

山口大学工学部 正会員 中川 浩二
徳山工業高専 正会員 工藤 孝三
名古屋大学工学部 正会員 新田 宏基

1. はじめに

筆者らは岩盤爆破に際して爆砕孔に設けられた切り欠き、あるいはガイドホールの爆砕クラック制御効果を検討してきた。そして爆薬の大きい爆薬を用いる時にはガイドホールが有効であるが爆薬が特に小さくなると切り欠きが著るしく有効となることを示した。また一方で静的破砕剤を用いたモルタル、コンクリート、岩石の破砕実験を行い、破砕設計式と提案してきた。一般に静的破砕剤を用いた岩盤破砕はその経済性に大きな問題があり、合理的な破砕設計や種々の工夫が期待されることである。

岩盤の破砕に静的破砕剤を用いる場合、破砕剤を孔に設けられた切り欠きがクラックの発生、発達のために著るしく有効であるようである。しかしその有効性の量的評価、すなわち切り欠きを用いる場合の破砕設計条件については特に明らかにされていないようである。そこで本研究では破砕剤を孔に切り欠きあるいはガイドホールを設けた場合の破砕設計条件について実験的な検討を行っている。

2. 実験

供試体 図-1に示すような岩盤モデルの一例破砕を考える。実験では近似的に図中の破砕面を囲まれた破砕剤を孔に充てんし、孔分について検討する。供試体は図-2に示すような幅270mm、高さ200mmのセメントモルタルブロックであり、供試体の長さ寸は10, 15, 20, 25 cmとしていた。充てん孔の直径は15 mmとする。切り欠きは図-3に示すように幅2.0 mm、深さ2.0, 4.0, 6.0 mmの3種類を用いてあり、ガイドホールについては直径15 mm、孔中心間距離30, 45, 60 mmの3種類について検討している。充てん孔等の作製はモルタル打設時に丸棒等と埋め込み、材料の半硬化後抜き取ることによる。セメントモルタルの破砕実験時における圧縮および引張強度は51.4 および 20.1 kgf/cm² である。

破砕実験 破砕実験はすべて20℃と一定の恒温室内で行った。モニタリング用の鋼管による膨張圧の測定は20℃の水中で行った。静的破砕剤を孔に充てんしてからクラックの発生、発達を肉眼で観察し、その時刻を記録した。

3. 実験結果と検討

クラックが予定面に沿って破砕面を形成したとみられる時刻を記録し、その時の膨張圧を求めた。膨張圧は見かけのものであり、供試体破砕時におけるモニタリング用鋼管と計画された値を用いた。この値と孔直径に対する破砕予定長さ(孔間隔に對應する)の比に対して検討する。

切り欠きを有する孔をもつ供試体について得られた実験値とこれと孔の切り欠き深さとの示したものが図-4 である。これを筆者らが先に提案した式

$$\frac{S}{D} - 1 = k \frac{P_i}{\sigma_c}$$

----- (1)

図-2. 供試体と充てん孔等の形状

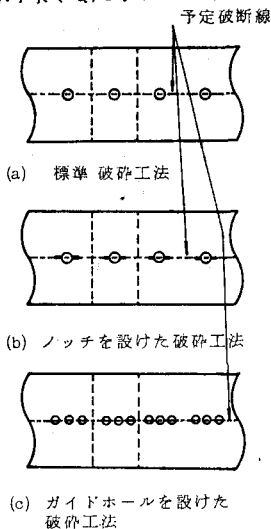
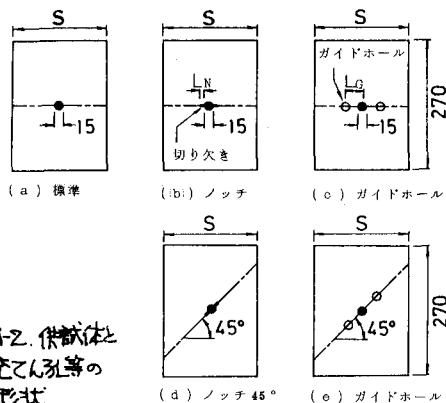


図-1 岩盤モデル一例破砕例



で整理するため各切り欠き深さごとに最小二乗法で直線近似したものが図-5 である。ここで P は孔間隔(本研究では破断予定面に沿った供試体の長さ), D は孔直径, P_t は見かけの破断耐断張力, σ_t は材料の引張強さである。

図からみられるように係数 k (直線の勾配) には切り欠き深さによって大きな差があり, 切り欠き深さが大きくなることによって著しく破断効率が向上する(k が大きくなる)ことが認められる。ここでもこれらのデータを統一的に解釈するために切り欠き深さを充てん孔径に含めと考え, $D' = D + 2L_N$ (L_N は切り欠き深さ) として見かけの孔径により整理したものが図-6 である。この図によると D の代りに D' を用いることにより破断条件は切り欠きを有さない供試体の実験結果とほぼ一致することが認められる。

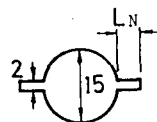


図-3 破断耐断張力を
設計した切り欠き
(L_N :切り欠き深さ, 単位mm)

次に破断耐断張力を低下させるガイドホールと設けた場合の結果を図-7 に示す。ガイドホールと破断耐断張力の中心間距離が30および45mmの場合にはガイドホール方向を与えられる破断予定面に沿うラックの発生は多くの供試体を生じるが中心間距離が60mmとなるとあまり期待できなくなる。切り欠きの場合と同様 $k(1)$ 式で実験値と近似したものが図-8 である。ガイドホールと設けることによっていくらか破断効率が向上することが認められるが切り欠きの場合ほどではない。すなわち孔中心間距離が30mmの場合に切り欠き深さ2mmがほぼ対応している。

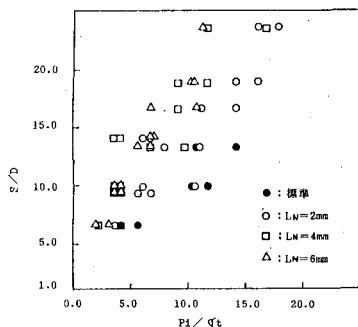


図-4 切り欠き供試体の破断条件
(L_N :切り欠き深さ)

4. 結論

本研究で用いた切り欠きの幅, ガイドホールの孔径は共に一種類のみでありこの点について2種の検討が実施されているがおよそ次のことがいえよう。

(1) 静的破断耐断張力を用いた定常破断に

おいて破断耐断張力を低下させるために切り欠き深さは大きい。

(2) ガイドホールは破断耐断張力を低下させる位置に設けられた場合には若干の効果があるがある程度以上減少するとその効果は小さい。

(3) 破断設計において切り欠きをもつ充てん孔は切り欠き深さを直径に加えて設計すれば良い。

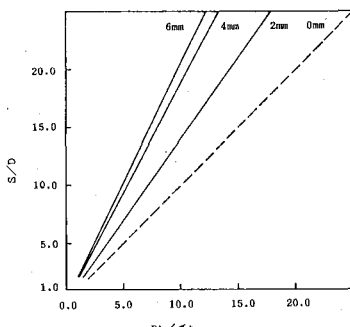


図-5 切り欠き深さごとの最小二乗近似

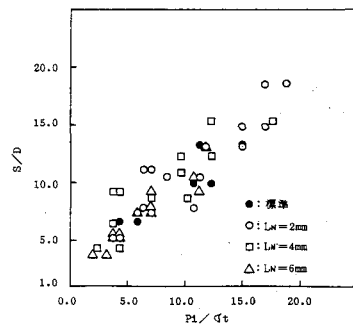


図-6 見かけの孔径で整理した破断条件

(参考)

(1) 中川他; SBにおける切り欠き, ガイドホールの作用効果について; 第16回若カラス学術論文会(1984)

(2) 中川他; 静的破断耐断張力を用いた定常材料の破断について; 第14回若カラス学術論文会(1982)

(3) 石原他; 充てん孔におけるラックの形成に
関する研究; 第37回工学会(1982)

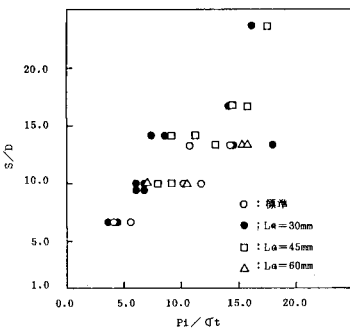


図-7 ガイドホール供試体の破断条件
(L_e :孔中心間距離)

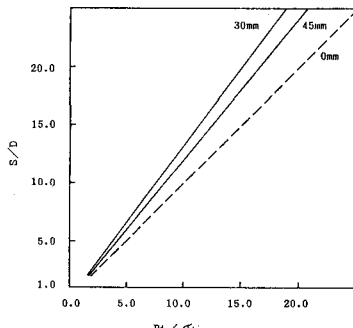


図-8 孔中心間距離ごとの最小二乗近似