

第 III 部門

コラプス現象および化学ポテンシャルからみた膨潤圧特性

大阪府立大学工業高等専門学校	学生員	○植田 真也
大阪府立大学工業高等専門学校	正会員	新納 格
大阪府立大学工業高等専門学校	学生員	井上 俊
大阪府立大学工業高等専門学校		佐藤 晴紀
大阪府立大学工業高等専門学校		小林 竜也

1. はじめに

産業廃棄物処理場の止水材としてベントナイトが用いられているが、将来の高レベル放射性廃棄物処分の緩衝材としてもその利用が計画されている。これまでの研究¹⁾では、吸水により発生するベントナイトの膨潤圧特性は、浸透ポテンシャルとマトリックポテンシャルの相互作用で決定すると考えてきたが、この2つのポテンシャルだけでは、図-1の上部に示すような膨潤圧曲線が第一ピークを経て降下する現象を説明できないことが判明した。

そこで本研究では、図-1の下部に示すように2つのポテンシャルにコラプス現象による膨潤圧の低下を加えて、ベントナイトの膨潤特性を決定することを初期含水比の異なる膨潤圧試験およびイオン性の異なる界面活性剤を利用した膨潤圧試験で検証し、確認することができた。

2. 実験方法

使用した試料は Na 型ベントナイト (クニゲル V1) である。供試体は粉末状ベントナイトを静的に締固めて作製した。膨潤圧試験機は供試体リングが固定されたタイプで、供試体下部から15kPa 程度の背圧で、界面活性剤水溶液や蒸留水を吸水させ、膨潤圧の時間変化を測定した。

初期含水比の異なる膨潤圧試験と経過時間ごとの飽和度の測定からコラプス現象と化学ポテンシャルが膨潤圧曲線に影響を及ぼす時間範囲を検討した。蒸留水の膨潤圧と表面張力値の異なる非イオン性界面活性剤水溶液の比較から、マトリックポテンシャルの影響を取り出して検討し、図-2のベントナイト表面に対するイオン性の異なる同程度の表面張力をもつ界面活性剤の吸着能の違いを利用して、浸透ポテンシャルの影響を検討した。これらの検討に飽和度 $S_r=100\%$ 近くでは、浸透ポテンシャルのみが存在することを組み合わせて、コラプス現象の影響を吟味した。表-1に実験一覧を示す。

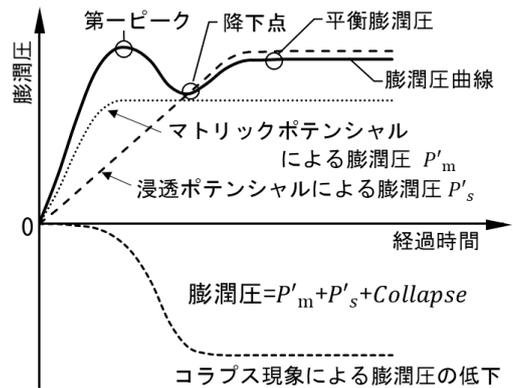


図-1 膨潤圧の構成モデル

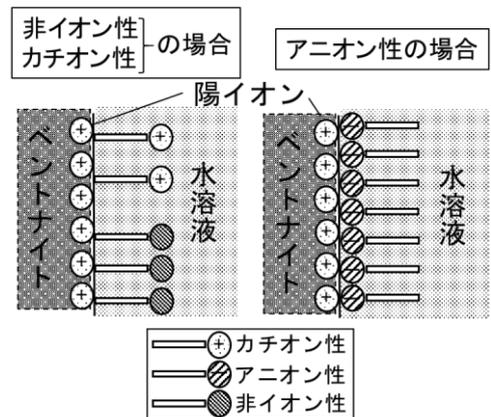


図-2 界面活性剤の吸着モデル

3. 実験結果と考察

表-1に実験名称を示し、備考欄にその定義を示す。

図-3は、初期含水比が異なる蒸留水の膨潤圧と飽和度の時間変化を示したものである。乾燥法による違いで比較すると、炉乾燥法は表面の自由水のみを蒸発させ、電子レンジ法は表面の自由水と内部の非自由水を乾燥するものと仮定する。電子レンジで乾燥したものは、土の細かい間隙内の水分を蒸発させることが吸水時の内部応力の開放を生み出すと推察され、第一ピークが明瞭にあらわれ膨潤圧が大きくなったと考えられる。

1.6WP(w=16.1%)および 1.6WP(w=23.0%)はそれぞれ Sr=66.8%とSr=94.2%であり、図-1 に示した第一ピークと降下点がみられない。1.6WP(w=23.0%)はマトリックポテンシャルがゼロに近い状態(Sr=94.2%)から吸水しているため、このときの膨潤圧曲線はほぼ浸透ポテンシャルによるものだと考えられる。すなわち、飽和度曲線により概ね4500分以降の膨潤圧変化は浸透ポテンシャルによる影響と考えることができる。

コラプス現象は不飽和土が吸水させたときに収縮挙動を示すものであり、既に飽和に近い状態の土ではおこらないと考えられる。ベントナイトはコラプス土であり、飽和するまでの領域において膨潤圧が大きくなるにつれてコラプス現象を示し、収縮したことで第一ピークと降下点を示したと考えられる。以上のことから第一ピークおよび降下点を生じる原因は、マトリックポテンシャルとコラプス現象による影響と考察でき、初期状態で Sr=70%程度以上であれば、その現象は生じないといえる。

図-4 は界面活性剤水溶液を吸水させた場合の膨潤圧と経過時間の関係を示したものである。蒸留水の表面張力は 72.5mN/m である。表面張力 (27.0~36.7mN/m) が同程度の界面活性剤を比較すると、親水基がマイナスに荷電したアニオン性界面活性剤はその他の水溶液を吸水させた場合に比べて膨潤圧が大きく低下している。

図-2 に示したように、ベントナイト表面はプラスに多く荷電しているため、親水基がマイナスに荷電しているアニオン性界面活性剤の吸着量が多くなる。そのため、スタック間のイオン濃度が大きくなり、浸透ポテンシャルによる反発方向の力が大きくなるため、コラプス現象による収縮挙動で膨潤圧が低下したと考えられる。

4. おわりに

初期含水比の異なる膨潤圧試験およびイオン性の異なる同程度の表面張力の界面活性剤の比較をおこなったその結果から、2つの化学ポテンシャルにコラプス現象による膨潤圧の低下を加えることで図-1 に示したような第一ピークを降下する挙動を説明できると結論づけた。

参考文献

1) 新納格, 井上博之, 吉田武, 井上俊, 掛水風太, 福井克也, 平山政義: 塩化鉄水溶液および塩化銅水溶液がベントナイトの膨潤圧特性に与える影響, 第12回環境地盤工学シンポジウム, 17-3, PP561-566, 2017.

表-1 実験一覧

実験名称	水溶液	吸水前			吸水後
		乾燥密度 ρ _d (Mg/m ³)	含水比 w(%)	飽和度 Sr(%)	飽和度 Sr(%)
1.6Non[29.5]0.5P	界面活性剤(濃度0.5%) Non:非イオン性 Ani:アニオン性 Cat:カチオン性 [表面張力(mN/m)]	1.525	0.0	0.0	101.5
1.6Non[50.0]0.5P		1.536	0.0	0.0	109.8
1.6Ani[27.0]0.5P		1.539	0.0	0.0	123.0
1.6Cat[36.7]0.5P		1.572	0.0	0.0	106.7
1.6WP(960min)	蒸留水 (測定時間min)	1.597	0.0	0.0	61.7
1.6WP(1740min)		1.584	0.0	0.0	73.6
1.6WP(2940min)		1.593	0.0	0.0	93.4
1.6WP(5520min)		1.575	0.0	0.0	105.1
1.6WP(6120min)		1.584	0.0	0.0	103.4
1.6WP(8520min)		1.561	0.0	0.0	107.5
1.6WP(10800min)		1.584	0.0	0.0	106.8
1.6WP(Oven w=0%)		蒸留水 (初期含水比)	1.616	0.0	0.0
1.6WP(Micro w=0%)	1.642		0.0	0.0	102.1
1.6WP(w=16.1%)	1.618		16.1	66.8	103.5
1.6WP(w=23.0%)	1.609		23.0	94.2	105.5
1.2WP	蒸留水	1.218	11.0	24.7	101.4
1.3WP		1.311	12.2	31.7	117.4
1.4WP		1.441	11.0	34.7	113.3
1.5WP		1.540	12.2	44.8	106.8
1.6WP		1.605	11.5	47.0	108.1
1.7WP		1.717	11.5	56.2	100.8

実験名称は乾燥密度の概略値、水溶液の種類、濃度、P:プラスチックフィルターの類である。初期含水比が0%のものについては炉乾燥(110℃で20時間以上)で含水比調整。Microは電子レンジ乾燥、Ovenは炉乾燥によって含水比調整。1.6WP(w=16.1%)および1.6WP(w=23.0%)については加水により含水比調整。記載のない場合については自然含水比で試験を実施した。

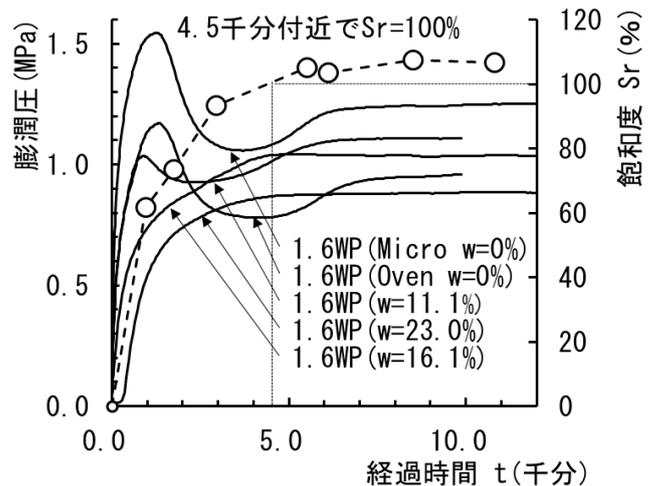


図-3 初期含水比が異なる膨潤圧と飽和度の関係

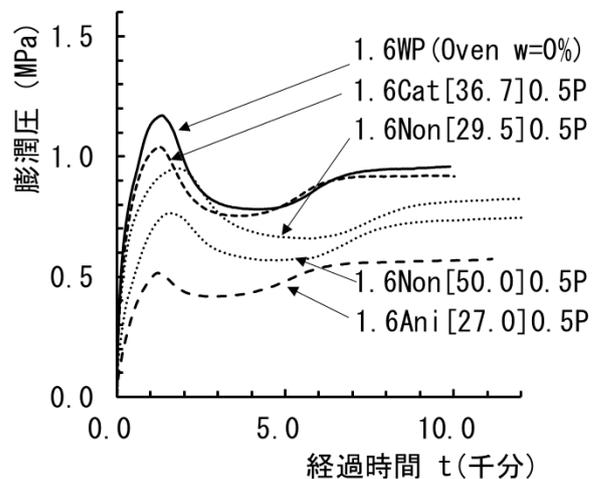


図-4 界面活性剤吸水時の膨潤圧曲線