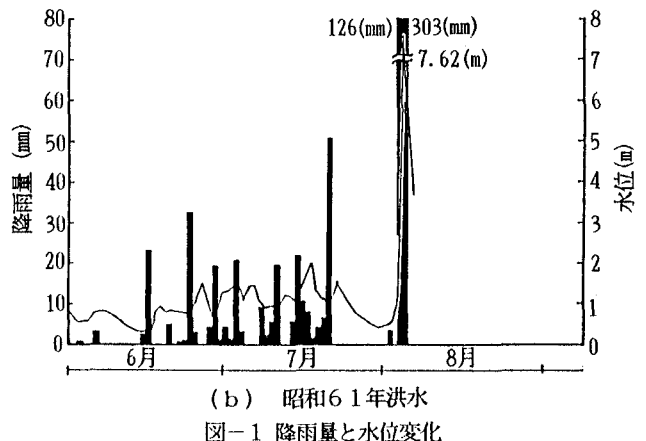
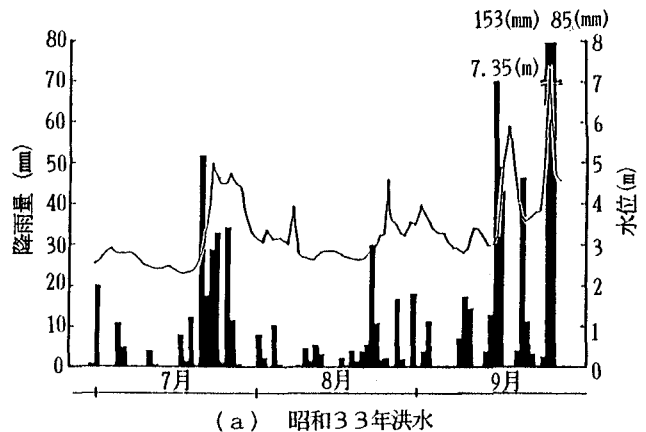


III-420 浸透流の斜面の安定性に及ぼす影響

日本大学大学院 学生会員 ○垣 内 憲 夫
 日本大学生産工学部 正会員 山 村 和 也
 同 上 正会員 今 野 誠

1. はじめに 河川の氾濫を防ぐために作られる堤防は代表的な土構造物の1つである。古い時代から建設されてきた堤防はそれなりの技術的な経験を持ち洪水防御機能を果たしてきたと考えられるが、最近でも洪水によって時として、破堤の災害を起こしている。一般に堤防はのり勾配を2～3割として築造されており平常の乾いた状態である限り安定性は高い。しかし多量の水が浸透すると安定性が低下し、しばしばのりすべりが発生する。この原因は土中の含水量が増加することによって土のせん断強さが減少し、また浸透流の作用によってすべりを起こさせようとする力が増加することによる。浸透流が安定性に及ぼす影響を明らかにすることは防災対策や堤防の補強工法を検討するうえにも必要である。このため、実際の洪水のデータを用い、また不飽和状態の土の性質を室内試験によって調べ、浸透流解析、安定解析を行って、浸透流の影響の評価を試みた。

2. 堤防の崩壊事例 河川堤防の崩壊はたびたび発生しているが、ある特定の河川を考えた場合は大洪水は度々発生するものではない。堤防斜面を崩壊させるような浸透作用の発生頻度は少ないが、阿武隈川堤防には2度の災害事例がある。阿武隈川堤防の大きな災害は昭和33年と61年の2回発生しており、特に33年の洪水では下流部の全川にわたる堤防が斜面崩壊を起こした。61年は33年を上回る大洪水であり、洪水直前の降雨量と洪水の水位共に33年より大きな値を示した。このため上流部では越水破堤などの災害が発生したが、下流部では崩壊がほとんど起こらなかった。両方の洪水の降雨量ならびに水位変化を図-1に示す。のり面崩壊の発生がまったく逆になった原因はいろいろあるが大きな要因は水の浸透に差があったためと思われる。すなわち、図からもわかるように昭和33年は台風の来襲が相次ぎ、災害発生前の2カ月間に2回の豪雨があり合計650mmの降雨量があった。61年は前期雨量はこれの半分以下であり、また河川水位も両者にかなりの差があったことがわかる。災害発生時の洪水の降雨量や洪水のみでなく、かなり前の時期からの浸透水が堤防の安定性に影響を持つのではないかとと思われる。



3. 土のせん断強さの変化 浸透水の作用によって堤防が不安定になる原因は、土の含水量の上昇による土の強度の低下がまず第1に挙げられる。この現象を検討するために代表的な堤防の土を採取し、コーン貫入試験を実施した。土の締め固まり具合によって土の強さは異なるので実験では締め固め度87%の試料を用いることにした。締め固め度85%が現在の堤防の締め固め基準の最低値である。機械化施工が行われる以前に作られた堤防では、この程度の締め固め度の堤防がかなりあり、浸透水の影響を受けやすいので

8.7%の値を選んでみた。締固め度8.7%の密度を持つ供試体について、含水比を変えてコーン貫入試験を実施した。コーン貫入抵抗 q_c と飽和度 S_r の関係を図-2に示した。飽和度が80%程度まで上がると q_c が急激に低下する。図には縦軸に粘着力 c の値を記入してあるが、 q_c と c の関係はいくつかの供試体について一軸圧縮試験を実施し、 $c = q_u / 2$ として関連づけたものである。

4. 飽和度上昇による安定性の低下 堤防に水が浸透して飽和度が上昇すると c が低下し堤体の安定性が低下する。この現象を図-3によって説明する。図に示す断面はのりすべりの一例である。現実にはすべりが発生したのであるから $Fs = 1.0$ と仮定し円弧すべりの計算によって c 、 ϕ の組合せを求めることができる。図中に直線で示した。また $Fs = 2.0$ とした直線も示した。この図に図-2に示している飽和度と c の関係をプロットした。 ϕ の変化は小さいと考え $\phi = 35^\circ$ としたが、飽和度が90%近くになるとすべりが起きてもおかしくないことがわかる。

5. 浸透水の影響の検討 降雨あるいは河川の水位上昇による浸透が起きると安定性が低下する。この現象を阿武隈川のデータを用いて解析し、昭和33年と61年の洪水の影響の違いを検討してみる。まず、降雨、水位の観測データを用い、堤防内の浸透現象を解析する。解析は飽和-不飽和非定常浸透流としてプログラムUNSAFによって行った。堤防の安定性は洪水前の堤防の飽和度がどのようであったかが大きな影響を持つと考えられるので、両洪水に対して、かなり長い期間を対象に計算を行った。浸透流解析結果を整理し、堤体内の浸潤線の形に表したのが図-4である。この結果からわかるように河川水位は低かったが、前期降雨の多かった昭和33年洪水の方が、昭和61年洪水よりも浸潤線がかなり高くなったものと考えられる。次に斜面の安定性の評価は円弧すべりの計算で行うが、浸透流解析の結果を用いて、すべりに対する安全率の経時変化を求めた。すべりの形状は33年の洪水によって発生したすべりを参考として図-4に示す円弧と仮定した。

算出した安全率の最低値は昭和33年洪水時は1.1程度になったが、昭和61年については1.2程度にとどまった。

6. おわりに 同一地点に発生した2つの洪水を対象にして降雨及び水位上昇による浸透水による堤体内の飽和度の変化、浸潤線の変化ならびに安定性を検討したがその結果前期降雨がかなり大きな影響を持つことがわかった。

すなわち土構造物の安定性には長期的な浸透条件を考慮しなければならないということである。また土構造物の安定性を高める面から考えると、前期降雨の浸透を防止するような対策、たとえば止水性の法覆工¹⁾の施工などによって前期降雨の排除すれば安定性をかなり向上させうると考えられる。

参考文献1) 山村和也、今野誠、垣内憲夫：ジェオメンブレンの止水効果、第25回土質工学研究発表会

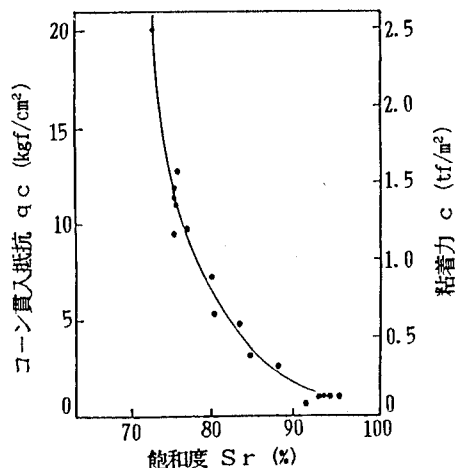


図-2 飽和度 S_r とコーン貫入抵抗 q_c 及び粘着力 c の関係

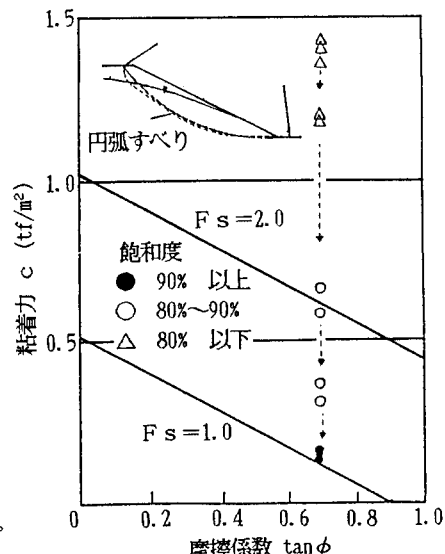


図-3 逆算による粘着力 c と内部摩擦角 ϕ 及び飽和度 S_r と粘着力 c の関係

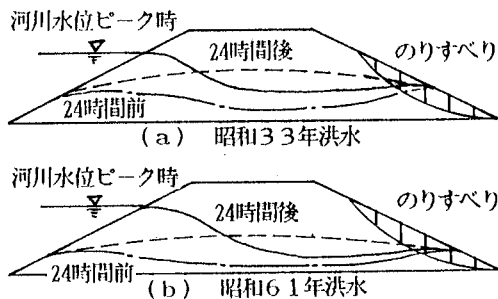


図-4 堤防内の浸潤線の変化