

広頂堰を越流する流れエネルギーの減衰メカニズムに関する研究

防衛大学校 学生会員 ○黒木 拓磨
 防衛大学校 学生会員 林 大地
 防衛大学校 正会員 多田 毅
 防衛大学校 正会員 宮田 喜壽

1. はじめに

東日本大震災における津波被害の経験を経て、これまでは津波が越流することを想定していなかった海岸堤防や道路盛土なども、越流時に破壊・倒壊に至らず、背後の被害を低減させる効果を維持することが期待されるようになった。筆者らのグループは、これまで広頂堰型の構造物の形状が、津波の越流時のエネルギー低減効果に与える影響に着目した研究¹⁾を行っており、図-1に示す4種の構造物のうち、斜面-垂直型が最もエネルギー減衰率が大きいことを確認した(図-2)。本研究では、構造物の形状によってエネルギー減衰率が異なるメカニズムを明らかにするために、広頂堰を越流する流れがエネルギーを失う過程を水理実験により調査した。

2. 実験方法

本研究では、長さ16m、幅0.6m、勾配0の開水路実験装置を用いた。実験では下流端から約7m付近に広幅堰を設置し、堰の越流前と越流後の水深と流速を計測し、堰の形状が津波エネルギー減衰効果に及ぼす影響を調べた。今回の実験で用いた3種類のモデルの概要を図-3に示す。作用させた流れは定常条件とし、単位幅流量 $q=0.022\text{m}^2/\text{s}$, $0.055\text{m}^2/\text{s}$, $0.111\text{m}^2/\text{s}$ の3ケースとした。結果の整理では、モデルへの接近地点、モデル背後の各地点での全水頭を次式で算定し、モデル背後の各地点での全水頭 H の接近全水頭 H_0 に対する比をそれぞれの地点でのエネルギー透過率 K として算定した。

$$H = 0.5v^2/g + h \quad (1)$$

ここで、 $v=q/h$ は流速、 g は重力加速度、 h は水深である。越流前では、容量式波高計で水深を計測し、流量と水深から流速を算定した。堰の背後では水深が1cm～5cm程度で流速が2m/s程度と、極めて浅く速い射流となり、水深の計測が困難である。既往の実験では、水路側面から撮影した写真を用い、画像解析によって水深を測定し、その値を用いて越流後のエネルギーを算定していた。しかし、斜面-垂直型や垂直-垂直型においてモデル背後のナップの落下に伴う激しい水面変動のために水深を過大評価し、そのためにエネルギー透過率を過小評価していることが明らかになった。そこで、ピトー管を用いて流速を測定し、流量と流速から水深を算定した。その際、目視による水深と大きな矛盾が無いことを確認している。越流前の計測点は堰の位置よりも堰高の2倍程度上流側とし、越流後は、流線が水平となり流速が最も速い地点から、下流側に向かい3m程度までの間で数地点とした。

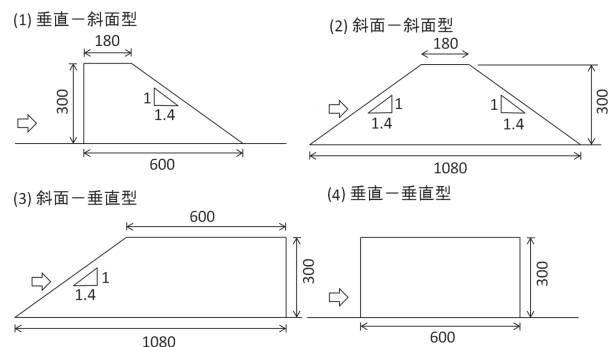


図-1 既往の実験で用いた構造物

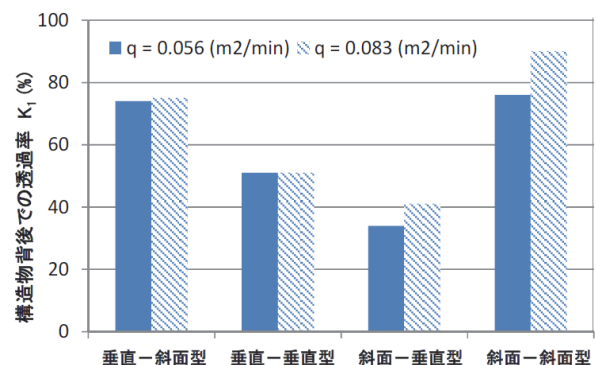


図-2 既往の研究で得られたエネルギー透過率

キーワード 広頂堰, 越流, エネルギー減衰

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL. 046-841-3810 E-mail: tada@nda.ac.jp

3. 実験結果と考察

実験で得られた、堰からの距離とその距離の時点でのエネルギー透過率との関係を図-3に示す。

流量が最大の $q=0.111\text{m}^2/\text{s}$ の場合、斜面-斜面型は越流直後にはほとんどエネルギーは消えていない。斜面-垂直型と斜面-階段型は透過率が0.9程度であり、両者にはほとんど差がみられない。いずれの形状も3mの時点で透過率は0.7~0.8程度である。

流量が $q=0.056\text{m}^2/\text{s}$ の場合、越流直後はいずれの形状でも $q=0.111\text{m}^2/\text{s}$ の場合とほぼ同様の透過率を示すが、その後の流下に伴う減衰が大きく、3mの時点で0.5~0.6程度となる。また、斜面-階段型が斜面-垂直型に比べ若干透過率が低い傾向がみられる。

流量が最小の $q=0.022\text{m}^2/\text{s}$ の場合、越流直後では斜面-斜面型と斜面-垂直型の透過率が0.8~0.9程度であるのに対し、斜面-階段型は0.6を下回っており、流れが堰を越えて底面に達した時点で大きくエネルギーが減衰している。その後の流下に伴い、斜面-斜面型と斜面-垂直型は急速にエネルギーを失い、3mの時点で斜面-階段型との差はほとんど無くなり、透過率は0.3~0.4程度となる。

以上より、全ての流量において、越流直後から堰高の10倍程度の距離までの間は、堰の形状によってエネルギー透過率が異なり、透過率は斜面-階段型、斜面-斜面型、斜面-垂直型の順に小さな値を示すこと、その後流下するにしたがい底面摩擦によってエネルギーは徐々に減衰し、堰高の20程度流下した時点で形状による差はほとんど無くなるのがわかる。

4. おわりに

堰本体によるエネルギー減衰に着目すると、斜面-階段型が最も効果的にエネルギーを減らすことが確認された。これまでに、防潮堤など越流する流れによる法先の洗掘防止のために法面を階段状にするなどの方法がすでに数多く検討されているが、構造物の形状を工夫することによって、堤体自体を守るだけでなく、背後に透過するエネルギーを減らし、後背地の被害を低減させる効果も期待されることが改めて確認できた。

参考文献

- 1) 多田 毅, 宮田喜壽, 平川大貴, 弘中淳市, 小浪岳治, 大谷義則: ジオグリッド蛇籠工を有する耐津波土構造物の提案, ジオシンセティックス論文集, Vol.29, pp.81-86, 2014.

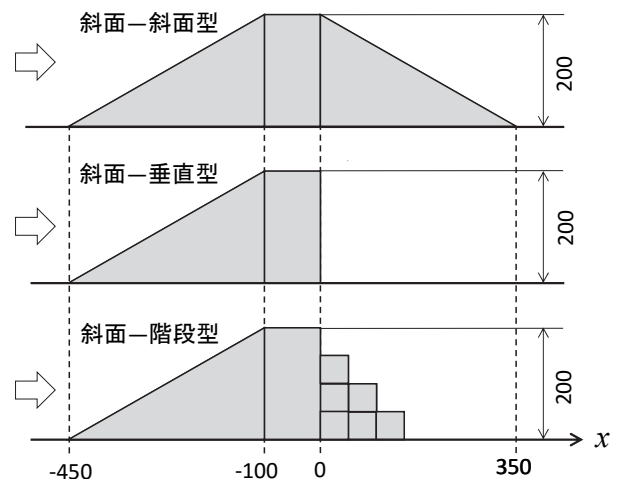


図-3 実験で用いた堰の形状と x 座標(単位:mm)

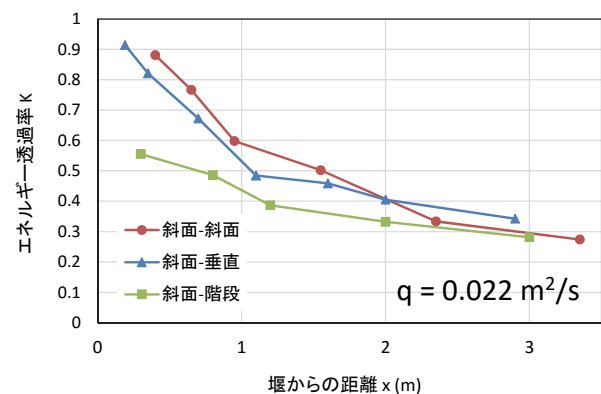
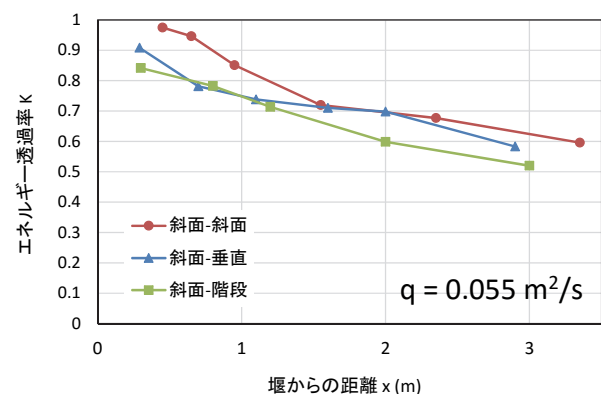
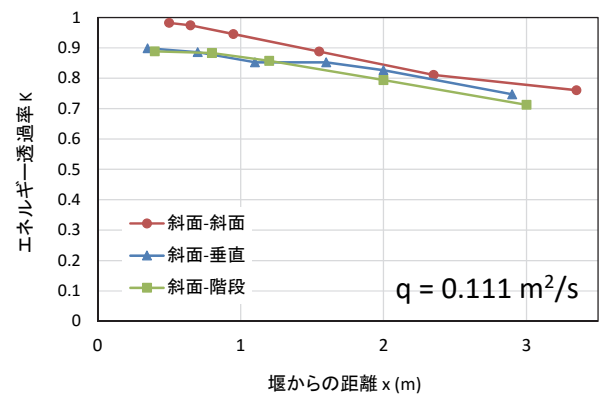


図-4 堰からの距離とエネルギー透過率の関係 (上から流量大, 中, 小)