

III-542

掘削に伴う周辺地盤変形解析に関する検討

首都高速道路公団

時田 英夫

ハ°ソフィックコンサルタンツ(株) 正会員 岡嶋 正樹 ○ 柏村 孝彰

1. はじめに

都市部における掘削工事は既設構造物等に近接して施工されることが多く、その掘削工事による周辺への影響が懸念される。したがって、都市部の掘削工事では、設計の段階から「掘削による周辺への影響」を事前に予測することが必要と考える。このような背景のもとに、掘削に伴う周辺地盤の挙動を予測する手法の一つに、有限要素法(FEM)が用いられている。しかし、FEMは解析対象を連続体と仮定して解析する手法であるため、すべり等が生じる可能性のある地盤を対象とし、これを連続体として解析するには困難を伴うと考えられる。ここでは、微小変形から大変形に至るまでの一連の挙動を解析できる個別要素法(DEM)¹⁾により、掘削に伴う周辺地盤の変形解析を試みた。解析は、まず自立式山留め(想定地盤を対象)の場合の掘削に伴う周辺地盤変形解析を行い、次に、切梁式山留めについてDEM、FEM及び実測値の地表面沈下量の比較を行った。以下、これについて報告する。

2. 自立式山留めへのDEMの適用

ここでは、自立式山留めへのDEMの

適用を試みた。解析に用いた諸数値を表-1に示す。表-1中の γ は単位体積重量、 c は粘着力、 ϕ は内部摩擦角、 E は変形係数、 G はせん断弾性係数、 K は体積弾性係数、 ν はポアソン比を示す。DEM解析では壁体～地盤間、地盤～地盤間及び壁体～壁体

間にジョイント要素を設定した(表-2)。なお、本報告で用いたDEMプログラムでは壁体を梁要素でモデル化できなかったため、平面歪要素でモデル化した。解析では計算上の仮定として壁体に鋼矢板(IV型)を用い、最終掘削深度20mを3回で掘削することとした。解析手順は地盤の初期応力解析の後、掘削を開始した。最終掘削段階の変形モードを図-1に示す。図-1をみると、掘削により壁体に変形し、それに伴い背面地盤が変形している。また、背面地盤にはすべりが確認できる。これらより、壁体及び地盤の変形モードは実現象を概ね捉えることができたように思われる。ただし、実際は図-1に示すような大変形を生じることは少ないと考えられ、その計測値等の公表もみられなかったことから、実測とDEMの比較については切梁式山留めで行った。

表-1 土質及び解析に用いる諸数値

(自立式山留めの場合)

層番	γ (tf/m ³)	c (tf/m ²)	ϕ (°)	E (kN/m ²)	G (kN/m ²)	K (kN/m ³)	ν
①	1.6	3.0	—	6170	2210	10300	0.40
②	1.7	4.0	—	8230	2840	27400	0.45
③	1.8	20.0	—	41200	14200	137000	0.45

注) $E=210c$ より算出

表-2 ジョイント要素値

(自立式山留めの場合) (kN/m²)

解析法	摘 要	簡 所	垂直剛性	せん断剛性
DEM	地盤～壁体間		1.0×10^6	0
	地盤～地盤間		1 0 E	1 0 G
	壁体～壁体間		1.0×10^6	1.0×10^6

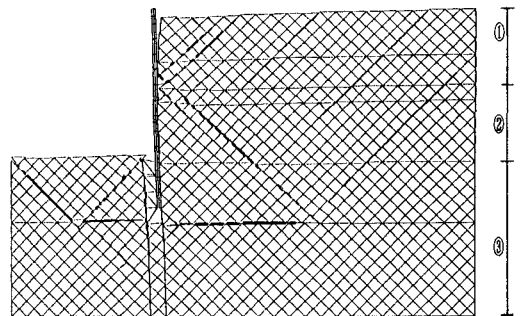


図-1 変形モード(自立式山留めの場合)

3. 切梁式山留めへのDEMの適用

3.1 検討対象事例の概要

検討対象事例はある開削トンネルの工事現場である。掘削地盤は洪積層の中位の粘性地盤(N₅)からなり、親杭横矢板工法を採用している²⁾。土質諸数値及び施工条件を図-2に示す。

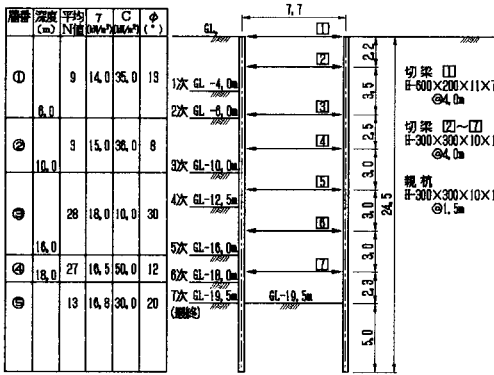


図-2 土質諸数値及び施工条件

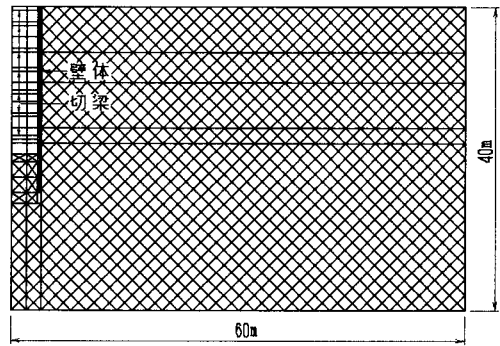


図-3 DEM解析の場合の要素分割図

3.2 DEM及びFEMによる解析条件

解析はDEM及びFEMとも二次元弾塑性解析とした。解析に用いる諸数値を表-3に、DEM、FEMで設定したジョイント要素値を表-4に、DEM解析の場合の要素分割図を図-3に示す。解析手順は地盤の初期応力解析の後、実際の施工と同様な条件となるようにした。

3.3 解析結果と実測値の比較

図-4にDEM、FEM及び実測値におけるの最終掘削段階の地表面沈下を示す。図-4をみると、実測の最大地表面沈下量は壁体から1.5mの地点で1.0cmを示し、壁体から20mの地点で沈下量はゼロを示した。FEMの結果の最大地表面沈下は壁体背面で最大値約1.4cmを示し、壁体から離れるにしたがい沈下量は小さくなる傾向を示した。また、DEMの結果の最大地表面沈下量は壁体から5.5mの地点で約0.7cmを示し、最大地表面沈下点から解析境界端へ向かうにしたがい、沈下量は小さくなる傾向を示した。

DEMの結果で実測値と同様に壁体から数m離れた地点で地表面沈下のピーク点らしきものが示されたのは、背面地盤に生じたすべりが原因と思われる。

4. おわりに

自立式山留めにDEMを適用した場合の壁体及び地盤の変形モードは実現象を概ね捉えることができたように思われる。また、切梁式山留めにDEMを適用した場合、実測の地表面沈下量との定量的な一致はみられなかったが、地表面沈下モードにおいて、実測値と同様な地表面沈下のピーク点をDEMでは示すことができたように思われる。これらのことから、掘削に伴う周辺地盤変形解析を行う場合はDEMを用いて解析できるのではないかとと思われる。現在、DEM解析ではジョイント要素値や解析時間の設定に試行錯誤しており、また地表面沈下量といった定量的な問題等もあるので、今後、これらを検討する必要があると考える。

【参考文献】

- 1) ITASCA CONSULTING GROUP, INC. (1993): UDEC Ver. 1.83, Vol. 1, II.
- 2) 土質工学会編: 土質工学ケースヒストリー集 (第1集)

表-3 解析に用いる諸数値

(切梁式山留めの場合)

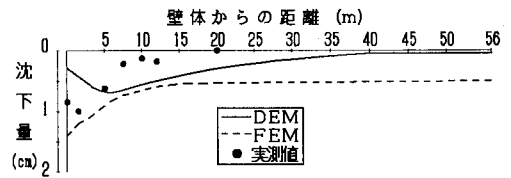
層番	E (kN/m ²)	G (kN/m ²)	K (kN/m ²)	ν
①	7350	2530	24500	0.45
②	7560	2600	25200	0.45
③	68600	25400	76200	0.35
④	10500	3890	11700	0.35
⑤	31850	11800	35400	0.35

注) 砂質土: E=25N、粘性土: E=210cより算出

表-4 ジョイント要素値

(切梁式山留めの場合) (kN/m²)

解析法	摘要	箇所	垂直剛性	せん断剛性
DEM	地盤～壁体間		1.0×10^6	0
	地盤～地盤間		1 0 E	1 0 G
	壁体～壁体間		1.0×10^6	1.0×10^6
	切梁～切梁間		1.0×10^6	1.0×10^6
FEM	地盤～壁体間		1.0×10^6	1.0×10^{-2}


図-4 地表面沈下量の比較
(DEM, FEM, 実測値)