

# 密度変化を考慮した不飽和土/水/空気連成解析

福島高専：山下 大輝・金澤 伸一

## 1. 研究背景・目的

ゲリラ豪雨・台風などの突発的豪雨の急増

土構造物の崩壊事例・被害報告の増加  
土砂災害に対する危険性が高まる

数値解析を用いた  
土構造物の長期的な挙動予測が  
近年重要視

=課題=

増分型釣合式  $\text{div} \dot{\sigma}^T + \dot{\rho} g = 0 \quad \dot{\sigma} = \dot{\sigma}^T$  において

$\dot{\rho}$  を定式化していない

厳密に不飽和状態で解いているといえない

=目的=

$\dot{\rho}$  を新たに提案してその有用性を検討

## 2. 研究フロー

新たに  $\dot{\rho}$  を提案

弱形式化・空間離散化・時間離散化

不飽和土/水/空気連成解析コード  
「DACSAR-MP」  
に反映

簡易的なモデルでの解析の実施

①飽和度 ②体積ひずみ

について反映前後で比較・検討

## 3. $\dot{\rho}$ の提案

密度の関係式

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{M_s + M_f + M_a}{V} = \bar{\rho}_s + \bar{\rho}_f + \bar{\rho}_a$$

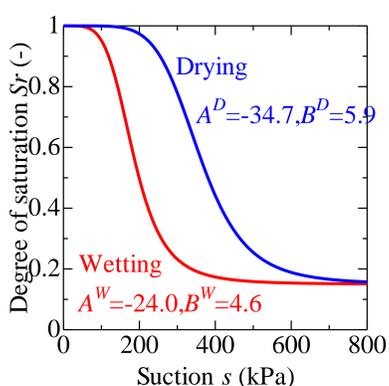
各相の相対密度

$$\bar{\rho}_\alpha = \frac{M_\alpha}{V} = \frac{V_\alpha}{V} \rho_\alpha \quad (\alpha = s, f, a)$$

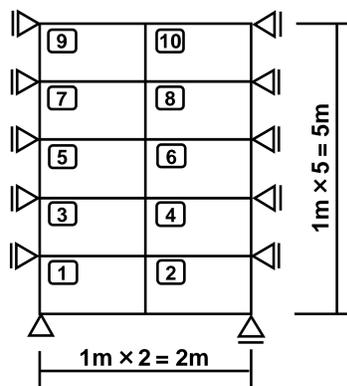
$$\begin{aligned} \dot{\rho} &= \dot{\bar{\rho}}_s + \dot{\bar{\rho}}_w + \dot{\bar{\rho}}_a \\ &= -\dot{n}\rho_s + \dot{n}(1 - S_r)\rho_a \\ &\quad - n\dot{S}_r\rho_a + \dot{n}S_r\rho_w + n\dot{S}_r\rho_w \end{aligned} \quad \text{と提案}$$

## 4. 解析条件

水分特性曲線



解析モデル



材料パラメーター

$\lambda$	$\kappa$	M	$m$	$n$	$n_E$	$e_0$
0.180	0.037	1.33	0.80	1.0	1.3	1.2
$\nu$	$S_{r0}$	$G_S$	$k_x$ [m/day]	$k_y$ [m/day]	$\rho_a$ [t/m <sup>3</sup> ]	
0.33	0.15	2.7	0.10	0.10	0.0012	

モデル上面に  $1.0 \times 10^{-3}$  m/day の降雨を  
900日間(90000Step) 与える

## 5. 解析結果

$S_r$  [%]

	Step 30000	Step 50000	Step 70000
旧	75.3195	83.8926	90.5719
新	75.3235	83.8994	90.5805
差	0.00340	0.00681	0.00853

$\epsilon_v$  [%]

	Step 30000	Step 50000	Step 70000
旧	0.2426	0.2787	0.1948
新	0.2573	0.3063	0.2370
差	0.01472	0.02759	0.04217

$\dot{\rho}$  の考慮により  
飽和度・体積ひずみ 上昇 ↗

増分型釣合式における  
密度の時間変化の影響が  
不飽和土の数値解析において  
無視できないことが確認