

樹木根系の蒸散作用による地盤変状解析

新潟大学 非会員 ○ 木本峻史 新潟大学 正会員 金澤伸一
 新潟大学 非会員 齊藤日向子 新潟大学 非会員 山下大輝

1. はじめに

植生が地盤に与える影響について、表層崩壊・侵食の防止などの効果がある一方、蒸散作用による地盤内水分の減少、地下水位の低下による不等沈下が生じる危険性があり、プラスとマイナスの両面がある。そのため、これらの植生の地盤に対する影響を、定量的・総合的に評価する必要がある。しかしながら、植生の生育メカニズムは複雑であり、植生に関する不飽和土の評価は難しいものとされてきた。近年では、不飽和土の構成モデルが発展し、初期値境界値問題に植生の影響を考慮できるようになっている。

そこで本研究では、植生の吸水効果を定式化し、不飽和土/水/空気連成有限要素解析 (DAC SAR-MP) を用いて、実例を参考に植生を考慮した地盤構造物についてシミュレーションを行い、植生が構造物に与える影響を推定した。

2. 解析条件

解析条件について以下の表-1 に材料定数、図-1 に解析領域を示す。材料は粘性土を想定し、各境界条件で植生の影響を評価する。Poznań clay は圧縮性が高いため、Boulder clay に比べ沈下しやすい材料となっている。

蒸散の影響をわかりやすくするために、植生周辺での要素は小さくし、caseA を蒸散・降雨・蒸発を考慮したもの、caseB を降雨・蒸発のみを考慮したものとして 2 種類の解析パターンを設定した。また caseA と caseB はどちらも建物荷重を与えている。建物荷重は実例を再現するために RC 構造 5 階建ての構造物を想定し、 $8000(\text{kg}/\text{m}^2)$ とした。建物建築後の即時沈下が大きいことを考慮し、建物荷重は初年度のみ与えている。また解析は建物が建設された 1961 年から建物北側の木が伐採された 1993 年までの 30 年間(1961 年~1993 年)を対象とした。

表-1 (a) 材料定数 (Poznań clay)

λ	κ	M	ν'	$k_w(\text{m}/\text{day})$	$k_a(\text{m}/\text{day})$	G_s	m
0.18	0.037	1.4	0.30	8.64×10^{-4}	8.64×10^{-2}	2.65	1.0
a	n	e_0	γ_t	S_{r0}	n_E	m	P'_{sat}
10.0	1.0	1.152	1.56	0.15	1.3	0.0	45.0

表-1 (b) 材料定数 (Boulder clay)

λ	κ	M	ν'	$k_w(\text{m}/\text{day})$	$k_a(\text{m}/\text{day})$	G_s	m
0.097	0.023	1.4	0.30	8.64×10^{-5}	8.64×10^{-3}	2.65	0.8
a	n	e_0	γ_t	S_{r0}	n_E	m	P'_{sat}
10.0	1.0	1.193	1.56	0.15	1.3	0.0	45.0

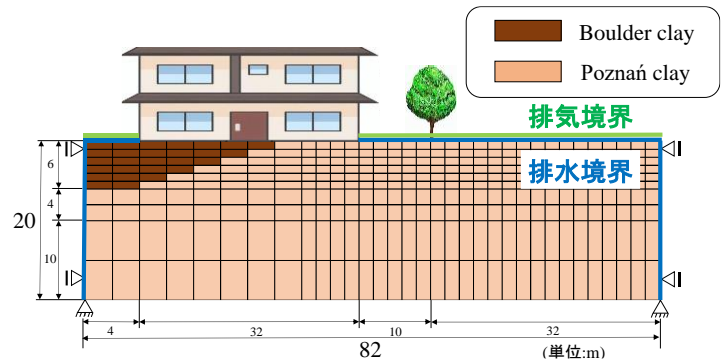


図-1 解析領域

3. 解析結果及び考察

図-2 に解析結果を示す。図は地盤沈下量が最大となる 1980 年時点での平均有効応力 p' 、偏差応力 q 、体積ひずみ ε_v 、サクシオン s 、間隙比 e 、飽和度 S_r を示している。

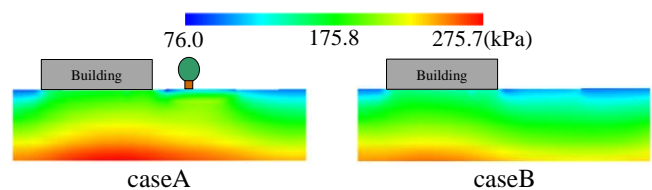


図-2 (a) 平均有効応力 p'

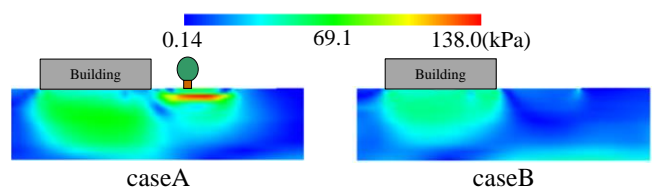


図-2 (b) 偏差応力 q

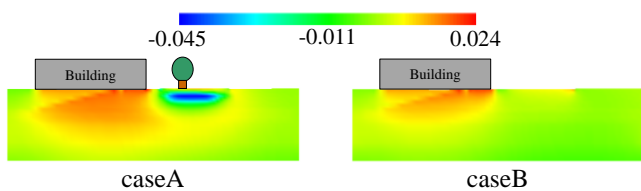


図-2 (c) 体積ひずみ ε_v

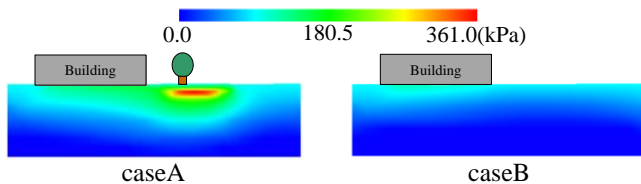


図-2 (d) サクション s

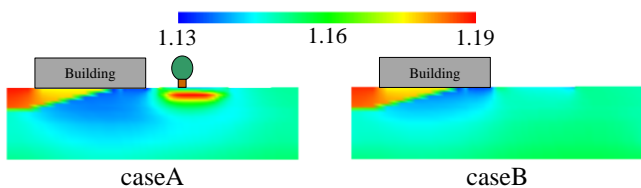


図-2 (e) 間隙比 e

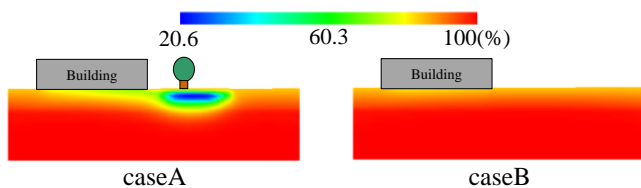


図-2 (f) 飽和度 S_r

図-2 (f)飽和度から植生の蒸散作用により地盤内水分が減少することで、(d)サクションが caseB では建物下での狭い範囲で増加しているのに対し、caseA では建物下・植生付近において大きく増加していることがみてとれる。サクションが増加することで間隙水圧が低下し、(a)平均有効応力は caseB では建物下を中心に増加しているが、caseA では解析領域内下側において広い範囲で増加し、植生付近でも増加している。平均有効応力が増加するとともに、(e)間隙比は caseB では建物下での狭い範囲で低下がみられるのに対し、caseA では建物下での間隙比は初期に比べて小さくなり、caseB に比べて広い範囲で間隙比の低下がみられる。よって、植生の蒸散作用による地盤沈下の原因は蒸散作用による地盤内水分の減少により、サクションが増加し、間隙水圧が低下することで、平均有効応力が増加するとともに間隙比が低下することによるものであることが明らかになった。

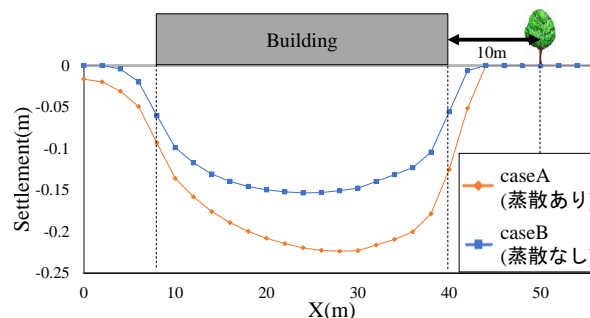


図-3 地表面沈下量(20年経過時, 1980年)

図-3より caseB では沈下量が建物を中心として左右対称な沈下量を示しているのに対して、caseA では植生側(北側)のほうが沈下量が大きくなっていることがみてとれる。caseA, caseB での最大沈下量の差は7.0cmとなった。

本研究では現場の植生からクスノキ6本分の蒸散量・根系分布の広がりをも想定している。樹木数が多い場合には蒸散量が大きくなり、根系分布がより広がることで、地盤沈下が広範囲においてさらに大きくなることが推定されることから植生の蒸散作用による地盤沈下の危険性は無視出来ないといえる。

4. おわりに

本研究では、植生の蒸散作用による不等沈下事例を解析的に再現した。蒸散作用により地盤内水分が減少し、サクションが大きくなり、平均有効応力が増加、間隙比が低下することが明らかになった。本研究は実例をもとに現場の植生からクスノキ6本分と仮定し、根系分布と蒸散量を入力したが、樹種や本数によらない普遍的な対策工を検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 河井克之, 山田竜太郎, 飯塚敦, 橘伸也, 大野進太郎: 植生の吸水作用が地盤の安定性に及ぼす影響, 応用力学論文集, Vol.11, pp.443-450, 2008.
- 2) Wojtasik, A.T. and Jez, J: Multistory apartment building on Poznan clay — case history, in Unsaturated Silts for Asia, Proc.1st Asian Conf.on Unsaturated Soils, pp.757-762, 2002.