

トンネル掘削軸が主応力軸と斜交する時の切羽近傍の変形

鳥取大学大学院 学生会員 ○西本 蛭太郎
鳥取大学大学院 フェロー 西村 強

1. はじめに

トンネルの変形に関する研究では、一般に掘削軸が法線方向となる鉛直断面での二次元問題として扱う。この場合、掘削軸が主応力軸の一つとなる。ただし、主応力軸と掘削軸が斜交する場合、二次元有限要素解析では表現できない。そこで本研究では、三次元有限要素解析を実施した。しかし、外境界を主応力としなない場合、切羽に面外せん断が発生してしまうため、掘削軸が主応力軸に斜交するよう要素分割を工夫した。また今回は、水平面における主応力軸と掘削軸の斜交について検討する。以下では、解析条件や変位の利用について記述する。

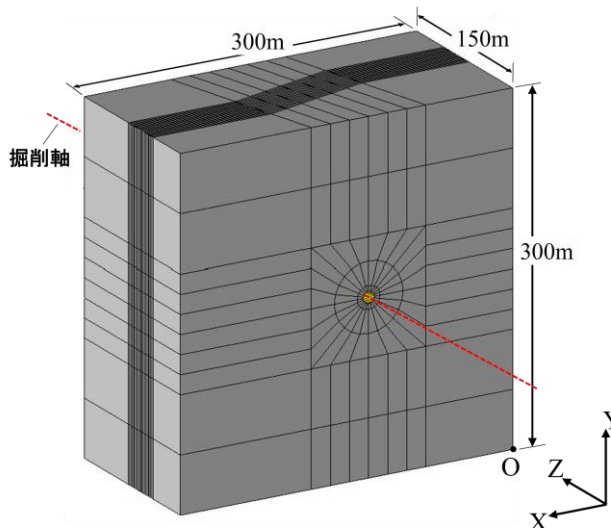


図-1 解析モデルの例

2. 解析条件

解析モデルの例を図-1に示す。点Oを原点とする右手座標系とし、鉛直断面をXY平面としている。掘削中心は、 $(X,Y,Z)=(150,150,75)$ を通り、直径 $D=10(m)$ の円形断面とする。加えて、掘削軸に沿う方向にz軸を取り、鉛直方向にy軸を取った右手座標系を定義する。z軸は、切羽の位置を0とし、切羽前方を正とする。また、y軸と主応力軸の一つが一致する状態とし、掘削軸と主応力軸との斜交角度 θ は図-2に示す。地山物性値は、表-1に示す通りである。図-2のように、切羽近傍においては、切羽面が円形となるよう要素分割を実施した。

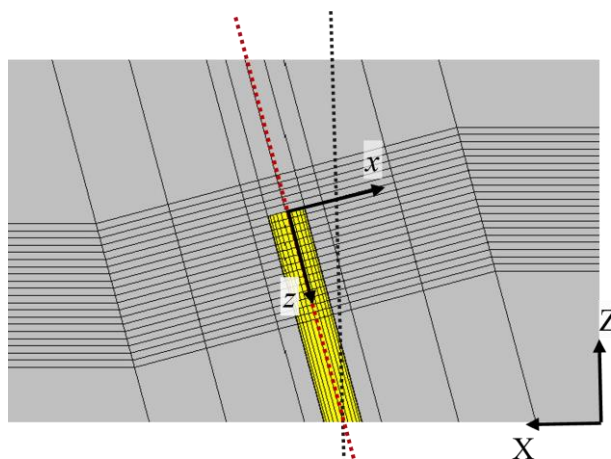


図-2 Y=150(m)一定断面

表-1 地山物性値

ヤング率E(kN/m ²)	500000
ポアソン比ν	0.495
初期応力σ(kN/m ²)	2400
粘着力c(kN/m ²)	800
摩擦抵抗角Φ(°)	30
側圧係数K	1

3. 三角形グラフによる内空変位の図化

図-3のように、任意のzに対して、円形断面上の点(x,y)をA(0,5), B(5,0), C(-5,0)とする。z=0,20(m)における各点を結び出来る上がる三角形グラフにより、内空変位を示した。ただし、変化を分かりやすくするため、変位を50倍した上でプロットしている。図-4では、θによる三角形グラフの変化があまり見られないことが分かる。特に、(a),(b)を比較した際には、切羽前方において、トンネル中心部への変位が確認できるが、θによる明確な差は見られない。しかし、xy平面上での変化を示しているため、z軸方向の変位については表現できていない。

キーワード 三次元有限要素解析, 主応力軸, 掘削軸, 斜交

連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学 TEL0857-31-5297

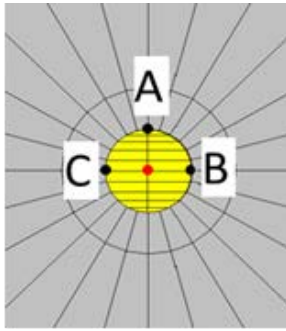
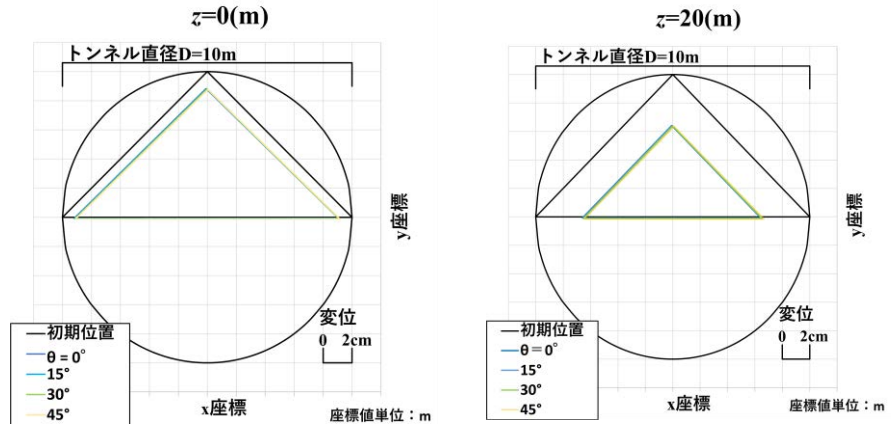


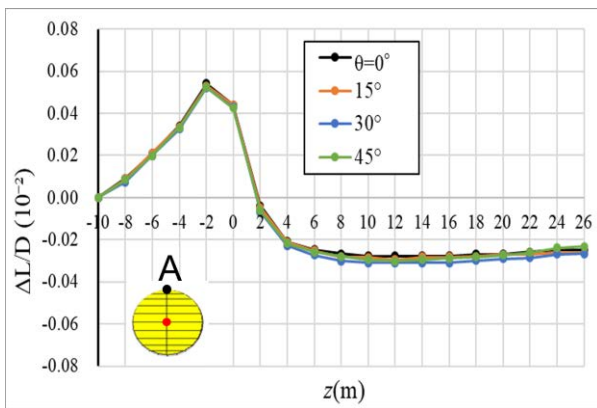
図-3 円形断面上の点



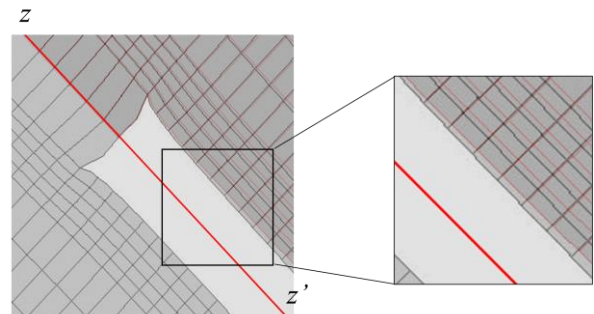
(a) (b) 図-4 内空変位を示した三角形グラフ

4. 掘削軸方向の壁面変位

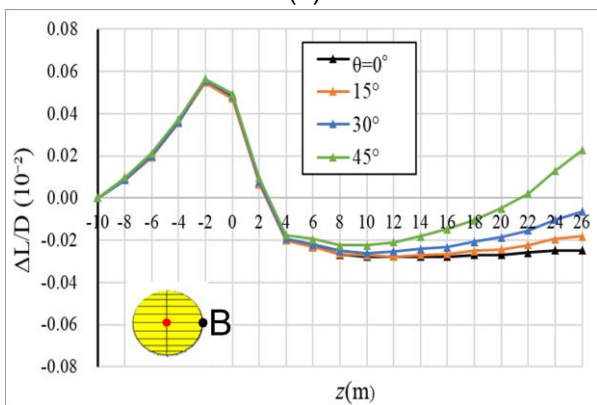
図-5では、変形図に加え、掘削軸 zz' から軸対称に変形図を描いたものを赤線で示している。図-5(b)は、(a)の一部を拡大しており、掘削軸に対する非対称変形となっていることが分かる。そこで、各点 A, B, C におけるトンネル掘削軸方向の壁面変位を抽出した。これは、図-4では読み取ることのできない掘削軸方向の壁面変位を数値化し、三次元的に変形を把握するためである。各点 $z = -10(m)$ での座標位置を基準として、任意の z における点との距離を変位発生前後で比較し、その差 ΔL とした。結果として、 θ によらず点 A のグラフに差は見られなかった(図-6(a))。天端部の壁面変位は、掘削軸と主応力軸の斜交角度に影響されないことが分かる。しかし、点 C においては、 $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ と壁面変位が大きくなる傾向がある。また、 $d > 4(m)$ では、 $\theta = 0^\circ$ で点 B, C の壁面変位が同等であるが、 $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ となると、 0° の変位を挟んで対称のグラフとなっている(図-6(b),(c))。これにより、切羽前方において、掘削軸と主応力軸が斜交する場合の点 B, C の壁面変位は、斜交角度により値は変わるものの、対称的に表れることが判明した。



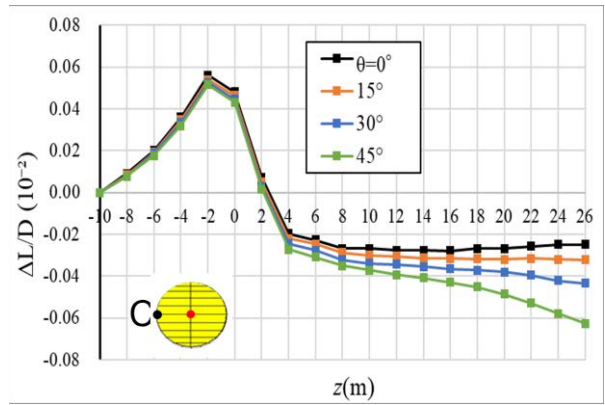
(a)



(a) (b) 図-5 Y=150(m)一定断面の変形図



(b)



(c)

図-6 切羽離れ z と掘削軸方向の壁面変位 ΔL の関係