

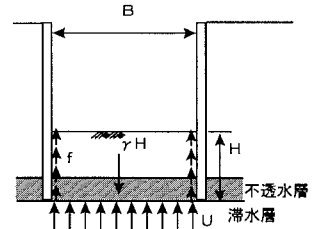
Ⅲ－B236

壁面摩擦を考慮した盤ぶくれ照査式に関する解析的検討

（株）大林組 正 伊藤政人 上西泰輔
阪神高速道路公団 正 幸左賢二 藤井康男

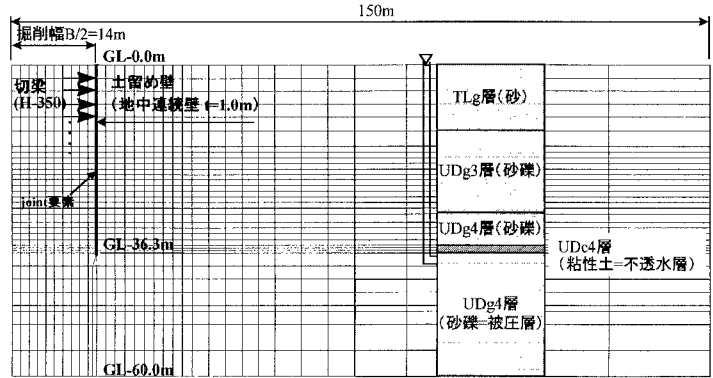
1. はじめに

開削トンネルの土留め壁の根入れ長さは、盤ぶくれなどの掘削底面地盤の安定によって決定されることが多い。地盤状況によっては掘削深度が深くなるほど、根入れが長くなったり地下水位低下工法などの補助工法が必要となり、コスト高の要因となる。合理的な盤ぶくれ照査式の確立は開削トンネルのコスト削減にかなり寄与できるものと考えられる。一方、各機関の定める盤ぶくれ照査式では、土木学会をはじめとしたいくつかの機関で、揚圧力に対する抵抗要素として土塊重量



図－1 盤ぶくれ抵抗要素

に加え壁面摩擦抵抗 (f) を考慮してよいとしているが（図－1）、土木学会では f の適用を粘性土だけに限っており、砂質土における摩擦抵抗の考え方には各機関の違いが見られるのが現状である。そこで今回我々は、底面地盤が砂質土の場合の盤ぶくれ挙動をFEMによりシミュレーションすることで、砂質土における壁面摩擦抵抗の適用に関する検討を行ったのでここに報告する。

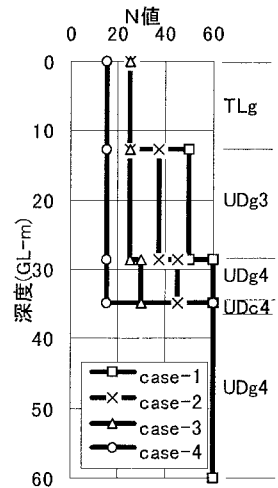


図－2 解析メッシュ図

2. FEMによる盤ぶくれのシミュレーション

図－2に解析メッシュ図を示す。解析は土／水連成のFEM弾塑性解析（解析コード：DACSAR）により行い、砂質土はDrucker-Pragerモデル、粘性土は関口－太田モデルを用いた。また壁と掘削側の地盤の間にジョイント要素を設けた。地盤条件は神戸地区の実地盤の土層を単純化したモデルを用いた。解析ケースは、掘削幅を10m、28m、60mの3ケースでそれぞれ不透水層以浅の砂質土のN値を4ケース（図－3）想定した合計12ケースである。表－1に主な入力定数を示す。砂質土の内部摩擦角 ϕ 、変形係数E、ジョイント要素の最大せん断力 τ はN値から算出した。粘性土の入力定数は、阪神地方での既往の解析結果を参考に洪積粘性土の平均的な値として定めた。

	ϕ	$\sqrt{15N+15} (^{\circ})$
砂質土	E	280N (tf/m ²)
	τ	0.3N<15.0 (tf/m ²)
	c	0.0 (tf/m ²)
	ν	0.35
	k	10 ⁻² (cm/sec)
粘性土	Cc	0.43
	ϕ'	26 (^{\circ})
	OCR	2.0
	k	10 ⁻⁷ (cm/sec)



図－3 N値分布

3. 解析結果および考察

図－4に変形図を示す。不透水層の最下要素および不透水層直下の要素の伸長変形により、地盤全体が上方に変位し、背面地盤および壁の拘束によりせん断変形が生じている。図－5に掘削深度と不透水層上面の中央位置での鉛直変位（浮き上がり量）の関係を示す。いずれのケースも変位の急

キーワード：掘削、盤ぶくれ、FEM解析、壁面摩擦抵抗

〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640 TEL 0424-95-0936 FAX 0424-95-0903

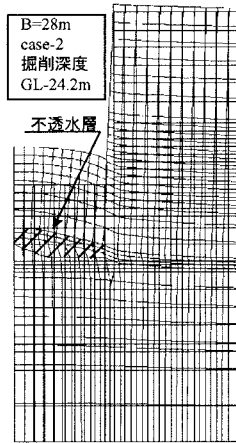
増（盤ぶくれ破壊）する深度は荷重バランスから決まる掘削深度より深い。また同じ地盤条件の場合は、掘削幅が広いほど浅い掘削深度で変位が急増し、同じ掘削幅の場合は、地盤が弱いほど浅い深度で変位が急増する。これは掘削幅が狭いほど揚圧力は背面地盤に分散されるため壁面の摩擦抵抗の寄与が大きくなるためであり、また地盤が強いほどその摩擦抵抗自体が大きいためと考えられる。

図－6に掘削幅2.8mの塑性域の進展を示す。塑性域は掘削底面上部から塑性化が始まり、徐々に深部へ向かい、粘性土層およびその下の地盤の塑性域とつながって掘削底面全体が塑性化する。鉛直変位との関係で見ると、掘削底面上部から塑性化が広がっても変位は急増せず、掘削底面全体が塑性化することによりはじめて変位が急増する。これは地盤に健全な領域が残っている限り、下からの揚圧力を壁面（背面地盤）に伝えられているためと考えられる。そこで、底面地盤の塑性域が全体に広がる深度を解析上から定まる盤ぶくれ限界深度（図－5矢印）とし、各地盤条件毎掘削幅との関係を図－7に示す。図には、荷重バランスだけで決まる盤ぶくれ照査式 $F_s = (\gamma \cdot H) / U$ （式(1)）と、壁面との摩擦抵抗を加味した盤ぶくれ照査式 $F_s = (\gamma \cdot H \cdot B + 2 \cdot f \cdot H) / (U \cdot B)$ （式(2)）において $F_s = 1.0$ となる深度を示してある（記号は図－1参照）。どの地盤条件でも解析から定まる盤ぶくれ限界深度は摩擦抵抗を加味した式にほぼ一致し、砂質地盤でも壁との摩擦抵抗を考慮した照査式の方が合理的であることを示唆している。

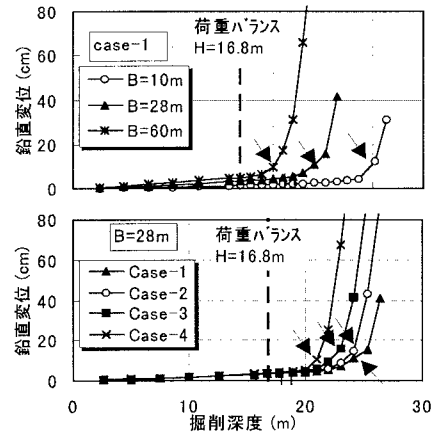
4. おわりに

掘削幅と地盤定数をパラメータとした解析により、砂地盤における盤ぶくれ照査式の壁面摩擦抵抗の適用性を示した。しかしこの解析では、地盤のクリープ、伸長ひずみの増大に伴う強度低下の影響など実際の盤ぶくれ現象の要素がすべて考慮されているわけではないので、照査式の設定においては摩擦項の安全率の設定が重要となると考えている。今後は現場実験などにより、実地盤における盤ぶくれ挙動の把握を行うとともに、試設計などを通してより適正な安全率の設定を行いたいと考えている。本研究の遂行にあたり貴重なご意見をいただいた「開削トンネル設計・施工委員会」（阪神高速道路管理技術センター、委員長：松井保大阪大学教授）の方々に厚く謝意を表します。

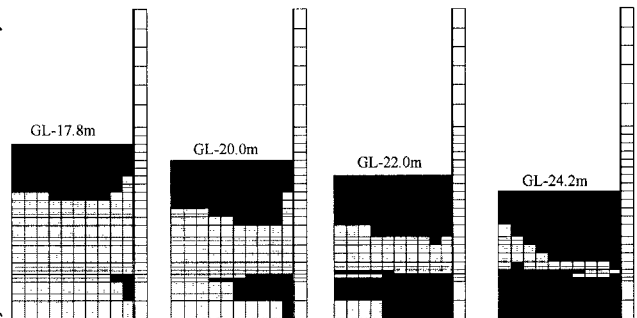
【参考文献】1) 杉江他：土留め掘削における地盤の変形解析事例、第33回地盤工学研究発表会（投稿中）、1998.7



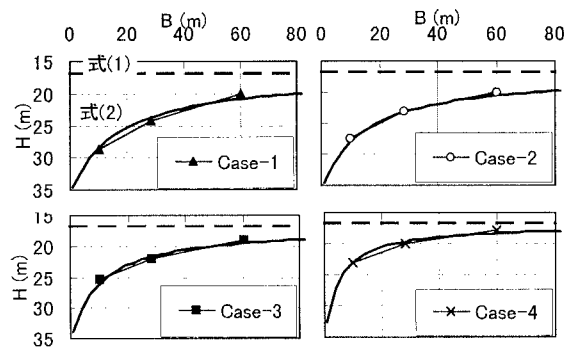
図－4 変形図



図－5 掘削深度－鉛直変位



図－6 塑性域の広がり（B=28m、case-1）



図－7 盤ぶくれ限界深度－掘削幅