

令和 2 年度

鳥海ダム本体実施設計業務

報 告 書

令和 4 年 3 月

 株式
会社 建設技術研究所

3.2 基礎処理工（リムグラウチングトンネル）

3.2.1 配置設計

左右岸のリム部は、カーテングラウチングの範囲が地山の深くまで位置することから、リムグラウチングトンネルを設けることとした。

ここでは、リムグラウチングトンネルの設計を行う。

(1) カーテングラウチング改良範囲

カーテングラウチングの左右岸リム部の改良範囲を以下に示す。

① 左岸袖部（図 3.2.2 参照）

- ・ 左岸袖部の止水ラインの平面線形は、図 3.2.1 に示すように堤体左岸端部から地下水コンターの高標高部へ向けた線形とする。
- ・ 左右岸方向の改良範囲は、高透水である AB2 が広く分布するため、サーチャージ水位と地下水位との交点までとし、5m 程度の余裕を見込み、Y-20 までの範囲とする。

② 右岸袖部（図 3.2.3 参照）

- ・ 右岸袖部の止水ラインの平面線形は、図 3.2.1 に示すように、堤体右岸端部から地下水コンターの高標高部へ向けた線形とし、X360 測線に沿うものとした。
- ・ 左右岸方向の改良範囲は、サーチャージ水位付近までの地下水位の高まりから難透水と考えられる、TB(2)が確認されるまでとする。この際、AB1 の境界部より 5m 程度の範囲において貫入の影響により風化などの影響が見られ高透水となっていることから、AB1 との境界より 5m の範囲とサーチャージ水位とが交わる範囲をカバーするよう設定する。

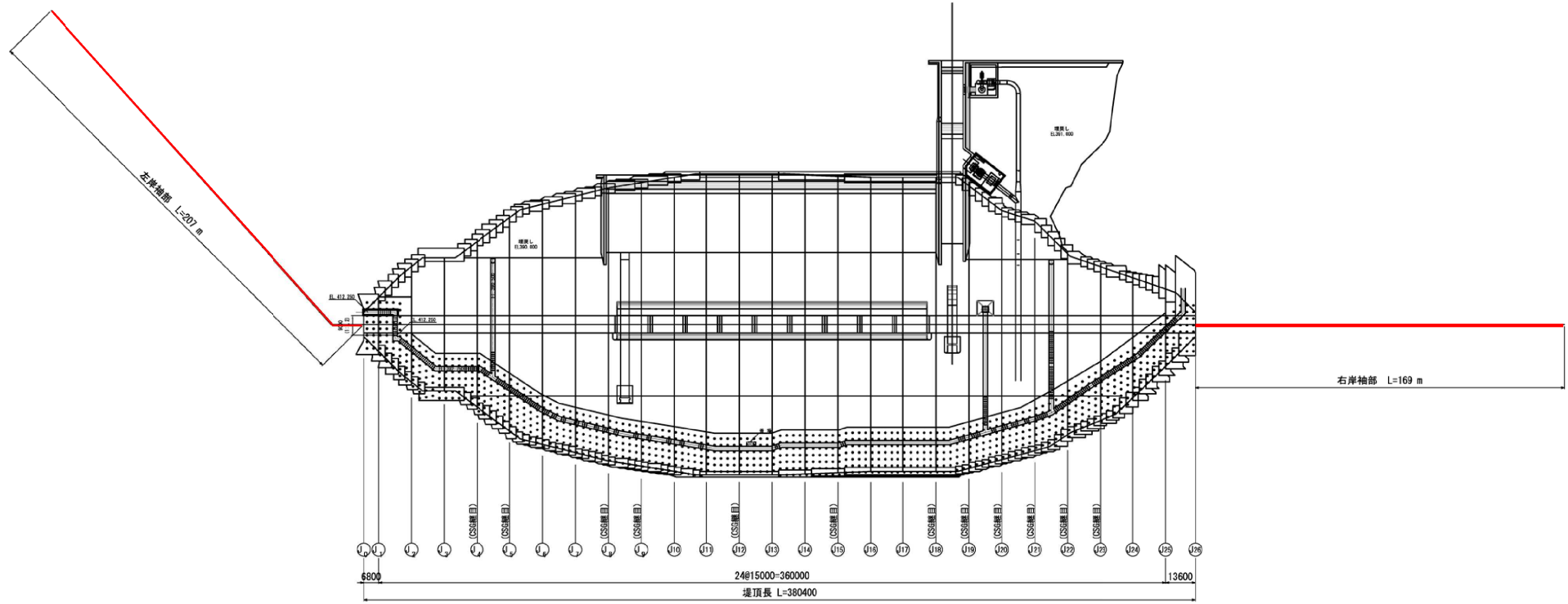


図 3.2.1 止水ライン平面図

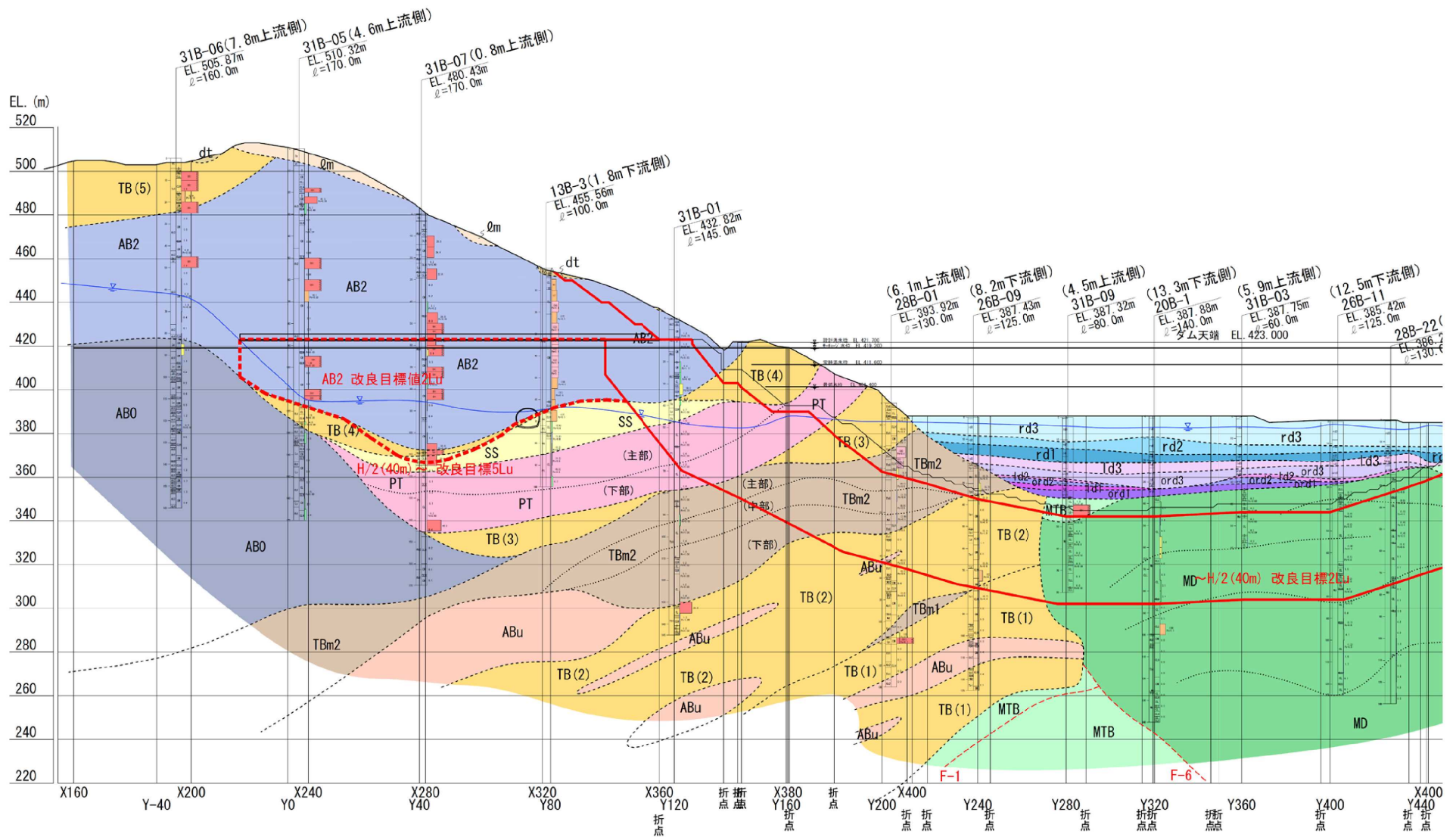


図 3.2.2 堤敷周辺の難透水岩盤と断層の位置関係

※令和2年度鳥海ダム堤体施設設計業務より

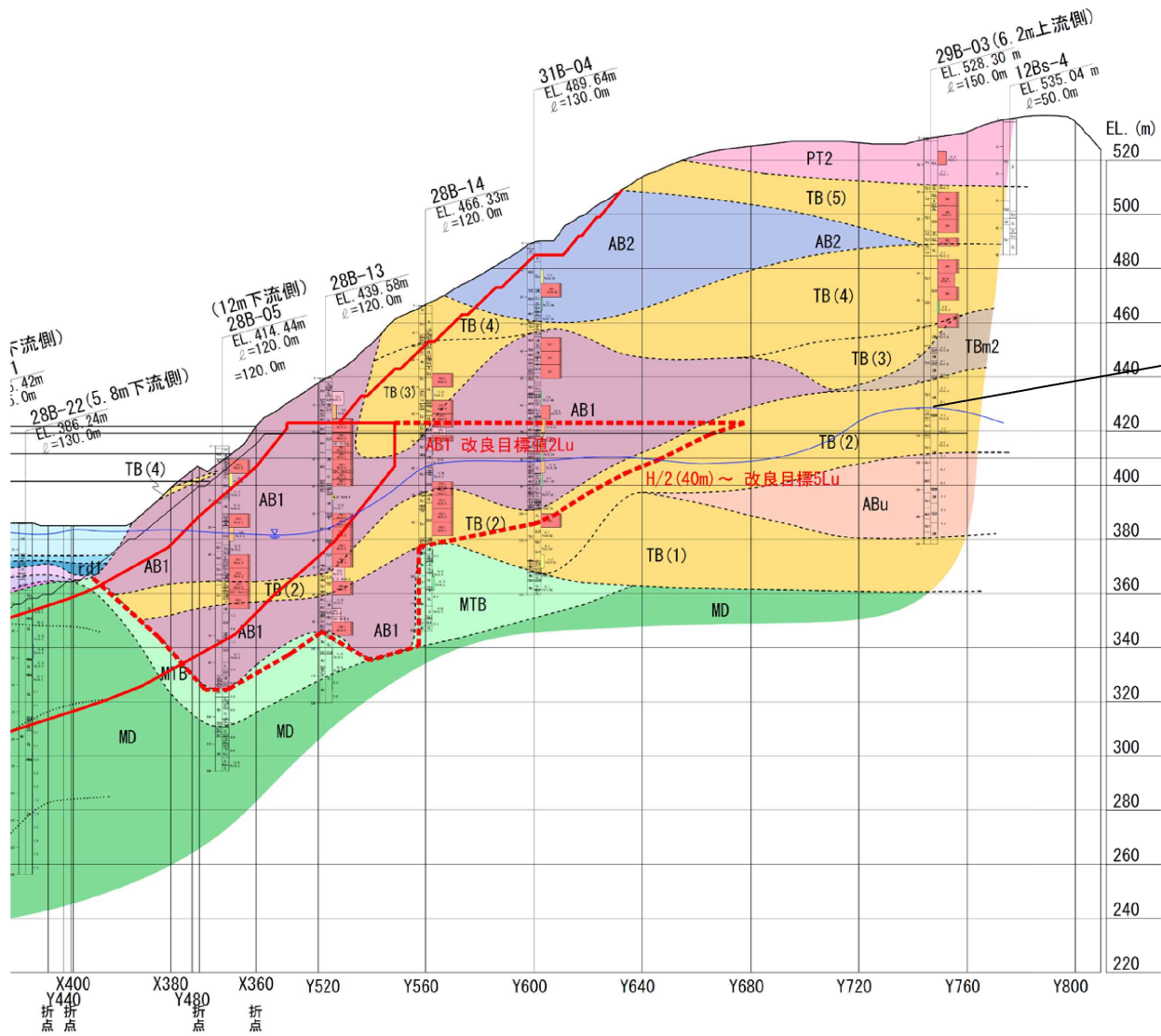


図 3.2.3 右岸側の止水ライン

夏季以外は、概ねサーチャージ水位上位の標高 428m 付近で安定する (29B-03 孔)。

凡例

<地質区分>

地質時代	地質区分	記号
第四紀	ローム	Ro
	崖堆積物	dt
	現河床堆積物 (粒径200m以上)	rd3
	現河床堆積物 (粒径200m以下)	rd2
	現河床堆積物 (粒径100m以下)	rd1
	現河床堆積物 (実質)	rd(m)
	現河床堆積物 (砂質)	rd(s)
	湖成堆積物	ld3
	旧河床堆積物	or3
	湖成堆積物	ld2
旧河床堆積物	or2	
湖成堆積物	ld1	
旧河床堆積物	or1	
第三紀	サイト	DA
	変成岩	AB
	軽石凝灰岩	PT2
	凝灰角礫岩	TB(5)
	自凝砕岩	AB2
	自凝砕岩	AB1
	凝灰角礫岩(4)	TB(4)
	凝灰角礫岩(3)	TB(3)
	含シルト凝灰岩	TBm2
	軽石質砂岩	SS
第二紀	軽石凝灰岩角礫岩	PT
	凝灰角礫岩	TB(4)
	含シルト凝灰岩	TB(4)
	凝灰角礫岩	TB(3)
	自凝砕岩	AB0
	含シルト凝灰岩	TBm1
	凝灰角礫岩(2)	TB(2)
	含シルト凝灰岩	TBm1
	凝灰角礫岩(1)	ABu
	凝灰角礫岩(0)	TB(1)
第一紀	凝灰角礫岩	TB(0)
	凝在層 (シルト岩主体)	MTB
山麓	シルト岩	MD

<ルジオン値区分>

- Lu ≤ 2
- 2 < Lu ≤ 5
- 5 < Lu ≤ 10
- 10 < Lu ≤ 20
- Lu > 20

地質境界 (断層) / 断層 (推定) / 地下水位

<柱状図>

深度 (m) / 孔番号 / 孔口標高 (EL. m) / 掘削長さ / 換算ルジオン値 (FC: 標準圧力 / Pm: 最高圧力) / 凡例参照 / 寄附区分 / 別相区分 (0.3m以下の地圧部 / 凡例参照)

<層相区分>

層相区分	記号	層相区分	記号
粘土	La	湖成堆積物	Ld
ローム	Ro	自凝砕岩	AB0
崖堆積物	dt	自凝砕岩	AB1
現河床堆積物	rd3	自凝砕岩	AB2
現河床堆積物	rd2	自凝砕岩	AB3
現河床堆積物	rd1	自凝砕岩	AB4
現河床堆積物 (実質)	rd(m)	軽石質砂岩	SS
現河床堆積物 (砂質)	rd(s)	軽石凝灰岩	PT
湖成堆積物	ld3	凝灰角礫岩	TB(0)
旧河床堆積物	or3	凝灰角礫岩	TB(1)
湖成堆積物	ld2	凝灰角礫岩	TB(2)
旧河床堆積物	or2	凝灰角礫岩	TB(3)
湖成堆積物	ld1	凝灰角礫岩	TB(4)
旧河床堆積物	or1	凝灰角礫岩	TB(5)
湖成堆積物	ld0	凝灰角礫岩	TB(6)

※令和2年度鳥海ダム堤体施設設計業務より

(2) リムグラウチングトンネルの配置

カーテングラウチングの改良範囲とダム犬端の掘削線より、リムグラウチングトンネルの設置範囲は以下とする。

1) 左岸リムグラウチングトンネル

左岸リムグラウチングトンネルは、止水ラインに合わせダム軸から下流側に 48° の角度で配置する。延長は 193.0m とする。なお、トンネル延長は今後の基礎処理工計画により見直しを行う必要がある。

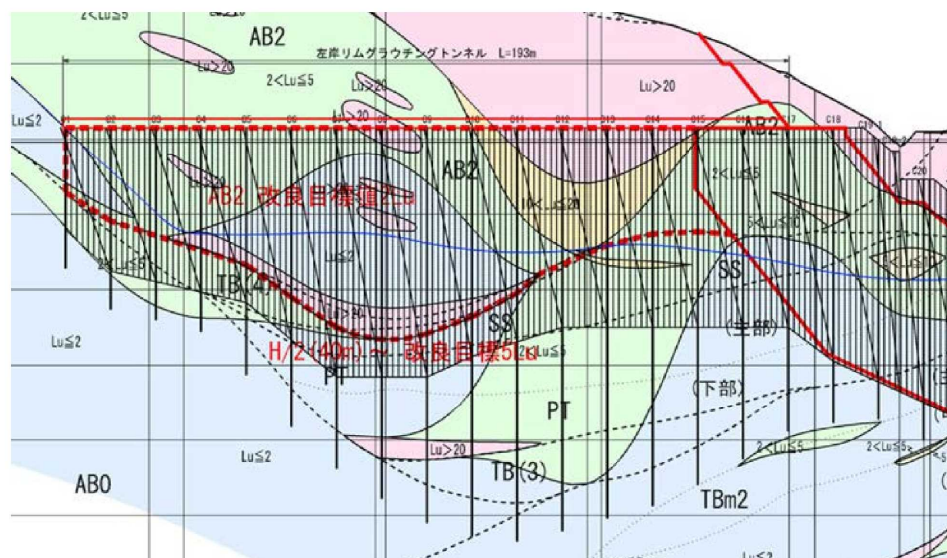


図 3.2.4 左岸リムグラウチングトンネル配置図

2) 右岸リムグラウチングトンネル

ダム軸延長線上に配置する。延長は153.0mとする。

なお、トンネル延長は今後の基礎処理工計画により見直しを行う必要がある。

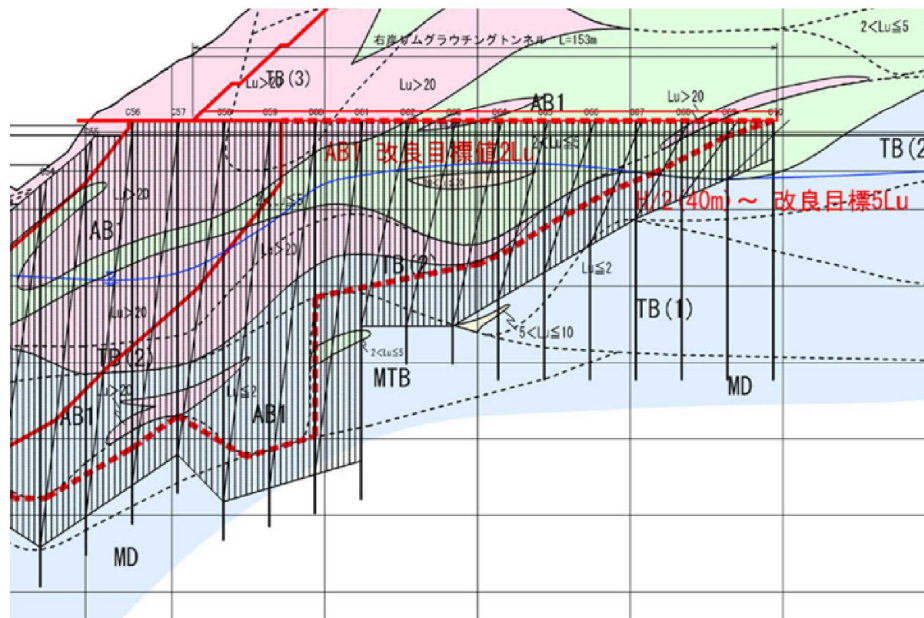


図 3.2.5 右岸リムグラウチングトンネル配置図

(3) リム部の地山区分設定

リム部トンネル区間については、トンネル沿いでボーリングは実施されているものの、トンネル調査で通常実施される弾性波探査は実施されていない。

リムトンネルの地山区分を行うにあたっては、ボーリングの他、既往で実施されている仮排水トンネル沿いの弾性波探査実績をもとに推定した。なお、弾性波探査自体は、令和3年に右岸側の管理用道路トンネル予定位置でも実施されているが、以下の理由により、仮排水トンネルの情報を参照している。

- ・リムトンネル区間を通過している。
- ・リムトンネルの最大土被り圧は左岸側で約 90m、右岸側で約 100m であるが、このような深度で実施した弾性波探査は現ダムサイトでは仮排水トンネルに限られる。

仮排水トンネルで実施された弾性波探査の結果については、図 3.2.6 に示すとおりであり、リムトンネルの深度 (EL.423m) における弾性波速度は、1.0~2.0km/s である (仮排水トンネルのルートは調査当時から吐口側で変更されているが、交差箇所では調査当時と同じである)。

また、図 3.2.7 にリムトンネルの平面位置、図 3.2.8 および図 3.2.9 にリムトンネル沿いの地質区分図を示す。

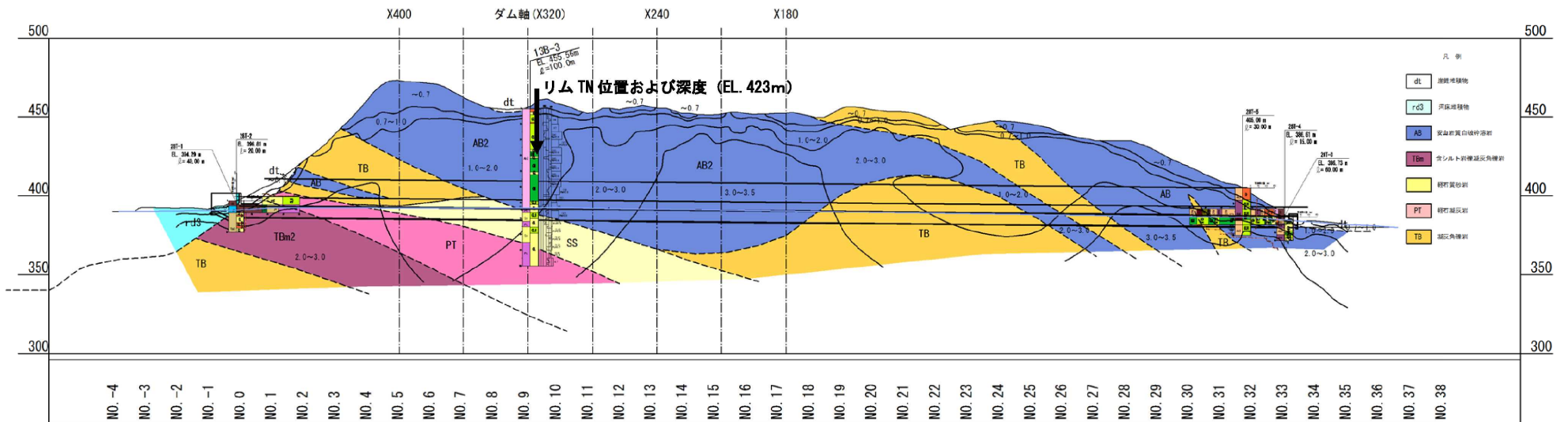
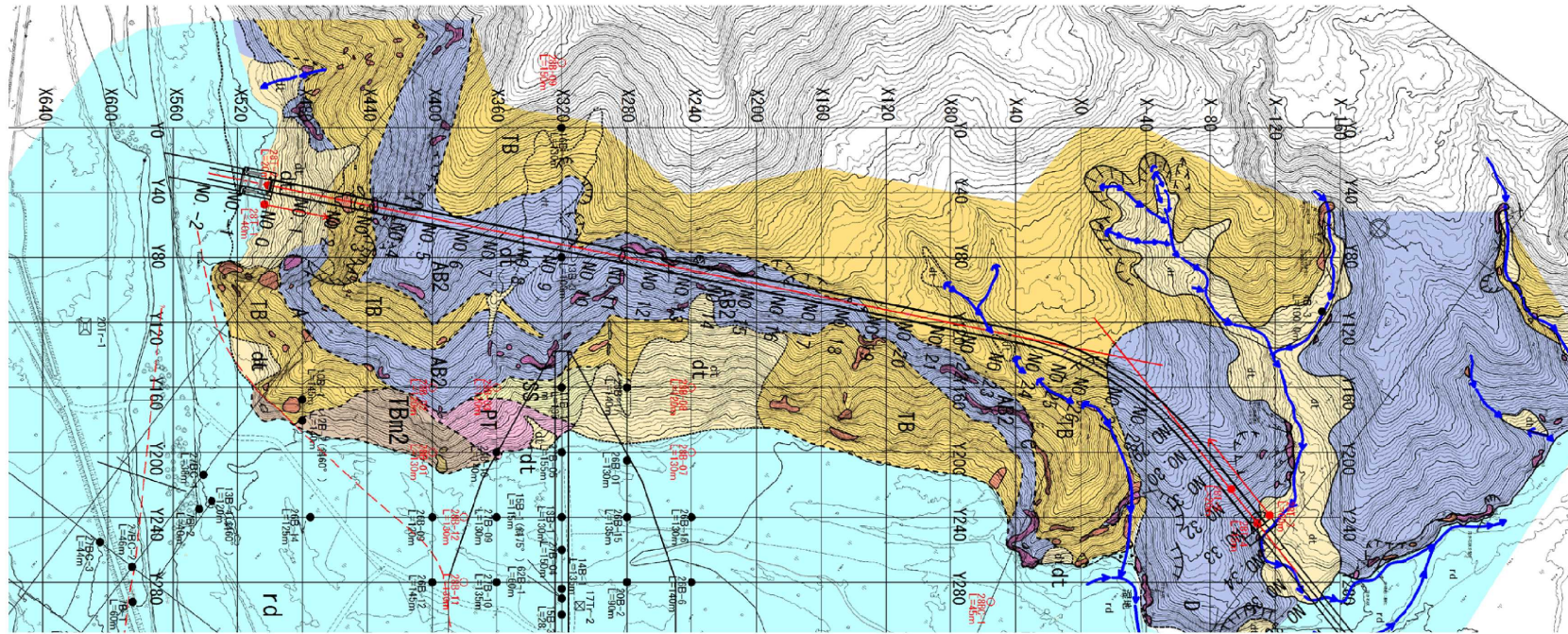


図 3.2.6 仮排水トンネル沿いの地質分布および弾性波速度 (平成 28 年度 鳥海ダム転流工地質調査 報告書より引用)

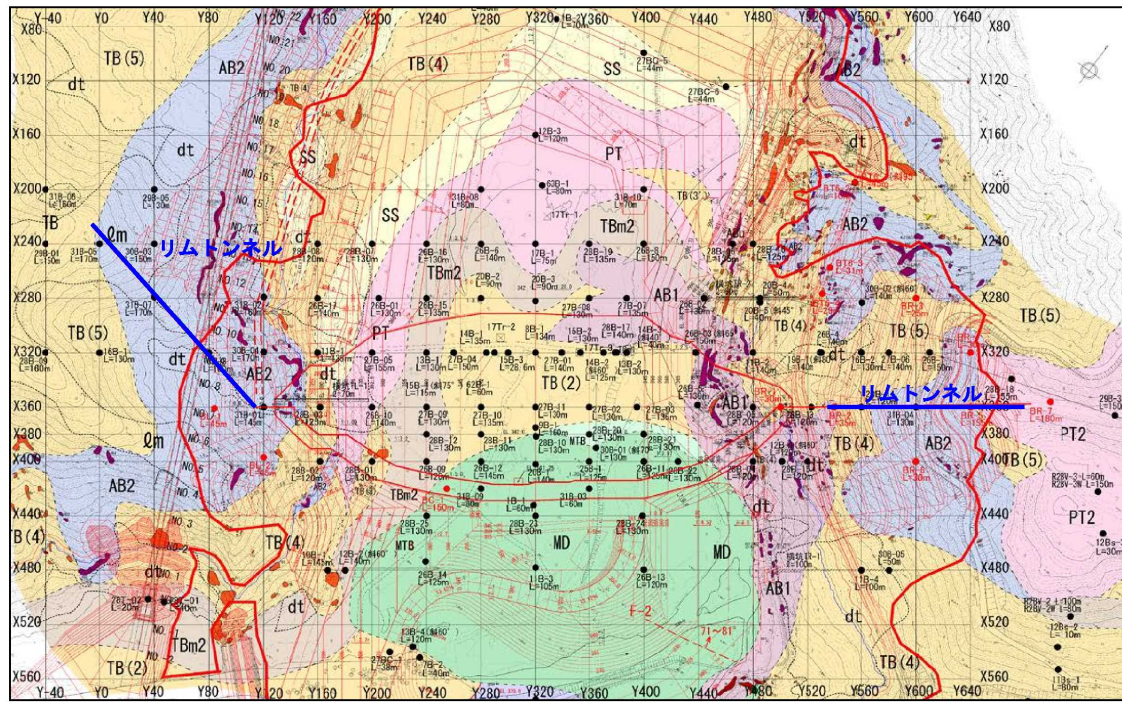


図 3.2.7 リムトンネル位置 (縮尺 1:4,000)

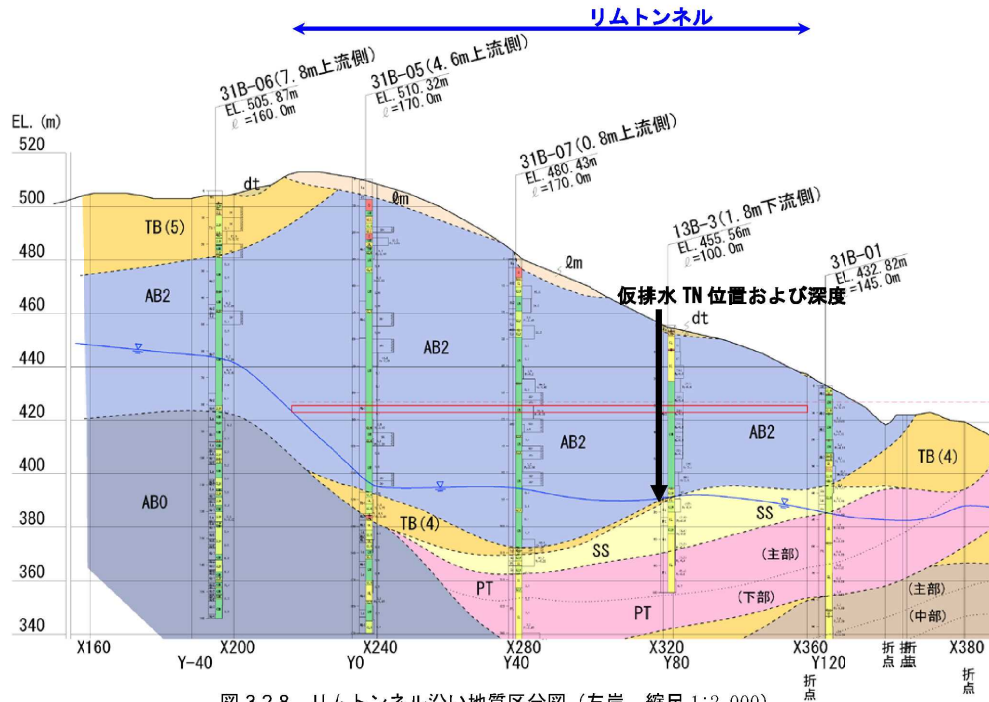


図 3.2.8 リムトンネル沿い地質区分図 (左岸 縮尺 1:2,000)

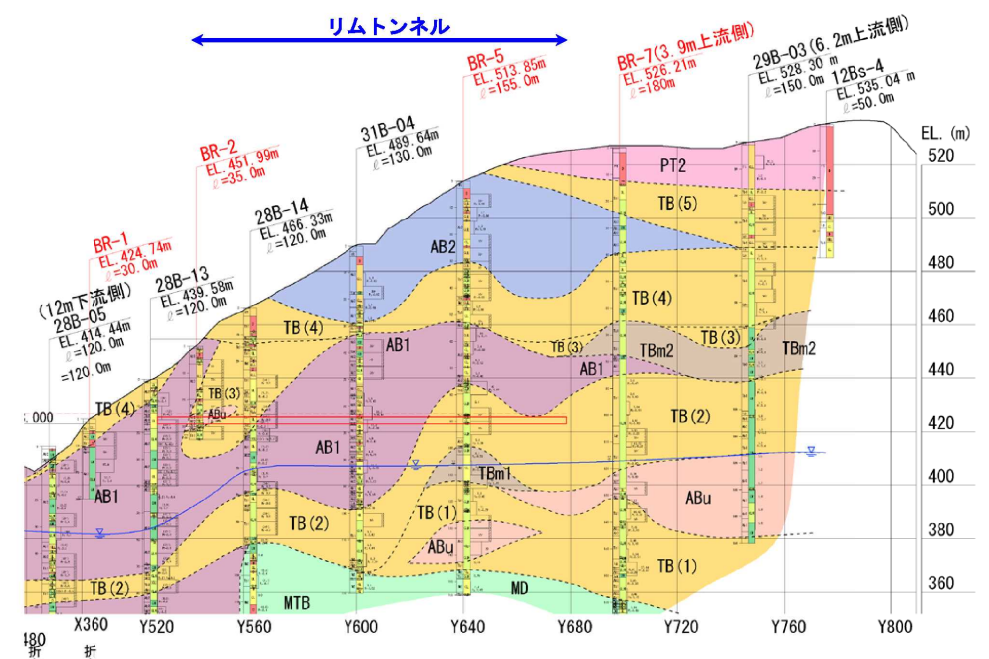


図 3.2.9 リムトンネル沿い地質区分図 (右岸 縮尺 1:2,000)

地山分類に使用する基準は、「道路トンネル技術基準（構造編）、同解説（平成 15 年 11 月）」による地表分類表（表 3.2.2：次頁）を使用した。

地山分類表における岩盤は、岩盤の初生的性質を反映した新鮮な状態での強度と、その後の劣化の特徴から、①硬質塊状岩盤、②中硬質・軟質塊状岩盤、③中硬質層状岩盤、④軟質層状岩盤の、4つの岩石グループに区分されている（表 3.2.1）。

本調査地に分布する地質のうち、リムトンネル部に分布する百宅火山岩類は、新第三系中新統にあたり、自破砕安山岩溶岩、凝灰質砂岩、軽石凝灰岩および凝灰角礫岩よりなるが、安山岩以外は一軸圧縮強度が 20N/mm² 以下であるため凝灰角礫岩を軟質岩（L）のグループとした。すなわち L 塊状となる（②の右側）。一方、安山岩は一軸圧縮強度が 20N/mm² を超えるため、中硬質岩（M）のグループとし、M塊状となる。

この地山分類表では、定量的な指標として、a)弾性波速度、b)コアの状態・RQD、c)地山強度比を用いる。また、定性的な指標としては、ア)地山の状態、イ)トンネル掘削の状況を用いるが、これらは主にトンネル施工時の判定基準である。

表 3.2.1 地山分類表における岩石グループ

		岩盤の初生的性質を反映した新鮮な状態での強度の区分		
		H(硬質岩) 80 N/mm ² 以上	M(中硬質岩) 20~80 N/mm ²	L(軟質岩) 20 N/mm ² 以下
劣化のしかたによる区分	塊状岩盤	はんれい岩, かんらん岩 閃緑岩 花崗閃緑岩 花崗岩 石英斑岩, 輝緑岩 花崗斑岩 ホルンフェルス 角閃石岩 ----- 中・古生層砂岩 石灰岩, チャート(珪岩) 片麻岩	安山岩 玄武岩, 輝緑凝灰岩 石英安山岩 流紋岩 ひん岩 ----- 第三紀層砂岩, 礫岩	蛇紋岩 凝灰岩 凝灰角礫岩
	層状岩盤		粘板岩 中・古生層頁岩	千枚岩 黒色片岩, 石炭片岩 緑色片岩 ----- 第三紀層泥岩

注) ----- は、主に弾性波速度の違いによる分類を示し、分類されたグループは、の代表岩種名欄のグループに対応する。

 計画トンネルに分布する岩石

出典：「道路トンネル技術基準（構造編）・同解析」（平成 15 年 11 月）

表 3.2.2 地山分類表

地山等級	岩石グループ	代表岩石名	弾性波速度Vp(km/s)					地山の状態			コアの状態、RQD(%)	地山強度比	トンネル掘削の状況
			1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	岩質、水による影響	不連続面の間隔	不連続面の状態			
B	H塊状	花崗岩、花崗閃緑岩、石英斑岩、ホルンフェルス						<ul style="list-style-type: none"> ・新鮮で堅硬または、多少の風化変質の傾向がある。 ・水による劣化はない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・節理の間隔は平均的に50cm程度。 ・層理、片理の影響が認められるがトンネル掘削に対する影響は小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・不連続面に鏡肌や挟在粘土がほとんどみられない。 ・不連続面は概ね密着している。 	コアの形状は岩片状～短柱状～棒状を示す。 コアの長さが概ね10cm～20cmであるが、5cm前後のものもみられる。 RQDは70以上。	-	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて非常に大きい。 不連続面の状態も良好でトンネル掘削によるゆるみはほとんど生じない。 掘削壁面から部分的に肌落ちする場合もある。切羽は自立する。 掘削幅10m程度のトンネルでは、掘削にともなう内空変位は15mm以下の微小な弾性変形にとどまる。
		中古生層砂岩、チャート											
	M塊状	安山岩、玄武岩、流紋岩、石英安山岩											
		第三紀砂岩、礫岩											
	L塊状	蛇紋岩、凝灰岩、凝灰角礫岩											
	M層状	粘板岩、中古生層頁岩											
L層状	黒色片岩、緑色片岩 第三紀層泥岩												
C I	H塊状	花崗岩、花崗閃緑岩、石英斑岩、ホルンフェルス						<ul style="list-style-type: none"> ・比較的新鮮で堅硬または、多少の風化変質の傾向がある。 ・固結度の比較的良好な軟岩。 ・水による劣化はない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・節理の間隔は平均的に30cm程度。 ・層理、片理が顕著でトンネル掘削に影響を与えるもの。 	<ul style="list-style-type: none"> ・不連続面に鏡肌や挟在粘土がごく一部みられる。 ・不連続面は部分的に開口しているが開口幅は小さい。 	コアの長さが概ね5cm～20cmであるが、5cm以下のものもみられる。 RQDは40～70。	-	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きい。 不連続面の状態も比較的良好でトンネル掘削による緩みは部分的なものにとどまる。比較的前よりやすい不連続面に沿って、局部的に抜け落ちる場合もある。切羽は自立する。 掘削幅10m程度のトンネルでは、掘削にともなう内空変位は15～20mm程度以下の小さな弾性変位にとどまる。
		中古生層砂岩、チャート											
	M塊状	安山岩、玄武岩、流紋岩、石英安山岩											
		第三紀砂岩、礫岩											
	L塊状	蛇紋岩、凝灰岩、凝灰角礫岩											
	M層状	粘板岩、中古生層頁岩											
L層状	黒色片岩、緑色片岩 第三紀層泥岩												
C II	H塊状	花崗岩、花崗閃緑岩、石英斑岩、ホルンフェルス						<ul style="list-style-type: none"> ・比較的新鮮で堅硬または、多少の風化変質の傾向がある。 ・風化・変質作用により岩質は多少軟化している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・節理の間隔は平均的に20cm程度。 ・層理、片理が顕著でトンネル掘削に影響を与えるもの。 	<ul style="list-style-type: none"> ・不連続面に鏡肌や薄い挟在粘土が部分的にみられる。 ・不連続面が開口しており、開口幅も比較的大きくなる。 ・幅の狭い小断層を挟むもの。 	コアの長さが10cm以下のものが多く、5cm以下の細片が多量に取れる状態のもの。 RQDは10～40。	-	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べてあまり大きくはないが、概ね弾性変形をとどめる程度である。 岩石の強度は大きくても不連続面の状態が悪く、掘削によりやすい不連続面に沿って岩塊が落下しようとしてゆるみが大きくなる。 切羽はほぼ自立する。 掘削にともなう内空変位は、岩石の強度が作用する荷重に比べて小さい場合には、掘削幅10m程度のトンネルで弾塑性境界である30mm程度発生するが、2D離れるまでにほぼ収束する。
		中古生層砂岩、チャート											
	M塊状	安山岩、玄武岩、流紋岩、石英安山岩											
		第三紀砂岩、礫岩											
	L塊状	蛇紋岩、凝灰岩、凝灰角礫岩											
	M層状	粘板岩、中古生層頁岩											
L層状	黒色片岩、緑色片岩 第三紀層泥岩												
D I	H塊状	花崗岩、花崗閃緑岩、石英斑岩、ホルンフェルス						<ul style="list-style-type: none"> ・岩質は多少硬い部分もあるが、全体的に強い風化・変質を受けたもの。 ・層理、片理が非常に顕著なもの。 ・不連続面の間隔は平均的に10cm以下で、その多くは開口している。 ・不連続面の開口も大きく鏡肌や粘土を挟むことが多い。 ・小規模な断層を挟むもの。 ・転石を多く混じえた土砂、崖錐など。 ・水により劣化や緩みが著しい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・不連続面に鏡肌や薄い挟在粘土が部分的にみられる。 ・不連続面が開口しており、開口幅も比較的大きくなる。 ・幅の狭い小断層を挟むもの。 	コアは細片状となる。時には、角礫混じり砂状あるいは粘土状となるもの。 RQDは10程度以下	4～2	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きくなく、弾性変形とともに一部塑性変形を生ずる。 岩石の強度は弾性変形をとどめるに足りるほど大きくても、不連続面の状態が非常に悪く、掘削により多くのすべりやすい不連続面に沿って地山の緩みが拡大する。切羽の自立が悪く、地山条件によってはリングカットや鏡吹きを必要とする。 掘削にともなう内空変位は、岩石の強度が作用する荷重に比べて小さい場合には、インバートで早期に閉合しないならば、掘削幅10m程度のトンネルで30～60mm程度発生し、切羽が2D離れても収束しないことが多い。	
		中古生層砂岩、チャート											
	M塊状	安山岩、玄武岩、流紋岩、石英安山岩											
		第三紀砂岩、礫岩											
	L塊状	蛇紋岩、凝灰岩、凝灰角礫岩											
	M層状	粘板岩、中古生層頁岩											
L層状	黒色片岩、緑色片岩 第三紀層泥岩												
D II	H塊状	花崗岩、花崗閃緑岩、石英斑岩、ホルンフェルス						<ul style="list-style-type: none"> ・岩質は多少硬い部分もあるが、全体的に強い風化・変質を受けたもの。 ・層理、片理が非常に顕著なもの。 ・不連続面の間隔は平均的に10cm以下で、その多くは開口している。 ・不連続面の開口も大きく鏡肌や粘土を挟むことが多い。 ・小規模な断層を挟むもの。 ・転石を多く混じえた土砂、崖錐など。 ・水により劣化や緩みが著しい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・不連続面に鏡肌や薄い挟在粘土が部分的にみられる。 ・不連続面が開口しており、開口幅も比較的大きくなる。 ・幅の狭い小断層を挟むもの。 	コアは細片状となる。時には、角礫混じり砂状あるいは粘土状となるもの。 RQDは10程度以下	2～1	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて小さく、弾性変形とともに大きな塑性変形を生ずる。 岩石の強度が小さいことに加えて、不連続面の状態も非常に悪く、掘削により多くのすべりやすい不連続面に沿って地山の緩みが拡大し変位も大きくなる。切羽の自立が悪く、地山条件によってはリングカットや鏡吹きを必要とする。 掘削にともなう内空変位は、インバートで早期に閉合しないならば、掘削幅10m程度のトンネルで60～200mm程度発生し、切羽が2D離れても収束しない。	
		中古生層砂岩、チャート											
	M塊状	安山岩、玄武岩、流紋岩、石英安山岩											
		第三紀砂岩、礫岩											
	L塊状	蛇紋岩、凝灰岩、凝灰角礫岩											
	M層状	粘板岩、中古生層頁岩											
L層状	黒色片岩、緑色片岩 第三紀層泥岩												

注1) 本分類にあてはまらないほど地山が良好なものを地山等級A、劣悪なもの(掘削幅10m程度で内空変位200mm以上)を地山等級Eとする。

注2) H、M、Lの区分: 岩石の初生的な新鮮な状態での強度により、一軸圧縮強度で次のように区分する。

$$H: qu \geq 80N/mm^2 \quad M: 20N/mm^2 \leq qu < 80N/mm^2 \quad L: qu < 20N/mm^2$$

注3) 塊状、層状の区分 塊状: 節理面が支配的な不連続面となるもの。 層状: 層理面あるいは片理面が支配的な不連続面となるもの。

注4) 内空変位とは、トンネル施工中に実際に計測されるトンネル壁面間距離の変化で、掘削以前に変位したものは含まれない。

注5) ゆるみとは、土圧によって閉鎖されていた岩盤中の不連続面が、トンネル掘削により応力を開放することで開口し、それに沿って岩塊が重力により落下しようとすることをいう。

注6) 岩石の強度とは、割れ目の影響を受けない岩石の強度のことをいう。

1) 弾性波速度

表 3.2.2 に基づき、仮排水トンネルでは分布する地質の弾性波速度と地山等級との関係を表 3.2.3 のとおり整理している。各地山等級の弾性波速度値にはやや幅がある。この点については、コア状況 (RQD) も参照して地山分類を行うこととした。

表 3.2.3 弾性波速度 (km/s) による判定

岩石グループ 地山等級	M 塊状	L 塊状
	自破碎安山岩	凝灰質砂岩 軽石凝灰岩 凝灰角礫岩
B	—	—
C I	—	—
C II	3.0~3.5	—
D I	2.0~3.0	2.0~3.0
D II	1.0~2.0	1.0~2.0

注) 表 3.2.2 をもとに整理

なお、弾性波速度は、不連続面を反映した岩盤の力学的性状を広い範囲にわたって把握できるが、弾性波速度を評価する場合には以下に留意する必要がある。

- ・ 頁岩、粘板岩、片岩などで褶曲による初期地圧が潜在する場合、あるいは微細な亀裂が多く施工時にゆるみやすい場合には、実際の地山等級よりも事前の弾性波速度によるものが良好に評価されることがある。
- ・ 弾性波速度および地山強度比の値が各地山等級間の境界となるデータについては、地形的特性、地質状態などにより工学的に判定する。
- ・ トンネル計画高より上部 1.5D (D はトンネル掘削幅) 程度の範囲が複数の速度層からなる場合は、弾性波速度分布図におけるトンネル計画高の速度層より上層 (速度の遅い層) の速度を採用する方が望ましいとされている。

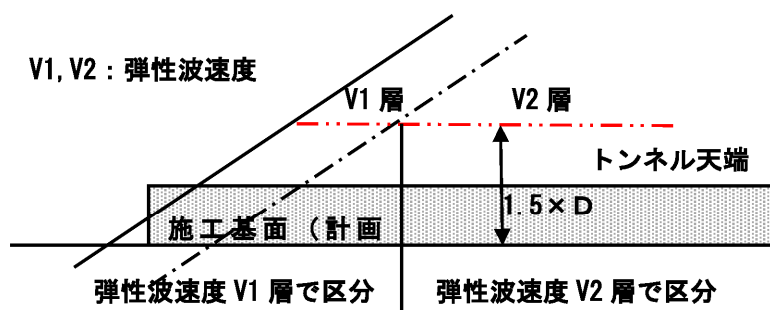


図 3.2.10 複数の速度層からなる場合の弾性波速度の評価

- ・ 土被りの小さい所では地質が比較的悪く、地質区分の変化も著しいことが多いため、測量誤差（航測図化図、実測図、弾性波探査測量図）や物理探査の解析誤差が地質区分の判定に大きな影響を与えるので、特に注意を払う必要がある。
- ・ 施工中に坑内弾性波速度が得られた場合には、地山等級の確認を行い、必要があれば当初設計の変更を行う資料とする。

2) ボーリングコアの状態

ボーリングコアをもとに、風化変質状況や岩片の強度、不連続面の状態、間隔などの判定を行った。

判定指標としてコア採取率やRQD（Rock Quality Designation）があるが、ボーリング掘削技術の向上により劣化した岩盤でも棒状コアが採取されるなど、コア採取率やRQDと岩盤状況が必ずしも対応しないこと、軟岩地山では割れ目が少なく、岩盤等級を過大に評価する可能性が高いためRQDは、参考程度とした。転流工トンネルでは通過範囲のボーリングでは、RQDは70以上を主としていた。ただし、右岸側のリムトンネル区間は後述するように、全般に岩盤状況が悪く表3.2.4では、D I相当となる。

表 3.2.4 RQDによる判定基準

地山等級	RQD(%)	コアの状態
B	70以上	コアの長さが概ね10～20cmであるが、5cm前後のものもみられる。
C I	40～70	コアの長さが概ね5～20cmであるが、5cm以下のものもみられる。
C II	10～40	コアの長さが10cm以下のものが多く、5cm以下の細片が多量にとれる状態のもの。
D I, D II	10程度以下	コアは細片状となる。時には角礫混じり砂状あるいは粘土状となるもの。

注) 表 3.2.2をもとに整理

3) 地山強度比

地山強度比は、軟岩地山におけるトンネル掘削時の押し出し性の判定指標として提案されたものである。地山強度比による判定基準を表 3.2.5 に示す。ただし、リムトンネル区間では地山強度比は4以上となる。

表 3.2.5 地山強度比による判定基準

地山等級	C II	D I	D II
地山強度比	4以上	4～2	2～1
地圧の性質	地圧が小さい～ほとんどないと推定される。	軽度の押し出し性～地圧が大きいと推定される。	押し出し性～膨張性地山

注) 表 3.2.2をもとに整理

前頁までに示した基準をもとに、リムトンネル区間の地山分類の検討を行った。

リムトンネル区間のコア状況は図 3.2.11 および図 3.2.12 に示すとおりであり、左岸側は岩盤状況が良好であるのに対し、右岸側は全般に岩盤状況が悪く、RQD も左岸坑奥はほぼ 100 に対し、右岸は坑奥でも 0 となる部分がある。右岸側では透水性も高く、28B-14 孔、BR-5 孔は掘進時に当該箇所でも水位低下が確認されている（左岸側も 31B-07 孔で水位低下有）。

上記の岩盤状況の違いは、地質構造に基づくものと推定される。すなわち、概ね受け盤かつ整層構造の左岸側では岩盤状況は良好であるが、貫入岩である AB1 が分布し、不陸が顕著な右岸側では貫入および旧地形面^{*}の影響で岩盤状況が悪くなっていると推定される。

^{*}不陸がある場合、旧地形では崖を形成していた箇所があったと推定され、その箇所では背後に鋸歯状の開口割れ目が発達する場合がある（後掲する BR-5 孔ではまさにそのような割れ目が確認されている）。

次頁に示すボーリングのうち、弾性波探査と比較ができる孔は、13B-3 孔である。ここでは弾性波探査では 1.0～2.0km/s と評価されている（表 3.2.3 では D II レベル）。一方で、コアでは CM 級（硬軟 B）であり、RQD も 60 程度ある（表 3.2.4 では C I レベル）。この点では、地山区分では 3 段階の差となっている。この点を踏まえて、左岸および右岸の地山等級区分の設定を行った。

○左岸

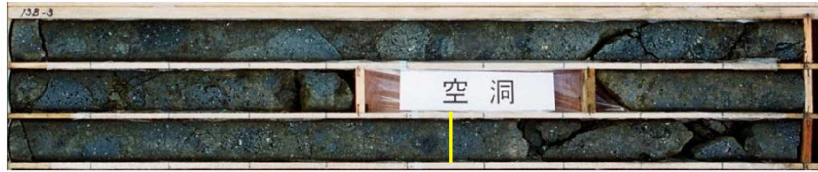
前述したように、13B-3 孔付近では弾性波速度では D II、コアでは C I レベルとなる。一方で地山強度比は 4 を超えていることから、当該位置での地山等級は、硬軟 B 相当となっていることから、コアからは 2 段階下の D I 相当と評価する。一方、坑奥の 2 孔では RQD からは B 相当となるが、13B-3 孔と同様に 2 段階下の評価とし、C II 相当と評価する。その境界は 13B-3 孔と 31B-07 孔の中間部とする。

○右岸

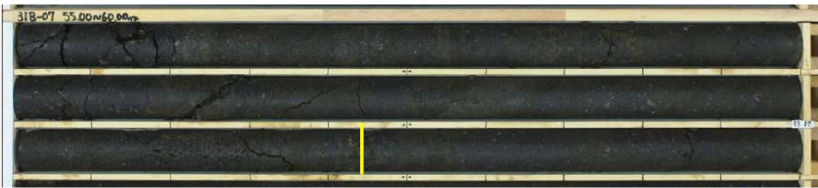
全般にコア状況は悪く、コアの RQD からも D I 以下のレベルである。一方で、地山強度比は各孔位置で 4 を超える。このため、全区間を D I 相当と評価する。

なお、兩岸ともリムトンネル位置で掘削時に水位低下が確認されているため、リムトンネル掘削時に突発湧水が発生する可能性がある。特に右岸側では坑奥の BR-5 孔で水位低下が確認されるため、全区間において突発湧水の可能性があることに留意する必要がある。

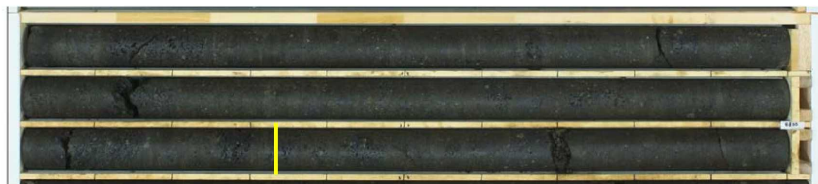
図 3.2.13 および図 3.2.14 図 3.2.9 にリムトンネル区間における岩級区分および地山等級区分等示す。



13B-3 孔 (30~33m) 黄線：計画高位置
 地質：Ab2 (図上の地質区分：AB2)、
 組み合わせ：B II b 岩級：CM RQD：60 程度 Lu=23



31B-07 孔 (55~58m) 黄線：計画高位置
 地質：Ab3 (図上の地質区分：AB2)、
 組み合わせ：B I b 岩級：CM RQD：80 程度 Lu=29.9



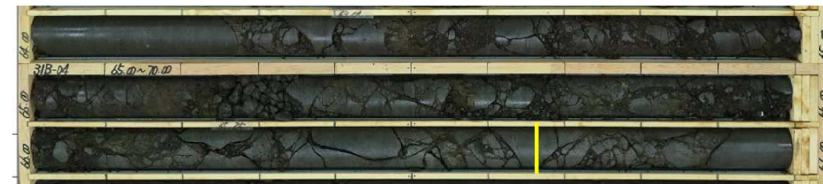
31B-05 孔 (85~88m) 黄線：計画高位置
 地質：Ab3 (図上の地質区分：AB2)、
 組み合わせ：B I b 岩級：CM RQD：ほぼ 100 Lu=0.1



BR-2 孔 (26~30m) 黄線：計画高位置
 地質：Ab2, Ab3, Ab0 (図上の地質区分：ABU)、
 組み合わせ：C' IV または II c 岩級：CLL または CL RQD：概ね 10 以下 Lu=14



28B-14 孔 (40~44m) 黄線：計画高位置
 地質：Tb1, Lp (図上の地質区分：TB(3))、
 組み合わせ：D III b または c および C II b 岩級：CLL または CL および CLH (C II b)
 RQD：概ね 0 だし 42.7m 以深は 60 程度 Lu=50<



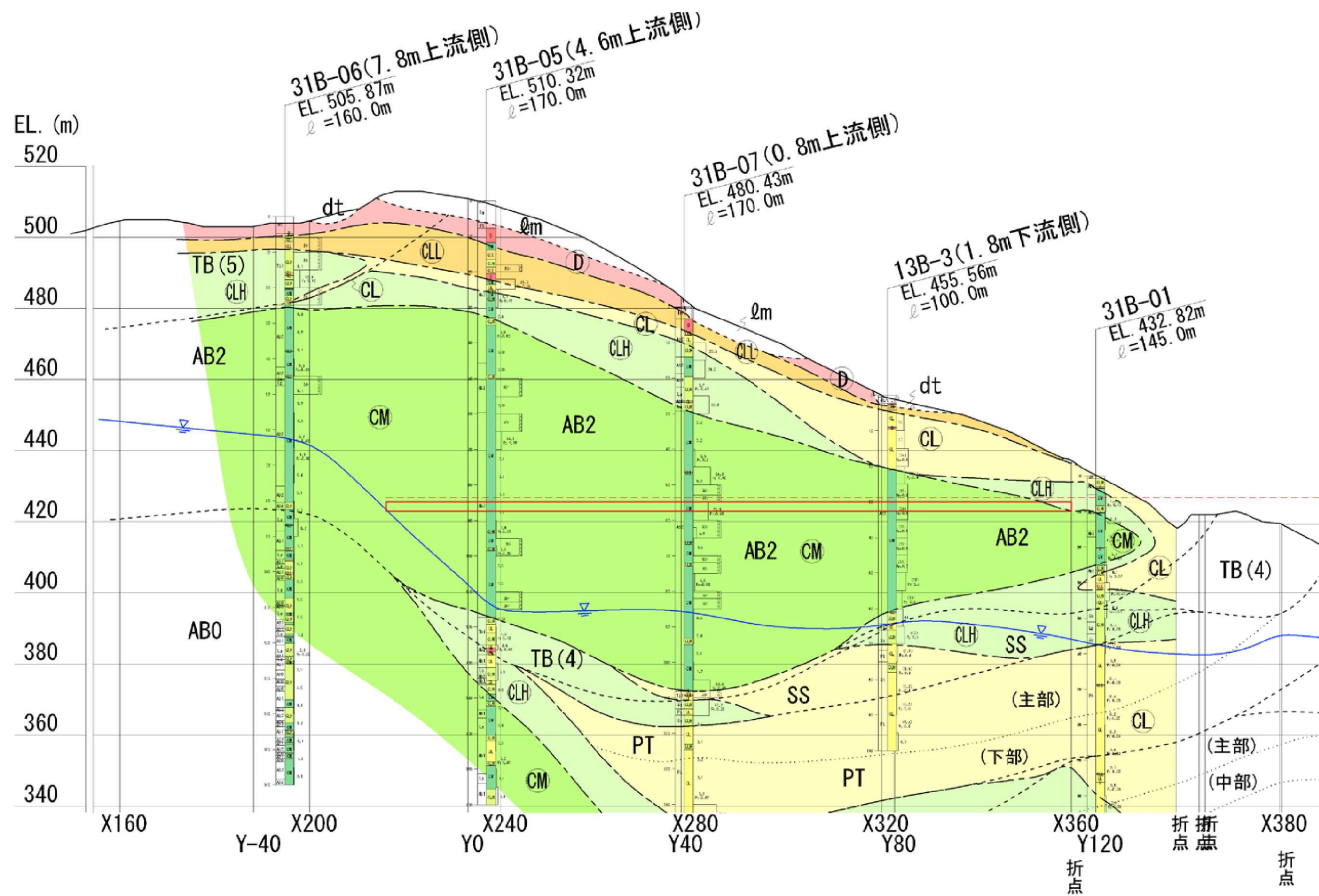
31B-04 孔 (64~67m) 黄線：計画高位置
 地質：Ab1, Ab0 (図上の地質区分：AB1)、
 組み合わせ：C IV または III b 岩級：CLL または CL RQD：概ね 0
 Lu=24.5 (~65m)、11.2 (65m~)



BR-5 孔 (88~91m) 黄線：計画高位置
 地質：Tb1 (図上の地質区分：TB(4))、
 組み合わせ：C II または III b 岩級：CLH または CL RQD：概ね 30~60
 Lu=50< (~90m)、50< (90m~)

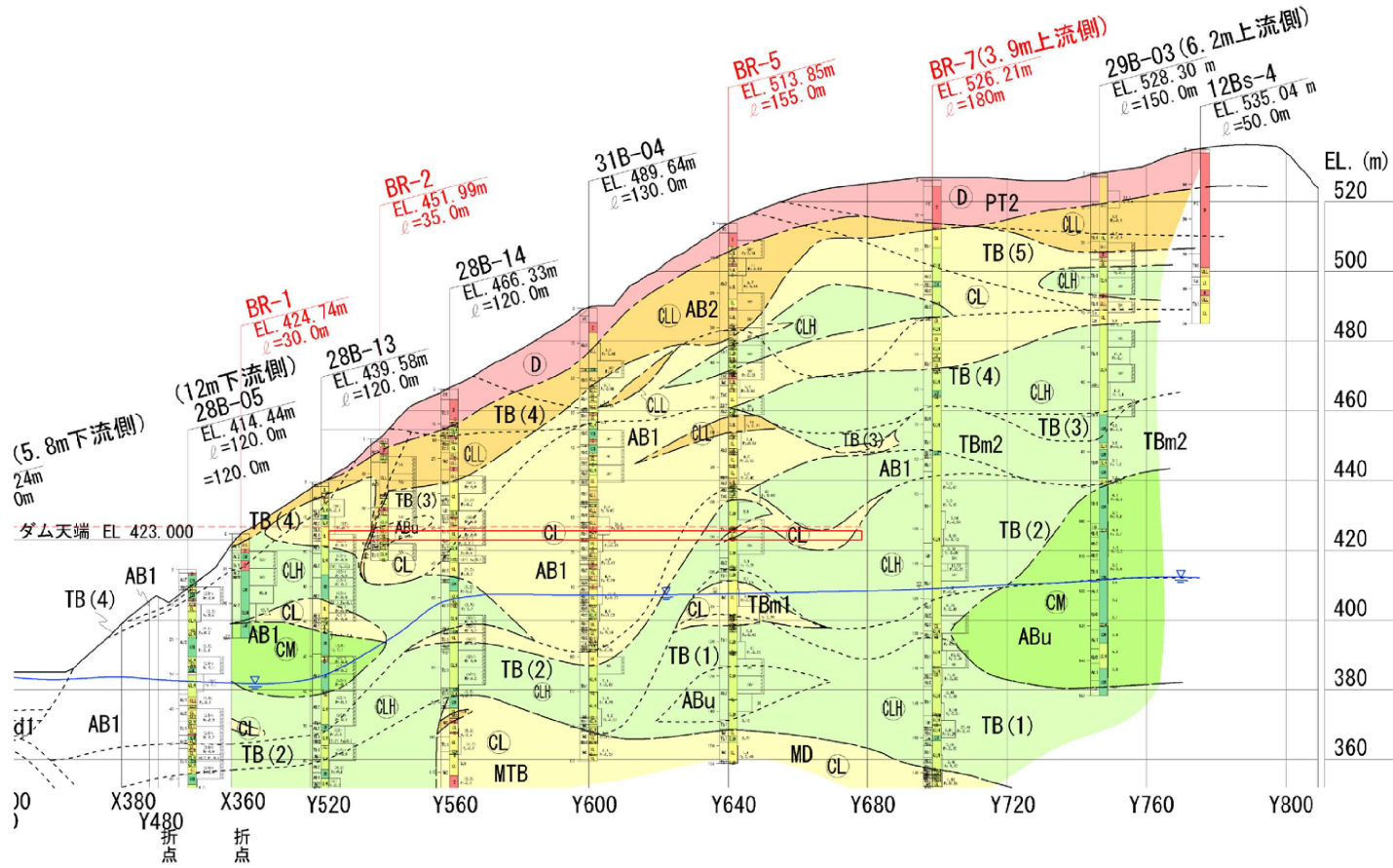
図 3.2.11 左岸側リムトンネル位置のコア状況
 全般にコア状況は良好で CM 級。ただし、13B-3 孔付近で実施された弾性波速度は
 1.0~2.0km/s。
 また、13B-3 孔、31B-07 孔の当該区間のルジオン値は 20 以上。

図 3.2.12 右岸側リムトンネル位置のコア状況
 全般にコア状況は悪く CLL または CL 級。RQD も 30 を超える箇所は稀。
 当該区間のルジオン値は全て 10 を超えており高透水。



計画高	EL. 423.0m	
地盤高		
地質調査資料	地質	AB2
	岩級	CM
	地山弾性波速度 (想定) (km/s)	(2.0~3.5km/s)
	地山強度比	4以上
	岩石グループ	M塊状
	地山等級	C II
地質・岩盤状況	<p>全区間にわたって自破碎溶岩が分布する。岩片も硬質で硬軟BレベルのCM級岩盤が主となることが想定される。一方、仮排水TN(13B-3付近を通過)の弾性波探査では1.0~2.0km/sが得られており、潜在的な亀裂が発達している可能性がある。</p> <p>リムトンネル沿いのボーリングでは31B-07まで高透水が確認され、一部掘削時の水位低下が確認されることからこの付近までは湧水の発生が懸念される。</p>	

図 3.2.13 左岸側リムトンネル岩級区分および地山等級



計画高	EL. 423.0m	
地盤高		
地質調査資料	地質	AB1 ABu TB3 AB1 TB3
	岩級	CL CLL CL CLH CLH CLH CLH
	地山弾性波速度(想定) (m/s)	(1.0~2.0km/s) (2.0~3.0km/s)
	地山強度比	4以上
	岩石グループ	M塊状 / L塊状 M塊状 L塊状
	地山等級	DI
	地質・岩盤状況	自破砕溶岩 (AB1, ABu) および凝灰角礫岩 (TB(3)) が分布する。AB1の一部は貫入岩となっている。 地質分布が不陸に富むことおよび貫入の影響から、全般に亀裂が多い。またAB1も硬軟Cレベルで全般に軟岩レベルと推定される。 リムトンネル沿いのボーリングは概ね高透水であること、当該箇所での掘削時の水位低下が一部確認されることから湧水の発生が懸念される。

図 3.2.14 右岸側リムトンネル岩級区分および地山等級

3.2.2 施設設計

(1) 掘削分類

リムグラウチングトンネルの掘削分類は、「ダム工事積算の解説（令和3年度版）」において、地質状況に応じて以下のように分類となっている。

前述の地山区分と対比すると、地山区分 CⅡは掘削区分 C、地山区分 DⅠは掘削区分 D に相当する。

岩 質 判 定 基 準										
掘削区分	岩石区分 (注)	弾性波速度 (km/sec)					地 質 状 態	ボーリングコアの状態	ハンマの打撃による岩の割れ方	キレツの間隔及び状態
		1	2	3	4	5				
A	a	[Diagram: High velocity, low fragmentation]					(1) 岩質は非常に堅硬かつ新鮮なもので大塊状を呈し、層相変化が少なく、割れ目がほとんどないもの。	コア採取率は概ね90%以上で完全な柱状を呈し、細片は殆ど含まない状態のもの。	ハンマがはね返る。強くとたたくところうじで新鮮な面で割れる。	50cm以上少ない。あっても密着。
	b	[Diagram: High velocity, low fragmentation]								
	c	[Diagram: High velocity, low fragmentation]								
	d	[Diagram: High velocity, low fragmentation]								
B	a	[Diagram: Medium velocity, some fragmentation]					(1) 岩質はかなり堅硬なものであっても、風化作用のため変質した傾向がみられるもの。キレツには粘性土をはさまない。 (2) 岩質は堅硬であるが厚い層状をなす岩で層理あるいは片理が認められ、その面に沿って割れやすいもの。	コア採取率は概ね70%以上で完全な柱状を示さないものを有し、多少の細片を含む。コアの大半がほぼ5cm以上のものが取れる状態のもの。	ハンマで強くとたけば割れるが、殆どがキレツあるいは節理などに沿って比較的大きく割れる。	10~50cm開口のこともあるがキレツ面に粘土をはさまない。
	b	[Diagram: Medium velocity, some fragmentation]								
	c	[Diagram: Medium velocity, some fragmentation]								
	d	[Diagram: Medium velocity, some fragmentation]								
C	a	[Diagram: Low velocity, high fragmentation]					(1) 風化作用を受けて岩石に変質をおこしているもの。 (2) 岩質は比較的堅硬であってもキレツが多く小塊状を呈しているもの。キレツは薄い粘性土をはさむ。 (3) 層理や片理の顕著な岩で、非常に薄く割れやすい性質のもの。	コア採取率は概ね40~70%でキレツが多く、またくだけ易いため小さくなり、5cm以下の細片が多量に取れる状態のもの。 岩石区分c、dのものではコア採取率100%の柱状コアがとれる。	ハンマで容易に割れる。比較的キレツ面などに沿って小片に割れむしろキレツ以外の面で割れることが困難である。	2~10cmキレツ面に粘土をはさむことが多い。
	b	[Diagram: Low velocity, high fragmentation]								
	c	[Diagram: Low velocity, high fragmentation]								
	d	[Diagram: Low velocity, high fragmentation]								
D	a	[Diagram: Low velocity, high fragmentation]					(1) 著しい風化変質作用を受け、中には多少硬い部分も残っているが、一部はすでに土壌化した部分のみみられるもの。割れ目が極めて多いものでキレツ以外の部分からでも容易に割ることができる程度のもの。 (2) 粘土化のあまり進んでいない破砕帯で、粘性土と細片状の岩片の混合した状態になっている時にはいくぶん硬いところも含まれているもの。 (3) 土砂、崖錐地帯など。	コア採取率は低下し、概ね40%以下となることが多くコアは細片となるが、時には角レキ混り砂状あるいは粘土状となるもの。	ハンマで容易に崩れる。岩はもろく、指先で容易に割れる。キレツ面以外でも容易に割ることができる。	キレツの存在がはっきりしなくなる。
	b	[Diagram: Low velocity, high fragmentation]								
	c	[Diagram: Low velocity, high fragmentation]								
	d	[Diagram: Low velocity, high fragmentation]								
E	a	[Diagram: Very low velocity, extreme fragmentation]					(1) 著しい偏圧を受けるようなかなり幅を有する断層破砕帯や大きな崖錐地帯など。	粘性土でなければコアの採取は困難である。		

- (注) 掘削分類Eは施工の結果、必要が生じた場合のみ採択する。
- a: 変成岩（千枚岩、片岩、片麻岩、ホルンフェルス等）
深成岩（ハンレイ岩、カンラン岩等）
中生層（粘板岩、砂岩、レキ岩、硬砂岩、石灰岩、珪岩、輝緑凝灰岩等）
 - b: 火山岩（流紋岩、石英粗面岩、安山岩、玄武岩等）
脈岩（斑岩、ヒン岩、輝緑岩等）
深成岩（花崗岩、閃緑岩等）
 - c: 第三紀層（頁岩、砂岩、レキ岩、石灰岩、凝灰岩、角レキ凝灰岩、集塊岩等）
 - d: 第四紀層（粘土、シルト、砂レキ、火山灰、崖錐層等）

(ダム工事積算の解説 (R3))

表 3.2.6 掘削区分と地山区分の対比

地山区分	掘削区分	弾性波速度 (km/sec)	コアの状態
C II	C	2~5	5cm 以下の細片が多量にとれる状態のもの
D I	D	1~4	コアは細片となるが、時には角レキ混りの砂状あるいは粘土状となるもの。

(2) リムグラウチングトンネル断面

掘削分類に対応する覆工と支保工の寸法は表 3.2.7 に示す通りである。

表 3.2.7 掘削分類と覆工, 支保工

掘削分類	覆工分類	支保工種類	建込間隔	摘要
A	巻厚 30cm	H-100	1.5m	掛矢板
B	巻厚 30cm	H-125	1.5m	掛矢板
C	巻厚 35cm	H-125	1.2m	掛矢板
D	巻厚 40cm	H-125	0.9m	送り矢板
E	—	—	—	—

(ダム工事積算の解説 (R3))

リムグラウチングトンネルの標準断面図を以下に示す。

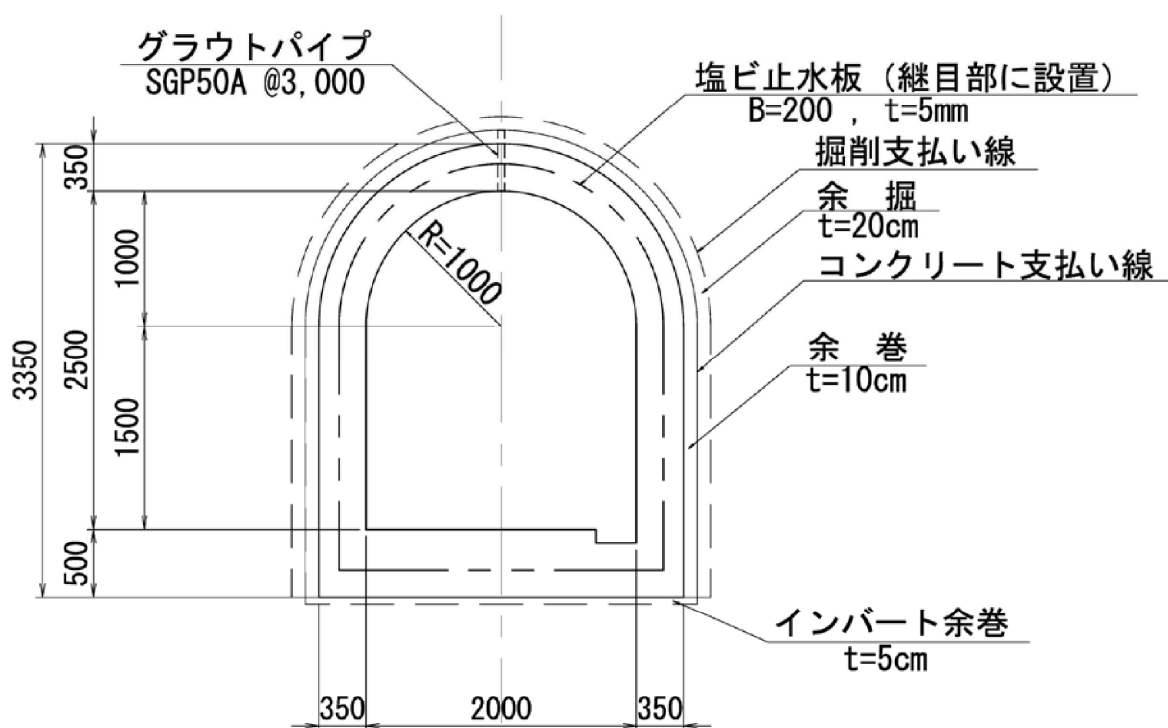


図 3.2.15 リムグラウチングトンネル標準断面図 (支保パターン C)

1) インバート厚の確認

グラウト圧によってインバートコンクリートに作用する応力から覆工コンクリートの厚みを確認した。

a) グラウト圧に対する検討手法

グラウト注入時に作用する圧力の特徴としては、下記のことが挙げられる。

- ① 短期に作用する外圧であること。
- ② グラウト注入方向を軸として左右対称の偏圧荷重であること。

上記の②に対しては、円形断面を対象に円筒シェル理論(詳細は、水路工設計指針他)を用いた簡易計算図表の作成が西川・副田によって行われている(発電水力 No.128)。

一方、鳥海ダムのリムグラウチングトンネルは幌型を採用することからここでは上記の簡易図表を使用して発生応力のオーダーを把握することによってその妥当性を検証することとする。

b) 計算条件

- 内空断面径：2.5m
- 覆工厚：0.5m
- コンクリートの設計基準強度： $f_{ck}=18\text{N/mm}^2(180\text{kgf/cm}^2)$
- コンクリートの許容圧縮応力度(無筋)： $\sigma_{ca}=4.5\text{N/mm}^2(45\text{kgf/cm}^2)$
グラウト圧は短期荷重であることから、許容応力度割増率 1.5 倍を見込むと、 $6.75\text{N/mm}^2(67.5\text{kgf/cm}^2)$
- コンクリートの許容引張応力度(無筋)： $\sigma_{ta}=0.45\text{N/mm}^2$
コンクリートの設計基準強度の 1/10 に安全率 4 を見込むと、 $18/10/4=0.45\text{N/mm}^2$
- 岩盤の弾性係数：1,199MPa(11,990kgf/cm²)
リムグラウチングトンネル周辺は概ね CL 級が分布することから、弾性係数区部は C1 と考えられる。

c) 計算結果

上記の条件より、 $C_t/D=0.5/2.5=0.2$

このとき、図より巻立コンクリートの内面の接線方向圧縮応力 σ_{cmp} 及び外面の接線方向圧縮応力 σ_{ten} (単位グラウト圧 0.1Mpa 当たり)は、

$$\sigma_{cmp}=0.76 \text{ N/mm}^2(7.6\text{kgf/cm}^2)$$

$$\sigma_{ten}=0.14 \text{ N/mm}^2(1.4\text{kgf/cm}^2)$$

となる。

一般的なコンソリデーショングラウチング 1 ステージの注入圧力は 0.2~0.5Mpa である(例：国総研資料第 254 号 ダムの基礎グラウチングに関する事例調査 H17.6)。

図 3.2.16 より、グラウト注入圧を 0.3Mpa と仮定すると接線方向の応力は、以下のよう許容応力値(短期)を下回る。

$$\sigma_{cmp}=0.76 \times 3 = 2.28 \text{ N/mm}^2 < 6.75 \text{ N/mm}^2$$

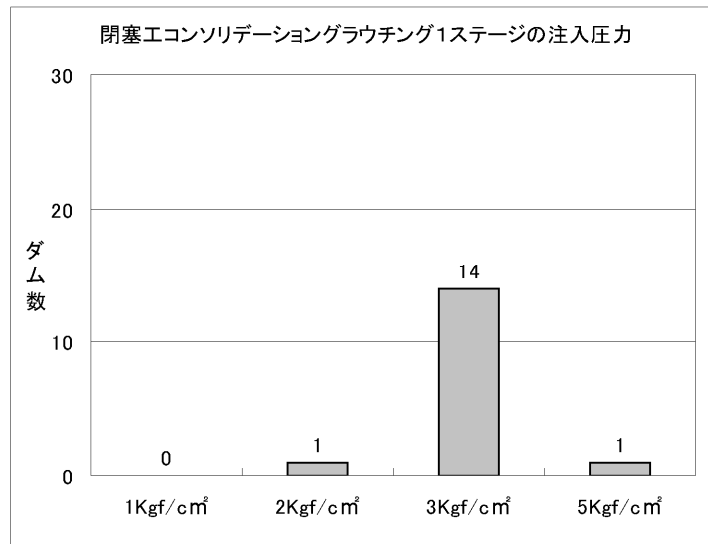
$$\sigma_{ten}=0.14 \times 3 = 0.42 \text{ N/mm}^2 < 0.45 \text{ N/mm}^2$$

逆に、許容グラウト圧を求めると以下のとおりとなる。

$$\text{圧縮側 } 6.75/0.76=8.9 \rightarrow 0.1 \times 8.9=0.89 \text{ Mpa}$$

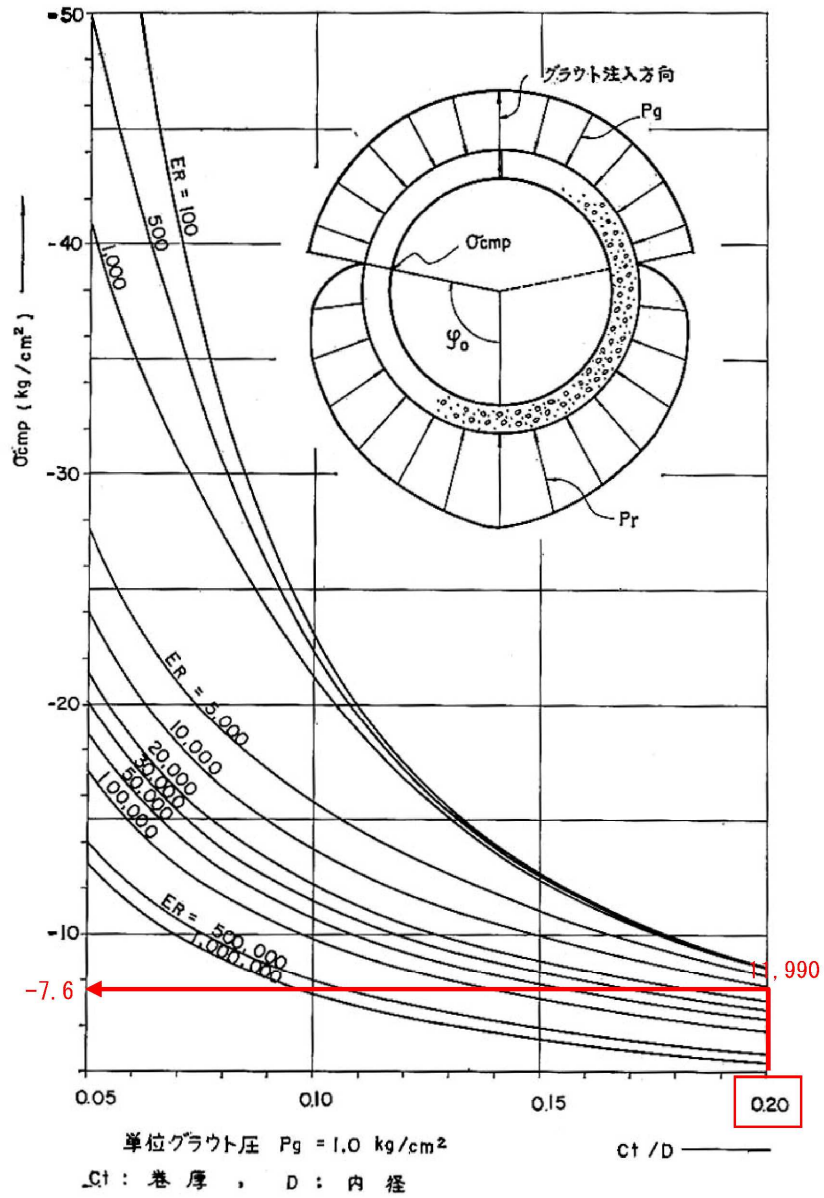
$$\text{引張側 } 0.45/0.14=3.2 \rightarrow 0.1 \times 3.2=0.32 \text{ Mpa}$$

以上より、当該トンネルのインバート厚 50cm は妥当と考える。



出典：仮排水路トンネル閉塞工設計・施工事例集、東北地方建設局

図 3.2.16 閉塞工コンソリデーショングラウチングの注入圧力実績



(図出典：西川・副田、圧カトンネルの内径とコンクリートの巻立厚さ(3)、発電水力No.128、昭和49年1月)

図 3.2.17 Ct/D を変化させたときの σ_{cmp}

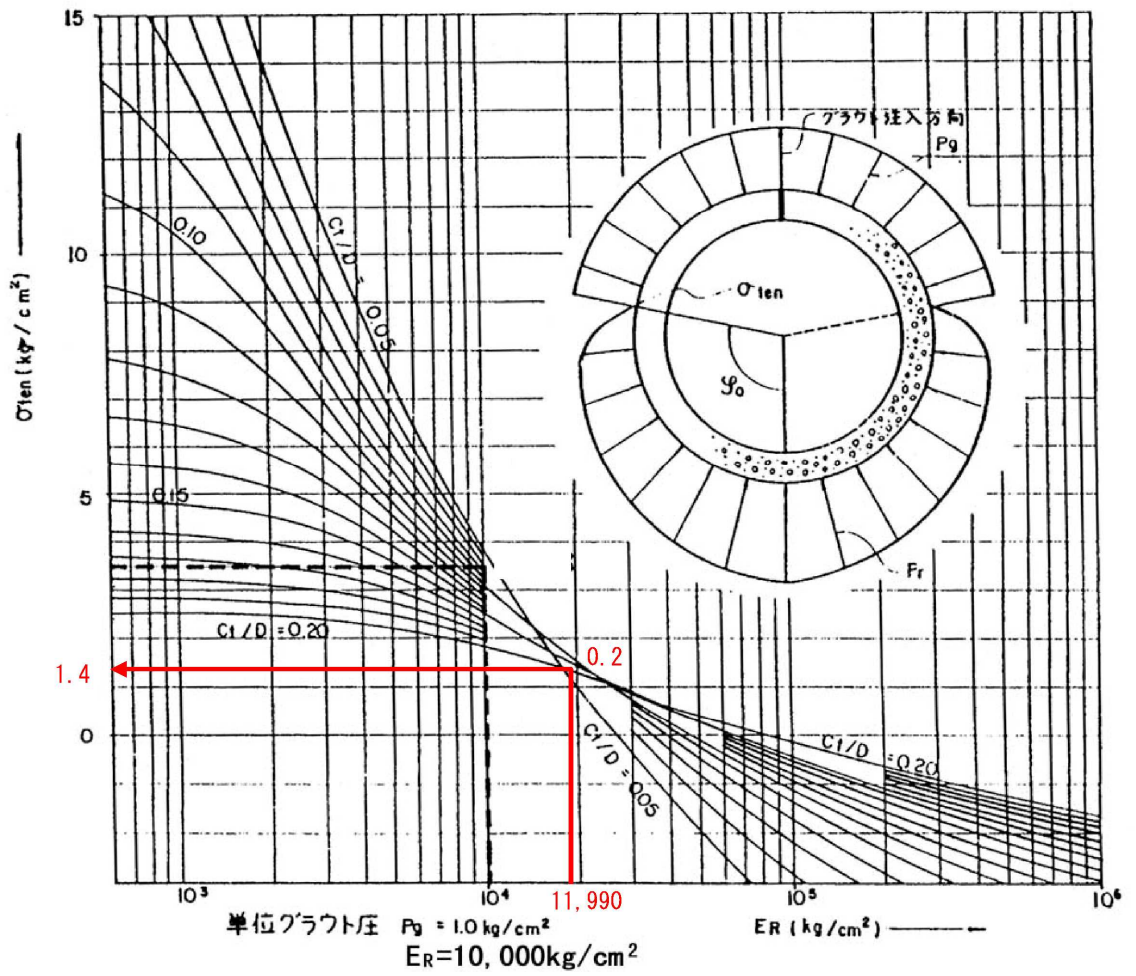
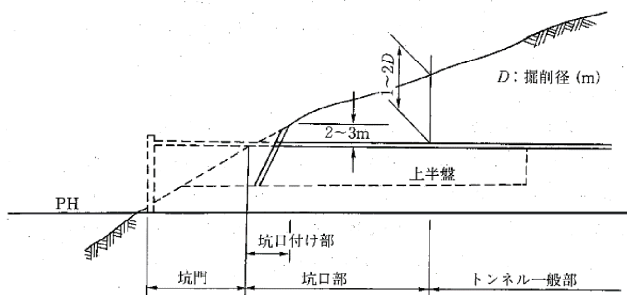


図 3.2.18 E_r を変化させたときの σ_{ten}

(3) 坑口部の設計

1) 坑口部の延長

坑口部は、トンネルの出入口付近において、土被りが小さく、グラウンドアーチが形成されにくい範囲のことであり、通常、坑口部は土被りが掘削幅の1~2倍のまでの範囲を目安としている。



(出典：道路トンネル技術基準(構造編)・同解説)

リムグラウチングトンネルは小規模なトンネルであることから、坑口部の土被りを1Dとして、延長は以下とする。

表 3.2.8 トンネル延長区分

	左岸	右岸
坑口部延長	4.6m	5.8m
トンネル一般部延長	188.4m	147.2m

2) トンネル坑門の形式と特徴

リムグラウトトンネルとは機能・目的や構造が異なるが、道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（H15.11 社団法人 日本道路協会）に示されているトンネル坑門の形式と特徴は以下のとおり整理掲載されている。

表 3.2.9 トンネル坑門の形式と特徴

形式 項目	面壁型			突出型			重力型
	ウイング式	アーチウイング式	バラベット式	突出式	竹割(逆竹割)式	ベルマウス(逆)式	
形状							
地山条件による適用性	・両切面土工の場合 ・背面土圧を全面的に受ける場合 ・積雪量の多い場合には防雪工を併用。	・比較的地形がなだらかな場合 ・左右の切土工が比較的小さい場合	・屋根上地形や左右に他の構造物との取り合いが少ない場合 ・積雪地でも可能	・押え盛土を施工した場合 ・坑口周辺の地質が良くない場合 ・積雪地でも可能 ・坑口周辺地形の切り取りなど、整形が比較的可能な場合	・坑門周辺の地形がなだらかな場合 ・逆竹割式の場合重心位置の関係から基礎の支持力の十分な検討を要する。	・地形、地質が比較的良く、坑口周辺の開けた箇所に可能。 ・積雪地では吹き込み、雪庇が生じ易い。	・比較的地形急峻の場合や土留擁壁的構造を必要とする場合 ・落石が多いと予想される場合 ・背面の排水処理が容易
施工性	・不良地山では切土量が多くなるので、背面切土法面の安定化対策としての防護を十分に行う必要がある。 ・トンネル本体との一体化が必要。	・地形によっては、一部、明り巻き(特にアーチ部)が必要である。 ・保護盛土を必要とする。	・数mの本体工の明り巻きを必要とし、かつ盛りこぼしに対し多少の土留壁が生ずるが、坑門としては合理的な構造である。	・型枠、配筋などに手間がかかる。 ・面壁型に比べ坑門位置が前に出るため支持力不足に留意する必要がある。	・同左	・同左	・不良地山では切土量が多くなるので、背面切土法面の安定化対策としての防護を十分に行う必要がある。
景観・車両走行性	・壁面積が大きく輝度を下げる工夫(壁面のハツリなど)が必要。 ・重量感はあるが、走行上の圧迫感を感じ易い。	・アーチ部の曲線が、周辺地形とあまり違和感を感じさせないような配慮が必要。	・坑門コンクリートの壁面積が小さいため、視覚的には違和感を感じさせない。 ・坑口周辺地形と良く適合する。	・圧迫感が少なく、車両の走行に与える影響は少ない。 ・周辺地形と良く適合する。	・圧迫感が少なく、車両の走行に与える影響は少ない。 ・周辺地形を修景することにより坑門との調和が図れる。	・車両の走行に与える影響は少ない。 ・坑口周辺地形と良く適合する。	・壁面積が大きく輝度を下げる工夫(壁面のハツリなど)が必要。 ・重量感はあるが、走行上の圧迫感を感じ易い。

出典：道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（H15.11 社団法人 日本道路協会）

3) リムグラウトトンネルの坑口・坑門工の型式選定

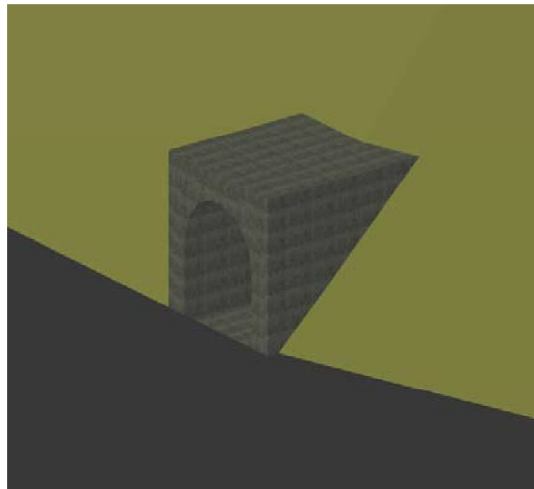
リムグラウトトンネルの坑門型式の比較案を、上表を参考に以下の点に留意して下表のとおり立案した。なお、坑門工の上辺は切土法面の小段と並行となるよう水平面とした。

- ・ 自動車交通の流入は無いこと
- ・ 地山は坑口部から岩盤が出現し、法面勾配は比較的急峻であること

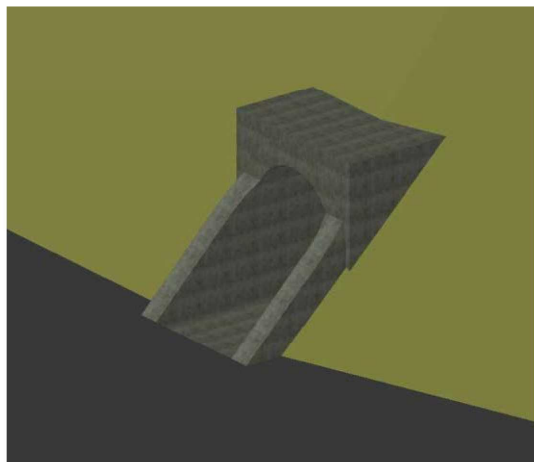
表 3.2.10 比較案の構造概要

比較案	構造概要
突出式	両岸の切土法面より突出して坑口・坑門を張出させる。
竹割式	両岸の切土法面に沿わせて坑口・坑門を設ける。

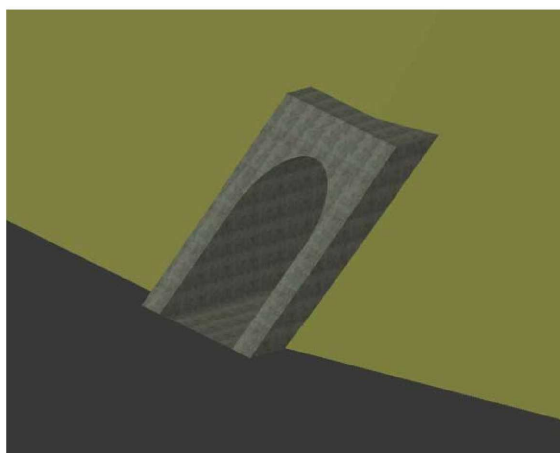
周辺環境との調和や近接する管理用道路との関係、雪崩に対する懸念等から冬期にグラウチングトンネルへの利用がないことを考え合わせると、本業務では竹割式が優位と判断した。ただし、今後景観を考慮して形状を決定することが望ましい。



(突出型)



(半突出型)



(竹割型)

図 3.2.19 坑口形状のイメージ

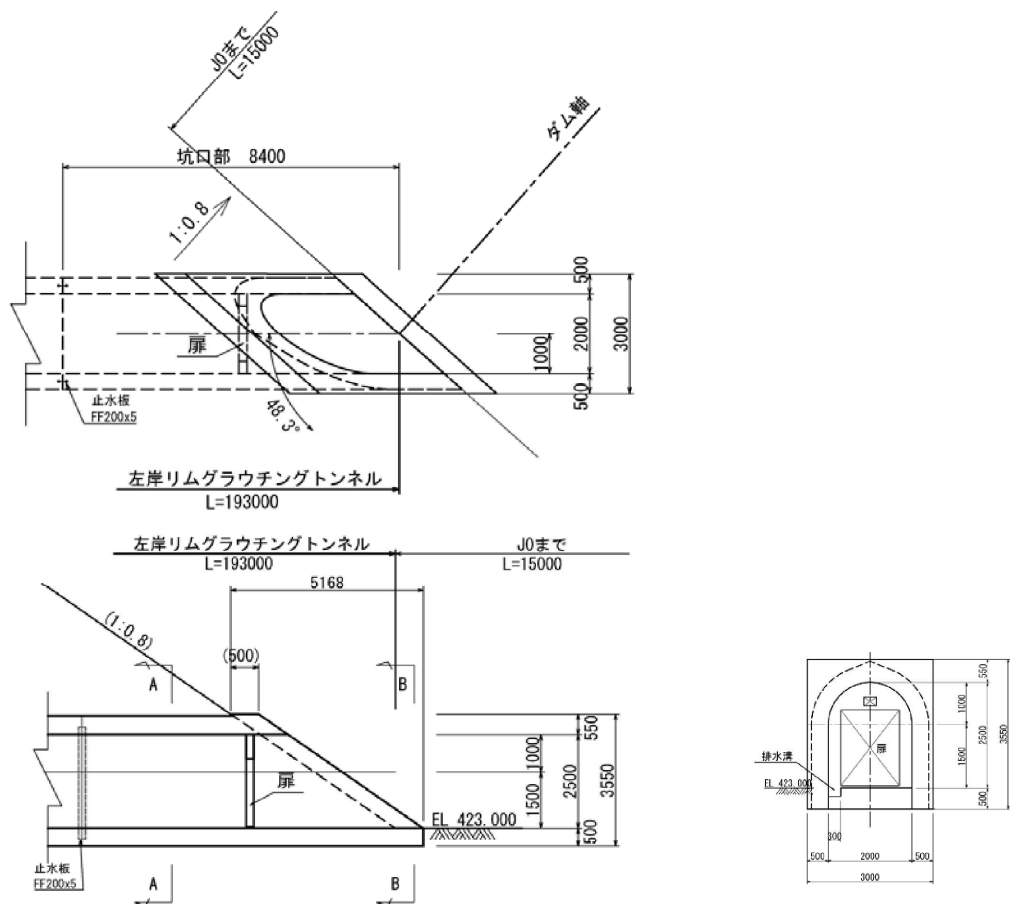


図 3.2.20 坑口部一般図 (左岸)

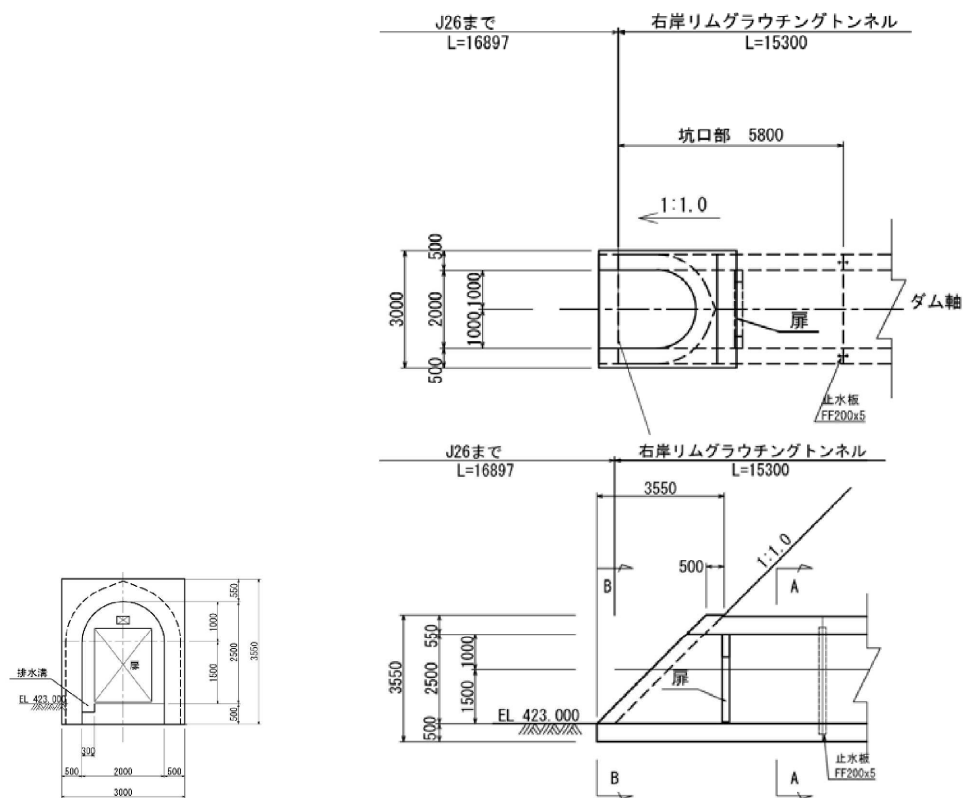


図 3.2.21 坑口部一般図 (右岸)

4) 坑口部覆工の補強

道路トンネル技術基準（構造編）・同解説 p.145 には、以下の記述がある。

(3) 坑口部覆工の設計

坑口部の覆工は、以下の理由により鉄筋による補強を行い、インバートを設置するものとする。一般的には単鉄筋で補強した構造とし、小断面トンネル及び通常断面トンネルの場合には主筋として直径 19mm 以上（ctc 20cm 程度）、配力筋として直径 16mm 以上（ctc 30cm 程度）を考慮するものとする。（中略）

- ①全土被り荷重が作用すると考えられ、荷重が大きく、かつ地盤反力も不均衡となるおそれがある。
- ②温度変化、乾燥収縮などの影響が大きい。
- ③地震の影響を受けるおそれがある。

リムグラウトトンネル坑口部は岩盤斜面であり、上記①項の懸念は存在しないが、②、③項の懸念が残るので、坑口部覆工は鉄筋補強を行うものとする。

表 3.2.11 坑口部覆工の補強配筋

項目	鉄筋径	配筋ピッチ
主筋 (単鉄筋)	D19	ctc 200mm
配力筋 (単鉄筋)	D16	ctc 300mm

令和5年度

鳥海ダム施工計画補足業務

報 告 書

令和5年9月



株式会社ドーコン

3.9 リムグラウトトンネル

3.9.1 概要

(1) リムグラウトトンネルの配置計画

鳥海ダムでは貯水池機能を確保するため、カーテングラウチングにより遮水性を確保する計画としている。

左右岸リム部に設置するリムグラウトトンネルの配置は、『令和2年度 鳥海ダム本体実施設計業務』において以下のように設定されている。

1) 左岸リムグラウトトンネルの配置計画

- ・ 左岸袖部の止水ラインの平面線形は、堤体左岸端部から地下水コンターの高標高部へ向けた線形とする。
- ・ 左右岸方向の改良範囲は、高透水である AB2 が広く分布するため、サーチャージ水位と地下水位との交点までとし、5m 程度の余裕を見込み、Y-20 までの範囲とする。

2) 右岸リムグラウトトンネルの配置計画

- ・ 右岸袖部の止水ラインの平面線形は、堤体右岸端部から地下水コンターの高標高部へ向けた線形とし、X360 測線に沿うものとした。
- ・ 左右岸方向の改良範囲は、サーチャージ水位付近までの地下水位の高まりから難透水と考えられる、TB(2)が確認されるまでとする。この際、AB1 の境界部より 5m 程度の範囲において貫入の影響により風化などの影響が見られ高透水となっていることから、AB1 との境界より 5m の範囲とサーチャージ水位とが交わる範囲をカバーするよう設定する。

上記配置計画に基づき、リムグラウトトンネルを配置すると図 3.9.1～図 3.9.4 に示すとおりとなる。



図 3.9.1 左岸リムグラウトトンネル配置平面図

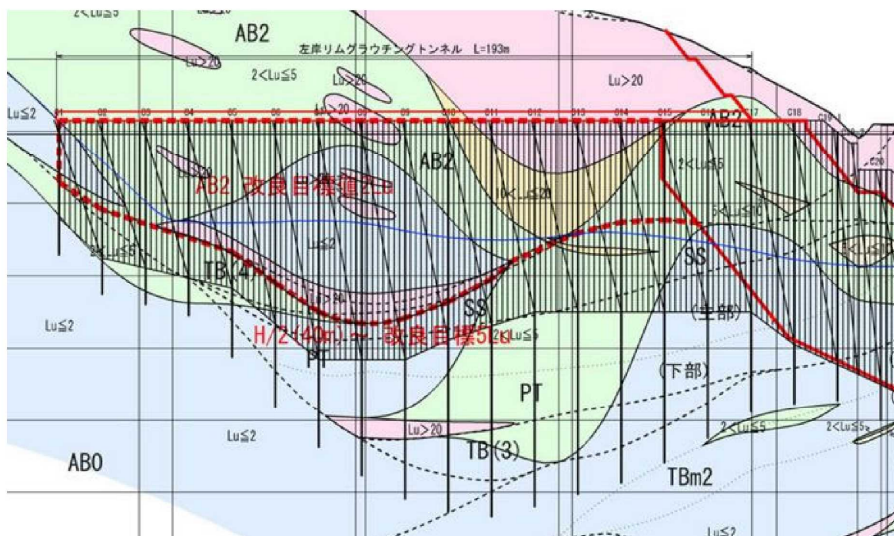


図 3.9.2 左岸リムグラウトトンネル配置断面及び改良範囲

(上図は、『令和2年度 鳥海ダム本体実施設計業務』より抜粋)



図 3.9.3 右岸リムグラウトトンネル配置平面図

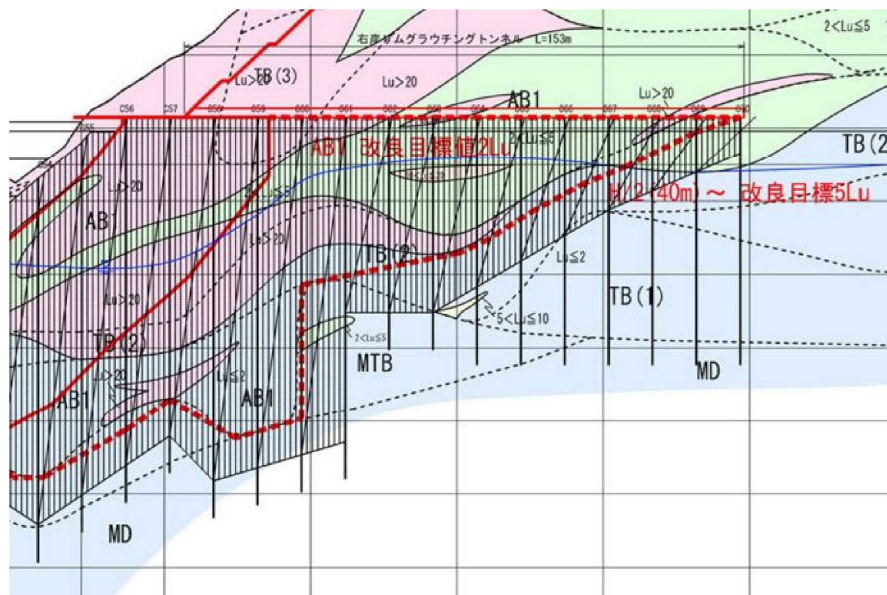


図 3.9.4 右岸リムグラウトトンネル配置断面及び改良範囲図

(上図は、『令和2年度 鳥海ダム本体実施設計業務』より抜粋)

(2) リムグラウトトンネルの形状

別途業務において地質状況等を整理・検討した結果、リムグラウトトンネル施工箇所の掘削分類は”C”と評価されていることから、トンネルの断面は図 3.9.5 に示すように設定されている。

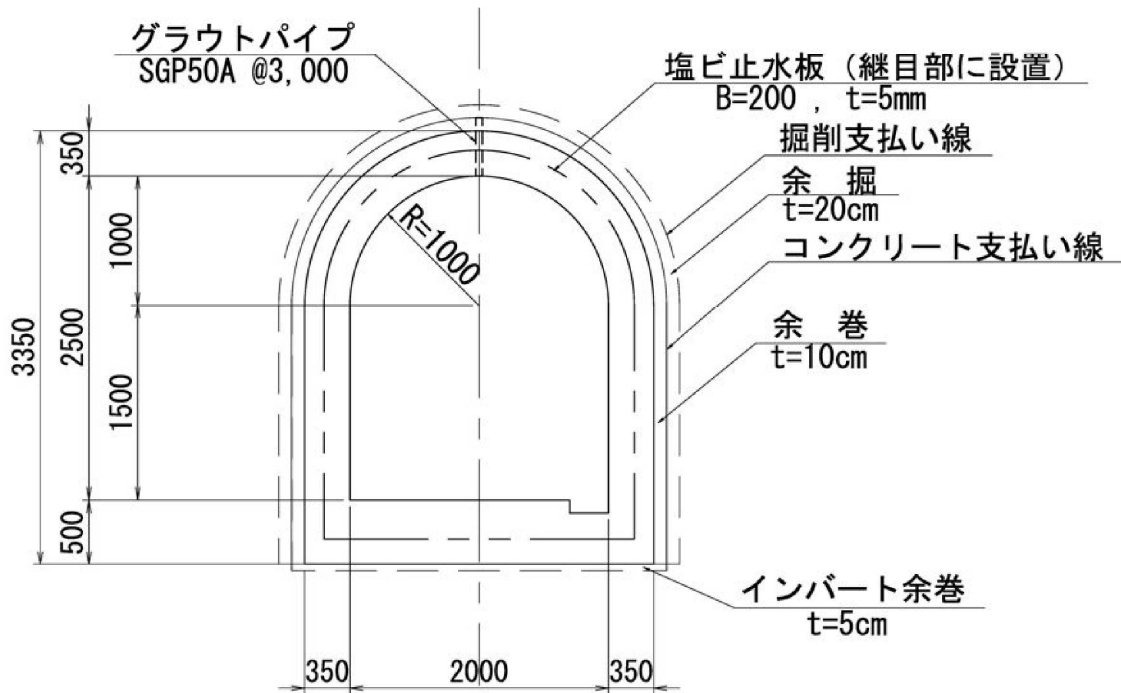


図 3.9.5 リムグラウトトンネルの断面形状

(令和2年度 鳥海ダム本体実施設計業務より)

(3) 施工計画対象範囲および施工数量

本業務で行う施工計画検討範囲は、図 3.9.6～図 3.9.8 に示すとおり、左岸 184.6m、右岸 147.2m を対象とし、坑口部は含まないものとする。

また、施工計画に用いる数量は、表 3.9.1～表 3.9.2 に示す『令和2年度 鳥海ダム本体実施設計』で算出されているものを使用する。

リムグラウトトンネル平面図 1:2000

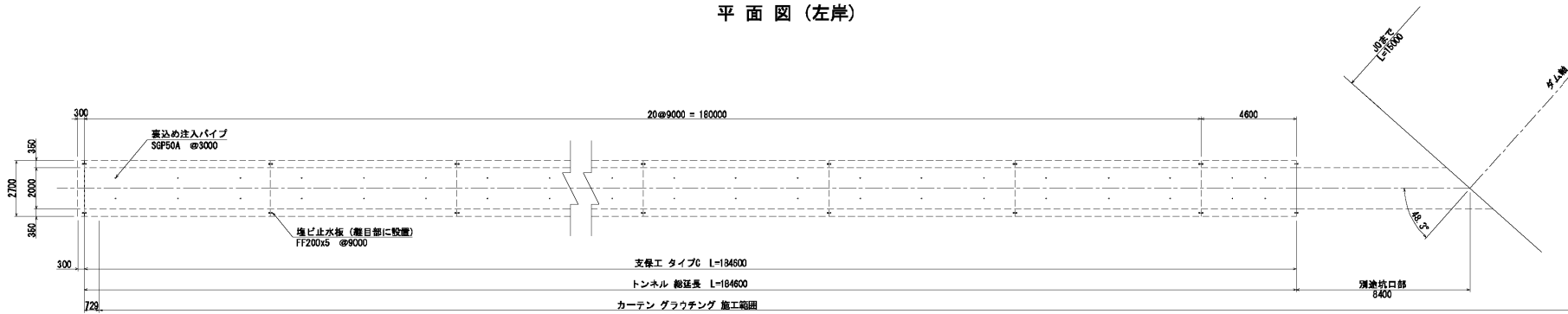


工事名	鳥海ダム本体実施設計業務		
図面名	リムグラウトトンネル平面図		
年月日	令和4年3月		
縮尺	図示	図面番号	3-2-1
会社名	株式会社建設技術研究所		
事業者名	東北地方整備局 鳥海ダム工事事務所		

図 3.9.6 リムグラウト平面図(令和2年度 鳥海ダム本体実施設計業務より)

リムグラウトトンネル 構造図(1)

平面図 (左岸)

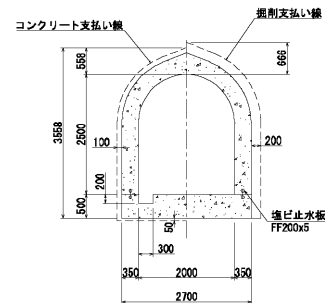


縦断面図 (左岸)



トンネル標準断面図 (左岸) S=1/50

(A-A, 支保タイプC)

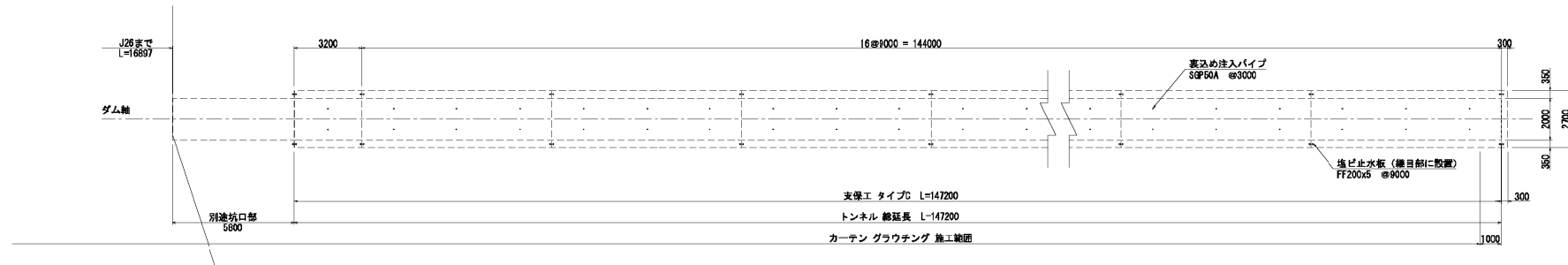


工事名	鳥海ダム本体実施設計業務
図面名	リムグラウトトンネル構造図(1)
年月日	令和4年3月
縮尺	図示 図面番号 3-2-2
会社名	株式会社建設技術研究所
事業者名	東北地方整備局 鳥海ダム工事事務所

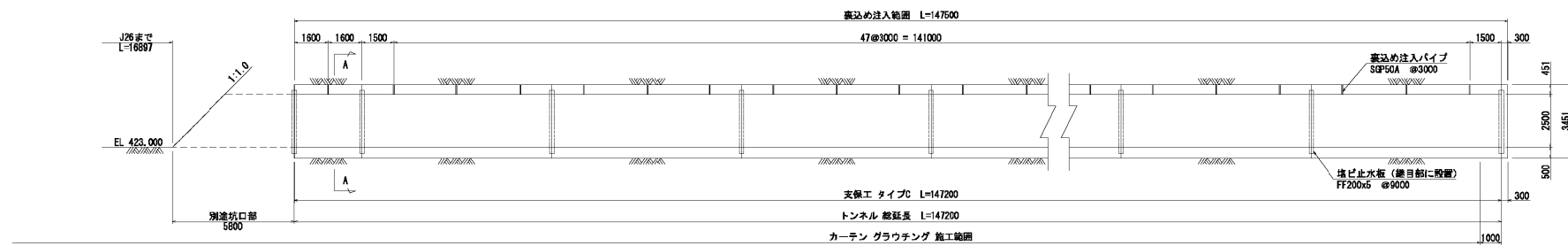
図 3.9.7 左岸リムグラウトトンネル構造図(令和2年度 鳥海ダム本体実施設計業務より)

リムグラウトトンネル 構造図(2)

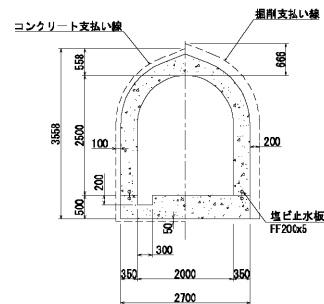
平面図 (右岸)



縦断面図 (右岸)



トンネル標準断面図 (右岸) S=1/50 (A-A, 支保タイプC)



工事名	鳥海ダム本体実施設計業務
図面名	リムグラウトトンネル構造図(2)
年月日	令和4年3月
縮尺	図示 図面番号 3-2-2
会社名	株式会社建設技術研究所
事業所	事業所名東北地方整備局 鳥海ダム工事事務所

図 3.9.8 右岸リムグラウトトンネル構造図(令和2年度 鳥海ダム本体実施設計業務)

表 3.9.1 リムグラウトトンネル数量集計表①(令和2年度 鳥海ダム本体実施設計業務)

工種	細目	細々目	単位	数量	摘要
掘削 (C ^ハ ター)	設計数量	右岸	m ³	1,224.3	8.3m ² ×147.5m
		左岸	m ³	1,534.7	8.3m ² ×184.9m
	支払数量	右岸	m ³	1,500.1	10.17m ² ×147.5m
		左岸	m ³	1,880.4	10.17m ² ×184.9m
コンクリート (C ^ハ ター)	設計数量	右岸	m ³	351.1	2.38m ² ×147.5m
		左岸	m ³	440.1	2.38m ² ×184.9m
	支払数量	右岸	m ³	460.2	3.12m ² ×147.5m
		左岸	m ³	576.9	3.12m ² ×184.9m
インパ ^ハ ートコンクリート (C ^ハ ター)	設計数量	右岸	m ³	190.3	1.29m ² ×147.5m
		左岸	m ³	238.5	1.29m ² ×184.9m
	支払数量	右岸	m ³	227.2	1.54m ² ×147.5m
		左岸	m ³	284.7	1.54m ² ×184.9m
妻壁部コンクリート	妻壁部	右岸	m ³	1.4	4.57m ² ×0.3m
		左岸	m ³	1.4	4.57m ² ×0.3m
型枠	鋼製スライド	右岸	m ²	903.8	6.14m×147.2m
		左岸	m ²	1,133.4	6.14m×184.6m
インパ ^ハ ート型枠		右岸	m ²	103.0	0.7m×147.2m
		左岸	m ²	129.2	0.7m×184.6m
妻壁型枠	コンクリート支払線位置	右岸	m ²	7.7	
		左岸	m ²	7.7	
止水板	FF200×5	右岸	m	468.5	9.67m×18箇所+147.2m×2
		左岸	m	581.9	9.67m×22箇所+184.6m×2

※ 上表は令和5年7月に修正されたものである

表 3.9.2 リムグラウトトンネル数量集計表②(令和2年度 鳥海ダム本体実施設計業務)

工 種	細 目	細々目	単 位	数 量	摘 要
裏込め注入	エアモルタル	右岸	m ³	256.7	1.74m ² ×147.5m
		左岸	m ³	321.7	1.74m ² ×184.9m
注入パイプ	φ50×500	右岸	本	98.0	2×49箇所
		左岸	本	124.0	2×62箇所
支保工 (Gハターン)	鋼製支保工	右岸	基	123	147.5m/1.2m
		左岸	基	154	184.9m/1.2m
	H鋼(H125×125×6.5×9)		kg	54,015.0	195kg×277基
	接手板(PL-180×180×9)		枚	554.0	2枚×277基
	ボルト・ナット(M20×50)		本	554.0	2本×277基
	底板(PL-230×230×16)		枚	554.0	2枚×277基
	タイロッド(φ16×1350)		本	2,216.0	8本×277基
	内梁(φ60.5×2.3×1200)		本	2,216.0	8本×277基
	矢板(雑木)		m ³	13.9	0.05m ³ ×277基
	パッキン材		m ³	2.8	0.01m ³ ×277基
スライドセントル雑材 (9m当り)	妻板(t=1.8cm)		m ²	1.8	
	敷板(t=1.8cm)		m ²	0.2	
	土台(角材30cm×12cm)		m ³	0.7	
	張木(丸太,末口12cm×50cm)		m ³	0.1	
	はく離材		ℓ	11.1	

※ 上表は令和5年7月に修正されたものである

3.9.2 施工計画検討

(1) 検討条件の整理

1) 施工可能日数の設定

リムグラウトトンネルは、トンネル内の作業となるため、降雨や気温等の気象条件の影響を受けないことから、「ダム工事積算の解説(令和3年度版)」のボーリング・グラウト工(トンネル)の算出方法に準じて表 3.9.3 に示すとおり 239 日とし稼働率を 0.65(239/365)とすることとした。

(詳細の検討は、「施工可能日数」参照)

表 3.9.3 施工可能日数の設定

ボーリンググラウティング工 (監査廊・トンネル)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計	備考
暦日数	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	①
休業日	12.0	9.8	10.0	9.4	11.0	8.8	9.8	12.6	10.8	9.6	10.2	11.0		②
施工可能日数	19	18	21	21	20	21	21	18	19	21	20	20	239	③=①-②

2) 作業時間

(a) 掘削工

掘削工は、ダムサイト周辺での作業に限定されており、騒音や振動等の影響が小さいことから、作業時間は 15 時間(賃金対象時間 16 時間)とする。

(b) 覆工

右岸側リムトンネルを使用した基礎処理工は、打設 1 年目に予定されていることから、基礎掘削(母材採取)期間中にトンネルを造成する必要があるため、施工設備ヤードにコンクリート製造設備が設置されていない時期に施工することとなる。また、左岸側リムトンネルにおけるボーリング・グラウト工は中央プラントを左岸下流に移設する打設 3 年目に予定されているが、鳥海ダムではポンプ配合が設定されていない。

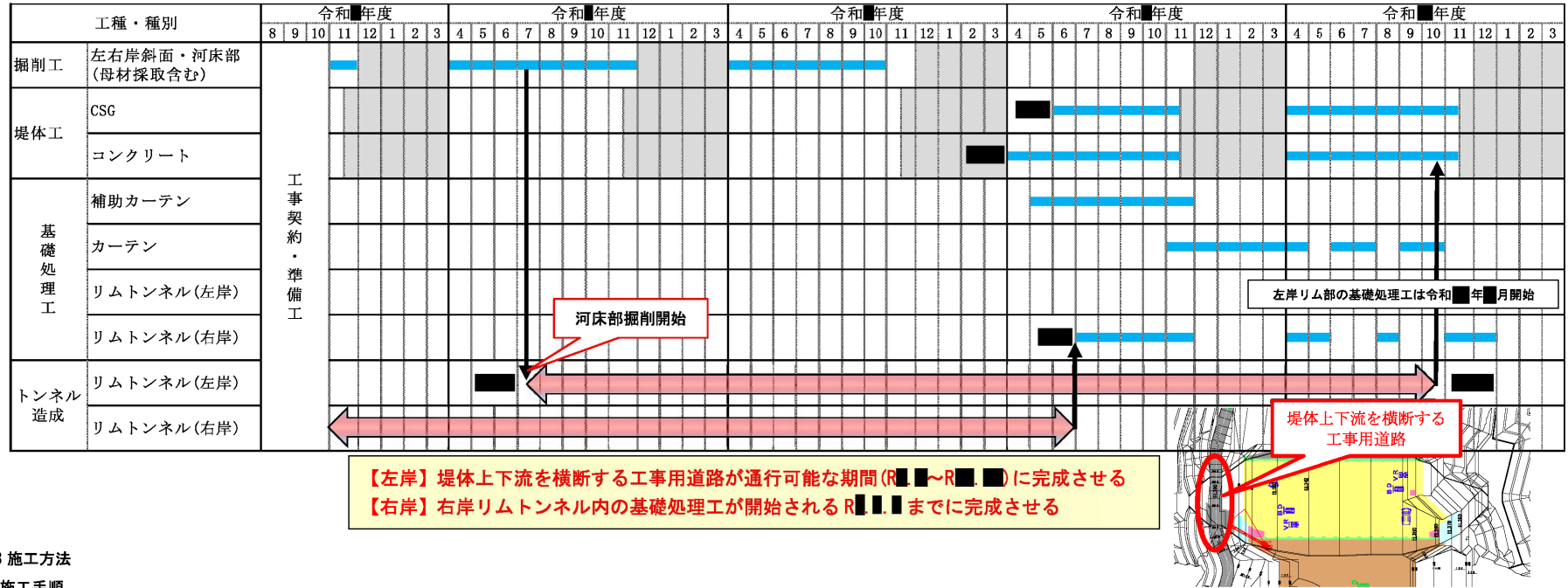
そのため、リムグラウトトンネルの覆工は生コンを使用して実施する計画とし、工場の稼働時間や運搬経路に民家があり、夜間の生コン運搬は困難であると考えられるため、作業時間は 7 時間(賃金対象時間 8 時間)として計画する。

3) 施工時期

鳥海ダムでは、令和 ■年 ■月に本体工事契約後順次工事を進める計画となっており、右岸リムトンネルのボーリング・グラウト工は令和 ■年 ■月～、左岸リムトンネルを用いたボーリング・グラウト工は、令和 ■年 ■月～開始する計画となっている。

そのため、右岸についてはボーリング・グラウト工が開始される令和 ■年 ■月までに、左岸については、上下流に横断する工事用道路の通行可能期間である令和 ■年 ■月までにトンネルを完成させることを条件とする。

表 3.9.4 本体工事概略工程とリムグラウトトンネルの施工可能時期



3.9.3 施工方法

(1) 施工手順

リムグラウトトンネルの施工は、図 3.9.9 に示すフローに従い実施する計画とする。

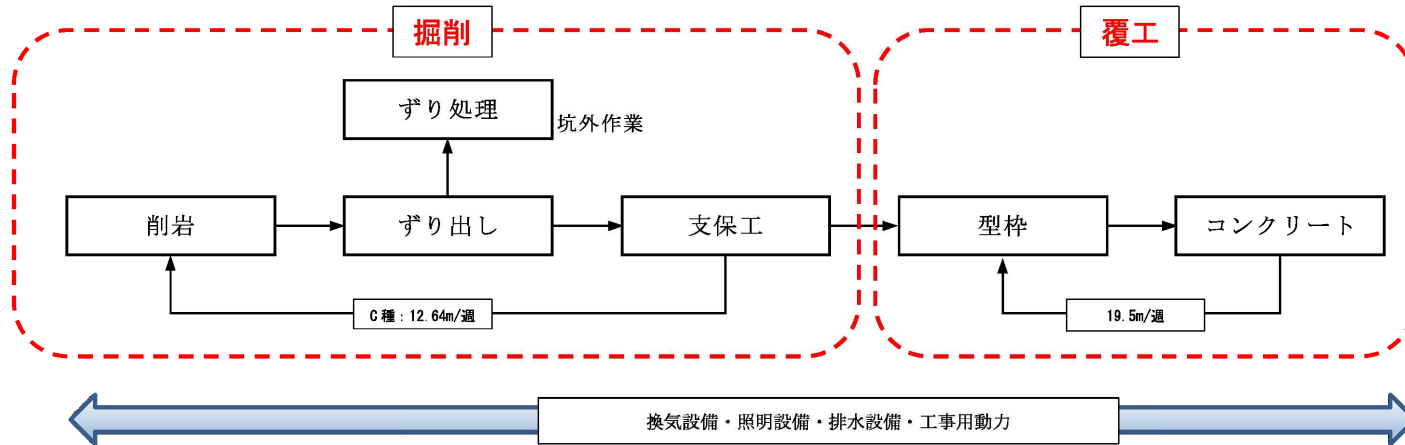


図 3.9.9 リムグラウトトンネルの施工フロー

(2) 削岩

リムグラウトトンネルの掘削は全断面掘削工法を採用し、表 3.9.5 に示す施工機械を使用して施工を行うこととする。

表 3.9.5 削岩用機械

種類	形式	kW(PS)	備考
油圧クローラドリル	機械重量 4.6t	37PS	ドリフター 43.5kg 級
大型ブレーカ付きミニバックホウ	0.1m ³	34PS	ブレーカ 130kg 級

(出典:ダム工事積算の解説(令和3年度版) P.343)

(3) ずり出し

ずり出し(ずり運搬)方式は、表 3.9.6 に示すロードホウルダンプによって積込・運搬を行うものとする。

表 3.9.6 ずり積込・運搬機械

機械名	形式	機械質量	寸法		
			長	高	幅
ロードホウルダンプ	バケット容量 2.0m ³	9.7t	6.825m	2.16m	1.60m

(出典:ダム工事積算の解説(令和3年度版) P.344)

(4) ずり処理

ロードホウルダンプで坑口付近に搬出されたずりをバックホウで積込、ダンプトラックにより、ダムサイト上流に設置されている埋戻し材ストックヤードへ運搬する。

運搬距離は図 3.9.10 に示すとおり左右岸とも 2.0km 以下とする。

なお、埋戻しストックヤードにおける発生残土処理については、同時期に河床部掘削で発生する母材不適土(80mm オーバー材、湖成堆積物等)の処理が行われていることから計上しないこととする。

表 3.9.7 ずり処理用機械

機械名	規格	台数	作業内容
バックホウ	山積 0.8m ³	1 台	ズリの積込(土砂・ルーズ)
ダンプトラック	10t	1 台	

※ ずり搬出先は埋戻し材ストックヤードとし、河床部掘削と同時期の施工となるため敷均し用ブルドーザは河床部掘削と兼用することが可能なため考慮しない計画とした。

なお、バックホウ及びダンプトラックの台数については、「土木工事標準設計基準書(共通編)」に基づき各1台とする。

表 3.9.8 作業1日当りのズリ発生量の算出

項目	C種	備考
掘削断面積 (支払)	10.17m ²	令和2年度 鳥海ダム本体実施設計業務より
週当り 作業量	12.64m/週	ダム工事積算の解説(令和3年度版)P.347
1時間当り 作業量	0.36m/時間	12.64(m/週) ÷ (5日 × 7時間)
1日当り 作業量	5.40m/日	0.36(m/時間) × 15時間
1日2方 当り掘削量	54.9m ³ /口	掘削断面積(10.17m ²) × 1口当り作業量(5.4m/日)

表 3.9.9 バックホウの作業日当り標準作業量(積込(ルーズ))

土質	作業内容	作業日当り 標準作業量
土砂	土量 50,000m ³ 未満	310m ³ /日
	土量 50,000m ³ 以上	520m ³ /日
	平均施工幅 1m 以上 2m 未満	160m ³ /日
	1箇所 100m ³ 以下(標準)	42m ³ /日
	1箇所 100m ³ 以下(標準以外)	22m ³ /日
岩塊・玉石・ 破碎岩	土量 50,000m ³ 未満	260m ³ /日
	土量 50,000m ³ 以上	440m ³ /日
	平均施工幅 1m 以上 2m 未満	130m ³ /日

(出典：国土交通省 土木工事標準積算基準書 P. I-14-①-14)

表 3.9.10 土砂等運搬 作業日当り標準作業量

土砂等発生場所	積込機種・規格	土質	DID 区間の有無	運搬距離	作業日当り標準作業量
標準	バックホウ 山積 0.8m ³	土砂(岩塊・玉石混り土含む)	無し	0.3km 以下	154m ³ /日
				0.5km 以下	133m ³ /日
				1.0km 以下	118m ³ /日
				1.5km 以下	105m ³ /日
				2.0km 以下	91m ³ /日
				3.0km 以下	77m ³ /日
				4.0km 以下	67m ³ /日
				5.5km 以下	56m ³ /日
				6.5km 以下	48m ³ /日
				7.5km 以下	42m ³ /日
				9.5km 以下	37m ³ /日
				11.5km 以下	32m ³ /日
				15.5km 以下	26m ³ /日
				22.5km 以下	21m ³ /日
			49.5km 以下	16m ³ /日	
			60.0km 以下	11m ³ /日	
			有り	0.3km 以下	154m ³ /日
				0.5km 以下	133m ³ /日
				1.0km 以下	118m ³ /日
				1.5km 以下	105m ³ /日
				2.0km 以下	91m ³ /日
				3.0km 以下	77m ³ /日
				3.5km 以下	67m ³ /日
				5.0km 以下	56m ³ /日
		6.0km 以下		48m ³ /日	
		7.0km 以下		42m ³ /日	
		8.5km 以下	37m ³ /日		
		11.0km 以下	32m ³ /日		
		14.0km 以下	26m ³ /日		
		19.5km 以下	21m ³ /日		
		31.5km 以下	16m ³ /日		
		60.0km 以下	11m ³ /日		
		軟岩	—	—	土砂÷1.22
硬岩	—	—	土砂÷1.37		

(出典：国土交通省 土木工事標準積算基準書 P. I-14-①-8)

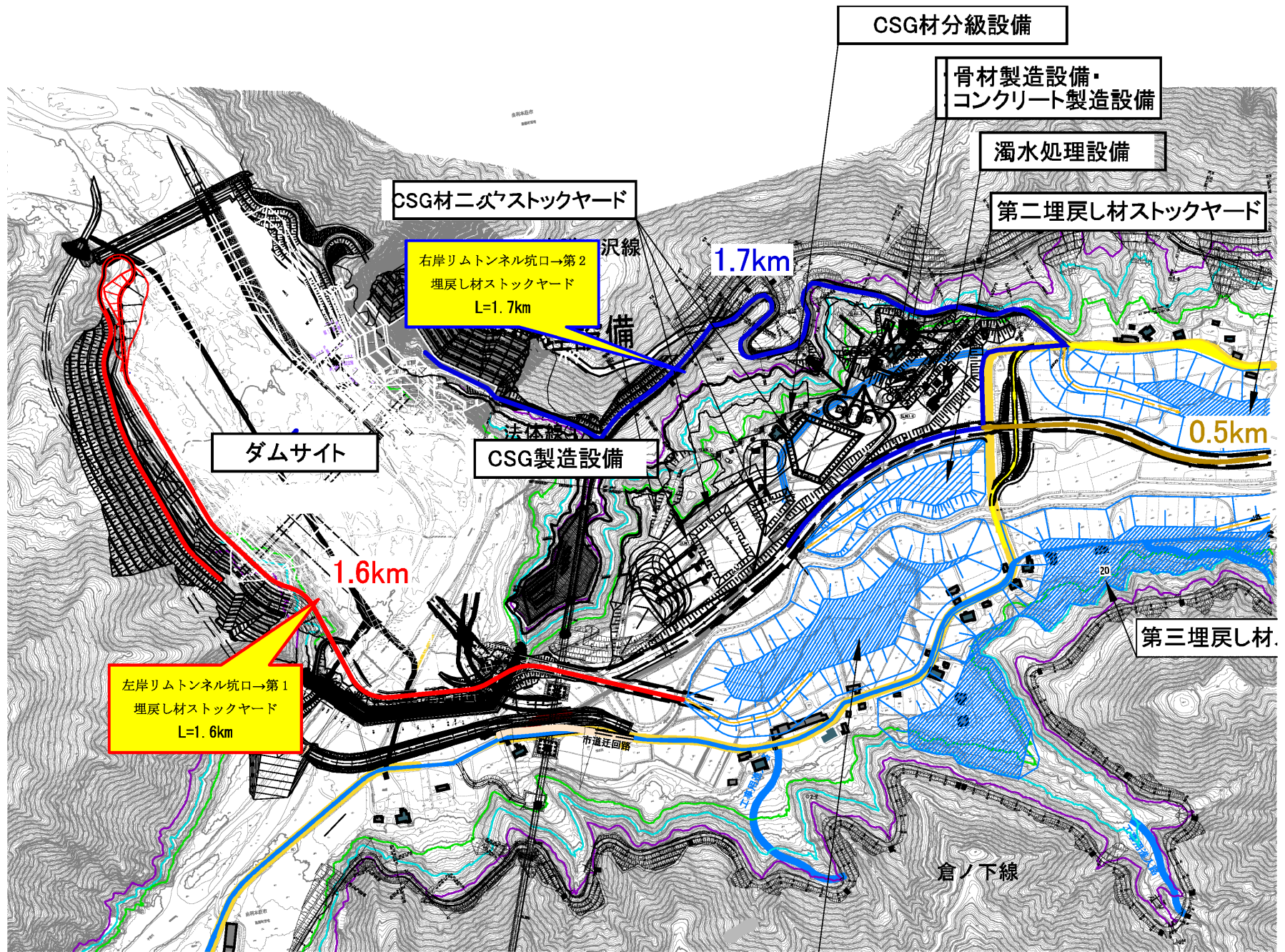


図 3.9.10 リムグラウトトンネルの掘削ズリ運搬経路

(5) 支保工

支保工は、材料関係のみ計上し、支保工の運搬・積込は「掘削」で計上する

- ・ 支保工は、H形鋼支保工2ピース方式を原則とし、1回使いとする。
- ・ 支保工は、1回使いとし、スクラップ控除を行うことを原則とする。ただし、コンクリートに埋め込む部分については全損とする。
- ・ 矢板長さは掛矢板の場合(支保工間隔)+30cmとする。
- ・ 矢板は雑木及び松矢板とし、転用は原則として行わないものとし、損率は100%を標準とする。
- ・ パッキン材等の雑木は、矢板数量の20%を標準とする。
- ・ 支保工の形状寸法、間隔、矢板数量等は表 3.9.11 を標準とする。

表 3.9.11 支保工形状寸法、間隔、矢板数量等

掘削分類		A種	B種	C種	D種	E種
支保工	H形鋼形状寸法	H-100	H-125	H-125	H-125	—
	底板寸法	200×200×13	230×230×16	230×230×16	230×230×16	
矢板	頂板寸法	180×180×9	180×180×9	180×180×9	180×180×9	—
	支保工建込間隔	1.5m	1.5m	1.2m	0.9m	
その他	材質	雑	雑	雑	松	—
	厚さ	3.0cm	3.0cm	3.0cm	3.6cm	
	施工範囲	50%	60%	80%	100%	
その他	内張材(鋼管)	φ60.5 t2.3	φ60.5 t2.3	φ60.5 t2.3	φ60.5 t2.3	—
	内張材及び タイロッド間隔	支保工長に対し1.2m	支保工長に対し1.2m	支保工長に対し1.2m	支保工長に対し1.2m	
	タイロッド寸法	φ16.5-L1650	φ16.5-L1650	φ16.5-L1350	φ16.5-L1050	
	継手ボルト間隔	φ19-L50	φ19-L50	φ19-L50	φ19-L50	

(注)1. 上表は標準の場合であり、地山の状態等により別途考慮することができる。

2. 上表は掛矢板の場合の値である。

3. E種については、施工実態を考慮して決定する。

(出典：ダム工事積算の解説(令和3年度版) P348)

(6) 覆工

1) コンクリート打設工法

コンクリートはコンクリートポンプ車打設とし、ポンプ車の規格は、表 3.9.12 を標準とする。

表 3.9.12 コンクリートポンプ車の標準機種

機種	規格
コンクリートポンプ車	配管式 90~100m ³

(出典：ダム工事積算の解説(令和3年度版) P350)

2) スライドセントル及び雑材料

(a) スライドセントル

鋼製スライドセントルの長さは9mを標準とする。

(b) 雑材料

雑材料の1回当り損料は表 3.9.13 に示すとおりとする。

表 3.9.13 雑材料の1回当り損料

材 料	規 格	損 率	摘 要	施工箇所
妻 板	板厚 1.8cm	50%	アーチ部の妻板面積は、設計巻厚の内側より 20cm 控除したものを計上する。	アーチ部 側壁部
敷 板	板厚 1.8cm	100%	—	アーチ部
土 台	角材 幅 30cm 厚 12cm	10%	(スライドセントルの長さ)×2×(松角 1m 当り m ³ 数)	アーチ部 側壁部
張 木	丸太 末口 12cm 長 50cm	10%	{(スライドセントルの長さ)÷1.5}×2×(松丸太一本当り m ³ 数)	側壁部

(出典：ダム工事積算の解説(令和3年度版) P351)

(c) はく離剤

はく離剤は、0.2L/m²を標準とする。

3) 止水板

止水板は、塩化ビニル系 幅 200mm、厚さ 5mm を標準とし、アーチ部の打継目に設置するものとする。

また、長さは、設計巻厚の内側より 20cm の位置における周長とする。

(7) トンネル裏込め注入工

覆工コンクリートと地山に生じる空隙に対し、地山の安定や覆工への偏荷重を防止するため、注入材を注入することとする。

1) 注入材の配合

注入材はエアモルタルとし、表 3.9.14 に示す配合を現場で製造する計画とする。

表 3.9.14 エアモルタル 1m³ 当りの配合

フロー値 (mm)	空気量 (%)	セメント (kg)	水 (kg)	細骨材 (kg)	起泡剤 (kg)	水セメン ト比(%)	呼び強度 (N/mm ²)
200±20	50±5	250	210	500 (0.37m ³)	3.1	84	1.5

(出典：国土交通省 土木工事標準積算基準書 P. IV-5-③-2)

2) 日当り作業量

日当り作業量は、表 3.9.15 より 77m³/日とする。

表 3.9.15 トンネル裏込注入工の日当り作業量

		単位	数量
水路トンネル	エアモルタル (新設トンネル)	m ³	32
道路トンネル	エアモルタル (新設トンネル)	m ³	77
	エアモルタル (既設トンネル)	m ³	58
	可塑性エアモルタル (既設トンネル)	m ³	35
	発泡ウレタン(40倍) (既設トンネル)	m ³	34

(出典：国土交通省 土木工事標準積算基準書 P. IV-5-③-3)

3.9.4 リムグラウトトンネル仮設工

(1) 工事中換気設備

1) 基本事項

リムグラウトトンネルに関する基本事項として、『ダム工事積算の解説(令和3年度版)』では、以下のとおりとなっている。

- 工事中換気設備の設置
坑内の換気は、その断面、長さ、自然条件等を考慮して、自然換気に期待し得る場合でもこれに依存することなく換気設備を設置することを標準とする。
- 送風機
換気に使用する送風機は、軸流式ファンを標準とする。
- 換気方式
換気方式は送気式を標準とする。
- 所要換気量
所要換気量は、発破後ガス、ディーゼル機関から排出される有毒ガス、作業者の呼気による炭酸ガス等を考慮し、適切に定めるものとする。
- 風管
風管は不燃性ビニル風管を標準とする。

2) 検討条件の設定

工事中換気設備の検討における検討条件は、表 3.9.16 に示すとおりとする。

表 3.9.16 工事中換気設備の検討条件

項目	左岸	右岸	備考
掘削設計断面	支保パターンC:8.297m ²		令和2年度 鳥海ダム本体実施設計業務より
トンネル延長	193.0m	153.0m	令和2年度 鳥海ダム本体実施設計業務より
1 爆破進行長	支保パターンC:1.2m		ダム工事積算の解説(令和3年度版)
火薬の種類	含水爆薬		ダム工事積算の解説(令和3年度版)
火薬使用量	支保パターンC:1.2kg/m ³		ダム工事積算の解説(令和3年度版)
編成人員(掘削)	7人		ダム工事積算の解説(令和3年度版)
編成人員(覆工)	6人		ダム工事積算の解説(令和3年度版)

3) 所要換気量の算定

『ダム工事積算の解説(令和3年度版)』によれば、「所要換気量は、発破後ガス、ディーゼル機関から搬出される有害ガス、作業者の呼気による炭酸ガス等を考慮し適切に定めるものとする。」と示されている。

所要換気量の算出は『新版 ずい道等建設工事における換気技術指針』R.3年4月（建設業労働災害防止協会）に基づき算出する。

(a) 作業者の呼気に対する所要換気量

作業者の呼気に対する所要換気量は下式によって求める。

$$Q1 = g \cdot n$$

Q1 : 坑内作業員に対する換気量 (m³/min)

g : 作業員 1 人当りの必要換気量 (=3.0 m³/min)

n : 坑内での作業員の最大人数 (人)

$$\therefore Q1 = 3.0 \text{ m}^3/\text{min} \times 7 \text{ 人} = 21.0 \text{ m}^3/\text{min} \text{ 掘削時}$$

$$\therefore Q2 = 3.0 \text{ m}^3/\text{min} \times 6 \text{ 人} = 18.0 \text{ m}^3/\text{min} \text{ 覆工時}$$

表 3.9.17 作業者の呼気に対する所要換気量

	左岸		右岸	
	掘削時	覆工時	掘削時	覆工時
作業員 1 人当たりの必要換気量	3.0	3.0	3.0	3.0
坑内での作業員の最大人数	7	6	7	6
作業員の呼気に対する所要換気量	21.0	18.0	21.0	18.0

(b) 発破に対する換気量

a) 発破の後ガスに対する所要換気量

発破の後ガスに対する所要換気量は下式によって求められる。

$$Q3 = K \cdot V / (\alpha \cdot t)$$

Q3 : 所要換気量 (m³/min)

K : 換気係数=0.4

V : 1 発破による換気対象有害ガスの発生量 (m³)

α : 換気対象ガスの管理目標濃度 (CO:50ppm、NOx:25ppm)

t : 所要換気時間 (min) 20min※

また、1 発破による有害物質の発生量は次式で求められる。

$$V = AT \cdot \angle L \cdot \beta \cdot X$$

ここに、AT : トンネル断面積

$\angle L$: 1 発破進行長

β : 地山 1m³ に対する火薬使用量

X : 火薬 1kg より発生する有害物質量

※ 換気時間について(換気技術指針 P102 より転載)

発破の後ガスの換気時間は15～20分を目安に所要換気量を求めた後、他の所要換気量と比較した上で再検討し決定する。なお、平成21年9月に建設業労働災害防止協会が山岳トンネル工事現場を対象に実施したアンケート調査の結果によると、現場で実施している換気時間は、後ガスに対する場合、発破粉じんに対する場合とともに約70現場の平均で19分である。

これより、本検討では20分とする。

トンネル内で発破掘削が行われる場合、換気計算の算定基礎とする有害ガスの種類とその爆薬1kg当たりの有害ガス発生量は、次のとおりとする。

表 3.9.18 火薬 1kg より発生する有害物質

爆薬の種類	有害ガス発生量	
	一酸化炭素(CO) (m ³ /kg)	窒素酸化物(NOx) (m ³ /kg)
2号榎ダイナマイト	8×10 ⁻³	1.5×10 ⁻³
含水爆薬	5×10 ⁻³	1.5×10 ⁻³
その他ダイナマイト	11×10 ⁻³	2.5×10 ⁻³
AN-FO	30×10 ⁻³	20×10 ⁻³

爆薬が1種類で、管理目標濃度をCO:50ppm、NOx:25ppmとすると、網掛け部が換気対象の有害ガスとなり、リムグラウトトンネルの場合、含水爆薬を使用することから換気対象有害ガスは一酸化炭素(CO)となる。

表 3.9.19 発破後ガスに対する所要換気量

	左岸		右岸		備考
	掘削時	覆工時	掘削時	覆工時	
換気係数	0.4	—	0.4	—	
トンネル断面積	8.297	—	8.297	—	掘削分類 C
1発破進行長	1.2	—	1.2	—	掘削分類 C
地山 1m ³ に対する火薬使用量	1.2	—	1.2	—	掘削分類 C
火薬 1kg より発生する有害物質	5×10 ⁻³	—	5×10 ⁻³	—	含水爆薬使用 有害ガス:CO
1発破による換気対象有害ガスの発生量	0.06	—	0.06	—	
換気対象ガスの管理目標濃度	50	—	50	—	換気対象有害ガス: 一酸化炭素
所要換気時間	20	—	20	—	
発破後ガスに対する所要換気量	24.0	—	24.0	—	

b) 発破による粉じんに対する所要換気量

発破による粉じんに対する所要換気量は下式によって求められる。

$$Q4 = K \cdot S / (E_a - E_0) \cdot t \times \beta'$$

Q4 : 所要換気量 (m³/min)

K : 換気係数=0.4

S : 1 発破による換気対象有害物質の発生量 (mg)

E_a : 粉じんの管理目標濃度 (3 mg/m³)

E₀ : 拡散希釈に用いる空気濃度

送気式(外気) 0.07mg/m³

排気式(坑内) 0.3mg/m³

t : 所要換気時間=20min

β' : 1 サイクル平均の粉じん濃度目標レベル 2.0mg/m³
を達成するための所要風量換算係数 =1.2

また、1 発破による換気対象有害物質の発生量は下式で求められる。

$$S = AT \cdot \triangle L \cdot \beta \cdot X'$$

AT : トンネル断面積

△L : 1 発破進行長

β : 地山 1m³ に対する火薬使用量

X' : 火薬 1kg より発生する粉じん発生量

表 3.9.20 発破による粉じんに対する所要換気量

	左岸		右岸		備考
	掘削時	覆工時	掘削時	覆工時	
換気係数	0.4	—	0.4	—	
トンネル断面積	8.297	—	8.297	—	掘削分類 C
1 発破進行長	1.2	—	1.2	—	掘削分類 C
地山 1m ³ に対する火薬使用量	1.2	—	1.2	—	掘削分類 C
火薬 1kg より発生する粉じん発生量	2,000	—	2,000	—	
1 発破による換気対象有害物質の発生量	23,895.4	—	23,895.4	—	
粉じんの管理目標濃度	3	—	3	—	
拡散希釈に用いる空気濃度	0.07	—	0.07	—	送気式(外気)
所要換気時間	20	—	20	—	
1 サイクル平均の粉じん濃度目標レベル 2.0 mg/m ³ を達成するための所要風量換算係数	1.2	—	1.2	—	
発破による粉じんに対する所要換気量	195.7	—	195.7	—	

(c) ディーゼル機関の排気ガスに対する所要換気量

ディーゼル機関から排出される有害ガスに対する所要換気量は下式で求められる。

$$Q_5 = (H_s \cdot q_s \cdot \alpha_s) + (H_D \cdot q_D \cdot \alpha_D) + (H_E \cdot q_E \cdot \alpha_E)$$

H_s : ショベル系の使用機械の総出力 (kw)

H_D : ダンプ系の " (kw)

H_E : その他機械の " (kw)

Q_s : ショベル系の実出力当りの換気量 (m³/min・kw) 表 3.9.21 参照

q_D : ダンプ系の " (m³/min・kw) 表 3.9.21 参照

q_E : その他機械の " (m³/min・kw) 表 3.9.21 参照

α_s : ショベル系の負荷率 表 3.9.21 参照

α_D : ダンプ系の負荷率 表 3.9.21 参照

α_E : その他機械の負荷率 表 3.9.21 参照

表 3.9.21 定格出力当りの換気量及び負荷量

実出力当りの換気量 q ($m^3/min \cdot kw$)						負荷率
排出ガス規制 出力区分： P(kw)	①排出ガス対策型建設機械 ②道路運送車両法（ディーゼル特殊自動車）排出ガス規制適合車 ③オフロード法排出ガス規制適合車					
	①第1次基準	①第2次基準 ②H15年規制	①第3次基準 ②③H18年規制	②③H23年規制		
ディーゼル機関 搭載機械の種類別	$30 \leq P < 272$	$75 \leq P < 560$	$75 \leq P < 560$	$75 \leq P < 130$	$130 \leq P < 560$	
ショベル系	4.9	3.2	1.9	1.8	1.1	0.5
ダンプ系(坑内用)	4.9	3.2	1.9	1.8	1.1	0.25
排出ガス規制	道路運送車両法（ディーゼル重量車） 排出ガス規制適合車					負荷率
	H9年規制	H15年規制	H17年規制	H21年規制	H26年規制	
ディーゼル機関 搭載機械の種類別	$2.5t < GVW$		$3.5t < GVW$			
ダンプ系(普通)	2.4	1.8	1.1	0.6	0.6	0.2
その他機械	2.4	1.8	1.1	0.6	0.6	0.2

(出典：『ざい道等建設工事における換気技術指針』P.105)

ここで、リムグラウトトンネルにおいて坑内作業を行う施工機械は、『ダム工事積算の解説(令和3年度版)』では、表 3.9.22 に示すとおりとなっているが、トンネル断面が小さいため、各施工機械が同時に坑内作業を行うことは考えにくい。

そのため、表 3.9.22 に示す機械の内、出力が最も大きいロードホウルダンプから所要換気量を設定する。

表 3.9.22 リムグラウトトンネルで坑内作業を行う施工機械

種別	機 械 名	台数	出力 (PS)	出力 (kw)	備 考
ショベル系	ロードホウルダンプ	1	87.0	64.0	ずり積込・搬出 (2.0 m ³ 級)
	油圧クローラドリル	1	37.0	27.2	ドリフター 43.5kg 級
	大型ブレーカ付 ミニバックホウ	1	34.0	25.0	ブレーカ 130kg 級

表 3.9.23 ディーゼル機関の排気ガスに対する所要換気量の算出

	左岸		右岸		備考
	掘削時	覆工時	掘削時	覆工時	
ショベル系の使用機 械の出力	64	—	64	—	ロードホウルダンプ
実出力当りの換気量	4.9	—	4.9	—	ショベル系
負荷率	0.5	—	0.5	—	ショベル系
ディーゼル機関の排 気ガスに対する所要 換気量	156.8	—	156.8	—	

(d) 所要換気量の設定

前項までに算出した所要換気量を整理すると表 3.9.24 に示すとおりとなり、同表に示す換気量を満足するための換気設備の規模の検討を行うこととする。

表 3.9.24 所要換気量の整理

	左岸		右岸		備考
	掘削時	覆工時	掘削時	覆工時	
作業員の呼気に対する所要換気量	21.0	18.0	21.0	18.0	
発破後ガスに対する所要換気量	24.0	—	24.0	—	
発破による粉じんに対する所要換気量	195.7	—	195.7	—	
ディーゼル機関の排気ガスに対する所要換気量	156.8	—	156.8	—	
設定値	216.7	18.0	216.7	18.0	

4) 換気設備の規模の検討

表 3.9.24 に整理した所要換気量を満足する送風機の規模や風管の直径等の検討を行う。

(a) 風管の管径の設定

風管の直径は、下式により算出する。

必要断面積

$$A = Q_0 / (60 \times 15)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$V = \frac{Q_0}{15 \pi D^2}$$

D : 風管の直径 (m)

Q₀ : 所要換気量

V : 風管内平均風速 (送気式の場合 V=10~15m/s)

表 3.9.25 風管の直径及び風管内平均風速の算出結果

	左岸		右岸		備考
	掘削時	覆工時	掘削時	覆工時	
所要換気量 (m ³ /min)	216.7	18.0	216.7	18.0	
必要断面積 (m ²)	0.241	0.020	0.241	0.020	
風管の直径 (m)	0.554 ≒0.60	0.160 ≒0.40	0.554 ≒0.60	0.160 ≒0.40	
風管内平均風速 (m/s)	12.8	2.4	12.8	2.4	

※ 覆工時の風管の直径は計算上 0.2m でよいが、送風機の最小規格が φ400mm であるため、風管径は 0.4m とする。

(b) 風管の圧力損失の設定

風管の圧力損失は、下式により算出する。

$$hr = h + hb$$

$$h = \lambda \cdot L/D \cdot \gamma / 2 \cdot V^2 \cdot 10^{-3}$$

$$hb = \zeta \cdot \gamma / 2 \cdot V^2 \cdot 10^{-3}$$

hr : 風管の圧力損失 (kPa)

h : 直管の圧力損失 (kPa)

λ : 風管の圧力損失係数 (軟管リング付) 表 3.9.26 参照

γ : 空気の比重 (20°C, 1 気圧で $\gamma = 1.2 \text{ kg/m}^3$)

L : 風管の長さ

D : 風管の直径

V : 風管内の平均風速

hb : 入口部、出口部、曲り部など圧力損失 (kPa)

ζ : 入口部、出口部、曲り部などの圧力損失係数

 ベンド部 (0.50) × 2 箇所

 管の吹き出口部 (1.00) × 1 箇所

表 3.9.26 風管の圧力損失係数

風管の種類	風管径(単位: mm)				
	500 未満	500 以上 750 未満	750 以上 1,000 未満	1,000 以上 1,500 未満	1,500 以上
硬管	0.050	0.035	0.030	0.025	0.020
軟管(リング付)	0.050	0.040	0.035	0.030	0.030
軟管(リング無)	0.040	0.030	0.025	0.025	0.020

表 3.9.27 送風機の所要圧力

	左岸		右岸		備考
	掘削時	覆工時	掘削時	覆工時	
入口部、出口部、曲り部などの圧力損失係数	2.0	2.0	2.0	2.0	ベンド部:0.50×2箇所 +出口部:1.00×1箇所
空気の比重 (kg/m ³)	1.2	1.2	1.2	1.2	20℃ 1気圧
風管内の平均流速 (m/s)	12.8	2.4	10.8	2.4	
入口部、出口部、曲り部など圧力損失 (kPa)	0.20	0.01	0.20	0.01	
風管の圧力損失係数	0.040	0.050	0.040	0.050	
風管の長さ (m)	176.9	176.9	134.9	134.9	
風管の直径 (m)	0.6	0.4	0.6	0.4	
直管の圧力損失 (kPa)	1.16	0.08	0.88	0.06	
風管の圧力損失 (kPa)	1.36	0.09	1.08	0.07	

(c) 風管の漏風量

風管の漏風量は、風管径が750mm未満のため下式により算出する。

$$q = \alpha \cdot h \cdot 10^{-2} \cdot \pi \cdot D \cdot L / a$$

q : 風管の漏風量(m³/min)

a : 風管の継手間隔(=10m)

α : 風管の種類による係数(=20)

表 3.9.28 風管の漏風量

	左岸		右岸		備考
	掘削時	覆工時	掘削時	覆工時	
風管の種類による係数	20	20	20	20	
風管の継手間隔 (m)	10	10	10	10	
風管の直径 (m)	0.6	0.4	0.6	0.4	
風管の長さ (m)	176.9	176.9	134.9	134.9	
風管の漏風量 (m ³ /min)	9.1	0.4	5.5	0.2	

(d) 送風機の風量及び圧力損失の算出

送風機の風量及び圧力損失は、下式により算出する。

$$Q_f = Q_o + q$$

$$h_f = Q_f / Q_o \cdot h_r$$

Q_f : 送風機の風量 (m³/min)

h_f : 送風機の圧力 (kPa)

Q_o : 所要換気量 (m³/min)

q : 風管の漏風量 (m³/min)

h_r : 風管の圧力損失 (kPa)

表 3.9.29 送風機の風量及び送風機の圧力

	左岸		右岸		備考
	掘削時	覆工時	掘削時	覆工時	
所要換気量 (m ³ /min)	216.7	18.0	216.7	18.0	
風管の漏風量 (m ³ /min)	9.1	0.4	5.5	0.2	
送風機の風量 (m ³ /min)	225.8	18.4	222.2	18.2	
風管の圧力損失 (kPa)	1.36	0.09	1.08	0.07	
送風機の圧力 (kPa)	1.42	0.09	1.11	0.07	

(e) 電動機出力の算出

送風機の必要動力は、下式により算出される。

$$N_f = Q_f \cdot h_f / 60 \cdot \eta_f \cdot \alpha$$

Q_f : 送風機風量 (m^3/min)

h_f : 送風機の所要圧力 (kPa)

η_f : ファン効率 (=0.80)

α : 余裕率 (3~10%) 10%とする。

表 3.9.30 送風機の必要動力の算出

	左岸		右岸		備考
	掘削時	覆工時	掘削時	覆工時	
送風機風量 (m^3/min)	225.8	18.4	222.2	18.2	
送風機の所要圧力 (kPa)	1.42	0.09	1.11	0.07	
ファン効率	0.80	0.80	0.80	0.80	
余裕率 (%)	10	10	10	10	
送風機の必要動力 (kW)	4.70	0.02	3.62	0.02	

(f) 換気設備の所要能力及び設備規模の設定

表 3.9.31 で設定した送風機の風量、所要圧力、必要動力を満足する換気設備を表 3.9.33 から選定すると表 3.9.32 に示すとおりとなる。

表 3.9.31 換気設備所要能力算出結果

	左岸		右岸		備考
	掘削時	覆工時	掘削時	覆工時	
送風機風量 (m ³ /min)	225.8	18.4	222.2	18.2	
風管の直径 (m)	0.6	0.4	0.6	0.4	
風管内の平均風速 (m/s)	12.8	2.4	12.8	2.4	
送風機の所要圧力 (kPa)	1.42	0.09	1.11	0.07	
送風機の必要動力 (kW)	4.70	0.02	3.62	0.02	

表 3.9.32 換気設備の仕様

	形式	風量	圧力	電動機動力
掘削時	軸流ファン	400m ³ /min	2.94kPa	15kW×2P
覆工時	軸流ファン	150m ³ /min	2.45kPa	5.5kW×2P

表 3.9.33 【参考】トンネル工事用換気ファンの仕様

会社名	型式	風量 (m ³ /min)	全圧 (kPa)	電動機 (kW)	備考	
イズミ送風機	PF-40SW5.5	150	2.45	5.5×2	二軸反転、固定翼	
	PF-50SW11	250	2.94	11×2		
	PF-50SW15	300	3.92	15×2		
	PF-60SW15	400	2.94	15×2		
	PF-60SW30	500	4.9	30×2		
	PF-80SW22	550	2.94	22×2		
	PF-90SW30	700	3.43	30×2		
	PF-100SW37	1000	2.94	37×2		
	PF-110SW55	1200	3.92	55×2		
	PF-120SW55	1500	3.43	55×2		
	PF-120SW80	1500	4.9	80×2		
	PF-130SW110	2000	4.9	110×2		
	流機エンジン ニアリング	RE-40IW5.5	150	2.45		5.5×2
RE-50IW11		250	2.94	11×2	インバータ方式	
RE-50IW15		300	3.92	15×2	自動制御可能	
RE-60IW15		400	2.94	15×2	低騒音型	
RE-60IW30		500	4.9	30×2		
RE-90IW30		700	3.43	30×2		
RE-100IW37		1000	2.94	37×2		
RE-110IW55		1200	3.92	55×2		
RE-120IW55		1500	3.4	55×2		
RE-120AW55		1800	1.96	55×2		
RE-120IW80		1500	4.9	80×2		
RE-120RAW80		2400	1.96	80×2		
RE-125MW110		2000	4.9	110×2		
RE-130IW110		2000	4.9	110×2		
RE-130RAW110		2000	4.9	110×2		
RE-170IW150		3000	3.43	150×2		
RE-170AW160		3000	4.9	160×2		
RE-170GW200		4500	3.43	200×2		
RE-120IW80A		1500	4.9	80×2		
RE-120RAW80A		2400	1.96	80×2		
RE-125MW110A	2000	4.9	110×2			
流機エンジン ニアリング	RE-130IW110A	2000	4.9	110×2		
	RE-130RAW110A	2000	4.9	110×2		
	RE-170IS150	3000	1.71	150×1		
	EZ-2000Q	2000	2.94	150×1		
	開タニヤマ	CDH900-21-30(4)W	800	2.5/3.5	30×2	可変翼
		CDH1000-26-55(4)W	1000	3.6/4.7	55×2	コンプレッサ 1.5kW
		CDH1120-30-60(4)W	1000	3.9/4.9	60×2	
		CDH1250-26-80(4)W	1500	3.9/4.9	80×2	低騒音型
		CDH1250-26-110(4)W	2000	4.1/4.9	110×2	全圧50/60Hzを示す
		CDH1400-30-150(4)W	3000	3.9/3.9	150×2	
		CDH1120-30-60(4)W	1000	3.92	60×2	可変ピッチ型
		"	1000	4.9	60×2	可変ピッチ型
		CDH1250-26-80(4)W	1500	3.92	80×2	可変ピッチ型
"		1500	4.9	80×2	可変ピッチ型	
CDH1250-26-110(4)W		2000	4.12	110×2	可変ピッチ型	
"		2000	4.9	110×2	可変ピッチ型	
CDH1400-30-150(4)W		3000	3.92	150×2	可変ピッチ型	
CDH1400-30-175(4)W	3000	4.51	175×2	可変ピッチ型		
カジマメカ トロエンジン ニアリング	KEF-50AHWS	150	2.45	5.5×2	低騒音型	
	KEF-55AHWS	250	2.94	11×2	低騒音型	
	KEF-60AHWS	300	3.92	15×2	低騒音型	
	KEF-65AHWS	500	4.9	30×2	インバータ、低騒音型	
	KEF-100AWS	1000	2.94	37×2	インバータ、低騒音型	
	KEF-110AWS	1000	4.9	55×2	インバータ、低騒音型	
	KEF-110AMS	1000	1.56	45×1	インバータ、低騒音型	
	KEF-120AWS	1500	4.9	80×2	インバータ、低騒音型	
	KEF-120AMS	1500	1.27	55×1	インバータ、低騒音型	
	KEF-130AWS	2000	4.9	110×2	インバータ、低騒音型	

(出典：『ずい道等建設工事における換気技術指針』P. 376-377)

(2) 工事用照明

工事用照明は、『ダム工事積算の解説(令和3年度版)』に基づき、表 3.9.34 に示すとおり設置することとする。

表 3.9.34 工事用照明の規格と数量

設置箇所	トンネル延長	坑内照明 40W 蛍光灯		切羽照明 500W 投光器
		設置間隔	設置数	
左岸	193.0m	5m	39	3
右岸	153.0m	5m	31	3

(3) 排水設備

『ダム工事積算の解説(令和3年度版)』では、排水設備は「自然排水を標準とし、排水設備は、縦断勾配が水平等でポンプ排水を必要とする場合は、潜水ポンプを考慮するのを標準とする。」ある。

鳥海ダムのリムグラウトトンネルは縦断勾配が水平であるため、潜水ポンプを設置することとするが、排水量の算定が困難なため、設備の規格については『令和4年度版 建設機械等損料表』にある最小の規格を選定する。

なお、ポンプで排水した水は、坑外に設置した水槽のため、上澄み水を雨水排水設備から河川へ排水する計画とする。

表 3.9.35 排水設備の規格・数量

設置箇所	排水ポンプ	水槽
	口径 50mm 揚程 5m	鋼板簡易水 槽 3m ³
左岸	1 台	1 基
右岸	1 台	1 基

3.9.5 施工工程

掘削(削岩・ざり出し・支保工)～覆工(型枠・コンクリート)～裏込注入工の作業工程を整理すると表 3.9.36～表 3.9.37 に示すとおりとなる。

同表に示すとおり、左岸リムトンネル造成は130日(4.3ヵ月)、右岸リムトンネル造成は105日(3.5ヵ月)要すると考えられる。

表 3.9.36 左岸リムグラウトトンネルの工事工程(坑口部含まず)

工種	種別	規格	数量	1日当り 作業量	作業 日数	所要期間 (作業日数÷0.65)	工事工程(所要日数)													
							10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
左岸リムトンネル	掘削工	C種	184.9 m	5.4 m/日	34	52	[Red bar from Day 0 to 52]													
	覆工		184.9 m	3.9 m/日	47	72	[Red bar from Day 52 to 99]													
	裏込注入工		321.7 m ³	77 m ³ /日	4	6	[Red bar from Day 125 to 131]													
換気設備	掘削時				34	52	[Green bar from Day 0 to 52]													
	覆工時				49	72	[Green bar from Day 52 to 99]													
排水設備					81	124	[Green bar from Day 0 to 124]													

表 3.9.37 右岸リムグラウトトンネルの工事工程(坑口部含まず)

工種	種別	規格	数量	1日当り 作業量	作業 日数	所要期間 (作業日数÷0.65)	工事工程(所要日数)													
							10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
右岸リムトンネル	掘削工	C種	147.5 m	5.4 m/日	27	42	[Red bar from Day 0 to 42]													
	覆工		147.5 m	3.9 m/日	38	58	[Red bar from Day 42 to 100]													
	裏込注入工		256.7 m ³	77 m ³ /日	3	5	[Red bar from Day 95 to 100]													
換気設備	掘削時				27	42	[Green bar from Day 0 to 42]													
	覆工時				38	58	[Green bar from Day 42 to 100]													
排水設備					65	100	[Green bar from Day 0 to 100]													

令和 2 年度

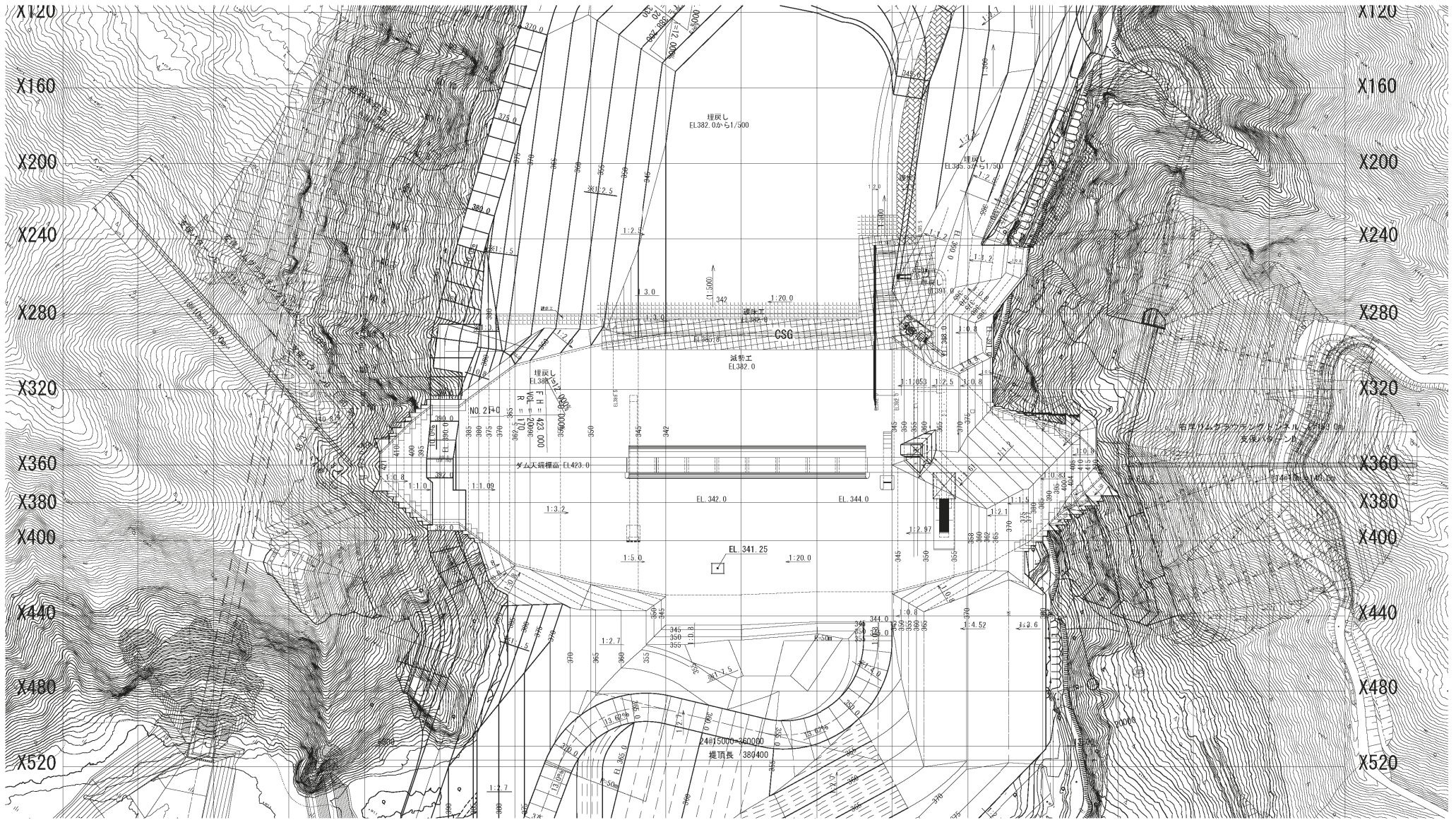
鳥海ダム本体実施設計業務

報 告 書

令和 4 年 3 月

 株式
会社 建設技術研究所

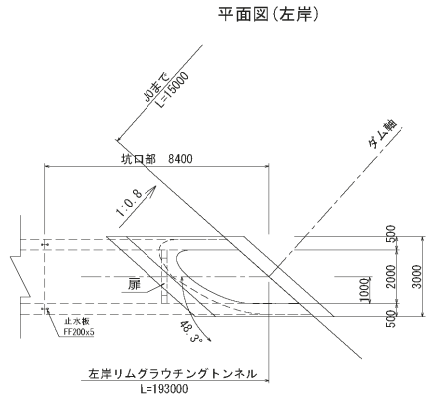
リムグラウチングトンネル平面図 1:2000



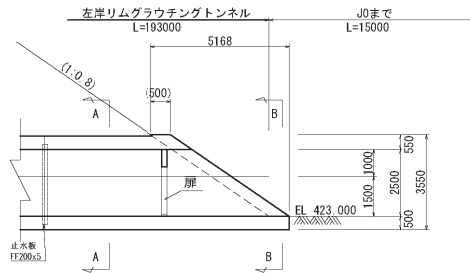
工事名	鳥海ダム本体実施設計業務
図面名	リムグラウチングトンネル平面図
年月日	令和4年3月
縮尺	図示 図面番号 3-2-1
会社名	株式会社建設技術研究所
事業書名	東北地方整備局 鳥海ダム工事事務所

リムグラウチングトンネル構造図

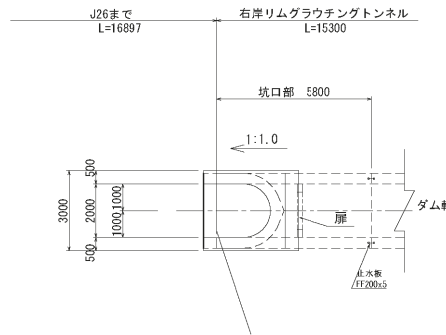
出入口詳細 S=1/100



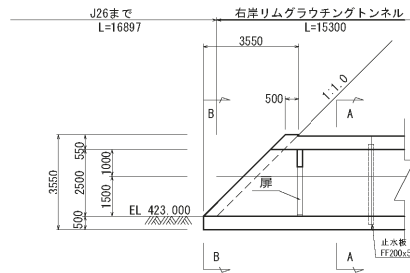
縦断面図(左岸)



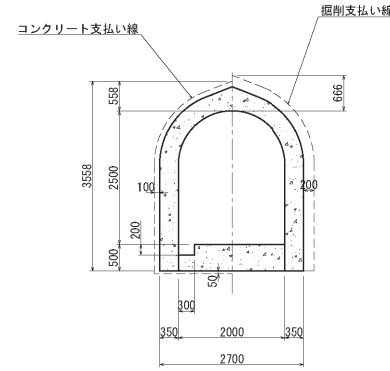
平面図(右岸)



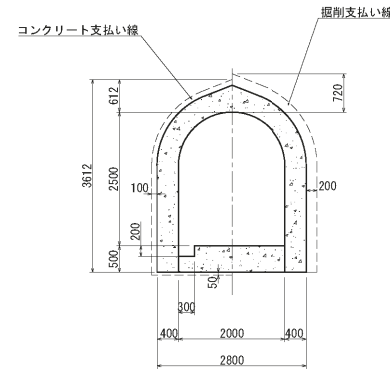
縦断面図(右岸)



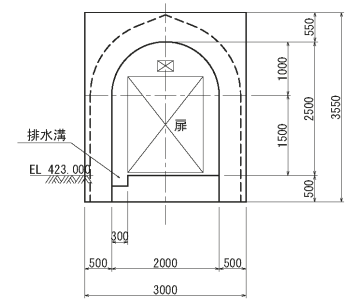
トンネル標準断面図(左岸) S=1/50
(A-A, 支保タイプC)



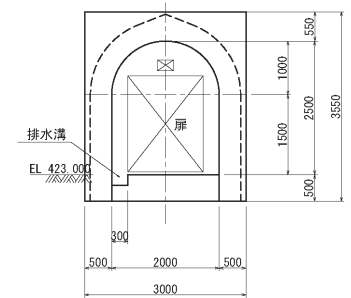
トンネル標準断面図(右岸) S=1/50
(A-A, 支保タイプD)



正面図 S=1/50
(B-B)



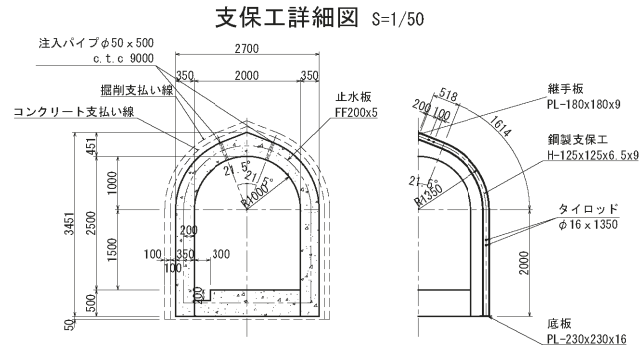
正面図 S=1/50
(B-B)



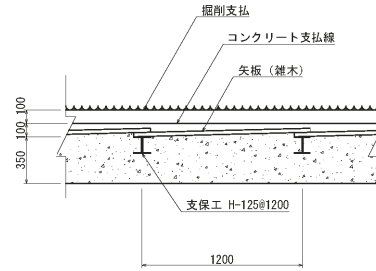
工事名	鳥海ダム本体実施設計業務
図面名	リムグラウチングトンネル構造図
年月日	令和4年3月
縮尺	図示 図面番号 3-2-2
会社名	株式会社建設技術研究所
事業者名	東北地方整備局 鳥海ダム工事事務所

支保工図

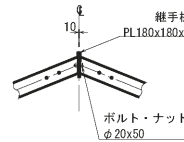
支保パターン C



掛矢板詳細図 S=1/20



継手板詳細 S=1/20



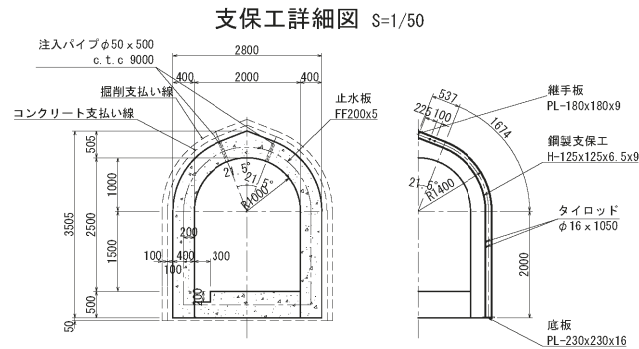
鋼アーチ支保工材料表 (C)

(1基当り)

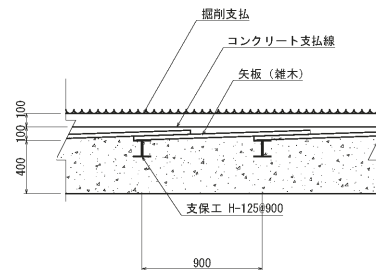
名称	形状寸法	単位数量	単位重量	重量	摘要	
鋼製支保	H-125×125×6.5×9 L=4132	kg	2	97.515	195.0	23.600 kg/m
継手板	PL-180×180×9	枚	2	2.289	4.6	70.650 kg/m ²
ボルト・ナット	φ20×50	本	2			
底板	PL-230×230×16	枚	2	6.644	13.3	125.600 kg/m ²
タイロッド	φ16×1350	本	8	2.133	17.1	1.580 kg/m
内梁	φ60.5×2.3×1200	本	8	3.940	31.5	3.300 kg/m
矢板(雑木)	4.146×2×0.030×1.5×0.8	m ³			0.05	
パッキン	0.05×20%	m ³			0.01	
合計						鋼材 261.5 kg

注) 地質状況が想定時と異なる場合は支保パターンの見直しを行うこと。
注) 止水板設置箇所はアーチ部コンクリートの打継ぎ目とする。

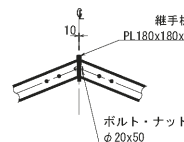
支保パターン D



掛矢板詳細図 S=1/20



継手板詳細 S=1/20



鋼アーチ支保工材料表 (D)

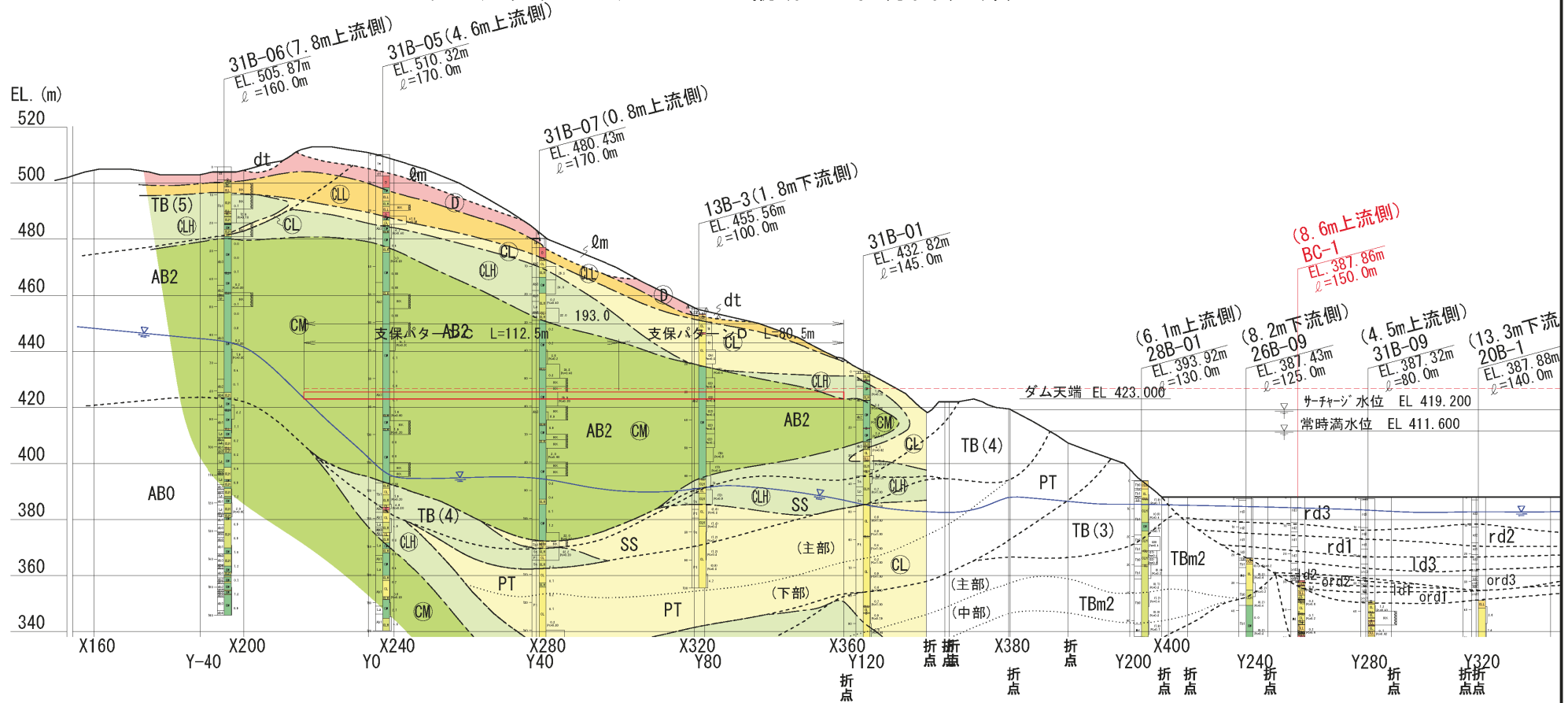
(1基当り)

名称	形状寸法	単位数量	単位重量	重量	摘要	
鋼製支保	H-125×125×6.5×9 L=4211	kg	2	99.380	198.8	23.600 kg/m
継手板	PL-180×180×9	枚	2	2.289	4.6	70.650 kg/m ²
ボルト・ナット	φ20×50	本	2			
底板	PL-230×230×16	枚	2	6.644	13.3	125.600 kg/m ²
タイロッド	φ16×1050	本	8	1.659	13.3	1.580 kg/m
内梁	φ60.5×2.3×900	本	8	2.970	23.8	3.300 kg/m
矢板(雑木)	4.146×2×0.030×1.5×0.8	m ³			0.05	
パッキン	0.05×20%	m ³			0.01	
合計						鋼材 253.8 kg

注) 地質状況が想定時と異なる場合は支保パターンの見直しを行うこと。
注) 止水板設置箇所はアーチ部コンクリートの打継ぎ目とする。

工事名	烏海ダム本体実施設計業務
図面名	支保工図
年月日	令和4年3月
縮尺	図示 図面番号 3-2-3
会社名	株式会社建設技術研究所
事業者名	東北地方整備局 烏海ダム工事事務局

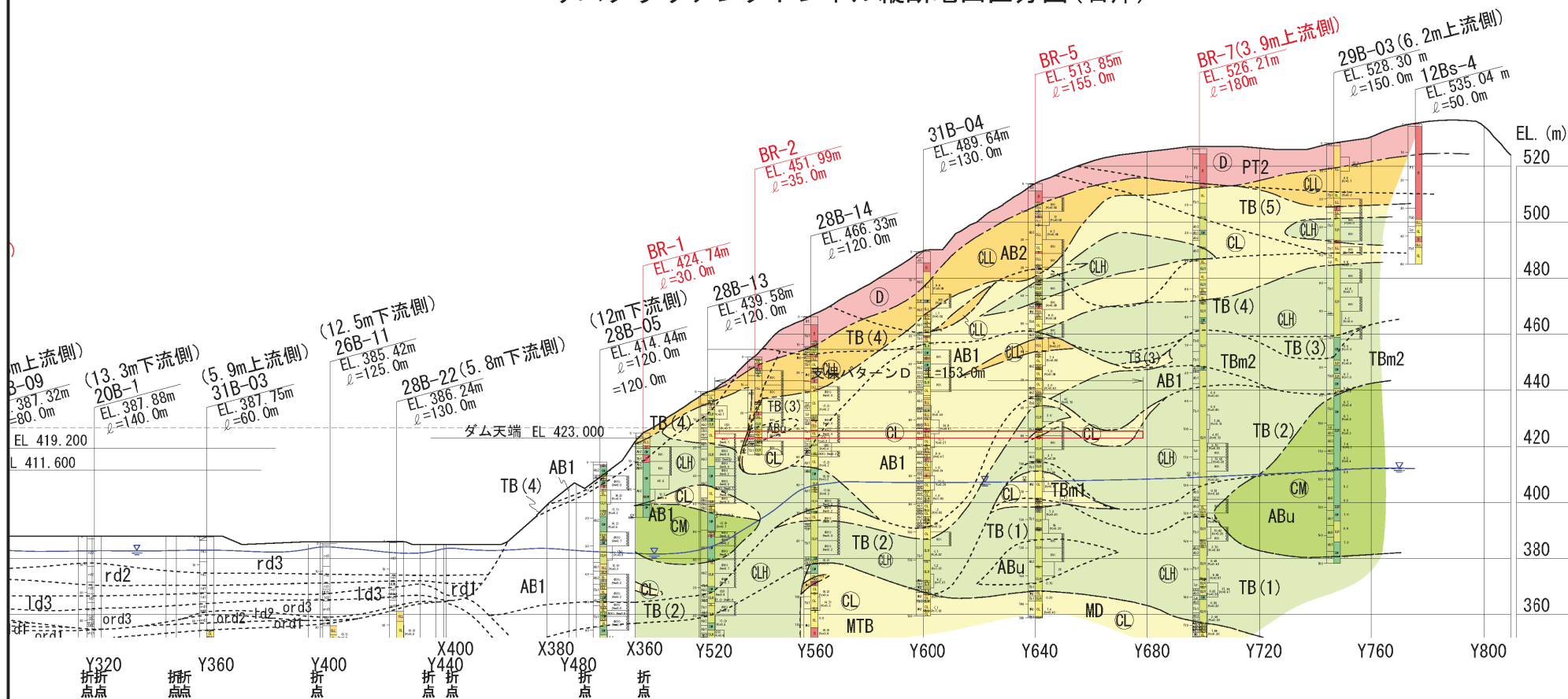
リムグラウチングトンネル縦断地山区分図(左岸)



計画高		
地盤高		
地質調査資料	地質	AB2
	岩級	CM
	地山弾性波速度 (想定) (km/s)	(2.0~3.5km/s)
	地山強度比	4以上
	岩石グループ	M塊状
	地山等級	C II
地質・岩盤状況	<p>全区間にわたって自破砕溶岩が分布する。岩片も硬質で硬軟BレベルのCM級岩盤が主となることが想定される。一方、仮排水TN(13B-3付近を通過)の弾性波探査では1.0~2.0km/sが得られており、潜在的な亀裂が発達している可能性がある。リムトンネル沿いのボーリングでは31B-07まで高透水が確認され、一部掘削時の水位低下が確認されることからこの付近までは湧水の発生が懸念される。</p>	

工事名	烏海ダム本体実施設計業務
図面名	リムグラウチングトンネル縦断地山区分図(左岸)
年月日	令和4年3月
縮尺	1:750 図面番号 3-2-4
会社名	株式会社建設技術研究所
事業書名	東北地方整備局 烏海ダム工事事務所

リムグラウチングトンネル縦断地山区分図(右岸)



計画高		
地盤高		
地質調査資料	地質	AB1 ABu TB3 AB1 TB3
	岩級	CL CLH CLH CLH CLH CLH
	地山弾性波速度 (想定) (km/s)	(1.0~2.0km/s) (2.0~3.0km/s)
	地山強度比	4以上
	岩石グループ	M塊状 L塊状 M塊状 L塊状
	地山等級	D I
地質・岩盤状況	自破砕溶岩 (AB1, ABu) および凝灰角礫岩 (TB(3)) が分布する。AB1の一部は貫入岩となっている。 地質分布が不陸に富むことおよび貫入の影響から、全般に亀裂が多い。また AB1も硬軟Cレベルで全般に軟岩レベルと推定される。 リムトンネル沿いのボーリングは概ね高透水であること、当該箇所での掘削時の水位低下が一部確認されることから湧水の発生が懸念される。	

工事名	鳥海ダム本体実施設計業務
図面名	リムグラウチングトンネル縦断地山区分図(右岸)
年月日	令和4年3月
縮尺	1:750 図面番号 3-2-5
会社名	株式会社建設技術研究所
事業書名	東北地方整備局 鳥海ダム工事事務所

令和4年度

鳥海ダム施工計画補足検討業務

報 告 書

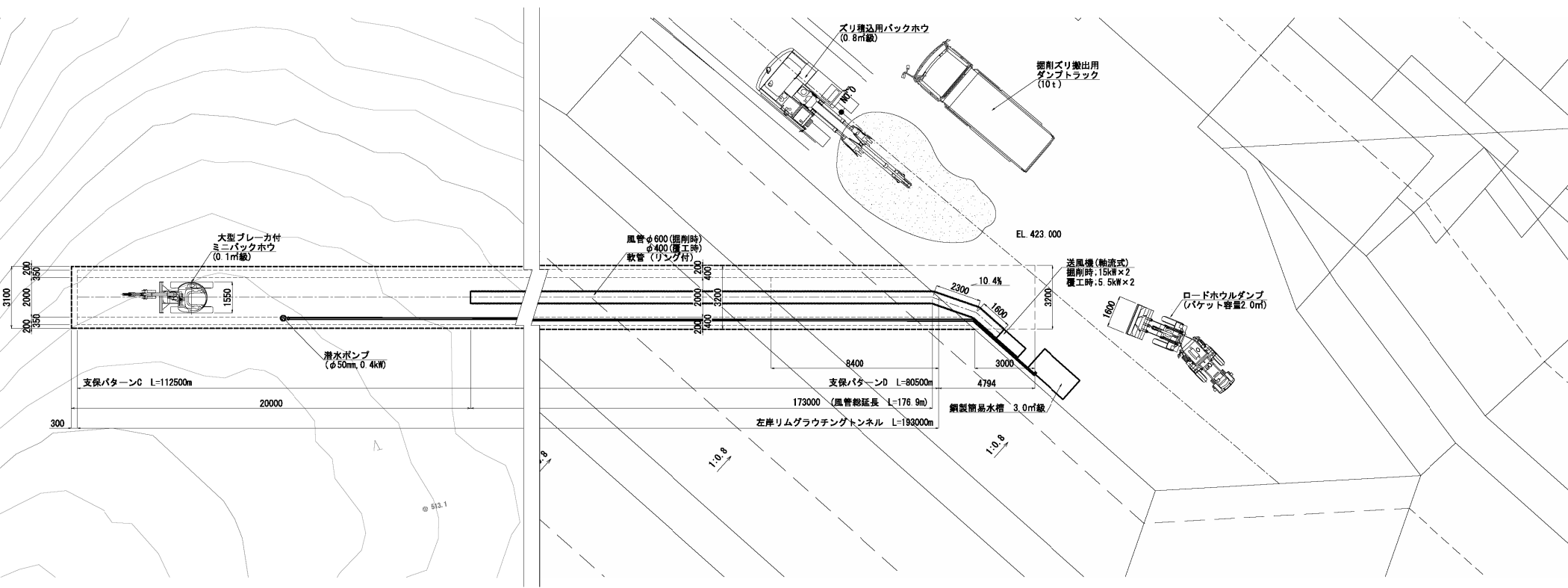
令和5年3月



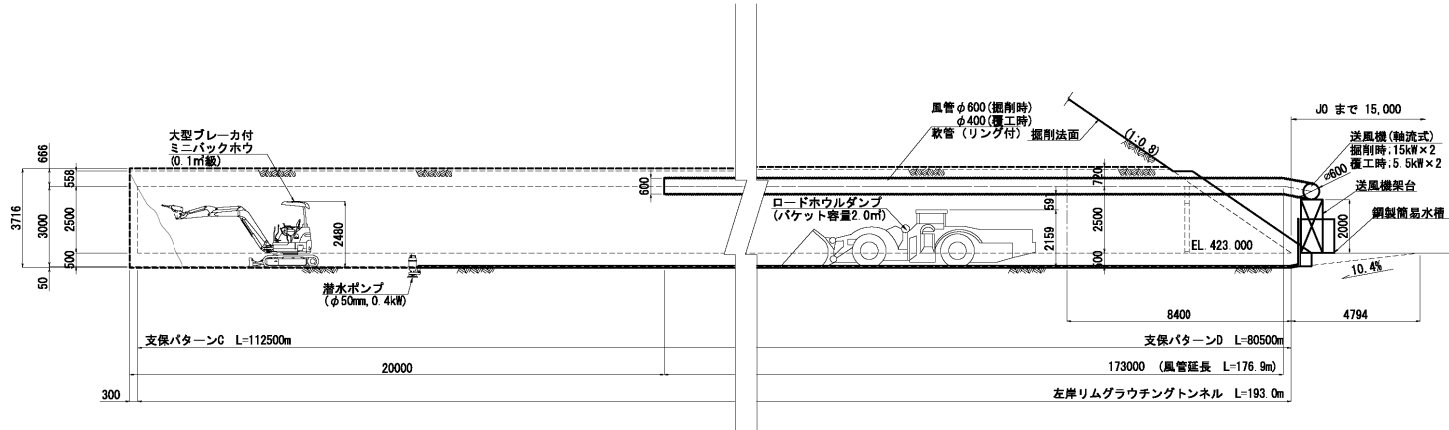
株式会社ドーコン

左岸リムトンネル仮設工参考図 S=1:100

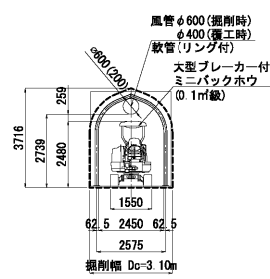
位置平面図



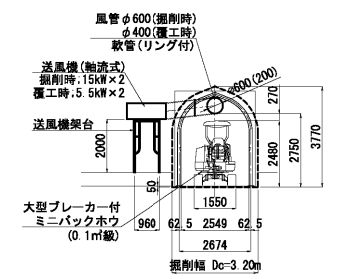
側面図



断面図 TYPE C



断面図 TYPE D

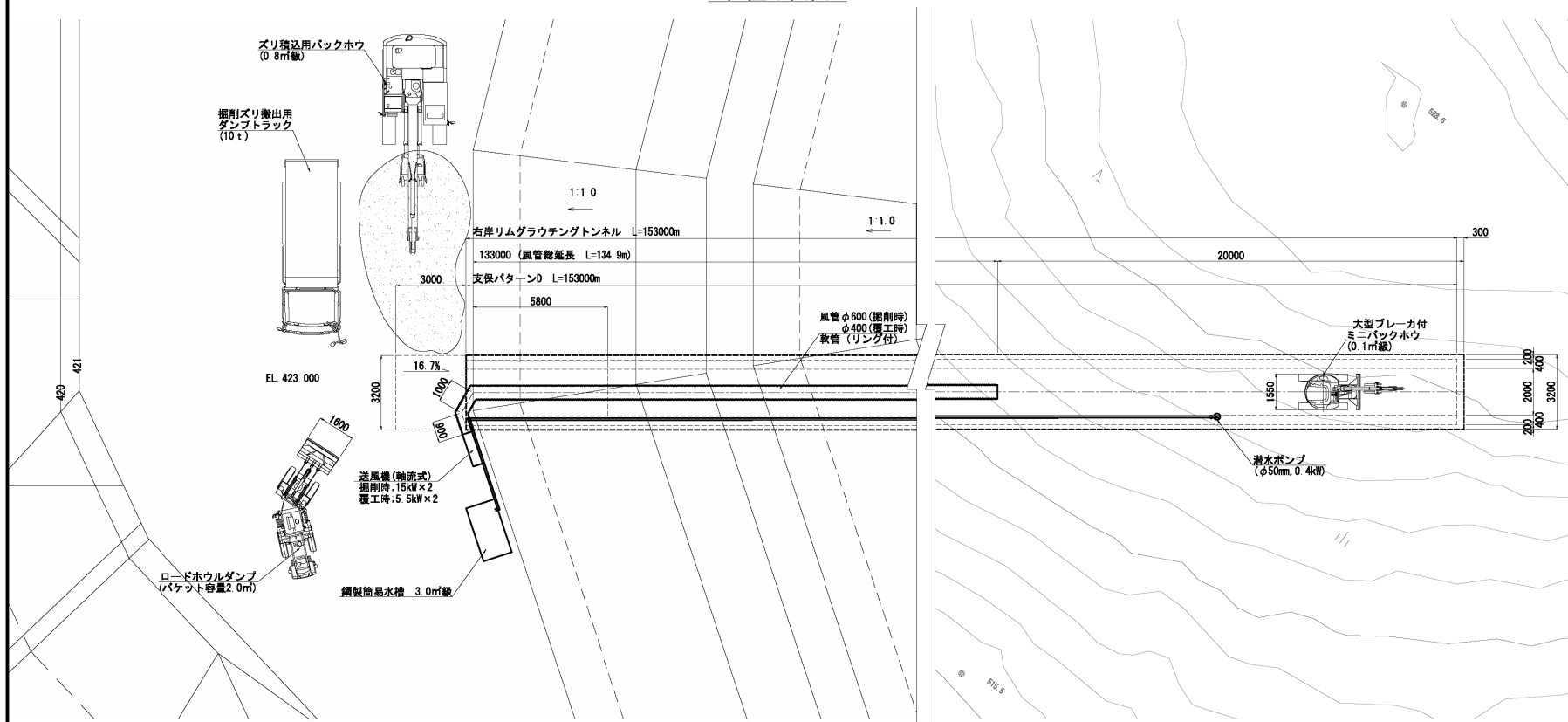


工事名	鳥海ダム施工計画補足検討業務		
図面名	左岸リムトンネル仮設工参考図		
年月日	令和 5 年 3 月		
縮尺	1:100	図面番号	F-1
会社名	株式会社 ドーコン		
事業者名	国土交通省鳥海ダム工事事務所		

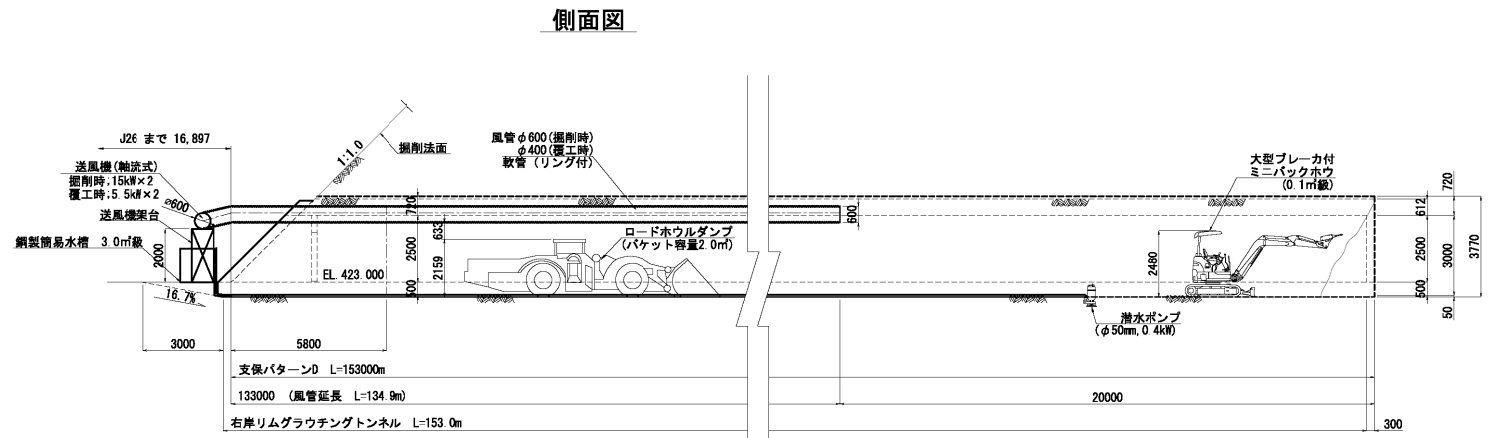
右岸リムトンネル仮設工参考図

S=1:100

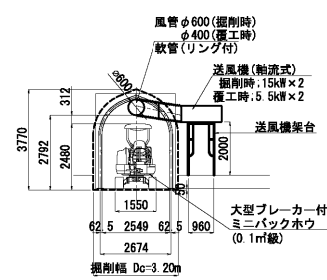
位置平面図



側面図



断面図 TYPE D



工事名	鳥海ダム施工計画補足検討業務		
図面名	右岸リムトンネル仮設工参考図		
年月日	令和 5 年 3 月		
縮尺	1:100	図面番号	F-2
会社名	株式会社 ドーコン		
事業者名	国土交通省鳥海ダム工事事務所		

令和 3 年度

鳥海ダム本体細部設計業務

報 告 書

令和 5 年 3 月

 株式
会社 建設技術研究所

9. 雑工事（リムグラウチングトンネル）

リムグラウチングトンネル数量集計表 (1/2)

工 種	細 目	細々目	単 位	数 量	摘 要
掘削 (D ^h ター)	設計数量	右岸	m ³	1,323.7	8.72m ² × 151.8m
		左岸	m ³	686.3	8.72m ² × 78.7m
	支払数量	右岸	m ³	1,613.6	10.63m ² × 151.8m
		左岸	m ³	836.6	10.63m ² × 78.7m
掘削 (C ^h ター)	設計数量	左岸	m ³	933.8	8.3m ² × 112.5m
	支払数量	左岸	m ³	1,144.1	10.17m ² × 112.5m
床掘 (坑門部)		左岸	m ³	3.0	
		右岸	m ³	2.4	
埋戻し (坑門部)	種別D	左岸	m ³	1.9	
		右岸	m ³	1.5	
コンクリート (D ^h ター)	設計数量	右岸	m ³	408.5	2.67m ² × 151.8m
		左岸	m ³	515.3	2.67m ² × 193m
	支払数量	右岸	m ³	560.0	3.66m ² × 153m
		左岸	m ³	706.4	3.66m ² × 193m
コンクリート (C ^h ター)	設計数量	左岸	m ³	933.8	2.67m ² × 112.5m
	支払数量	左岸	m ³	1,144.1	3.66m ² × 112.5m
インバートコンクリート (D ^h ター)	設計数量	右岸	m ³	143.8	0.94m ² × 153m
		左岸	m ³	181.4	0.94m ² × 193m
	支払数量	右岸	m ³	159.1	1.04m ² × 153m
		左岸	m ³	200.7	1.04m ² × 193m
インバートコンクリート (C ^h ター)	設計数量	左岸	m ³	933.8	0.94m ² × 112.5m
	支払数量	左岸	m ³	1,144.1	1.04m ² × 112.5m
坑門部コンクリート		左岸	m ³	2.9	
		右岸	m ³	2.0	

延長調書

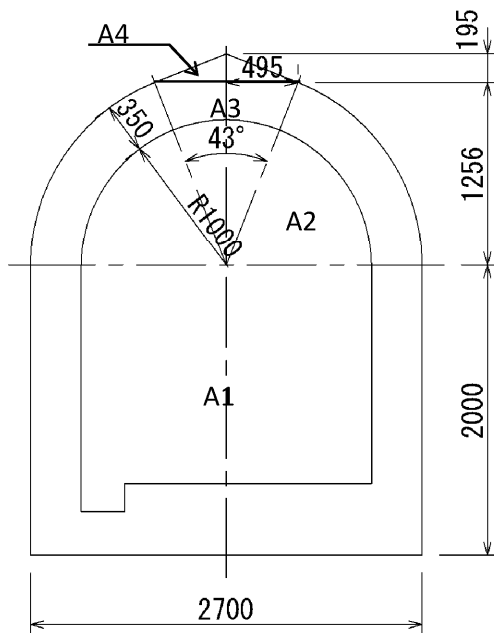
	トンネル延長 (Cパターン)	トンネル延長 (Dパターン)
右岸延長 (m)		151.80
左岸延長 (m)	112.50	78.70

※トンネル頂部と底部の平均

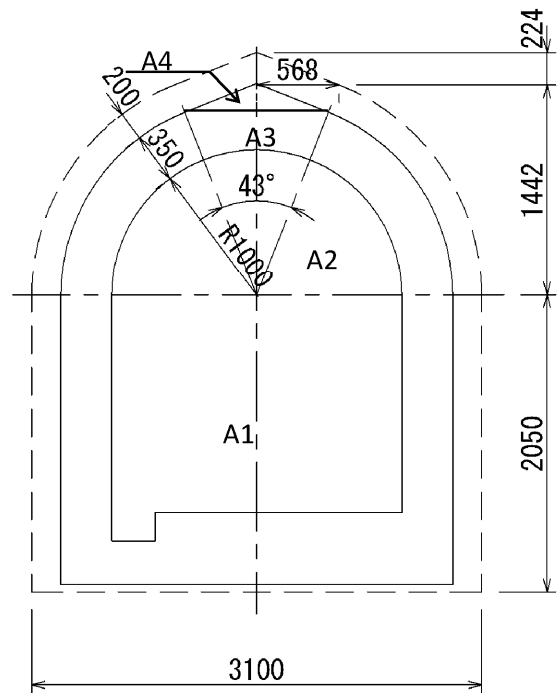
略

図

【支保パターンC種】



設計断面

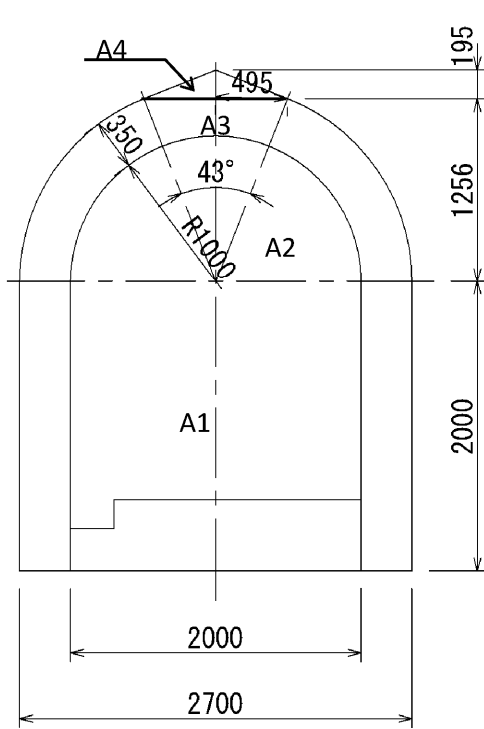


支払断面

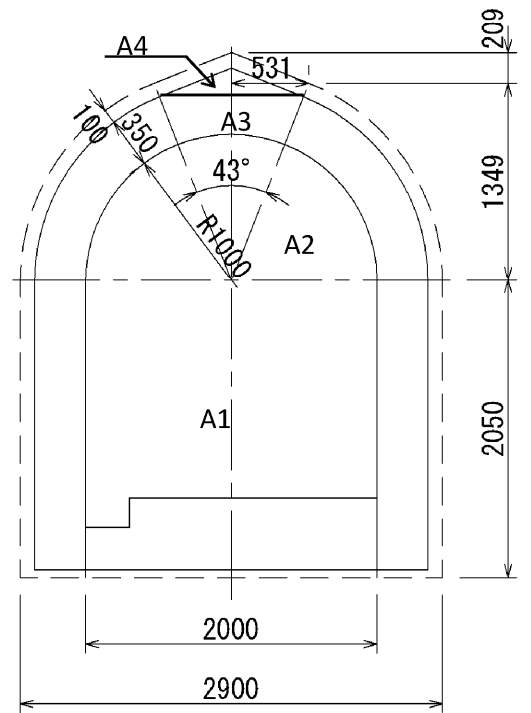
項目	仕様	算式	数量
掘削	設計数量	A1= 2.000 × 2.700 = 5.400	
		A2= $\pi \times 1.350^2 / (360 / (180 - 43))$ = 2.179	
		A3= 1.256 × 0.495 / 2 × 2 = 0.622	
		A4= 0.195 × 0.495 / 2 × 2 = 0.097	
		$\Sigma A = 8.298 \text{ m}^2$	8.30 m ²
	支払数量	A1= 2.050 × 3.100 = 6.355	
		A2= $\pi \times 1.550^2 / (360 / (180 - 43))$ = 2.872	
		A3= 1.442 × 0.568 / 2 × 2 = 0.819	
		A4= 0.224 × 0.568 / 2 × 2 = 0.127	
		$\Sigma A = 10.173 \text{ m}^2$	10.17 m ²

略

図



設計断面

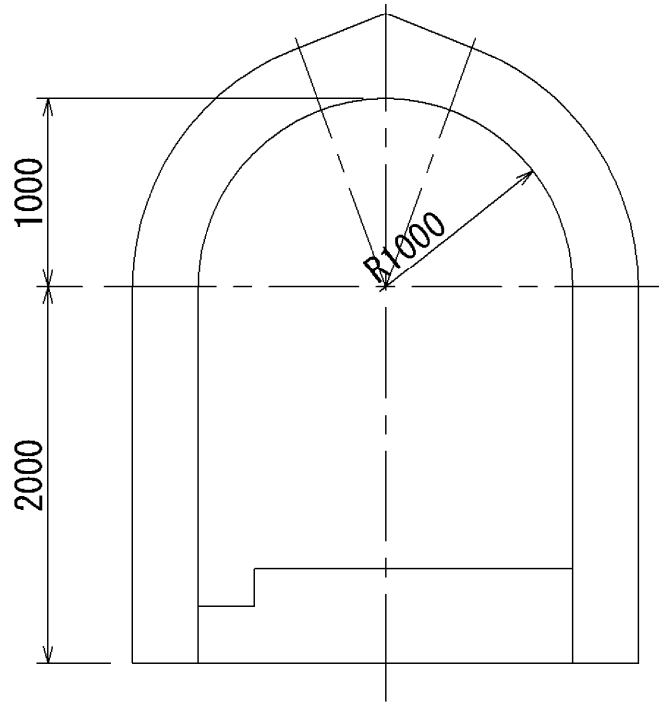


支払断面

項目	仕様	算式	数量
コンクリート			
	設計数量		
		A1= 2.000 × 2.700 = 5.400	
		A2= $\pi \times 1.350^2 / (360 / (180 - 43))$ = 2.179	
		A3= 1.256 × 0.495 / 2 × 2 = 0.622	
		A4= 0.195 × 0.495 / 2 × 2 = 0.097	
		A5= $-\pi \times 1.000^2 / 2$ = -1.571	
		A6= -2.000 × 2.000 = -4.000	
		$\Sigma A1= 2.727 \text{ m}^2$	2.67 m ²
	支払数量		
		A1= 2.050 × 2.900 = 5.945	
		A2= $\pi \times 1.450^2 / (360 / (180 - 43))$ = 2.514	
		A3= 1.349 × 0.531 / 2 × 2 = 0.716	
		A4= 0.209 × 0.531 / 2 × 2 = 0.111	
		A3= $-\pi \times 1.000^2 / 2$ = -1.571	
		A4= -2.000 × 2.000 = -4.000	
		$\Sigma A1= 3.715 \text{ m}^2$	3.66 m ²

略

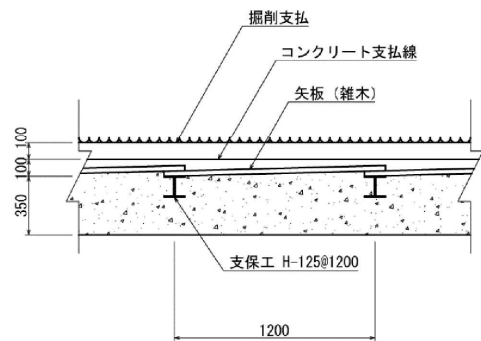
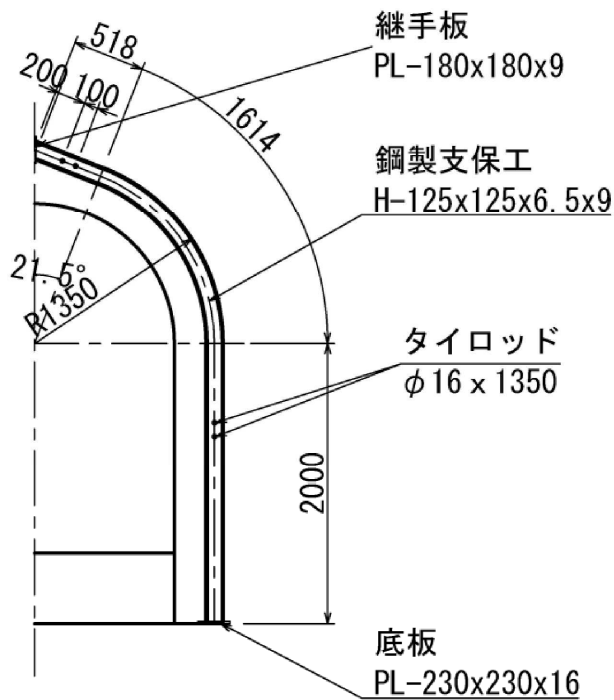
図



項目	仕様	算式	数量
型枠			
		$A1 = (2 \times \pi \times 1.000) / 2 + 2.000$ $+ 2.000 = 7.142 \text{ m}$	
		1 m当り $= 7.142 \times 1.000 = 7.142$	7.14 m ²

略

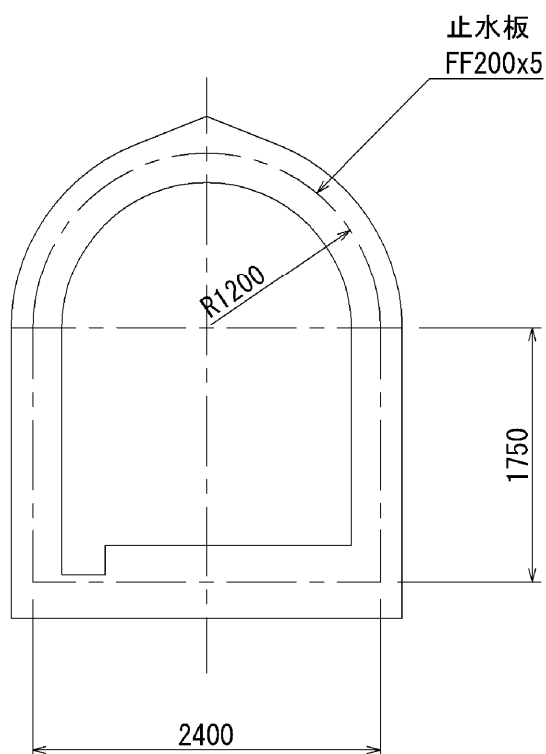
図



項目	仕様	算式	数量				
支保工		鋼製アーチ支保工材料表					
1 基当り							
名称	形状寸法	単位	数量	単位重量	重量	摘要	
H型鋼	H-125 × 125 × 6.5 × 9 L= 4132	kg	2	97.515	195.0	23.600 kg/m	
継手板	PL-180 × 180 × 9	kg	2	2.289	4.6	70.650 kg/m ²	
ボルト・ナット	M20 × 50	本	2				
底板	PL-230 × 230 × 16	kg	2	6.644	13.3	125.600 kg/m ²	
タイロッド	φ16 × 1350	kg	8	2.133	17.1	1.580 kg/m	
内梁	φ60.5 × 2.3 × 1200	本	8	3.940	31.5	3.300 kg/m	
矢板 (雑)	4.146 × 2 × 0.030 × 1.5 × 0.8	m ³			0.05		
パッキン	0.05 × 20%	kg			0.01		
合計				鋼材 261.5 kg			

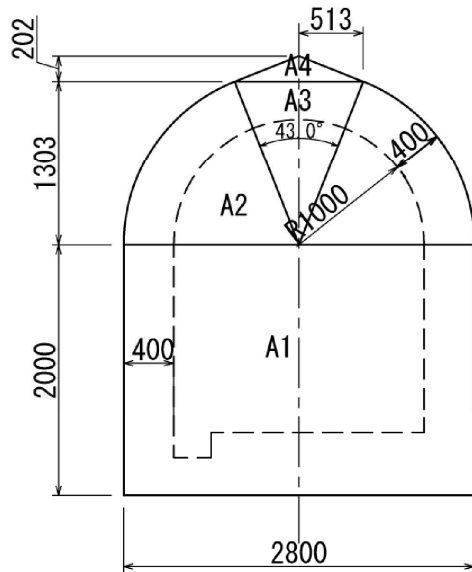
略

図

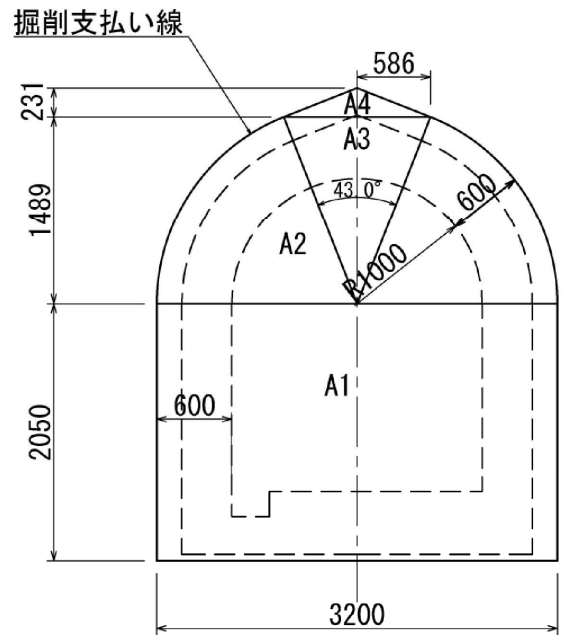


項目	仕様	算式	数量
止水板			
		$A = 1.750 \times 2 + 2 \times 1.200 \times \pi \times 1/2 + 2.400$	
		= 9.670	9.67 m
		1m当り	
		[アーチ部]	
		(左岸)	
		7.67m × 2箇所 ÷ 21m = 0.73m	
		(右岸)	
		7.67m ÷ 12.3m = 0.62m	
		[インバート部]	
		(左岸)	
		2.0m × 2箇所 ÷ 21m = 0.19m	
		(右岸)	
		2.0m ÷ 12.3m = 0.16m	

【支保パターンD種】



設計断面

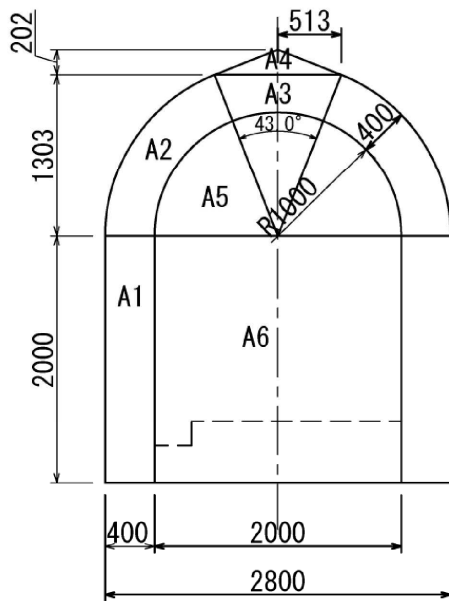


支払断面

項目	仕様	算式	数量
掘削	設計数量	A1= 2.000 × 2.800 = 5.600	
		A2= $\pi \times 1.400^2 / (360 / (180 - 43))$	
		= 2.343	
		A3= 1.303 × 0.513 / 2 × 2 = 0.668	
		A4= 0.202 × 0.513 / 2 × 2 = 0.104	
	$\Sigma A = 8.715 \text{ m}^2$	8.72 m ²	
	支払数量	A1= 2.050 × 3.200 = 6.560	
		A2= $\pi \times 1.600^2 / (360 / (180 - 43))$	
		= 3.061	
		A3= 1.489 × 0.589 / 2 × 2 = 0.877	
A4= 0.231 × 0.589 / 2 × 2 = 0.136			
$\Sigma A = 10.634 \text{ m}^2$	10.63 m ²		

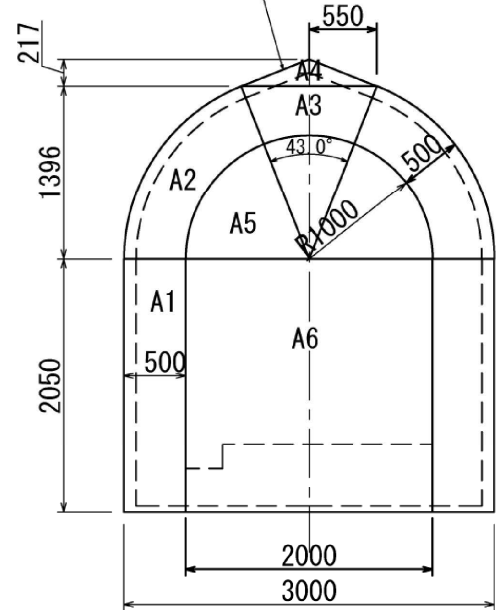
略

図



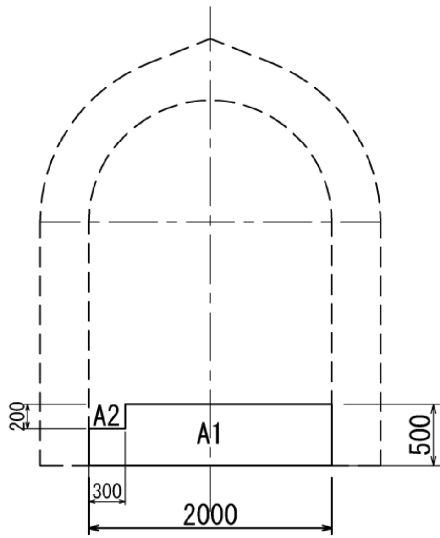
設計断面

コンクリート支払い線

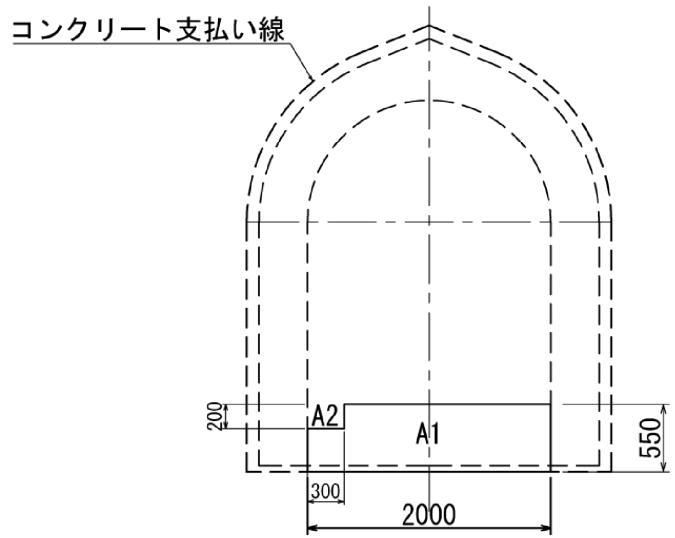


支払断面

項目	仕様	算式	数量
コンクリート	設計数量	$A1 = 2.000 \times 2.800 = 5.600$ $A2 = \pi \times 1.400^2 / (360 / (180 - 43)) = 2.343$ $A3 = 1.303 \times 0.513 / 2 \times 2 = 0.668$ $A4 = 0.202 \times 0.513 / 2 \times 2 = 0.104$ $A5 = -\pi \times 1.000^2 / 2 = -1.571$ $A6 = -2.000 \times 2.000 = -4.000$ $\Sigma A1 = 3.144 \text{ m}^2$	2.67 m ²
	支払数量	$A1 = 2.050 \times 3.000 = 6.150$ $A2 = \pi \times 1.500^2 / (360 / (180 - 43)) = 2.690$ $A3 = 1.396 \times 0.550 / 2 \times 2 = 0.768$ $A4 = 0.217 \times 0.550 / 2 \times 2 = 0.119$ $A3 = -\pi \times 1.000^2 / 2 = -1.571$ $A4 = -2.000 \times 2.000 = -4.000$ $\Sigma A1 = 4.156 \text{ m}^2$	3.66 m ²



設計断面

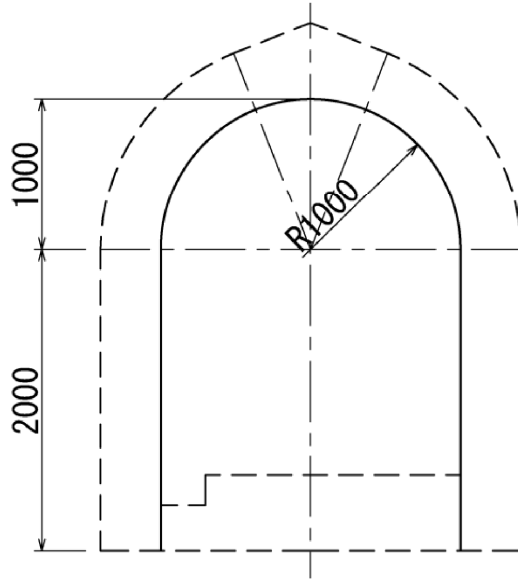


支払断面

項目	仕様	算式	数量
インパートコンクリート	設計数量	$A1 = 2.000 \times 0.500 = 1.000$ $A2 = -0.300 \times 0.200 = -0.060$ $\Sigma A = 0.940 \text{ m}^2$	0.94 m ²
	支払数量	$A1 = 2.000 \times 0.550 = 1.100$ $A2 = -0.300 \times 0.200 = -0.060$ $\Sigma A = 1.040 \text{ m}^2$	1.04 m ²

略

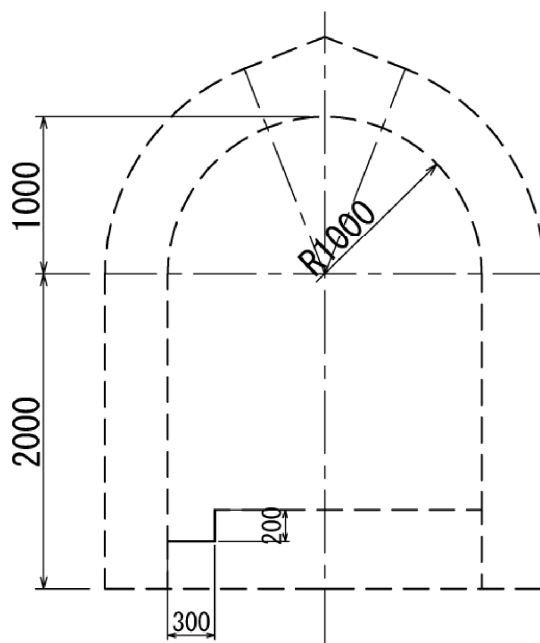
図



項目	仕様	算式	数量
型枠		$A1 = \left(\frac{2 \times \pi \times 1.000}{2} + 2.000 \right) + 2.000 = 7.142 \text{ m}$	
		1 m当り	
		$= 7.142 \times 1.000 = 7.142$	7.14 m ²

略

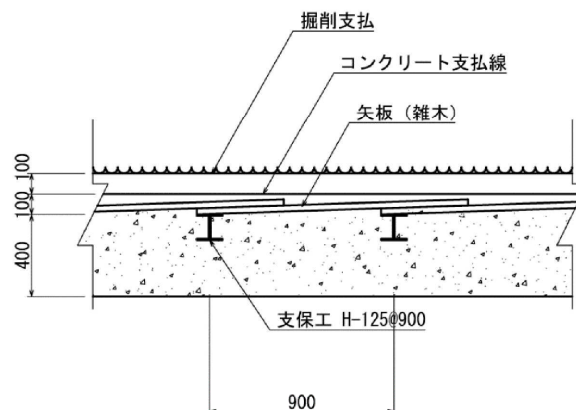
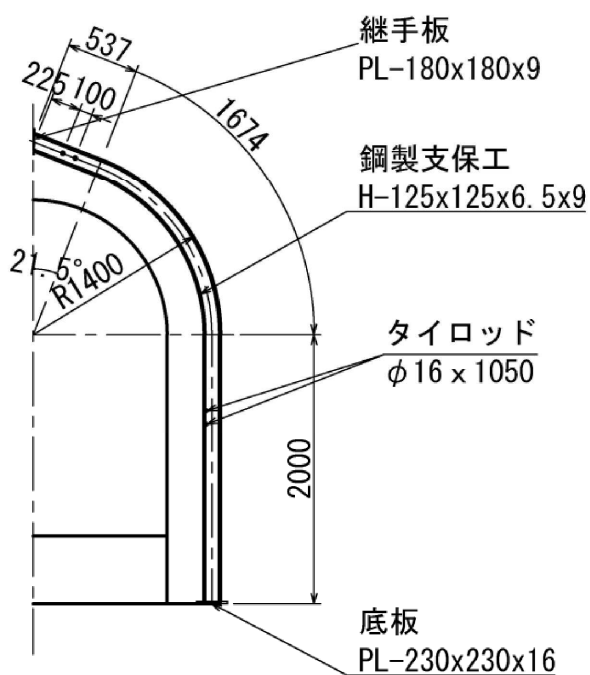
図



項目	仕様	算式	数量
インバート型枠			
		A1= 0.200 = 0.200 m	
		A2= 0.300 = 0.300 m	
		1 m当り	
		= (0.200 + 0.300) × 1.000 = 0.500	0.50 m ²

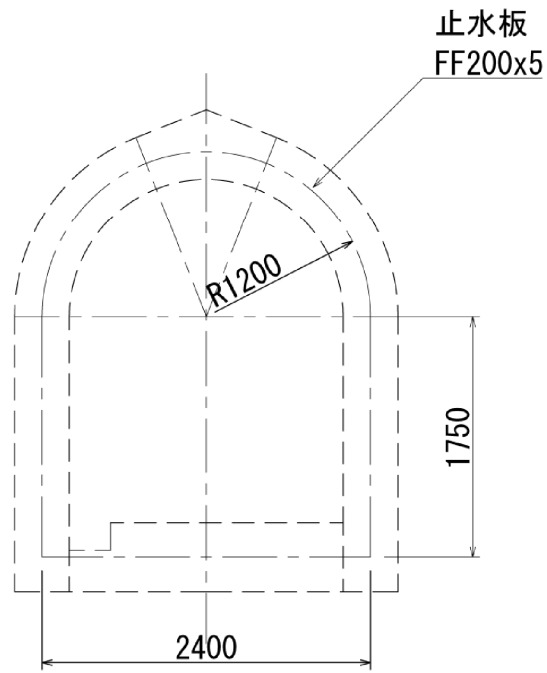
略

図

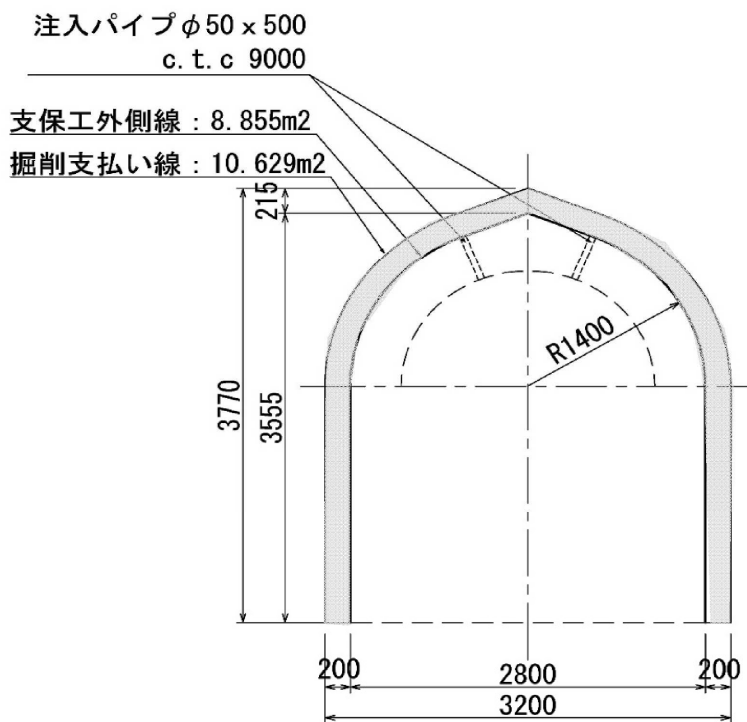


項目	仕様	算式	数量				
支保工		鋼製アーチ支保工材料表					
1 基当り							
名称	形状寸法	単位	数量	単位重量	重量	摘要	
H型鋼	H-125 × 125 × 6.5 × 9 L= 4211	kg	2	99.38	198.8	23.600 kg/m	
継手板	PL-180 × 180 × 9	kg	2	2.289	4.6	70.650 kg/m ²	
ボルト・ナット	M20 × 50	本	2				
底板	PL-230 × 230 × 16	kg	2	6.644	13.3	125.600 kg/m ²	
タイロッド	φ16 × 1050	kg	8	1.659	13.3	1.580 kg/m	
内梁	φ60.5 × 2.3 × 900	本	8	2.970	23.8	3.300 kg/m	
矢板 (雑)	4.146 × 2 × 0.030 × 1.5 × 0.8	m ³			0.05		
パッキン	0.05 × 20%	kg			0.01		
合計				鋼材 253.8 kg			

略 図



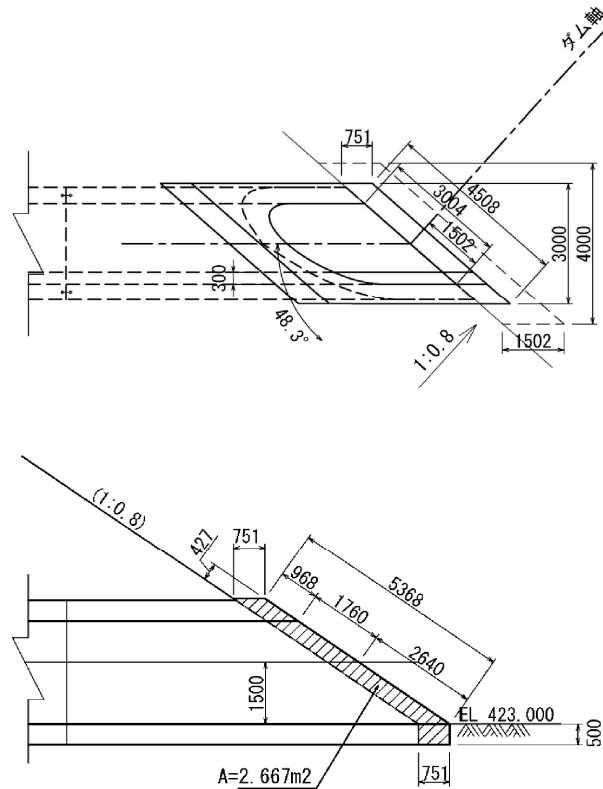
項 目	仕 様	算 式	数 量
止水板		$A = 1.750 \times 2 + 2 \times 1.200 \times \pi \times 1/2 + 2.400$ $= 9.670$	9.67 m



項目	仕様	算式	数量
裏込め注入		掘削支払い線－支保工外側 A= 10.629 - 8.855 = 1.774	1.77 m ²
注入パイプ	$\phi 50 \times 500$		2 本

略

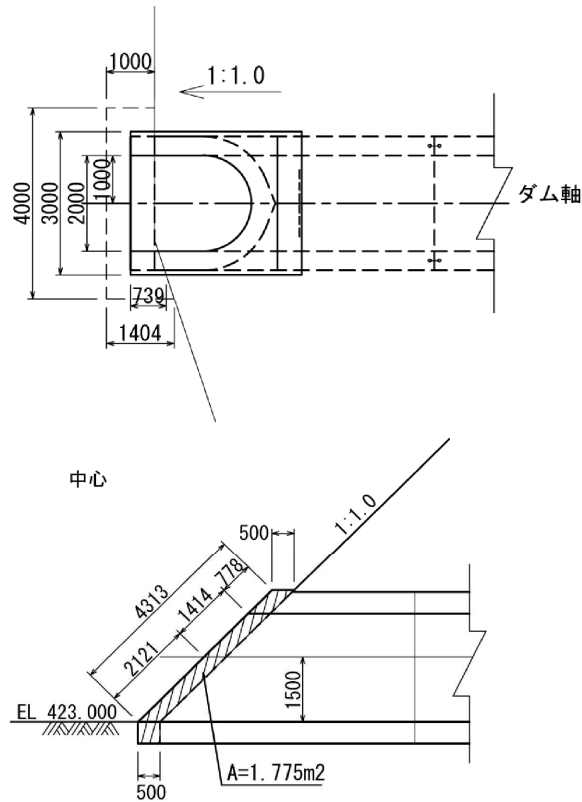
図



項目	仕様	算式	数量
コンクリート (左岸)			m3
		$V1 = 2.667 \times 4.508 = 12.023$	
		$V2 = (\pi \times ((1.760 + 1.502) / 2)^2 / 2) \times -0.751 = -3.138$	
		$V3 = 2.640 \times 1.502 \times 2 \times -0.751 = -5.956$	
		$V4 = 0.751 \times 0.300 \times -0.200 = -0.045$	
		$\Sigma V = 2.884 \text{ m}^3$	2.88 m3
土工			
	床掘	※構造物の側面・前面から50cmの余裕幅とする $V = 1.502 \times 4.000 \times 0.500 = 3.004 \text{ m}^3$	3.00 m3
	埋戻し (種別D)	$V = 3.004 - 3.000 \times 0.751 \times 0.500 = 1.878 \text{ m}^3$	1.88 m3

略

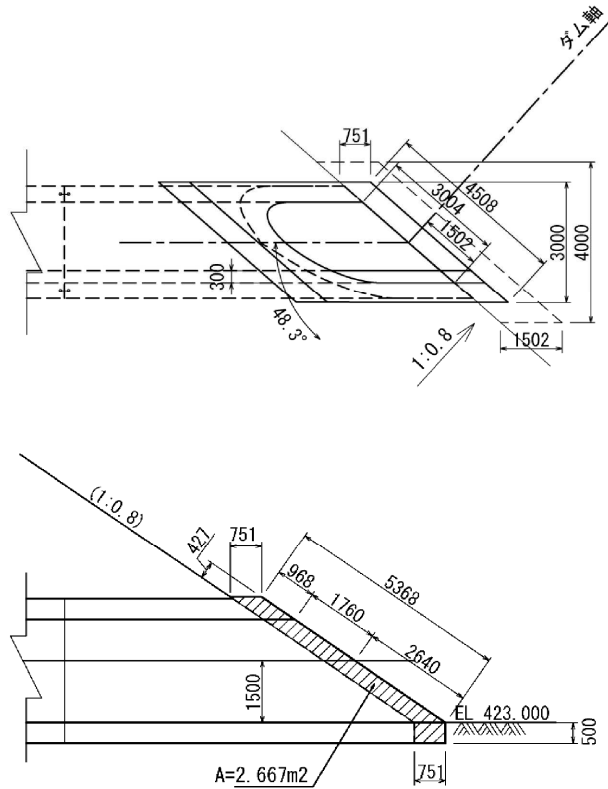
図



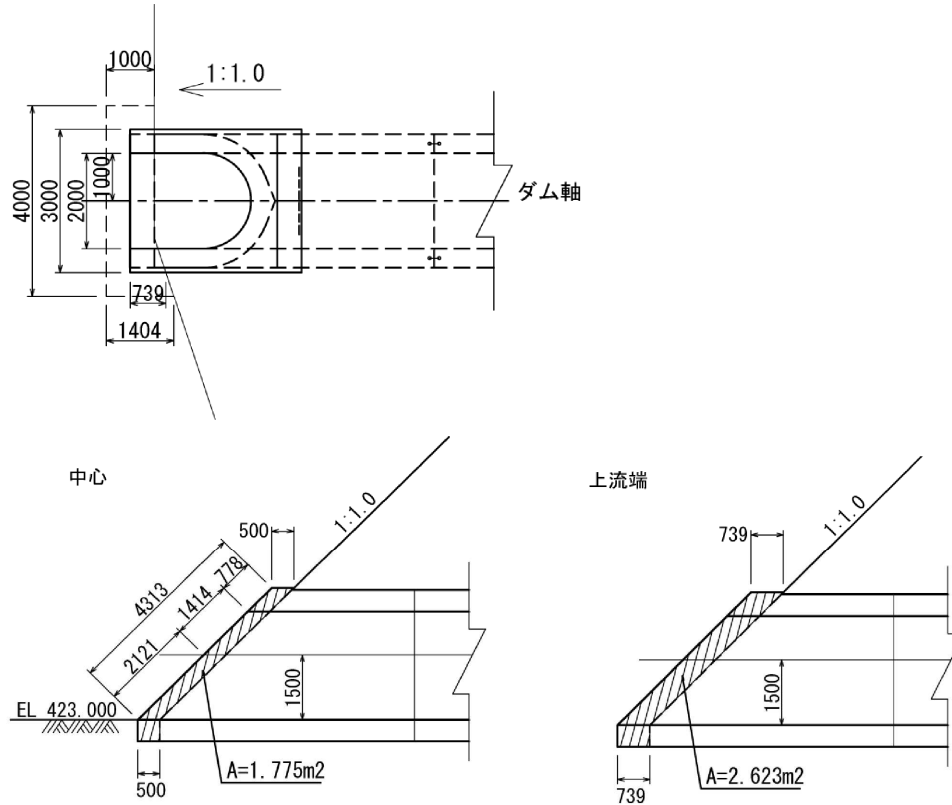
項目	仕様	算式	数量
コンクリート (右岸)			m ³
		$V1 = 1.775 \times 3.000 = 5.325$	
		$V2 = (\pi \times ((1.414 + 1.000) / 2)^2 / 2) \times -0.500 = -1.144$	
		$V3 = 2.121 \times 1.000 \times 2 \times -0.500 = -2.121$	
		$V4 = 0.500 \times 0.300 \times -0.200 = -0.03$	
		$\Sigma V = 2.030$	2.03 m ³
土工			
	床掘	※構造物の側面・前面から50cmの余裕幅とする $V = (1.000 + 1.404) / 2 \times 4.000 \times 0.500 = 2.404$	2.40 m ³
	埋戻し (種別D)	$V = 2.404 - (0.500 + 0.739) / 2 \times 3.000 \times 0.500 = 1.475$	1.47 m ³

略

図



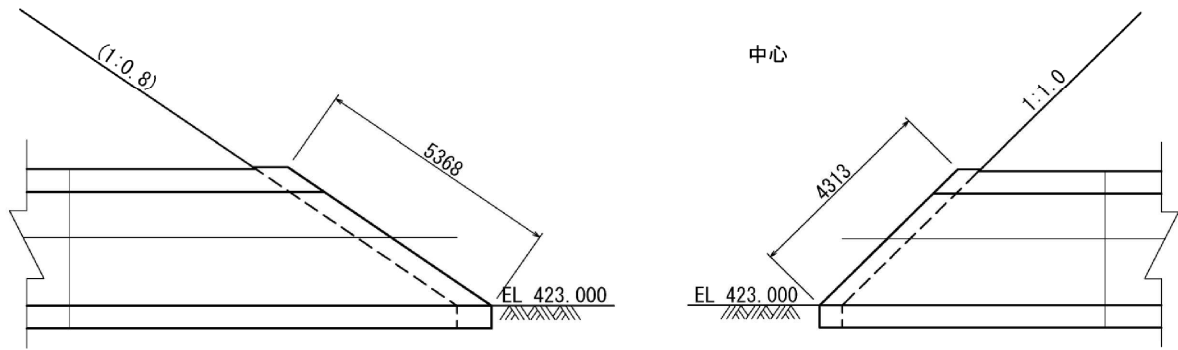
項目	仕様	算式	数量
型枠 (左岸)			m2
		$A1 = 5.368 \times 4.508 = 24.199$	
		$A2 = 0.500 \times 4.508 = 2.254$	
		$A3 = 2.667 \times 2 = 5.334$	
		$A4 = (\pi \times (1.760 + 1.502) / 2) \times 2 \times 0.751 = 7.696$	
		$A5 = 1.500 \times 0.751 \times 2 = 2.253$	
		$A6 = 0.200 \times 0.751 \times 2 = 0.300$	
		$A7 = -(\pi \times ((1.760 + 1.502) / 2)^2 / 2) = -4.179$	
		$A8 = -2.640 \times 3.004 = -7.931$	
		$A9 = -0.200 \times (0.3 / \sin 48.3^\circ) = -0.08$	
		$\Sigma V = 29.846$	m2
			29.85 m2



項目	仕様	算式	数量
型枠 (右岸)			m2
		$A1 = 4.313 \times 3.000$	$= 12.939$
		$A2 = 0.500 \times 3.000$	$= 1.5$
		$A3 = 1.775 + 2.623$	$= 4.398$
		$A4 = (\pi \times ((1.414 + 1.000) / 2)) \times 2$ $\times 0.500$	$= 3.792$
		$A5 = 1.500 \times 0.5 \times 2$	$= 1.5$
		$A6 = 0.200 \times 0.5 \times 2$	$= 0.200$
		$A7 = -(\pi \times ((1.414 + 1.000) / 2)^2 / 2)$	$= -2.288$
		$A8 = -2.121 \times 2.000$	$= -4.242$
		$A9 = -0.200 \times 0.300$	$= -0.06$
		$\Sigma V = 17.739$	m2
			17.74 m2

略

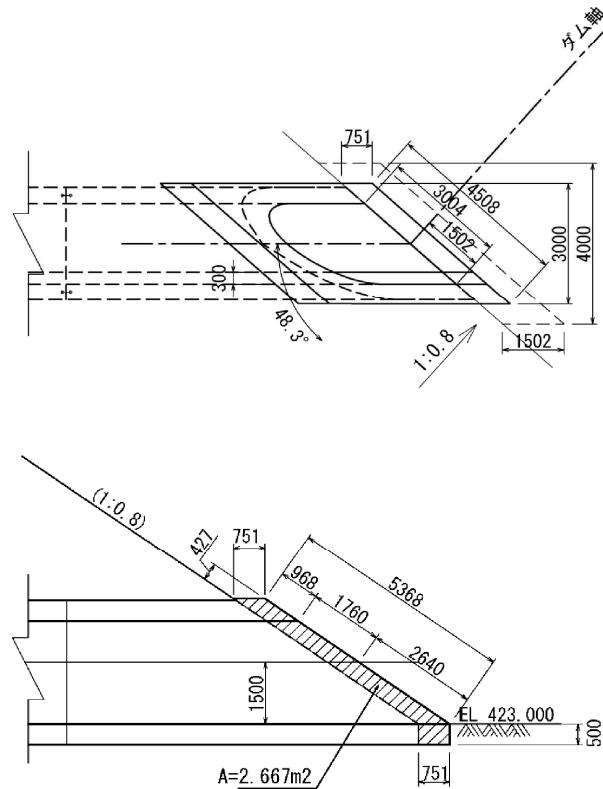
図



項目	仕様	算式	数量
坑門工足場	単管傾斜足場		掛m ²
(左岸)		$A = 5.368 \times 4.508 = 24.199$	24.20 掛m ²
(右岸)		$A = 4.313 \times 3.000 = 12.939$	12.94 掛m ²

略

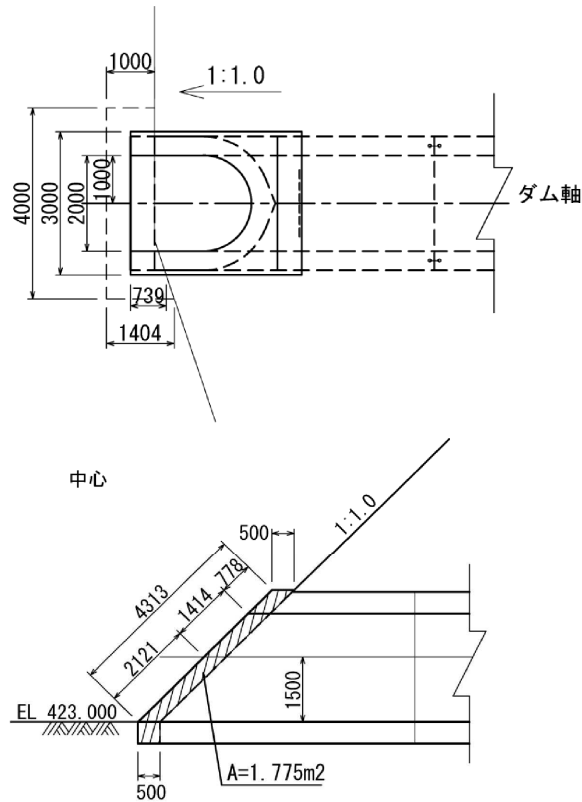
図



項目	仕様	算式	数量
コンクリート (左岸)			m3
		$V1 = 2.667 \times 4.508 = 12.023$	
		$V2 = (\pi \times ((1.760 + 1.502) / 2)^2 / 2) \times -0.751 = -3.138$	
		$V3 = 2.640 \times 1.502 \times 2 \times -0.751 = -5.956$	
		$V4 = 0.751 \times 0.300 \times -0.200 = -0.045$	
		$\Sigma V = 2.884 \text{ m3}$	2.88 m3
土工			
	床掘	※構造物の側面・前面から50cmの余裕幅とする $V = 1.502 \times 4.000 \times 0.500 = 3.004 \text{ m3}$	3.00 m3
	埋戻し (種別D)	$V = 3.004 - 3.000 \times 0.751 \times 0.500 = 1.878 \text{ m3}$	1.88 m3

略

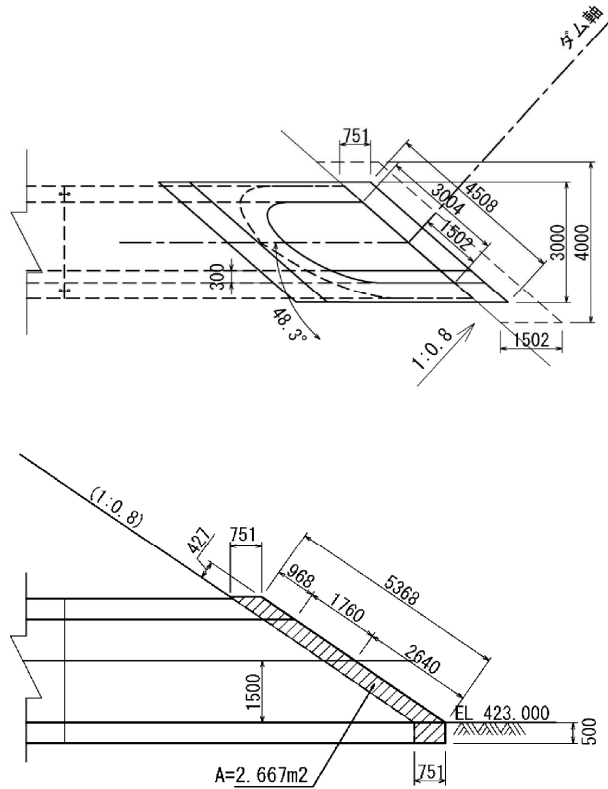
図



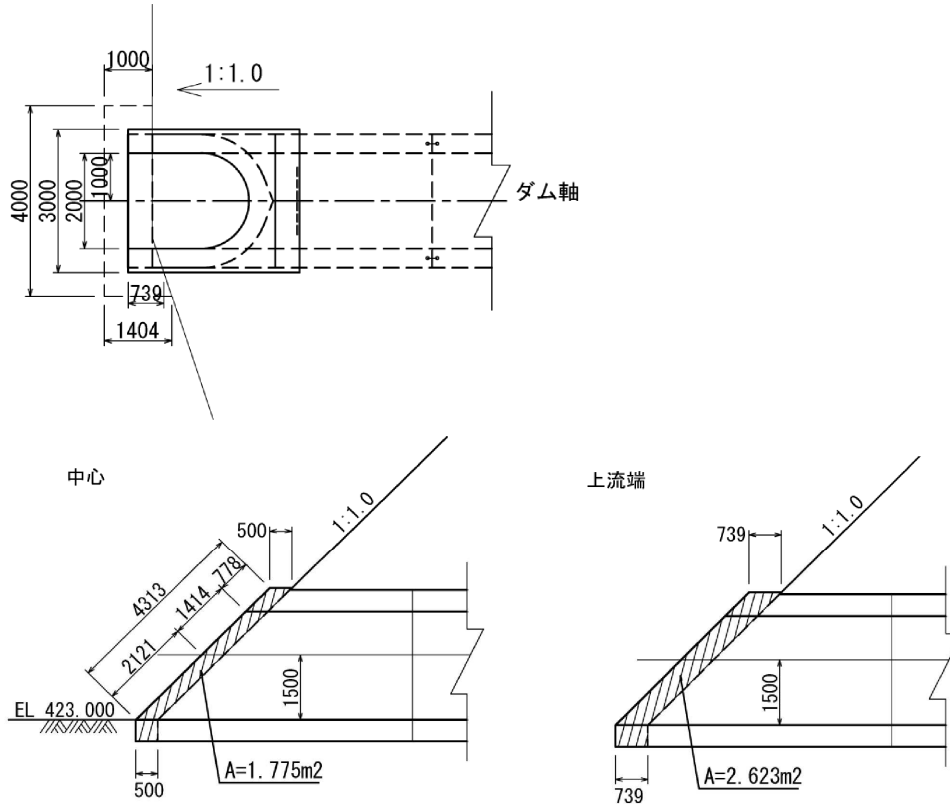
項目	仕様	算式	数量
コンクリート (右岸)			m ³
		$V1 = 1.775 \times 3.000 = 5.325$	
		$V2 = (\pi \times ((1.414 + 1.000) / 2)^2 / 2) \times -0.500 = -1.144$	
		$V3 = 2.121 \times 1.000 \times 2 \times -0.500 = -2.121$	
		$V4 = 0.500 \times 0.300 \times -0.200 = -0.03$	
		$\Sigma V = 2.030$	2.03 m ³
土工			
	床掘	※構造物の側面・前面から50cmの余裕幅とする $V = (1.000 + 1.404) / 2 \times 4.000 \times 0.500 = 2.404$	2.40 m ³
	埋戻し (種別D)	$V = 2.404 - (0.500 + 0.739) / 2 \times 3.000 \times 0.500 = 1.475$	1.47 m ³

略

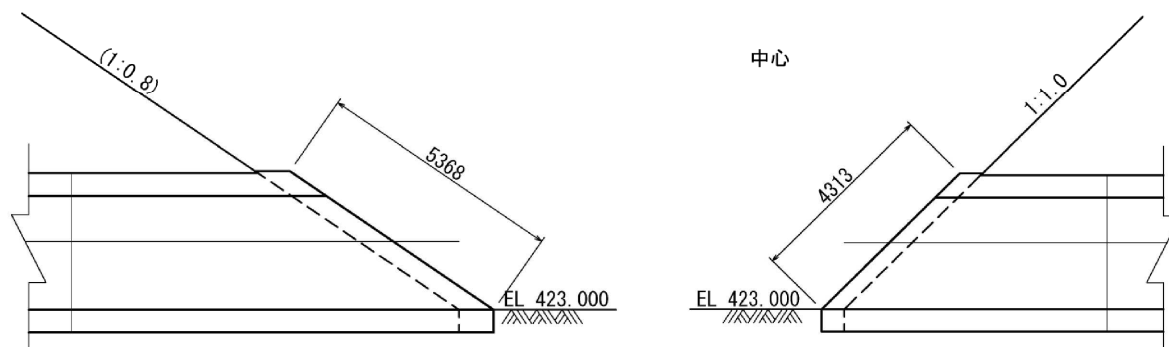
図



項目	仕様	算式	数量
型枠 (左岸)			m ²
		$A1 = 5.368 \times 4.508$	= 24.199
		$A2 = 0.500 \times 4.508$	= 2.254
		$A3 = 2.667 \times 2$	= 5.334
		$A4 = (\pi \times ((1.760 + 1.502) / 2)) \times 2$ $\times 0.751$	= 7.696
		$A5 = 1.500 \times 0.751 \times 2$	= 2.253
		$A6 = 0.200 \times 0.751 \times 2$	= 0.300
		$A7 = -(\pi \times ((1.760 + 1.502) / 2)^2 / 2)$	= -4.179
		$A8 = -2.640 \times 3.004$	= -7.931
		$A9 = -0.200 \times (0.3 / \sin 48.3^\circ)$	= -0.08
		$\Sigma V = 29.846$	m ² 29.85 m ²



項目	仕様	算式	数量
型枠 (右岸)			m ²
		$A1 = 4.313 \times 3.000$	$= 12.939$
		$A2 = 0.500 \times 3.000$	$= 1.5$
		$A3 = 1.775 + 2.623$	$= 4.398$
		$A4 = (\pi \times (1.414 + 1.000) / 2) \times 2$ $\times 0.500$	$= 3.792$
		$A5 = 1.500 \times 0.5 \times 2$	$= 1.5$
		$A6 = 0.200 \times 0.5 \times 2$	$= 0.200$
		$A7 = -(\pi \times ((1.414 + 1.000) / 2)^2 / 2)$	$= -2.288$
		$A8 = -2.121 \times 2.000$	$= -4.242$
		$A9 = -0.200 \times 0.300$	$= -0.06$
		$\Sigma V = 17.739$	m ²
			17.74 m ²



項目	仕様	算式		数量
坑門工足場	单管傾斜足場			掛m ²
(左岸)		$A = 5.368 \times 4.508$	$= 24.199$	24.20
				掛m ²
(右岸)		$A = 4.313 \times 3.000$	$= 12.939$	12.94
				掛m ²

令和4年度

鳥海ダム施工計画補足検討業務

報 告 書

令和5年3月



株式会社ドーコン

名称	略図及び算式	数量
<p><換気設備></p>		
1.送風機	<p>口径600mm(換気設備計算書より)</p> <p>掘削時 形式:軸流ファン 15KW×2(2.94kPa)</p>	1 台
	<p>口径400mm(換気設備計算書より)</p> <p>覆工時 形式:軸流ファン 5.5KW×2(2.45kPa)</p>	1 台
	<p>送風機架台</p> <p>A= 0.96 × 2.00 = 1.92 = 2</p>	2 掛 ^{m²}
2.風管	<p>リムトンネル延長 193.0m</p> <p>風管延長= 193.00 - 20.00 (切羽からの控え長さ20m)</p> <p>+ 2.30 + 1.60 = 176.90</p> <p>※控え長さは、切羽から20.0mを標準とする</p>	176.9 m
<p><排水設備></p>		
3.潜水ポンプ	<p>工事用水中モータポンプ φ 50mm 0.4kW</p>	1 台
4.水槽	<p>鋼板製簡易水槽 3m³級</p>	1 基
<p><工事用照明設備></p>		
500W投光機	<p>切羽照明用</p>	3 個
40W蛍光灯	<p>坑内照明用(設置は5m間隔)</p> <p>193.0m/5m = 38.60</p>	39 個

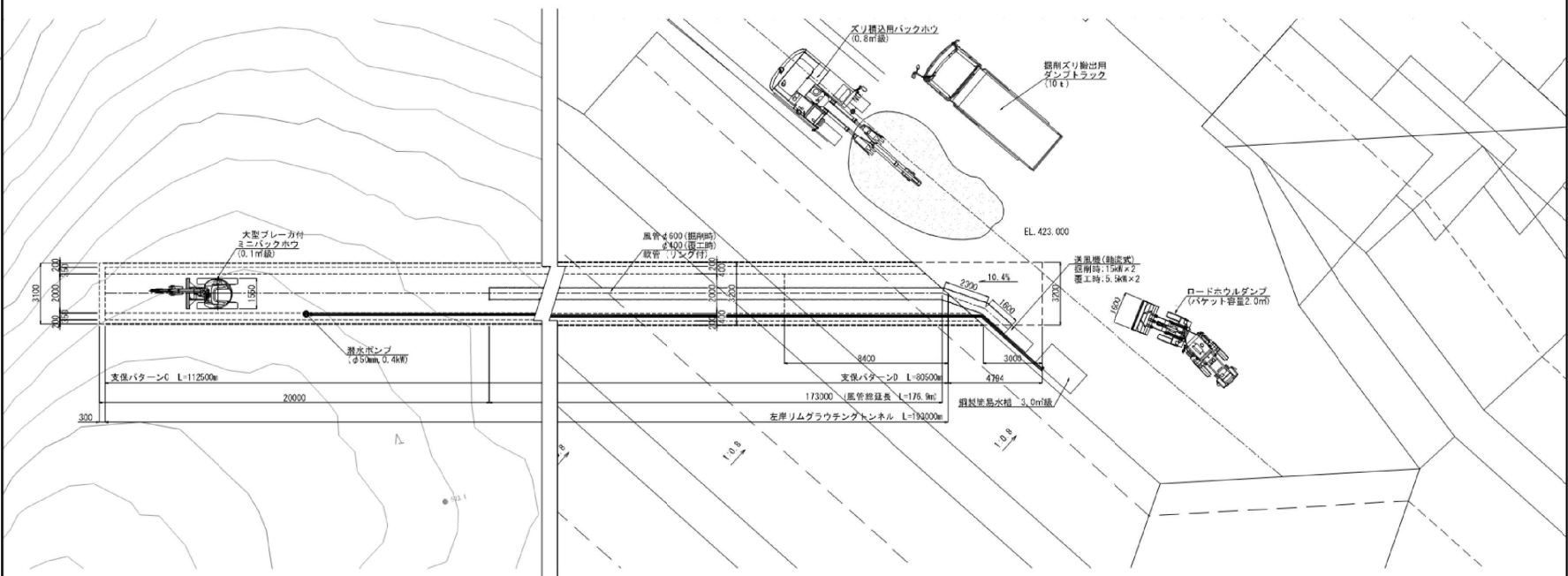
名称

略図及び算式

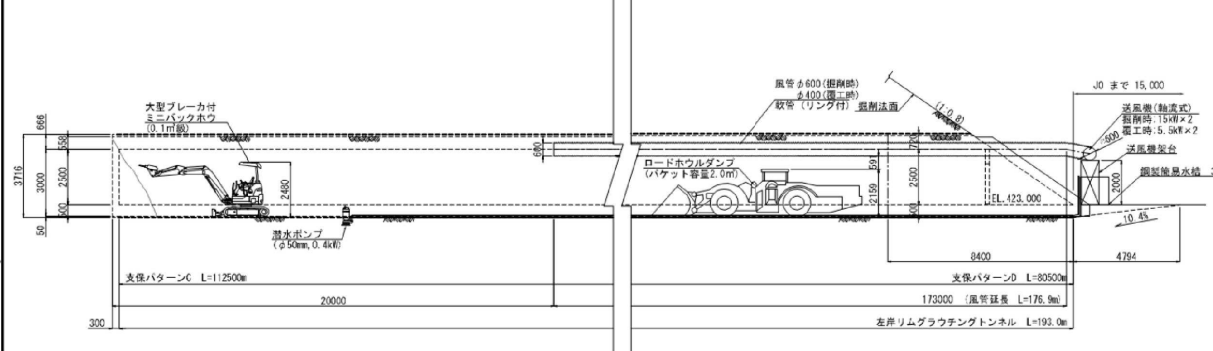
数量

左岸リムトンネル仮設工参考図 S=1:100

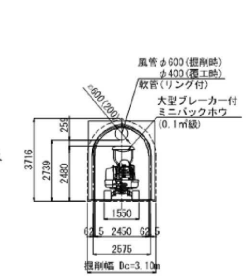
位置平面図



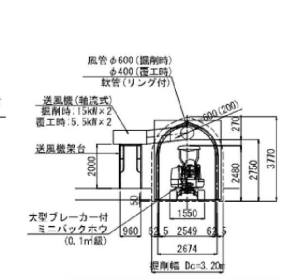
側面図



断面図 TYPE C



断面図 TYPE D



工事名	島海ダム概工計画補足概計業務
図面名	左岸リムトンネル仮設工参考図
年月日	令和5年3月
縮尺	1:100 図面番号 x-x-x
会社名	株式会社 ドーコン
事業名	国土交通省島海ダム工事事務所

名 称	略 図 及 び 算 式	数 量
<換気設備>		
1.送風機	口径600mm(換気設備計算書より) 掘削時 形式:軸流ファン 15KW×2(2.94kPa)	1 台
	口径400mm(換気設備計算書より) 覆工時 形式:軸流ファン 5.5KW×2(2.45kPa)	1 台
	送風機架台 $A = 0.96 \times 2.00 = 1.92 = 2$	2 掛 ^{m²}
2.風管	リムトンネル延長 153.0m 風管延長 = 153.00 - 20.00 (切羽からの控え長さ20m) + 1.00 + 0.90 = 134.90 ※控え長さは、切羽から20.0mを標準とする	134.9 m
<排水設備>		
3.潜水ポンプ	工事用水中モータポンプ φ 50mm 0.4kW	1 台
4.水槽	鋼板製簡易水槽 3m ³ 級	1 基
<工事用照明設備>		
500W投光機	切羽照明用	3 個
40W蛍光灯	坑内照明用(設置は5m間隔) $153.0m/5m = 30.60$	31 個

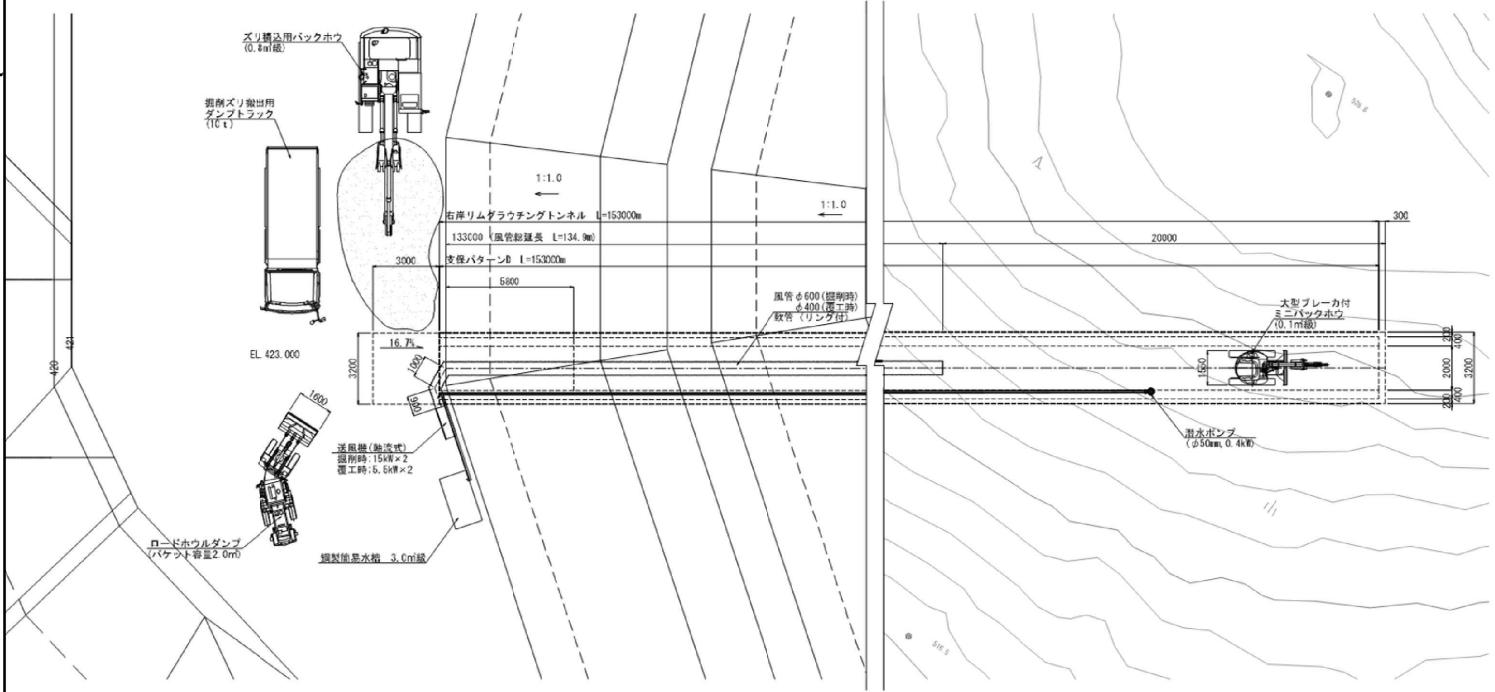
名称

略図及び算式

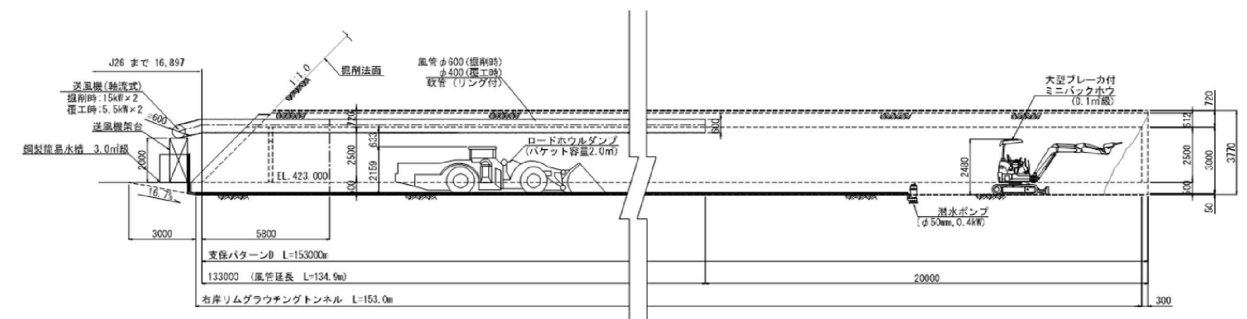
数量

右岸リムトンネル仮設工参考図 S=1:100

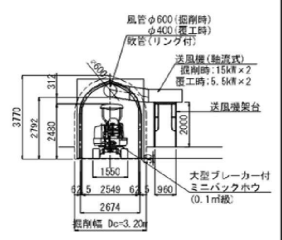
位置平面図



側面図



断面図 TYPE D



工事名	島海ダム施工計画補足検討業務
図面名	右岸リムトンネル仮設工参考図
年月日	令和5年3月
縮尺	1:100 図面番号 ××××
会社名	株式会社 ドーコン
事業者名	国土交通省島海ダム工事事務所