

長野県西部地震における林道復旧工法

上松運輸・事業課工事係 石田 増 男
百瀬 勇 雄

要 旨

長野県西部地震で御岳山（標高2,550 m付近の斜面）から大規模な崩壊が発生し、土石流となって約3,600万 m^3 の土砂が17km下流まで流出した。このため山林及び林道等に大被害を受けた。荒廃した急斜地、大濁流河川、軟弱な堆積土砂、きびしい自然環境条件下の中で、地域生活路線の確保、復旧資材運搬路及び、木材輸送路の確保などから、緊急災害復旧の必要にせまられ、限定された工期内の仕事であったが、各被災現場の諸条件に適した工種で対応し目的が達せられた。

はじめに

昭和59年9月14日午前8時48分過ぎ、長野県木曾郡王滝村に震源をもつ長野県西部地震が発生した。

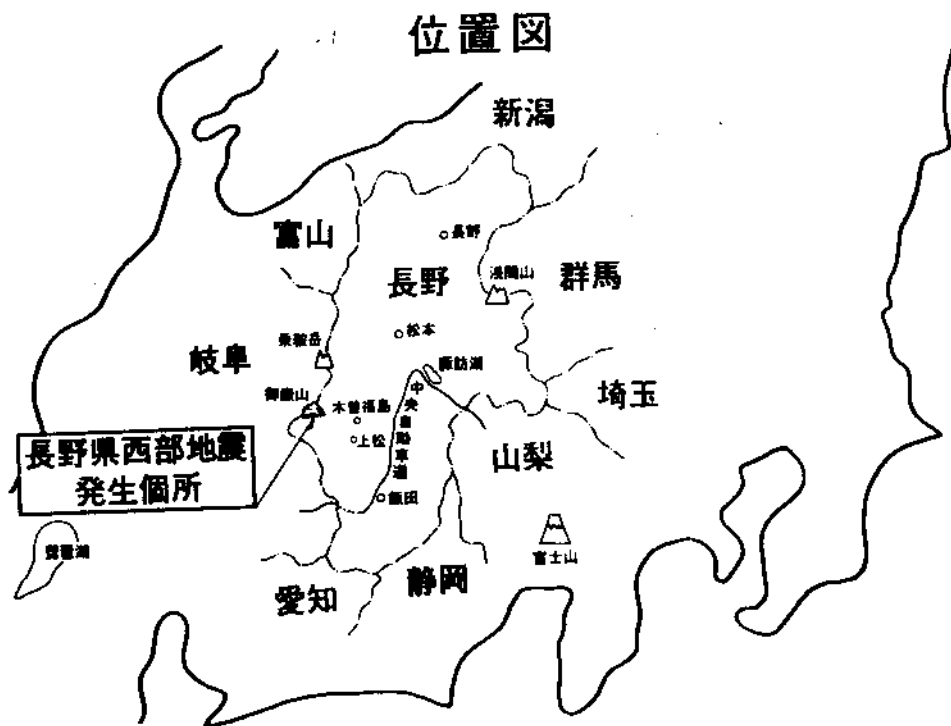


図-1 位置図

震央位置は北緯 $35^{\circ}49'$ 、東経 $137^{\circ}34'$ 、震源の深さは2kmで極めて浅かった。また震度は土滝村では裂震で、マグニチュード6・8であり、東北の一部から中岡地方までの広い範囲に及び大規模なものであった。

土滝村内では大規模な斜面崩壊とそれに伴う土石流・土砂崩れによって、死者・行方不明者の発生、家屋の全壊・流失、道路の寸断等、全域に被害が及び被害総額は約417億円を超した。又国有林野内では総額約190億円の被害を受けたが、このうち林道では56路線248km（土滝署管内全線）の大部分に及び土石の崩落・路面の決壊・地割れが発生した。そしてさらに御岳山上部（崩壊源頭部標高2,550m～1,950m）からの大土石流（3,600万 m^3 ）によって永久橋（7橋）流出、路体流失（5.5km）の被害を受けた。

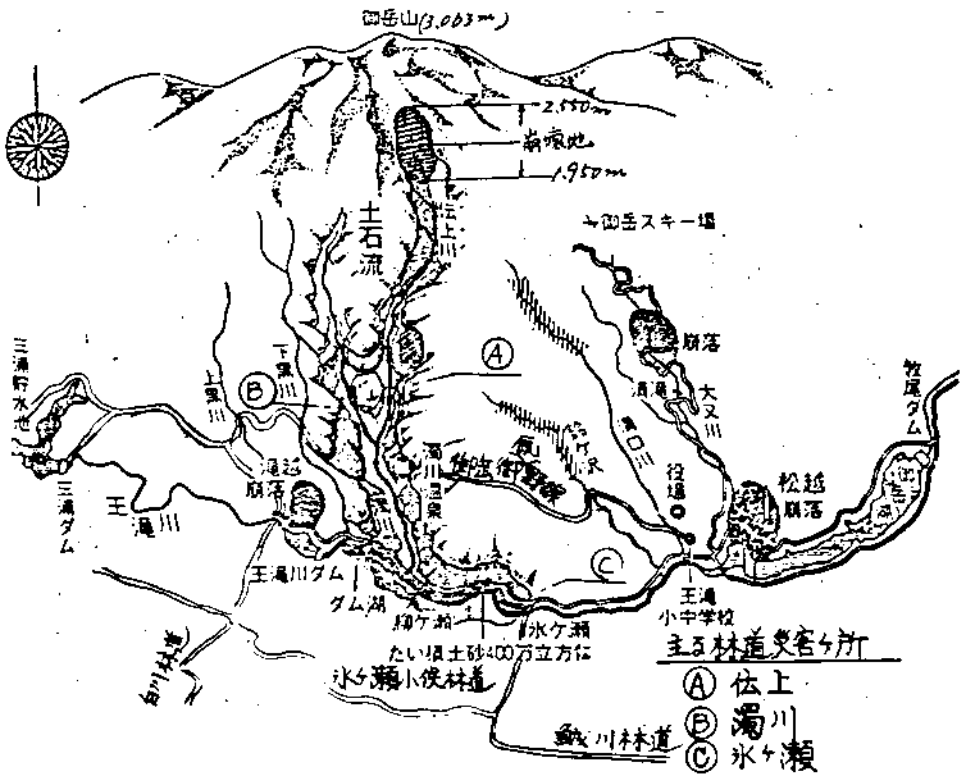


図-2 地震災害概念図

林道被害の特徴としては、この御岳山頂に近い南斜面で発生した大規模崩壊が、土石流となってその下流約4.5km離れた御岳御鹿野林道の伝上、濁川地区、及び12km離れた氷ヶ瀬地区に流下し、路体と構造物を総て流出させたこと、及びその他の林道では路肩の決壊・亀裂（縦断方向）・陥没・法面崩壊・構造物の転倒・亀裂・裏込沈下等がみられたことである。（写-1）。また地形及び林道構造と

被害の特徴は、図-3のとおりである。

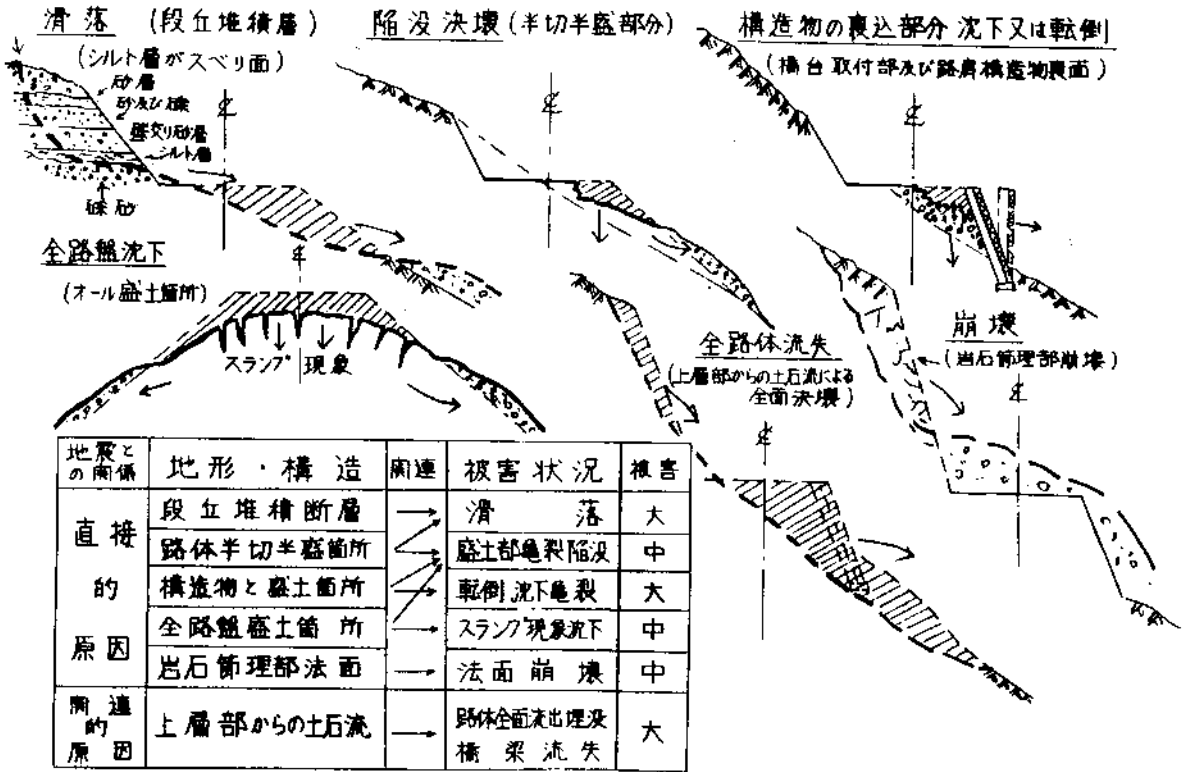


図-3 被害の特徴



写 1
源頭部より土石流が通過し伝上沢と台地が削り取られ裸山となった。

当被害地内での復旧工事は、木曾ヒノキ等の優良材生産体制の確立と完全に陸の孤島と化した地域への生活路線の確保、及び大崩壊地の緊急治山復旧工事資材運搬路の確保等に重点がおかれ、早期に完成する必要にせまられた。

そのため復旧は、年度末をひかえた寒冷地での冬期工事のため工期の短縮を図ること、土石流による軟弱な堆積土上への復旧工事であるため、地質・気象等の自然条件や経済性・耐久性、及び施工の

容易性等を考慮して工種の選択をする必要があった。

以上のなかから復旧に採用した主な工種について説明し、地震災害の復旧工法としての参考に供したい。

Ⅰ 工期短縮及び寒冷期に対処した工種

1. 大型ブロック積工

震災後の国有林野事業再開には、生産事業地及び伝上・濁川災害復旧箇所（主として治山事業）までのアプローチ部分の林道の災害復旧が急務であった。

これらのうち路肩決壊箇所については、寒冷期のためコンクリートの凍結防止を必要とすること、工期の短縮を図る必要があること、地元生コンクリート工場が流失のためコンクリート供給不足が懸念されること等から長野営林局として初めての試みである大型ブロック積を採用した。

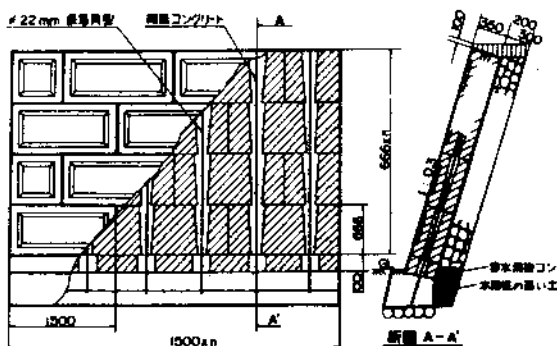
(1) 材料及び施工法

図 4 のように基礎部（150kg）、壁体部（795kg）の二種類の二次製品を採用した。

大型ブロック積工

(標準規格寸法1500×666×350)

控35cm標準施工図



設計比較

(単位 100㎡)

項目	種別	大型ブロック	現行ブロック
ブロック規格		控 35cm	控 35cm
所用 コンクリート量		1.47㎡	18.0㎡
経費比率		75%	100%
基礎コンクリート 経費比率		60%	100%

図-4 大型ブロック積工

施工法は従来のブロック積と同様、床掘後碎石で基礎地盤を整え、基礎ブロックを据付したのちクレーン車で積ブロックを吊上げ、法勾配を調整しつつ裏込礫を填充する。

その後4m鉄筋の場合5段ごとに、天端から鉄筋（D=22mm）を差込み基礎工と接続し間詰穴2ヶ所よりコンクリートを填充し最下部の検査穴で填充状態を確認する。

(2) 設計比較 図 4 内表のとおり

(3) 実行結果

ア. 重機施行のため労力が省力化され通常ブロック積の50%であった。

イ. 工期も30%以上短縮できた。

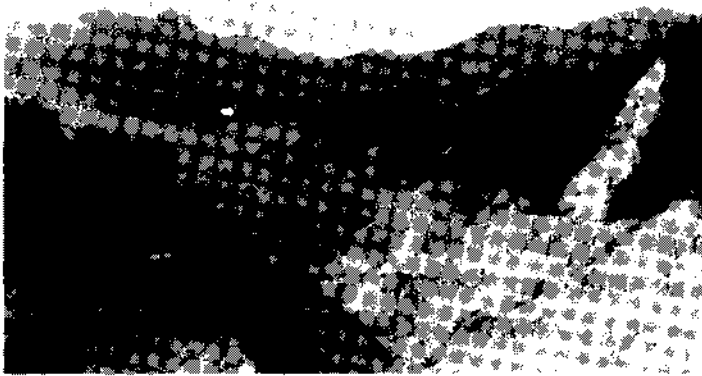
- ウ. 胴込コンクリートが不用のため冬期間の養生が不用であった。
- エ. コンクリート受入れに左右されないため、日当りの工程がアップできた。
- オ. 大型ブロック中央に鉄筋を使用しているため、耐震性が強い。

II 急傾斜崩壊地からの落石に対処した工程

1. ロックシェッド

(1) 工種選定

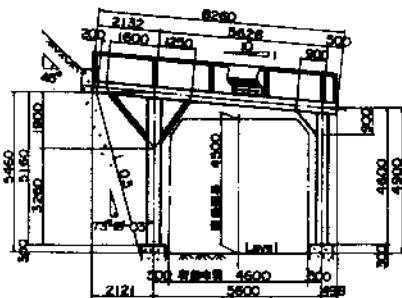
大土石流（伝上川）が流下したあとの、林道復旧予定ヶ所の上部に長さ約250m、幅130mの規模で崩壊が発生し、また谷側の下部も沢筋までの全面が巨石の累積した急傾斜（41°）の崩壊地となった（写-2）。



写-2
写-3の施工前
の様子

ロックシェッド

設計比較



(30m 1個所当り)

項目	構造別	
	鋼製構造	プレストコンクリート構造
有効巾員	4.6m	4.3m
建築限界	4.5m	4.5m
落石荷重	荷重	35.2t/m ²
	落下高	30m
地震荷重水平震度	0.2	0.2
経費比率	95%	100%

図-5 ロックシェッド

このため全山腹の法面安定を図ることは困難を極め、隧道工法又は、他のルート等を検討の結果、経済的にもまた地形的にも他に工法がなく被災前のルートで延長90m有効幅員4.6mの大型鋼製ロックシェッド（図-5、写-3）で復旧することとした。

(2) 設計比較 図 5内表のとおり

(3) 実行結果

- ア. 鋼材加工が工場で行われ均一性が図られた。
- イ. 工場加工のため、工程が短縮され、他の工事への影響が減じられた。
- ウ. 大型重機械利用により、架設期間が短縮された。
- エ. 短期間の架設ですみ、落石等への安全が確保された。

Ⅲ 橋梁架設に伴う本流河川切替に対処した工種

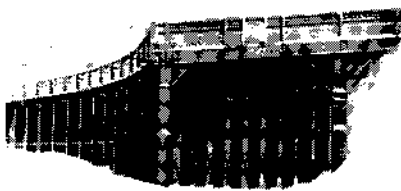
1. 大型管橋排水路

(1) 工種の選定について

工事施工箇所は壬滝村水ヶ瀬地籍である。この地域に崩壊源頭部からの土石流（流走距離（L）12km、落差（H）1,600m平均勾配13.3%）が押しよせ、建物を含む貯木場施設（2.06ha）、水ヶ瀬橋梁（L=58m）等を流失した。

橋梁は壬滝川本流に復旧架設するものであるが、災害復旧資材及び孤立した集落の生活路線確保の使命もあって早期復旧にせまられた。

本橋復旧工事にあたっては、廻排水路としてH鋼桁を利用した仮橋を検討したが、融雪・降雪時における上流ダムの放流を考慮した流量を確保し、更に本橋梁架設工事を安全で円滑に推進するため、コンクリートヒューム管（ ϕ 1,800mm）による大型管橋による廻排水路を作設し車両の通行を確保しながら橋梁を架設した（写-4）。



写-4
水ヶ瀬橋架設に伴う「大型管橋排水路」（ヒュームパイプ ϕ 1.8 m）

(2) 施工方法

廻排水路は延長300m、平均断面400 m^2 の船底形素掘りとした。

この掘削土量15,000 m^3 をバックホー10台により、また管橋路及び本流締切部分は、蛇籠布設160本、ヒューム管（ ϕ 1,800mm）5連5列の構造とし、大型管橋排水路（図-6）を6日間という突貫工事で施工した。



写-3
伝上沢大崩壊地へ「ロックシェッド」により路線確保（延長90m）

ペネトロメータを使用して貫入試験を行い、トラフィカビリティによる判定を行なった。

結果は湿地ヶ所で $qc = 1.5 \text{ kg/cm}^2$ 以下、良質と思われる箇所でも $qc = 2.2 \text{ kg/cm}^2$ であった。

また現溪床における深さ 3 m における標準貫入試験結果の地盤支持力では 20 t/m^2 であった。

表-1 コーン支持力と機械の作業限界 (米倉氏による)

機 種	1回通過可能な コーン支持力 $qc \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	数十回通過可能 のコーン支持力 $qc \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
15tブルドーザ	1.5	2.0
15tトラクタけん引 6㎡スクレーパー	4.0	5.5
5tトラック	7.0	9.5

表-2 基礎地盤の支持力

土 質	支持力 (ton/m^2)	土 質	支持力 (ton/m^2)
硬 岩	200 ~ 300	砂 質 粘 土 層	15 ~ 20
花 崗 岩 (厚さ 3 m 以上の 1 枚水平盤)	350 ~ 1,000	普 通 土	3 ~ 10
ひ ん 岩 (")	300 ~ 350	粘 土 層	5 ~ 20
硬 砂 局 (")	150 ~ 600	砂 利 交 り 粘 土 層	5 ~ 30
石 灰 岩 (")	160 ~ 240	砂 利 層	30 ~ 60
軟 岩 (凝灰岩, 砂岩, 頁岩)	70 ~ 150	砂 交 り 砂 利	20 ~ 50
水 成 岩 (固結度低い)	50 ~ 60	普 通 砂 層	10 ~ 40
礫 (固結度高い)	70 ~ 80	硬 い 粘 土 層	20 ~ 50
砂 (")	70 ~ 80	湿 粘 土	15 ~ 20
		泥 土	0

コーン支持力と機械の作業限界 (表 1) 及び土質別の支持力 (表 2) を参考にしても、通常の盛土作業はできないと判断された。

不等沈下の防止、路盤安定性の増大をはかるにはこのような土質では「土の締固め」「土の透水性」も期待できず、また堆積土砂中からの湧水状態からしても一般工法では困難と考えられた。

さらに土の置換え工法も規模、地形からして難かしいことから軟弱地盤上への路体作設として次の工種を選定した。

2. 工種の選定

(1) 盲排水工

図-7, のフィンドレビン形状集水管 (硬質塩ビ製, S字型 $L = 4.5 \text{ m}$) により地下水の排水を実行

した。有孔管に比較して排水断面積が大きいため排水能力が良い。

盲排水工 (規格φ800×4000)

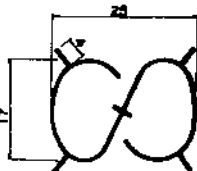
正面図



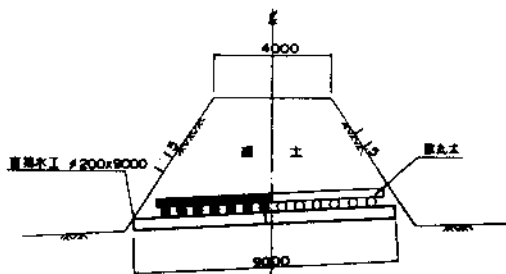
側面図



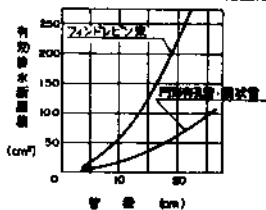
フィンドレピン形状(m/m)



布設断面図



有効排水断面積と盲排水管径の比較



材料表

(規格 L=9.0m φ=0.2m)

形状品質	数量(本)	直径cm	長さm	備 考
S型(硬質塩ビ製)断面の集束管	58本×2=116	20	9.0	外傷網目シートおおい

図 7 盲排水工

(2) 丸太排水管

エスロンパイプ(φ=20cm, L=30cm)を5箇所配置し、パイプを軸にカラマツ丸太で集束(図-8)し、周囲に栗石を敷詰め丸太と栗石層の空間を作ることにより盛土内の排水を図った。

(3) アーチボックス

震災後土石流の堆積は幅330mにわたり、濁川が分流しいくつかの小川となっていた。

復旧方法はこの分流を一ヶ所に集め流失前のトラス橋(L=56m)を復旧するよう検討したが、軟弱土砂が厚さ10m~15mも堆積し、また渡河地点より上流の濁川も(延長2.0km, 幅300m, 厚10m~15m)相当な土石流の堆積がある等の不安定要素があり、また既設林道との取付勾配(12%, 片側L=12.5m)をも考慮して、底幅40m, 高さ1.5mの河床路(L=65m)とし、常流水は管渠排水をする工法で復旧することとした(写-5)。

ア. 材料及び施工方法

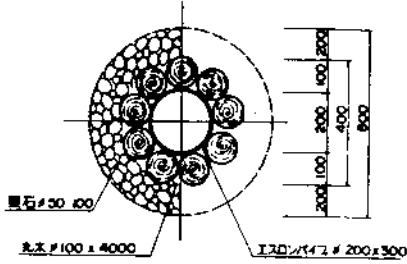
管渠排水路には流量・強度等から図-9の正面図のように敷丸太を布設し、その上へ基礎コンクリートに乗せ、更にもその上部へ半円型アーチを1ヶ所5本接続したものを7基併列設置した。

上部河床路部分はコンクリート舗装を、上・下流法面にはコンクリート張り(1:15)で固めた。

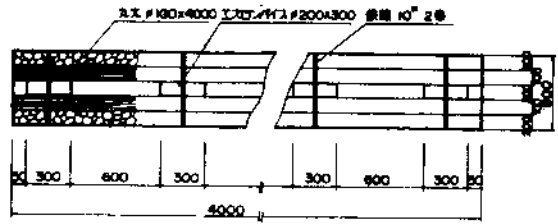
イ. 設計比較 図-9内表のとおり

丸太排水管 (規格 $\phi 800 \times 4000$)

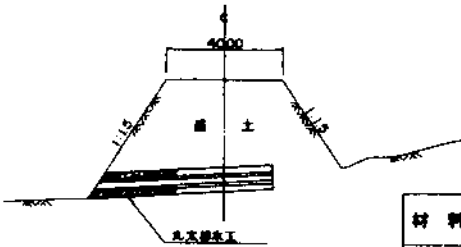
正面図



側面図



布設断面図

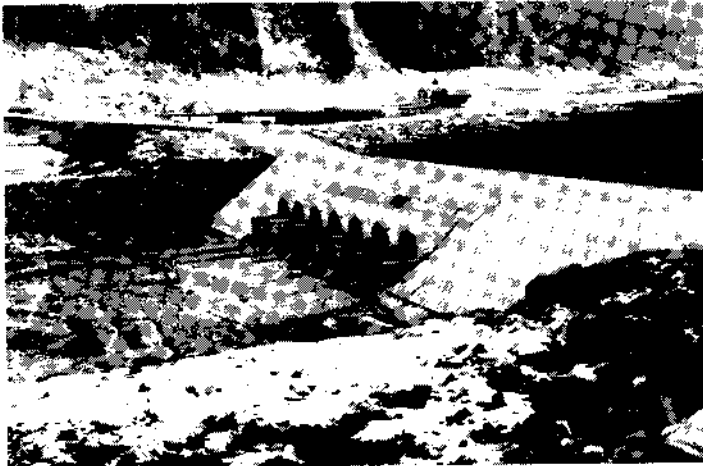


材料表

(1ヶ所 L=4m)

材料	丸太	エスロンパイプ	栗石	鉄線 10 #	摘要
数量	$\phi 10\text{cm}$ 9本 0.36ml	$\phi 20\text{cm}$ L=30cm \times 5ヶ	2.512ml	3.0 \times 5ヶ所=15m 0.95kg	形状円形 丸太縛付

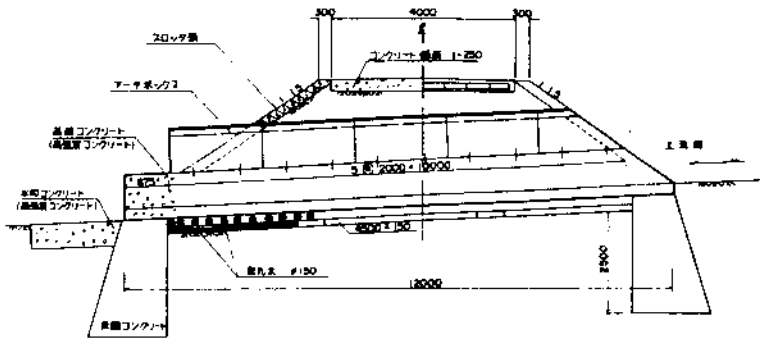
図 8 丸太排水管



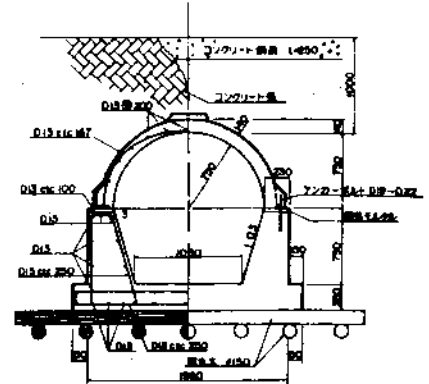
写 5
濁川を横断する
大型河床路、と
アーチボックス
カルバート
(河床路延長65m)

アーチボックス

断面図



正面図



施工内訳及び設計比較

本橋の型式	橋 脚	本橋長	道 数	基礎コンクリート	本橋勾配	橋水断面	深 度	カルバート 貯力係	橋 脚 深 度	橋 脚 深 度	比 較	備 考
アーチ型 O=1.5	L=2000 R=1,500 幅1,400	12.0m	7道	高強度コンクリート 工5000級	5%	12.9m	111.2/sec	17.8/m	1.0m 6.32/m	62%		
鋼 桁 橋	L=60m H. S. C. W4.0m	1等橋	2道							100%	比 較	備 考

図 9 アーチボックス

(4) 丸太敷工

IV-1の現況で述べたように堆積土砂の軟弱地盤であることから、路盤沈下等の対策としてカラマツ間伐材を利用した丸太敷工を行ない、盛土の締固めと路盤の安定を確保した(図10)。

ア. 材料と施工方法

盛土ヶ所底部の床拵整地を行ないその上へ丸太を敷並べ鉄線で締付けた。

(5) 根固め大型ブロック

河床下流の堆積土石の洗掘防止を図り河床路体本体を保護するため、ブロック自体の不等沈下等も考慮して現場打ち大型ブロック(図-11)を施工した。

ア. 材料と施工方法

ブロック型枠を現地にセットしてレデーミクストコンクリートを打設したもので重量は4tとした。ブロックの据付けについては床拵後、マットと金網(アルミメッキ加工)を敷きその上に人型ブロックをクレーン車で吊り上げ敷並べた。

(6) 木工沈床工

大型ブロック同様下流河床洗掘防止のため設置するもので、河床路との距離に余裕があるため、多少の沈下変動が生じても支障ないと判断し、経済性等から木枠による沈床工(図-12)を施工した。

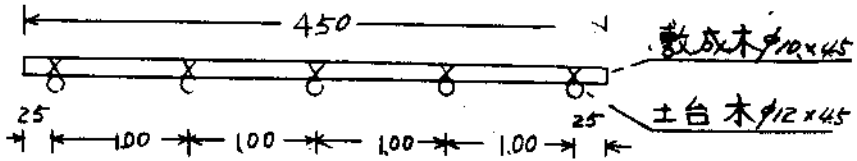
ア. 材料と施工方法

木材はカラマツ間伐材を使用し3層建とし、玉石は現地産を利用し280㎡実行した。

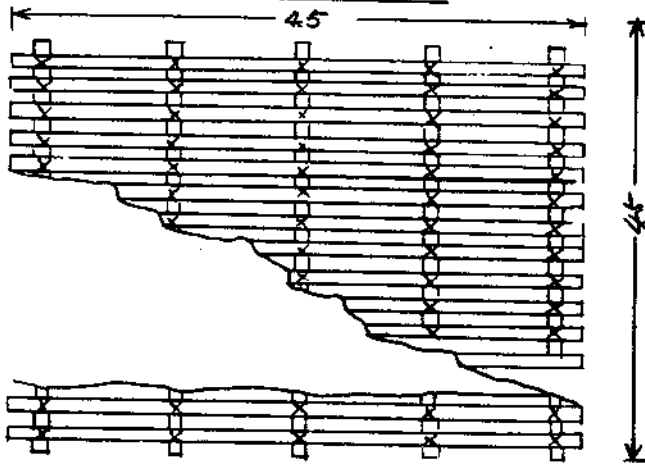
丸太敷工

(規格45×45)

側面圖



平面圖



·圖 - 10

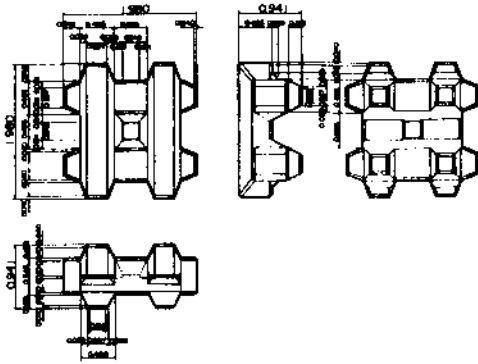
材料表 (1箇所当)

材料数量	土台木	敷成木	木枝数量	結束鉄線	摘要
	φ12 5本	φ10.22本	1.315 ^{m³}	10#.110箇所	45×45

図-10 丸太敷工

根固大型ブロック

寸法規格

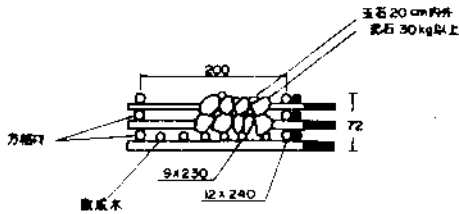


名称	公称トン数	備 考
実重量	4.002 t	
体積	1.740 m ³	
型枠面積	10.44 m ²	
長さ	1.980 m	
幅	1.980 m	
高さ	0.941 m	

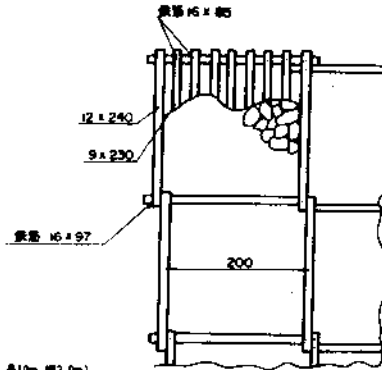
図 11 根固大型ブロック

木工沈床工

側面図



平面図



材料表

(1層幅 20cm 以内、長さ 10m 幅 2.0m)

種別	寸法	単位数量	単位	総数量	備 考
方格材	長2.4m×開口12cm	0.035	m ²	1.680	樟子杉又は松丸太
敷底木	2.3m×9	0.019	-	0.865	杉
鉄筋	0.97m×16mm	-	本	12.0	
-	0.85m×-	-	-	8.0	
鉄線	12#	-	kg	5.0	
玉石	径20cm内外	-	m ³	7.0	
沈石	30kg以上	-	-	3.0	
型枠工		-	A	1.7	
普通作業員		-	-	7.1	型枠工手賃、沈石手賃、材料小運搬共

図-12 木工沈床工

3. 実行結果

大規模な軟弱堆積地盤上に林道工作物を作設することは初めての試みであって、排水の処理には前述の如く大型河床路作設、工作物の不等沈下防止には丸太敷工、河床洗掘防止には大型ブロック、木工沈床工等を施工し現地に対応した工法を採用したところであるが、現在のところその機能は良好に果されている。

しかし今後降雨時における上流からの不安定堆積土砂の流入等自然環境条件に左右される因子も多いことから、それらに対しどのように対処するか今後の課題である。

V 火山性角礫を含む濁流に対処した工種

1. 高強度コンクリート

本災害における火山灰質礫（GV）等の土石流の特徴として、王滝川河川災害復旧に築造された護岸工・床固工等が、土石流の衝撃と摩擦により破損、摩耗し、影・形をなくしていることがあげられる。

これは御岳山噴出物の特徴であるヤスリ状の火山礫によるもので、その対応措置として前述IV-2 (3)-アのアーチボックスカルバート部分及び排水管水叩コロクリートを対象に、混和材を使用セメント量の10%添加した高強度コンクリート工を施工した。

(1) 材料の諸元

ア. セメント（表 3）

イ. 骨材（表 4、表 5）

ウ. 混和材、高強度コンクリート混和材、デンカΣ 5000

特徴として、①強度が得られる、②耐衝撃性が大きい、③耐摩耗性が強い、④凍結、融解、耐久性が大きい、⑤作業性が良い、⑥取扱いが容易など挙げられる。

(2) コンクリート配合試験

試験練表（表 6）のとおり

(3) コンクリート強度試験 δ 3, δ 7, δ 28, のコンクリート強度は（表 7）のとおり。

(4) コンクリート強度率比較表、図-13のとおり。

(5) 試験の結果

強度については（図-14）で高強度がみられ、摩耗試験については（図-15）でコンクリート強度が高い程スリヘリ量は少ないことがわかる（新潟県のデンカセメント青海工場で測定）。普通コンクリートのスリヘリ量を100とした場合58%で、Σ 5000をセメント量の10%添加する（No 11, C= 400, Σ 5000, 10%）ことにより高強度コンクリートが得られることが判明したので現地で採用することとした。

表 3 セメント試験成績表

試験項目	比重	比表面積 (cm^2/g)	凝 結			安定性	圧縮強さ (kgf/cm^2)				酸化マグ ネシウム (%)	三酸化 硫黄 (%)	強 熱 減 量 (%)
			水量 (%)	始発 (h-m)	終結 (h m)		1日	3日	7日	28日			
普通ポルトランドセメント	3.16	3,290	27.4	2-35	3-35	良	—	159	261	410	1.0	2.0	0.9
日本工業規格 規格値 JIS R 5210		2,500以上	—	0-60以上	10-00以下	良		70以上	150以上	300以上	5.0以下	3.0以下	3.0以下

表 4 骨材試験成績表

試験項目 SG別	産地	水系	比重	吸水率 (%)	洗い試験 (%)	単位容積 質量(kg/e)	実積率 (%)	有機 不純物	粘土塊 量(%)	軟石量 (%)	砕石混入率 (%)	比重1.95の液体 に浮くもの(%)	すりへり 減量(%)	安定性 (%)	塩化物 (%)
S 細骨材	木祖村	木曾川	2.56	1.31	1.1	1.63	64.5	合格	0.1	—		0.1		1.7	0.00
G 25mm	〃	〃	2.63	0.714	0.32	1.63	62.4		0.0	1.5	19.2	0	19.0	5.5	—

表 5 細 骨 ・ 粗 骨

(篩通過百分率%)

骨材別 フルイ目mm	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	FM	摘 要
細 骨 材					100	89	67	41	19	4	2.8	
25 ~ 5 mm	100	73	46	24	2	0					7.01	

表 6 コンクリート試験練表

配合記号	設計強度 (kg/m ²)	スラブ (cm)	骨材寸法 (mm)	水 セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単位セメント量 C (kg/m ³)	単位水量 W (kg/m ³)	単位 細骨材量 (kg/m ³)	単位 粗骨材量 (kg/m ³)	単位混和材量 (kg/m ³)	年月日
No.1 C=300 N		20±2	25	37	45	300	111	901	1,146	Σ 5000 30	60.8.5
No.2 C=400 N		20±2	25	31	41	400	124	774	1,157	Σ 5000 40	60.8.5
No.3 C=400 N		20±2	25	31	41	400	124	685	1,129	Σ 5000 40	60.8.5
No.4 C=450 N		20±2	25	29	40	450	130	634	1,114	Σ 5000 45	60.8.5
No.5 C=350 N		19.2	25	34.9	43	350	126	783	1,125	Σ 5000 35	60.8.26
No.6 C=400 N		21	25	33.1	42	400	128	740	1,117	Σ 5000 40	60.8.
No.7 C=450 N		19	25	29.9	41	450	130	696	1,111	Σ 5000 45	60.8.
No.8 C=400 N			25		40	400	124	707	1,162	Σ 5000 40	60.8.
No.9 210-8-25 N		8	25	56	43.6	153	274	799	1,064		60.9.6
No.10 C=400-Σ 5000		8±2	25	33	42	400	132	735	1,111	Σ 5000 40	60.9.6
No.11 C=400-Σ 5000		8±2	25	33	42	400	132	791	1,053	Σ 5000 40	60.9.6

表-7 コンクリート強度試験表

試験コンクリートの種類	スランブ (cm)	Gmax (mm)	W/C (%)	試験 年月日	3日強度 kgf/cm ²	7日強度 kgf/cm ² (A)	28日強度 kgf/cm ² (B)	伸び率 ($\frac{B}{A}$)	すりへり 係数 (28日摩耗)
No.1 C=300	20±2	25		60.8.5	270	314	385	1.27	
No.2 C=400	20±2	25		60.8.5	397	441	522	1.18	
No.3 C=400	20±2	25		60.8.5	442	540	665	1.23	
No.4 C=450	20±2	25		60.8.5	467	536	696	1.30	
No.5 C=350	19.5	25	34.9	60.8.26	417	464	595	1.28	
No.6 C=400	21	25	33.1	60.8.	449	513	637	1.24	
No.7 C=450	19	25	29.9	60.8.	486	563	685	1.22	
No.8 C=400		25	32.5	60.8.	—	—	644		
No.9 210-8-25 N	8	25	56	60.9.6			(60.10.4) 296		625
No.10 C=400-Σ5000	8±2	25	33	60.9.6	388	449	(60.10.4) 540	1.20	379
No.11 C=400-Σ5000	8±2	25	33	60.9.6	423	482	573	1.19	367

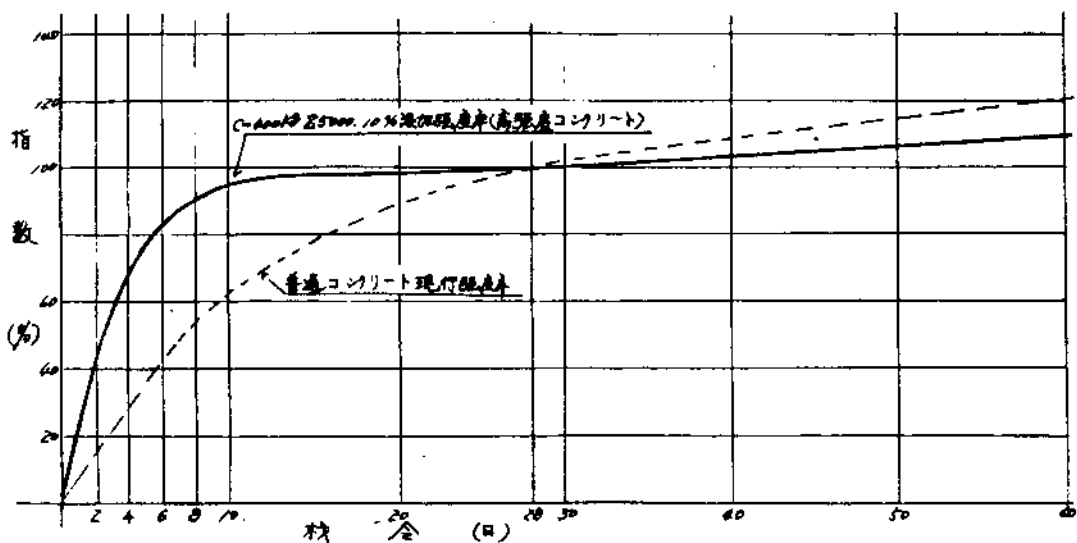


図-13 コンクリート強度率比較曲線

※ (高強度コンクリートは試験及び推定値)

※ (現行強度率：普通コンクリート圧縮強度率 (林業土木必携より))

高強度コンクリート試験成績表

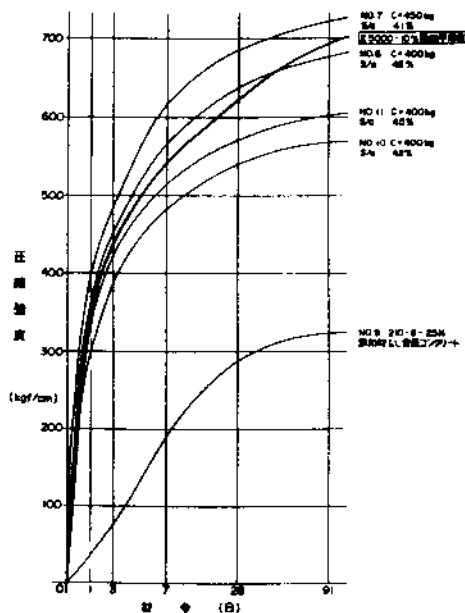


図-14 デンカ Σ 5000
添加量10%と強度性状

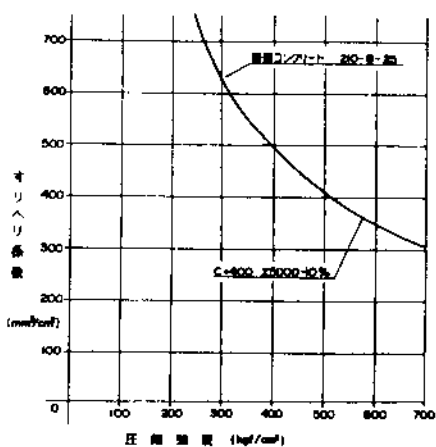


図-15 コンクリート強度とすりへり関係
0式すりへり試験

お わ り に

地震による被害は意外に大きく、復旧工事の規模、態様、そしてきびしい自然環境条件の中での仕事と、私達にとってすべてが初めての体験であった。

工法、工種の選定にあたっては新しい工種も取入れ慎重を期したが、特に管橋路の高強度コンクリートについては完成後間もないこともあって効果、耐久性等について今後経過観察をする必要もある。

工事の大型化と短期間での実行、そして更にきびしい自然環境等の悪条件のもとで、関係者の御指導により実行できたことを御礼申し上げる。以上の発表が地震災害の復旧工法として、参考になれば幸いである。