



伝統的河川工法で防ぐ現代の洪水

高3 伊藤 悠 (桐蔭学園高等学校)

11 住み続けられるまちづくりを

1 真面目な学び

9 産業と技術革新の基盤をつくろう

研究背景

近年、地球温暖化が要因ではないかと思われる「異常気象」が、毎年のようにどこかで起きており「異常事態」が常態化してきている。顕著な変化として、短時間の大雨が増加し、それに伴い堤防の決壊や洪水被害などが増えている。例えば、次のような災害である。

鬼怒川氾濫 (H27.9/10)
台風18号により19河川で堤防決壊
67河川で氾濫 死者8名

球磨川氾濫 (R2.7/4)
梅雨前線により2河川で堤防決壊
34河川で氾濫 死者65名

第3-3-5回 1時間降水量50mm以上の年間発生回数の推移 (アメダス1,000地点あたり)

研究目的

実験を行って堤防が決壊する原因に迫り、堤防の決壊を防ぐ、もしくは被害を少なくする対策について考えたい。

また、災害は特定の地域ではなく様々な河川で決壊が起きており、年々被害も増大していることから、早急な対策が求められる。このことから安価でありながら効果的な洪水対策を考えたい。

- 洪水、特に堤防の決壊を防ぐ、もしくは被害を少なくする対策
- 洪水被害が発生する場所は全国に多数あるため、安価な堤防具
- 素早い対策が求められるため、時間をかけずに対策できる堤防具

→ **伝統的河川工法(明治以前)の水制用具が最適であると考えた**

「聖牛(ひじりうし)」山梨県の釜無川
武田信玄が考案したと言われる堤防具

「沈牛(しずみうし)」自作堤防具
石を網で覆い、川底に沈めて固定する

研究1 水路実験

約1.6mの川を作り、水面に浮きを流して川の流れ方を調べ、堤防を削る原因は、川の中央と内側の水が外側へと集まるためであることがわかった

しかし内側の水がなくなる(川底が見える)わけではない

では、**新たな内側の水はどこから来たのか**

川の表面ではなく川の内部に要因があるのではないかと考え、川の流れを立体的に捉える実験をした。

連続するカーブの水路を作り、水を流して、カーブ内側、中央、外側のそれぞれに色水を流し、色水の流れから川の立体的な流れを見る。

①カーブ内側の流れに色水を流して、色水の流れ方を見た写真

カーブ内側の水は、カーブで中央の流れを乗り越え、カーブ外側へと流れを変える。

②カーブ中央の流れに色水を流して、色水の流れ方を見た写真

カーブ中央の水は、カーブ入り口で内側の水に押しつけられ、乗り越えられる。カーブ出口で、川底から上がってくる。

カーブ入り口で、カーブ内側の水はカーブ外側へ流れ、その水に押されるように、川の中央を流れる水がカーブ内側へ流れている。

川はカーブで2本の縄をなうように流れ、この流れがドリルのような働きをして、カーブ外側の堤防を掘削していると考えられる。(下図参照)

研究2 鉄砲水による堤防決壊を防ぐ聖牛と沈牛の実験 …研究1を基に鉄砲水に効果的な対策を探る

[沈牛の働き]川底から水を巻き上げて攪拌する

[聖牛の働き]聖牛を通る水は、聖牛の下と上に分かれ、さらに聖牛の後ろで左右に分かれる。実際には、聖牛を堤防ギリギリに設置することで、堤防まで来た水を上下左右に分散させる。

釜無川を縮尺100分の1にした実験装置

川:幅40~45cm
斜度:上流側3.5度、下流側5.3度
堤防の高さ:4cm
堤防の幅:4cm、全長:約3.5m
カーブが2つの川

川底から水を巻き上げ、川底から水面までの水を全体的に攪拌し、カーブによって生じる水量の偏りを減らす。また一方へ進む水流の流速も減らしている。

カーブ入り口の川底に沈牛を数カ所に分けて設置する。置く向きは外側への流れを内側へ戻すように斜めに置く。

一杯の水を流し始めてから、決壊して越水するまでの時間を計ると、右グラフのようにこの置き方が最も効果的である。

効果的な堤防具の置き方

カーブ1とカーブ2における増水してから越水までの時間 (単位:秒)

増水直前の様子	カーブ1	カーブ2
何も置かない 1日目	10	11
何も置かない 2日目	12	18
何も置かない 3日目	6	16
①聖1 ②聖4	6	24
①聖3 ②聖4	2	2
①沈3 ②沈5	41	30
①沈2 ②沈5	25	50
①沈2 ②沈5	30	30
①聖2 ②沈3 ③沈5	5	34
①聖2 ②沈3 ③沈5	5	34
①聖3 ②聖4 ③沈4	4	3
①聖1 ②何も置かない	2	13
①聖1 ②聖4	1	10
①聖1 ②聖4	1	18
①聖3 ②聖4 ③沈4	8	33
①聖2 ②沈3 ③聖4 ④聖2 ⑤沈5	1	1
①聖2 ②沈3 ③聖4 ④聖2 ⑤沈5	2	45
①聖2 ②沈3 ③聖4 ④聖2 ⑤沈5	2	25
①聖2 ②沈3 ③聖4 ④聖2 ⑤沈5	2	41
①聖2 ②沈3 ③聖4 ④聖2 ⑤沈5	2	33

研究3 越水による堤防決壊を防ぐ蛇籠の実験

越水による堤防決壊のメカニズム

越水により堤防の川裏が浸食されて堤防が崩れ、決壊する

近年の堤防決壊の原因で最も多いのが越水

実験場(中央大学)
長さ:120cm (天端20cm&法面100cm)
横幅:60cm
高さ:20cm
勾配:1:6%

堤防の天端に水槽があり、ここから一定水量を水路に流し、越水した状況を作る。

蛇籠を設置していない場合は川裏が深く削られる

蛇籠を設置していると堤防が階段状に少し削られるが深くは削られない

蛇籠を設置していない箇所は深く削られることもある

蛇籠:金網と石で作成した。これを川裏に埋め込む。

削られる堤防の長さや深さを測る。蛇籠を堤防に埋めるときと埋めなかった時を比べる。

深く削られた場所

蛇籠(じゃかご)は越水による堤防決壊を減災する効果がある

結論

[増水時の川の流れ方]
カーブでは、水面と水面下で異なった動きをしており、水は2本の縄をなうようにカーブ外側へ向かって流れていることがわかった。そのため、カーブ後半の堤防にドリルのように水があたっていると考えられる。

[鉄砲水による決壊への対策]
水面下の流れを変えるように沈牛を置いて、堤防際には聖牛を置くことで川に何も置かない時と比べて、決壊までの時間が長くなり、決壊箇所も少なく、短くなったことから減災効果があるとわかった。

[越水時の堤防決壊]
増水により越水した場合、川裏から堤防が崩れていく。

[課題]
・聖牛は川に置いてあるだけなので流される可能性がある。
・その時、下流で聖牛を中心に漂流物が溜まり川の流れを堰き止める可能性がある。
・蛇籠や沈牛は重量があるため流されることはないが、石をきれいに作り上げるには専門性が必要になり、作れる人が少ない。

[聖牛の効果]
聖牛は堤防際に置くことで二重の堤防のようになり、堤防へ速い水が直接あたることを防ぐ効果があると考えられる。

[沈牛の効果]
沈牛はカーブ入り口などに設置することで、水がドリルのような動きを始める前に、カーブ外側へ流れる水を川底から攪拌し、流速を減らす。また、遠心力によってカーブ外側に集まりやすい水量を攪拌によって均一化する効果もあると考えられる。

[蛇籠の効果]
蛇籠を設置した面は深く削られない。ただし、蛇籠が置いてあっても、隣接する蛇籠のない部分が深く削られることがある。

[越水による決壊への対策]
蛇籠が川裏の面に入っていれば大きく削られることがない。蛇籠が多ければ多いほど効果がある。

[参考文献]
・朝日新聞 www.asahi.com/articles/ASNC46V3LNC4TIPEO18.html
・東京新聞 www.tokyo-np.co.jp/article/54484
・フィールドノート www.thr.mlit.go.jp/bumon/b00037/k00290/river-hp/kasen/study/fieldnote/nagare3.html
・国土交通省「県管理河川を含めた決壊要因や特徴の分析」 www.mlit.go.jp/river/shinnngikai_blog/gijutsu_kentoukai/dai01kai/pdf/doc2-3.pdf

[謝辞]
本研究に協力してくださった中央大学手計教授、元すずき野中学校小林先生、桐蔭学園高校石橋先生その他活動に関わっていただいた全ての皆様へ感謝するとともに、ここに記してお礼申し上げます。