

28. スリットダムの施工について

川内営林署 ○ 田村 聡
雪田一雄
川村一憲

1 はじめに

川内営林署は、下北半島のほぼ中心部に位置し、東西及び北の三方を朝比奈岳、縫道石山、於法岳を主峰とする連峰を境とし、南は陸奥湾に面している区域を管理している。この中央部を下北第2の河川である川内川が南流し陸奥湾に注いでおり、野平地区及び川内川河口部を除いては全般に急峻な地形となっている。

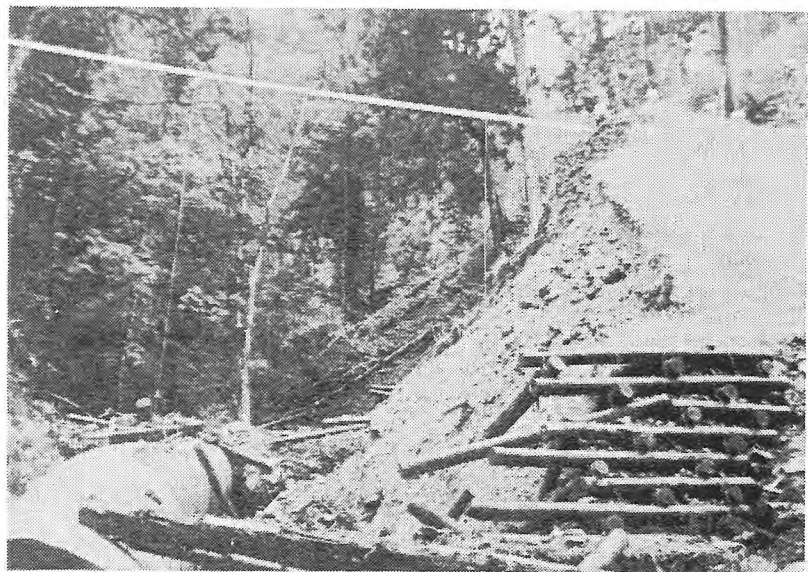
当署における治山事業は、昭和初期の安部城鉦山煙害地の復旧工事に始まり、なだれ防止工事、復旧治山工事等を行い、現在に至っている。

今回、スリットダム（くし型ダム）を施工したのは、平成2年8月末の集中豪雨により、湯の川担当区部内を中心に、林地の崩壊が起き、土石流とともに多量の流木が流出し、下流の林道等に大きな被害をもたらしたことに起因する。この災害復旧工事に当たり、土石流、流木を未然に防止するために、管内で初めて鋼製スリットダムを施工したので、その概要を紹介するものである。

2 被害の概要

平成2年8月25日深夜から26日未明にかけて、県内のほぼ全域にわたり強い雨が降り、下北地方でも国道が通行止めになるなどの被害が発生した（日雨量133mm、時雨量33mm）。

当署管内では、湯の川担当区部内に集中して被害が発生し、常時水量の少ない小溪流が増水し、①県道、林道のコルゲートパイプが土砂及び流木により閉塞し路体が流出する等により県道1路線、林道3路線が通行不能となった。（写-1）②また、町営湯野川駐車場に国有林から土砂が流出した。



（写-1） 長沢の被害状況

3 災害復旧工事の検討

今回の集中豪雨により、これまでに例を見ない被害が発生したことから、営林局治山課の全面的な協力を得ながら、災害復旧工事を検討した。ここでは、砥石沢流域について述べることにする。(図-1)

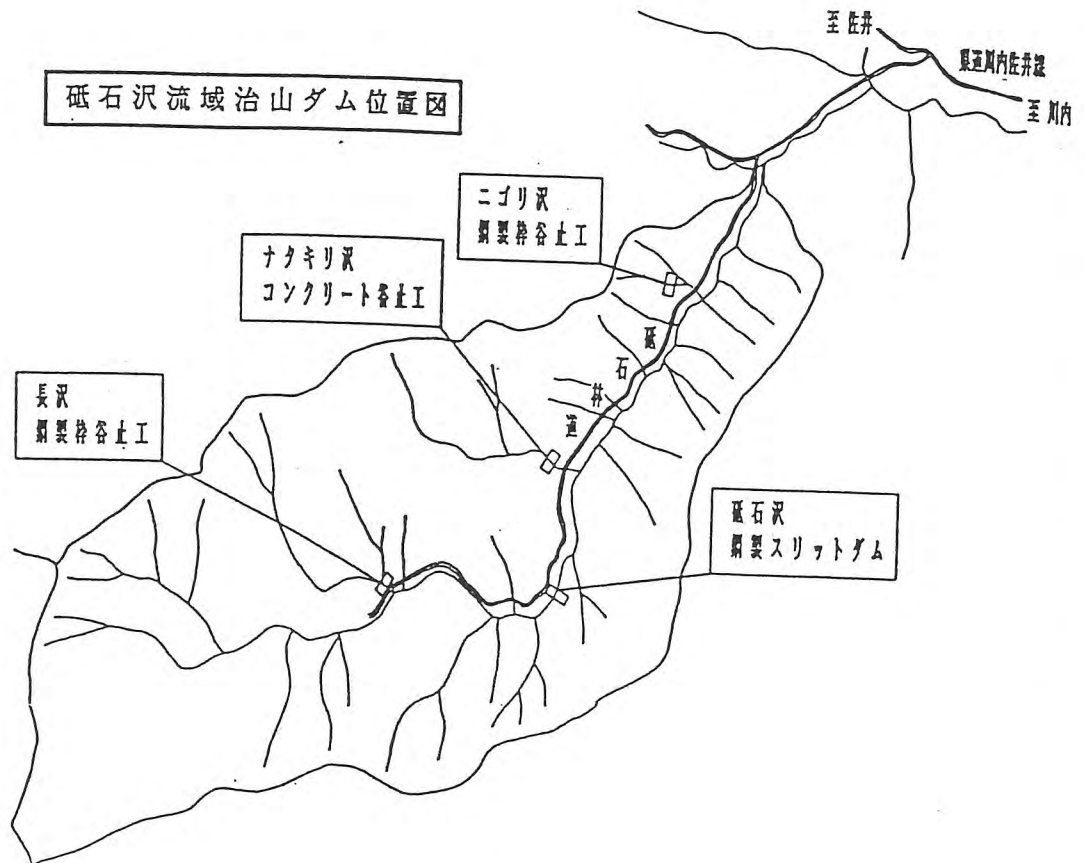


図-1 砥石沢流域治山ダム位置図

(1) 長沢

砥石林道 5.1km地点の長沢上流部の不安定土砂が流木を伴う土石流となって流下し、林道を横断する暗渠工(コルゲートパイプ)を閉塞させるとともに、約20mにわたって路体を流出させる被害を与えた。(写真-2)

上流には、多量の不安定土砂が堆積しており、次期降雨による二次災害が予想された。

工種の検討に当たっては、①林道横断工上流部に堆積した不安定土砂があり、二次災害を防止する必要がある。②林道上部は伐採跡地で末木枝条等があり、これらの流出も防止する必要がある。③林道上部の地盤が軟弱でコンクリートダム等では不等沈下が見込まれること等の因子から、鋼製枠谷止工を施工することとした。(写真-3)

(2) ナタキリ沢

砥石林道 2.5km地点のナタキリ沢上流部の不安定土砂が流木を伴う土石流となって流下し、林道を横断する暗渠工（コルゲートパイプ）を閉塞させるとともに、約20mにわたって路体を流出させる被害を与えた。（写真-4）

上流には、多量の不安定土砂が堆積しており、次期降雨による二次災害が予想された。

工種の検討に当たっては、①林道横断工上流部に堆積した不安定土砂があり、二次災害を防止する必要がある。②林道上部の地盤は比較的堅固でコンクリートダム等による不等沈下は予見されない。③林道上部の沢の横断形状は浅いU字形を呈していること等の因子から、コンクリート谷止工を施工することとした。（写真-5）

(3) ニゴリ沢

砥石林道 2.3km地点のニゴリ沢上部の不安定土砂が流木を伴う土石流となって流下し、林道を横断する暗渠工（コルゲートパイプ）を閉塞させるとともに、約20mにわたり林道上に堆積した。（写真-6）

上流には、多量の不安定土砂が堆積しており、次期降雨による二次災害が予想された。

工種の検討に当たっては、①林道横断工上流部に堆積した不安定土砂があり、二次災害を防止する必要がある。②林道上部の地盤が軟弱でコンクリートダム等では不等沈下が見込まれること等の因子から、長沢と同様の鋼製枠谷止工を施工することとした。（写真-7）

(4) 砥石沢本流

砥石沢流域の長沢、ナタキリ沢、ニゴリ沢等の小溪流からの流木を伴う土石流により砥石沢本流に多量の不安定土砂が堆積し、次期降雨により二次災害が予想された。（写真-8）

工種の検討に当たっては、①不安定土砂には多量の流木が含まれている。②土石流が発生すると、本流では相当規模のものになることが予想され、これまでのコンクリートダムでは通常の中小出水時に流下する粒径の細かい土砂により満砂状態になり、土石流発生時には、粒径の大きな土砂並びに流木が下流に流出するおそれがあること等の因子から、スリットダムを施工することとした。（写真-9）

4 スリットダムの一般的特徴等

(1) スリットダムの目的

スリットダムは、通常の中小出水に含まれる比較的粒径の細かい土砂は、積極的に透過させて下流に流し、土石流発生までのダム上流の貯砂容量を確保し、土石流発生時には土石流中の巨礫や多量の土砂並びに流木を捕捉して河川下流への流出を未然に防ぐ目的として設置するものである。

(2) スリットダムの種別

スリットダムの種別にはコンクリート、鉄筋コンクリート、鋼製がある。

ア コンクリート（無筋）

少数の施工例があるが、原則的には、流木、土石流対策用には適応しない。

イ 鉄筋コンクリート

強度計算上は成立するが、一定溪床幅に対し、スリット断面が鋼製より狭くなり、機能上有利でない。また、施工に手間がかかる。

ウ 鋼製

一般的な特徴は、次のとおりである。

- ① 鋼材は、強度が大きく靱性に富んでおり、加工性がよく、品質が均一である。
- ② 形状、寸法が多品種にわたってそろっている。
- ③ 標準設計によってプレハブ化しやすい。
- ④ 現場施工は組み立てが主体となるので、気温、積雪など気象条件に左右されない。
- ⑤ 腐食に対する抵抗性が小さい。
- ⑥ 鋼製構造物は、一般的に部材断面寸法が小さいので、局部的に破壊が生じた場合には、コンクリートに比べ、全体の安全性に及ぼす影響が大きい。

①～④は、長所であり、⑤～⑥は短所である。

透過型ダムでは、できるだけ部材断面を小さくして、水と土砂の通過空間の割合を大きくすることが効率的である。鋼材は強度が大きく靱性に富んでいるので、部材断面寸法を小さくすることができ、水や土砂が通過する空間を広くとることができる。

(3) 鋼製スリットダムの製品

鋼製スリットダムは、現在、7種類の製品がある。

- ① A型（新日鉄）、② B型（日鉄建材）、③ C型（住友金属）、④ D型（川崎製鉄）、⑤ h型（神戸製鋼）、⑥ △型（NK・共生機構）、⑦ 格子型（神戸製鋼）

(4) 位置

計画する位置は、できるだけ発生源の近くに設けることを原則とするが、次の事項を考慮し、効果が十分発揮できる位置を選定する。

- ① 流木等が堆積する空間ができるだけ広くとれる。
- ② 流木等によりスリット部が閉塞した場合、その除去作業ができる。
(林道から近い、バックホー等の重機が進入可能)
- ③ 上流溪床勾配が急で流速が著しく早くなる箇所はできるだけ避ける。
(流木・土砂の捕捉効果を高める)
- ④ 以上のほか、ダムサイトの条件は一般の治山ダムに準ずる。

(5) 方向

ダム軸の方向は、上流流心に直角を原則とする。

(6) 計画勾配

基礎部天端からの計画勾配とする。

(7) スリットダムの高さ

スリット部の高さは、当面2.0m～6.0mの範囲とし、基礎部、床固工として必要な高さとする。

本来、流木等の対象総量を把握し、これをどの地点でどの程度の規模のものを何基設けて対応するかの検討を基にスリットダムの規模が定まるべきであるが、目下その総量の把握方法、高さ、幅がどの程度あればその抑止量は何程かということを実際に評価する方法も定まっていないのが実情であり、あまり大きいものを初めから計画することは避けようという趣旨で、スリット部の高さを2～6mの範囲としている。高くするとスリット部の外力の掛かり方に種々問題もあり、当面低いものから始めて、その堆積、抑止状況を見極め、段階的に対策を進める必要がある。

(8) スリット間隔

スリット間隔は抑止しようとする流木の長さ、巨礫の径に応じて定めるものとする。

流木に対しては、流木の長さの1/3程度で抑止効果があるとされ、巨礫(転石)については、径の1.5倍で完全に近い土石流捕捉率を示し、2倍以上では巨礫のみを捕捉し、ピーク土石流量を低減させると言われている。

一般的に、2～3m程度が適当といわれている。

(9) 放水路

スリット部上部にスリットが閉塞しても十分対象流量が流下し得る断面の放水路を設けるものとする。

(10) 袖

袖部の断面は原則としてスリット部と同様の外力条件に対応して定めるものとするが、地形条件及び衝撃を受けるおそれが少ない場合等は、一般の断面表に示された断面によることができるものとする。

土石流に対応する場合は、天端厚のとり方に十分配慮するものとする。

袖部の下流のりは、2分、3分にこだわる必要はない。

5 スリットダムの設計等の概要

(1) 事業名

平成2年度

砥石沢治山工事

(災害関連緊急事業)

(2) 工事箇所

青森県下北郡川

内町字田野沢山国

有林87に、89

い。林小班内

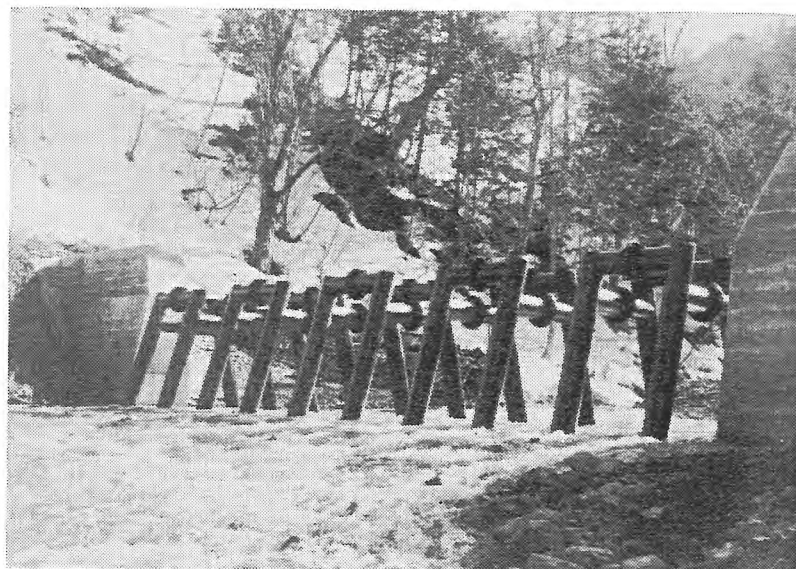
(3) 工事費

18,122,850円

(4) 工期

平成3年2月2日～

同年3月25日 52日間



写-10 スリットダム

(5) 工種

鋼製スリットダム

(6) 構造(図-2)

ア 中央部：透水構造(鋼管立体構造)

イ 袖部：遮水構造(コンクリート)

ウ 放水路断面：開水路式による

エ コンクリート袖部断面：放水路部天端厚：1.5m

オ 堤長：31.5m, 堤高：4.5m, 体積：216.8m³, 鋼材：12.5t

カ 鋼管：径 406.4mm, 肉厚 7.9mm,

材質 一般構造用炭素鋼鋼管 STK41(JIS G3444)

キ 鋼材(キャッププレート, フランジプレート, リブプレート, ベースプレート, ベースプレートリブ)：材質 一般構造用圧延鋼材 SS41

(JIS G3101)

ク 接手ボルト：材質 摩擦接合用高力六角ボルト・六角ナット・平座金のセット F10T(JIS B 1186)

コ 塗装：下地処理2種ケレン，塗料タールエポキシ樹脂塗料（黒）1回塗

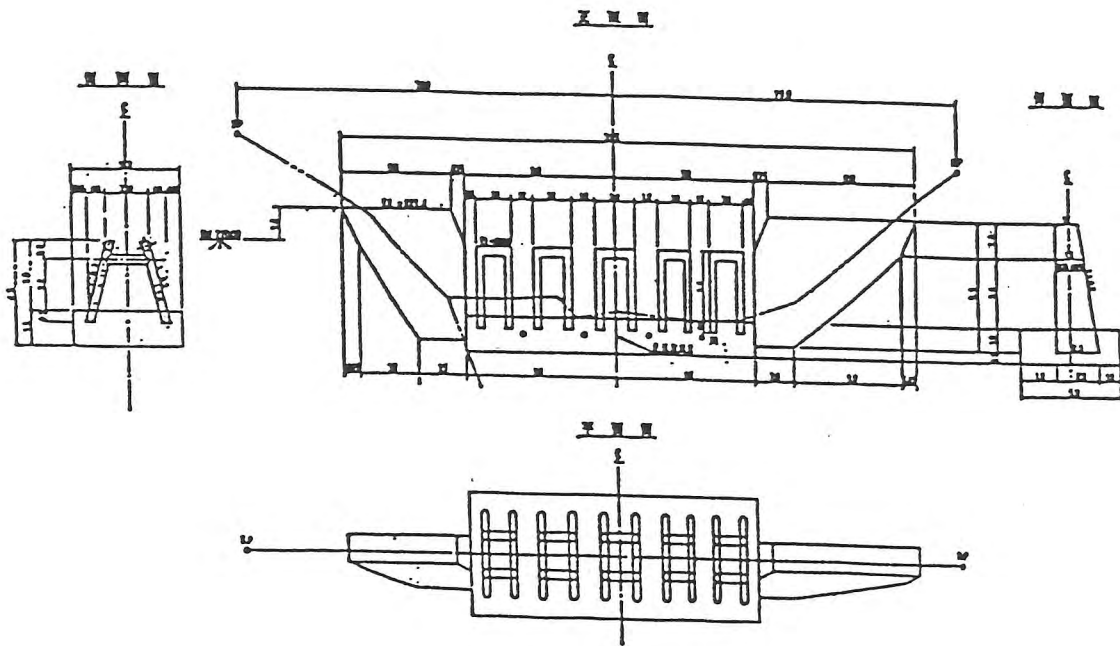


図-2 構造図

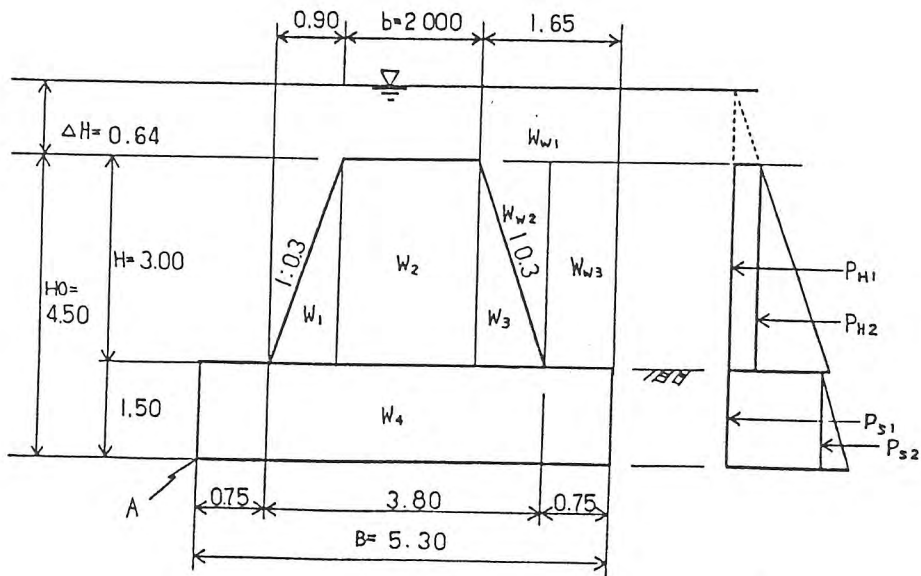


図-3 設計断面

6 安定計算

(1) 設計条件

堰堤の高さ		$H_0 = 4.50\text{m}$	
鋼製部の高さ		$H = 3.00\text{m}$	
天端幅		$b = 2.00\text{m}$	
上・下流法勾配	1:K	$K = 0.3$	
堤底幅		$B = 5.30\text{m}$	
鋼製部の単位体積重量		$\gamma_s = 0.07\text{t/m}^3$	(空 m^3)
コンクリート単位体積重量		$\gamma_c = 2.35\text{t/m}^3$	
水の単位体積重量		$\gamma_w = 1.0\text{ t/m}^3$	
越流水深		$\Delta H = 0.64\text{m}$	
堆砂の単位体積重量		$\gamma_d = 1.8\text{ t/m}^3$	
土圧係数		$K_a = 0.333$	
基礎地盤との摩擦係数		$\mu = 0.6$	
基礎地盤の許容支持力		$q_a = 70 \sim 150\text{ t/m}^2$	

(2) 設計荷重

洪水時で、流木により開口部が閉塞されることを考慮し、静水圧、堆砂圧及び自重とする。

(3) 水通し部の安定計算

ア 荷重計算

(ア) 設計断面(図-3)

(イ) 自重及び載荷重の計算

$$W_1 = 1/2 * 0.90 * 3.00 * 0.07 = 0.09\text{ t/m}$$

$$W_2 = 2.0 * 3.00 * 0.07 = 0.42\text{ t/m}$$

$$W_3 = 1/2 * 0.90 * 3.00 * 0.07 = 0.09\text{ t/m}$$

$$W_4 = 5.30 * 1.50 * 2.35 = 18.68\text{ t/m}$$

$$W_{w1} = 1.65 * 0.64 * 1.0 = 1.06\text{ t/m}$$

$$W_{w2} = 1/2 * 0.90 * 3.00 * 1.0 = 1.35\text{ t/m}$$

$$W_{w3} = 0.75 * 3.00 * 1.0 = 2.25\text{ t/m}$$

(ウ) 外力の計算

$$P_{H1} = 1.0 * 0.64 * 3.00 = 1.92\text{ t/m}$$

$$P_{H2} = 1/2 * 1.0 * 3.0^2 = 4.50\text{ t/m}$$

$$P_{s1} = 1.0 * (0.64 + 3.0) * 1.50 * 0.333 = 1.82\text{ t/m}$$

$$P_{s2} = 1/2 * 1.8 * 1.5^2 * 0.333 = 0.67\text{ t/m}$$

イ 安定計算

(ア) A点に関するモーメント

区分	荷重 (t/m)		モーメントアーム長 (m)		モーメント (t・m/m)	
	水平力 _H	垂直力 _V			転倒 _{Mo}	抵抗 _{Mr}
P _{H1}	1.92		3.00*1/2+1.5	3.00	5.76	
P _{H2}	4.50		3.00*1/3+1.5	2.50	11.25	
P _{S1}	1.82		1.50*1/2	0.75	1.37	
P _{S2}	0.67		1.50*1/3	0.50	0.34	
W ₁		0.09	0.90*2/3+0.75	1.35		0.12
W ₂		0.42	2.00*1/2+0.9+0.75	2.65		1.11
W ₃		0.09	0.9*1/3+2.0+0.9+0.75	3.95		0.36
W ₄		18.68	5.30*1/2	2.65		49.50
W _{w1}		1.06	5.30-1.65*1/2	4.48		4.75
W _{w2}		1.35	0.9*2/3+2.0+0.9+0.75	4.25		5.74
W _{w3}		2.25	5.30-0.75*1/2	4.93		11.09
Σ	8.91	23.94			18.72	72.67

(イ) 安定計算

a 滑動に対する検討

$$F_s = \frac{\mu \cdot \Sigma V}{\Sigma H} = \frac{0.6 \cdot 23.94}{8.91} = 1.61 > 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

$$\text{滑動係数} = \frac{8.91}{23.94} = 0.37$$

b 転倒に対する検討

$$D = \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_o}{\Sigma V} = \frac{72.67 - 18.72}{23.94}$$

$$= 2.25 \text{ m} > \frac{B}{3} = \frac{5.30}{3} = 1.77 \text{ m}$$

∴ OK

c 地盤支持力に対する検討

$$e = \frac{B}{2} - D = \frac{5.30}{2} - 2.25 = 0.40 \text{ m}$$

$$q = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 \pm \frac{6 * e}{B} \right)$$

$$= \frac{23.94}{5.30} \left(1 \pm \frac{6 * 0.40}{5.30} \right) = 6.6 \text{ t/m}^2 \text{ (下流側)}$$

$$2.5 \text{ t/m}^2 \text{ (上流側)}$$

∴ 地盤支持力 = 70~150t/m²であるので、下流側、上流側とも、OK

7 スリットダムの施工(写真-11, 12, 13, 14, 15)

スリットダムの施工順序の概要は、次のとおりである。

①床堀、②型枠、③水抜、④堤体コンクリート(堤底、袖)、⑤養生、⑥スリット組立、⑦堤体コンクリート(堤底)、⑧養生、⑨間詰等。

なお、鋼材の加工には1ヵ月半~2ヵ月を要するので、それまでにはできるだけコンクリート打設を行っておくと、工期の短縮につながる。

8 スリットダムの特長

当署で施工した鋼製スリットダムB型の特長は、次のとおりである。

(1) 土石流災害の未然防止機能が高い

スリットダムは、水理模型実験により土石流の礫・土砂と水との分離機能が確認されており、土石流を捕捉する。また、通常の中小出水による粒径の細かい土砂は堆積せず透過させる。

また、衝撃力を緩衝し、下流での減速効果が期待できる。

(2) 堆積した土砂・流木等の除去が容易

捕捉した礫・土砂・流木等を取り除くことを考慮してダムの位置を決定していること、現場にあった間隔で設置されていることにより、土石流を捕捉した後に堆積した礫・土砂・流木を容易に除去できる。

(3) 流木を捕捉する効果が高い

スリットダムは、土石流と一緒に流下する流木を捕捉する効果が極めて高いことが実験並びに全国各地の施工実績で確認されている。

昭和57, 58年災害による流木の流出に対し、長野営林局伊那営林署では、鋼製スリットダムA型を施工し、その後2回にわたる豪雨時の流木を完全に捕捉した実績がある。(A型が昭和51年から、B型が平成2年から製品化)

(4) イワナ等の生態系を維持する

これまでの重力式コンクリートダムのように溪流の流れを変えることなく設置されるので、イワナ、ヤマメ等の溪流に棲む魚類等の生活範囲を狭めることがないため、生態系を維持し、自然環境を守ることができる。

(5) 安全性が高い

土石流は直進性があるが、その中の巨礫等の衝突角度は必ずしも一方向とは限らない。鋼管は面外座屈及びねじれ座屈に対して強く、また、無方向性で高い性能を有している。鋼製スリットダムB型は立体構造であるので、面外荷重に対しても強度があり安定性がある。

(6) 省力化が図れる(経済性が高い)

構造部材の加工は工場で行いプレハブ化されているので、現場では主にボルト接合作業で架設するため、施工性に優れている。また、工期も短縮される。

9 スリットダムの問題点

当署で施工したスリットダムは、施工後土石流に遭遇していないこと、また、このタイプ(B型)が製品化されて間もないこと(平成2年10月製品化)等から、各種文献等を参考にして問題点を検討した。

(1) 鋼材の耐久性

防災施設の一つとしての治山構造物の問題点として、鋼材の耐久性があげられる。

今回の設計に当たっては、1.5mmのさび代を見込んでいる。淡水中での腐食速度は、年0.03mm程度であり、単純に計算すると50年は耐えることにな

る。この 1.5mm は、鋼製砂防構造物設計便覧による標準値である。一般に腐食速度は時間の経過とともに低下することから、実際には 50 年以上耐えるものと考えられる。これは鍍の保護性によるものである。

けれども常時砂礫が流下する状況下での鋼材表面の摩耗、腐食に対する余裕厚のとり方については、今後の検討課題である。一般に、水流に沿った面が部分的に強く摩耗されるおそれがあること。また、砂礫の直撃によって生ずる傷口が腐食の進行を早めるのではないかという懸念が指摘されている。

また、PH 5 未満の酸性河川では、鋼製構造物は不適當とされている。

(2) 流木発生の有無の判定と量的把握及び可能抑止量の算定

ダムの規模を決定するためには、本来、流木等の対象総量を把握し、これをどの程度の規模のものを何基設けて対応するのかの検討を基にスリットダムの規模が定まるべきであるが、現在、その総量の把握方法、高さ、幅がどの程度あればその抑止量は何程かということも確実に評価する方法も定まっていないのが実情である。

(3) 設計手法

(2) で述べたとおり、確実なダムの規模を決めることは現状では難しいが、その外、外力条件とその組合せ、塑性設計における安全率の値、発生応力度と許容応力度との差の適正值、鋼管中詰コンクリートの強度、横方向荷重の見込み方法等、今後検討しなければならない。

10 考 察

治山事業は、国土保全、水資源のかん養、生活環境の保全等の森林の持つ公益的機能の維持向上に資することを目的とするものである。その重要性は社会の進展とともに高まってきている。

我が国は地形が急峻でかつ地盤が脆弱であるために梅雨や台風における集中豪雨等により、毎年のように土石流災害が発生し、さらに、最近では流木による災害が問題となっている。この土石流対策施設としては重力式コンクリートダムが代表的な施設であるが、今後は、上流部にスリットダムを配置し、民家等に近い下流部にコンクリートダムを配置するというように、重力式コンクリートダムとスリットダム等の透過型構造物を流域の中に適切に配置する必要があると考えられる。

当署で施工するに至ったのは、流木を伴う土石流災害が発生したためであるが、土石流災害を積極的に防止するという観点からすると、スリットダムは、復旧治山施設として施工されるより、予防治山施設として施工されるべきもの

と考えられる。未だ未解明の問題はいくつかあるが、今後、積極的に施工を検討する必要があるものと考えられる。

11 おわりに

治山事業を進めるに当たり、治山施設を設置する箇所の諸条件を十分検討し、目的に合致した施設を設置するよう取り組んでいきたい。

*参考文献

1) 佐野常昭 流木防止対策について
治山(1991. 6・9月号)

2) 財団法人 砂防・地すべり技術センター 鋼製砂防構造物設計便覧
(昭和62年10月25日)

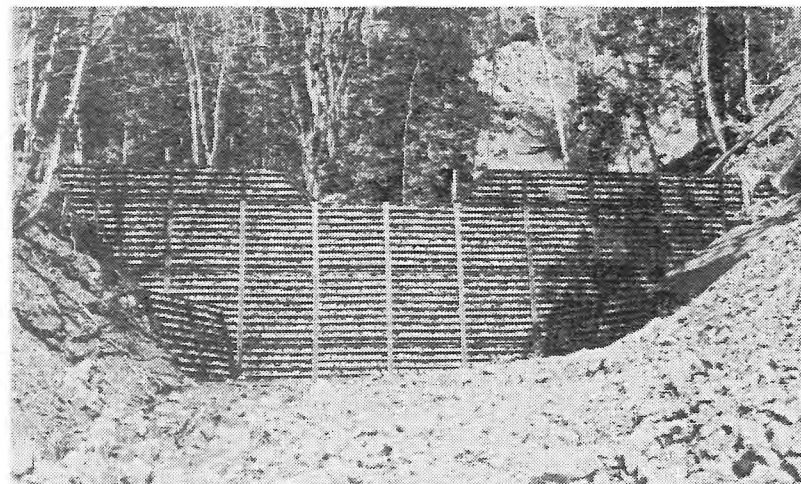
(写-2)

長沢の被害状況



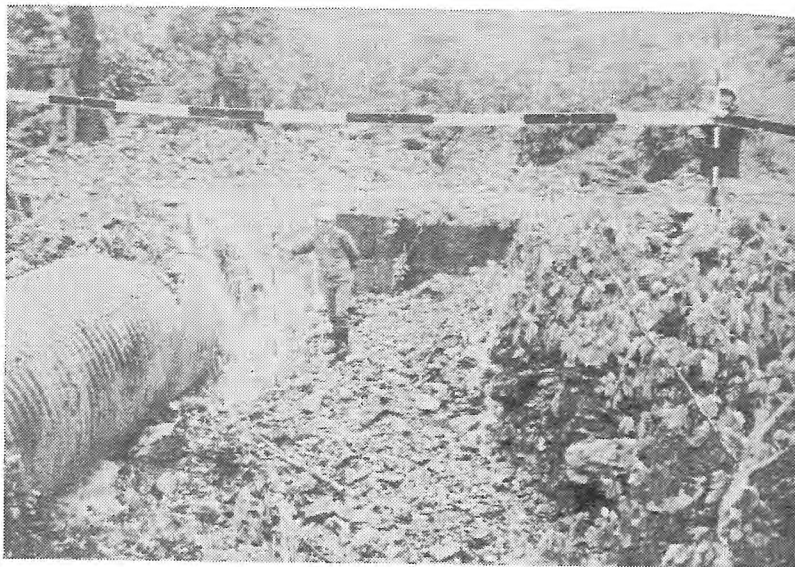
(写-3)

長沢鋼製棒谷止工



(写-4)

ナタギリ沢の被害状況



(写-5)

ナタギリ沢

コンクリート谷止工



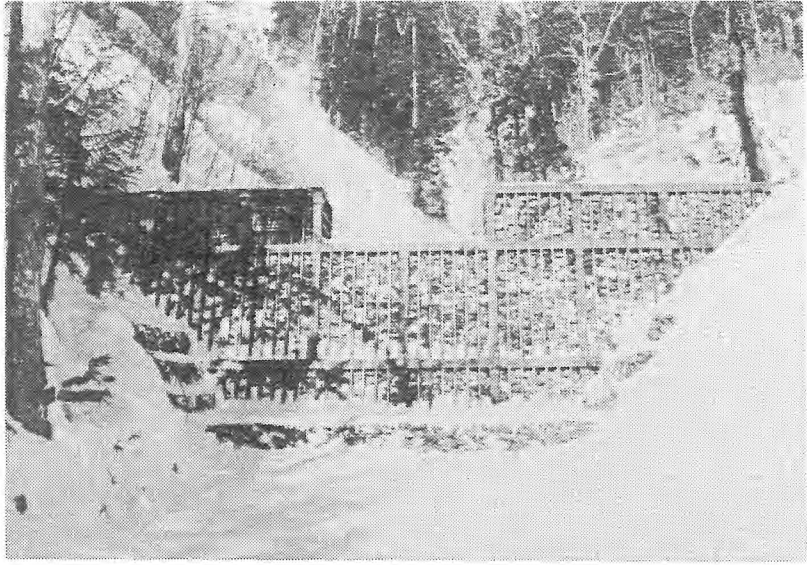
(写-6)

ニゴリ沢の被害状況



(写-7)

ニゴリ沢鋼製枠谷止工



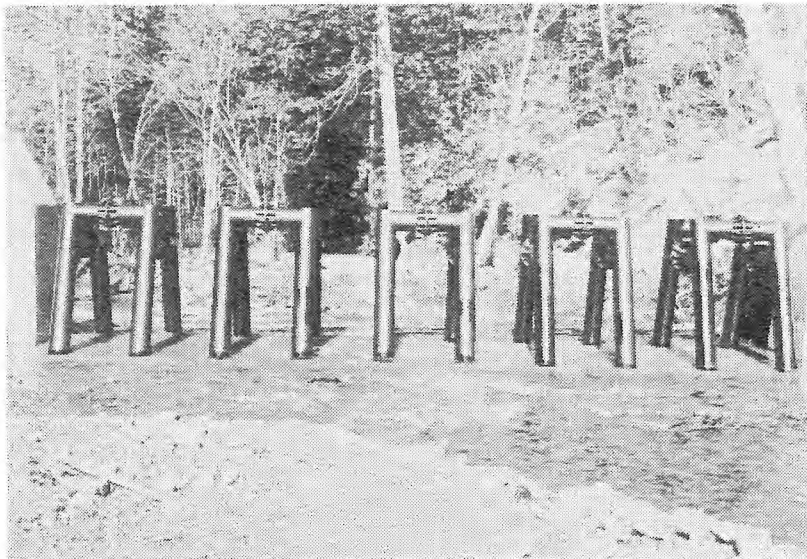
(写-8)

砥石沢の被害状況



(写-9)

砥石沢スリットダム



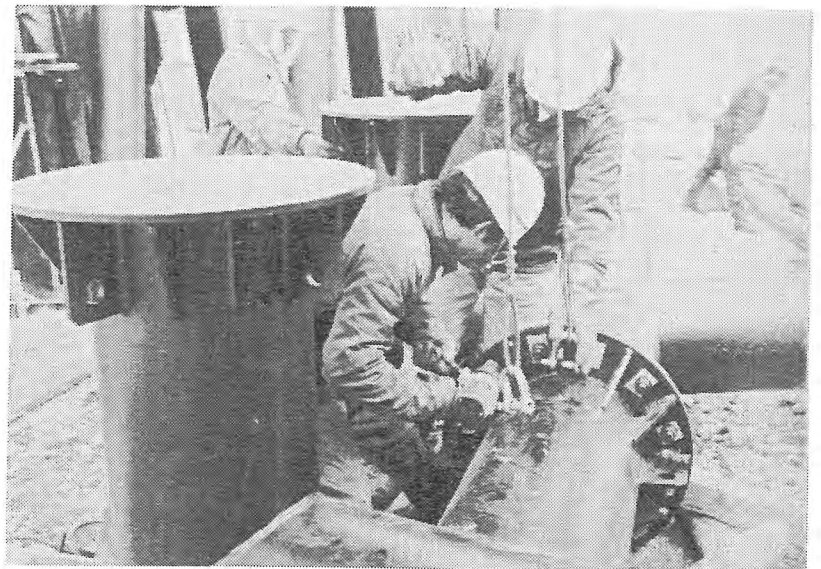
(写-11)

スリット部の組み立て①



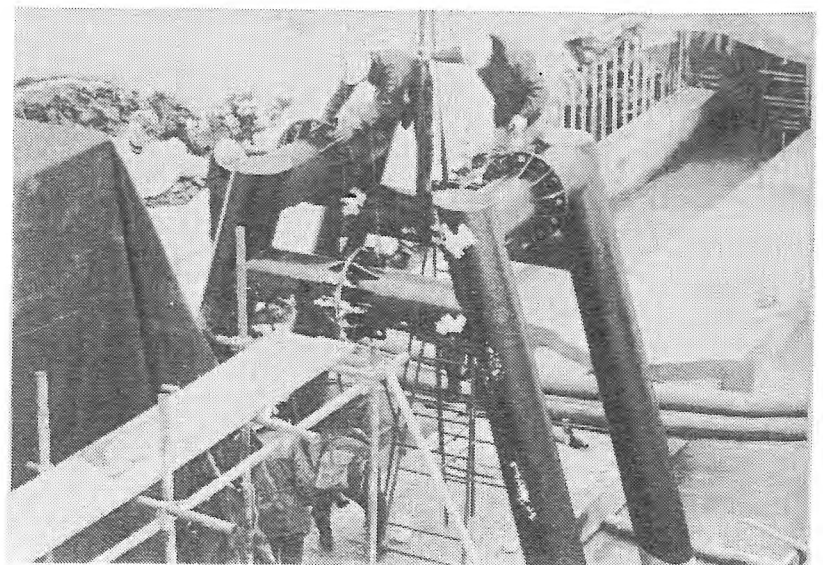
(写-12)

スリット部の組み立て②



(写-13)

スリット部の組み立て③



(写-14)

スリット部の組み立て④



(写-15)

堤底コンクリート打設

