

災害復旧等における水制の使用事例

USE CASES WITH SPUR DIKE IN DISASTER RESTONATION

研究第一部 主任研究員 鶴渕 浩司
研究第一部 部長 森川 一郎
研究第一部 主任研究員 椎名 真悟
研究第一部 主任研究員 川井 正彦

本稿は、平成13年度に実施した水制の実態調査結果について報告するものである。

近年の「多自然型川づくり」の推進、及び平成9年の河川法改正による「河川環境の整備と保全」が位置づけられたこと等から、木や石などの自然材料を主体とした工法が見直されてきている。その1つとして水制の持つ機能が、河川の環境保全や景観形成などにも効果を果たすことに期待されてきている。

そこで、都道府県が中小河川に施工してきた水制の工種・目的などの実態調査を行った。

調査の結果から、水制設置の傾向を整理・検討し、①水制の設置可能な川幅は施工事例から25m以上であること、②水制形状の目安などを明らかに出来た。その上で中小河川における水制導入の考え方を提案した。

キーワード：水制、河川環境保全、多自然型川づくり、河岸防護、中小河川

This text reports on the investigation of actual circumstances result of the spur dike executed in FY 2001.

The construction method mainly composed of natural stuffs such as trees and stones has been reviewed from the location of "Development and conservation of the river environment" by promotion of "Nature-oriented river works" in recent years and the river law revision in 1997, etc. It has been expected that the function of the spur dike accomplishes the effect to environmental preservation and the river landscape, etc. of the river as the one.

Then, investigation was made on the actual circumstances as to what kind of spur dike works administrative divisions had constructed to a small and medium-sized river and the purpose, etc. Then, survey was made on actual conditions of the kind of works and purposes that have been carried out to medium and small-size rivers by prefectures.

From the result of investigation, arrangement examination of the tendency of the spur dike installation was carried out, and it was clarified that ① the width of a river which can install spur dike is no less than 25m from enforcement example, ② what shape the spur dike should take as standard. Based on it, the view of the spur dike introduction in a minor river was proposed.

Key Words : Spur dike, river environmental, conservation, nature-oriented river works, riverside defense, and medium and small-size rivers

1. はじめに

水制は、我が国において古くから用いられてきた工法で、その目的は河岸近傍の流速を低減したり流れの方向を変えることにより、河岸の侵食・洗掘を防護するものである。水制の種類や構造は、地域・河道の状況にあわせて、様々なものが作られていた。

しかし、昭和40年代頃より建設技術の機械化・効率化の動きの中で、河岸はコンクリート護岸により護られるようになり、間接的に防護する水制は次第に姿を消していった。

これが、近年の自然回復への関心の高まりもあり、木や石などの自然材料を主体とした工法が見直されてきている。その1つとして水制の持つ機能が、河川の環境保全や景観形成などにも効果を果たすことに期待されており、大規模な河川（直轄河川）では施工事例の蓄積や効果の検証等の取り組みが始まられている。

今回、このような背景を踏まえ、都道府県管理の河川における水制の施工実態を把握すると共に、今後の追跡調査の基礎資料とするため調査を行った。

2. 水制調査の概要

2-1 調査の内容

次の内容について調査を行った。

- (1) 設置位置および施工年度
- (2) 水制の種類およびその設置目的
- (3) 設置位置の河川条件
- (4) 水制の設計・構造諸元および護岸構造
- (5) 設置後の評価 等

なお、今後の追跡調査のため、設置前・設置後・現況の写真も調査した。

2-2 調査範囲と方法

都道府県・政令市管理の中小河川において設置した水制について、アンケート調査を実施し、併せて既存資料及び写真等により、位置・諸元等を整理した。

3. 調査結果の整理

3-1 水制の種類と機能等

(1) 水制の種類

水制工種を大きく分類すると、透過型と不透過型に大別でき、構造・材料等により様々な種類のものがあるため、下記により分類する。

型	名 称	概 要 等
透過型	杭出し	木杭、コンクリート杭等を数列に打ち込んだもの
	牛栓	木材やコンクリート柱を栓状に組み合わせたもの
	ポスト型	大型のコンクリート版上に角柱や円柱等のポストを建てたもの
不透過型	土出し	土を石、カゴ、コンクリートブロック等で被覆したもの
	石出し	石材で構成されるもの
	コンクリートブロック	コンクリートブロックで構成されるもの
	カゴマット	カゴマット工で構成されるもの
	杭柵	木杭の周りを板柵で囲ったもの
	コンクリート	コンクリートで固めて作ったもの

(2) 水制の機能・目的

水制は、水流に対し障害物となり、“流れの方向を変える効果”と流水を阻害してその下流側での“流速を低減する効果”の二つの機能を持ち、この機能の使い方により、一般的に次のような目的で自然環境に配慮した工法として設置されている。

- ①河岸防護（河岸侵食防止・河床洗掘防止・水衝部対策等）
- ②土砂制御（土砂堆積誘導・堆積防止等）
- ③水深確保（舟運、流水） 等

(3) 水制各部の名称

水制の設計・配置等を整理するため、各部の名称を図-1のとおりとする。

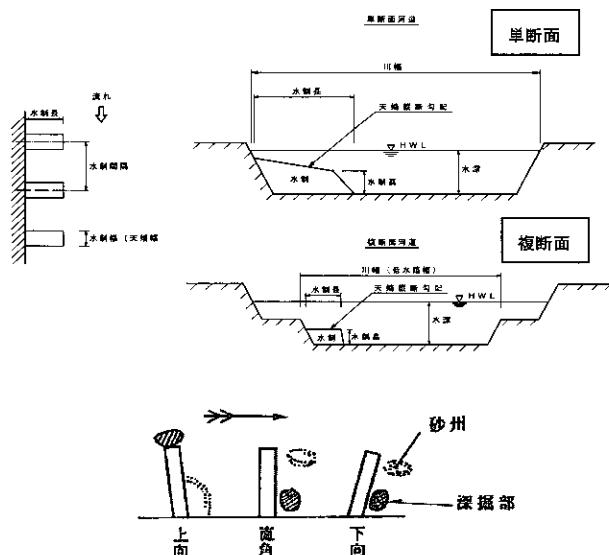


図-1 水制各部の名称

3-2 調査結果

調査結果より、水制の種類毎に水制設置の傾向について整理する。

なお、「建設省河川砂防技術基準（案）同解説」（以下、「技術基準」という）との対比も行った。

(1) 事例数

アンケートの結果、52件の施工事例が集まり、透過型9件、不透過型43件で圧倒的に不透過型が多く、不透過型では、石出ししが半数を占めている。

表-1
種類と事例数

種類	事例数	
	杭出し	9
透過型	牛栓	4
	ポスト型	2
	土出し	4
不透過型	石出し	27
	コンクリートブロック	8
	カゴマット	2
	杭柵	1
	コンクリート	1
		43

(2) 設置目的

事例を採用した目的別に分類すると、河岸防御21件、洗掘16件、土砂制御5件の順になっている。

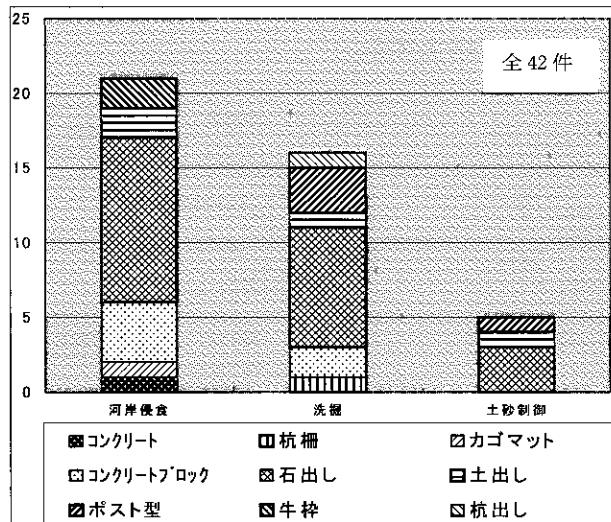


図-2 設置目的・工種別件数

(3) 適用される河川規模

事例を適用した川幅（複断面の場合は低水路幅）で分類すると、25m以上の河川で46件（96%）設置されている。

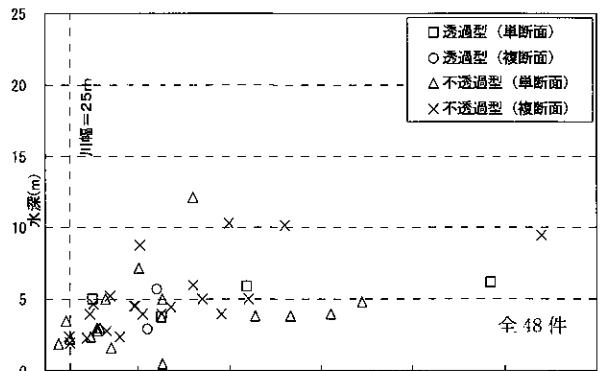


図-3 川幅と水深

(4) 水制の向き

事例を水制の向きで分類すると、水平～上向き15°で35件（76%）、上向き20°で7件（15%）、下向きで4件（9%）設置されている。

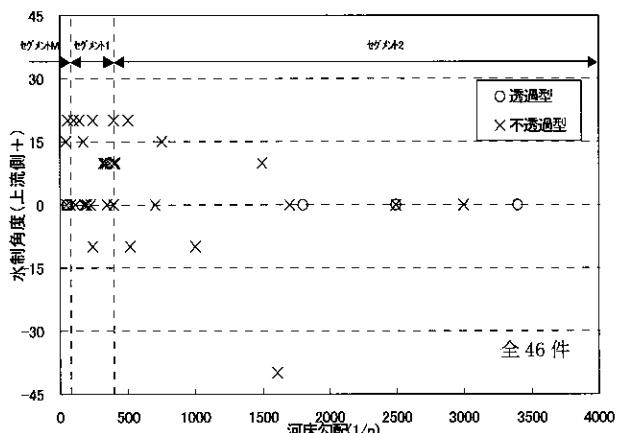


図-4 水制角度とセグメント

(5) 平面形状

カギ型は、水制間に土砂堆積を生じさせたい場合に用いられているが、5件（10%）で、ほとんど直線型である。

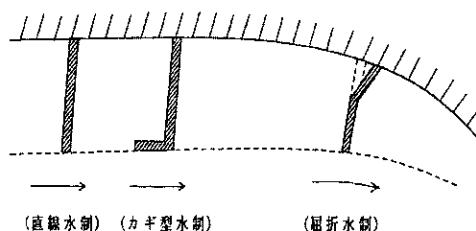


図-5 平面形状

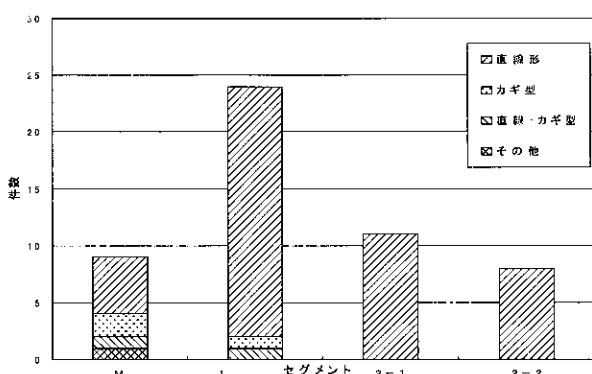


図-6 平面形状とセグメント

(6) 設置数（本数）

河状、目的、上下流への影響により設置する数が変わるもの、水制群として設置している。

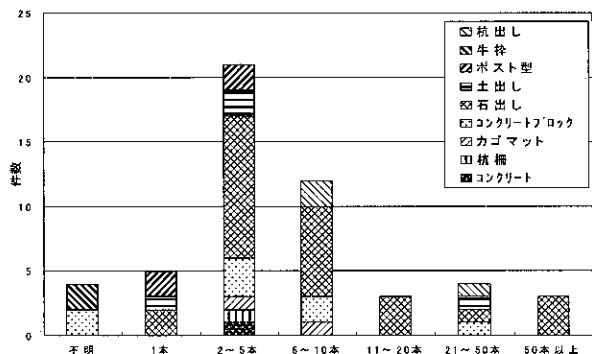


図-7 水制設置本数・工種別件数

(7) 高さ

事例を水深に対する高さの割合で分類すると、水制高さは、水深の0.1～0.4の範囲で26件（74%）、0.4越えて8件（23%）、0.1未満で1件（3%）設置されており、「技術基準」と比べると、川の規模に比べて大きい傾向にある。

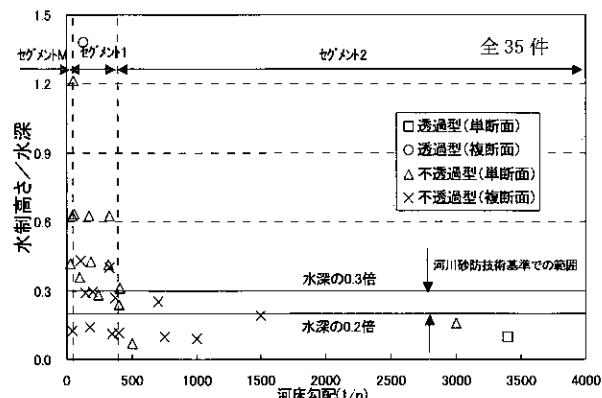


図-8 水制高さ／水深

(8) 長さ

事例を川幅に対する長さの割合で分類すると、水制長さは、川幅の30%以下で39件（85%）、30%越えて7件（15%）設置されており、「技術基準」と比べると、川の規模に比べて大きい傾向にある。

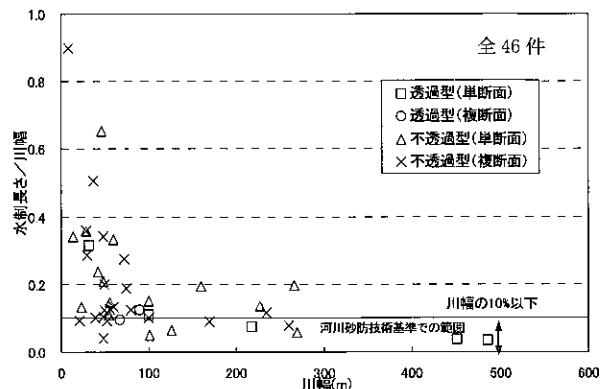


図-9 水制長さ／川幅

(9) 間隔

事例を水制長さに対する水制間隔の割合で分類すると、水制間隔は、長さの5倍以下で34件（83%）、5倍を越えて7件（17%）設置されており、概ね「技術基準」の範囲に近い値となっている。

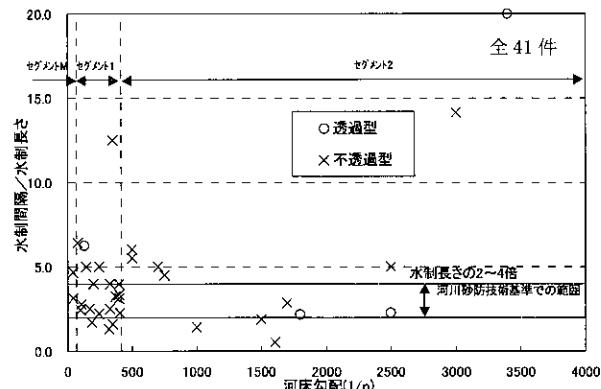


図-10 水制間隔／水制長さ

(10) 水制形状

①天端の縦断勾配

事例を水制天端の縦断勾配で分類すると、水平が24件（57%）と多く、勾配を付ける場合には、1/10以下の下り勾配が15件（36%）と多い。なお、「技術基準」に比べると、勾配が急な傾向にある。

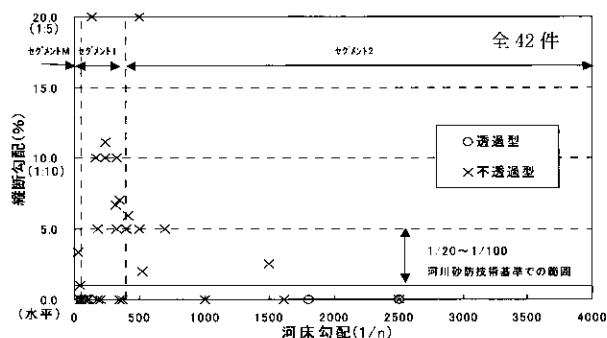


図-11 水制天端の縦断勾配

②先端部の縦断勾配

事例を水先端部の縦断勾配で分類すると、 $1/1 \sim 1/3$ の範囲が30件（77%）と多い。なお、かご、杭出しは鉛直である。

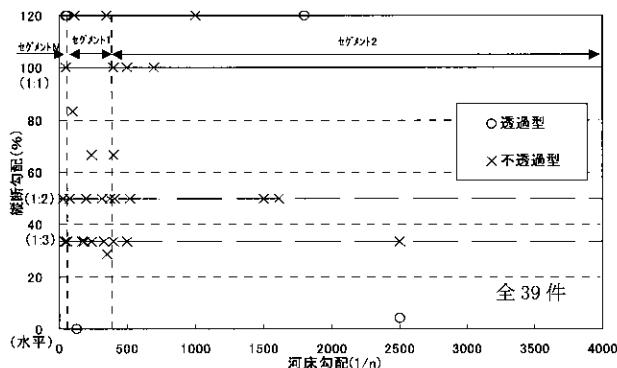


図-12 水制先端部の縦断勾配

③根入れ深さ

事例を根入れ深さで分類すると、0.5~1.5m程度が27件（69%）と多く、1.5mを越えるのが8件（21%）ある。これは、護岸の根入れが目安と思われる。

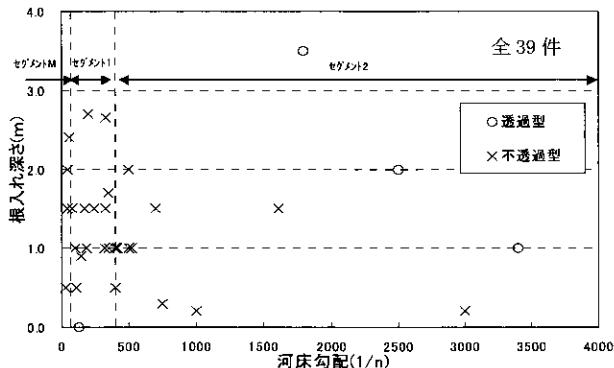


図-13 水制の根入れ深さ

④天端幅 (横断形状)

事例を天端幅で分類すると、1.0~3.0mが29件（66%）と多く、3mを越えるのが10件（23%）ある。

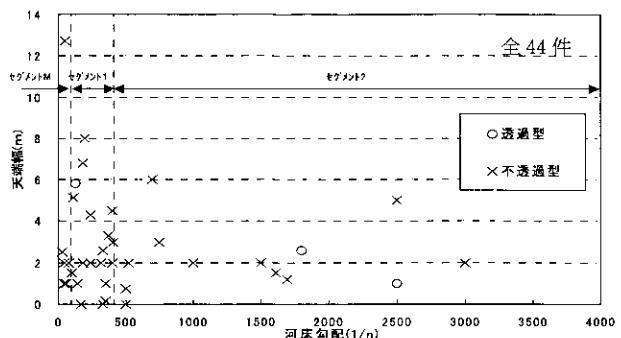


図-14 水制天端幅

⑤上流側横断勾配

事例を上流側横断勾配で分類すると、 $1:1.0 \sim 1:2.0$ が33件（80%）と多い。なお、杭出しは鉛直である。

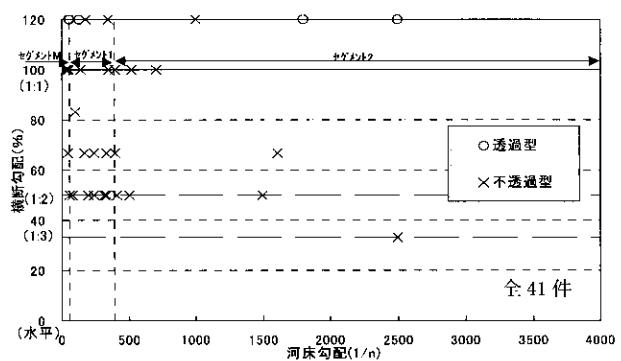


図-15 上流側横断勾配

⑥下流側横断勾配

事例を下流側横断勾配で分類すると、 $1:1.0 \sim 1:3.0$ が35件（85%）と多く、上流側よりやや緩くしている。なお、かご、杭出しは鉛直である。

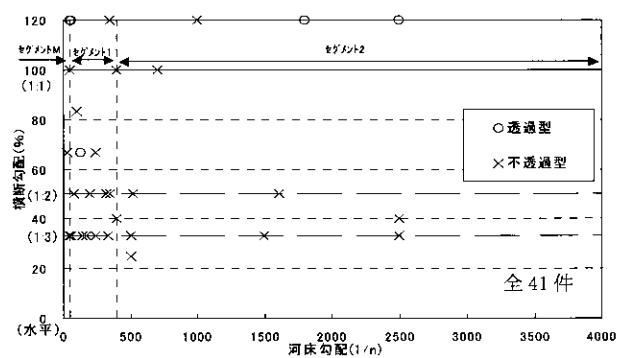


図-16 下流側横断勾配

(11) 材料の重量

材料の重量の決定根拠は不明なものが多かったが、比較的新しいものについては、「護岸の力学設計法」等により流水に流されない重量としていた。

3-2 設置後の評価

調査した52事例の施工実績のうち、34事例で設置後の評価等を行っており、内2事例においては、洪水による被災を受けていた。また、34事例の内4事例については、設置後の月日が短く、洪水の経験がないため、評価は出来ていない。

30事例の設置後の評価をまとめると、概ね下記のようであり、評価としては良好なようである。

- ・水制間等に土砂が堆積し、植生が復元
- ・流速が小さくなり、侵食が緩和
- ・河岸への水あたりが緩和
- ・土砂が堆積し、川の流れが多様化
- ・水制先端部の水深確保
- ・流水方向変更（流心が中央に寄る等）
- ・河床や護岸の安定に寄与
- ・緩流速部に魚類等が棲息し、釣り場となる
- ・水制周辺に瀬や淵が形成
- ・水制にゴミ等がたまる

なお、上記は担当者の評価であり、詳細な追跡調査を行っている事例はなかった。

4. 調査結果の考察

4-1 調査結果の反映

(1) 調査結果からの考察

調査結果を「技術基準」との対比により、その内容を考察し、整理したものを（表-2）に記載する。概ね「技術基準」と同等であり、これは「技術基準」を参考として設計したことによると思われるが、今回調査から中小河川で新しく明らかとなったことを下記に取りまとめる。

- ①水制設置可能な川幅（計画高水位）は、施工事例から概ね25m以上が目安となる
- ②水制の高さ・長さは、「技術基準」と比べると、川の規模に比べて大きい傾向にある
- ③水制形状について、「技術基準」には記載されていないが、調査結果は今後設計時の参考値となる

(2) 適用場所の考察

設置目的や設置後の評価から、水制適用場所の基本的考え方を下記に取りまとめる。

- ①流速低減など、河岸保護としての目的を達成できる場所
- ②根固め敷設範囲が広く、水制を利用した方が経済的と判断される場所
- ③河岸保護と合わせて、河川環境の保全・創出及び復元が求められる場所（稀少動植物が生息・生育している地域等）

4-2 今後の課題

今回の検討により、「技術基準」と中小河川での水制の事例では、水制高さ・長さの範囲が比較的大きくなるが、その他の諸元については、概ね「技術基準」に準じた諸元設定が行われている実態が明らかになった。しかし、その妥当性については、追跡調査や水理解析等により検証を行うことが必要である。

(1) 追跡調査の実施

水制設置の効果を把握、確認を行うことを目的に、追跡調査を行い、技術の蓄積が必要である。また、その結果を有効に活用するために調査方法・様式等の基準も必要である。

(2) 水理学的な解析

近年、各機関において水制に関する研究がなされており、その内容も反映させる必要がある。

(3) 中小河川での水制

河川断面に占める水制の割合が大きくなるため、流下阻害や対岸の侵食・深掘れ等を起こすことがあり、中小河川での適用基準が必要である。

5. おわりに

今後、河川整備においては、従来のコンクリート工法への反省から、水制を採用する機会も増えるものと思われる。

しかし、水制は流れに及ぼす影響等が定量的に把握されていないため、安易に使用すると、上下流部への影響や水衝部・洗掘部が変わることにより堤防、橋脚、堰等の施設に災害をもたらすこともあり、水制単独の計画ではなく、河道計画の中で位置づけることが必要である。

そのため、今後は追跡調査を行い、水制設置後の河川形状の変化や効果等を把握し、さらなる技術蓄積を行うことが必要である。今回の調査結果がその第一歩となれば幸いである。

本検討を進めるにあたり、国土交通省河川局、関東地方整備局をはじめ、各都道府県など、関係者の方々に多大なるご支援とご協力をいただき、この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

表-2 水制の資料整理・考察

	基本的な考え方	建設省河川砂防技術基準(案) 同解説	平成13年9月実態把握調査
①事例数 ・透過 ・不透過	河川の平面及び縦横断形状、流量、水位、河床材料、河床変動等をよく検討し、目的に応じて選定するものとする。 ・ 緩流では杭出水制、急流では重力で対抗するコンクリートブロック等が多く用いられる。	河川の平面及び縦横断形状、流量、水位、河床材料、河床変動等をよく検討し、目的に応じて選定するものとする。 ・ 緩流では杭出水制、急流では重力で対抗するコンクリートブロック等が多く用いられる。	・ 透過型9件、不透過型43件で圧倒的に不透過型が多い。 ・ また不透過型のうち石出しが半数を占めている。
②設置目的	堤防および河岸を洪水時の侵食作用に対して保護することを主たる目的として設置されるものであるが、航路維持や河川環境の保全・整備のために設けられることもある。	堤防および河岸を洪水時の侵食作用に対して保護することを主たる目的として設置されるものであるが、航路維持や河川環境の保全・整備のために設けられることもある。	調査数52件 ① 河岸侵食対策：21件(40%) ② 河床洗掘対策：16件(31%) ③ 土砂制御：5件(10%) ④ その他：10件(19%) (その他：不明又は自然環境を重視等)
③河川の規模			・ 概ね川幅(計画高水位)25m以上の河川で設置されている。 (単断面ではH.W.L時の川幅、複断面では低水路幅)
④水制の向き ・上向き ・下向き ・直角	上向き、直角を基本とするが、設置目的、河道の状況等により個々に定めるものとする。 ・ 戦前において砂河川で用いられた航路用水制および根固め水制は10~15°程度上向きが多かった。これは水制元付け下流の洗掘防止、水制工間の土砂堆積のため上向きの方が好ましいためである。 ・ 高さの低い根固め水制あるいは不透過水制は経済性および土砂を積極的に堆積させる必要がないので直角でよいものと判断する。 ・ セグメント1で特に急流の河川では、不透過あるいは半透過型の水はね水制を設置し、水衝部を河岸から離す計画がなされることがある。この場合は水制先端部の局所洗掘を軽減するために下向きに設置するのが普通である。	上向き、直角を基本とするが、設置目的、河道の状況等により個々に定めるものとする。 ・ 戦前において砂河川で用いられた航路用水制および根固め水制は10~15°程度上向きが多かった。これは水制元付け下流の洗掘防止、水制工間の土砂堆積のため上向きの方が好ましいためである。 ・ 高さの低い根固め水制あるいは不透過水制は経済性および土砂を積極的に堆積させる必要がないので直角でよいものと判断する。 ・ セグメント1で特に急流の河川では、不透過あるいは半透過型の水はね水制を設置し、水衝部を河岸から離す計画がなされることがある。この場合は水制先端部の局所洗掘を軽減するために下向きに設置するのが普通である。	・ 直角、上向きが多い。不透過型では下向きもある。 ・ 水制先端部の局所洗掘を軽減するために上向きに設置。 ・ 上向き下向きとも0~15°程度が大半である。
⑤平面形状 ・直線 ・屈折 ・カギ型	特殊なケースとして屈折水制とカギ型水制があるので目的に応じて使い分ける。	記述なし	・ カギ型の事例が数例あるがほとんど直線型。 ・ カギ型は水制間に土砂の堆積を生じさせたい場合に用いられるが今回の調査では選定理由は不明。
⑥設置数 (本数)	河状、水制の目的、上下流および対岸への影響、水制自体の安定性等を考慮して決定する。	河状、水制の目的、上下流および対岸への影響、水制自体の安定性等を考慮して決定する。 1) 河岸侵食防止のための根固め水制 ・ 水制群として機能させる ・ 長さLは河幅の10%以下 ・ 高さh _g は水深(計画HWL)の0.2~0.3程度 ・ 間隔は長さの2~4倍、高さの10~30倍程度、湾曲凹岸では長さの2倍以下 ・ 砂河川では水制の高さは根付け付近で平水位上0.5~1.0m程度、河心に向かって1/20~1/100の下り勾配 2) 河岸侵食防止のための水はね水制 ・ 水制先端線を結んだ線を河岸防護線とする ・ 扇状地河川で単断面河道では、元付け部分の高さは計画HWL程度	・ ほとんど複数の群として設置している。 ・ 1基の場合には牛枠も含まれており実質的に複数の設置が基本認識としてあるようである。 ・ 水制高さは水深の0.1~0.4の範囲、水制長さは河幅の10~30%と「技術基準」に比べると、川の規模に比べて大きい傾向がある。 ・ これは「技術基準」は大河川の水制実績から記述されているため、中小河川である一定の水制単体の高さ・長さを確保すると河川規模に比べると水制が大きく評価されることとなる。 ・ 中小河川および急流における水制の河積阻害・流下能力の影響を設計上考慮しているかが課題である。
⑦高さ	河状、水制の目的、上下流および対岸への影響、水制自体の安定性等を考慮して決定する。		
⑧長さ	河道の湾曲状況や水制長さ、高さ、透過/不透過等を考慮して定める。		

		基本的な考え方	建設省河川砂防技術基準（案）同解説	平成13年9月実態把握調査
⑨間隔		河道の湾曲状況や水制長さ、高さ、透過・不透過等を考慮して定める。	<ul style="list-style-type: none"> 水制間隔は砂州長さの1/2~1/3程度以下 3) 航路維持のための水制 文献や過去の事例等を参考に決定する 4) 河川環境保全、創出のための水制 	<ul style="list-style-type: none"> 水制長さの2~5倍程度で概ね「技術基準」と同じである。
⑩水制形状		天端の縦断勾配 河心に近いほど流勢が強くなるので、水制本体の維持のため縦断勾配をつける。	(S61計画編) 河岸側の抵抗を大きくして、流心を河岸から離すようにするために、また水制自体の維持を容易にするため河心に向かって1/10~1/100の下り勾配をつけるのが普通である。	<ul style="list-style-type: none"> 水平が多く、勾配をつける場合には1/10~1/20の下り勾配が多い。 「技術基準」に比べて勾配が急なのは河川規模が小さいことが影響しているものと思われる。
先端部の縦断勾配				<ul style="list-style-type: none"> かご、杭出しが鉛直になる。 施工性から1:1~1:3が多いようである。
根入れ深度		施工箇所の予想される洗掘深を考慮して洗掘に対して安全性を確保する。		<ul style="list-style-type: none"> 0.5~1.5m程度が多く、護岸の根入れ深度が目安になっているものと思われる。
天端幅		流水に対する安定性の確保等の観点から必要な天端幅を確保する。		<ul style="list-style-type: none"> 天端幅は1~3m程度確保している事例(不透過型)が多い。
上流側横断勾配		水流を上にはねて減勢させる。		<ul style="list-style-type: none"> かご、杭出しが鉛直になる。 施工性から1:1~1:2が多いようである。
下流側横断勾配		水流を穏やかに流し、下流の洗掘を防止する。		<ul style="list-style-type: none"> 概ね1:1.0~1:3.0で上流側よりやや緩くしている。
⑪材料の重量		流水に流されない重量とする。		<ul style="list-style-type: none"> 重量等の決定根拠は不明であるが、設計書のある比較的新しいものについては、「護岸の力学設計法」等により流水に流されない重量としている。

<参考文献>

- 1) 「建設省河川砂防技術基準（案）同解説」(1999)
- 2) 「水制工設計の手引」(建設省東北地方建設局河川構造物技術研究会、1998.3)
- 3) 「日本の水制」(山本晃一著、山海堂、1996)
- 4) 「－多自然型川づくりのために－ 低水水制の設計参考資料（二次案）」(建設省九州地方建設局河川部、1997.8)