

粒状堆積体中の開口部上方の一次破壊領域の構成

鳥取大学 学員 ○二木 隆
正員 藤村 尚
正員 木山 英郎

1. はじめに

地下浅所のトンネル上方地盤、サイロの排出口近傍など、粒状堆積体中の開口部上方には自望による一次破壊領域が形成される。離散剛要素法(DBM)による流動解析と開口部を境界条件としたすべり線網解析によって、一次破壊領域を決定するとともに、Terzaghiのゆるみ土圧の意味を考えた。

2. DBMによる解析

昨年度報告したように、Cundallの提案した離散剛要素法(DBM)の要素形状を円形に簡略化することによって、地下浅所のトンネルによる地表沈下の解析に適用できる。配列は1要素4接点として、高積みな配列として $35/36$ 配列、偏平な配列として $23/24$ 配列を取り上げた。 $35/36$ 配列は鉛直方向の粒子接触が卓越する状態、 $23/24$ 配列は水平方向の粒子接触が卓越する状態を代表する。このような配列のもとで静止状態より開口部(底壁破線部分)を開いて流動を開始させ、適当な経過時間における沈下状態を示したものがFig. 1である。これをみると、初期の粒子の配列の差によって斗状沈下域($35/36$ 配列)、煙突状沈下域($23/24$ 配列)の出現、アーチの形状や生成の難易などに差が生じることがわかる。

ここで、開口部直上の一次破壊領域を区分するとすれば、沈下初期に形成されるアーチ線以下の部分を採るのが良いと判断される。その形状は排出口幅を $2B$ とすれば、 $35/36$ 配列では高さ約 $1.5B$ 、 $23/24$ 配列では高さ約 $1.7B$ のドーム状である。粒子の配列の差によって一次破壊領域の形状や大きさも変化するとともに、その後の破壊の進行状況が大いに異なることに注意する必要がある。以上のように、DBM解析の特徴は一次破壊領域の形状、大きさの決定よりも、連続した沈下挙動の流れをみるのに適しているといえる。

3. すべり線網解析

降下床土槽内に充填された粒状体において、降下床

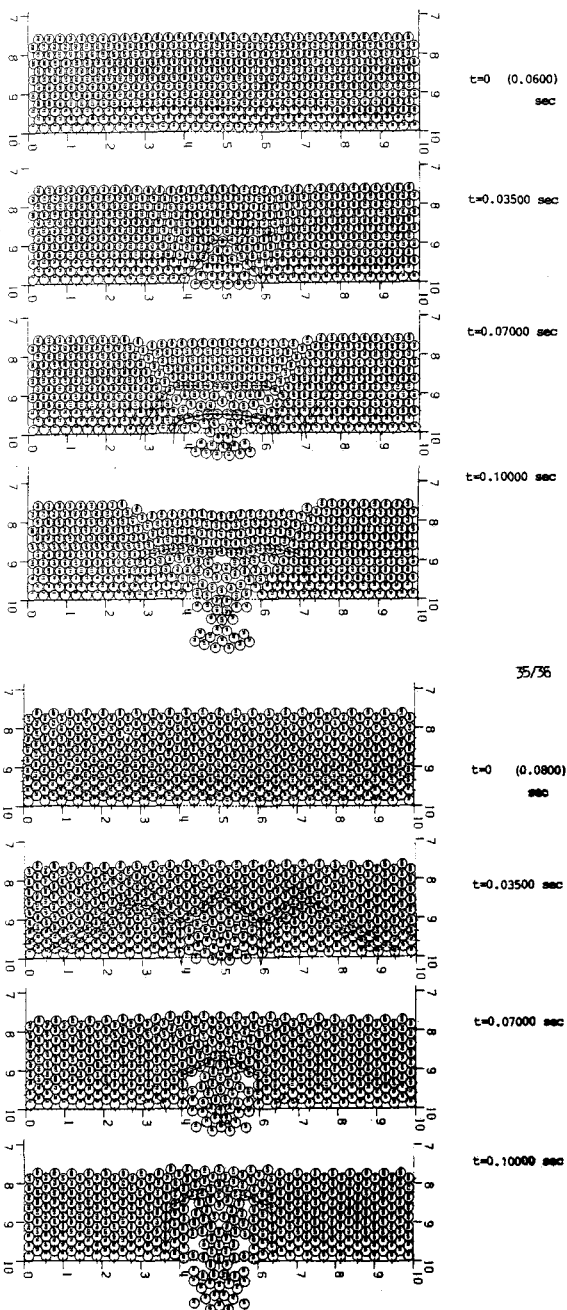


Fig. 1 DBMによる解析結果

を降下させて泥下が開始する時には、全塑性降伏状態にあるものと仮定される。この時、降下床面から発達する受働域が遷移域（または不連続域）を経て、上方および側方の主働域に連なるものと考えられる。この中、受働域および遷移域について、すべり線網の概形と開口部（降下床面）の応力を仮定して解析した。結果の一例として、得られたすべり線網と各格子点上の主応力の大きさと方向をFig. 2に示す。図のように受働域と遷移域とで一つの閉じた領域を形成し、この領域が一次破壊領域と考えられる。この一次破壊領域のせん断抵抗角 ϕ による変化をFig. 3に示す。せん断抵抗角 ϕ によってその大きさは変化するが、形状はいずれも降下床を底辺とするふくらんだ形の二等辺三角形（いわゆるドーム状）となっている。

以上のように、すべり線網解析は一次破壊領域の発達過程をとらえることはできないが、領域がすべり線を明示されるので、一次破壊領域の形状や大きさを決定するのに有効であるといえる。

4. 検討

シールドトンネルなどの設計土圧には、Terzaghiの提案したゆるみ土圧の計算式がよく用いられる。これは、地盤が砂質土で、土のアーチング効果に比較的信頼が置ける場合に適用できる。そこで、前述のDBM解析およびすべり線網解析の結果と比較するために、Terzaghi式に上載荷重 $p_0=0$ 、土の粘着力 $c=0$ 、水平土圧と鉛直土圧の比 $K_0=1$ とおき、土粒り $H=100$ および $H=5$ について、 $\phi=15^\circ\sim 50^\circ$ の場合のゆるみ高さ h_0 を求めた。

以上三つの解析結果を比較検討した結果をまとめると以下のようである。

開口部（2B）直上に生じる一次破壊領域の形状は、2Bを底辺とするふくらんだ形の二等辺三角形（いわゆるドーム状）であるという点で、DBM解析、すべり線網解析およびTerzaghi式ともほぼ一致している。たとえば、すべり線網解析の結果とTerzaghi式の結果を例示すればFig. 4のようになり、 $\phi=20^\circ\sim 40^\circ$ の範囲で両者の形状がよく似ていることがわかる。

そこで、一次破壊領域の高さ h_0 について、上記の三種の方法による結果を図示したのがFig. 5である。定量的にも三者がよく一致していることがわかる。

結論として、Terzaghiのゆるみ領域は、塑性解析的には受働・遷移領域であり、流動解析的には初期アーチに覆われた範囲であると解釈される。

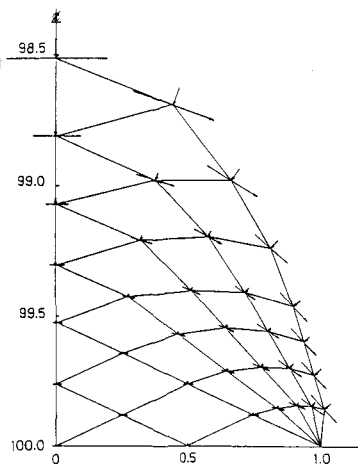


Fig. 2 すべり線網解析の結果

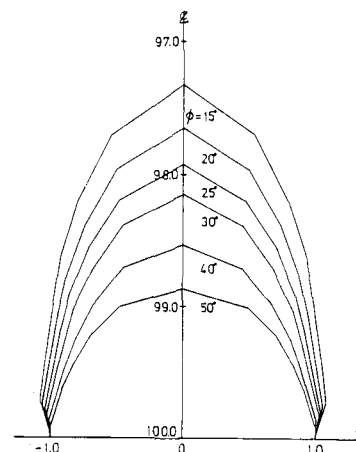


Fig. 3

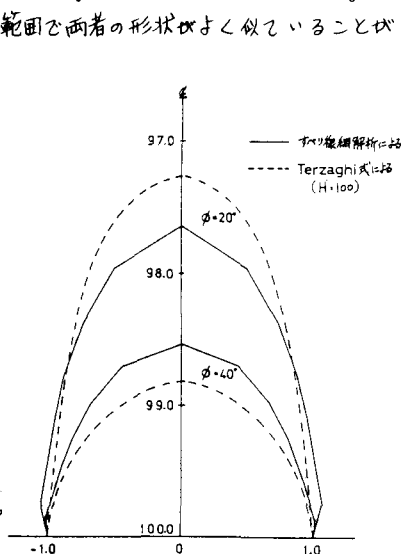


Fig. 4

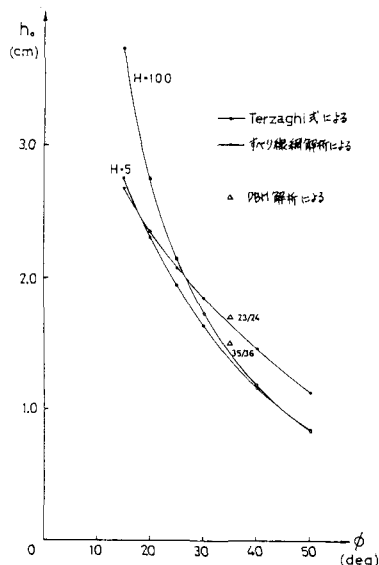


Fig. 5