

V-36 爆破による「なだれ」の人工的処理法について

北日本雪害研究所 正会員 ○小林文明
 日本大学工学部 正会員 新田 亮

1. まえがき

東北地方においては、冬期を降雪期、厳寒期、融雪期に三区区分すると、降雪期は12月下旬～1月下旬、厳寒期は1月下旬～2月下旬、融雪期は2月下旬～4月上旬、山間部では5月下旬にまで及び、融雪期が冬期の半期を占めている。

近年では、東北縦貫道路をはじめとし、各路線の新設、改良が進んでいるが、山間部では豪雪となだれのために国道、県道が冬期間閉鎖される地域が多くみられる現状である。

除雪機械のめざましい発達により、排雪能力がすぐれているにもかかわらず、道路が閉鎖されるのをやむなくしているのは、融雪期に多発するなだれの危険が主な原因である。したがって、自然なだれの危険を防止することは、道路交通に対して冬期間の半期を短縮することになり、年々冬期道路交通の安全確保が要求されている現在、その対策は重要緊急を要する問題である。

そこで、なだれ防止対策としては、種々の施設が設置されているが、施設だけでは現状に追いつかないので、もっと簡易で経済性のある処理方法が必要となり、その予防法の一つとして人工なだれが考えられる。これまで研究されている人工なだれは、実用化されていないところに問題があったが、筆者は爆破による人工なだれ工法として、爆薬を適化ビニール樹脂パイプに挿入することと、時間差爆破を行うことにより、任意の時期に発生できる欧米諸国でも類のない効果的な処理法を開発し、1966年以来、建設省東北地方建設局の協力を得て国道、県道において実用工法として施工している。

この方法によると、なだれデブリを減少させ、雪塊がローリングするので法面をほとんど抛棄することがなく、また、法面の植生の成育を保護助成し、施工時前に交通の一時中止も計画されるので、人命に関する危険は完全に避けられるものである。

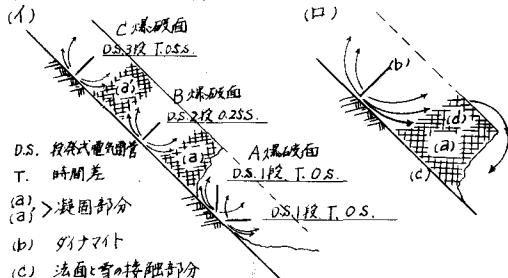
さらに、自然なだれに近いデブリに発生させることによって、なだれ防止施設（スノーシェッド、擁壁等）の設計資料になる衝撃荷重については、その要素となるなだれの速度、密度、デブリなどの必要なデータを現場ごとに適宜測定することが可能である。

2. 積雪に対する時間差爆破と装填角度

雪は外圧によって圧縮固化する性質があるから、積雪の区分に爆圧による外圧を加えると、区分積雪層は凝固の形態を整えると同時にゆきぶりが生じ、押出され崩落現象を起す。この現象が爆破区分ごとに生じて人工なだれとなる。

図-1(イ)では、A爆破面はシンヌキであり、

図-1 時間差爆破による押出し原理と装填図



このとき生ずる爆圧が法面上部に雪を押し上げ(a)の凝固部分をつくる。次にこの凝固した(b)は、次段のB爆破の爆圧によって押流される。またこのとき同時に生ずる(a)の凝固部分は、C爆破によって押流される。

図-1(b)は凝固した(a)の部分であり、(b)爆破の爆圧で押流されるものであるが、底面(c)において法面との摩擦が生ずるため、同じ爆圧で押出しても(a)凝固部分の頭部(d)から図のように落下ローリングの起点となる。

装填角度は、原則として法面に対し直角方向にする。ただし、最下段のシンヌキ部分は上部の崩落雪塊の障害となる積雪層を1段(最下段)の爆破で1自由面と2自由面にして取除くために行うのであるから、地形によって角度の変化が必要になる。

また、装填する場合は、法面に積雪を約10~15cm残せば法面を損傷しない。

3. 爆破による積雪の形状

爆破による圧縮の程度はかわきしり雪、ぬれしり雪、ざらめ雪の順に小さくなるが、それに依りて図-2にみられるように岩盤目状の亀裂が走り、雪塊となって個々に回転しながら崩落する。

したがって、雪塊に対してはピッチャダイナマイト量を考慮しなくてよい。

自然な流れでは積雪層がそのまま滑り落ち波状になるのに対し、人工な流れでは下段より雪塊となって個々にローリングしながら落下するため、法面の地膚や樹木などを損傷しない特徴をもっている(図-3、4参照)。

4. 法面傾斜角度とダイナマイト量および装填間隔

自然な流れは流れようとする重力と反持力の均衡の破れで発生するものであるが、人工な流れは安全状態にある法面の積雪と人工的に押出す力とを発生させるものであるから、法面の傾斜角度が大きくなるにつれて流れ出す力は大きくなり、人工的に加える力は少なくてすむ。表中のXとYはその相対的關係を示したものである。表-1はこれまで国道、県道沿線で施工した百数回の実験から得た法面傾斜角度と積雪深に対するダイナマイト量と装填間隔を示したものである。

図-2 爆圧による雪の凝縮と亀裂

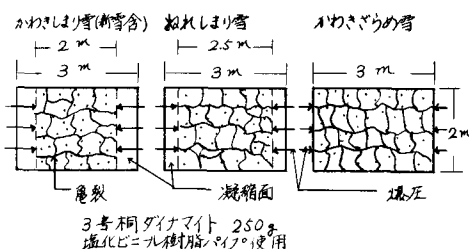


図-3 雪塊のローリング運動と荷重の移動

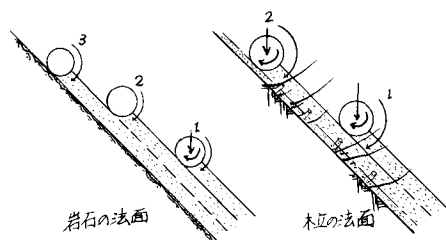
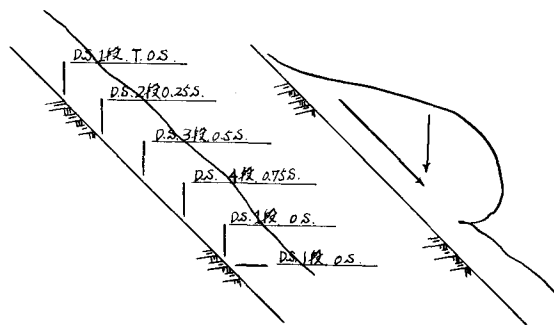


図-4 自然な流れに近い人工な流れと荷重の移動



表におけるピッチは縦ピッチであり、横ピッチは縦ピッチの1.25倍にする。

表の見方1例

積雪深 1.5 m
斜面角度 45°

縦ピッチ 3.7 m
横ピッチ 3.7 × 1.25 = 4.6 m

ダイナミイト量 275 g
(パイプ1本当り)

F: 着着名, D: ダイナミイト (Dynamite),
T: 時間差 (Time Intervals).

表-1 F.D.T.式人Iなだれ経済ライン

(法面傾斜角度 25°~45°)

法面傾斜角度	X=流氷はくする力 Y=人1本が加える力	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	ピッチ
71~80									
61~70	X								
51~60									
41~50									
31~40	Y								
21~30									
11~20									
0~10									

ダイナミイト量 250g 300g 400g 500g
規格は D.C.A.V F.D.T.式経済ライン

5. 時間差と雪負の関係

時間差爆破はD.S.(段分)式電気雷管を使用して行ない、各段の時間差は0.25秒差である。かわきしより雪や乾燥したぎらめ雪の場合は、ヒビワレが生じやすく凝固しにくいので凝固と押出しの現象を短時間で作り出すためには、各段は0.25秒差が適当である。逆に、ぬれしより雪やぬれぎらめ雪の場合はヒビワレが生じにくく各段の雪塊と雪塊が接着しないように(落下時に)、0.5~0.75秒差にする。

6. 爆薬挿入器械の特性

爆薬は3号桐ダイナミイトを使用した。爆薬挿入器械として諸種の実験結果、塩化ビニール樹脂パイプが最も効果的であることが実証された。

ここに塩化ビニール樹脂パイプ、乾燥竹、生竹を挿入器械とした爆破時の影響範囲の平面図の比較を図-5に示す。

塩化ビニール樹脂パイプでは、立体的には爆心を中心に「おわん型」に爆道が走り、積雪中に亀れつと空洞を多数つくつ時間差爆破で碁盤目状の雪塊となる。また平面では図-5のように竹よりはるかに広範囲に爆破影響を与える。したがって塩化ビニール樹脂パイプを爆薬挿入器械とすることにより、爆圧を均一にし、しかも広範囲に伝えることに成功した。

図-6は岩石とF.D.T.式積雪爆破の基準を示したものである。積雪爆破では標準装薬式は

$$\ast r = W \times \frac{4}{3}, R = W, r'' = W \times \frac{2}{3}$$

例. W(装薬孔深): 2m, D(ダイナミイト): 300g

$$r \div 2.7m, R = 2m, r'' \div 1.2m$$

図-5 塩化ビニール樹脂パイプと竹の爆破形態の比較平面図

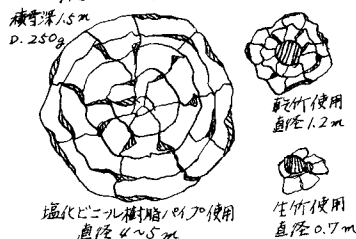
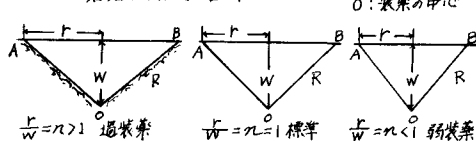
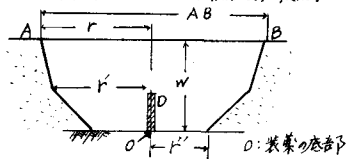


図-6 岩石とF.D.T.式積雪爆破基準

・岩石爆破の基準



・積雪爆破の基準(塩化ビニール樹脂パイプ使用)



積雪中では雪質と密度の異なった積雪層から形成されているため、図のような岩石と異なった爆破形態を示す。

7. 施工時期

先にのべたように、冬期間を三区分すると、自然なだれの最盛期は融雪期であり、雪質は主として降雪期は粉雪、最寒期はしより雪、融雪期はぶらめ雪や氷雪である。本工法では任意の時期に人工なだれを発生させることができるが、装てん作業の安全性から考慮して、人工なだれの施工時期は自然なだれの危険に迫る前の積雪の安定している時期、つまり降雪期後半から融雪期前半に施工することが最も望ましい。

8. 工法の種類

(1) 発生工法（ロールイン方式）

発生工法（ロールイン方式）は、新雪、ぬれしより雪のように崩落時に雪だるま式にロールイン（巻き込み）しやすい状態の雪質に適している。

発生源を延び、発生源に数段にわたり最下段から時間差爆破で崩落させることにより、ロールした雪塊が順に中、下部の積雪をロールインする。この場合のロールインしやすい雪塊の大きさは0.2～0.5mで、これは装薬ピッチと装薬量に関係が深いことがわかった。

爆破時にできる雪塊が大きすぎると回転しにくく、下部の雪をロールインできなくなる。逆に、ピッチが狭すぎたり、過装薬になるとロールしなくなり崩落を妨げることになる。これらに関しては、雪の状態をよく調査して、適当な個所を選び、ピッチと装薬量による試験爆破を行なって、このとき形成される雪塊の大きさを研究することが望ましい。

この方式の特色は、なだれ地に発生源をつくることにより法面全体の積雪を崩落させることができ、経済性があり、作業時間が短縮されることである。ただし注意を要することは、雪層の中に氷雪がある場合は、その地奥までしかロールインすることができないことで、このような条件下では、全面爆破を行なうか圧縮工法が適している。

(2) なだれデブリー、速度等測定の場合の人工なだれ（自然なだれに近い状態に発生させる）

図-4参照。自然なだれに近い状態に発生させることにより、なだれ防止施設（スノーシエッド、擁壁等）設置個所の各なだれ地に応じたなだれデブリー、速度、密度等の衝撃荷重となるデータを得ることができる。

9. おわりに

以上、なだれを人工的に処理する工法をのべたが、施工現場での実施成績は数多くの映像記録によって証明される。また、塩化ビニール樹脂パイプを爆薬挿入器具とする爆破方式（特許番号604330）は、軟弱地盤、砂土、氷壁などに対する諸種の実験結果、海洋開発や農業土木分野にも貢献するものと確信する。

最後に、本研究にあたり御協力ならびに御助力いただいた、建設省東北地方建設局、山形県土木部、農林省林業試験場東北支場山形分場の方々に感謝するものである。