

1 はじめに

棲島では、特に北側斜面（黒神川、福良川、長谷川など）において、火山噴出物の一つである軽石（ボラ）から成る土石流がひん発しておりその対策に苦慮している。これは見かけの比重が水よりも小さいため、普通の土砂に比べてその流動は容易であり、わずかの水量でも土石流化するという特質を持っている。またその比重が軽いため従来土石流の基本的構成材料と見なされず、衝撃力などについても看過され勝ちであった。ここでは軽石土石流の衝撃力について若干の実験的追究を試みた。

2 実験方法および実験結果

実験装置は長さ4m、幅20cm、高さ20cmの水路内に貯水ソウ（容量7l）および段差部（高さ7cm）を取り付け、レキの堆積層を設け、これを22°に傾斜させたものである（図-1）。なお洗掘区間堆積層の厚さは5、6、7cmの3種類とし、また段差部下流19cmと31cmの2箇所に応力センサーを設置した。土石流は段差部から45cm上流の位置に、50cmの区間にわたって設けた厚さ4cmの堆積層に清水段波を衝突させて発生させた。このときの衝撃力を応力センサーで計測し、また洗掘を高速カメラ（毎秒100コマ）で撮影した。また試料の一部を採取し濃度を測定した。

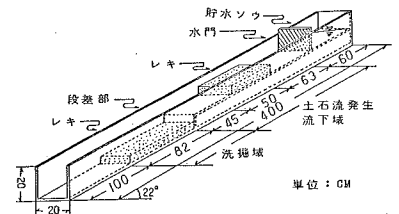


図-1 模型水路

以上の結果を示したのが表-1である。なおNo.1、No.2は19cm、No.3、No.4は31cmの位置に設置したセンサーであり、No.1、No.3は地表面、No.2、No.4は地表面下3cmに設置したものである。

表-1 軽石土石流の抗力係数

落差 H (cm)	RUN 容積濃度 (%)	密度 (g/cm ³)	V (cm/sec)	C _{D1}	C _{D2}	C _{D3}	
5	1	0.57	0.74	138	4.28	2.73	12.4
	2	0.63	0.71	133	1.11	3.28	6.04
	3	0.58	0.74	128	2.21	-	12.3
6	4	0.58	0.74	136	5.92	1.73	7.52
	1	0.58	0.74	152	-	-	-
	2	0.50	0.77	142	3.55	3.84	10.9
7	3	0.56	0.75	147	3.72	1.84	3.19
	4	0.67	0.70	148	4.10	1.94	8.96
	1	0.59	0.73	143	6.40	8.41	4.76
ここにρは流体の密度、wはその単位体積 重量、Vは流速、Aは受圧面積、αは運動	2	0.58	0.74	131	8.26	11.7	8.80
	3	0.58	0.74	128	5.46	6.32	6.72
	4	0.61	0.72	142	9.96	8.73	6.25

量係数である。一方物体が流体中を運動するとき受ける抵抗力は一般に次式のように表わされる。²

$$P = C_D (V^2 / 2g) wA \quad \text{----- (2)}$$

(1)、(2)式からC_D = 2αとなる。これらの式を関連づけるため、日浦等もC_D = 2αとおき、これを衝撃抵抗係数と表わすべきだとしている³。衝撃抵抗係数を求めるため(2)式の両辺を(V²/2g)wAで割ってC_Dを算出したものが表-2である。同表から明らかなようにC_Dは最小値で1.11、最大値で12.4でありかなりバラツキているが、かなり大きな値を示している。ここにC_{D1}、C_{D2}、C_{D3}とは応力センサーNo.1、No.

1、No.2、No.3の衝撃抵抗係数である。C_{D1}の平均値は5.0、C_{D2}が5.06、C_{D3}が7.99である。このように軽石から成る土石流であっても、その衝撃抵抗係数は相当大きな値となり、土石流となった場合予想外の大きな力の働くことがわかる。

表-2 軽石土石流の衝撃力

一方この衝撃力をProude相似を用い、相似律をλとして、現実の土石流衝撃力に換算すると、その衝撃比はつぎのようになる。		落差 H (cm)	RUN	流量 Q (cm ³ /sec)	No.1 (g/cm ²)	No.2 (g/cm ²)	No.3 (g/cm ²)	No.4 (g/cm ²)
ここにP _p は原型の衝撃力であり、P _m は模型の衝撃力である。ここで模型	P _p /P _m =λ -----(3)	5	1	13800	64.2	19.6	88.7	-
			2	14364	14.8	21.0	38.7	-
			3	16640	28.5	-	76.3	-
			4	18768	19.8	-	111.1	-
	6	1	20368	41.3	12.0	52.5	-	
		2	15620	28.0	14.0	86.5	28.0	
		3	15582	70.1	-	50.4	95.1	
		4	15984	26.0	-	30.8	-	
	7	1	16302	48.8	64.1	36.3	-	
		2	15720	53.3	76.3	57.0	-	
		3	13824	33.8	39.1	41.6	-	
		4	15904	73.8	64.7	46.3	-	

の縮尺をほぼ1/50とすれば、λ=50となり、これを用いて現実の土石流の衝撃力を推定したものが表3である。同表から明らかのように、重量的には非常に軽く、組成的にも重要でないと思われる軽石でも、一旦土石流となれば、6~40t/m²と言う大きな衝撃力が働くようになることが上述の結果からわかる。

表-3 実験値より推定した軽石土石流の衝撃力

このような衝撃力は構造物にはもちろん、ダム直下部の洗掘に対しても大きな影響をもつ。いま土石流先端部がダムから落下して衝	落差 H (m)	流量 (m ³ /sec)	流速 (m/sec)	地表面 (t/m ²)	地表面下 (t/m ²)
撃力によりある厚H _L の土塊が押し上げられるものとする、このときのH _L は次式のようになる。	2.5	281	9.5	7~32	10~11
	3.0	299	10.0	13~35	6~7
	3.5	273	9.6	17~37	20~38

$$wC_D(V^2/2g)D = w_0H_L^2K / 2 + pH_LK_p$$

$$\therefore H_L = \{ (w/w_0)C_D(V \tan \theta)^2 / 2g \} / \{ \sqrt{1 + (2ww_0C_D(V^2/2g) / p^2K_p)} - 1 \} \quad \text{-----(4)}$$

ただし $K_p = (\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi}) / (\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi})$ $p = wC_D(V \tan \theta)^2 / 2g$ 、 w_0 は堆積層の単位体積重量、 D はナップ厚、 θ はその進入角、 i は堆積面のコウ配、 ϕ は堆積物の内部摩擦角である。ここでC_D=5として(4)式の計算結果を示したのが表-4である。同表から明らかのように計算値の方が実験値より相当大きくなっている。これはC_Dをかなり大きく見積ったことにも原因があると考えられる。

表-4 段差部下流の洗掘深

4 おわりに	落差 H (cm)	RUN	流速 (cm/sec)	ナップ D (cm)	進入 角	計算値 H _L (cm)	実測値 H _L (cm)
軽石土石流の衝撃力について追究してきたが、河床洗掘については計算値と実測値の相違が大きく今後の検討課題である。	5	1	138	5.0	14°	11.3	1.9
		2	133	5.4	16°	6.6	1.2
		3	128	6.5	17°	7.0	2.0
		4	136	6.9	18°	7.3	1.2
	6	1	152	6.7	16°	8.4	1.4
		2	142	5.5	16°	7.1	2.1
		3	124	4.7	18°	3.7	1.3
		4	147	5.3	17°	6.8	0.9
	引用文献	1	143	5.7	23°	5.2	0.8
		2	131	6.0	23°	5.2	1.2
		3	128	5.4	23°	4.7	1.0
		4	142	5.6	22°	5.4	1.5

- 1) CHOW: 開水路の水理学、pp.49、好学社
- 2) 富田幸雄: 流体力学序説、pp.287、養賢堂
- 3) 日浦・大手・日置: 京都府大学術報告19、pp.33、1974
- 4) 谷口義信・高橋正佑: 日本林学会九州支部研究論文集37、pp.304、1984
- 5) 赤井浩一: 土質力学、pp.141、朝倉