

函館港改良工事

北海道函館市
函館市電「函館どつく前電停」から徒歩5分

資料提供：10-12.公益社団法人 土木学会土木図書館
出典：1.3-9.「函館港改良工事報文」 撮影：2.石川成昭

北海道で最初の近代港湾整備

函館名産の活イカの水揚げでにぎわう函館漁港。ここでは、明治32(1899)年に竣工した北海道で最初の近代港湾整備「函館港改良工事」で築設された石積とコンクリートからなる防波堤(通称船入洞防波堤)が現存する。

函館港は、安政6(1859)年に開港したが、近代港湾としての整備の計画は、明治12(1879)年の肥田瀆五郎の調査に始まり、明治16(1883)年のH.L.R.モルトル、明治21(1888)年のC.S.メークの調査を経て、明治23(1890)年より当時北海道庁技師だった廣井勇が調査を引き継いだ経緯がある。廣井はアメリカやドイツで鉄・コンクリートを用いた土木構造物を研究と実践を積み、明治22(1889)年に帰国した若手の技師であった。

コンクリートは、今でこそあらゆる構造物に使用されているが、明治20年代には原料のセメントの品質ならびにコンクリートの施工方法も確立途上の時期であり、明治26(1893)年には横浜港で製造した大量のコンクリートブロックに亀裂や崩壊が生じる事件も発生していた。そのような時代に、函館港の調査や設計は進められた。廣井が関わった明治23(1890)年、明治26(1893)年の詳細な調査の結果とそれに基づく改良工事の設計が完全との評価を受け、明治29(1896)年6月に着工を迎えた。改良工事では、函館港内の浚渫、堆砂を防ぐ防砂堤の築造、西風による港内波浪を防いで新たな市街地を造成するための埋立、漁船係留を目的とした船入場の築造を行った。

明治32(1899)年の改良工事竣工時の報文には、埋立地の平面図や防波堤や護岸の断面図とともに、五稜郭と同時期に築造された弁天砲台が描かれている。弁天砲台は、明治元(1868)年の函館戦争の後、明治20年代半ばまで陸軍省の海岸砲兵隊が置かれていたが、その廃止後は空き地となっていた。函館港改良工事のために払い下げられ、石堤や防波堤の基礎に使用する3,700個余りのコンクリートブロックを製造する工場として最後の役割を果たした。図面には、砲台内に設けられたブロック製造工場の平面配置図をはじめ、ブロック搬出に活躍した栈橋が描かれている。また、弁天砲台を形成していた石材や土砂は、石堤や防波堤ならびに埋立に余すことなく再利用されたことも記憶に残したい点である。

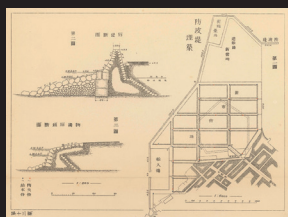
船入洞の防波堤の構造は、海底地盤上に小型のコンクリートブロックを数段積んで基礎とした上に、石材(間知石)を積み上げている。石材の積み方に



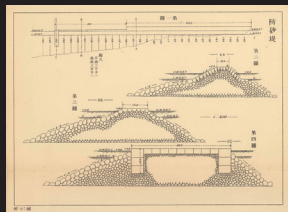
1. 函館港改良工事計画図



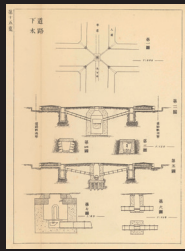
2. 函館山と石積防波堤



3. 埋立地平面図と石堤等断面図



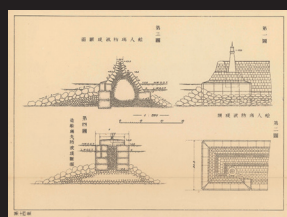
5. 防砂堤構造図



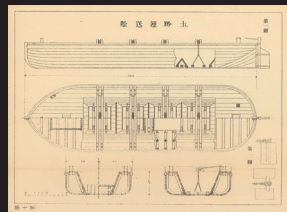
7. 道路下水構造図



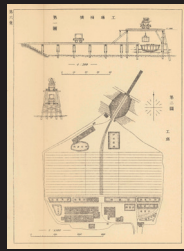
10. 工場栈橋からのコンクリート塊積出



4. 船入場防波堤の堤頭部構造図・断面図



6. 土砂運送船構造図



8. 旧砲台内の工場配置図と栈橋側面図



11. 船入場築造と埋立工事状況



9. 旧砲台形状平面図



12. 旧砲台内のブロック製造工場

は各所に工夫がなされ、コンクリートで一体化(練積み)して強度を確保したり、空積みにして波力による堤体内の圧搾空気を抜くようにした状況が図面からも読み取れる。歴史的な石積の技術と明治に始まるコンクリートの技術が融合した構造は、近代技術への過渡期を示しているようにも見える。

防波堤の先端部には、小型の灯台が設置されていた。明治初期に造られた尻屋崎などの洋式の高塔型灯台を小型化したような形状は、防波堤先端部のデザインとしても美しい。埋立地には道路下水も設置され、図面には石積とコンクリートを併用した断面構造が描かれている。このようにして建設された漁港と市街地は、函館の基幹産業である水産関連産業の発展に大きく貢献し続けている。

防波堤は竣工から1世紀以上を経て、先端部や堤頂部の崩落が進行していたため、北海道開発局では、築造時の報文や古写真等を参考として、平成23(2011)年度より2カ年の修復工事を実施し、往事の姿を蘇らせた。

平成16(2004)年、公益社団法人 土木学会選奨土木遺産に選定。
(石川 成昭)

青函トンネル

北海道上磯郡知内町
JR津軽海峡線「木古内駅」から車で40分

資料提供：独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部 北海道新幹線建設局

本州と北海道を結ぶ世界一の海底トンネル

津軽海峡にトンネルを掘さくし、本州と北海道を結ぶ構想が、阿部覚治(函館市の海産物商人、市議会議員)の「大函館論」大正12(1923)年「函館・大間間海底鉄道の完成」に述べられている。

また、世界初の海底関門トンネル(在来線:延長3,614m海底部1,140m)昭和19(1944)年開業、鉄道技術陣が海底トンネル建設に自信を深め、弾丸列車計画、日本列島の海峡をトンネルで結ぶ構想、そして津軽海峡の調査研究が始められた。昭和21(1946)年運輸省鉄道総局施設局「津軽海峡線隧道調査委員会」設置、津軽海峡の東・西ルート現地踏査、昭和24(1949)年日本国有鉄道が運輸省から分離発足され、「鉄道建設審議会」を経て、昭和28(1953)年第16回特別国会「青森県三厩付近より渡島国福島付近に至る鉄道」として鉄道敷設法に追加された。折しも昭和29(1954)年台風15号で、洞爺丸含む青函連絡船5隻沈没、1,430人が犠牲。国鉄は昭和30(1955)年トンネル技術権威者を網羅「津軽海峡連絡隧道技術調査委員会」設置、「海底トンネルは技術的に掘さく可能である。」と総裁報告、昭和37(1962)年第2回隧道施工部会「試掘坑を吉岡及び竜飛付近で実施すること。」にて決定された。

先行調査の目的順から①斜坑(高さ約4m、幅約5m、勾配1/4、傾斜角度14度)②先進導坑(①と同じ断面形状、勾配3/1000)③作業坑(①と同じ断面形状、勾配12/1000)④本坑(高さ約9m、幅11m、勾配12/1000、中央付近の勾配3/1000)で施工している。なお、工事は、昭和38(1963)年北海道方福島町吉岡調査斜坑着手、昭和39(1964)年3月日本鉄道建設公団(現在の鉄道・運輸機構)発足、国鉄より斜坑調査を引継ぎ、直轄方式により①②を施工した。昭和45(1970)年5月技術的見通し得られ、運輸大臣に「青函トンネルは、新幹線複線断面でも掘さく可能であり、海底部の最小土被り100m、勾配12‰、延長約54km(海底部約23km)」を報告、昭和46(1971)年4月運輸大臣から「津軽海峡線を工事線とすることを指示し、同時に青函トンネル部分については、将来新幹線を通しうよう設計上配慮しておかれない。」通達があり、大臣認可により本体工事の起工となった。



下部掘さく



下部掘削後の全景



サイロット工法全景



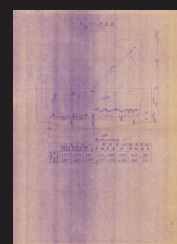
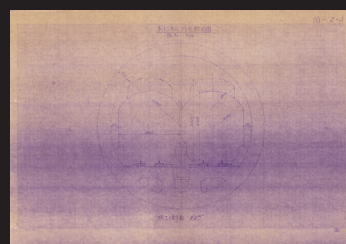
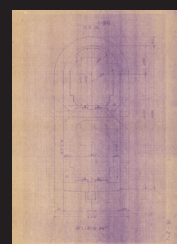
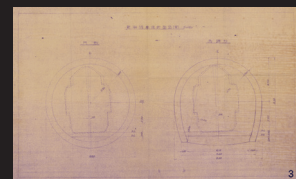
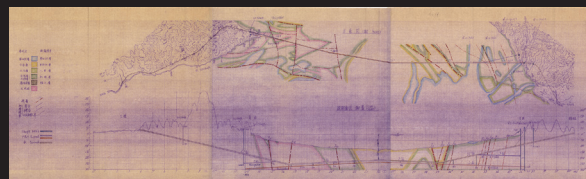
本坑完成区間



さく孔作業



先進導坑の全景

本坑トンネル断面図(複線馬蹄型)
-昭和36(1961)年次検討時-本坑トンネル断面図(複線円形型)
-昭和36(1961)年次検討時-本坑トンネル断面図(複線型二階式)
-昭和36(1961)年次検討時-本坑トンネル断面図(単線円形型・馬蹄型)
-昭和36(1961)年次検討時-青函トンネル地質図
-昭和36(1961)年次検討時-

掘さくで重要なのは、先方の地質調査及び掘削範囲の止水注入であり、地質調査は、水平ボーリング孔曲がり制御及び推進の技術開発(最大掘進2,150m)、止水注入は、地山強化及び完成後の排水量低減であり、注入材料の研究をした。注入圧は、海面下水頭圧(約240tf/m²)の約3倍で実施した。しかし、異常出水(4回)、昭和51(1976)年5月北海道方吉岡作業坑にて最大湧水量70m³/min、作業坑3km、本坑1.5km水没、世間では青函トンネルは絶望との声もあったが、止水注入と作業坑迂回、約5ヶ月余りで無事突破した。

工事も順調に進み、昭和58(1983)年1月27日先行した先進導坑の貫通を迎え、現地から830km離れた首相官邸にて総理大臣が発破ボタンを押し、大きな轟音とともに本州から北海道に風と光が流れ技術者として感動の一瞬であった。この貫通が本坑に結び、昭和60(1985)年3月10日運輸大臣が現地に最後の本坑貫通発破ボタンを押し、北海道と本州が全通した。調査坑開始以来24年を経て、昭和63(1988)年3月13日津軽海峡線の開業を迎えた。なお、青函トンネル建設工事殉職者34名慰霊碑を本州方竜飛に建立し、北海道方吉岡に建設記念碑が設置された。

世紀の大工事、青函トンネル(延長約54km)は、種々の調査(海底地形・地質)及び技術開発(水平ボーリング・止水注入・吹付けコンクリート)により、幾度の苦難を乗り越え、津軽海峡に一つの大動脈を完成させた。

そして、平成27(2015)年度には、北海道新幹線に活用される日が来る。

(掲載図は、昭和36(1961)年ごろに検討(二階式及び単線断面の構想)された資料であり、最終的に本坑は複線断面にて施工されている。)