

日 揮 (株) 正会員 小西 喜明
横浜国立大学工学部 正会員 磯部 雅彦

1. 緒言

津波が海岸に來襲し、堤防・護岸等の海岸構造物に被害をもたらすことがある。打ち上げ・越波・遡上・戻り流れという津波の一連の挙動のうち、構造物の破壊に関しては、特に戻り流れの流下による構造物堤脚法先の洗掘が重要であることが明らかになっている程度で、構造物が破壊に至るメカニズムについては十分な検討がなされていない。そこで本研究では、単純化した条件のもとで模型実験を行ない、戻り流れの流下による洗掘が原因となって構造物が破壊に至るメカニズムを把握することを目的とした。

2. 実験装置および方法

実験は図1に示す二次元水槽内に護岸の模型を設置し、模型の後背側および堤脚側に中央柱径0.38mm、ふるい分け係数1.52、水中単位体積重量 $0.95 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ 、内部摩擦角 33° である砂を一様に敷いた。また模型の後背側の貯水タンクから水を流下させる

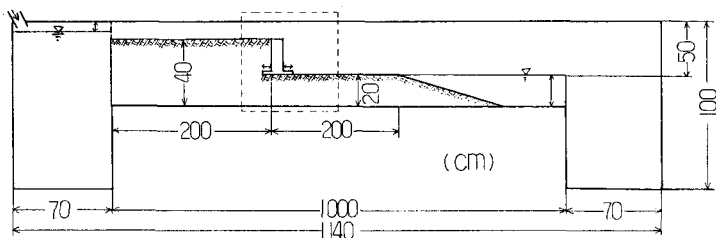


図1 実験装置の概要

ことにより、津波による戻り流れを再現した。戻り流れの流量、模型堤脚側の水深、および模型基板の砂層埋め込み長さともたつき部分の長さを取り上げて、これら図1中に示す矢印の長さを各々変化させた場合の実験を行なった。各ケースの水面形・洗掘の様子・護岸模型の挙動については、ソーテードライブ付35mmカメラを用いて、10秒間隔で水槽側面から連続撮影を行なった。撮影の範囲は図1中に点線の枠で示されている。

3. 実験結果

図2は戻り流れが模型後背を進行し、堤脚法先前面に流下して洗掘を起こし、模型が破壊する過程を模式的に描いたものである。各図について以下に説明を加える。

(a) 戻り流れの進行：貯水タンクから流れ出した戻り流れは、模型後背を進行する。このときに模型後背の水位は上昇し、模型前壁の水圧が増す。

(b) 流下・洗掘：戻り流れが堤脚法先前面に流下し、流下水のナツパが砂面に突入する地点の近傍に洗掘が生じる。総洗掘量・洗掘深の増大にともない、洗掘は模型基板近くまで進行する。

(c) 模型の破壊：洗掘はさらに進行し、次第に模型基板下側の支持砂層に達し、模型が破壊する。模型が破壊した全マのケースにおいて、破壊タイプは模型基板下側の洗掘による転倒であった。

また各ケース毎の図2(b)中に示す諸量は、投影したスライドから読み取り、流下水の初速度はナツパの着水地点から流体粒子の自由落下を仮定して求めた。

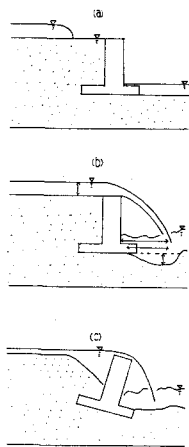


図2 転倒に至る過程

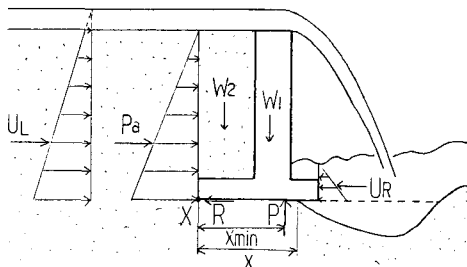


図3 構造物に作用する力

4. 考察

本節では、(1)構造物転倒時の力学的条件、(2)構造物堤脚法先前面の洗掘、の2点について論じる。

(1) 構造物転倒時の力学的条件：構造物に作用する力を図3のように考える。構造物を転倒させようとする力として、構造物後背側土圧 U_1 、水圧 U_1 、反対に構造物を安定させようとする力として、構造物の自重 W_1 、仮想背面内の裏込め砂の自重 W_2 、堤脚側水圧 U_R 、滑動に対する抵抗力 R 、地盤反力 P を考える。ただし、地盤反力は構造物を最も安定にするように、右端に集中させた。以上の力による任意の点のまわりのモーメントの合計が反時計方向であれば構造物は安定であるといえる。今、図3中のX点における全モーメントを正とするような地盤反力 P の腕の長さの最小値を X_{min} とすれば、この点より左側に洗掘が進行した場合に構造物は転倒すると考えられる。一方、実験結果から、洗掘が構造物底板の下側へ進行した地点は求められる。各ケースの転倒時における支持砂層長さの計算値 X_{min} と実測値 X を比較したのが図4である。ただし、転倒しないケースの実測値 X は判定した時間における最小値で表わした。図中で●印は転倒したケース、×印は転倒しないケースである。転倒したケースでは支持砂層長さの計算値 X_{min} と実測値 X が良好な一致を示し、転倒しないケースでは $X > X_{min}$ となっている。したがって、 $X = X_{min}$ が構造物が転倒を開始する条件を与える式となることがわかる。

(2) 構造物堤脚法先前面の洗掘：図5は各ケースにおける最大洗掘深 d とナツアの流下地点から洗掘が進行した地点までの長さ l を比較したものである。図中実線は最大洗掘深を与える地点ですべり面の傾きから求めた l の値、一点鎖線は水中の砂の安息角から求めた l の値を示す。破線は最小二乗法により引いた直線であり、破線は直線と一点鎖線の間にあることがわかる。次に最大洗掘深 d を与える流量 q と堤脚側水深 h の関係を示したのが図6である。これによれば最大洗掘深を最も大きくするような流量が存在し、必ずしも最大流量が最大洗掘深を最も大きくするわけではない。また、堤脚側水深が深いほど最大洗掘深は小さくなっている。

5. 結論

構造物は戻り流れの流下による法先洗掘が底板下側の計算上の外力の合力の作用点まで進行すると転倒する。洗掘の底板下側への進行は戻り流れの流量・堤脚側水深・ナツアの流下地点と深く関係していることがわかったが、その定量的評価は今後の課題である。

なお、本研究は文部省科学研究所（自然災害特別研究、研究代表者 東京大学 堀川清司教授）を得て行なわれたものである。

文献) 西村仁嗣・堀川清司： 遡上津波の戻り流れによる護岸法先の洗掘、第26回海岸工学講演会論文集，PP.210～214，1979。

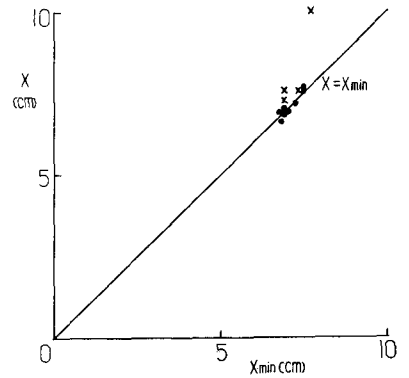


図4 転倒時における地盤支持長の計算値と実測値の比較

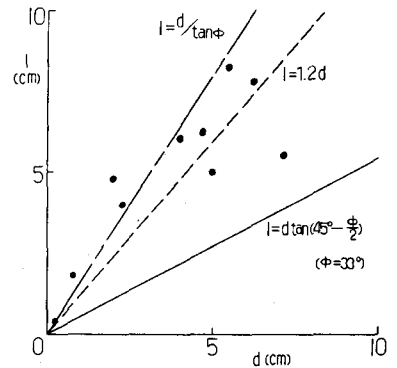


図5 最大洗掘深と洗掘長

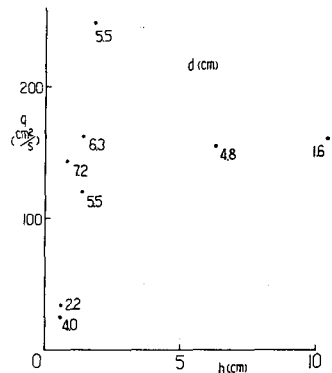


図6 堤脚側水深・流量と最大洗掘深との関係