

記事概要

<p8-11> Tunnelling through Flysch

フリッシュ（砂岩と泥岩の互層）を貫くトンネル

ポーランド、チェコ、スロバキアを通過するトンネルはフリッシュと呼ばれる地層に遭遇する。その地層を掘削するのに様々な試みがされてきた。チェコのヤブルンコフ鉄道トンネルは、1871年に完成したトンネルを拡張する工事で、一部変形があるところではロックボルトによる補強、インバートの早期閉合および計測工を行いながらの施工であった。ポーランドのラリキ道路トンネルでは、ヤブルンコフトンネルの経験を生かし、トンネル内と地上部を計測するとともに、状況に応じた工法を採用し、フリッシュ層を掘削した。

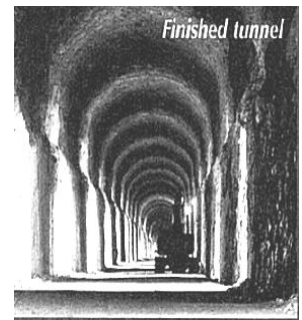


フリッシュ層の切羽

<p12-14> Quick job in Quebec

ケベックでの高速施工

カナダケベック州のEastmain川とRupert川を繋ぐ水力発電用のRupertトンネルは、延長2,908m 幅12.7m 高さ18.6m の断面を2007年と2008年にかけて施工した。このRupertトンネルでは、施工上必要なスペースとして幅を1.0m大きく、13.7mで掘削した。2007年10月中旬に両側から掘削し、2008年12月に掘削は完了した。4台のジャンボを使用し、削孔長は 5.8m（1 サイクル進行：5.4m）、掘削土の運搬には、50 tトラックを使用した。



仕上り断面

<p15-19> Designing sustainable and economic tunnels

持続可能性と経済性を考慮したトンネルの設計

1987年に「環境と開発に関する世界委員会」では、「持続可能性 (sustainability)」とは、将来の世代のニーズを損なうことなく、現在の世代のニーズを満たすことが条件となっている。米国グリーンビルディング協会では、環境面を配慮した建物を定量的に評価する制度があるが、トンネルにこの評価制度を適用するのは難しく、「持続可能性」の概念を導入した設計方法について独自に試行している。トンネルの設計では、構造物の用途により設計基準があり、荷重別の係数も異なっている（表-1）。また、「持続可能性」に配慮した開削トンネルの設計事例としては、路面覆工下で逆巻き工法を採用し、耐久性を確保するとともに、材料消費量の低減や工期短縮、地上部の交通渋滞を防止する等の効果があった。

表 - 1 終局限界状態の荷重係数

設計基準	Dead Load	Earth Pressure	Hydrostatic Load
American Association of State Highway and Transportation Officials(AASHTO)	1.30	1.38e *	1.3
American Concrete Institute 318-Building Code Requirements for Structural	1.40	1.7	1.4
American Railway Engineering & Maintenance of Way Association (AREMA)	1.40	1.4	1.4
British Standard (BS) 5400 - Design of Bridges	1.15	1.5	1.5
British Standard 8110 - Reinforced Concrete Design	1.40	1.4	1.4

* βe : βe は鉛直土圧 1.0、側方土圧 1.3

<p20-25> Membranes act structurally

防水工の構造的な役割

吹付けコンクリートに防水材を吹付けることは、トンネル構造上大きな利点がある。ただし、吹付け防水には、以下の5つの重要事項を満たしていなければならない。

ひび割れ抵抗性：コンクリートにひび割れは避けられないものであり、防水材には、ひび割れ追従性だけでなく、十分な引張強度も必要である。

シームレス：防水シートの漏水の大半は継ぎ目からのものである。吹付け防水の漏水は、化学的な問題であり、設備面から対応でき、継ぎ目からの漏水の問題はない。

適性：防水性に加えて、毒性がなく耐久性に優れていることが前提である。防水工の前に幾らかの地下水の浸入があることは避けられず、そのような環境でも十分な品質が確保されることが必要である。建設中の補修作業は、簡単かつ低コストでなければならない。

管理：吹付け防水では、厚さ管理が重要である。また、防水層は1層よりも2層のほうが効果的である。それは、1層目の欠点や不具合部を2層目で改善できるからである。また、材料は現場製造でも品質が一定であり、ポンプ圧送性に優れている必要がある。

根拠：ウォータータイトであるためには、シート防水や吹付け防水に係わらず100%の防水性能が必要となる。防水シートの場合では、現場で設置完了後に継ぎ目やその他すべての部分の水密性を試験することは難しい。吹付け防水では、10万m²に1つのピンホールを見つけ出すことも可能なスパーク試験を行い、最終吹付けコンクリート施工前に補修できる。

シート防水は、最終覆工が現場打ちコンクリートの場合には有効である。一方で吹付け防水は、最終覆工が吹付けコンクリートの場合に有効である。吹付け防水のもうひとつの特性は、一次吹付けコンクリートと二次吹付けコンクリートを密着させる役目を果たすことである。イギリスの研究によると、吹付け防水により結び付けられた円形の吹付けコンクリートは、一体構造として考えられるという。これは、一次吹付けコンクリートが、構造体として評価できるとすれば、最終の覆工厚を小さくでき、掘削量やコンクリート量の低減に伴う材料費や施工費の削減につながる。さらに、工期の短縮、環境面やCO₂削減にも効果がある。吹付け防水は、不可能とされてきたドライなトンネルを可能にするとともに環境面や経済面での可能性を大きくするものである。



吹付け防水の早期施工