

護床工下部の空洞化に伴う 流況の変化について

京都大学工学部 正 員 中川 博次
京都大学工学部 正 員 清水 義彦

京都大学工学部 正 員 村上 正吾
京都大学大学院 学生員〇香西 稔

1. はじめに 堰災害の被災形態の1つに護床工ブロック下部からの砂の抜け出しによる空洞化現象が挙げられる。また、災害事例を調べてみると、堰災害の進行は護床工、水叩き部、堰本体へと下流側から上流側に向って伝播する場合が多く見られる。本研究は、堰災害の中で相当頻度が高く、本体被災の引き金ともなる護床工周辺の空洞化現象を取りあげ、水理実験を通じて空洞化とその進行性機構を検討するものである。

2. 実験方法 実験装置を図-1に示すように、護床工部としてガラスビーズを用いて水叩き-護床工モデルを設置し、水叩き部及び護床工部上を流水が跳水を起こさずに射流状態で流れるように流量を調節した。通常の護床ブロックには屈撓性を持たせてあり、変形することによって空洞の拡大を防ぐものも多いが、ここでは空洞化の進行機構に焦点をあてるため、護床工部（ガラスビーズ層）を側壁に固定して河床になじんで変形しないようにし、空洞化を自由に進行させて実験した。表面流況及び護床工下部移動床砂面の変形過程は側面よりビデオフィルムに撮影し、ある時間通水した後、その時の河床形状をポイントゲージで測定し、砂面をニスで固め再度通水してプロペラ流速計により空洞内流速分布を計測した。

3. 実験結果及び考察 図-2に実験結果から抽出された護床工下部の空洞化に関わる素過程をまとめる。水叩き部で加速された水流が護床工部へ流れ込み、護床ブロックから砂を吸い出し、また護床工に接続する移動床部の河床低下を生じる。ブロック間隙内に浸透流が形成され、ブロックと移動床面との間で速くなり、下流に向って発達する。特に、下流端の河床が低下するとこの流れは助長され、下流端部から砂が吐き出されることで水みちが発達してくる。水みちは下流端部から空洞となってゆき、鉛直スケールを発達させながら上流へ伝播し、いわゆる空洞化の進行となる。

以上のような空洞化の進行に伴う砂面形状と空洞内の流速分布を図-3及び図-4に示す。砂面形状の時間変化を見れば、明らかに空洞化は下流側から上流側に向って進行することがわかる。空洞内の流速の鉛直分布型は砂面近傍に最大流速が現われ壁面噴流に似た形を示しているが、流下方向変化を調べると空洞部上流端側では瘦せ、流下方向に進むにつれて太った形状を示すようになり、流下方向に空洞内流量が増加していることがわかる。このように、流速分布形は流入流量によって特徴づけらるもので、護床ブロック間隙を通じた transpiration の存在が空洞内流速場を形成するものと考えられる。空洞内流量の流下方向分布（図-5）は、ほぼ線形であり、これより transpiration は流下方向に一様に生じるものと考えられる。次に空洞内各断面での無次元流速分布 $u/u_{\max}$ を図-6に示し、

H. NAKAGAWA S. MURAKAMI Y. SHIMIZU M. KOHZAI

また、最大流速に対する流下方向変化を図-7に示す。図-7から分布型が十分に発達した領域では両者の間に線形関係が認められる。次に、最大流速 u_{max} の時間的变化を図-8に示す。最大流速は時間の経過に対してほぼ一定値を保つが、空洞化進行過程が平衡状態に近づくときと急激に減少していることが示される。このような砂面近傍での最大流速の低減は空洞内の掃流力を極めて減少させ、この時点をかき進行過程から停止過程へと移行し、静的平衡状態に至るものと考えられる。

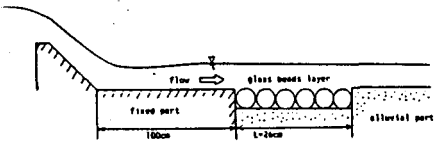


図-1 実験装置

CASE	I_w	$Q_t(l/s)$	$\bar{U}(cm/s)$	$h(cm)$	Fr
A	1/400	7.66	92.58	2.20	1.99
B	1/400	12.70	130.70	3.08	2.30
C	1/200	6.56	93.56	2.61	1.83
D	1/200	11.14	109.14	3.32	1.91

Q_t : total discharge, $\bar{U}$, h : mean velocity and depth of free surface flow

表-1 実験条件表

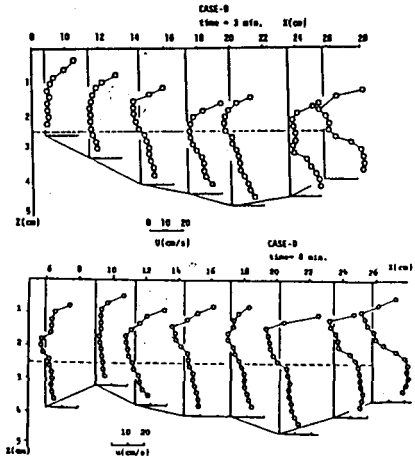


図-4 空洞内流速分布

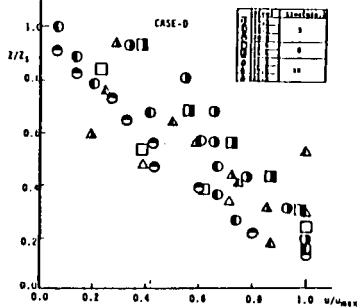


図-6 無次元流速分布

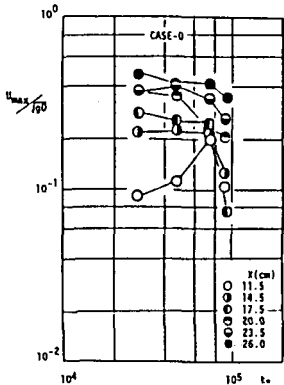


図-8 最大流速の時間変化

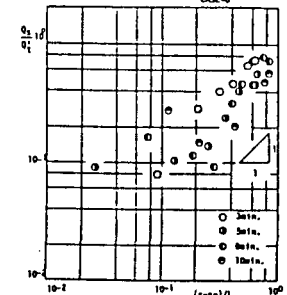


図-5 空洞内流速の流下方向分布

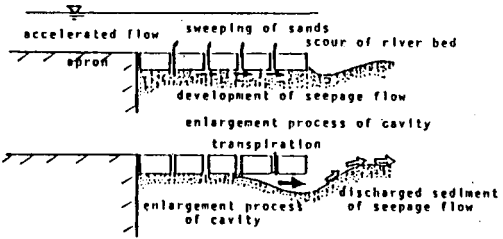


図-2 空洞化に関わる系過程

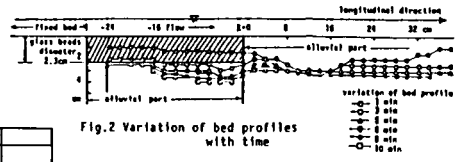


図-3 砂面形状

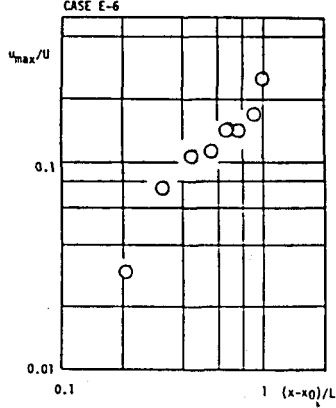
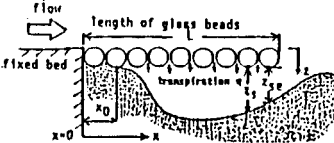


図-7 最大流速の流下方向分布



定義図