

Ⅲ-101

河川堤防における長期的な堤体土の水分変化の検討

日本大学 学生員 朱 偉
日本大学 正会員 山村和也

1. はじめに

浸透による河川堤防のすべり破壊には降雨や洪水などによる浸透作用が原因になるが、堤体土の経時的な含有水分や堤防地盤の地下水位の変化も浸透作用に大きく影響する。堤体土の水分変化が堤防の安定性に関係するので、長期間にわたる土の水分量の経時的変化を明らかにするため、現地の堤防で実測した堤体土の水分量および地下水位の変動データを用い、堤体土の水分量の変化について検討を試みた。

2. 堤防の水分変化の実測

観測対象は千葉県流山市下花輪にある江戸川左岸の堤防(距離標25.0K)であって、堤防の断面および測線の位置は図-1に示す。含水比および地下水位の測定は1994年4月から10月まで行った。この期間の降雨データは図-2のとおりである。含水比の測定は挿入型R I水分計、地下水位の測定は触針式のテスータを用いて行った。飽和度の変化は堤防中央部の測線WC2-2を代表として整理したものを図-3に示す。

3. 有限要素法の浸透解析および観測堤防の水分変化

観測堤防を432要素、468節点に分割して飽和-不飽和浸透解析を行った。数値解析には実測した降雨量、初期飽和度、地下水位を用い、また降雨のない日には蒸発散が2mm/日あると仮定した。数値解析によって得られた飽和度の経時変化が実測値と類似した傾向を示すよう試行錯誤を重ねた結果、堤防の透水系数は盛土が $2.0 \times 10^{-3}(\text{cm/s})$ 、シルト質粘土は $2.0 \times 10^{-4}(\text{cm/s})$ となった。水分特性曲線は土の粒度構成からVen Genuchtenのパラメータを推定し、さらにいくつかの修正を加えた。(盛土は $\alpha=0.01$, $n=1.5$, $\theta_s=0.574$, $\theta_r=0.16$;シルト質粘土は $\alpha=0.008$, $n=1.2$, $\theta_s=0.704$, $\theta_r=0.22$ である。)図-4はWC2-2に相当する位置での解析飽和度である。解析には日降雨量を用いたことや実際の堤防での細かい土質変化を取り込んでいないことなどにより実測値との差がみられるが、全体的に水分変化の傾向は大まかに一致したと考えられる。月降雨量が60~100mmの4月~6月には、すべての測線において実測値と解析値共に飽和度の変化は小さくほぼ一定な値を示した。降雨の少ない7月と8月には飽和度の低下がみられ、乾燥した天候の影響で10%位の飽和度の低下があることが実測と解析から分かった。330mmの雨が降った9月には飽和度の上昇が著しく10月も高い飽和度を保っていた。地下水位の変化も飽和度と同じ傾向を示し、4~6月は比較安定し、7~8月に低下傾向で9月に急激に上昇した。実測した水位の変化は広域な地下水位の変動も反映したと考えられる。解析によれば堤体中央部の地下水位は両側よりやや高くなり、

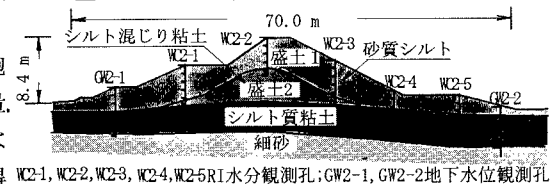


図-1 観測した堤防の断面および測線位置

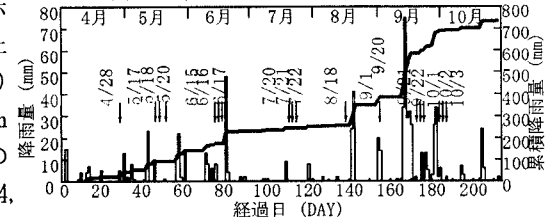


図-2 観測期間の降雨データ

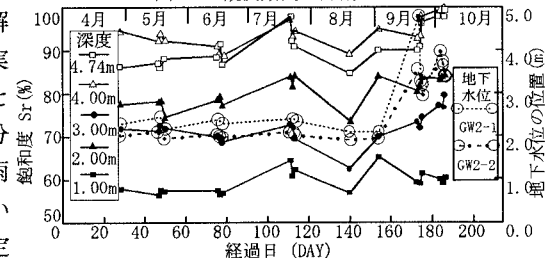


図-3 WC2-2断面での実測飽和度と地下水位の変化

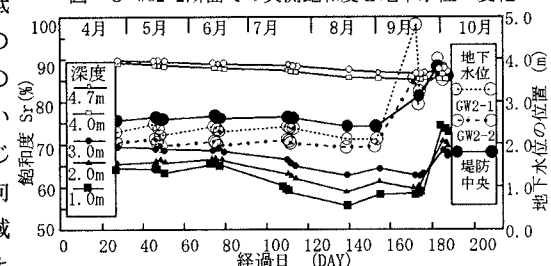


図-4 WC2-2断面での解析飽和度と地下水位の変化

降雨の影響はいくらか遅れる傾向が示された。

各測線を単位面積の土柱と考え、観測した水分量から土柱内の水分量の変化を降雨量で表したのが図-5である。同時に解析で得られた堤防全体についての水分量変化を降雨量で示した。それぞれの測線の位置によって水分量の変化に違いが現れ、堤防の中央部では雨のあまり降らなかった7～8月に水分流出は顕著で、逆に降雨の多い時期にはより尻での水分増加が比較的大きい。解析によって求められた堤防全体についての水分量変化は4～6月には小さいが、雨の少ない8月には100mm近い流出が見られ、また雨の多かった8月下旬から9月の雨による水分量の増加が大きい。

4. 平年における堤防の水分変化の検討

観測を行った1994年は近年まれな乾燥した気候であったため、平年における堤防内の水分変化を検討するのに1990年の利根川流域3つの雨量観測所の雨量データを用いて解析を行った。図-6のように3ヶ所の年間雨量はそれぞれ2000, 1750, 1500mm位で、月降雨量は1～6月に大体100mm以下、7～11月に100～500mm, 12月に50mm位であった。

解析結果は月降雨量と対応し、図-7のように水分変化量は1～7月に小さく、8～11月の間に降雨流入量がピークになり、多い時には堤防に150mm～350mmの雨量に相当する水分量が増加した。12月は水の流出が主であった。このように堤防内からの水の流入流出量の違いによって一年間の水分変化が安定期、湿潤期と回復期に分けられ、また年間雨量の大小によって各時期の水分変化量が違うことが分かった。

堤防の飽和度は水分量の変化と同じ傾向である。WC2-2測線地表面から1.5mでの飽和度変化を取り出したものが図-8である。1～7月に飽和度の変化は横這い、変化する幅も10%位であったが、8月から飽和度が上昇し増加量は20%位に達した。堤防中央部の水位を調べたところ、7月までにほぼ一定であったが、8月から1.5～2.0mの水位上昇が見られた。水位は12月をかけて徐々に低下する傾向が示された。

5. まとめ

長期的に堤防の水分変化を測定、解析することで以下の知見が得られた。

- (1) 堤防内部の水分量は気象条件に伴い、季節的に変化し、土の飽和度、堤体内部の浸潤線の高さも変化する。
- (2) 1994年の観測データと1990年の解析結果から見れば、一年間の水分変化は大体安定期、湿潤期と回復期の3つに分けられる。またそれぞれの時期における堤防の飽和度や浸潤線の状態はその期間の降雨量に支配されているものと考えられる。
- (3) 堤防の初期飽和度と地下水位の状態は降雨浸透や洪水浸透を大きく影響するので、堤防の安定性評価には湿潤期の悪条件を考えた検討が必要である。

なお本研究のデータは建設省江戸川工事事務所より提供されたものであることを付記し感謝の意を表する。

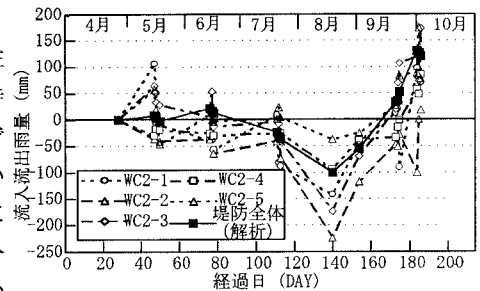


図-5 観測堤防における流入流出雨量の変化

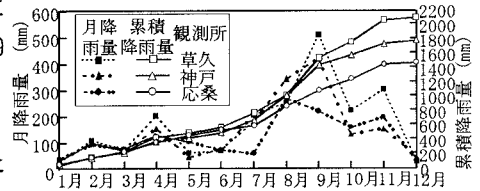


図-6 平年における降雨量観測データ
(利根川流域3つの観測所、1990年)

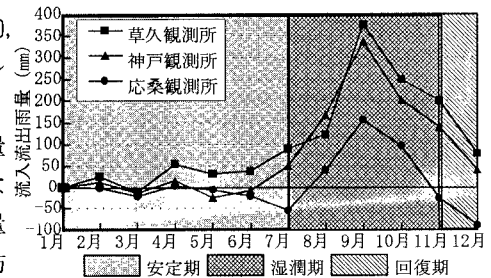


図-7 平年での流入流出雨量の変化

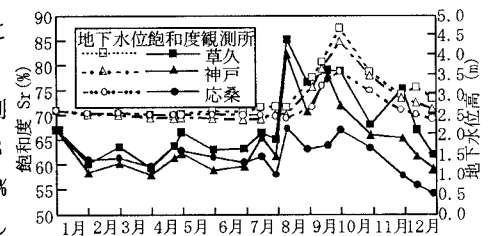


図-8 平年での飽和度と地下水位の変化