

清水建設(株) 正員 工修 ○藤田 親
名古屋大学工学部 正員 工博 西畑 勇夫

1. まえがき。

海岸、河川の堤防あるいはその他各種の水理構造物の内部にいつしか大きな空洞が生じ、それに高潮のような異常波浪とか、洪水波などが作用した際に、堤体の破壊という重大な被害をまねくことは決して少なくない。従来、このような現象は構造物の法面目地あるいは根入れ部分からの吸出し現象によるものであるといわれている。しかし、それに対する系統的な研究はまだ十分に行なわれていない。

筆者らは、吸出し現象が堤防などの構造物と出入りする浸透水流の運動に伴う、上砂粒に作用する流動水圧によるものが最も大きな要因であるという基本的観点に立つて、現象に対する基礎的な一つの実験的研究を行なった。

2. 外水位変動に伴う堤体内浸透水の性状に関する実験。

構造物前面の水位(以下外水位という)が、時間的に周期変動する場合に生ずる、堤体内浸透水流の変動特性を観察する目的で Fig-1 に示したような矩形堤体を作り、そこに生ずる浸透水の挙動を、堤体内水位の変化、浸透水量あるいは水面こう配の面から検討した。

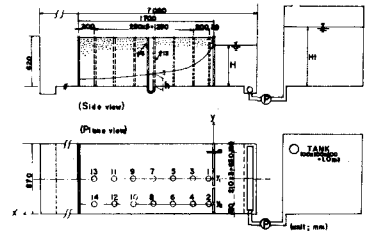


Fig-1. Experimental apparatus (I)

実験(I)の結果と考察。—— 浸透水の挙動について考察した結果、上砂の洗い出し、吸出し現象は当然のこととはい

え堤体のごく近傍の現象である。実験から得られた結果によると、スリットを通して流出入する水量も、水面こう配もその変化は、ごく近傍ではなほ正しいことがわかる。外水位変動が周期的に継続して起る場合は、ある時間間隔での流出入量は、周期時間の小さい外水位変動による場合の方が大きくなる。この性質は前面にスリット4本設けた場合の方がスリット1本の場合に比べて顕著にみられた。しかも、単位時間当りの平均流出入量はスリット数が4本の方が大きい値を示す。しかし、その場合スリット4本(巾8mm)その一本当りの値はスリット1本の場合の値とほぼ同一であることがわかる。水面こう配についてスリット数と比較すると、スリット数が少ない場合に生ずる動水こう配の値はかなり大きくなり、1以上の値を示すようになるが、4本の場合は0.5程度におさまる。

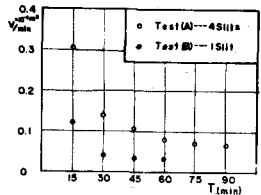


Fig-2. Value of Seepage mean discharge per unit time

したがって、動水こう配が、土砂粒に作用する力に比例するとすれば、スリット近傍に存在する土砂粒は浸透水が流出しようとする際には、大きな力をうけることが考えられる。このようなことから、河海堤防構造物に設ける目地あるいはその他の間隙部の設計と施工には、十分な注意と対策が必要であると考えられる。

3. 砂の流動化過程に関する実験的考察。

堤体土砂の吸出し現象に対して、浸透圧の作用を受けた砂粒子がどのように動き、変動していくか

を明らかにする必要がある。こうした浸透圧の作用を受けた砂粒子の挙動に関する研究は多いが、それらはいずれもその極値を求めることを主目的とし、その極値を示すまでの過程に対しては力の作用方向、あるいはその大きさが時間の経過と共に変化するという点の十分な説明が得られていない。

ごく単純な場合として筆者らは Fig-3 に示したような、力の作用方向が一定の円筒装置を用いて浸透圧の大きさと時間とともに増大させ、非定常浸透による砂の流動化過程について考察した。ただし、実験に用いた砂は前に用いた砂と同一である。

実験(II)の結果と考察 —— 実験から得られた動水こう配 h/z 、(h : 供試体越流頂と給水パイプ水値の差、 z : 供試体初期長)、浸透係数 α および αz_0 (αz_0 : 供試体伸び) と、 $z_0 = 46.9 \text{ cm}$ 、流量 $Q_0 = 5.77 \text{ cc}$ (一定) の場合につき示したのが Fig-4 である。現在では間隙部分の浸透圧を測定するための信頼すべき測定方法は無いようであり、しかも本実験は局所的浸透水による砂粒子の流動特性を対象としなかつた関係で、ここで得られた動水こう配を浸透圧として扱うこととした。実験結果をみると、動水こう配は決して 1 以上の値を示さないことがいえる。しかし、この動水こう配は h/z と同様にある限界値に達すると屈曲するが、あるいは平衡状態を示した後屈曲することが見られる。この屈曲点に到った時供試体は伸び始め、図に示したような伸び率の変化を不す。

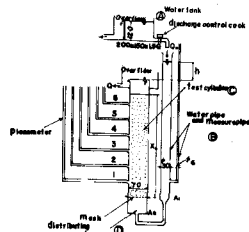


Fig-3. Experimental apparatus (II)

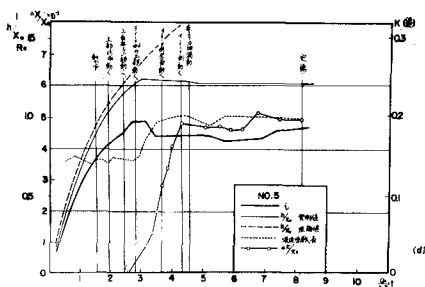


Fig-4.

したがって、この屈曲の時点においては少なくとも供試体の砂粒子が安定した状態からかくれ上り、あるいは破壊の状態に変化したと考えられる。この屈曲点すなわち動水こう配の限界値と、与えた流量と対比したのが Fig-5 である。ここには供試体円筒を $15^\circ \sim 17^\circ$ 傾けた場合と鉛直の場合とを比較している。これによると、鉛直の場合には、与えた試料の長さ、給水量に因らず、 $i_{cr} = 0.94 \sim 0.98$ の値を示しており、従来からパイピング現象などの安定限界と与える $i_{cr} = \frac{q_s - 1}{1 + e}$ ($e = 0.825$, $q_s = 2.65$) とかなり一致している。

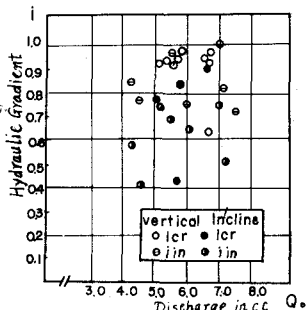


Fig-5

しかし、Fig-5 の中に示したように、供試体を肉眼で観察した結果からみると、前述した限界値に達する以前にすでに砂粒子は動き出している。このように限界値に達する以前に砂粒子に動きがみられるのは、その部分に流れが集中しており、それにより砂粒子が不規則運動をおこすものであることが考えられる。

4. むすび

吸出し現象を検討する目的で、浸透水と浸透圧の作用を受けた砂粒子の挙動について、それぞれ別の立場から二つの実験を行なった。結果として堤防に浸透した水は流出時に大きな動水こう配をとること、浸透流の中の上砂粒は限界動水こう配に達する以前に局部的には移動することが指摘できた。