

機関番号：11201

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20580260

研究課題名 (和文) 堆砂・洗掘問題の分析に基づいた頭首工計画・設計論の構築

研究課題名 (英文) Production of planning and design concept of diversion dams on the analysis of sand accumulation and scouring

研究代表者

三輪 弼 (MIWA HAJIME)

岩手大学・農学部・教授

研究者番号：30107180

研究成果の概要 (和文)：

頭首工の計画・設計における改善点を明らかにするため、河川砂礫堆と堰との関係という視点から、(1) 堰下流河床洗掘の発生メカニズムと被災防止に対する下流護床工の効果、(2) 堰上流護床工の損壊現象、(3) 複合堰における堆砂・洗掘問題、(4) 引き込み式魚道の被災可能性 などについて現地調査と水路実験によって解析を進めた。砂礫堆に対して良好な位置関係と形状をもつ堰の優位性と堰下流の河床洗掘を軽減できる護床工の適切な構造が明らかになった。

研究成果の概要 (英文)：

The viewpoint of the relationship between alternate bars formation and intake weir is very important to improve the planning and design of diversion dam. Analysis by field survey and flume experiment on four problems, (1) the mechanism of river-bed scouring downstream of a weir and the effect of downstream bed protection works to prevent disaster suffering, (2) the destruction of upstream bed protection works, (3) problems of sand accumulation and river bed scouring around a complex-type weir, and (4) the possibility of disaster suffering of fish ladder which stretches to upstream reach, showed the superiority of the weir with good relation to bar shape and proper structure of bed protection works to deduce bed scouring downstream of a weir.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2009 年度	900,000	270,000	1,170,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：水理, 灌漑排水, 施設

1. 研究開始当初の背景

頭首工は、水田農業を支える重要な水利基

盤施設の一つである。食糧増産のための開田を伴う農業水利事業によって頭首工が新設されることはなくなったが、日本国内に無数

にある既設頭首工の改築や統合頭首工の建設などは、今後とも水田農業の生産基盤として重要な事業である。しかし、財政的な問題から、頭首工の計画・設計にあたっては、建設後の維持管理までを含めて合理的で経済的な構造物であることが要求されている。

頭首工は、洪水時に激しく移動する砂礫によって構成された河床上に設けられる構造物であるため、その計画・設計にあたって次のような多くの困難な問題を抱えている。

- (1) 頭首工の位置選定
- (2) 頭首工上下流区間の河床高変化予測
- (3) 頭首工下流の河床洗掘対策
- (4) 頭首工周辺堆砂に伴うゲート閉鎖障害

これら課題の実態を明らかにし、総合的な対応策を検討して、頭首工の今後の計画・設計に活かしていく研究を進めていく必要がある。

2. 研究の目的

頭首工が抱えている多くの問題のうち、頭首工周辺の堆砂と洗掘による問題が重要である。問題を引き起こす要因の一つは、河川全体の長期的な河床上昇あるいは河床低下という河床変動である。日本の河川は、元来、山地からの土砂流出によって河床上昇をきたし、洪水氾濫の原因になることが大きな問題であったが、昭和 30～40 年代に建設資材として大量な砂利採取がなされたため、多くの河川で河床低下が進行した。その結果、頭首工下流河床の局所的な洗掘が発生し、頭首工の安全が脅かされている。

一方で、頭首工ゲート直下の堆砂によって、ゲート閉鎖が困難になる事例が頻発している。これらは、頭首工の構造と河床高・河床形状との不適合によって生じた問題である。これらの問題発生メカニズムを、実際例の調査と実験水路における再現実験によって解析し、問題解消あるいは軽減のための対策を検討して、頭首工の計画・設計論を構築していくことが本研究の目的である。

3. 研究の方法

沖積平野部の河川においては、「砂礫堆」が上下流に連続して河道を構成しており、その形状とその接続パターンから、交互に連続する瀬と淵を伴った平水時水流の蛇行がみられる。洪水時も、砂礫堆形状に対応して集中・発散を伴って蛇行する。堰の上下流で河床落差があっても、図-1 にみられるように砂礫堆形状は連続して形成される。頭首工の堆砂・洗掘問題の解析にあたっては、常に砂礫堆との関連を意識して研究を進めることが重要である。

研究の進め方は、(1) 問題のある頭首工に



図-1 堰上下流で連続する砂礫堆

ついでに現地調査と資料解析、(2) 実際例を踏まえた小規模水路における再現基礎実験からなる。

(1) 現地頭首工例の調査解析にあたっては、問題の概要把握のための関係者からの聞き取り調査や頭首工周辺河床の測量データの解析を進めるとともに、多数年次の航空写真比較判読によって、砂礫堆形状変化や頭首工周辺河床への堆砂および堰下流河床洗掘状況などを分析した。

(2) 水路実験においては、現地河川の砂礫堆形成状況とその変化を詳細に検討したうえで、それに対応した実験条件を選定し、頭首工上下流河床を水路上に再現させて、堆砂と洗掘の発生メカニズムの解析とトラブル軽減のための対策工法の検討を行った。

4. 研究成果

本研究期間中の主な研究成果は次のとおりである。

- (1) 堰下流河床洗掘の発生メカニズムと被災防止に対する下流護床工の効果

北海道鶴川の川西頭首工と川東頭首工、岩手県雫石川の鹿妻穴堰頭首工、茨城県鬼怒川の勝瓜頭首工、和歌山県紀ノ川の小田頭首工と岩出頭首工など、堰下流河床洗掘による災害に脅かされている諸頭首工について、現地調査と資料解析を行った。その結果、基本的には、昭和 30～40 年代の砂利採取による河床低下によって堰の敷高が周辺河床高より高くなり、堰下流河床の局所洗掘が発生している。可動堰や固定堰の配置という堰の構造も影響するが、砂礫堆形状との関係で、河床洗掘の大きい箇所が決まってくるのが明らかになった。

直線水路と蛇行水路において、水路床に砂礫堆が明瞭に形成される水理条件のもとで、堰と砂礫堆との位置関係を変化させて実験を行った。そのさい、堰敷高と初期砂床高の関係も変化させて実験した。堰下流の局所洗掘は、砂礫堆との関係で洪水主流が通過する箇所の下流において発生し、初期砂床高が低いと、深さと洗掘範囲がさらに大きくなることが分かった。

堰下流に設けられた護床工は、堰高より低く、ある程度の長さをもたせておけば、護床工なしの図-2 と、階段式護床工を配置した場合の図-3 の比較から分かるように、河床洗掘

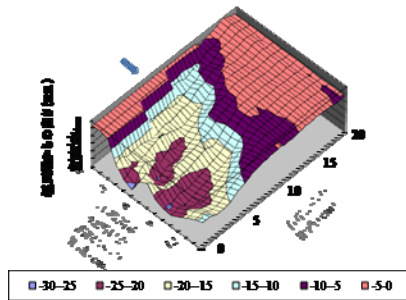


図-2 堰下流河床洗掘形状（護床工なし）

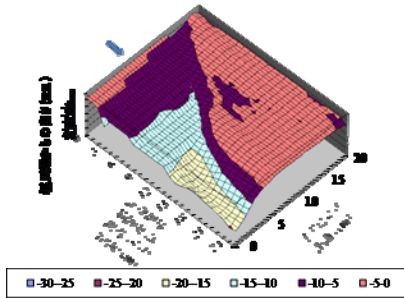


図-3 堰下流河床形状（階段式護床工）

の軽減効果をはっきり現れた。

(2) 堰上流護床工の損壊現象

平成 19 年 9 月の洪水で、多摩川宿原堰（神奈川県）において、堰上流護床工が流亡する災害が発生した。堰管理事務所のビデオ映像から、護床工はめくれ上がるように流されたことが分かった。実験蛇行水路に堰と上流護床工を配置して実験したところ、堰と砂礫堆との位置関係によって上流護床工の被災状況が異なり、洪水主流が河岸に沿って流れる位置に堰がある場合に、被害が大きくなった。堰上流の河床の深い淵から上方に向かって流れる流れによって護床工上端部河床が洗掘され、図-4 に示したように、下から持ち上げられるように被災する現象が再現された。

砂礫堆との他の位置関係では被災しないし、護床工の重量が大きくなると、同じ位置関係でも被災しなくなることが明らかになった。

(3) 複合堰における堆砂・洗掘問題

可動堰と固定堰が組み合わされた複合堰に関して、鬼怒川勝瓜頭首工（茨城県）と雄物川山城堰頭首工（秋田県）などの現地での問題を調査解析した。このタイプの堰は昭和 51 年河川構造令施行以前に建設されたものが多いため、堰下流の河床低下が進んでいる

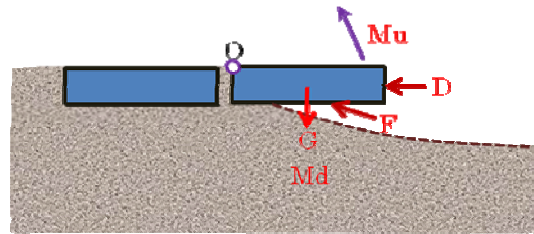


図-4 上流護床工に働く力とモーメントの概略

G：護床工模型重力、F：下面流体力、D：上流面流体力

Md：O 軸回り下向きモーメント、Mu：O 軸回り上向きモーメント

堰が多い。このような堰では、砂礫堆の寄洲



図-5 複合堰の固定堰上流河床洗掘

部が敷高の低い可動堰に被さってくる場合でも、ゲート直下付近の堆砂しようとする砂礫を段落部の高流速流が運び去り、堆砂による障害は生じていない。その代わりに、固定堰の上流に沿って可動堰側に向かう横向きの流れによって、固定堰上流河床が洗掘され、堤体の安全が脅かされていることが分かった。

この複合堰タイプの模型堰によって水路実験を試みたところ、図-5 のとおり、現地堰と同様、固定堰上流砂床の洗掘が認められた。また、堰の下流河床の低下が進行していない場合には、砂礫堆形状との関係で、可動堰敷上への堆砂によってゲート閉鎖に支障が生じることが明らかになった。

このタイプの場合には、特に砂礫堆との位置関係に配慮した堰構造が必要であり、適合しない場合は、堆砂や洗掘によるトラブルが発生してしまうことが分かった。

(4) 引き込み式魚道の被災可能性

河川を横断する構造物である堰は、魚類の遡上・降下にとって大きな障害になる。主として遡上を容易にするために、魚道が設けられるが、最近、魚道入り口に到達しやすいように堰体に隣接して登り口を設置し、堰の上流側に伸ばした「引き込み式魚道」を採用される場合がある。その一例として、寒河江川昭和堰頭首工（山形県）を取り上げ、魚道出口付近の河床洗掘による被災可能性を検討



図-6 引き込み式魚道の模型実験
(寒河江川昭和堰の現況再現)

した。

昭和堰頭首工の魚道は、河道中央部の河床高位部付近に位置しているため、図-6 にみられるとおりに、魚道出口付近の河床洗掘は発生しないことが水路実験によって確認された。しかし、砂礫堆と堰との位置関係を変化させた実験から、位置関係が不適切な場合には、堆砂や洗掘によって魚道機能が損なわれたり、損壊の危険があったりすることが分かった。

- (5) 可動堰ゲート直下の堆砂トラブルへの対応事例

昭和 51 年以降に建設された頭首工の場合、現況河床より低く設定された計画河床高に合致させるように堰の敷高が決められたため、ゲート直下への堆砂によるゲート閉鎖不能などの問題が生じている。

これへの対策として、堰上下流の河床掘削によって堆砂高を軽減させる方法が提案されてきた。しかし、酒匂川飯泉堰（神奈川県）や荒川森田頭首工（栃木県）などの調査から、河床掘削区間を広くとることが事実上困難で、少し大きな洪水に見舞われると、図-7 にみられるとおりに、堆砂を防ぎきれないことが明らかになった。関川頭首工（新潟県）などにおいて、ゲート戸当たり部の敷高を暫定的に高くした下駄ばき構造と呼ばれる仮設構造物の取り付けの事例が現れてきたので、今後、この対応策での問題点の検討が必要になることが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 9 件）

- ① 三輪 弴、高井和彦(2011)：堰下流護床工による河床洗掘軽減効果に関する実験的研究, 農業農村工学会論文集, 査読有, No.271, pp.17-23.



図-7 森田頭首工ゲート周辺の堆砂状況

- ② 高井和彦, 三輪 弴 (2010)：堰下流河床洗掘の発生メカニズムと深掘れ軽減対策, 水土の知 (農業農村工学会誌), 査読有, 78-1, pp.49-52.
- ③ 高井和彦, 三輪 弴 (2010)：砂礫堆形成河道における堰下流河床洗掘の実験的研究, 農業農村工学会論文集, 査読有, No.269, pp.47-53.

〔学会発表〕（計 4 件）

- ① 三輪 弴：頭首工周辺の堆砂と洗掘による諸問題, 農業農村工学会東北支部第 53 回研究発表会, 2010.11.18, 盛岡市アイーナ (岩手県)
- ② 高井和彦, 三輪 弴：堰下流河床洗掘に対する護床工設置効果の実験的検討, 平成 21 年度農業農村工学会講演会, 2009.8.5, 筑波大学 (茨城県)

〔その他〕

- ① 山形県農業農村整備事業特別技術研修会講師
「昭和堰頭首工の堆砂・洗掘問題に係る実験結果報告会」, 2010.12.3, 寒河江川土地改良区 (山形県)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三輪 弴 (MIWA HAJIME)

岩手大学・農学部・教授

研究者番号：30107180