

河川管理施設等構造令の大臣特認制度を活用した堰の改築について

小田 禎彦¹・清本 克章²・岡崎 敏³

¹九州地方整備局 遠賀川河川事務所 (〒822-0013 福岡県直方市溝堀1-1)

²九州地方整備局 遠賀川河川事務所 調査課 (〒822-0013 福岡県直方市溝堀1-1)

³九州地方整備局 筑後川河川事務所 防災情報課 (〒830-8567 福岡県久留米市高野1-2-1) .

鋼製起伏式ゲート堰の基準は、1999年に河川管理施設等構造令施行規則が改正され、本川下流部等に設置する大型の堰（堰高3mを超える規模）にも適用できるようになった。

今回、遠賀川11k400に改築予定の中間堰の検討にあたって、堰の径間長を河川管理施設等構造令に準拠した場合、ゲート構造及びゲート操作の油圧シリンダーがこれまでの施工実績を超える規模となることから、維持管理の確実性・容易性を確保するとともに経済的にも優れた構造とするため、2009年度に創設された「構造令技術検討会」を活用し大臣特認申請を行ったものである。

キーワード 起伏堰、堰柱上流面の傾斜化、堰径間長、水理模型実験、構造令

1. はじめに

従来、同規模の堰の構造は、引き上げ式ローラーゲートや引き上げ式ラジアルゲートに限定されていたが、建設及び維持管理コストの縮減の観点及び維持管理の容易性の観点から、1999年に河川管理施設等構造令施行規則（以下、「施行規則」という。）が改正され、鋼製起伏式ゲートの適用範囲の拡大が図られたところである。

中間堰についても治水上の優位性、景観、経済性等の観点から引き上げ式と比較して優位となる起伏式を採用することを目指し検討を行った。

2. 中間堰改築にあたっての課題・問題点

当該堰が遠賀川河口堰の湛水区間上流端に位置し、常時、堰下流の水叩き部が水没しているという特殊条件下の堰であるため、起伏式とした場合、施設点検・整備・更新が難しいという課題が生じる。

また、河川管理施設等構造令（以下、「構造令」という。）に適合した径間数でのゲート設備では、これまでの全国における施工実績を超える規模となるため、維持管理の確実性・容易性を確保するとともに、ライフサイクルコストを含め経済的にも優れた構造となるよう、径間数などが異なる複数の代替案について比較検討を行

った。

その結果、1径間増やすことが最適なスパン割となるが、構造令第5章第38条（可動堰の可動部の径間長）で必要とされる径間長未満となり、構造令に適合しない構造となるため、以下の検討を実施した。

3. 課題・問題点に対する解決策と検討方針

(1) 構造の工夫

a) 施設点検・整備・更新を容易にする工夫

起伏式の場合、日常の点検・整備及びゲート等のメンテナンスを容易にするために、管理橋を設置する案も考えられるが、管理橋を併設せずに堰柱が洪水時に水没する方が、治水上有利なことからその代替措置として、堰本体内部に監査廊を配置し、日常の点検・整備を容易にするとともに、監査廊内にゲート操作の油圧配管を配置することで、操作系の維持管理が容易となるように工夫した。（図-1）

さらに、水密ゴム交換などのゲートのメンテナンスを容易にするために、堰本体直下流に堰下流の予備ゲートの戸当たりを兼ねた仮設橋脚を配置し、メンテナンス時の施工期間の短縮と維持管理コストの縮減を工夫した。（図-1）

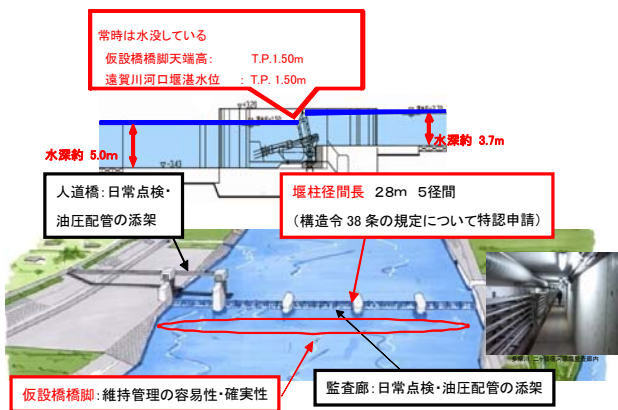


図-1 維持管理を踏まえた構造の工夫

b) 堰径間長の工夫

構造令第5章第38条の解説に、「堰柱自体による河積の阻害を小さくするため、また、堰柱への流木等の閉塞が原因となる災害発生があってはならないため、できるだけ大きい径間長としなければならない。」との考え方が示されている。

このため、堰柱等への流木等の集積の回避・軽減策として、堰柱等の上流面を特殊構造（傾斜化）とすることで、流木等が傾斜化した堰柱上流面に接触した場合でも洪水流の作用により、堰柱等の天端に向かって流木等を押し上げる流体力を生じさせ、これによって流木等が天端へ流送・越流させ下流に流送されるという仕組みにより、流木等の集積を発生しにくくすることを狙った。

(図-2)

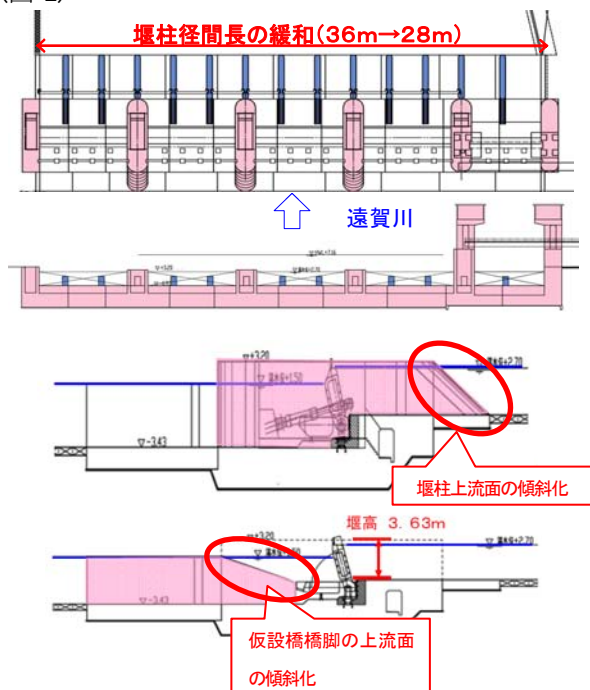


図-2 構造の工夫

(2) 治水上の安全性の検討方針

堰柱等の上流面を特殊構造（傾斜化）とすることで、構造令第 5 章第 38 条の規定による構造物と同等の効力

があると認められないか、2009 年度に創設された「構造令技術検討会」に諮り、構造令第 73 条第 4 号に規定された特殊な構造の河川管理施設等の認定手続きを行った。

申請にあたっては、構造令第 38 条の規定に照らし、径間長縮小に伴い①堰柱の数が増えることによる河積の阻害による水位のせき上げ、及び②流木等の集積に関わる治水上の安全性の観点から検討を行った。

なお、当該堰には堰柱の直下流に維持管理用の仮設橋脚を併設しているため橋脚の設置状況を考慮し、河積の阻害による水位のせき上げ及び流木等の集積に関わる治水上の安全性について、堰柱と橋脚の複合的影響が懸念されるため、両者を一体とした構造物として治水上の影響検討を行った。

また、検討にあたっては、構造令に準拠した堰として一般的な堰柱構造（直立小判型）の堰と比較し、治水上の安全性について比較検討を行った。

3. 検討内容

(1) 堰柱等による河積の阻害（せき上げ）に関する検討

a) 堰柱等による河積の阻害率について

河積の阻害については、構造令第 36 条の解説に、可動堰の固定部等は、同令第 37 条（流下断面との関係）の規定により流下断面内に設けてはならないこととなっている。すなわち、河積阻害で最も問題となるのは、堰柱の幅であるとの考え方から、「堰柱（管理橋の橋脚含む）による河積の阻害率（計画高水位における流向と直角方向の洪水吐き部の堰柱の幅の総和が川幅（無効河積分は除く）にしめる割合）は概ね 10%を超えないものとする」と示されている。

〔①構造令準拠案（起伏）〕 阻害面積：110.7m²

阻害率：5.27%（堰柱幅 6.12%）



〔②申請案（起伏）〕

阻害面積：155.6m²

阻害率：7.41%（堰柱幅 10.81%）



〔③構造令準拠案（引上）〕 阻害面積：171.6m²

阻害率：8.17%（堰柱幅 7.09%）

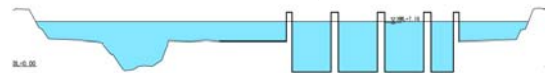


図-3 せき上げ水位検討断面

申請案における堰柱及び仮設橋脚による河積の

阻害率は、堰柱断面面積計算の場合 7.41%となるが、堰柱幅計算の場合 10.81%となるため、整備計画目標流量流下時における堰上流の水位を一般的な堰柱構造（直立小判型）の起伏式の堰及び引き上げ式の堰とを堰柱等によるせき上げ背水計算により比較し、治水上の安全性の確認を行った。（図-3）

b) 堰柱等による水位のせき上げについて

構造令準拠案と申請案のせき上げ水位比較の結果、整備計画目標流量流下時における水位のせき上げ高が、構造令に準拠した引き上げ式の堰によるせき上げ高より小さい値となり、構造令に準拠した起伏式の堰では同等程度と見なせること。及び、すべての堰において計画高水位を下回っていることから（表-1），堰柱等による河積の阻害が洪水流下など治水上の安全性の障害とならないことが確認された。

表-1 せき上げ水位算定結果

	中間堰地点 (11/400) 計画高水位 T.P.7.16m		ネック箇所 (12/400) 計画高水位 T.P.7.62m	
	HWLとの差	①案との差	HWLとの差	①案との差
①構造令 (起伏)	-0.255m	-	-0.029m	-
②申請 (起伏)	-0.250m	+0.005m	-0.025m	+0.004m
③構造令 (引上)	-0.222m	+0.033m	-0.006m	+0.023m

①②潜水橋のせき上げ公式使用、③ドビソン公式使用

(2) 堰柱等への流木等の集積に関する検討

遠賀川流域は、流木の発生源となる森林が流域の外縁部に位置し、山地部の占める割合が比較的小さく、流木が発生しにくい地形を成していおり、これまで中間堰が位置する下流域で橋梁等への流木等顕著な集積は報告されていない。（図-4,5,写真-1,表-2）

さらに、2003年7月の局地的集中豪雨（気象観測開始以来最大の1時間に80mmを記録）では、遠賀川上流域の支川穂波川において流木が橋梁に集積されたことが報告されているが、遠賀川河口堰湛水域への漂着物のほとんどは草本類であり、木質類は漂着物全体の約1%程度であり、その中で流木長は最大で6m程度と報告されている。



図-4 流木の発生源等



写真-1 遠賀川河口堰における塵芥（2009.7月出水）

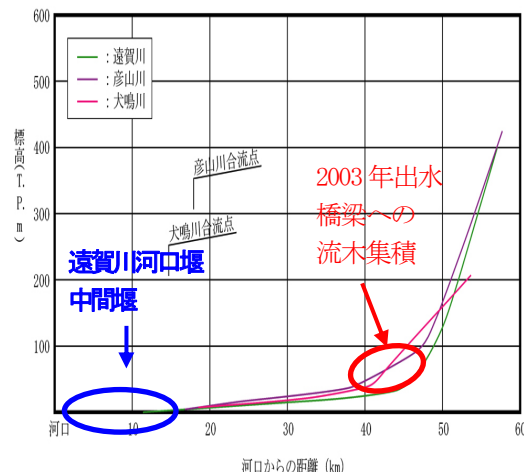


図-5 遠賀川の河床縦断形状

表-2 セグメント区分と河床勾配

河川名	現況河道			
	セグメント区分		区間	河川勾配
	セグメント	区間		
遠賀川	2-2	0/0～35/0	0/0～9/8	1/2,530
			9/8～19/2	1/1,770
			19/2～35/0	1/1,670
	2-1	35/0～43/2	35/0～43/2	1/550
大鳴川	1	43/2～47/8	43/2～47/8	1/190
	2-2	0/0～8/6	0/0～8/6	1/2,910
	2-1	8/6～13/2	8/6～13/2	1/380
	1	13/2～15/0	13/2～15/0	1/190
穂波川	2-2	0/0～3/0	0/0～3/0	1/870
	2-1	3/0～6/0	3/0～6/0	1/340
彦山川	2-2	0/0～11/6	0/0～7/2	1/1,220
			7/2～11/6	1/870
	2-1	11/6～17/0	11/6～17/0	1/420
	1	17/0～34/4	17/0～21/2	1/290
			21/2～25/0	1/200
			25/0～28/6	1/120
			28/6～34/4	1/70

しかしながら、堰柱等への流木等の集積に関わる治水上の安全性の確保の観点から、堰柱等への流木等の集積の回避・軽減方策として、堰柱等の上流面を特殊構造とした申請案が、構造令 38 条等で規定する径間長で一般的な堰柱構造（直立小判型）とした堰に比べて、流木等の集積が回避・軽減され、同等以上の効力が認められるかの確認は水力計算では限界があるため水力模型実験を実施し検討を行った。

また、実験を行うにあたっては、流域の特性を踏まえ、流量、堰柱の径間長、堰柱の傾斜勾配だけでなく、流木の比重、流木長（図-6）、流木の種類（剛体と可撓性）、投入順序を変えて、流木の補足率とせき上げによる水位上昇量を流量規模毎に比較した。

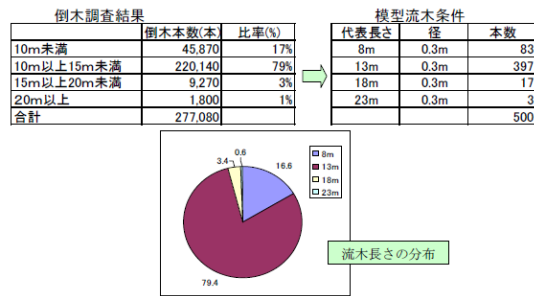


図-6 倒木調査結果（1991年調査）と流木条件の設定

a) 流量条件の設定

実験で再現する対象流量として、河口堰に塵芥等の流下物が漂着するときの流量が1,000m³/s程度であることを踏まえ、実験では堰柱が水没前で流木が補足されやすい1,000m³/sを下限とし、整備計画目標流量である4,400m³/sを上限とした。

b) 流木等条件の設定

実験で再現する流木長は、流域の既往の風倒木調査結果（図-6）を基に8m, 13m, 18m, 23mの4種類とし（写真-2）、投入本数は、参考文献に基づき500本とし、剛体の丸棒を使用した。

流木の比重についても、前述の文献で整理された流木の比重分布で、今回の実験では下限である0.7、上限のものとして1.04, 1.14の3種類を対象とした。（図-7）



写真-2 投入流木の例（剛体）：全長8m, 13m, 18m, 23m
比重：0.7（左），1.14（右）

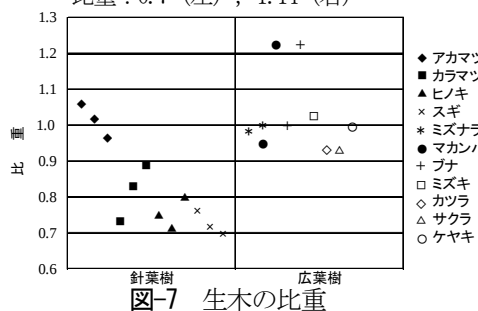


図-7 生木の比重

また、実際の流木は枝葉が付き、ヨシ等の草本類も多くみられることから、可撓性を有する流木模型も用いた。長さは8mとし、草本はナイロンロープ、枝葉付き流木はヌンチャク型の樹脂製丸棒を使用した。（写真-3）



写真-3 投入流木の例（可撓性）：ナイロンロープ（左上），ヌンチャク型（右上）

c) 模型の再現方法と縮尺

模型として再現する径間数については、低水路に計画している径間数が5径間であること、水理解析より堰柱が水没する前の主流位置などを考慮し、堰中央の3径間を模型として再現することとした。（図-8）

また、範囲・縮尺については、模型の再現精度を考慮し、堰上下流それぞれ450m、縮尺は1/30を採用した。（図-9、写真-4,5）

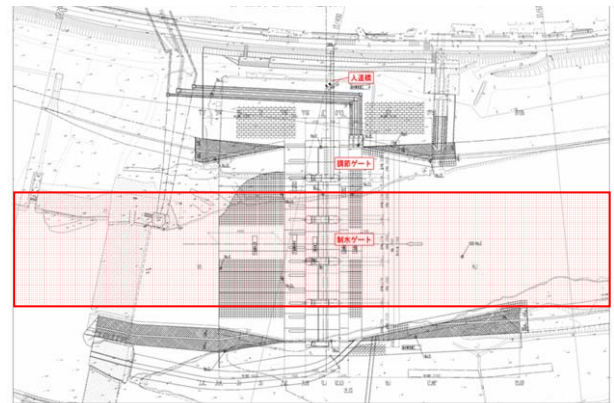


図-8 模型の再現範囲

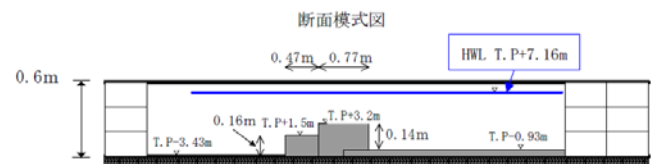
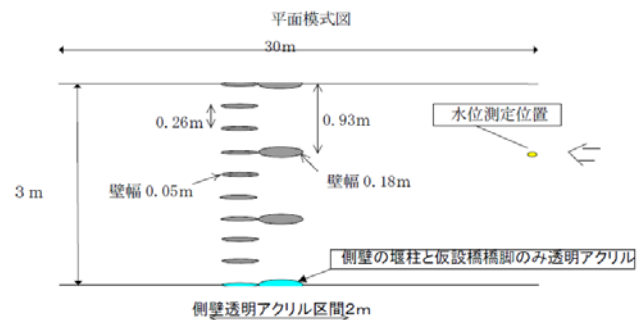


図-9 3径間を再現した模型の概要

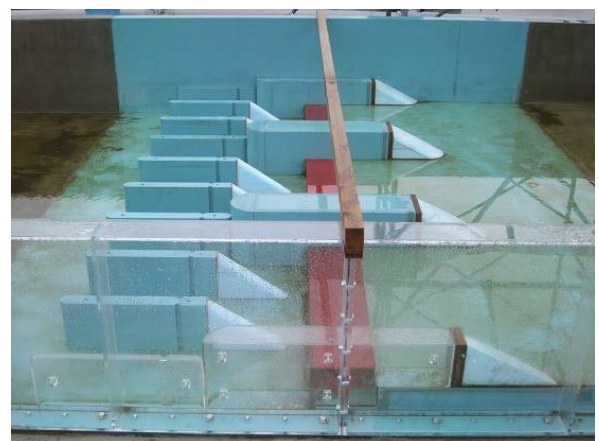


写真-4 実験に使用した模型

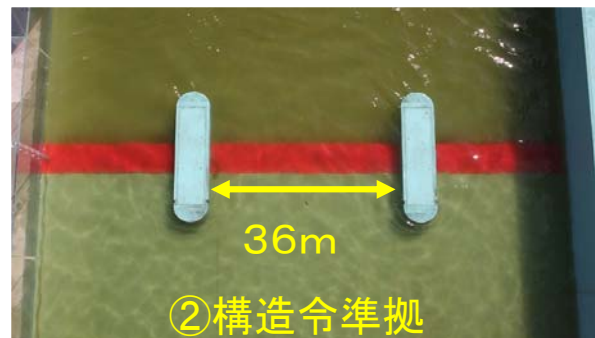
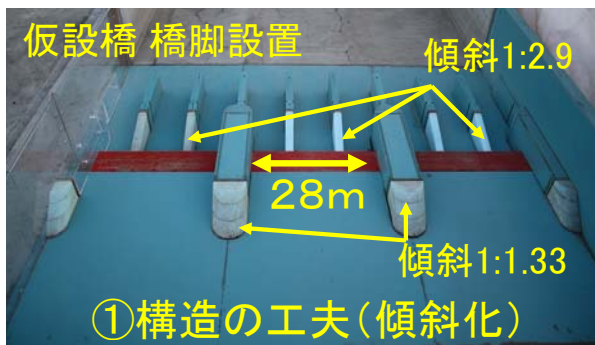


写真-5 模型の比較：申請案（上），構造令準拠案（下）

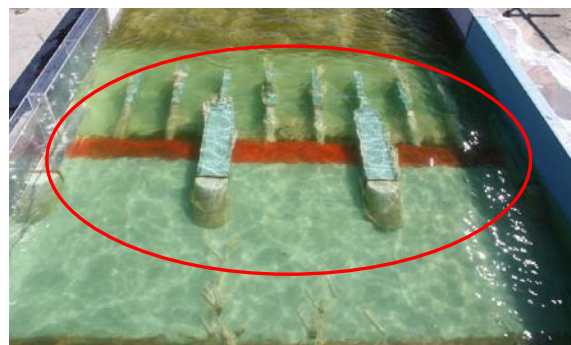


写真-6 申請案（上）と構造令準拠案（下）の比較

d) 流木の投入方法

実験で使用する流木等の投入方法については、最も捕捉されやすい条件を考慮し、流木の長軸が堰柱に直角で、一様な密度で流下するように投入することとし、投入回数は予備実験により設定し（表-3）、それぞれの実験条件において5回を基本とし、捕捉される流木の本数の精度に応じて回数を増減させることとした。

表-3 流木の種類及び投入本数

	Case 0	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
流量1000m ³ /sで、以下の順に流木を投入して、仮設管理橋脚に捕捉される本数と河道水位を計測						
(1) 草本を想定したナイロンロープ φ0.1m、全長8m		①2500本投入 ③500本投入	①2500本投入 ③500本投入	①2500本投入 ③500本投入	①2500本投入 ③500本投入	①2500本投入 ③500本投入
土砂の投入					投入	投入
(2) 幹と枝を想定したヌンチャク型 φ0.3m、全長8m		②500本投入			②500本投入	
(3) 全長8mの直線丸棒 φ0.3m			②500本投入			
(4) 全長8m、13m、18、23mの組み合わせ φ0.3m	500本投入			②500本投入		②500本投入
流量を1500m ³ /sに増加させて捕捉される本数と河道水位を計測						
流量を3000m ³ /sに増加させて捕捉される本数と河道水位を計測						
流量を4400m ³ /sに増加させて捕捉される本数と河道水位を計測						

e) 実験結果

流木等の模型諸元（長さ、比重、種類（樹木を想定した堅い材質または草本や根茎を想定した柔軟な材質）、枝の有無など）や実験条件（流量、一度に流下させる流木の種類・本数など）の組み合わせが異なる複数の実験ケースの結果から、堰柱等が水没する条件下においては、堰柱等の上流面を特殊構造（傾斜化）とした起伏式の堰が、構造令に準拠した起伏式の堰に比較して流木等の集積が抑制されることが確認された。（写真-6、図-10）

堰柱の捕捉率(%)

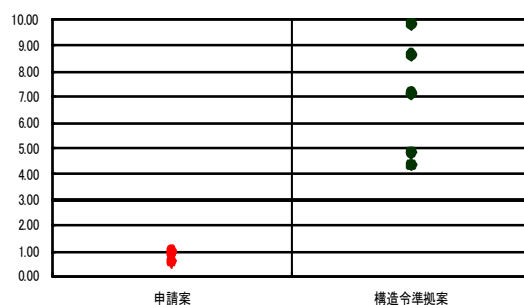


図-10 流木の補足率 (Q=4, 400m³/s) の比較

また、流木等の模型が最も集積する実験ケースにおいて堰上流における水位のせき上げ高を測定した結果から、せき上げによる流下能力の不足が特に懸念される整備計画目標流量の流下時においては、堰柱等の上流面を特殊構造（傾斜化）とした起伏式の堰の方が、構造令に準拠した起伏式の堰に比較して、せき上げ高が同等またはそれ以下となることを確認した。（図-11）

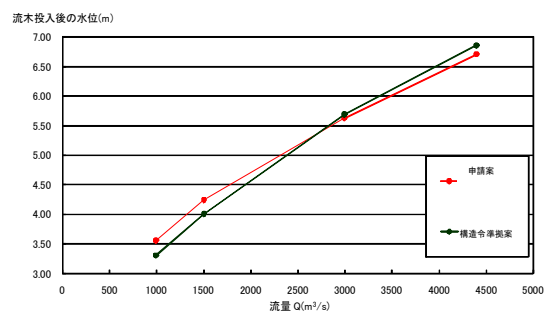


図-11 堰上流の河道水位の比較

よって、遠賀川における流木発生状況に関する流

域特性と水理模型実験による検討結果を総合して、堰柱の上流面を特殊構造（傾斜化）とすることで流木等の集積が洪水流下など治水上の問題とならないまで抑制できることが確認された。

4．検討結果

当該堰の治水安全性について、堰柱等による河積の阻害（水位のせき上げ）、及び堰柱等への流木の集積の観点から構造令第38条の規定に照らして検討を行った。

その結果、堰柱等による河積の阻害が洪水流下など治水上の安全性の障害とはならず、また、堰柱等の上流面を特殊構造（傾斜化）とすることで流木等の集積が洪水流下など治水上の問題とならないまで抑制できることが確認された。

したがって、「構造令技術検討会」において中間堰が構造令第73条第4号に基づき、同令第38条の規定によるものと同等以上の効力があると認められた。

5．おわりに

当該堰は、今年度より本体工の建設に着手する予定であり、完成予定である 2015 年度以降、実際の洪水に対する対策の効果等について検証していく予定である。

最後に、2009 年度に新たに設置された「構造令技術検討会」の第 1 号案件として、建設・維持管理コスト削減、維持管理の確実性・容易性を踏まえ、水理模型実験を実施するなどの技術的な検討を行うにあたり、国土技術政策総合研究所並びに土木研究所にご協力をいただいたことに謝意を記す。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局：河川管理施設等構造令技術検討会の設置について 2009 年 7 月 1 日付国河環第 31 号，国河治第 40 号
- 2) 坂野章：橋梁への流木集積と水位せきあげに関する水理的考察、国土技術政策総合研究所資料第 78 号 2003 年 3 月