

## 急流河川における雪混じり流れについて

(株)ドーコン 正会員 星野 利幸  
 (株)ドーコン 山根 正裕  
 (株)ドーコン 正会員 澤口 雄介

### 1. はじめに

これまで道内の雪対策施設として数多くの実績のある流雪溝や消流雪河川は、常流域において計画されている。一方、水路勾配が極端に急であると流況が射流域になり雪塊の下を水のみが流下し、雪を運流する機能が失われるといったことが一般的に言われてきた。つまり、常流域に対して射流域では流雪溝や消流雪河川の適用は困難であるとされてきた。

本論文は、射流域の雪混じり流れの水理的解明を目的として、計画河床勾配が1/20である急流河川（砂防河川）において実施した投雪実験の結果について報告するものである。

### 2. 実験概要

#### (1) 実験項目

- 1) 投雪後の流況確認：水位変化、流速等の水理量観測
- 2) 限界投雪量の算出：閉塞を起こす限界投雪量算定

#### (2) 実験要領

実験箇所の砂防河川は、両岸が高さ4～5mの積ブロック護岸となっている。実験にあたり麻袋により幅50cm、高さ60cmの水路をつくり、水深を確保した（図-1）。

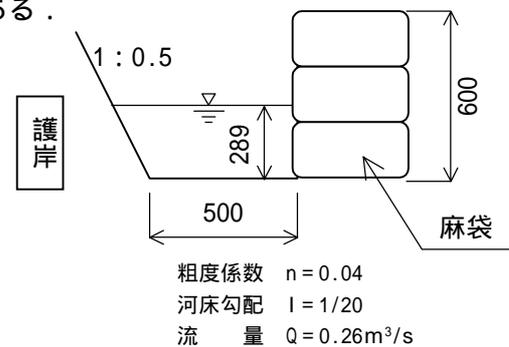


図-1 実験水路標準断面

#### (3) 投雪方法

投雪は、水路を造成した護岸天端の投雪区間 28mから 15人がスノーダンプによる人力投雪を行った。限界投雪量を求めるにあたり、複数回の投雪を行うとともに、投雪前後の流況（流量、水深、流速）を測定した。

#### (4) 限界投雪量

既往実験結果では、限界投雪比は15%（重量比）程度とされており、実験水路流量  $Q = 0.26\text{m}^3/\text{s}$ （ $= 0.26\text{t/s}$ ）、雪密度を  $0.3\text{t}/\text{m}^3$  とすると、限界投雪量は、 $q = 0.26\text{t/s} \times 15\% \div 0.3\text{t}/\text{m}^3 = 0.13\text{m}^3/\text{s}$  となる。

実験水路流速  $V = 1.57\text{m/s}$  より、水路延長  $L = 1.57\text{m}$  当りに  $0.13\text{m}^3$  の投雪が限界となる。今、投雪区間 28mに均等に15人がスノーダンプで同じに投雪したとして、 $L = 1.57\text{m}$  当りの投雪量は次のようになる。

$$15 \text{人} \cdot \text{回} \times 0.077\text{m}^3/\text{人} \cdot \text{回} \div 28\text{m} \times 1.57\text{m} = 0.06\text{m}^3 \quad 0.06\text{m}^3 / 0.13\text{m}^3 \quad 46\%$$

よって、限界投雪量の46%分の投雪量となる。重量比では、約7%（ $15\% \times 46\%$ ）である。

### 3. 実験結果

#### (1) 雪塊運流速度

雪塊運流速度は各実験毎、水路へ投雪してから雪塊が実験水路末端を通過するまでの所要時間と距離により算出した。表-1には各実験毎の雪塊運流速度をまとめた。

#### (2) 水深

投雪前後の水深の変化については、表-2に示す3ケースで測定がなされた。

#### (3) 限界投雪量の算出

表-3より、実験番号 1-1-3 から 2-1-5 まで8回は同じ27.5%の重量比であり、ほとんど閉塞・停滞なく流下しているが2-1-5で一度だけ閉塞を起している。よって、限界投雪量は、25.3% 25% と設定した。

キーワード 急流河川，河床勾配，消流雪，投雪実験，限界投雪量

連絡先 〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4-1 (株)ドーコン 水工部 TEL011-801-1530

表-1 雪塊運流速度測定結果一覧

実験番号	流下距離	流下時間	運流速度	平均運流速度	備考
	m	m:s"	m/s	m/s	
1-1-1	61.0	00:48"	1.27		流下状況良好
1-1-3		00:50"	1.22		
1-1-4		00:48"	1.27	1.23	
2-1-1		00:46"	1.33		
2-1-3		00:58"	1.05		
2-1-5	40.0	0:44"*	0.91	0.91	閉塞時溢水
3-2-1	61.0	01:02"	0.98		流下状況良好
3-2-2		01:03"	0.97	0.99	
3-2-3		00:59"	1.03		
3-3-1	61.0	01:07"	0.91	0.91	一時的に停滞
3-3-2		01:31"	0.67	0.67	"
4-4-1		01:22"	0.74	0.74	"
4-4-2	61.0	01:30"	0.68	0.68	"
4-4-3	40.0	01:03"*	0.63	0.63	閉塞時溢水
4-5-1	61.0	01:29"	0.69	0.69	一時的に停滞
4-5-2	39.6	1:07"*	0.59	0.59	閉塞時溢水
4-5-3	39.6	01:16"*	0.52	0.52	"

\*印は水路閉塞地点までの雪塊流下時間

表-2 投雪前後の水深変化

実験番号	地点(上流より)	上流側水深(投雪前)	上流側水深(投雪後)	雪塊流下状況
2-1-10	39.6m	0.18m	0.52m	雪塊停滞
4-4-1	42.4m ~ 52.3m	0.29m	0.34m	停滞状況見られず
4-5-1	28.1m	0.10m	0.21m	雪塊は停滞さみ

表-3 限界投雪量

実験番号	投雪量	流量	重量比	平均運流速度	流下状況	実験番号	投雪量	流量	重量比	平均運流速度	流下状況
	tf/s	m³/s	%	m/s			tf/s	m³/s	%	m/s	
1-1-1	0.023	0.091	25.3	1.23	○	3-2-1	0.040	0.091	44.0	0.99	○
1-1-2	0.023	0.091	25.3	1.23	○	3-2-2	0.040	0.091	44.0	0.99	○
1-1-3	0.025	0.091	27.5	1.23	○	3-2-3	0.040	0.091	44.0	0.99	○
1-1-4	0.025	0.091	27.5	1.23	○	3-3-1	0.056	0.091	61.5	0.91	△
1-1-5	0.025	0.091	27.5	1.23	○	3-3-2	0.041	0.091	45.1	0.67	△
2-1-1	0.025	0.091	27.5	1.23	○	4-4-1	0.045	0.091	49.5	0.74	△
2-1-2	0.025	0.091	27.5	1.23	○	4-4-2	0.042	0.091	46.2	0.68	△
2-1-3	0.025	0.091	27.5	1.23	○	4-4-3	0.038	0.091	41.8	0.63	×
2-1-4	0.025	0.091	27.5	1.23	○	4-5-1	0.070	0.091	76.9	0.69	△
2-1-5	0.025	0.091	27.5	1.23	×	4-5-2	0.059	0.091	64.8	0.58	×
						4-5-3	0.052	0.091	57.1	0.51	×

流下状況 … ○：流下 △：停滞 ×：閉塞

4. まとめ

(1) 雪塊運流速度

雪塊流下時の運流速度は 0.51 ~ 1.23m/s であったが、閉塞・停滞のほとんど見られなかった 1、2 回目の運流速度は平均して 1.23m/s であった。道内の流雪溝で望ましいとされている流速は 1m/s 以上であり、実験において閉塞・停滞を起こしている運流速度もほとんどが流速 1m/s 以下のものであった。

したがって、この消流雪水路における必要流速についても 1m/s 以上を最低として良いものとする。

(2) 水深

水深は、雪塊流下前には 0.10 ~ 0.29m であったものが雪塊流下時には 0.21 ~ 0.52m まで上昇した。必要水深として、道内の流雪溝で望ましいとされている水深が 30cm であるのに対し、実験時 40 ~ 60cm 径の雪塊が水深不足で停滞を起こしている状況も確認されており、消流雪水路においても 30cm の水深が必要と考える。

(3) 限界投雪量

限界投雪量は、流量に対する投雪量の重量比が 25% と算出されたが、道内他事例の消流雪河川限界投雪比 15% を上回る値となった。流速・勾配の大きい水路では限界投雪量も大きくなるのが判明した。

5. おわりに

はじめに述べたように、急流河川においては、道内では流雪溝や消流雪河川の適用は困難であると言われてきた。しかし、この実験により水深・流速等の条件を満たせば、雪を運流する機能は常流域の消流雪河川と変わらないことがわかった。

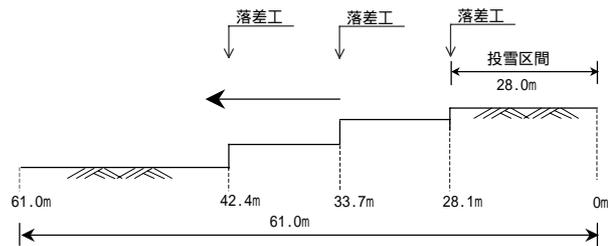


図-2 実験水路縦断模式図