

III-341 不連続性岩盤中のトンネル安定解析

西松建設株式会社○正会員 平田篤夫
西松建設株式会社 正会員 平野 享
建設機械化研究所 正会員 亀岡美友

1 はじめに

不連続性岩盤中のトンネル掘進における力学的安定性は、トンネル周辺の岩盤応力状態と岩盤内の不連続面の存在に支配されると考えられる。花崗岩質の硬質岩盤では不連続面は共役な3方向の走行・傾斜を有することが多く、切羽面近傍ではそれぞれの不連続面と掘削にともなう応力集中との相互関係に基づいてトンネルの安定性を評価することが必要となる。山はねが発生したAトンネルにおいて初期応力測定と不連続面調査を行った。さらに、3次元BEM弾性解析によりトンネル切羽周辺の応力解析を実施し、不連続面の存在がトンネルの安定性に及ぼす影響について検討した。

2 原位置状況

トンネルは一軸圧縮強度150~220MPaの範囲の強度を有する花崗閃緑岩中に建設され、土被り厚さが200m地点で最初の山はねが発生した。以後、小規模なものも含めて数百m間隔で数ヶ所の山はねが発生した。発生時期は発破直後もしくは切羽後方数mの区間であり、その位置はいずれも天端付近である。原位置における不連続面は下半球極投影すると図1のような分布特性を示している。すなわち、不連続面はA、B、C群に3分類でき、特に、図2に示すようにトンネルの掘進方向に対してBおよびC群の不連続面は受け盤および流れ盤となる。そこで、応力解放法を用いて山はね発生地点(Case1)および顕著な山はねは発生しなかった地点(Case2)の2ヶ所の岩盤初期応力を測定した。表1はその結果である。

3 境界要素法を用いた応力解析および考察

静弾性問題3次元境界要素法に初期応力測定結果を適用して、トンネル周辺岩盤の応力解析を行った。トンネル壁面は三角形線形要素によりモデル化し、その周囲岩盤内に図3の断面図に示すような解析点を切羽前方20mから後方20mの範囲にトンネル軸方向に対して2m間隔で配置した。図中の番号は解析点番号である。トンネル縦断方向の変形状態および天端解析点91のトンネル掘進にともなう主応力変化は図4、図5に示すようであり、Case1とCase2で異なる傾向を示すことがわかる。ここで、応力は正を圧縮にして表示している。そこで、以下では、山はねが発生した天端付近のCase1とCase2のそれぞれの応力状態のもとで不連続面BとCに作用する応力について考察を加える。B、C群の不連続面の走行がトンネル軸方向に直交すると仮定する。図6は切羽断面直上の解析点91においてそこに存在する不連続面の傾斜の変化にともなってB、C群の不連続面に作用する垂直応力(実線)とせん断応力(破線)が変化の様子である。不連続面の傾斜によって作用する応力の大きさは変動し、Case1のB群の不連続面では傾斜が0~50°の範囲では引張の垂直応力を履歴することがわかる。B、C群の不連続面の傾斜を45°に固定して、切羽前方20mから切羽後方20mの範囲で解析点91における不連続面に作用する垂直応力とせん断応力は図7に示すように連続的に変化する。すなわち、Case1では切羽でB群の不連続面が引張の垂直応力を履歴し、Case2ではいずれの不連続面も切羽後方でせん断応力が増大する特徴を示した。

4 おわりに

トンネル掘進にともなう周辺岩盤の弾性的応力変化を境界要素解析により推定し、岩盤内に存在する不連続面の走行・傾斜およびその応力状態によって安定性が損なわれる地点が異なることを明らかにした。

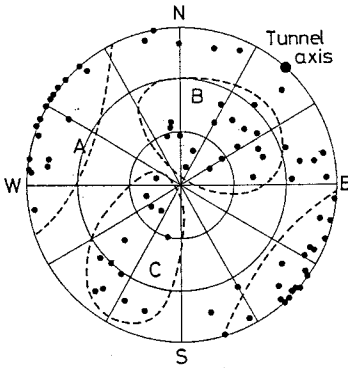


図1 不連続面の下半球極投影

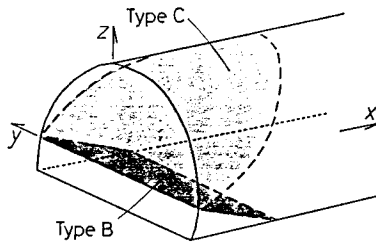


図2 トンネルと不連続面の関係

表1 初期応力値 [MPa]

	Case 1	Case 2
σ_x	5.9	15.8
σ_y	13.7	20.6
σ_z	3.2	10.2
τ_{yz}	0	-0.8
τ_{zx}	-4.1	2.3
τ_{xy}	-2.0	2.6
P_1	14.3	21.8
P_2	8.3	15.7
P_3	0.1	9.1

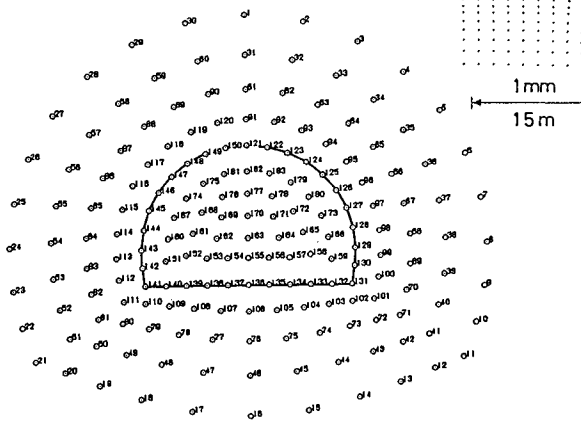


図3 境界要素法における解析点配置

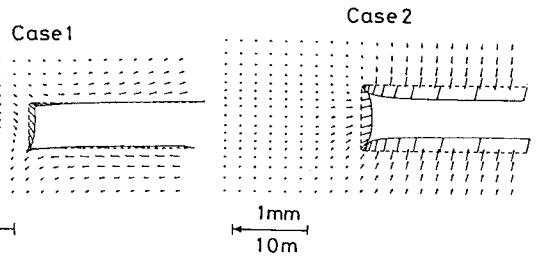


図4 トンネル縦断面内変形図

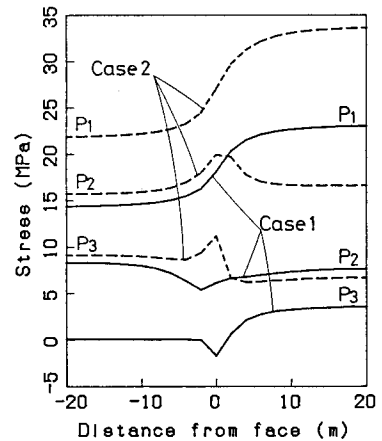


図5 トンネル掘進にともなう
天端解析点91の応力変化

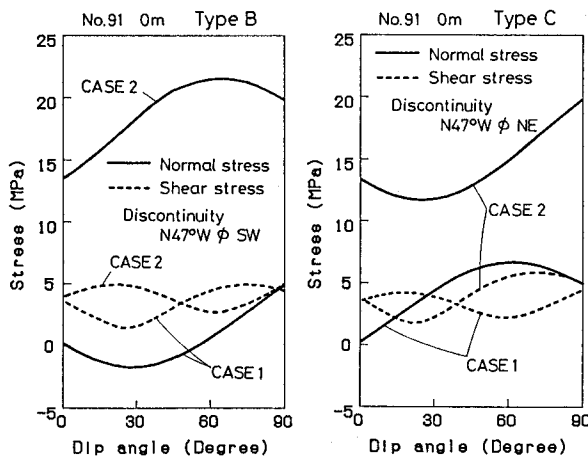


図6 不連続面の傾斜とこれに作用する応力の関係

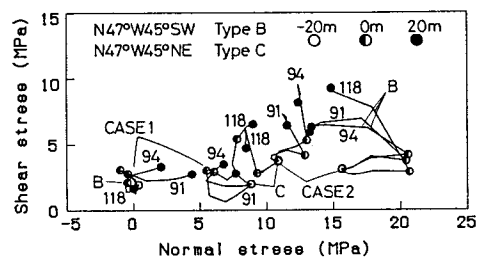


図7 トンネル掘進にともなう
不連続面に作用する応力