

目

次

第 1. まえがき	1
第 2. 実験概要	2
2-1 実験場所	2
2-2 実験年月日および実験斜面の諸元	5
第 3. 測定項目及び方法	5
3-1 雪質調査	5
3-2 なだれの速度測定	7
3-3 流雪量測定	9
3-4 圧痕計による衝撃力測定	10
3-5 スノウシエッドにかかる衝撃力の測定	16
3-6 擁壁にかかる衝撃力および加速度の測定	18
第 4. 実験結果	20
4-1 土博人工なだれ実験	20
4-1-1 実験番号 J-1	20
4-2 上越三俣人工なだれ実験	25
4-2-1 実験番号 J-1	25
4-2-2 実験番号 J-2	27
4-2-3 実験番号 J-3	33
4-2-4 実験番号 J-4	40
4-3 妙高人工なだれ実験	42
4-3-1 実験番号 M-1	42
4-3-2 実験番号 M-2	47
4-3-3 実験番号 M-3	51
4-3-4 実験番号 M-4	53
4-3-5 実験番号 M-5	60
4-4 その他の資料	68
4-4-1 雪の爆破に関する資料	68
4-4-2 自然なだれによる圧痕計の測定結果(妙高斜面)	70

§1 ま え が き

この資料は、建設省土木研究所（トンネル研究室）が中心となって、昭和38年3月から昭和41年3月まで、土庫、三俣、妙高の3箇所の実験場で実施した人工なだれに関する野外実験データの集録である。

建設省がなだれの問題をとり上げたのは、昭和36年度の建設省の試験研究補助金の対象となった建設技術研究奨励課題の“なだれ防止工に関する研究”（日本鋼管KK）が最初である。

それまでは、なだれに関する研究は、主として、国鉄塩沢雪実験所（所長、荘田幹夫博士）が担当していたが、同所々々の土庫（国鉄上越線土庫駅近傍の高平山南西斜面）の実験斜面を、昭和37年度に土木研究所（トンネル研究室）が引継いで、人工なだれの研究に着手した。この時の実験では、前記の荘田博士を始め、国鉄新潟鉄道管理局の方々に絶大な御援助をいただいた。

ついで、昭和38年度以降は、新しく建設省としてのなだれ実験場を三俣（新潟県南魚沼郡湯沢町三俣地区東谷山南面斜面—国道17号線沿い）および、妙高（新潟県中頸城郡妙高村黒布の尾根から暮の沢への斜面）に開設して、その両方で毎年実験を行なっている。

人工なだれの野外実験は、多量の積雪斜面で、相当の危険に曝されながら行なわねばならないため、作業と観測には、多大の費用と人手を必要とし、したがって、各方面の専門家の協力を仰がねばならない。ここに集録されたデータは、こうした努力の結果であり、特に下記の諸機関の方々から絶大な御援助をうけたことに對して深甚なる謝意を表す次第である。

国鉄塩沢雪実験所々々長 荘田幹夫博士

東京大学生産技術研究所 丸安研究室

厚生省大臣官房国立公園部

林野庁前橋営林局高田営林署

北陸地方建設局上越国道工事々々務所

土木研究所、新潟試験所

なお、昭和38、39、および40年度には、川崎製鉄KKから、“川崎製鉄スノウシェッドの性能（耐荷力）試験”の委託をうけたので、これも併せて実施し、同社研究々々員の協力を得たことを付記する。

§ 2 実験地および実験の概要

2-1 実験地

2-1-1 土留実験地

実験地 国鉄上越線土留駅附近高平山

図-1 現地略図

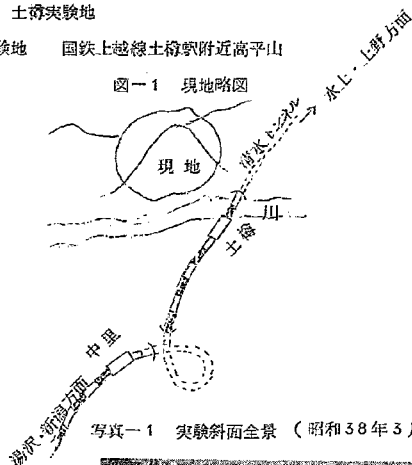
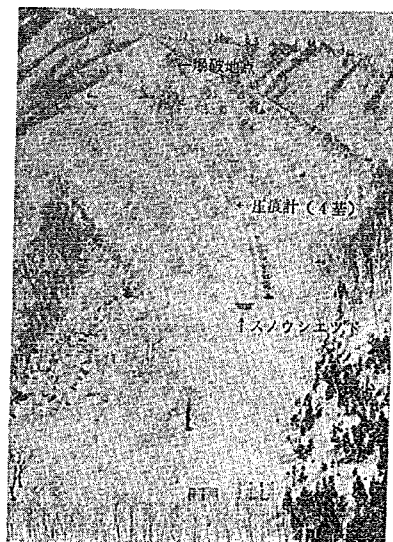


写真-1 実験斜面全景（昭和38年3月写す）



2-1-2 上越三俣実験地

実験地 新潟県南魚沼郡湯沢町三俣地区東谷山南西斜面

図-2 現地略図

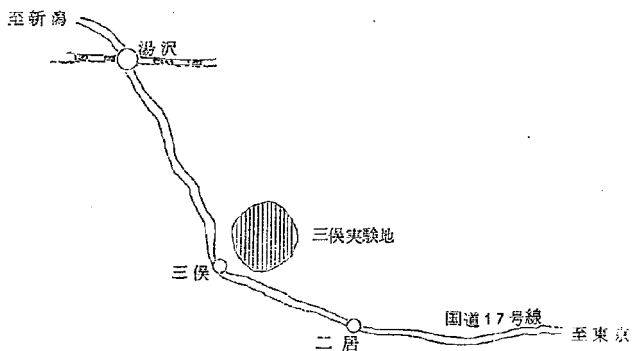
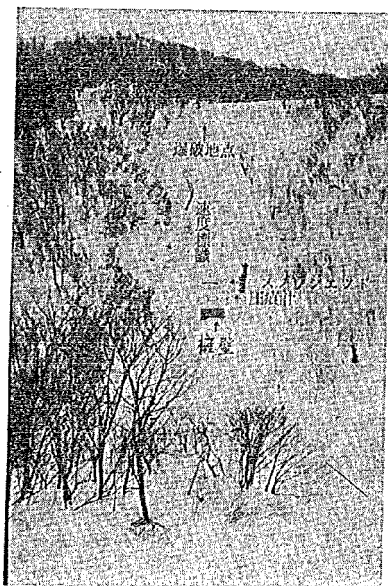


写真-2 実験斜面全景（昭和40年3月16日写真）



2-1-3 妙高実験地

実験地 新潟県中頸城郡妙高村黒布の尾根から暮の沢への斜面

図-3 現地略図

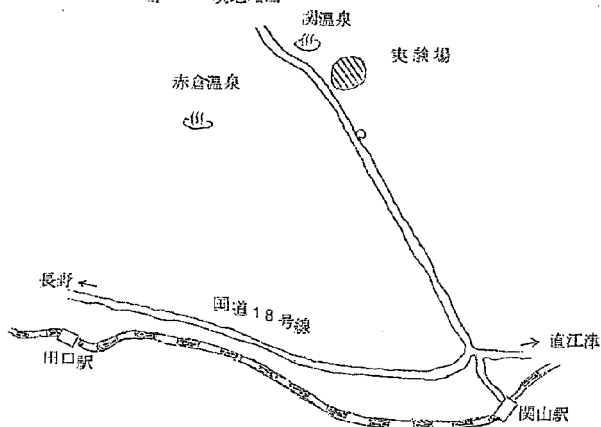
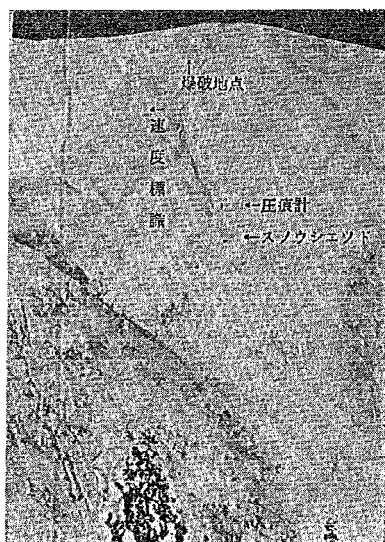


写真-3 実験斜面全景（昭和40年3月4日写す）



2-2 実験年月日および実験斜面の諸元

場所	実験番号	運動形式	実験年月日	斜面諸元			備考
				標高 (m)	斜面長 (m)	平均勾配 (%)	
土登	T-1	ながれ型	38. 3.15		500	34°	実験成功
上越三俣	J-1		39. 2. 6				なだれ不発生
	J-2	ながれ型	39. 3.17				実験成功
	J-3	ながれ型	40. 3.17				実験成功
	J-4		41. 3.10		400	32°	なだれ不発生
妙高	M-1	ながれ型	39. 2.26				実験成功
	M-2	ながれ型	39. 3.15				実験成功
	M-3		40. 2.11	1,040	450	34°	なだれ不発生
	M-4	ながれ型	40. 3.14				実験成功
	M-5	ながれ型	41. 2.18				実験成功

§3 測定項目および方法

3-1 雪質調査

雪質調査は、爆破地点、および、なだれの流路に設けた構造物に近い場所で、しかも、十分安全な箇所をえらんで、積雪の中を地表まで掘り、次の測定を行なった。(写真-4 参照)

(1) 積雪層調査

積雪層を調べるもので、箱尺、ボール、折尺等で行なった。なお、各層の記号は次の通りである。

N : 新 雪	→	
S : 降り雪	→	
Q小 : 小ざらめ	→	
Q大 : 大ざらめ	→	

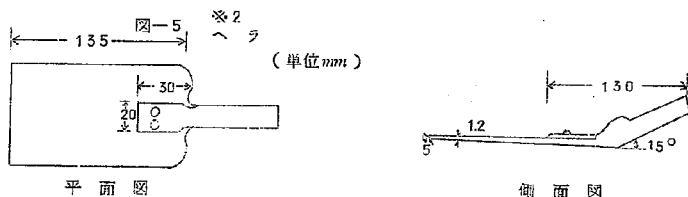
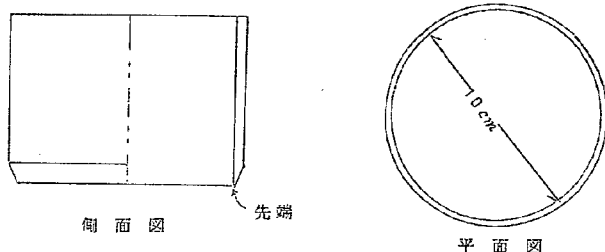
(2) 温度測定

- ① 外気温測定 ② 表雪温測定 ③ 雪中温測定

(3) 密度測定

各積雪層について、試料採雪器（一例として図-4に示す）により雪を抜き取り上、下端を図-5のようなヘラ（一例を示す）で整雪し計りにかけて、その密度を求めた。

図-4 ※1
試料採雪器



※1 試料採雪器

円形な容器で、内部は雪と鉄との摩擦を少なくし、容器の先端は積雪層に打ち込む時の抵抗を少なくするために手を切らない程度に鋭く仕上げ簡単に刺さるものが望ましい。

※2 ヘラ

雪の断面を均らし試料採雪器によって雪柱を容易に採雪できるようにするとともに、容器に採られた雪の上、下端を均らすためのものであり、ヘラの表面に雪が滑いて雪柱を破壊することがないように表面が平らで、また、ヘラの先端はある程度鋭く仕上げたものが望ましい。

(4) 積雪層の硬度測定

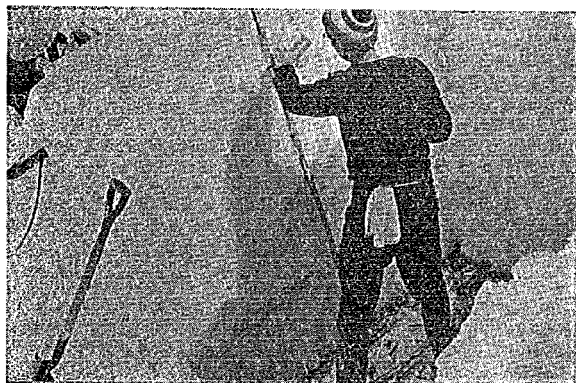
各層の硬さ、つまり雪の硬度を調べるもので次の段階に分けて測定を行なった。

記 号	認定する方法
A	ナイフが軽くささる。
B	鉛筆が軽くささる。
C	指一本が軽くささる。
D	指二～三本が軽くささる。
E	ゲンコツが軽くささる。

(5) せん断抵抗測定

試みに、ペーン試験器を用いて、雪のせん断抵抗を求めた。

写真-4 雪 質 調 査 (T-1 における調査風景)



3-2 なだれの速度測定

爆破方式によってなだれを発生させ、その流路内にある構造物に衝突する直前の速度、および、作用時間、等を求めるもので、その測定方法には ストップウォッチによって 簡単に求める方法や、16mm カメラ によってより正確に求める方法等がある。本実験においては、両者を併用したものであるが主として16mm カメラによるものを主体としている。

16mm カメラで測定する方法としては、なだれの流路に平行で、しかも、なだれの危険がない場所に等間隔の速度測定用標識(写真-1.2.3, 図-6 参照)を設置して、なだれの先端を追跡しつつ、撮影を行なった。

この解析方法は、撮影されたフィルムを図化器によって解析し求めるものである。たとえば、撮影機の送り速度が $\frac{1}{24}$ ($\frac{\text{sec}}{\text{コマ}}$)であるとすれば、各標識間に写したコマ数が24コマで、標識間の距離が20mであるならば、その区間のなだれの所要時間は1秒であり、速度は $20\text{m}/\text{sec}$ である。

図一六 速度測定用標識（一例を示す）

単位 cm

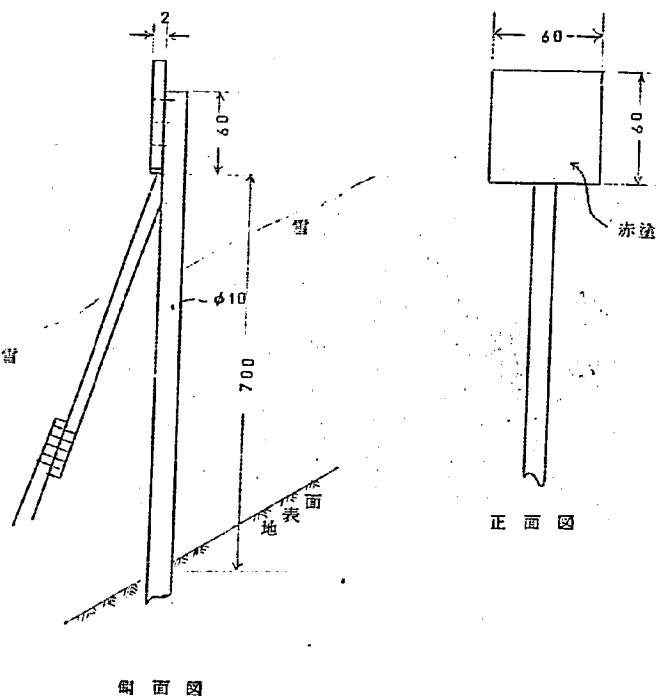


写真-5 撮影風景（昭和38年3月、土海実験場にて写す）



3-3 流雪量測定

なだれが発生し滑動している時の先端あるいは、中間の流れる雪量、および、流れてしまった後の移動雪量等を測定するもので、本実験においては、次のような方法で行なった。

(a) 立体写真による測定

なだれ発生以前の、その斜面に標識板（写真撮影の際、場所等を明確に表示するために設けるものである）を数種類に色分けした板目紙を多量に散布し、爆破と同時に、地上に設置した2台のカメラを用いて立体写真測量を行なうものである。流量計算は、なだれ直前と直後の写真を用いて、その平面図を作成し、なだれによって掘削された雪の量を算出するものである。

(b) 斜面測量による測定

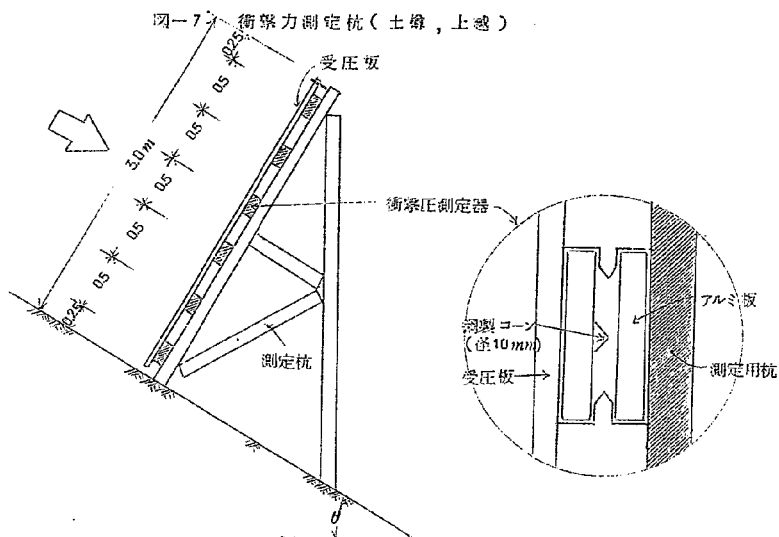
斜面に設置した20m間隔の標識柱を各基準点として、なだれ発生以前となだれ発生後の斜面横断測量をそれぞれ行ない、その差により各断面の流雪量を求める。

写真—6 斜面測量風景（妙高）

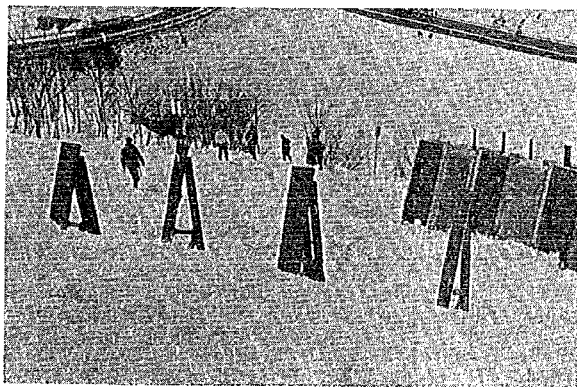


3-4 圧痕計による衝撃力測定

図—7, 8, 写真—7, 8のような衝撃力測定杭に圧痕式荷重計（図—9）を取り付け、なだれの流路に図—10, 11, 12のようにそれぞれ設置し、なだれの圧力をうけさせる。かくして発生するなだれの衝撃力は、受圧板を通して鉛製コーンをアルミ板に圧入して穴をあけることとなる。この穴の深さを測定し、等価静荷重方式によって、なだれの最大衝撃力を求める。この場合のCalibration Curveを図—13, 14に示す。



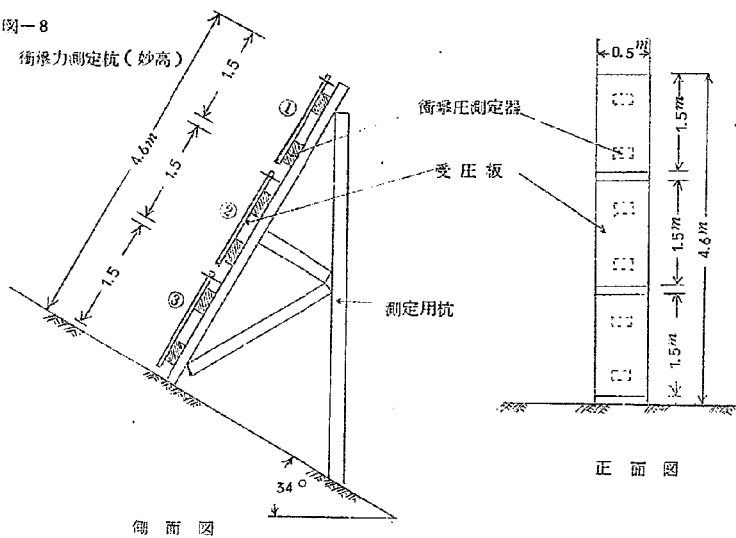
写真一七（上越三俣）



この写真は，上越三俣実験斜面のスノウシェッドの所から下方へ向って写したものである。手前の杭（4基）が圧痕計，後方右側にるのが擁壁である。

例一8

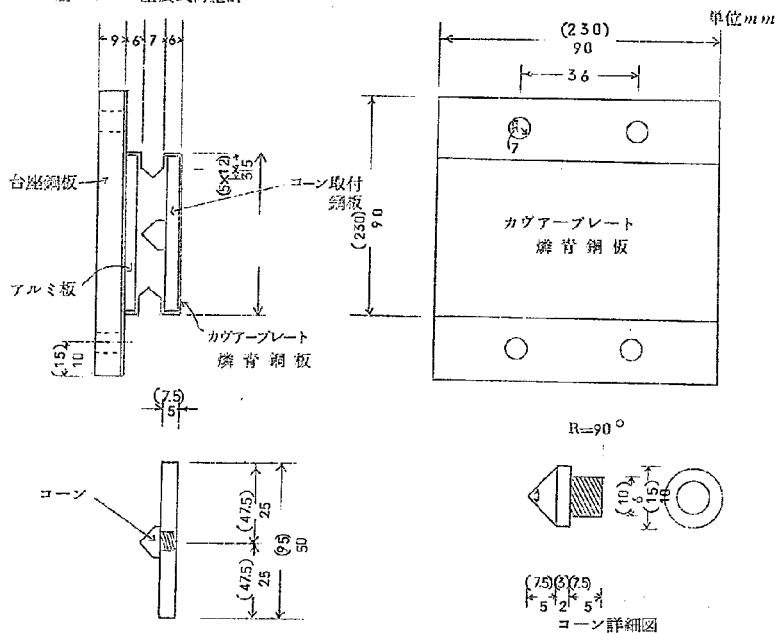
衝撃力測定杭（妙高）



写真一8 圧痕計の取替え作業（妙高）

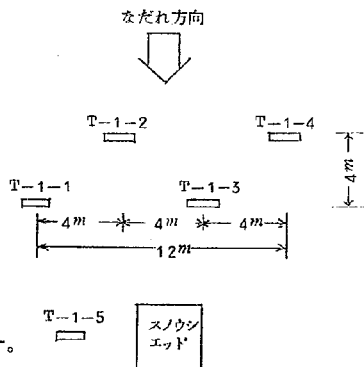


図一 9 圧痕式荷重計



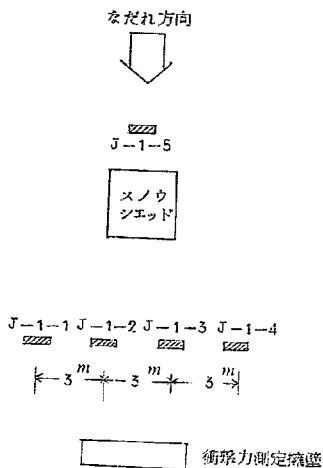
※()内数字は、鈔高用のものであり、その他は、三俣、土樽に使用したものである。

図一 10 衝撃力測定杭配置図(土樽)



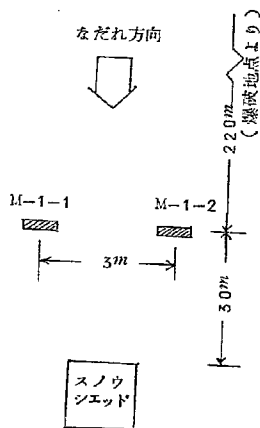
※ T-1 は、実験番号を示す。

図一 1 1 衝撃力測定杭配置図 (上越三俣)



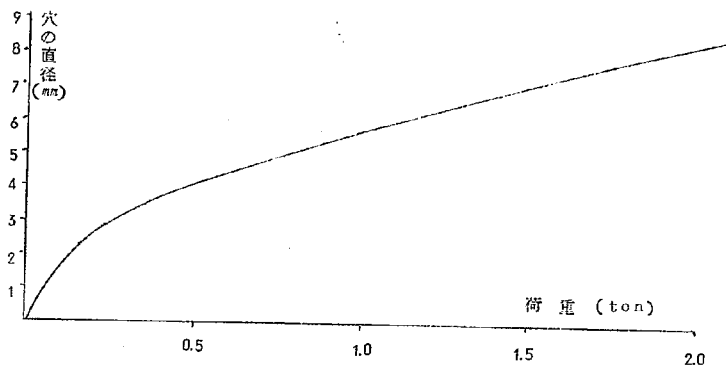
※ J-1 は、実験番号を示す。

図一 1 2 衝撃力測定杭配置図 (妙高)

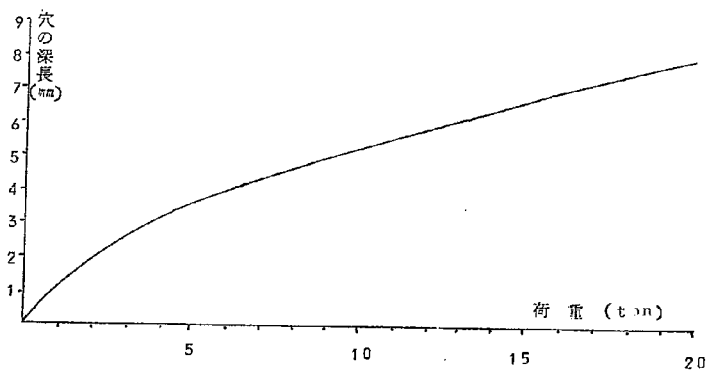


※ M-1 は、実験番号を示す。

図一13 圧痕式荷重計(土樽, 上越三俣) Calibration Curve



図一14 圧痕式荷重計(妙高) Calibration Curve



3-5 スノウシエッドにかかる衝撃力の測定

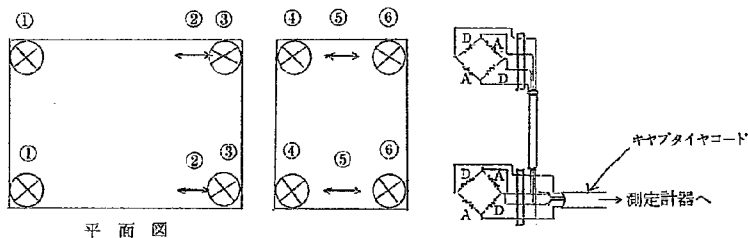
写真-9に示すようなスノウシエッド上に作用する力(衝撃力)を測定するために図-15, 16のような衝撃用反力計を設けなだれによる衝撃荷重の測定を行なった。

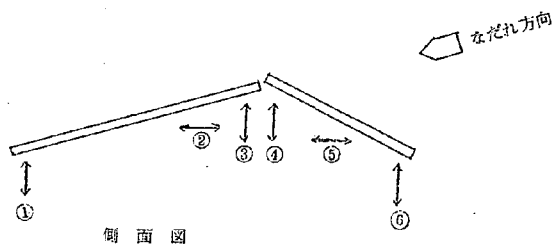
荷重計は, なだれの衝撃力を正確に記録するために, 圧縮用荷重計は中空円筒で一端固定他端自由支持, または, 両端固定とし, 引張荷重計は棒形で両端固定とし抵抗線電計を中央断面に軸方向と円筒方向を1軸として対称の位置に2組貼布し4ケーシ法として, 電磁オシログラフによって記録するような構造にした。

写真-9 無雪時におけるスノウシエッド(上越三俣)



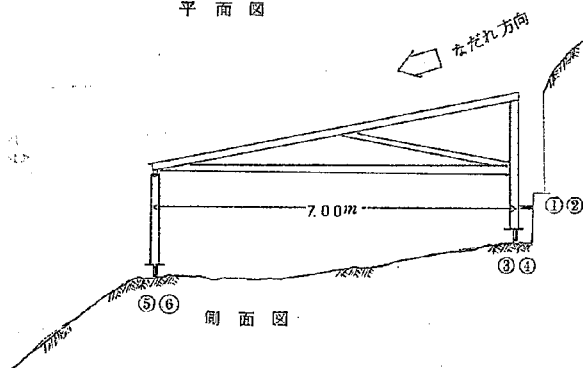
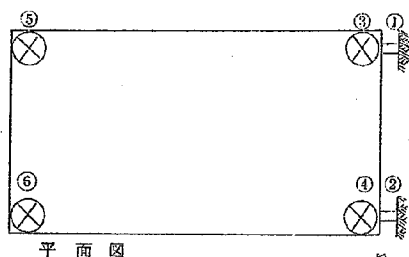
図-15 スノウシエッドの荷重計配置図(土俵, 上越三俣)





荷重計	① ③	②	④ ⑥	⑤
容量	10 電 圧縮	4 電 引張	3 電 圧縮	3 電 圧縮

図-16 スノウエッドの荷重計配置図(妙高用)

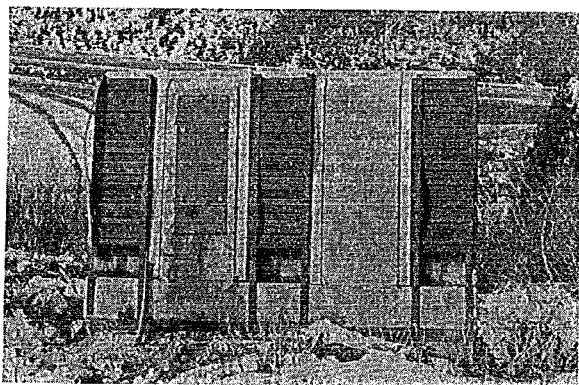


荷重計	① ②	③ ④ ⑤ ⑥
容量	5 電 引張	20 電 圧縮

3-6 擁壁にかかる衝撃力、および、加速度の測定

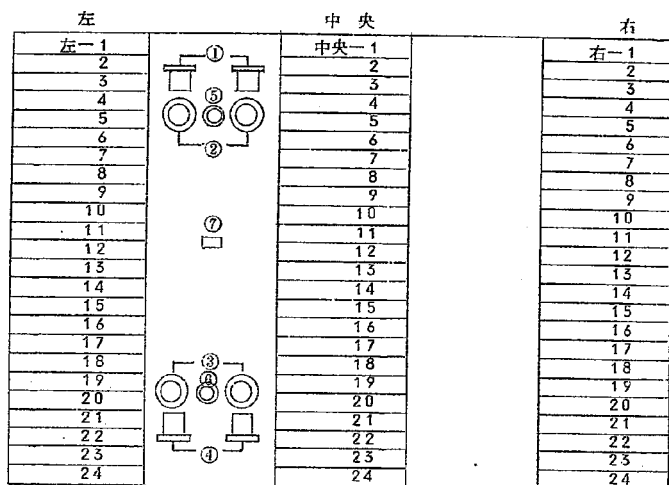
図-17, 写真-10に示すような擁壁を昭和39年度に上越三俣人工なだれ実験斜面の山頂より(スノウシエッド下40mの地点)340mの地点に設置した。その前面には、圧痕式荷重計3列(巾1m, 長さ2.4mに10cm角で長さ1mの鋼角柱を取り付け, これを2つの圧痕計が受持つ形態とした。)と, 1m²の鋼板によって受けている円柱形のロートセルタイプの荷重計をそれぞれ設置し測定を行なった。また, 擁壁自体の振動があると思われるので加速度計を3箇所取り付けた。

写真-10



斜面中腹より下方に向かって写したものである。

図-17 擁壁の荷重計配置図



- ※ ①, ④ 水平用ロードセル
 ②, ③ 垂直用ロードセル
 ⑤, ⑦ 垂直方向の加速度計
 ⑥ 水平方向の加速度計

§ 4 実 験 結 果

4-1 土樽人工なだれ実験

4-1-1 実験番号 T-1

a) 爆 破

爆破時刻 1.20 p.m

使用火薬類

カーリット黒 44.5kg

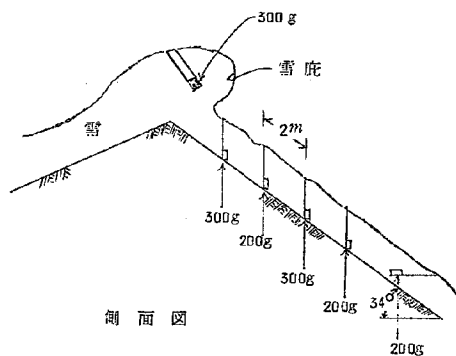
電気雷管 115本

装薬孔数 163孔

装薬状況

図-18に示すように山頂爆破地点に大きな雪庇ができており、これを爆破させ、なだれを発生させることによって、目的が達せられるのであるが、斜面の比較的安定した積雪状態を考えて、安全で確実に発生させるために、斜面にも数段装薬し爆破を行なった。

図-18 爆破地点の略図



爆破効果

積雪量が少なく非常に落ちにくい状態にあったが、雪庇と斜面爆破とを行なった結果、なだれ発生に成功した。

b) 雪質調査

調査時刻 0.45 p.m.

天 候 晴

気 温 +10.5℃

積雪層断面

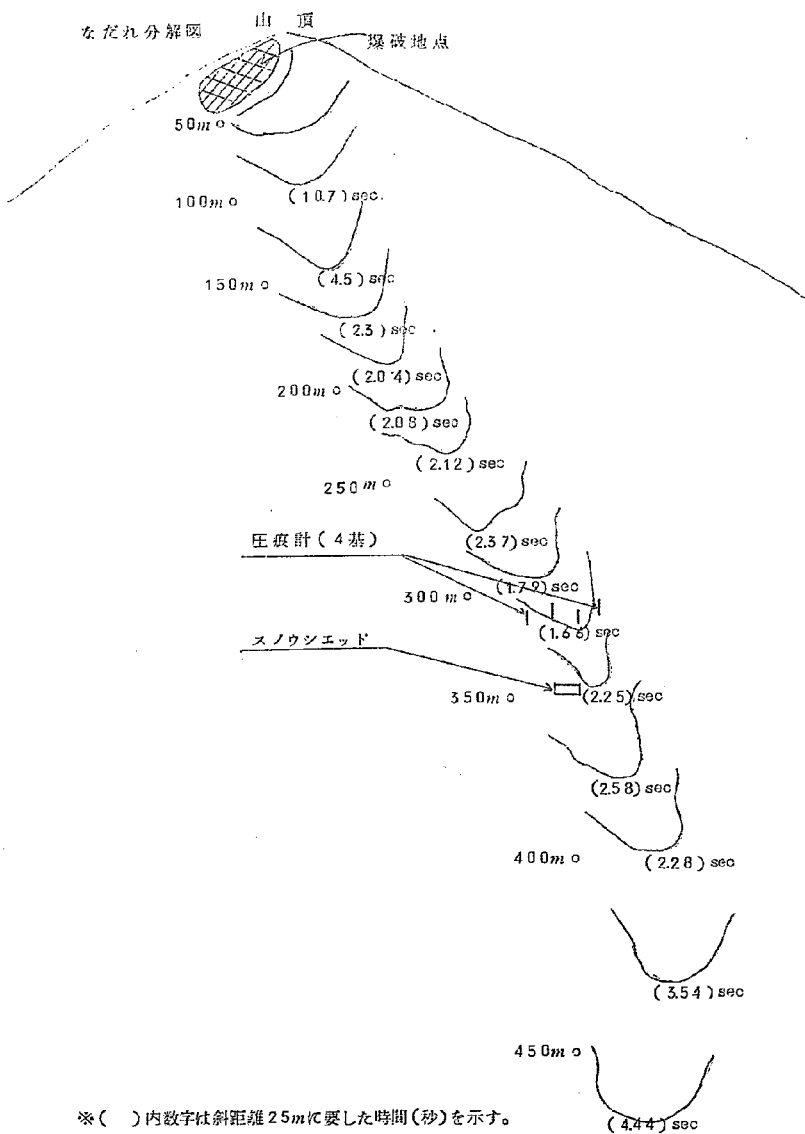
積雪深(m)	種類及び記号	密 度
0.75	G (a)	0.28
	G (b)	0.32
	G (c)	
0.5	G (d)	
0.25	S	0.41

c) なだれの速度

スノウシェッドに衝突する速度 12.78 m/sec

圧検計に衝突する速度 12.79 m/sec

平均速度 10.95 m/sec
(爆破の瞬間よりスノウシェッドまで)

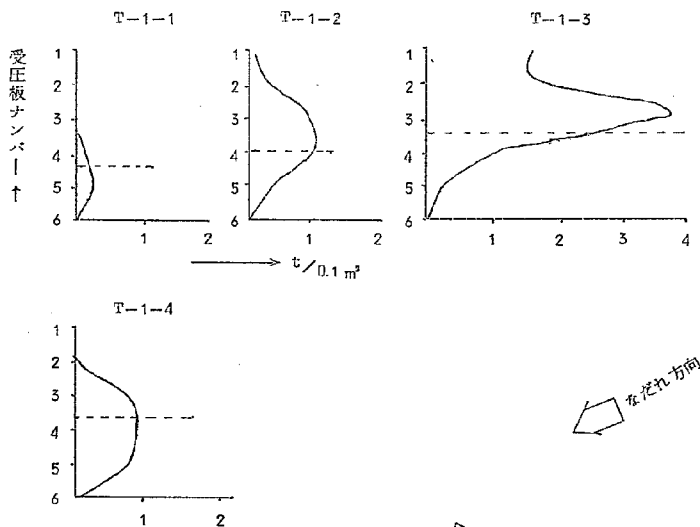


※ () 内数字は斜距離25mに要した時間(秒)を示す。

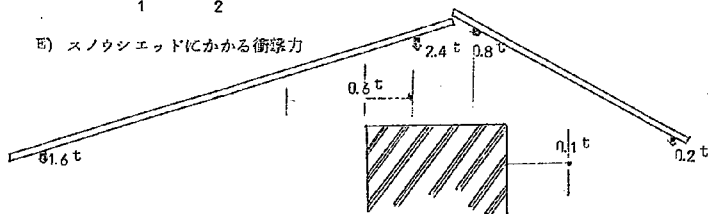
D) 圧痕計による衝撃力

受圧板番号	T-1-1	T-1-2	T-1-3	T-1-4	※ T-1-5
1 衝撃力 $t/0.1 \text{ m}^2$	0	0.08	1.58	0	
2	0	0.23	1.40	0	
3	0	0.90	3.60	0.73	
4	0.12	0.92	0.90	0.90	
5	0.23	0.32	0.18	0.80	
6	0.05	0.09	0	0.01	

※ 測定不可能

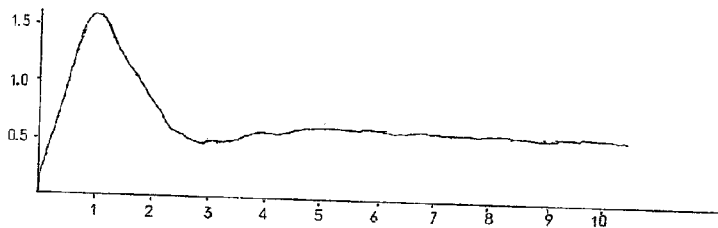


E) スノウシェッドにかかる衝撃力

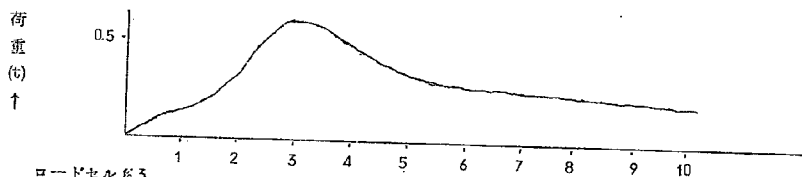


ロードセル番号	容 量 (t)	最大荷重(t)	備 考
1	10	1.60	圧 縮
2	4	0.60	引 張
3	10	2.40	圧 縮
4	3	0.80	"
5	3	0.10	"
6	3	0.20	"

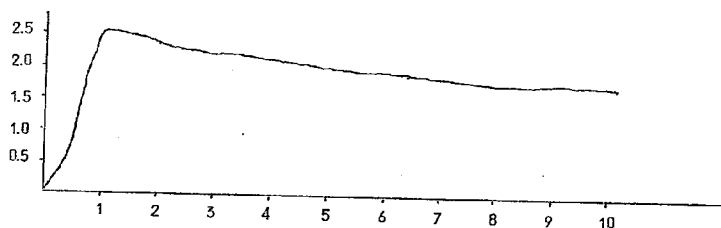
ロードセル 1



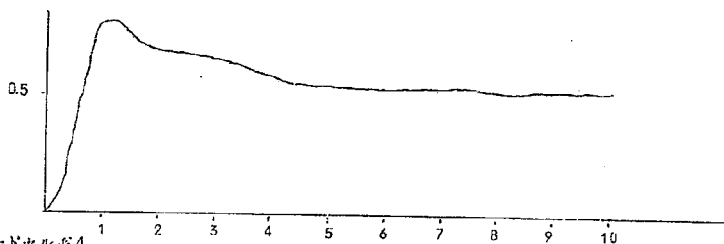
ロードセル 2



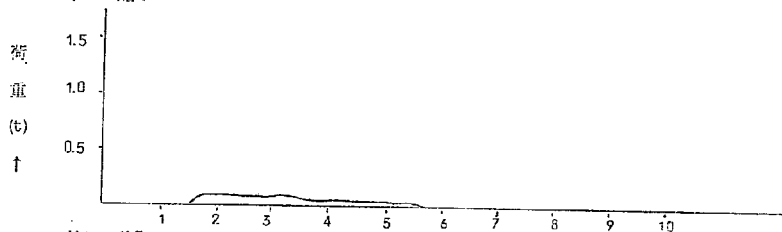
ロードセル 3



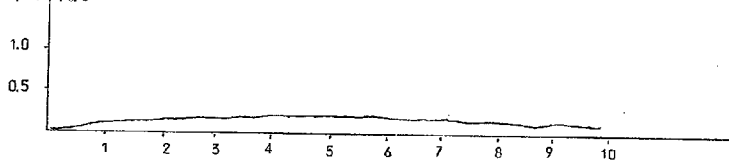
ロードセル 4



ロードセル 4



ロードセル 5



→ オシロが振れ初めてからの時間 (秒)

4-2 上越三俣人工なだれ実験

4-2-1 実験番号 J-1

a) 爆 破

爆破時刻 1 0.5 6 7.33

使用火薬類

カーリット黒 90 kg

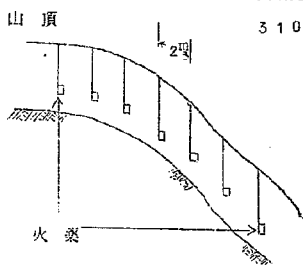
電気雷管 310 発

装薬孔数 310 孔

装薬状況

図-19 爆破地点の略図

図-19のように山頂から斜面へ2m間隔で装薬孔を設け、また、横方向にも数十孔、合計310孔で爆破を行なった。



爆破効果

積雪深は比較的多かったのであるが、雪質状態があまり良くなく爆破地点に10cm程度の亀裂が生じただけに終わった。

b) 雪質調査

調査時刻	7.25 a.m
天候	曇後晴
気温	-2.8℃

積雪層断面

積雪深 (m)	種類及び記号	密度	硬 度
2.0	N	0.05	E
1.5	G _小	0.35	C-D
	S	0.15	E
	G _大	0.33	C-D
	S	0.235	E
1.0	G _大	0.335	B
0.5			

4-2-2 実験番号 J-2

a) 爆 破

爆破時刻 1.05 p.m

使用火薬類

実験番号 J-1 と同量の火薬を使用した。

装薬状況

なだれ斜面の爆破予定地にはあまり雪庇らしきものがなかったため、斜面爆破を主体として行なった。

爆破効果

比較的大きな流れ型のなだれを発生させることに成功した。

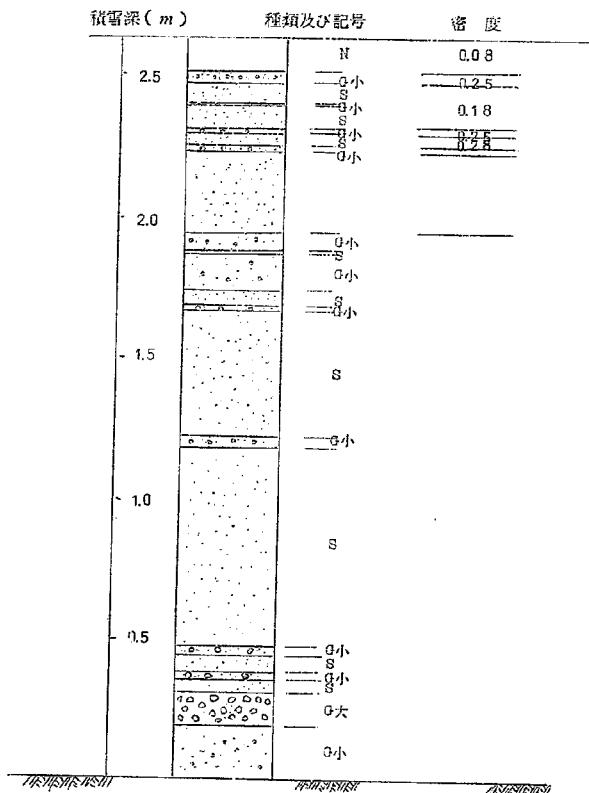
b) 雪質調査

調査時刻 1.00 p.m

天候 晴

気温 +1.6°C

積雪断面



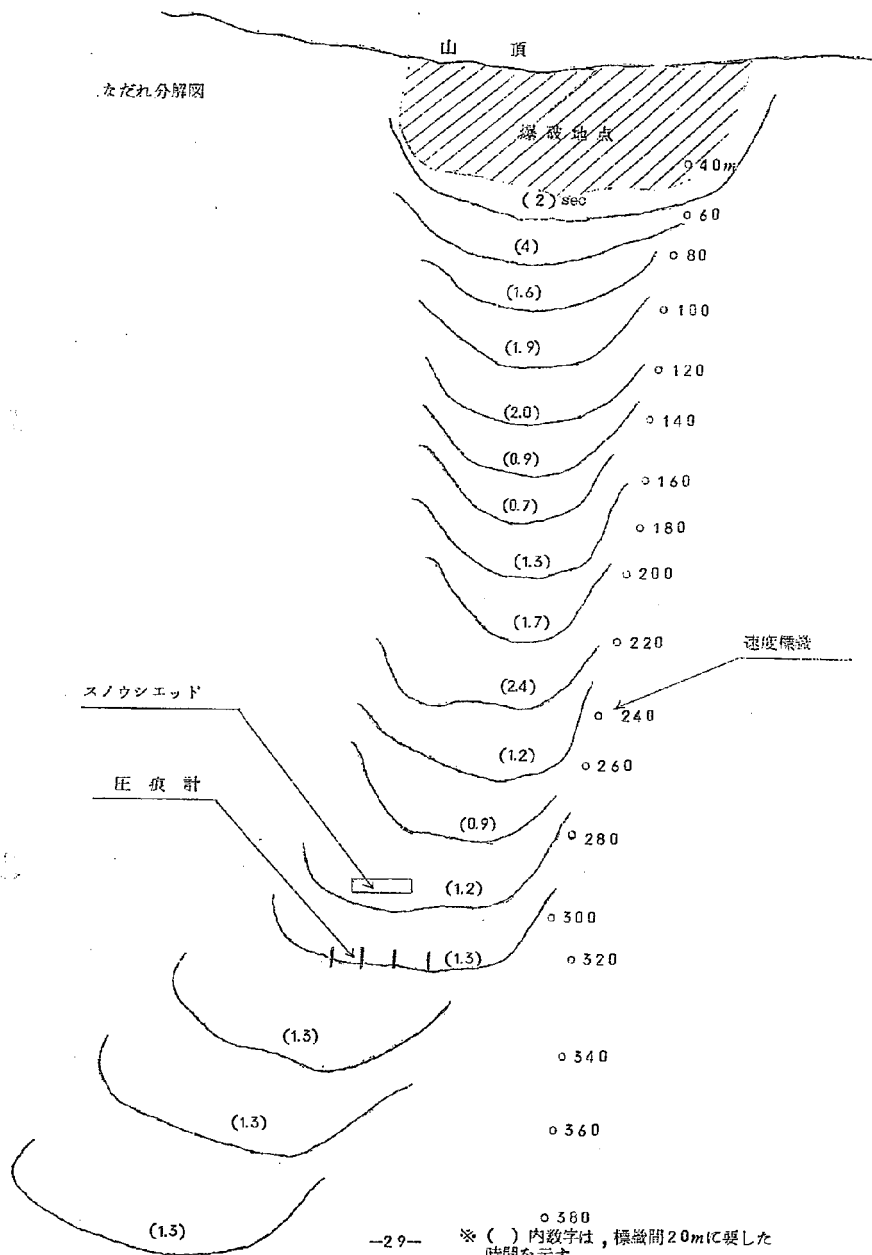
c) なだれの速度

スノウシェッドに衝突する速度 20.00 m/sec

圧痕計に衝突する速度 15.38 m/sec

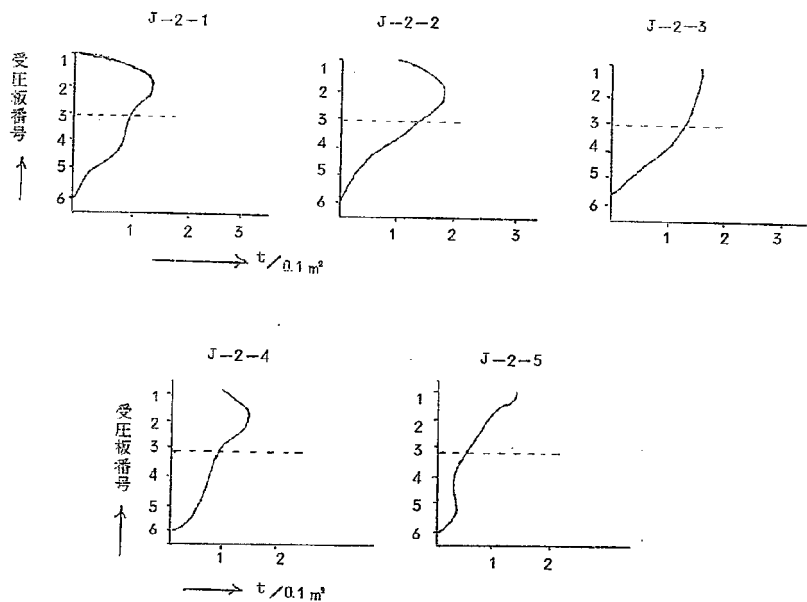
平均速度 (爆破の瞬間よりスノウシェッドまで) 15.00 m/sec

なだれ分解図



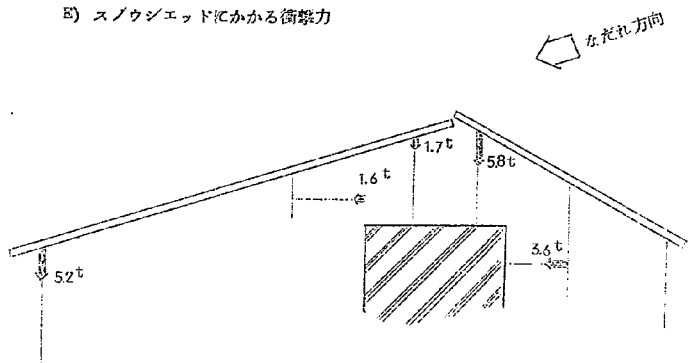
D) 圧痕計による衝撃力

測定軌帯号 受圧板番号		J-2-1	J-2-2	J-2-3	J-2-4	J-2-5
1	衝撃力 $t/0.1 \text{ m}^2$	0.6	1.0	1.6	1.1	1.5
2	"	1.5	1.9	1.45	1.5	0.8
3	"	0.9	1.5	1.3	0.8	0.6
4	"	0.9	0.6	0.9	0.7	0.1
5	"	0.2	0.1	0.2	0.45	0.4
6	"	0	0	0	0	0.1



.....は破断面を示す。

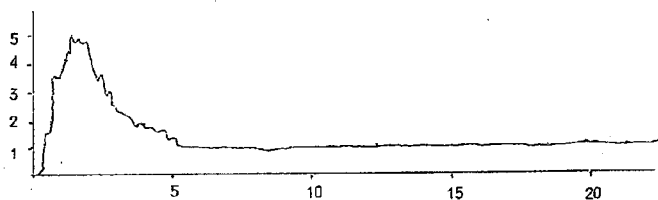
B) スノウシエッドにかかる衝撃力



ロードセル番号	容 量 (t)	最大荷重(t)	備 考
1	10	5.2	圧 縮
2	4	1.6	引 張
3	10	1.7	圧 縮
4	3	5.8	〃
5	3	3.6	〃
6	3	※ —	〃

※ 測定不能

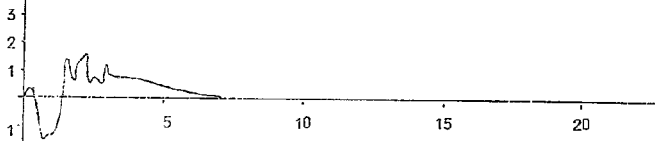
ロードセル 1



ロードセル 2

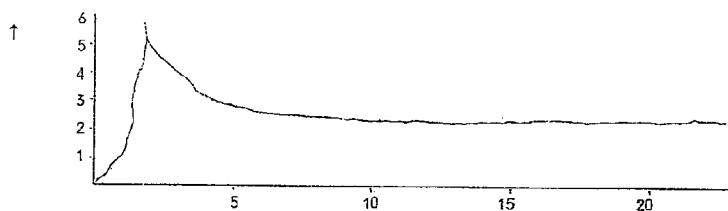


ロードセル 3

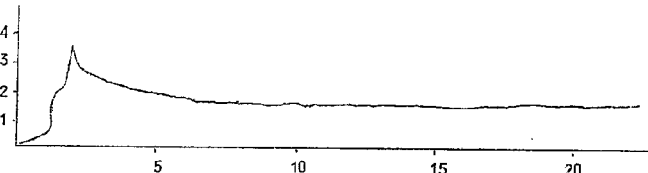


荷
電

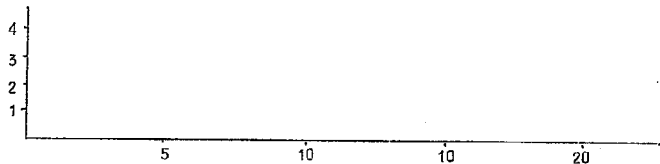
(ton) ロードセル 4



ロードセル 5



ロードセル 6



→ 荷電計がふれ始めてからの時間 (秒)

4-2-3 実験番号J-3

a) 爆 破

爆 破 時 刻 2.28 p.m

使用火薬類

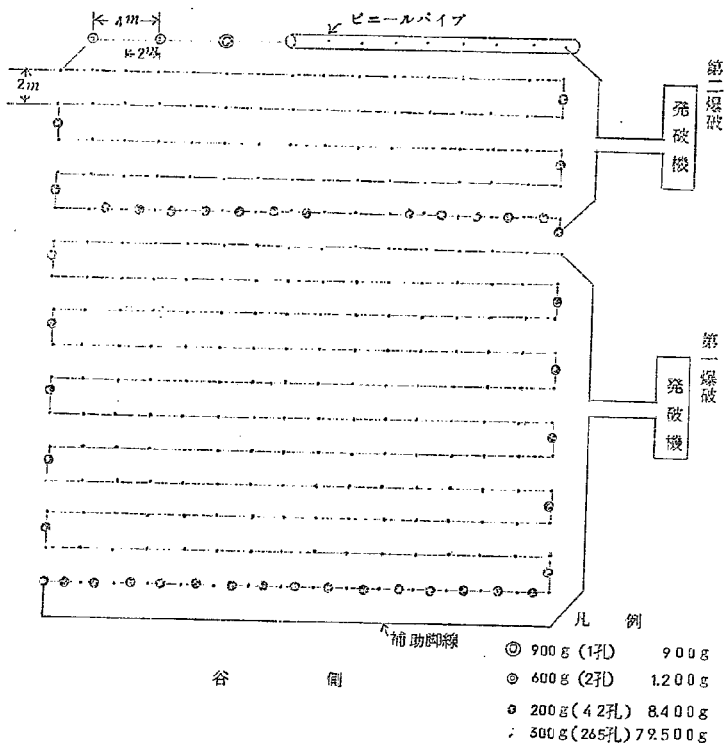
カーリット黒	90kg
電 気 雷 管	310発
装 薬 孔 数	310孔

装 薬 状 況

斜面爆破地点には雪庇ができていないため、図-20のような方法で斜面に装薬し、爆破を行なった。

山頂の爆破地点に直径120mmのビニールパイプを無雷時に埋設し、実験当日、装薬孔と同時にこのビニールパイプの中にも装薬し、より多くの爆破効果をねらった。また、爆破方法として下の部分を第一爆破し雷を緩ませ1~1.5秒遅らせ上の部分を第二爆破し、より多くのなだれを発生させるものとした。

図-20 装 薬 図



爆破効果

なだれ形式は流れ型で、底なだれ的なものを発生することに成功した。爆破による発破地点の雪の起採量は約2000m³と思われる。

b) 雪質調査

調査時刻 2.20 p.m.
天 候 雪
気 温 +4.5°C

積雪断面 積雪深 (m)		種類および記号	密度	硬度
2.5		N	0.08	
		G小	0.25	
		S		
		G小	0.18	
		S		
		G小	0.25	
2.0		S	0.20	
		G小	0.29	
		S		
		G小	0.27	
		S		
		G小	0.50	
1.5		S	0.338	
		G小	0.576	
1.0		S	0.582	
			0.403	
0.5		G小		
		S		
		G小	0.350	
		S		
		G大		
		G小	0.400	

o) なだれの速度

スノウシエッドに衝突する速度

16.00 m/sec

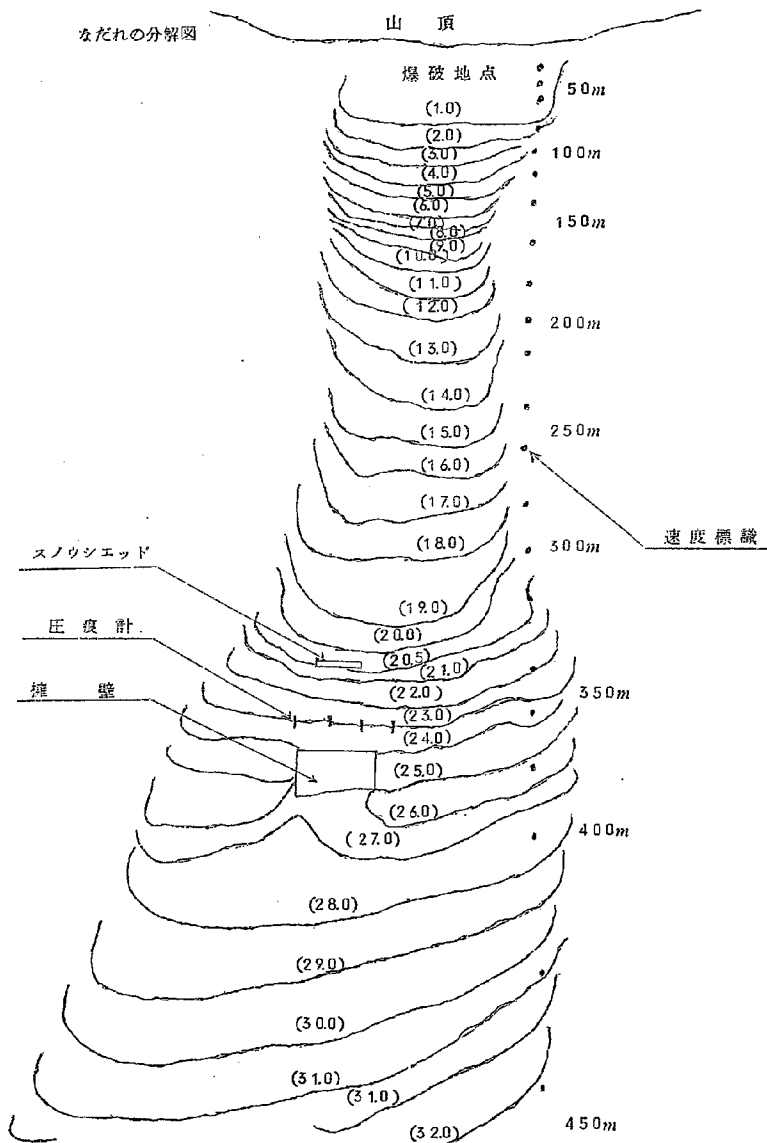
圧痕計に衝突する速度

8.00 m/sec

平均速度

16.70 m/sec

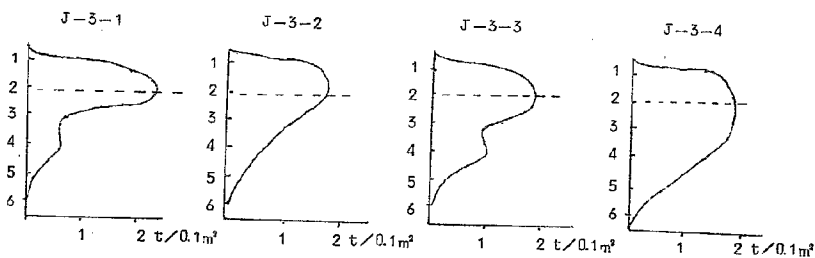
(爆破の瞬間よりスノウシエッドまで)



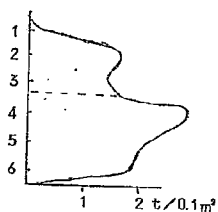
※ () 内数字は、所要時間 (秒) を示し、
1 秒間隔のなだれ先端図を示す。

d) 圧板計による荷重力

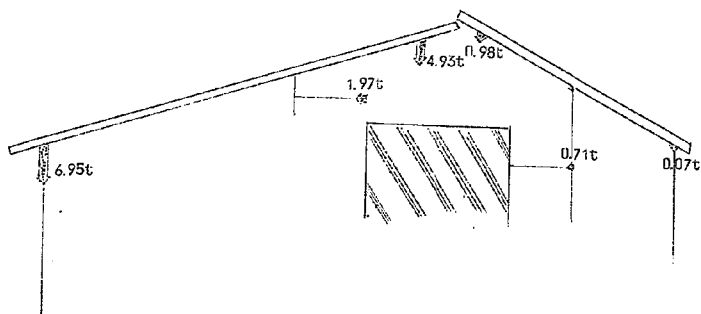
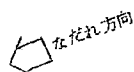
受圧板番号		J-3-1	J-3-2	J-3-3	J-3-4	J-3-5
1	荷重圧 $t/0.1m^2$	1.40	1.60	1.50	1.60	0.10
2	"	2.40	1.75	1.85	1.75	1.75
3	"	0.60	1.10	0.80	1.70	1.25
4	"	0.65	0.50	1.05	1.40	3.0
5	"	0.15	0.15	0.20	0.80	2.10
6	"	0	0.05	0.05	0.15	1.90



J-3-5



o) スノウシエッドにかかる衝撃力



ロードセル番号	容 量 (t)	最大荷重(t)	備 考
1	10	6.95	圧 縮
2	4	1.97	引 張
3	10	4.93	圧 縮
4	3	0.98	〃
5	3	0.71	〃
6	3	0.07	〃

f) 擁壁による測定

④ ロードセルによる衝撃力測定値

ロードセル番号	1 (水平方向)	1.019Kg (最大値)
〃	2 (垂直方向)	1.674Kg (〃)
〃	3 (〃)	2.325Kg (〃)
〃	4 (水平方向)	2.6Kg (〃)

㊦ 加速度計による測定

加速度計番号 5 (水平方向) 0.77g (最大値)

 " 6 (垂直方向) 0.71g (")

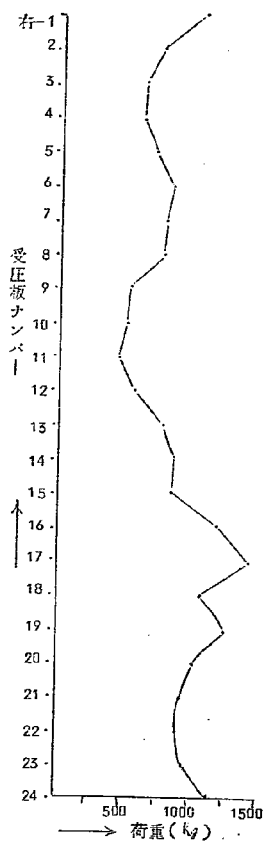
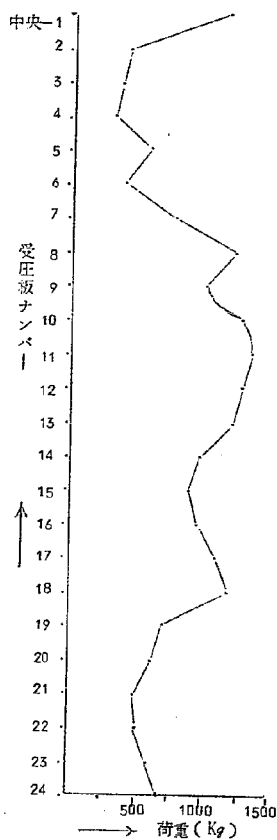
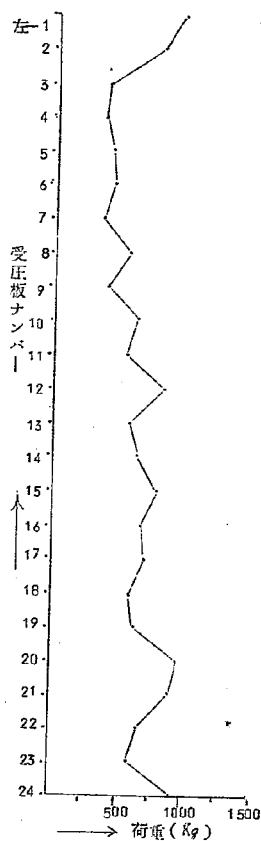
 " 7 (水平方向) 0.27g (")

㊦ 圧痕計による荷路力測定値

受圧板番号	荷 重 (g)
左—1	905
" 2	768
" 3	347
" 4	326
" 5	376
" 6	415
" 7	301
" 8	530
" 9	385
" 10	613
" 11	550
" 12	860
" 13	570
" 14	685
" 15	790
" 16	690
" 17	720
" 18	646
" 19	685
" 20	930
" 21	845
" 22	693
" 23	635
" 24	923

受圧板番号	荷 重 (g)
中央—1	1,117
" 2	389
" 3	323
" 4	270
" 5	616
" 6	393
" 7	786
" 8	1,249
" 9	1,082
" 10	1,286
" 11	1,340
" 12	1,296
" 13	1,241
" 14	993
" 15	805
" 16	987
" 17	1,151
" 18	1,211
" 19	705
" 20	600
" 21	502
" 22	512
" 23	630
" 24	919

受圧板番号	荷 重 (g)
右—1	1,150
" 2	750
" 3	641
" 4	653
" 5	731
" 6	817
" 7	775
" 8	775
" 9	583
" 10	561
" 11	476
" 12	610
" 13	761
" 14	838
" 15	835
" 16	1,237
" 17	1,435
" 18	1,145
" 19	1,253
" 20	1,098
" 21	961
" 22	916
" 23	950
" 24	1,215



4-2-4 実験番号J-4

a) 爆 破

爆破時刻

1 1.3 0 a.m

使用火薬類

実験番号J-3と同じ量を使用した。

装薬状況

例年になく斜面の積雪深が少なく、しかも、その雪質も人工になれの発生に対しては、比較的良好でなかった。そのため斜面山頂部に雪を積み上げ雪庇を作り、これを爆破し発生させようとするともに、前年と同様に斜面にも多量の装薬を使用し行なった。

爆破効果

急峻地点より20～30mくらい下方へ、わずかの雪が流れたに止まった。このために、斜面に設置した測定装置で測定するにはいたらなかった。

b) 雪質調査

調査時刻 10.30 a.m

天 候 晴

気 温 +3.0℃

積雪層断面

積雪深 (m)	種類および記号	密 度	硬 度
1.0	雪	0.20	f
	G小	0.40	a
	G大	0.39	C~D
0.5	S	0.45	C~D
	G小	0.45	e
	S	0.40	C~D
	G大	0.425	C~D

4-3 妙高人工なだれ実験

4-3-1 実験番号M-1

a) 爆破

爆破時刻 10.45 a.m

使用火薬類

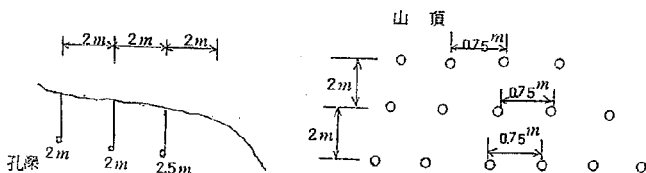
カーリット黒 50g × 900本 45Kg

電気雷管 MS1段 26本

MS2段 25本

MS3段 24本

装薬状況



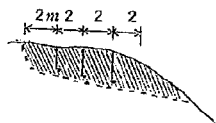
薬量 : 各孔 600g

孔深 : 1段 2.5m

2.3段 2m

爆破効果

崩落雪量 約400m³



巾 約20m

奥行 8m

深さ 2.5m

主として点線部分を落下させ表層なだれを惹起し、スノウシェッドを通過した。

また、爆破により次のようなことが考えられる。

- ① 段発は有効であった。
- ② 薬量はほぼ適当であった。
- ③ 填塞を十分行なうことが肝要である。

b) 雪質調査

調査時刻

8.30 a.m

天 候

曇時々晴

気 温

-3.8℃

積雪層断面

積雪深 (m)

種類および記号

密 度

硬 度

3.0		N	0.002	F
		G小		
		S	0.125	
		G小	0.200	B
2.5		G大	0.342	B
		S		
		G小	0.236	E
		S		
		G大		
			0.237	
2.0		S	0.292	C~D
		G大	0.290	C~D
		G小		
1.5		S	0.330	C~D
		G小	0.320	B
		G小		
1.0		S	0.330	C~D
		G小		
		S	0.420	B
		G小	0.350	C~D
		S		
0.5		G大	0.330	C~D
		S		
		G大	0.380	B
		S	0.380	B
		G大	0.300	C~D

c) なだれの速度

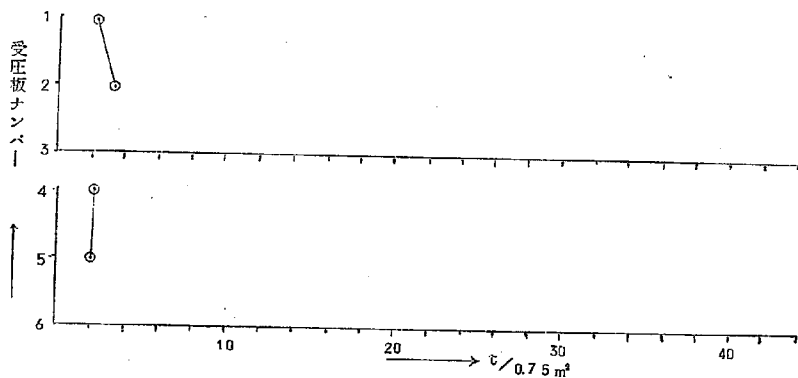
平均速度
(爆破瞬間よりスノウシエドまで)

8.80 m/s

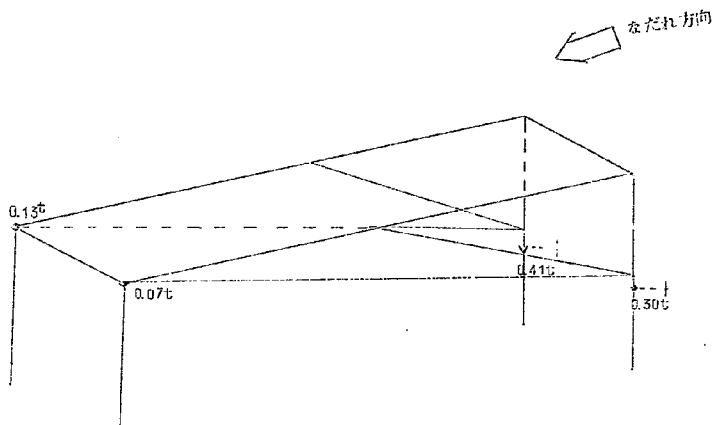
d) 圧痕計による衝撃力

	アルミ 板ナン バー	アルミ板 深長 (mm)	荷 重 (t)	0.75m ² 当り の荷重 (t)
1	31	0	0	2.330
		0.07	0.040	
	32	1.54	1.340	
2	33	1.22	0.950	3.460
		1.64	1.450	
	34	1.61	1.430	
		0.55	0.350	
3		0.42	0.230	

	アルミ 板ナン バー	アルミ板 深長 (mm)	荷 重 (t)	0.75m ² 当り の荷重 (t)
4	25	0.27	0.150	1.240
		0.29	0.220	
	26	0.86	0.600	
5	27	0.46	0.270	1.170
		1.02	0.750	
	28	0.63	0.420	
		0	0	
6		0	0	

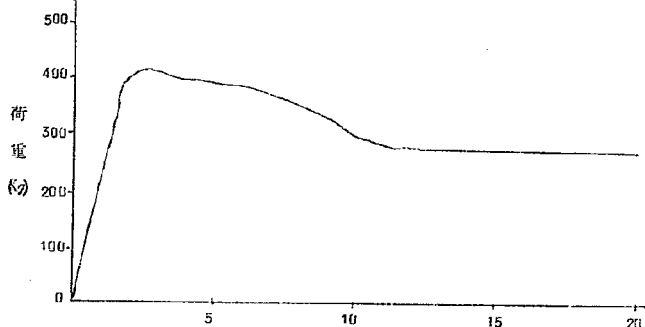


3) スノウシエッドにかかる荷重力

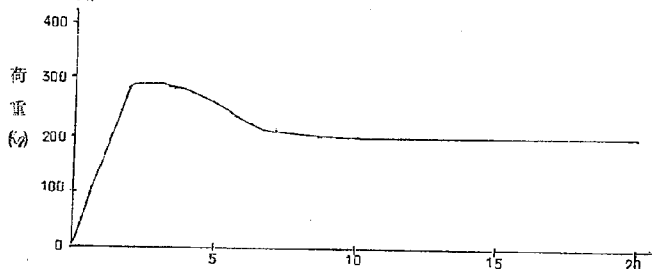


ロードセル番号	容 量 (t)	最大荷重(t)	備 考
1	5	0	圧 縮
			引 張
2	5	0	圧 縮
			引 張
3	20	0.41	圧 縮
4	20	0.30	〃
5	20	0.13	〃
6	20	0.07	〃

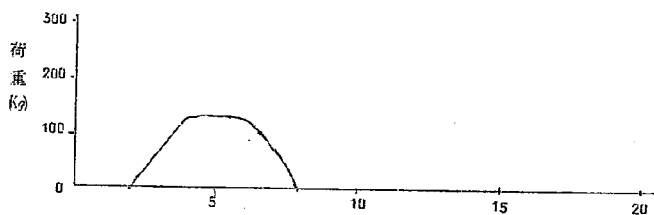
ロードセル 3



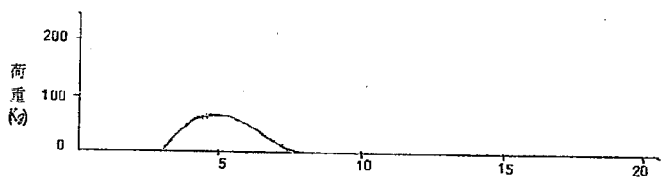
ロードセル 4



ロードセル 5



ロードセル 6



→ 荷重計がふれ始めてからの時間 (秒)

4-3-2 実験番号M-2

a) 爆 破

爆破時刻

2.3.7 p.m

使用火薬類

カーリット黒

900.5kg

導 爆 線

500m

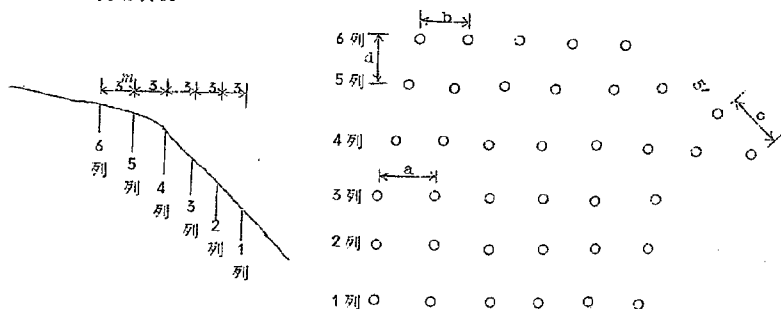
電 気 雷 管

MS 1段 4本

MS 2段 7本

MS 3段 1本

装薬状況

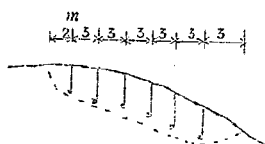


ただし, $a: 1.5m$, $b: 1m$, $c: 2.5m$, $d: 3m$, 孔深: $3m$

1列	900g×18孔	MS 3段×1発
2列	900g×20孔	MS 2段×1発
3列	900g×24孔	MS 1段×1発
4列	600g×18孔	MS 1段×1発
5列	500g×18孔	MS 1段×1発
6列	400g×22孔	MS 1段×1発
5列	900g× 3孔	MS 2段×3発
	800g× 2孔	MS 2段×2発
	750g× 1孔	MS 2段×1発

爆破効果

○ 崩落雪量 約 $2.100 m^3$



巾 約 $3.5 m$
奥行 $2.0 m$
深さ $3 m$

底なだれを惹起し、スノウシニードを通過した。

これにより次のようなことが考えられた。

- ① 薬量は若干過装薬の傾向が認められた。
- ② 導爆線は安全の面で好ましいものである。
- ③ 多量の孔であったため填塞に若干不十分な点が認められた。

b) 雪質調査

調査時刻 8.45 a.m

天 候 晴

気 温

外気温 $-3.0^{\circ}C$

新雪温 $-1.2^{\circ}C$

雪 温 $-1.2^{\circ}C$

積雪層断面

積雪深 (m)	種類および記号	密度	硬 度
2.0	N	0.125	
	G小	0.455	
	S	0.150	
	G大	0.370	
	S	0.215	E
	G大	0.335	
	G小	0.450	B
	G大	0.410	
	G小	0.370	
	G大	0.370	C~D
1.5	S	0.375	
	G大	0.450	B
	G小	0.335	C~D
	G小	0.370	C~D
	S	0.365	B
	G大	0.475	C~D
	S		B
	G大		C~D
	G小		B
	S	0.540	C~D
1.0	S	0.390	
	G小		
	G大	0.380	C~D
	G小		
	G大	0.360	C~D
0.5			

c) なだれの速度

平均速度

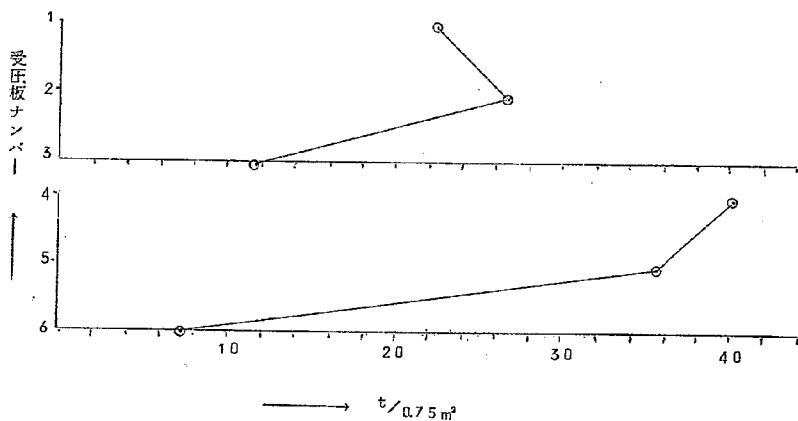
1.120 m/sec

(爆破の瞬間よりスノウエッドまで)

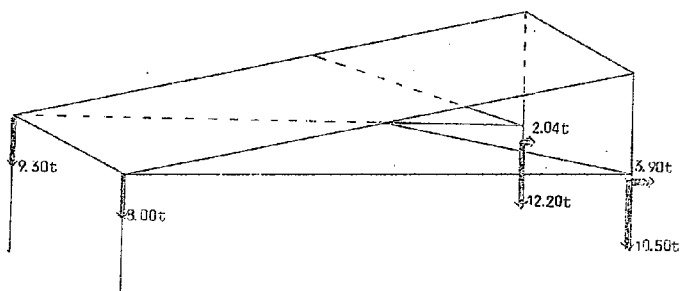
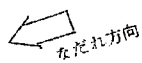
d) 圧痕計による衝撃力

	アルミ 板ナン バー	アルミ板 深長 (mm)	荷 重 (t)	0.75m ² 当り の荷重 (t)
1	37	2.54	2.550	22.360
		3.64	5.340	
	38	4.22	6.850	
		4.52	7.620	
2	39	3.89	5.900	26.970
		4.62	7.950	
	40	4.02	6.270	
		4.23	6.850	
3	43	4.11	6.500	11.850
		0	0	
	44	3.65	5.350	
		0	0	

	アルミ 板ナン バー	アルミ板 深長 (mm)	荷 重 (t)	0.75m ² 当り の荷重 (t)
4	29	4.90	8.900	40.030
		5.58	11.280	
	30	4.36	8.800	
		5.52	11.050	
5	35	5.81	9.700	35.700
		5.36	10.400	
	36	4.83	8.700	
		4.26	6.900	
6	41	2.56	2.950	7.610
		2.36	2.630	
	42	1.170	0.900	
		1.37	1.130	



e) スノウシエッドにかかる衝撃力



ロードセル番号	容 量 (t)	最大荷重(t)	備 考
1	5	2.04	圧 縮
			引 張
2	5	3.90	圧 縮
			引 張
3	20	12.20	圧 縮
4	20	10.50	"
5	20	9.50	"
6	20	8.00	"

4-3-3 実験番号M-3

a) 爆 破

爆破時刻

11.40 a.m

使用火薬類

ANFO

37.5Kg

カーリット黒

0.6Kg

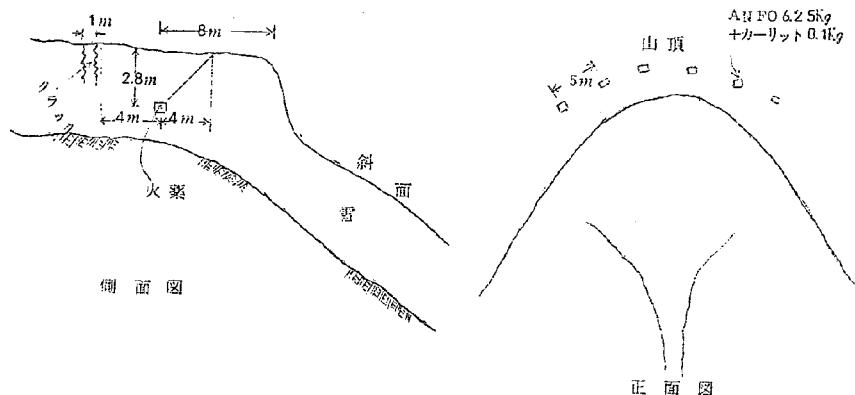
装薬孔数

6孔

装薬状況

今までのなだれ発生方法は多孔式で雪を迫出しなだれを発生させてきたが、今回は図一21に示すように雷害対策に利用する場合、安全に作業する点を重視し、雪底の後方で集中装薬し、震動により新雪だけ流す試みとして行なった。

図一21



爆破効果

爆破振動により全体の雪をわずかに動かし、斜面上方に10cm前後の割目を生じさせたのみにとどまった。

雪質調査

調査時刻

7.00~8.00 a.m.

天候

晴後曇

気温

-5.8℃

積雪断面

積雪深 (m)	種類および記号	密度	硬 度
3.0	N Q小	0.240 <u>0.370</u>	E
2.5	S	0.260	C~D
2.0	Q大 S	<u>0.280</u> 0.220	<u>B</u> C~D
1.5	Q小 S	<u>0.350</u> 0.300	<u>B</u> C~D
1.0	S	0.300	C~D
0.5	Q大 S Q大 S	<u>0.370</u> <u>0.460</u> <u>0.510</u> 0.450	<u>E</u> <u>C~D</u> B

4-3-4 実験番号M-4

a) 爆 破

爆破時刻

4.15 b・m

使用火薬類

カーリット黒(500g薬包)	175kg
導爆線(第二種)	950m
電気雷管(MS ①~⑤段)	12本

装薬状況

爆破地点の斜面は、実験前に自然なだれが発生しており斜面爆破は不可能な状態にあり残る積雪として図一22のようにA, B, C, D, E地区および、発生地点よりわずかに下でなだれの流路内にこぶ状に盛り上がった部分、つまりF地区が考えられ図一23~図一28のような方法でこれを爆破した。

図一22

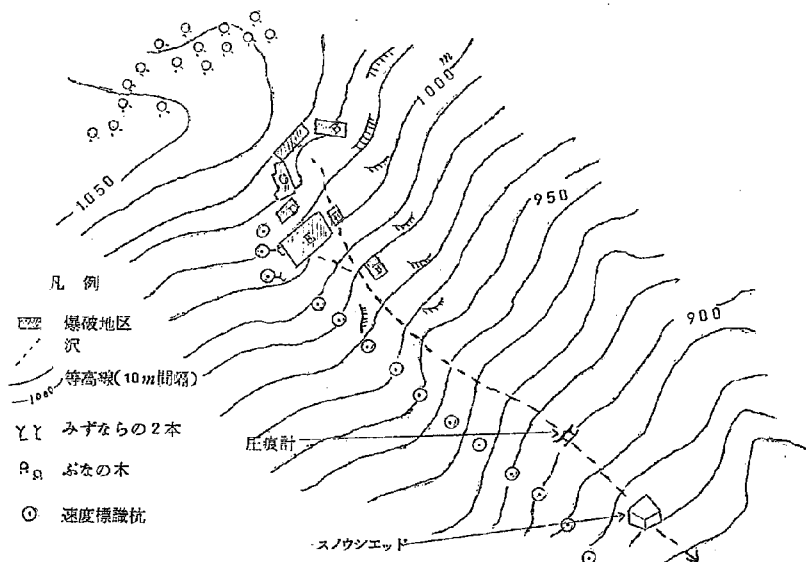


図-23

④ 地区

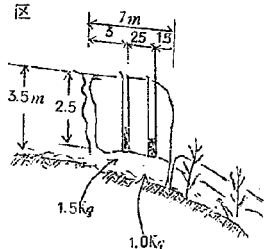


図-25

⑤ 地区

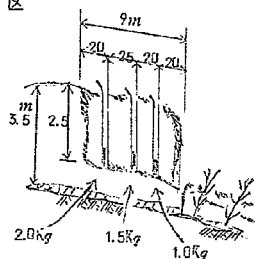


図-27

⑥ 地区

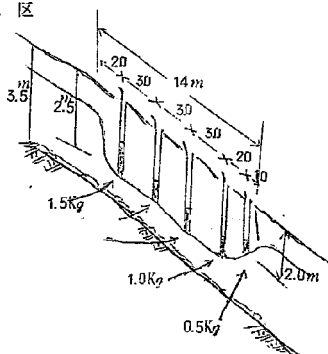


図-24

⑦ 地区

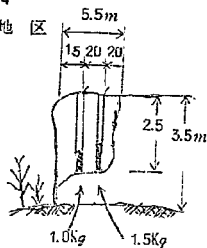


図-26

⑧ 地区

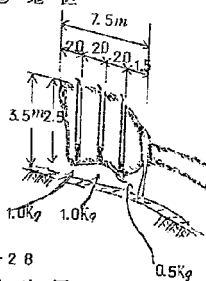
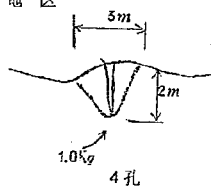


図-28

⑨ 地区



爆破効果

非常に落ちにくい状態にあったが、今までの実験より薬量を多くした関係で比較的大きななだれを発生させることに成功した。

b) 雪質調査

調査時刻

2.00 p.m

天 候

吹雪時々晴間あり

気温

-0.5 C

積雪層断面

積雪深 (m)	種類および記号	密度	硬 度
3.0	N	0.260	E
	G小	0.310	B
	G大	0.390	
2.5	G小	0.370	
	S	0.370	C~D
	G小	0.370	
	S	0.390	B
2.0	G小	0.410	
	G大	0.390	
	S	0.450	C~D
	G大	0.320	
1.5	S	0.430	A
	G大	0.400	C~D
	S大	0.400	B
	G大	0.400	C~D
1.0	S	0.440	A
	G小	0.400	B
	S	0.390	A
	G小	0.400	B
0.5	G大	0.390	C~D
	G小	0.450	B
	G大	0.400	C~D

o) なだれの速度

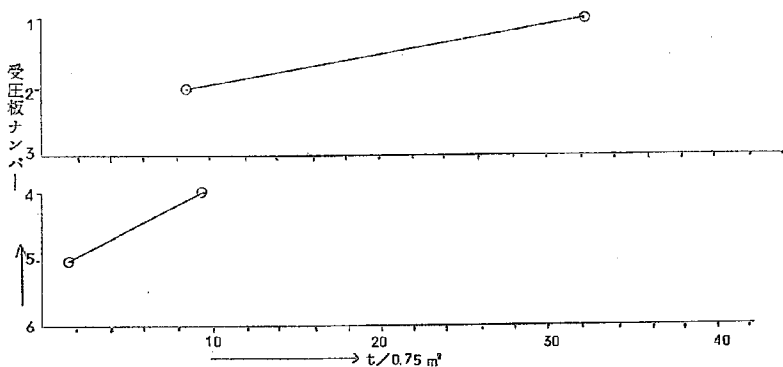
平均速度

(爆破の瞬間よりスノウシエッドまで)

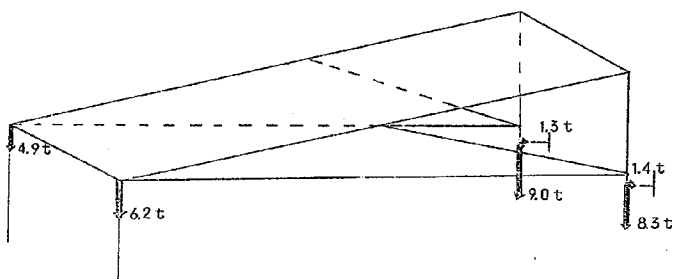
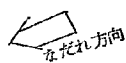
15m/sec

d) 圧痕計による衝撃力

受圧板ナンバー	アルミ板ナンバー	アルミ板深長 (mm)	荷重 (t)	0.75m ² 当りの荷重 (t)	受圧板ナンバー	アルミ板ナンバー	アルミ板深長 (mm)	荷重 (t)	0.75m ² 当りの荷重 (t)
1	117	5.05	9.32	32.04	4	111	2.55	2.96	23.6
		5.37	10.50				2.37	2.60	
	118	4.73	8.32			112	2.16	2.20	
		3.02	3.90				1.71	1.60	
2	119	2.39	2.62	8.37	5	113	0.91	0.70	1.96
		1.90	1.91				0.57	0.36	
	120	2.22	2.38			114	0.73	0.48	
		1.67	1.46				0.67	0.42	
3					6				

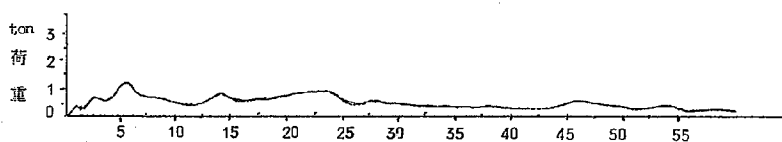


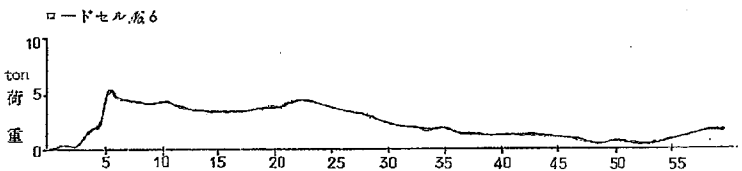
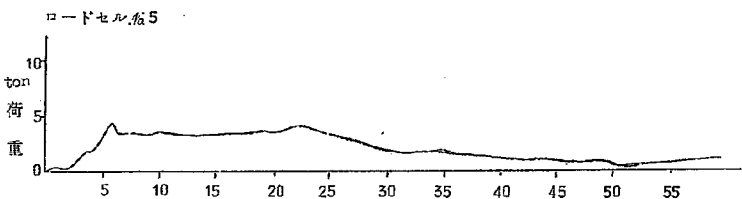
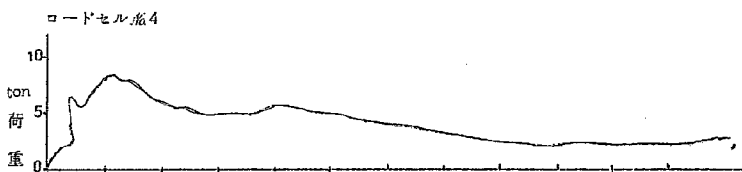
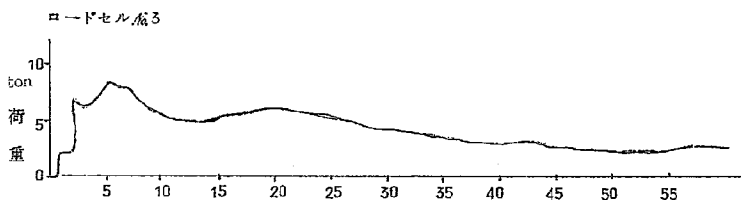
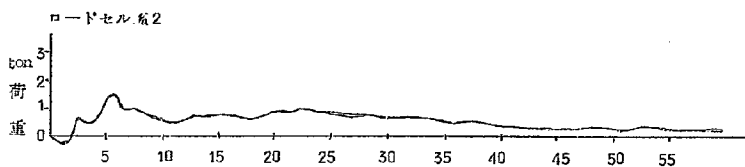
d) スノウシエッドにかかる衝撃力



ロードセル番号	容量 (t)	最大荷重(t)	備 考
1	5	1.3	圧 縮
			引 張
2	5	1.4	圧 縮
			引 張
3	20	9.0	圧 縮
4	20	8.3	〃
5	20	4.9	〃
6	20	6.2	〃

ロードセル系1





→ 荷重計がふれ始めてからの時間(秒)

4-3-5 実験番号 M-5

a) 爆 破

爆 破 時 刻

0.39 p.m

使用火薬類

カーリット黒

172.8 Kg

電気雷管 (MS 電気雷管)

18 個

導 爆 線

900 m

装 薬 孔 類

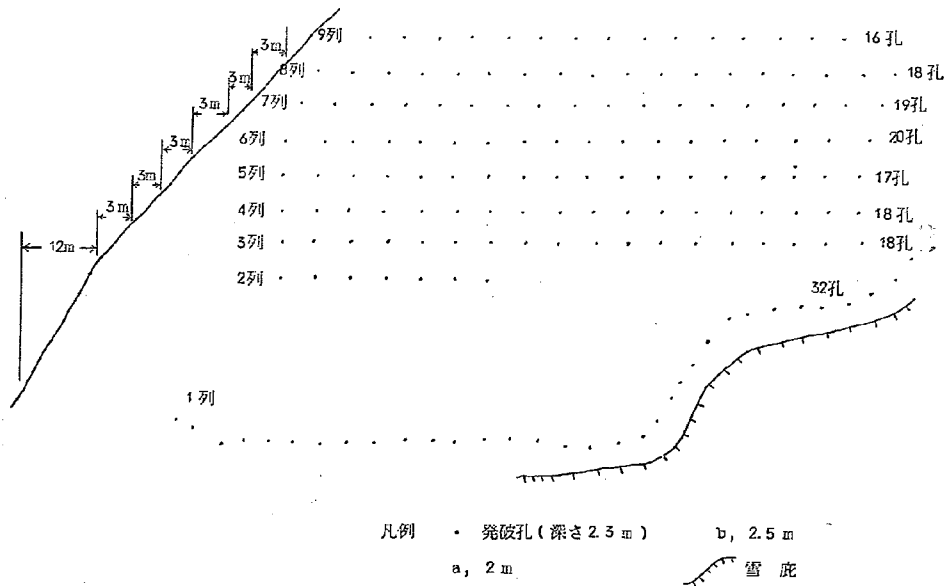
165 孔

装 薬 状 況

積雪量が多く、しかも非常に落ちやすい雪質状態にあった。したがって、前回のよ
うに広範囲に発破をかける必要がなく、図-29 に示すように一列目の下がこぶ状に
盛り上がっていたため、一列目の爆破を予定した。

図-29

山 頂

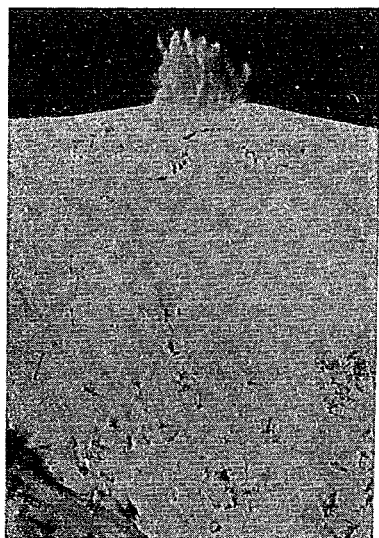


爆 破 効 果

火薬類は昨年より比較的少なく、また、天候も良く雪質状態も今まで行って来た実験より落ちやすい状態にあり、非常に大きなだれを発生させる事に成功した。

爆破による発破地点内の雪の起爆量は、 $2,000\text{ m}^3$ と思われる。(写真-11参照)

写真-11 爆破の瞬間



b) 雪 質 調 査

調 査 時 刻	11.00 a.m
天 候	晴
気 温	+4.3 °C

積雪層断面

(積雪深 (m))

種類及び記号

密度

硬 度

3.0 2.5 2.0 1.5 1.0 0.5		G小	0.356	C~D
		S	0.197	C~D
		G小	0.436	C~D
		S	0.226	C~D
		G小	0.367	C~D
		G大	0.460	C~D
		G小	0.355	C~D
		S	0.395	A
		G小	0.438	C~D
		S	0.390	B
		G大	0.345	B
		S	0.435	B
		G小	0.468	C~D
		S	0.430	A
		G小	0.355	C~D
		S	0.450	A
		G大	0.455	C~D

c) なだれの速度

スノウシエッドに衝突する速度

27.77 m/sec

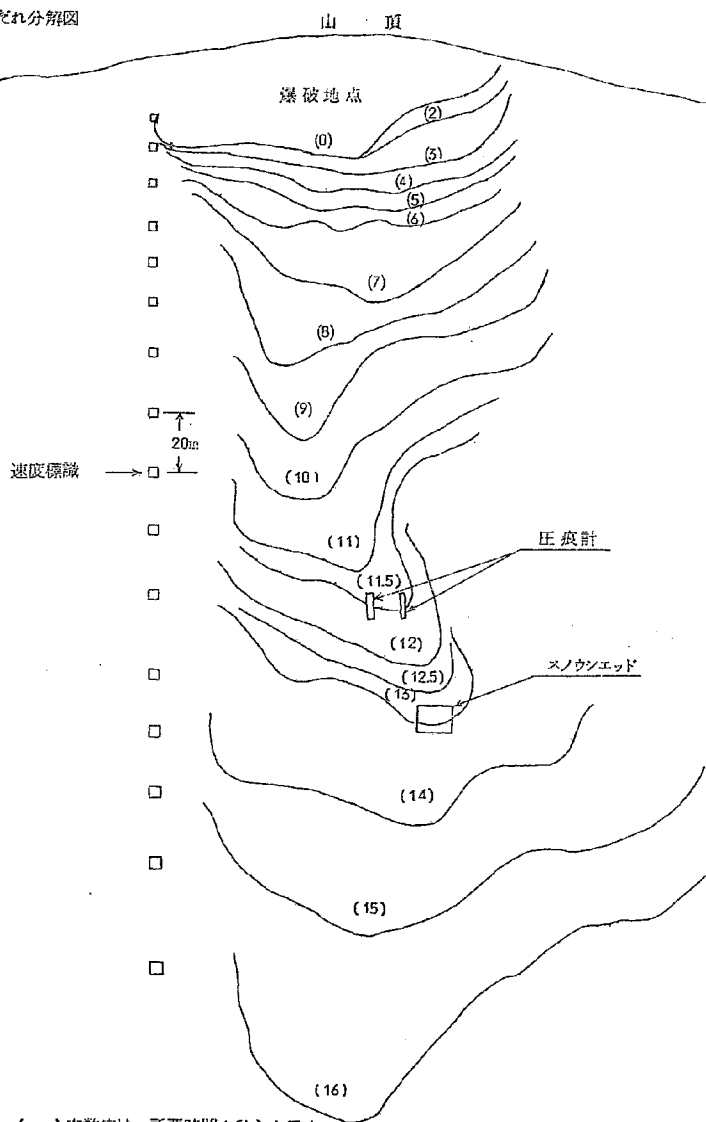
圧痕計に衝突する速度

26.3 m/sec

平均速度

24.09 m/sec

(繰返の瞬間よりスノウシエッドまで)



※ ()内数字は、所要時間(秒)を示す。

D) 流出量測定

本測定値は斜面測量によって得られたものである。(図-30, 31参照)

図-30

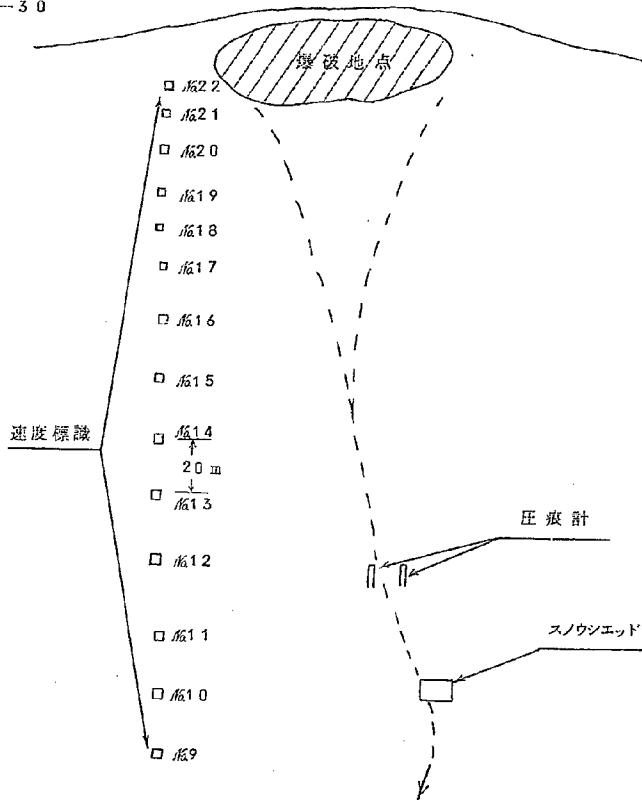


図-31

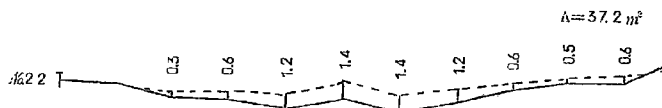
単位 : m

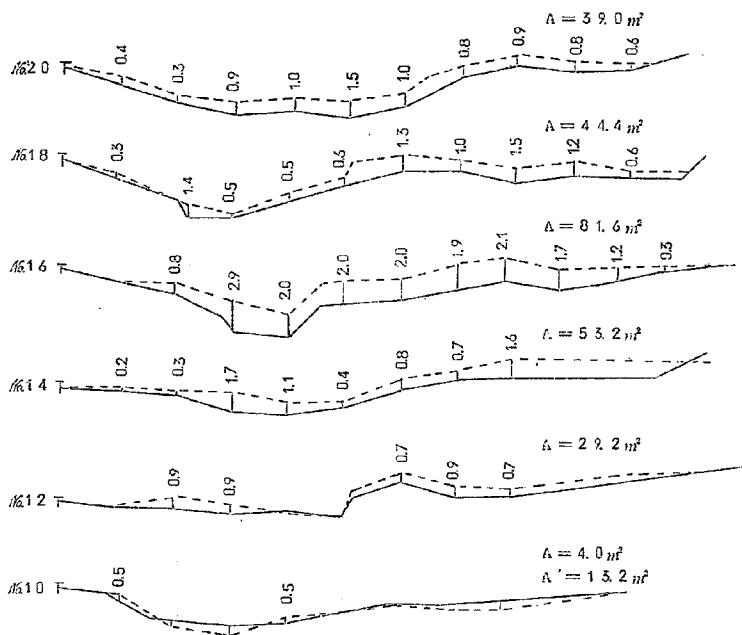
A : 掘削された断面積

--- : なだれ前の横断面図

A' : 堆積された断面積

— : なだれ後の横断面図





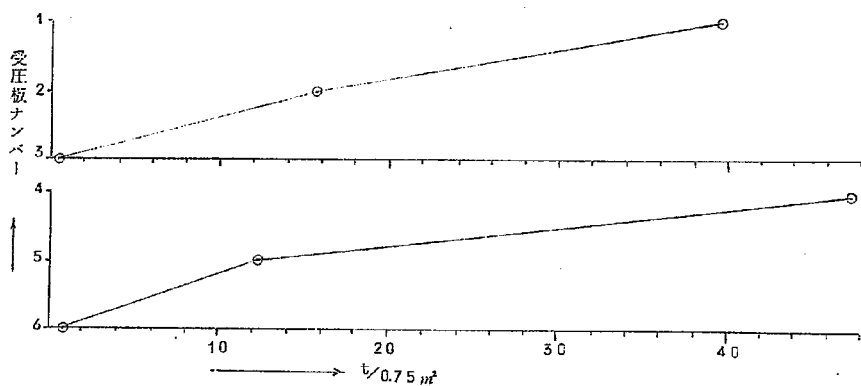
以下省略する。

総掘削量 $11.525 m^3$

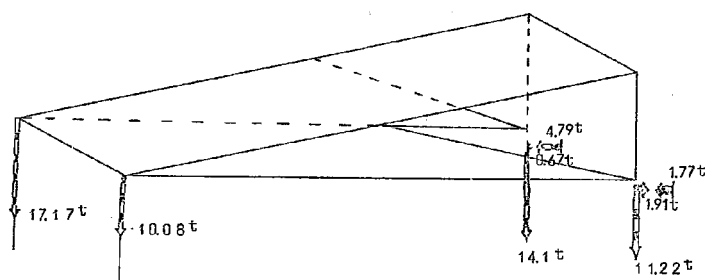
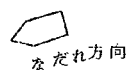
総堆積量 $5.390 m^3$

e) 圧痕計による衝撃力

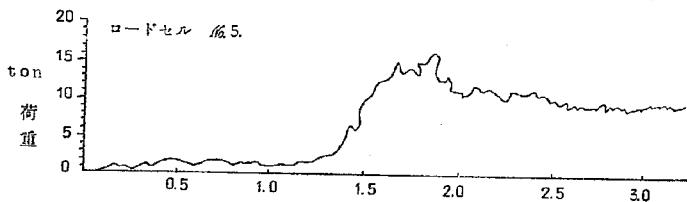
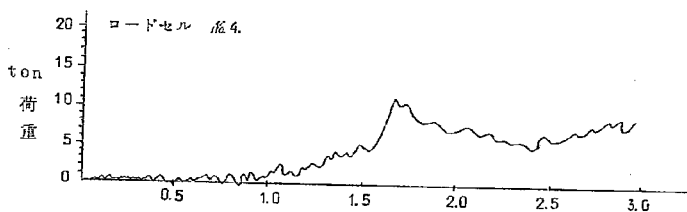
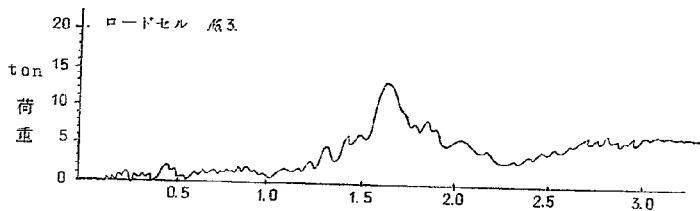
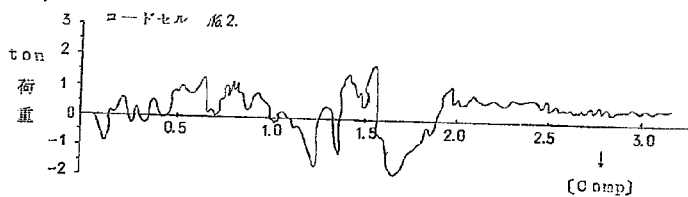
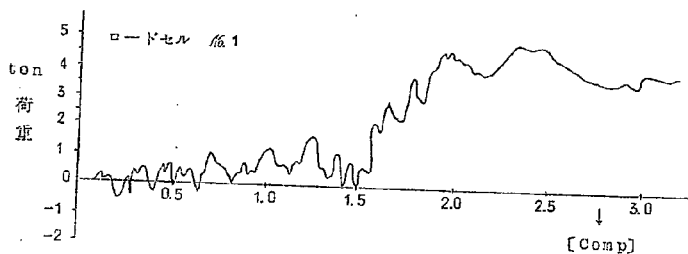
受圧板 ナンバ	アルミ板 ナンバー	アルミ板 深長(mm)	荷重 (t)	0.75m ² 当り の荷重(t)	受圧板 ナンバ	アルミ板 ナンバー	アルミ板 深長(mm)	荷重 (t)	0.75m ² 当り の荷重(t)
1	315	4.71	8,290	39.79	4	382	5.62	11,350	47.14
		5.23	10,200				5.20	9,850	
	316	5.28	10,200			381	6.18	13,260	
2	313	5.55	11,100	15.44	5	320	6.02	12,700	12.02
		3.86	5,850				3.60	5,200	
	311	2.78	3,340			319	2.80	3,400	
3	314	3.43	4,820	0.500	6	317	2.00	1,970	0.98
		1.62	1,430				1.64	1,450	
	312	0	—			318	0	—	
		0.77	0.500				0.94	0.680	
		0	—				0	—	
		0	—				0.54	0.300	

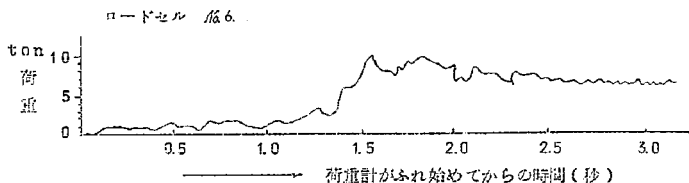


f) スノウシエッドにかかる衝撃力



ロードセル番号	容量 (t)	最大荷重 (t)	備考
1	5	0.67	圧縮
		4.79	引張
2	5	1.91	圧縮
		1.77	引張
3	20	14.10	圧縮
4	20	11.22	"
5	20	17.17	"
6	20	10.08	"





4-4 その他の資料

4-4-1 雪の爆破に関する資料

a) 使用爆薬

雪の爆破作業は通常の火薬類を取扱う危険性に加えて、自然なだれの危険をも考えねばならない。その安全性を確保するためには、いろいろの工夫が必要である。使用する爆薬については、次のような性質をもつものが望ましい。

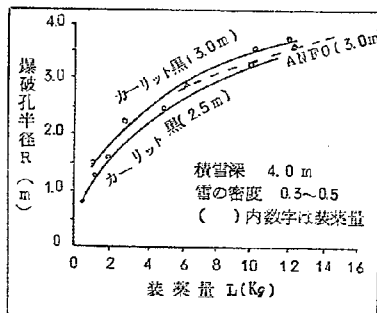
- ㊦ 安全性が大で、低温においても効果、感度の衰らないもの。
- ㊧ 万一自然なだれにより流出しても融雪水で分解して効力を失うもの。
- ㊨ 仮に自然なだれで流出しても、その回収が比較的容易にできる増爆薬を使用するもの。
- ㊩ 雪は団粒性の粉体で、わたに発破を仕掛けるようなものであるから、ガス発生量が、大で爆速の遅いもの。

これらの性質をほぼ満足する爆薬としては従来からカーリット黒が多く使用されている。本実験でも主としてこれを用いているが、経済性の点から比較的多量の集中装薬の実験では、電気雷管を取り付けたカーリットをブースターにしたANFOを使用した。

b) 1孔自由面発破

1孔自由面発破における薬量と漏斗孔半径との関係は、おおよそ図-32のようである。雪の爆破では漏斗孔半径の判定が比較的困難であるが、ここではせん断面を明らかに認めた地点までとした。

図-32 爆破漏斗孔の半径と薬量の関係



c) 2孔自由面発破

カーリット黒を用いた2孔自由面発破では、

装薬量 L (kg)

装薬深 D (m)

最小抵抗線長 W (m)

孔間隔 S (m)

とすれば、 $S = (1.0 \sim 1.4) W$ の範囲内では、ハウザー公式

$$L = C \cdot D \cdot W^2$$

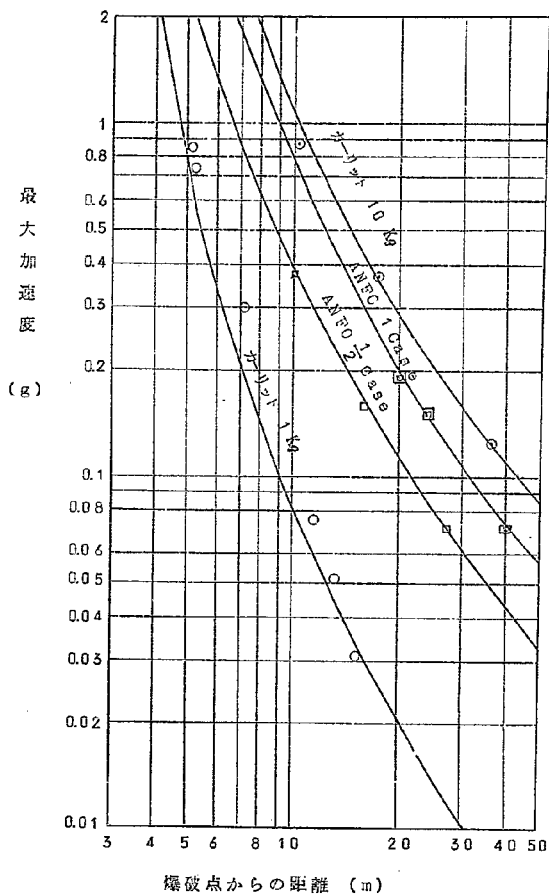
の爆破係数 C は、0.02~0.04 程度である。一般にカーリット黒 1kg で、 $D=W=S=3.0$ m の発破が行える。この場合の雪の密度は 0.3~0.5 であったが、密度が大となれば、かえって発破のききがよく、 C を大きくする必要は認められない。

d) 爆破振動

平坦積雪地において、深さ約 50 cm のところに加速度計を配置し水平方向の爆破振動を測定した結果次のようなことがわかった。(爆薬はカーリット黒および ANFO で、薬量は 1~2.5 kg である。)

- ① 雪中の爆破振動の伝播速度は、爆破点から距離が 0~10 m の範囲では 800~1000 m/s で、10~50 m では 500~600 m/s である。
- ② 振動の周期は、爆破点からの距離が 5~50 m では 0.01~0.1 sec の間の分布し、0.02~0.03 sec のものが卓越する。
- ③ 爆破点からの距離と水平方向の最大加速度との関係は図-33 のようである。

図一 3 3 雪中の暴波振動による水平方向最大加速度



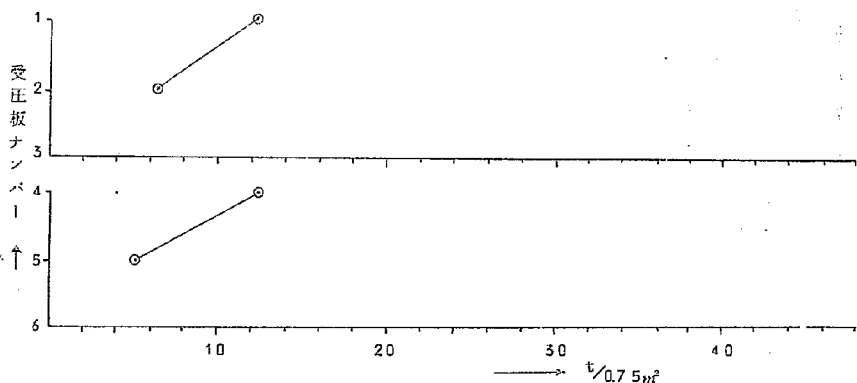
4-4-2 自然なだれによる圧痕計の測定結果(妙高斜面)

a) 自然なだけ 1

発生年月日 昭和39.1.27

受圧板 ナンバー	アルミ板 ナンバー	アルミ板 深長 (mm)	荷 重 [t]	0.75m ² 当り の荷重 (t)
1	1	2.17	2,250	12.390
		2.24	2,400	
	2	3.00	3,840	
		3.03	3,900	
2	3	2.11	2,150	6.440
		2.03	2,040	
	4	1.31	1,050	
		1.43	1,200	
3	5			
	6			

受圧板 ナンバー	アルミ板 ナンバー	アルミ板 深長 (mm)	荷 重 [t]	0.75m ² 当り の荷重 (t)
4	7	2.06	2,080	12.460
		3.95	3,950	
	8	2.55	2,930	
		2.86	3,500	
5	9	2.20	2,300	5.200
		1.51	1,300	
	10	1.48	1,250	
		0.57	0,350	
6	11			
	12			

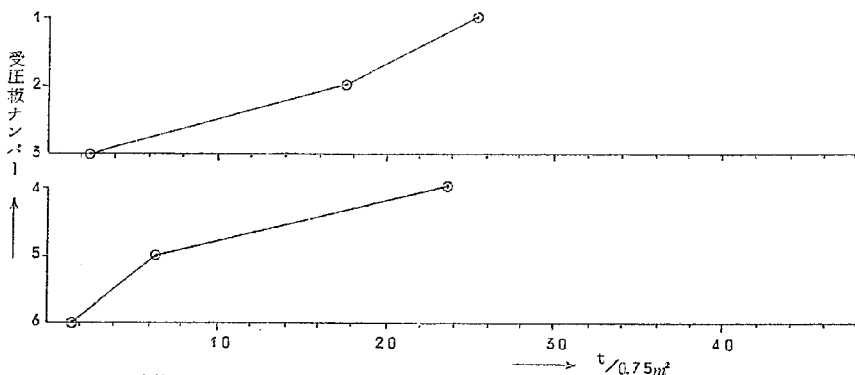


b) 自然な流れ 2

発生年月日 昭和39. 4. 下旬

受圧板 ナンバー	アルミ板 ナンバー	アルミ板 深長 (mm)	荷 重 (t)	0.75m ² 当り の荷重 (t)
1	51	2.59 3.19	3.96 4.20	2.411
	52	4.51 4.76	7.55 8.40	
2	53	3.82 4.25	5.75 6.90	1.772
	54	2.28 2.41	2.42 2.65	
3	55	0.46 1.07	0.43 0.80	2.48
	56	1.07 0.48	0.80 0.45	

受圧板 ナンバー	アルミ板 ナンバー	アルミ板 深長 (mm)	荷 重 (t)	0.75m ² 当り の荷重 (t)
4	45	3.24 2.49	4.35 2.80	23.65
	46	5.31 4.01	10.25 6.25	
5	47	2.27 2.40	2.40 2.65	1.18
	48	0.84 0.91	0.58 0.55	
6	49	0.35 0.68	0.20 0.44	1.24
	50	0.34 0.62	0.20 0.40	

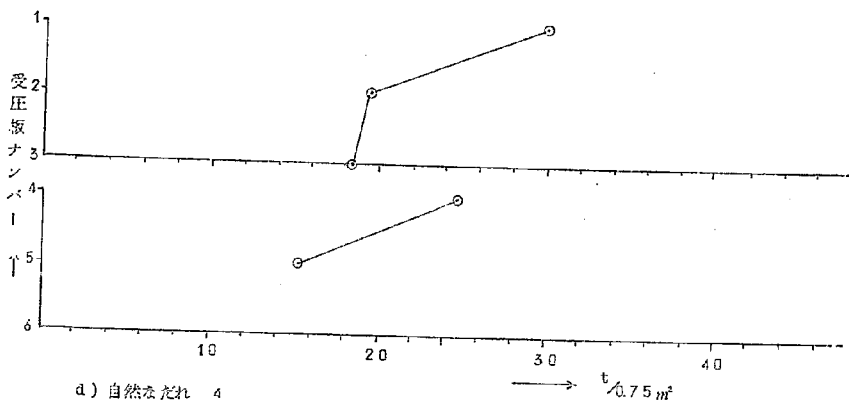


c) 自然な穴 3

発生年月日 昭和40. 2. 30

受圧板 ナンバー	アルミ板 ナンバー	アルミ板 深長 (mm)	荷 重 (t)	0.75m ² 当り の荷重 (t)
1	63	3.83 3.72	5.92 5.70	2.287
	64	4.19 5.81	6.50 11.75	
2	65	3.22 4.94	4.32 9.12	19.09
	66	1.78 3.07	1.70 3.95	
3	67	2.42 4.17	2.68 6.45	18.23
	68	2.54 3.99	2.90 6.20	

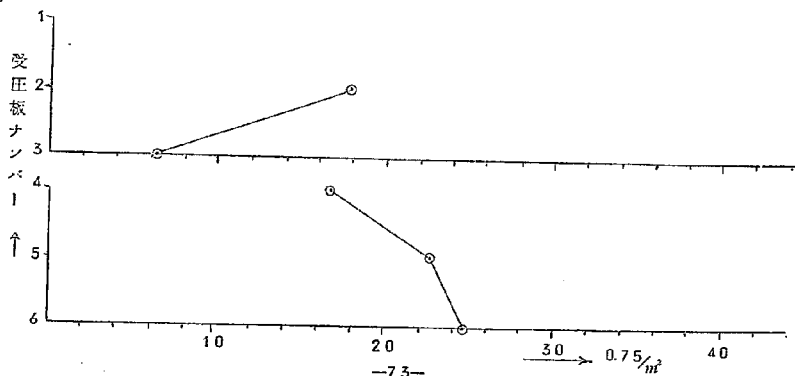
受圧板 ナンバー	アルミ板 ナンバー	アルミ板 深長 (mm)	荷 重 (t)	0.75m ² 当り の荷重 (t)
4	57	3.72 4.07	5.71 6.28	2.441
	58	3.60 4.37	5.18 7.24	
5	59	2.61 4.15	3.00 6.43	15.05
	60	2.81 2.11	3.47 2.15	
6				



発生年月日 昭和40.4 下旬

受圧板 ナンバー	アルミ板 ナンバー	アルミ板 深長(mm)	荷重 (t)	0.75m²当り の荷重 (t)
1	74			不明
	75	316 328	4,100 4,400	
2	76	375	5,750	17.92
		345	5,150	
	77	360 1.80	5,500 1,720	
3	121	1.94	1,75	6.33
		3.26	1,380	
	122	0 0	0 0	

受圧板 ナンバー	アルミ板 ナンバー	アルミ板 深長(mm)	荷重 (t)	0.75m²当り の荷重 (t)
4	69	1.42	1,200	16.75
		2.16	2,250	
	71	4.76 3.02	8,400 3,900	
5	72	4.57	7,680	22.75
		2.98	3,820	
	73	5.22 1.53	9,900 1,350	
6	61	3.72	5,700	24.562
		3.56	5,140	
	62	4.78 3.58	8,432 5,290	



○1 自然なだれ 5

発生年月日 昭和41. 1. 22

受圧板 ナンバー	アルミ板 ナンバー	アルミ板 深長(mm)	荷 重 (t)	0.75m ² 当り の荷重 (t)	受圧板 ナンバー	アルミ板 ナンバー	アルミ板 深長(mm)	荷 重 (t)	0.75m ² 当り の荷重 (t)
1	157	3.28	4,430	21.29	4	156	4.05	6,350	23.36
		3.97	6,150				3.61	5,290	
	158	3.63	5,300			155	4.10	6,450	
		3.69	5,410				3.59	5,270	
2	159	2.88	3,550	17.73	5	154	4.22	6,780	24.22
		2.90	3,600				3.87	5,900	
	160	3.61	5,230			153	4.24	6,840	
		3.66	5,350				3.39	4,700	
3	201	0.31	0,150	6.77	6	152	2.29	2,450	7.15
		3.19	4,250				2.03	2,000	
	202	0.45	0,270			151	1.38	1,120	
		2.08	2,100				1.72	1,580	

