

III-152

ベントナイト混合硅砂の膨潤率と膨潤圧について

電力中央研究所 正会員 緒方信英、正会員 小峯秀雄
清水建設㈱ 正会員 ○尾上篤生、正会員 石井卓、堀江芳博

1. はじめに

放射性廃棄物の深層地下空洞内処分にあっては、放射性核種の漏出を防ぐために廃棄物をコンクリート製サイロに収容した上で、この容器の周囲を遮水性の優れた材料で埋め戻す必要がある。浸水によって膨潤し、サイロや地下空洞壁面に適当な膨潤圧を作用して高い遮水性を保つベントナイト混合硅砂は、このような材料の一つとして有望である。筆者らは、締め固めたNa系ベントナイト混合硅砂の極低拘束圧下の膨潤率と、ベントナイト配合率20%の硅砂に関する拘束圧と膨潤率の関係について報告した¹⁾。本報告はベントナイト配合率と拘束圧が膨潤率と膨潤圧に及ぼす影響を調べた実験結果について述べるものである。

2. 試験方法

2.1 実験に用いた材料 試験に用いた砂は硅砂6号単粒で、粒径0.1～0.4mm、50%粒径0.235mm、均等係数 $U_c \div 2$ である。ベントナイトは、クニゲルV1でモンモリロナイトが60%を占める。実験に用いた試料の標準的な諸元を表1に示した。ここでベントナイト配合率は、ベントナイトと硅砂の合計重量に対するベントナイト重量とし、供試体作成方法も前報¹⁾と同じである。実験は標準圧密試験用モールドを改造した図1に示す膨潤率試験と、図2に示す膨潤圧試験である。

2.2 膨潤率試験 表1に示す最適含水比で締め固めた供試体に軽量載荷板（圧力0.0088kgf/cm²（以後kscと書く））を載せて直ちに水で飽和し、膨潤量を測定した非圧密膨潤率試験と、締め固めた不飽和供試体を圧力（ $p = 0.03 \sim 10.03$ kscのもとに1週間圧密した後に水で飽和し、各圧密圧力を拘束圧として最長310日間膨潤量を測定した圧密膨潤率試験を行った。ここでは膨潤による供試体高さ増分の、初期供試体高さに対する比を膨潤率と呼ぶ。

2.3 膨潤圧試験 最適含水比で締め固めた供試体上に上記軽量載荷板を載せて直ちに水で飽和し、図2に示すように供試体の変形を拘束して、載荷板に及ぼす膨潤圧を測定した非圧密膨潤圧試験と、締め固めた不飽和供試体を圧力（ $p = 0.03$ kscのもとに1週間圧密した後に水で飽和し、膨潤圧を測定した圧密膨潤圧試験を行った。

表1 実験に用いたベントナイト混合硅砂の諸元

	ベントナイト配合率 (%)				
	5	10	20	30	50
比重	2.664	2.666	2.670	2.673	2.681
W_{opt} (%)	19.4	17.6	17.0	14.8	17.5
γ_d (t/m ³)	1.607	1.643	1.680	1.713	1.655
S_r (%)	78.6	75.4	77.0	70.6	75.5
e_0	0.658	0.623	0.589	0.561	0.620

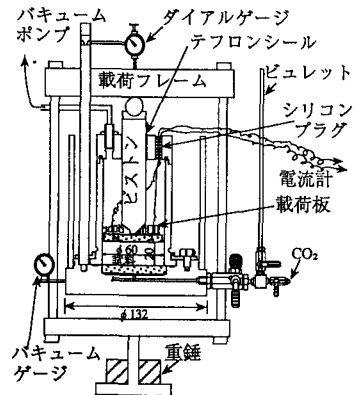


図1 膨潤率試験装置

3. 試験結果

3.1 最大膨潤率に及ぼすベントナイト配合率と拘束圧の影響

圧密膨潤率試験結果から得られた膨潤率の経時変化を図3に示す。この経時変化の双曲線近似から求める最大膨潤率（ ϵ_{smax} ）の平方根は、図4に示すように拘束圧（ p ）と直線関係にあり¹⁾、またこの比例係数はベントナイト配合率（ x ）と直線関係にある。従って、これらの間には式(1)が成り立つ。

$$\epsilon_{smax} = \{-10.25 + 8.68 \cdot \log(x) - (0.765 + 3.30 \cdot \log(x)) \cdot \log(p)\}^2 \quad (1)$$

ここに ϵ_{smax} と x は%であり、 p はkscである。

式(1)はベントナイト配合率が10～30%、拘束圧が0.03ksc以上の実験から得られたものであるが、図5に見るように拘束圧0.0088ksc、配合率5～50%の非圧密膨潤率試験結果をもよく近似していると言えよう。

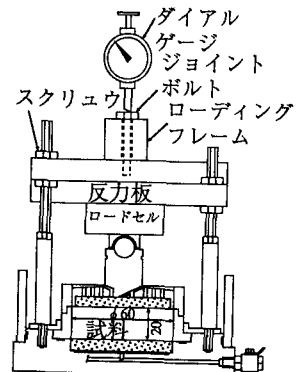


図2 膨潤圧試験装置

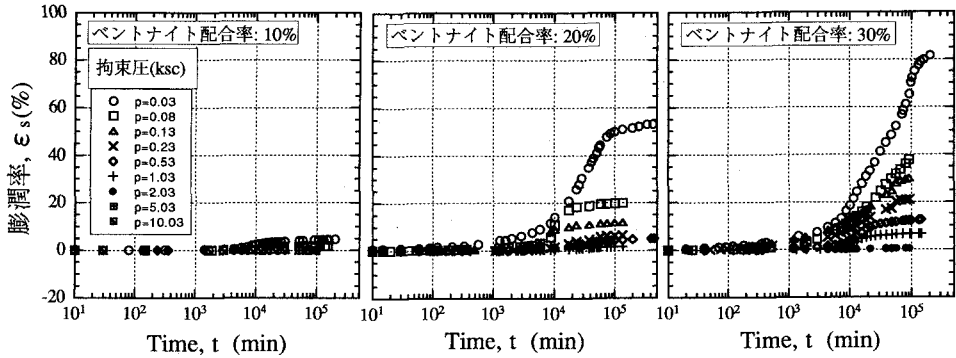


図3 膨潤率の経時変化（浸水前に圧密された試料）

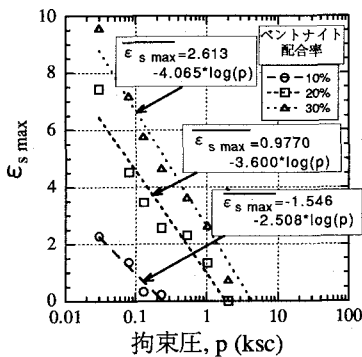


図4 最大膨潤率の平方根と拘束圧の関係

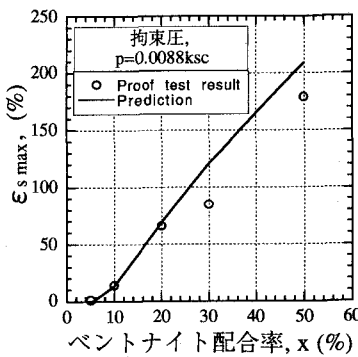


図5 極低拘束圧下の最大膨潤率に関する計算値と実験値

3.2 最大膨潤圧に及ぼすベントナイト配合率と拘束圧の影響

膨潤圧はひずみが生じないように拘束したときの拘束圧であり、図4のx軸切片からも得られる。また図6(a), (b)は、それぞれ初期拘束圧0.0088kscと0.03kscのもとに不飽和試料を圧縮し、その後変位を拘束した状態で測定した載荷板反力の経時変化であるが、同図(a)からは双曲線近似によって、また同図(b)からは直接図から最大膨潤圧 $p_{s \max}$ を求めることができる。こうして得られた最大膨潤圧を図7に示した。最大膨潤圧は、ベントナイト配合率と初期拘束圧によって式(2)で表せる。

$$p_{s \max} = 0.0111 + 0.000985 \cdot x^{2.3} + (-1.357 + 0.105 \cdot x^{1.15}) \cdot \log \{ \log(p) + 2.5 \} \quad (2)$$

ここに p と $p_{s \max}$ の単位はkscである。図7に見る通り、式(2)による計算値は実験値を良く近似する。

4. 結論

- ①最大膨潤率はベントナイト配合率とほぼ線型関係にあり、またその平方根は拘束圧と直線関係にある。
- ②実験結果に基づいてベントナイト配合率と拘束圧との関数としての最大膨潤率と最大膨潤圧の予測式を提案した。

＜参考文献＞1) 緒方信英、他：「ベントナイト混合砂の圧密・膨潤特性について」、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集、pp.932～933、1992

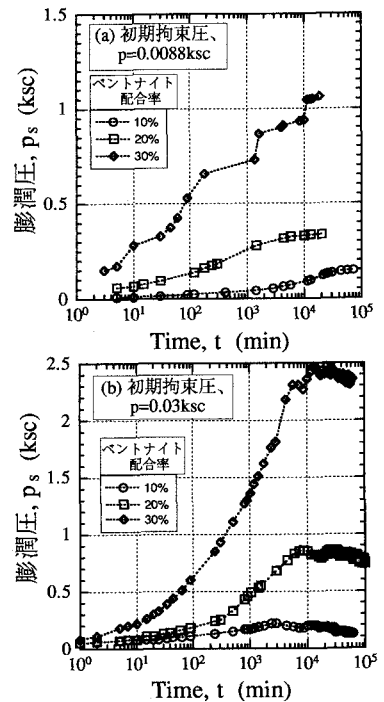


図6 膨潤圧の経時変化

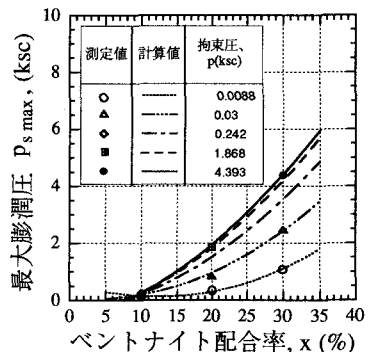


図7 最大膨潤圧の実験値と計算値