

(1) 世界の海底トンネルプロジェクト

企画小委員会委員 青木智幸（大成建設(株)技術センター）

2005年5月9日～11日にトルコのイスタンブールで開催された第31回国際トンネル会議に参加した。この内、5月10日(火)午前中にはオープンセッションが開催された。これは、毎回テーマを決めて行われる講演会であるが、今回は世界の「海底トンネルプロジェクト」をテーマに5件の講演があった。国内では余り知られていない内容を含み読者にも興味深いと考え、ここにその概要を紹介する。

(1) ノルウェーの海底トンネルプロジェクト

ノルウェーでは、1983年以来24の海底道路トンネルが建設された。最初に建設された海底トンネルはノルウェー北部のVardøya島のVardoとスカンジナビア半島を結ぶトンネルである。以来、主に交通と石油パイプライン輸送の目的で多くの海底トンネルが建設されてきた。これらは、全部、基盤岩を掘削したものである。最長のトンネルは、延長7.9kmのBomlufjordトンネルである。また、ルート選定のため検討中であるが、延長25kmの海底トンネルが計画中である。最も深いトンネルは、海面下264mである。

他の北欧諸国でも海底道路トンネルが建設されている。アイスランドのHvalfjordurトンネルは、延長5.9kmで、1998年に開通した。この他、各国でフェリーでの移動による不便さを解消する目的で海底トンネルがさらに計画されている。

(2) NUSANTARA トンネル

インドネシアのジャワ島とスマトラ島を繋ぐトンネルで、スンダ海峡を横断して建設される。延長33kmの双設トンネルで海底下の最低土被りは40mである。安全性の点で電車による輸送方法を採用し、人員と自動車を輸送する。また、石油、ガスおよび石炭スラリーのパイプラインと送電線を配置する多目的利用を計画している。建設費は15～20億USドルを想定している。

会場での発表時には、各国のコンサルタントによる建設費の試算例の比較が紹介された。日本（日本工営）：35億USドル、ヨーロッパ：30億USドル、ノルウェー：1.5億USドルなどであった。ノルウェーのコンサルタントの建設費が安いのは、ノルウェー式トンネル工法の効率性によるものと高く評価していた。ファンドについては未定。また、沈埋トンネルや吊橋と地下トンネルとの比較について世界中のプロジェクトを調査して検討を行ったが、地震、津波および台風の影響を考慮して地下トンネルを採用した経緯について述べた。

(3) ジブラルタル海峡トンネル

スペインとモロッコ政府は共同でヨーロッパとアフリカを繋ぐジブラルタル海峡横断リンクのフィージビリティスタディを行っている。現在、計画は地下トンネル案に絞られ、延長38km、3本の並列トンネルが検討されている。機能としては、ドーバー海峡横断トンネルと同様で、電車方式による人員と自動車の輸送である。現在調査ボーリングを継続している。

会場での発表では、最短ラインと最浅ラインの比較による路線比較検討や、現在、立坑を試掘して長期計測を実施していることなどが紹介された。

(4) ロシアの海底トンネル

ロシアでは、天候に左右されない安定した鉄道網として、下記の大陸間あるいは大陸－島間の海底トンネルの建設を計画している。

- ・ネベリスク（間宮）海峡横断トンネル（ユーラシア大陸－サハリン（樺太）間）

3件の海底トンネルの中で最も優先度が高く、1947年より検討が開始されている。海底トンネル案と沈埋トンネル案が検討されている。延長 10.5km。

- ・海底トンネル：複線の鉄道トンネル 1 本。1 台の TBM(シールド)により掘削する。工期 6 年、建設費 13 億 US ドル以上。
- ・沈埋トンネル：単線の鉄道トンネル 2 本。工期 9 年。

- ・ベーリング海峡横断トンネル

（ユーラシア大陸（チュコト半島、ロシア）－アメリカ大陸（アラスカ、アメリカ）間）

次に優先度が高く、政治、経済、建設技術、操業状況によって実現性が出てくる。延長 92km。単線の鉄道トンネル 2 本（中心離間距離 28m）。中間のダイオミード島を利用して 4 台の TBM（直径 9m）で掘削する。地下駅 4 箇所。工期 15 年、建設費約 150 億 US ドル。

- ・ラ・ペルーズ（宗谷）海峡横断トンネル（サハリン（樺太）－北海道間）

トンネル延長 40km。アブストラクトには詳細記述なし。発表時も計画位置の提示のみ。

(5) Marmaray プロジェクトーボスポラス海峡横断鉄道

トルコのヨーロッパ側とアジア側を隔て黒海と地中海を繋いでいるボスポラス海峡を横断する鉄道建設プロジェクトである。このプロジェクトは、3つの部分に分けられている。

a) BC1 Contract

大深度の地下駅 3 箇所を含み、イスタンブール市街およびボスポラス海峡下を通過する、延長 13.5km の単線鉄道トンネル 2 本の建設。

b) CR1 Contract

上を除く延長 64km 区間の地表部の鉄道建設。軌道、信号制御、動力ライン、運行制御センターを含む。

c) CR2 Contract

高性能車両－客車 440 両。

施主は、トルコ共和国運輸通信省鉄道・港湾・空港建設総局（DLH）で Avrasya コンサルタント（パシフィックコンサルタンツ(日本)、オリエンタルコンサルタンツ(日本)、(社)海外鉄道技術協力協会、Yuksel(トルコ)の JV）が代理人である。BC1 プロジェクトは、2004 年 6 月、TGN（大成建設(日本)、GAMA(トルコ)、NUROL(トルコ)の JV）に発注され、8 月よりスタートした。契約は、デザイン&ビルド形式で EPC(欧州特許条約)のトルコプロジェクトに適用される FIDIC(国際コンサルティング・エンジニア連盟)の条件に従っている。CR1 は現在入札段階で、今年中には発注される。CR2 は、2006 年初期に発注が予定されている。

会場での発表時では、以下の 4 件に分けて発表がなされた。以下、主なコメントを記す。

- 1) プロジェクト概要とマネジメント（Avrasya、プロジェクトマネージャー、Lykke 氏（パシフィックコンサルタンツ））

- ・世界一深い海面下 60m での沈埋トンネルの施工など、Challenging な事項を多く含むプロジェクトである。
- ・7 C's 特に Clarity が大切である。
- ・デザイン&ビルド形式の契約であり、ルールをはっきり決めて、甲乙でリスク分担をする。
- ・コントラクターはリスクに対して楽観的な傾向がある。リスクには対価を付けるべきである。
- ・ウェブサイト <http://www.marmaray.com> で進行状況を逐次公開する。

2) 設計施工条件 (Avrasya, Ingerslev 氏 (オリエンタルコンサルタント))

- ・地震国なので、トンネルの耐震構造と地盤の液状化および津波を考慮した設計をしていることが特徴である。
- ・デザイン&ビルド形式の契約であり、コントラクターが設計し、Avrasya が承認する。

3) ボスポラス海峡の海上施工 (DLH, van der Kerk 氏)

- ・浚渫工、沈埋函の沈設、埋め戻し
- ・現在、海峡海底部で、液状化対策としての地盤改良工を行っている。
- ・水文学的調査とモデリングにより、予知できない事象に関するリスク分担条件を決める。
- ・モデリングには、Delft 大学で開発された 3D-Flow を使用。
- ・沈埋施工の模型実験を大成建設技術センターで実施した。

4) トンネルおよび駅舎部 (Avrasya, 栄枝氏 (パシフィックコンサルタント))

- ・沈埋トンネル区間約 1.4km、TBM (シールド) トンネル区間約 10.1km、開削トンネル区間約 1.3km
- ・岩盤は、最下部は古生代の砂岩、泥岩で、亀裂が多い。その上に第三紀の堆積層および第四紀の埋没谷などがある。埋立区間もある。

以上、世界の海底トンネルプロジェクトに関する講演の概要を紹介した。読者の参考になれば幸いである。なお、この講演のアブストラクトは、国際トンネル協会 (ITA) の機関紙 Tribune (N°29) に掲載された他、下記のホームページ (<http://www.ita-aites.org/cms/1376.html>) にも掲載されている。同ホームページでは、各講演の発表パワーポイントをダウンロードできるので、参照されたい。

以上