

III-327 堤体内浸透流に及ぼす降雨の影響

建設省土木研究所 正会員 丹羽 薫
 同 上 同 上 久楽 勝行
 同 上 同 上 斉藤 義章

1. まえがき

豪雨および洪水時における河川堤防等の土構造物の安定性を考える場合、降雨および河川水位上昇による堤体内の非定常浸透流の挙動を解明して、堤体の安定性に与える影響を明らかにする必要がある。しかしながら、堤防などの土構造物への降雨の浸透と河川水の浸透とを同時に考慮して、のり面の安定性を論じている研究はこれまでにほとんどない。そこで、河川水位上昇と降雨とが重なった場合の堤体内浸透流の挙動について調べる目的で行った大型模型実験結果に基づいて、飽和-不飽和浸透流解析の適用性を検討した。また、浸透流解析を実際の堤防に適用して、堤体内浸透流に及ぼす降雨の影響を検討したので、これらの結果について報告する。

2. 実験方法および解析方法

実験は、図-1に示した実験槽に設けた矩形の堤体を用いて行った。堤体材料は細粒分8%のシルトまじり砂である。実験条件は、降雨が堤体内の浸透流に及ぼす影響を調べるために、給水槽の水位を一定(1.8m)に保ち、降雨の無い場合(ケース1)と20mm/hrの降雨を与えた場合(ケース2)とで実施した。

また、解析には以下の方法を用いた。飽和-不飽和土中の浸透流の支配方程式は次式で表わされる。

$$\nabla(K \cdot \nabla(h_p + h_e)) = C \cdot \frac{\partial h_p}{\partial t} + Q \quad (1)$$

ここに、 K : 飽和-不飽和透水係数、 h_p : 圧力水頭、 h_e : 位置水頭、 C : 比水分容量、 Q : 流入流出量(流出に対して正)である。(1)式を有限要素法で定式化した解析モデルにより実験ケースについて計算を行い、解析手法の適用性を検討した。

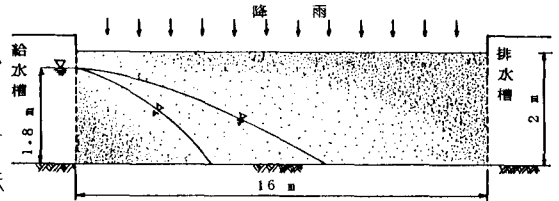


図-1 実験槽

3. 実験結果および数値解析結果

実験結果より、降雨の無い場合(ケース1)と降雨の有る場合(ケース2)とについて浸潤線の時間変化を示したものが図-2である。図-2より、降雨の有る場合は降雨の無い場合に比べて、浸潤線の到達点の速度および各地点における浸潤線の上昇速度共に速く、さらに定常状態における水位も高い事がわかる。

また、前記の解析モデルにより実験ケース1および2と同じ条件で計算を行った結果を図-2に併記した。なお、模型堤体の飽和透水係数は $k=1.5 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ であり、空隙率は0.477である。図-2によると、降雨の無い場合(ケース1)も、また降雨の有る場合(ケース2)も実験値と計算値とはよく一致している。したがって、降雨と河川水位上昇による浸透とが重なった場合においても、前記の飽和-不飽和浸透流解析の適用性は良いと言える。

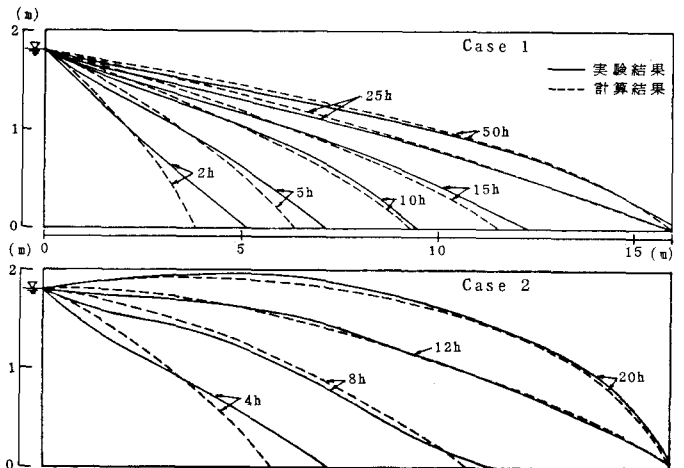


図-2 実験結果および数値解析結果

4. 実際の堤防への適用

実際の堤防において河川水位の上昇と降雨とが重なった場合、堤体内浸透流に与える降雨の影響を調べるために、図-3に示すモデル堤防を用いて浸透流解析を行った。計算条件は、河川水位は6mに上昇させた後一定に保ち、堤体上への降雨は0mm/hrから30mm/hrまでの4ケースとした。図-3に各ケースの堤体内浸潤線の時間変化を示した。図-3より、降雨の有る場合は降雨の無い場合に比べて、裏のり先に浸出点の現われる時間が早く、堤体内浸潤線の上昇速度も速く、また定常状態における水位も高い事がわかる。

各ケースについて、堤体内の飽和領域の広がりを表わす浸潤面積（飽和領域の面積）の時間変化を図-4に示す。降雨の無いケース1では、浸潤線が裏のり先に到達するまでは初期を除いて浸潤面積はほぼ $t^{1/2}$ に比例して広がっており、従来の実験結果や解析結果と同様の傾向を示している¹⁾。一方、降雨の有る場合は、降雨が浸潤面および堤体底面に到達し始めると浸潤面積は急激に増加し、降雨強度が強くなるに従って浸潤面積の増加割合は大きくなることが認められる。

次に、裏のり部の水位上昇は裏のりすべりに対する安全度低下に及ぼす影響が大きいことから、堤体裏のり部（ $x=28m$ ）における水位の上昇を図-5に示した。降雨強度の増加に伴い定常状態での堤内水位が高くなり、しかも水位が上昇し始める時間、定常状態に達する時間共に短くなっている。従って、河川水位上昇に堤体上への降雨が重なった場合には、降雨量の増加に伴い裏のりすべりに対する安全度が低下し、しかも安全度低下が早期に生じる事がわかる。

5. まとめ

今回の実験および解析結果より、実際の堤防においても洪水時に河川水位の上昇と堤体への降雨が重なり長時間継続した場合、降雨が堤体内の浸透流

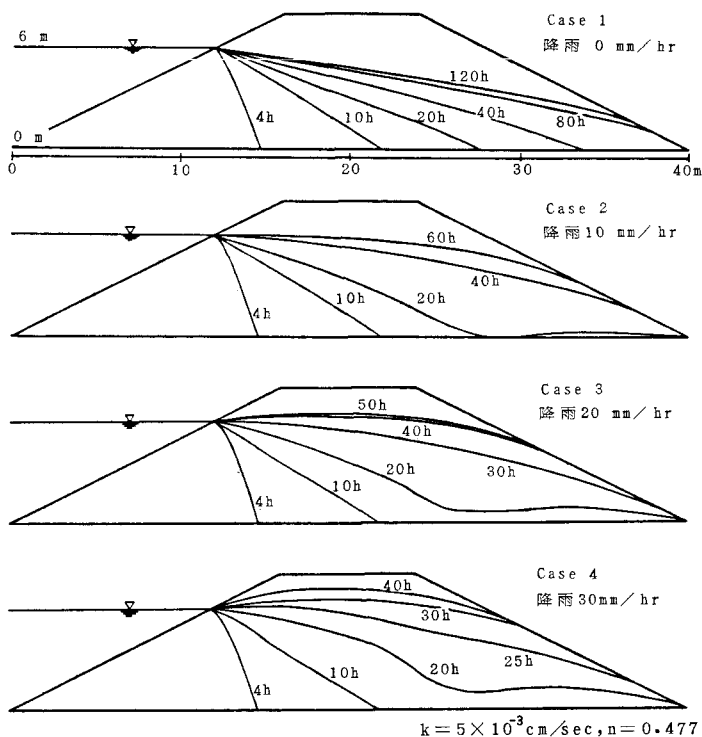


図-3 堤体内浸潤線の時間変化

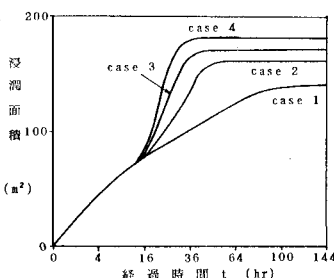


図-4 浸潤面積と経過時間との関係

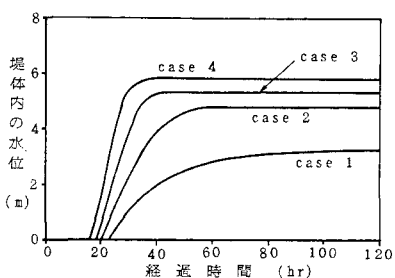


図-5 堤体裏のり部（ $x=28m$ ）における堤体内水位

に及ぼす影響は大きなものであり、堤体の安定性を低下させる事が明らかとなった。今後は、降雨および洪水波形の違いと堤体の土質条件が堤体内浸透流に及ぼす影響、また堤体の安定性にどのように影響するかについても検討を加えたいと考えている。

参考文献 1) 久保、丹羽、斎藤、石塚；降雨と水位上昇にもとづく堤体内の非定常浸透流、第16回土質工学研究発表会、1981