

酸性土の膨潤・せん断強度特性

山口大学大学院 学○三須尊洋

山口大学大学院 正 鈴木素之

福山コンサルタント 横矢直道 岡本憲治

山口大学大学院 正 山本哲朗

1. はじめに これまでに山口県山陽小野田市の切土斜面の酸性移行性土や福岡県八女郡矢部村の酸性土の物理的・化学的・鉱物学的性質および強度特性について調べてきた。この酸性粘土はパイライトを含有することから、降雨時に法面を流下する表流水を酸性にし、植生やコンクリートおよび鋼材などへ影響を及ぼしていると考えられる。また、矢部村の現場において、写真-1 に示すように、押し出された擁壁を確認できたことから、酸性土において膨潤圧が発生したと考えられる。以上のことから、本文ではこれら現場で採取した試料に対して新規開発した膨潤試験、圧密定圧一面せん断試験を実施して、その結果に基づき酸性土の膨潤特性およびせん断強度特性について検討する。

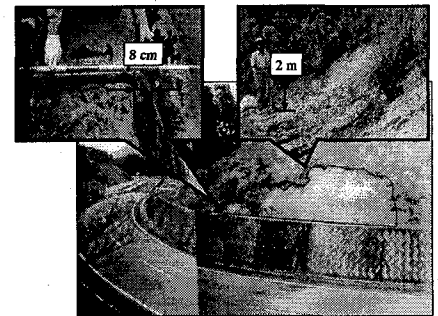


写真-1 押し出された擁壁

2. 土試料 本研究で用いた土試料の物理的性質および土質分類を示す。山陽小野田市の試料は、土粒子密度 $\rho_s = 2.617 \text{ g/cm}^3$ 、液性限界 $w_L = 36.1 \%$ 、塑性限界 $w_p = 18.5 \%$ 、塑性指数 $I_p = 17.6 \%$ 、粘土含有量 $F_{clay} = 32.0 \%$ 、土質分類は ML (低液性限界シルト) である。八女郡の試料は、 $\rho_s = 2.878 \text{ g/cm}^3$ 、 $w_L = 57.2 \%$ 、 $w_p = 15.5 \%$ 、 $I_p = 41.7 \%$ 、 $F_{clay} = 22.5 \%$ 、土質分類は CH (高液性限界粘土) である。

3. 膨潤試験

3.1 試験方法 矢部村で採取した不攪乱試料を直径 60 mm、高さ 20 mm の供試体に切り出し、図-1 に示す膨潤圧測定装置で圧密圧 20 kPa で 1 時間圧密させた (圧密時間は 3t 法による t_c を越えるまで) 後、ペロフラムシリンダーの载荷軸を機械的に固定して、供試体を水浸させ、水浸に伴って発生した膨潤圧を測定した。この試験を同じ条件で 4 回行った。

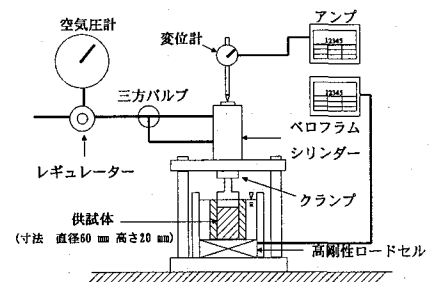


図-1 膨潤試験装置

3.2 試験結果と考察 図-2 に経過時間 t と膨潤圧 P_s の関係を示す。4 つの供試体のうち 3 つは 10 kPa 以下の小さい膨潤圧が測定された。各ケースにおいて純水注入後、10 分間経過するまでに膨潤圧が発生し、約 1 時間後に膨潤圧の上昇がおさまリ、その後一定の値を保った。また残る 1 つだけ極端に高い膨潤圧が発生した。 $t = 1 \sim 10$ 分の間に急激に上昇して約 120 kPa に達し、その後は一定の値となった。高い膨潤圧が発生したのは今回の実験では 1 試料しかなかったが、膨潤圧が擁壁の押し出しに影響を及ぼしていると考えられる。

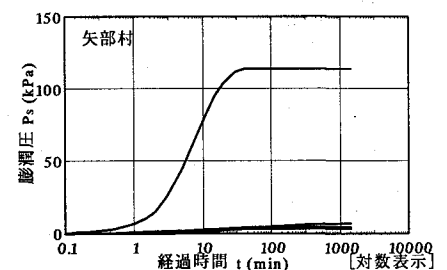


図-2 経過時間と膨潤圧の関係

4. 一面せん断試験

4.1 試験方法 山陽小野田市と矢部村の試料に対して、圧密定圧一面せん断試験 (JGS 0561-2000) を行った。圧密圧力 $\sigma_c = 50, 100, 150 \text{ kPa}$ の 3 通りとして各 σ_c の下で圧密した後 (圧密時間は 3t 法による t_c を越えている)、定圧せん断した。粉碎した粉末試料をせん断箱内に投入し、締固め法で所定の乾燥密度になるように供試体を作製した。試験ケースは山陽小野田市では、乾燥状態、水浸状態および一旦水浸後に乾燥させた試料の 3 ケースとし、矢部村では不攪乱試料で供試体を作製し、非水浸および水浸の 2 ケースとした。せん断速度は 0.02 mm/min 、せん断箱の隙間は 0.2 mm とした。

4.2 試験結果と考察 図-3 に山陽小野田市の乾燥試料に純水およびアルカリ水を加えたときの pH の変化を、図-4 に山陽小野田市の乾燥状態の粉末試料および純水で水浸した試料のせん断応力 τ とせん断変位 δ の関係を示している。乾燥試料の場合、すべての σ_N において τ は常に増加し続けている。水浸試料の場合、比較的早い段階でピークを迎え、それ以降わずかに減少もしくはほぼ一定の値を示している。図-5 に乾燥試料、水浸試料および水浸した試料を乾燥させた試料における有効応力経路を示す。試料の初期状態の差異により応力経路が異なっている。破壊線より得られた粘着力 c_d および内部摩擦角 ϕ_d はそれぞれ乾燥試料の場合 $c_{d-d}=11.8$ kPa, $\phi_{d-d}=30.0^\circ$ 、水浸試料の場合 $c_{d-s}=6.6$ kPa, $\phi_{d-s}=29.5^\circ$ である。この結果、水浸させると、 c_d は 5.2 kPa 減少し、 ϕ_d はほとんど変化しない。また、図-3 から試験後の水浸試料は pH3 である。ここで、酸性化による強度低下が考えられるため、純水の代わりにアルカリ水を用いて、同様の一面せん断試験を実施した。供試体は pH6.5 とほぼ中性であるものの、純水で水浸した場合とほぼ同じせん断挙動およびせん断強度となった。さらに、水浸した試料を乾燥させた試料に対して同様の一面せん断試験を実施して得られた結果も図-5 に示している。破壊線より得られた強度定数は $c_{d-dh}=0.7$ kPa, $\phi_{d-dh}=26.3^\circ$ である。この結果、乾燥試料に比べて c_d は 11.1 kPa, ϕ_d は 3.7° 低下した。乾燥→水浸→乾燥を繰り返すことで、強度はより一層低下することが分かる。図-6 に八女郡の非水浸および水浸させた試料のせん断挙動を、図-7 にそれぞれの有効応力経路を示す。破壊線より得られた粘着力 c_d および内部摩擦角 ϕ_d はそれぞれ非水浸の場合 $c_d=28.0$ kPa, $\phi_d=19.9^\circ$ 、水浸の場合 $c_d=8.0$ kPa, $\phi_{d-s}=20.3^\circ$ である。この結果、水浸させると、 c_d は 20.0 kPa 減少し、 ϕ_d はほとんど変化しない。試験後における非水浸時の場合は pH3.8, 水浸時の場合は pH2.7 である。

5. 結論

(1) 膨潤圧試験において、実験データは少ないものの、いずれの試料においてもわずかな膨潤圧が確認されており、なかには著しく高い膨潤圧が確認できたため、酸性土の強い膨潤性が擁壁の押し出しの原因と考えることができる。(2) 一面せん断試験において、山陽小野田市の試料の場合、水浸に伴う強度定数の変化に pH の影響はあまりみられない。強度特性には間隙水の化学的性質はほとんど無関係であると考えられる。(3) 一面せん断試験において、八女郡の不攪乱試料の場合、水浸することで c_d は 20.0 kPa 減少し、 ϕ_d はほとんど変化しない。

参考文献

1) 都築俊輔, 鈴木素之, 竹田直樹, 横矢直道, 岡本憲治, 山本哲朗: 切土斜面で見られた酸性移行性土の諸性質, 自然災害科学研究西部地区部会報, Vol.27, pp.69-72, 2004. 2) 都築俊輔, 鈴木素之, 横矢直道, 岡本憲治, 山本哲朗: 酸性移行性土の物理・化学および強度特性, 第44回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.185-188, 2005. 3) (社)地盤工学会: 土質試験の方法と解説—第一回改訂版—, pp.563-595, 2000.

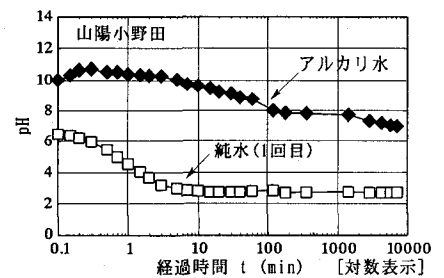


図-3 水浸による pH の変化

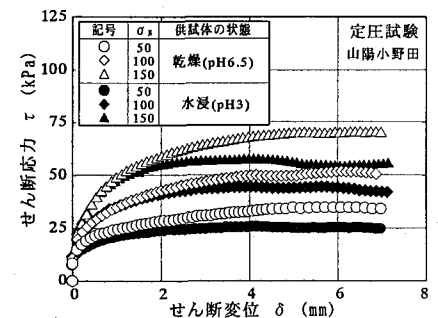


図-4 せん断挙動(山陽小野田市)

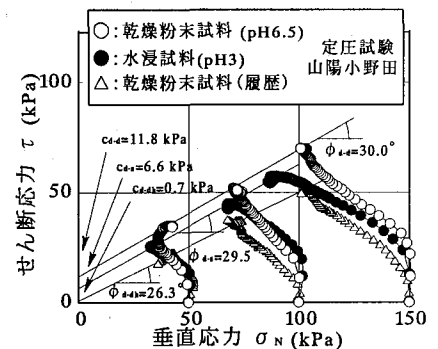


図-5 有効応力経路(山陽小野田市)

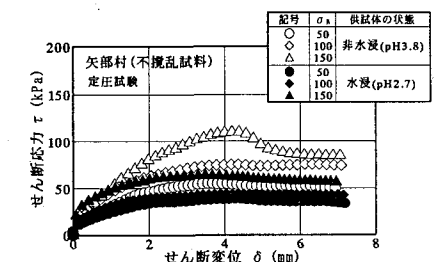


図-6 せん断挙動(矢部村)

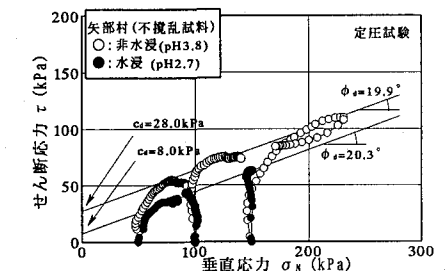


図-7 有効応力経路(矢部村)