



盛土材料の初期含水条件が初期応力状態に及ぼす影響

田中, 麻穂
河井, 克之
金澤, 伸一
飯塚, 敦

(Citation)

神戸大学都市安全研究センター研究報告, 15:29-40

(Issue Date)

2011-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81011338>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81011338>



盛土材料の初期含水条件が 初期応力状態に及ぼす影響

The influence of initial moisture conditions of embankment materials on the initial stress state

田中 麻穂¹⁾
Maho Tanaka
河井 克之²⁾
Katsuyuki Kawai
金澤 伸一³⁾
Shinichi Kanazawa
飯塚 敦⁴⁾
Atsushi Iizuka

概要：近年の豪雨災害による被害増加を受けて、盛土構造物の品質を長期的に評価・検討できる解析手法の確立が急務となっている。これまで、長期的な安定性を評価するために、降雨や河川水の浸透を考慮した解析は行われているが、精度の高い長期安定解析を行うためには、より精緻に初期応力状態を推定することが不可欠である。そこで、本研究では、不飽和弾塑性構成モデル¹⁾を用いて築堤シミュレーションを行い、盛土材料の初期含水条件が初期応力状態に及ぼす影響について検討する。

キーワード：盛土, 不飽和土, 築堤

1. はじめに

近年では、集中豪雨などによる災害が世界中で頻発しており、盛土構造物が深刻な被害に悩まされていることを受けて、盛土構造物の品質を長期的に評価・検討できる解析手法の確立が急務となっている。これまで、長期的な安定性を評価するために、降雨や河川水の浸透を考慮した解析は行われているが、精度の高い長期安定解析を行うためには、より精緻に初期応力状態を推定することが不可欠である。しかし、盛土構造物の大部分は力学的挙動が複雑な不飽和土で構成されており、不飽和土は取り扱いが難しいため弾性解析によって初期応力状態を推定する場合がほとんどである。しかしながら、盛土構造物の応力状態は、盛土内の水収支の影響により複雑に変化していると考えられ、弾性係数のみによって一意的には決まらない。さらに、現場では降雨等の気候の影響を受けるため、盛土材料の違いによって異なる挙動を示す可能性が考えられる。それゆえ、より精度の高い長期安定解析を行うためには、盛土材料の初期含水条件の設定が重要になる。

本研究では、不飽和構成モデルを用い、盛土材料の初期含水条件が初期応力状態に及ぼす影響について検討を

行う。

1.1 不飽和土構成モデル

近年、不飽和土力学の研究の発展により、その力学特性を表現できる多数の不飽和構成モデルが提案されている。軽部ら²⁾は、土骨格に作用するバルク応力とメニスカス応力を分離し、定量的に表現することで、サクシヨン履歴の影響を応力状態の違いとして表現できるようにした。彼らのモデルは、用いる水分特性曲線形状を問わないため、水分特性によって生じるヒステリシスを考慮できるが、最乾燥水分線から応力成分を求めるため、設定する最乾燥水分線にモデルの挙動が大きく依存する。それゆえ、数値計算が不安定になりやすいという問題点を抱えている。そこで、大野らは、応力と剛性を独立して表現し、サクシヨン履歴によって生じる変形挙動の違いを表現できるモデルを提案した。大野らのモデルは、不飽和土の剛性に寄与する状態量として有効飽和度を選択し、複雑な計算過程を要しない柔軟なモデルとなっている。本研究では、大野らによって提案された不飽和構成モデルを用いて解析を行う。

有効応力は以下のように表される。また、太字はテンソル、細字はスカラーである。

$$\boldsymbol{\sigma}' = \boldsymbol{\sigma}^{net} + p_s \mathbf{1} \quad (1)$$

ただし、

$$\boldsymbol{\sigma}^{net} = \boldsymbol{\sigma} - p_a \mathbf{1}, \quad p_s = S_e s \quad (2)$$

$$s = p_a - p_w, \quad S_e = \frac{S_r - S_{rc}}{1 - S_{rc}} \quad (3)$$

$\boldsymbol{\sigma}'$: 不飽和土の有効応力テンソル, $\boldsymbol{\sigma}^{net}$: ネット応力テンソル, $\mathbf{1}$: 2階の単位テンソル, $\boldsymbol{\sigma}$: 全応力テンソル, s : サクシヨン, p_s : サクシヨン応力, p_a : 間隙空気圧, p_w : 間隙水圧, S_r : 飽和度, S_e : 有効飽和度, S_{rc} : 水分特性曲線上に現れる残留飽和度

さらに、不飽和土の圧密降伏応力の倍率を決定する内挿関数 ξ を用いて、一般的な含水状態にある土の体積変化を次式のように表現した。

$$e = e_0 - \lambda \ln \frac{p'}{\xi p'_{sat}} \quad (4)$$

e : 間隙比, e_0 : 降伏時の間隙比, p' : 平均有効主応力, p'_{sat} : 降伏時の平均有効主応力,

ここで、 ξ は有効飽和度を用いて次のように表される。

$$\xi = \exp[(1 - S_e)^n \log_e a] \quad (5)$$

n : $e - \log_e p'$ 面上の等飽和度線の間隔を調整するパラメータ, a : 不飽和化による剛性の増大が最大時の圧密降伏応力の倍率を決定するパラメータである。

ここで、体積ひずみを求めると、

$$\varepsilon_v = \frac{\lambda}{1 + e_0} \ln \frac{p'}{\xi p'_{sat}} \quad (6)$$

となり、塑性体積ひずみは、

$$\varepsilon_v^p = \frac{\lambda - \kappa}{1 + e_0} \ln \frac{p'}{\xi p'_{sat}} \quad (7)$$

と表される。これより、不飽和土の圧密降伏応力の変化を表す式は、

$$p'_c = \xi p'_{sat} \exp\left(\frac{\varepsilon_v^p}{MD}\right) \quad (8)$$

で表される。 p'_c : 平均有効主応力で表された先行圧密主応力, M : q/p' で表された限界応力, D : ダイレタ

ンシー係数, $MD = \frac{\lambda - \kappa}{1 + e_0}$ である。

さらに、降伏関数に EC モデル³⁾を用いると、土のコントラクタンシー挙動は、

$$\varepsilon_v^p = \frac{MD}{n_e} \left(\frac{q}{Mp'} \right)^{n_e} \quad (9)$$

と表すことができる。ただし、 n_e : フィッティングパラメータ、 q : 偏差応力
ここで、体積変化が圧密とコントラクタンスの影響のみで表現されると仮定すると、

$$\varepsilon_v^p = \frac{\lambda - \kappa}{1 + e_0} \ln \frac{p'}{\zeta p'_{sat}} + \frac{MD}{n_e} \left(\frac{q}{Mp'} \right)^{n_e} \quad (10)$$

よって、塑性体積ひずみを硬化パラメータとする降伏関数を次式で定義した。

$$f(\sigma', S_e, \varepsilon_v^p) = MD \ln \frac{p'}{p'_{sat} \exp[(1 - S_e)^n \ln a]} + \frac{MD}{n_e} \left(\frac{q}{Mp'} \right)^{n_e} - \varepsilon_v^p = 0 \quad (11)$$

式(11)は、飽和状態($S_e=1.0$, $\zeta=1$)のとき、

$$f(\sigma', \varepsilon_v^p) = MD \ln \frac{p'}{p'_{sat}} + \frac{MD}{n_e} \left(\frac{q}{Mp'} \right)^{n_e} - \varepsilon_v^p \quad (12)$$

となり、一般的な飽和土の Cam-Clay モデルに帰着する。また、図-1 に不飽和土の降伏曲面の概念図、図-2 に EC モデルの降伏曲面を示す。

本研究では、これらのモデルを組み込んだ土/水/空気連成有限要素解析コード DACSAR-MP⁴⁾ を用いて解析を行う。

2. 初期含水条件が盛土の応力状態に及ぼす影響

本研究では、盛土材料の初期含水条件（サクシオン - 飽和度関係）が盛土内部の応力状態に及ぼす影響を築堤シミュレーションから明らかにする。その際、初期サクシオンと初期飽和度の関係が異なる盛土材料を模擬し、それぞれの盛土材料を用いた場合に得られる応力状態について検討を行う。また、それぞれの盛土について強度評価を行うものとする。

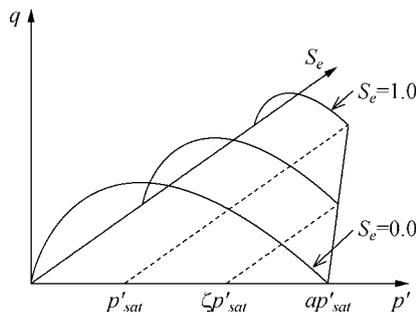


図-1 不飽和土の降伏曲面の概念図

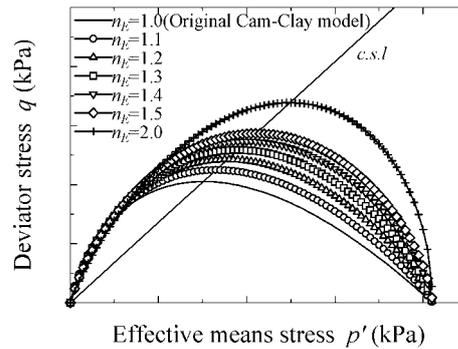


図-2 EC モデルの降伏曲面

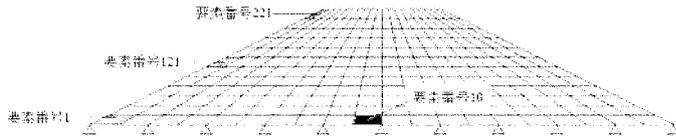
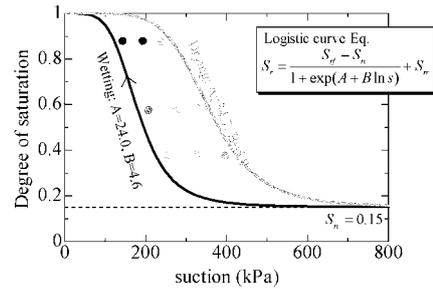


図-3 解析領域

表-1 材料定数

λ	κ	M	ν	k_w (m/day)
0.180	0.037	1.333	0.33	0.01
m	e_0	a	n	k_a (m/day)
0.8	0.50	10	1.0	0.50
p'_{sat} (kPa)	n_F			
196	1.3			



— CASE09-w — CASE06-w · CASE04-w
 — CASE09-m — CASE06-m · CASE04-m
 — CASE09-d — CASE06-d · CASE04-d

図-4 水分特性曲線

表-2 材料定数

CASE09 -w	CASE09 -m	CASE09 -d	CASE06 -w	CASE06 -m	CASE06 -d	CASE06 -w	CASE04 -m	CASE04 -d
S_r								
0.9	0.9	0.9	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4
s (kPa)								
137.2	176.4	235.2	196.0	264.6	333.2	235.2	323.4	401.8
γ_t (Mg/m ³)								
2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9

2.1 解析条件

解析対象は、高さ 6m、天端 6m、下端 30m、勾配 1:2 の盛土を想定する。下端のみ水平・鉛直方向ともに固定とし、解析に用いる有限要素メッシュを図-3 に示す。また、材料定数は、表-1 のように与えた。本章では、9 ケースの初期飽和度と初期サクシジョンの関係が異なる盛土材料を模擬する。初期の飽和度は 90%、60%、40%とし、それぞれ CASE09、CASE06、CASE04 とする。また、CASE09、CASE06、CASE04 において、水分特性曲線のグラフから、吸水曲線に近い点、吸水曲線と脱水曲線の間中点、脱水曲線に近い点の 3 点を初期サクシジョンとして与え、それぞれの場合を w、m、d とおく。図-4 に、それらの初期サクシジョン-初期飽和度関係、表-2 に、それらの初期値を示した。また、各盛土材料ともに等しい乾燥密度を設定し、設定した乾燥密度と与える初期飽和度の値から湿潤単位体積重量を決定している。本研究では、転圧による締固めを考慮せず、締固めた土を模擬し盛土材料として用いると仮定している。この時、初期サクシジョンが大きい程よく締め固められた材料であるということの意味している。また、本研究では田中ら⁵⁾の手法で段階的な施工を模擬し、10 日間で一層の盛り立てを行い、一層ごとに 2 日間の放置期間を設けた。さらに、築堤終了後も放置期間を設け、盛土が定常状態になるまでを解析期間とした。

2.2 解析結果

初期のサクシジョン - 飽和度関係が盛土に及ぼす影響を詳査するために、図-3 に取り上げる 4 つの要素に注目し要素レベルで検討を行う。また、それぞれの要素の応力経路($p'-q$ 関係)、時間-体積ひずみ関係、サクシジョン-飽和度関係、時間-サクシジョン応力関係をそれぞれ図-6、7、8、9 に示す。

まず、図-6 に示す応力経路について検討を行う。図-6①に示す要素 1・法尻や図-6③の要素 121・法面中央では、盛土内部の要素に比べて、有効応力の増加が少ない。また、図-6②より、要素 10・盛土中心部では、平均有効主応力の増加とともに主応力差が大きくなっており、CASE09-d の場合のみ降伏していると考えられる。また、要素

221・法肩の応力経路を図-6④に示す。本研究では、天端の要素には外力が作用しないため、それぞれのサクシオン-飽和度履歴によって異なる応力経路を示していると考えられる。同様に、斜面側の要素でも外力による影響が少ないため、要素の挙動は盛土内の水分移動に強く影響していると考えられる。このように、盛土のような斜面を有する地盤構造物は、斜面近傍の応力状態の推定が難しい。

次に、時間-体積ひずみ関係について検討する。図-7①より、要素1・法尻は、CASE09-dを除いて圧縮している。CASE09-dでは、応力比が増加しているためダイラタンスーによる体積変化は圧縮傾向、有効飽和度も増加しているため同様に圧縮傾向を示すが、サクシオン応力の変化に起因する体積変化は膨張傾向を示す。これらの和が全体の体積変化となっており、CASE09-dでは、他のケースよりもサクシオン減少による体積膨張の傾向が強く出ているのではないかと考えられる。また、図-7②にみられるように、CASE09-dにおいて、要素10・盛土中心部は降伏し、大きく圧縮していることがわかる。また、降伏したCASE09-dの下端中央の要素を除くと、それぞれの飽和度において、吸水曲線側で初期サクシオンを設定した条件wの方がdより大きく圧縮することがわかる。さらに、最下層の2要素（要素1・法尻、要素10・盛土中心部）では、CASE04-wにおける圧縮量が最も多いことがわかる。これは、他のケースに比べてCASE04-wでのサクシオン応力の増加が大きいためである。図-7④より、要素221・法肩は、CASE09-w、CASE09-m、CASE06-wを除き、最終的に膨張している。法面中央の要素においても、CASE09-w、CASE09-m、CASE06-wでは盛り立て時点から体積ひずみが増加し、他のケースとは異なる傾向を示していることがわかる。

次に、図-8にサクシオン-飽和度関係、図-9に時間-サクシオン応力関係を示す。図-8①、②及び図-9①、②から、同じ吸水挙動を示していても設定した初期サクシオン-飽和度関係によってサクシオン応力の増減が異なっていることがわかる。このように、不飽和土を用いて築堤すると、応力経路はサクシオン-飽和度挙動に強く影響される。また、図-8③より、法面中央の要素は盛土の中段の要素であるため、盛り立て時には脱水挙動、それ以降は吸水挙動を示し、法肩の要素は、脱水挙動のみを示す。また、図-9④より、法肩の要素のサクシオン応力はCASE09-w、CASE09-m、CASE06-wを除いてほとんど変化しなかった。

ここで、CASE09-w、CASE09-m、CASE06-wについて検討する。これらのケースは、他のケースと異なる傾向を示すことが多かった。まず、図-5に、盛り立ての様子を簡易的に示した。破線は、盛り立てる要素を示している。はじめに、盛り立てる要素は初期サクシオン①を有しており、盛り立てによって新しいサクシオン②が計算される。そして、その上には、同じく初期サクシオン①を持った要素が盛り立てられるが、①と②の水頭差が大きければ動水勾配が大きいと考えられる。新しく盛り立てられる要素は盛り立て中に脱水挙動を示し、上に要素が盛り立てられると吸水過程をたどるようになる。脱水挙動では、条件wでのサクシオン増加が大きく全水頭が小さくなるため、新しく盛り立てられる要素との水頭差が大きくなったと考えられる。このため、CASE09-w、CASE09-m、CASE06-wにおいて他のケースと異なる点が多かったのではないかと推測される。

ここでは、盛土の応力状態は、初期の飽和度-サクシオン関係から施工中にどのような飽和度・サクシオン履歴をたどるかということが大きく影響することがわかった。さらに、本研究のように転圧の影響を考慮しない築堤シミュレーションでは、盛り立て時に発生する水収支が応力経路や応力状態に大きく影響していると考えられる。より精緻な初期応力状態を用いて、より高精度な長期安定解析を行うためには、初期含水条件の設定にも留意する必要があることがわかる。

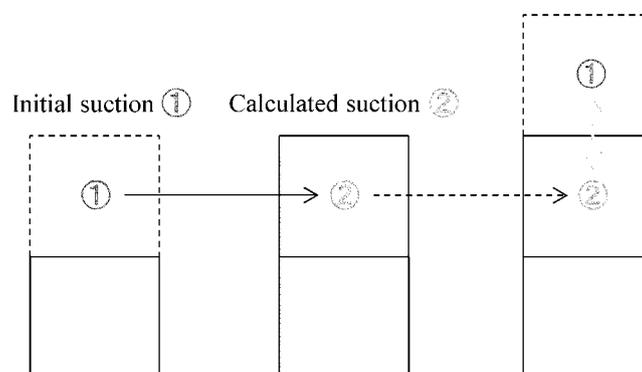
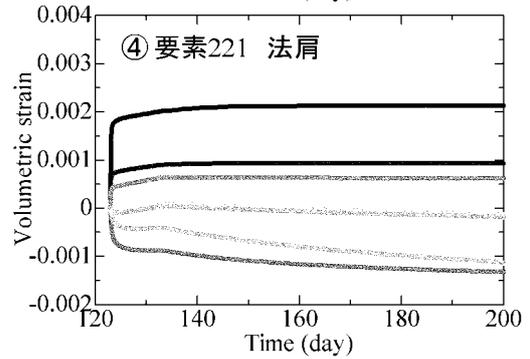
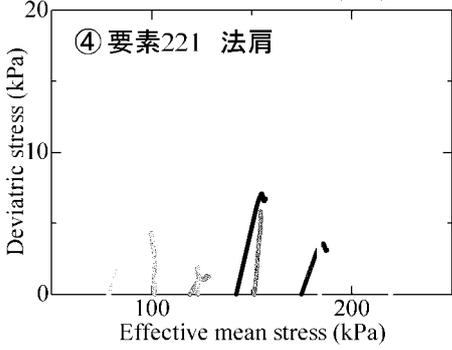
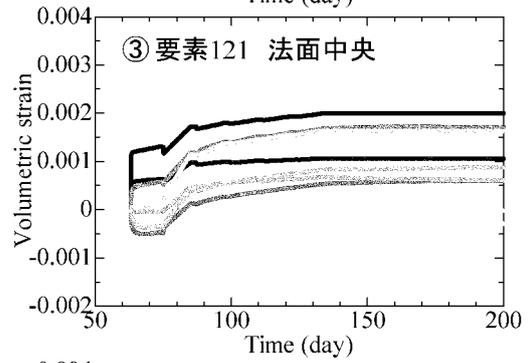
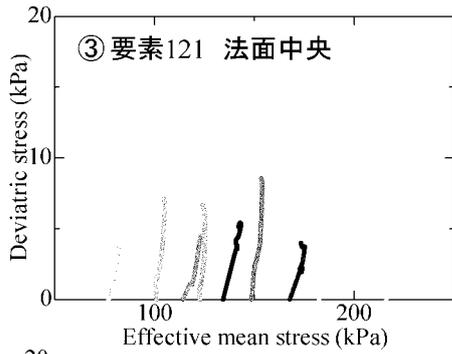
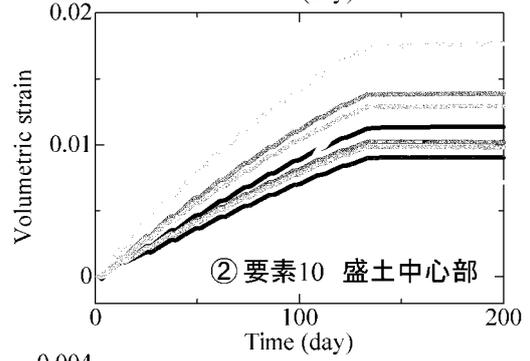
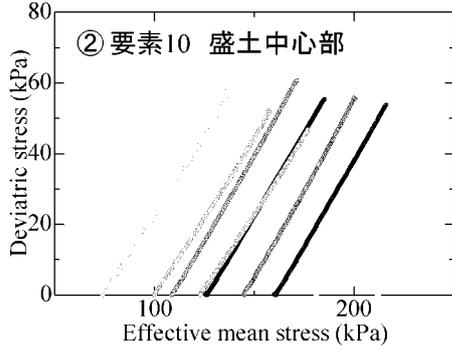
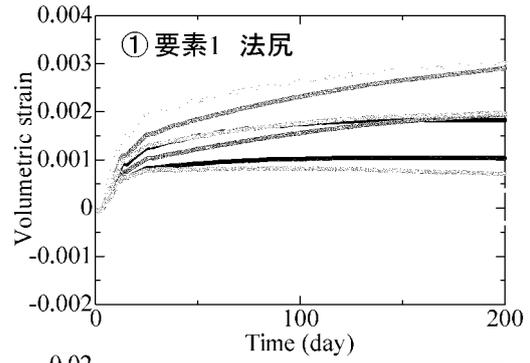
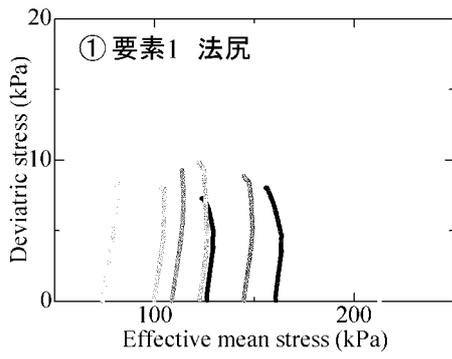


図-5 盛り立ての概念図

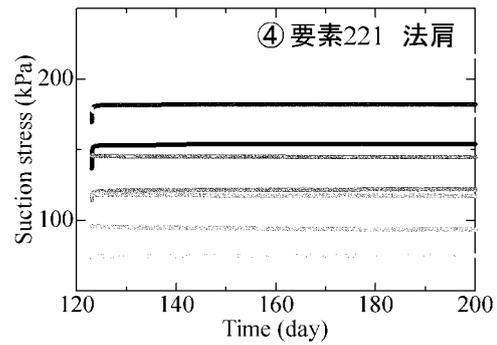
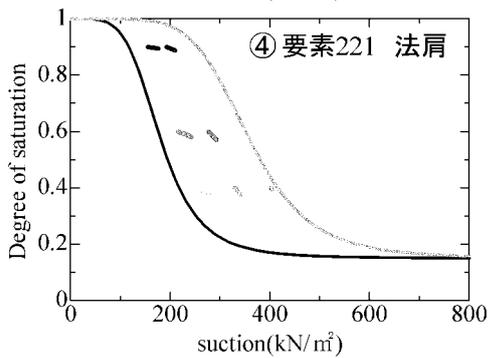
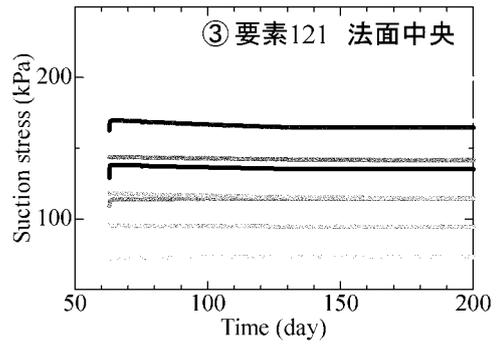
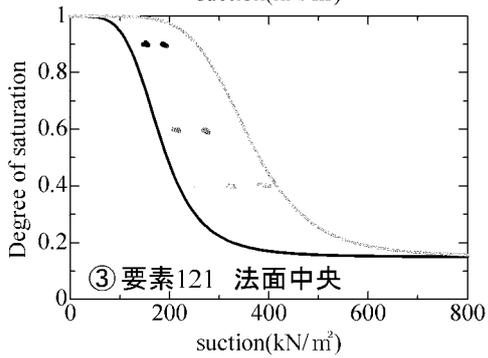
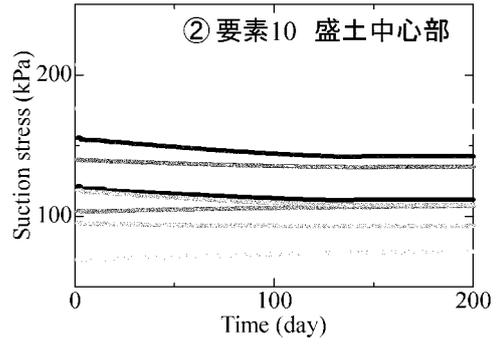
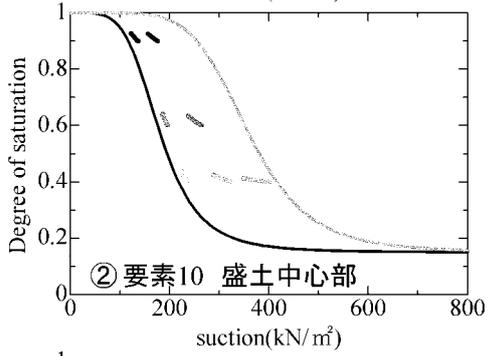
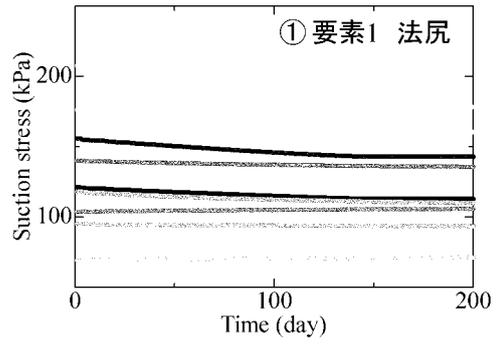
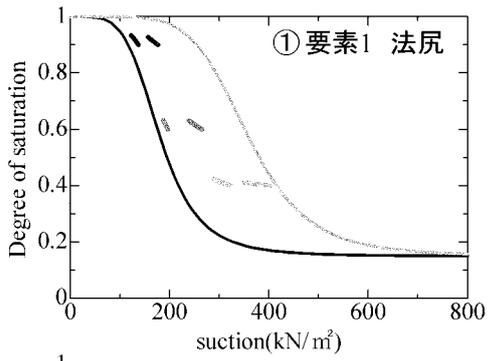


——— CASE09-w
 - - - - - CASE09-m
 CASE09-d
 - - - - - CASE06-w
 - - - - - CASE06-m
 - - - - - CASE06-d
 CASE04-w
 - - - - - CASE04-m
 - - - - - CASE04-d

図-6 応力経路

——— CASE09-w
 - - - - - CASE09-m
 CASE09-d
 - - - - - CASE06-w
 - - - - - CASE06-m
 - - - - - CASE06-d
 CASE04-w
 - - - - - CASE04-m
 - - - - - CASE04-d

図-7 時間 - 体積ひずみ関係



- CASE09-w
- CASE09-m
- CASE09-d
- CASE06-w
- CASE06-m
- CASE06-d
- CASE04-w
- CASE04-m
- CASE04-d

- CASE09-w
- CASE09-m
- CASE09-d
- CASE06-w
- CASE06-m
- CASE06-d
- CASE04-w
- CASE04-m
- CASE04-d

図-8 サクション - 飽和度関係

図-9 時間 - サクション応力関係

3. 盛土の強度評価

ここで、異なる盛土材料で築堤した盛土の違いを明確にするために、1)天端に荷重、もしくは、2)降雨を与え、天端に生じた変位や盛土の体積ひずみ分布を比較することによって盛土の強度を評価する。また、施工後の盛土のサクシオン - 飽和度関係によってさらに異なる傾向を示す可能性が高いため、それらについても注目する。荷重や降雨は十分に定常状態である盛土に与えるものとし、強度評価を行う時点の盛土も定常状態であることを前提とする。

3.1 荷重による比較

天端には、200kPa を7.2分間で載荷し、定常状態になるまで放置期間を設けた。天端の変位を図-10に示す。グラフの横軸は、原点を天端の左端、1.5m地点を天端の中央として、天端の左半分を示している。最も天端の変位が大きいののは、飽和度が90%のCASE09である。次に飽和度が40%のCASE04、そして60%のCASE06となっている。ここで、これらの考察を行うためにCASE09-w、CASE06-w、CASE04-wについてのみ検討を行う。それぞれのケースでの天端中央の要素の①ステップ数-体積ひずみ関係、②ステップ数-間隙空気圧関係、③ステップ数-

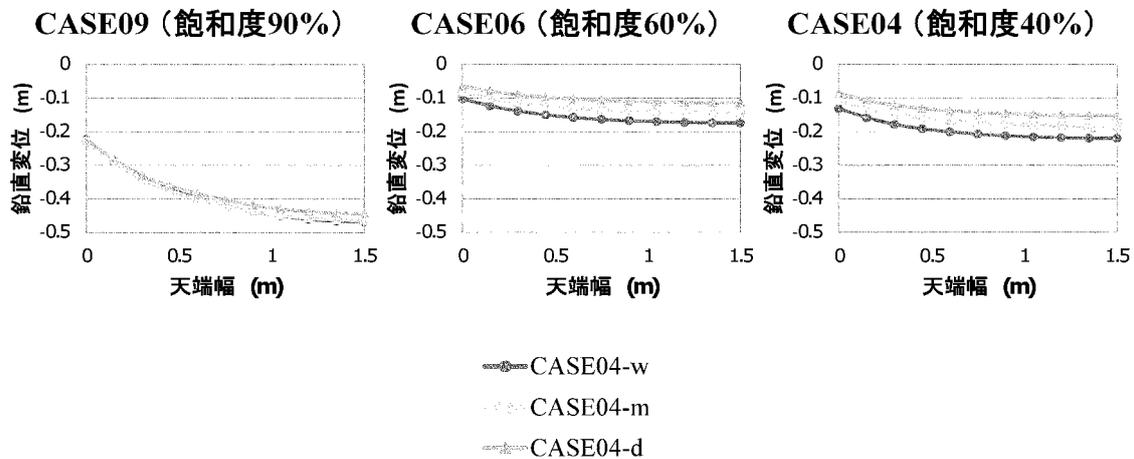


図-10 天端の鉛直変位

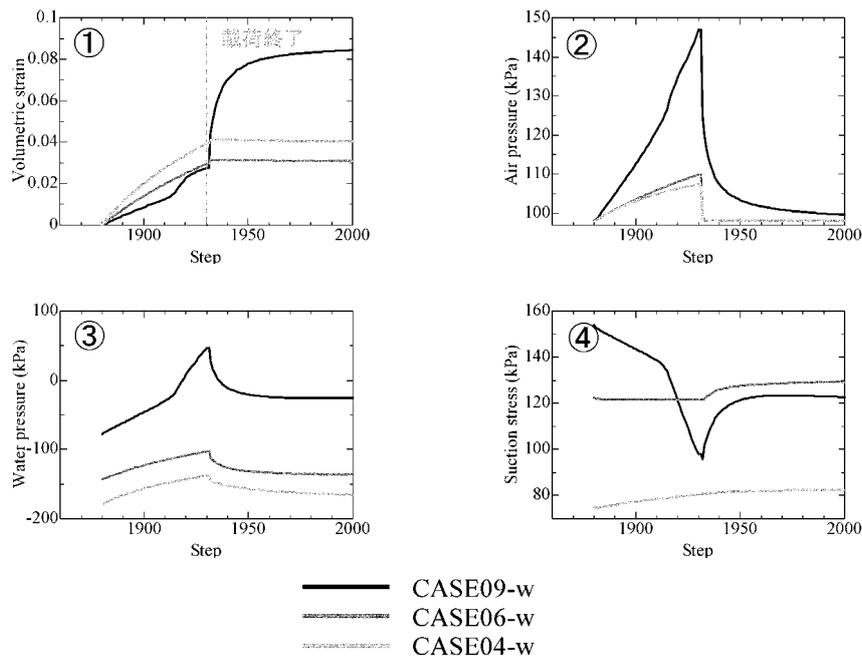


図-11 解析結果

間隙水圧関係、④ステップ数-サクシオン応力関係を図-11 に示す。ただし、横軸をステップ数で与えているため、荷重期間と放置期間の時間間隔は等しくないことに注意されたい。本研究のような排気・非排水条件では、荷重した荷重を一旦水と空気が受け持つことで体積変化を抑制し、発生した過剰間隙水圧・過剰間隙空気圧が減少・消散することによって体積変化を生じると考えられる。また、盛土の上から下に水が浸透するため全面非排水条件にも関わらず過剰間隙水圧が減少する。さらに、空気境界に関しては下端を除いて排気境界としているため、空気の排出に伴う過剰間隙空気圧の消散によって水の逃げ場ができることで過剰間隙水圧が減少すると考えられる。また、間隙空気が圧縮することも体積変化の要因の一つとして考えられる。

図-11 より、CASE09-w では、荷重終了時点での過剰間隙水圧・過剰間隙空気圧の発生が最も大きく、変形が抑制されていると考えられるが、最荷終了後も体積ひずみが増加していることがわかる。これは、過剰間隙空気圧の消散と空気の圧縮性が理由として考えられる。また、放置後の間隙空気圧と間隙水圧の減少によりサクシオンが変化した結果、サクシオン応力が増加に転じているため、有効応力の増加に伴う降伏曲面の拡大によって、放置期間中も塑性ひずみが継続的に増加したことも要因の一つになったと考えられる。本研究では、複雑な境界値問題を解いているため、これらの要因が全てだとは判断しきれないが、大きな要因になっていることに違いはない。

次に、1) 荷重を与える場合の体積ひずみ分布及び応力比分布について検討する。体積ひずみ分布を図-12 に示す。CASE09-w は、盛土の内部まで大きく圧縮している。ここでは、生じた体積ひずみが最も小さかったCASE06-d が、1)荷重を与える場合に最も抵抗でき得る盛土材料であると考えられる。

3.2 降雨による比較

次に、2)降雨を与える場合について検討する。降雨は、0.5mm/hr を 24 時間与えるものとし、1)荷重を与える場合と同様に天端の変位を比較する。図-13 より、CASE09 では、天端が鉛直方向に膨張していることがわかる。一方、CASE06 や CASE04 では、降雨による有効飽和度の増加により天端が沈下していることがわかる。さらに、これらのケースでは、CASE09 とは異なり、天端の中央より法肩近傍の方が大きく沈下していることがわかる。これは、法肩には天端と斜面の両側から降雨が浸透するため、他の要素よりも浸透雨量が多くなるためであると考えられる。また、飽和度が小さくなるにつれて初期サクシオンによる違いが大きくなっている。これは、用いる水分特性曲線に大きく依存するが、本研究で用いた水分特性曲線では、飽和度 40%における吸水曲線と脱水曲線のサクシオン差が大きいため、このような結果を示したと考えられる。

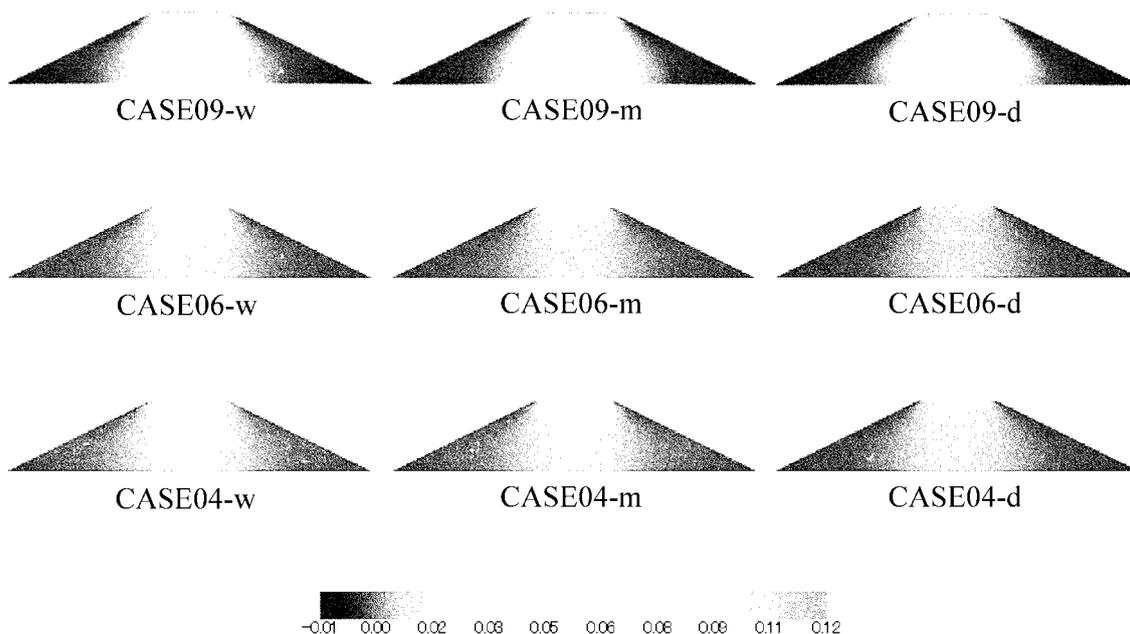


図-12 体積ひずみ分布

次に、2)降雨を与える場合の体積ひずみ分布を図-14に示す。体積ひずみ分布は荷重を与えたケースとは傾向が異なっており、CASE09ではほとんど圧縮せず、法面がわずかながら膨張していることがわかる。一方、CASE06及びCASE03では、降雨により盛土表面が圧縮していることがわかる。しかし、CASE09のように初期の飽和度が高く少しの降雨で飽和する地盤は、せん断強度の低下により盛土が脆弱化する可能性が考えられる。

以上のことを踏まえて、荷重や降雨等の外的要因に対し最も抵抗し得る強度を持った盛土を施工するためには、ある程度不飽和化された材料が最も適していると言える。また、本研究の条件において、降雨や外力にバランスよく抵抗できているCASE06-dが最も築堤に適した材料であると考えられる。

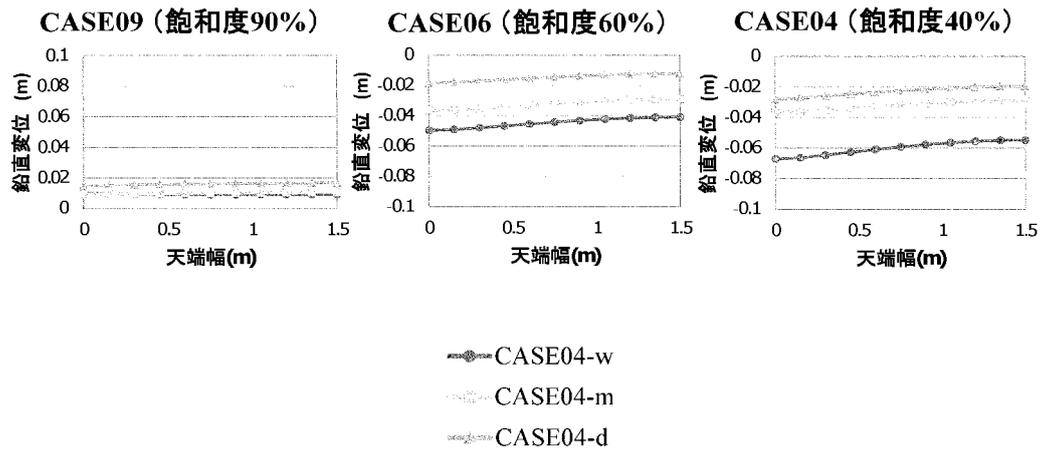


図-13 天端の鉛直変位

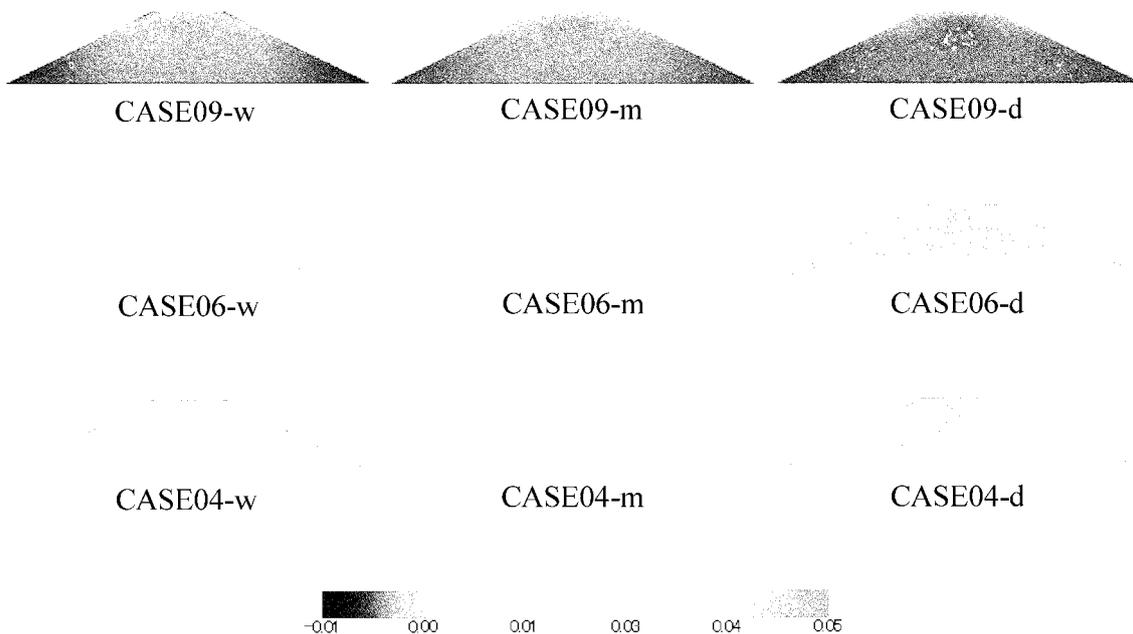


図-14 体積ひずみ分布

4. 結論

本研究では、盛土の応力状態は、初期の飽和度 - サクシオン関係から施工中にどのような飽和度・サクシオン履歴をたどるかによって複雑に変化し、盛土の幾何形状や地下水位等の要因のみによって単純に推定できないということがわかった。また、築堤後に荷重等の外力や降雨の影響を受けると、施工後のサクシオン - 飽和度関係によってさらに異なる傾向を示すため、盛土内の水分移動や盛土材料の初期含水条件の設定に重点を置く必要がある。つまり、盛土の品質を正確に評価するためには、盛土材料の初期含水条件の設定に重点を置いた上で築堤過程を再現し、初期応力状態を推定する必要があるといえる。

参考文献

- 1) 大野進太郎, 河井克之, 橘伸也: 有効飽和度を剛性に関する状態量とした不飽和土の弾塑性構成モデル, 土木学会論文集, Vol.63/No.4, pp.1132-1141, 2007.
- 2) Karube, D. and K. Kawai: The role of pore water in the mechanical behavior of unsaturated soils, *Geotechnical and Geological Engineering*, Vol.19, No.3, pp.211-241, 2001.
- 3) 大野進太郎, 飯塚敦, 太田秀樹: 実験結果の再現性が高いダイレイタンスー表現式の提案とそれを用いた土の弾塑性構成式の導出, 第39回地盤工学研究発表会
- 4) 金澤伸一: 不飽和土の数理モデルに基づく締固め土構造物の力学挙動評価, 神戸大学博士論文, 2010.
- 5) 田中麻穂, 河井克之, 金澤伸一, 橘伸也, 大野進太郎, 飯塚敦, 竹山智英: 築堤シミュレーションにおける設定条件が初期応力状態に及ぼす影響, 応用力学論文集, Vol.13, pp.423-430, 2010

著者: 1) 田中麻穂、前田建設工業株式会社; 2) 河井克之、都市安全研究センター、准教授; 3) 金澤伸一、中央大学理工学部、助教; 4) 飯塚敦、都市安全研究センター、教授

The influence of initial moisture conditions of embankment materials on the initial stress state of embankments

Maho Tanaka
Katsuyuki Kawai
Shinichi Kanazawa
Shinya Tachibana
Atsushi Iizuka

Abstract

This thesis describes the estimation approach of the current stress state of existing embankments by embanking simulation. It is difficult to estimate the current stress state of existing embankments because of their inherent sloping geometric shapes. Therefore an elastic analysis is always carried out in advance and the calculated stress state, assumed as the current stress, is used as an input parameter in the deformation analysis of an embankment. However, the stress state of a banking material can be quite complicated since banking materials are elasto-plastic and unsaturated in most cases, and, their behavior strongly depends on the stress history. It is important to consider long-term stability of the embankment to protect the safety of our lives. Therefore, it is necessary to obtain the initial stress state more precisely.

In this study, embanking simulations are expressed by some banking materials with different initial moisture conditions. As a result, it is found that it is necessary to consider the initial moisture condition of embankment materials to estimate more precisely the initial stress state.