

27 外水位変動による堤体の吸出現象に関する一考察

名古屋大学工学部 正員 西畑勇夫

〇学生員 藤田 親

§1 緒言

海岸河川堤防、その他各種水理工作物において、被覆コンクリートのわずかな割れ目あるいは目地部分より浸透した水によってその内部が洗われ、それが堤防等の構造物の破壊を招く場合は少なくない。従来からこのような現象は外水位（構造物前面の水位）の変動に伴う浸透水の吸出し現象によると言われているが、その力学的機構はまだ十分に把握されておらず、吸出し現象という言葉自体の定義も極めてあいまいのままに残されているといえよう。現象論的に考えると、こうした構造物の内部土砂の崩壊は、(1)浸透水の運動に伴う土砂、あるいは砂粒に作用する流動水圧、重力あるいは浮力の問題と、(2)流体力が作用したとき、すぐ土砂が洗い出されうるような土砂のルーズな状態を作ること、かけとなる現象、によるものといつてよいであろう。このように考えると、前者にあっては外水位変動に伴う堤体内浸透水の流動機構と土砂粒の安定性に及ぼす影響を明らかにすることが問題となり、後者にあっては、浸透水による微粒土砂粒子の溶解あるいは洗い出しによる土砂実質部分などの減少が考えられる。筆者らはこうした観点から現在研究を進めているが、本文はその第一段階として外水位変動に伴う堤体内浸透水の挙動について考察したものである。

§2 実験概要

実験は図-1に示した $700 \times 88 \times 62$ cm の底面、両側面とも透明合成樹脂張りの鋼製水槽を用いたが、この装置ではポンプを自動制御方式によって作動させることにより堤体前面の外水位 H を任意の周期 T で直線的に（図-2）変化させることができる。堤体は図のように矩形としたが、その前面は透明の合成樹脂板で覆い、4ヶの Slot（巾 8 mm）のみを通じて水が堤体内に入ることができるようにした。堤体内水位は小孔

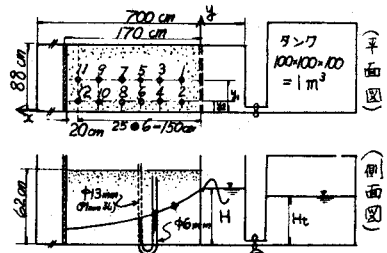


図-1 実験装置

（φ1 mm）を無規則に施した塩化ビニール管（φ13 mm）とガラス管（φ6 mm）を連結させたものから成るマンメータによって

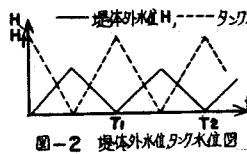


図-2 堤体外水位変動位置図

その値を読みとったが、その測定点は図示の通りである。使用砂の物理的性質と実験条件は表-1に一檢した。なお、堤体砂に不均一層が生じないようにするために水締め方法に従った。

〔使用砂〕 伊良湖海浜砂
平均粒径 0.48 mm
物理的性質 真比重 2.65 乾燥密度 1.45 g/cm^3
飽和状態での単位重量 1.71 g/cm^3
透水係数 $7.00 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$
閉鎖率 約 20 %
水中内部摩擦角 28°

〔実験条件〕

NO	周期	振巾	物数	乾燥時間
12.4	15分	46cm	3	20分, 2, 30.3
5.8	30	49	3	70.4, 20.3
9.10	45	46.5	3	18.2
11.3	60	48	2	20.2, 20
14.5	75	45	2	25 15
16	90	44	2	25

表-1 実験条件および使用砂の性質

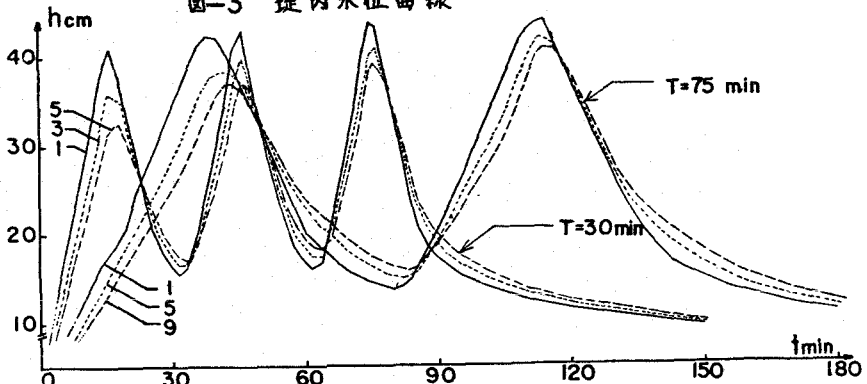
§3 実験結果と考察

〈堤体内水位〉 実験によって得られた堤体内水位 h の時間的変化の一例を周期 $T=30$ 分、75 分の場合について示したのが図-3である。図中の番号は観測点を示す。前述したように観測点は目地の中心線、

目地間の中心線に沿ってそれぞれ点うつであるが、 α の値が等しい所では、 α 方向の測定値はほとんど同一であって、現象は一見 α 方向の一次元的浸透と同様な性状を示している。これは本実験の場合には目地間隔

が小さいことによるものと思われる。さて、右図で距離 α が大きくなるほど振巾は小さく、位相のずれは大きくなることはないが

図-3 堤内水位曲線



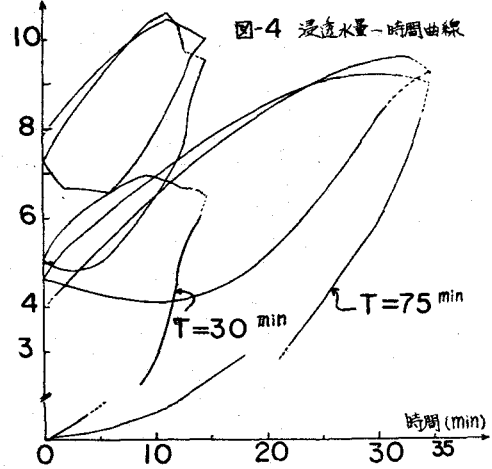
、ある周期経ると堤体内水位はある一定の周期変動を示すようになることがわかる。

〈浸透水量〉 同様のことが堤体への浸透流量、堤体内の水量についてもみられる。図-4は堤体内に存する全水量の時間的変化の一例である。図の時間軸は水位の上昇時には右方へ、下降時には左方へ正としたので曲線はループを画いているが、ある程度時間が経つとある落ち着いた形状となる。このように一定の周期変動となるまでに必要な周期数

は T が大きいほど小さく、 T が小さいと大きくなる。さて、ほぼ一定の周期変動となった場合のループの最大値と最小値の差は、一周期間に目地より流出する水量を示すが、この量は外水位変動の振巾がほぼ等しい場合には、周期 T が大きい方が大きい。また、単位時間に目地を通して堤体内へ流入する水量、すなわち図-4のこう配は外水位が最大あるいは最小となる時刻に最も大きくなっていることがわかつ。

$V(10^3 m^3)$

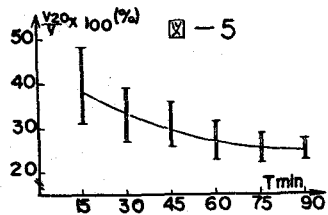
図-4 浸透水量-時間曲線



上述したように、浸透水の変動、流動は堤体前面の法面近傍で最も著しい。図-5はある時間間

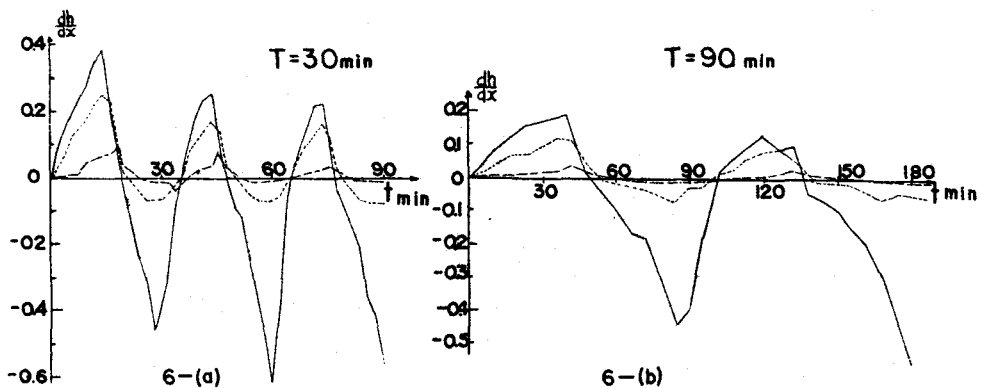
隔に堤体へ流入した水量のうち、どれだけが法面近傍 ($\alpha \leq 34$ cm, これは堤体全長 $L=170$ cm の20%にあたる) での変化によるか、その割合の範囲を示したものであり、曲線で一周期間のこの割合の平均値を示した。その割合は外水位が最大となった後下降をはじめようとする時に最大値を示しているが、周期 T が小さい方が大きくなっており、 $T=\infty$ の極値では割合は一定で20%となるであろう。以

図-5



上のことより周期 T が小さいときには浸出入流量の多くは堤体前面近傍の水の流動によるものといえよう。

〈水面こう配〉 図-6は法面からの距離 $x=10, 34, 150$ cmの位置における水面こう配の時間的変化の様子を $T=30, 75$ minの場合について示したものである。外水位変動の追随性のよい堤体前面近傍での水面こう配の変動が大きいことはいうまでもないが、 $x=10$ cmの点では一般に堤体より水が浸透流出する場合のこう配の絶対値はかなり大きくなっている。すなわち、堤体前面近傍での流速は、外水位が下降する際には相当大きくなっているものと考えられよう。一般に、堤体前面近傍での水面こう配にはある限界があって、それ以上の値にはならないといわれるが、本実験の場合には外水位変動が大きい、堤体内水位の追随が遅れ、したがってこのように大きな水面こう配となっているのである。実際の海岸堤防での状態は明らかでないが、少なくとも堤防法面近傍では外水位が下降する際には、上昇する場合より水面こう配が大きくなっていることが類推されよう。また本実験に関する限り、外水位下降時の水面こう配の時間的変化の割合も、上昇時のそれより大きくなっている。



〈浸透水の挙動からみた吸出し現象〉 以上、浸透水の挙動について考察してきたが、前にも述べたように、堤体内土砂の洗い出し現象には、土砂自体に作用する力の問題と微粒土砂の溶解が考えられる。また、土砂の洗い出し、吸出現象は当然のこととはいえ、堤体前面のごく近傍の現象である。上に得られた結果によれば、流出入量も、水面こう配もその変化はごく近傍ではなほだしい。もし、実際に、土砂実質部分の溶解が大きい要素であるとするれば、流出入量が大きくなるような変化をもたらす外水位変動がその主役を果すであろう。いま、1周期での流出入量を周期 T で割り、単位時間当り平均の流出入量を求めると、 $T=15, 30, 45, 60, 75, 90$ 分の場合につき、それぞれ0.30, 0.14, 0.10, 0.08, 0.07, 0.06 ($10^2 \text{ m}^3/\text{min}$)となる。したがって、ここで得られた結果による限りでは、外水位変動が周期的に継続して起る場合には、ある時間間隔での流出入量は、周期の小さい外水位変動による場合の方が大きくなる。また、土砂粒子に作用する力としては、水面こう配の大きくなる周期の小さい外水位変動が重要な要素になるものと思われる。ただここで得られた結果では、振中はいずれの場合にもほぼ一定であるので詳しいことはなお検討する必要がある。

8.4 結 語

SLRを設けたことによる浸透水の流動機構特性に関する検討を十分加えることができなかったが、今後こうした観点からの非定常浸透流に対する実験的、理論的考察を進めると同時に、各値の実際構造物との相似性や、土砂自体の浸透水による力学的挙動に対しても考察を加えて行きたいと思う。