

地山の三次元形状を考慮した岩盤掘削斜面挙動解析

水資源開発公団 試験研究所 正会員 木戸研太郎
 埼玉大学 工学部 正会員 吉中龍之進

1. はじめに

ダム建設における岩盤掘削（ダムサイト、原石山等）では、尾根状の地山を対象とする場合が多く、一般に三角形の長大法面が形成される。このような掘削法面の安定解析や計測による挙動の評価は、通常、尾根筋の最大断面における二次元解析が行われる。その場合、解析平面直交方向の地山形状、すなわち「やせ尾根」かどうか等は考慮されず、その影響をどのように見込むべきかについては明らかにされていない。このような点に関して、形状および物性を単純化したモデルにより基礎的解析を行った。

2. 解析方法

解析方法は、三次元有限要素法による弾性掘削解析である。解析モデルを図-1に示す。この最大断面と同形状の二次元モデルによる解析の結果、法面挙動および安定を考える上で、法肩の変位と法尻の応力状態が重要なポイントであることが指摘された¹⁾。そこで、これらに着目して、二次元解析平面直交方向の尾根勾配(B/H)で整理して考察する。

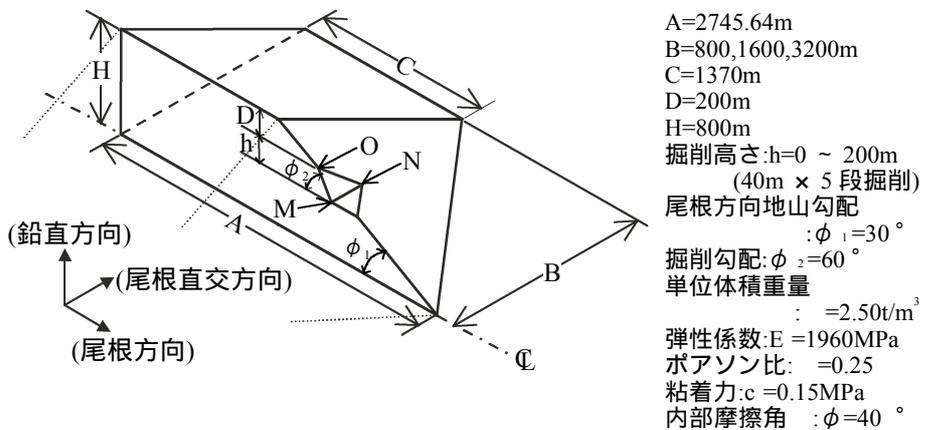


図-1 三次元解析モデル

3. 解析結果

(1) 変位

掘削高さ 200m での、法面の水平変位（尾根方向）分布を図-2に示す。掘削高さが同じでも、B/H が小さい（= やせ尾根）ほど最大断面付近の水平変位は小さくなる。

掘削の進捗に伴う最大断面法肩（点 O）の変位を図-3に示す。いずれの掘削高さでも、水平変位は B/H が小さいほど小さく、その傾向は掘削高さが高いほど顕著である。鉛直変位ははじめ下方に生じ、掘削の進捗とともに上方への動きとなるが、その曲線形状は B/H が小さいほど平坦であり、

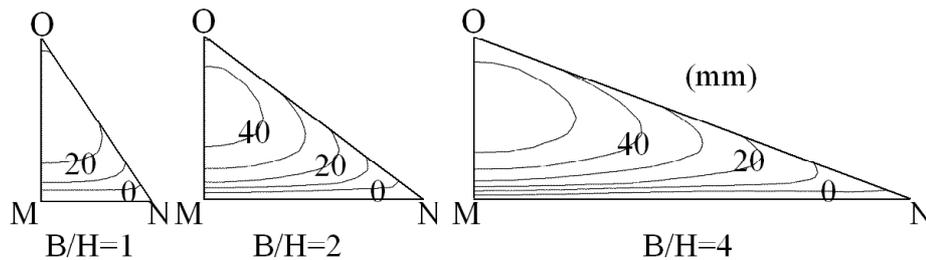


図-2 掘削高さ 200m での水平変位分布(尾根方向)

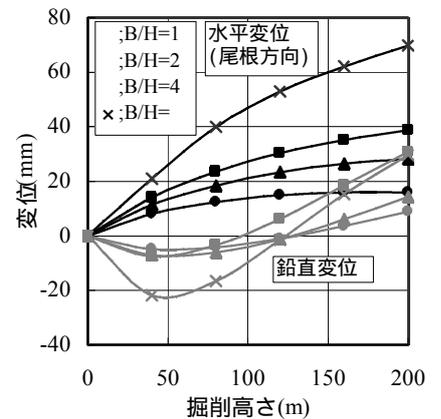


図-3 掘削に伴う最大断面法肩(点 O)の変位

キーワード：地山形状、岩盤斜面、掘削、三次元解析、変位、安全率

連絡先：〒 338-0812 浦和市大字神田 936 TEL 048-853-1785

掘削に対する変化量は B/H が小さいほど小さい。

(2) 応力

掘削高さ 200m での、法面の最大主応力分布を図-4に示す。掘削高さと同じでも、B/H が小さいほど最大断面付近の最大主応力は小さくなる。

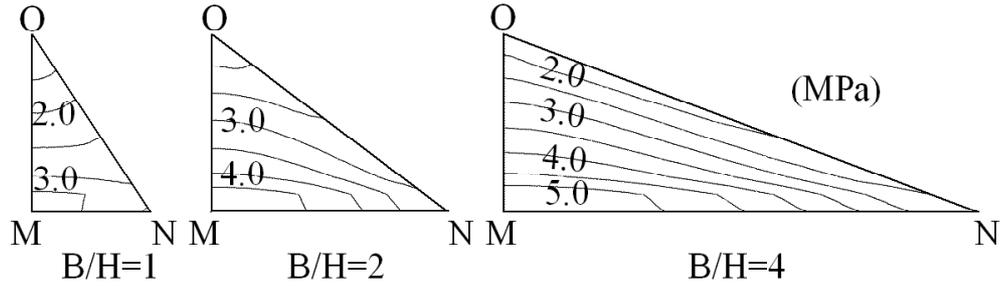


図-4 掘削高さ 200m での最大主応力分布

つぎに、掘削高さ 200m での法尻 MN 沿いに、最大主応力、最小主応力およびそれら

から計算される局所せん断摩擦安全率を、横軸をそれぞれの場合の \overline{MN} で正規化して図-5に示す。横軸は、それぞれの断面位置における法高に相当するため、二次元解析におけるそれぞれの法高の結果を合わせてプロットしている。これによれば、最大主応力は右下がり上に凸の曲線となるが、その傾きは B/H により異なる。中央部 (点 M 側) では B/H が小さいほど最大主応力が小さいが、端部 (点 N 側) では逆に B/H が小さいほど最大主応力が大きくなる。

最小主応力は、各ケースともゆるやかな右下がりの曲線を示す。三次元解析の各ケースでは、B/H が大きいほど大きい値となるが、その差は顕著ではない。これらに対し、二次元解析ではより大きい値となる。

安全率は、B/H=4 では右上がり下に凸の曲線で、二次元解析と同傾向であるが、B/H が小さくなるにつれ平坦になり、B/H=1 ではむしろ端部の方が安全率が小さくなる。そのため、法高 80m 程度より端部では、B/H が小さいほど安全率が小さくなる。

なお、中央部付近では B/H=1 ~ 2 の場合と二次元解析で安全率がほぼ同程度となる。すなわち、上述のような変位、応力の差異はあるが、最大断面の法尻の安全率については二次元解析でもおおむね妥当な結果が得られるといえる。

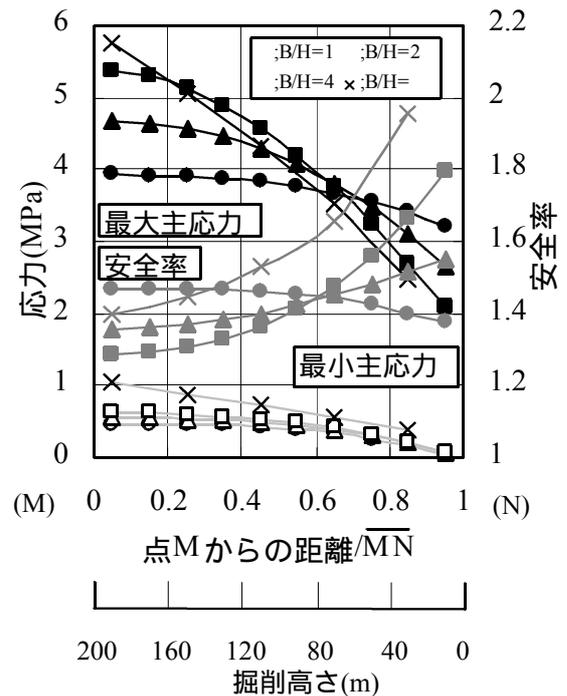


図-5 掘削高さ 200m での法尻 (線 MN) の 応力・安全率

4. まとめ

以上の結果より、法面挙動および安全性の評価という点から、次のような指摘をすることができる。

尾根形状を考慮すると、二次元解析よりも変位が小さくなる。すなわち、実際の変位計測結果は、解析に用いた物性値が正しいとすれば二次元解析結果より小さくなるはずである。したがって、実測値と二次元解析結果をそのまま比較するのは危険側の判断となる可能性がある。

法面端部の断面は、その法高による二次元解析では、法尻の安全率が過大となる危険性がある。その度合いはやせ尾根ほど顕著であり、法面端部付近に弱層等がある場合の安定性評価には注意を要する。

参考文献

1) 木戸研太郎, 吉中龍之進: 岩盤斜面掘削に伴う長大法面および地山の応力変化に関する解析的基礎研究, ダム工学, Vol.9 No.4, pp.289-303, 1999.12