

# 法面雪庇除雪への破碎剤の適用検討

Application examination of the crush agent to slope overhanging snow removal

○中村隆一, 住田則行, 山崎貴志, 三浦豪

## はじめに

雪崩災害を未然に防止するため、法面の雪庇などの除排雪が行われているが、人力作業に頼るところが大きく、危険を伴うとともに費用も高額となっている。そのため、効率的で安全性の高い除排雪工法が望まれている。

道路法面に形成される大規模な雪庇除雪に活用することを目的に、岩盤やコンクリート建造物の解体処理に活用されている非火薬組成の破碎剤を自然積雪の雪中に配置し、発破時の破碎伝播圧の測定と破碎生成残渣の分析を行った。

## 試験概要

試験は、交通等による外的影響を受けていない自然積雪の雪中で非火薬組成の破碎剤(以下、「破碎剤」という。)の発破を行った。破碎剤は、テルミット反応を利用した薬剤で、酸化銅とアルミニウムを主成分とする。以下に試験の概要を示す。

- 試験日：平成25年2月12日(破碎生成残渣の採取)  
平成25年2月25日～26日(破碎伝播圧の測定)
- 場所：(独)土木研究所 寒地土木研究所 石狩実験場内
- 破碎剤：市販品3種類(仮称:破碎剤A, B, C)
- 試験項目：破碎伝播圧の測定, 破碎生成残渣の分析

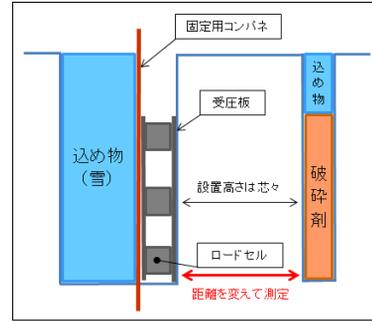


図1 破碎剤と受圧板設置断面図



図2 検体の採取方法

## 試験方法

試験は、積雪深約130cm(0～45cmざらめ雪, 45～130cmしまり雪)、雪硬度の平均が約80kN/m<sup>2</sup>、雪密度の平均が約330kg/m<sup>3</sup>の自然積雪で行った。破碎伝播圧の測定は、破碎剤から一定の距離にロードセル3個を組み込んだ受圧板を配置し、破碎剤A, B, Cの3種類を雪中で発破した時の伝播圧力を測定した。破碎剤と受圧板の設置断面の概要を図1に示す。

また、雪中で発破した場合に生じる破碎生成残渣を分析した。分析用の検体は、雪中で発破した際の破碎影響部の雪を全量採取し、その雪を融かしたものを各破碎剤毎に2検体用意した。なお、各発破で破碎影響部の範囲が異なるため、検体の融雪量も各々異なる。検体の採取方法の概要を図2に示す。また、発破前後の影響を確認するため、自然積雪(ブランク雪)についても分析した。

## 試験結果

破碎剤を雪中で発破した場合、雪を破碎する効果があったのは図3に示すとおり破碎剤A, Bの2種類で、破碎伝播圧は表1に示すとおり破碎剤A, B, Cの順に大きかった。

次に、雪中で発破した場合に生じる破碎生成残渣の分析結果を表2及び表3に示す。分析結果に示すとおり、破碎剤毎の生成残渣の傾向を確認できた。

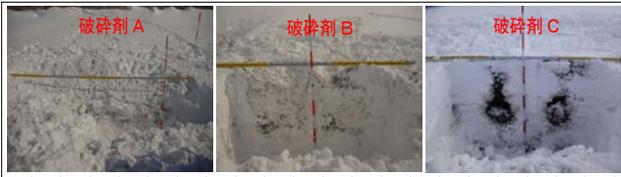


図3 破碎剤による破碎断面

表1 破碎伝播圧の測定結果

		(単位: kN/m <sup>2</sup> )		
		破碎剤 A	破碎剤 B	破碎剤 C
距離別 (単発発破)	0.5m地点で測定	9.98	3.03	0.55
	1.0m地点で測定	3.30	0.91	0.19
	1.5m地点で測定	1.10	0.76	0.14
	2.0m地点で測定	0.89	0.12	0.09
直列配置 (破碎剤を1.0m 間隔に配置し、 4本を一斉発破)	破碎剤正面から1.0m地点で測定	3.81	1.28	0.39
	破碎剤間から1.0m地点で測定	3.96	1.86	0.26

表2 破碎生成残渣の分析結果

(単位: mg/ℓ)

生成残渣分析	ブランク雪	破碎剤A		破碎剤B		破碎剤C	
		① 融雪量346ℓ	② 融雪量298ℓ	① 融雪量103ℓ	② 融雪量52ℓ	① 融雪量142ℓ	② 融雪量117ℓ
(01) カドミウム	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.0005	0.0007	0.0008
(02) シンク	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
(03) 鉛	0.003	0.008	0.008	0.33	0.44	0.022	0.028
(04) 有機リン	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
(05) 六価クロム	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
(06) 砒素	0.001	0.003	0.002	0.004	0.01	0.009	0.013
(07) 総水銀	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
(08) アルキル水銀	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
(09) PCB	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
(10) ホウ素	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.13	0.16
(11) フッ素	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
(12) 酸化アルミニウム	0.25	8.8	2.3	490	530	590	730
(13) アルミニウム	0.13	4.7	1.2	260	280	300	390
(14) 溶解性アルミニウム	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	95	150
(15) 銅	0.35	76	49	330	1,500	380	590
(16) 酸化銅	0.44	95	62	410	1,900	480	740
(17) pH	5.3	6.5	6.7	7.4	6.8	4.5	4.4
(18) 硝酸イオン	1.1	1.0	1.2	1.3	1.1	2.3	1.8
(19) 硫酸イオン	5.2	12.2	5.1	1,100	2,250	5,700	2,900

表3 ダイオキシン類含有の分析結果

(単位: pg-TEQ/ℓ)

ダイオキシン類 含有分析	ブランク雪	破碎剤A	破碎剤B	破碎剤C
		① 融雪量346ℓ	① 融雪量103ℓ	① 融雪量142ℓ
(01) ダイオキシン類含有量	0.31	0.75	0.25	0.15

## まとめ

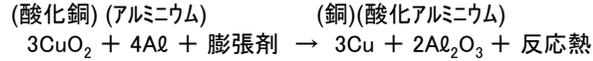
破碎剤を雪中で発破した場合の破碎効果と破碎生成残渣について確認した。その結果、雪に対する破碎の適用性が確認できた。但し、破碎剤の現場適用に際しては、破碎生成残渣を考慮し、施工計画を立案する必要がある。

破碎剤は、法による規制が少なく、取り扱いが容易で、緊急的な除雪にも対応できるため、今後は、人力作業の省力化に貢献できる効率的な工法としての適用について確立を目指していきたい。

## 破砕剤の概要

破砕剤は、テルミット反応を利用した薬剤で、酸化銅とアルミニウムを主成分とする。テルミット反応とは、金属酸化物と金属アルミニウムとの粉末混合物に着火すると、アルミニウムは金属酸化物を還元しながら高温を発生する。

### 非火薬組成破砕剤の化学反応式(例)



一斉発破の状況

## 研究の最終成果 (イメージ)

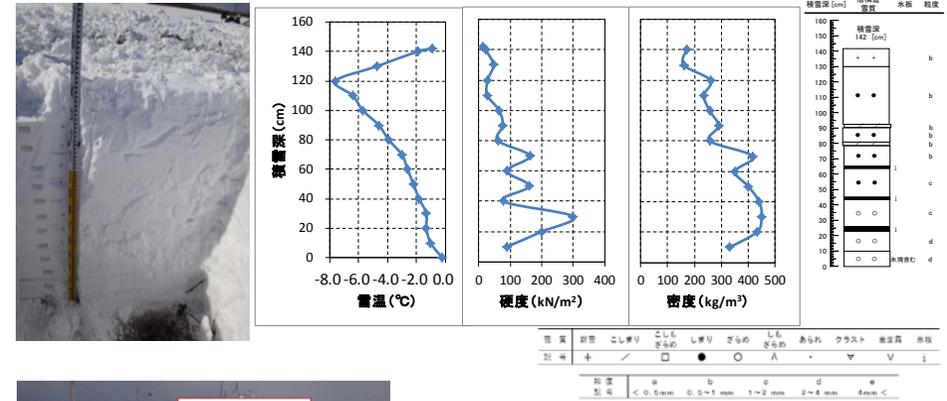
人力作業を省力化する効率的で安全性の高い工法



法面雪庇の除雪(現状)

法面雪庇の除雪(イメージ)

## 積雪状況と試験状況



試験の穿孔状況

## 破砕剤の設置模式図

