

粘性土の盛土の設計における作用降雨の検討

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 小島謙一 館山勝

中央開発（株）正会員 橋本和佳 西原聡

1. はじめに

土構造物の設計においても限界状態設計法による性能照査型の設計法が導入されており、従来の仕様規定による設計法から大きく様変わりを見せている。土構造物の性能を照査するにあたり、土を用いた構造物の特有の照査項目として、降雨による影響が挙げられる。降雨による影響の照査としては、これまで砂質土の盛土における照査方法や作用（例えば¹⁾）としての降雨モデル、粘性土の盛土については初期条件の設定²⁾などの検討を行ってきているが、作用としての降雨については検討されていなかった。降雨に対する影響は、対象構造物の土質により大きく異なることから、砂質土の盛土における作用をそのまま適用することができないことがわかっており、粘性土の盛土に用いるための作用降雨の検討が必要とされた。本検討では、粘性土の盛土の降雨時の設計に用いる作用降雨について、試計算等を基に検討した結果について述べる。

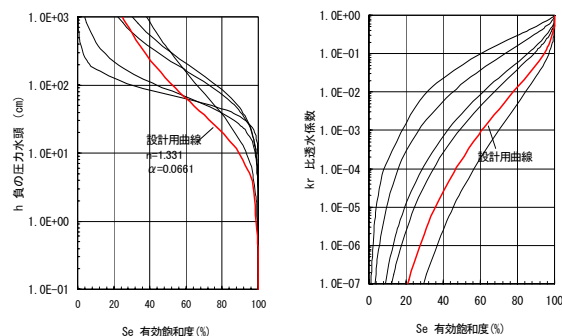


図-1 不飽和浸透特性（粘性土）

表-1 梅雨時期の総降雨量の推計値

地域	北海道 東北	本州 (東北除く)	四国 九州
データ数	1593	2757	1369
平均値	475mm	709mm	1067mm
標準偏差	176mm	282mm	458mm

表-2 梅雨時期の降雨日数の推計値

地域	北海道 東北	本州 (東北除く)	四国 九州
データ数	1593	2757	1369
平均値	39.1日	41.7日	45.7日
標準偏差	7.3日	8.3日	9.8日

統計年数：1961～2002年の42年，気象官署138箇所

2. 検討手法および降雨データ

検討は2次元有限要素法による浸透流解析を用いて実施した。土の水分特性曲線は、過去の初期条件の検討に用いたものを適用した。図-1に用いた水分特性曲線を示す。粘性土の盛土の場合、これまでの実降雨（雨の多い梅雨～夏季の時期（5～8月：以降梅雨時期と標記）の降雨）やモデル化した降雨に対する試計算結果から、総降雨量だけではなく降雨パターン（降り方）などの影響も少なくないことが分かっている。このため、実降雨を設計降雨として用いる方が現実的であると考えられる。しかし、実記録は無数に存在するため一義的に決定することは困難であり、設計手法を定めるにあたってはパターン化した降雨を設定する方が適切である。ここでは実降雨とパターン化した降雨モデルに対して浸透流解析を行い、降雨に対する評価を実施した。設計降雨のモデル化の検討にあたり、北海道・東北，本州（東北除く）および四国・九州地方の3つに地域区分し、それぞれの地域における気象庁の降水量観測記録（1961年～2002年，気象官署138箇所）に基づいて梅雨時期（5～8月）の降雨特性（総降雨量，降雨日数）について検討した。表-1，2に各地域の梅雨時期における総降雨量および降雨日数の統計値を示す。総降雨は各地域の地域性が認められ、標準偏差の範囲から北海道・東北地域では300～650mm，東北を除く本州地域では400～1000mm，四国・九州地域ではバラツキが多く600～1500mmの範囲の値を示した。降雨日数は総降雨量ほど明確な地域性が認められず、全国的に40～50日の範囲にあり、今回決めた梅雨時期全期間（123日間）の30%程度であり、年間降雨の割合と大きな差はなかった。降雨日の多い梅雨時期とはいえ全期間の50%以上の日で雨が降る場合は多くない。

3. 実降雨による検討結果

実降雨を用いて浸透流解析を行い、盛土内の浸透状態について検討を行った。初期条件は以前の結果を基にSr=80%一定とした。降雨は前述の梅雨時期における特性に基づき、600mm，800mm，1000mm，1200mm程度

キーワード：降雨，粘性土，設計

連絡先：（住所）〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38，（TEL）042-573-7261，（FAX）042-573-7248

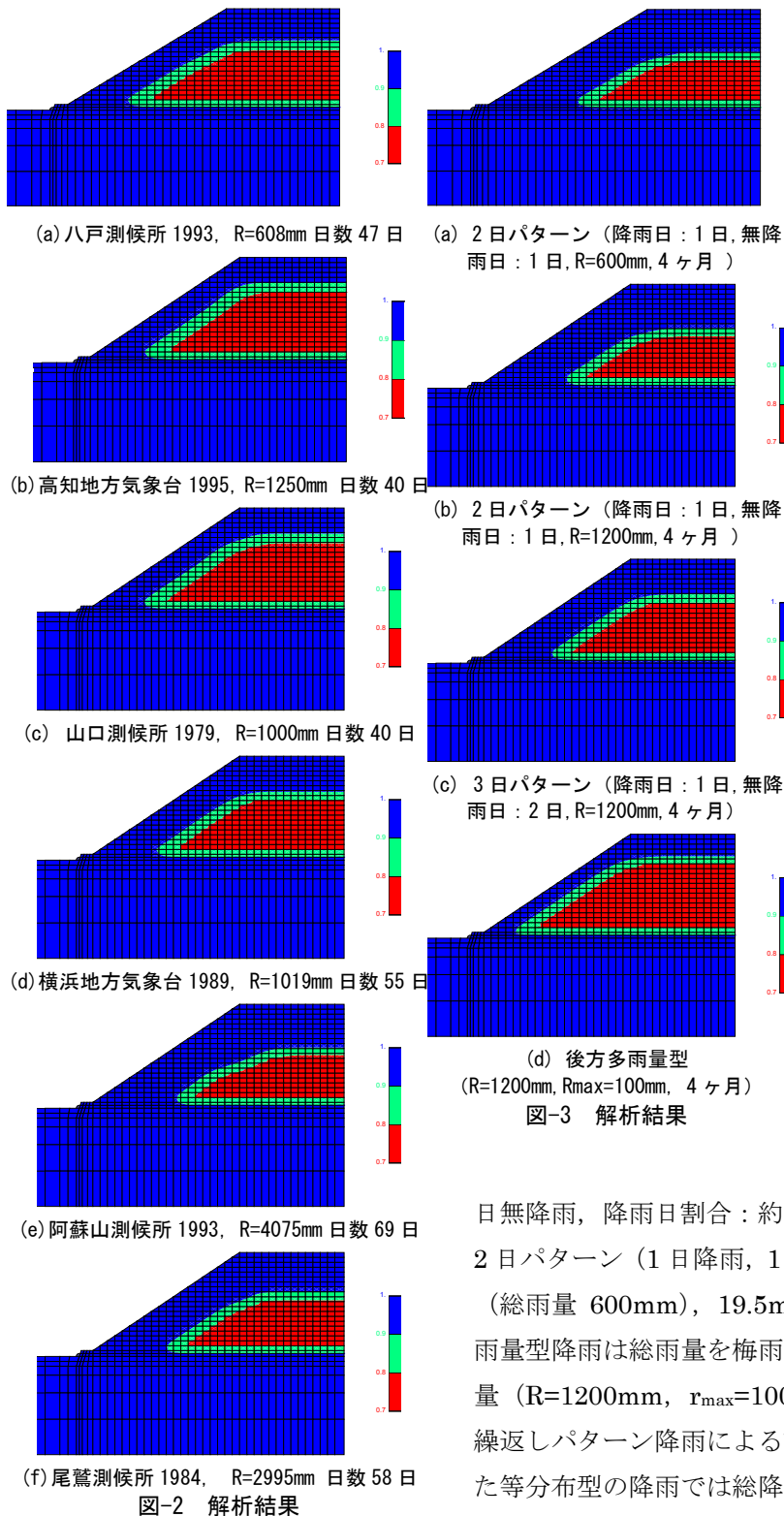


図-2 解析結果

の降雨量, 降雨日数が 40~50 日程度のものを用いた. また, 梅雨時期の総降雨日数 60 日以下のうち総降雨量が最大値である尾鷲測候所 (1984 年), 全観測記録の中で総降雨日数が最大である阿蘇山測候所 (1993 年, 総降雨日数: 69 日) についても解析を行った. 総降雨量 600mm 程度の八戸測候所と 1200mm 程度の高知地方気象台の降雨終了時の飽和度分布を図-2(a), (b) に示す. 両者とも大差がない結果であり, 総降雨量の大小が盛土の湿潤状態に必ずしも大きな影響を及ぼさない. また, 同じ総降雨量で比較した結果を図-2(c), (d) に示す. やや降雨日数が多い方が, 盛土内の降雨浸透が大きい場合がある (総降雨量 1000mm 程度の場合) ことがわかる. 粘性土の盛土の場合は, 土の透水係数が小さいために総降雨量が直接的に影響するわけではなく, 降雨日数や雨の降り方 (パターン) と合わせて複合的に影響すると考えられる.

4. モデル降雨による検討結果

実測降雨の湿潤状況を模擬するモデル降雨を決定するために, モデル化した等分布型降雨, 後方多雨量型降雨に対して解析を行った. 等分布型降雨は, 3 日パターン (1 日降雨, 2 日無降雨, 降雨日割合: 約 30%, 日降雨量 29.3mm/d (総雨量 1200mm)), 2 日パターン (1 日降雨, 1 日無降雨, 降雨日割合: 50%, 日降雨量 9.8mm/d (総雨量 600mm), 19.5mm/d (総雨量 1200mm)) とした. また, 後方多雨量型降雨は総雨量を梅雨時期総雨量, 最大値を梅雨時期期間中の最大日雨量 (R=1200mm, Rmax=100mm: 鹿児島地方気象台 (2002)) とした. 2 日繰返しパターン降雨による試算結果を図-3(a), (b) に示す. パターン化した等分布型の降雨では総降雨量による違いはほとんどない. 3 日パターン降雨による感度計算結果を図-3(c) に示す. 3 日パターンよりも 2 日パターンの

方が盛土内の飽和度が高く, 降雨が浸透していることが分かる. また, 後方多雨量型降雨に対する飽和度分布を図-3(d) に示す. 等分布型降雨と比較して盛土内の飽和度は低くなった. 実降雨の結果と比較すると総降雨量 1200mm 程度, 降雨日数 40~50 日程度の実降雨に対しては 3 日パターン, 総降雨量などが最大レベルの実降雨 (尾鷲 (1984) や阿蘇山 (1993) (図-2(e, f)) に対しては 2 日パターンで, 概ね実降雨による盛土内の飽和度分布を包括することがわかる. この結果から, 粘性土に用いる作用降雨として 3 日および 2 日パターンの繰返し降雨でモデル化が可能であると考えられる. 今後は, 更に検討を進め粘性土盛土における降雨時の設計手法を確立する予定である.

図-3 解析結果

<参考文献>

- 1) 小島, 館山, 橋本, 西原: 砂質土の盛土における設計時に適用する降雨モデルの評価, 第 59 回年次学術講演会, 2004
- 2) 小島, 館山, 橋本, 西原: 粘性土の盛土における降雨時の設計における初期条件の検討, 第 41 回地盤工学研究発表会, 2006