

III-383 円形状トンネルの掘削と支保のDEM解析

鳥取大学大学院 学員 ○石田元美
鳥取大学工学部 正員 木山英郎
鳥取大学工学部 正員 藤村 尚
鳥取大学工学部 正員 西村 強

1. まえがき

これまで、カンドルの離散剛要素法(以下、DEMと略す)を地下浅所のトンネル地盤の応力・変形挙動の解析に用いる場合について報告してきた。本報では、ある程度土被りのある場合のトンネルについて、掘削に伴う周辺地盤の応力・変形挙動と支保効果をDEM解析する方法について検討する。

2. 解析法の概要

DEM解析では、粒子間接触において、粒子のもつ弾性的および非弾性的性質を接触点間に挿入した弾性スプリング(剛性定数 K)と粘性ダッシュポット(粘性定数 η)で表し、 ρg で相対化した接触定数として、次式を用いている。

$$K' = K/\rho g \quad \cdots \cdots (1)$$

$$\eta' = \eta/\rho g \Delta t = (2\sqrt{mK})/\rho g \Delta t \quad \cdots \cdots (2)$$

ここに、 g : 重力加速度、 ρ : 密度(m : 質量)、 Δt : 時間増分である。

この基礎式を用いてトンネル掘削と支保効果をモデル化する方法として、トンネル掘削部(本報では、ほぼ円形状を考える)にあたる粒子の K , η と密度 ρ (および質量 m) を段階的に減少させ、最終的に要素を消滅させる方法を考えた。

この方法では、たとえば、図-1において掘削部粒子をB、その他の粒子をAとすれば、粒子Aの運動を考える場合の接触定数を、A-A接触: K'_{AA} ($=K'$)、 η'_{AA} ($=\eta'$)とA-B接触: K'_{AB} , η'_{AB} 、粒子Bの運動を考える場合の接触定数を、B-A接触: K'_{BA} , η'_{BA} とB-B接触: K'_{BB} , η'_{BB} 、の4つに読み換れば、従来のプログラムがそのまま使用できる。式(1)、(2)を用いて、 $K, \eta, \rho(m)$ の減少に伴う上記 K', η' の換算式を示せば、表-1のようである。また、図-1に示すような土被り圧を考慮する方法として、最上段の要素に土被り圧に相当する鉛直方向外力を分担させる方法を用いた。これは、最上段要素の自重項をその分増加させることによって容易に対処できる。

表-1 掘削時の接触定数 K', η' の換算表

	A-A接触	A-B接触	B-A接触	B-B接触
K'	$K'_{AA} = \frac{K}{\rho g}$	$K'_{AB} = \frac{K(1-\Delta/2)}{\rho g}$	$K'_{BA} = \frac{K(1-\Delta/2)}{\rho g(1-\Delta)}$	$K'_{BB} = \frac{K(1-\Delta)}{\rho g(1-\Delta)}$
η'	$\eta'_{AA} = \frac{\eta}{\rho g}$	$\eta'_{AB} = \frac{\eta(1-\Delta/2)}{\rho g}$	$\eta'_{BA} = \frac{\eta(1-\Delta/2)}{\rho g(1-\Delta)}$	$\eta'_{BB} = \frac{\eta(1-\Delta)}{\rho g(1-\Delta)}$

ここに、 K, η, ρ の減少率は等しいと仮定して Δ で表わす。

3. 解析結果

解析結果の一例として、直径1cmの円形要素426個を、最下段に36個、その上に35個の順に並べた35/36配列の場合を示す。土被り圧相当値として最上段要素の自重項を9要素分増加させた。基準となる接触定数は、 $K_n/\rho g = 38352\text{cm}$, $K_s/\rho g = 9588\text{cm}$, $\eta_n/\rho g = 11.088\text{cm}$, $\eta_s/\rho g = 5.544\text{cm}$ 、掘削要素Bの $K, \eta, \rho(m)$ の減少率は $\Delta = 0.2$ 刻みで5段階を用い、時間増分は $\Delta t = 10^{-5}\text{s}$ とした。図-2はB要素を瞬時に消滅させた場合の時間的变化(無支保状態)を示し、図-3はB要素の $K, \eta, \rho(m)$ を $\Delta = 0.2$ 刻みで段階的に減少させた場合(掘削と支保効果)を示す。

4. 結論

任意の土被り圧を受けるトンネルの掘削と支保効果の考察に、ここで述べたDEM手法が有効であると思われる。

