

鳥取大学 正会員 ○木山 英郎

鳥取大学 正会員 藤村 尚

1. 解析モデルの概要

地下浅所のトンネル模型として、後出図-2に示すように、底辺40cmの中央に幅8cmの降下床を有する二次元土槽を考えた。直径1cmの円形要素約400個を左右対称に配置し、最下段にS個、その上に(S-1)個の順で繰返した規則配列(以下S-1/S配列と呼ぶ)を用いた。解析は、静止状態に達した後、③降下床を時間増分 $\Delta t=10^{-5}$ s当り $\delta=10^{-5}$ cmの一定速度で降下させる降下床モデルと④静止状態から降下床を一瞬间に開放して自由落下流動を行わせる開口モデルについて行った。開口モデルは無支保状態に対応し、粒状体の自然な流動形態が表われるものと考えられる。

2. 粒子配列と地表沈下形態(図-1)

静止状態において35/36配列(粒子接触角 56°)は高積みで鉛直方向の粒子接触が優り、23/24配列(30°)は平積みで水平方向の粒子接触が卓越する。27/28配列(44°)は正に両者の中間にあって接触力が鉛直方向と水平方向に相半ばする。

降下床の降下とともに側壁部から各配列における粒子接触角にほぼ等しい傾斜で上方に伸びる滑動面ができ、その内部の沈下域と外部の静止域を区分する。粒子接触角($\cong$ 滑動面の傾斜角)が $60^\circ \sim 45^\circ$ で

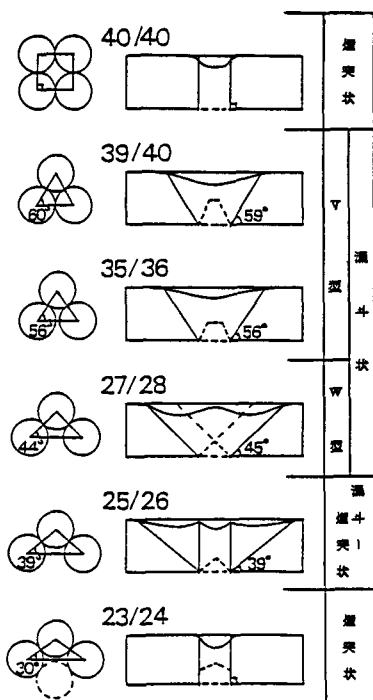


図-1 粒子配列と地表沈下形態

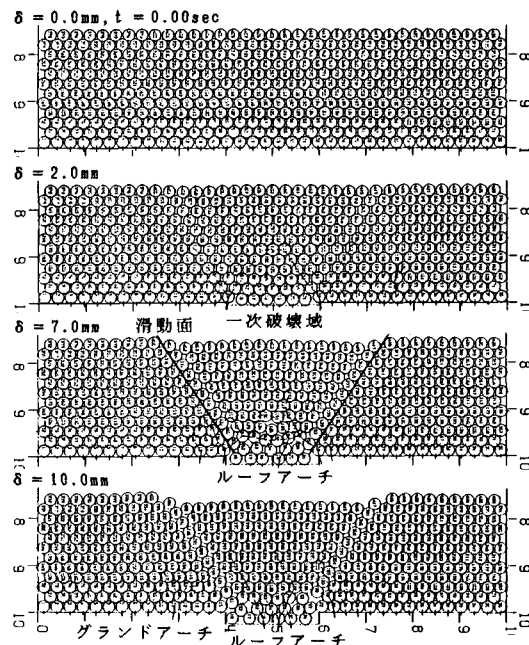
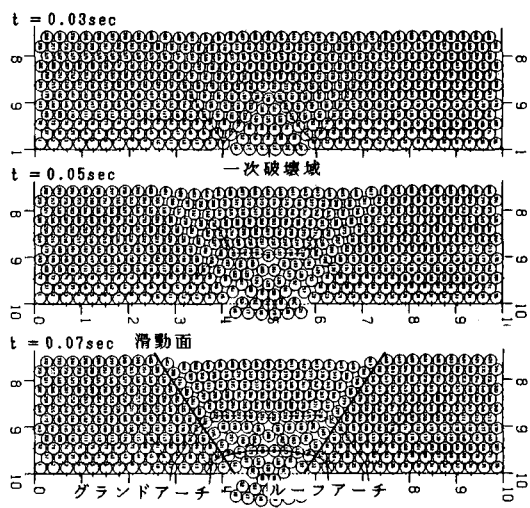


図-2 35/36配列 ③降下床モデル



④開口モデル

ある39/40配列～29/30配列では標準的なV型漏斗状沈下域を示し、約 45°になる27/28配列において滑動面が多層構造となりW型漏斗状を呈し、約 40°になる25/28配列ではW型漏斗状単独では沈下できず、中央部に第二の滑動面として煙突状の沈下域を併せ形成する。さらに接触角が小さくなると、23/24配列に見られるように煙突状沈下域のみが形成される（いわゆる浅所陥没型の地盤破壊形態となる）。

3. アーチ作用（図-2～4）

一例を図-2に示すように、解析に現われた特徴的な地盤挙動をまとめると以下のようである。

一次破壊域：降下開始直後において降下床直上部に生ずるところの、粒子間接触力の急減・消滅する領域であって、通常降下床とほぼ一体的に沈下する領域である。

アーチ作用：降下床上方において、沈下域を取り囲むように出現し、粒子間接触力がアーチ状に分布して伝達される状態をいう。これを大別すればルーフアーチとグラウンドアーチが認められる。

ルーフアーチは空洞を直に取り囲む粒子間に生じ、自らの自重を支えるのみの比較的弱いアーチであって一部降下床からの支保圧によって支えられることもある。粒子間の相対変位や支保圧の助けによっても変形と崩壊と再生を行う。

グラウンドアーチは空洞壁面より数粒子分奥の粒子間に出現し、それより上方の荷重を支え得るだけの強力な、比較的安定なアーチを指す。

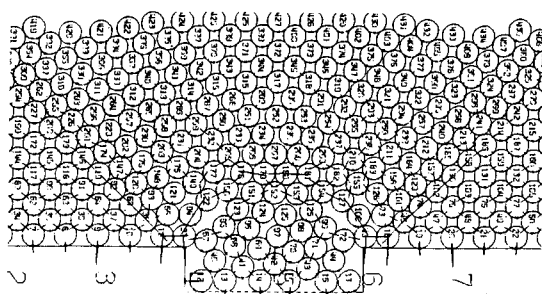
①ルーフアーチは一次破壊域の一部を取り込むことがあるが、グラウンドアーチは一次破壊域より外側（地山側）の、相対変位の少ない粒子間に出現する。

②ルーフアーチが存在するとき、グラウンドアーチは比較的小さな荷重負担でよいが、ルーフアーチが崩壊することによってグラウンドアーチは大きな荷重分担を負う。このとき山側への後退を生ずることが多い。

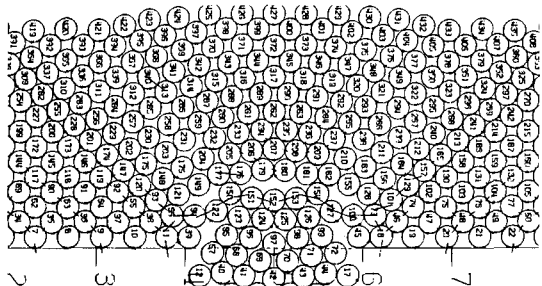
③ルーフアーチ、グラウンドアーチとも滑動面との交点（アーチの支点と呼ぶ）でアーチの崩壊と生成が支配される。したがって、アーチを有効に利用するためには、アーチの支点を確保することが望ましい。

④降下床モデル⑥に比し、開口モデル⑤における粒子の移動は激しく、ルーフアーチが生成し難い（一次破壊域を取り込むことが難しい）ことなどによって、グラウンドアーチの荷重分担も大きくなり、より山側へ後退する傾向がある。

⑤27/28配列～23/24配列のように水平方向の接触力が卓越するにつれ、アーチが生成し難く、支保の助けによってルーフアーチを形成するのが有効である。

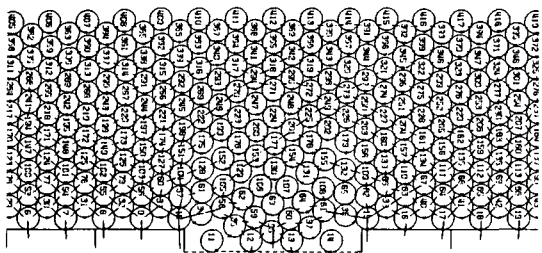


⑥ 降下床モデル ($\delta = 20\text{mm}$)

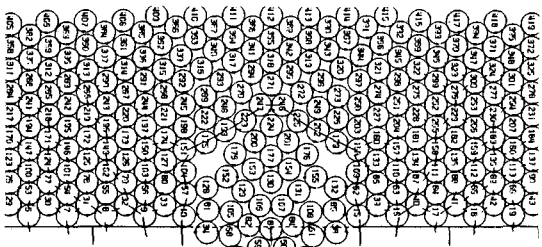


⑤ 開口モデル ($t = 0.07\text{sec}$)

図-3 27/28配列



⑥ 降下床モデル ($\delta = 10\text{mm}$)



⑤ 開口モデル ($t = 0.07\text{sec}$)

図-4 23/24配列