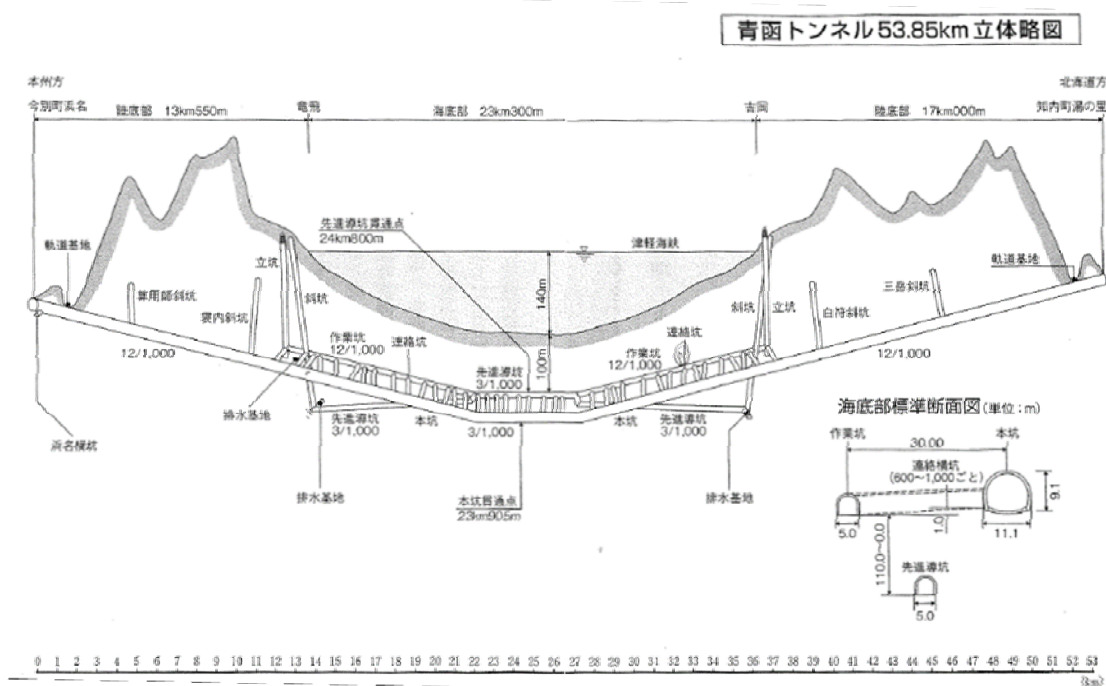


9、トンネルの掘り方に係る参考資料

(1) 青函トンネル掘削時における突発湧水事例

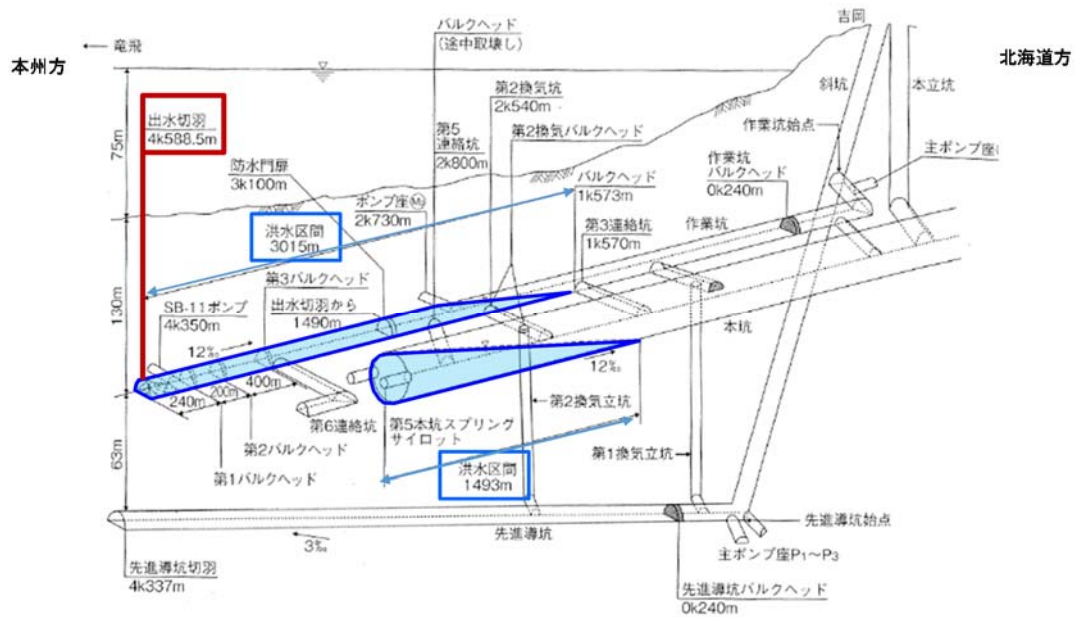
- ・青函トンネルの縦断面図と標準断面図を図 9-1 青函トンネルの縦断面図と標準断面図に示します。
- ・青函トンネルは、海底トンネルであり海底部が最も低く、本線は本州方、北海道方から海底部に向かって12‰の勾配で下る線形となっています。
- ・トンネル掘削は、陸上部から開始せざるを得ず、まずは調査を目的に斜坑、先進導坑（斜坑底から3‰の上り勾配）の掘削を進めました。
- ・続いて、立坑、そして作業坑、本坑（いずれも12‰の下り勾配）の掘削を進めました。
- ・次頁に突発湧水事例を示します。



出典：青函トンネル物語（吉井書店）より引用、一部加筆

図 9-1 青函トンネルの縦断面図と標準断面図

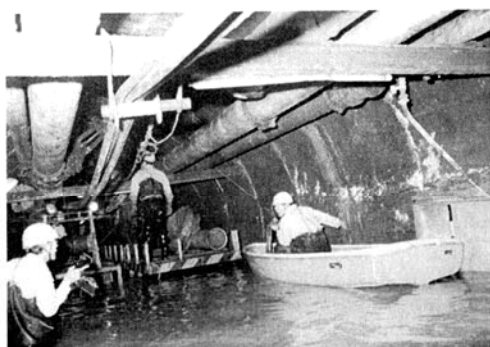
- ・青函トンネルでは、突発湧水により4回水没しました。
- ・そのうちの代表例として、昭和51年、北海道方で最大約70m³/分（約1.2m³/秒）の出水により、作業坑約3km、本坑約1.5kmにわたり水没しました。（図9-2 青函トンネルにおける突発湧水事例参照）
- ・なお、最大約70m³/分の出水が発生した日の2日後には約20m³/分となりました。



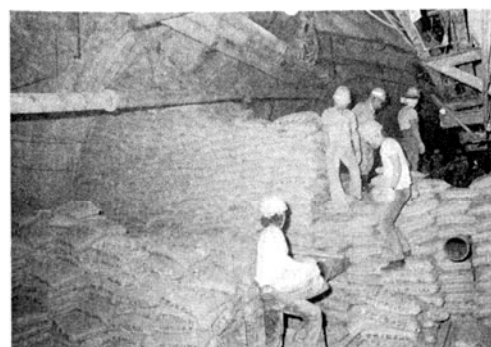
出典：青函トンネル物語（吉井書店）より引用、一部加筆

図 9-2 青函トンネルにおける突発湧水事例

- ・出水箇所は、破碎帯と呼ばれる脆弱な地質箇所です。事前に切羽（掘削面）手前から先進ボーリングにより地質を確認しつつ、掘削を進めていました。
- ・さらに、事前に切羽（掘削面）手前から、地盤への薬液注入を行なうなどの対策をしていましたが、出水が発生しました。
- ・出水に対応するため、複数箇所にバルクヘッド（隔壁）を構築して水を防ごうとし、また、作業坑に設置している防水門扉を使用しましたが、それぞれ突破され作業坑と本坑が水没しました。（斜坑底の主ポンプ座の水没を防ぐため、本坑に導水）
- ・復旧のために、青函トンネルの本州方の現場や上越新幹線のトンネル建設現場のポンプなどが集められ、復旧作業に使用されました。
- ・機械・電気設備などにも、大きな被害あったと思われませんが、詳細は不明です。
- ・この出水より人的被害が出たとの記録はありませんが、作業員等に対する安全性が低下しました。
- ・水没した作業坑、本坑を復旧するために、約半年の工期を要しました。
- ・最終的に、作業坑は迂回させることにより出水箇所を通過しました。



作業坑排水



作業坑バルクヘッド築造

出典：津軽海峡線工事誌（青函トンネル） 日本鉄道建設公団青函建設局

写真 9-1 青函トンネルにおける突発湧水時の状況

(2) 突発湧水発生時の検討

- ・突発湧水が先進坑を下向きに掘削している時に生じた場合、先進坑のトンネル断面で、計画縦断勾配である下向き4%の勾配を踏まえ、トンネル後方に湛水する量を切羽からの距離ごとに算出しました。(図9-3、図9-4、表9-1)

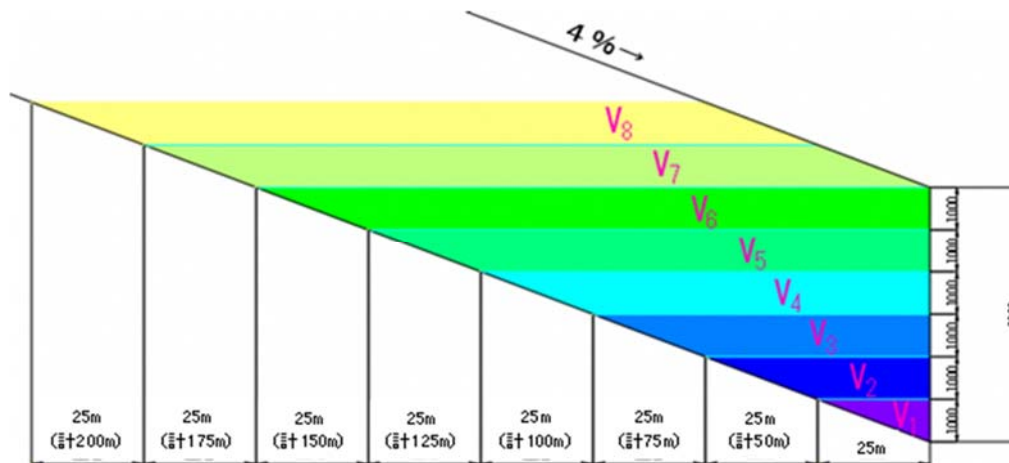


図 9-3 先進坑切羽からの浸水分布図

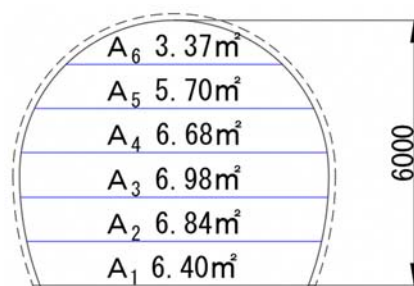


図 9-4 先進坑高さ1m当りの求積図

表 9-1 浸水分布における浸水体積と切羽からの浸水距離

体積 (m ³)	積算体積	浸水高さ	切羽からの距離 (m)	
V ₁	80.0	80	1	25
V ₂	245.5	326	2	50
V ₃	418.3	744	3	75
V ₄	589.0	1,333	4	100
V ₅	743.8	2,077	5	125
V ₆	857.1	2,934	6	150
V ₇	899.3	3,833	7	175
V ₈	899.3	4,732	8	200
V ₉	899.3	5,631	9	225
V ₁₀	899.3	6,531	10	250
V ₁₁	899.3	7,430	11	275
V ₁₂	899.3	8,329	12	300

(3) 山梨県境付近への導水路トンネル取付けに関する追加検討資料

- ・導水路トンネルの計画について、国立研究開発法人産業技術総合研究所のシームレス地質図にトンネル計画を重ね合わせ、さらにトンネル縦断図を作成し、確認しました。(図 9-5、図 9-6)

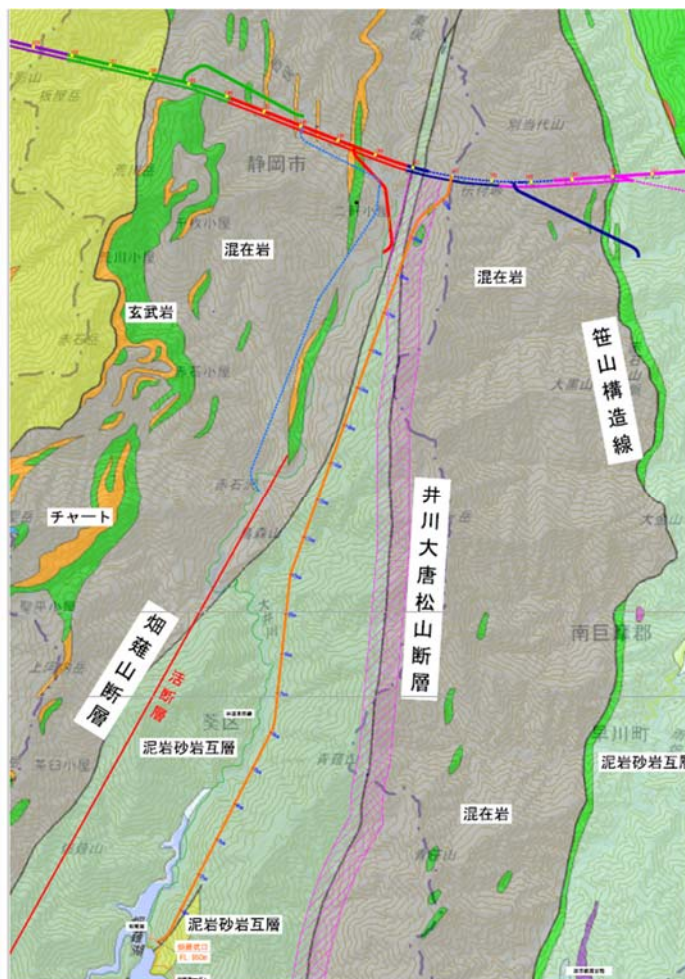


図 9-5 山梨県境付近へ導水路トンネルを取付ける計画

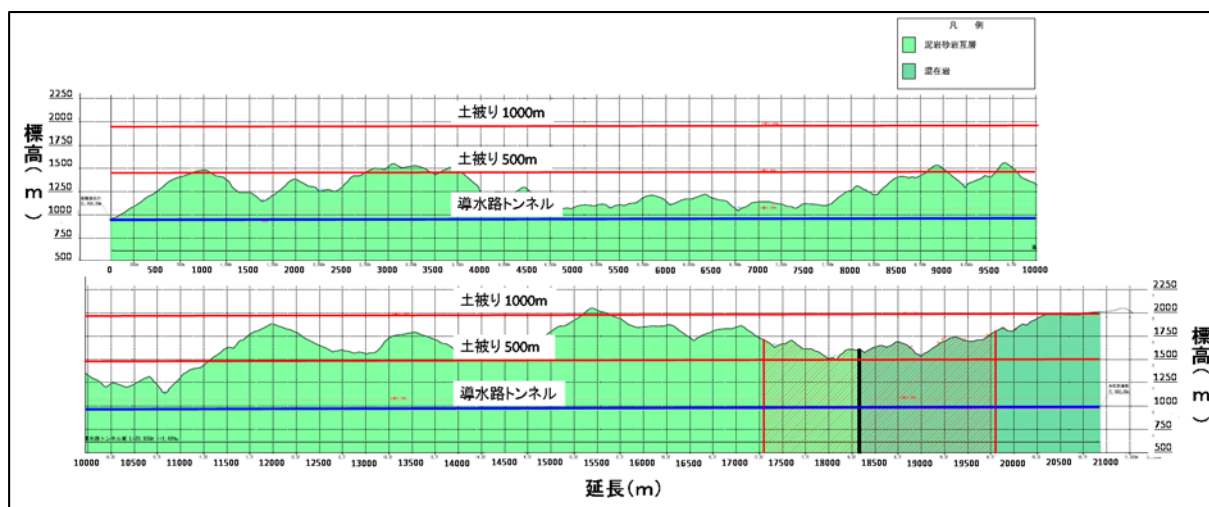


図 9-6 地質縦断図

- ・シームレス地質図では、山梨県との県境付近には、井川－大唐松山断層が明記されています。
- ・井川－大唐松山断層に伴う脆い地質の範囲がどの程度東西方向に広がっているか詳細が分からないため、平面図では、断層を含み約800mの幅で表現しております。
- ・シームレス地質図（図9-5）では、県境付近へ導水路トンネルを取付けるためには、井川－大唐松山断層を南北方向に平行して掘削する必要があります。
- ・縦断図（図9-6）で見ると、坑口0kmから4km付近と11km付近から到達部20km付近までの区間約13kmにおいて、土被りが500m以上の大土被りとなり、長大なトンネルを掘削することは、技術的にも難しいと考えています。