

岡山大学大学院 ○学生員 鍋野博章
岡山大学工学部 正会員 廣瀬壮一

1. はじめに

現在の発破工法の課題の一つに周辺環境への影響や、掘削の効率性、経済性を考慮した発破制御の問題がある。具体的には、爆破孔の周辺に切り欠きやディスクを付けてクラックの発生や進展を制御する方法があるが、その理論的裏付けは十分であるとは言えない。このような背景をもとに、本研究は円孔から放射状にでた複数のクラック、いわゆるスタークラックの動的挙動を数値的に明らかにしたものである。

2. 解析法

図1に示すような二次元平面ひずみ状態にある無限弾性体内の円孔 S から放射状に伸びたスタークラック S_c を考える。円孔から放射状に伸びるクラックの本数は n とし、クラックの先端の位置は円孔中心からの距離 R により与えられる。円孔の半径は a で、圧力 $P(t)$ が内壁に垂直に作用するものとする。円孔に作用する圧波形は $\sin^4$ の関数の半周期を使い以後 0 とし、時刻 $(C_T t/a)=4$ でピークに達する様にした。なお、発破に伴って発生するガス圧はクラック面には影響しないと仮定し、クラック面上では常に 0 とした。解析には時間域境界要素法を用い、応力や変位等の諸量は時間ステップごとに計算していく方法を取る。用いたパラメータは、要素長さ $\frac{a}{10}$ 以下、時間刻み幅 $\frac{C_T \Delta t}{a} = 0.15 (C_T: S \text{ 波速度})$ 、ポアソン比は 0.25 とし、クラック先端における応力拡大係数 K_I の経時変化を求めた。

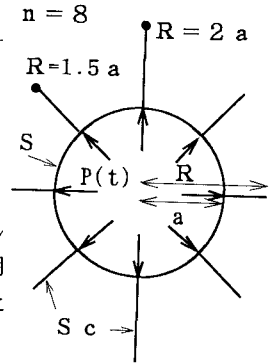


図 1

3. 解析結果

以下で、クラックの長さ、本数、自由表面がクラックの進展にどのような影響を与えるかについて考察する。

a) 長さの異なるクラックの影響 (図 2、3): 1 本のクラックが長く伸びた場合、その影響が他のクラックにどのように表れるかをみるために 1 本のクラックが他より長い場合のモデルを考えた。クラックの長さは、 A を $R=2a$ 、 $3a$ と変化させ、他の 7 本は $R=0.5a$ とする。○点 A での K_I 値は他の点での K_I 値よりも大きいことから、長いクラックは他の短いクラックよりも進展しやすい。○クラック A の隣のクラック B は A の影響を受けているため、 K_I の値は他のクラックよりかなり小さく表れた。○ C 、 D 、 E のクラックでは、あまり A からの影響は受けないものと考えられる。

b) 長さの異なるクラックの影響 2 (図 4~6): クラックの長さが 2 種類のものを交互に配置し、クラック本数が 4 本、6 本、8 本の場合について解析した。○長いクラック B の K_I のピーク値は、短いクラック A のそれより大きくなっている。これは長いクラックの方が破壊しやすいことを示す。○クラック本数が 6 本、8 本と増えるに従い、 B 点の K_I のピーク値が A 点のそれよりかなり大きくなっており、クラックの本数が多いほど長いクラックの破壊が進展しやすいことを示している。

c) 自由表面の影響 (図 8、9): 図 7 のような自由境界近傍にあるスタークラックを考え、 $R=1.5a$ 、 $n=8$ とし、 $l=3a$ 、 $4a$ の場合について解析した。○点 B での K_I の値が最も大きくなった。これは斜め方向への破壊が最も進みやすいことを示していると考えられる。○クラック B 、 C 、 D 、 E については、 K_I の値がまず正のピークを示してから減少していくが、クラック A については、ほとんど正の値を示すことなく負の値に転じる。これは、クラック A 近傍の固体部分が全体的に自由表面の方へ押し出されてクラック A が閉口するためと考えられる。○自由表面までの距離 l が大きくなると、各クラック先端での K_I 値のばらつきが小さくなる。すなわち、無限弾性体中のスタークラックの場合に近づいていくと考えられる。

