

田んぼダム排水装置による洪水緩和機能の評価

日本大学工学部土木工学科 学生会員 ○竹田 稔真

日本大学工学部土木工学科 正 会 員 朝岡 良浩

日本大学工学部土木工学科 正 会 員 長林 久夫

1. 緒言

近年気候変動に伴う集中豪雨が発生しており、今後も増加傾向にあることが予測される。そのため集中豪雨を原因とする洪水対策が必須の課題となる。洪水対策を講じる上で2つの大きな問題が想定できる。まず構造物の飽和による物理的制約があり、河川拡幅や堤防の嵩上げや雨水管の増設が考えられるが、都市周辺域では既に家屋や田畑の制約があるため難しい。地下の雨水管を増設するとしても、既に水道管や電線等のインフラ設備が通っている場合もありそういった設備は今後も増加するであろう。もう1つが社会的な問題として全ての河川を今すぐ整備するには予算も人員も不足している。そこで現在、既存の施設や機能を低コストで活用するアイデアとして田んぼダムが全国的に広がりつつある。田んぼダムとは水田からの落水を排水装置により人工的に制御することで降雨時の落水量を減らし水田に一時的に貯留するもので、洪水の防災または減災を目的としている。新潟県村上地域振興局の担当者らによって発案され、現在は新潟県、兵庫県、福井県等での実施実績があるが、その排水装置は多岐にわたっており最適な装置の選定方法については未だ確証のあるものがない。そこで本研究では水理実験と水理シミュレーションを用いて各排水装置の貯留能力を比較・検討し、排水装置選定の指標とした。

2. 排水装置概要

本研究では田んぼダムとして落水量抑制効果のある既製品の排水装置を「軽量落水升」と「フリードレーン」の2種類、比較対象として落水量抑制効果のない既製品である「水田用給排水口」を現況と設定した。軽量落水升は直方体の升内に排水孔を有する垂直設置型調整板をはめ込み、オリフィスとして機能することで落水量抑制効果が発生する。フリードレーンは排水側が狭窄されている円錐形の排水装置で、低水位時は堰として通常の落水量であるが、高水位時は狭窄部がオリフィスとなることで落水量を抑制する。現況物は実際の水田では各農家により違うため、本報告では落水量抑制効果のない既製品の排水装置を用いた。堰では式(1)、オリフィスでは式(2)を用いて流量を計算する。

$$Q = EB\sqrt{2g} \int_D^h \sqrt{z} dz \quad (1)$$

$$Q = \frac{C\pi\Phi^2}{4} \sqrt{2g(H+L)} \quad (2)$$

ここに、 Q :流量(m^3/s)、 B :排水周長(m)、 Φ :排水孔直径(m)、 g :重力加速度(m/s^2)、 h :田面水位(m)、 D :堰高さ(m)、 H :越流水位(m)、 L :装置長 (m)であり、 E と C は堰またはオリフィスの流量係数として実験で決定する。 Φ は軽量落水升では 0.04m 、フリードレーンでは 0.05m である。

3. 水理実験

図-1にフリードレーンの場合の実験装置の概要図を示す。右側ポンプより給水し、上部タンクに水がたまり排水装置より下部タンクに排水される。給水量=排水量ならば上部タンクの水位は一定となり、この時下部タンク出口の三角堰の水位を計測することで装置からの流量が明らかとなる。流量を(1)(2)式に代入し、 E または c について解くことで求めた流量係数を表-1に示す。またフリードレーンの実験により堰流れとオリフィス流れの間に渦流れが存在することが明らかになった。渦は遷移流れとして (3)式で流量を求める。

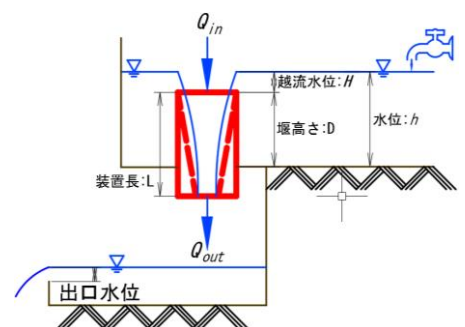


図-1 実験装置概要図

キーワード フリードレーン、垂直設置型調整板、水理実験、水理シミュレーション、防災

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1 日本大学工学部土木工学科水文・水資源工学研究室

表-1 各装置の流量係数

	フリードレーン	軽量落水升	現況物
堰係数	$E=2.89H+0.109$	$E=2.89H+0.109$	$E=2.89H+0.109$
オリフィス係数	$C=0.13H+0.808$	0.646	

$$Q=0.0001H+0.0031 \quad (3)$$

4. 水理シミュレーション

式(1)(2)(3)と表-1の係数を組み合わせて流量を求め、それをもとに式(4)により各時刻での田面水位変化を表す。

$$\frac{dH}{dt} = R - \frac{Q}{A} \quad (4)$$

ここに、 Q :流量(m^3/s)、 R :雨量(m/s)、 A :水田面積(m^2)である。なお、計算のタイムステップは10分間隔とし、降雨波形は福島県郡山市の降雨強度式¹⁾を用いて作成した。シミュレーションの条件はまず降雨タイミングが及ぼす影響を解析するため水田面積は全て2000 m^2 、総雨量141mmで降雨波形を変化させた場合をパターンAとした。次に水田面積が及ぼす影響を解析するために降雨は全て総雨量141mmで後方集中、水田面積を変化させた場合をパターンBとした。最後に集中豪雨に対応していることを示すため水田面積は全て2000 m^2 、総雨量141mmで降雨継続時間を1～24時間の間で変化させた場合をパターンCとした。水田面積2000 m^2 は福島県郡山市の一般的な水田面積で、日降水量141mmは福島県郡山市の10年確率降雨である。

図-2に結果の一部を示す。貯留量は田面水位に水田面積を乗算したものであるため、田面水位が高いほど貯留能力が高いと言える。その結果、全てのパターンにおいてフリードレーンに比べて軽量落水升の方が貯留能力は優れていた。パターンAでは前方集中の降雨波形の際フリードレーンはオリフィスまたは遷移流れとしてはほぼ機能しておらず、パターンBでも水田面積が小さくなるにつれ水位が上昇する前に排水するためオリフィス又は遷移流れとして機能する水位に達しなかった。パターンCでは、降雨継続時間が長くなるにつれてフリードレーンが堰として機能する時間も長くなった。堰の時間が長いと落水量を抑制しないため、落水量抑制効果のない現況とほぼ同様の田面水位変化となった。

5. 結言

解析の結果、田んぼダム排水装置として洪水時の貯留能力がより高いのは軽量落水升であった。軽量落水升は常に落水量を抑制するが、フリードレーンは一定の水位以上で落水量抑制効果が発生しないため短時間の集中豪雨でなければ貯留能力は低くなる。また水位が変化しやすい小面積の水田もフリードレーンは不向きである。日降水量141mmの場合、降雨終了24時間後の水位は高くとも7cm程度で稲の生育に影響は無いと推定されるが、詳細は実施農家へのアンケート調査等が必要である。

参考文献

1)福島県庁“降雨強度式”<<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/53861.pdf>> (2017-12-26)

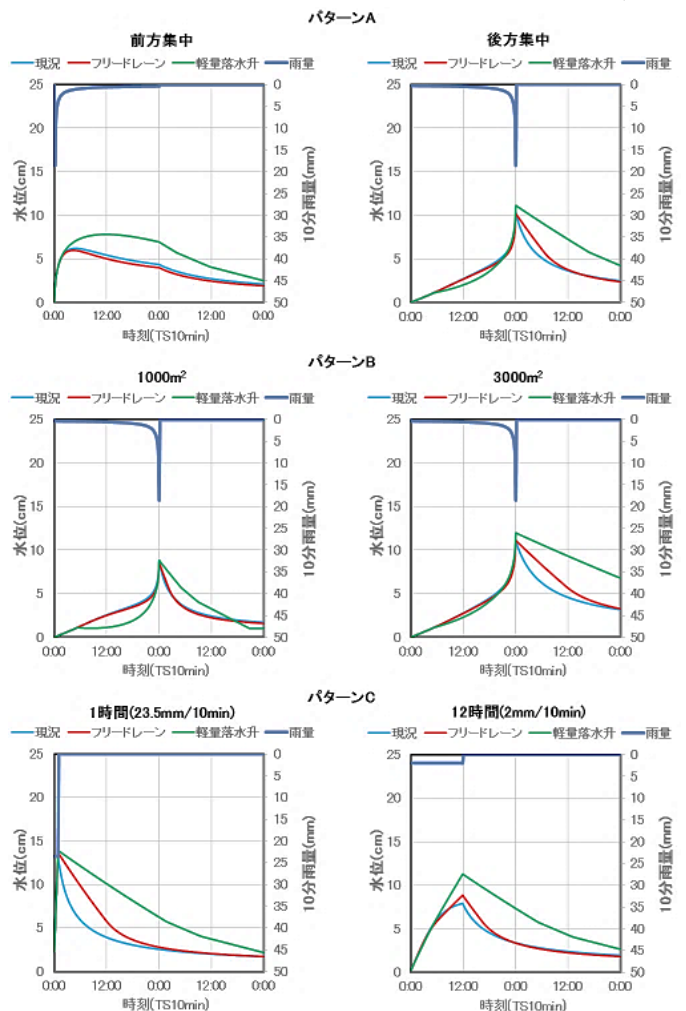


図-2 各パターン田面水位変化