

Ⅲ-B168 個別要素法を用いた縦長矩形シールドトンネルの作用土圧に関する検討

首都高速道路公団 正会員 小笠原 政文 津野 和宏 船本 浩二*
 (株) 竹中土木 正会員 藤井 義文 平井 卓 野村 成樹**

1. はじめに

著者らは、乾燥砂地盤における円形や矩形断面シールドトンネルの施工時作用土圧に関する検討を遠心載荷実験と個別要素法解析により実施してきた。ここでは、一本の縦長矩形断面シールドトンネルに作用するゆるみ土圧に関して、遠心載荷実験を個別要素法を用いて解析し、土圧発生メカニズムの検討を行った。

2. 解析概要

解析は、澤田の開発した個別要素法プログラム(DEMS)¹⁾を改良して用いた。主な改良点は、矩形セグメント要素を導入した点である。この要素は、矩形の骨組み要素で決められたステップ毎に骨組み解析を実施し各辺のたわみを計算するとともに、要素自体は、他の地盤要素と同様に各ステップで作用する外力の合力によって、運動

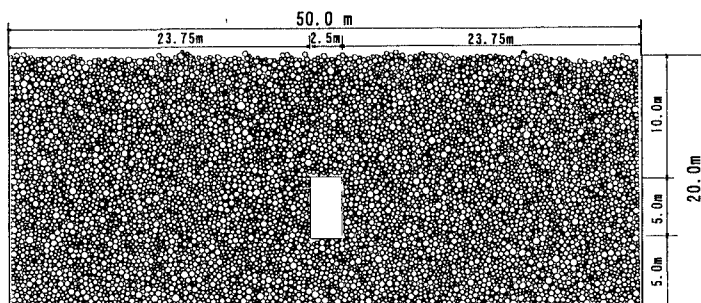


図-1 解析モデル

するものとした。セグメント要素が地盤要素から受ける力は、辺のた

わみを考慮して求めており、地盤反力を適切に評価できるようにした。

解析対象とした矩形トンネルは、図-1に示す実物大の幅 2.5m、高さ 5.0m、とした。施工過程は、トンネルの周囲に 7.5cm のテールボイドを発生させることとした。すなわち、トンネルの無い状態で初期自重解析を行った後、テールボイドとトンネル部分の要素を除去する事により応力解放を行い、同時に矩形セグメント要素を発生させるものとした。解析に用いた定数を表-1に示す。定数は事前に2軸方向圧縮せん断の解析を行い、実験と同じ Dr=90%の豊浦砂相当となるように定めた

表-1 解析定数

定数名		
ばね定数(N/m)	法線方向	5.38E+07
	接線方向	1.91E+07
(地盤要素間)	法線方向	1.08E+08
	接線方向	3.82E+07
(地盤要素セグメント要素間)	法線方向	2.78E+05
	接線方向	1.66E+05
要素密度(kg/m ³)		1900
平均要素径(cm)	セグメント周辺	5.0
	その他	35.0
時間間隔(sec)		2.00E-06
要素間摩擦角(deg)		19
内部摩擦角(deg)		42
要素数		18000
間隔比(面積)		0.206
解析ステップ数		500000

3. 解析結果及び考察

(1)変位 図-2(a)は、初期状態からの変位ベクトルと変位量のコンターを示したものである。また、図-2(b)に、外径 5m の円形断面トンネルにおける同様の解析結果²⁾を比較のために示した。矩形トンネルでは、変位 7.5cm のコンターでは、底面端からのびる主働破壊線を伴ってゆるみの一次領域が形成されるのに対して、円形断面では、トンネル側部からゆるみの一次領域が形成されている。また、変位 5.0cm のコンターは、矩形円形両方ともほぼ同じ位置にあり、主働破壊線が延長して形成される2次的なゆるみ領域は両者ほぼ同じであると考えられる。

(2)セグメント及び周辺地盤の土圧 図-3 は、遠心載荷実験によるセグメント作用土圧分布を示したものである。側面の土圧分布は、頂版側が底版側より大きくなる傾向がみられ、通常的设计土圧分布とは異なる分布形状となった。図-4 に、セグメント左右側面より 25cm 離れた地盤の鉛直断面に作用する水平土圧分布の解析結果を示す。図には、図-3 の遠心載荷実験結果における両側面に作用する土圧も併せて示した。

(キーワード) 個別要素法、シールドトンネル、土圧、矩形断面

* 〒100 東京都千代田区霞ヶ関 1-4-1 TEL. 03-3502-7311 FAX.03-3503-1806

** 〒100 東京都中央区銀座 8-2-1-1 TEL. 03-3542-6321 FAX.03-3248-6545

解析による水平土圧分布はセグメント中央で小さくなる傾向を示しており、遠心载荷実験によるセグメント側壁の土圧分布とも傾向は一致している。図-5は、セグメント頂版上35cmの水平断面における鉛直土圧の地盤のゆるみに伴う増分分布を示したものである。また、図には遠心载荷実験におけるセグメント作用土圧、土中土圧計測による地盤のゆるみにともなう増分土圧の分布を示した。解析結果は、変動が大きい傾向は実験結果とよく似ている。図-6は、地盤のゆるみに伴う最大せん断応力の増分コンターを示したものである。せん断応力の集中領域は解析領域全体に数箇所散在しているが、トンネル上方2箇所にもせん断応力の集中領域がみられる。

4. まとめ

個別要素法を用いた解析により、ある程度定量的に遠心载荷実験をシミュレートでき、縦長トンネルにおいては側圧分布が設計土圧分布と異なる場合があることが確認できた。しかし、要素がテールボイドに比較して大きいなど解析の精度が不十分な点もある。今後、セグメント周辺の要素径を縮小した解析などを実施して行くとともに、上下に近接して矩形シールドが施工される場合の検討などを実施していきたい。

なお、本研究の実施にあたり貴重なご助言を頂いた、東京都立大学教授今田徹先生に深く感謝の意を表します。

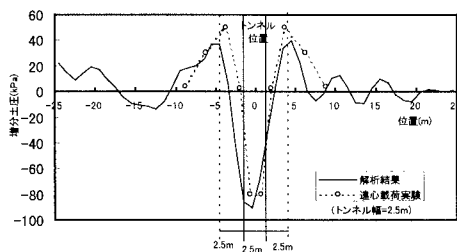
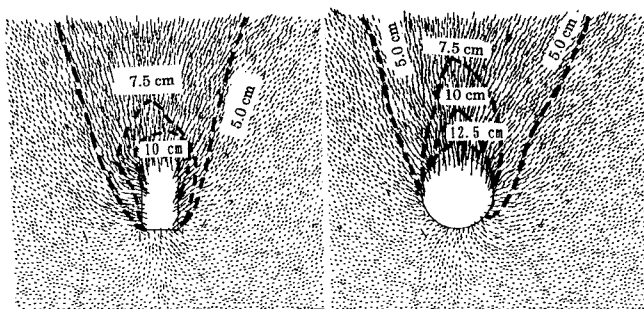


図-5 水平断面（頂版高さ）の鉛直増分土圧



(a) 矩形トンネル

(b) 円形トンネル

図-2 変位ベクトルと変位コンター

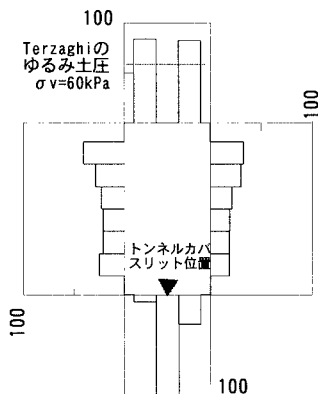


図-3 セグメントに作用する土圧分布（遠心载荷実験）

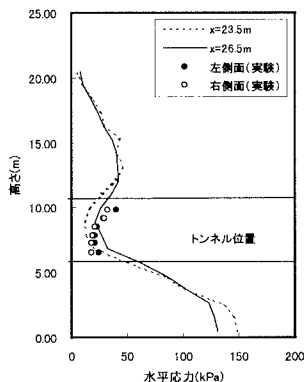


図-4 側壁付近の鉛直断面に作用する水平土圧分布

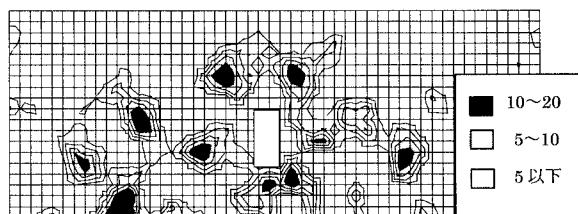


図-6 最大せん断応力の増分分布（単位：kPa）

参考文献

- 1) 岩崎、澤田、香川：個別要素法による砂の支持力問題におけるせん断帯発生解析、(1988)、第23回土質工学研究発表会
- 2) 小笠原、津野、藤井、平井：個別要素法を用いた併設シールドトンネル周辺地盤の緩み評価、(1997)、第32回地盤工学研究発表会