

## Assessment of basement construction in the winery industry

### ワイン産業における地下貯蔵施設の評価

ワインの熟成および保存には気温や湿度が大きく影響する。例えば、18-20℃より高い気温下では、熟成は早まるが品質が劣化し、高温で低湿度の環境では蒸発による損失が生じ、4-5℃より低い気温下では熟成が遅延する。したがって、ワインの熟成および保存には適切な空調管理が必要であり、外気温の影響を受けやすい地上の施設では空調設備に多額の費用が掛かっている。近年では、外気温の影響を受けにくく、従来の地下貯蔵庫に比べ建設費の安い農業利用の地下室が注目されている。本論文は数年間にわたる構造物内の湿熱挙動の計測結果から地下室の室内環境が安定することを示し、地下室のワインの熟成および保存施設としての有効利用が可能であることを示す。

構造物の室内環境の安定性は、固体要素を通過する際に減少した温度の比率を表す低減率と、熱が外壁表面から内壁表面に伝わるまでの時間差により評価され、それぞれ式(1)および式(2)で表される。式(1)について、 $f=0.1$  のとき室内の温度変化は室外の10%程度となり、90%の温度変化が緩和される。式(2)について、 $\phi$  が大きいほど夏の高温による影響を遅延、低減させる効果が大きくなる。

$$f = (T_{i,max} - T_{i,min}) / (T_{e,max} - T_{e,min}) \quad \dots \text{式(1)}$$

$T_{i,max}$ : 内壁表面における最大温度     $T_{i,min}$ : 内壁表面における最小温度

$T_{e,max}$ : 外壁表面における最大温度     $T_{e,min}$ : 外壁表面における最小温度

$$\phi = t_{i,max} - t_{e,min} \quad \dots \text{式(2)}$$

$t_{i,max}$ : 内壁の表面が最大温度になるまでの時間

$t_{e,max}$ : 外壁の表面が最大温度になるまでの時間

スペインの "Ribera del Duero" と "Rioja" に位置する構造の異なる4つの地下室 (RD1, RD2, RD3, RJ1) と、半地下室 (RJ2) に加え、従来の地下貯蔵施設である (RD4, RD5) の貯蔵場所を対象に測定を行った。なお、RD5 は RD4 よりも深い場所に位置している。

表-1 は各構造物の年間および一日当たりの低減率を示したものである。この表より、構造物の場所や構造の違いに関係なく、いずれの地下室 (RD1, RD2, RD3, RJ1) も年間低減率はほぼ 0.3 となり、年間の外気温の変化を 70%低減する効果があることがわかる。一日あたりの低減率もどの地下室でも 0.01-0.02 程度で、一日の外気温変化を 98-99%低減する効果があることがわかる。また、地下室と従来の地下貯蔵施設 (RD4, RD5) を比較した場合、地下室は地中深い場所に位置する RD5 には低減率が劣るが、浅い RD4 に匹敵するといえる。

表-1 年間の低減率比較

	Basement			Semi-basement		Underground	
	RD1	RD2	RD3	RJ1	RJ2	RD4	RD5
Annual decrement factor	0.28 ± 0.02	0.29 ± 0.04	0.30 ± 0.03	0.29	0.34	0.32 ± 0.02	0.09 ± 0.00
Annual time lag (days)	36 ± 4	29 ± 3	30 ± 1	47	30	35 ± 2	45 ± 4
Daily decrement factor	0.02 ± 0.03	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.03	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.02	0.04 ± 0.05

構造物内外における気温および湿度の日平均を調査した。外気温の最大値はワインに害を与える 18-20℃を上回る 27℃前後であり、相対湿度の最小値は 40%を下回っている。半地下室内の気温は最大で 21℃をとなりワインに悪影響を与える結果となったが、地下室内では気温が 18-20℃を超えることはなく、相対湿度も 70-80%で安定しているため、蒸発による損失も少ないと考えられる。

これらの結果を勘案すると、農業利用の地下室は外気温の影響を受けにくく、気温と湿度がワインに影響を与えない範囲で挙動するため、ワインの熟成および貯蔵に適していると考えられる。

# Application of the guideline for overbreak control in granitic rock masses in Korean tunnels

## 韓国のトンネルにおける花崗岩を対象とした余掘り量抑制のためのガイドライン

### 1. 余掘りに関わる問題

トンネルの掘削あたり、安全基準と同様に余掘り量の基準値が設定されている。韓国では、許容できる余掘り量を 10~20cm までと規定されているが、韓国のある高速会社の調査によれば、余掘りにより発生する費用はトンネル掘削にかかる費用の 15%~18%に及ぶと試算している。

### 2. 余掘りを抑制するためのガイドライン

キムらは 45 以上のトンネル現場で実証実験を行い、余掘り量を減らすためのガイドラインを作成した。ガイドラインでは掘削形状ラインの描き方や削孔方法、爆薬の充填方法といった 3 つの作業をどのように行えば良いかについて岩級ごとに示されている。

- ① 掘削形状ライン：設計掘削外形からの偏差
- ② 削孔方法：削孔間隔、深さおよび角度
- ③ 爆薬の充填方法：スムーズブラスティングを実現するための爆薬の充填方法

表-1 余掘り抑制のためのガイドライン

RMR		81-100	61-80	41-60	21-40	0-20	
Rock Mass Class		I	II	III	IV	V	
Operation	Drawing contour line	Deviation from the designed contour line (D <sub>0</sub> , cm)					
			+2 ~ 0	0 ~ -3	0 ~ -3	0	0
			* / - : Outside/inside of the designed contour 0 : On the designed contour				
	Drilling blast holes	Contour hole	Spacing (S, cm)	Max. 75	65-70	60-65	55-60
		Burden (B, cm)	Max. 90	85	75	70	65
		Look-out angle	Within 4° (It looks like almost parallel with the tunnel side wall)				
Charging	Contour hole	Charging contour holes with Finex in addition to one cartridge of dynamite or emulsion explosives in the bottom (Finex : an explosive used in contour holes for smooth blasting)					

### 3. 結論

本稿では余掘り量をコントロールするガイドラインを実際の現場に適用し、他のトンネル掘削事例と比較した結果、以下のことが分かった。

- ① ガイドラインに沿ってトンネル掘削を行うと、10~77%まで余掘り量を減らせる。
- ② 岩級区分が低いトンネルにおいては、余掘り量が 77%減少させることができた。これは可能な限り削孔角度を小さくしたことや、当たり掘削を行ったことがその理由である。
- ③ コンピュータージャンボを使用しているトンネルにガイドラインを適用した結果、余掘りの削減量が 10%に留まった。しかしコンピュータージャンボを用いない掘削方法と比較して 10%程度余掘り量を低減できる。
- ④ 今回ガイドラインを適用した 4 つのトンネルでは掘削コストを 65,000 ドル~130,000 ドル削減することができた。
- ⑤ 余掘り量を削減することにより、吹き付け時間、運搬時間を削減できるため、全体のサイクルタイムも向上する。

# Design of sequential excavation method for large span urban tunnels

## 都市部長大トンネルにおける分割掘削工法の設計

### 1. はじめに

急速な都市部の発達により、地下空間の有効な利用が都市部の持続的な発展に重要となっている。しかし、都市部におけるトンネルの掘削は地表面の安定に影響を及ぼし、構造物に重大な損害を与える可能性があるため、地形や地質条件等にあった適切な掘削方法を選定する必要がある。これまでの知見では、柔らかい地盤を対象とした安定的な掘削方法の選定、適切な掘削順序やベンチ長といったファクターが都市部を安全に掘削するに上で重要になると考えられている。本文では軟らかい地質条件での都市 NATM トンネル（イラン Niayesh トンネル）を対象として掘削方法の選定経緯を紹介する。

### 2. トンネル掘削方法の選択

一般的に分割掘削には側壁導坑先進工法（以下、SD）と中壁分割工法（以下、CD）に分けられる。図 2（中央）は 3 次元 FEM によるそれぞれの掘削工法における地表面沈下量の違いを示している。解析の結果、SD は CD より地表面の沈下が抑制されているがわかる。図 2（下）はトンネル縦断方向による変位量の比較である。これによると、トンネルの先行変位は切羽から 4D 離れた位置から始まり、切羽後方 2D の距離で収束する。

### 3. 最適な掘削順序

Niayesh トンネルにおける 3 次元 FEM 解析では、最適な掘削順序を見つけるために、SD を基本として図 3（上）のように掘削順序を変えた 6 つの方法を比較している。図 3（下）によると、(a) が最も地表面の沈下を抑制でき、(f) が最も地表面の沈下量が大きかった。これにより同トンネルでは (a) の順序で掘削を行うことが最適な方法であると結論づけた。

この解析により、トンネルを早期に閉合すること、またトンネルの中央部分の掘削順序がトンネルの変形と地表面の沈下を抑制するために重要な要素だと結論付けられた。特に、トンネル中央の掘削を最後のステップに位置付けることが地表面の安定につながっている。

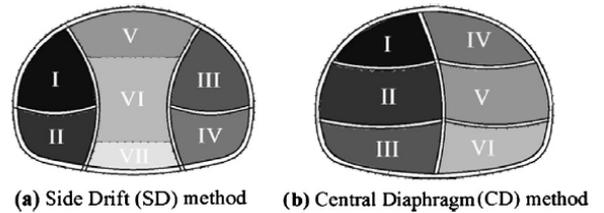


図 1 側壁導坑先進工法(SD)と中壁分割工法(CD)

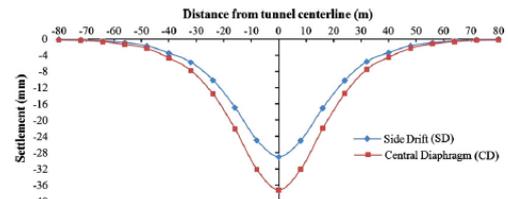


Fig. 8. The computed transverse surface settlement profiles for CD and SD excavation methods.

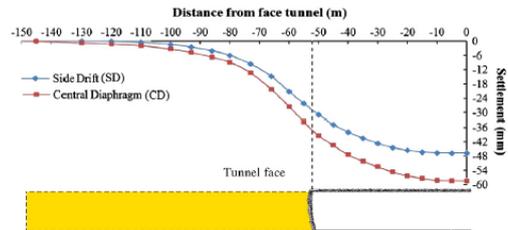


Fig. 9. Longitudinal settlement profiles for the CD and the SD excavation methods.

図 2 SD と CD の沈下量の違い

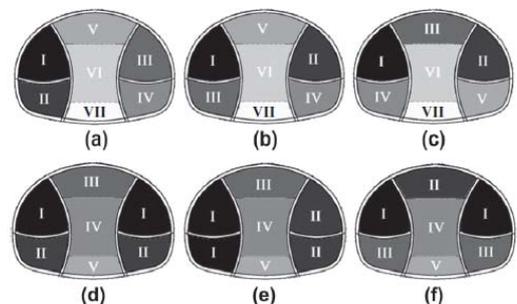


Fig. 10. Proposed excavation schemes for Niayesh tunnel in the Side wall Drift (SD) method.

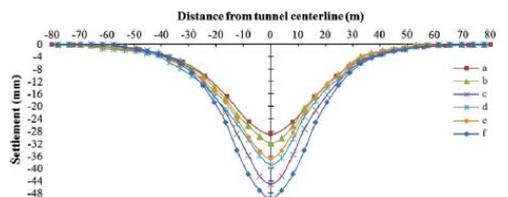


Fig. 11. Transverse settlement profiles for the proposed excavation schemes (in Fig. 10) for the Niayesh tunnel.

図 3 掘削順序と地表面沈下量の関係

# Locational accuracy of underground utility mapping using ground penetrating radar

## 地中貫入式レーダーによる地下埋設物のマッピング精度について

### 1. はじめに

既存の大都市では地中に埋設されたライフラインは寿命を迎え、更新が迫っているものが多く、ブロードバンドなどの新しい通信技術の登場により新規の埋設物を敷設する必要が生じており、埋設物の管理者、施工者、調査業者は埋設物の正確な位置を把握する必要に迫られている。近年、地中レーダーにより埋設物の調査を行う事例が増加しているが、周囲の介在物の影響により目標物の正確な位置を特定するには限界があると考えられている。そこで室内で実施した各種の実験により、一般的に利用されている地中レーダーの精度に関して調査を行い、より精度の高い計測手法を考案した。また、実現場での試験結果より考案した手法を評価・検証したので、その結果について述べる。

### 2. 地下埋設物のマッピングに関する現状

アメリカ土木学会をはじめとする各種機関は地下構造物のマッピングについてガイドラインを作成している。このガイドラインでは、マッピングの精度についてレベルDからレベルAまでの4段階を規定しており、地中貫入式レーダーは最もレベルの高いレベルAに相当する。

地中レーダーは地表面から電磁パルス波を放出し、その反射波を検出する仕組みである。地中に埋設管があれば双曲線形状として検出される。

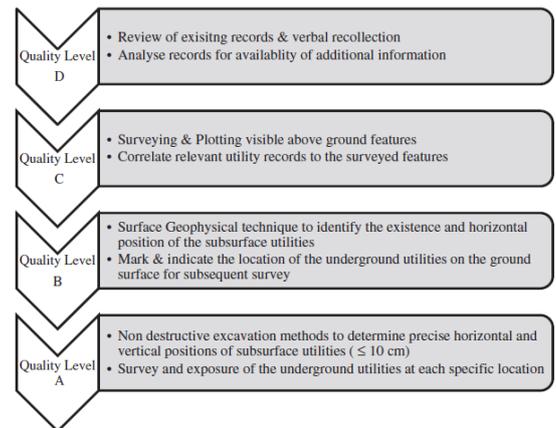


図1 ガイドラインに示される品質レベル

### 3. 室内試験結果

図-2 に示す埋設物を配置した試験体を作成し、地中レーダーによる検出試験を行った。ここでは埋設管に対して直交する方向、平行となる方向、角度を持った方向に対して試験を実施したが、平行となる方向に対して検出を行った結果が、埋設管の位置および深度の検出精度が最も高かった。

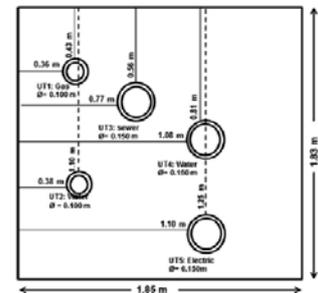


図2 埋設物検出試験に用いた試験体

### 4. 実現場での試験結果

マレーシアの市街地にて地下埋設物の検出試験を行った。埋設管と平行となる方向にてレーダー検出を行った結果、8つの埋設管のうち6つの位置を特定することに成功した。その検出精度は $\pm 0.098\text{ m}$  (x, y 方向)、 $\pm 0.095\text{ m}$  (z 方向) であり、図1のガイドラインではレベルAの品質に合致する。

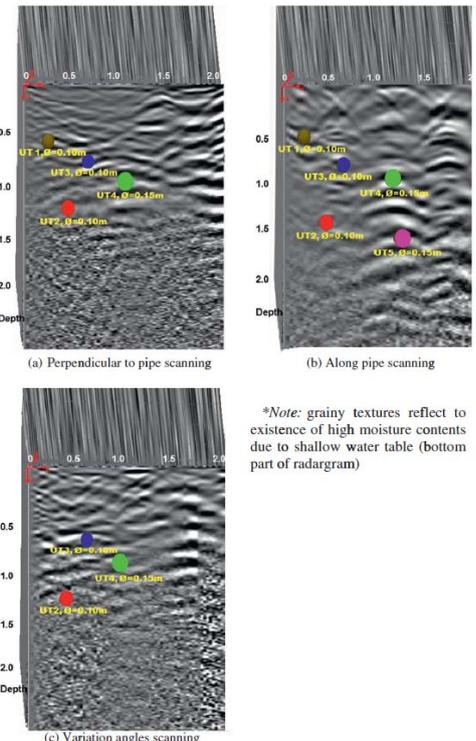


図3 地中レーダーによる検出結果

# A field trial of horizontal jet grouting using the composite-pipe method in the soft deposits of Shanghai

複合管工法による水平ジェットグラウトの試験施工 —上海の軟弱地盤を対象として—

## 1. はじめに

上海近傍は軟弱地盤地帯であり、地下構造物を構築する際の地盤安定化にジェットグラウト工法がしばしば用いられる。一方、水平ジェットグラウト工法はトンネル構造物を構築する際の地盤安定化対策（先受け機能、遮水機能）として有効であるが、グラウトの流出等周辺環境に与える影響が問題となる。そのため、本論文では水平ジェット工法におけるグラウト流出防止のために開発した“複合管工法”について、設備・施工手順・実証実験結果等を報告する。

## 2. 複合管工法の概要

複合管工法における施工設備構成を図1に示す。

複合管工法の最大の特徴はグラウト、水および圧縮空気を送る複合管構造と排土システムを組み合わせた先頭管構造にある。複合管の断面図を図2(a)に、先頭管の構造詳細を図2(b)に示す。

複合管は4室構造となっており、各部屋がそれぞれグラウト、水、圧縮空気、およびスライムの通り道となっており、先頭管と接続する。先頭管は周辺地盤を切削・改良するためのアウターノズルとスライムを排出するためのインナーノズルによって構成されており、グラウト管と圧縮空気管はアウターノズルに、水管とスライム管はインナーノズルにそれぞれ接続される。この内、排土用のインナーノズルは水流により吸引力を発生させ、ノズル周辺のスライムを吸い込みスライム管を通じて排出する構造となっている。施工方法は通常の垂直ジェットグラウト工法と同様である。

## 3. 実験場所の地質および試験項目

水平ジェットグラウトの造成位置および間隔等の詳細平面図を図-3に、断面図を図-4に示す。比較のため、このうちC1-C5は複合管工法により施工し、C6-C8を従来工法（単独管）により施工する。

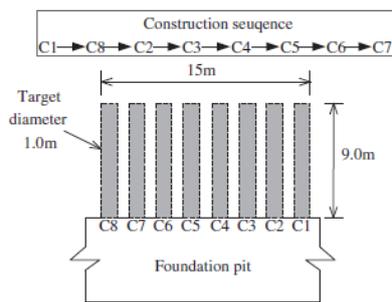


図-3 実証実験詳細平面図

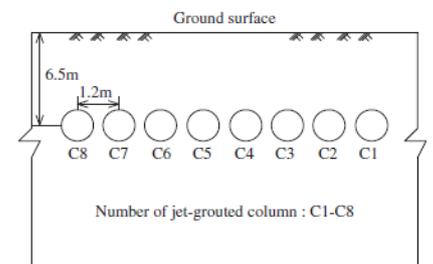


図-4 実証実験詳細断面図

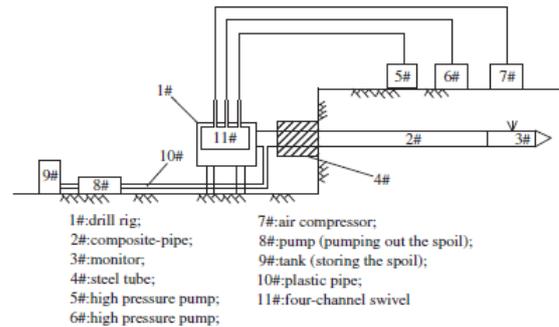


図1 施工設備構成

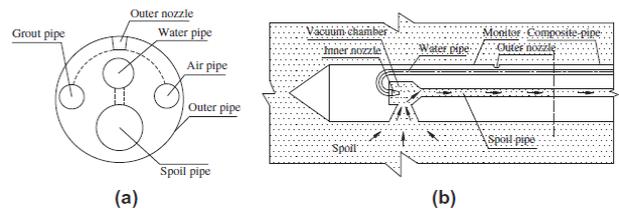


図2 主要設備構造(a)複合管断面図(b)先頭管構造

### 3.1 地盤条件

実験位置は薄い砂層を含む軟弱な粘性土で構成されており、改良対象土は砂混じりシルトおよび軟弱粘性土である。

### 3.2 試験項目

試験項目は下記3点である。

- a. 地表面の鉛直変位
- b. 改良径（材齢25日にて地盤を掘削し、改良径を実測）
- c. 改良体の圧縮強度（材齢28日にて、非排水圧縮強度試験を実施）

#### 4. 実験結果および考察

- ① 水流による吸引効果によりスライムを適切に排出できることが確認された。
- ② 複合管工法のスライム排出効果により、従来工法と比較して地表面の隆起量を低減できることが確認された。また、この傾向が理論解と一致することが確認された。
- ③ 複合管工法に実証実験により 1.02-1.61m の改良径を持つ改良体が造成可能であることが確認された。また、施工条件の相違に関する分析結果から、引抜速度の変動が改良径に最も影響を与えることが分かった。
- ④ 複合管工法により造成された改良体の圧縮強度は 1.8-8.0MPa、弾性係数は 163.8-734.4MPa であった。