



# 長期化学的変質を考慮したベントナイト緩衝材の力学モデル化

鶴見, 修平  
飯塚, 敦  
河井, 克之

---

**(Citation)**

神戸大学都市安全研究センター研究報告, 18:23-31

**(Issue Date)**

2014-03

**(Resource Type)**

departmental bulletin paper

**(Version)**

Version of Record

**(JaLCD0I)**

<https://doi.org/10.24546/81011439>

**(URL)**

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81011439>



# 長期化学的変質を考慮したベントナイト緩衝材の力学モデル化

## Mechanical model of Bentonite buffer considering long term chemical alternation

鶴見 修平

Shuhei Tsurumi

飯塚 敦

Atsushi Iizuka

河井 克之

Katsuyuki Kawai

概要：本研究では、高レベル放射性廃棄物処分場において、放射性廃棄物からの放射性物質の漏洩を防ぐための緩衝材として用いられるベントナイト粘土を研究対象としている。ベントナイト粘土には、一般に用いられる粘土と違い非常に特異な性質を持ち、その挙動は未だ、力学的に整理されていない点が多い。また、地層処分場においては、地下水の移動などにより、ベントナイト粘土にも高アルカリ水の進入が予想されている。このため、ベントナイト粘土は高アルカリ水との反応により、物質そのものが変質・溶解することが想定されている。このような、条件の下で、地層処分場を長期間にわたり安全に管理するため、本研究では、過去のベントナイト粘土に関する実験結果に基づき、ベントナイト粘土の力学数値モデルを構築することを目的とする。

キーワード ベントナイト 化学変質 溶解

### 1. ベントナイトとは

ベントナイトとは図 1 に示すようなモンモリロナイトを固相の主成分とする粘土鉱物のことであり、以下のような特徴が挙げられる。

1. 層間に水分子を取り込むことにより乾燥重量の数倍に及ぶ吸水性質をもち膨潤性に富む。
2. アルカリ性溶液との反応により、主成分であるモンモリロナイトが溶解、または他の鉱物に変質する。

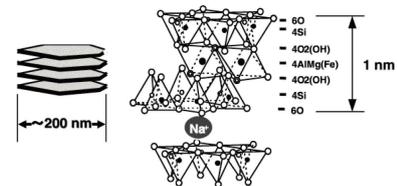


図 1 モンモリロナイト<sup>1)</sup>

### 2. ベントナイトモデルの現状

現在、ベントナイト材料について上に述べたようなベントナイト特有の性質を考慮したモデルは使用されていない。そこで、新たにモンモリロナイト含有率 $\alpha_{mon}$ と体積変化率 $\alpha$ を新たに導入して、ベントナイトの特徴、特にベントナイトの力学挙動の支配要因であるモンモリロナイトの溶解・変質を考慮した力学モデルの構築を行う。

### 3. 力学数理モデルの構築

#### 3.1 固相の溶解を考慮した連続条件式の導出

ここでは、固相の溶解を考慮した連続条件式の導出を行う。始めに質量保存則について考えることとする。図2に示すような密度  $\rho$  の二層混合体（飽和土）を考えた場合、それを構成する液相の密度を  $\rho_f$ 、固相の密度を  $\rho_s$  とおくと、二層混合体の全体の密度  $\rho$  は、間隙率  $n$  を用いて

$$\rho = \bar{\rho} + \bar{\rho} \quad (2-1)$$

$$\bar{\rho}_s = (1-n)\rho_s \quad (2-2)$$

$$\bar{\rho}_f = n\rho_f \quad (2-3)$$

と表すことができる。 $\bar{\rho}_s$  : 全体の体積に対する固相の密度、 $\bar{\rho}_f$  : 全体の体積に対する液相の密度。二層混合体の領域  $v$  において、全体の質量を  $m$ 、固相の質量を  $m_s$ 、液相の質量を  $m_f$  とおいた場合、全体の質量  $m$  は

$$m = m_s + m_f = \int_v \rho dv \quad (2-4)$$

と表せ、また式 2-1 より

$$m = \int_v (\bar{\rho}_s + \bar{\rho}_f) dv \quad (2-5)$$

と書く事ができる。

また、今回、固相・液相の溶解を考慮するが、領域全体の質量  $m$  は保存されることから

$$\dot{m} = \dot{m}_s + \dot{m}_f \quad (2-6)$$

が成立する。

ここで、 $\dot{m}_s$  と  $\dot{m}_f$  について、以下の2式が成立する。

$$\dot{m}_s = \int_v \dot{\bar{\rho}}_s + \bar{\rho}_s \text{div} v_s dv \neq 0 \quad (2-7)$$

$$\dot{m}_f = \int_v \dot{\bar{\rho}}_f + \bar{\rho}_f \text{div} v_f dv \neq 0 \quad (2-8)$$

以上、式 2-6、2-7、2-8 より

$$\dot{m} = \int_v \dot{\bar{\rho}}_s + \bar{\rho}_s \text{div} v_s + \dot{\bar{\rho}}_f + \bar{\rho}_f \text{div} v_f dv \quad (2-9)$$

となる。また式 2-9 は領域  $v$  の任意の一部分についても成立することから

$$\dot{\bar{\rho}}_s + \bar{\rho}_s \text{div} v_s + \dot{\bar{\rho}}_f + \bar{\rho}_f \text{div} v_f = 0 \quad (2-10)$$

となる。ここに式 2-2、2-3 より

$$\dot{\bar{\rho}}_s = (1-n)\dot{\rho}_s - \rho_s \dot{n} \quad (2-11)$$

$$\dot{\bar{\rho}}_f = \dot{n}\rho_f + n\dot{\rho}_f \quad (2-12)$$

となり、式 2-2、2-3、2-11、2-12 を式 2-10 に代入することにより

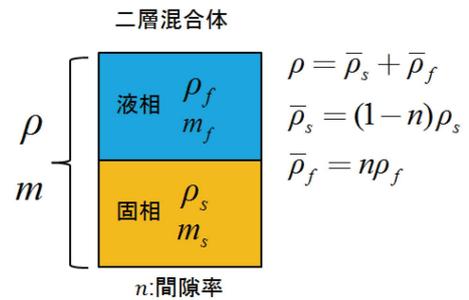


図2 二層混合体模式図

$$(1-n)\dot{\rho}_s - \rho_s \dot{n} + (1-n)\dot{\rho}_s \operatorname{div} \mathbf{v} + n\dot{\rho}_f + n\rho_f \operatorname{div} \mathbf{v} \quad (2-13)$$

を得る。

ダルシー則  $n(\mathbf{v}_f - \mathbf{v}_s) = \mathbf{q} = -k \cdot \operatorname{grad} h$  を適用するために、式 2-13 を変形すると

$$1-n \frac{\dot{\rho}_s}{\rho_f} + n \frac{\dot{\rho}_f}{\rho_f} + \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_f}\right) \dot{n} + \left(1 - n \frac{\rho_s}{\rho_f} + n\right) \operatorname{div} \mathbf{v}_s + \operatorname{div} n \mathbf{v}_f - \mathbf{v}_s = 0 \quad (2-14)$$

となる。

ここで、間隙水は形を持たない流体であることから、二層混合体の変形は固相によるものとみなすことができ、「二層混合体の運動=固相の運動」すなわち、 $\mathbf{v} = \mathbf{v}_s$  と考えることができる。このことから、 $\operatorname{div} \mathbf{v}_s = \operatorname{div} \mathbf{v} = -\dot{\varepsilon}_v$  となる。よって式 2-14 は

$$1-n \frac{\dot{\rho}_s}{\rho_f} + n \frac{\dot{\rho}_f}{\rho_f} + \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_f}\right) \dot{n} - \left(1 - n \frac{\rho_s}{\rho_f} + n\right) \dot{\varepsilon}_v + \operatorname{div} n \mathbf{v}_f - \mathbf{v}_s = 0 \quad (2-15)$$

と書け、連続条件式を得る。ここで上式第 3 項の  $\dot{n}$  について考える。図 3 に示すように二層混合体の初期体積を  $V_i$ 、また液相の初期体積を  $V_{fi}$ 、固相の初期体積を  $V_{si}$ 、現在の液相の体積を  $V_f$ 、現在の固相の体積を  $V_s$ 、また、ここでは新たに固相の溶解を定義するために固相体積変化率  $\alpha$  を定義している（初期状態では  $\alpha = 1$ ）。よって、初期の体積は  $V_i = V_{si} + V_{fi}$ 、現在の体積は  $V = V_s + V_f$  と表すことができる。これらの関係を用いて体積ひずみ  $\varepsilon_v$  は、間隙比  $e$ 、間隙率  $n$  を用いて

$$\varepsilon_v = \frac{V_i - V}{V_i} = 1 - \frac{V_s + V_f}{V_{si} + V_{fi}} = 1 - \frac{a(1+e)}{1+e_0} = 1 - \frac{a}{1+e_0} \left( \frac{1}{1-n} \right) \quad (2-16)$$

と表すことができる。これを増分型に書き改めると

$$\dot{\varepsilon}_v = -\frac{1+e}{1+e_0} \dot{a} - \frac{\alpha}{1+e_0} \dot{e} \quad (2-17)$$

となり、ここに

$$n = \frac{e}{1+e} \quad (2-18)$$

を代入して整理すると

$$\dot{\varepsilon}_v = -\frac{\dot{a}}{1+e_0} \frac{1}{1-n} - \frac{\alpha}{1+e_0} \frac{1}{1-n^2} \dot{n} \quad (2-19)$$

と書き表すことができる。この式を  $\dot{n}$  について解くと

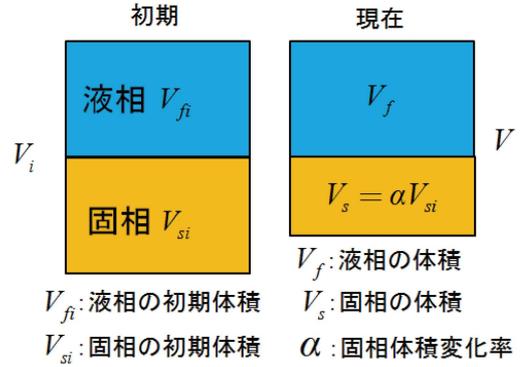


図 3 体積変化率の模式図

$$\dot{n} = -\frac{1+e_0}{\alpha} \frac{1-n^2}{\alpha} \dot{\epsilon}_v - \frac{1-n}{\alpha} \dot{\alpha} \quad (2-20)$$

を得る。式 2-20 を連続条件式である式 2-15 に代入すると

$$(1-n) \frac{\dot{\rho}_s}{\rho_f} + n \frac{\dot{\rho}_f}{\rho_f} - (1-\frac{\rho_s}{\rho_f}) \frac{(1-n)}{\alpha} \dot{\alpha} - \left[ (1-\frac{\rho_s}{\rho_f}) \frac{(1-e_0)(1-n)^2}{\alpha} + (1-n) \frac{\rho_s}{\rho_f} + n \right] \dot{\epsilon}_v = \text{div } k \cdot \text{grad} h \quad (2-21)$$

となり、固相の溶解を考慮した連続条件式を得る。

但し、 $h = \frac{p_w}{\gamma_w} + \Omega \text{ in } V$ ， $k$ ：間隙の透水係数 とする。

### 3.2 固相の溶解を考慮した釣合式の導出

ここでは、固相の溶解を考慮した釣合式の導出を行う。まず始めに物体に作用する表面力の和と物体全体における運動量の速度は以下の式のように等値される。

$$\left( \int_v \rho v dv \right) \dot{\phantom{v}} = \int_v \rho g dv + \int_s t da \quad (2-22)$$

ここで、式 2-22 の左辺は

$$\left( \int_v \rho v dv \right) \dot{\phantom{v}} = \int_v \dot{\rho} v + \rho \dot{v} + \rho v \text{div} v dv = \int_v \rho \dot{v} dv \quad (2-23)$$

と書く事ができるため、式 2-22 は

$$\int_v \rho \dot{v} dv = \int_v \rho g dv + \int_s t da \quad (2-24)$$

と書くことができ、これを整理すると

$$\int_v \rho \dot{v} - \rho g dv = \int_s t da \quad (2-25)$$

となる。ここで、 $\mathbf{t}$  は  $\mathbf{t} = \boldsymbol{\sigma}^T \mathbf{n}$  で定義される表面力である。式 2-25 の右辺にガウスの発散定理を用い静的な場 ( $\dot{\mathbf{v}} = \mathbf{0}$ ) を考慮すると以下のような釣り合い式が導かれる。

$$\text{div} \boldsymbol{\sigma}^T + \rho \mathbf{g} = \mathbf{0} \quad (2-26)$$

式 2-26 を増分型に書き改めると

$$\text{div} \dot{\boldsymbol{\sigma}}^T + \dot{\rho} \mathbf{g} = \mathbf{0} \quad (2-27)$$

となる。ここで固相の密度を  $\rho_s$ ，液相の密度を  $\rho_f$  とおいた場合、 $\bar{\rho}_s$  と  $\bar{\rho}_f$  は間隙率  $n$  を用いてそれぞれ、

$$\bar{\rho}_s = (1-n)\rho_s, \quad \bar{\rho}_f = n\rho_f \quad (2-28)$$

と書くことができる。このことから領域全体の密度  $\rho$  は、

$$\rho = \bar{\rho}_s + \bar{\rho}_f \quad (2-29)$$

と表すことができる。また、その増分型  $\dot{\rho}$  は、式 2-29 より

$$\dot{\rho} = \dot{\rho}_s + \dot{\rho}_f \quad (2-30)$$

と書くことができ、式 2-30 に式 2-28 の増分型を代入することにより以下の式 2-31 を得る。

$$\dot{\rho} = (1-n)\dot{\rho}_s + n\dot{\rho}_f + \rho_f - \rho_s \dot{n} \quad (2-31)$$

よって本式 2-31 を式 2-27 に代入すると

$$\text{div} \dot{\sigma}^T + (1-n)\dot{\rho}_s g + n\dot{\rho}_f g + \rho_f - \rho_s \dot{n} g = 0 \quad (2-32)$$

となる。本式 2-32 に、式 2-20 を代入すると

$$\begin{aligned} \text{div} \dot{\sigma}^T + (1-n)\dot{\rho}_s g + n\dot{\rho}_f g \\ - \frac{\rho_f - \rho_s}{\alpha} \frac{1+e_0}{1-n} \dot{g} - \frac{\rho_f - \rho_s}{\alpha} \frac{1-n}{1-n} \dot{g} = 0 \end{aligned} \quad (2-33)$$

となり、固相の溶解を考慮した釣合式を得る。

### 3.3 ベントナイト粘土に関する構成式

土試料は固相（土粒子、構造骨格体）・液相（自由水、吸着水）・気相（間隙空気）の 3 相の物質層から構成されている。また、間隙中に気相が存在せず、全て液相で満たされたものを飽和土と呼び、間隙に気相と液相を持つものを不飽和土と呼ぶ。特に今回は、飽和状態を想定し、ベントナイト粘土という、上にある「1. ベントナイトとは」で述べたような特異な性質を持つ粘土について記述する必要がある、地盤中でのベントナイト粘土そのものの変質による剛性変化や、有効応力とひずみの関係を考慮した構成式を導く必要がある。

### 3.4 変質を考慮したベントナイト構成式の導出

一般土試料の構造骨格はダイレタンシーを有する非線形材料であることが知られているが、ここでは簡単のため、ベントナイト粘土を非線形弾性体とみなし、一次元場を考えることとする。図 4 に示すように土の体積変化は横軸に有効応力、縦軸に間隙比を対数表示で示した場合に次式に示す直線関係で記述される。

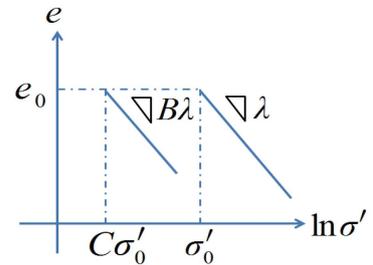


図 4  $e - \ln \sigma'$  関係

$$e - e_0 = -\lambda \ln \frac{\sigma'}{\sigma'_0} \quad (2-35)$$

ここで、 $e_0$  : 基準間隙比、 $\sigma'_0$  : 基準応力、 $\lambda$  : 直線の傾き、 $e$  : 間隙比、 $\sigma'$  : 有効応力 である。また、今回は、固相の変質と溶解を考慮するため、剛性の変化を考慮する必要がある。そこで、ここではその剛性変化を記述するために新たに  $C$  : 変質による剛性低下に関するパラメータ、 $B$  : 変質による  $\lambda$  の変化率、を定義する。よって、ベントナイト粘土が他の物質に変質した場合の  $e - \ln \sigma'$  関係は、

$$e - e_0 = -B\lambda \ln \frac{\sigma'}{C\sigma'_0} \quad (2-36)$$

と書くことができる。

### 3.5 モンモリロナイト含有率を考慮した構成モデルの導出

先ほどの、「3.4 変質を考慮したベントナイト構成式の導出」項ではベントナイトの変質をある特定の変質, 溶解に着目することなく、溶解, 変質に関する剛性変化を  $\beta, C$  のパラメータを用いて一般化した形で表現した。ここでは、ベントナイトの溶解, 変質を、その主成分である、モンモリロナイトの溶解, 変質と捉え、その剛性変化を記述する物理量として  $\alpha_{mon}$  :モンモリロナイト含有率を用い

ることとする。まず図5に、モンモリロナイト含有率の異なるベントナイト材料に対する一次元圧密試験<sup>2)3)</sup>の結果を示す。図5から、モンモリロナイト含有率が小さい材料ほど圧密線が左下に存在しているのが確認できる。ここで、間隙比が0.65における応力値をモンモリロナイト含有率ごとに整理すると、図6のようになる。図7には最小二乗法により求めたフィッティング関数も示している。フィッティング関数は

$$\sigma'_{e=0.65} = 0.1405 \times \exp(0.0605 \times \alpha_{mon}) \quad (2-37)$$

である。ここで、 $\sigma'_{e=0.65}$  : 間隙比が0.65における応力、 $\alpha_{mon}$  : モンモリロナイト含有率である。式2-35に式2-37を代入する。代

入する際、 $e_0 = 0.65$ 、 $\sigma'_0 = 0.1405 \times \exp(0.0605 \times \alpha_{mon})$  とする。よってモンモリロナイト含有率-間隙比-有効応力関係は、

$$e = 0.65 - \lambda \ln \frac{\sigma'}{0.1405 \times \exp(0.0605 \times \alpha_{mon})} \quad (2-38)$$

となる。ここで  $\lambda = 0.14$  を用いて、等モンモリロナイト含有率線を描くと図2-8のようになる。

ここで、式2-38を増分型に書き改めると

$$\dot{e} = -\lambda \frac{\dot{\sigma}'}{\sigma'} + 0.0605 \lambda \dot{\alpha}_{mon} \quad (2-39)$$

となる。式2-39を式2-17に代入すると

$$\dot{\epsilon}_v = -\frac{1+e}{1+e_0} \dot{\alpha} - \frac{\alpha}{1+e_0} \left( -\lambda \frac{\dot{\sigma}'}{\sigma'} + 0.0605 \lambda \dot{\alpha}_{mon} \right) \quad (2-40)$$

となり、モンモリロナイト含有率を変数として含んだ有効応力-ひずみの関係式を得る。

式2-40を有効応力増分  $\dot{\sigma}'$  について解くと

$$\dot{\sigma}' = \frac{1+e_0}{\lambda \alpha} \sigma' \dot{\epsilon}_v + \frac{1+e}{\lambda \alpha} \sigma' \dot{\alpha} + 0.0605 \sigma' \dot{\alpha}_{mon} \quad (2-41)$$

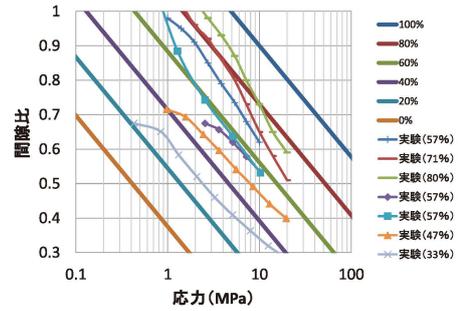


図5 フィッティング結果

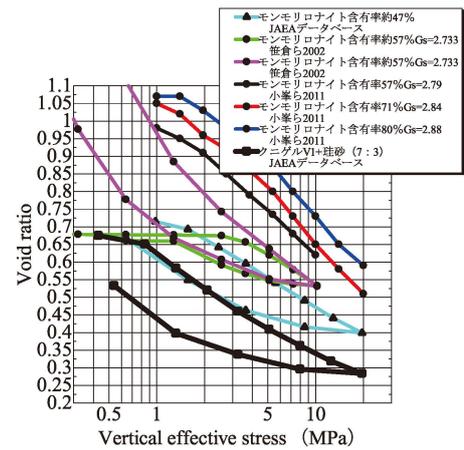


図6 一次元圧密試験

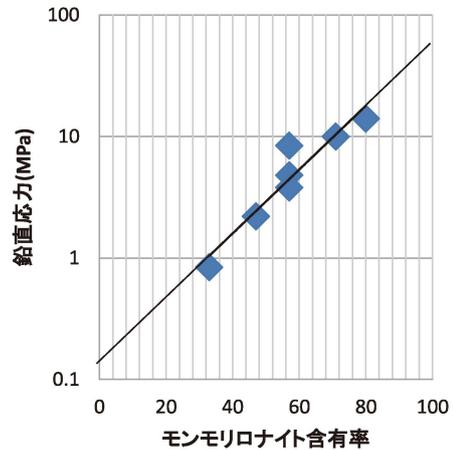


図7 含有率と鉛直応力

となり、モンモリロナイトの変質と溶解を考慮したベントナイト粘土の一次元構成式を得る。

### 3.6 構成式の多次元化

ここでは、「3.5 モンモリロナイト含有率を考慮した構成モデルの導出」で導いた式 2-41 の構成式を多次元 FEM 解析に用いることを目的として、前段階の準備として式 2-41 について多次元への拡張を行う。

#### 3.6.1 $K_0$ 圧密除荷試験<sup>2)</sup>

まず、多次元場への拡張にあたって笹倉ら<sup>4)</sup>によって行われた  $K_0$  圧密除荷試験について紹介する。笹倉らは、クニゲル V1 に対して、側方土圧が計測可能な一次元圧密試験装置を用いて一次元圧密・除荷中の鉛直・側方圧力を測定する実験を行っている。ここで、クニゲル V1 とは、日本の地層処分施設で利用が計画されているナトリウム型ベントナイトである。図 8 に試験結果を示す。図 8 は、鉛直有効応力と間隙比関係、鉛直有効応力と側方有効応力関係、鉛直有効応力と土圧係数の関係である。鉛直有効応力と土圧係数関係図を見ると、正規圧密線上を載荷している時の土圧係数は概ね 1 であり、土圧係数は除荷に伴い大きくなっていることが分かる。

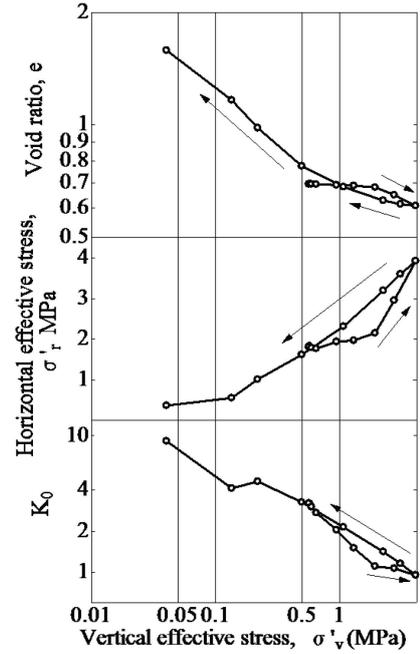


図 8  $K_0$  圧密試験と膨潤試験結果

#### 3.6.2 多次元構成式の導出

「3.6.1  $K_0$  圧密除荷試験」の述べたよう、ベントナイト粘土は正規圧密線上を載荷している場合には土圧係数は概ね 1 とみなすことができたため、今回は「3.4 変質を考慮したベントナイト構成式の導出」に記載したとおり、今回はベントナイト粘土を非線形弾性体として扱うため、土圧係数を 1 とみなすこととする。よって  $K_0 = 1$  とした場合、式 2-41 に示す一次元場での  $\dot{\sigma}'$  は多次元場での平均有効主応力  $\dot{P}'$  とみなすことができ、式 2-41 は以下のように書くことができる。

$$\dot{P}' = \frac{1+e_0}{\lambda\alpha} P' \dot{\epsilon}_v + \frac{1+e}{\lambda\alpha} P' \dot{\alpha} + 0.0605 P' \dot{\alpha}_{mon} \quad (2-42)$$

また、有効応力は平均有効主応力と偏差応力とに分けられる。

$$\dot{\sigma}'_{ij} = \dot{P}' \delta_{ij} + S_{ij} \quad (2-43)$$

また、偏差応力については

$$S_{ij} = 2G(\dot{\epsilon}_{ij} - \frac{1}{3} \delta_{ij} \dot{\epsilon}_v) \quad (2-44)$$

ただし  $G$  : せん断弾性係数  $\epsilon_{ij}$  : ひずみテンソル  $\epsilon_v$  : 体積ひずみ とし

$$G = \frac{3(1-2\nu')}{2(1+\nu')}K, \quad \nu' : \text{ポアソン比}, \quad K : \text{体積弾性係数} \quad \text{である}$$

よって式 2-43 に式 2-42 と式 2-44 を代入して整理すると

$$\dot{\sigma}'_{ij} = \left[ \frac{1+e_0}{\lambda\alpha} \frac{P'}{3} - \frac{2}{3}G \right] \delta_{ij} \dot{\epsilon}_v + 2G \dot{\epsilon}_{ij} + \frac{1+e}{\lambda\alpha} \frac{P'}{\alpha} \delta_{ij} \dot{\alpha} + 0.0605 P' \delta_{ij} \dot{\alpha}_{mon} \quad (2-45)$$

となり多次元化したベントナイト構成式を得る。また、導出した多次元化した構成式 2-45 を FEM への適用を念頭に式変形を行うと

$$\text{体積弾性係数} : K = \frac{1+e_0}{\lambda\alpha} \frac{P'}{\alpha} \quad (2-46)$$

式 2-46 のように定義すると式 2-45 は以下のように書き改めることができる。

$$\dot{\sigma}'_{ij} = \left( K - \frac{2}{3}G \right) \delta_{ij} \dot{\epsilon}_v + 2G \dot{\epsilon}_{ij} + \frac{1+e}{\lambda\alpha} \frac{P'}{\alpha} \delta_{ij} \dot{\alpha} + 0.0605 P' \dot{\alpha}_{mon} \delta_{ij} \quad (2-48)$$

よってこれを  $\dot{\epsilon}_{kl}$  でくくると

$$\dot{\sigma}'_{ij} = \left[ \left( K - \frac{2}{3}G \right) x_{ij} x_{kl} + G (x_{ik} x_{jl} + x_{il} x_{jk}) \right] \dot{\epsilon}_{kl} + \frac{1+e}{\lambda\alpha} \frac{P'}{\alpha} x_{ij} \dot{\alpha} + 0.0605 P' x_{ij} \dot{\alpha}_{mon} \quad (2-49)$$

となる。ここで

$$\left[ \left( K - \frac{2}{3}G \right) \delta_{ij} \delta_{kl} + G (\delta_{ik} \delta_{jl} + \delta_{il} \delta_{jk}) \right] = D_{ijkl} \quad (2-47)$$

と置き換えることができるので多次元ベントナイト構成式は以下となる。

$$\dot{\sigma}'_{ij} = D_{ijkl} \dot{\epsilon}_{kl} + \frac{1+e}{\lambda\alpha} \frac{P'}{\alpha} \delta_{ij} \dot{\alpha} + 0.0605 P' \delta_{ij} \dot{\alpha}_{mon} \quad (2-48)$$

#### 参考文献

- 1) [http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt065j/0607\\_08\\_featurearticles/0608fa01/200608\\_fa01.html](http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt065j/0607_08_featurearticles/0608fa01/200608_fa01.html)
- 2) Terzaghi, k. : The shearing resistance of saturated soils , Proc. 1th ICSMEF, Vol. 1, pp. 54-56, 1961
- 3) 笹倉剛, 岬柳幹雄, 岡本道孝 : ベントナイト変遷挙動のモデル化のためのデータ取得及び調査, 核燃料サイクル開発機構契約業務報告書, JNCTJ8400-2002-025, 2002
- 4) 石橋直樹, 小峯秀雄, 安原一哉, 村上哲, 森拓雄, 伊藤弘志 : ベントナイトの圧密特性に及ぼすモンモリロナイト含有率の影響, 第 46 回地盤工学会研究発表会, 2011
- 5) 笹倉剛, 岬柳幹雄, 小林一三, 岡本道孝 (2003). ベントナイト変遷挙動のモデル化のためのデータ取得 II. 核燃料サイクル開発機構契約業務報告書. JNC TJ8400 2003-048.

# Mechanical model of Bentonite buffer considering long term chemical alternation

Shuhei Tsurumi

Atsushi Iizuka

Katsuyuki Kawai

## ABSTRACT

In our research, we set the Bentonite soil as our research target. In the waste geological disposal site, the Bentonite soil will be used as a buffer material to prevent the leak of radioactive substances from radioactive wastes. But, because of the Bentonite has unique characteristics which are different from other popular soils, the unique behaviors of bentonite has not completely explained yet. In addition, in the waste geological disposal site, due to the moving of groundwater, it is expected that the strong alkali water will percolate through the bentonite soil. Therefore, it is also expected that the bentonite buffer will change in quality or dissolve by reaction with strong alkali. In these situations, to manage a waste geological disposal site safety for a long time, the long term behavior of bentonite buffer must be assessed exactly by using the numerical analysis. For such a reason, in this thesis, we constructed a numerical bentonite's model based on some experimental data about bentonite soil, and after that, this model is formulated as a boundary value problem. Finally, we assessed the behavior of bentonite buffer in geological waste site by using Soil-Water Coupling FEM Program "DAC SAR-BA" with the bentonite's model.

©2014 Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, All rights reserved.