

121号

A-0003/42

土木研究所資料

第 322 号

なだれ防御対策に関する研究
(Ⅱ)

昭和42年9月

建設省土木研究所

ま え が き

当研究室で実施している“なだれ防御対策に関する研究”のうち、昭和37年度から40年度までに実施した人工なだれの発生に関する実験成果は、土木研究所資料第222号（昭和41年4月）に収録した。

これに続いて昭和41年度に実施した主としてなだれの遠隔制御方法の開発のための予備実験と、なだれ衝撃力の測定機器の精度に関する試験結果をまとめたものがこの資料である。

尚、参考として、Peter A. Shaeror 氏の “Snowshed Location and Design” の訳文を掲げた。

昭和42年9月

トンネル研究室長

村 上 良 丸

なだれ防御対策に関する研究（Ⅱ）

村 上 良 丸

目 次 立 石 俊 一

下 村 忠 一

1. 概 要	1
2. なだれ遠隔制御用爆薬投射装置の試作と実験	2
2-1 試作目的	2
2-2 本装置の具備すべき条件	3
2-3 試作装置の概要	3
2-4 投射機構の説明	5
2-5 野外実験(1)	11
2-6 野外実験(2)	19
2-7 考 察	26
3. 圧痕計及びロードセルに関する試験	31
3-1 試験目的	31
3-2 試験装置の概要	32
3-3 試験方法と結果	36
3-4 考 察	56
附：スノーシェットの箇所選定と設計	59

1. 概 要

これは、積雪の多い山岳地方の冬季交通を、なだれによる被害から防護するための、合理的、かつ、経済的な対策の開発を目的として、昭和37年度から、当研究室で実施している試験研究成果のうち、主として、昭和41年度に関する分の報告である。尚、昭和40年度までの人工なだれに関する野外実験データは、土木研究所資料、第222号、「なだれ防御対策に関する研究（人工なだれ実験）」に集録されている。

わが国における、なだれ防御対策に関する試験研究は、昭和36年度までは、主として、国鉄塩沢（新潟県）雪害実験所が担当していたが、同所々管の土木人工なだれ実験場を、昭和37年度に土木研究所が引き継いで以来、トンネル研究室が中心となつて、建設省でも、雪害問題に取組むこととなり、人工なだれの研究に着手した。その後、三俣、妙高に人工なだれ実験場を開設し、前記国鉄実験所をはじめ、東大生研丸安研究室、北陸地建上越国道の協力、並びに川崎製鉄K. Kからの依頼試験を含めて、人工なだれに関する野外実験を実施してきた。

その結果、道路用スノーシェッドも次第に普及されるようになり、昭和41年度には、東北及び北陸両地建が、国道上に設置した実際のスノーシェッドに対して、人工なだれ実験を実施する段階にまで到達した。従つて、当研究室では、41年度からは、なだれ防御の積極的対策として、危険な雪庇に近づくことなく、交通、人命にとって無害の時期に、この雪庇をくずし、小規模な人工なだれを発生させて、災害を未然に防ぐ方法の開発に着手することになった。また、従来使用してきたなだれ衝撃力の測定計器である圧痕計及びロードセルに関する基礎的な実験を行い、併わせて、なだれ衝撃力の緩和吸収方法についての研究にも着手した。

以下は、これらについての、初年度の試験結果をまとめたものである。

（表-1-1）

表-1-1

昭和41年度予算と実施状況

項 目	昭和41年度	
	計 画 額	実 施 額
なだれ防御対策に関する研究(土木研究所費)	766千円	1,053千円
雪害防御施設に関する試験調査 (道路事業調査費)	801千円	495千円
計	1,567千円	1,548千円

2. なだれ遠隔制御用爆薬投射装置の試作と実験

2-1 試作目的

前述のとおり、自然なだれを発生させるおそれのある雪庇を、交通上の支障が比較的少ない時期に、ごく短時間の交通止め等の措置をして、安全、かつ、迅速に除去してしまいう積極的な、なだれ防御法の開発を目的としている。

このため開発計画の第一段階としては、自然なだれが、起きそうになっている雪庇を、人工的に安全におとす(人工なだれ)ことを対象にした。人工なだれの発生方法としては、従来は、人力により、雪庇に多数の孔をあけ、爆薬を挿入した($0.5 \sim 1.0 \frac{kg}{孔}$, 約 $0.2 \frac{孔}{m}$)後、人間が待避して、遠方から電氣的に起爆させる方法がとられているが、これは、自然なだれの恐怖下での極めて危険な重労働作業である。従って、こうした人力による雪庇中への爆薬の装填の代りに、遠方から爆薬を雪庇中に投げ込み、その数量が、ある量に達したら、起爆剤を射込んで、これの爆薬全部を、一斉に、誘爆させるような装置の開発を意図して、試作に着手した。尙、爆薬の雪庇中への投射方法に関する研究と、爆薬並びにその起爆方法に関する研究とは、別個に行うこととし、本年度は、初年度であるため、まず、前者の試作を行うこととした。

2-2 本装置の具備すべき条件

前述の通り、爆薬を使用して人工なだれを発生させる際、危険な雪庇に人が近づくことなく、その雪庇中へ爆薬を装填し、遠隔操作によって、安全、確実にその雪庇を除却することを前提としているので、本装置の具備すべき主な条件は、次のようになる。

1) 投射器の性能としては、0.5~1.0 kg程度の火薬(あまり大量であっても、相手が雪であるから、効果は薄いと考えられる。)を数十米の高所に打ち上げることを目的としており、且つ、相当な、命中精度と、適当な貫入深(1 m以上)を必要とすることから、少くとも200~300 m以上の飛行距離がのぞまれる。又、当然ながら取扱いが容易で安全度の高いものでなくてはならない。

2) 火薬の性能としては、雪中でも確実に爆発するものであると同時に、万一、不発のまゝなだれと一緒に流出しても、自然発火せず、雪中に数日間あれば、爆発の効力を失うようなものであることが望まれる。

3) 起爆方法としては、

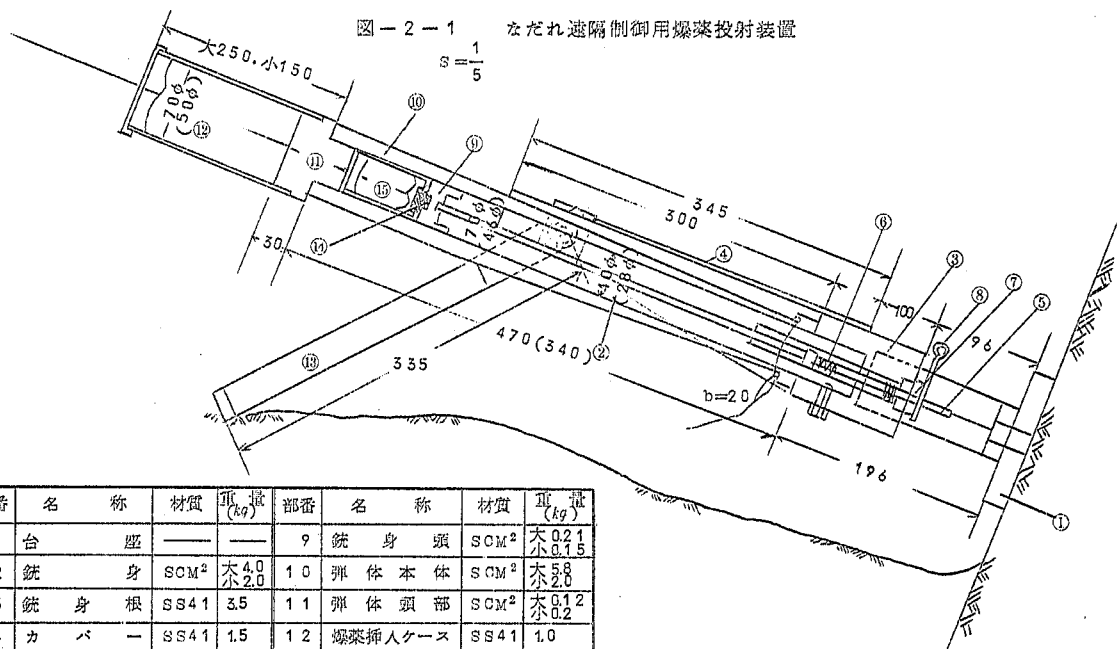
- ① 爆薬を、雪庇中に射込み、その数量がある程度の量に達した所で起爆剤を打込んで、これらの爆薬全部を一斉に誘爆させる方法と、
- ② 雪庇中へ射込まれると同時に爆破し、その附近の積雪層を緩ませ、なだれが発生するまで、連続発射する方法。

の2通りが考えられる。

2-3 試作装置の概要

前記の条件に比較的よく適う既製装置として、防衛庁が約10年近い研究の結果、開発したロープ発射器があげられる。これは、最近では、救難作業用として、船舶とか、消防関係に、更には、森林業務等にも活用されはじめているもので、遠隔地へロープを渡すことを目的としている。この装置の頭部を改作して、雪庇中に投入すべき爆薬の格納室とし、弾体全体を目標雪庇中に打込んだ後、曳行しているロープを巻き取ることで、弾体本体は回収し、

図-2-1 なだれ速隔制御用爆薬投射装置



部番	名 称	材質	重 量 (kg)	部番	名 称	材質	重 量 (kg)
1	台 座	—	—	9	銃 身 頭	SCM ²	大0.21 小0.15
2	銃 身	SCM ²	大4.0 小2.0	10	弾 体 本 体	SCM ²	大5.8 小2.0
3	銃 身 根	SS41	3.5	11	弾 体 頭 部	SCM ²	大0.12 小0.2
4	カ バ ー	SS41	1.5	12	爆薬挿入ケース	SS41	1.0
5	撃針兼撃基	SS41	0.05	13	射角調節脚	SS41	0.6
6	撃基パネ	SWP	0.03	14	雷 管 筒	B S B	0.02
7	撃基パネ押え	SS41	0.05	15	薬 室	—	—
8	安 全 栓	SWR	0.01				

寸法単位：mm

() 内は小弾体用

頭部格納室内の爆薬だけを雪中に残してこれるように工夫した。その概要は図-2-1に示す通りである。また、主要な製作仕様は表-2-1の通りである。

表-2-1 なだれ遠隔制御用爆薬投射装置
の製作仕様主要点

弾体の種類	大 弾 体	小 弾 体
弾頭重量 (爆薬量)	0.5 kg 1.0 kg	0.5 kg
射 程 (水 平)	約 350 m	約 200 m
弾 体 本 体 重 量	約 7 kg	約 3 kg
最 大 推 薬 量	黒色火薬 70 g	同 40 g
投 射 器 重 量	約 10 kg	約 8 kg
備 考	弾体の先端に弾頭として、爆薬を装着して投射し、この爆薬のみを目的の雪庇中に残して、弾体は、ロープにより回収する。	

2-4 投射機構の説明

この装置 (図-2-1 参照) の取扱い方法及び順序は次に述べる通りである。

(1) 投射装置の据付

発射の際の反動力は、推薬量が多くなるにつれて、かなり増大するので、出来るだけ堅固な支持力のある地盤上で砂ノウ、杭等を利用して、台座①を固定する必要がある。しかし、この装置を使用する場所は、積雪地であるから、このような良い条件の場所は、えられないのが普通である。

今回の実験では、写真-2-1に示すように、雪面を均らし、末口15 cm程度の丸太を井型に組んだ上に、板 (厚さ2 cm程度) を敷き並べて足場とし、30 kg程度の土ノウを積上げて、発射基地 (写真-2-2) をつくった。

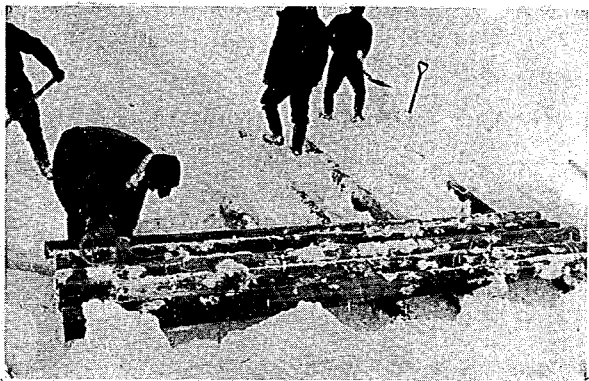


写真-2-1 雪上での発射基地の築造作業



写真-2-2 雪上の発射基地

(手前のヒモは、発射のための安全栓引抜き用のものである。)

(2) 照 準

投射装置の概略の据付けが終った所で、写真-2-3に示すような水準器を使用し、発射角度調節脚⑬を調整して、射角を定める。

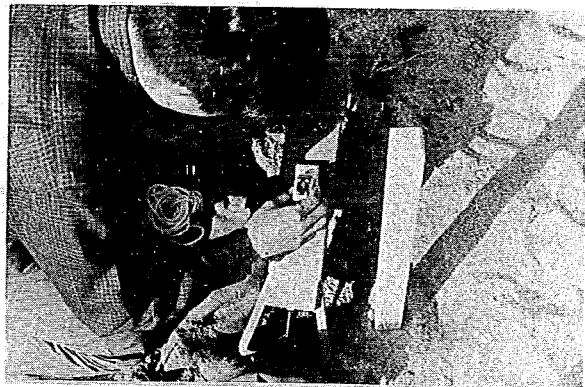
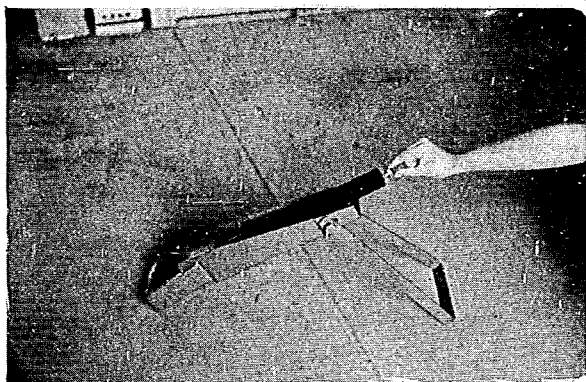


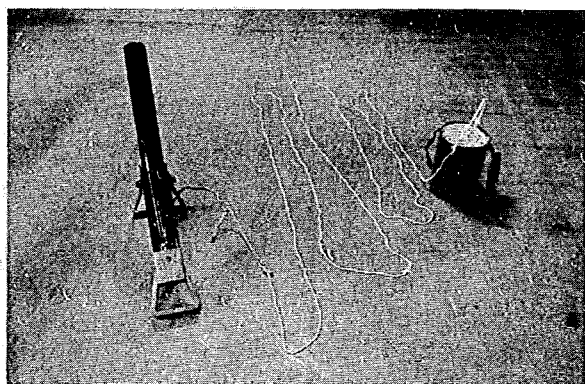
写真-2-3 照 準 作 業

(3) 発射薬の装填

照準が終れば、砂ノウを使って投射装置をしっかりと固定した後、安全栓⑧をはめ、銃身部②を、ウエス等により掃除した後、銃身頭⑨に電管筒⑭を装着し、更にその薬室⑬に、所定量の発射用推薬（黒色火薬）を装填する。（写真-2-4）



写真一 2 - 4 雷管の取付け



写真一 2 - 5 弾体とロープ

(4) 弾体の取り付け

写真-2-5に示すように、飛行弾体の尾部には、曳行するロープがついており、このロープは破断及びもつれを防ぐため、あらかじめ取り出し易い状態にして、箱に納めておく。(写真-2-6)



写真-2-6 ロープ格納箱への収納器

弾体内面は、ウエスによりよく清掃しておく。弾体頭部の爆薬挿入ケース⑫には、0.5～1.0kg程度の爆薬（今回は、模擬薬として塩入りビニール袋を使用）をいれる。これらの作業が完了した弾体を、静かに銃身②にかぶせ、銃身根③に確実に接着させる。

(5) 発射

以上の準備が完了したならば、前方、あるいは、側方に、人のいないのを確認した上で、写真-2-7のように、装置から4～5m離れてヒモにより、安全栓⑧を引抜いて、弾体を発射する。



写真-2-7 発 射 用 意

(6) 弾体の回収

着弾後は、弾体が曳行したロープを、人力、又は、ロープ巻取り機（検討中）を使って引き寄せ、弾体を回収する。（写真-2-8参照）



写真-2-8 人力による弾体回収作業

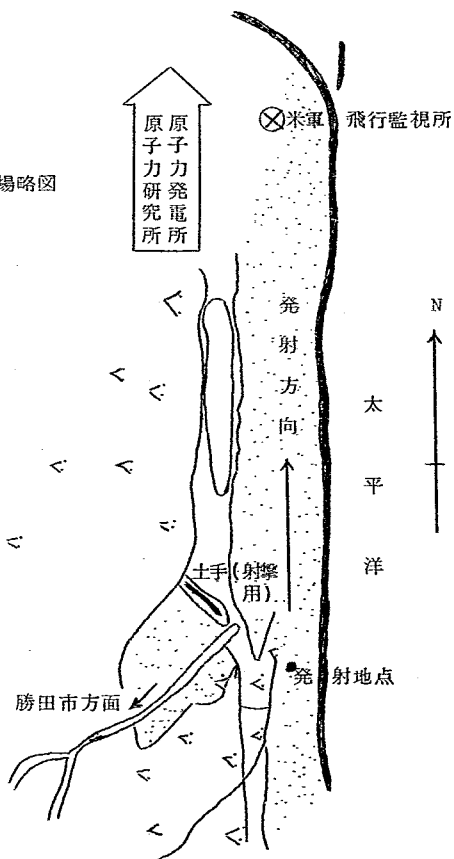
2-5 野外実験(1)

(1) 実験内容

試作品の性能を調べるための予備実験を、昭和42年1月27、28日の両日、自衛隊の水戸射爆場(図-2-2)に於て実施した。その内容は水平飛弾距離、同命中精度、風の影響、発射台の固定方法等を調査したものである。

図-2-2

水戸射爆場略図



(2) 実験方法

弾体は、大(約7kg)、小(約3kg)の2種類を使用し、弾頭には、爆薬の代りに、ビニール袋に食塩をつめた模擬薬(0.5kg及び1kg)を採用した。又、曳行ロープには、3mm径のナイロン・バイレンの混より品を使った。

① 投射器の固定方法

砂地であったため、約40kgの砂ノウ2個と、15kgのもの4個を使って、投射器の固定を行った。しかし、発射回数及び推薬量がますます増えて、砂ノウの破損がひどくなり、投射器の固定が不十分となってきた。このことは、飛弾距離にも影響したことが、次の妙高での実験結果から明らかになった。

② 水平飛弾距離の測定

発射地点から弾体落下地点までの水平距離の測定は、予め発射方向に50m間隔で設置した距離杭を基準にして、テープ測定をした。尚、参考として曳行するロープに目盛をつけ、ロープの繰出し量を記録した。

③ 風向風速測定

弾体の飛弾距離、命中精度は風の影響を受けられるので、発射地点に、直読式ピラム型風向風速計(写真-2-9)を設置して、発射時の風向、風速を測定した。第1日目の小弾体実験日は、概ね 2.0 m/s 以下の微風であったが、2日目の大弾体実験日には、 6 m/s 以上のかなり強い風が吹いていた。

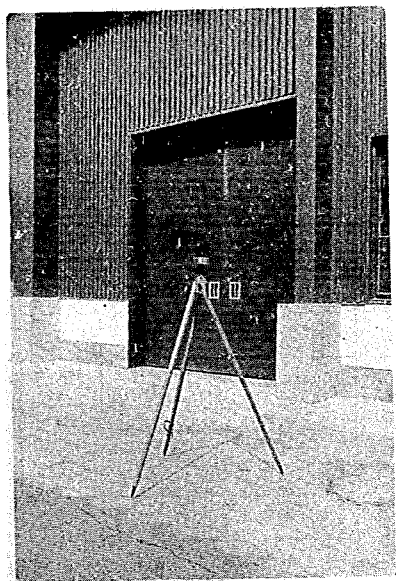


写真-2-9 ピラム型風向風速計

(3) 実験結果

以上の実験結果は表-2-2にまとめられている。又、図-2-3は、同一発射条件ごとの着弾地点のバラツキ状況を示したもので、風向と風速を矢印で併記している。ここでは、風の影響はあまり良くはあらわれておらず、むしろ、着弾点附近の地勢の小さな起伏の方が大きな影響を示したようである。尚、表-2-3は、これらの結果をまとめたもので、半径5m以内に集中したものが全体の25% ($\frac{7}{28}$)、10m以内が82% ($\frac{23}{28}$) でかなりよい命中精度であった。

表-2-2

実験結果一覧表 (水戸)

弾体 区分	弾頭 区分	実験 番号	推進量 (g)	水平飛弾距離 (m)	風向風速		発 射 角	摘 要
					風向	風速		
小 弾 体	0.5kg	1	10	102.9		2.0 $\frac{m}{sec}$	35°	
		2	"	101.5		1.5 "	"	
		3	"	111.9		1.8 "	"	
		4	20	177.5		1.8 "	"	
		5	"	174.9		2.8 "	"	
		6	"	184.9		1.0 "	"	
		7	30	228.0		2.0 "	"	
		8	"	210.9		1.5 "	"	
		9	"	226.3		1.6 "	"	
		10	40	249.1		0.2 "	"	
		11	"	213.5		0.8 "	"	不 発
		12	"	217.0		1.2 "	"	
		13	"	300.5		1.5 "	"	ローブなし
大 弾 体	0.5kg	14	"	189.7		6.0 "	"	
		15	"	187.6		7.5 "	"	
		16	50	220.7		8.0 "	30°	不 発
		17	"	218.9		7.5 "	"	
		18	60	252.2		6.8 "	"	
		19	"	239.8		6.2 "	"	
		20	70	266.5		3.2 "	"	
		21	"	266.1		4.4 "	"	

続く

弾体 区分	弾頭 区分	実験 番号	推薬量 (g)	水平飛弾距離 (m)	風向風速		発射 角	摘 要
					風向	風速		
大 弾 体	1.0 kg	2 2	4 0	1 7 9.2	←	7.0 $\frac{m}{sec}$	35°	
		2 3	"	1 8 2.3	↙	7.0 "	"	不 発
		2 4	5 0	1 9 9.0	↙	7.6 "	"	
		2 5	"	1 9 8.2	↙	7.0 "	30°	不 発
		2 6	6 0	2 1 8.2	↙	6.0 "	"	
		2 7	"	2 3 9.4	↙	7.2 "	"	
		2 8	7 0	2 6 0.6	↙	6.0 "	"	
		2 9	"	2 6 0.0	↙	3.0 "	"	

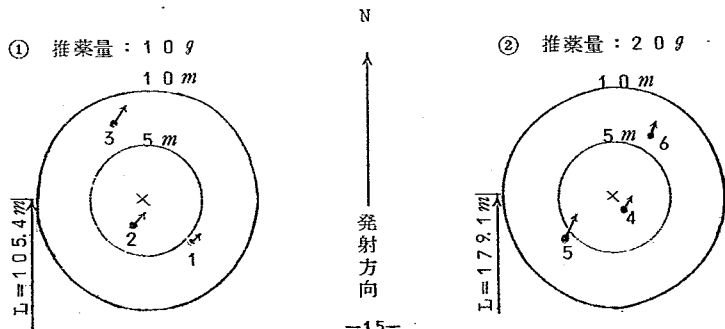
風向欄の細線は、投射方向
(上向)を示し、太線は風
向を示す。

図-2-3 着弾点のばらつき状況(水戸)

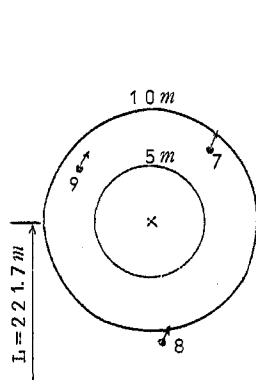
(a) 小弾体：弾頭 0.5 kg の場合

(発射角 35°)

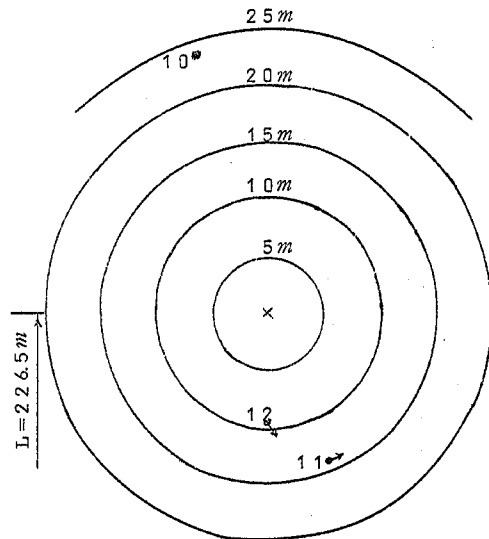
注 ①数字は実験番号を示す
②Lは平均飛弾距離であ
る。



③ 推菜量：30g



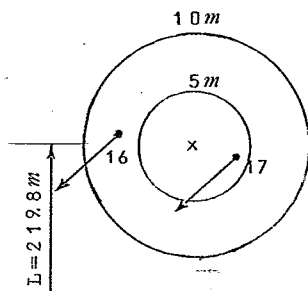
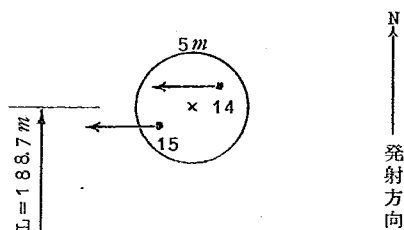
④ 推菜量：40g



(b) 大弾体：弾頭 0.5 kg の場合

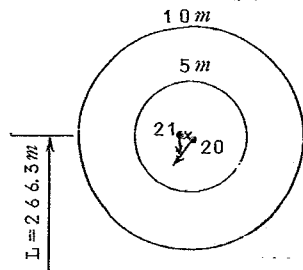
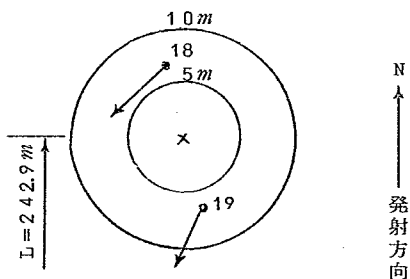
② 推薬量：50 g (発射角 30°)

① 推薬量：40 g
(発射角 35°)



③ 推薬量：60 g (発射角 30°)

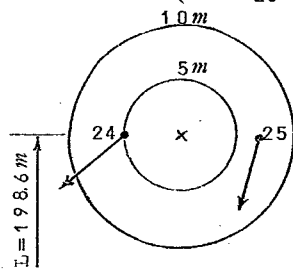
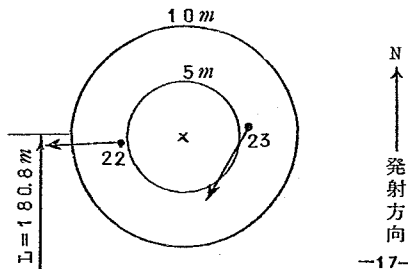
④ 推薬量：70 g (発射角 30°)



(c) 大弾体：弾頭 1.0 kg の場合

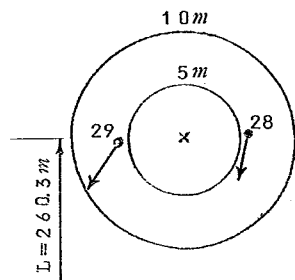
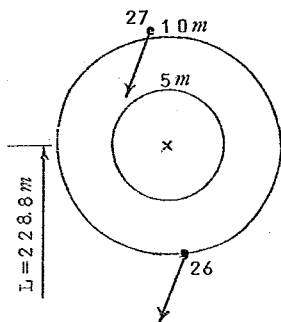
① 推薬量：40 g (発射角 30°)

② 推薬量：50 g (発射角 24→35°
25→30°)



③ 推薬量：60g（発射角30°）

④ 推薬量：70g（発射角30°）



表一 2-3 平坦地における命中精度（水戸）

彈 體	彈頭重量	平 均 飛彈距離	着 彈 力 所 數			
			半徑 5 <i>m</i> 以 內	半徑 5 ~ 10 <i>m</i>	半徑 10 <i>m</i> 以上	計
小	5 0 0 <i>g</i>	200 <i>m</i> 以下	2	4		6
		" 以上		3	3	6
大	5 0 0 <i>g</i>	" 以下	2			2
		" 以上	3	3		6
	1,000 <i>g</i>	" 以下		4		4
		" 以上		2	2	4
合 計			7	16	5	28
%			25%	57%	18%	100%

2-6 野外実験 (2)

(1) 実験内容

水戸射爆場での予備実験に引続いて、同年2月5日から10日まで、妙高山麓の建設省人工なだれ実験場で、水平飛弾距離、命中精度の他、雪中への貫入深、及び傾斜面への射込みと、弾体回収作業の難易性の調査を実施した。(図-2-4)

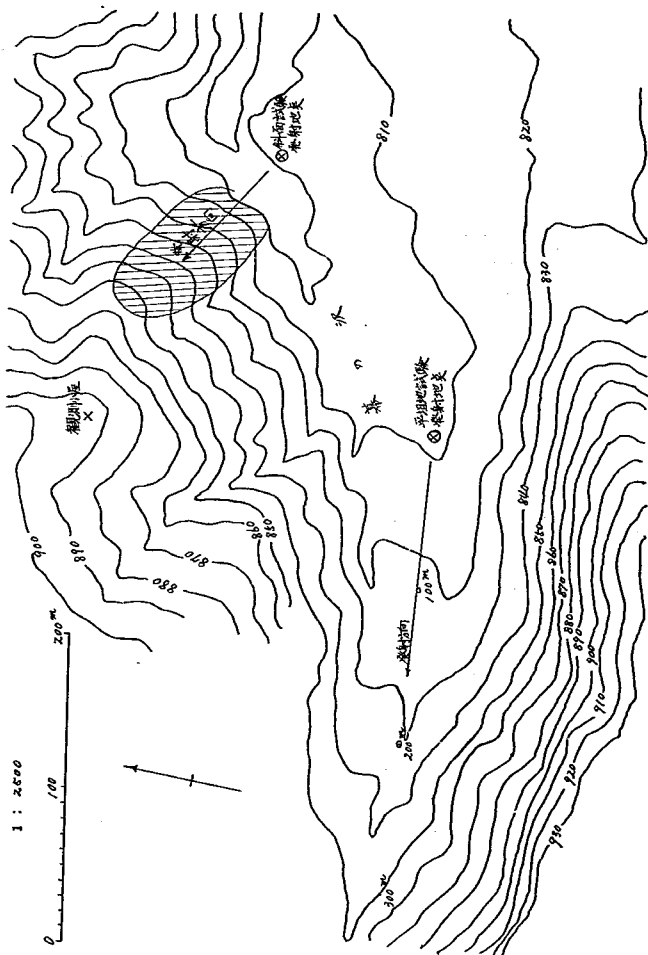


図-2-4 妙高人工なだれ実験場

(2) 実験方法

弾体は、予備実験の時の大、小2種類の他に、重量約5Kgの中弾体も用意したが、これは、推薬量70gの時、変形したため、爾後のテストには使用出来なかつた。弾頭には前回同様、ビニール袋に食塩をつめた模擬薬を使用した。

曳行ロープは、平坦地試験では、前回同様3mmφのナイロン・パイレン混より品を使用した。傾斜地試験では、6mmφのものに代え、実際に弾体回収作業を行つた。

① 投射器の固定方法

水戸射爆場での経験から、既述の通り、丸太及び板材を使つて、写真-2-2に示したような、かなり堅固な発射台を築造した。

② 飛弾距離の測定

図-2-4に示す比較的平坦な箇所での飛弾距離の測定は、水戸の場合と同様に、基準杭を設置してテープで実測した。傾斜面での実験では、弾体が曳行したロープによつて、着弾点までの距離を測定した。

尚、この場合トランシットによるスタジア測量も併用したが、吹雪の時は、観測出来なかつた。

③ 雪中貫入深の測定

平坦地では、弾体は拋物線を描いて落下するため、その雪中貫入深は、あまり実用的な意味はないが、飛弾距離の測定と同時に実施した。貫入深が大きくても、弾体の貫入角度が良いと、ロープによる引抜きは容易であつた。このことは、斜面試験ではつきり現われた。

④ 積雪調査

雪質状態調査のため、発射地点(平坦地試験)から、200mの所に、立穴を掘り、雪の密度測定を行つた。又、コーンペネトロメータ

一により、発射点より100m、200m、250m、300m 地点での貫入抵抗の測定をした。

(3) 実験結果

以上の実験結果は、表-2-4 (a)、(b)にまとめられている。

表-2-4 実験結果一覧表

(a)-平坦地試験

弾体区分	弾区分	実験番号	推進量(φ)	水平飛距離(m)	貫入深(m)	風向	風速	発射角	摘要
						風向	風速		
小弾体	0.5Kg	30	10	90.7	0.5	無風	0% 690	30°	
		31	"	113.2	0.6	↑	0.4	"	
		32	"	82.6	0	無風	0	20°	
		33	30	206.7	0.6	"	0	35°	
		34	"	212.7	0.55	"	0	"	
		35	"	223.5	0.5	"	0	"	
	1.0Kg	36	10	90.1	0.6	"	0	40°	
		37	"	86.9	0.5	"	0	"	
		38	"	90.1	※0.4	↑	0.2	"	
		39	30	208.2	0.8	↘	2.2	"	不発
		40	"	209.3	0.2	無風	0	"	
		41	"	205.4	0.8	↘	1.8	"	
大弾体	0.5Kg	42	50	250.2	0.9	無風	0	35°	不発
		43	"	257.2	0.7	"	0	40°	
		44	"	265.5	1.0	↘	0.2	"	
		45	70	313.2	1.2	無風	0	"	
		46	"	319.3	1.0	"	0	"	
		47	"	230.6	0.85	↗	0.8	"	6φロープ使用
	1.0Kg	48	50	215.0	0.6	無風	0	"	
		49	"	220.0	1.0	"	0	"	
		50	"	225.3	0.8	"	0	"	
		51	70	278.4	※1.2	"	0	"	
		52	"	293.7	※0.6	↗	0.8	"	
		53	"	293.5	※0.6	↗	0.2	"	
中弾体	0.5Kg	54	60	306.1	0.8	無風	0	"	
		55	70	302.1	※0.6	"	0	35°	

1. ※は雪上車のワダ子に落下したものである。

2. 風向欄の細線は、投射方向(上向)を示し、太線は、風向を示す。

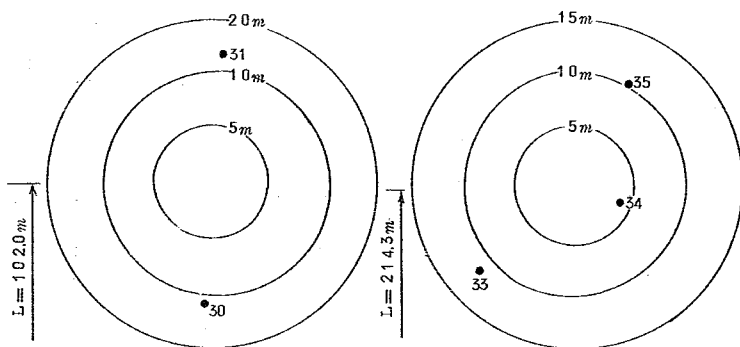
(b) 斜面試験

弾体区分	弾頭区分	実験番号	推薬量(g)	$\phi 6$ mm ロープ長緊 張時 (m)	操作時間	発射角	摘 要
小 弾 体	0.5 Kg	56	40	100	11分	20°	
		57	〃	138.5	—	30°	
		58	〃	145.7	12 〃	〃	
		59	〃	128.0	—	〃	
		60	〃	138.0	—	〃	
		61	〃	132.2	9 〃	〃	
		62	〃	131.0	16 〃	〃	
		63	〃	138.0	25 〃	35°	
		64	〃	138.8	7 〃	〃	
		65	〃	144.4	10 〃	40°	
		66	〃	149.0	20 〃	〃	
		67	〃	157.0	10 〃	〃	
		68	〃	149.0	16 〃	50°	
		69	〃	147.0	12 〃	〃	
大弾体	1.0 Kg	70	70	155.0	25 〃	30°	回収時ロープ切れる

又、図-2-5は、水戸の場合と同様に、平坦地での命中精度をあらわしたもので、この実験では無風状態であつた。表-2-5は、この結果

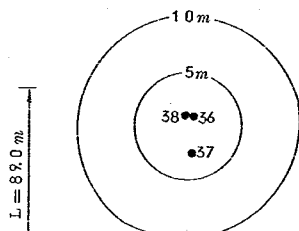
(a) 小弾体：弾頭 0.5 Kg の場合

- ① 推薬量：10g (発射角 30°) 但し 32 は除く ② 推薬量：30g (発射角 35°)

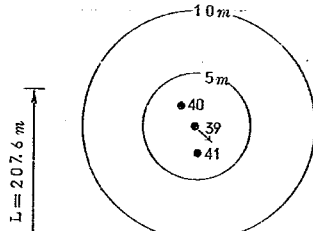


(b) 小弾体：弾頭 1.0 Kg の場合（発射角 40° ）

① 推薬量：10 g

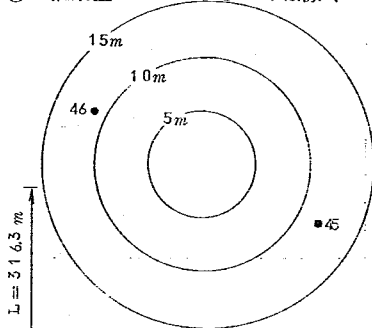
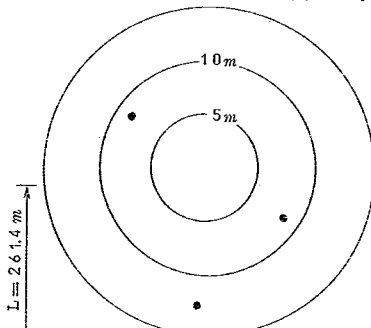


② 推薬量：30 g



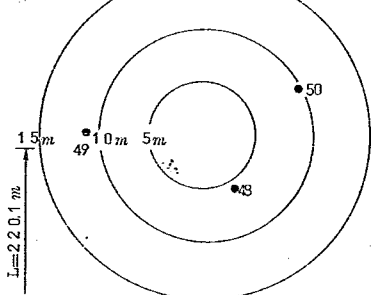
(c) 大弾体：弾頭 0.5 Kg の場合（発射角 40° ）

① 推薬量：50 g（42は発射角 35° ） ② 推薬量：70 g、但し、47は除く



(d) 大弾体：弾頭 1.0 Kg の場合（発射角 40° ）

① 推薬量：50 g



② 推薬量：70 g

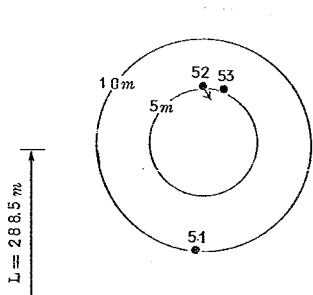


図-2-5 着弾点のばらつき状況

〔注①、数字は実験番号を示す
②、 L は平均飛弾距離である〕

をまとめたもので、半径 5 m 以内への集中度は 32 % (7/22)、半径 10 m

表一 2-5 平坦地における命中精度 (妙高)

弾体	弾頭重量	平均 飛弾距離	着弾力所数			
			半径 5 m 以 内	半 径 5~10 m	半径 10 m 以 上	計
小	500 g	200 m 以下			2	2
		" 以上	1		2	3
	1,000 g	" 以下	3			3
		" 以上	3			3
大	500 g	" 以上		2	3	5
	1,000 g	" 以上		5	1	6
合 計			7	7	8	22
%			32 %	32 %	36 %	100 %

以内は、64 % (14/22) となつてゐる。

図一 2-6 は、斜面試験地の発射地点から見た斜面の傾斜状況と、ロープ緊張時の長さから推定した着弾位置の分布状況で、発射角別に整理されており、左右への偏りは 10 m 未満であつた。この場合、最も有効な発射角は、30° ~ 40° の範囲であつた。そして貫入深はかなり深く写真一 2-8 に示すように、弾体回収のための初動には、4 ~ 7 人の人が、ロープを引張る必要があつた。一度動けば、後は、簡単に回収出来た。唯、大弾体に 1 kg の弾頭をつけ、推薬量 70 g、発射角 30° で投射した 70 の場合は、6 人のロープを 10 人の人力で引張つた所、破断

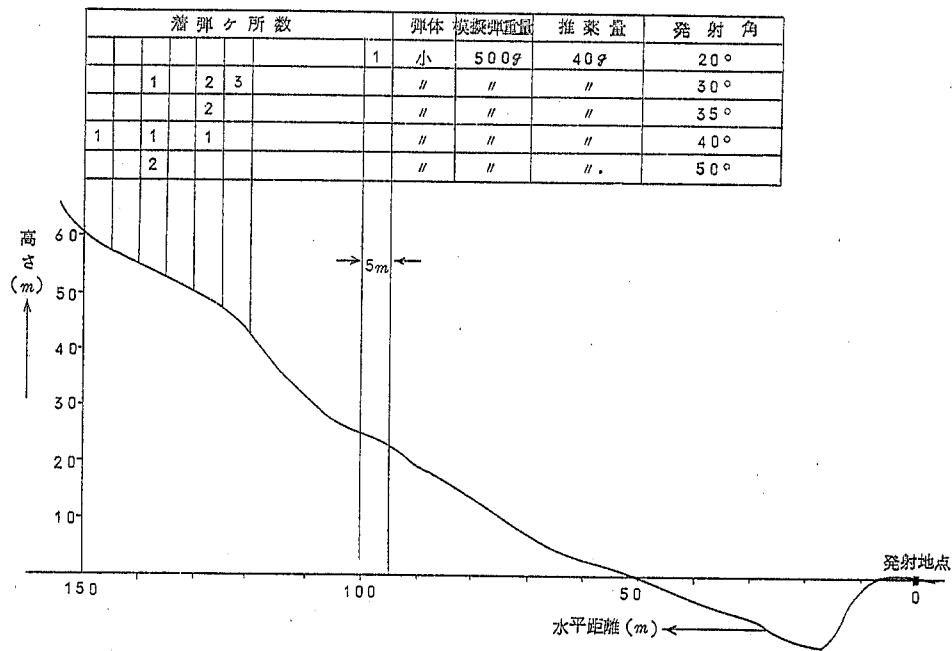


図-2-6. 積雪斜面試験結果

(公称破断強度は、 290Kg) してしまい、遂に回収不能となつた。これは、推定 5m 以上の積雪深を突破して、地表面近くの灌木にまで弾体が達したためと思われる。

1 回の発射から、弾体を回収して、次の発射を行うまでの操作所要時間は、表-2-4 (b) に示すように、最小 7 分、最大 25 分を要し、平均 15 分前後であつた。

2-7 考 察

以上の水戸及び妙高での実験結果を総合すると次のようになる。

(1) 水平飛弾距離

図-2-7 及び 8 は、水戸及び妙高での水平飛弾距離の測定結果を、小弾体と大弾体にわけて整理したものである。この図から以下のようなことが考えられる。

- ① 同じ推進量では、水戸の予備実験に比べて、妙高の本実験の方が水平飛弾距離が大きくなつており、殊に、大弾体について、その傾向が著しい。これは、投射器の固定方法の差からきたものと思われる。
- ② ロープの影響については、図-2-7 の $\phi 13$ (水戸) のロープなしと図-2-8 の $\phi 47$ (妙高) の $\phi 6\text{mm}$ ロープ以外の水平飛弾距離実験では、全て $\phi 3\text{mm}$ のロープで行つた。このためロープの定量的な影響は求められないが、この 2 例からは、 $\phi 3\text{mm}$ ロープを使うと小弾体の場合、ロープなしの時の 7 割位、更に、 $\phi 6\text{mm}$ の大きなロープを使うと、大弾体の場合、 $\phi 3\text{mm}$ の時のやはり 7 割位まで飛行距離が低下している。
- ③ 発射角は、 $30^\circ \sim 40^\circ$ の範囲では、飛弾距離に大きな影響を与えていない。
- ④ 風向風速については、水戸での大弾体の時のみ (図-2-8、○印

- 0.5Kg 水戸 35° (№1~12)
- " " " (№13:ロープなし)
- × " 妙高 30~35° (№30, 31及び33, 34, 35)
- ⊗ " " 20° (№32)
- △ 1Kg " 40° (№36~41)

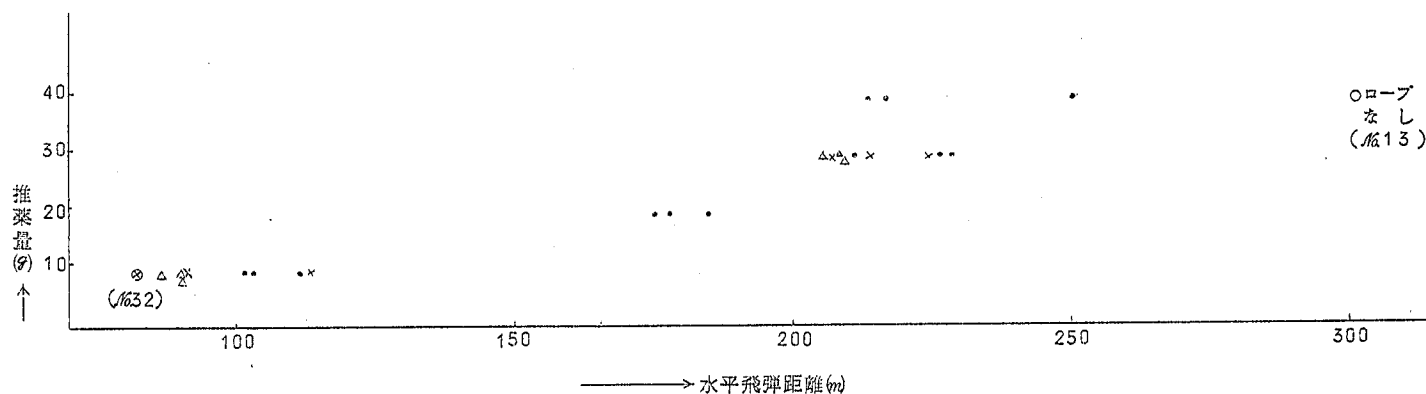


図-2-7 水平飛弾距離(小弾体)

- 0.5Kg 水戸 30°~35° (No.14~21)
- × " 妙高 35°~40° (No.42~46)
- ⊗ " " 40° (No.47、φ6mmロープ使用)
- 1.0Kg 水戸 30°~35° (No.22~29)
- △ " 妙高 40° (No.48~53)
- 中弾体 0.5kg " 35°~40° (No.54、55)

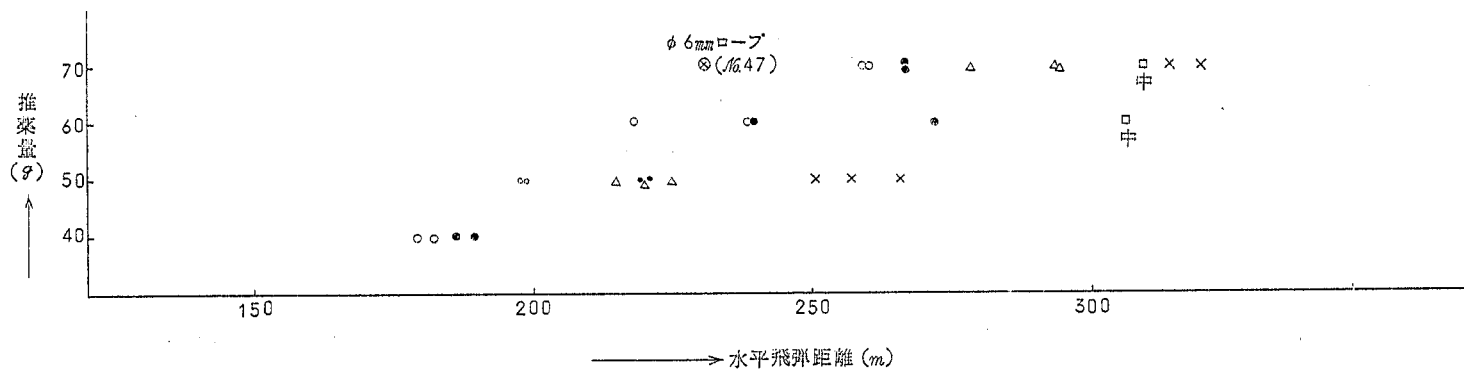


図-2-8 水平飛弾距離 (大弾体)

及び③印)、6~7 m/s の強風下(概ね逆風)で行われ、他は、無風
及至2 m/s 以下の微風下であつた。

図-2-8から明らかなように、水戸での大弾体の投射実験結果が
低く出ているのは、前述の投射器固定方法の差の他に、この強風の影
響も当然含まれているものと思われるが、このデータからは、両者の
分離は出来なかつた。

⑤ 弾頭重量による飛弾距離の差は、妙高(図-2-7、及び8の×印
と△印)の小弾体の場合には、はつきりとした差はないが、大弾体の
時には、1 Kgの方が0.5 Kgの場合より平均12~15%程度低下して
いる。

⑥ 全体を通してみた場合、3φ mm ロープでは、小弾体で推薬量30 g
位の時が最も安定しており、弾頭重量0.5~1 Kgの範囲では、200
~230 mの水平飛弾距離が期待出来る。

⑦ 大弾体は、推薬量に比べて飛行距離は伸びておらず、目標とした水
平飛弾距離350 mはえられなかつた。また、取扱い上も重量が大き
いため好ましくない。

⑧ 両者の中間として、約5 Kgの中弾体を試作し、推薬量60 gと70 g
で実験をしたが、前者の場合は、非常に快調な飛行が観測された。し
かし後者では、弾体強度の不足から変形を生じた。従つて、本方式で
は、中弾体を推薬量50~60 gの範囲で実用化を図ることが实际的
と思われる。

(2) 命中精度と貫入深

1) 平坦地

平坦地での着弾位置のばらつきは、高い所にある雪庇中への打込み
という目的からは、あまり重要ではないが、機械の性能と精度を検討

する意味で実施したものである。

同一条件で2～3回実施した投射結果は、水戸については、表-2-3、妙高については、表-2-5にまとめられているが、着弾範囲が半径5 mの円内にあつたものは、水戸で25%、妙高で32%、10 m以内では、夫々82%と64%であつた。地勢の微小起伏や風の影響を考慮すれば、かなり満足すべきものであつたが、水戸での試験番号10のみは、20 m以上の偏りを示した。これは、投射器固定のための砂ノウが破損したため、それ以後の11、12の固定が弱くなり、距離が出なくなつた結果と思われる。

雪中貫入深は、小弾体で0.5 m～0.8 m、大弾体で0.6 m～1.2 mであつた。

2) 斜 面

斜面実験では、直接、斜面に弾体を打ち込んだため、同一発射角での集中度は、平坦地実験より良くなつている。また、雪中貫入深は、かなり深くまで達し、前記のように、弾体回収のための初動には、かなりの人力を必要とした。

爆破の目的から言つて爆薬の貫入位置は積雪面から、深さで積雪深の $\frac{2}{3}$ 位の所になるのが好ましいので、実際には、予備発射によつて、適当な推薬量、発射角等を求めることが大切になると思われる。

(3) 不発の発生

今回の実験での不発回数は、表-2-2及び4に見る通り、水戸の予備実験では、投射回数29回中4回（不発発生率14%）、妙高では、41回中2回（5%）、合計70回中6回（8.6%）を記録した。不発の発生は、極めて危険であり、その処理には、入念な取扱が必要である。

水戸での不発が殊に高かつたのは、砂地での発射のため、撃莖バネ部に砂が入り、その手入れ不十分の場合、撃針が雷管まで達せず生じたものであり、妙高での不発は、雷管自身の不良によるものであつた。殊に後者の場合、雪による湿りもその原因の一部と考えられるので、使用する雷管薬の選択も亦大切である。

(4) そ の 他

その他、投射器の固定方法とか、弾体の回収方法についても、既述の通り、種々問題があり、今後、大巾の改良が必要であるが、かなり高所の雪庇中に爆薬を投入する目的に対しては、相当有力な方法であることが明らかとなつた。しかしながら、こうして運搬された爆薬を、確実にしかも同時に起爆させて、人工なだれを発生させるための爆薬についての研究が、第2段階として必要になつてくる。また、こうした多数の爆薬をまとめて発火させる方法に対して、一発ずつ発火させる場合も考えられ、その場合、果してうまく人工なだれが、発生するか否かの実験的研究も必要である。

3. 圧痕計及びロードセルに関する試験

3-1 試 験 目 的

スノーシエッド等の構造物に作用するなだれ力を測定する計器としてはロードセル、圧痕計、加速度計、等が用いられているが、ロードセルは、抵抗線歪計を使つて、動的な応力変化を測定する装置であり、圧痕計は、発生した最大衝撃力だけを調べる装置である。

圧痕計は、原理、取扱い共に、極めて簡単であるため、野外測定用器機としては、好ましいものであるが、発生した最大荷重の持続時間とか、歪変化の様子といった動的な要素についての知識は何もえられない。従つて、

水戸での不発が殊に高かつたのは、砂地での発射のため、撃莖バネ部に砂が入り、その手入れ不十分の場合、撃針が雷管まで達せずに生じたものであり、妙高での不発は、雷管自身の不良によるものであつた。殊に後者の場合、雪による湿りもその原因の一部と考えられるので、使用する雷管薬の選択も亦大切である。

(4) そ の 他

その他、投射器の固定方法とか、弾体の回収方法についても、既述の通り、種々問題があり、今後、大巾の改良が必要であるが、かなり高所の雪庇中に爆薬を投入する目的に対しては、相当有力な方法であることが明らかとなつた。しかしながら、こうして運搬された爆薬を、確実にしかも同時に起爆させて、人工なだれを発生させるための爆薬についての研究が、第2段階として必要になつてくる。また、こうした多数の爆薬をまとめて発火させる方法に対して、一発ずつ発火させる場合も考えられ、その場合、果してうまく人工なだれが、発生するか否かの実験的研究も必要である。

3. 圧痕計及びロードセルに関する試験

3-1 試 験 目 的

スノーシエッド等の構造物に作用するなだれ力を測定する計器としてはロードセル、圧痕計、加速度計、等が用いられているが、ロードセルは、抵抗線歪計を使つて、動的な応力変化を測定する装置であり、圧痕計は、発生した最大衝撃力だけを調べる装置である。

圧痕計は、原理、取扱い共に、極めて簡単であるため、野外測定用器機としては、好ましいものであるが、発生した最大荷重の持続時間とか、歪変化の様子といった動的な要素についての知識は何もえられない。従つて、

動荷重による応力の測定装置であるロードセルと圧痕計の関係を、実験室に於いて調べておき、それぞれの計器の測定可能範囲、並びに精度を求めておく必要がある。又、ロードセルを用いることにより、衝撃力を吸収するクッション装置の効果測定が可能である。こうした目的で、千葉支所構内に落錘による衝撃力発生装置をつくつて試験を行つた。

3-2 試験装置の概要

(1) 衝撃力発生装置

圧痕計及びロードセルに、衝撃荷重を与える装置として、写真-3-1に示すような落錘装置を千葉支所構内に設置した。この槽は図-3-

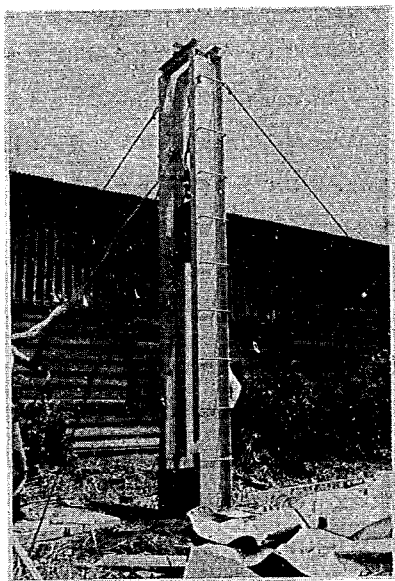
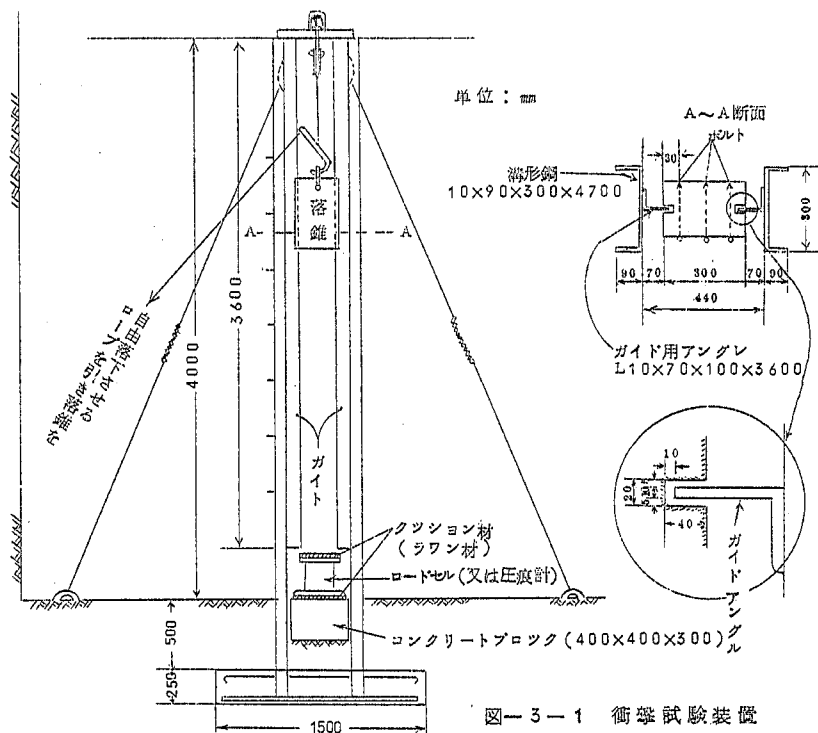


写真-3-1

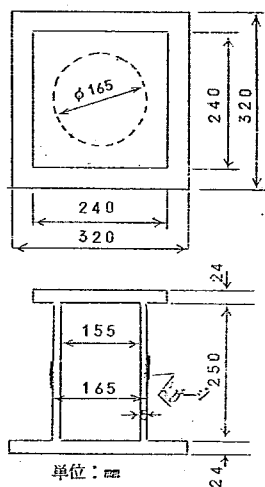


図— 3 — 1 衝撃試験装置

1に示すように、総高4.75mで、ボルト締めする鋼板数を増減することで、重量の調整が出来る落錐を使用し、2.5m以下の任意の落下高で、ワイヤーを繚し、重錐のみを自由落下させ、ロードセル、乃至、圧痕計に衝突させるものである。

(2) ロードセル及び圧痕計

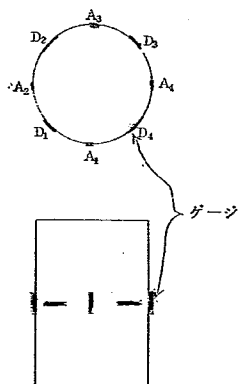
使用したロードセルは、図-3-2に示すように、両端を鋼板(240



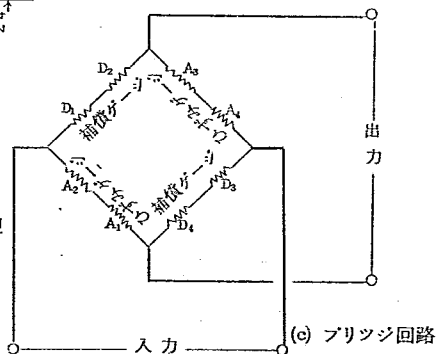
(a) 構造図

ロードセル容量: 20 t

ストレーンゲージ: 共和K-22型



(b) ゲージ貼布位置



(c) ブリッジ回路

図-3-3 ロードセル

240mm×24mm及び320mm×320mm×24mm)でふさいだ銅製円筒
($\phi 165$ mm、厚さ5mm)の表面に、抵抗線歪計を貼布したもので、動的な
歪変化を記録できるものである(写真-3-2)。

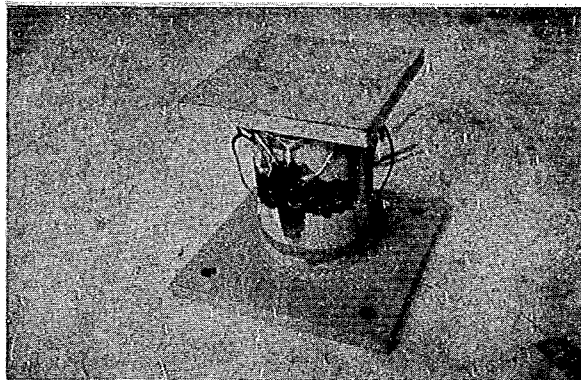


写真-3-2 ロードセル

圧痕計は、図-3-3に示すようなアルミ板(150mm×95mm×8mm)に

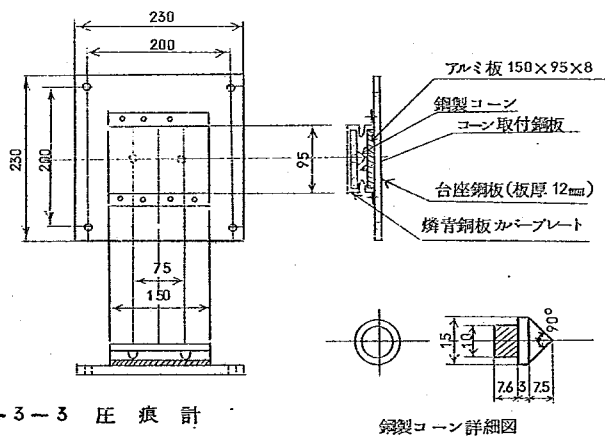


図-3-3 圧痕計

銅製コーン詳細図

鋼製のコーンを圧入したときの貫入深さから、最大荷重を測定するものである（写真3-3）。

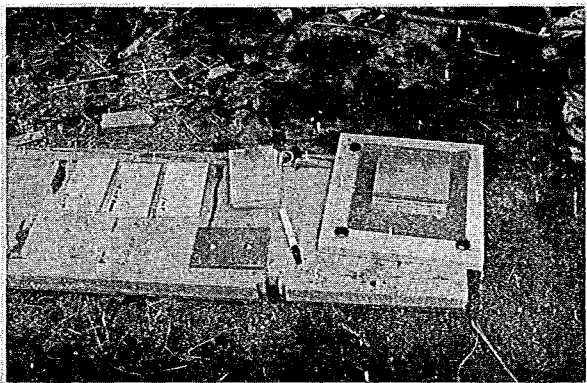


写真-3-3 圧痕計

3-3 試験方法と結果

今回の試験は、落錐重量を、28.6 Kg、48.0 Kg、63.4 Kg、106.8 Kg、152.3 Kgの5通り、落下高を0.3 m、0.5 m、1.0 m、1.5 m、2.0 m、2.5 mの6通りに変化させて、各ケース1～4回づつ実施した。即ち、圧痕計については、表-3-1に示す通り、総計67回、ロードセルについては、表-3-2の如く64回の試験を行つた。図-3-4及び5は、これらの結果を図示したものである。又、図-3-6は電磁オツシログラフに記録されたロードセルの衝撃荷重測定結果を整理したものである。

この場合使用したロードセル並びに圧痕計のクッション材は、厚さ21 mmのラワン材を夫々の計器の上下面に敷き、コンクリートブロック（500×400×300 mm）上に据えて実施した。従つて発生した衝撃力は極めて大きかつた。

表一3-1 試験結果表(圧痕計)

試験年月日 昭42.1.16~19

No	落 錘 重 量(kg)	落下高 (mm)	アルミ板の貫入深		換算荷重 (t)	平 均 (t)	備 考		
			測定値(mm)	平均 (mm)					
1	152.3	0.5	5.54 5.50	5.52	10.72	10.22			
2			5.33 5.30				5.32	9.94	
3			5.01 5.06	5.04	10.00				
4			152.3				1.0	5.58 6.25	5.92
5	6.34 6.30	6.32		13.64					
6	6.31 6.27				6.29	13.50			
7	5.94 5.92	5.93		12.10					
8	1.5				6.45 6.52	6.49		14.30	13.44
9		6.10 6.30		6.20	13.20				
10		6.14 6.08				6.11	12.82		
11		2.0		6.64 6.71	6.68			15.00	
12	2.29			6.55 6.67		6.61	14.72		14.72
13	106.8	0.3		4.18 4.02	4.10	6.04	5.63		
14				3.25 4.38				3.82	5.40
15				3.49 4.24	3.87	5.44			
16			0.5	4.19 5.04				4.62	7.52
17		4.29 5.24		4.77	8.02				
18		4.87 4.86				4.87	8.38		
19		4.92 4.85		4.89	8.48				
20		1.0				4.93 5.04	4.99	8.80	8.90
21				5.08 4.90	4.99	8.80			
22			5.01 5.13	5.07			9.10		

No	落 錘 重 量(kg)	落下高(m)	アルミ板の貫入深		換算荷重(t)	平 均 (t)	備 考
			測定値(mm)	平均(mm)			
23	106.8	1.5	5.38 5.65	5.52	10.64	10.83	
24			5.46 5.52	5.49	10.52		
25			5.68 5.76	5.72	11.32		
26		2.0	5.91 5.96	5.94	12.18	12.38	
27			6.10 5.91	6.01	12.46		
28			6.09 5.97	6.03	12.50		
29		2.4	6.08 6.26	6.17	13.08	13.02	
30			6.11 5.93	6.02	12.48		
31			6.24 6.31	6.28	13.50		
32	63.4	0.3	4.30 4.22	4.26	6.60	5.56	
33			2.78 4.00	3.39	5.74		
34			2.96 3.92	3.44	4.34		
35		0.5	4.41 4.96	4.69	7.80	7.29	
36			4.29 4.92	4.61	7.52		
37			4.64 3.91	4.28	6.56		
38		1.0	4.03 4.40	4.22	6.38	9.89	
39			5.11 6.26	5.69	11.24		
40			5.51 6.31	5.91	12.06		
41		1.5	5.70 6.11	5.91	12.06	12.27	
42			5.61 6.16	5.89	12.02		
43			5.76 6.43	6.10	12.78		
44		2.0	5.46 5.51	5.49	10.52	10.17	
45			5.54 5.41	5.48	10.50		

No	落 錘 重 量(kg)	落下高 (m)	アルミ板の貫入深		換算荷重 (t)	平 均 (t)	備 考
			測定値(mm)	平均 (mm)			
46	63.4	2.0	5.12 5.25	5.19	9.50		
47		2.5	6.34 6.54	6.44	14.08	13.61	
48			6.54 5.76	6.15	13.00		
49			6.58 6.11	6.35	13.76		
50	48.0	0.3	3.38 3.79	3.59	4.72	4.20	
51			3.31 3.34	3.33	4.10		
52			3.07 3.30	3.19	3.78		
53		0.5	4.40 4.55	4.48	7.14	5.90	
54			3.73 4.02	3.88	5.46		
55			3.79 3.70	3.75	5.10		
56		1.0	6.30 4.65	5.48	10.50	9.35	
57			5.04 4.78	4.91	8.52		
58			5.31 4.79	5.05	9.04		
59		1.5	5.72 5.54	5.63	11.00	10.27	
60			5.26 5.51	5.39	10.22		
61			3.76 6.68	5.22	9.60		
62		2.0	5.57 6.49	6.03	12.50	12.42	
63			5.70 6.25	5.98	12.34		
64			6.49 5.70	6.10	12.78		
65		2.5	6.09 5.73	5.91	12.06	10.87	
66			6.11 5.26	5.69	11.24		
67			5.08 5.17	5.13	9.30		

表-3-2 試験結果表 (ロードセル)

試験年月日 昭42.1.17~19

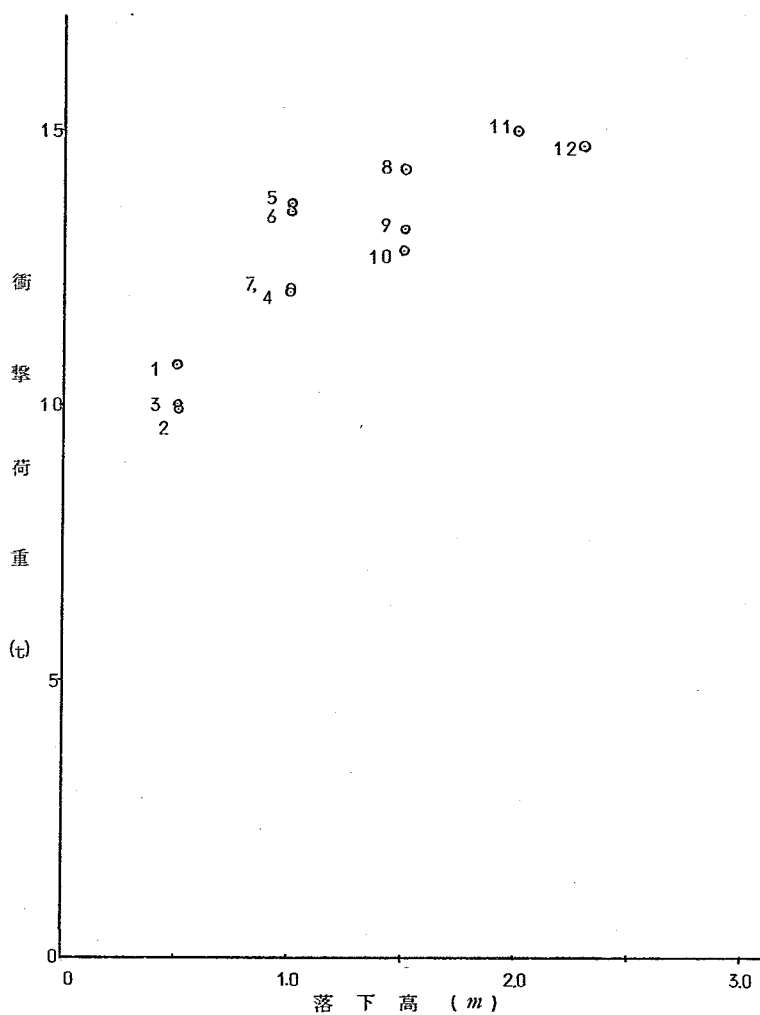
No	落 錘 重 量(kg)	落下高 (m)	オシロの記録		換算最大 荷重 (t)	平 均 (t)	備 考
			基準波高 (cm)	最大波高 (cm)			
1	106.8	0.3	5.75	3.05	2.15	9.20	
2				3.06	2.20		
3			5.72	3.07	2.28		
4		0.5	5.75	3.46	10.58	11.35	
5				3.82	11.85		
6			5.72	3.74	11.63		
7		1.0	5.75	6.02	12.49	18.02	
8				5.73	18.48		
9			5.72	5.00	16.03		
10	63.4	0.5	6.30	2.28	5.78	5.16	
11				1.48	3.74		
12			5.70	2.12	5.98		
13		0.5	6.30	2.80	7.46	6.76	
14				1.70	4.52		
15			5.70	2.79	8.33		
16		1.0	6.30	3.35	9.18	9.36	
17				2.50	7.32		
18			5.70	3.72	11.60		
19		1.5	6.30	3.86	10.80	12.37	
20				3.48	10.77		
21			5.70	4.85	15.57		
22		2.0	6.30	6.21	18.26	14.96	
23				3.50	10.83		
24			5.70	4.92	15.82		
25		2.4	5.19	3.40	11.66	14.75	
26				4.25	13.46		
27			5.70	5.88	12.17		
28	48.0	0.3	5.97	1.38	3.17	3.33	
29				1.50	3.58		
30			5.80	1.36	3.25		
31		0.5	5.97	2.19	5.89	5.46	
32				2.14	5.72		
33				1.82	4.83		
34			5.80	1.98	5.38		

No	落 錘 重 (kg)	落下高 (m)	オシロの記録		換 算 最大荷重 (t)	平 均 (t)	備 考
			基準波高 (cm)	最大波高 (cm)			
35	48.0	1.0	5.97	3.13	9.05	8.84	
36				2.72	7.66		
37			5.80	3.27	9.83		
38		1.5	5.97	3.75	11.12	10.86	
39				4.33	13.62		
40			5.80	2.70	7.88		
41		2.0	5.97	4.26	12.82	11.77	
42				4.46	13.49		
43			5.80	3.04	9.03		
44		2.5	5.97	4.81	14.66	13.57	
45				4.40	13.29		
46			5.80	4.13	12.80		
47	28.6	0.3	6.59	0.60	0.37	1.43	
48				1.20	2.18		
49				1.05	1.74		
50		0.5	6.59	0.90	1.28	2.70	
51				1.60	3.42		
52				1.60	3.40		
53		1.0	6.59	2.42	5.89	5.49	
54				2.30	5.52		
55				2.15	5.08		
56		1.5	6.59	2.40	5.83	7.06	
57				2.98	7.60		
58				2.99	7.78		
59		2.0	6.59	3.99	10.66	9.50	
60				2.90	7.35		
61				3.95	10.53		
62		2.5	6.59	4.40	11.91	10.68	
63				3.50	9.17		
64				4.10	11.00		

(注) 最大波高からの荷重換算は、次式により修正波高を求め、
図-3.5の較正曲線を用いて算出した。

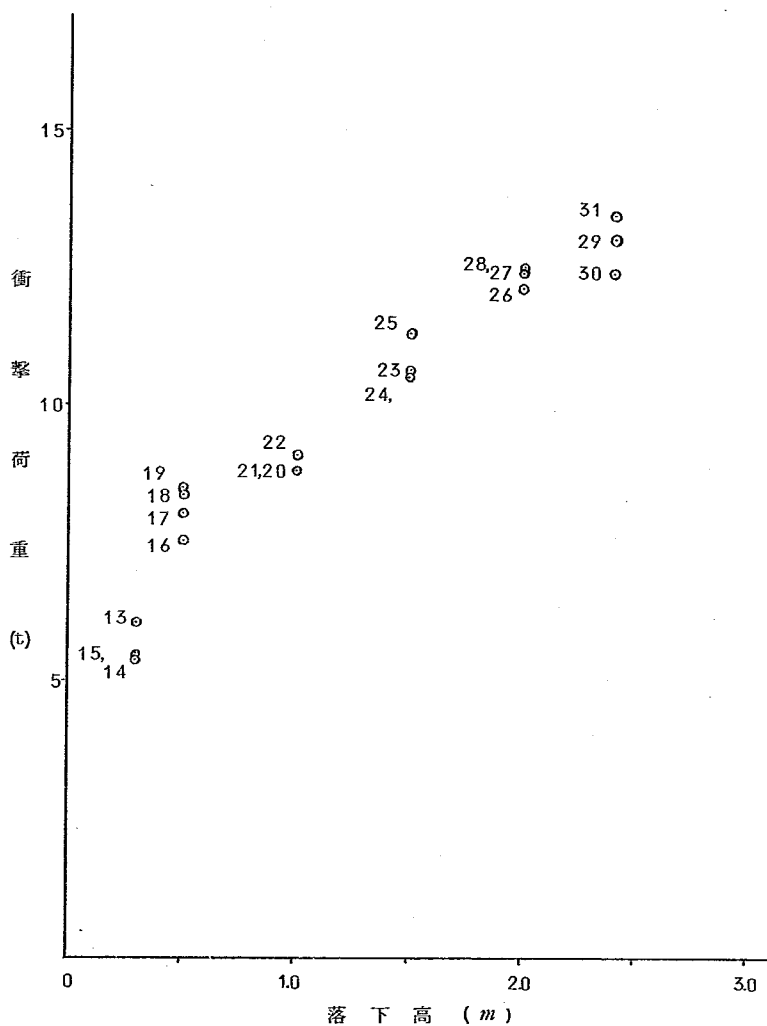
$$\text{修正波高} = \frac{\text{較正時基準波高}}{\text{実測時基準波高}} \times \text{実測最大波高}$$

ただし、今回の試験では、較正時基準波高二13.0cm



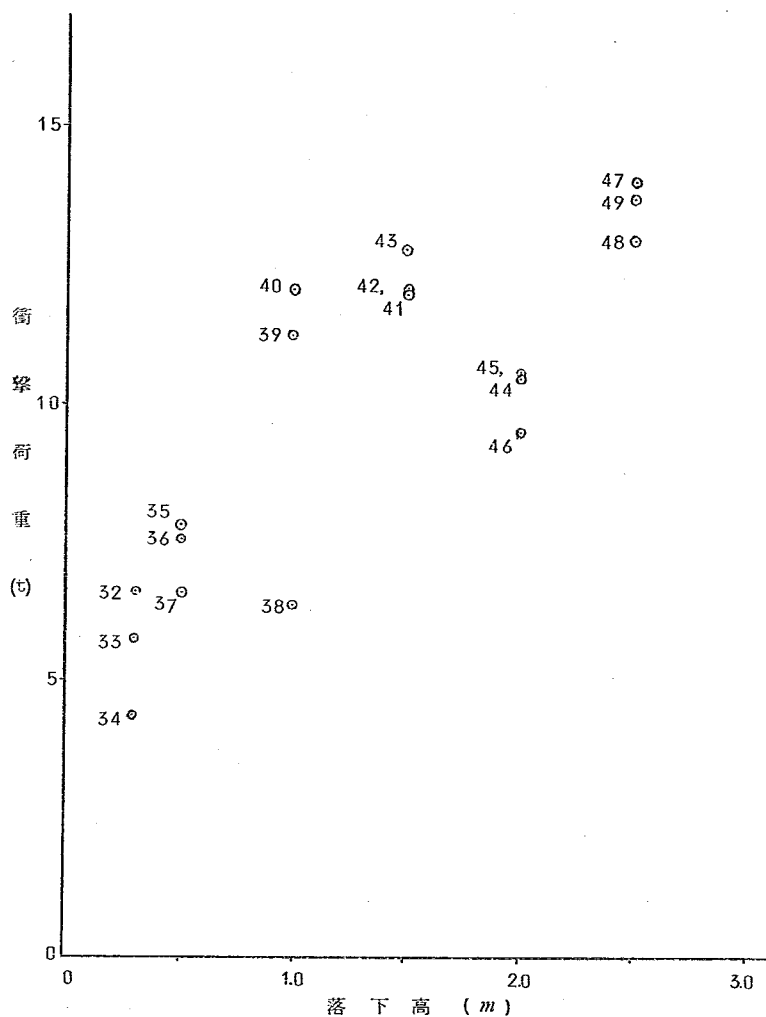
(圖—3—4 試驗結果 (圧痕計))

(a) 落錘重量 152.3 kg



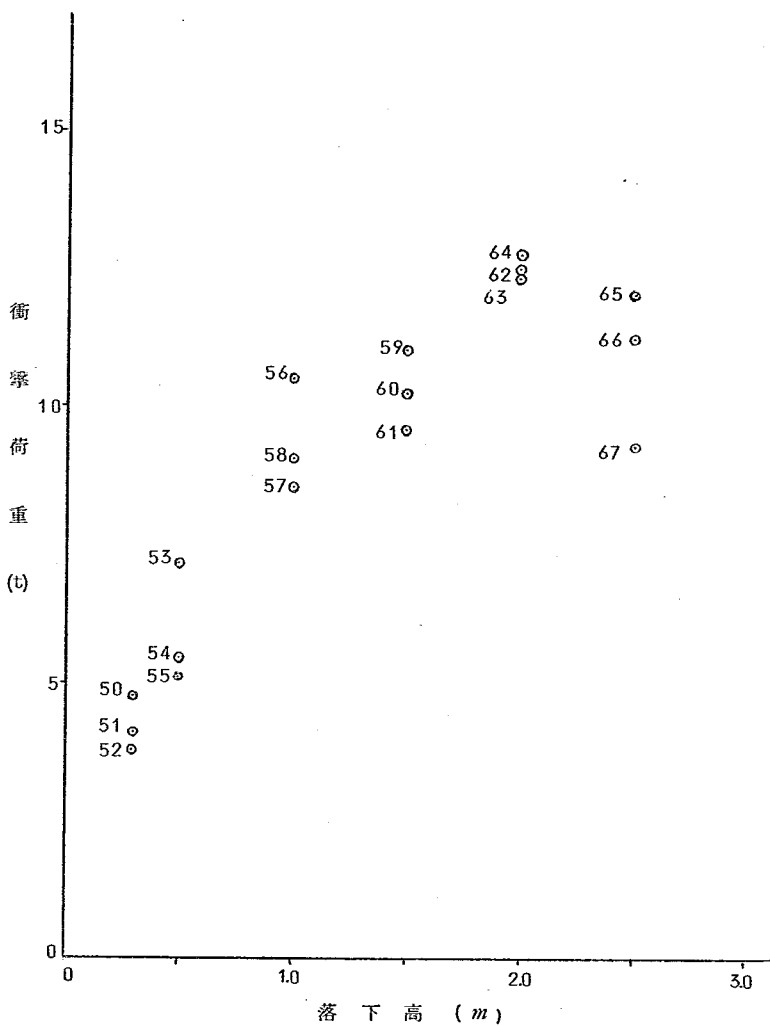
試驗結果 (压痕計)

(b) 落錘重量 10, 6, 8 kg



試驗結果 (圧痕計)

(c) 落錘重量 63.4 kg



試驗結果 (圧痕計)

(d) 落錘重量 48.0 kg

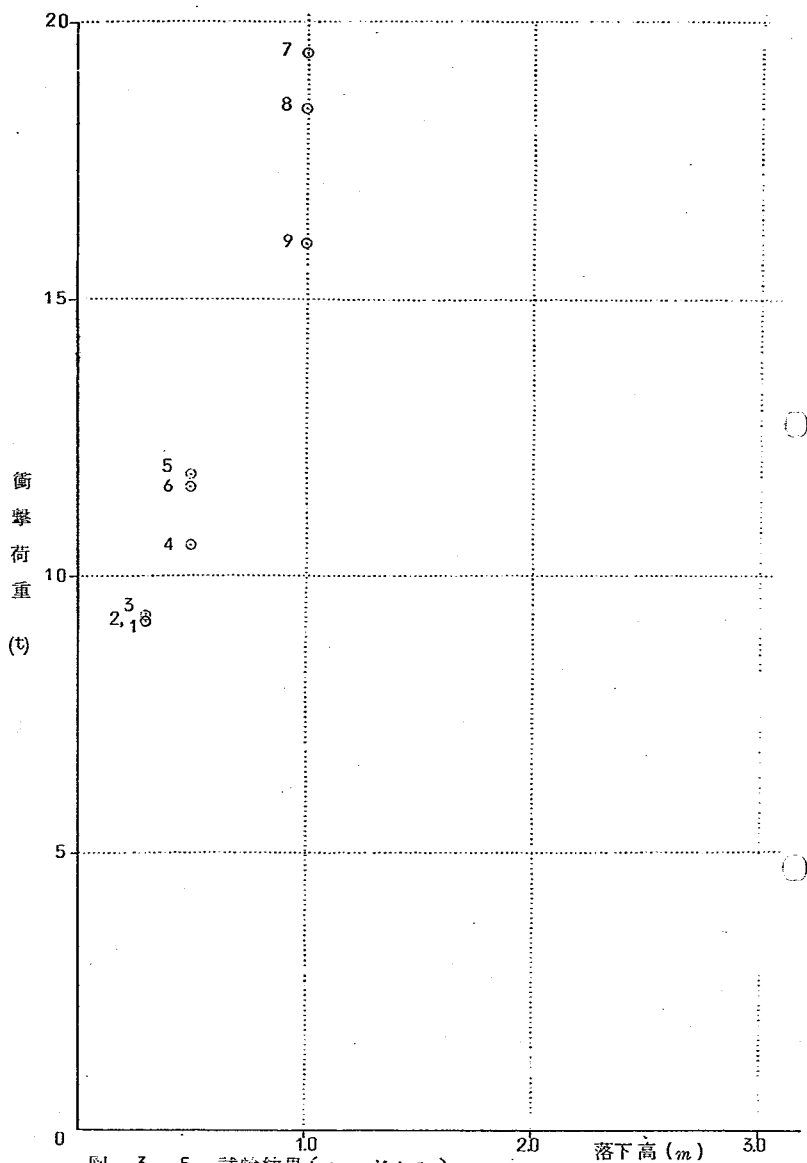
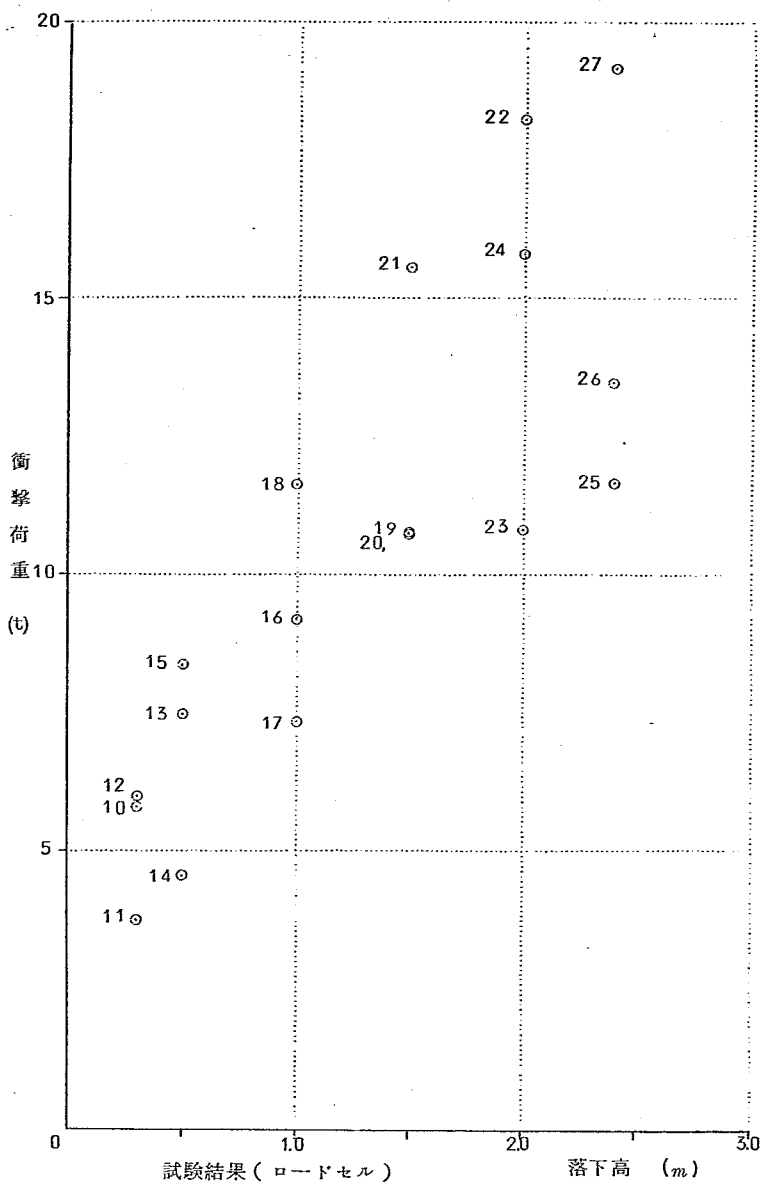
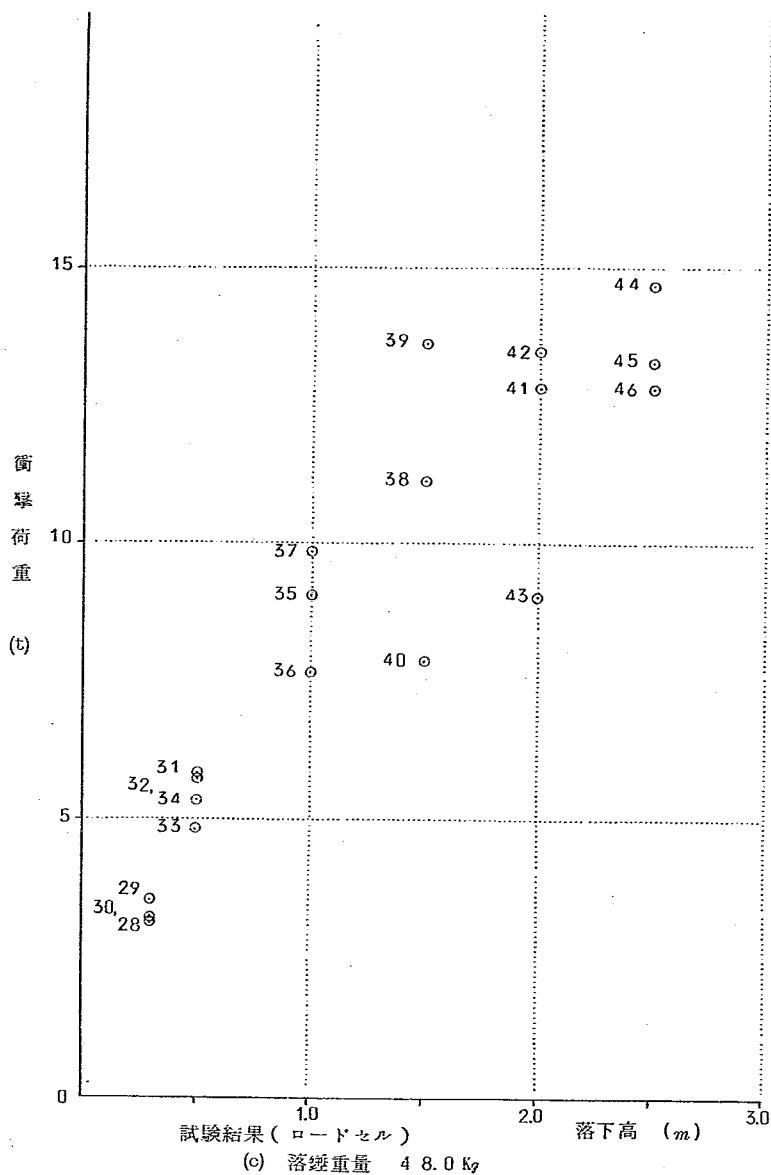
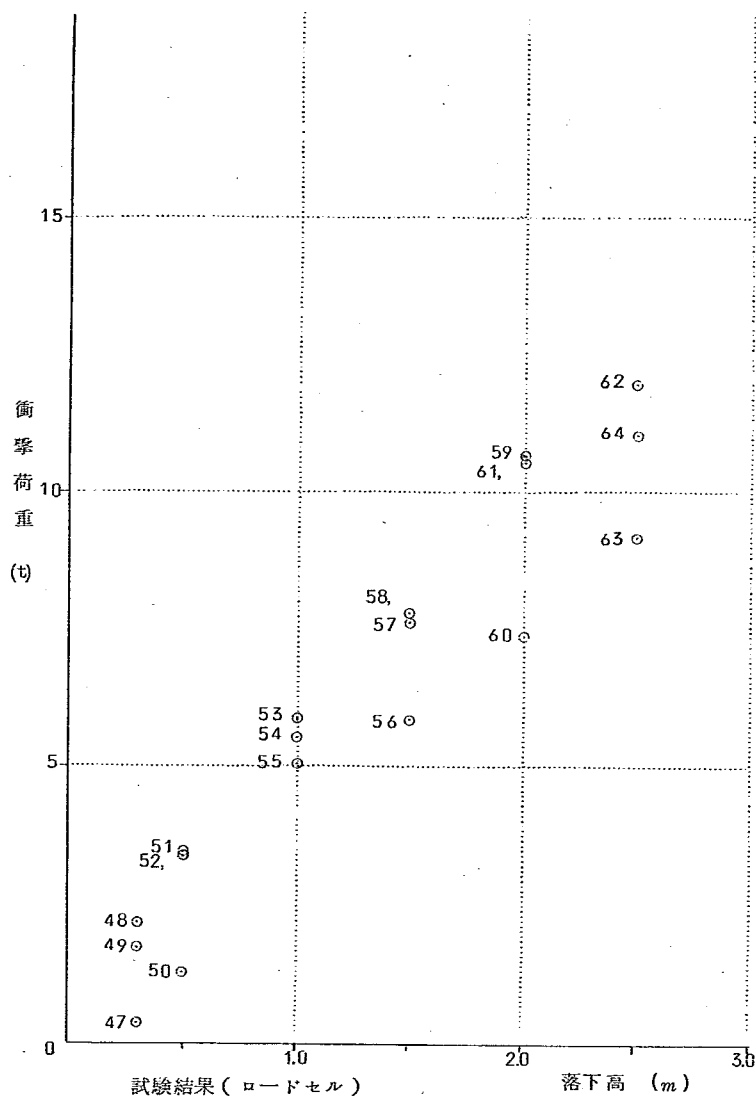


図-3-5 試験結果 (ロードセル)

(a) 落錐重量 106.8 kg







(d) 落錐重量 28.6 kg

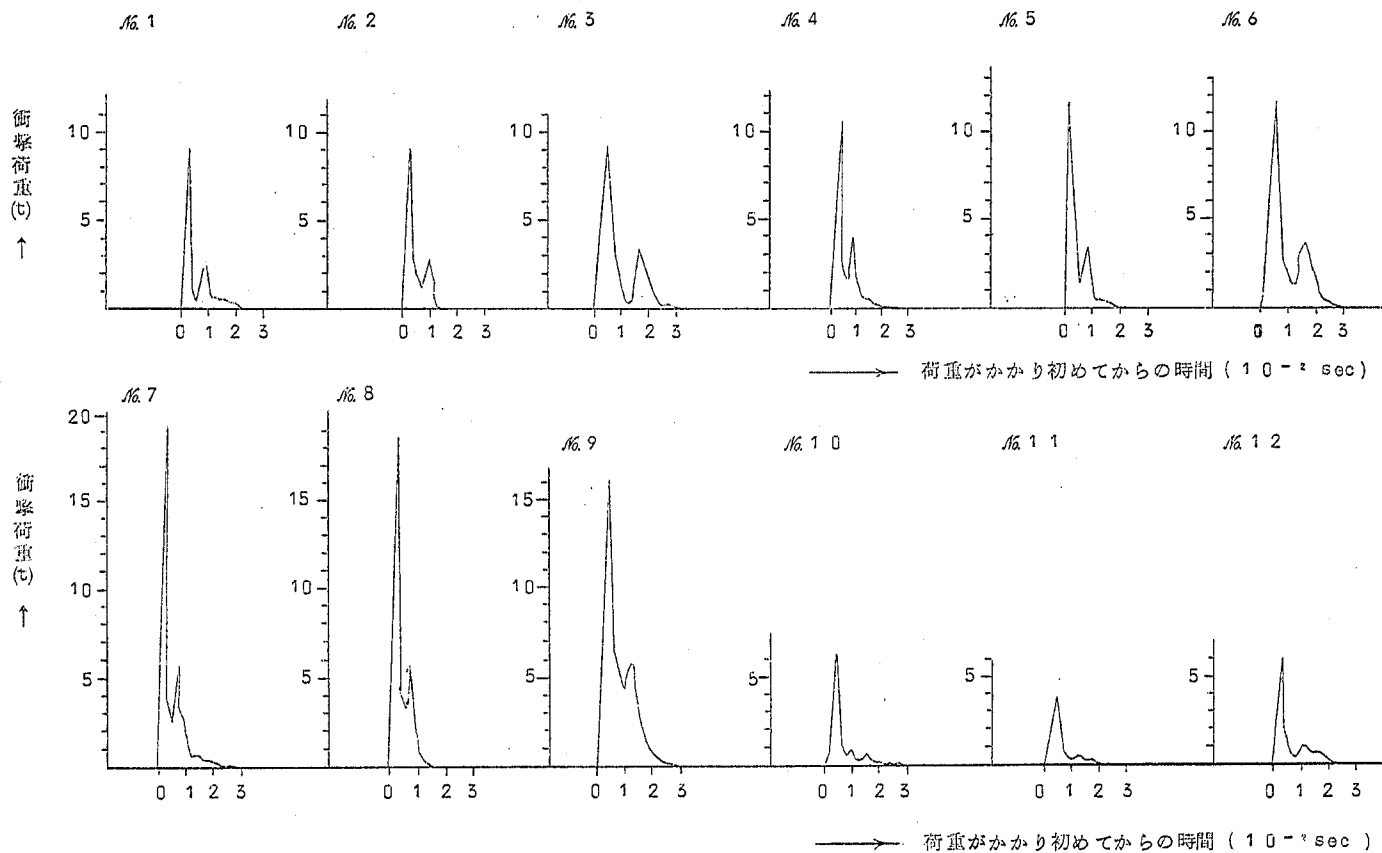
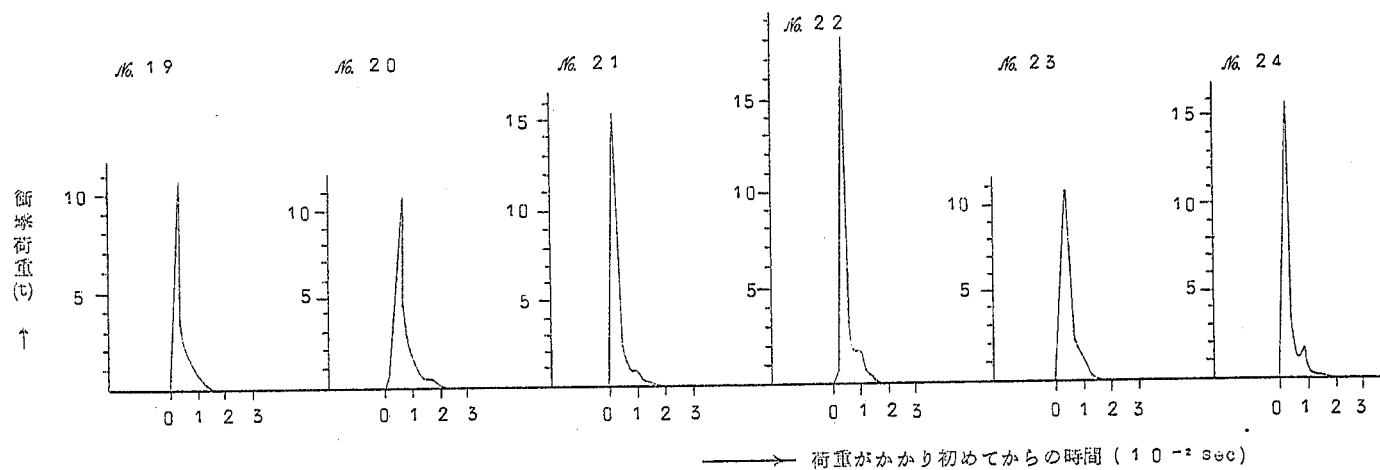
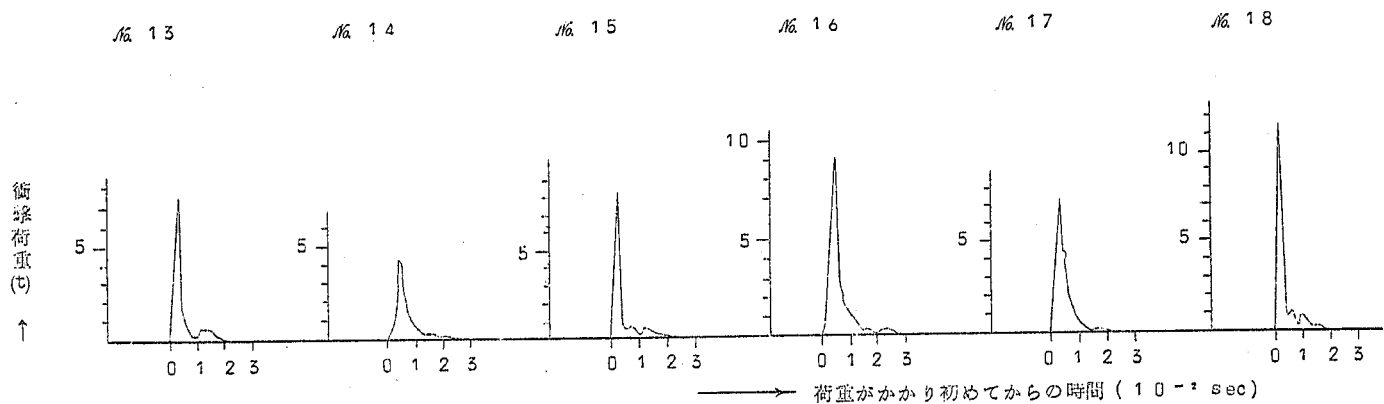
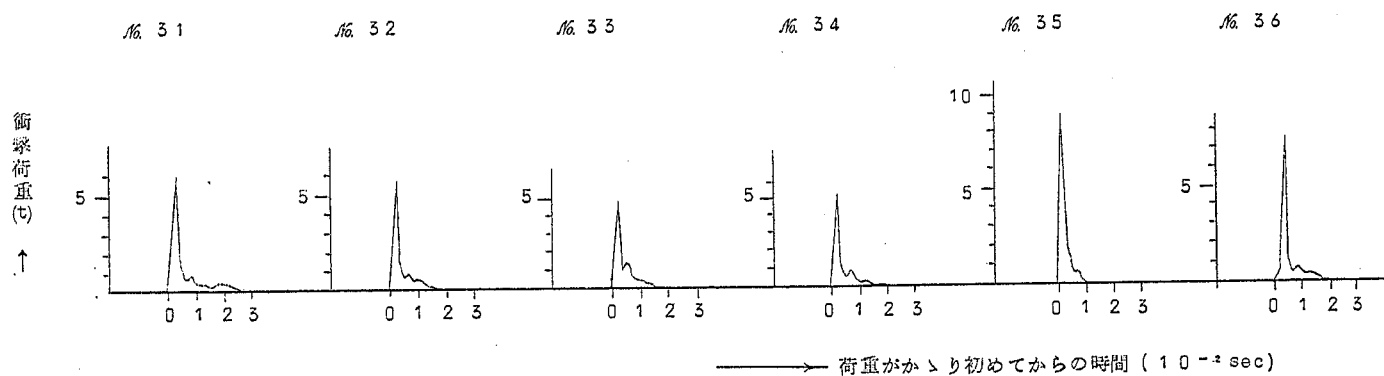
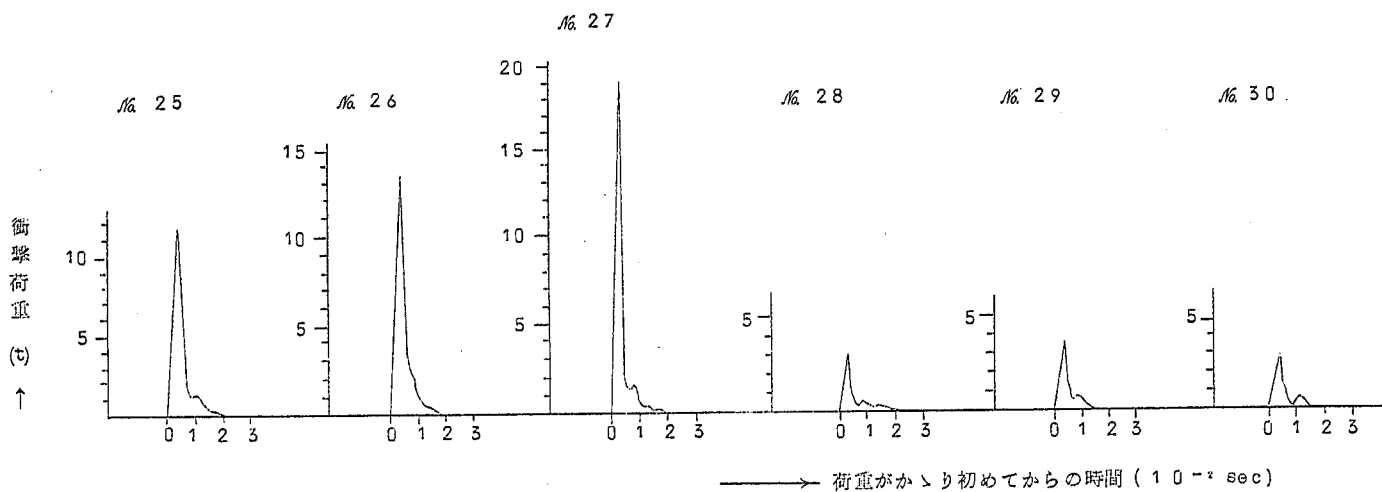
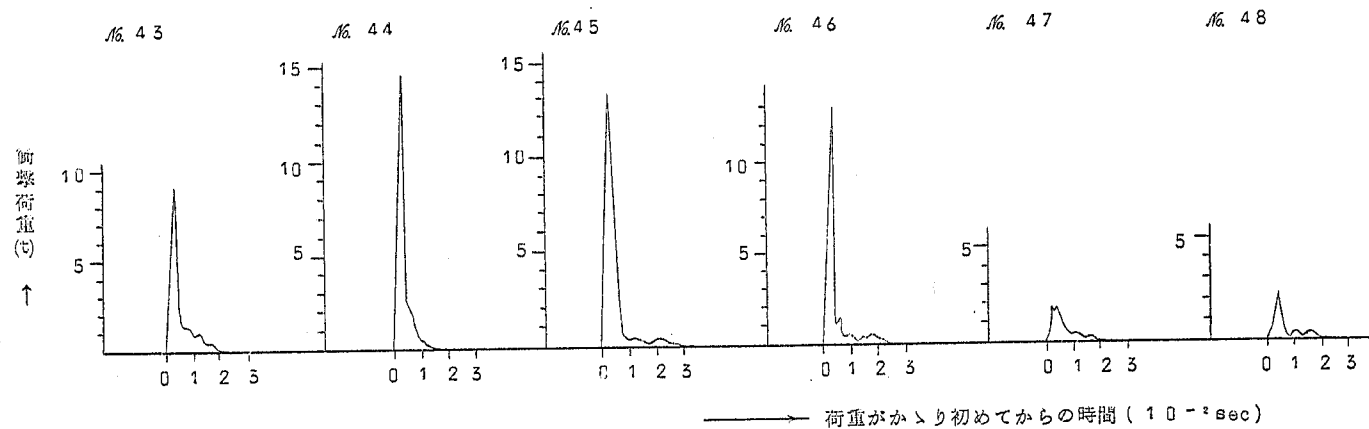
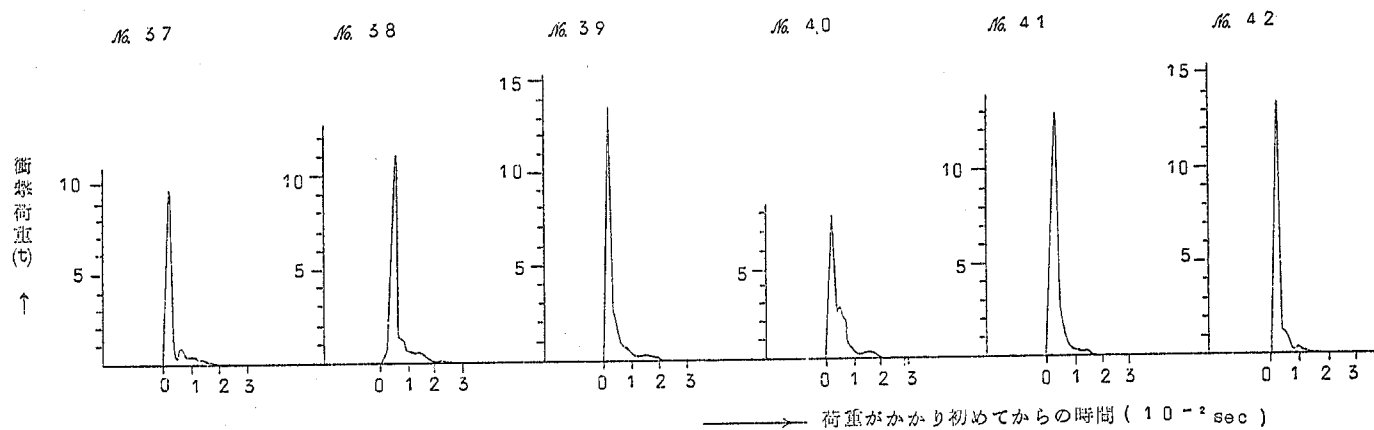
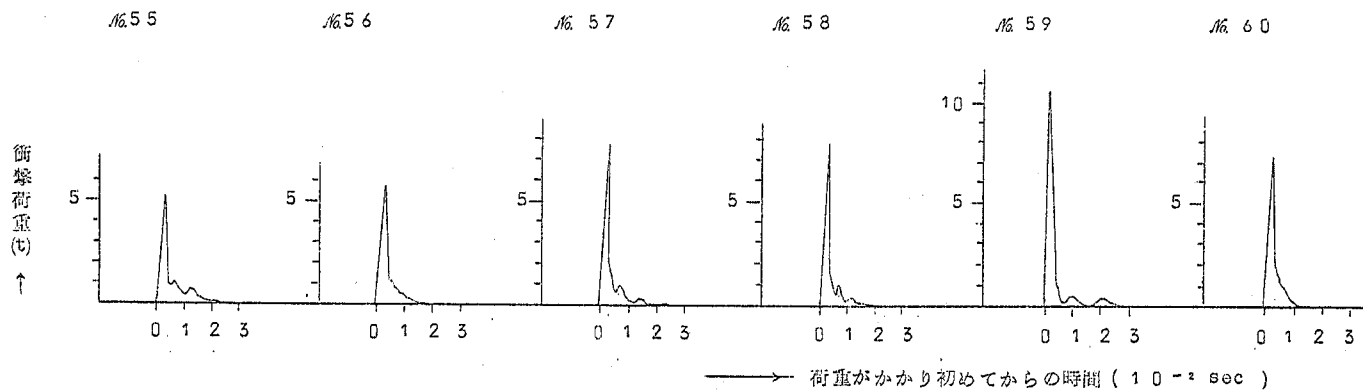
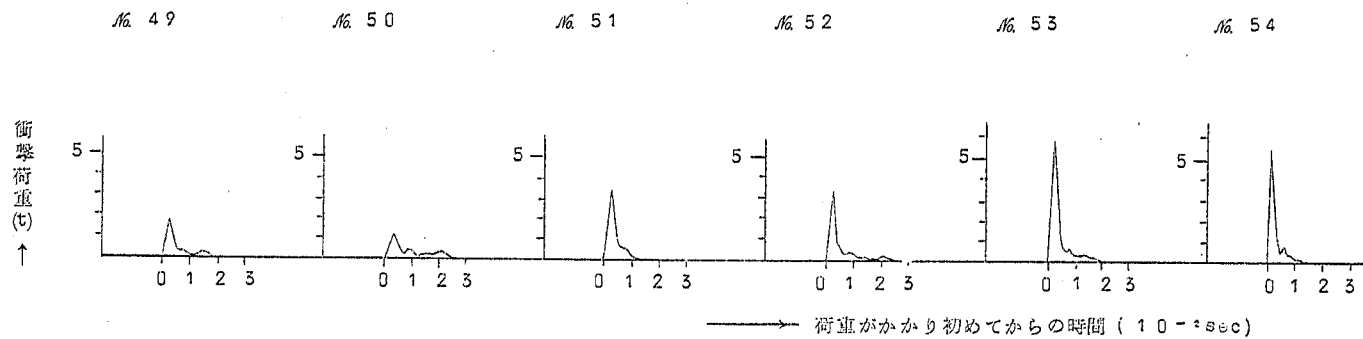


図-3-6 ロードセルの衝撃荷重測定結果

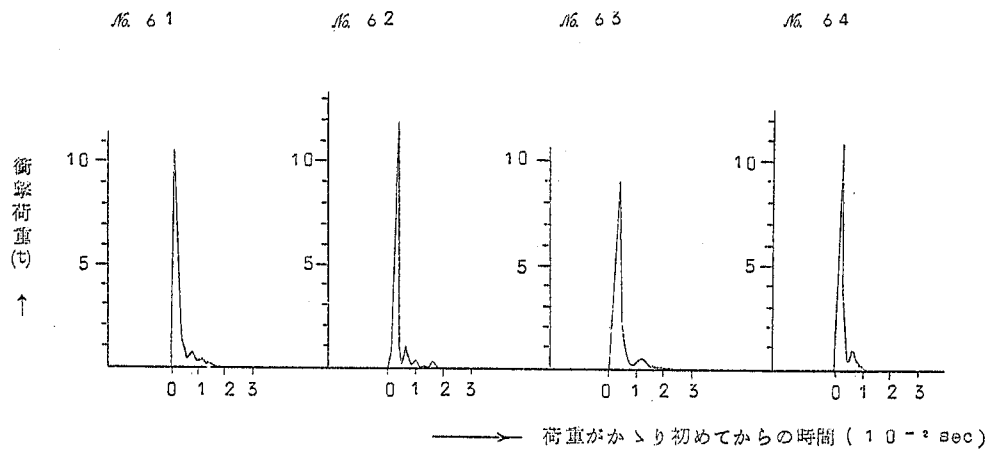








—55—



3-4 考 察

図-3-4及び図-3-5に見るように、圧痕計、ロードセルの何れの場合とも、各観測値はかなり大きくばらついている。この理由は、落錘のガイド用アングルを納める溝の巾が、20mmもあったため、落錘がロードセル、または圧痕計に偏心して作用したり、落下中にガイドアングルと不規則な摩擦を発生したためと思われる。

図-3-7は、著しくかけはなれた測定値はカットして、整理した結果の傾向線で、圧痕計の場合、落錘重量が増大するにつれて、落下高に対応する動荷重強度の増加は、減少する傾向がある。これは、コーンの貫入深がアルミ板厚に比べて、大きくなると、測定精度が落ちることを示しており、ロードセルとの対応からは、圧痕計での測定荷重強度10t以上の値には、殆んど信頼性がないことが判った。従って、こうした大きな動荷重を判定するための改良が今後必要である。

また、ロードセルによって記録された最大荷重の持続時間は、図-3-6に見るように、せいぜい $1 \sim 2 \times 10^{-2}$ 秒程度の瞬発的なもので、こうした大きな衝撃力の発生をなくすためのクッションの重要性をはっきり示している。

表-3-3は、落下高ごとの最大衝撃力の倍率を示したものである。この試験の場合、21mm厚程度の木材(ラワン)クッションでは、落下高1mで、静荷重の約150~190倍の衝撃力を発生することが判明した。

表-3-3 静荷重と動荷重の関係(ロードセルによる)

落下高(m) 落錘重量(kg)	0(静荷重)	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
28.6	1	50	94	192	247	332	373
48.0	1	69	114	184	226	245	283
63.4	1	81	107	148	195	236	238
106.8	1	86	106	169	—	—	—

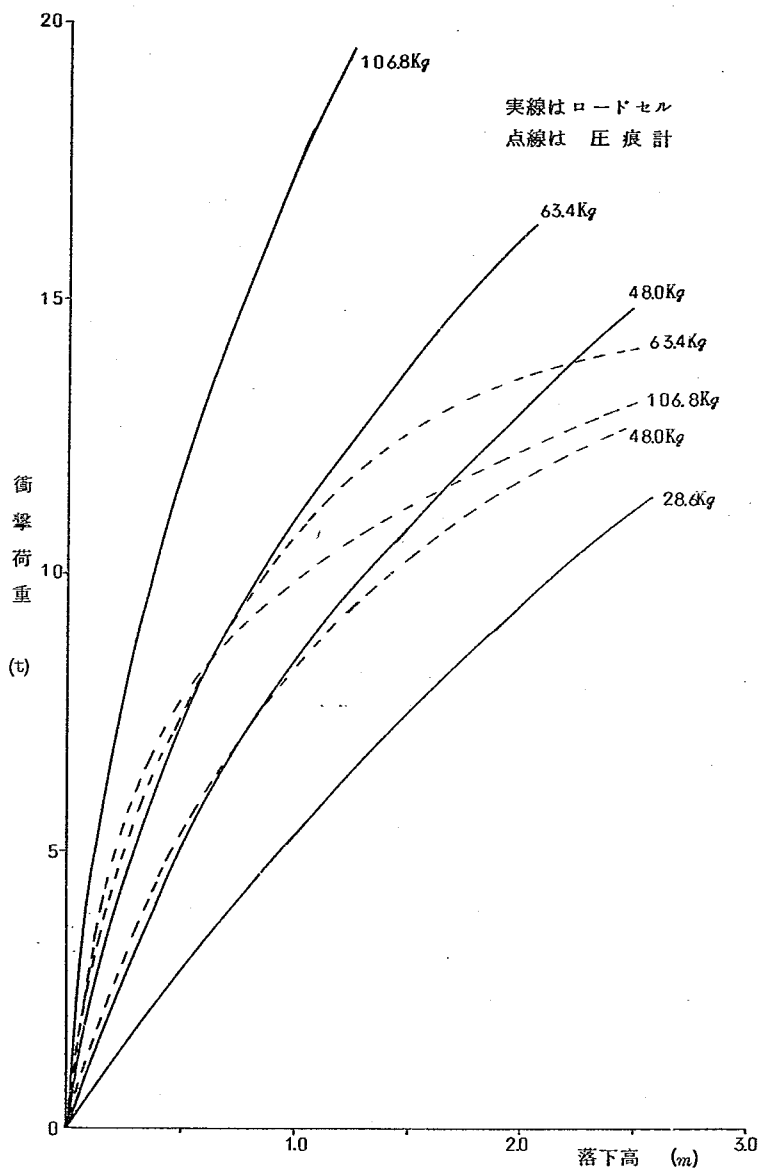


図-3-7 落錘の落下高と衝撃荷重との関係

スノーシェットの箇所選定と設計

(Snowshed Location and Design)

Reter. A. Schaerer

(村上良丸訳)

ASCE Transportation
Engineering Conference,
Minneapolis, Minnesota,
May 17-21, 1965

ま え が き

なだれ防御用のスノーシェッドの設計上考慮すべき要因 (factor) を論じ、
こうした要因についての知識をうるために必要な観測 (observation) の概
要をのべる。参考として、カナダ横断ハイウエー (Trans-Canada Highway)
の Rogers Pass でのスノーシェッドの設計とその実績をかゝげる。

P. A. Schaerer : カナダ, Ottawa の国立研究所 (National Research
Council) の建築物研究部門 (Division of Building
Research) の雪及び氷関係の研究官 (Research
Officer)

スノーシェッドは、なだれから交通機関をまもるために使われる方法の一つである。スノーシェッドは、滑落する雪が道路乃至鉄道を横切っていくように設計された屋根で、これによって交通を保護し、車道に深い雪だまりが出来るのを防ぐものである。なだれによって生じた雪は、非常に大きな重量になるので、スノーシェッドは、屋根よりむしろ橋梁並みに設計せねばならない。それ故、これは、道路の重要で金のかかる設備である。

スノーシェッドは、ヨーロッパでは、山岳路で長い間使われてきているものである。アルプス越えの路で、昔の小みち (pack trail) の代りに道路がつくられるようになった19世紀の始めに、はやくもスノーシェッドは、道路の主要部分 (integral part) となっていた。これらの古いシェッドは、木か石でつくられていた。スイスとイタリアの間のシンプロン路 (Simplon Pass) の石造アーチのスノーシェッドは、1801年から1805年にかけて、ナポレオンの指揮下につくられたもので、近代的なハイウエーに必要な、より広い構造物でおきかえたごく数年前まで使用されていた。北アメリカ大陸のハイウエーには、スノーシェッドは非常に少ないが、Sierra Nevada とか Cascade 及び Selkirk の諸山脈での鉄道は、教理にわたるスノーシェッドで保護されている。

昔の巾の狭い道路や、単線鉄道のシェッド (shed) は試行錯誤的なやり方 (trial-and-error) で設計されていた。作る時の荷重の推定は、全くの当てづっぽうであった。石造アーチのシェッドは、未知の大きな外力に十分耐えるものであったし、又、木造のシェッドは、それがこわれれば容易に、より強いビームに取りかえることができた。狭い古いシェッドは、相対的に見て、あまり高価ではない構造物であった。今日の近代的な、巾の広いハイウエーでは、大きくて、金のかかる構造物が必要であり、その箇所選定と設計は、細心な研究の下に行なわれねばならなくなっている。

1957年から1962年にかけて、カナダ横断ハイウエーのRogers越えの区間を、なだれが多いので有名な、険阻な Selkirk 山脈の中につくった。提案されたルート沿いに、なだれについての特別研究が、ハイウエーの施工に先立って行われ、最適な、そして、経済的な防護法が、なだれ発生箇所毎に採用された。(1) なだれ防護用として、9ヶ所にスノーシェッドがつくられた。

シェッドの箇所選定の研究や、それらの設計施工を通じて、又、出来上ってからの実績の観測から、多くの経験がえられた（2～6）。この経験は、米国やスイスやオーストリアや、その他の国で集積された経験と結び合わせて、スノーシェッドの設計上考慮すべき要因についての結論を引き出すことができるようになり、又、これらの要因についての必要な知識をうるための現場観測が出来た。これらの要因をのべるのが、この論文の目的であり、Rogers Pass地区のシェッドの施工と実績について、とくに論じて見ることにする。

なだれの特性

なだれの特性は、それがおこる時の環境とか、発生する地勢の特徴によって変化する。乾式なだれ（dry snow avalanche）は、普通、乾いた新しい雪の層が、古い堅固な雪の基層上を滑る時に生じる。このなだれには、一群の雪煙と疾風を伴う。これは100哩/時（160 Km/時）位のスピードになる。なだれが、断崖や非常に急峻な地勢の上を落ちる時、空中飛行の状態（airborne）になると、200哩/時（320 Km/時）のスピードにまで達することがある。この大スピードで動いている時の雪乃至空気のまじった雪は、非常な破壊力をもつものである。

湿式なだれ（wet snow avalanche）は、雪の崩落が、暖い気候、又は、雨に伴って直接おきる時とか、つもった雪が春とける際、凝集力を失う時に起るものである。湿式なだれは、乾式なだれよりスピードが遅く、70哩/時（110 Km/h）位までである。なだれが発生する表面積と、滑る不安定な雪の深さで、なだれの大きさがきまる。500万 yd^3 （350万 m^3 ）までのなだれが観測されている。スイスで1962年に発生した大きな単一なだれは、道路を2哩（3.2 Km）にわたって閉塞した。

スノーシェッドの適用

スノーシェッドは、非常に効率的で、安全な、なだれ防御物であるが、そのコストが高いという点で、特に、近代的なハイウエーに使う時には、他の防御法が実施出来ないか、又は満足な防護にならないような場所にのみ建設さるべきである。

与えられた地点に、シェッドをつくるべきか否かの決定は、次の事項を考慮した上で、始めてなさるべきである。

- a) なだれの発生頻度。
- b) なだれの大きさ、道路の上にたまる雪の量と、タイプ。
- c) その雪を除くために必要な時間。
- d) 交通密度 (density of traffic)。
- e) 交通遮断に許されうる時間の長さ。
- f) 所要安全度。

こうした事項に基く結論をうるには、数年間にわたってその場所のなだれの大きさと発生頻度を観測する必要がある。こうした観測から、たまった雪を除くのに必要な時間が推定出来る。それから、なだれの発生による交通遮断が、防御構造物をつくる費用を十分正当化するだけの意義をもつものであるかどうかを判定すべきである。

スノーシェッドによって得られる安全性を評価しようとする場合に、若干の難しさがある。冬、山岳道路での交通の平均速度を 40 哩/時 (64 km/h)、平均的ななだれの巾を 500 ft (150 m) と仮定すれば、1台の車は、8.5 秒間、なだれの危険にさらされることとなる。冬の平均日交通を 1000 台とすれば、車の平均間隔は 86 秒となる。1冬当り 1回、なだれが発生し、冬の 5ヶ月間に合計 150,000 台の車が通る場合、なだれにあたるチャンスは 1,500,000 分の 1 であり、これは 10 年に 1 度の確率である。この危険性は 100,000 台・哩当り 1 回の事故と、12,000,000 台・哩当り 1 人の死者があるハイウエーの事故率に比敵するものである。事故の頻度は、1冬当りのなだれの数と、交通の密度に応じて増加することは当然である。種々の国での実例では、他の防備方法が非実用的か、又は金がかかる時に、普通、主要なハイウエーの次のような箇所スノーシェッドをつくっていることが示されている。

- a) 最小 150 ft (45 m) の巾、3 ft (1 m) 以上の雪の堆積を生じようとなだれが、毎年、少くとも 1回、その道路上に及ぶような箇所。
- b) なだれが 3~5年に 1回おこって、道路上に深い雪の堆積を生じ、その除去に、12時間以上を要するような箇所。

かかる条件を満たす箇所は、道路上に沢山あり、しかも、防護が行なわれていない。しかしながら、交通がませば、道路当局は適切ななだれ防御物を考慮せざるを得なくなるであろう。

なだれの事故を検討して見ると、列車の方が、道路上の自動車より、なだれにあり率が多いことがわかる。列車の長さで低速のため、より長い間、なだれの危険にさらされており、交通密度は低いにもかかわらず、なだれにあり列車の確率は、道路上の自動車のそれに等しいか、むしろ高くなっている。又、走っている列車の振動が、なだれの誘因になる可能性があり、それ故、非常に危険をますことになる。これがスノーシエッドや、その他のなだれ防御物が、道路に対してよりも、鉄道に対して、一層重要になるという結論を出させる理由である。

落ちてくるなだれが、深い峡谷 (gully) のような、巾の狭い進路に限定されている場所では、スノーシエッドは、最も適切な防御物となる。かような場所では、シエッドは、短くてすむ。なだれが、山側の広範囲にわたって生じ、道路の長区間をおそうおそれがあるような場所は、一般に、スノーシエッドの選定箇所としては、好しくない。かかる場所に、シエッドをつくるとすれば、それは長くなり、金がかかる。したがって、詳細な検討を行った上で、もっと他の防御方法が、より経済的であるか否かを検討して決定すべきである (8)。同程度の安全性、又は、より大きな安全性を与える別な防御方法としては、なだれの発生地帯に設ける防御擁壁 (retaining barrier) だけである。スイスや、オーストリアの町や、鉄道や、道路は、多数の防御擁壁で防護されており、設計示方書が出来上っている (9)。発生地帯が小さければ、防御擁壁は、よりよい解決法となりうるであろう。又、それらは、道路の上や下の地域を防護するという長所もあり、視界をさまたげるような道路近傍の構造物となることもないし、後日の改良も困難ではない。

位置選定と設計

スノーシエッドの位置を選定し、設計に必要な知識をうるために、生じるなだれについて、次の情報を記録しておかねばならない。

a) なだれの特性。

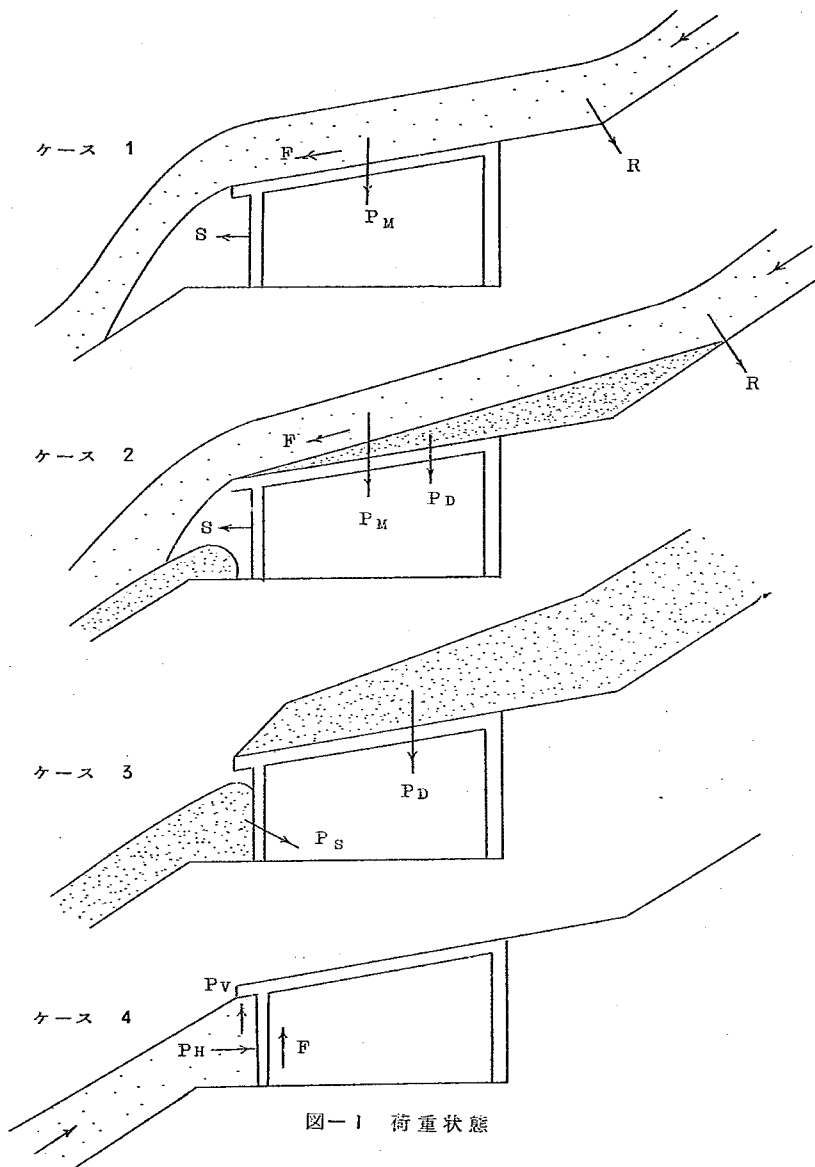
- b) 発生地帯の位置となだれ亀裂 (fracture) の性質。
- c) なだれ進路 (track) の位置と性質。
- d) 滑動する雪の軌跡の深さ。
- e) なだれが通った地帯の位置、特に道路上での巾、たまった雪の平均深さと最大深さ、及びなだれを生じた雪の特性。
- f) なだれの発達と発生に関連する気象条件。

この情報をうるための観測は、スノーシェッドがつくられる前に、出来るだけ多年にわたって行われるべきである。最も大事なことは、道路附近のなだれの巾の測量である。正確な測量に必要な基準点をなだれの進路側に設けねばならない (2)。

普通、観測はごく僅かな数冬分しか入手出来ず、なだれ活動の低い時のものであることが多いので、その地勢や、植物、即ち、なだれ進路の端に沿っての被害樹のひろがりを観察して、情報を補足し、最大の状態をうるようにせねばならない。

スノーシェッドは、なだれ箇所全巾をカバーするもので、おこる可能性のあるなだれ全てをコントロールするものでなければならない。費用がかかるといふ点で、スノーシェッドの位置選定と設計に責任をもつ技術者は、最小限度に長さを縮めようとするのが普通である。Rogers Pass やスイスでの経験では、こうした方針がとられると、シェッドは普通短くなりすぎることを示している。こうしたシェッドでは、非常に大きななだれは、すぐポータルに殺到し、内部に入り込む。そしてこの雪を取除くのは、困難で、費用がかかるものである。従って、なだれの起りうる広さを決めるには、慎重な配慮を払わねばならない。

スノーシェッドにかかる荷重は、Schaefer 氏 (2) や, Salm 及び Sommerhalder 氏 (7) によってのべられ、論じられている。以下は、シェッドの設計で考慮せねばならない荷重状態の要約で、その中のいくつかは、Rogers Pass で得られた経験に基いて、論評されている (図 1)。



荷重状態 1

なだれの主力は、屋根の上を滑り、自然につもっていた雪をとりはらう。次の荷重が同時にかかる。

最大動荷重…………… P_M

摩 擦 力…………… F

吸 引 力…………… S

地勢の凹凸によるなだれの垂直面

内の方向転換に基く動的な力…………… R

荷重状態 2

なだれの主力は、既にもっている古いなだれの雪の上を滑る。次の荷重が同時にかかる。

最大動荷重…………… P_M

古いなだれによって、既にもつ

ていた雪の荷重…………… P_D

摩 擦 力…………… F

吸 引 力…………… S

荷重状態 1のものよりは概して小

さい動的な力…………… R

荷重状態 3

起りうる最大回数のなだれが、シエッド上に雪をつみ上げる。次の荷重が同時にかかる。

つもった雪の重量…………… P_D

横につもった雪の圧力…………… P_S

つもった雪の滑動や、クリープによっても、力が生じる。これは、荷重状態 2で考慮した力の限界内にあるので、シエッドの設計に、これを考慮する必要はない。

荷重状態 4

谷の反対側からのなだれは、シエッドの側面に、衝撃圧 P_H と摩擦力 F 、及び屋根の突き出た部分に圧力 P_V をかける。

垂直動荷重は、推定するのが、非常に難しく、多くの場合、過去のなだれの大きさの観測と経験に基く良識的な推定によらざるを得ない。湿式なだれが、最高の荷重になる。かかるなだれは、10から25 ft (3 m~8 m) の深さを持ち、その雪の単位重量は、25~35 lb/ft³ (0.4~0.56 t/m³) になっている。乾式なだれは、もっと大きな深さになりうるが、動く雪の重さは、はるかに軽い。Rogers Pass のシェッド上で推定した動荷重は、300~700 lb/ft² (1.5 t/m²~3.4 t/m²) の間であった。

動いているなだれと、屋根、又は、つもった雪との間の摩擦係数については殆んど資料がない。最近数年間、スイスの雪となだれの研究所が測定を行っている(7)。これまでの結果や経験によれば、摩擦係数は、Rogers Pass のスノーシェッドや、スイスで最近つくられたシェッドに採用されている0.5の値より低いことを示している。

地形の凹凸による動的反力を予想する基礎に利用出来るような、直接観測に基いた資料は、まだ殆んどない。かような力は非常に高くなりうるので、各シェッドの後の背面勾配を、少なくとも50 ft (15 m) の距離だけは、シェッドの屋根と同じ傾斜にすることが得策である。動的な荷重の大半はこの区間で消失し、屋根には及ばないであろう。

なだれは、スノーシェッドより上方にベンチ (bench) があると、そのために空中にはね上がり、シェッド上におちて、垂直の動荷重を数倍にもするような力を生じることがしばしばある。これは、シェッドより上方にあるベンチや、岩塊を、なだれの進路から取除くことで防止せねばならない。

積雪垂直荷重は、なだれの通過地帯に、つくるシェッドの上では、特に高くなる。最大荷重は、シェッドがつくられる前に観測した雪の深さから推定せねばならないが、その際、シェッドや、ダムをつくることや、ベンチを取除くこと、更にハイウエーの勾配によるなだれ箇所の修正等を考慮に入れねばならない。

シェッド上にも雪の深さは、普通、小さななだれの起る箇所では、8 ft (2.5 m) 以上にはならない。しばしば、大きななだれが発生する箇所では、30 ft (9 m) までの深さを、道路用のスノーシェッド設計用に考慮せねばならない。なだれ時の雪の単位重量は、40 lb/ft³ (0.64 t/m³) と仮定せね

ばならない。

雪は、普通、シェッドの中の上に、山側の方の荷重が谷側の荷重より高くなるような梯形状につもる。Rogers Pass のスノーシェッドの設計用に採用された最高の荷重は、谷側で 500 lb/ft^2 (2.5 t/m^2)、山側で 1100 lb/ft^2 (5.4 t/m^2) であった。小さななだれがある所のシェッドは、 500 lb/ft^2 (1.5 t/m^2) の等分布荷重で設計した。こうした荷重は、1964~65年にかけての冬に生じた。即ち、この年は、しばしば、大きななだれの起った冬であった。

垂直動荷重、摩擦力、積雪荷重、及び動的な力は、シェッドの背後の裏込めにもかかる。そしてこれらは、擁壁の設計の際にも考慮せねばならない。

荷重状態 4 は、なだれが谷の反対側からくるような場所で考慮せねばならない。なだれは、空中飛行の状態になったり、又は、谷底に到達した時にも尚、他の側に上るだけの速度を有していたりする。1965年の1月に、Rogers Pass の Laurie のなだれは、 38° の斜面をのぼり、 6 ft (1.8 m) 厚の雪を、谷底から 160 ft (50 m) 上った所にあるハイウエーの上に積らせた。Lanark のなだれは、狭い峡谷の反対側にある鉄道のスノーシェッドに当ることがよくある。木製シェッドの区間は、1951年のこうしたなだれでこわされた。1964年12月には、別の大きななだれがスノーシェッドに当たった。雪のつもり方、及びこわれた厚板の寸法から、そのなだれは約 $1,200 \text{ lb/ft}^2$ (6 t/m^2) の衝撃力を生じたであろうと計算されている。

シェッドの上をなだれが通ると、シェッドの内側に、吸引力が生じる。シェッドや建物での観測では、この吸引力は小さいことを示している。そして、屋根の部材や、シェッド側面の板 (Plank) を、小さな浮揚力に耐えられるものにしておくことだけが必要である。落ちてくるなだれに先立つ圧力波や、その結果の吸引作用は、ルーズな雪をシェッド内に吹き込むような好しくない作用をし、非常に大吹雪と同じような内部状態を現出することになる。Rogers Pass でのスノーシェッドの構造設計についての詳細は、Foures (4) 及び McKenzie 氏 (5, 6) によってのべられている。

ダムの利用

なだれの巾は、なだれの方向と平行につくったダムによって規制出来る (図2)。

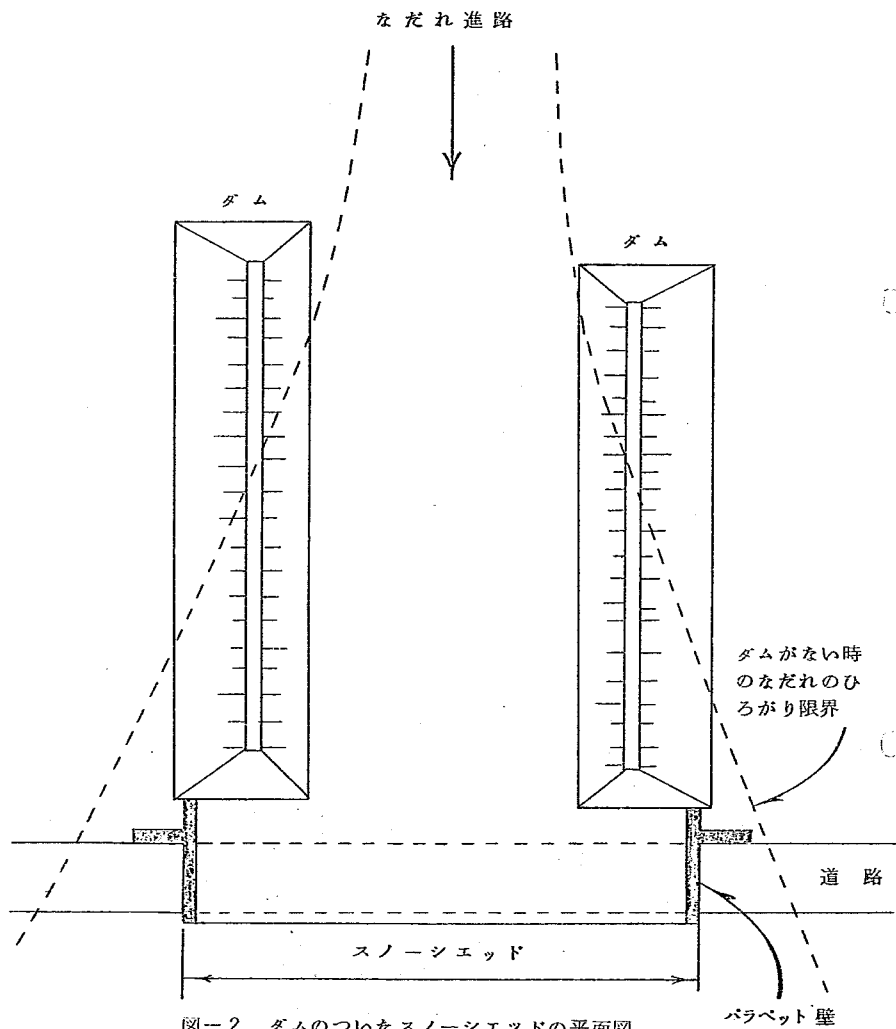


図-2 ダムのついたスノーシェッドの平面図

そのダムは、なだれの直接の通路を出来る限り小さくするようにして、しかも、なだれの自由な流れを十分許すだけの断面積がとれるような方法で設置せねばならない。このダムは、両側への拡散は規制するが、自然の通路巾はへらさないようにすべきである。じょうご状につぼまった、そして、なだれを広い面積から狭い流路 (channel) に導くようなダムは、推奨出来ない。かようなダムによってつくられた流路は、小さななだれでつもった雪によって、すぐ一杯になり、より大きななだれがきた時に、そのダムをこえて流れることになる。

ダムの高さは、一冬におこるなだれの回紮と大きさできまる。20 ft (6m) の高さが最少のようである。なだれの進路側に、コンクリートや、鋼材、又は、丸太材でつくった、垂直壁をおくのが最も効果的であるが、もっとやすくするという観点では、安定勾配を有する土堤が考えられる。

Rogers Pass のスノーシエッドの大半は、狭い岩場の下にある沖積層の扇状地の底近くにつくられていた。峡谷をはなれると、なだれは、目茶苦茶な進路を通して扇状地の上におちて来、横方向に相当な広さで拡散する。50% から65% の傾斜のある扇状地は、ブルドーザーでならして、土堤をつくるのに適していた。4箇所、中央部を掘削した土を、ハイウエーの盛土工事に使い、残った部分を65 ft (20m) までの深さのはっきりした流路にした。この深さとダムの中心間の巾350 ft (100m) は、きびしい冬に、15回から20回ものなだれが起るような箇所、雪が十分堆積出来るだけのスペースをとるために必要であった。

Rogers Pass では、ダムを採用することによって、スノーシエッドの長さを、ダムがなかった時に必要な長さの約70%までへらすことができた。ダムの費用を償って余りあるだけの節減が、シエッドの減少によってえられた。ダムの崩壊は、2箇所で見測された。1箇所は、最大なだれの寸法を過少評価していた。そしてなだれが、そのダムをのりこした。第2の箇所では、大きな乾式なだれが、沖積扇状地の上の崖で、空中飛行の状態になって、ダムの外側に連続して落下した。どちらの箇所も、シエッドを伸ばさねばならなかった。第3の場所では、ダムの外側の急斜面上にふった雪が、くずれて、丁度、スノーシエッドの前の道路上まで、滑りおちたのが観測された。ここではダムは、なだれを防ぐ役割の代りに、なだれをおこす原因になった。しかしながら、こ

のなだれの雪は、道路のごく一部を掩っただけで、短時間でとりのぞかれた。

なだれの拡散をへらすためのダムは、ポータル上のバラベツ壁の形で、スノーシエツドの上までのばさねばならない。1959年にRogers Pass用のシエツドを設計した時は、そのシエツドを、後日、伸ばす必要があるかもしれないので、バラベツ壁はつくらないことにしていた。シエツドをつくってからの経験では、バラベツ壁は、大半の箇所に必要であることが分つた。殊に、毎年1回以上なだれが起るような箇所で、そうである。この必要性は、Ianarkのスノーシエツドの中央につもった深い雪が割れて生じた湿つた雪の大きななだれが、両ポータルに向つて進み、端をのりこえて、道路上にまで落ちた時にはつきりした。1025ft(300m)の長さのシエツドの両入口が、完全に塞がれた。ここには、後日25ft(7m)の高さのバラベツ壁がつくられた。

高いダムを採用している箇所では、上にあるそのダムと同じ高さのバラベツ壁をつくることは最も困難である。図-2に示すように、この壁は横にはみ出す余分ななだれだけを制御するのに必要な所まで、後退させてセツトすべきであろう。その場合には、10ftから20ft(3mから6m)の高さがあれば十分である。

道路や、スノーシエツドや、ダムは、なだれ進路の縦断や巾を変え、速度や深さ、更にはなだれが止る場所にも影響を与える。シエツドをつくる前に行った観測を使って、なだれの動きを求めるには、経験と想定が必要である。必要な野外観測に、時間と努力を注ぐことと、ダムの採用によって得られる利点の検討が、建設費と冬の維持費の節減に、十分役立つものである。

排水

排水はスノーシエツドにとって大変重要であり、続いて考慮せねばならないものである。

屋根の勾配

屋根板は、とけた水が、なだれ堆積物の下をくぐつて、流れ去れるだけの勾配を、谷側に向つて有するものでなければならない。勾配は最小1:12が必要

要である。この勾配は、屋根板が、土で掩われている場合でも必要である。

屋根の水密性

高品位のコンクリート版なら、特別な処理は普通必要でない。なだれが岩屑を運んでくるような場所とか、岩の滑落が起るような箇所では、土の層で屋根を掩うことが有利である。アスファルト系の被覆を、土をおく前にやる必要がある。継目は、最上級の材料で、最良の方法でシールせねばならない。というのは継目からもれる水は、それが殆んど予期されないような場所でも、道路上に氷を張らせることになるからである。継目は、何回にもわたって、凍結—融解の周期にさらされる。従ってこの作用に抵抗出来るように設計せねばならない。

擁壁の排水

擁壁の裏側の土砂は、起りうる凍害の深さを考慮して、適切に排水せねばならない。雪がとけると、大量の浸出水が出、従って排水管は、大きなものとならざるをえない。

表面水

小さな水みちは、溝を切ることで、遮断したり、横の方へ切りかえたり、スノーシエッドの下の暗渠に入れたりすることができる。しかしながら、暗渠は凍結を生じないだけの深さの所に設置せねばならない。小さなクリーク (creek) 位の大きさで、1年中絶えず流れている大きな水みちは、特別な流路をつくって、スノーシエッド上をこさせるのがよい。かかる流路は、亦カルバートを埋めてしまうような、岩やその他の岩屑も通すものである。

照明

道路用スノーシエッドの内部の見え方が、重要な問題になることがある。谷側が開けている場合には十分な採光が期待出来るが、これはなだれの雪が積らない狭い路肩の、急な山腹斜面にスノーシエッドを設けるような箇所だけにしか可能でない。しかしながら、大半のスノーシエッドは平坦ななだれ進路につ

くられ、そこでは、堆積した雪が、シェッドを完全に埋めてしまう。こうしたスノーシェッドの側面は、雪が道路の上に吹き戻らないようにするため、軽い板や、金網で塞がねばならないし、又、谷の反対側から、大きななだれがくるような区間では、堅固な壁で塞がねばならない。

完全に塞がれたシェッド内や、雪に埋ったシェッド内の状態は、トンネルのそれと同じである。運転者は、雪で一層強められた日光の明るさの中で運転してきて、暗い通路に入ると、数秒間は盲目状態になる。この危険な状態を満足に打開する唯一の可能な方法は、人工照明であると思われるが、スノーシェッドをつくらねばならないような地域には、必ずしも、何時も電気がきているとは限らないので、この設置は難しくなる。Rogers pass のスノーシェッドには木板が備えてある。夏には、この板を取除くことで、見え方を改善している。

材 料

スノーシェッドは、コンクリートや、鉄、木、又はこれらの材料の組合せてつくられる。各場合に使用すべき材料の型式は、経済的考慮で決定すべきである。道路用スノーシェッドでは、殆んど大半がコンクリートを使っており、Rogers Pass では、最も経済的な建築材料になっていた。長いスノーシェッドでは、同じ型式の構造部材が何度も出てくるので、屋根の梁や、柱や、板の既製品を利用することが出来る。鉄道用の狭いシェッドや、鉱山や、工事現場への取付路用の狭いシェッドには、木材が最も経済的のようである。

スノーシェッドは、背面壁と柱で支持された、平坦な屋根のある普通の型式にする必要はなく、トンネルのようにすることも出来る。1940年にスイスの Oberalp Pass につくられたシェッドの型式は、むしろ非慣用型のものであった。鉄道線は、冬の間、普通閉鎖されていたが、国防上の目的で開いておかねばならなくなった。雪塊で雪小屋状につくった仮設的なアーチ状のスノーシェッドをつくることになった。このスノーシェッドは、多数の小さななだれに対して、この箇所では適切な防護工となりえた。恒久的なスノーシェッドが、後日そこにつくられた。

その他の経験

Rogers Pass の Tupper 山地区のスノーシェッドは、道路方向に吹く強

い風にさらされている。この風は、ルーズな雪の約半分をシェッド上から吹落し、ポータルの上端に雪庇をつくり、下の道路上に雪を積らせた。雪庇は、それが道路上に落ちる時には、危険があるので、毎月2回、取払わねばならなかった。今では雪庇の発生は、スノーシェッドのポータル上に、5 ft (1.5 m) のばした片持屋根で防がれている。飛雪は道路上の視距を減少し、除去すべき雪を増すことになる。除雪作業は、シェッドの前では翼壁の所のスペースが減っているため困難がます。除雪機のブラウ (plow) はスノーシェッドの入口付近では、かえって厄介なしろものとなる。というのは、普通のスキ取り作業では、雪をシェッド内に運び込むことになるからである。この雪は、後日、舗装上に氷をつくることとなるが、これを取除くのは、かなり難しい。勿論、垂直なバラベット壁は、吹き寄せ現象 (drifting) や、雪の吹き寄せに関係する問題を減少させるものである。

費用が高いことと、北アメリカではスノーシェッドについての経験が殆んどなかったことのため、Rogers Pass のスノーシェッドは、後日延長出来るようにして、短か目につくった。この方針は、結果として、100 ft から 275 ft (30 m ~ 80 m) のオープンスペースのある多数の短いシェッドをつくることとなった。このシェッド間のオープンスペースは、見え方を改善するとも考えられた。しかしながら、ポータルの近くで、雪を取除くことの困難さと、明るい所から暗い所へ、何度も出入する危険な変化をさせるため、連続した1つのスノーシェッドの方が、中間に短いオープンスペースをもつ多数の短いスノーシェッドよりむしろ推奨出来る。連続したシェッドは、亦、背面の傾斜からの滑動を、シェッドと予想外の進路をとるなだれとの間でコントロールする長所をもっている。

要 約

スノーシェッドを設置し、設計荷重をきめるために、とらねばならない手順の要約は、次の通りである。

1. 提案された箇所でのなだれ全部を、数年間に亘って測定すること。
2. スノーシェッドより上方に、スムーズな縦断がとれるように、又予め決めた通路内になだれが納まるように、地形の改良を考慮すること。

3. スノーシェッド上でのなだれの拡散を推定し、スノーシェッドのポータルに、バラベツ壁を設けること。
4. シェッドが短区間に分れている時は、それらを連結することを考慮すること。
5. なだれの最大深と、動荷重を推定すること。
6. 積った雪の性質と最大積雪荷重を推定すること。
7. なだれが谷の向う側からくる危険性の検討。
8. 荷重状態と荷重の決定。
9. 雪を道路に落すなだれを発生させるような可能性のある不規則ななだれ進路のことを考え、後日必要な改良が出来るように考えておくこと。

結 論

結論として、なだれ防御工を必要とする箇所での適切な準備観測の重要性は、いくら強張してもしすぎることはない。こうした観測からえられる情報は、設計目的のために必要であり、更に、こうした観測を行うために必要な金と時間の投資を、十分に償うだけの節約が期待出来るものである。なだれ防御工の設計責任を有する技術者は、なだれは、その大きさや、型式や、予想外のコースやらで、常規を逸した現象をよく起すことを常に心にためておかねばならない。それで、なだれ防御工の計画と設計には、未知の事態に対する余裕をとっておかねばならない。

謝 意

Rogers Pass でのスノーシェッドの設置箇所の選定作業と設計は、G. T. Clarke 主任技師の下で、カナダの公共事業局の開発技術課で行った。筆者はこの局の方々に、野外観測と設計勧告に当って、非常によく協力して頂いたことに謝意をのべたいと思う。建設後のなだれ防御工の検討を可能にしてくれた北部地方国家資源局の国立公園課 (National parks Branch, Department of Northern Affairs and National Resources) の主事、J. B. R. Coleman 氏に謝意を表する。Rogers Pass のスノーシェッドの位置選定と設計上では、スイスの雪及びなだれの国立研究所の主事 M. R. de Quervain

博士の御援助に謝意を表する。これは、カナダの国立研究委員会の建築研究部門からの助成金をうけており、その部門の責任者の承認をえて、出版されている。

参 考 文 献

1. Schaerer, P. A. Planning Avalanche Defence Works for the Trans-Canada Highway at Rogers Pass, B. C. The Engineering Journal, Vol. 45, No. 3, March 1962, p. 31 - 38 (Reprinted as NRC 6732).
2. Schaerer, P. A. Avalanche Defences for the Trans-Canada Highway at Rogers Pass. National Research Council, Division of Building Research, Ottawa. November 1962, NRC 7020.
3. Millar, H. M. Avalanche Control, Trans-Canada Highway, Glacier National Park. Proceedings, 42nd Convention of the Canadian Good Roads Association, Banff, 1961.
4. Foures, G. H. Ultimate Strength Method Cuts Snow Shed Cost. Engineering and Contract Record, Vol. 76, No. 4, April 1963, p. 58 - 61.
5. McKenzie, W. C. Avalanche Sheds in Rogers Pass. The B. C. Professional Engineer, Vol. II, No. 10, October 1960, p. 15 - 20.
6. McKenzie, W. C. and G. Woodburn - Design Aspects of Rogers Pass B. C. Avalanche Sheds. The Consulting Engineer, London, November 1960, p. 603-606.

7. Salm, B. and E. Sommerhalder. Beanspruchung von Lawenschutzgalerien durch Schnee (Snow Pressure on Avalanche Protection Sheds). In Lawinensicherung von Alpenstrassen (Avalanche Protection of Alpine Roads). Strasse und Verkehr, Vol. 50, No. 1, 17 January 1964. Zürich, p. 10-16.
8. Frutiger, H. Stützerbau im Anbruchgebiet (Retaining Barriers in the Starting Zone). p. 6 - 8 and Frutiger, H. and M. de Quervain. Stützverbau oder Galerie? (Retaining Barrier or Snowshed?). p. 17-19. In Lawinensicherung von Alpenstrassen (Avalanche Protection of Alpine Roads). Strasse und Verkehr, Vol. 50, No. 1, 17 January 1964, Zürich.
9. Avalanche Control in the Starting Zone (Translation of Swiss guidelines). Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Fort Collins, Colorado, Station Paper No. 71, September 1962.