山岳トンネル坑口部の応力・変形に関する2次元有限要素解析

正洋	○渡上	学生会員	鳥取大学
強	西村	フェロー会員	鳥取大学
賢一	文村	正会員	大成建設(株)
勝宜	河野	正会員	鳥取大学

1. 緒言

山裾部にトンネル坑口を設けるとき,トンネル軸線と斜面の関係に注意し,トンネルの安定性,ひいては斜面の安定性に留意する必要がある¹⁾.本研究では,地山の形状を三角形と台形の2形状に簡略化して,2次元弾性有限要素解析により自重による地盤内応力を求めた.その結果,地山応力の特徴として, σ_{1}/σ_{y} (ここに σ_{1} :最大主応力(圧縮正), σ_{y} :鉛直応力)は斜面表面に近づくほど大きくなり,そして,斜面法尻部に近づくほど大きくなることが示された.単位体積重量 γ ,斜面表面からの深さhとして, σ_{y}/γ hを求めると,これも σ_{1}/σ_{y} と同様の傾向を示していた.このような初期応力状態において,斜面法尻部にトンネル坑口を設置した際の周辺地山の応力変化について,2次元有限要素解析例を示している.なお,本報告では,地山を線形弾性体と仮定している.

2. 三角形および台形を仮定した地山応力の2次元弾性有限要素解析

水平面内に x 軸と y 軸をとり,トン ネル軸方向を x 軸,鉛直方向を z 軸と する座標系を考え,三角形モデル(Case Tri)と三角形モデルの山頂部から 100m 排土した台形モデル(Case Tra)の2形状 の対称性を利用した右半断面解析モデ ルを図-1 に示す.傾斜角度α=30,40, 50,60(°)と変化させ,弾性解析を行 った.解析対象とする地山の物性値を ヤング率 E=2000MPa,ポアソン比 v=0.25,密度ρ=2400kg/m³と仮定した.

トンネル軸(x 軸)に沿う三角形断面 において,傾斜角度 50°を想定した地 山解析モデルの σ_y の分布(圧縮:正)を **図-2**に示す.この図は,平面ひずみ状 態として求めたものである.**図-2**より, 土被り厚 h が同一であっても,平坦部 (z=0)に比べ斜面部では σ_y の値が大き くなっている.この結果より,斜面部 では,トンネル掘削位置の鉛直応力を 土被り圧yhで評価することには問題が



キーワード 有限要素法,トンネル坑口部,主応力,土被り圧,鉛直応力 連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学大学院 TEL0857-31-5297 あると言える. 図-2 の斜面法尻部に掘削を行った際の σ_y の分布図を図-3 示す. ここでは,素掘りトンネルと して掘削高さD=7.5mと仮定して1.0D掘削を行った例を 示す. 図-2 と比較すると,天端部及び天端直上の斜面部 では平坦部と同様に σ_y は小さな値を示している. それに 対し,切羽前方においては掘削前に比べ, σ_y が大きくな っている.

図-4に、x軸に沿う σ_y の変化を γ h で除して示した.こ の図では、図-2の地山の高さ H を一定として解析モデ ルを作成しているので、斜面部と平坦部(z=0)の交差位置 の x 座標は傾斜角 α により異なる.この図より、 α が大き くなるにつれて σ_y/γ h の値は大きくなっていることがわ かる.この結果から、形状の違いによる影響に比べ、傾 斜角度の影響が大きいことがわかる.

図-5 に主応力図を示す. 山頂直下部に近づくほど最大 主応力方向は鉛直方向に近くなること, 斜面表面に近づ けば, 表面に平行に近いものとなることがわかる. そこ で, 主応力値の大きさの変化を σ_1/σ_y として図-6 に, σ_1/γ H として図-7 に示した. 図-6 より斜面法尻部において σ_y に比べ σ_1 が大きくなっていることがわかる. また, 傾斜 角 α が小さくなるにつれて σ_1/σ_y の値は大きくなってい る.



図-6 σ₁/σ_vの分布





図-7 σ₁/γH の分布

本研究より求められた結果を以下に示す.

- ・斜面表面部及び斜面法尻部において、鉛直応力を土被り圧yhで評価することは難しいと考えられる.
- ・斜面法尻部において、トンネル掘削を行うことで、切羽前方では掘削前に比べ鉛直応力が大きくなってい くことが示された.
- ・斜面法尻部では,最大主応力を鉛直応力として評価する事は難しく,これは主応力の作用方向の違いによる影響を受けたものだと考えられる.

参考文献:

1) 土木学会:トンネル標準示方書 山岳工法・同解説, 2016, p.121.