

## 第2章 既往研究のレビュー

### 2.1 越水による堤防の破壊メカニズム

越水による堤防の破壊メカニズムについては十分に解明されてはいないが、既往の研究によれば図 2.1.1 の様に進むと説明されている（例えば、土研資料(第 2074 号 ISSN0386-5878 P-32、中島秀雄(図解河川堤防 技法堂出版 2003 年 9 月 P-78) 等)。

- ① 降雨浸透によって堤体の飽和度が上がり、裏のり側（民家側）も飽和して堤体の強度が低下する。
- ② 河川水が越水し始める。
- ③ 越水水深が深くなり、越流した水が強度の低くなった裏のり尻を洗掘する。堤防裏のり面の凸凹のある部分から侵食が始まり、表面の芝がはがれ、全体に広がって行く。
- ④ 天端直下、裏小段直下・裏のり尻の洗掘が進む。のり面の凸凹のある部分から芝がはがれ、水が堤体内に入り込む。さらに、この部分を中心に芝のはがれ範囲が広がる。越水が続くとその部分が洗掘される。
- ⑤ 天端下が庇状に洗掘され、天端の崩落が始まる。裏のり尻が泥状となって洗掘され、裏のり面の飽和した土がずり落ち始める。時間がたつと、裏のりの上～中部や、天端近くの裏のり面の崩れたところから河川水が湧出する。
- ⑥ 堤体天端が崩壊流出して、裏のり面側が次々と崩壊して破堤する。

このような破壊メカニズムの注目点は以下のとおりである。

- (1) 越水によって最初に大きな力が作用するのは堤体裏のり尻である。
- (2) 越水によってまず裏のり尻が洗掘され、その次に裏のり肩が洗掘される。
- (3) それによって降雨や浸透水で湿潤し、重量の増大した堤体が不安定になり、土塊となって崩落する。
- (4) 堤体は、さらに不安定になり、崩落が進行し破堤する。

図 2.1.2 群に越水による破堤の事例写真を示す。この写真においてもほぼ上記と同じ現象が生じていると考えられる。このような破壊メカニズムの場合、対策の着目点は以下となる。

- (a) 裏のり尻、裏のり面の強化が重要。
- (b) 裏のり面が事前漏水や降水浸透によって弱体化しないようにする。
- (c) 裏のり側を流下する水の流速が大きくなるようにする。
- (d) 堤体内に浸透する河川水が不飽和領域の気体を加圧し、有効応力の低下を招いて堤防を弱体化させないように排気に配慮する。

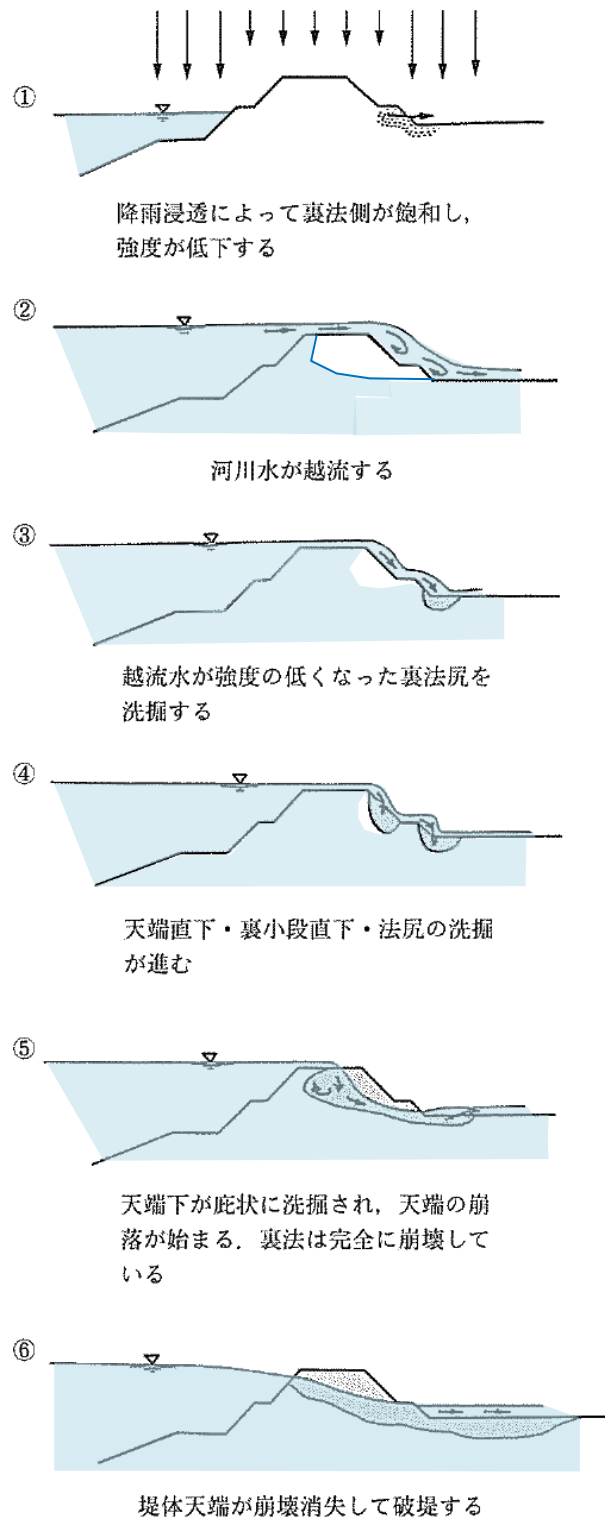
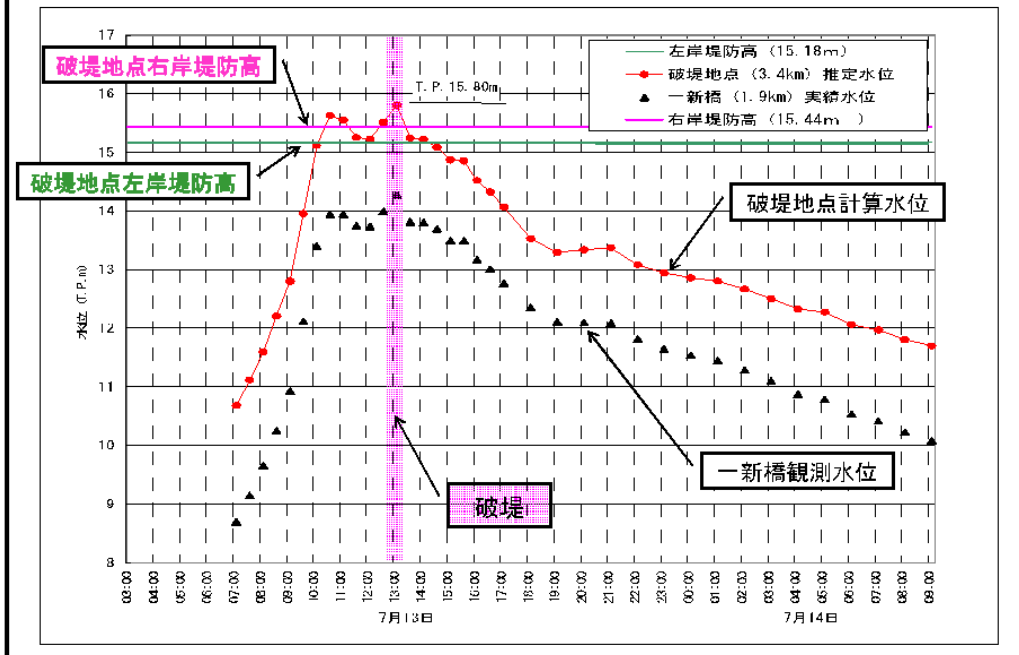


図 2.1.1 越流による堤防の破壊メカニズム

出典：土研資料(第 2074 号 ISSN0386-5878 P-32)

中島秀雄（図解河川堤防 技法堂出版 2003 年 9 月 P-78）  
等

## 破堤地点の水位ハイドログラフ(計算値)



## 破堤時刻における左右岸の水位について



図 2.1.2 群 1/3 越水による破堤の事例 (H16年7月新潟・福島豪雨 五十嵐川)

## 破堤メカニズム(越流中期)



## 破堤メカニズム(越流終期)



図 2.1.2 群 2/3 越水による破堤の事例 (H16年7月新潟・福島豪雨  
五十嵐川)



## 破堤メカニズム(越流終了)



## 五十嵐川の破堤箇所周辺状況



図 2.1.2 群 3/3 越水による破堤の事例 (H16年7月新潟・福島豪雨  
五十嵐川)

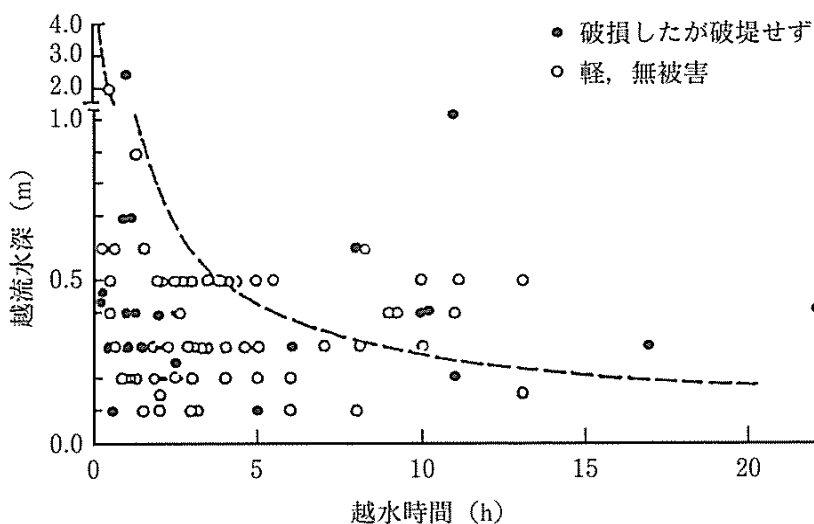
## 2.2 越水により破堤した堤防の事例

中島秀雄（図解河川堤防・技法堂）は越水破堤の事例研究として吉野・村本（文部省科学研究費自然災害特別研究成果 No.A-61-5,1989年）の調査結果を紹介している。これは1965年以降の主要な水害における河川堤防の被災を調査したもので、主に中小河川の事例が収集された。これによれば越水した場合でも、以下の堤防は被害が少ないと報告している。

- ① 堤体土質が粘土質なもの
- ② 堤体漏水のないもの
- ③ 越水深が40cm以下の場合
- ④ 裏法高さが4m以下の場合
- ⑤ 天端が舗装されているもの

又、須賀による大河川の越水事例も紹介している。図2.2.1は越流水深と越水時間の関係を示している。この図において越流水深60cm、越水時間3時間に相当する総流量一定ラインを引くと、80%がこの設定ラインの中に入る。これより中島秀雄は耐越水堤防の目安を以下としている。

### 「越流水深60cmで越水時間が3時間の条件に耐えられるような堤防」



越水したが破堤しなかった事例——越流水深60cm、越水時間3時間、総流量一定ラインのなかでは80%の堤防が破壊しない。したがって、耐越水堤防ではこの線を越えることが一つの目安となる

図 2.2.1 越流水深と越水時間の関係

出典：須加ら、1984年土木資料第2074号、

ISSN0386-5878 P-7

### 2.3 既往文献による越水に対する堤防強化策

前述の既往文献によれば、越水に対する堤防強化策として以下の項目が列挙されている。

- ① 堤防断面積は大きい方が安全性は高くなる。
- ② 堤体の形状は裏のり面（民家側）が一枚法面で、小段等の凸凹がないことがのり面の侵食を防止する。
- ③ 堤体は粘土質の方が強い。従って、砂質の堤防であれば裏のり面は粘性土で被覆する。但し、堤体内浸潤面が裏のり側で上昇しないように下部にドレーンが必要となる。
- ④ 裏のり尻は洗掘防止のために布団籠あるいは砂礫材料（大型の石）で保護する。裏のり尻の比高が大きいときには特に必要である。大型の石積型ドレーンを設置しても同様な効果が得られる。但し、砂礫のドレーンは越水で洗い流されやすいので、ドレーンは材料を固定した構造にしなければならない。
- ⑤ 乾燥している堤防は湿潤している堤防に比較して強度が大きいので、堤体内の地下水位を下げるために裏のり尻にドレーンを設置する。
- ⑥ 同様な理由で堤体内に降雨が入らないように堤体の表層被覆をする。天端は舗装し、のり肩から少し下まで被覆する。
- ⑦ 裏のり面の勾配を緩くする。
- ⑧ 裏のり面の芝は裸地ができないように管理する。特に砂質堤防では、越水時の芝の強弱が堤防の安全性を大きく左右する。
- ⑨ 裏のり面の洗掘防止対策として芝の着生が悪い場合には、表層より 1m 以上の深さに遮水シートを埋設することも有効である。
- ⑩ 天端と裏のり尻の比高が大きい程裏のり尻洗掘量が大きくなる。裏のり尻付近の基礎地盤が粘性土の場合は、洗掘量と洗掘深さが小さく、堤体の破壊する時間が遅くなる。