

令和3年度 地盤工学会研究奨励賞

Experiments and FE-analysis of 2-D root-soil contact problems based on node-to-segment approach

Soils and Foundations, Volume 59, Issue 6, 2019, Pages 1860-1874

Haruka Tomobe (National Institute of Technology, Toyota College)

Kazunori Fujisawa (Kyoto University)

Akira Murakami (Kyoto University)

概要:

地すべりや地表の侵食、樹木や作物の倒伏などのリスクを評価し、軽減するためには、根-土接触現象の力学的応答を正確に予測することが必要である。本論文では、幾何学的に複雑な根-土接触問題に対する信頼性の高い予測を得るために、安定化NTSアルゴリズムを提案するとともに、その解析パラメータの計測方法から実問題への適応性までを一貫して検証した。提案されたアルゴリズムは、NTSアプローチにおけるペアリング非一意性の問題を防ぐことを目的とする。本提案手法に基づき、要素試験としての抜根試験と、植物個体スケール問題としての根水平載荷試験の再現計算を行い、本提案手法の精度と適用性を検討した。

問題設定および支配方程式

接触面に弾塑性構成則を導入し、すべり・剥離を表現

$$\mathbf{t}_{T n+1}^{tr} = \varepsilon (\mathbf{g}_{T n+1} - \mathbf{g}_{T n}^{slip}).$$

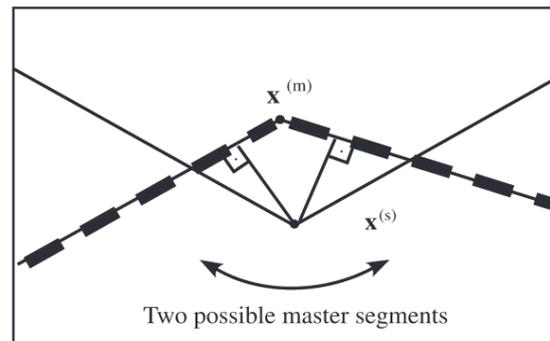
>> 弾性(Stick)構成則

$$\mathbf{t}_{T n+1} = \begin{cases} \varepsilon (\mathbf{g}_{T n+1} - \mathbf{g}_{T n+1}^{slip}) & (f < 0) \\ (\mu \cdot \|\mathbf{t}_{T n+1}\| + c) \frac{\mathbf{t}_{T n+1}^{tr}}{\|\mathbf{t}_{T n+1}^{tr}\|} & (f \geq 0) \end{cases} \quad \gg \text{降伏条件に基づくすべり条件式}$$

$$\mathbf{g}_{T n+1}^{slip} = \begin{cases} \mathbf{g}_{T n}^{slip} & (f < 0) \\ \mathbf{g}_{T n}^{slip} + \frac{(\|\mathbf{t}_{T n+1}\| - \mu \cdot \|\mathbf{t}_{T n+1}\| - c)}{\varepsilon} \cdot \frac{\mathbf{t}_{T n+1}}{\|\mathbf{t}_{T n+1}\|} & (f \geq 0) \end{cases}$$

Node-To-Segment法により接触判定

>> 従来法では接触面が一意に決定されない。



(a)

$$f = \|\mathbf{t}_T\| - \mu \cdot \varepsilon \|\mathbf{g}_N\| - c \leq 0$$

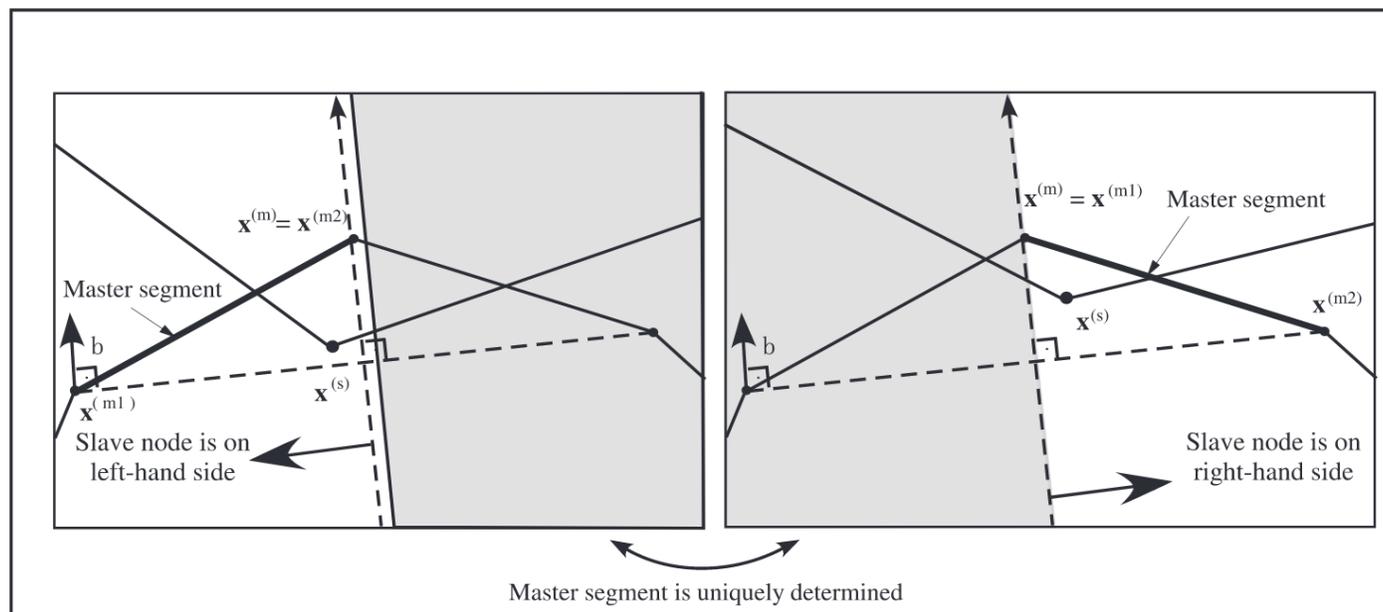
精度と安定性を両立したスキームを目指し

>> 接触面を一意に決定できる

アルゴリズムを提案

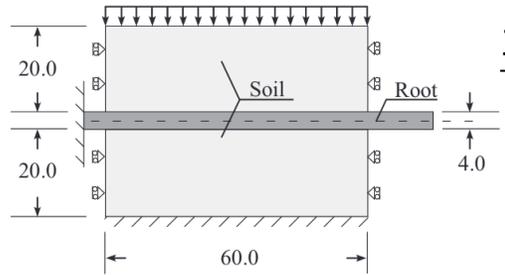
$$\alpha = \frac{\mathbf{b} \times (\mathbf{x}^{(s)} - \mathbf{x}^{(m1)})}{\|\mathbf{b}\| \cdot \|\mathbf{x}^{(s)} - \mathbf{x}^{(m1)}\|}$$

新たに提案された接触面判定式



(b)

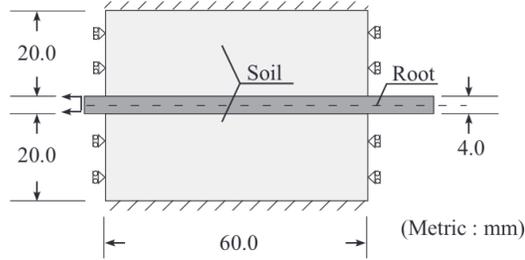
根-土接触解析結果と要素試験・室内試験結果との比較分析



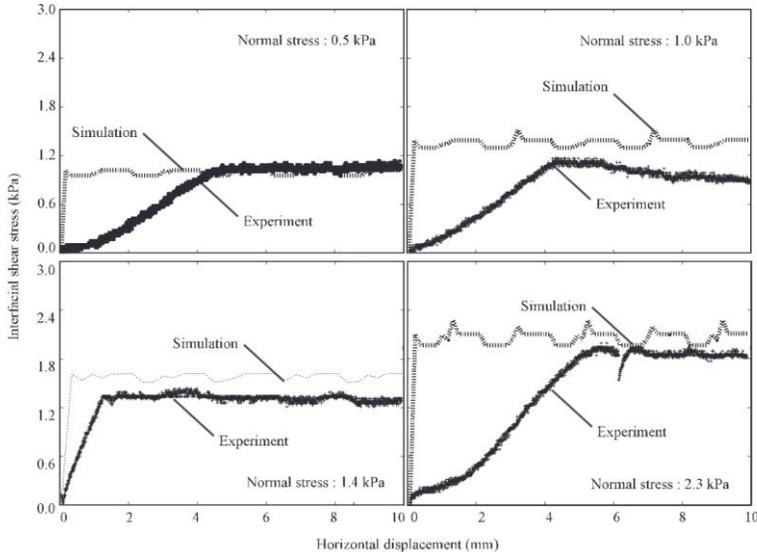
要素試験と再現試験の比較

変位-せん断応力関係が要素試験と整合

特に、最大せん断応力を高精度に再現



(b) 载荷条件および境界条件

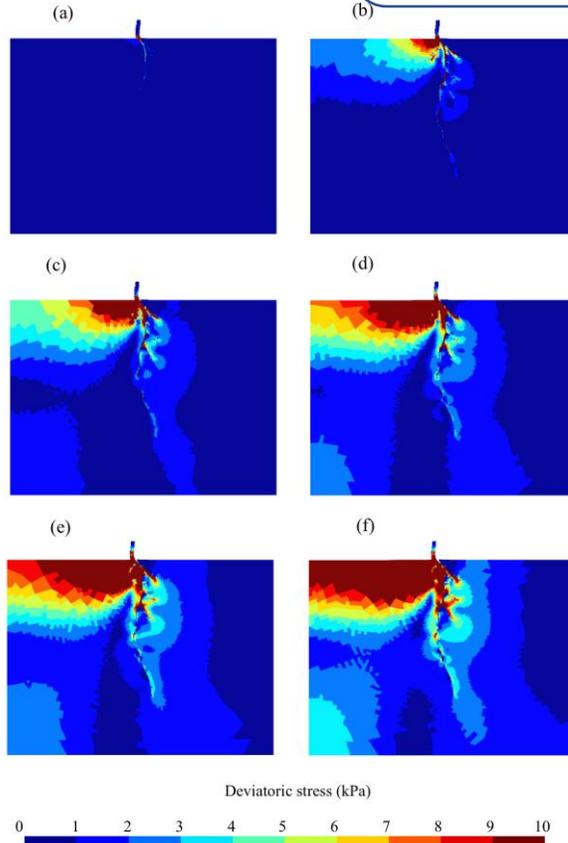


変位-せん断応力関係

根系支持力試験の再現計算

根系の構造を再現し、高精度な再現に成功

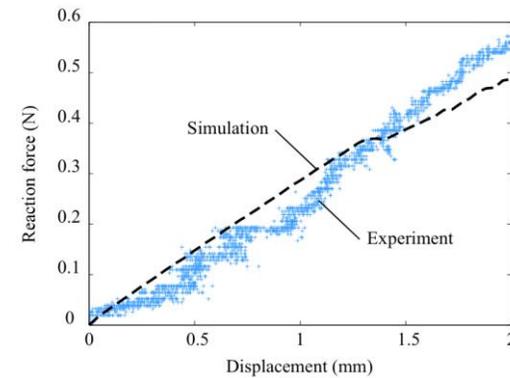
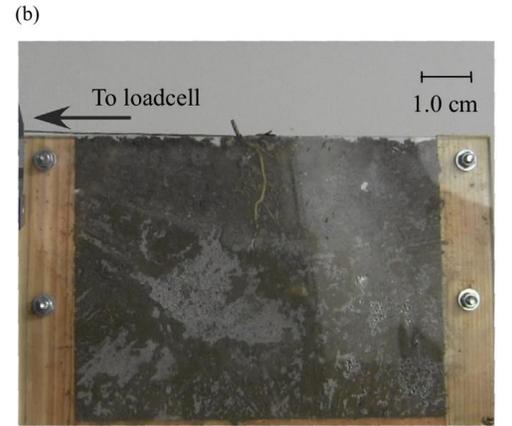
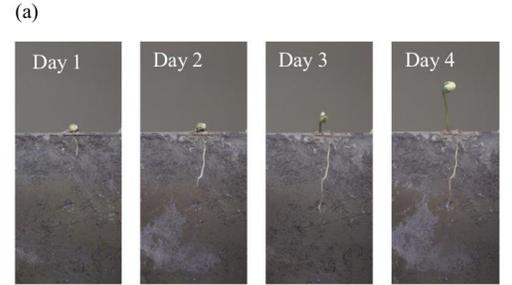
植生の補強効果の利活用や、最適根系構造を数値的に探索する技術へ発展する可能性



偏差応力分布

根基部を水平左側へ引く時、主根および反対側側根周辺にせん断応力が集中

植物体を用いて室内試験を準備



変位-支持力関係

室内载荷試験と比較して、定量的に整合した結果が得られた。