は直径 6cm，高さ 2cm のモールドに含水比 $w=20\%$ に調製した軟岩試料を乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.75\text{g/cm}^3$ を目標に締固めた密詰めと，乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.45\text{g/cm}^3$ を目標に締固めた緩詰めとの 2 種類とした．実験には作製直後のものと作製後浸水し飽和させたもの，乾湿の繰返しを 1 回および 4 回与えたものを用い，垂直応力 $\sigma_v=50,100,200\text{kN/m}^2$ の圧密定圧試験を行った．**図 3** に $\sigma_v=100\text{kN/m}^2$ のせん断応力とせん断変位の関係を示すキーワード 軟岩，スレーキング，乾湿繰返し，一面せん断試験，せん断剛性，ダイレイタンス

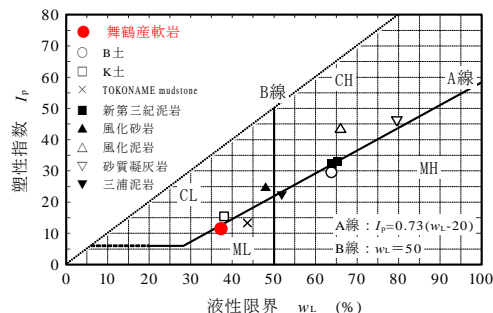


図 1 塑性図 ¹⁾ に追加

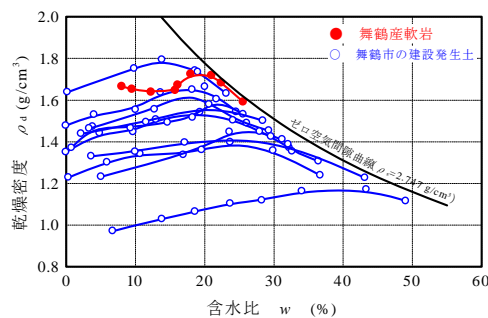


図 2 締固め曲線



写真 1 軟岩片



写真 2 スレーキングの様子

す。これらの図より、密詰めでは明確なピークがみられるが緩詰めにはみられないこと、密度によらず作製直後が最も強度が高く、乾湿の繰返し4回の結果が最も強度が低いこと、緩詰めでは作製直後と作製後浸水した結果に大きな差がありサクシオン消失の影響が大きいことなどがみてとれる。これらのことより、単に不飽和から飽和状態に変化したことによる強度低下だけでなく、乾湿の繰返しによる影響があることがわかる。また、せん断に伴う体積変化を見ると、密詰めは正のダイレイタンス挙動を示し、乾湿の繰返しによってその傾向は弱まっている。一方、緩詰めのダイレイタンス挙動は、作製直後は膨張するが、浸水後は圧縮となり、乾湿の繰返しによりその傾向は強まる。このことは、地震などの繰返しせん断により液状化しやすいことを示唆している。図4に垂直応力と最大せん断応力の関係を示す。図より作製直後から乾湿繰返しを与えていくことで強度線が

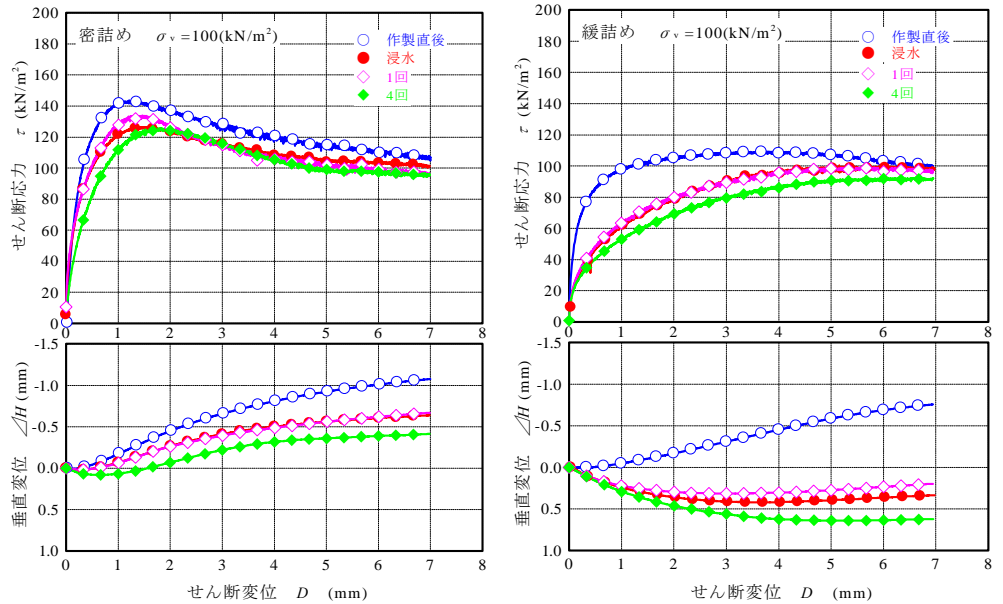


図3 一面せん断試験結果

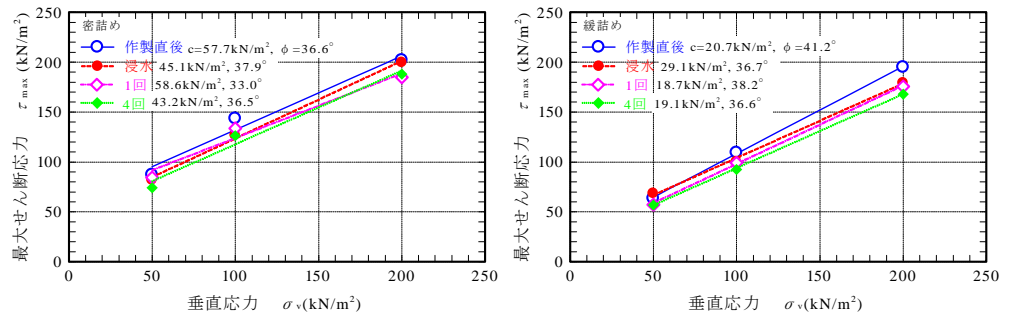


図4 垂直応力と最大せん断応力

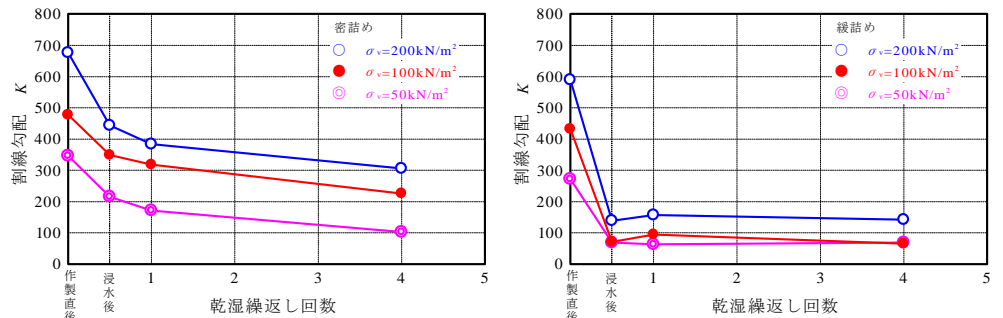


図5 乾湿繰返しによる割線勾配の変化

下がっていく様子がみてとれる。しかしながら、ピーク時の強度定数をみるとバラツキがあり、乾湿繰返しの影響を明確には見出せていない。また、締固め密度の違いは粘着力に現れていることがわかる。次に、剛性の変化について考察する。図5にせん断応力とせん断変位関係の割線勾配と乾湿繰返し回数についてまとめた。ここで割線勾配 K は最大せん断応力 τ_{max} の1/2のせん断応力とそのときのせん断変位 D を用いて、 $K=(\tau_{max}/2)/D$ で定義した。図より、緩詰めでは浸水により急激に剛性が低下しており、その後の乾湿繰返しでは変化はあまり見られない。一方、密詰めでは乾湿繰返しによって徐々に K の値が低下しており、強度よりも剛性に対して乾湿繰返しの影響が強く表れた結果となった。剛性の低下とダイレイタンス挙動が圧縮側に向かう傾向から、地震時の揺れが増加されることと液状化の発生が懸念される。

参考文献 1)加登ら、泥岩性材料の細粒化と一次元圧縮特性、土木学会論文集 C, Vol.65, No.1, 266-274, 2009.