

水叩き下流部の局所洗掘防護工に関する研究

京都大学工学部 正員 中川博次
 京都大学工学部 正員 村上正吾
 京都大学工学部 正員 ○仙波秀治
 JR西日本(株) 正員 萱島正友

1. まえがき 本研究では、水叩き直下流部の局所洗掘機構を跳水現象との関わりから、検討するとともに、その防護工の効果についても検討した。

2. 実験装置とその方法 図1のような長さ9m、幅33cm、高さ30cmの長方形断面の水路に固定堰、移動床、固定床を設け、跳水の発生位置を水叩き上と移動床上の2種類、また流量を3通りに変えて洗掘実験を行った(実験条件表1)。また防護工は十字ブロック、平板ブロックを用い、平板ブロックでは間隙を3通りに変えて水叩き直下流部の移動床に3列並べて行った。防護工の寸法は図2に示す。但しどのブロックも通水後砂の抜け出し等による変形がないよう固定してある。

3. 洗掘実験の結果とその考察 跳水を水叩き上で発生させた場合は、安定した定常跳水が起こり、洗掘孔は相似性を保ちながら成長し、流量(フルード数)による形状の違いは見られなかったものの、跳水下流側のフルード数が増すに連れて、最大洗掘深が大きくなることが確認された。次に移動床上で跳水を発生させた場合には、はじめ定常跳水に近い形態で洗掘が進み、次第に跳水が移動床部へ移動し、跳水前面が激しく波立ち砕けるようになる。この時主流は潜った状態となり、潜り噴流が河床にぶつかる地点付近は深く洗掘されその周りに砂が堆積され、水叩き直下流部分の埋め戻しが起こる。埋め戻されたところへ射流が流れ込み、高掃流力のため激しく洗掘され、洗掘の進行とともに、再び跳水は水叩き上へ移動し、定常跳水となり、この後上の現象を繰り返す。この繰り返しはフルード数が大きい方が周期が短く、繰り返し回数が多いことが確認されフルード数との関わりが推測される。次第に埋め戻された河床への射流状態での流入はなくなるものの、定常跳水と波状跳水による埋め戻し現象は継続する。図3、4からわかるように上流側フルード数が大きくなるほど、洗掘の規模が大きくなることがわかる。

4. 防護工に関する検討 水叩き上で跳水を発生させた場合、護床工下部の砂の抜け出しは通水初期を除いては認められなかった。護床工下流部の洗掘孔は護床工がない場合と同様であり、洗掘領域が単に防護工下流に移行したと考えて良いと考えられる。しかし図5、6からわかるように護床工がない場合よりも洗掘が抑えられていることがわかるが、洗掘速度はかえって大きくなっており、洪水流の継続時間を十分に考慮すべきことを示唆しているものと考えられる。次に跳水が移動床上で発生する下流側条件の場合は、跳水が徐々に下流側へ移行し、護床工上で、護床工の間隙の砂を完全に吸い出してから、護床工下流端に波常跳水として落ち着き、護床工下流側と護床工下部が貫通してしまうと跳水は護床工上に安定するとともに、護床工を取り巻く循環した流れが発生する。護床工がない場合は、上流側フルード数によってZ₀の時間変化及びその最大洗掘深が異なっていたものが(図7)、洗掘の初期においてはばらつきが認められるものの、特にその洗掘の後期過程において同一になることが特徴である。これは先に述べた循環流により流況がかなり規制されているためと考えられる(図8)。防護工の種類による効果を見ると、図8、9からもわかるように、洗掘初期には差がみられるものの、ある程度時間が経つと、間隙の違いに関係なく同様の傾向を示す。これは特に護床工上で跳水が生じる場合には、その激しい変動による砂粒の抜け出しを抑制することができず、空洞化が進行するためであろう。しかしフルード数によって、洗掘深が大きく変化しないと言う意味で護床工としての役割を果たしているとも言えるが、流量によっては、設置していない場合よりも、かえって洗

Hiroji NAKAGAWA, Shougo MURAKAMI, Hideharu SENBA, Masatomo KAYASHIMA

掘深が大きくなる場合もある。また水路幅方向に間隔を設けない場合と設けた場合を比べると、前者の方が洗掘孔の規模が大きくなっている。この理由は、前者の場合、護床工下部の空洞と下流部が貫通しないことにより、空洞内に流れが入ることによる流れの抑制が、十分でないためと考えられる。

5. あとがき 洗掘を抑制するには、跳水は水叩き上に固定される場合の方が良いということが確認された。護床工の効果については、水叩きで跳水が起こっている場合は、かなりの効果が期待できることがわかったが、移動床部へ流入した場合、かえって洗掘を助長する場合もあり、防護工の選定には、注意を払わなければならない。

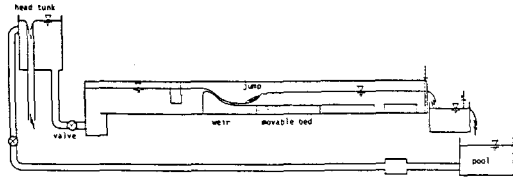


図 1

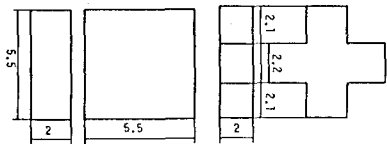


図 2

CASE	h1 (cm)	h2 (cm)	Fr1	Q (l/s)	跳水位置	防護工
B-4	0.96	7.60	5.94	5.72	移動床土	-
B-5	1.48	9.10	4.69	8.65	移動床土	-
B-6	1.74	9.65	4.26	10.00	移動床土	-
B-1	0.91	7.67	6.30	5.60	水叩き上	-
B-2	1.36	9.59	5.33	8.65	水叩き上	-
B-3	1.60	10.15	4.83	10.00	水叩き上	-

表 1

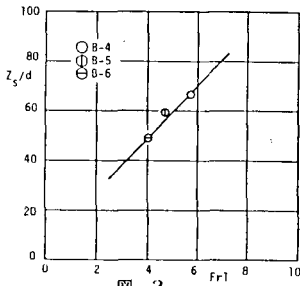


図 3

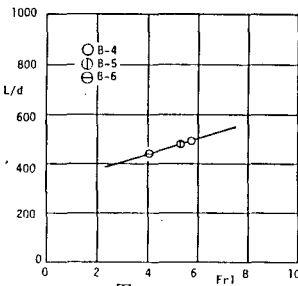


図 4

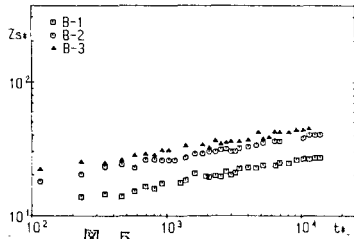


図 5

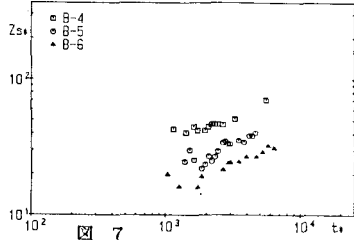


図 7

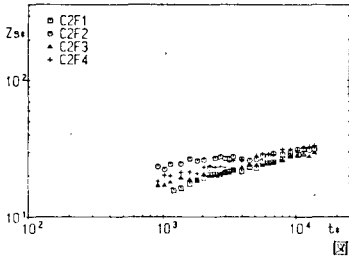


図 6

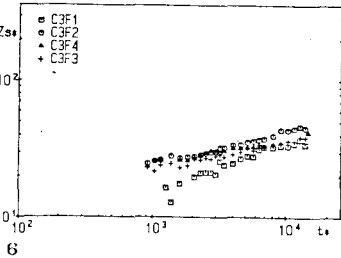


図 8

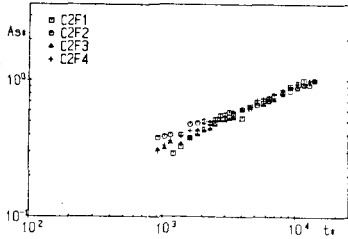


図 9

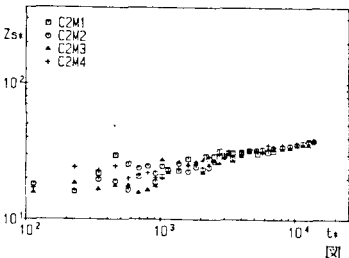


図 10

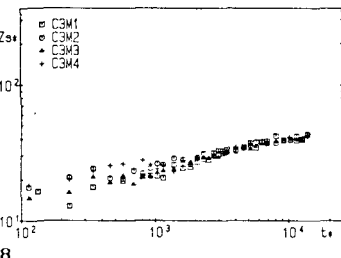


図 11

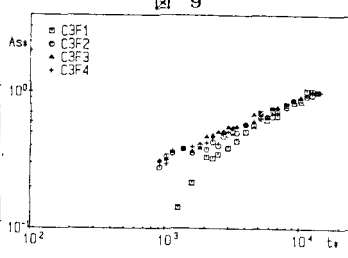


図 12