

河川堤防の断面の現状と裏法面の浸透安定性に関する研究

芝浦工業大学 学生会員 ○ 小木曾 隆明
正会員 岡本 敏郎

1. はじめに

近年、堤防が破堤することにより甚大な被害が出る災害が発生しており、その第一の原因は越流と言われているものの、現場の観察状況からは、越流以前の水位上昇に伴う浸透破壊が原因に挙げられている。このため堤防の浸透安全性についてあらためて

考える必要がある。本研究は河川堤防の安全性について、特に浸透問題を考える上で重要な浸潤面に着目し、浸潤面が裏法面へ浸出することの影響を調べ、さらに浸透対策としてドレーン工法の適用を検討した。

2. 浸透破壊と設計基準

浸潤面が上昇すると裏法面側に水圧増加と漏水が発生し、堤防が崩壊する可能性がある（図1）。河川堤防と同じ土構造物のフィルダムではこの浸潤面を下流側法面に達しないようにすると設計基準で決まっているが、一般の河川堤防の設計

では浸潤面を裏法面に浸出させないということは明確にされていない（河川砂防技術基準）。

3. 断面形状調査

河川堤防の現状を知るため、堤防に関する書籍、学会発表論文等の文献とインターネットにより断面調査を行った。収集した断面図に関して、主に堤防の規模や浸透対策について整理した。その結果、河川砂防技術基準では堤防の形状は単断面で法勾配は2割以上のものが好ましいとなっているが、今回調査した堤防では勾配が2割未満のものもあった（図2）。2割未満の堤防は小型の堤防だった。ドレーン等の浸透対策が施されている堤防は調べた中には20%しかなく、浸透対策が広まっていないことが分かった。また、築堤年代や土質材料等のデータが十分でなく、今後はこれらの調査が必要である。

4. 堤防裏法面での安定性検討

浸潤面が裏法面に浸出することと、裏法面の破壊との関連について検討した。まず、浸出部における破壊形態と破壊の評価方法を調べた。破壊形態については勾配に

キーワード 河川堤防、裏法面、浸潤面、浸透安定、ドレーン

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5 芝浦工業大学 TEL 03-5859-8360

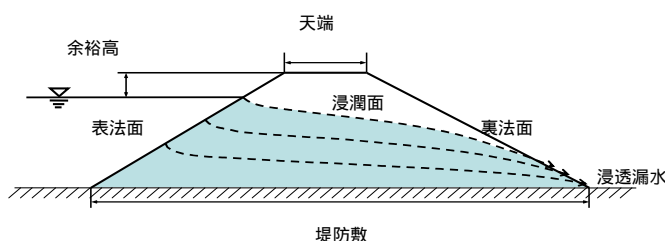


図1 堤防名称と浸潤面

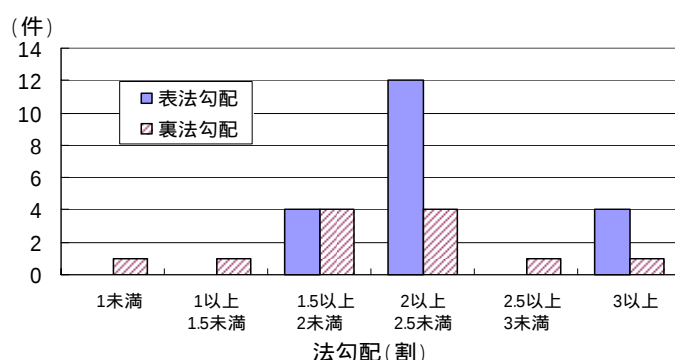


図2 堤防（小段なし）の法勾配

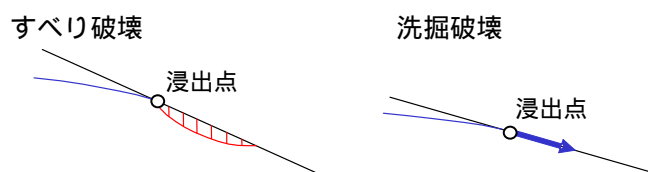


図3 勾配による破壊形態の違い

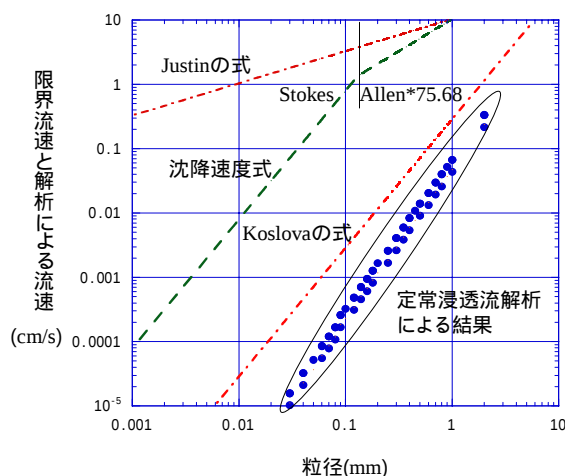


図4 限界流速と解析による流速の比較

より破壊形態が変化し、急勾配ではすべり破壊が発生し、緩勾配では土粒子の流失による洗掘破壊が発生すると言われている（図3）（久保田ら）。評価方法については、土粒子の流失による評価方法として限界流速や限界動水勾配での評価方法がある。そこで限界流速による評価をするため、断面調査で収集した高さや敷幅等が分かる断面図を使用した。検討方法は市販の有限要素法プログラム使用し、定常浸透流解析によって浸潤面と浸出地点の流速を求めた。流速は解析から求められる動水勾配に各粒径ごと透水係数を乗じて求め、限界流速を求める Justin の式などと比較した（浸透破壊シンポ）。その結果によると、解析を行った全ての堤防で浸潤面が裏法面に浸出した。限界流速に関しては、解析で求めた流速はどの式と比較しても限界流速に達していないが（図4）、限界流速の値が広く分布しているため、正確な判断はできない。このため、フィルダムの設計のように浸潤面が裏法面に浸出しないように堤防を設計することが望ましいと考えられる。

5. 水平ドレーン工法における最低幅の検討

浸潤面を裏法面に浸出させないために浸透対策の一つであるドレーン工法について検討した（河上）。ドレーン工法とは堤体の材料の一部を透水性の大きい材料に置き換えることで浸透水を速やかに排水し、浸潤面が裏法面に浸出することを防ぐものである。ドレーンの幅の検討では、Casagrande の図解法を適用した。この方法では浸潤面の位置が土の性質、特に堤体の透水係数に依存しない。浸出点と裏法面が接触する時のドレーンの幅を最低幅（L）とし（図

5）、さらに最低幅のままでは浸潤面が裏法面に達しているため、最低幅に余裕幅を加えることにした。余裕幅については厳密な検討ができなかったため、浸透水の凍結や、降雨による浸潤面上昇を考慮して 2m を余裕幅としてドレーンの最低幅に加えた。検討には図6に示すモデル堤防を考え、堤防形状や水位を変化させてドレーンの幅の変化を調べた。

その結果、ドレーン幅と水位、裏法面の角度の関係は図7のようになった。水位を 5m に固定して堤防の形状を変化させ裏法面の角度を大きくするとドレーンの幅は短くなり、堤防形状を図6の基準形状に固定して水位を上昇させると浸潤面の浸出位置が上昇するため幅の広いドレーンが必要になることが分かった。今後はドレーンの形状を変えた場合の検討も必要であるが、ドレーンの設計に関して水位と堤防形状の関係で基準を作れる可能性がある（国土技術研究センター）。

6. まとめ：今回の研究では調査により河川堤防の大まかな現状を知ることができたが、断面材料等に関して更に詳しい調査が必要である。また浸透対策としては、浸潤面を浸出させないようにすべきである。

参考文献・建設省河川局監修：改定新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説 設計編〔 〕，1997、・久保田敬一，河野伊一郎，宇野尚雄 共著：透水 - 設計へのアプローチ，1976、・地盤工学会編：地盤の浸透破壊のメカニズムと評価手法に関するシンポジウム，2002、・河上房義：土質工学演習 - 基礎編 - ，1978、・国土技術研究センター：ドレーン工設計マニュアル，1998

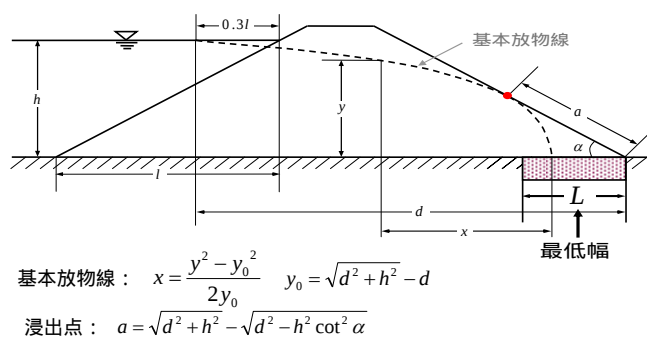


図6 モデル堤防の基準形状と余裕幅

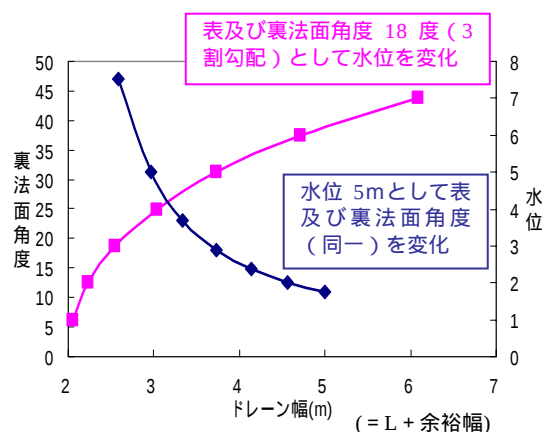


図7 ドレーン幅と水位、裏法面の角度の関係