堤防天端の縦断的な波長が裏法面のガリー侵食に与える影響

埼玉大学　学生会員　○飯塚　大和
埼玉大学大学院 (兼)埼玉大学研究機構レジリエント社会研究センター　正会員　八木澤　順治

1．背景および目的

2015 年 9 月の関東・東北豪雨の際，河川から越水し，破堤には至らなかったものの法面にガリー侵食が周期的に起こるケースが多々見られた [1)]．越流により生じる裏法面のガリー侵食は，特に越流初期の裏法面の地形を決めるとともに，侵食箇所への流れが集中することで，その後の堤体侵食過程や破堤までの時間，すなわち堤防の粘り強さにも影響を与えると考えられる．泉ら [2)]は，一様斜面上に形成されるガリー侵食を実験的・理論的に検討しており，水深の 1000 倍程度の周期でガリー侵食が生じることを明らかにしている．しかし，上記の検討では水深が非常に浅い場合を対象としており，本研究で対象とする堤防越流のように，数 cm-数 10cm の大きな越流水深に対して生じるガリー侵食の特性に関しては不明な点が多い．また，実際の堤防天端では，縦断的に生じる不等沈下で形成される周期的な凹凸によって，縦断的に異なる越流水深となる．そのような状況下で形成されるガリー侵食の特性を把握することは極めて重要である．

そこで本研究では，天端の周期的な凹凸の波長の変化によって，裏法面に生じるガリー侵食に与える影響を水理模型実験により明らかにすることを目的とする．

2．研究方法

本研究では，長さ 18m，幅 2.7m，高さ 0.9m の水路に**図-1** に示すような 1/10 スケールの堤防モデルを設置した，移動床実験を実施した．実験では，まず，長さ 3.12m，厚さ 0.2 m で基盤層を作成し，その上に，同様の材料で表，裏勾配 1/2，長さ 2.12m，高さ 0.5m の堤防モデルを粘性土(荒木田土)で締固め度約 90%になるように設置した．その後，裏法面，裏法尻に細粒分質礫質砂を締固め度約 65%として一様な厚さ(15cm)で設置した．細粒分礫質砂を設置したこの部分で越流によるガリー侵食を発生させた．今回使用した細粒分礫質砂は，礫分 21%，砂分 52%，シルト･粘土分で構成される細粒分が 26.2%であり，平均粒径，最大粒径がそれぞれ 0.25mm，19mm の材料である．

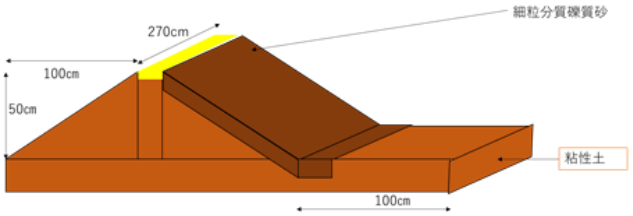

図-1 堤防モデル概要

上記の条件を基本条件として，天端については周期的堤防天端に異なる波長を有するサインカーブ状の凹凸を加えた．凹凸は３D プリンターにより再現し，材料には ABS 樹脂を用いた．凹凸の波長は，20cm，40cm，80cm(実スケール　2.0m，4.0m，8.0m)の 3 ケースに，水平なケースも加えた 4 ケース(**図-2**)を実施した．振幅は 0.5cm(実スケール 5cm)と一定値とした．また，越流水深は水平ケースにおいて 1.6cm とし，他のケースにおいても同一流量で実施した．

実験では 2 分間越流させたあと通水を止め，裏法肩より流下方向距離 50cm から 110cm の区間の壁面付近を除いた中心 2.0m の範囲の地盤高を測定した．測定にはレーザー変位計(LK－500:Keyence 社)を用い，横断方向 2cm 間隔，流下方向 5cm で計測し，それぞれのガリー浸食の発生箇所を把握した．また，法尻から発達し 1cm 以上の浸食量が見られたものをガリーと判断し，各ケースでガリー侵食の幅，深さ，形成本数，各ガリー侵食の形成間隔を計測した．

3．結果および考察

図-2 に各ケースにおける越流から 2 分後における計測範囲の侵食高を示す．侵食高は越流前の地盤高と越流後の地盤高の差分を表したものであり，負の

キーワード　堤防，天端の波長，ガリー侵食
連絡先　〒338-8570　埼玉県さいたま市桜区下大久保 255
TEL. 048-858-3567　E-mail：yagisawa@mail.saitama-u.ac.jp

値が侵食していることを意味する．このデータからガリーの本数 m，平均幅 S_w，平均深さ S_d，平均間隔 l(本研究では，隣合うガリーの中心間隔とした)を把握した．まず，形成された侵食状況を確認すると，**図-2** に示すように天端の凹凸の波長が大きくなるにつれて，ガリーがより多く発生していることが確認できる．

次に，上記で示した各計測値と波長λとの関係を**図-3** に示す．ガリーの本数，幅，深さについては，波長が大きくなるにつれて，それらが増加することが分かった．これらの値が増大するほど破堤の危険性が高まると考えられることから，天端の凹凸の波長が長くなるほど越流初期の侵食が増大することが確認できる．一方，ガリーの間隔に関しては，波長が長くなるにつれて間隔が小さくなることがわかる．ガリー間の間隔が狭くなるほど，越流時間の増加に伴って，ガリー同士が一体化し，侵食量が多くなることから，波長が長くなるほど危険と判断できる．また，すべてのデータから Case0(水平)が同じ越流時間に対して最も堤体の侵食量が少ないことが確認できる．このことは，波長を無限大まで伸ばせば Case0 に近づくことから，波長を 80cm からさらに伸ばすことによって Case0 のように，堤体の侵食量が少なくなると考えられる．

4．結論

本研究では，天端の波長がガリー侵食の発達に及ぼす影響を把握した．波長の現地スケールが 2.0m から 8.0m の範囲の中で検討を実施したところ，波長が長いケースほど，ガリー侵食の本数，幅，深さが増大し，ガリー間隔が小さくなることが分かった．

謝辞：本研究は，JSPS 科研費 若手研究 A 17H04936（研究代表者：八木澤順治）の助成を受けて実施した．ここに記して謝意を示す．

参考文献：

1) 泉典洋，Gary Parker：斜面下流端から発生する水路群について，土木学会論文集　No. 521/II-32, 79-91, 1995.

2) 八木澤順治，田中規夫，2015 年 9 月関東・東北豪雨において生じた堤防法面上のガリー侵食量と越流規模との関係，土木学会年次学術講演会講演概要，Vol.71, II-048, 2016.

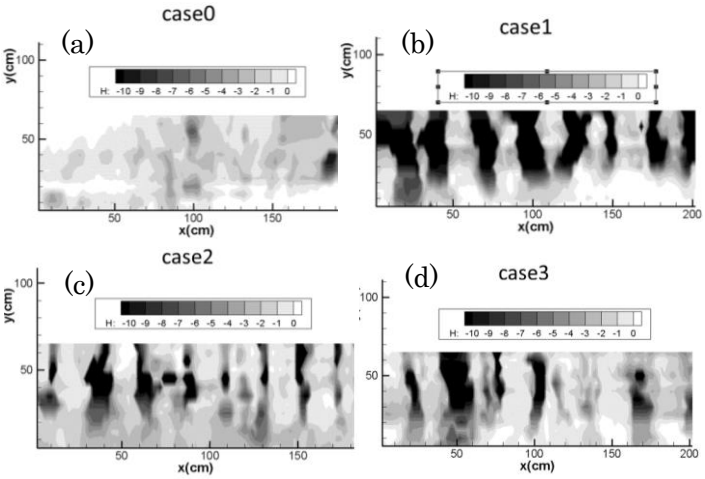

図-2 越流開始から 2 分後の各ケースにおける侵食高
(a) Case 0（水平ケース），(b) Case 1(波長 80cm)，(c) Case 2（波長 40cm)，(d) Case 3(波長 20cm)　(図中の破線は裏法尻の位置を示す)

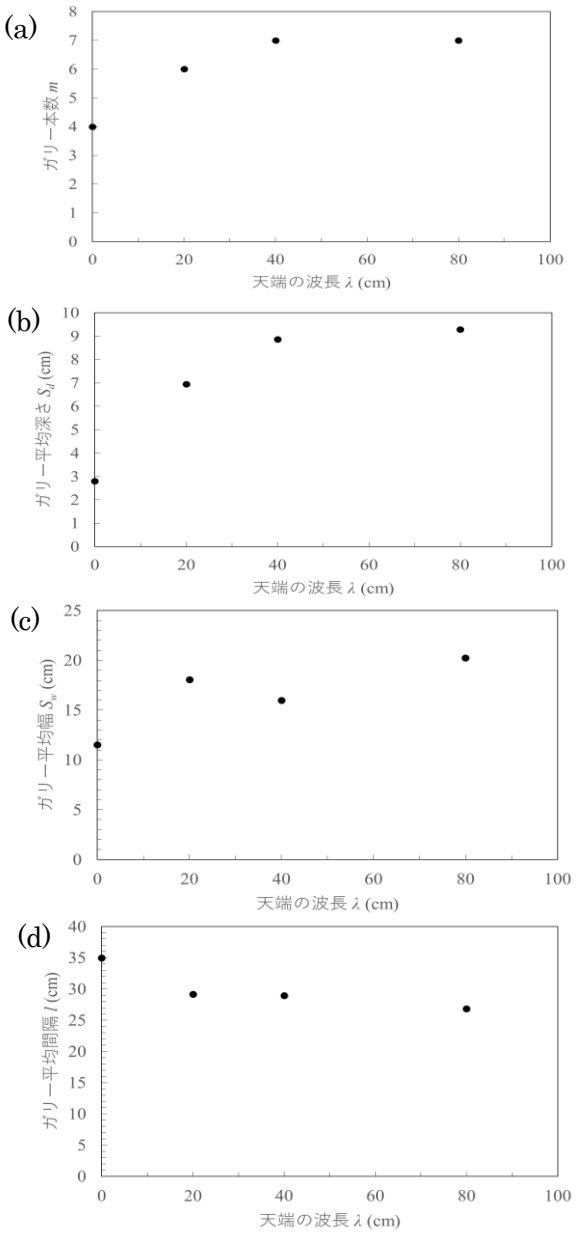

図-3 波長と各ガリー侵食特性との関係
(a) 本数，(b) 深さ，(c) 幅，(d) 間隔