

堤防越流時におけるかご系構造物周りの流れに関する水理模型実験的研究

日鉄建材株式会社 正会員 ○堀 謙吾

日鉄建材株式会社 正会員 國領ひろし

東京理科大学 正会員 二瓶 泰雄

1. はじめに

近年、台風による広域的な豪雨や梅雨前線による線状降水帯に伴う局地的短時間豪雨に起因した河川氾濫による水害が頻発化している。今後も地球温暖化に伴い更なる水害の頻発化・激甚化が予想される中、国土交通省では「河川堤防の強化に関する技術検討会」を設置し、産学と連携して粘り強い河川堤防技術の研究開発が行われているところである。現在、著者らは左記の研究開発に対して、自然石を用いることによる環境性、透水性・排気性に優れ多自然川づくりにも多用されてきたかご系構造物に着目して粘り強い河川堤防への適用の可能性の検討を進めている。かご系構造物の設計については、護岸の力学設計法のほか、藤田らによる新しい設計法の研究¹⁾などが提案されているものの、それらは河道の河岸防護を目的としたものであり、越流による浅い水深の射流となる堤防裏法面の防護に対する設計とは異なる。そのようなことから、河川堤防の裏法面にかご系構造物を設置した場合の構造物周りの流れを把握することを目的に水理模型実験を実施した。

2. 実験概要

実験は、幅 1.00m×高さ 1.80m×長さ 20.0m の大型水平開水路施設にて実施した。模型縮尺は 1/2 とし、水路内に幅 1.00m、高さ 1.30m、天端幅 1.50m、堤防裏法面勾配 1:2.00 とした堤防模型を木製にて製作し、堤防裏法肩から裏法尻にかけてかご系構造物を設置した(写真-1)。ここでは、実際と同じかご材料を使用することで越流に対するかご系構造物の状態を把握すること、かごの上面および層内の流速を把握し、今後の設計に反映することを目的に、固定床の 1/2 模型の実験を行った。実験条件については、かご系構造物は鉄線籠型護岸による護岸構造の選定²⁾を参考に厚さの異なる 2 種類について幾何学的相似則に基づき設置した。かご系構造物の仕様を表-1 に示す。越流条件については、越流水深 30cm、越流時間 3 時間(原型)を主要条件の目安として、前後に±10cm の越流水深を設定し、流量と時間をフルードの相似則に換算して通水実験を行った。通水条件を表-2 に示す。実験は、各ケースともに越流水深 0.10m→0.15m→0.20m の順で実施した。計測では、電磁流速計(SF-2011S、東京計測㈱製)を堤防裏法面における法面に沿う方向に 3 箇所(天端側から地点 A、B、C)及び堤内地側の平場に 1 箇所設置し(D)、かご系構造物内外の流速流直分布を通水条件毎に測定した。

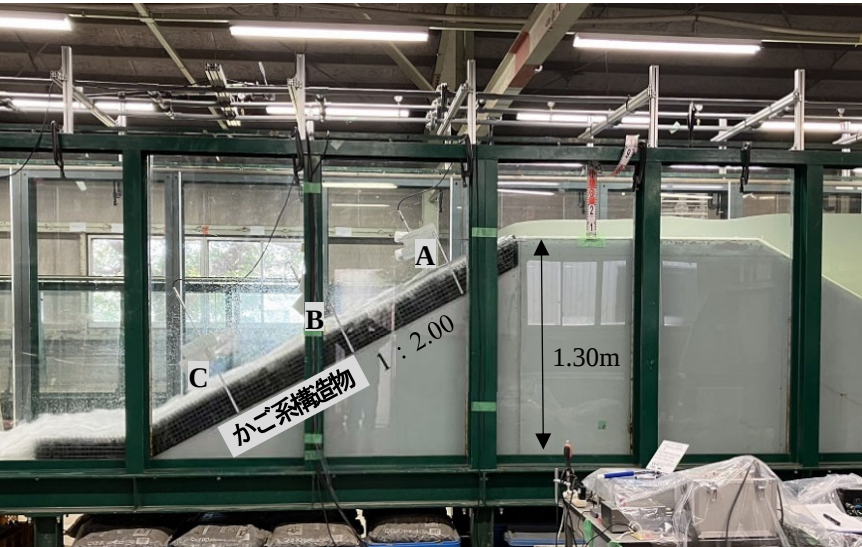


写真-1 水理模型実験概況(かご系構造物:厚さ 150mm)

表-1 かご系構造物の材料諸元				
材料：溶接金網				
CASE	厚さt (mm)	線径φ (mm)	網目 (mm)	中詰石径D (mm)
1	250 [500]	3.2 [5.0]	50 [100]	75-100 [150-200]
2	150 [300]	2.6 [4.0]	25 [75]	30-60 [50-120]
[]内は原型寸法を示す。				

表-2 通水条件		
越流水深H (m)	越流量Q (m ³ /sec/m)	越流時間T (hr)
0.10 [0.20]	0.06 [0.17]	0.5 [0.7]
0.15 [0.30]	0.10 [0.28]	2.0 [2.8]
0.20 [0.40]	0.14 [0.39]	0.5 [0.7]
[]内は原型を示す。		

キーワード 河川堤防, 越流, かご系構造物, 水理模型実験, 流速流直分布
連絡先 〒101-0021 東京都千代田区外神田 4 丁目 14-1 秋葉原 UDX 13F
日鉄建材株式会社 TEL 03-6625-6336

かご層内の流速は、電磁流速計のプロープをかご層内に挿入するため、幅 30mm×長さ 120mm×かご厚さの金網枠をかご層内に設け、電磁流速計を上下させて計測した(写真-2)。各地点の流速は、5Hz で 5 分間測定したデータの平均値とした。水位分布は、中詰石の凹凸により気泡が混入する水面状態であったことから、目視により気泡層の中間部を水位として読み取った。

3. 実験結果

写真-2 に厚さ 250mm のかご系構造物による越流水深 15cm 時の実験状況を示す。また、かご層内外における流速鉛直分布を図-1, 2 に示す。ここでは、越流水深 15, 20cm のケースにおける法尻付近(Stn.C)の計測結果である。また、図中縦軸は法面からの垂直距離とし、各かご系構造物表面をゼロとする。図-1, 2 より、かご層内で越流による流速が低減されている。越流水深 15cm については、かご厚さ 250mm(□)では表面から 100mm 以深、かご厚さ 150mm(●)では 50mm 以深から流速がほぼ一様となった。また、かご底面の流速 V に着目すると、かご厚さ 250mm で $V=40\text{cm/sec}$ (原型 57cm/s)、150mm で $V=20\text{cm/sec}$ (原型 28cm/s)ほどに低減されている。これらの傾向は越流水深 20cm においても、ほぼ一致する結果が得られた。堤体土の耐侵食力³⁾は粒径、締固め度、湿潤密度からの引張破壊応力に起因するものの、上記に実験結果は、堤体土の引張破壊応力が小さい $\sigma_{tb}=1\text{gf/cm}^2$ においても侵食限界流速(=90cm/sec)以下に抑えられている結果を得た。また、かご厚さ 150mm、250mm とともに中詰石の実積率(53%)を同じにしたものの、厚さ 150mm 内の流速の方が 250mm に比べて小さくなった。これは、小さい中詰石の方が抗力が大きくなるため、結果としてかご層内の流速が小さくなったものと考えられる。

4. まとめ

本水理実験を通して、かご系構造物を堤防裏法面および裏法尻に設置した場合の越流に対するかご層内を含むかご系構造物周りの流れの特性を把握することができた。今後は、かご系構造物の厚さや中詰石の粒径と法面勾配および越流水深等との関係から、かご層内の抵抗則の検討や数値シミュレーションへの反映および移動床実験等を実施することで、河川堤防強化に貢献する技術としての可能性の検討を進めて行きたい。

謝辞:本実験の実施にあたり、大阪大学 常田名誉教授、東京理科大学 井上隆氏に多大なる助言と協力をいただいた。ここに記して謝意を表します。

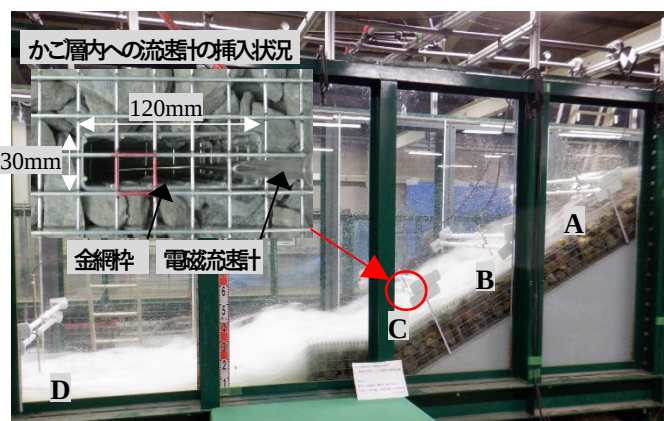


写真-2 かご系構造物周りの越流状況(越流水深 15cm)

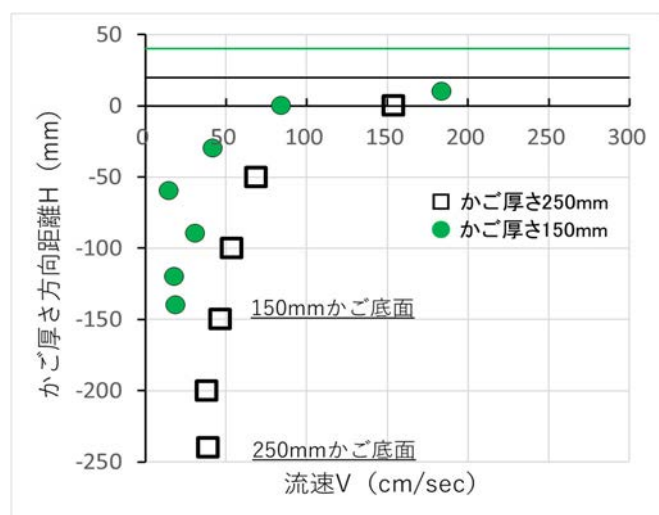


図-1 かご層内外の流速鉛直分布(越流水深 15cm, Stn.C)

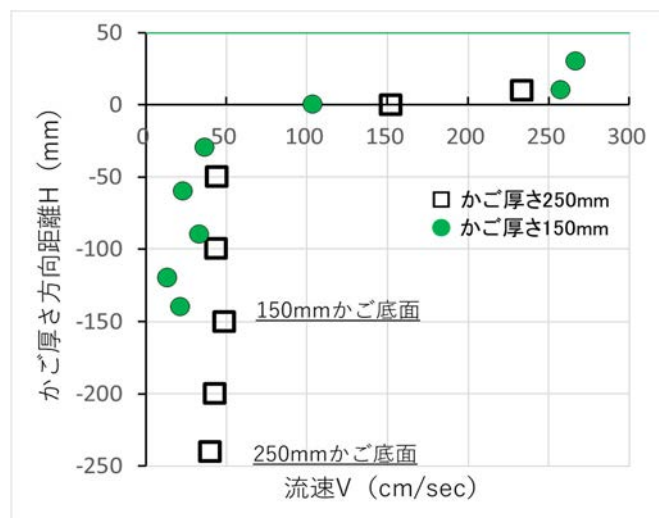


図-2 かご層内外の流速鉛直分布(越流水深 20cm, Stn.C)

参考文献

- 1) 藤田 功「流れによる変形特性に着目した新しいふとんかご設計の試み」河川技術に関する論文集 第6巻, 2000年6月, pp357-362.
- 2) 「鉄線型護岸の設計・施工技術基準(案)」平成21年4月, 国土交通省河川局治水課, pp17-19.
- 3) 例えば、笹岡 功「河川堤防の築堤材料や管理状況等が越流時の侵食耐力に与える影響についての考察」河川技術論文集 第24巻, 2018年6月, pp601-606.