

京都大学防災研究所 正員 村山 朔郎
 京都大学大学院 学生員 関口 秀雄
 京都大学大学院 学生員 島井原 誠

1. まえがき

泥岩の吸水膨張が土木工事の施工の際に厄介な問題をひき起こしていることはよく知られている。この原因の一つとして、泥岩の吸水膨張による膨張圧の発生および泥岩の強度低下等が考えられる。筆者らはその研究の第一段階として、吸水膨張のメカニズムの解明のために泥岩中の水のP.F.に着目し、熱力学的考察を加えてみたので以下に報告する。

2. 試料

兵庫県竹向下の表層付近から採取した3ブロックサンプル3種類および同県妙法寺のボーリングサンプル(深度27.3~27.6m)1種類を用いた。

3. 実験方法

(1) それぞれのサンプルを直径5~6cmの円筒形に成形し、吸水膨張測定装置により膨張性の有無を測定した¹⁾。この時、初期含水比を求めておく。

(2) 島津自記X線回折装置VD-1A形を用いて、良定寸位X線回折法により含有粘土鉱物の同定を行った。試料は粉末にして2μ以下の粒子をとりだしたものである。

(3) P.F.の測定はその範囲により種々の方法があるが²⁾、本実験では低P.F.(0~2.3)ではガラスフィルターテンシメーターを用いた吸引法により、高P.F.(4.3~6.7)では硫酸を用いた蒸気圧法により行った。P.F.-含水比曲線としては、試料を十分長期間浸水させた状態(P.F.=0)から始まる脱水過程曲線と、炉乾燥状態(P.F.=7)から始まる吸水過程曲線の2本を求めた。

4. 実験結果および考察

(1) 4種類の試料のうち膨張性を示したのは2種類であり、その結果の一例を図-1に示す。

(2) いずれの試料でもモンモリロナイトの存在は明瞭であるが、他の粘土鉱物は明らかではない。その一例を図-2, 3に示す。エーレンガール処理によって、モンモリロナイトの(001)反射が $\alpha=13.6^\circ$ の位置から $\alpha=17.4^\circ$ の位置へ明らかに移動している。

(3) 竹向下No1, No2のP.F.-含水比曲線を図-4, 5に示す。

脱水過程曲線と吸水過程曲線とでヒステリシスがあることは、従来から報告されているが、筆者らの実験では両曲線が交差し、脱水過程初期の飽和含水比よりも吸水終了時の飽和含水比の方が大きくなる現象が認められた。この理由として、スレーキニングによる巨視的なクラックの発生が考えられる。事実、吸引法による吸水過程の実験中に試料がバラバラになることも二三観察された。試料をテンシメーターによりP.F.2.2前後まで脱水し、その後吸水させる実験も行なったが、この場合には、両

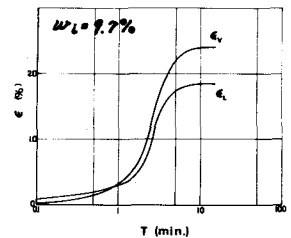


図-1 $\epsilon - \log t$ 曲線
(自由膨張、竹向下No.2.)

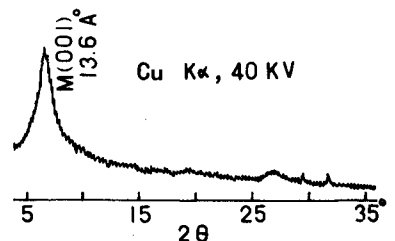


図-2 X線回折図(竹向下No2)

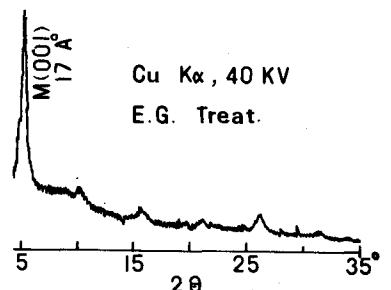


図-3 X線回折図(竹向下No2)

曲線の交差はみられない。このことから、スレーキングが発生するためには泥岩中の水の初期P.F.がある程度以上に大きいことが必要であると判断される。

塊状泥岩をすりつぶし0.25mmフルイを通過させた粉末の吸水過程曲線も調べたが、高P.F.では塊状と粉末とに大きな差異はないことが認められる。このことは、高P.F.では水の保持が吸着現象によるもののみであるので、粒子の表面積および表面の性質と変化しなければ、土粒子単体と集合体との間に差異はないからであると考えられる。

ところが、P.F.4.5を過ぎるとこの両曲線が分れてくる。このP.F.4.5という値は相対湿度98%に相当し、この湿度以上になると土中水分が多分子層吸着から毛管凝縮による懸垂水になっていくといわれている。

懸垂水は、粒子間の孔隙に保持されるものであるもので、P.F.4.5で構造の影響が全う始めたということも言うことができる。

ここで、筆者らが行った吸水膨張試験における泥岩の初期含水比、それに対応するP.F.および膨張性を表-1に示す。これによると、はっきりした膨張性がみられるのは泥岩中の水の初期P.F.が4以上の時のようである。

この点について仲野²⁾の考え方を参考に考察を加える。

泥岩中に水がとりこまれる際に、水は自由エネルギーを放出するが、この放出自由エネルギーの一部が力学的破壊エネルギーに転化することにより膨張やスレーキングが生じると考えられる。すなわち、初期P.F.が大きいほど、放出自由エネルギーも大になり、その結果膨張性も顕著になるのである。このことは、前述した脱水過程曲線と乾燥状態から始った吸水過程曲線が交差したことの説明にもなると思われる。

5. あとがき

泥岩の吸水膨張に関してエネルギー論的な考察を試みてみた

が、今後は膨張指数や膨張性の判定のための現位置試験を所望したい。というのは、サンプリングや試料成形等により現位置と実験室とで試料のサリション、キレツ分布が変化し、吸水膨張性が異なってくる可能性があるからである。

謝辞

試料(竹向下泥岩)を提供して頂いた応用地質調査事務所、和田、カ石両氏に対し、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 村山朝郎, 八木則男; 京大防災研年報8号, 1965, P.P.495-506.
- 2) 仲野良記; 土と基礎, 12-11, 1964, P.P.27-33
- 3) 土壌物理性測定法; 養賢堂, 1972.

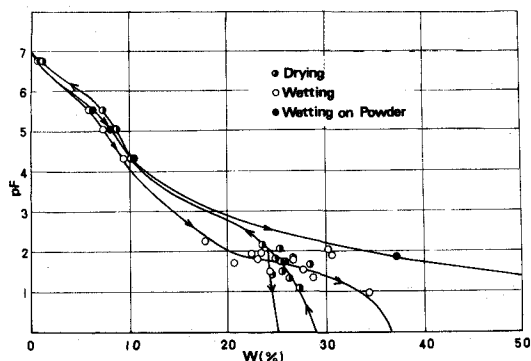


図-4 P.F.-含水比曲線(竹向下No.1)

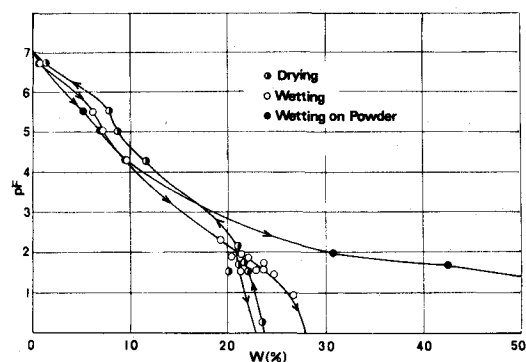


図-5 P.F.-含水比曲線(竹向下No.2)

表-1 初期P.F.値と膨張性の関係

試料	Wt.(%)	P.F.	膨張性	備考
妙法寺	6.3	5.35	大	$E_v = 1.23 \%$ $E_L = 0.34 \%$
	9.1	4.7	大	$\sigma_v = 2.34 \text{ kg/cm}^2$ $E_L = 4.05 \%$
竹向下No1	22.8	1.8	小	$\sigma_v \sim 0$
竹向下No2	9.7	4.25	大	$E_v = 2.31 \%$ $E_L = 1.79 \%$
	10.4	4.0	大	$\sigma_v = 0.77 \text{ kg/cm}^2$ $E_v = 5.23 \%$
	14.5	3.25	中	$\sigma_v = 0.35 \text{ kg/cm}^2$ $E_L = 1.66 \%$
竹向下No3	17.9	1.05	小	$\sigma_v \sim 0$