

# *Tunnelling and Underground Space Technology*

*Nos.6, November 2009*

- 1) Control negative effects of blasting waves on concrete of the structures by analyzing of parameters of ground vibration (pp.608~616)

地盤振動パラメータの解析によるコンクリート構造物への発破振動の影響制御

Authors: R. Nateghi, M. Kiany, O. Gholipouri

本研究は、発破振動が既設地下構造物へ及ぼす影響のコントロール手法について Gotvand ダム (イラン) におけるサージシャフトの設計をケーススタディとした例について述べたものである。サージシャフトはコンクリートチャンバーに近接しており、その影響が問題となった(Fig.4)。地質は礫岩層に砂岩、泥岩が介在する構造となっている。一軸圧縮強度は礫岩で 25.8MPa、泥岩で 10.3MPa、RQD は礫岩が 60%、泥岩が 38%である。

対象構造物の振動速度(Peak particle velocity PPV)は装薬量や距離との関係で様々な式が提案されているが、本研究では以下の式を用いる。

$$v = k \cdot (D / \sqrt{Q_{\max}})^{-\beta}$$

v : Peak particle velocity

D : 振動源から対象構造物までの距離

Q<sub>max</sub>: 最大装薬量

発破時には、様々な距離に 3 方向速度計を配置することにより発破振動速度を計測し、近似式を求めた(Fig.6)。これらの実験データから重回帰分析手法により係数 K、β が求められる。

許容速度をこの式に当てはめ、式を変形することにより、ある距離に対する最大装薬量を求め、装薬パターンを定めた。さらに NONEL と電気雷管を組み合わせた方式を採用することにより、振動影響の低減を達成した。

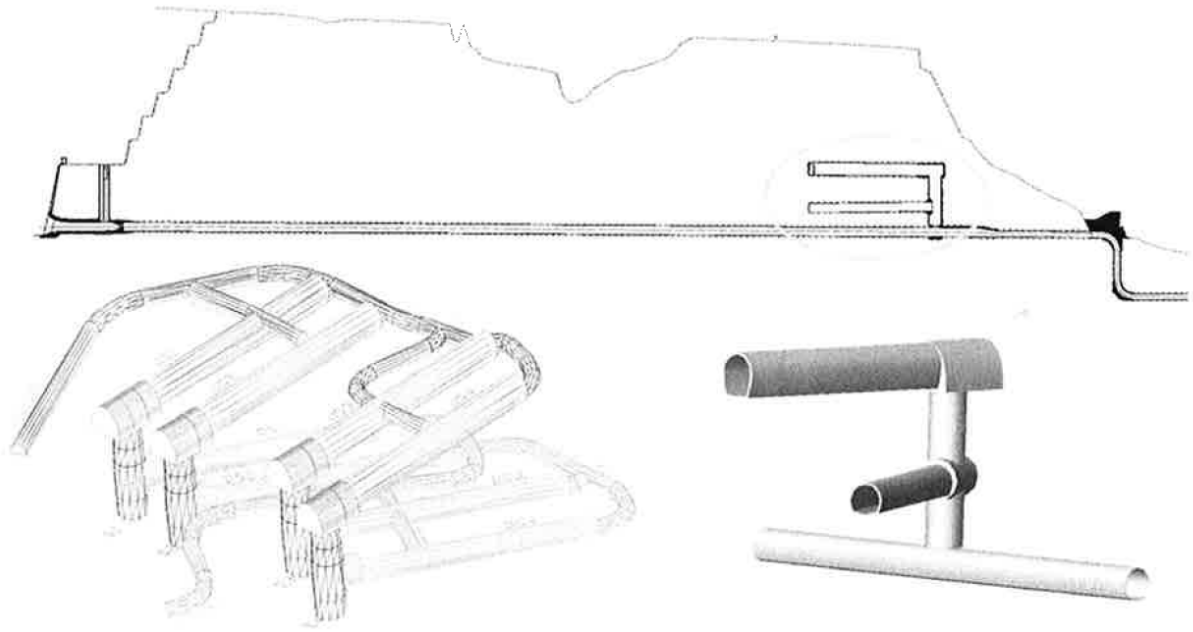


Fig. 4. Water way system and 3D shape of Upper Gotvand surge tanks (Moshanir and CAITEC, 1997).

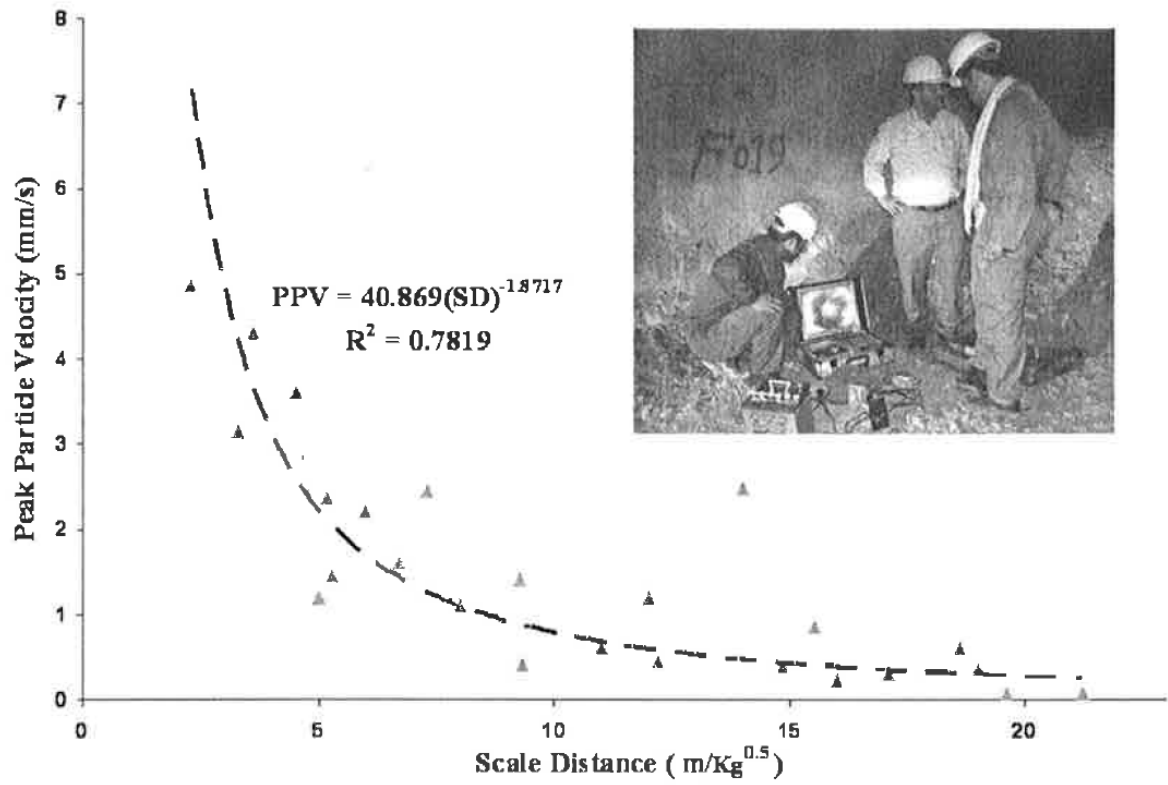


Fig. 6. Graph of scale distance versus of peak particle velocity.

2) Full-scale experimental study on smoke flow in natural ventilation road tunnel fires with shafts (pp.627~633)

立坑を持つ自然換気道路トンネル火災時の煙の流れに関する実物大実験

Author: T. Yan, S. MingHeng, G. YanFeng, H. JiaPeng

本研究は、立坑を持つ自然換気道路トンネル(中国の Xianmen トンネル)における実物大火災実験について述べたものである。Xianmen トンネルは延長 1410m の 2 本のトンネルから成り、それぞれ 3 車線断面 (幅 12.35m、高さ 5.75m) であり、4 つの立坑をもつ(Fig.1)。

火災のシナリオとして火皿の位置を 3 通り用意し、それぞれに対して燃焼実験を行った。また温度モニタリングは、天井部および地上から 1.8m の高さ (それぞれ側壁からは 3m) で実施した (Fig.3 & Fig.4)。

実験結果として、多くの煙および熱は立坑から放出され、どのケースについても、火皿から 3m の距離において、天井部での最大温度は 100 度以下、高さ 1.8m での最大温度は 110 度以下という結果となった。1.8m という高さは、人間のほぼ目の高さであり、また 110 度という温度は、触れたり、息を吸い込むことにより人間にダメージを与える温度である。したがって 1.8m 高さで 110 度を超えないということは一つの安全性の指標となる。

また煙の広がり、トンネル延長方向で風上、風下ともに 240m 以内となった。実験の最後のステージにおいて立坑で煙が逆流する現象が見られたが、視界はそれほど悪くならなかった。

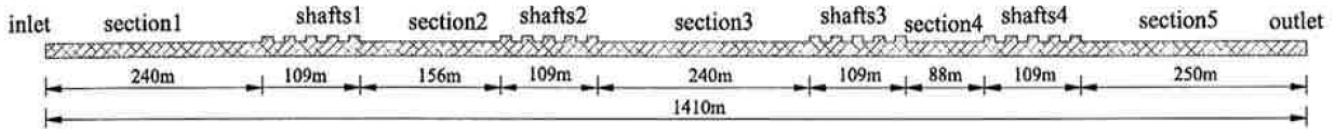


Fig. 1. Plan of Xianmen tunnel's buried sector.

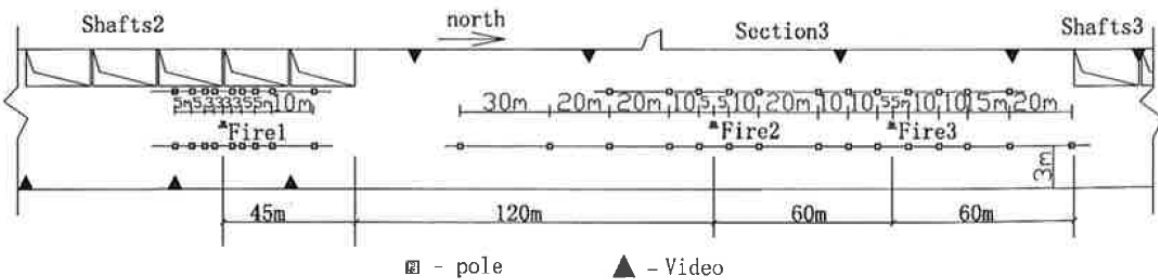


Fig. 3. Overall view of the experimental layout.

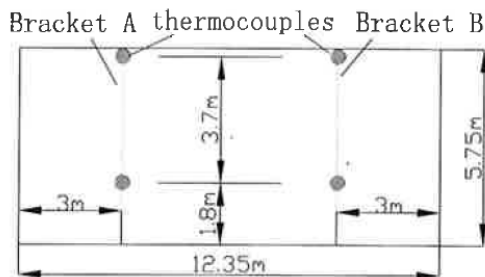


Fig. 4. Cross sectional view of the experimental layout.

3) Homogeneity of self-compacting concretes used in tunnel strengthening - A case study  
(pp.647~653)

トンネル補強で用いられる自己充填コンクリートの均一性

Authors: X. Pintado, B. E. Barragan

本研究は、膨張性地山に建設されたトンネル覆工に生じた変状に対して、補強のために用いられた自己充填コンクリート(SCC)の均一性について述べたものである。2002年、マドリッド-サラゴサ-バルセロナ-フランスを結ぶ高速道路のうち3つのトンネルで覆工にひび割れや変形が観察され、その原因は、膨張性地山にあると推察された。

補強方法として様々な方法が検討され、最終的に内巻補強方法が採用された。補強パターンはFig.1に示すように地質条件に応じて、巻厚  $t=760\text{mm}$ 、 $460\text{mm}$  の2パターンが用意された。

また SCC の配合として、Table-1 に示すような種類の配合を用いた。巻厚  $t=760\text{mm}$  の補強パターンには SCC1 が採用され、SCC2 は巻厚  $t=460\text{mm}$  の補強パターンに採用された。

補強工事は、3フェーズに分かれて行われた。まず①底盤部の施工、次に②底盤からアーチ部までの施工、最後に③アーチ部の打設となる。1サイクル時間は24h、主なサイクルタイムとして、型枠設置5h、打設3.5h、必要強度12.5MPaに達するまでの養生8h、残りの時間が脱型に充てられる。

コンクリートの充填性・均一性は、ジオレーダーにより確認され、また同時にコアサンプリングによる圧縮強度、弾性係数の検証も行われた。

その結果、打設されたコンクリートは均一に施工されており、分離、ジャンカ等は発生しなかった。SCCは特に覆工厚が薄く、鉄筋量の多い場合に有用である。

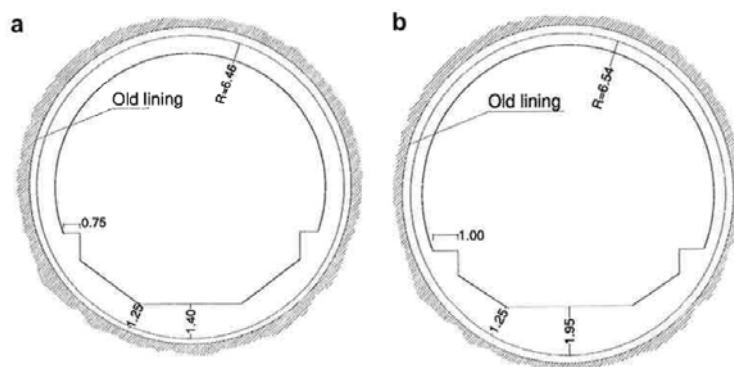


Fig. 1. Tunnel cross sections; 760 mm thick arch (a) and 460 mm thick arch (b).

**Table 1**  
Proportions of SCC mixes.

Component ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	SCC 1	SCC 2
Cement	500	500
Silica fume	50	50
Water	155	193
Superplasticiser 1	12.5	-
Superplasticiser 2	-	11.0
Viscosity-modifying admixture	-	2.0
0-5 mm calcareous sand	400	576
0-5 mm siliceous sand	600	411
6-12 mm calcareous gravel	125	658
12-18 mm calcareous gravel	600	-

4) The hydraulic roughness of unlined and shotcreted TBM-bored tunnels in volcanic rock:  
 In situ observations and measurements at Karahnjúkar Iceland (pp.706~715)

火成岩地帯で無支保および吹付け支保で掘削された TBM トンネルの粗度係数

: Karahnjúkar Iceland での原位置における目視観察および計測結果

Authors: K. M. Hakonardotti, G. G. Tomasson, J. Kaelin, B. Stefansson

本研究は、火成岩地帯において掘削された導水路トンネルの水頭損失を評価するために、主に TBM により無支保および吹付け支保で掘削されたトンネル表面の粗度係数について検討したものである。

対象となるプロジェクトはアイスランドで 2003 から 2007 年にかけて建設され、現在稼働中である Karahnjúkar 水力発電所における導水路トンネルである。全長約 39km のうち、35km は TBM で掘削され、残り 4km は NATM 工法が採用されている(Fig.2)。トンネル直径は 7.2~7.6m である。

まずトンネル内の目視観察調査が行われ、微視的な表面の粗さを 3 段階に、また巨視的なジョイントの状態などにより 4 段階に分類された。さらにトンネル表面のレーザースキャンを行うことにより表面の凹凸が計測され、これらのデータを補間した。観測データはダルシーワイスバッハの式、マンニングの式、Nikuradses の式等を用いて処理され、水頭損失が評価された。

一方、現位置に設置されたプレッシャーゲージによって実際の水頭損失が計測され、計算結果との比較を行った。その結果を Fig.14 に示す。

計算結果は計測結果よりもやや大きく評価されたが、全体として非常によく一致している。

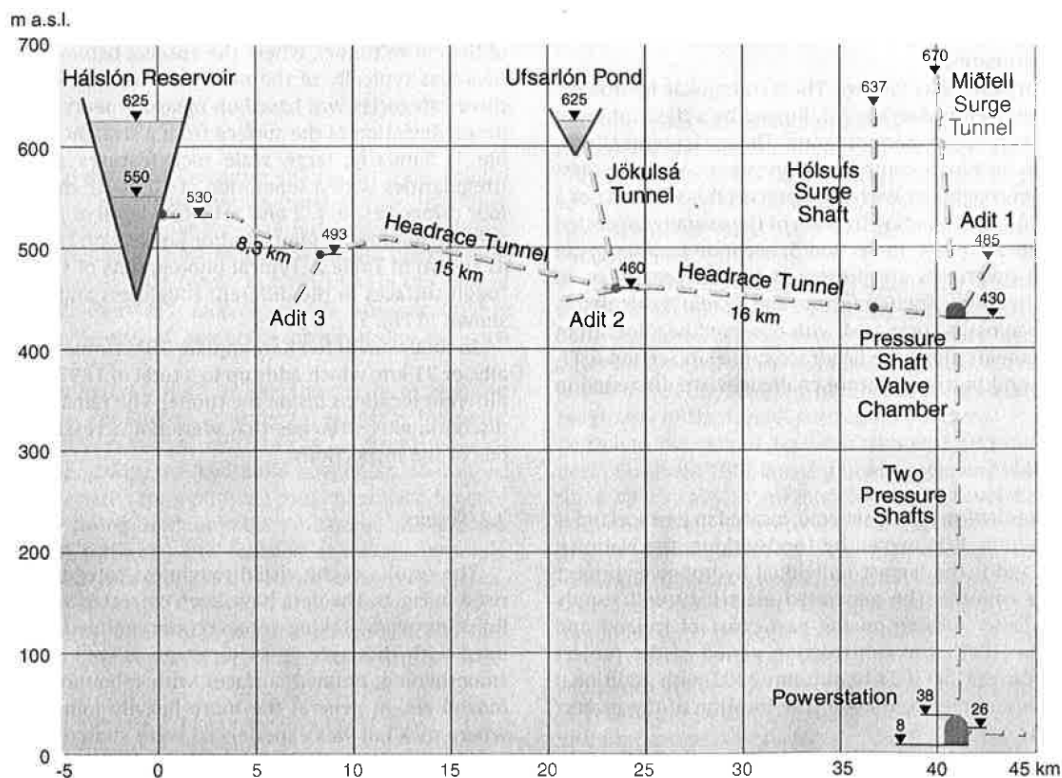


Fig. 2. Schematic profile through the Kárahnjúkar waterways.

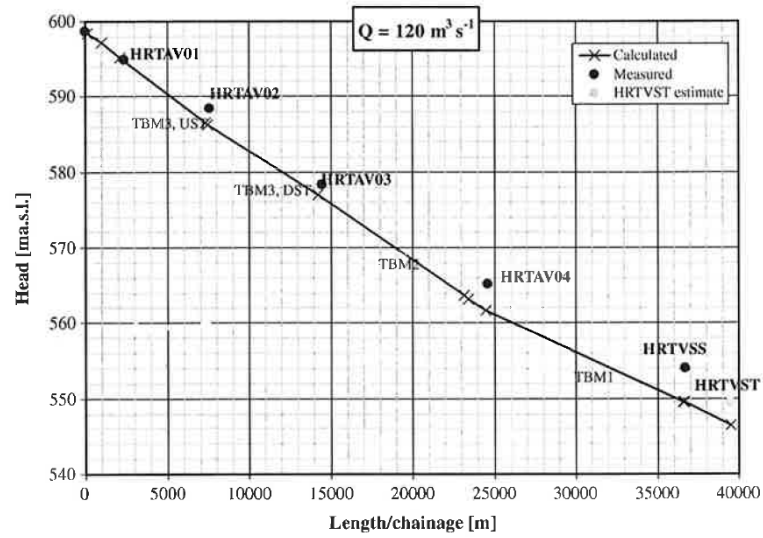


Fig. 14. The calculated (x) and measured (●) average total head as a function of the length along the headrace tunnel on 28th May 2008 at h. 12–18. The measured value for HRTVST (○) was extrapolated from the measured value in HRTVSS based on previous measurements in HRTVST.