

独立行政法人土木研究所 ○石田哲也, 仲野公章
 北海道大学大学院農学研究科 山田 孝
 北海道建設部砂防災害課 橋田欣一
 八千代エンジニアリング(株) 溝口昌晴

1. はじめに

平成 12 年 3 月 31 日に北海道有珠山が噴火し、それに伴い地殻変動や大量の火山噴出物が生産され下流側の洞爺湖温泉街や虻田町で被害が生じた。特に、西山川では中流域に出現した噴火口からの熱泥水の噴出に起因した泥流が複数回発生し、家屋、橋梁が破壊される等の大きな被害が生じた。本研究は、これらの特性を整理するとともに被害の発生機構を考察した。

2. 西山川で発生した泥流の氾濫堆積と泥流の物理特性

2.1. 氾濫・堆積状況

土砂災害対策専門家チーム(以下、「専門家チーム」)らによって撮影されたビデオテープ(平成 12 年 4 月 7 日~11 日)を解析し、氾濫実態の時系列的な変化を整理するとともに、泥流の流速などを判読した。氾濫状況の一例として氾濫範囲が最も拡大した平成 12 年 4 月 10 日時点の氾濫図を示す(図-1)。

専門家チームのレポート等によると平成 12 年 3 月 31 日に噴火した翌日にこんびら山火口付近で小規模の泥流が確認されている。その後、6 日までの泥流は西山川の砂防ダムにより捕捉されており、砂防ダムによる効果が大きかったことが分かった。7 日には西山川流路工を通じて河口まで泥流が流下しており、この時点でも西山川流路工が大きな役割を果たしていることが分かった。その後、西山川流路工内に堆積した土砂を除去出来なかったため、流路工の上流側の木の実橋からこんびら橋にかけて流下断面が確保できなくなり、そこから氾濫を開始しているのが観察された。10 日には木の実橋、こんびら橋が流失しているのが確認された。

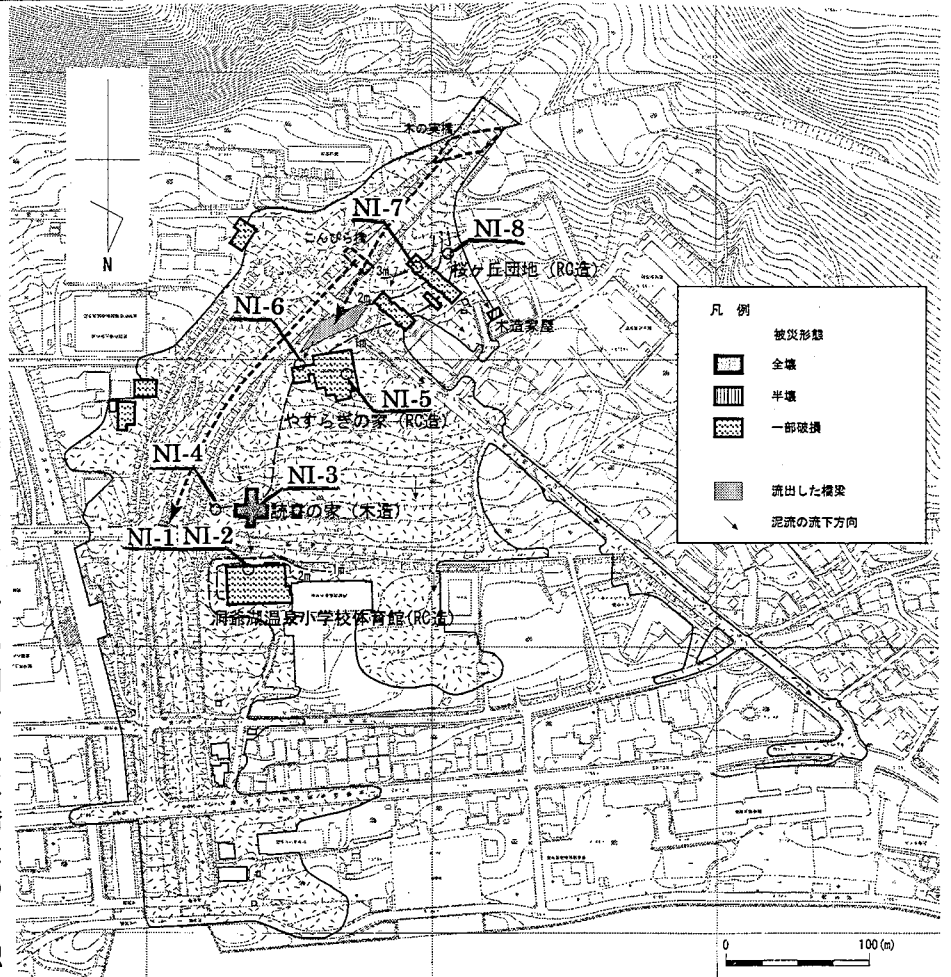


図-1 西山川の木の实橋下流における泥流氾濫状況(2000年4月10日時点)

流路工内を流れる泥流についてビデオから判読した流速はばらつきがあるものの 4m/sec 程度であった。昭和 53 年 10 月 16 日に発生した西山川での泥流の流速はビデオ判読によると 3~4m/sec 程度、同年 10 月 24 日の泥流の流速は 5~8m/sec 程度であったことが報告されている²⁾。流速係数を求めると 6~11 となり、焼岳と桜島の土石流の中間的な流動性を示す。また、今回判読した流速からマンシングの粗度係数を逆算すると 0.04 程度となる。泥流の先端部は勾配 40° 以上の急崖を呈していること、泥流本体堆積後に泥水が分離して流下した痕跡はないこと(写真-1)から、泥流の降伏応力は非常に高いことが推測される。

2.2. 泥流堆積物の物理特性

泥流堆積物の物理特性を調べるために図-1 に示した箇所(図中の桜ヶ丘団地、やすらぎの家、読書の家、洞爺湖温泉小学校(NI-4, NI-6, NI-8 は家屋外、その他は家屋内で採取))で攪乱試料を採取し、土粒

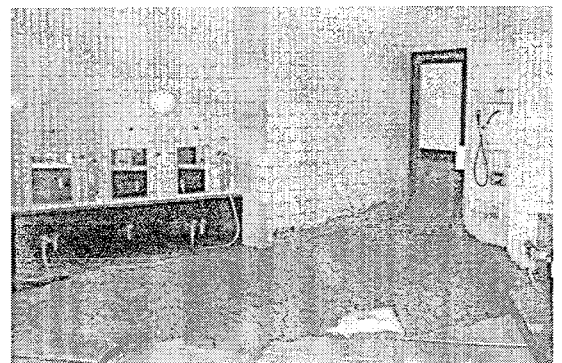


写真-1 やすらぎの家内の泥流先端部の堆積状況

子の密度試験、粒度分布試験、液性・塑性限界試験を行った(図-2)。

土粒子の密度は 2.72~2.76 の範囲で堆積場所による違いはなかった。粒度分布は図-2 を見るとほとんど同じであり、堆積物からは流下した土砂の分級は見られない。全ての採取場所で CL に分類され、採取場所での違いは見られない。

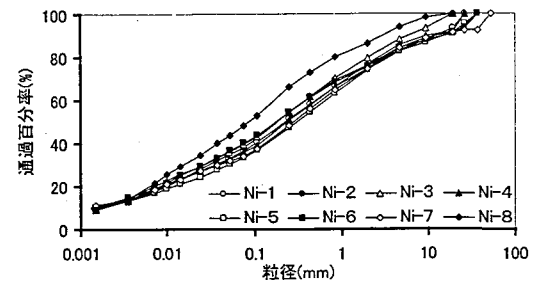


図-2 粒土分布試験結果

3. 泥流による家屋破壊、橋梁流出実態とそのメカニズムに関する検討

3.1. 泥流による被害の被災形態別分布

家屋を資産として評価する従来の考え方にに基づき家屋の被災形態を 3 段階(全壊、半壊、一部破損)に区分³⁾(表-1)を用い、泥流による家屋の被災程度を現地調査により区分した(表-2)。これらの被災家屋の位置は図-1 に示したとおりである。

表-2 より、全壊及び半壊といった大きな被害を受けた家屋は木造であり、RC 造は一部破損となっている。損壊が激しい部分の堆積深を現地計測し、これを流動深とみなして流体力を算出した。なお、流速はマンギの抵抗則により求めた。泥流の単位堆積重量は土質試験結果より 1.89t/m³ とした。この計算結果(表-2) から、半壊した木造で 42kN/m 程度以下、全壊した木造で 59kN/m 程度以下の流体力が働いた計算結果になった。また、RC 造は 104kN/m 程度以下では一部破損という結果になっている。これらの検討結果から、木造は泥流が氾濫する区域においては大きな被害を受ける可能性が高いことが分かる。

表-1 建造物の被災区分³⁾

区分	破損の程度
全壊	倒壊あるいは、倒壊に至っていないが、改築することが非常に難しいと考えられるもの。 (建物の主要構造物の被害額が、その建物の時価の50%以上であると判断されるもの)
半壊	建物の主要構造部に大きな損傷が生じ、大規模な改築をしなければ使用不可能なもの。
一部損壊	建物の主要構造物に大きな損傷が生じていないもの。

表-2 建造物の破壊状況

構造物	被災形態	構造	流路工からの距離(m)	損壊が激しい部分の平均堆積深(m)	堆積深の平均値(m)	流体力(kN/m)
桜ヶ丘団地	一部破損	RC造	35	1.0~3.0	2.00	94.5
木造家屋	半壊	木造	85	0.9	0.90	42.5
やすらぎの家	一部破損	RC造	35	1.4	1.40	66.2
みずうみ読書の家	全壊	木造	40	1.0~1.5	1.25	59.1
洞爺湖温泉小学校体育館	一部破損	RC造	50	2.0~2.4	2.20	104.0

3.2. 橋梁の流出メカニズムの検討

(1) 被害の状況

①木の実橋

木の実橋の上部工は泥流によって流失し、こんびら橋の約 35m 下流に位置するさくら橋の左岸側に乗り上げて停止した。

②こんびら橋

こんびら橋の上部工は泥流によって約 35m 下流に位置するさくら橋の欄干を破壊しながら流失した。上部工の一部は約 200m 下流のみずうみ橋に引っ掛かるように停止した。但し、調査時は既にこの上部工は撤去され、観察は行えなかった。

(2) 橋梁の流出機構の検討

①木の実橋

ビデオ解析によると 4 月 9 日午前の段階で、泥流は木の実橋の右岸側半分を越流していた(ビデオ解析による)。木の実橋を流出させた泥流流下時には、橋梁全体を泥流が越流した可能性がある。鋼製の上部工は、コンクリート桁に比べて空洞が多く、上揚力(浮力)を受けやすいので、浮力によって橋梁が流出する可能性について検討した。

1) 桁重量: 各支承に掛かる死荷重反力を合計して算出した結果、585tf と算出された。

2) 泥流による浮力: 上部工の空洞部(ボックス部及びボックス間の空間)の容積に泥流の単位体積重量(=1.89tf/m³)を乗じて算出した結果、846tf と算出された。

「泥流による浮力」-「桁重量」が正の値であれば橋梁を流出させる浮力が働くことになる。よって、846tf-585tf=+261tf となり、橋梁を流出させる浮力が働いた可能性が高いことが分かった。

②こんびら橋

4 月 9 日午前の段階で、こんびら橋付近の流路工には泥流堆積物が厚く堆積し、泥流は橋梁を越流しはじめていた。現地調査では、橋台と桁とを連結するアンカーバーの存在が、固定支承、可動支承側とも確認できなかった。これは、アンカーバーの切断あるいは引き抜けが発生したことを示すものと考えられる。しかし、構造上アンカーバーは桁部材の間に挟まっている状態であり、通常は上部工からアンカーバーに引き抜き力が加わるようなことはない。

こんびら橋は流失した木の実橋の直下流に位置するため、流失した木の実橋の桁が衝突したときの衝撃力で、アンカーバーの切断あるいは引き抜けが発生した可能性も考えられる。

4. おわりに

泥流による家屋の被災特性と橋梁の流出機構について検討した。今回の泥流は、先端部の堆積状況から降伏応力の大きな高粘性の流れであると考えられる。現地に堆積した泥流の堆積物を用いて、その流動機構について更に検討する予定である。

参考文献

- 1)土砂災害対策専門家チーム:災害レポート1~53, 2000
- 2)山本 博, 門村 浩, 鈴木利吉, 今川俊明:1977-1978年噴出物に覆われた有珠山西山川流域における泥流の発生, 地形, p79~p81, 1980
- 3)砂防関係法例規集12年版:国土交通省砂防部監修, p644~p647, 2001