

築堤時の降雨・蒸発履歴の違いが盛土内部の初期応力に及ぼす影響

中央大学

学生会員

○福田 拓海

中央大学

正会員

金澤 伸一

中央大学研究機構

正会員

石井 武司

中央大学

正会員

齋藤 邦夫

1. はじめに

近年，異常気象による台風やゲリラ豪雨が多発しており，その影響によって盛土構造物の崩壊事例が数多く報告されている．その主な原因として，盛土内の排水処理にあると考えられている¹⁾．盛土の降雨に対する排水対策は施工中と供用後で異なるが，降雨の影響を受けるのは施工開始から供用後まで断続的である．なかでも施工中の降雨の影響が盛土内を弱体化すると考えられる．しかしながら一方で，盛土の施工時期は特定できず施工中に受ける降雨量は様々で，例えば梅雨の時期と夏期の 1 ヶ月間で約 350mm もの差がある．また，一般的に梅雨の時期に合わせて施工は行われれないが，やむを得ずその時期に施工される場合もある．その際の対応は，「排水対策を行い，他に天候を確認しながら作業を行う¹⁾」といった内容に留まっている．つまり施工中の降雨が築堤完了時の初期応力状態に与える影響は明らかにされていない．そこで本研究では，土／水／空気連成有限解析コード(DACSAR-MP)を用いて締固めと降雨・蒸発履歴を考慮した築堤解析を行い，施工中の降雨量の違いが盛土内部の初期応力に及ぼす影響を比較した．

2. 築堤解析

本研究では盛土の築堤時に締固めと降雨・蒸発履歴を考慮して解析を行う．そして築堤中の降雨が盛土にどのように影響を及ぼすか，築堤完了時の初期応力分布から検討する．

2. 1 解析条件

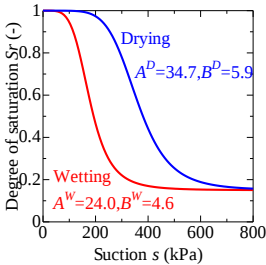
解析に用いる材料パラメータを表－1，水分特性曲線を図－1 のように与える．図－2 に解析対象となる盛土とその解析領域を示す．解析領域のサイズは，天端幅 3m，下端 15m，高さ 6m の盛土を想定する．施工期間は 1 ヶ月間とし，一層 30cm の撒き出し後，荷重条件 500kPa として各層に載荷と除荷を行うことで締固めを表現する．また，変位境界は下端を鉛直・水平を固定とし，平面ひずみ解析を行う．水理境界は上下左右を非排水境界とする．

2. 2 降雨条件

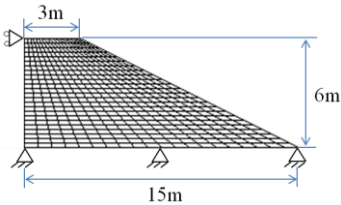
本研究で使用した降雨履歴を表－2²⁾に示す．施工中に与える降雨は日本平均降雨量を模擬するため 2011 年度の京都府京都市の年間降雨履歴を用いた．与える降雨量を 3 ケース用意し，降雨量合計 1650mm を 1 ヶ月分に直した 137.5mm，最も降雨量の多い時期の 415.2mm，夏期を想定した 62.4mm として解析を行った．なお，本研究で使用する不飽和土構成式モデルは大野ら³⁾の提案する S_e －Hardening モデルである．また，水分特性曲線モデルは河井ら⁴⁾の提案する，吸水・脱水時のヒステリシスが考慮で

表－1 材料定数

λ	κ	M	m	S_{r0}	k_a (m/day)	p'_{sat} (kPa)
0.18	0.037	1.333	0.8	0.15	1.00	59.1
n	n_E	a	ν	G_s	k_w (m/day)	e_0
1.0	1.3	10	0.33	2.7	0.01	1.2

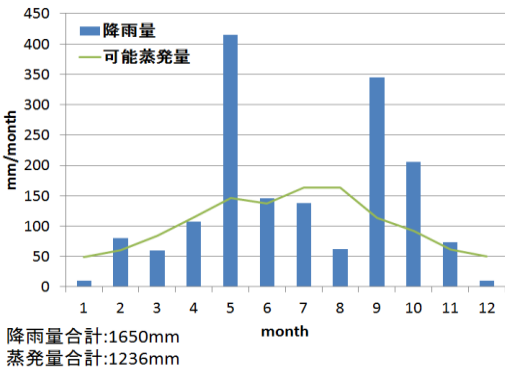


図－1 水分特性曲線



図－2 解析領域

表－2 2011 年度 京都府月間降雨・蒸発履歴



キーワード 不飽和，盛土，降雨・蒸発履歴

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学 理工学部 TEL 03-3817-1711

きるモデルを使用する。

ここで、 M ：限界応力比， n_e ：EC モデルのフィッティングパラメータ， a ：不飽和化による圧密降伏応力の倍率を決定するパラメータ， m ：不飽和透水係数式の形状パラメータ， ν ：ポアソン比， S_{r0} ：吸着水が占める飽和度， e_0 ：初期間隙比， p'_{sat} ：不飽和化による圧密降伏応力， k_w ：飽和透水係数， k_a ：透気係数， λ ：膨潤指数， κ ：圧縮指数 G_s ：土粒子比重とする。

3. 解析結果

本論文では、施工時の降雨を a) 平均降雨量 (137.5mm)，b) 梅雨時期 (415.2mm)，c) 夏期 (62.4mm) の 3 ケースに変えて解析を行った。図一3 に築堤完了時の各初期応力分布を示す。I)，II)，III)，は各降雨量の解析結果を平均有効主応力，軸差応力，サクシオンごとにまとめたグラフである。

I) の平均有効主応力から、a) 平均降雨量を基準とし b) 梅雨時期、c) 夏期の初期応力分布を比較すると、降雨量の差によって盛土内部の応力が梅雨時期では低下し、夏期では増加していることが分かる。また、表層部分に関しても同様の結果となった。これは、どちらも III) のサクシオンが、梅雨時期では消失し、逆に夏期では発揮したためであると考えられる。

II) の軸差応力から、a) 平均降雨量、b) 梅雨時期、c) 夏期を比較してみると、盛土内部に関して、降雨量の増減に伴う内部応力の変化はあまり見られない。しかしながら、法先部分の軸差応力は、降雨量が増加するとともに低下していることがみてとれる。これは、降雨浸透による法先部分のサクシオンの消失が寄与していると考えられる。

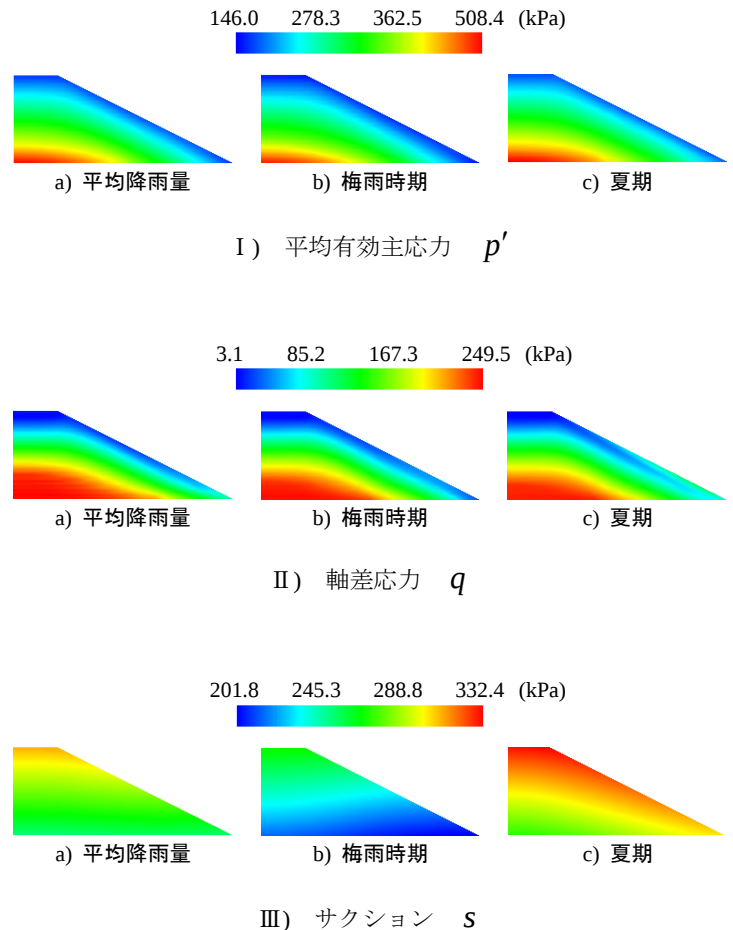
4. まとめ

本論文では、築堤完了時の盛土の初期応力状態に着目した。その結果、施工中に受ける降雨量の違いが、築堤完了時の盛土の初期応力状態に影響を与える結果となった。また、供用開始後の降雨によって崩壊が懸念される、法先部分の強度にも影響を与えることが解析的に表現された。その結果、築堤完了時の盛土の初期応力状態を予測することの重要性が示された。

今後は、①本研究で用いた各ケースに対して経年変化を確認する。②集中豪雨を模擬した降雨履歴を与え盛土が破壊するのかを検討していく。

5. 参考文献

- 1) (社)日本道路協会：「道路土工－盛土工指針」，2010。
- 2) 気象庁: Japan Meteorological Agency: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>。
- 3) 大野進太郎，河井克之，橘伸也：有効飽和土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, 1132-1141, 2007。
- 4) 河井克之，汪偉川，飯塚敦：水分特性曲線ヒステリシスの表現と不飽和土の応力変化，応用力学論文集，Vol.5, pp.777-784, 2002。



図一3 施工時の降雨量を変化させた各初期応力分布