

P221-232

Determination of the round length for tunnel excavation in weak rock

軟岩のトンネルを掘削する場合の一掘進長の決定

本文は、土被り小～中程度を想定し、不連続面が支配的とならない軟らかい地山を対象として、一掘進長に関する検討を実施した。まず、室内実験により切羽及び無支保区間の崩壊パターンを5パターン設定し、これらの崩壊パターンを3次元PFC解析によってシミュレートした。実際のパラスタは使い勝手の良いFLAC3Dを用いるが、その際の安全性指標をRSS(Relative Shear Stress;発生せん断応力/地山のせん断力)の最大値とし、3次元PFC解析結果とうまく整合が取れるように閾値を設定した。そして、土被りや地山物性値をパラメータとし、切羽の安定性を検討し、安定性確認チャートを作成した。

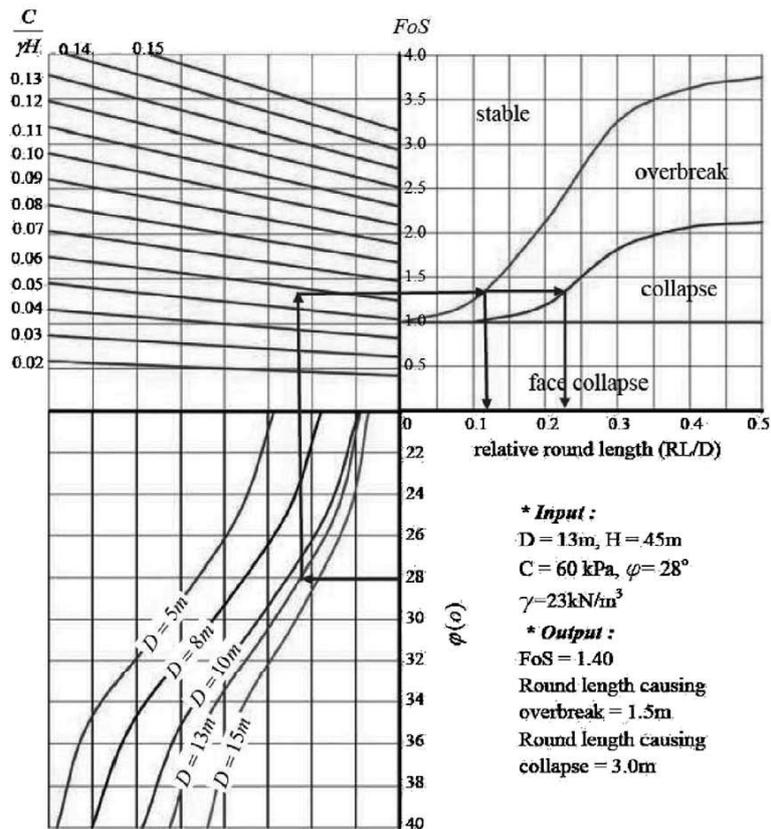


Fig. 7. The determination of the round length by use of the conditional chart.

Delayed failure at the Messochora tunnel, Greece

ギリシャ Messochora トンネルでの遅れ破壊

ギリシアの Messochora トンネルでは、上半掘削数か月後に下半を掘削し、その 4 ヶ月後に突然内空変位が増大し吹付けコンクリートにクラックが発生した。地質は **Transitional Zone** で一軸圧縮強度は 30~50Mpa、GSI 指数は 20~40 であった。上半掘削及び下半掘削時は変位も小さく全く問題なかった。ただし、大変位発生 3 日前に当該区間の下半ロックボルトを施工をしていたことから、この削孔作業がトンネルを不安定にさせたと考えられる。つまり、吹付けと鋼アーチ支保のみで安定性の平衡状態を保っていたが、ロックボルトの削孔作業が引き金となって平衡状態を乱したものと思われる。

Table 1 Messochora tunnel, summary of failure and recovery history

| | Period | Date(s) | Works carried out | Observations | Effect |
|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|--|--|
| Pre-failure state | August 1st to August 29th, 2005 | August 1st to August 3rd | Bench excavation | Insignificant strain recorded in extensometers, no signs for a forthcoming failure | Typical behaviour of a successful, stable tunnel |
| | | August 4th to August 12th | | | |
| | | August 24th | Installation of shotcrete shell | no signs of a forthcoming failure | |
| | | August 26th | Drilling for bolts installation | | |
| | | August 29th | | Episodic failure along a 36 m long segment (FZ). High strain deduced by visual inspection and cracking of the lining | Delayed failure |
| Post-failure state | August 30th to September 10th, 2005 | August 30th | Tunnel reinforcement starts | Systematic geodetic and extensometer monitoring starts | Strain at the FZ Strain transfer at and nearby sections |
| | | August 31th to September 10th | Reinforcement works | Post-failure strain at the FZ and nearby sections | |
| | September 10th to February 7th, 2006 | September 10th | Completion of reinforcement | Decay of post-failure strain | Tendency for stabilization at the FZ and nearby sections |
| | | | | | Slow creep strain |
| | February 7th to February 27th, 2006 | | Full restoration of the FZ (bench re-profiling) | Minor displacements at the FZ, no displacements at nearby sections | Full restoration carried out with minor ground disturbance |
| March 13th to March 16th, 2006 | | Installation of the final support | Full stabilization | Completion of the tunnel | |

P241-250

Model testing for pipe-reinforced tunnel heading in a granular soil

砂質土におけるトンネル上半のパイプ補強に関する室内試験

アンブレラ工法のような鋼管パイプの切羽前方補強に関する知見を得るために、大型実験を行った。長さ 3.6m、幅 4.0m、深さ 3.3m の容器に砂を投入し、土被り 1.0m、直径 1.1m の円形トンネルを掘削し幅 30cm、厚さ 3.5mm の鋼製ライナーを支保として設置することとした。実験ケースは、無対策、天端補強（アンブレラを想定）、鏡補強、及び、天端及び鏡補強の 4 ケースを実施し、地変変位の経時変化を測定した。その結果、鋼管パイプの切羽前方補強は沈下抑制及び切羽安定性向上に寄与することがわかった。

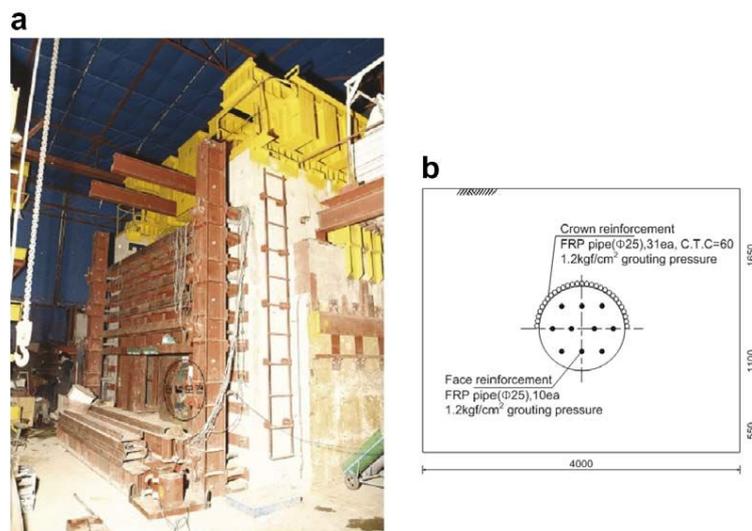


Fig. 3. Layout of model tunnel. (a) Photograph of the model and (b) section profile (mm).

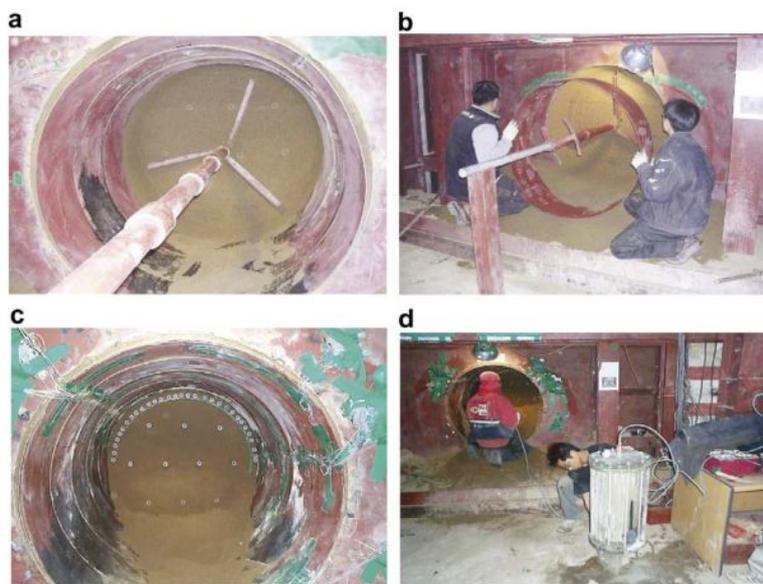


Fig. 4. Photographs of model tunnelling. (a) Excavation; (b) lining installation; (c) pipe installation; and (d) grouting.

Impact hammer applications in Istanbul metro tunnels

イスタンブール地下鉄トンネルへの油圧ブレーカの適用

本文では、まず世界に存在する 600 種類の油圧ブレーカの仕様を調査し重量と打撃エネルギーやエネルギー効率等の関係を調べた。そして、イスタンブールの地下鉄トンネルにおいて、あるメーカーの油圧ブレーカを使用した場合の、RMR と掘削量(m³/h)の関係を調査した。今後このようなデータを蓄積することで、岩盤に応じて適切な油圧ブレーカを選択できると締めくくっている。

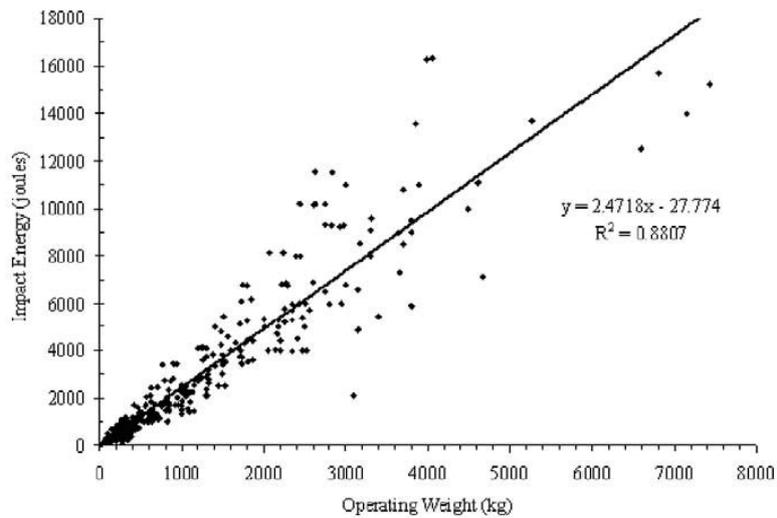


Fig. 1. The relationship between impact energy and operating weight for 600 different impact hammers available in the market.

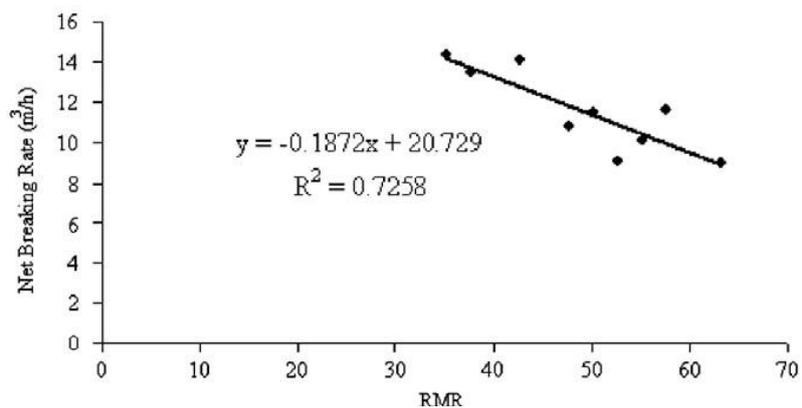


Fig. 13. Relationship between net breaking rate and mean RMR in the upper bench.

Assessment and control of metro-construction induced settlement of a pile-supported urban overpass

地下鉄工事による杭基礎陸橋の沈下に関する評価と管理

2つの並行するプラットホームトンネルからなる北京の地下鉄駅は、10年以上前に建てられた都市幹線道路の下に建設された。この幹線道路は2つの杭基礎で支持されており、トンネル掘削と地下水低下による沈下量を室内試験や解析的検討により算出した。その結果、それぞれの基礎の不等沈下により橋脚に曲げモーメントが発生することから、これを抑制するために短いほうの杭(59#)をアンダーピングすることとした。そして、それぞれの杭についてトンネル施工に伴う動態観測を実施したが、大きな不等沈下を発生させることなく無事施工を終了した。

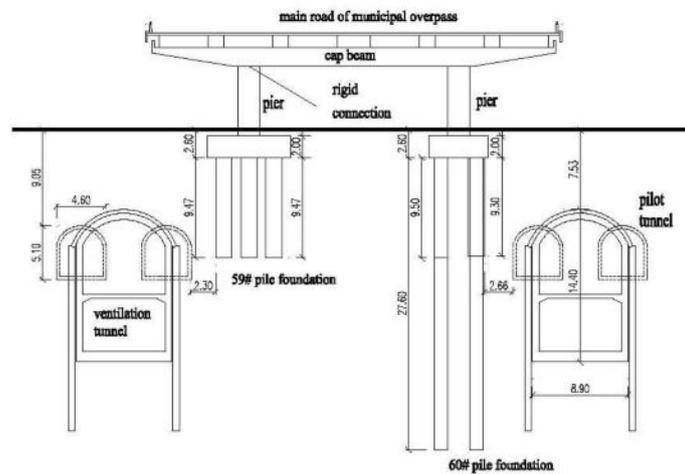


Fig. 2. West-east cross section of the ventilation tunnels (including the pilot tunnels) and the super- and sub-structures of the existing urban overpass (m).

P492-499

Subterranean space use in Cappadocia: The Uchisar example

カッパドキアの地下空間利用；ウチヒサールの例

グローバル化が加速する中で、人間と自然の共存が大きな課題となっている今、カッパドキアは大きな勉強材料となる。特にウチヒサール地区は現在も洞窟の中に住民が住んでおり、本文ではこの地区の地下空間利用方法について概説している。

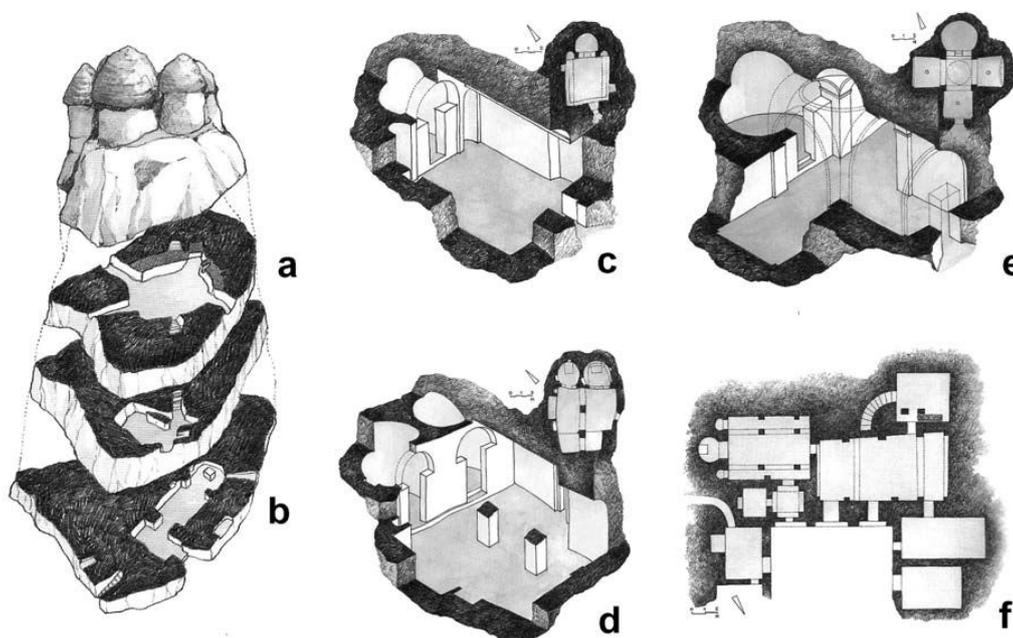


Fig. 2. Typology of religious spaces of Cappadocia: (a) hermit's cell; (b) chapel; (c) chapel; (d) church; (e) cross-plan church; (f) monastery (Akyu`rek, 1998).

P500-507

Numerical study on failure mechanism of tunnel in jointed rock mass

亀裂性岩盤におけるトンネル崩壊に関する数値解析

本文ではRFPAという解析コードを利用して、亀裂の角度及び側圧係数がトンネル崩壊に及ぼす影響を検討している。RFPAは2次元有限要素法で、材料非線形性や材料破壊をワイブル分布に基づいて表現し、モールクーロン式を適用し脆-塑性 (brittle-plastic) をモデル化できるものである。さらに、初期から破壊までの過程をすべて表現できる。

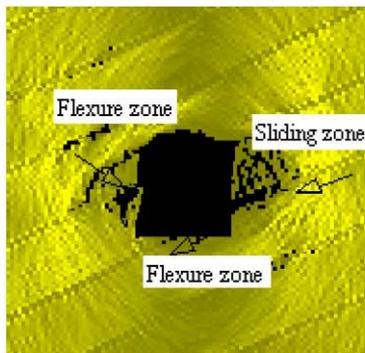


Fig. 8. Failure zone at a lateral pressure coefficient of 0.5.

P531-538

Optimum static and dynamic design of displacement chamber of headrace tunnel with bedding parallel shear zones in Siah Bishe Dam, Iran

イラン Siah Bishe ダム放水路トンネルにおける、断層内に位置する可変チャンバーの最適設計

イラン Siah Bishe ダムプロジェクトは現在建設中である。可変チャンバーは長さ 50m、高さ 10mの地下空間で、断層内に構築される計画であり、この断層に配慮した設計がなされた。具体的には、断層境界部をジョイント要素でモデル化したFEM解析をもちいて静的解析及び地震時動的解析を実施した。その結果、支保仕様は吹付けコンクリート (t=20cm)、ロックボルト (Φ 35mm、L=3.5m)、I型鋼 (82kg/m) 0.85m ピッチとした。

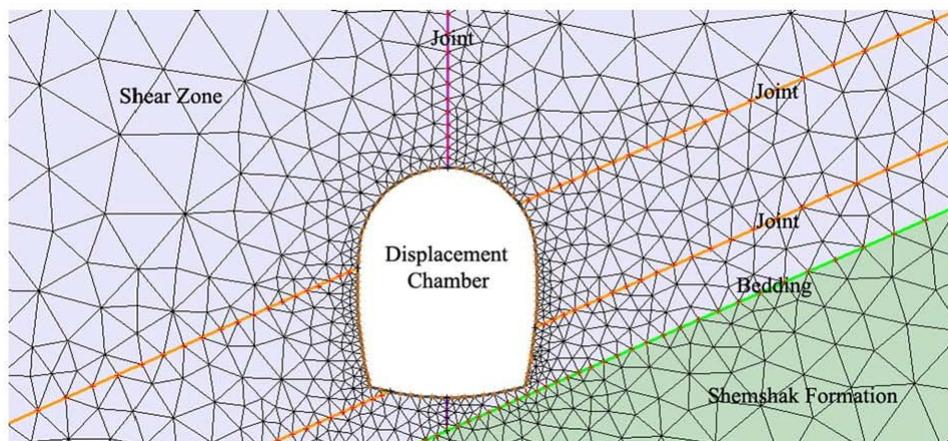


Fig. 9. Mesh modeling of displacement chamber without support.

Numerical analysis to better understand the mechanism of the effects of ground supports and reinforcements on the stability of tunnels using the distinct method

トンネルの支保や補強効果のメカニズムをよりよく理解するための数値解析 (DEM)

本論文では PFC をもちいて、砂地盤のトンネルにおける以下の 4 つの検討を行った。

- ・単線トンネルにおけるロックボルトとライニングの効果
- ・併設トンネルにおけるロックボルトとライニングの効果
- ・単線トンネル切羽におけるフォアポーリングと鏡ボルトの効果
- ・トンネル接続におけるフォアポーリングと鏡ボルトの効果

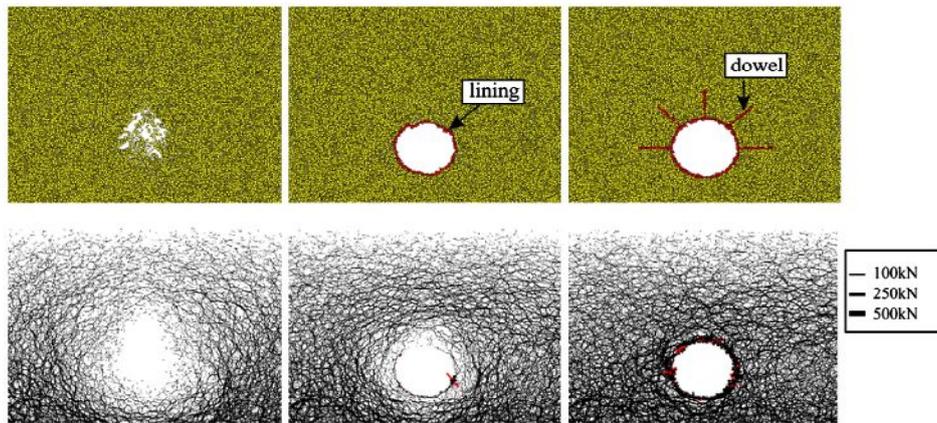


Fig. 12. Distributions of the particles (top) and of the contact force (bottom).

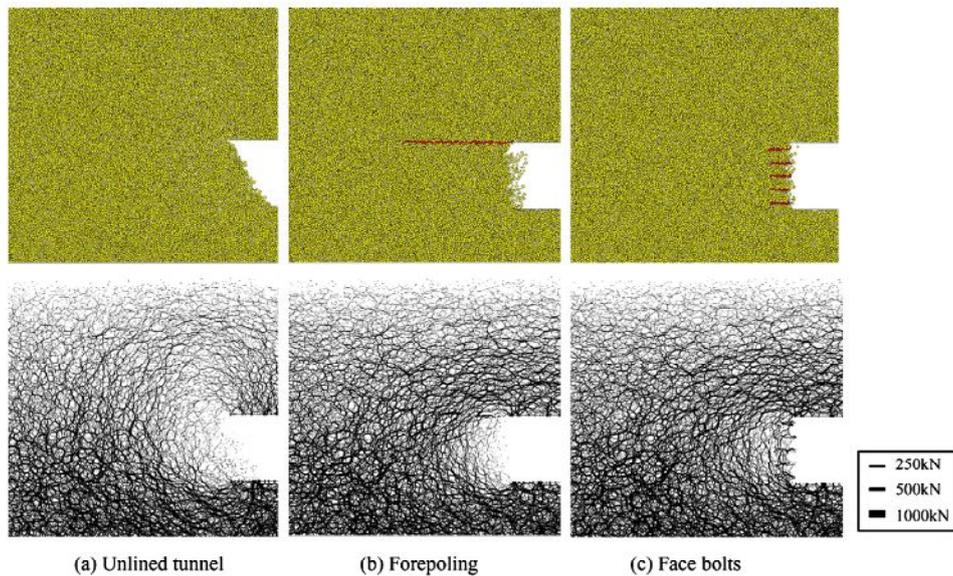


Fig. 19. Distributions of the particles (top) and of the contact force (bottom).

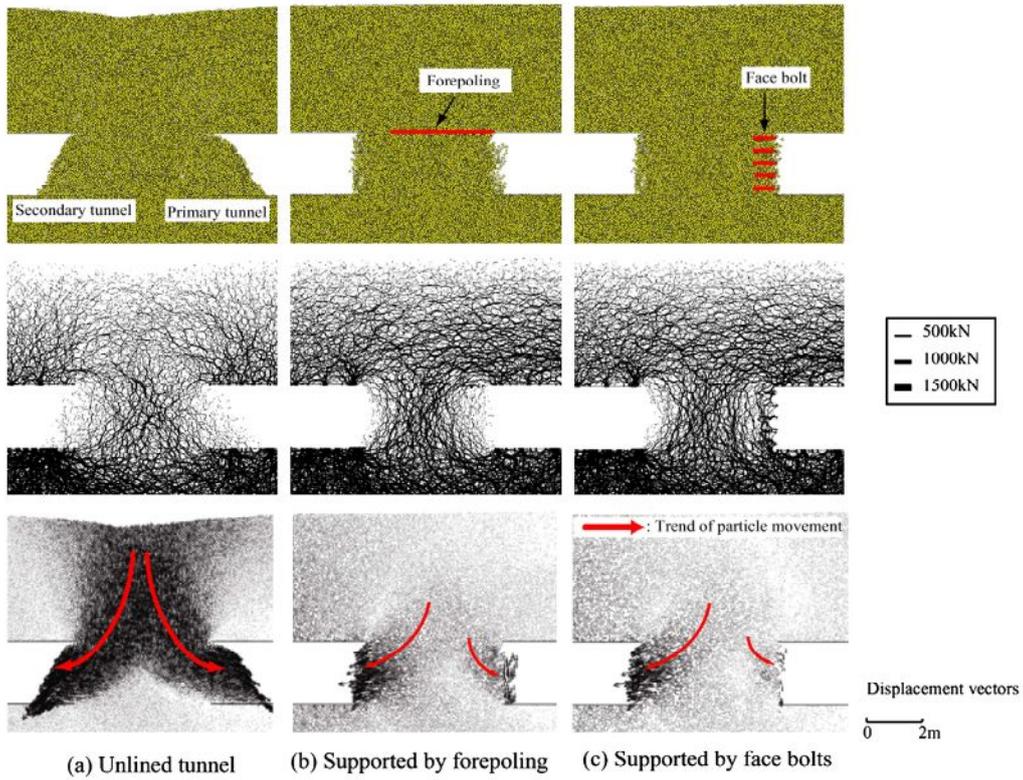


Fig. 22. Distributions of the particles (top), the contact force (middle), and the displacement vectors (bottom) by the secondary tunnel excavation.