

Physical and mechanical properties of chemically grouted sand

薬液注入を行った砂の力学および化学特性

本論文はエポキシ系注入材の薬液に対する水の重量比 (ER/W) を変えて砂に浸透させた供試体を作成し、この力学特性に関する室内試験結果をまとめたものである。本論文の結論は以下の通り。

- ① 圧縮強度、引張強度、変形係数は薬液に対する水の重量比に依存する。
ER/W が 2 または 1.5 のとき高強度かつ低透水性の地盤が得られるが、0.5 になると強度増加はほとんど望めない。

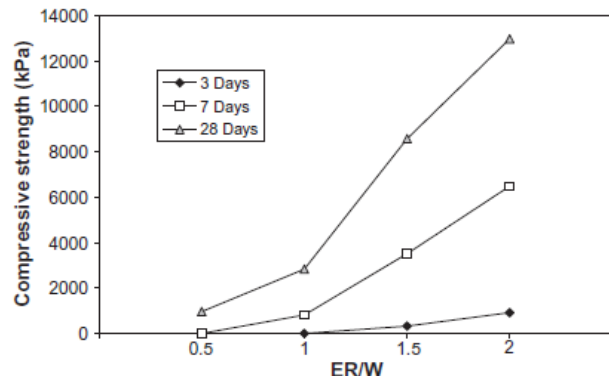


図-1 材齢に応じた ER/W と一軸圧縮強度の関係

- ② 3軸応力状態では、ER/W の値にかかわらず拘束圧の増加に伴い軸差応力の最大値も増加する傾向が確認できる。

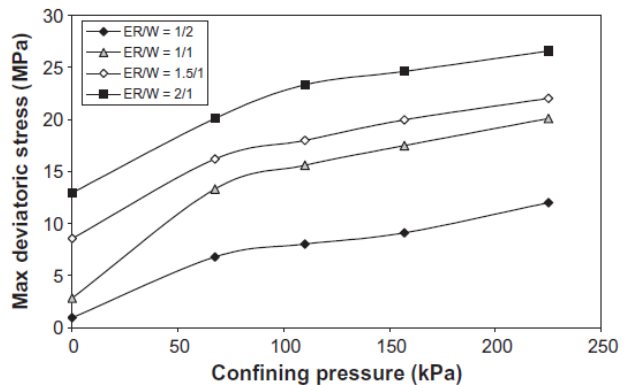


図-2 ER/W に応じたと拘束圧と最大軸差応力の関係

- ③ 3軸応力状態では、軸差応力の増加に伴い弾性的にひずみが増加する。その後、軸差応力が増加せずにひずみだけが增大する傾向が確認できる。ピーク強度と終局強度の間に明確な違いは確認されない。

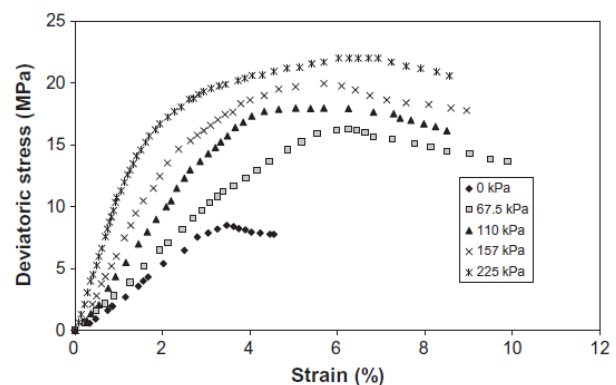


図-3 拘束圧に応じた軸差応力とひずみの関係

Environmental risk management for a cross interchange subway station construction in China 中国の地下鉄駅交差部工事におけるリスク管理

北京地下鉄の Line4 と Line10 が交差する Huangzhuang 駅建設において適用されたリスク管理手法に関する論文である。

当該プロジェクトに関しては以下の手順でリスク管理している。

① リスクの抽出

② 管理対象のリスクを選定し、管理基準を設定する。

当該プロジェクトでは、地表面沈下・地下埋設物変位・近接構造物変位に対して管理基準値を設定している。

- ・地表面沈下：沈下量 127mm
- ・地下埋設物：上下水管（2mm/m）、ガス管（3mm/m）
- ・近接構造物：傾斜量（2mm/m）

④ 動予測解析と建設方法の検証

挙動予測には FLAC-3D による 3 次元弾塑性掘削解析が用いられ、4 本（2 列×2 行）のトンネルを掘削してそのトンネル間を切り拓げて大空洞を構築する工法が採られている。

④ 施工時の計測管理（追加対策含む）

施工時には計測管理の中で、追加対策工として補強グラウトやパイプルーフ、フォアパイプなどが採用されている。

⑤ 建設後の再評価

建設完了段階での計測結果は以下のとおり

- ・地表面沈下：86.3mm < 127mm
- ・地下埋設物：2mm/m < 2 or 3mm/m
- ・近接構造物：1mm/m < 2mm/m（新規のクラックは無し）

となり、管理手法の妥当性が確認されたと結論付けている。

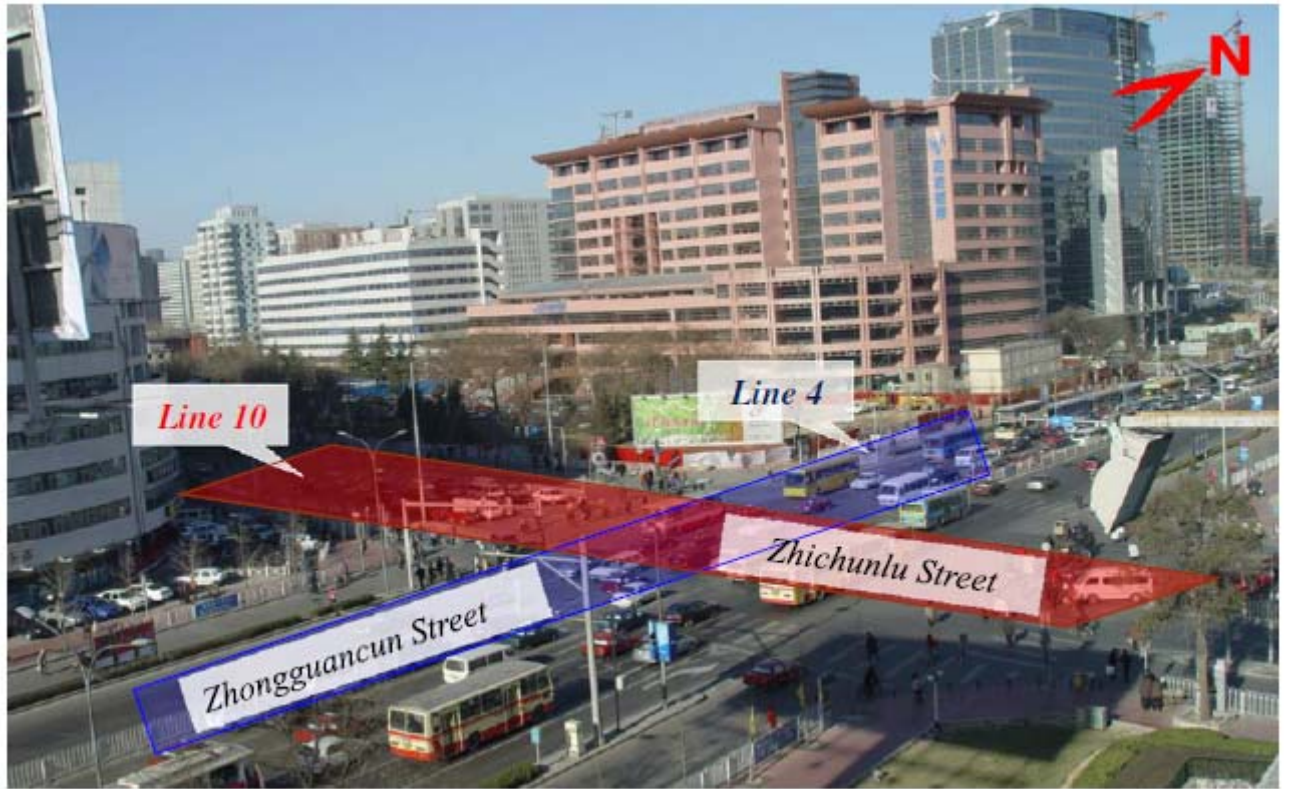


Fig. 2. Project area.

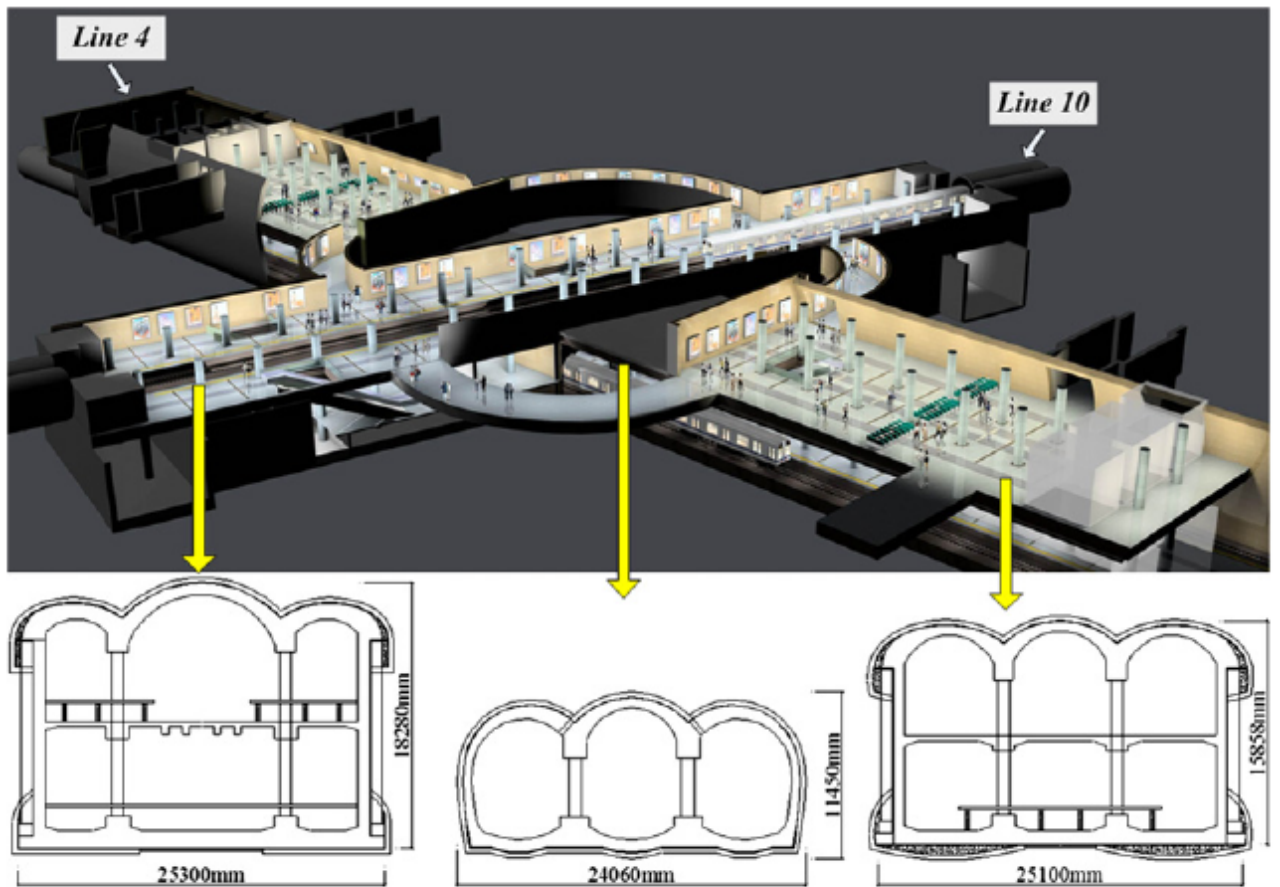


Fig. 3. Project layout.

図-1 Huangzhuang 駅プロジェクトの概要

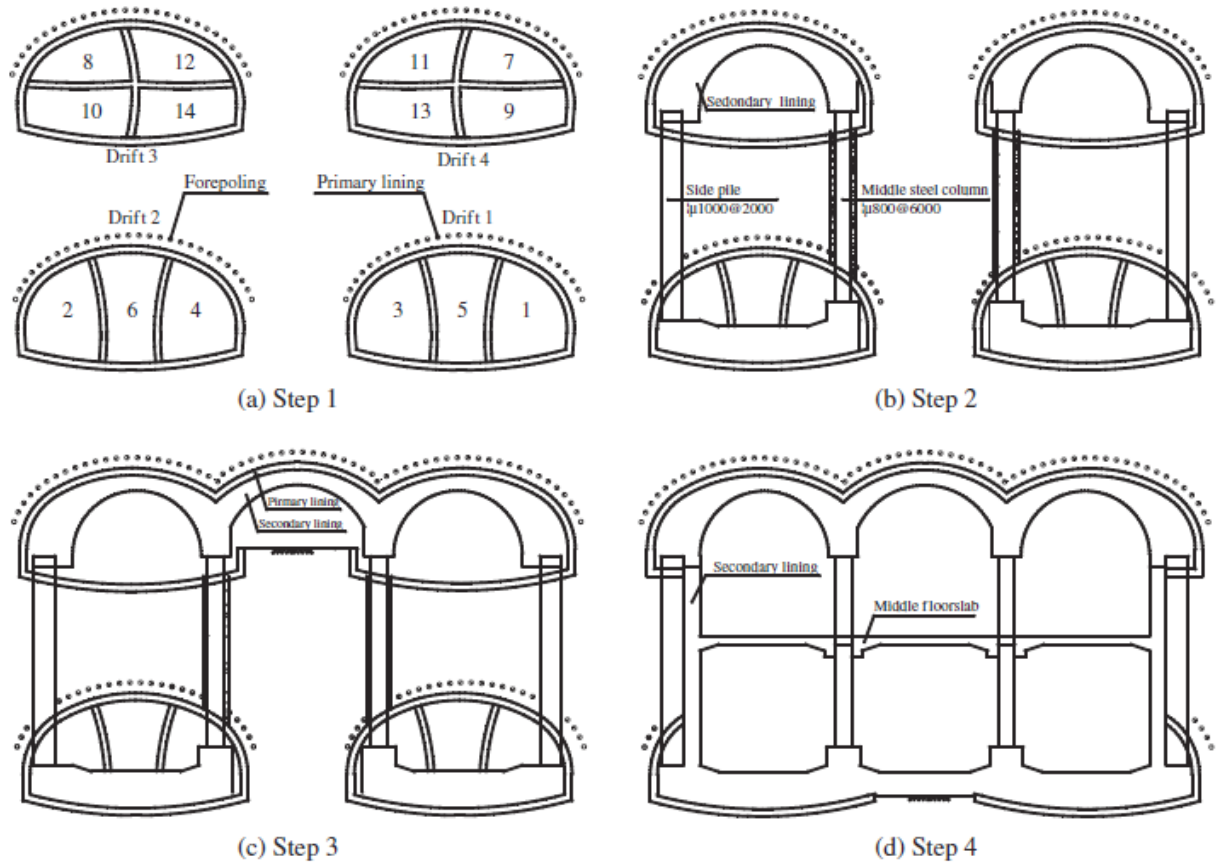


Fig 10. Phases of construction for the shallow subway station.

图-2 掘削手順

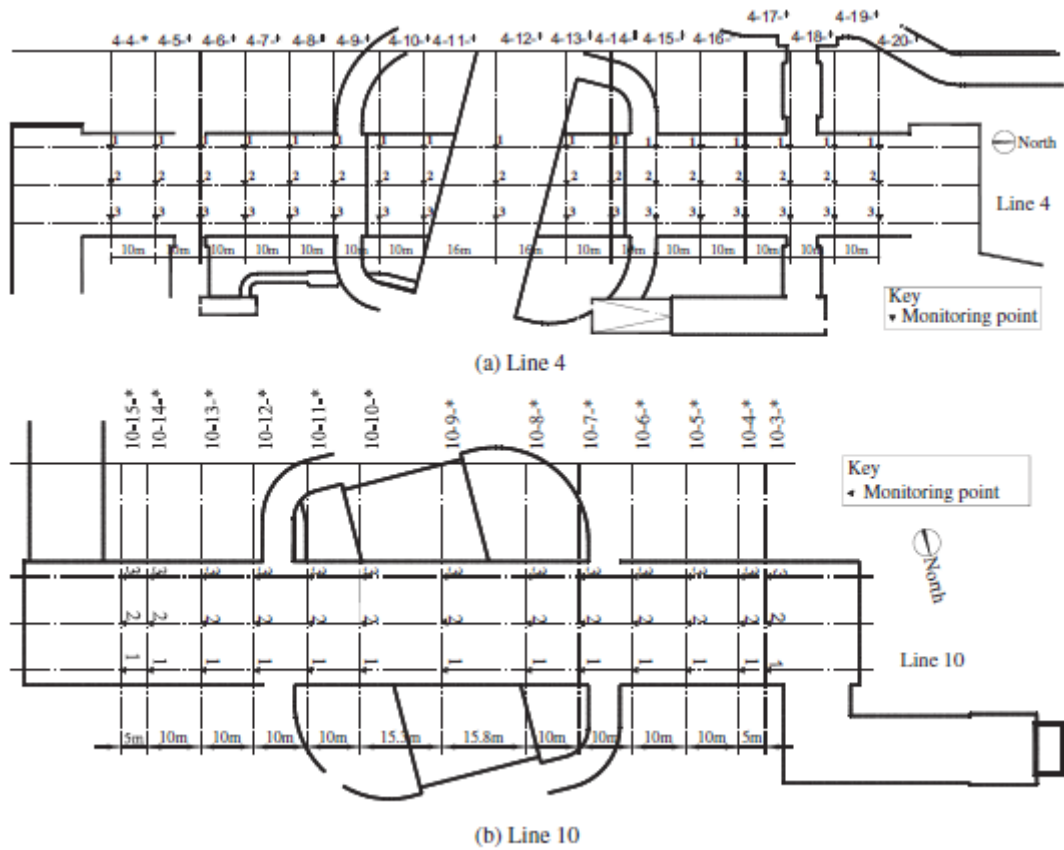


Fig 13. The layout of the ground surface settlement monitoring points.

Back analysis of geomechanical parameters by optimization of 3D model of an underground structure

3次元地下構造物モデルの最適化による地盤物性値の逆解析

① 検討概要

地下構造物を建設する際には、利用可能でかつ信頼性の高い検討モデルを用いて地盤物性値を推定することが求められる。一般的には室内土質試験により各種物性値が設定され、岩盤に至っては経験的な岩盤分類により物性値が設定されることが多い。しかしこのような手法を用いても“不確実性”を排除できないため、建設時における計測結果を用いた逆解析により物性値が推定されることとなる。本論文では地下発電所を対象とした **FLAC3D** の 3次元数値解析モデルを用いた逆解析により地盤物性値を推定する手法を紹介するものである。

実測結果と一致する地盤物性値を推定するため、“古典的な最適化アルゴリズム”と“進化的な最適化アルゴリズム”の2種の計算方法を効率性（解を見つけるまでに必要な繰り返し計算数）と頑健性（誤差関数の最小値を見出す能力）の観点で比較した。

② 最低化アルゴリズム

“古典的な最適化アルゴリズム”とはフランスの大学で開発され **Sillio** と呼ばれるソフトウェアを用いたものであり、傾斜をベースとしたアルゴリズムを用いた古典的な最適化手法と **Levenberg-Marquardt** の方法の2つを組み合わせたものである。

“進化的なアルゴリズム”とは、進化戦略（**ES**）と呼ばれるアルゴリズムを用いたものであり、自然界における種の進化を手本としたものである。これは親(**parent**)の個体とその子孫(**offspring**)および親の個体量に依存したランダムな変化を加えた子孫(**+offspring**)が存在し、すべての制約条件を満足する誤差関数により次の世代の種の選択が生じる。さらにこれらの世代が親となりこの次の世代が選択されることを繰り返し、ある基準に至ると繰り返しがストップするものである。

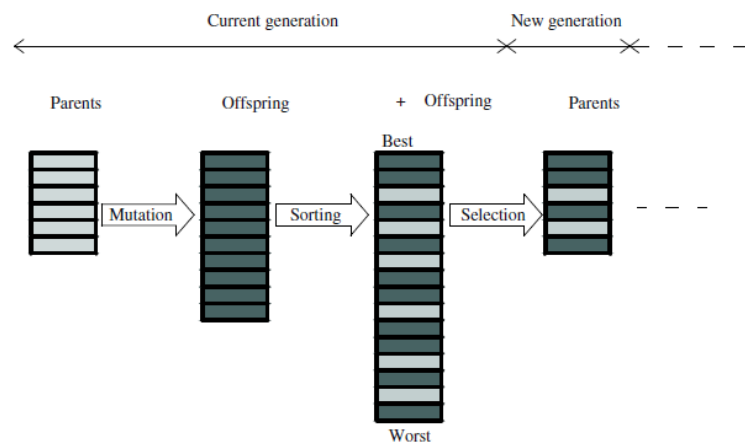


Fig. 3. Evolution stages of the $(\mu/\rho + \lambda)$ -ES algorithm (Costa and Oliveira, 2001).

図-1 進化戦略（ES）の概念

③ 地盤物性値の逆解析への適用

ポルトガルにある地下発電所（ベンダノバII地下発電所）で得られた現地計測結果をもとに、FLAC3Dを用いた“Silio”と“進化戦略（ES）”による地盤物性値の逆解析を行った。この結果、進化戦略(ES)は繰り返し計算をストップさせる基準値が大きくてもローカルミニマムを選択することなく、全体最適となる解を見出すことができるが、Silioは全体最適に近い値を初期に与えなければ、ローカルミニマムを選択する可能性があることが分かった。

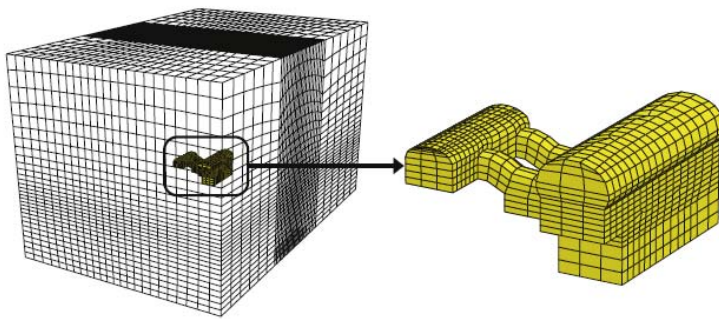


Fig. 10. 3D mesh developed for the Venda Nova II powerhouse complex.

図-2 FLAC3Dの解析モデル

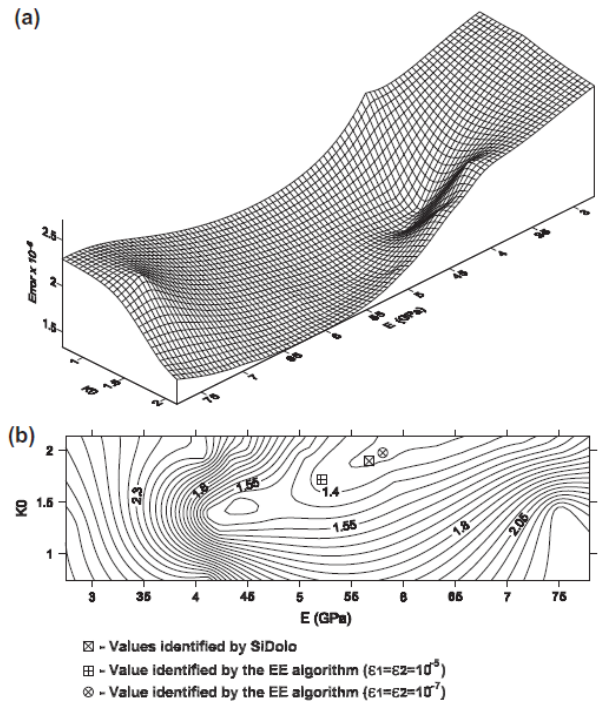


図-3 計測-解析誤差の計算結果

Collapse mechanism of shallow tunnel based on nonlinear Hoek–Brown failure criterion 非線形 Hoek–Brown の破壊基準に基づく浅いトンネルの崩壊メカニズム

本論文は極限解析の上界定理を用い、支保内圧を考慮した浅いトンネルにおける運動力学的に許容できる新しい破壊メカニズムを特定することを目的として行った研究結果が示されている。

図-1 は **Fraldi** と **Guaracino** が求めたアーチ形状の崩壊メカニズムであるが、これは深いトンネルを対象として求めたものであり、浅いトンネルに適用することはできない。

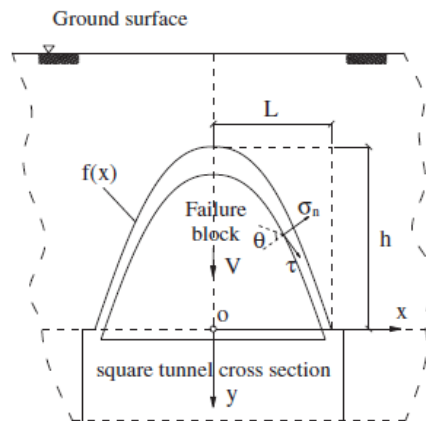


図-1 深いトンネルにおける崩壊形状

このため図-2 に示すように **Hoek-Brown** の破壊基準を用いて、崩落面の消失エネルギーを積分することにより、トンネル天端から地表面までの崩壊形状をシミュレートした。

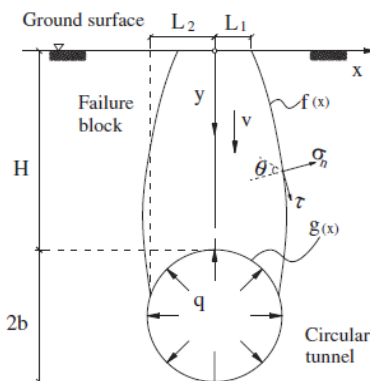


図-2 浅いトンネルにおける曲線的な崩壊メカニズム

.....

上界定理とは速度境界条件が満足されれば、運動力学上の速度領域におけるエネルギーの消失と同等となる外力が実際の崩壊荷重を下回らないとの仮定から導かれるものであり、物質が完全弾性である場合に崩壊面におけるエネルギーの消失を求めるために用いられる。またこの定理は最適化計算による目的関数で規定されるものである。