

明かり発破における飛石事故の現象と原因に関する分析

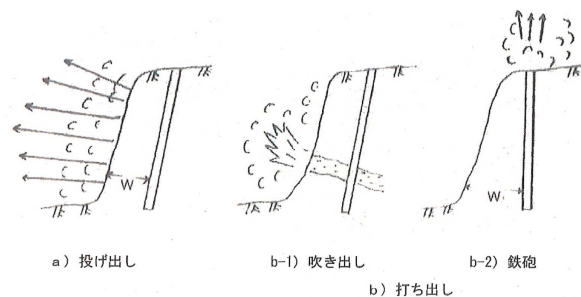
○フジタ 正会員 宇田川義夫

1. はじめに

岩盤を対象とする明かり工事中においては、近年アンホ爆薬による発破が一般的に行なわれている。以前はダイナマイトの使用が一般的であったが、昭和60年頃以降では、より安全性に優れたアンホ爆薬の使用が急激に増え、それとともに近年において事故件数は激減している。しかしながら、年に数件程度の飛石事故が発生している。発破事故の7割強は飛石事故であり、発破事故をなくすには飛石事故の原因分析と防止対策が重要であるといわれている。本論は、アンホ爆薬の使用による明かり発破における飛石事故の現象と原因について分析をおこなったものである。

2. 飛石事故の現象と原因¹⁾²⁾

飛石現象としては、図-1に示すように「投げ出し」と「打ち出し」に区分され、「打ち出し」はさらに「吹き出し」と「鉄砲」に区分される。これらの現象を引き起こす原因としては、表-1に示すような「直接原因」があり、この「直接原因」はさまざまな「間接原因」によって起こるものである。また飛石事故の被害を拡大させる「被害拡大要因」として「人員」「施設・器材」「手順・教育」があげられる。

図-1 飛石現象¹⁾表-1 飛石の現象と原因²⁾

現象	原因		被害拡大要因
	直接原因	間接原因	
飛石	投げ出し	過装薬	人員 点火位置不良 避難場所不良 警戒不十分 施設・器材 防護措置不良 切羽の方向不良 手順・教育 作業手順の周知徹底不足 保安教育が不十分
	吹き出し	岩盤等に弱部存在	
	打ち出し	鉄砲	
		弱装薬	
		薬量過大・威力過大 最小抵抗線が短い その他(発破設計不良) 岩質等の検査不十分 防護措置不良 防護措置なし 填塞資材が不適切 填塞が不十分 填塞長が不足 薬量過小 最小抵抗線が過大 湧水対策不良	

※公益社団法人全国火薬類保安協会の資料(保安教育講習用テキスト)に一部加筆

3. 爆薬量と飛距離に関する分析

図-2は、昭和41年から平成26年までに発生した飛石事故108件のアンホ爆薬量と飛距離の関係を示したものである。爆薬量はハウザーの公式から3乗根とした。これから爆薬量と飛距離には、ほとんど相関性は認められず、爆薬量の多少は飛距離に影響しないことがわかる。ただし図-3に示すように、飛距離の分布をみると、200m以内で約70%の飛石事故が発生している。

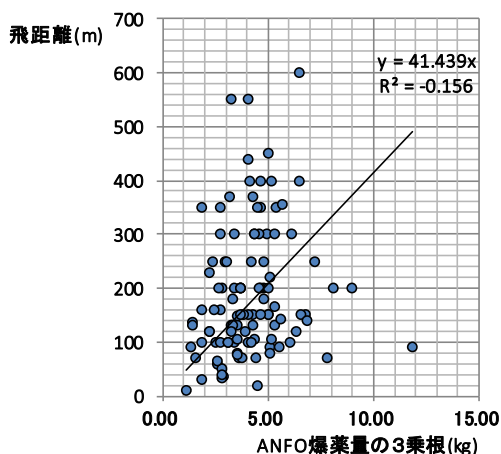


図-2 アンホ爆薬量の3乗根と飛距離の関係

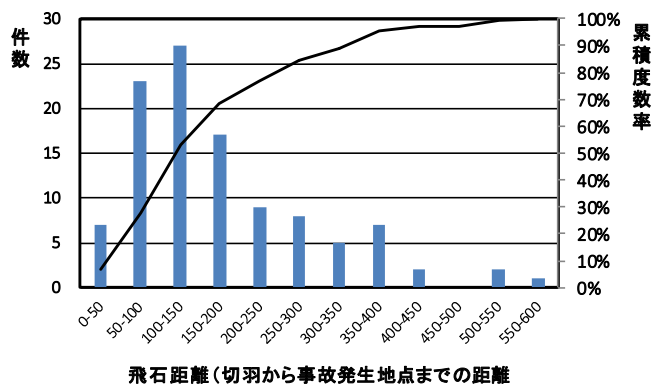


図-3 飛石事故の飛距離分布

キーワード 明かり発破, 飛石事故, アンホ爆薬, 飛距離, クラメールの連関係数

連絡先 〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-25-2 E-mail: udagawa@fujita.co.jp

4. 飛石事故の程度と現象・原因に関する相関性分析

ダイナマイトに代わってアンホ爆薬の使用量が急激に増え、飛石事故が激減した昭和60年以降の飛石事故の程度（死亡、重傷、軽傷、物損事故）と現象・原因（飛石現象、直接原因、被害拡大要因）に関して、クラメールの連関係数 V を求め、それぞれの相関性について分析をおこなった。 $k \times l$ のクロス集計表のクラメールの連関係数 V は次式で与えられる。ここで、 χ^2 : カイ二乗値、 N : データ数、 k : クロス集計表の行数、 l : クロス集計表の列数である。連関係数 V は0から1の値となり、1に近いほど相関性が高いといえる。

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{N \cdot (\min[k, l] - 1)}}$$

表－2 事故の程度と飛石現象の件数

事故の程度	現象			合計
	投げ出し	打ち出し		
		吹き出し	鉄砲	
死亡	2	5	2	9
重傷	2	2	0	4
軽傷	1	1	0	2
物損事故	5	8	4	17
合計	10	16	6	32

表－2の連関係数を求めると0.9313となり、事故の程度と飛石現象との相関性は非常に高いことがわかる。表－3の連関係数を求めると0.7247となり、事故の程度と直接原因との相関性は高いことがわかる。また、表－4の連関係数を求めると0.3924となり、事故の程度と被害拡大要因との相関性は低いことがわかる。なお、表－2～表－4中の、事故の程度の合計件数が合っていないのは、事例によっては複数の現象、原因、被害拡大要因が選択されているためである。

表－3 事故の程度と直接原因の件数

事故の程度	原因				合計
	直接原因				
	過装薬	岩盤等に弱部存在	填塞不良	弱装薬	
死亡	3	5	2	0	10
重傷	2	1	0	0	3
軽傷	1	0	0	0	1
物損事故	7	7	2	1	17
合計	13	13	4	1	31

5. まとめ

明かり発破における飛石事故について分析をおこなった。得られた知見は以下のとおりである。

- ① 爆薬量と飛距離には、ほとんど相関性は認められず、爆薬量の多少は飛距離に影響しない。
- ② 飛石事故での飛距離の分布をみると、200m 以内に約70%の飛石事故が発生しているが、それ以上に飛んでいるケースが約30%ある。
- ③ 飛石事故の程度と現象・原因との相関性では、飛石現象との相関性が非常に高い。特に「吹き出し現象」の場合、事故の程度が重くなる傾向にある。
- ④ 飛石事故の程度と直接原因との相関性は高く、特に「岩盤等に弱部が存在」の場合、事故の程度が重くなる傾向にある。
- ⑤ 飛石事故の程度と被害拡大要因との相関性は低く、事故の程度に対して主要因ではなく、あくまで副次的な要因になっていることを示している。

以上のことから、発破計画時には「岩盤等に弱部が存在」することに十分留意し、結果として「過装薬」になり、「吹き出し現象」が生じることのないように注意する。また、飛石現象は装薬量とは関係なく、遠くまで飛ぶ可能性があることに留意し、点火位置、退避場所の設定に注意する。可能な限り遠くへの退避距離を取り、退避場所では頭上から飛石があっても大丈夫なように、頭上の防護措置を確実にする必要がある。

参考文献

- 1) 公益社団法人全国火薬類保安協会：保安教育講習用テキスト
- 2) 一般社団法人日本建設業連合会：火薬類の盗難と発破事故事例集（第12版）、2017年3月。

表－4 事故の程度と被害拡大要因の件数

事故の程度	被害拡大要因							合計
	人員			施設・器材		手順・教育		
	点火位置不良	退避場所不良	警戒不十分	防護措置不良	切羽の方向不良	作業手順の周知徹底不足	保安教育が不十分	
死亡	4	5	3	3	1	5	6	27
重傷	0	4	1	0	0	4	1	10
軽傷	1	0	1	1	0	0	0	3
物損事故	0	1	3	7	1	5	5	22
合計	5	10	8	11	2	14	12	62