

Ⅲ - A286

DDAによるトンネルの地山特性曲線の解析

埼玉大学大学院 学生会員 石川 彰
 埼玉大学工学部 正会員 吉中龍之進
 香取 裕司

1. 研究目的

節理や断層など岩盤内に存在する多くの不連続面は岩盤の強度、変形特性に大きな影響を及ぼし、岩盤内に掘削するトンネルの内空変位や安定性の支配要因となっている。山岳トンネルの標準工法である NATM 工法の基本概念は地山特性曲線により説明されるが、この曲線は経験的に求められたものであり不明な点も多い。本研究では不連続体を扱う数値解析法の1つである DDA（不連続変形法）を用いて不連続性岩盤内にトンネルを掘削した場合に生じるトンネル地圧と天盤変位の関係を表す地山特性曲線について考察する。

2. 解析手法

図1にDDAでトンネル掘削解析を行う手法の概念図を示す。本解析では構造的初期応力を考慮していないため、まず初期応力解析を行い、その後トンネル掘削によるトンネル周辺岩盤の変形と応力の逐次解放をトンネル部の変形係数を変化させることにより模擬している。この手法によりDDAでトンネル段階掘削解析を行うことが可能となっている。

3. 解析条件

本解析では、高さ54m、幅60mで水平方向から60°に連続した間隔3mの不連続面を持つ岩盤モデルを想定し、深さ24mに直径12mのトンネル掘削とした。境界条件として周辺の岩盤を固定している。本解析で用いた不連続性岩盤の物性値を表1に示す。トンネル掘削過程は17段階掘削としている。

4. 解析結果

図2にトンネル掘削によるトンネル地圧と天盤変位の関係を示す。ここでは不連続面摩擦角をパラメータにとり、不連続面の力学特性の影響を見る。微小変形域では弾性変形的挙動を示し、変形が増大すると塑性変形的挙動を示す。その後は不連続面摩擦角の大きさにより、地山はそのまま安定するか、崩壊へ向かう挙動を示すかのどちらかに分かれる。また、最終的にトンネル地圧は収束するが、その大きさは不連続面摩擦角に依存することがわかる。不連続面摩擦角の増加に伴いトンネル地圧が減少する。このトンネル地圧が地山を安定させるのに最低必要な支保圧であり、減少したトンネル地圧が地山そのものが持つ地山耐荷力に相当している。

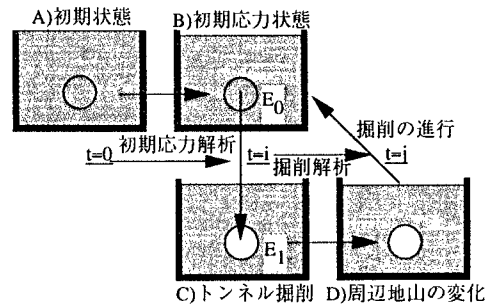


図1 DDAによるトンネル掘削解析手法

単位体積重量	(kN/m^3)	25.48
弾性係数	(GPa)	19.6
ポアソン比		0.38
不連続面摩擦角	(degree)	0, 5, 10, 15, 20
不連続面粘着力	(GPa)	0.0

表1 不連続性岩盤の物性値

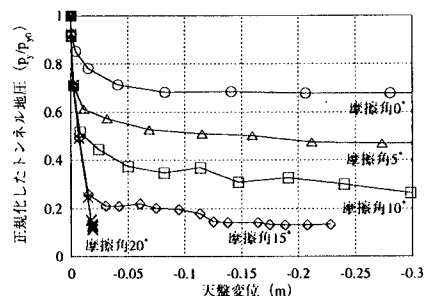


図2 トンネル地圧と天盤変位の関係

KEYWORDS : DDA NATM Fenner-Pacher Curve

〒338 埼玉県浦和市下大久保 255 埼玉大学工学部建設工学科 Tel048-858-3540 Fax048-855-9361

次に掘削によるトンネル周辺岩盤の変形挙動を見る。図3は1段階掘削時の変形図である。不連続面にズレ変形は生じず岩盤の弾性変形のみが生じている。地山特性曲線が弾性変形の挙動を示すのはこのためである。図4に2段階掘削時の変形図を示す。トンネル天盤部の不連続面にズレ変形が生じて、地山特性曲線が塑性的挙動を示す原因となっている。

5. 考察

地山特性曲線のメカニズムをまとめると次のようになる。1) 図3のようにトンネル掘削を行うと周辺岩盤はトンネル内部に向かって変形・応力変化を生じる。2) 図4のように、トンネル周辺岩盤がくさび状に変形を生じる(グラウンドアーチ)。3) このくさび効果によるトンネル周辺岩盤の地圧が増加し、それにともない不連続面のせん断応力も増加する。4) これにより不連続面に作用する摩擦力が増大し、地山自身がある程度の荷重を受け持つことが可能となる。これがいわゆる地山耐荷力である。

6. 幾何学特性の影響

地山特性曲線の不連続面の幾何学特性による影響を3で用いた不連続性岩盤モデルを用いて解析している。不連続面摩擦角は全て 0° と設定している。

まず、図5は不連続面の方向が地山特性曲線に与える影響についての解析結果である。不連続面がそれぞれ水平方向から $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ に連続した岩盤(間隔3m)を想定している。水平方向に近い方がトンネル地圧の減少が大きく、鉛直方向に近づくほどトンネル地圧の減少は小さい。次に、図6は不連続面間隔が地山特性曲線に与える影響についての結果である。不連続面間隔が1m, 3mの岩盤(90° 方向)を想定し比較を行っている。間隔が広い方がトンネル地圧の減少が大きい。

参考文献

- 1) 岩井勝彦: NATMにおける設計と施工の一般概念、土木技術、Vol.45, No.8, pp.39-46, 1990.8.
- 2) Shi G.H. R.E. Goodman: Discontinuous Deformation Analysis、Proc. 25th U.S. Symposium on Rock Mechanics, pp.269-277, 1984
- 3) 佐々木猛、大西有三、吉中龍之進: 不連続変形法(DDA)とその岩盤工学への適用に関する研究、土木学会論文集, No.493, pp.11-20, 1994
- 4) 香取裕司、石川彰、吉中龍之進: 不連続変形法による地山特性曲線の考察、第1回岩盤工学シンポジウム講演論文集、岩盤工学研究会、1996.12

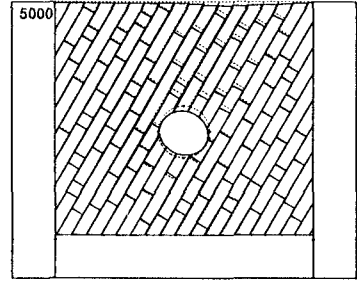


図3 1段階掘削時の変位図(×5000倍)

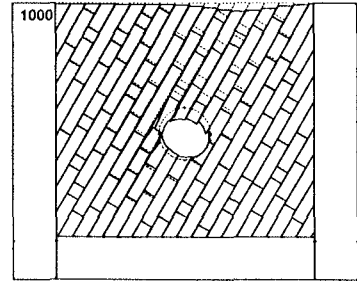


図4 2段階掘削時の変位図(×1000倍)

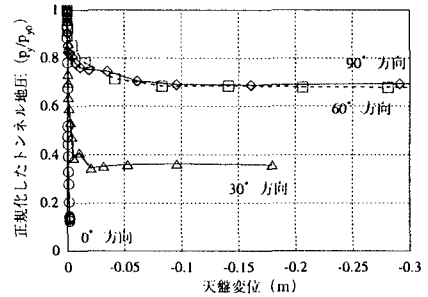


図5 不連続面方向の影響

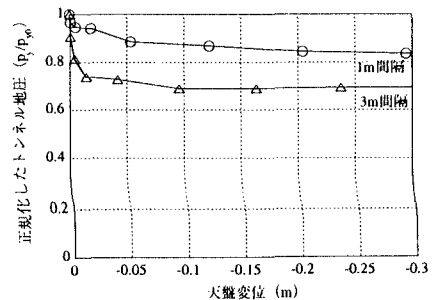


図6 不連続面間隔の影響