

建設省土木研究所	正会員	宇多 高明
建設省土木研究所	正会員	小俣 篤
建設省土木研究所	正会員	横山 勝久

1. 緒言

日本海中部地震津波により、多くの中小河川護岸が被害を受けた。これらの被害状況を見るかぎりでは潮上津波がどの様に作用し、護岸が被災したかは判断できない。西村らは護岸法先の洗掘について指摘しているが、本研究においては特にBoreの遇上に伴い、護岸が周辺洗掘を受け倒壊へと至る過程を実験的に把握するものである。

2. 実験方法

実験に使用した水槽は図-1に示す全長約30m、幅5mのもので、横断方向全体に護岸を設置して2次元水路として用いた。Boreは護岸に直角に入射することになるが、これは特に河川の河口湾曲部を想定しているためである。実験に用いた護岸模型を図-2に示す。護岸部分は厚さ4mm、比重1.9のセメントボードを用いた。Boreは図-1に示した起潮装置内の空気室の圧力を制御することにより発生させる。今回は初期排気圧を一定値とし、吸気時間 T_e を4ヶ変えて実験を行った。表-1には、図-2のP1における最大水深 h_0 と T_e の関係を示す。地形条件としては、表-2に示す様に堤内及び堤外を固定床もしくは移動床で組合せたものであり、堤内勾配を2通りに変え、各々堤内に境界壁を設置したものとしないものとした。水位と流速の測定には容量式波高計ヒロペラ流速計を用いた。測定点は図-2に示したP1~P9である。流速計はP1では底から1.5cmと4cmの2点に、その他は床から5mmに設置した。Boreの空間波形と護岸周辺の洗掘過程を把握する為に水路側面よりモータードライスカメラとビデオを用いて撮影を行った。移動床については実験終了後最終地形の測定を行った。

3. 実験結果

本実験では、48ケースの実験を行ったが、ここでは $I_e = 1/50$, $h_0 = 7.25\text{cm}$, 境界壁無しの場合の結果を示す。図-3は各測点の底面からの水深 h の時間波形を示したものである。P1の初期波形には小さな分裂波がみられるが、以後すぐに碎波してBoreとなる。護岸に到達したBoreは護岸によりかなり反射する。P6における初期の振動はBoreが護岸に衝突したためのものである。遇上時の最大流速 V_u と戻り時の最大流速 V_d の分布をまとめたものが図-4である。(1)は上記のケースであり、比較の為(2)には境界壁有りの場合、(3)には $I_e = 1/20$ の場合を示した。図によると(1)では V_u がP5で小さくなっているが、これは流速計の応答性が悪い為のものでP6, P7の V_u が小さめに

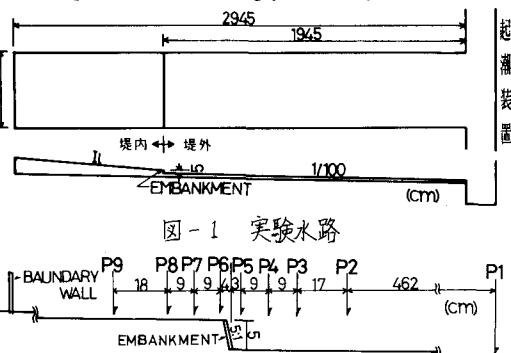


図-1 実験水路

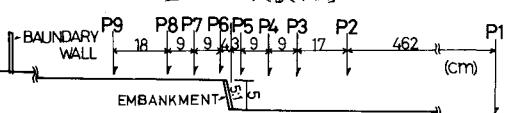


図-2 護岸模型及び測点

表-1 実験波

T_e (sec)	h_0 (cm)
8	4.07
10	5.08
	6.10
12	7.25
	7.25

表-2 地形条件

堤外	堤内	I_e
固定床	移動床	1/50
		1/20
移動床	固定床	1/50
		1/20
固定床	移動床	1/50
		1/20
移動床	移動床	1/50
		1/20

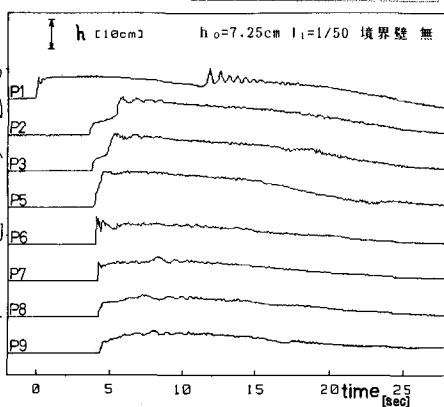


図-3 Boreの時間波形

なっているのも同様な理由の為と考えられる。 V_u は各点ともほぼ100 cm/sの値を示している。次に(2)をみると(1)と比べて V_u には大きな差異は無いが、 V_u は堤内(P6~P9)で約1/2、堤外では約1/4に減少している。これは、境界壁により遡上距離が制約され、戻り時に充分な水面勾配ができない為である。(3)では V_u はP8、P9でやや減少し、 V_u は堤内で約1/3、堤外で約1/6となっている。この理由は(2)と同様に堤内勾配がきつくなつた為、遡上距離が短くなつたことによる。

図-5では実験後の最終地形形状により、 h_0 と洗掘深Sの関係を求めた。図ではSは砂の粒径dで、 h_0 は護岸高Rで無次元化してある。

図によると、堤外での洗掘は境界壁が有る場合は無い場合よりも小さく、堤内勾配がきつい場合はさらに小さくなる。これは図-4に見ら

れる V_u と同様な傾向を示している。この様に V_u と堤外の洗掘深には明瞭な相関が見られる。これらのことから、堤外の洗掘には地形が大きな影響を持つことがわかる。これに対して堤内の洗掘はほぼ一様であり、堤外に比して小さい結果が出ている。そこで、護岸の倒壊に対して、堤内・堤外の洗掘がどの様にきいてくるのかを見る。図-6は、模型床条件別(護岸部分)の洗掘過程を示したものである。 I_e 、 h_0 は図-3と同様であるが、(1)は堤外地が樹動床、(2)は堤内地が樹動床、(3)は両側樹動床である。(1)、(2)については護岸は固定されている。(1)では戻り流れの発生に伴い洗掘が開始されるが、初期の洗掘箇所は護岸沖の5~10cmの地点である。戻り流量の減少に伴い洗掘箇所も護岸に近付くが、最終形状で見ると最大洗掘箇所は

護岸法先より4cm程度先となる。(2)では遡上時に洗掘が生じ、戻り時には流れが護岸を押す様に作用する。(3)では津波遡上中の洗掘過程は(2)と同様であるが、戻り流れが激しくなつた数秒後に護岸が前倒しとなり、堤内地が崩壊した。これは初期の堤外の洗掘が(1)で述べた様に護岸より5~10cm沖で生じる為、護岸基部が洗掘される以前に戻り流れにより押し倒されたものと考えられる。この様に本実験では護岸は前倒しとなり倒壊したが、実験における底質や護岸材料の縮尺効果により、

実験での現象が現地にそのままあてはまるとはいえない。現地に於いてはS/aないしはn/aが本実験より1~2オーダー大きいことを考えると、堤外の洗掘は図-6(1)よりも初期においてかなり大きく、図-6(3)の説明で述べた初期の戻り流れが激しい時期に護岸基部がかなり洗掘される可能性があり、護岸が表面を上にしてすべり倒れることが考えられる。事実現地に於いては多くの護岸が表面を上にして倒れており、戻り流れによる堤外洗掘が護岸の倒壊に強く関係すると考えられる。

4. 結論

実験の結果、護岸周辺の洗掘には地形が強く影響することがわかつた。特に境界壁の効果は、現地においては重要な要素となる。護岸の倒壊については戻り流れの影響が大きく、現地では多くの場合護岸があおむけに倒壊するものと考えられる。

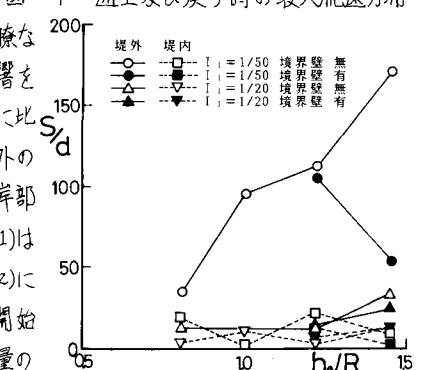
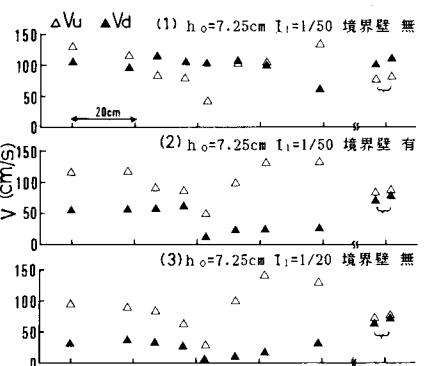


図-5 洗掘深

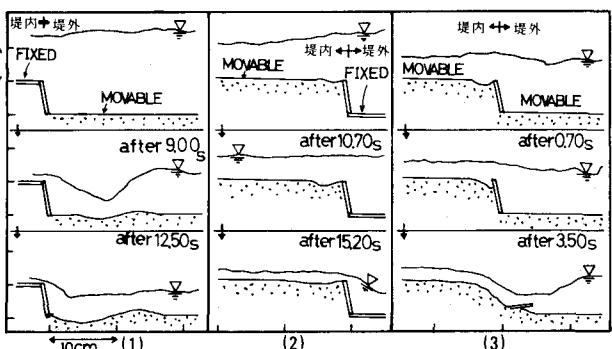


図-6 洗掘過程