

変化すると考えられる。一方、水位が変化しない場合は、パイピング破壊に対して耐久可能な水位であれば、堤内側で浮遊した細かい砂粒子が再堆積し、表層部分で間隙が小さい膜状の安定した骨格構造を形成するため、漏水流量が減少すると考えられる。つまり、水位が変化する場合、漏水流量は基礎地盤の状態をよく表していると言える。

3.2 累積漏水流量の挙動

前節で水位が変化する場合、漏水流量は基礎地盤の状態に直結していることが示唆された。つまり、パイピング破壊は漏水流量が限界量に達することで引き起こされている可能性がある。そこで、実験開始からパイピング破壊までの累積漏水流量を算出し、その経時変化を図-5に示した。各ケースにおいて、層構造、層厚比、露出部の有無、水位条件の違いにより、透水係数および平均動水勾配が異なっている。そのため、2オーダー程度の大きな違いが出ていると思われる。

3.3 無次元累積漏水流量の挙動

福岡らの無次元量指標¹⁾による検討の方向性に倣い、累積漏水流量について透水係数および平均動水勾配による違いを補正するため、経時漏水流量を各ケースの透水係数および平均動水勾配、堤内側面積で除して時間積分をした。その無次元量を無次元累積漏水流量と定義し、経時変化を図-6に示した。ただし、透水係数の算出方法は表-2に示す通りである。図-6において水位一定のCase4を除き、 $2.5 \sim 8.0 \times 10^4$ の範囲に分布した。ただ、Case2, 3, 5(複層)はCase1(単一層)の2倍程度となり、原因として透水係数を過小評価している可能性がある。つまり、無次元累積漏水流量には層構造によるばらつきは見られるものの、収束範囲が存在し、そこに到達した際にパイピング破壊が生じていると考えられる。

4. まとめ

河川堤防におけるパイピング破壊は、河川水が浸透し堤体下での漏水と砂の流亡によって基礎地盤が損傷することに起因している。そのため、外水位が変化する場合、漏水流量は基礎地盤の状態を表す。そして、基礎地盤特性・水位条件による違いを補正した無次元累積漏水流量は特定の範囲に収束する可能性が示唆された。今後、模型実験や数値解析から無次元累積漏水流量の限界値の存在を明らかにし、実堤防にも適応できる定量的な指標の確立を目指す。

参考文献

- 1) 福岡ら, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.74, No.5, I_1435-1440, 2018.
- 2) 齊藤ら, 河川技術論文集, 第21巻, p349-354, 2015.

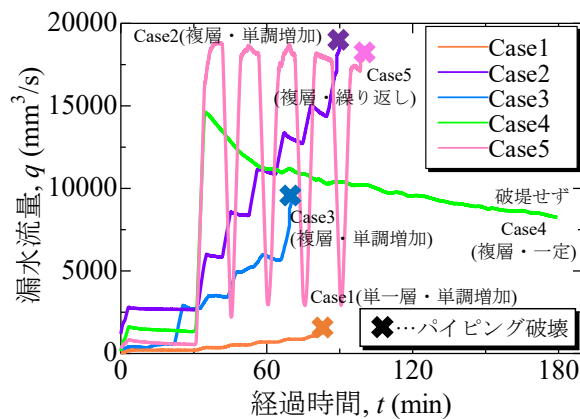


図-4 漏水流量の経時変化

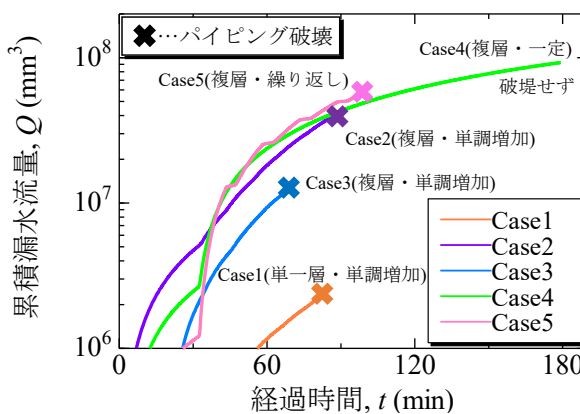


図-5 累積漏水流量の経時変化

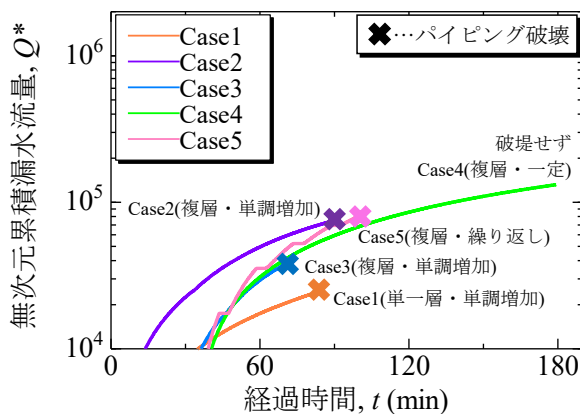


図-6 無次元累積漏水流量の経時変化

表-2 透水係数の算出方法

露出なし	露出あり
$k = \frac{d}{\frac{y_1}{k_1} + \frac{y_2}{k_2} + \frac{y_3}{k_{II}} + \frac{y_2}{k_2} + \frac{y_1}{k_1}}$ $k_{II} = \frac{k_1 y_1 + k_2 y_2}{y_1 + y_2}$	$k = \frac{d}{\frac{y_1}{k_1'} + \frac{y_2}{k_2} + \frac{y_3}{k_{II}} + \frac{y_2}{k_2} + \frac{y_1}{k_1}}$ $k_1' = \frac{k_1 s_1 + k_2 s_2}{s_1 + s_2} \quad k_{II} = \frac{k_1 y_1 + k_2 y_2}{y_1 + y_2}$