

設置した場合、堤体は天端に設置された構造物 A+B で保護されるため、侵食されず堤体高さを維持している。破堤までの時間は Case2¹⁾では 45.2 s であるのに対し、CaseX-1 では 207 s, CaseX-2 では 306 s であり、Case6¹⁾では 25.3 s に対し、CaseY-1 では 84 s, CaseY-2 では 103 s, Case9¹⁾では 110.5 s に対し、CaseZ-1 では 100 s, CaseZ-2 では 113 s であった。

3. 考察

それぞれのケースの破堤までの時間に対して、Case2¹⁾, 6¹⁾, 9¹⁾の破堤までの時間で割ると、4.58 倍、6.78 倍、3.32 倍、4.07 倍、0.905 倍、1.02 倍となり、破堤までの時間の伸び率は上から順に CaseX-2>CaseX-1>CaseY-2>CaseY-1>CaseZ-2>CaseZ-1 となった。このことについて、構造物、堤体材料、堤体形状および流量が与えた影響について考察する。

まず、CaseX-2, X-1 の伸び率が大きい理由を考察する。CaseX-2, X-1 は、裏法勾配が急で、流量が大きいケースである。越流開始直後は表面流によって裏法面が侵食されるが、裏法面が侵食された後は堤体天端から遠い位置に越流水が着水するために、越流水の着水位置が下流側にずれることで下流側からの堤体の侵食速度が小さくなる“ひさし効果”²⁾の影響が大きかったと考える。そのため、破堤までの時間が大幅に伸び、伸び率が大きくなったと考える。

次に、CaseZ-2, Z-1 の破堤までの時間の伸び率が小さい理由を考察する。CaseZ-2, Z-1 では、流量は少ないが、天端幅、および裏法勾配が小さいために、越流水が裏法肩および裏法面中央を大きく侵食する。これによって、天端下の堤体の幅が小さくなり、その部分の強度が大幅に低下したことで、早く破堤に至ったものと考えられる。また、8 号砂を用いており、構造物を設置しない場合の破堤までの時間が 110.5 s と、ある程度の強度がある堤防であったため、伸び率が小さくなったと考えられる。

最後に、CaseY-2, Y-1 の破堤までの時間の伸び率が CaseX-2, X-1 より小さく、CaseZ-2, Z-1 より大きい理由を考察する。CaseY-2, CaseY-1 では、裏法肩での侵食による強度低下が確認されない。一方、流量が小さいために、越流水の着水地点が堤体に近いことで、堤体を下流側から侵食する。堤体材料が 6 号砂で、7 号砂や 8 号砂に比べて透水性が高く、堤体の強度が低下しやすい。以上のように、堤体強度を維持する要因と低下させる要因が互いに打ち消

しあい、破堤までの時間の伸び率が CaseX-2, X-1 より小さく、CaseZ-2, Z-1 より大きかったのだと考える。

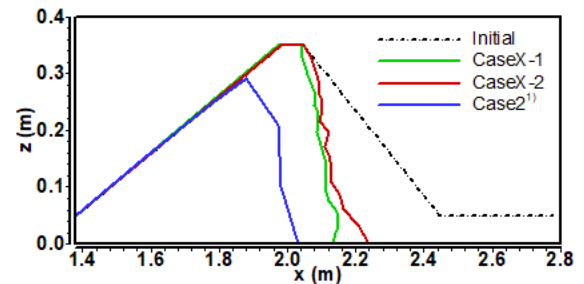


図-2 CaseX-1, CaseX-2, Case2¹⁾の比較($t = 50$ s)

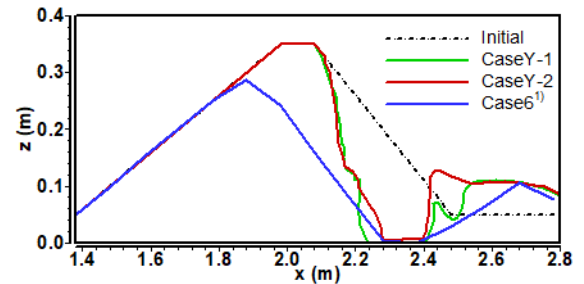


図-3 CaseY-1, CaseY-2, Case6¹⁾の比較($t = 30$ s)

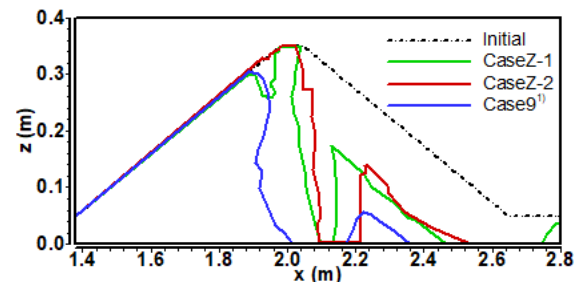


図-4 CaseZ-1, CaseZ-2, Case9¹⁾の比較($t = 100$ s)

4. おわりに

本研究では、種々の条件を変化させた堤防の越流侵食実験を行い、結果を比較することで破堤過程に与える影響について考察した。その結果、天端に構造物を設置した場合、天端の保護により、流量が大きいと、越流水の着水位置が下流にずれるため下流側からの堤体侵食速度が遅かった。今後、材料条件などを変化させた実験を行い、破堤のメカニズムの把握、解明を目指すとともに越流侵食過程に関する数値解析についても検討したい。

参考文献

- 1) 山口凌大：基礎地盤を有する堤体の越流侵食挙動に関する基礎的研究，京都大学修士論文，2022。
- 2) 篠原麻太郎，二瓶泰雄，倉上由貴，鈴木健吾：危機管理型ハード対策としての堤防天端補強技術による耐越水性向上効果の検討，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.74, No.4, pp.I_1279-I_1284, 2018。