

Ⅲ-B79

トンネル掘削時の周辺地盤の個別要素解析

鳥取大学工学部 木山 英郎 藤村 尚

○西村 強 吉田 尚起(現 ㈱坂本組)

1. はじめに

本研究は、トンネル掘削に伴う地盤内の荷重伝達の変化、さらには、内空変位—支保圧の関係に着目しながら、トンネル周辺地盤の個別要素解析を行なったものである。同種のモデル化は、既に報告している[1]が、①トンネル掘削部に比べて地山部分を表わす要素の半径を小さくして、トンネル周辺地盤の挙動を詳細に解析すること、②大きな土被り圧の存在によって影響は小さいとされる重力項が、このような粒状体解析では上記の挙動にどのような影響を及ぼすか等が検討項目である。

2. 解析方法の概要

解析モデルは、図-1に示すように縦80cm×横80cmの枠内に、単一粒径の円形要素(半径 $r=1\text{cm}$)を規則配列したものである。採用した配列は、水平方向の接触力伝達に卓越した24/25配列から、鉛直方向の伝達に卓越した36/37配列まで、表-1に示す4配列である。

解析手順は、既報告[1]と同様であり、以下のとおりである。与えられた鉛直応力 p_v (最上段の各要素に要素49個分重量を荷重として負荷)とそれに対する比率(側圧係数と呼ぶ)により設定した水平応力 p_h を作用させて、初期応力状態を得る(step 0)。下方境界は固定剛板であり、側方境界は設定した水平応力を、その合力として地盤要素に作用させる水平方向に可動な剛板である。所定の応力作用下で静的安定状態を求めた後、トンネル要素(図-1,中央の大きな円要素(半径 $R=8\text{cm}$))の自重を20%刻みに5段階でほぼ0まで減少させ、それと同時にトンネル要素の剛性を初期(step 0)の0.5, 0.1, 0.01, 0.001, 0.0001と指数関数的に減少させて、トンネル掘削過程を模擬する(step 1~step 5)。設定した側圧係数を表-1に示しており、解析定数は[1]と同様である。なお、図-1に示すようにトンネル要素を含め、対称線に並ぶ要素には鉛直方向のみ運動することを許して、図-2のように右半断面を実際の解析領域として取り扱い、演算量を軽減した。

3. 解析結果と考察

図-3に、重力を考慮しない場合の解析について、トンネル周辺の接触力伝達の様子を示す。図中の線分は、接触力をベクト

表-1 配列と側圧係数 k の設定

24/25配列	1.7
26/27配列	1.2
28/29配列	1.0
36/37配列	0.6

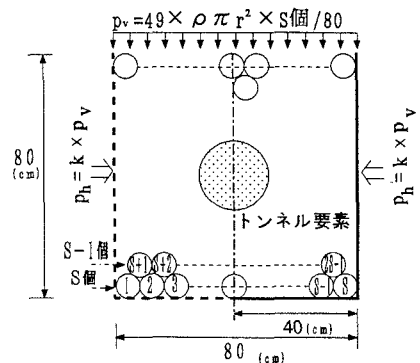


図-1 解析領域

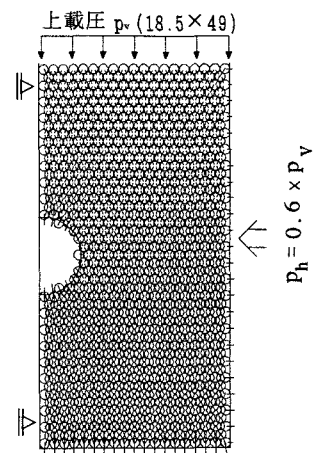


図-2 解析モデルの設定(36/37配列)

Key words : DEM, Tunnel, Characteristic curve

* 〒680 鳥取市湖山町南4-101 Tel:0857-28-0321 Fax:0857-28-7899

ル表示したもので接触点を挟んで作用力・反作用力を示し、合わせて一本の線分としている。いずれの配列でも、傾斜は異なるものの、トンネル要素に斜交する領域内で接触力の変化が見られる。この領域内では、トンネルに向かう方向（半径方向）の接触力の減少・消滅とこれを横切る方向（接線方向）の接触力の増大が特徴である。特に、トンネル近傍に注目すれば、最も高積みである36/37配列では、天端と底壁付近に接触力が消滅する領域が見られる。同様のことは、最も偏平積みである24/25配列では、側方で見られる。鉛直・水平の接触力の分配がほぼ均等である26/27、28/29配列では、天端、側方共に見られ、配列の変化を反映しているのが分かる。

天端と底壁においてトンネル要素に接する要素の接近量 U_v とトンネル要素との接触力の平均値 p の関係（ $p-U_v$ 曲線）および側方において接する要素の変位 U_h と接触力 Q の関係（ $Q-U_h$ 曲線）を求めた。この曲線の一つとして、図-4に、24/25配列の結果を示す。なお、縦軸は P, Q をそれぞれstep0の値 P_0, Q_0 で、横軸は U_v, U_h をそれぞれトンネル要素径 $2R$ あるいは半径 R で除した値でまとめている。(b)図の $P-U_v$ 関係からみられるとおり、重力を考慮すれば、step 3（トンネル要素剛性:0.01）から、支保圧の急激な増加が見られるのに対し、重力を考慮しない場合、step 4（トンネル要素剛性:0.001）に至るまで内径収縮と支保圧減少が示されている。図-3(a)にも、トンネル要素を取り囲むように、菱形状に接触力が発達し、トンネルの安定性が保持されている様子がわかる。通常、大きな土被り圧の存在により、トンネル掘削周辺要素に働く重力は、無視しても良いとされるが、この例はそれと反する結果となる。境界条件あるいはトンネル掘削過程のモデル化にも配慮して検討を進めて行く予定である。

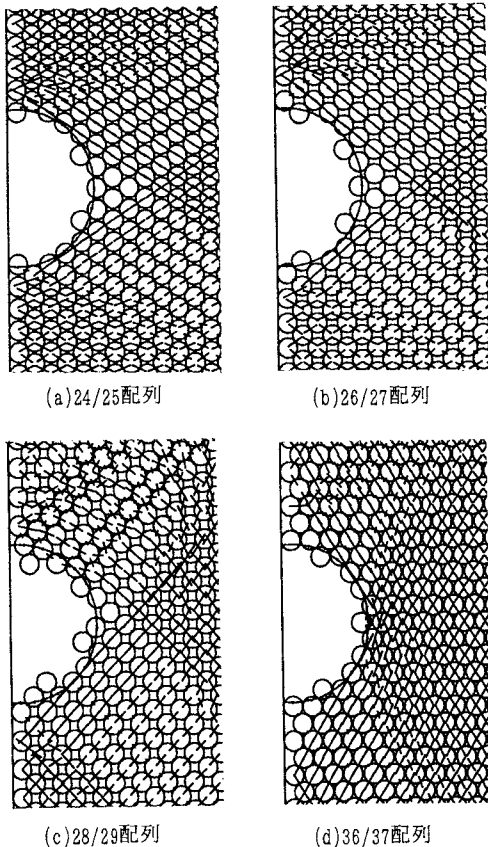
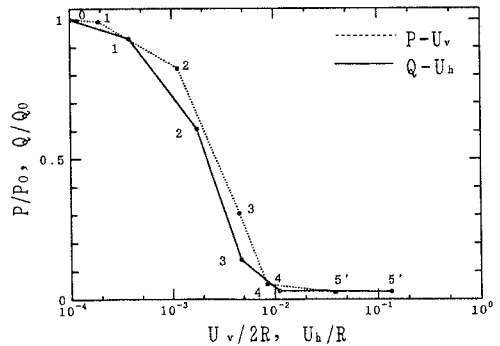
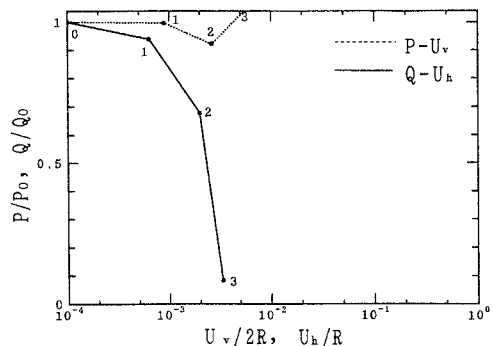


図-3 接触力図（step 4, トンネル要素剛性:0.001）

参考文献[1] 木山 他：DEM解析によるFenner-Pacher型支保特性曲線の実現と考察，土木学会論文報告集，第394号，pp.37～pp.44，1988.



(a)重力を考慮しない場合



(b)重力を考慮する場合

図-4 $P-U_v, Q-U_h$ 曲線（24/25配列）