蒸留水および人工海水環境下における堆積性軟岩の一次元膨潤変形特性

茨城大学	学生会員(	正会員	小峯秀雄	
	フェロー会員	安原一哉,	正会員	村上哲

戸田建設株式会社 正会員 関根一郎,正会員 中村隆浩

### 1 はじめに

堆積性軟岩には、スメクタイトとよばれる膨潤性粘土鉱物が含まれることがあり、構造物建設において堆積性軟 岩の膨潤挙動が与える影響が懸念される.最近では、原子力発電所の建設現場において地表近くの第四紀地盤中に 亀裂が発見され、この亀裂の発生要因として、下層にある風化した岩盤の膨潤によるものと推定している研究があ る<sup>1)</sup>.しかし、このような岩盤の変状を定量的に評価する方法が確立されていないのが現状である.このような背 景から、著者らのグループは、堆積性軟岩の一次元膨潤変形特性に関する室内実験を行い、その膨潤メカニズムに ついて考察すると共に、軟岩の内部固結力の効果について論じた<sup>2)</sup>.本論文では、特に堆積性軟岩の一次元膨潤変 形特性に及ぼす供給水の水質の影響に着目して論じる.

### <u>2 実験の概要</u>

試料の吸水による膨潤変形挙動を定量的に把握するために,一次 元膨潤変形実験を行った.図-1は実験装置の概略図である.実験期 間は供試体の膨潤変形が定常状態になると考えられる7日間とし, 供試体寸法は直径28mm,高さ10mmを目標に作製した.また,鉛 直圧は参考文献1)で検討されている第四紀地盤の土被り圧を想定し て9.8kPaとした.本実験より得られた鉛直方向の一次元変形量を, 初期の供試体高さで除し膨潤率(%)として表示する.また,供試体の 膨潤率を双曲線近似の漸近線の値として算出し,最大膨潤率と定義 して,実験結果を整理した.

# 3 試料と供試体作製方法および供給水溶液

本実験で用いた試料は、珪藻質泥岩(石川県珠洲市)と海底部から採取された火山礫凝灰岩および陸上部の火山礫凝灰岩(青森県大間町:以下海底部および陸上部凝灰岩と記述する)である.これらは、Na型および Ca型スメクタイトを含有する試料である.表-1に実験試料の基本的性質を示す.供試体作製においては、現地から採取した試料を成形した供試体(以下,成形供試体と記述する)と、一度砕いて粉末にした試料を,静的に締固めて再調整した供試体(以下,締固め供試体と記述する)を作製した.締固め供試体は、岩石が風化作用をうけ、固結力をほとんど持たない状態の試料を模擬して作製したものである.締固めには、茨城大学でベントナイト供試体作製において使用されている締固め装置<sup>3)</sup>を用いて、成形供試体と同様の乾燥密度および供試体寸法になるように投入量を調節し、静的に締固めた.また、供試体に供給する水溶液として、淡水域と海水域を模擬するために蒸留水と人工海水(八洲薬品(株)製アクアマリン)を使用した.表-2に、使用した人工海水の主な陽イオン濃

キーワード: 堆積性軟岩, 膨潤, スメクタイト, 海水

図-1 一次元膨潤変形実験装置の概略図

表-1 実験試料の基本的性質

試料番号	Α	В	С	
試料名	珪藻質泥岩	海底部凝灰岩	陸上部凝灰岩	
スメクタイトの種類	Ca型	Ca <b>型</b> Na型		
スメクタイト含有率(%)	21	15	15	
土粒子密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.298	2.609	2.696	
乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )	0.64~0.67	1.17~1.25	1.04~1.05	
含水比(%)	87~96	32~37	55~60	

表-2 使用した人工海水の

主な陽イオン濃度(mol/m<sup>3</sup>)

Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	$Mg^{2+}$	Ca <sup>2+</sup>
841.7	6.4	34.5	10.0

連絡先:〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL 0294-38-5163 FAX 0294-38-5268

度の測定結果を示す.

## 4 実験結果と供給水溶液の影響

図-2は、各試料における成形および締固め供試体の膨潤率と経過時間の関係を示したものである.成形および締固め供試体の膨潤挙動を比較すると、全ての試料において、締固め供試体が大きな最大膨潤率を示している.これは、締固め供試体は、構成鉱物とセメンテーション物質の付着が除去され、スメクタイトの膨潤に伴う体積変化を抑制する作用が小さい状態であるためと考えられる<sup>2)</sup>.また、供給水溶液の水質の影響を把握するために、人工海水による最大膨潤率の低下率を式(1)のように定義し、**表-3**に各試料の最大膨潤率の低下率を示す.

$$R \ \varepsilon_{s \max} = \frac{\varepsilon_{s\max} - \varepsilon'_{s\max}}{\varepsilon_{s\max}} \times 100(\%) \qquad \cdots \quad \overrightarrow{\mathrm{T}}(1)$$

ここで, ε<sub>smax</sub>:蒸留水環境下での最大膨潤率(%)

ε'<sub>smax</sub>:人工海水環境下での最大膨潤率(%)

成形供試体については、全ての試料が人工海水環境下において膨 潤率が低下した.また、締固め供試体については、Na型の海底部凝 灰岩は、成形供試体と同様に人工海水環境下で最大膨潤率の低下が 認められた.これは、陽イオン濃度が高い海水環境では、膨潤に起 因するスメクタイトの結晶層間と周辺のイオン濃度差が、蒸留水環 境と比べて小さくなることに起因すると考えられる.一方、Ca型の 珪藻質泥岩と陸上凝灰岩は、最大膨潤率に差がほとんど生じなかっ た.これは、スメクタイト含有率の大きいベントナイトにおける人 工海水環境下での膨潤変形特性<sup>3)</sup>と整合する傾向であるといえる.

#### <u>5 まとめ</u>

本論文では、堆積性軟岩の一次元膨潤変形特性に及ぼす供給水の 水質の影響を調査し、スメクタイト含有率の小さい堆積性軟岩の膨 潤変形挙動が海水の影響を受けることが確認された.また締固め供 試体の実験結果より、スメクタイトの種類による膨潤変形特性への 海水の影響が顕著に現れる可能性が考えられる.



参考文献 1) 三和公・橋本修一・松下芳浩:岩盤表層部の膨潤変形現象に ついて,日本応用地質学会東北支部第9回研究発表会(2001.1), pp.27-30,

2001. 2) 大森慎哉・小峯秀雄・安原一哉・村上哲・関根一郎: 堆積性軟岩の一次元膨潤変形特性に及ぼす内部固結力の影響, 第 41 回地盤工学研究発表会,2006.(投稿中) 3) 直井優・小 峯秀雄・安原一哉・村上哲・百瀬和夫・坂上武晴:各種ベント ナイト系緩衝材の膨潤特性に及ぼす人工海水の影響,土木学会 論文集 No.785, p.41, 2005.3.



(a) 珪藻質泥岩



(c) 陸上部凝灰岩

図-2(a)~(c) 各試料の膨潤率と

経過時間の関係

表-3 各試料の人工海水環境下における

最大膨潤率の低下率(単位:%)

	珪藻質泥岩		海底部凝灰岩		陸上部凝灰岩	
	成形 供試体	締固め 供試体	成形 供試体	締固め 供試体	成形 供試体	締固め 供試体
蒸留水	0.47	4.35	0.73	6.41	2.02	4.86
人工海水	0.39	4.28	0.43	4.85	1.61	4.89
人工海水による最大 膨潤率の低下率R <i>ɛ</i> smax	17.0	1.61	41.1	24.3	20.3	低下 せず