

FEMによる地盤変状解析における下方領域の重要性について

パシフィックコンサルタンツ(株)トンネル部 正会員 ○水谷弘次¹⁾, 山本秀樹¹⁾
 木谷 努¹⁾, 岡島正樹¹⁾
 日本道路公団技術部道路技術課 正会員 海瀬 忍²⁾

1. はじめに

近年,特に都市部のトンネルにおいては周辺環境へ与える影響が懸念されることから,施工に先立ち地盤変状の予測をFEM解析によって行うことが一般的になっている.トンネル掘削をFEM解析によってシミュレートする場合,一般に設定される解析領域は,「地盤は無限に広がっていると考え,外側境界の影響を取り除くために解析領域は十分大きくとる.」という思想のもと図-1のように設定される.しかし,掘削相当外力は,トンネル下方において,地山を引き上げる上向きの荷重となり,この荷重による「トンネル下方の浮き上がり量」は,下方境界を大きくとればとるほど引き上げられる地盤の範囲が長くなることにより,より大きくなる.この「下方の浮き上がり量」が地表面や周辺地盤の変位の解析結果に与える影響は,あまり意識されていない.本報告では,下方領域を変化させたパラメータスタディを行い,FEM解析時の領域設定に関して,その重要性を確認し問題提起を行う.

2. 解析条件

解析は,最もよく用いられ簡易な2次元線形弾性解析とする.解析ケースは,表-1,図-2に示すように土被り2D(D:トンネル幅)を一定として,トンネル下方の境界を0.5D,1D,2Dと変化させるものである.トンネル断面は通常の2車線道路トンネル相当とした.地山の入力物性値は,単一層として表-2の通りとした.また,支保部材は,表-3に示す設定とした.

表-2 地盤入力物性値

地層	単位体積重量 γ (tf/m ³)	変形特性	
		ポアソン比	変形係数 E (MN/m ²)
地山	2.0	0.40	100.0

※地層区分は単一層とする.

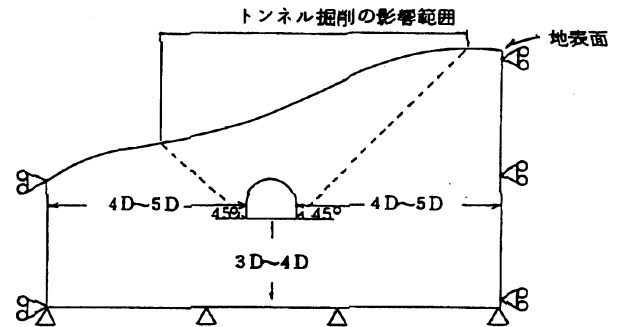


図-1 通常設定される下方境界

表-1 解析ケース

ケース	上方境界	下方境界
CASE1	2D	0.5D
CASE2		1.0D
CASE3		2.0D

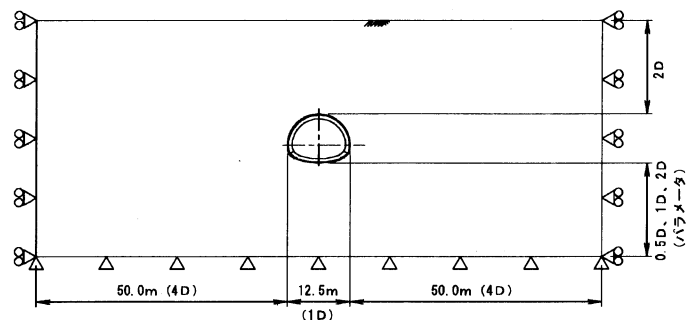


図-2 解析断面図

表-3 支保部材入力物性値

諸元		鋼アーチ支保工	吹付けコンクリート
		本坑:H=200	本坑:t=25cm
解析物性値	解析モデル	ビーム材	トラス材
	変形係数(N/mm ²)	210,000	4,000
	断面積(m ²)	63.53×10 ⁻⁴	0.25
	断面二次(m ⁴)	4.720×10 ⁻⁵	—
	断面係数(m ³)	4.72×10 ⁻⁴	—

FEM解析,境界条件,都市トンネル

¹⁾ 東京都新宿区西新宿 2-7-1 TEL 03-3344-1903 FAX 03-3344-1906
²⁾ 東京都千代田区霞が関 3-3-2 TEL 03-3506-0107 FAX 03-3506-8870

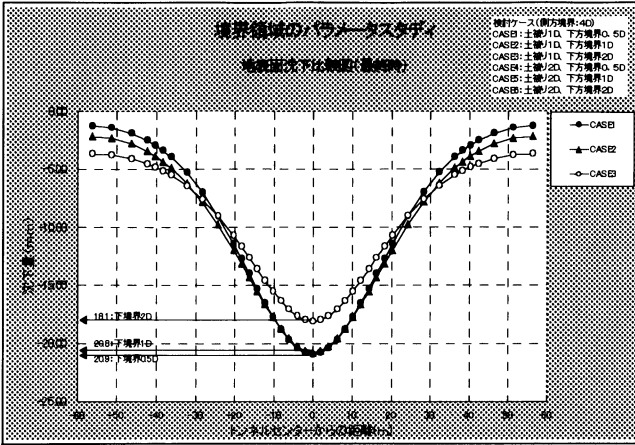


図-3 地表面沈下結果

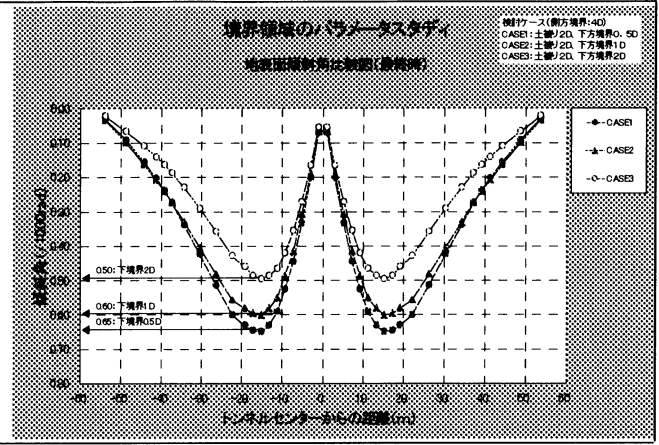


図-4 地表面沈下勾配

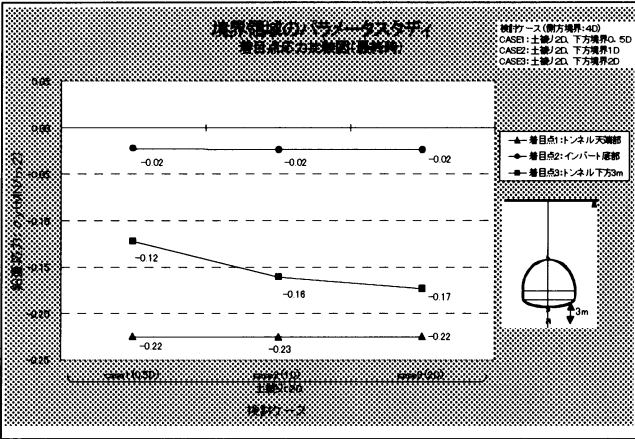


図-5 着目点の鉛直応力

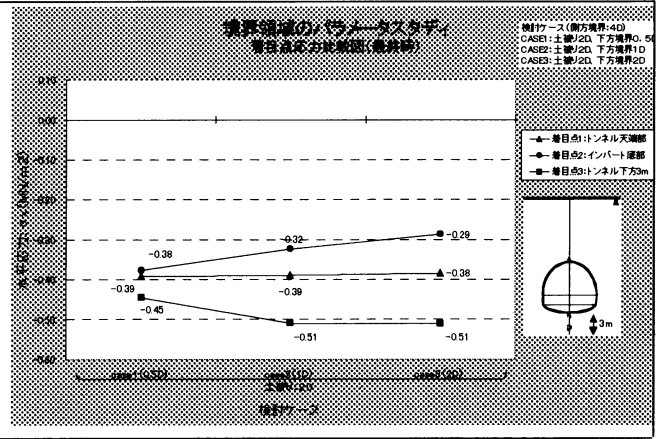


図-6 着目点の水平応力

3. 解析結果

図-3 に地表面沈下の結果、図-4 に地表面沈下勾配の結果を示す。これによれば、下方境界が 0.5D と 1.0 D のケースの結果は大差がないものとなっているが、2.0D のケースが地表面沈下、地表面沈下勾配についていずれも小さい結果となっていることがわかる。これによれば、「境界の影響を取り除くために下方境界領域十分大きくとる。」と地表面沈下量、地表面沈下勾配が小さく、危険側に予測されることを意味する。

図-5、図-6 に着目点の鉛直応力、水平応力の結果を示す。これによれば、下方境界が 1.0D と 2.0D のケースの結果が大差ないものとなっているが、0.5D のケースが他のものと異なった値となっていることがわかる。これは下方境界が小さすぎ、応力状態に境界条件の影響が生じていることが原因であると考えられる。応力状態については「外側境界の影響を取り除くために解析領域は十分大きくとる。」ことは有効であると考えられるが、今回の結果では、その境界は 1.0D ～ 2.0D 以上で十分であると考えられる。

4. まとめ

今回の解析からだけでは、地表面沈下、地表面沈下勾配が安全側の結果となり、応力状態が境界条件の影響が小さくなることから、下方境界としては 1.0D 程度が適切であると言える。

なお、現場計測事例を調査した結果、それら下方の地盤変位の計測事例は極めて少なかったものの土盛りが小さい場合（側方）下方の変位収束点はトンネル近傍であった。一般に地盤は深くなれば変形係数が大きくなるとともに、地盤は載荷時と除荷時の変形係数が異なることが知られており、それらの影響も本検討では無視している。今後はトンネル下方の計測の頻度が増し、本報告が示した問題提起が参考となることを期待したい。

なお、本報告をとりまとめるにあたって、J H および J T A の関係各位に色々ご示唆頂きましたことを感謝致します。