

(33) 不連続性岩盤のSBにおけるガイドホールの効果

山口大孝 中川浩二
日本化学 面田 佑

清水建設 小野勇司
日本化学 坂本 佑

1. はじめに.

岩盤の爆破にあいゝスミーズブラッシング(以下SBと略)と成功させるということは破断予定面に沿ってクラックと発生させ、またこの破断予定面より地山崩れは止まるだけ破断を発生させるということと意味する。しかるに節理等は爆破以前から不連続面として存在している。従つて節理等も含む岩盤のSBを行うときにはこの不連続面を利用し、あるいはそれ以上に発生させるように配慮しつつ目的とする方向のクラックと新しく発生させることになる。

いま図-1に示すような不連続面を有する岩盤を図のように穿れ、爆破するとする。そのとき不連続面のもつ不連続性の程度が歪み破断面の形成に大きな影響はないとすれば破断面の形状は図-1aのようになる。しかし不連続性の程度が高い場合には個々の爆破孔からのクラックはそれぞれ独立に不連続面に向つて発生し、破断面の形成は図-1bあるいは図-1cのようになる。この場合破断面の形成が図-1bの形をとるか、図-1cの形をとるかは爆破孔から不連続面までの距離、質量、質量、不連続面のもつ不連続性の程度などの影響を受ける。例えば質量の多い場合に破断面が図-1cの形をとる場合でも質量を減じることによつて図-1bの形となりうる。

通常SBを考える場合には爆薬の正しい爆薬を用い、かつ質量を少なくすることにより周囲の岩盤を傷めること小さく、かつ滑らかな破断面と形成することが目的とされる。しかし岩盤が顕著な不連続面を有する場合には破断面の形成は図-1bの形式となり、破断面の凹凸は著しく、平滑さからみるとSBと成功させることは困難である。一方SBを行うにあいゝ爆破孔近辺の破断面と形成しない方向にガイドホールを数個くその方向にクラックと与へて、それ以外の方向のクラックの発生を抑制しようとする方法は古くから考えられてゐる。しかし岩盤のもつ不連続面の影響とも考慮した報告はみられない。そこで本研究では不連続面を有する岩盤のSBにおけるガイドホールの効果に関する模型実験と行ない一応の結果と得たものとその結果と報告する。

2. 不連続面を含む岩盤のSBとUnevenness

SBの効果を評価するための一つの方法としてUnevenness(破断面の非平程度:破断予定面から破断面までの距離の最大値)を考える。図-1bのように各爆破孔から不連続面へ垂直なクラックが発生して破断面が形成されたとき、これを図-2のように理想化する。その場合破断面のUnevennessはこの爆破孔間において

$$\text{当り. } U_1 = d_1 \cos \theta = S_1 \sin \theta \cos \theta \quad \dots (1)$$

$$\text{余り. } U_2 = d_2 \cos \theta = S_2 \sin \theta \cos \theta$$

と表わされる。仮に $S_1 = S_2 = S/2$ (S は孔間隔)とすれば余り」と当りは等しくそれとそれ孔間隔に比例することになる。これにくらべて質量が多いかあるいは爆破孔位置が不連続面に近いなどの理由により破断面の形成が図-1cのようになる場合には U_1 は(1)式の値より小さく口に近くなり U_2 は大きくなる。(ここで右、左の爆破孔から不連続面に到達したクラックのうちもっとも地山側のものによつ

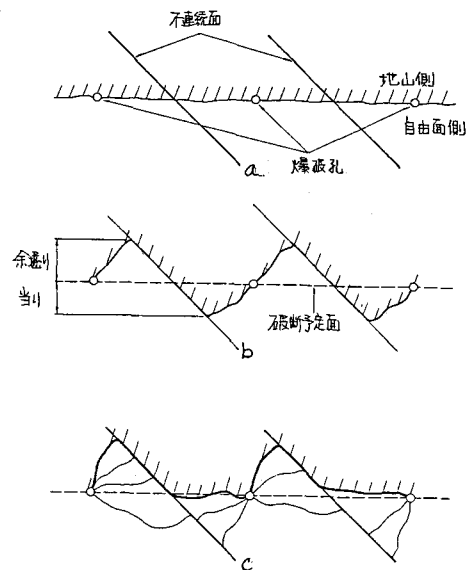


図-1. 不連続面を有する岩盤における爆断破断面の形成.

- a. 不連続性が低いとき.
- b. 不連続性が高く質量小的时候.
- c. 不連続性が高く質量大のとき.

と破断面が形成されることからそれを u_1 のクラックと不連続面との交点の破断予定面からの距離とをもって u_1, u_2 とする。従って u_1 が負となる(当りがなくなり余延り状態となる)こともある。いま重量と一定とし、破断面の形成が図-1bと図-1cとの境界となる u 間隔を S_0 とし、予測されるUnevennessと u 間隔に対して図示すると図-3の斜線部となる(ここにUnevennessは符号を含めと考えることとし、余延りを正、当りと負とする)。

SBのためのガイドホールの必要とはガイドホール方向(破断予定方向)にクラックを発生させ、特に破断予定面より地山側の破断の発生を抑制する効果のことである。従ってこの検討のためにはガイドホールを設けることにより特に重量の大きくない状態(u 間隔の大きい状態)を当り、余延りとどけ付けのみに止りけるかを検討することが一つの方法となる。

3. 実験

不連続面を有する岩盤のSBにおけるガイドホールの必要と検討するためのモデル実験を行う。

3-1 供試体

供試体は図-4に示すように $57 \times 27 \times 10.5$ cmのセメントモルタル製である。材料はレディミクストモルタルを用い、配合はセメント:砂=1:1である。試験時長さは約4mとし2個の打設時に所定の位置に直径約12.5 mmの丸棒を埋め込み、モルタルが半硬化した時点とこれを抜き取り爆発孔とガイドホールとを形成している。延成線距離は10 cmであり、爆発孔間隔は10, 15, 20, 25, 30 cmとしている。ガイドホールは破断予定線上爆発孔の両側に設けられ、その穴径は爆発孔のそれと同一とし、爆発孔とガイドホールとの中心間距離は2.5 cmに固定している。

不連続面の作製は供試体の打設を2回に分けて図-4中の台形部分と図4の部分とを打ち継ぐことにより作製した。すなわち台形部分を打設、作成し、その1~2日後に図4の部分と打設している。打設時に不連続面とする部分に厚さ0.3 mmのビニールシートをはさみこんでいる。不連続面は両爆発孔から等距離であり、破断予定面と45°の傾きとなっている。

爆発により供試体が破断、分離するのを防ぐ目的で供試体中央部に示すような $\phi 6$ mm丸鋼を2段に配している。

3-2 爆発および爆発により発生したクラックの検出

爆薬として苦味酸を用いる。苦味酸はPETNと同等とし、重量は10.7 g/mである。爆発時に苦味酸は供試体を貫通してあり従って爆発孔一穴当りの重量は1.12 gとなる。苦味酸の直径は約5.2 mmであり穴径(約12.5 mm)に対して小さいため装薬時に2ヶ所に下へ差きつけ、爆発孔中央近くにはたかれるようにした。苦味酸は供試体の外部と打はない、両爆発孔が同時爆発となるよう着管(6号電気着管)から爆発孔までの苦味酸の長さを等しくして2ヶ所とする。

爆発後供試体表面に発生したクラックを検出した。爆発により供試体中に発生、発達するクラックには種々のレベル(階)のものがあるが、本研究では肉眼で検出できるものをクラックとして扱うとしている。

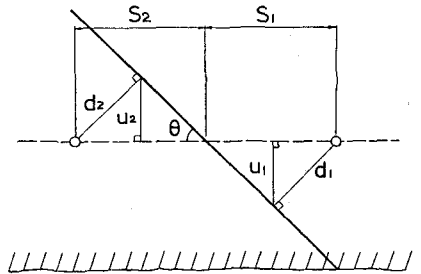


図-2. 不連続面, 破断予定面, 爆発孔の間隔

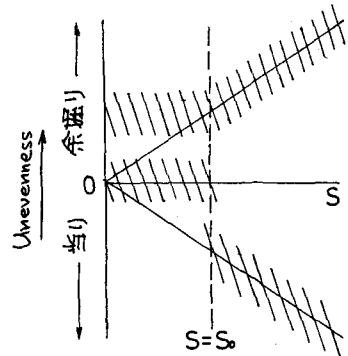


図-3 予測されるUnevenness

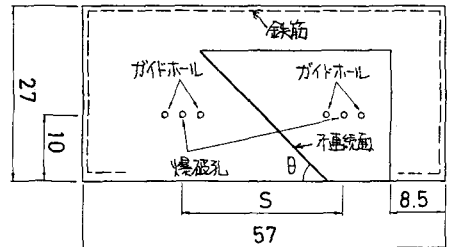


図-4. モデル供試体の概形

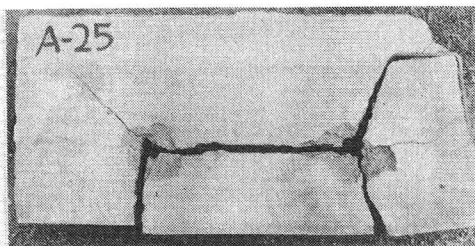
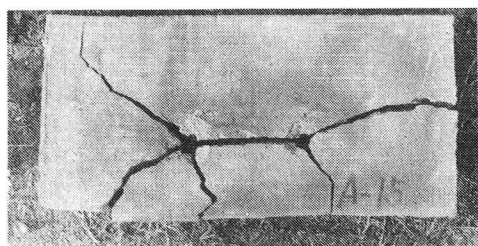


写真-1.
不連続面のない場合
左: $S=15\text{cm}$
右: $S=25\text{cm}$

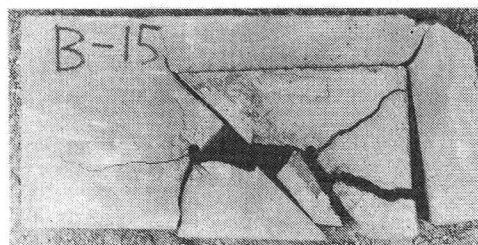


写真-2
不連続面のある場合
左: $S=15\text{cm}$
右: $S=25\text{cm}$



写真-3
不連続面のある場合に
ガイドホールを設けた
場合。
左: $S=15\text{cm}$
右: $S=25\text{cm}$

3-3 実験結果と考察

爆破した供試体例を写真に示す。ここでは紙面の都合上爆破孔間隔が 15cm と 25cm のものについてのみ示している。写真-1 は両爆破孔の間に不連続面はなく、またガイドホールも存在しない場合とある。両爆破孔間の破断面には若干の凹凸があるが概して平滑であるといえる。

写真-2 は両爆破孔の間に不連続面としてビニールシートをはさんだ場合の結果である。この場合 $S=15\text{cm}$ では爆破孔からのクラックが不連続面に向けて放射状となるため、破断面の形式は図-1c のものとなる。これにくらべ $S=25\text{cm}$ では破断面は図-1b の形式となるのが認められる。

写真-3 はこの状態にあいぐガイドホールを爆破孔の両側に設けた場合とある。 $S=15\text{cm}$ ではいくらか図1c の形式に近いが写真-2 の場合とくらべガイドホール以外の方向へのクラックの発達がかなり抑制されているようである。また $S=25\text{cm}$ ではガイドホールを設けることにより不連続面に垂直な方向のクラックの他に写真-2 にはみられなかった破断予定面方向のクラックが発達するのが明らかである。また不連続面と反対側へ伸びるクラックはほぼ破断予定面に沿うもののみとなっている。

いまこれらの状況と Unevenness から評価するために Unevenness を求め、測定結果を図-5 に示す。図-5a では写真-1 に対応する不連続面と含まない供試体の Unevenness を示しているが供試体ごとに余裕と与りの最大値となり、それを ϕ および ψ を表わしている。図からみられるように不連続面のない場合の破断面の Unevenness は一般に小さい。すなわち岩盤が一枚である場合には特に工夫を加えずとも孔間距離が著しく大きくなるほど破断面はなめらかとなる。

図-5b に不連続面を有する供試体とガイドホールを設けずに爆破した場合の Unevenness を前項に示した方法で測定して示している。爆破孔間に不連続面が存在すると写真にみられるように孔間隔の小さい間は爆破孔からのクラックは不連続面へ向け放射状となり、孔間隔が大きくなると単一の垂直に近いものとなる。図によると

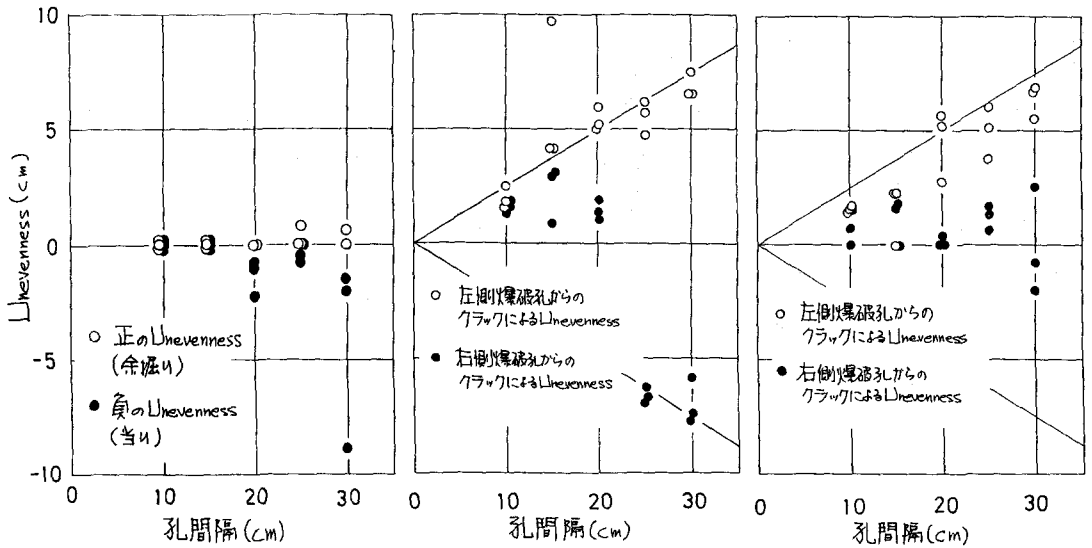


図-5a 不連続面のない場合

図-5b 不連続面のある場合

図-5c 不連続面のある場合に guide hole を設けた場合

左側焼融孔からのクラックによる Unevenness はほぼ式(1)式と与えられる直線に沿って分布しているが、右側焼融孔からのクラックによる Unevenness は $S \leq 20\text{cm}$ と $S \geq 25\text{cm}$ と大きく傾向が異なる。従って図-3 に示した S_0 に対応する孔間隔とこの約 22.5cm と考えると図-5b の Unevenness は図-3 を予測したものとして一致している。

図-5b の状態にガイドホールを設けたものが図-5c である。これによると図-5b における $S=25\text{cm}$ あたり $S=30\text{cm}$ に対応する右側焼融孔からのクラックによる Unevenness (真の Unevenness) がガイドホールを設けることにより 20 に近くなっている。すなわちガイドホールによりその方向へのクラックの発生と増大することができなため傾斜が大きくなった場合ほど顕著とはいえない。この場合早速にみられるように左側焼融孔からもガイドホール方向のクラックの発生はみられるが、このガイドホール方向に発生するクラックは焼融破断面と形成しない(左側焼融孔からのクラックによる破断面の形成はガイドホール方向のクラックではなく、それより地山側にある不連続面に垂直な方向のクラックにより形成される)。

4. おわりに

ガイドホールを設けることはガイドホール方向のクラックの発生と増大にする。またガイドホール方向以外のクラックを抑制する効果はみられるが特に顕著とはいえない。その結果ガイドホールを設けることによる余歪りを抑制する効果は特に著しいとはいえないが破断面の当りをなくする効果は顕著である。従って S_B を実施するにあたってガイドホールと併用する焼融孔に弱い焼融を用いる方法は破断面の当りをなくし、かつ地山の破壊と最小限に抑えるという点で有効な方法であるといえる。

本筆はから実験に種々便宜とご協力いただいた日本化学工業協会の藤田工務長をはじめ日本化学工業、実験と直接関係した方々、さらに実験、資料整理に協力いただいた舟屋隆夫、焼融孔の調査をはじめ、山口大学の学生諸君に謝意を表す。

(33) Effects of guide hole on the smooth blasting contour formation of rocks containing discontinuities

Koji Nakagawa, Yuji Ono,
Tasuku Nishida and Takeshi Sakamoto

Since rock mass contains the geological discontinuities it is very difficult to make a smooth contour by blasting. The guide hole effects on the smooth blasting contour formation are sometimes discussed. In order to simulate the propagation of cracks from the blast holes with guide holes and the formation of smooth blasting contour in rocks containing discontinuities, blasting tests were conducted by using cement mortar specimen which contains discontinuity plane.

Through the blasting tests, the following conclusions are summarized.

1. The blasted contour which connects the adjacent blast holes usually consists of blast cracks and pre-existing discontinuity plane.
2. When the blast hole without guide hole is adjacent to the discontinuity plane, the cracks propagate radially from the blast hole and form crater against the plane. When the hole is distant from the plane, only one crack may propagate perpendicular to it.
3. With the guide holes placed near the blast hole, the cracks in the guide hole direction propagates adding to the other cracks.
4. The unevenness of the contour can be effectively reduced by the cracks in the guide hole direction. The reduction of the over break by the use of guide hole, however, is not so evident.