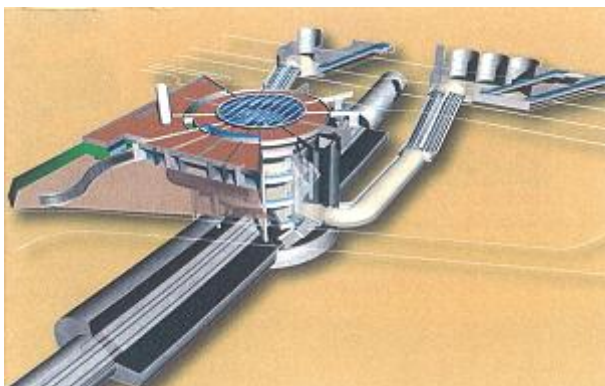
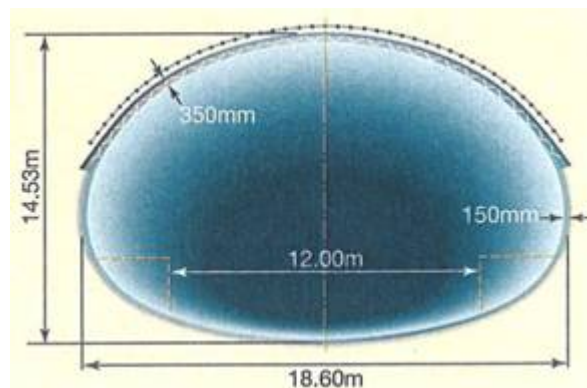


1) Lessons from Brazil : Pinheiros examined (ブラジル Pinheiros 調査結果による教訓)

- ・ブラジルサンパウロ市、地下鉄4号線の Pinheiros 駅建設工事で発生した崩落事故の調査報告
- ・Pinheiros 駅は NATM によって施工され、直径 40m×高さ 36m のシャフト、プラットホームトンネル (幅 18.6m×高さ 14.2m×長さ 46m)、2本のアクセストンネルを含む。
プラットホームトンネルの中心に、EPBM による $\phi 9.6\text{m}$ の複線トンネルが接続する。
- ・2007年1月12日、プラットホームトンネルの崩壊により、地上部に直径 80m×高さ 30m のクレーター状の大崩落事故が発生した。
- ・崩落事故により通行中の7人が死亡し、周辺地域の立ち退きや主要道路の通行止めが余儀なくされた。
- ・アーチはラチスガーダーで補強された吹付けコンクリート 350mm、側壁は繊維補強吹付けコンクリート 150mm で施工されていた。また、インバートは補強なしの吹付けコンクリート 70mm に、必要に応じてロックボルトを併用していた。FL 部の構造崩壊に端を発してトンネルが崩壊した。
- ・専門家による IPT 委員会は、崩壊原因として以下のようなものを挙げた。
 - ①追加調査もせず十分な地質構造の精査を行っていないため、FL 以深の破碎帯の存在を把握できなかった。
 - ②単純な地質モデルを用いてトンネル構造設計を行っているため、不適当な構造となっている。
 - ③計測管理値が設定されていない。NATM の原則である観察・計測とフィードバックが十分になされていない。
 - ④設計に反する不安定なベンチ掘削を行っていた。
 - ⑤早期材齢強度、繊維混入量など、コンクリートの品質管理が不十分である。



Pinheiros 駅の構造



プラットホームトンネル断面

2) Circle of challenges (Circle Lineへの挑戦)

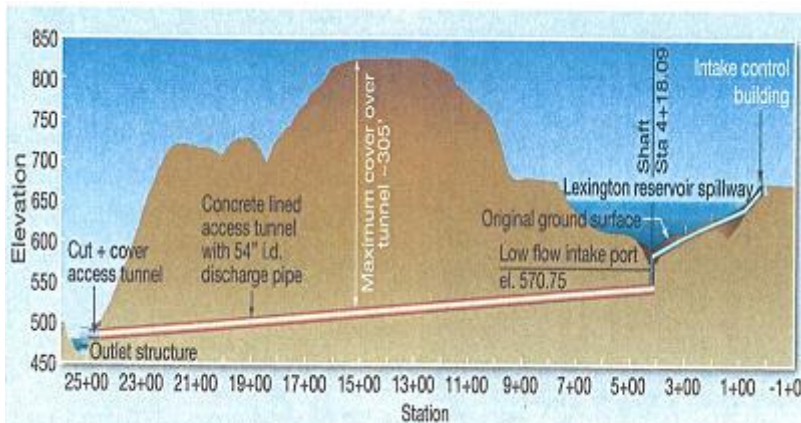
- ・シンガポールの高速道路網 Circle Line プロジェクト
- ・過去5年間、24m/日で施工し、33km 建設してきた。残りは CCL4 と CCL5 の最終段階で、2010 年供用に向けて順調に施工が進んでいる。
- ・このうち CCL5 の建設において、掘削対象の地質は主に堆積岩であるが、風化が進んでいる箇所や

沖積の軟弱粘性土が出現するなど、地質変化が激しい状況になっている。特に、軟弱粘性土では、地下水の排水によって地表沈下を引き起こす問題があった。

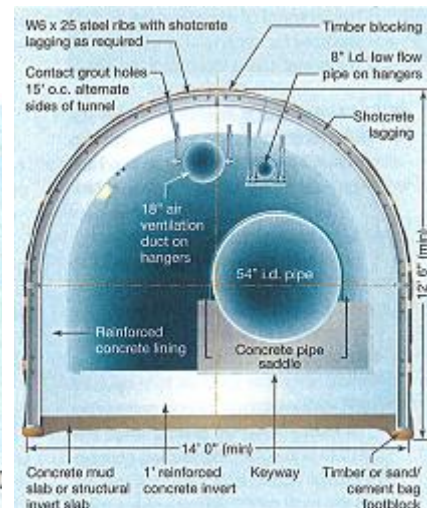
- これらの地質に対処するため、圧力バランスのよいTBMの適用、集中的なモニタリングにより施工に対処した。
- 施工報告の概要であるが、特に対策工について記載なし。

3) Tunnelling for the new Lenihan outlet (新しいレニハンダム導水のためのトンネル)

- USA カルフォルニアのレニハンダムの導水トンネルを建設するプロジェクトで、マルチポートの取水口、レキシントン貯水池に置かれた立坑、吐き口構造の建設が含まれている。
- 工事箇所はサンタクルス山脈の山麓にあり、地質は頁岩、砂岩、蛇紋岩および粘性土などで構成されている。切羽に低強度岩をマトリックスとして大きな硬岩が存在する場合、地山変形が大きいこと、掘削方式の変更が生じるなどの問題があった。
- トンネルは、幅 14ft (=4.3m)、高さ 12ft6in (=3.8m) の馬蹄形となっている。
- トンネル支保として、4分割 H150 の 1.2m 間隔で建て込み、支保タイプ別に繊維補強吹付けコンクリート厚さ 75mm、150mm、230mm の 3 種類ある。最終の覆工は RC 構造とした。
- 掘削はロードヘッダーによる機械掘削、発破掘削を併用した。最大日進 7.3m である。
- 地山不良部での地下水対策として、グラウト注入を施工した。
- プロジェクト内容、トンネル施工報告のほか、環境問題について記述。



地質縦断面図



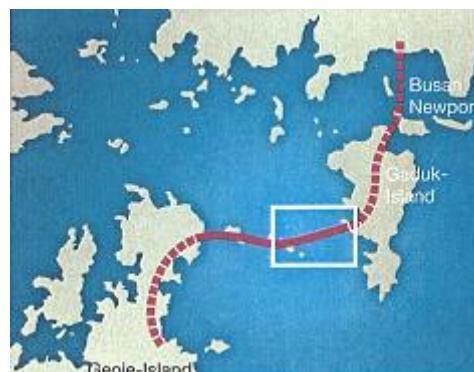
標準断面図

4) Immersed in a Korean challenge (韓国の挑戦・・・)

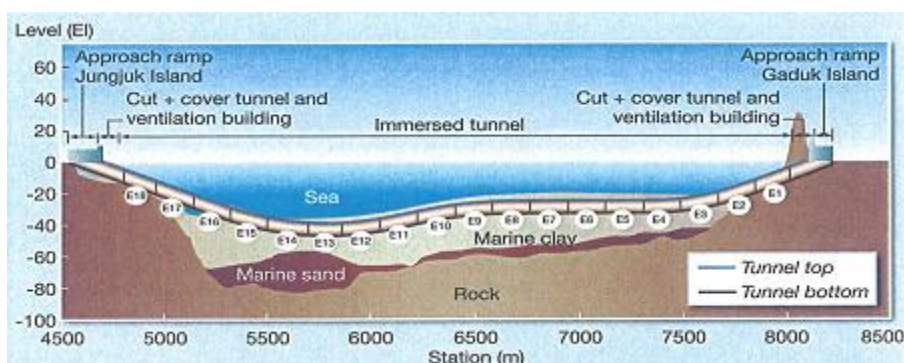
- 本工事は、韓国釜山と Geoge 島をつなぐ高速道路建設プロジェクトの一部で、延長 3,240m の沈埋トンネルを建設するものである。
- 縦断勾配が大きくなるとドライバーの快適さと安全性が損なわれることから、トンネルは海生粘土

上に計画されている。この粘土は白亜の化合物で、低応力では固く安定しているが、破壊すると非常に軟弱化する特徴をもっている。

- 一函体の外寸法は、高さ 9.75m×幅 26.5m×長さ 180m で重さ 48,000 t。
- 沈埋トンネルの水深について、西ヨーロッパでは 15m 程度に限られ、ロッテルダムのカールアントンネルの 26m が最大水深となっている。本トンネルでは、構造物の底部で最大水深 55m となり、それに耐える止水構造を設計した。(ただし、ボスポラス海峡のトンネルでは、部分的に 60m に達している部分がある。)
- トンネルの安定のため、陸上に近い粘土は礫と置き換え、その他の大部分については直径 900m のセメント改良によるコラムを造成した。
- 耐震設計については、2つの地震動レベルを設定した。レベル1 (ODE) で再現期間を 100 年、レベル2 (MDE) は再現期間 1000 年に対応するものである。レベル2では、地震の影響が生じても、止水機能が確保されていること、また鉄筋が降伏強度を上回らないことを規定している。
- トンネル軸方向の解析はフレーム解析を用い、横断方向の解析は有限要素法を用いた。
- 設計はすべて完了し、工事は4函の設置が完了している。2010年完成予定。
- プロジェクト内容、沈埋トンネル設計の問題点と対策について記述。



施工位置図



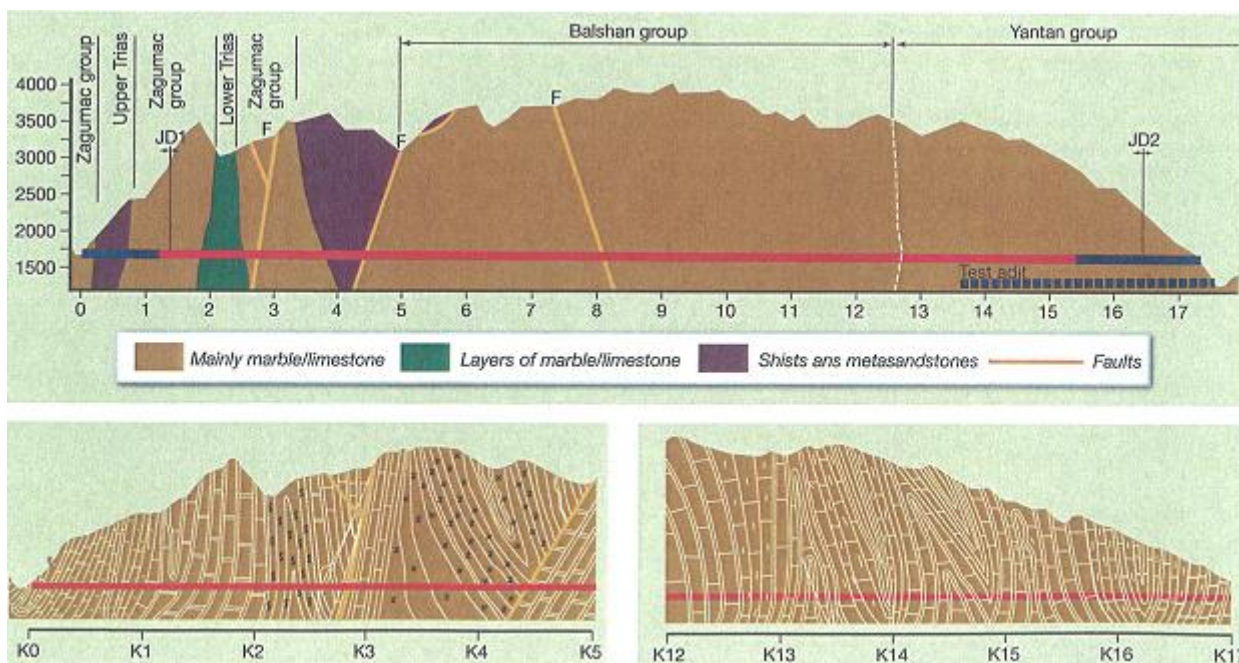
地質縦断図

5) Dealing with inflows (地下水流入に伴う. . .)

- 中国四川省 Jinping 水力発電プロジェクトのアクセストンネル施工における地下水流入問題について詳述。
- 導水路トンネル施工のための調査坑として、また Jinping I、II、他周辺プロジェクトへの資機材

運搬のため、アクセストンネルの施工は不可欠であった。

- アクセストンネルは、35m の離隔で掘削され、A（掘削断面積 35m²）、B（掘削断面積 30m²）の 2本の平行トンネルから成る。
- 地質は、部分的に砂岩や片岩を挟みながらほとんどが石灰岩から構成される。岩石の一軸圧縮強度は 60–95MPa で、土被り 2500m になる。破碎帯や断層もある。高圧力化、カルスト構造、地下水、高熱、危険ガスなどの問題の解決が鍵である。
- 再調査の結果、トンネル 10km に沿ってカルスト構造の存在が予想された。
- カルスト構造を探るため、地質学的手法、坑内弾性波探査による物理学的手法およびドリルによる穿孔探査を適用した。
- 地下水の最大水力は 6-7MPa で、最大湧水量 7m³/sec であった。
- 地下水流入問題に対して、工期、工費を勘案し、グラウト注入の対策工を選定した。



地質縦断図

以上