
令和2年度

鳥海ダム2号トンネル詳細設計業務

施工・仮設備計画書

令和4年3月



中央復建コンサルタンツ株式会社

目 次 (1/2)

§ 1. 概要	1 - 1
1.1 計画概要	1 - 2
1.2 工事用仮設備計画	1 - 3
1.3 適用示方書	1 - 7
§ 2. 施工計画	2 - 1
2.1 掘削計画	2 - 2
2.2 ずり出し計画	2 - 5
2.3 支保工計画	2 - 7
2.4 二次覆工計画	2 - 13
§ 3. 工事工程計画	3 - 1
3.1 適用範囲	3 - 2
3.2 施工概要	3 - 5
3.3 施工計画	3 - 6
3.4 施工歩掛【発破工法】	3 - 14
3.5 覆工施工歩掛	3 - 42
3.6 インバート工施工歩掛	3 - 49
3.7 スライドセントル等損料	3 - 54
3.8 工事用仮設備	3 - 55
3.9 工程計画	3 - 57
§ 4. 仮設備計画	4 - 1
4.1 換気・集じん設備	4 - 2
4.2 換気設備の選定	4 - 16
4.3 集じん機の検討	4 - 26
4.4 換気設備の経済比較	4 - 28
4.5 給水設備	4 - 31
4.6 排水設備	4 - 36
4.7 濁水処理設備	4 - 41
4.8 トンネル工事用機械一覧及び仮設備数量	4 - 61

目 次 (2/2)

§ 5. 仮設電力計画	5 - 1
5.1 二次側電力設備計画	5 - 2
5.2 二次側電力設備計画（商用電力）	5 - 28
5.3 発動発電機容量検討	5 - 57
5.4 フリッカ対策検討	5 - 71
§ 6. 参考資料	6 - 1
資料-1 工法、名称別、建物面積算出式総括一覧表	6 - 2
資料-2 土木・建設工事用仮設防音システム	6 - 3
資料-3 換気に関する法令の抜粋	6 - 8
資料-4 湧水・濁水の予測手法	6 - 9
資料-5 濁水処理に関する基準	6 - 17

§ 1. 概 要

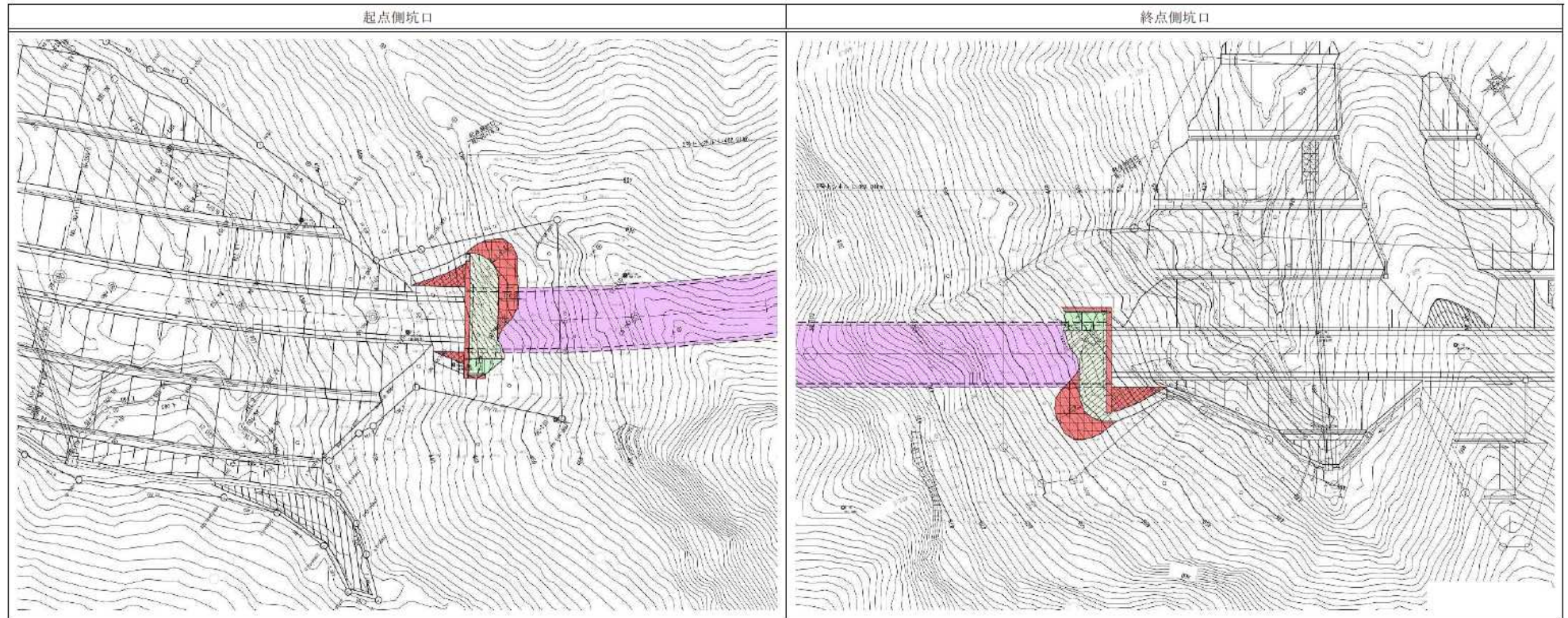
1.1 計画概要

本トンネルは、施工・仮設備計画報告書は国土交通省土木工事積算基準(R03)に基づき、工事発注の基礎資料として作成したものである。

(1) 基本事項

本トンネルの基本的事項は、以下の通りとする。

- | | |
|-----------|---------|
| a) 掘削工法 | NATM |
| b) 掘削方式 | 発破掘削 |
| c) ずり出し方式 | タイヤ方式 |
| d) 工事基地 | 起点側坑口付近 |



1.2 工所用仮設備計画

(1) 仮設建物面積算定

トンネル工所用仮設建物の規模については、平成3年施工中の国内のトンネル(道路、鉄道、水路等)の実態調査結果及び既存資料を基に設備の概要や標準的な設備内容をまとめた「トンネル工事における標準的仮設備(平成6年11月日本トンネル技術協会)」と、「トンネル工所用建物等実施調査報告書(昭和51年12月日本トンネル技術協会)」(§6. 参考資料)を参考にして算出する。

表 1.2.1 仮設建物面積算定表

X = 468.016m

No.	名称	算定値				摘要
		面積算定式	算定値	面積算出式	算出値	
①	受変電室			5.4 m × 4.4 m	24 m ²	受電・変電
②	修理工場			5.4 m × 11.1 m	60 m ²	
③	資材倉庫	Y= 22 + 0.0090 X	27	5.4 m × 5.0 m	27 m ²	
④	休憩所	Y= 19 + 0.0115 X	25	5.4 m × 4.6 m	25 m ²	
⑤	見張所(詰所)	Y= 9 + 0.0022 X	11	5.4 m × 2.0 m	11 m ²	
⑥	火薬類取扱所	Y= 3 + 0.0004 X	4	2.0 m × 2.0 m	4 m ²	
⑦	火工所	Y= 3.2 + 0.0001 X	4	2.0 m × 2.0 m	4 m ²	
⑧	吹付プラント			16.5 m × 7.0 m	116 m ²	コンクリートプラント [バッチ型・定置式] 能力25m ³ /h 骨材ホッパー 15m ³ ×3
				φ 4.5 m	16 m ²	セメントサイロ [鋼製溶接構造] 容量30t
⑨	給水槽			2.5 m × 4.0 m	10 m ²	鋼板製簡易水槽 20m ³
⑩	取水ポンプ					φ 80mm × 10m × 1.5kw
⑪	濁水処理設備			5.4 m × 9.0 m	49 m ²	30m ³ /h
⑫	資材置場			10.0 m × 20.0 m	200 m ²	
⑬	ずり仮置場			11.0 m × 22.0 m	242 m ²	
⑭	換気設備			10.0 m × 2.5 m	25 m ²	送風機 1500m ³ /min 80kW×2 風管径 D=1500 集塵機 2000m ³ /min 42kW 電気式
⑮	発動機発電設備			16.5 m × 18.0 m	297 m ²	

(2) 仮設建物配置計画

基本的に、坑口近傍に1500㎡程度の平場が確保できれば、仮設備全般を坑口付近にすべて配置するのが最も理想的な配置計画である。

仮設建物の配置計画は以下の通りである。

名称	留意点	本トンネルの施工ヤード
受・変電所設備	安全性を考慮し、不必要に人や物が近よらない場所を選び、金網等で防護した設備を設けなければならない。 また、コンプレッサーなど大容量の電力を使用する設備の近傍に設置し、経済性に注意を払い、使いやすさ、配電のしやすい経路とする必要がある。	金網等で防護した設備とする。
修理工場	資材置場、倉庫などの近傍で坑内への出入りに便利な位置を選ぶ。	資材置場、倉庫などの近傍に配置した。
火薬類取扱所	法令により、「通路、通路となる坑道、動力線、火薬庫、火気を取り扱う場所、人の出入りする建物等に対して安全でかつ、湿気の少ない場所に設る。」等、定められているので、これに使用上の利便を考慮して配置する。	見張所から確認のできる位置に配置した。
火工所	法令を守るほか、「取扱所との相互距離は20m以上に取る。」などの規定により、安全な設備配置をする。	火薬類取扱所から20m以上はなれた位置に配置した。
吹付プラント	骨材・セメントなどの材料搬入が便利にように搬入路の近傍で、さらに坑内への持込みにも有利な配置とする。 また、設備には洗浄汚水等の排水を処理する必要があり、このための排水処理設備が傍らになければならない。	比較的坑口に近く、材料搬入が便利な位置に配置した。
濁水処理設備	設置の際には次の点に注意しなければならない。 ・処理水を放流出来る河川が近くにあること。 ・泥土が発生するため、これを容易に搬出運搬できること。 ・湧水量の予想が難しいため、実際の湧水量が設備規模を上回っても、これを拡張できるスペースがあること。 ・坑内－処理設備－放流河川の順の排水経路が短距離で、なるべく自然流下できるような配置とすること。	吹付プラントからの排水、河川への放流も考慮し配置した。
給水計画	給水槽は坑口付近の河川及び沢に設けるものとする。	坑口付近の沢からの取水とした。

表 1.2.2 トンネル施工に用いられる仮設備の例(2車線道路トンネル)

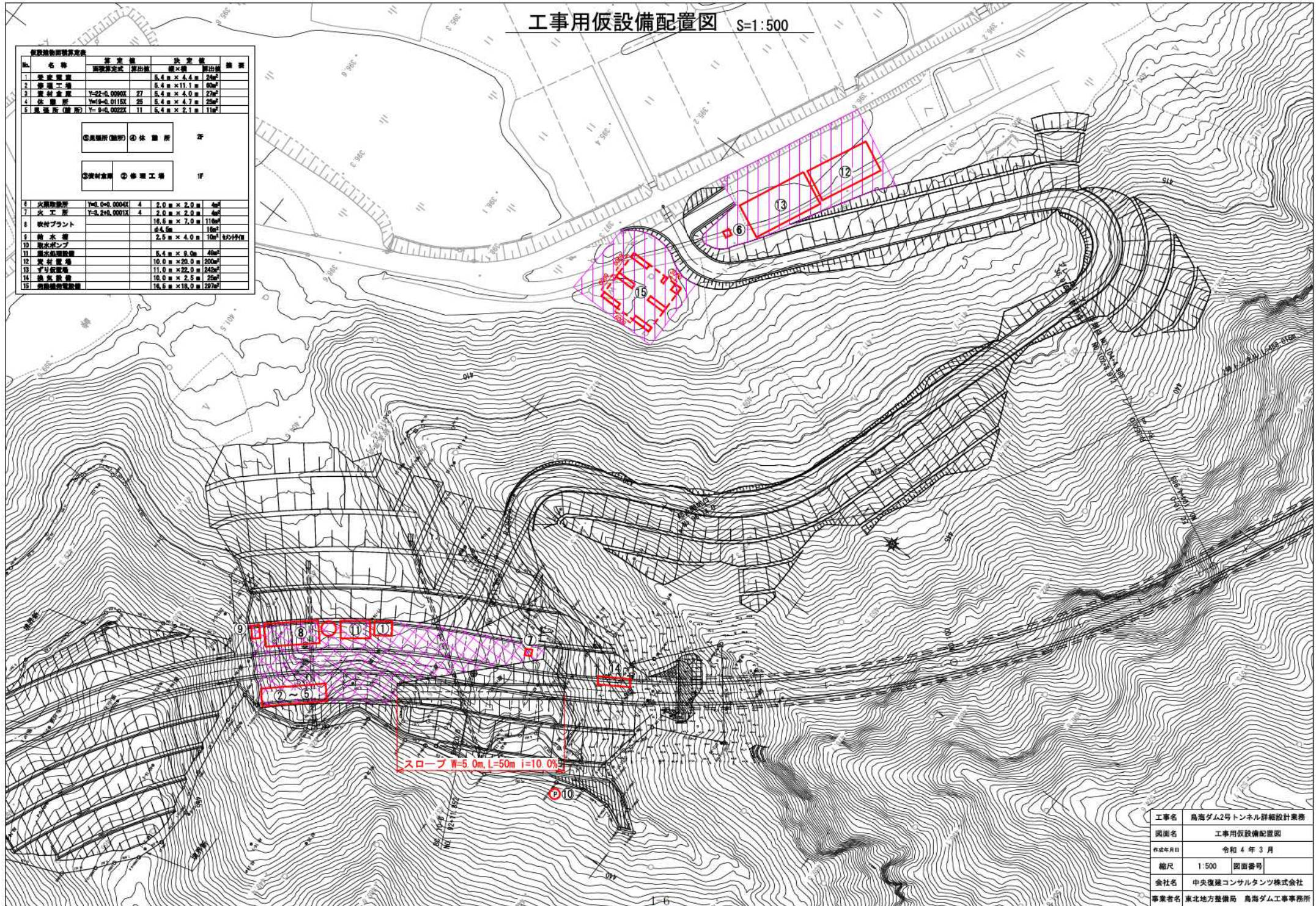
①受変電所		②修理工場、③資材倉庫		④休憩所、⑤見張所(詰所)	
<p>必要面積：24 m²(6 m×4 m)</p> <p>設置条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・不必要に人や物が近づかない場所 ・大容量の電力を使用する機械の近傍に設置 ・使いやすさ、配電のしやすい経路を確保できる配置にすることが望ましい 		<p>必要面積：60 m²</p> <p>設置条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・重機や車両の修理、整備を行うため、周辺にスペースが確保でき、施工基地内への出入りに便利な位置が望ましい 		<p>必要面積：30～50 m²</p> <p>設置条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・坑口からあまり離れない場所 ・省スペース化するため、<u>休憩場と見張所は2階建ての複合構造</u>とすることが多い ・材料、トンネルずりなどの現場状況を把握できる場所 	
⑥火薬類取扱所		⑦火工所		⑧吹付けプラント	
<p>必要面積：4 m²</p> <p>設置条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・修理工場等常時火気を取扱う事業用施設との距離は20m以上離す。 詰所、休憩所、倉庫、受変電施設等火気を取扱わない事業用施設との距離は10m以上が望ましい ・防犯上、休憩所及び見張所から容易に確認できる場所に設置することが望ましい 		<p>必要面積：4 m²</p> <p>設置条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・取扱所とは20m以上離す ・これによりがたい場合は相互の間に安全な隔壁を設ける ・修理工場、塵芥焼却場等火気を取扱う事業用施設との距離は20mとする。 詰所、休憩所、倉庫等火気を取扱わない事業用施設との距離は10m以上が望ましい 		<p>必要面積：116 m²(16.5 m×7 m)</p> <p>設置条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・搬入経路の近傍で、さらに坑内への持ち込みにも有利な配置 ・排水処理設備が近傍に配置されることが望ましい ・資材搬入のため前方に比較的広いスペースを設けることが望ましい 	
⑨給水槽、⑩給水ポンプ		⑪濁水処理設備		⑫資材置き場	
<p>必要面積：10 m²</p> <p>設置条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・取水原より取水ポンプにより取水して施工基地内の給水槽に圧送する ・給水槽及び給水ポンプは水を利用する設備の近傍に配置することが望ましい 		<p>必要面積：49 m²</p> <p>設置条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・処理水を放流できる河川・沢の近く ・脱水ケーキの搬出が容易にできる ・湧水量の予測が難しいため、実際の湧水量が設備規模を上回った場合、これを拡張できるスペースを確保 ・坑内→処理施設→放流河川の順の排水経路が短距離で、なるべく自然流下できる 		<p>必要面積：200 m²</p> <p>設置条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>資材搬入及び搬出車両の出入りが容易にできる</u> ・管理のしやすい場所に設置 	
⑬ずり仮置場		⑭送風機			
<p>必要面積：242 m²</p> <p>設置条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一日の夜間分の仮置きが可能となる面積を確保する ・積み上げる高さは、ダンプトラック荷台高さ(H=1.5m)を想定する 		<p>必要面積：25 m²(10 m×2.5 m)</p> <p>設置条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・坑口部より5～10m程度離れた坑外に配置することが望ましい ・省スペース化のため、坑口前面の法面上に配置する等の工夫も可能 			

工所用仮設備配置図 S=1:500

仮設備用器具定数表				
No.	名称	暫定値		備註
		設置形式	設置数	
1	養生シート	5.4m x 4.4m	20	20㎡
2	養生工機	5.4m x 11.1m	6	60㎡
3	養生金庫	Y=22+0.0000X	27	5.4m x 4.0m 27㎡
4	休室用	Y=19+0.0118X	25	5.4m x 4.7m 25㎡
5	集塵所(雑用)	Y=8+0.0022X	11	5.4m x 2.1m 11㎡

① 養生所(雑用)	④ 休室用	IF
② 養生金庫	③ 養生工機	IF

No.	名称	設置形式	設置数	設置面積	備註
6	突風除障所	Y=10+0.0004X	4	2.0m x 2.0m	4㎡
7	火工所	Y=9.2+0.0001X	4	2.0m x 2.0m	4㎡
8	飲料プラント			18.5m x 7.0m	110㎡
9	給水管			4.4m	10㎡
10	取水ポンプ			2.5m x 4.0m	10㎡
11	扇風機設置			5.4m x 9.0m	48㎡
12	養生管橋			10.0m x 20.0m	200㎡
13	予圧設備			11.0m x 22.0m	242㎡
14	揚水設備			10.0m x 2.5m	25㎡
15	増設揚水設備			16.5m x 18.0m	297㎡



工事名	鳥海ダム2号トンネル詳細設計業務
図面名	工所用仮設備配置図
作成年月日	令和4年3月
縮尺	1:500 図面番号
会社名	中央復讐コンサルタンツ株式会社
事業者名	東北地方整備局 鳥海ダム工事事務所

1.3 適用示方書

本道路のトンネル設計にあたっては、下記基準等に準拠するものとする。

(適用法規及び基準類)

- ・ 国土交通省土木工事積算基準 (令和3年度版 建設物価調査会)
※以下、「積算基準書R03」と略記
- ・ 国土交通省土木工事標準積算基準書(河川・道路編) (令和3年度版 建設物価調査会)
- ・ 国土交通省土木工事標準積算基準書(河川・道路編) (平成17年度版 建設物価調査会)
- ・ 設計施工マニュアル(案) (平成15年4月 国土交通省 東北地方整備局)
- ・ 建設機械等損料表 (令和3年度版 日本建設機械化協会)
- ・ トンネル工事の粉じん発生作業に関する衛生管理マニュアル
(平成13年2月 国土交通省)
- ・ ずい道等建設工事における換気技術指針(設計及び粉じん等の測定)
(令和3年4月 建設業労働災害防止協会)
※以下、「換気技術指針R03」と略記
- ・ 新・NATMの施工と積算 (平成21年度版 経済調査会)
- ・ トンネル標準示方書 山岳工法・同解説 (平成28年度版 土木学会)
※以下、「トンネル標準示方書(山岳工法編)・同解説/2016」と略記
- ・ 山岳トンネル工事における濁水処理設備計画の手引き
(平成14年度版 日本トンネル技術協会)
※以下、「山岳トンネルにおける濁水処理設備計画の手引き(H14年1月)」と略記
- ・ トンネル工事用建物等実態調査報告書 (昭和51年度版 日本トンネル技術協会)
※以下、「トンネル工事用建物調査報告書(日本トンネル技術協会)」と略記
- ・ トンネル工事の安全 山岳編 (平成56年度版 日本トンネル技術協会)
- ・ トンネル施工に伴う湧水濁水に関する調査研究(その2)報告書
(平成58年度版 日本トンネル技術協会)
- ・ 土木工事仮設計画ガイドブック(Ⅱ) (平成23年度版 全日本建設技術協会)
※以下、「H23 土木工事仮設計画ガイドブック(Ⅱ)」と略記

§ 2. 施 工 計 画

2.1 掘削計画

2.1.1 掘削方式

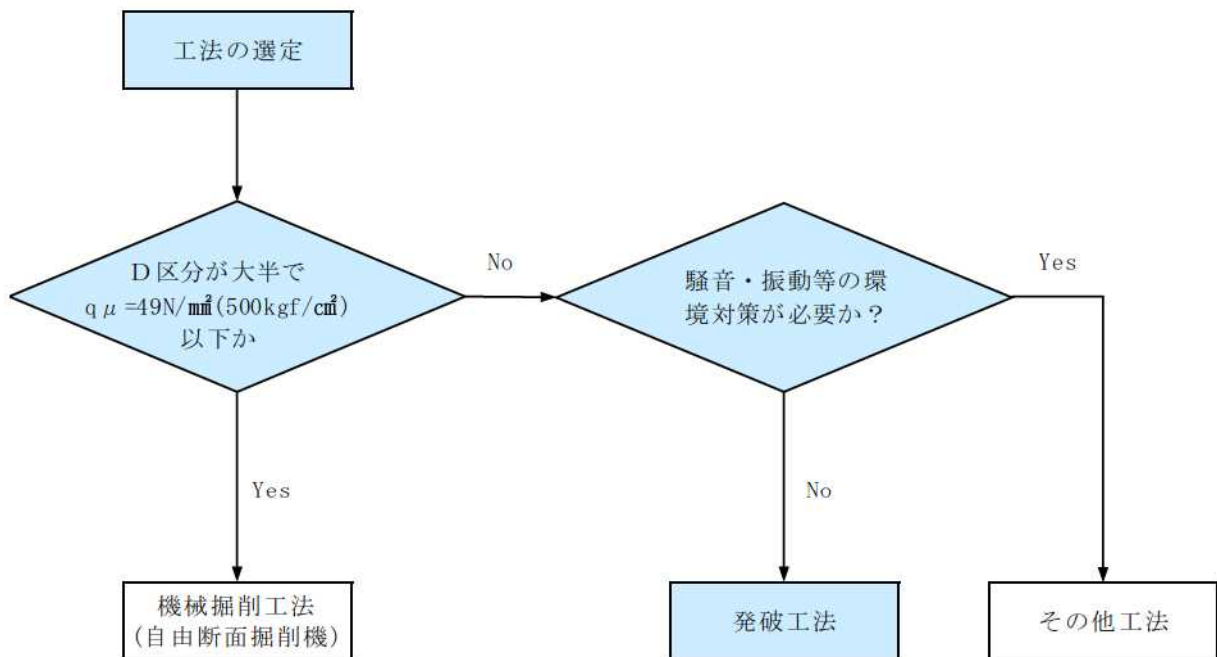
掘削方法には、爆破掘削、機械掘削、人力掘削とがあり、作業能率や施工性の面から、爆破掘削と機械掘削が主体となる。

爆破掘削は爆薬で地山を破砕掘削するもので、硬岩地山から土砂地山まで幅広い地山に適用でき柔軟性に富んでいる。一方機械掘削は地山が軟岩 ($q_u=49\text{N/mm}^2$ 以下) の場合や騒音振動等の環境対策が必要な場合に採用される。

一軸圧縮強度による発破掘削と機械掘削の選定判断の指標としては、国交省土木工事標準積算基準書に基づき、 49N/mm^2 を目安とする。

本トンネル地山の一軸圧縮強度は、地質調査における試験値では最大でも 30.2MN/m^2 (Tb1層) であり、目安となる 49MN/m^2 (49N/mm^2) 以下となる。しかし、地山深部では新鮮な岩が出現することが想定される。周囲に騒音、振動の環境影響が懸念される民家等はないことから掘削方式選定フローより【発破工法】を採用する。

選定フロー



積算基準書 R03 (P. IV-5-①-2)

2.1.2 掘削工法

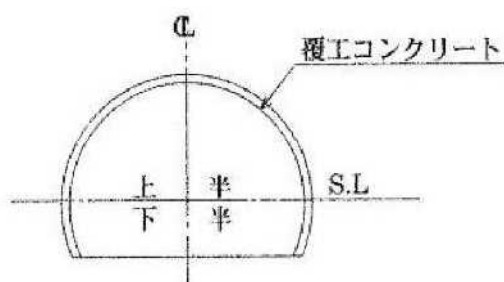
掘削工法は、地山条件、トンネルの断面形状、延長、工期等を考慮して安全で経済的な工法を選定する必要がある。一般には、切羽の自立できる断面の大きさによって決まる事が多い。本トンネルにおいては、それぞれの地質に対応して下表の通りの工法とする。

岩区分、掘削方式及び掘削工法（発破工法）

岩区分	掘削方式	掘削工法
C	補助ベンチ付全断面工法	—
D	上半先進ベンチカット工法 (ショートベンチカット工法)	上下半交互併進工法

積算基準書 R03(P. IV-5-①-4)

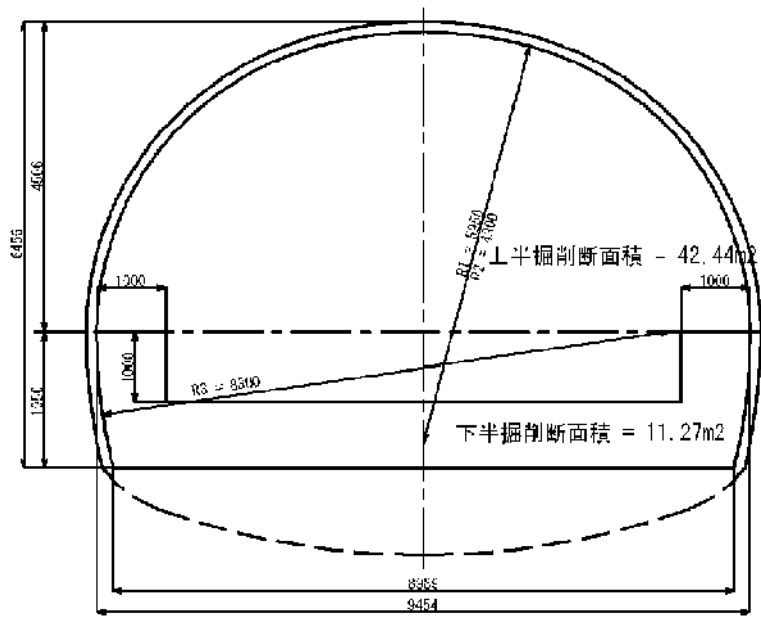
加背割の区分に関しては、地山の自立性、施工機械の作業性を考慮してS L（スプリングライン）位置を標準とする。



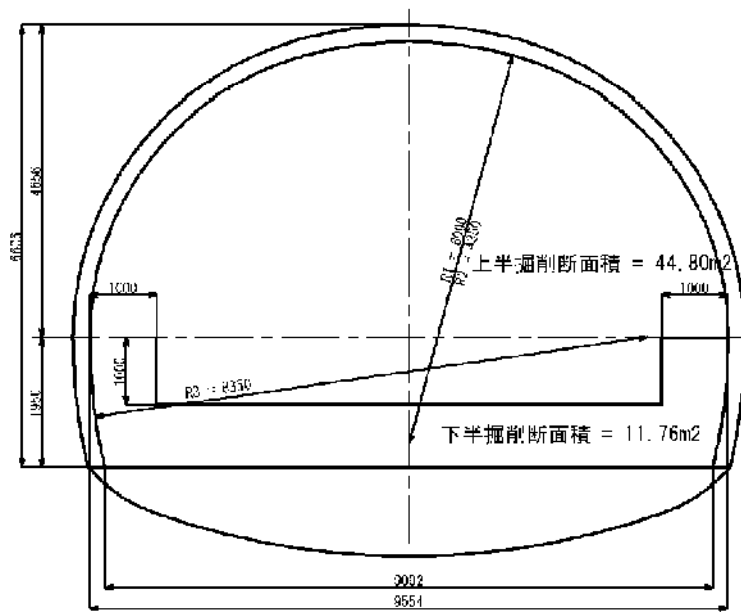
トンネル上・下半加背区分図（Dパターン：発破掘削）

積算基準書 R03(P. IV-5-①-1)

ただし、D I および D III パターンについては、重機の作業スペースを考慮して、加背割形状を次図に示すように変更する。



トンネル加背区分図 (D I パターン)



トンネル加背区分図 (D III パターン)

2.2 ずり出し計画

2.2.1 ずりの積込み

ずりの積込みは、一般に機械が用いられる。ずりの積込み方法を機械の形式から分類すると以下の様になる。

(1) 走行方式

1) タイヤ式

切羽の前面を自由に走行できるため、機動性に優れている。ただし、湧水の多い場合などには、路面の維持補修に注意が必要。

2) クローラ式

タイヤ式と同様に切羽の前面を自由に走行できるので、作業スペースがある場合には有利である。接地圧が小さいので、多少路面状態が悪くても使用可能である。

3) レール式

掘進に伴ってずり積み機用のレールを延伸する必要がある。この場合、ずりの積込み中も随時レールを前送りできるようにしている。

(2) 積込方式

1) フロントエンド式

ショベルローダやトラクタショベルのように、バケットを持ち上げて前方にダンプするものである。坑内では運搬車へ積み込むために方向転換をしなければならないので、比較的広いスペースを必要とする。

2) サイドダンプ式

バケットが側方にダンプするようになっており、方向転換をしなくてもよいので、フロントエンド式が使えないような場合に用いられる。

3) ショベル式

本来機械掘削の分類に属するショベル系掘削機械のうち、バックホウ仕様やローディング仕様の機械は、下部機体の位置を移動することなく、上部機体を 360° 旋回することができる。また、機械を旋回することなく、ベルトコンベヤなどの補助機械を用いて積み込む方法もある。

4) オーバーヘッド式

バケットが機体本体の上を通過して反転し、ずりを後方に移動させるもので、後部にベルトコンベヤを付けたものと付けないものがある。ずりを後方に放出するため、安全面でレール式が有利である。作業幅の狭い箇所で行われる。

5) 連続式

フロントハンドやアームでずりをかき集め、本体底部のコンベヤで連続的に搬送して運搬車両に移し換える方法である。

2.2.2 ずり運搬

ずりの運搬方式にはタイヤ方式、レール方式、連続ベルトコンベヤ方式などがある。

(1) タイヤ方式

NATMにおけるずりの運搬作業は、軌条をはじめとする坑内外の仮設備が簡易で、作業能率が高く経済的にも優れるタイヤ方式が標準となっている。

タイヤ方式はレール方式に比べて、一般的にはトンネルの断面が大きく湧水の少ない(走行路盤が比較的堅固な)場合に適しているが、ディーゼルエンジンを搭載した運搬機械を使用することから、その排気ガスを希釈するために多量の換気が必要となる。

(2) レール方式

レール方式は軌道を設け、ずり鋼車やシャトルカーなどの車両を連結し、機関車で牽引して運搬する方法であり、小断面のトンネルで使用されることが多い。

トンネルの規模、地質などの制約は少ないが、勾配上の制約を受ける。労働安全衛生規則では、動力車を使用する軌道の勾配は5.0%以下としなければならないとされている。

(3) コンベヤ方式

コンベヤ方式は、大規模なものは搬送能力も大きいですが、設備費がかかるため、長距離運搬でなければコスト的に成り立たない。また人力掘削をするような土砂地山で断面が小さい場合、簡易コンベヤを使用することがある。さらに、切羽でトレンローダなどの中間搬送用として使用することがある。

コンベヤを用いる場合、その設備が固定されて作業空間を狭隘にするので、各種の機械や資材の通過ならびに安全通路の確保に注意しなければならない。

本トンネルでのずり積込み搬出方式は、積算基準書 R03(P. IV-5-①-23)に標準とされる2.3m³ホイールローダと10tダンプトラックとの組合せ(タイヤ方式)とする。

2.3 支保工計画

NATMにおける1次支保は、地山に密着し、適当な剛性があることを要求され、支保の規模や支保パターンは、安全性・経済性を考慮して、計測を通して制御される。

ここでは、1次支保の概要について述べる。

2.3.1 支保の施工順序と時期

1次支保の施工順序は、対象となる地山の挙動を正確に把握し工事が安全かつ経済的に施工できるように行われる。

切羽の自立性が良好な地山の1次支保は通常、ロックボルトと吹付コンクリートが併用される。この場合、掘削終了後ただちに、吹付コンクリートが施工され、その後にロックボルトが打ち込まれる。

切羽の自立性が悪い地山の1次支保は通常、ロックボルト・吹付コンクリートと鋼製支保工と場合によっては、先受けボルト等が併用される。

2.3.2 吹付コンクリート

吹付コンクリートは、ロックボルトとともにNATMにおける主要なメンバーであり、次のような効果をもつ。

- ①掘削後、速やかに掘削面を被覆する事による初期の緩みの防止。
- ②地山が水や空気にふれる事による風化の防止。
- ③地山の変位を拘束する事によって地山を三軸応力状態にし、強度劣化を防止する。

吹付コンクリートの施工に当たっては、次のような点に留意しなければならない。

- ①吹付面の泥、浮石等は密着性を高める為に清掃すること。
- ②はね返りの減少と吹付コンクリート効果の向上の為、吹付面にできるだけ直角に吹き付ける事が肝要である。
- ③はね返った材料が新たな吹付コンクリートに混入しないよう配慮すること。
- ④吹付コンクリートの施工時に発生する粉じん対策は、次の点に留意すること。
 - ・粉じん発生を出来るだけ少なくする吹付方法及び材料の選定と管理。
 - ・発生した粉じんの処理。(集じん、浄化、換気による拡散希釈)
 - ・保護具の着用。
 - ・安全対策も含めてロボットマシンの採用。

(1) 吹付機の方式と適応性

吹付コンクリートは、コンクリートの練混ぜ方式により、乾式と湿式の2つがあり、それぞれに対応した吹付機が使用されている。

①乾式方式

ドライミックスしたコンクリートを圧送し、ノズルの手前で水を加えて吹付ける。

②湿式方式

あらかじめ水を加えて練り上げた硬練りコンクリートを圧送し吹付ける。

乾式方式と湿式方式の概要を示すと以下の通りである。

乾式工法と湿式工法との比較

	乾式工法	湿式工法
コンクリートの品質	ノズルで、水と空練り材料とを混合するので品質は作業員の熟練度能力によって左右される。	水を含め、各材料をあらかじめ正確に計量し、かつ十分に混合できるので品質の管理が容易である。
作業の制約	空練り材料を供給すればよいので供給作業(運搬時間等)の制限はない。	材料の供給に制限を受ける。
圧送距離	比較的長距離の圧送が可能である。	長距離圧送に不適である。
粉じん	多い。	少ない。
はね返り	比較的多い。	少ない。
掃除・保守	小型、保守しやすい。	大型、ホース詰まりの場合の掃除が困難。

積算基準書 R03(P. IV-5-①-37)に定める湿式方式を採用する。

2.3.3 吹付コンクリート仕様

吹付コンクリート仕様は、次表を標準とする。

吹付コンクリート仕様

強度	スランプ	粗骨材最大寸法	セメント	摘要
δ 28=18N/mm ²	10±2cm	15mm	普通ポルトランドセメント	湿式

積算基準書 R03(P. IV-5-①-37)

2.3.4 吹付プラント設備

吹付プラント設備の機種、規格は、次表を標準とする。

機種の選定

機種	規格	単位	数量
セメントサイロ	[鋼製溶接構造] 容量30t 排出能力20t/h	基	1
骨材ホッパ	15m ³ ×3	基	1
コンクリートプラント	[バッチ型・定置式] 能力25m ³ /h(一括練混ぜ方式)	基	1
	[バッチ型・定置式] 能力25m ³ /h(分割練混ぜ方式)	基	1

(注)1. 吹付プラント設備は、坑外に設置する。

2. 現場条件等により適合しない場合は、現場条件に見合った機種・規格を別途考慮する。

3. セメントサイロ、骨材ホッパ、コンクリートプラントは、損料とする。

コンクリートプラントの損料は、練混ぜ方式(一括又は分割)に対応したものを選定すること。

なお、コンクリートプラント(バッチ型・定置式)25m³/h(分割練混ぜ方式)の供用1日当り損料額は■■■■円を標準とする。

積算基準書 R03(P. IV-5-①-16)

2.3.5 ロックボルト

ロックボルトの設計にあたっては、掘削後のトンネルの安定を図るように、地山条件、そのトンネルの使用目的、施工性等に加えて、地質構造とロックボルトの機能や効果も考慮し、定着方式、定着材、配置と寸法、材質と形状等の仕様を決定する必要がある。また、ロックボルトの機能を長期にわたり期待する場合には、鋼材の腐食等による耐力の低下について検討が必要である。なお、ロックボルトは、吹付けコンクリートや鋼製支保工等の他の支保部材と併用することが一般的である。

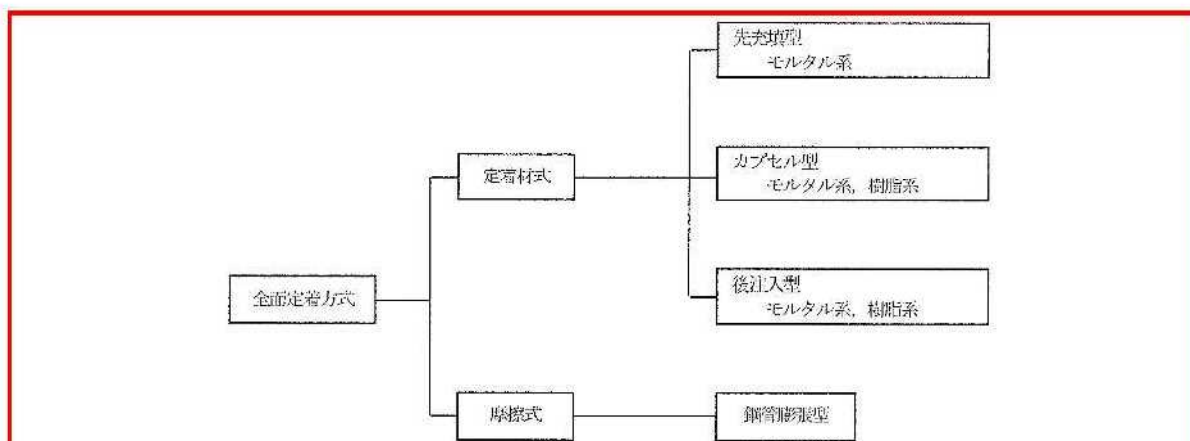
(1) ロックボルトの機能および効果

ロックボルトの機能及び効果は次の通りである。

分類		概要
性能	I	ロックボルトの引張抵抗性能 ロックボルト軸方向の引張抵抗によってその方向の地山との相対変位を抑制する。
	II	ロックボルトのせん断抵抗性能 ロックボルト軸直角方向のせん断抵抗によってその方向の地山との相対変位を抑制する。
効果	① 地山の補強効果	a: 吊下げ効果 亀裂の発達した中硬岩、硬岩地山の場合には、亀裂によって区切られた不安定な岩塊を深部の地山と一体化し、そのはく落や抜落ちを抑制する。 b: 縫付け効果 中硬岩、硬岩地山の場合に、亀裂に交差してロックボルトを打設すると、亀裂面のせん断強度が向上し、物性改良効果を期待できる。また、強度の小さい軟岩地山や未固結地山の場合においても、ロックボルトの打設によって地山のせん断抵抗が向上して降伏後の残留強度も向上し、物性改良効果を期待できる。 c: 地山物性の改良効果
	② 内圧効果	軟岩地山や未固結地山の場合、ロックボルトに発生する軸力が吹付けコンクリートを介して坑壁に作用することで内圧効果が発揮され、トンネルの周辺地山の塑化とその拡大の抑制を期待できる。
	③ 吹付け支持効果	ロックボルト打設間隔よりも小さく、地山から分離した岩片は吹付けコンクリートで支持される。吹付けコンクリートは地山との付着によって荷重を支持するが、吹付けコンクリートと地山の付着が損なわれた場合には、ロックボルトが吹付けコンクリートを地山に縫い付けることによって、このような荷重を支持することを期待できる。
性能と効果の概要		<p>(a) 中硬岩、硬岩地山(不連続体地山)</p> <p>(b) 軟岩、未固結地山(連続体地山)</p>

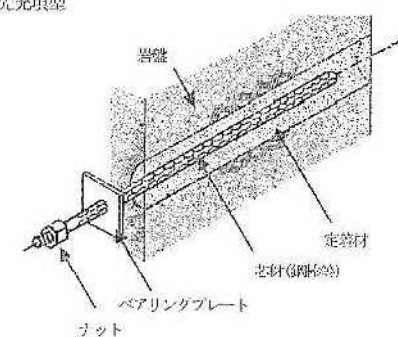
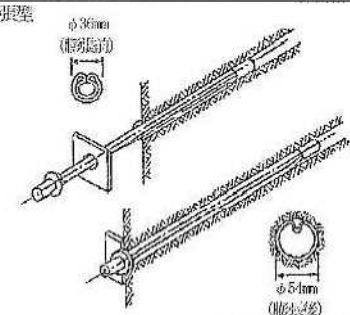
(2) ロックボルトの種類

NATMで採用されているロックボルトの定着方式は、ロックボルト全長を地山に定着させる全面定着方式が基本である。全面定着方式には、ロックボルトの定着方法によって定着材式と摩擦式の2種類があり、それらの構造や定着材の種類等によって下図(図3.3.5)のように分類される。2種類の定着方式の特徴、適用範囲等を下図(表3.3.17)に示す。本トンネルではモルタル全面定着型を標準とするが、掘削時の地山の状況に応じて適宜使い分けるものとする。



解説 図 3.3.5 全面定着方式ロックボルトの分類

解説 表 3.3.17 全面定着方式の概要

	定着方法	特徴	適用範囲	概略図
定着材式	定着材を孔に充填し、芯材を挿入して定着させる先充填型と、定着材を封入したカプセルを先に充填するカプセル型、芯材を挿入した後定着材を注入して定着させる後注入型がある。 定着材は、先充填型にはモルタル、カプセル型にはモルタルおよび樹脂、後注入型にはモルタルおよび樹脂がともに用いられている。	定着材を用いて芯材全長を地山に定着させる。地山条件(亀裂、湧水の状態)や孔壁の自立性等に応じ、各種のものがある。	硬岩、口硬岩、軟岩、未固結地山をはじめ、膨張性地山も含めて種々の地山に適用可能である。	先充填型 
摩擦式	芯材を孔壁面に密着させることにより得られる摩擦力によって定着される。代表的なものとして、鋼管膨張型がある。	鋼管膨張型では、穿孔した孔の中に先端を開張した鋼管を挿入した後、高圧水を注入して鋼管を膨張させることにより、瞬時に定着力が得られる。鋼管表面の腐食や孔壁面に加えられた押し付け力低下等の耐久性の低下について十分な検討が必要である。	摩擦式は、湧水の多い地山に適用可能である。鋼管膨張型は穿孔した孔の半径方向に大きな変形が可能なので、孔壁が自立すれば、広い範囲の地山に適用できる。	鋼管膨張型 

2.3.6 鋼アーチ支保工及び金網

(1) 鋼アーチ支保工

鋼アーチ支保工の役目効果と必要性は次の通りである。

- ①吹付コンクリートが固まるまでの支保
- ②縫地ロックボルトの反力受け
- ③落盤及び崩壊性地山の安全対策
- ④ロックボルト及び吹付コンクリートとの協調支保

NATMにおける鋼アーチ支保工は、硬岩の場合に省かれる事が多い。現在、鋼アーチ支保工としてH型鋼とU型鋼が用いられているが、H型鋼が標準である。U形鋼は、可縮型支保工（可縮継手を有する）で膨圧トンネル等において採用されるが、変形させる量を管理値で管理しないと崩壊に至る恐れがあり注意を要する。

本トンネルでは、下表の区間で鋼アーチ支保工としてH型鋼を使用する。

設計パターン	鋼製支保工
CⅡ-b	上半：H-125
DⅠ-b	上下半：H-125
DⅢa	上下半：H-200

(2) 金網の効果と必要性

- ①地盤の粘着力が低い場合の肌落ち防止としての効果
- ②吹付コンクリートの付着性を良くする
- ③一次覆工のせん断強度の補強
- ④吹付コンクリートにクラックが入った場合の剥離防止等

2.4 二次覆工計画

2.4.1 二次覆工の目的

NATMでは、吹付コンクリート、ロックボルト、鋼アーチ支保工等地山と一体となった支保メンバーで支保することが原則となっており、膨張性地山のような特殊な場合を除いて、二次覆工は化粧巻きまたは供用上の目的から施工されることが多い。

以下の理由より、本トンネルでは全区間二次覆工を行う。

供用性について

- ①地下水等の漏水の少ない、水密性のよい構造物にする。
- ②使用中の点検、保守等の作業性を高める。
- ③トンネル内の架線、照明、換気等の施設を保持する。

強度特性について

- ①トンネルの変形が収束しない状態で覆工を施工する場合には、トンネルの安定に必要な拘束力を与える。
- ②覆工を施工した後、水圧、上載荷重等によって外力が発生する場合これを支持する。
- ③地質の不均一性、支保工の品質のばらつき、ロックボルトの腐食等の不確定要素を考慮し、構造物としての安全率を増加させる。
- ④使用開始後の外力の変化や地山・支保工材料の劣化に対し、構造物としての耐久性を向上させる。

2.4.2 二次覆工の巻厚

NATMの二次覆工の巻厚については、標準支保パターンが確立されているが、施工性、品質等の面から考えると、あまり薄い巻厚では型枠のケレン等の問題で仕上がり面が汚くなり、打設方法によっては、品質も低下する可能性もある。また、厚い巻厚では剛性が高くなり、乾燥収縮、クリープ等の影響を受ける為クラックの生じる可能性もある。又、一次支保で安定化を達成してから二次覆工するのが原則である。

本トンネルの覆工厚さ、コンクリート強度は、下表の通りとする。

設計パターン	覆工強度	覆工厚
CⅡ-b	18-15-40BB	30cm
DⅠ-b	18-15-40BB	30cm
DⅢa	18-15-40BB	35cm

2.4.3 二次覆工の施工時期

二次覆工の施工時期は、一次支保の各種計測結果から判断することが原則である。国内、海外の多くの施工事例によると次の様な方式が一般に用いられている。

(1) 変位速度で規定する場合

変位が長期にわたって継続するような地山では、早期に安定を得るため、変位が完全に収束する以前に二次覆工を施工することがある。この場合、二次覆工は変位を停止出来るように剛性を高くすると共に、モーメントに対処出来るように鉄筋や裏込注入等により補強する必要がある。

(2) 変位の収束で規定する場合

掘削後、比較的短時間で変位が完全に停止するような地山では、二次覆工は掘削等の施工状況に応じて別途計画することが出来る。この場合、一般に二次覆工には外力が作用しないと考えられる為、剛性を高くする等の処置は行われていない。

ゆえに、本トンネルではなるべく覆工に負担をかけない上記(2)方法により施工するものとする。

2.4.4 二次覆工用型枠

NATMの二次覆工用型枠は、掘削断面、施工延長及び用途によって限定されるが、特に次の様な点に注意して選択する必要がある。

(1) 打設長

NATMでは、掘削と二次覆工とは分離施工となるのが一般的であるため、一打設長の長いものも施工可能であるが、一般に収縮クラックの発生、型枠自重の増加、ケレンの問題等を考慮して、一打設長9～12mが我が国では多用されている。

本トンネルでは、標準部は一打設長を10.5mとする。

(2) 打設方法

NATMは特別な場合を除き、二次覆工を全断面で打設できる為、矢板工法に比べて有利である。

コンクリートの打設機械は、空気圧送式とコンクリートポンプに分けられるが、一般に施工性の良いコンクリートポンプが多用されている。打設方式は、従来の流し込み方式に替わって吹上方式が多くなってきており、注入位置を適当に選びピストンで圧送すれば、打設するスピードが早く、ほぼ密着した二次覆工を打設することが出来る。

以上より本トンネルではコンクリートポンプ式で吹上方式とする。

(3) 型枠

二次覆工の工程が別途計画出来るため、スライドセントルが多用されている。

本トンネルでは全区間スライドセントルを使用するものとする。

2.4.5 アイソレーション

NATMで施工する場合の留意点は

- ①設計巻厚が薄い。
- ②大きい断面を全断面で巻立てている。
- ③覆工の施工時期

地山変位が発生する場合は、収束を待って連続的に打設する。

変位が発生しない場合は従来通りである。

- ④覆工背面の空隙が少ない等である。

これらにより、二次覆工のひび割れが発生することがある。そのひび割れの原因が全て上記のものではないが、防水シートを全面に取付けることで、二次覆工のひび割れ防止に役立っている多くの実例がある。

同様現象に防水シートを取付け、ひび割れ防止の一対策としている。そうして、それらをアイソレーションと呼称している。

本トンネルでは防水シート(t=0.8mm)と透水性緩衝材(t=3mm)を使用する。

2.4.6 インバート

(1) インバートの目的

NATM工法によるインバートの目的は、

- ①トンネルに作用する側圧に対抗し、側圧部分の押し出し転倒を防止する。
- ②地質不良の場合、下盤の地耐圧を補う。
- ③下盤の劣化や盤膨れを防止する。
- ④開通後、保守上墳泥を防止できる。

等が考えられる。

NATMの基本的な考え方は、トンネル掘削後、早期に支保メンバーから成るシェルを地山内に構築し、トンネルの安定を計ることが重要とされている。このシェルは、トンネルが閉合されて初めて働くもので、偏圧のある地山や土砂地山等では、インバートによる閉合が必要である。岩盤強度が高く、トンネル掘削後応力上問題の生じない地質では、特にインバートの必要性は認められない。

(2) インバートの施工法

インバートの施工法は、吹付コンクリートによる場合と普通コンクリートを直接流し込む場合に大別される。これらの工法は、トンネルの断面積、断面形状、地山状況、施工方法に応じ選択されている。

①吹付コンクリートによるインバート閉合

地質が不良で変位が大きく、変位の収束傾向があまり認められず、切羽に接近してトンネル断面を閉合する必要がある場合には、インバート部を吹付コンクリートにより断面閉合する。

②普通コンクリートによるインバート閉合

変位量が少なく、変位の収束が早く、比較的早期に地山が安定するような場合には施工性に応じて、普通コンクリートを直接打設する。

本トンネルでは、②普通コンクリートによるインバート閉合とし、インバート施工時に前方切羽を止めることなく施工を行うため、片側交互施工とする。

(3) インバート厚

本トンネルのインバート厚さ、コンクリート強度は、下表の通りとする。

設計パターン	コンクリート強度	インバート厚
CⅡ-b	—	—
DⅠ-b	18-8-40BB	45cm
DⅢa	18-8-40BB	50cm

§ 3. 工事工程計画

3.1 適用範囲

(1) 適用範囲

積算基準書は、トンネル工(NATM)における片押し延長2,500m以下、設計掘削断面積50m²以上130m²以下のトンネルに適用するものとし、適用にあたっては、下記事項に留意し実施するものとする。

① 施工歩掛における通常断面と大断面の適用区分については、次表を標準とする。

表 3.1.1 歩掛区分の適用範囲

歩掛区分	適用範囲
通常断面	技術基準における通常断面の支保構造のトンネルの場合
大断面	技術基準における大断面の支保構造のトンネルの場合

(注) 技術基準とは、「道路トンネル技術基準(構造編)・同解説(平成15年11月)」をいう。

- ② 非常駐車帯部及び坑口部にも適用できる。
- ③ 掘削工法は、発破工法に適用する。
- ④ 発破工法は、普通一般地質における補助ベンチ付全断面工法及び上半先進ベンチカット工法に適用する。
- ⑤ 隣接トンネルや住居近接トンネルで標準の工法が採用出来ない場合は、別途考慮する。
- ⑥ 片押し延長が2,500mを超えるもの、設計掘削断面積50m²未満又は130m²を超えるものは、別途考慮する。
- ⑦ 坑口部等で積算基準書により難しい場合は、別途考慮する。
- ⑧ ずり搬出方式は、タイヤ方式とする。
- ⑨ 岩区分A、B、CⅡ-a、DⅠ-a、Eについては、別途考慮する。
- ⑩ トンネル形状については、「道路トンネル技術基準(構造編)・同解説(平成15年11月)」等を準拠する。
- ⑪ 標準的な加背割は、下図のとおりとする。

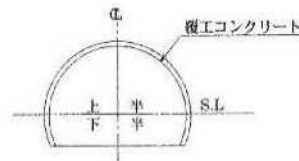


図 3.1.1 加背割図

(積算基準書R03 P.Ⅳ-5-①-1)

⑫ 工事工程及び施工歩掛に示す掘削断面積の適用範囲は、下表のとおりとする。

表 3.1.2 掘削断面積の適用範囲【発破工法】

岩区分	設計掘削断面積 (m ²)	適用範囲 (m ²)	備考	
CⅠ CⅡ	50	50.0 ≤ A < 52.5	3.5 覆工施工歩掛にも適用	
	55	52.5 ≤ A < 57.5		
	60~125	上記と同様		
	130	127.5 ≤ A ≤ 130.0		
DⅠ DⅡ DⅢ	上半	40	40.0 ≤ A < 42.5	
		45	42.5 ≤ A < 47.5	
		50~105	上記と同様	
		110	107.5 ≤ A ≤ 110.0	
	下半	10	10.0 ≤ A < 12.5	
		15	12.5 ≤ A < 17.5	
		20~45	上記と同様	
		50	47.5 ≤ A ≤ 50.0	

(注) 上表の断面積は設計掘削断面積であり、余掘を含まない。

なお、施工歩掛には余掘(余巻、余吹)を含んでいる。

(積算基準書R03 P.Ⅳ-5-①-2)

適用範囲

設計パターン	区分	設計掘削 断面積 (m2)	適用範囲 (m2)	適用基準年度	備考
CⅡ-b	全断面	52.773	55	R03年度	
	上半				
	下半				
DⅠ-b	全断面				
	上半	42.436	40	R03年度	
	下半	11.272	10	R03年度	
DⅢa	全断面				
	上半	44.798	45	R03年度	
	下半	11.762	10	R03年度	
	全断面				
	上半				
	下半				

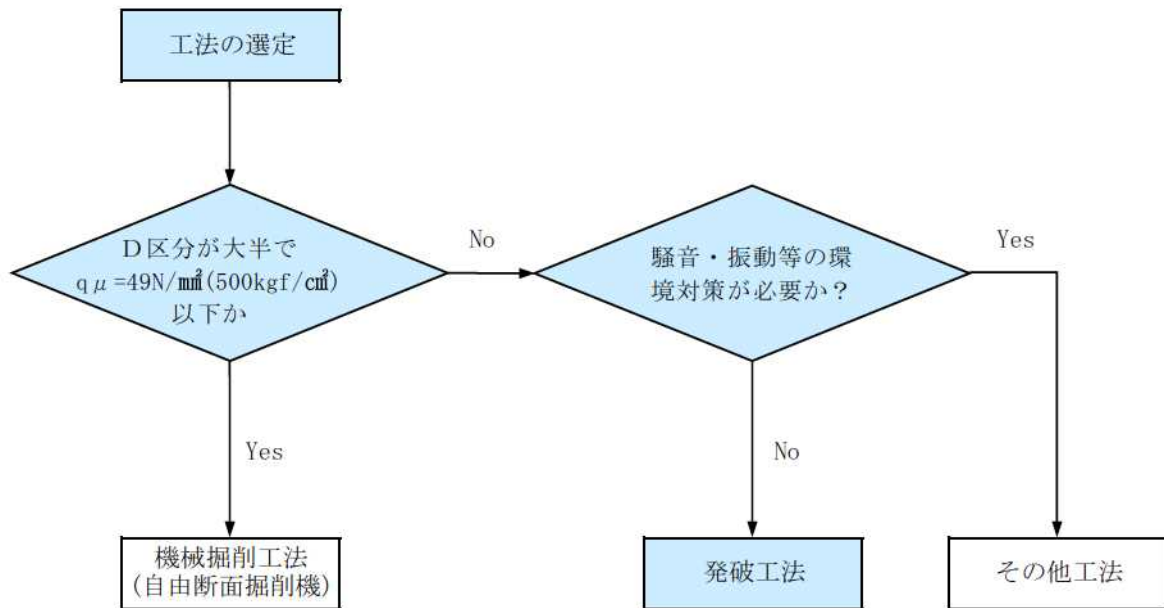
(2) 工法の選定フロー(参考)

掘削方法の選定は、下記を標準とするが、適用にあたっては、ボーリング調査等の事前調査により、トンネルの地山条件(一軸圧縮強度、亀裂係数、地質、湧水量等)や環境条件等を総合的に判断し、これにより難しい場合は、別途選定するものとする。

一軸圧縮強度による発破掘削と機械掘削の選定判断の指標としては、国交省土木工事標準積算基準書に基づき、 49N/mm^2 を目安とする。

本トンネル地山の一軸圧縮強度は、地質調査における試験値では最大でも 30.2MN/m^2 (Tb1層)であり、目安となる 49MN/m^2 (49N/mm^2)以下となる。しかし、地山深部では新鮮な岩が出現することが想定される。周囲に騒音、振動の環境影響が懸念される民家等はない。

以下のフローより本トンネルは、**発破工法**を採用する。

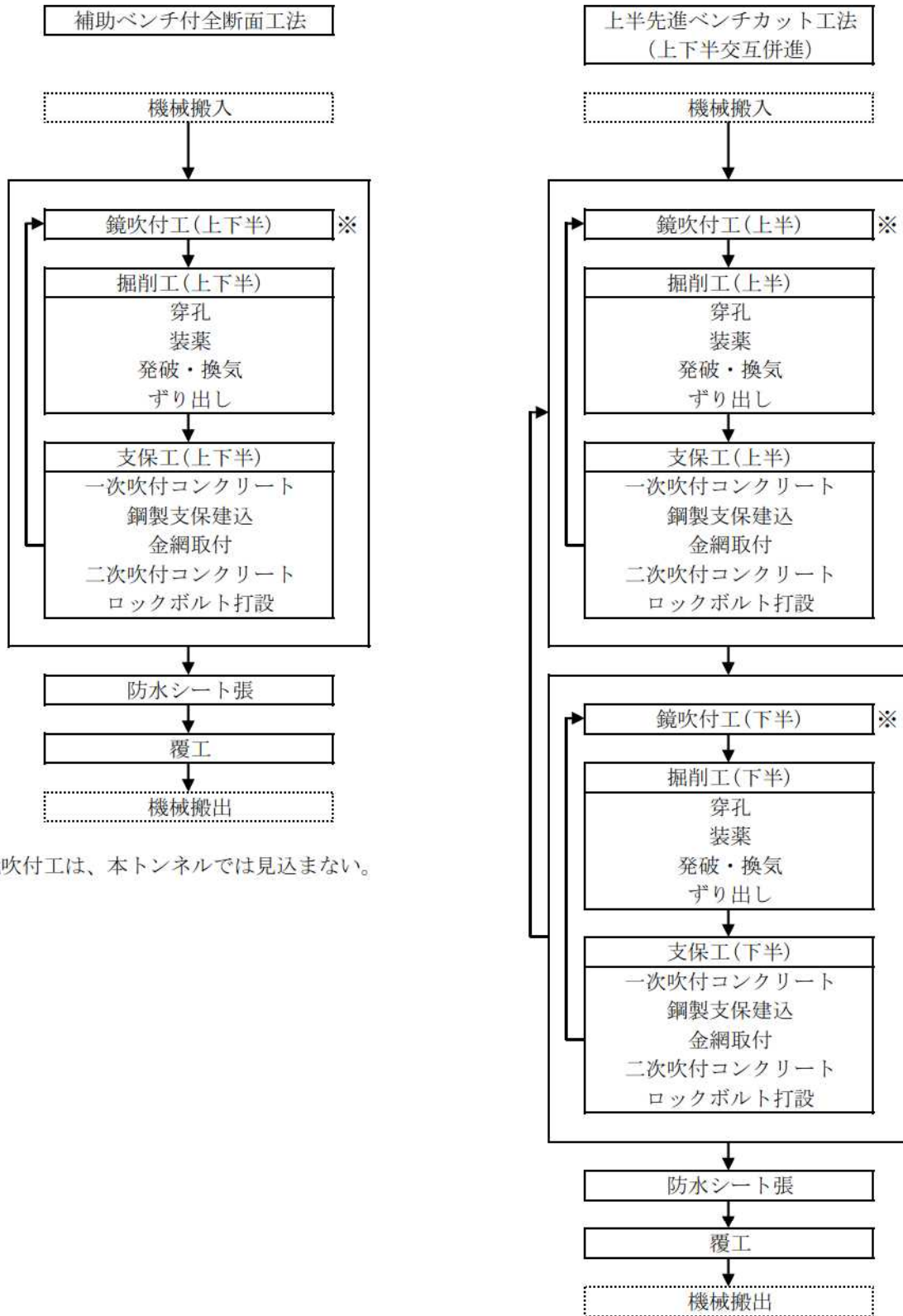


(注) 大半の区分とは90%程度を目安とする。
(積算基準書R03 P. IV-5-①-2)

3.2 施工概要

(1) 施工フロー

施工フローは、下記を標準とする。



※鏡吹付工は、本トンネルでは見込まない。

(注) 積算基準書で対応しているのは実線部分のみである。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-3)

3.3 施工計画

3.3.1 岩区分及び掘削工法

岩区分、掘削方式及び掘削工法は、次表を標準とする。

表 3.3.1 岩区分、掘削方式及び掘削工法

	岩区分	掘削方式	掘削工法
発破工法	C	補助ベンチ付全断面工法	—
	D	上半先進ベンチカット工法 (ショートベンチカット工法)	上下半交互併進工法

(注) 地山条件等により、切羽の安定性の確立や地上の崩落防止等のために、必要に応じて適切な補助工法を別途考慮する。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-4)

3.3.2 工事工程

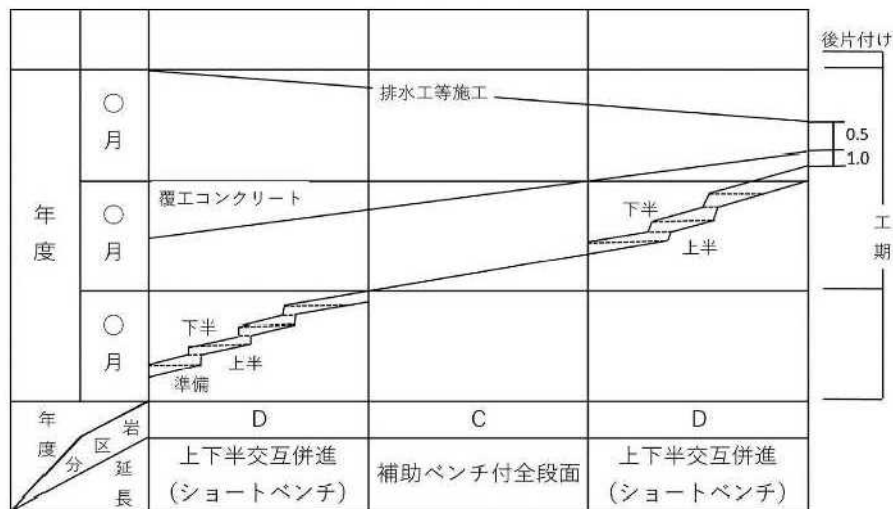
(1) 工事工程表

工程表の決定にあたっては、トンネル延長、地質、地形、掘削方式及び掘削工法等を考慮して決定する。

【発破工法】

必要工期＝補助ベンチ付全断面掘削期間＋上下半交互併進時の上半掘削期間＋上下半交互併進時の下半掘削期間＋1.5ヶ月(特別な場合は別)＋排水工等雑工期間＋準備及び後片付け＋土曜・日曜、祝祭日、夏・冬休み

標準的な工程表作成の考え方(参考)



(積算基準書R03 P. IV-5-①-11)

3.3.3 作業内容

(1) 作業内容

作業内容は、次表とする。

表 3.3.3 作業内容

作業の区分	作業内容	摘 要
坑内	鏡吹付工 掘削作業 支保工作業 ずり運搬（直送方式）	※鏡吹付工は、本トンネルでは見込まない。
	覆工作業	型枠工 コンクリート工
	インパート工 防水工	
坑外	仮設備保守	

(注) 1. 支保工作業とは、吹付け、金網、ロックボルト、鋼製支保工の総称である。

2. 「明り」の作業は、下記のものとする。

- ・地下排水工、路盤工、舗装工、側溝工
- ・坑門工、吹付プラント設備組立・解体、ずり出し(積替方式の場合の坑外運搬)
- ・スライドセントル組立・解体、防水工作業台車組立・解体
- ・ストックヤード設置・撤去、給排水設備設置・撤去
- ・濁水処理設備設置・撤去、坑外電力設備

(積算基準書R03 P. IV-5-①-14)

(2) その他

① 掘削工、インパート工、覆工等の坑内作業分は、トンネル職種の単価とする。

② 地下排水、側溝、舗装等の覆工完了後に施工する作業は、一般明り職種の単価とする。

3.3.4 余掘、余巻及び余吹

トンネル工事では、設計断面どおり掘削することは困難であるため、当初から設計内空半径に覆工及び吹付コンクリート厚に加え、余掘・余巻・余吹コンクリート厚を見込む必要がある。変形余裕量を設計図面に明示した場合の設計掘削断面積は、変形余裕厚さを加算した面積とする。

余掘：設計巻厚を確保するために、設計断面積より大きく掘削すること

余巻：余掘部分を覆工コンクリートで充填すること

余吹：余掘部分を吹付コンクリートで充填すること

支払線(ペイライン)：余掘を考慮した断面積の外周

なお、余掘、余巻及び余吹は、次表を標準とする。

表 3.3.4 余掘、余巻及び余吹厚

(cm)

	岩区分	余掘厚	余巻厚	余吹厚 (N1)
発破工法	C I	22	17	5
	C II	20	13	7
	D I	17	10	7
	D II	17	10	7
	D III	17	10	7

(注) 1. 覆工コンクリート、吹付コンクリート及び設計内空半径に対する割増し厚さである。

2. 非常駐車帯部、坑口部、避難連絡坑部等についても上表を適用する。

3. 変形余裕量を見込む場合は余掘、余巻は上表より 5cm減じ、掘削断面に変形余裕量を加えるものとする。

4. 設計内空半径と支払線の関係は、次図を標準とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-14)

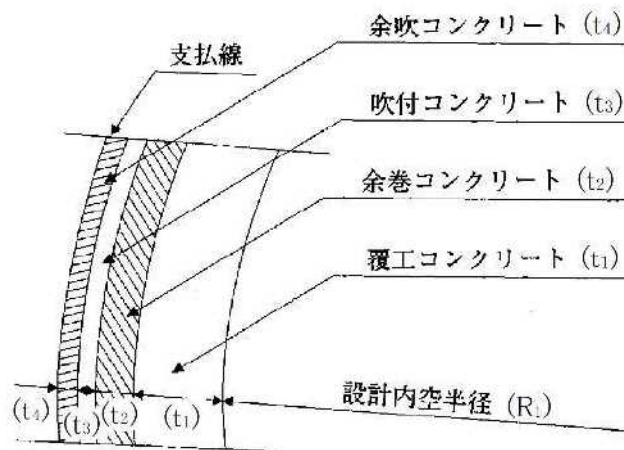


図 3.3.1 変形余裕を見込まない場合

設計掘削半径 = 設計内空半径(R1)+覆工コンクリート厚(t1)+吹付コンクリート厚(t3)
 支払掘削半径 = [設計内空半径(R1)+覆工コンクリート厚(t1)+吹付コンクリート厚(t3)]+余掘
 = 設計掘削半径+余掘
 余掘 = 余巻コンクリート(t2)+余吹コンクリート(t4)

(積算基準書R03 P. IV-5-①-15)

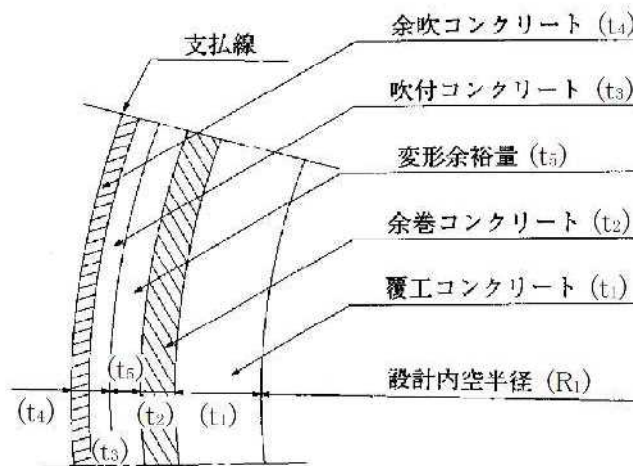


図 3.3.2 変形余裕を見込む場合

設計掘削半径 = 設計内空半径(R1)+覆工コンクリート厚(t1)+吹付コンクリート厚(t3)
 +変形余裕量(t5)
 支払掘削半径 = [設計内空半径(R1)+覆工コンクリート厚(t1)+吹付コンクリート厚(t3)
 +変形余裕量(t5)]+余掘
 = 設計掘削半径+余掘
 余掘 = 余巻コンクリート(t2)+余吹コンクリート(t4)

(積算基準書R03 P. IV-5-①-15)

3.3.5 トンネル工事の機械器具経費積算

(1) トンネル工事の機械器具経費積算

トンネル工事の機械器具損料算定は、「請負工事機械経費積算要領」に基づき行い、内燃機関付機械(ダンプトラック、コンクリートポンプ車、トラックミキサ等)を使用する場合は、黒煙浄化装置付を標準とし、そのうちドリルジャンボ、バックホウ・ホイールローダを使用する場合は、トンネル工事前排出ガス対策型を標準とする。ただし、道路運送車両の保安基準に排ガス基準が定められている自動車の種別で、有効な自動車検査証の交付を受けているものは除く。

供用日数及び所要台数は、工事工程により算出するが、トンネルの使用機械が工程より上り線又は下り線、施工段階等で転用可能である場合の使用台数は、これを考慮のうえ最小となるよう計画する。また、平均運転時間算定にあたってはこの点注意する。

※ダブルウェイトンネルの場合

ダンプトラックの使用台数は、小数点以下第1位を四捨五入し、整数とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-15)

(2) 機械損料の補正等

トンネル掘削工において、トンネル専用機ではないホイールローダ・バックホウ(大型プレーカ用ベスマシン含む)、トンネル専用機及び建設専用は除くダンプトラックを使用する場合は機械損料の補正を行うものとし、トンネルの岩区分による補正割増しは、次表を標準とする。

表 3.3.5 機械損料の補正

岩区分	機械損料割増	岩分類
C I・C II	25%	中硬岩
D I	25%	軟岩(Ⅱ)
D II	25%	軟岩(Ⅱ)
	—	軟岩(Ⅰ)
D III	—	

(注) 1. 土量変化率は「積算基準書 第Ⅱ編第1章①土量変化率等」による。

2. トンネル内における機械損料の割増しは上表のとおりとし、掘削土仮置き以降の機械損料の割増については、「積算基準書 第Ⅱ編第1章土工①土量変化率等」による。

3. 岩区分D IIの岩分類の判定にあたっては、岩の性状により決定するものとする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-16)

(3) 機械賃料の補正等

トンネル工事対応の下記機械を使用する場合は、次表に示す数値を乗じて得た額とする。

表 3.3.6 機械賃料の補正

機械名	規格	基礎価格に乗ずる率	摘要
振動ローラ	(トンネル工事対応)搭乗・コンバインド式 ・排出ガス対策型(第2次基準値)・低騒音型 ・運転質量3~4t	1.23	賃料

(積算基準書R03 P. IV-5-①-16)

3.3.6 工所用仮設備

(1) 吹付プラント設備

吹付プラント設備の機種・規格は、次表を標準とする。

表 3.3.7 吹付プラント設備

機種	規格	単位	数量
セメントサイロ	[鋼製溶接構造] 容量30t 排出能力20t/h	基	1
骨材ホッパ	15m ³ ×3	基	1
コンクリートプラント	[バッチ型・定置式] 能力25m ³ /h(一括練混ぜ方式)	基	1
	[バッチ型・定置式] 能力25m ³ /h(分割練混ぜ方式)	基	1

- (注) 1. 吹付プラント設備は、坑外に設置する。
 2. 現場条件等により適合しない場合は、現場条件に見合った機種・規格を別途考慮する。
 3. セメントサイロ、骨材ホッパ、コンクリートプラントは、損料とする。
 コンクリートプラントの損料は、練混ぜ方式(一括又は分割)に対応したものを選定すること。
 なお、コンクリートプラント(バッチ型・定置式)25m³/h(分割練混ぜ方式)の供用1日当り損料額は、 円を標準とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-16)

(2) 電力設備

- ① 施工に必要な負荷設備に対応出来る必要電力を決定する。
- ② 電力会社の供給設備を調査し、負荷設備容量に応じて受電設備を設ける。
- ③ 受電設備、変電設備を経て負荷設備までの線路を決める。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-16)

(3) 照明設備

坑内照明は、40W蛍光灯を5m間隔に片側のみ設置するものを標準とする。また、切羽照明は500W投光器とし、切羽部6個(上半4個、下半2個)、覆工4個を標準とする。

坑内照明、切羽照明の計上は、日当り17時間を標準とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-16)

(4) 換気設備

① 換気設備の配置

坑内の換気は、掘削断面、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。工所用換気設備は、切羽が坑口より30m掘進した時より貫通するまでの期間、設置するものとする。

② 軸流ファン

換気に使用する軸流ファンは、反転軸流式ファンを標準とする。

軸流ファンの日当り運転時間は、17時間を標準とする。

③ 換気方式

掘削断面、掘削延長、現場条件等を考慮し、必要な換気方式及び換気装置を計上するものとする。

④ 所要換気量

所要換気量は、発破後のガス、ディーゼル機関から排出される有害ガス、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。

⑤ 風管

風管は、不燃性ビニル風管を標準とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-17)

(5) 給排水設備

- ① 給排水設備は、水槽、釜場等の設置・解体及びポンプの運転経費を計上する。ただし、ポンプの運転労務は計上しない。
- ② 給水設備の機種、規格は 4.5 給水設備 を参照とし、設置期間は掘削期間とする。
- ③ 給水設備の日当り運転時間は、17時間を標準とする。
- ④ 排水設備の機種、規格は 4.6 排水設備 を参照とし、縦断勾配が0.3%以下、又は逆勾配の場合等で、ポンプ排水を必要とする場合に設置する。
- ⑤ 排水設備の日当り運転時間は、常時排水を標準とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-17)

(6) 濁水処理設備

坑内及び坑外設備により発生する濁水は、必要に応じ濁水処理を行う。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-17)

(7) ずりストックヤード

ずり出しがタイヤ方式で坑口からずり捨場まで遠距離の場合等、必要に応じてストックヤードを設ける。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-17)

(8) 粉塵発生源に係る措置

下記項目について、必要に応じ設ける。

- ① 土砂及び岩石を湿潤な状態に保つための設備
- ② 建設機械等の走行による二次粉塵発散防止のための簡易舗装や散水等設備
- ③ 粉塵の拡散防止のためのエアカーテン等設備
- ④ 集塵機の日当り運転時間は、17時間を標準とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-17)

3.3.7 工事中仮設備の計上

(1) 設計書において仮設費として計上するもので主なもの。

- ① 電力設備
受電・変電・配電設備等に要する設置・解体、保守並びに損料等。
- ② 吹付プラント設備
組立・解体、運転費及び損料。
- ③ スライドセントル
組立(現地仮組立を含む)・解体。
- ④ スtockヤード
設置・撤去、損料。
- ⑤ 運搬路
工事中道路、仮橋設置・撤去、既設橋の補強。
- ⑥ 照明設備
設置・撤去、機器費(全損)、電気料。
- ⑦ 換気設備
解体、運転費及び損料。
- ⑧ 防水工
防水工作業台車組立、解体及び損料。
- ⑨ 給排水設備
設置・撤去、運転費及び損料。
- ⑩ 坑口処理
捨導坑、捨枠、捨巻等。
- ⑪ 仮設備保守費
- ⑫ 濁水処理設備
設置・撤去、運転費、損料及び維持費。
- ⑬ 粉塵発散防止設備等
- ⑭ その他

(積算基準書R03 P. IV-5-①-18)

(2) 設計書において共通仮設費における営繕費として計上するもので主なもの。

- ① 共通仮設費率には、次のものが含まれている。
事務所、倉庫、労務者宿舎、試験室、鍛冶場及び修理工場、製材所、労務者休憩室、その他。
- ② 共通仮設費率に含まれていないもの。
火薬庫類の設備及び監督員詰所等。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-18)

3.3.8 計測工

計測は、計測Aを標準とし共通仮設費率に含まれる。ただし、現地条件によって計測Bが必要な場合は、別途計上する。なお、計測Bは、共通仮設費の技術管理費に計上する。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-18)

3.3.9 呼吸用保護具

有効な呼吸用保護具(電動ファン付粉塵用呼吸用保護具等)費用を共通仮設費における安全費として別途計上する。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-18)

3.4 施工歩掛【発破工法】

3.4.1 掘削工等

(1) 掘削工等の労務歩掛

掘削等作業における労務歩掛は、次表を標準とする。

表 3.4.1 (掘削等)施工歩掛【通常断面】

(人/(トンネル延長)1m当り)

岩区分	職種	(掘削等)施工歩掛【通常断面】												摘要			
C I	職種	設計掘削断面積(m ²)												必要な断面積を上下半各々に計上する。			
					50	55	60	65	70	75	80	85	90		95		
	切羽監視責任者				0.40	0.42	0.43	0.45	0.47	0.49	0.50	0.52	0.54		0.55		
	トンネル世話役				0.40	0.42	0.43	0.45	0.47	0.49	0.50	0.52	0.54		0.55		
	トンネル特殊工				2.40	2.52	2.58	2.70	2.82	2.94	3.00	3.12	3.24		3.30		
トンネル作業員				0.40	0.42	0.43	0.45	0.47	0.49	0.50	0.52	0.54	0.55				
C II	職種	設計掘削断面積(m ²)															
					50	55	60	65	70	75	80	85	90		95		
	切羽監視責任者				0.50	0.52	0.53	0.55	0.57	0.59	0.60	0.62	0.64		0.65		
	トンネル世話役				0.50	0.52	0.53	0.55	0.57	0.59	0.60	0.62	0.64		0.65		
	トンネル特殊工				3.00	3.12	3.18	3.30	3.42	3.54	3.60	3.72	3.84		3.90		
トンネル作業員				0.50	0.52	0.53	0.55	0.57	0.59	0.60	0.62	0.64	0.65				
D I	上半	職種	設計掘削断面積(m ²)														
									40	45	50	55	60		65	70	75
		切羽監視責任者							0.59	0.61	0.62	0.64	0.66		0.68	0.69	0.71
		トンネル世話役							0.59	0.61	0.62	0.64	0.66	0.68	0.69	0.71	
	トンネル特殊工							3.54	3.66	3.72	3.84	3.96	4.08	4.14	4.26		
	トンネル作業員							0.59	0.61	0.62	0.64	0.66	0.68	0.69	0.71		
	下半	職種	設計掘削断面積(m ²)														
											10	15	20	25	30	35	
切羽監視責任者										0.29	0.31	0.32	0.34	0.36	0.38		
トンネル世話役										0.29	0.31	0.32	0.34	0.36	0.38		
トンネル特殊工									1.74	1.86	1.92	2.04	2.16	2.28			
トンネル作業員									0.29	0.31	0.32	0.34	0.36	0.38			
D II	上半	職種	設計掘削断面積(m ²)														
		切羽監視責任者															
		トンネル世話役															
	トンネル特殊工																
	トンネル作業員																
	下半	職種	設計掘削断面積(m ²)														
切羽監視責任者																	
トンネル世話役																	
トンネル特殊工																	
トンネル作業員																	
D III	上半	職種	設計掘削断面積(m ²)														
		切羽監視責任者															
		トンネル世話役															
	トンネル特殊工																
	トンネル作業員																
	下半	職種	設計掘削断面積(m ²)														
切羽監視責任者																	
トンネル世話役																	
トンネル特殊工																	
トンネル作業員																	

- (注) 1. 掘削機械の運転手は、上記歩掛に含まれる。
 2. ずり出しにおいて運搬距離(片押し延長+坑外片道運搬距離)が1.2kmを超える場合は、1.2kmを超える部分に対し上表のトンネル特殊工の施工歩掛を1m当たりとして、1/6の値を追加する(下半は除く)。

歩掛の設定範囲例	
50m ² ≤ 設計掘削断面積 = 上半 + 下半 ≤ 95m ²	
中間断面(70m ²)の場合 → 67.5m ² 以上72.5m ² 未満	
上半の上端(75m ²)の場合 → 72.5m ² 以上75m ² 以下	
下半の下端(10m ²)の場合 → 10m ² 以上12.5m ² 未満	

- (例) 岩区分C I で面積50m²の場合 2.40 → 2.40 + 2.40 × 1/6 = 2.80
 同じくD II 上半で40m²の場合 3.72 → 3.72 + 3.72 × 1/6 = 4.34
3. 掘削等作業の歩掛は、次の作業を行うものとする。
 ①切羽の状態監視に伴う作業 ②削岩 ③ずり出し ④吹付け ⑤金網 ⑥ロックボルト ⑦鋼製支保工 ⑧坑内換気設備設置・運転・撤去 ⑨集塵機運転 ⑩坑内送水管設置・撤去 ⑪給排水設備保守 ⑫坑内排水設備設置・運転・撤去 ⑬坑内運搬路等の保守 ⑭掘削の進行にともなう切羽照明・坑内照明の移設及び坑内排水設備・坑内換気設備・集塵機等の設置・撤去及び電気配管、配線
4. 火薬庫類の保安管理費は、必要に応じて共通仮設費の安全費として別途計上する。
 5. 切羽監視責任者は、トンネル世話役とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-19~20)

今回の採用値

(人/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積 (m ²)		採用値					計	トンネル 作業員
			切羽監視 責任者	トンネル 世話役	トンネル 特殊工	運搬距離 1.2km超え			
C II -b 通常断面	全断面	55	0.52	0.52	3.12		3.12	0.52	
	上半								
	下半								
D I -b 通常断面	全断面								
	上半	40	0.59	0.59	3.54		3.54	0.59	
	下半	10	0.29	0.29	1.74		1.74	0.29	
D III a 通常断面	全断面								
	上半	45	0.67	0.67	4.02		4.02	0.67	
	下半	10	0.33	0.33	1.98		1.98	0.33	
	全断面								
	上半								
	下半								

(2) 掘削機械の機種を選定及び機械歩掛

掘削機械の機種・規格は、次表を標準とする。

表 3.4.2 掘削機械の機種・規格

作業種別	機械名	規 格	単位	数量	摘 要
穿孔	ドリルジャンボ	トンネル工専用[ホイール式・ 排出ガス対策型(第3次基準値)] 3ブーム・2バスケット ドリフタ質量 170kg超級	台	1	
こそく	大型ブレイカ (ベースマシン含む)	トンネル工専用[排出ガス対策型 (第3次基準値)] 油圧式ブレイカ1,300kg級 ベースマシン20t級	台	1	
ずり出し	ホイールローダ (トンネル専用機)	[サイドダンプ式・排出ガス対策型 (第2次基準値)] バケット容量 山積2.3m ³	台	1	ずり積込
	ダンプトラック (トンネル工専用)	オンロード型10t積	台	4	ずり運搬
吹付	コンクリート吹付機	トンネル工専用 [湿式吹付・吹付ロボット一体・ エアコンプレッサ搭載・エレクトラ型・ 排出ガス対策型(第3次基準値)] 吐出量6~22m ³ /h級 吹付半径7m級	台	1	

(注) 1. ダンプトラックの規格及び使用台数は、3.4.2 ずり出し工 による。

2. ドリルジャンボは、ロックボルト打設においても併用使用する。

3. コンクリート吹付機は、鋼製支保工においても併用使用する。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-23)

表 3.4.3 ドリルジャンボ【通常断面】

規格：トンネル工事用[ホイール式・排出ガス対策型(第3次基準値)]

3ブーム・2バスケット ドリフタ質量 170kg超級

(週/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		ドリルジャンボ【通常断面】												摘要	
C I	設計掘削断面積(m2)												必要な断面積を上下半各々に計上する。		
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				0.030	0.031	0.032	0.034	0.035	0.036	0.037	0.039	0.040		0.041	
C II	設計掘削断面積(m2)														
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				0.049	0.050	0.051	0.053	0.054	0.055	0.056	0.058	0.059		0.060	
D I	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65		70	75
								0.058	0.059	0.060	0.062	0.063		0.064	0.065
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20	25		30	35
									0.023	0.024	0.025	0.027		0.028	0.029
D II	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
								0.059	0.060	0.061	0.063	0.064	0.065	0.066	0.068
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20	25	30	35	
									0.023	0.024	0.025	0.027	0.028	0.029	
D III	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
								0.073	0.074	0.075	0.077	0.078	0.079	0.080	0.082
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20	25	30	35	
									0.019	0.020	0.021	0.023	0.024	0.025	

(積算基準書R03 P. IV-5-①-24)

今回の採用値

(週/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II -b	55			0.050			通常断面
D I -b		40	10		0.058	0.023	通常断面
D III a		45	10		0.074	0.019	通常断面

表 3.4.4 大型ブレイカ(ベースマシン含む)【通常断面】

規格：トンネル工事用[排出ガス対策型(第3次基準値)]

油圧式ブレイカ1,300kg級 ベースマシン20t級

(週/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		大型ブレイカ【通常断面】												摘要
C I	設計掘削断面積(m2)												必要な断面積を上下半各々に計上する。	
	50 55 60 65 70 75 80 85 90 95													
	0.030 0.031 0.032 0.034 0.035 0.036 0.037 0.039 0.040 0.041													
C II	設計掘削断面積(m2)													
	50 55 60 65 70 75 80 85 90 95													
	0.049 0.050 0.051 0.053 0.054 0.055 0.056 0.058 0.059 0.060													
D I	上半	設計掘削断面積(m2)												
		40 45 50 55 60 65 70 75												
		0.058 0.059 0.060 0.062 0.063 0.064 0.065 0.067												
	下半	設計掘削断面積(m2)												
		10 15 20 25 30 35												
		0.023 0.024 0.025 0.027 0.028 0.029												
D II	上半	設計掘削断面積(m2)												
		40 45 50 55 60 65 70 75												
		0.059 0.060 0.061 0.063 0.064 0.065 0.066 0.068												
	下半	設計掘削断面積(m2)												
		10 15 20 25 30 35												
		0.023 0.024 0.025 0.027 0.028 0.029												
D III	上半	設計掘削断面積(m2)												
		40 45 50 55 60 65 70 75												
		0.073 0.074 0.075 0.077 0.078 0.079 0.080 0.082												
	下半	設計掘削断面積(m2)												
		10 15 20 25 30 35												
		0.019 0.020 0.021 0.023 0.024 0.025												

(積算基準書R03 P. IV-5-①-25)

今回の採用値

(週/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II -b	55			0.050			通常断面
D I -b		40	10		0.058	0.023	通常断面
D III a		45	10		0.074	0.019	通常断面

(3) 材料費

① 火 薬

火薬は、含水爆薬(スラリー200g) を使用するものとし、その使用数量は下表を標準とする。

表 3.4.5 火薬【通常断面】

(kg/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		火薬【通常断面】											摘要		
C I	設計掘削断面積(m2)											必要な断面積を上下半各々に計上する。			
				50	55	60	65	70	75	80	85		90	95	
				40.0	44.0	48.0	52.0	56.0	60.0	64.0	68.0		72.0	76.0	
C II	設計掘削断面積(m2)														
				50	55	60	65	70	75	80	85		90	95	
				40.0	44.0	48.0	52.0	56.0	60.0	64.0	68.0		72.0	76.0	
D I	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60		65	70	75
							24.0	27.0	30.0	33.0	36.0		39.0	42.0	45.0
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20		25	30	35
									5.0	7.5	10.0		12.5	15.0	17.5
D II	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							24.0	27.0	30.0	33.0	36.0	39.0	42.0	45.0	
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20	25	30	35	
									5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	
D III	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							24.0	27.0	30.0	33.0	36.0	39.0	42.0	45.0	
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20	25	30	35	
									5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	

(積算基準書R03 P. IV-5-①-26)

今回の採用値

(kg/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II -b	55			44.0			通常断面
D I -b		40	10		24.0	5.0	通常断面
D III a		45	10		27.0	5.0	通常断面

② 雷管

雷管の使用数量は、次表とし、規格は段発電気雷管(2~5段、6~10段、3.0m脚線付)を標準とする。

表 3.4.6 雷管(2~5段)【通常断面】

(個/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		雷管(2~5段)【通常断面】												摘要
C I	設計掘削断面積(m2)												必要な断面積を上下半各々に計上する。	
	50 55 60 65 70 75 80 85 90 95													
	26.70 29.30 32.00 34.70 37.30 40.00 42.70 45.30 48.00 50.70													
C II	設計掘削断面積(m2)													
	50 55 60 65 70 75 80 85 90 95													
	33.30 36.70 40.00 43.30 46.70 50.00 53.30 56.70 60.00 63.30													
D I	上半	設計掘削断面積(m2)												
		40 45 50 55 60 65 70 75												
		28.00 31.50 35.00 38.50 42.00 45.50 49.00 52.50												
	下半	設計掘削断面積(m2)												
		10 15 20 25 30 35												
		10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00												
D II	上半	設計掘削断面積(m2)												
		40 45 50 55 60 65 70 75												
		28.00 31.50 35.00 38.50 42.00 45.50 49.00 52.50												
	下半	設計掘削断面積(m2)												
		10 15 20 25 30 35												
		10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00												
D III	上半	設計掘削断面積(m2)												
		40 45 50 55 60 65 70 75												
		28.00 31.50 35.00 38.50 42.00 45.50 49.00 52.50												
	下半	設計掘削断面積(m2)												
		10 15 20 25 30 35												
		10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00												

(積算基準書R03 P. IV-5-①-27)

今回の採用値

(個/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II -b	55			36.70			通常断面
D I -b		40	10		28.00	10.00	通常断面
D III a		45	10		31.50	10.00	通常断面

表 3.4.7 雷管(6~10段)【通常断面】

(個/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		雷管(6~10段)【通常断面】												摘要	
C I	設計掘削断面積(m2)												必要 各々 断面 に計 上す る。 下半		
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				26.70	29.30	32.00	34.70	37.30	40.00	42.70	45.30	48.00		50.70	
C II	設計掘削断面積(m2)														
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				33.30	36.70	40.00	43.30	46.70	50.00	53.30	56.70	60.00		63.30	
D I	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65		70	75
							28.00	31.50	35.00	38.50	42.00	45.50		49.00	52.50
D II	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65		70	75
							28.00	31.50	35.00	38.50	42.00	45.50		49.00	52.50
D III	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							28.00	31.50	35.00	38.50	42.00	45.50	49.00	52.50	

(積算基準書R03 P. IV-5-①-27)

今回の採用値

(個/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II -b	55			36.70			通常断面
D I -b		40			28.00		通常断面
D III a		45			31.50		通常断面

(4) 諸雑費

① 機械の諸雑費

諸雑費は、削岩及びロックボルト打設用のドリルジャンボのビット、ロッド、シャンクスクリュロッド、ジョイントスリーブ及びこそく用の大型ブレードのチゼルの損耗料等の費用及び、トラック、トラックミキサ及びアジテータトラック、モルタル注入機、積込補助用バックホウの損料及び燃料等の費用であり、掘削等作業における機械損料及び運転経費の合計額に次表の率を乗じた金額を上限として計上する。

表 3.4.8 (掘削等)諸雑費(その他機械)【通常断面】

(%/ (トンネル延長) 1m当り)

岩区分		(掘削等)諸雑費(その他機械)【通常断面】												摘要	
C I	設計掘削断面積(m2)												必要な断面積を上下半各々に計上する。		
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				10	11	11	11	12	13	13	13	14		14	
C II	設計掘削断面積(m2)														
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				7	7	8	8	9	9	9	10	10		10	
D I	上半	設計掘削断面積(m2)													
								40	45	50	55	60		65	70
							6	6	8	8	9	9		9	10
	下半	設計掘削断面積(m2)													
								10	15	20	25	30		35	
								3	3	4	4	4		5	
D II	上半	設計掘削断面積(m2)													
								40	45	50	55	60	65	70	75
							6	7	8	8	9	9	10	10	
	下半	設計掘削断面積(m2)													
								10	15	20	25	30	35		
								3	4	5	6	7	8		
D III	上半	設計掘削断面積(m2)													
								40	45	50	55	60	65	70	75
							7	8	8	8	8	8	9	9	
	下半	設計掘削断面積(m2)													
								10	15	20	25	30	35		
								13	13	14	12	12	13		

(積算基準書R03 P. IV-5-①-29)

今回の採用値

(%/ (トンネル延長) 1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II-b	55			7			通常断面
D I-b		40	10		6	3	通常断面
D IIIa		45	10		8	13	通常断面

② 材料の諸雑費

諸雑費は、金網工における金網(JIS-G-3551(溶接金網)150×150×φ5、2.13kg/m²)、ラップロス、止め金具等の費用、瞬発雷管、鋼製支保工におけるH形鋼(R止まり)、継手板・底版及びボルト・ナット、継材、さや管、加工費(溶接・穴開け)等の費用であり、掘削等作業における材料費の合計額に次表の率を乗じた金額を上限として計上する。

表 3.4.9 (掘削等)諸雑費(その他材料)【通常断面】

(%/トンネル延長)1m当り)

岩区分		(掘削等)諸雑費(その他材料)【通常断面】												摘要	
C I	設計掘削断面積(m ²)													必要な断面積を上下半各々に計上する。	
				50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
C II	設計掘削断面積(m ²)														
				50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
D I	上半	設計掘削断面積(m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70		75
							9	9	9	10	10	10	10		10
	下半	設計掘削断面積(m ²)													
									10	15	20	25	30		35
									12	12	11	10	10		9
D II	上半	設計掘削断面積(m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70		75
							8	8	8	8	9	9	9		9
	下半	設計掘削断面積(m ²)													
									10	15	20	25	30	35	
									19	16	14	12	11	10	
D III	上半	設計掘削断面積(m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							6	6	6	6	6	6	5	5	
	下半	設計掘削断面積(m ²)													
									10	15	20	25	30	35	
									15	14	13	12	11	10	

(積算基準書R03 P. IV-5-①-30)

今回の採用値

(%/トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II -b	55			4			通常断面
D I -b		40	10		9	12	通常断面
D III a		45	10		6	15	通常断面

3.4.2 ずり出し工

(1) ずり出し方式

ずり出しは、直送方式を標準とし、積替方式の場合の積替場所から捨場までは、一般の運搬工で積算する。なお、直送方式と積替方式の範囲は、運搬距離(片押し延長+坑外片道運搬距離)3.0km程度が標準である。

(2) ずり積込工

ずり積込用ホイールローダの歩掛は、次表を標準とする。

表 3.4.10 ホイールローダ【通常断面】

規格：[サイドダンプ式・排出ガス対策型(第2次基準値)]

バケット容量 山積2.3m³

(週/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		ホイールローダ【通常断面】											摘要			
C I	設計掘削断面積(m ²)											必要な断面積を上下半各々に計上する。				
				50	55	60	65	70	75	80	85		90	95		
			0.030	0.031	0.032	0.034	0.035	0.036	0.037	0.039	0.040		0.041			
C II	設計掘削断面積(m ²)															
				50	55	60	65	70	75	80	85		90	95		
			0.049	0.050	0.051	0.053	0.054	0.055	0.056	0.058	0.059		0.060			
D I	上半	設計掘削断面積(m ²)														
							40	45	50	55	60		65	70	75	
								0.058	0.059	0.060	0.062		0.063	0.064	0.065	0.067
	下半	設計掘削断面積(m ²)														
								10	15	20	25		30	35		
								0.023	0.024	0.025	0.027		0.028	0.029		
D II	上半	設計掘削断面積(m ²)														
							40	45	50	55	60	65	70	75		
								0.059	0.060	0.061	0.063	0.064	0.065	0.066	0.068	
	下半	設計掘削断面積(m ²)														
								10	15	20	25	30	35			
								0.023	0.024	0.025	0.027	0.028	0.029			
D III	上半	設計掘削断面積(m ²)														
							40	45	50	55	60	65	70	75		
								0.073	0.074	0.075	0.077	0.078	0.079	0.080	0.082	
	下半	設計掘削断面積(m ²)														
								10	15	20	25	30	35			
								0.019	0.020	0.021	0.023	0.024	0.025			

(積算基準書R03 P. IV-5-①-31)

今回の採用値

(週/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II -b	55			0.050			通常断面
D I -b		40	10		0.058	0.023	通常断面
D III a		45	10		0.074	0.019	通常断面

(3) ずり運搬工

① ダンプトラックの規格及び使用台数

ダンプトラックの規格及び使用台数は、次表を標準とする。

表 3.4.11 ダンプトラックの規格及び使用台数

トンネル工事中 オンロード型10t積	L ≤ 0.5km	0.5 < L ≤ 1.2km	1.2 < L ≤ 1.4km	1.4 < L ≤ 2.2km	2.2 < L ≤ 3.0km
	3台	4台	4台	5台	6台

(注) Lは運搬距離(片押し延長+坑外片道運搬距離)とする。(積算基準書R03 P. IV-5-①-32)

② ダンプトラックの歩掛

ずり運搬用ダンプトラックの歩掛は、次表を標準とする。

表 3.4.12 ダンプトラック【通常断面】

規格：トンネル工事中オンロード型10t積

3台当り
L ≤ 0.5km
(週/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		ダンプトラック【通常断面】												摘要	
C I	設計掘削断面積(m ²)												必要な断面積を上下半各々に計上する。		
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				0.090	0.093	0.096	0.102	0.105	0.108	0.111	0.117	0.120		0.123	
C II	設計掘削断面積(m ²)														
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				0.147	0.150	0.153	0.159	0.162	0.165	0.168	0.174	0.177		0.180	
D I	上半	設計掘削断面積(m ²)													
							40	45	50	55	60	65		70	75
								0.174	0.177	0.180	0.186	0.189		0.192	0.195
	下半	設計掘削断面積(m ²)													
									10	15	20	25		30	35
									0.069	0.072	0.075	0.081		0.084	0.087
D II	上半	設計掘削断面積(m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
								0.177	0.180	0.183	0.189	0.192	0.195	0.198	0.204
	下半	設計掘削断面積(m ²)													
									10	15	20	25	30	35	
									0.069	0.072	0.075	0.081	0.084	0.087	
D III	上半	設計掘削断面積(m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
								0.219	0.222	0.225	0.231	0.234	0.237	0.240	0.246
	下半	設計掘削断面積(m ²)													
									10	15	20	25	30	35	
									0.057	0.060	0.063	0.069	0.072	0.075	

(積算基準書R03 P. IV-5-①-33)

表 3.4.13 ダンプトラック【通常断面】

規格：トンネル工専用オンロード型10t積

4台当り
 0.5<L≤1.2km
 1.2<L≤1.4km
 (週/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		ダンプトラック【通常断面】											摘要		
C I	設計掘削断面積(m2)											必要な断面積を上下半各々に計上する。			
				50	55	60	65	70	75	80	85		90	95	
				0.120	0.124	0.128	0.136	0.140	0.144	0.148	0.156		0.160	0.164	
C II	設計掘削断面積(m2)														
				50	55	60	65	70	75	80	85		90	95	
				0.196	0.200	0.204	0.212	0.216	0.220	0.224	0.232		0.236	0.240	
D I	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60		65	70	75
							0.232	0.236	0.240	0.248	0.252		0.256	0.260	0.268
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20		25	30	35
									0.092	0.096	0.100		0.108	0.112	0.116
D II	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							0.236	0.240	0.244	0.252	0.256	0.260	0.264	0.272	
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20	25	30	35	
									0.092	0.096	0.100	0.108	0.112	0.116	
D III	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							0.292	0.296	0.300	0.308	0.312	0.316	0.320	0.328	
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20	25	30	35	
									0.076	0.080	0.084	0.092	0.096	0.100	

(積算基準書R03 P. IV-5-①-33)

今回の採用値

(週/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II -b	55			0.200			通常断面
D I -b		40	10		0.232	0.092	通常断面
D III a		45	10		0.296	0.076	通常断面

表 3.4.14 ダンプトラック【通常断面】

規格：トンネル工事に用オンロード型10t積

5台当り
 $1.4 < L \leq 2.2$ km
 (週/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		ダンプトラック【通常断面】												摘要	
C I	設計掘削断面積(m2)												必要な断面積を上下半各々に計上する。		
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				0.150	0.155	0.160	0.170	0.175	0.180	0.185	0.195	0.200		0.205	
C II	設計掘削断面積(m2)														
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				0.245	0.250	0.255	0.265	0.270	0.275	0.280	0.290	0.295		0.300	
D I	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65		70	75
							0.290	0.295	0.300	0.310	0.315	0.320		0.325	0.335
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20	25		30	35
									0.115	0.120	0.125	0.135		0.140	0.145
D II	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							0.295	0.300	0.305	0.315	0.320	0.325	0.330	0.340	
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20	25	30	35	
									0.115	0.120	0.125	0.135	0.140	0.145	
D III	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							0.365	0.370	0.375	0.385	0.390	0.395	0.400	0.410	
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20	25	30	35	
									0.095	0.100	0.105	0.115	0.120	0.125	

(積算基準書R03 P. IV-5-①-34)

表 3.4.15 ダンプトラック【通常断面】

規格：トンネル工事に用オンロード型10t積

6台当り
 2.2<L≤3.0km
 (週/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		ダンプトラック【通常断面】												摘要	
C I	設計掘削断面積(m2)												必要な断面積を上下半各々に計上する。		
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				0.180	0.186	0.192	0.204	0.210	0.216	0.222	0.234	0.240		0.246	
C II	設計掘削断面積(m2)														
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				0.294	0.300	0.306	0.318	0.324	0.330	0.336	0.348	0.354		0.360	
D I	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65		70	75
							0.348	0.354	0.360	0.372	0.378	0.384		0.390	0.402
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20	25		30	35
									0.138	0.144	0.150	0.162		0.168	0.174
D II	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							0.354	0.360	0.366	0.378	0.384	0.390	0.396	0.408	
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20	25	30	35	
									0.138	0.144	0.150	0.162	0.168	0.174	
D III	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							0.438	0.444	0.450	0.462	0.468	0.474	0.480	0.492	
	下半	設計掘削断面積(m2)													
									10	15	20	25	30	35	
									0.114	0.120	0.126	0.138	0.144	0.150	

(積算基準書R03 P. IV-5-①-34)

坑内運搬距離の算出

設計パターン	① 区間長 (m) ※1	② 累加距離 (m) ※1	③ 区間距離 (m)										④ 運搬距離 (m)										⑤ 片押し 延長 (m)	⑥ ①区間長 × ⑤片押し 延長	
			発破掘削					機械掘削					発破掘削					機械掘削							
								上半		下半								上半		下半					
			L≦0.5km	0.5<L≦1.2km	1.2<L≦1.4km	1.4<L≦2.2km	2.2<L≦3.0km	L≦0.8km	0.8km<L≦1.7km	1.7km<L≦2.7km	2.7km<L≦3.0km	L≧2.3km	2.3km<L≦3.0km	L≦0.5km	0.5<L≦1.2km	1.2<L≦1.4km	1.4<L≦2.2km	2.2<L≦3.0km	L≦0.8km	0.8km<L≦1.7km	1.7km<L≦2.7km	2.7km<L≦3.0km			L≧2.3km
3台	4台	4台	5台	6台	2台	3台	3台	4台	2台	3台	3台	4台	4台	5台	6台	2台	3台	3台	4台	2台	3台				
坑外片道運搬距離		595.000	595.000										595.0												
DIII a	24.000	619.000	24.000										619.0											12	288
	24.000	619.000	24.000										619.0											12	288
D I -b	108.000	727.000	108.000										727.0											78	8424
	108.000	727.000	108.000										727.0											78	8424
C II -b	10.000	737.000	10.000										737.0											137	1370
	10.000	737.000	10.000										737.0											137	1370
D I -b	69.016	806.016	69.016										806.0											177	12216
	69.016	806.016	69.016										806.0											177	12216
C II -b	223.000	1029.016	223.000										1029.0											323	72029
	223.000	1029.016	223.000										1029.0											323	72029
D I -b	4.000	1033.016	4.000										1033.0											436	1744
	4.000	1033.016	4.000										1033.0											436	1744
DIII a	30.000	1063.016	30.000										1063.0											453	13590
	30.000	1063.016	30.000										1063.0											453	13590

※1.上段は全断面及び上半、下段は下半を示す

設計パターン	加背	⑦ 区間長 (m)	③ 区間距離 (m)										⑧ Σ⑥	⑨ 坑内平均 片押し延長 ⑩=⑧/⑦ (m)
			発破掘削					機械掘削						
								上半		下半				
			L≦0.5km	0.5<L≦1.2km	1.2<L≦1.4km	1.4<L≦2.2km	2.2<L≦3.0km	L≦0.8km	0.8km<L≦1.7km	1.7km<L≦2.7km	2.7km<L≦3.0km	L≧2.3km		
3台	4台	4台	5台	6台	2台	3台	3台	4台	2台	3台				
C II -b	全断面	233.000	233.000									73399	315	
	上半													
	下半													
D I -b	全断面													
	上半	181.016	181.016									22384	124	
	下半	181.016	181.016									22384	124	
DIII a	全断面													
	上半	54.000	54.000									13878	257	
	下半	54.000	54.000									13878	257	
	全断面													
	上半													
	下半													
	全断面													
	上半													
	下半													
	全断面													
	上半													
	下半													

3.4.3 支保工

(1) 吹付工法

吹付工法は、湿式工法を標準とする。

(2) 吹付コンクリート施工機械

吹付コンクリート施工機械配置例を次に示す。

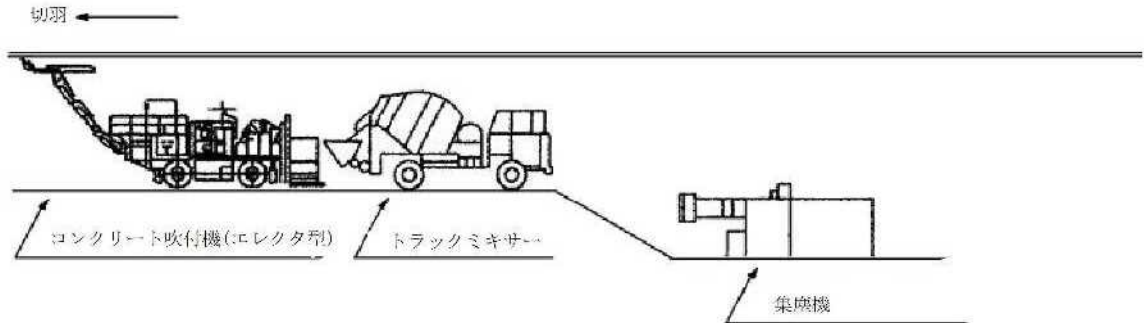


図 3.4.1 吹付コンクリート施工機械配置例(参考図)

(積算基準書R03 P. IV-5-①-37)

(3) 吹付コンクリート仕様

表 3.4.16 吹付けコンクリート仕様

強度	スランプ	粗骨材最大寸法	セメント	摘要
$\sigma 28=18\text{N/mm}^2$	10±2cm	15mm	普通ポルトランドセメント	湿式

(積算基準書R03 P. IV-5-①-37)

(4) 吹付コンクリート量

掘削1m当り吹付コンクリート量(ロスを含む)は、次表を標準とする。

表 3.4.17 吹付コンクリート【通常断面】

(m³/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		吹付コンクリート【通常断面】												摘要	
C I	設計掘削断面積 (m ²)												必要な断面積を上下半各々に計上する。		
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				3.58	3.73	3.87	4.02	4.16	4.31	4.45	4.60	4.74		4.88	
C II	設計掘削断面積 (m ²)														
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				4.22	4.38	4.53	4.68	4.84	4.99	5.14	5.30	5.45		5.61	
D I	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60	65		70	75
							4.91	5.19	5.47	5.74	6.02	6.29		6.57	6.84
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
									10	15	20	25		30	35
								0.56	0.73	0.91	1.09	1.26		1.44	
D II	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							5.93	6.26	6.59	6.92	7.26	7.59	7.92	8.25	
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
									10	15	20	25	30	35	
								0.70	0.92	1.15	1.37	1.59	1.81		
D III	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							6.89	7.25	7.61	8.01	8.37	8.73	9.09	9.50	
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
									10	15	20	25	30	35	
								0.78	1.02	1.27	1.52	1.77	2.02		

(積算基準書R03 P. IV-5-①-38)

今回の採用値

(m³/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II-b	55			4.38			通常断面
D I-b		40	10		4.91	0.56	通常断面
D IIIa		45	10		7.25	0.78	通常断面

(5) 設計吹付厚及びロス率(K)

設計吹付厚及びロス率(K)は、次表を標準とする。

表 3.4.18 設計吹付厚及びロス率【通常断面】

加背名	岩区分	設計吹付厚 (cm)	余吹厚 (cm)	はね返り率	ロス率
上下半	C I	10	5	25%	2.0
	C II	10	7	25%	2.3
上半	D I	15	7	30%	2.1
	D II	20	7	30%	1.9
	D III	25	7	30%	1.8
下半	D I	15	7	20%	1.8
	D II	20	7	20%	1.7
	D III	25	7	20%	1.6

(注) 1. ロス率には、材料ロス、はね返り損失、余吹等によるロスを含む。

2. 標準と異なる場合のロス率については、次式によるものとする。

$$\text{ロス率}(K) = (\text{設計吹付厚} + \text{余吹厚}) / (\text{設計吹付厚} \times (1 - \text{はね返り率}))$$

(積算基準書R03 P. IV-5-①-39)

今回の採用値

	ロス率			吹付厚(m)			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II-b	2.3			0.10			通常断面
D I-b		2.1	1.8		0.15	0.15	通常断面
D IIIa		1.8	1.6		0.25	0.25	通常断面

(6) コンクリート吹付機の運転時間

掘削1m当りのコンクリート吹付機運転時間は、次表を標準とする。

表 3.4.19 コンクリート吹付機【通常断面】

規格：トンネル工事用[湿式吹付・吹付ロボット一体・エアコンプレッサ搭載・エレクトラ型・排出ガス対策型(第3次基準値)]吐出力6～22m³/h級 吹付半径7m級

(週/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		コンクリート吹付機【通常断面】											摘要		
C I	設計掘削断面積 (m ²)											必要な断面積を上下半各々に計上する。			
				50	55	60	65	70	75	80	85		90	95	
				0.030	0.031	0.032	0.034	0.035	0.036	0.037	0.039		0.040	0.041	
C II	設計掘削断面積 (m ²)														
				50	55	60	65	70	75	80	85		90	95	
				0.049	0.050	0.051	0.053	0.054	0.055	0.056	0.058		0.059	0.060	
D I	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60		65	70	75
							0.058	0.059	0.060	0.062	0.063		0.064	0.065	0.067
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
								10	15	20	25		30	35	
							0.023	0.024	0.025	0.027	0.028		0.029		
D II	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							0.059	0.060	0.061	0.063	0.064	0.065	0.066	0.068	
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
								10	15	20	25	30	35		
							0.023	0.024	0.025	0.027	0.028	0.029			
D III	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							0.073	0.074	0.075	0.077	0.078	0.079	0.080	0.082	
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
								10	15	20	25	30	35		
							0.019	0.020	0.021	0.023	0.024	0.025			

(積算基準書R03 P. IV-5-①-40)

今回の採用値

(週/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II-b	55			0.050			通常断面
D I-b		40	10		0.058	0.023	通常断面
D IIIa		45	10		0.074	0.019	通常断面

(7) 吹付プラント設備の運転時間

掘削1m当りの吹付プラント設備運転時間は、次表を標準とする。

表 3.4.20 吹付プラント設備【通常断面】

規格：[バッチ型・定置式]能力25m³/h(一括練混ぜ方式) (週/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		吹付プラント設備【通常断面】												摘要	
C I	設計掘削断面積 (m ²)												必要な断面積を上下半各々に計上する。		
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
			0.030	0.031	0.032	0.034	0.035	0.036	0.037	0.039	0.040	0.041			
C II	設計掘削断面積 (m ²)														
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
			0.049	0.050	0.051	0.053	0.054	0.055	0.056	0.058	0.059	0.060			
D I	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60	65		70	75
							0.058	0.059	0.060	0.062	0.063	0.064		0.065	0.067
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
									10	15	20	25		30	35
								0.023	0.024	0.025	0.027	0.028		0.029	
D II	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60	65		70	75
							0.059	0.060	0.061	0.063	0.064	0.065	0.066	0.068	
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
									10	15	20	25	30	35	
								0.023	0.024	0.025	0.027	0.028	0.029		
D III	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							0.073	0.074	0.075	0.077	0.078	0.079	0.080	0.082	
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
									10	15	20	25	30	35	
								0.019	0.020	0.021	0.023	0.024	0.025		

(積算基準書R03 P. IV-5-①-41)

今回の採用値

(週/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II-b	55			0.050			通常断面
D I-b		40	10		0.058	0.023	通常断面
D IIIa		45	10		0.074	0.019	通常断面

(8) 粉塵抑制剤

粉塵抑制剤は必要に応じて、別途計上することが出来る。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-41)

(9) 集塵機

- ① 吹付時の粉塵対策として、集塵機を使用することを標準とする。
- ② 集塵機の機種を選定 (4.3集じん機の検討 参照)
集塵機は、作業環境を考慮し、必要となる機種・規格を選定する。
- ③ 集塵機の運転時間
掘削1m当りの集塵機運転時間は、次表を標準とする。
- ④ 集塵機は、切羽が坑口より30m掘進した時より貫通するまでの期間、設置するものとする。

表 3.4.21 集塵機【通常断面】

規格：電気式 定格風量2000m³/min, 42kW

(週/(トンネル延長)1m当り)

岩区分	集塵機運転【通常断面】													摘要	
C I	設計掘削断面積 (m ²)													必要な断面積を上下半各々に計上する。	
				50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
			0.030	0.031	0.032	0.034	0.035	0.036	0.037	0.039	0.040	0.041			
C II	設計掘削断面積 (m ²)														
				50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
			0.049	0.050	0.051	0.053	0.054	0.055	0.056	0.058	0.059	0.060			
D I	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70		75
							0.058	0.059	0.060	0.062	0.063	0.064	0.065		0.067
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
								10	15	20	25	30	35		
								0.023	0.024	0.025	0.027	0.028	0.029		
D II	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70		75
							0.059	0.060	0.061	0.063	0.064	0.065	0.066	0.068	
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
								10	15	20	25	30	35		
								0.023	0.024	0.025	0.027	0.028	0.029		
D III	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							0.073	0.074	0.075	0.077	0.078	0.079	0.080	0.082	
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
								10	15	20	25	30	35		
								0.019	0.020	0.021	0.023	0.024	0.025		

(積算基準書R03 P. IV-5-①-42)

今回の採用値

(週/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II-b	55			0.050			通常断面
D I-b		40	10		0.058	0.023	通常断面
D IIIa		45	10		0.074	0.019	通常断面

(10) ロックボルトの使用区分

ロックボルトの使用区分は、次表を標準とする。

表 3.4.22 ロックボルトの使用区分【通常断面】

岩区分	ロックボルトの長さ(m)×周方向間隔(m)×延長方向間隔(m)	材 質
C I	3.0 × 1.5 × 1.5	異形棒鋼と同等以上 耐力117.7kN(12t)以上
C II	3.0 × 1.5 × 1.2	ねじり棒鋼と同等以上 耐力176.5kN(18t)以上
D I	4.0 × 1.2 × 1.0 を超える	ねじり棒鋼と同等以上 耐力176.5kN(18t)以上
D II	4.0 × 1.2 × 1.0 以下	ねじり棒鋼と同等以上 耐力176.5kN(18t)以上
D III	4.0 × 1.2 × 1.0 以下	ねじり棒鋼と同等以上 耐力176.5kN(18t)以上

(注) 1. 上表により難しい場合は、現地条件に適したボルト長を選定する。

2. 先受けボルトの規格は、異形棒鋼(SD345)D25mmを標準とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-43)

(11) ロックボルトの使用数量

ロックボルトは、ドライモルタルを含むものとし、その使用数量は次表を標準とする。

表 3.4.23 ロックボルト【通常断面】

C I 規格：耐力117.7kN(12t)以上 付属品含む L=3m
 C II 規格：耐力176.5kN(18t)以上 付属品含む L=3m
 D I, D II, D III 規格：耐力176.5kN(18t)以上 付属品含む L=4m (本/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		ロックボルト【通常断面】											摘要		
C I	設計掘削断面積 (m ²)												必要な断面積を上下半各々に計上する。		
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				8.00	8.67	8.67	9.33	9.33	10.00	10.00	10.00	10.67		10.67	
C II	設計掘削断面積 (m ²)														
				50	55	60	65	70	75	80	85	90		95	
				10.00	10.83	10.83	11.67	11.67	12.50	12.50	13.33	13.33		14.17	
D I	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60	65		70	75
							13.00	13.00	14.00	15.00	15.00	16.00		17.00	17.00
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
									10	15	20	25		30	35
									4.00	4.00	4.00	4.00		4.00	4.00
D II	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							13.00	13.00	14.00	14.00	15.00	16.00	16.00	17.00	
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
									10	15	20	25	30	35	
									4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	
D III	上半	設計掘削断面積 (m ²)													
							40	45	50	55	60	65	70	75	
							4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	
	下半	設計掘削断面積 (m ²)													
									10	15	20	25	30	35	
									4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	

(積算基準書R03 P. IV-5-①-44)

今回の採用値

(本/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
C II-b	55			10.83			耐力176.5kN(18t)以上 L=3m
D I-b		40	10		13.00	4.00	耐力176.5kN(18t)以上 L=4m
D IIIa		45	10		4.00	4.00	耐力176.5kN(18t)以上 L=4m

表 3.4.24 先受けボルト【通常断面】

規格：異形棒鋼(SD345)D25mm L=3m

(本/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		先受けボルト【通常断面】												摘要	
DIII	上半	設計掘削断面積(m2)													
							40	45	50	55	60	65	70		75
							17.50	19.00	20.50	22.00	23.50	25.00	26.00		28.00

(積算基準書R03 P. IV-5-①-44)

今回の採用値

(本/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
CII-b							
DI-b							
DIIIa		45			19.00		異形棒鋼(SD345)D25mm L=3m

(12) ロックボルト工のモルタル材料及び使用量

ロックボルト工のモルタル材料はドライモルタルを標準とし、使用量は次表を標準とする。

表 3.4.25 ロックボルト工のモルタル材料使用量

(100m当り)

名 称	規 格	単 位	使 用 量	備 考
モルタル	ドライモルタル	m3	0.22	

(注)ロスを含む。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-45)

(13) 注入急結剤

注入急結剤(無収縮混和剤)の使用は、湧水がある場合、1本/孔を標準とする。

ただし、現場条件によってこれにより難しい場合は、別途考慮する。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-45)

(14) 鋼製支保工の使用材料

鋼製支保工の使用材料は、次表を標準とする。

表 3.4.26 鋼製支保工の使用材料【通常断面】

岩区分 名称	C II	D I	D II	D III
H形鋼 (上半)	H-125×125×6.5×9 n = 2	H-125×125×6.5×9 n = 2	H-150×150×7×10 n = 2	H-200×200×8×12 n = 2
継手板 (天端)	PL-155×180×9 n = 2	PL-155×180×9 n = 2	PL-180×180×9 n = 2	PL-230×230×16 n = 2
継手板	—	PL-155×180×9 n = 4	PL-180×180×9 n = 4	PL-230×230×16 n = 4
H形鋼 (下半)	—	H-125×125×6.5×9 n = 2	H-150×150×7×10 n = 2	H-200×200×8×12 n = 2
底板	PL-230×180×16 n = 2	PL-230×230×16 n = 2	PL-250×250×16 n = 2	PL-300×300×19 n = 2

(積算基準書R03 P. IV-5-①-46)

(15) 鋼製支保工の使用数量

鋼製支保工の使用数量は、次表を標準とする。

表 3.4.27 H形鋼支保工【通常断面】

CII, DI 規格：SS-400 H-125

DII 規格：SS-400 H-150

DIII 規格：SS-400 H-200

(t/(トンネル延長)1m当り)

岩区分		H形鋼支保工【通常断面】											摘要			
CII		設計掘削断面積(m2)											必要な断面積を上下半各々に計上する。			
					50	55	60	65	70	75	80	85		90	95	
SS-400 H-125					0.292	0.305	0.315	0.327	0.339	0.351	0.363	0.375		0.385	0.398	
DI		設計掘削断面積(m2)														
							40	45	50	55	60	65		70	75	
SS-400 H-125							0.370	0.390	0.410	0.430	0.450	0.470		0.490	0.510	
DII		設計掘削断面積(m2)														
									10	15	20	25		30	35	
SS-400 H-150									0.058	0.073	0.087	0.102		0.116	0.131	
DIII		設計掘削断面積(m2)														
									40	45	50	55	60	65	70	75
SS-400 H-200									0.764	0.803	0.843	0.888	0.928	0.968	1.008	1.053
DIII		設計掘削断面積(m2)														
											10	15	20	25	30	35
SS-400 H-200											0.100	0.135	0.170	0.205	0.235	0.270

(積算基準書R03 P. IV-5-①-46~47)

今回の採用値

(t/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値			備考
	全断面	上半	下半	全断面	上半	下半	
CII-b	55			0.305			SS-400 H-125
DI-b		40	10		0.370	0.058	SS-400 H-125
DIIIa		45	10		0.803	0.100	SS-400 H-200

(16) 鏡吹付工施工費率 ※鏡吹付工は、本トンネルでは見込まないものとする。

切羽の肌落ち災害防止対策として施工する鏡吹付工の施工費率は、次表を標準とする。

鏡吹付施工労務費率は、鏡吹付施工に要する労務等の費用であり、掘削等作業における労務費（切羽監視責任者除く）の合計額に次表の率を乗じた金額を上限として計上する。（）内の数値は、ずり出しにおいて運搬距離（片押し延長+坑外片道運搬距離）が1.2kmを超える場合は、ずり運搬距離が1.2kmを超える部分に対して適用する。

鏡吹付施工機械費率は、鏡吹付用のコンクリート吹付機、トラックミキサ及びアジテータトラック、吹付プラント設備、集塵機の損料及び燃料等の費用であり、掘削等作業における機械損料及び運転経費の合計額に次表の率を乗じた金額を上限として計上する。

鏡吹付材料費率は、鏡吹付用の吹付コンクリート等の費用であり、掘削等作業における材料費の合計額に次表の率を乗じた金額を上限として計上する。

表 3.4.28 鏡吹付工施工費率【通常断面】

(%/（トンネル延長）1m当り)

岩区分	名称	鏡吹付工施工費率【通常断面】												摘要				
C I	名称	設計掘削断面積(m2)												必要な断面積を上下半各々に計上する。				
					50	55	60	65	70	75	80	85	90		95			
	鏡吹付施工労務費率				5	6	6	6	6	7	7	7	7		7			
					(5)	(5)	(5)	(5)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)		(7)			
	鏡吹付施工機械費率				10	11	12	12	12	13	13	13	14		14			
				20	21	22	22	23	23	24	24	24	25					
C II	名称	設計掘削断面積(m2)																
					50	55	60	65	70	75	80	85	90		95			
	鏡吹付施工労務費率				5	6	6	6	7	7	7	7	8		8			
					(5)	(5)	(5)	(6)	(6)	(6)	(6)	(7)	(7)		(7)			
	鏡吹付施工機械費率				8	8	9	9	10	10	11	11	12		12			
				18	18	19	20	21	21	21	22	22	23					
D I	上半	名称	設計掘削断面積(m2)															
										40	45	50	55	60	65	70	75	
		鏡吹付施工労務費率									6	6	7	8	8	9	9	
											(5)	(6)	(6)	(7)	(7)	(7)	(8)	(8)
		鏡吹付施工機械費率									10	11	12	12	13	14	15	16
										27	27	28	29	30	31	32	33	
	下半	名称	設計掘削断面積(m2)															
											10	15	20	25	30	35		
		鏡吹付施工労務費率									2	2	3	3	4	4		
										3	4	6	6	8	8			
									18	22	25	27	29	30				
D II	上半	名称	設計掘削断面積(m2)															
											40	45	50	55	60	65	70	75
		鏡吹付施工労務費率									6	6	7	7	8	8	9	9
											(5)	(6)	(6)	(6)	(7)	(7)	(8)	(8)
		鏡吹付施工機械費率									9	11	11	12	13	14	15	15
										22	24	25	26	27	27	28	29	
	下半	名称	設計掘削断面積(m2)															
											10	15	20	25	30	35		
		鏡吹付施工労務費率									1	2	3	3	4	4		
										3	4	6	6	8	8			
									16	20	22	24	25	26				
D III	上半	名称	設計掘削断面積(m2)															
											40	45	50	55	60	65	70	75
		鏡吹付施工労務費率									5	6	6	7	7	8	8	9
											(5)	(5)	(5)	(6)	(6)	(7)	(7)	(7)
		鏡吹付施工機械費率									8	9	9	10	11	12	12	13
										20	21	22	23	23	24	25	26	
	下半	名称	設計掘削断面積(m2)															
											10	15	20	25	30	35		
		鏡吹付施工労務費率									1	2	2	3	3	4	4	
										4	5	7	8	9	10			
									15	17	19	21	22	23				

(積算基準書R03 P. IV-5-①-48)

3.5 覆工施工歩掛

3.5.1 覆工工

(1) 防水工施工歩掛

防水工の施工歩掛は、次表とする。

表 3.5.1 防水工施工歩掛

(10m²当り)

名称	単位	数量	備考
トンネル世話役	人	0.08	
トンネル特殊工	人	0.15	
トンネル作業員	人	0.08	

(注) 上表は、裏面排水設置労務を含む。ただし、裏面排水材料は別途計上とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-53)

(2) 型枠工歩掛

スライドセントル(本坑用)型枠の移動・据付・脱型作業の施工歩掛は、次表を標準とする。

表 3.5.2 スライドセントル(本坑用)型枠の移動・据付・脱型作業 施工歩掛

((トンネル延長)1m当り)

名称	単位	数量	備考
トンネル世話役	人	0.16	
トンネル特殊工	人	0.63	
トンネル作業員	人	0.16	

(注) 1. 移動用レール及び鋼矢板の移動、据付も含む。

2. 移動用レール及び鋼矢板の損料は、スライドセントル損料に含まれている。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-53)

② スライドセントル(非常駐車帯用)型枠の移動・据付・脱型作業の施工歩掛は、次表を標準とする。

表 3.5.2 スライドセントル(非常駐車帯用)型枠の移動・据付・脱型作業 施工歩掛

((トンネル延長)1m当り)

名称	単位	数量	備考
トンネル世話役	人	0.12	
トンネル特殊工	人	0.70	
トンネル作業員	人	0.23	

(注) 1. 移動用レール及び鋼矢板の移動、据付も含む。

2. 移動用レール及び鋼矢板の損料は、スライドセントル損料に含まれている。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-53)

(3) 覆工コンクリート打設歩掛

① 覆工コンクリート打設時の施工歩掛は、次表を標準とする。

表 3.5.3 覆工コンクリート打設作業 施工歩掛

((トンネル延長)1m当り)

名称	単位	数量	備考
トンネル世話役	人	0.15	
トンネル特殊工	人	0.61	
トンネル作業員	人	0.15	

(積算基準書R03 P. IV-5-①-53)

② 覆工コンクリートの配合

覆工コンクリートの配合は、現場で試験施工を行って現場配合を決定する。

- (4) 覆工、防水機械の機種を選定及び機械歩掛
 覆工、防水機械の機種・規格は、次表を標準とする。

表 3.5.4 覆工、防水機械の機種・規格

名称	規格	単位	数量
防水工作業台車	L = 6.0m	台	1
スライドセントル (本坑用)	L = 10.5m	基	1
コンクリートポンプ車	[トラック架装・配管式] 圧送能力55m ³ /h	台	1

- (注) 1. スライドセントルは、線形及び現場条件等により標準外になる場合は、別途考慮するものとする。
 2. コンクリートポンプ車の作業能力は、以下の式により算出した数値を標準とする。

$$\text{作業能力(m}^3\text{/h)} = 0.1253 \times A + 5.8046 \quad A : \text{掘削断面積(m}^2\text{)}$$

 3. コンクリートポンプ車から作業範囲30m以内の圧送管組立・撤去労務を含む。作業範囲30mを超える場合は、別途考慮する。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-54)

表 3.5.5 コンクリートポンプ車【通常断面】

規格：[トラック架装・配管式]圧送能力55m³/h (週/(トンネル延長)10m当り)

岩区分	設計掘削断面積(m ²)											概要	
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95			
C I	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02			発破工法
C II	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02			
D I	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02			
D II	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02			
D III	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02			

(積算基準書R03 P. IV-5-①-54)

今回の採用値 (週/(トンネル延長)10m当り)

	対象断面積			採用値		備考
	上下半			上下半	作業能力	
C II-b	55			0.02	13	通常断面：発破掘削
D I-b	55			0.02	13	通常断面：発破掘削
D IIIa	55			0.02	13	通常断面：発破掘削

表 3.5.6 スライドセントル【通常断面】

規格：L = 10.5m

(m/(トンネル延長)1m当り)

岩区分	設計掘削断面積(m2)											摘要
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
C I	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
C II	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
D I	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
D II	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
D III	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		

(積算基準書R03 P. IV-5-①-55)

今回の採用値

(m/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値		備考
	上下半			上下半		
C II-b	55			1.0		通常断面：発破掘削
D I-b	55			1.0		通常断面：発破掘削
D IIIa	55			1.0		通常断面：発破掘削

表 3.5.7 防水工作業台車【通常断面】

規格：L = 6.0m

(m/(トンネル延長)1m当り)

岩区分	設計掘削断面積(m2)											摘要
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
C I	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
C II	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
D I	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
D II	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
D III	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		

(積算基準書R03 P. IV-5-①-55)

今回の採用値

(m/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値		備考
	上下半			上下半		
C II-b	55			1.0		通常断面：発破掘削
D I-b	55			1.0		通常断面：発破掘削
D IIIa	55			1.0		通常断面：発破掘削

(5) 材料費

① 防水シート

防水シートの使用数量は、次表を標準とする。

表 3.5.8 防水シート【通常断面】

(m²/(トンネル延長)1m当り)

岩区分	設計掘削断面積(m ²)												摘要	
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95				
C I	17.92	18.64	19.37	20.09	20.81	21.53	22.25	22.98	23.70	24.42				発破工法
C II	18.36	19.02	19.69	20.36	21.03	21.70	22.37	23.04	23.71	24.38				
D I	18.48	19.13	19.78	20.43	21.08	21.73	22.39	23.04	23.69	24.34				
D II	17.56	18.29	19.02	19.75	20.47	21.20	21.93	22.66	23.39	24.12				
D III	17.94	18.61	19.27	19.93	20.60	21.26	21.92	22.59	23.25	23.91				

(注) 上表には、防水シートのロス率+0.16を含まない。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-56)

今回の採用値

(m²/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値		備考
	上下半			上下半		
C II-b	55			19.02		通常断面：発破掘削
D I-b	55			19.13		通常断面：発破掘削
D IIIa	55			18.61		通常断面：発破掘削

② 覆工コンクリート

覆工コンクリートの使用量(ロスを含む)は、次表を標準とする。

表 3.5.9 生コンクリート(余巻を含む)【通常断面】

(m3/(トンネル延長)1m当り)

岩区分	設計掘削断面積 (m ²)												摘要
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95			
C I	8.87	9.13	9.40	9.66	9.93	10.19	10.46	10.72	10.99	11.25			発破工法
C II	8.02	8.28	8.54	8.79	9.05	9.31	9.57	9.82	10.08	10.34			
D I	7.39	7.64	7.89	8.14	8.39	8.64	8.90	9.15	9.40	9.65			
D II	6.39	6.77	7.15	7.52	7.90	8.28	8.65	9.03	9.41	9.78			
D III	8.07	8.37	8.67	8.97	9.27	9.57	9.86	10.17	10.46	10.76			

(注) 上表には、コンクリートのロス率+0.02を含む。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-56)

今回の採用値

(m3/(トンネル延長)1m当り)

	対象断面積	採用値				備考
	上下半	上下半	規格	厚さ		
C II-b	55	8.28	18-15-40BB	30	通常断面：発破掘削	
D I-b	55	7.64	18-15-40BB	30	通常断面：発破掘削	
D IIIa	55	8.37	18-15-40BB	35	通常断面：発破掘削	

(6) 諸雑費

① 機械の諸雑費

諸雑費は、コンクリートパイプレータの損料等の費用であり、機械損料及び運転経費の合計額に次表の率を乗じた金額を上限として計上する。

表 3.5.10 (覆工+防水)諸雑費(その他機械)【通常断面】

(%/ (トンネル延長)1m当り)

岩区分	設計掘削断面積 (m ²)											摘要
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
C I	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
C II	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
D I	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
D II	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
D III	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		

(積算基準書R03 P. IV-5-①-57)

今回の採用値

(%/ (トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値		備考
	上下半			上下半		
C II-b	55			5		通常断面：発破掘削
D I-b	55			5		通常断面：発破掘削
D IIIa	55			5		通常断面：発破掘削

② 材料の諸雑費

諸雑費は、防水シート設置器具の損料及び妻板、土台、はく離剤等の費用であり、材料費の合計額に次表の率を乗じた金額を上限として計上する。

表 3.5.11 (覆工+防水)諸雑費(その他材料)【通常断面】

(%/ (トンネル延長)1m当り)

岩区分	設計掘削断面積(m2)											摘要		
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95				
C I	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				発破工法
C II	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
D I	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3				
D II	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
D III	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				

(積算基準書R03 P. IV-5-①-57)

今回の採用値

(%/ (トンネル延長)1m当り)

	対象断面積			採用値		備考
	上下半			上下半		
C II-b	55			2		通常断面：発破掘削
D I-b	55			2		通常断面：発破掘削
D IIIa	55			1		通常断面：発破掘削

(7) コンクリートの打設

型枠工及びコンクリート工における1打設長は、スライドセントルの延長を標準とする。また、1打設長の所要日数は、2日を標準とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-58)

3.6 インバート工施工歩掛

3.6.1 インバート工

(1) 適用範囲

NATM【発破工法・機械掘削工法】によって施工する本インバート工の掘削工、ずり出し工、鉄筋工(加工・組立)、型枠工(製作・設置・撤去)、コンクリート工(打設・養生)、埋戻工(敷均し・締固め)に適用する。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-50)

(2) 機械器具損料

機械器具損料の算定は、「請負工事機械経費積算要領」に基づき行い、坑内で内燃機関付機械(ダンプトラック、コンクリートポンプ車等)を使用する場合は、黒煙浄化装置付排出ガス対策型及び黒煙浄化装置付を標準とし、そのうちドリルジャンボ、バックホウ、ホイールローダを使用する場合は、トンネル工事用排出ガス対策型を標準とする。ただし、道路運送車両の保安基準に排出ガス基準が定められている自動車の種別で、有効な自動車検査証の交付を受けているものは除く。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-50)

(3) 余堀及び余巻コンクリート

トンネル工事では、設計断面どおり掘削することは困難であるため、当初から設計内空半径に覆工及び吹付コンクリート厚に加え、余堀・余巻・余吹コンクリート厚を見込む必要がある。変形余裕を設計図面に明示した場合の設計掘削断面積は、変形余裕厚さを加算した面積とする。

余堀：設計巻厚を確保するために、設計断面積より大きく掘削すること

余巻：余掘部分を覆工コンクリートで充填すること

余吹：余掘部分を吹付コンクリートで充填すること

支払線(ペイライン)：余掘を考慮した断面積の外周

なお、インバート施工において設計厚に対する余堀・余巻コンクリート厚は5cmを標準とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-50)

(4) 施工概要

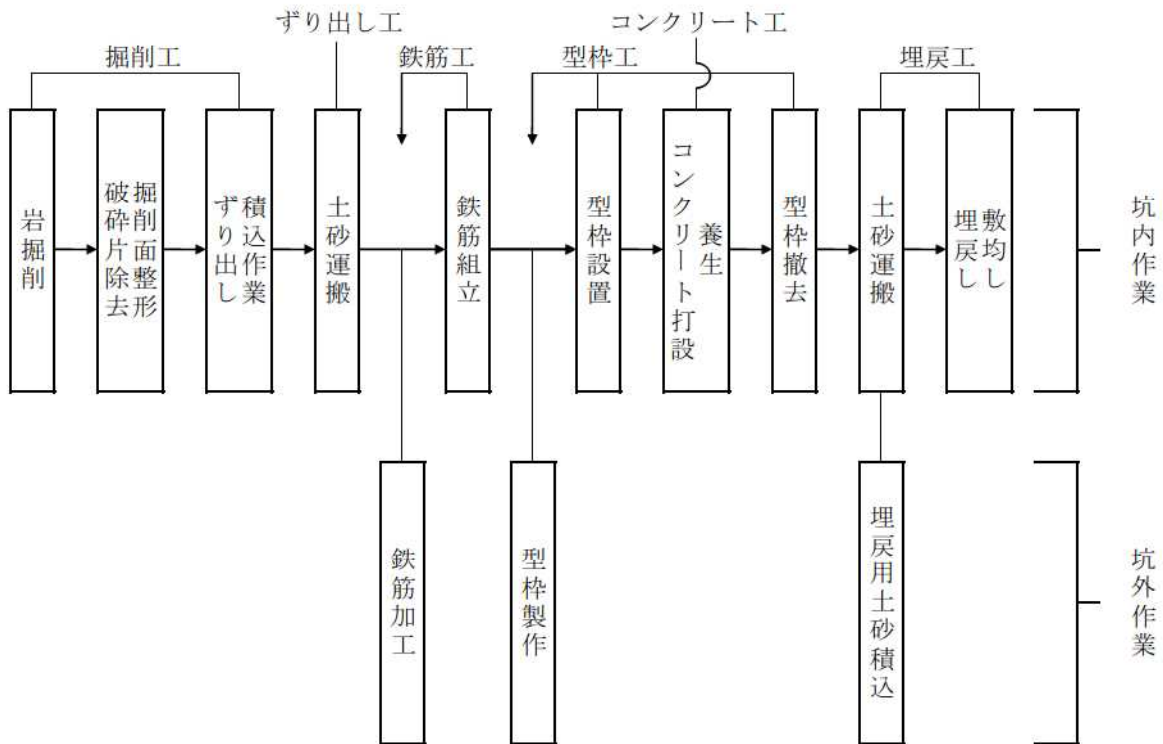


図 3.6.1 インバート施工標準作業フロー

(積算基準書R03 P. IV-5-①-50)

- (5) インバート掘削工
 インバート掘削工の施工歩掛は、次表とする。

表 3.6.1 インバート掘削工施工歩掛

(10m3当り)

名称	規格	単位	数量
トンネル世話役		人	0.15
トンネル特殊工		人	0.44
トンネル作業員		人	0.15
大型ブレーカ運転 (ベースマシン含む)	トンネル工事用排出ガス対策型(第3次基準値) 油圧式1,300kg級 ベースマシン20t級	日	0.15
バックホウ (トンネル専用機)運転	[後方超小旋回型・排出ガス対策型(第3次基準値)] 標準バケット容量 山積0.45m3(平積0.35m3)	h	0.94
チゼル損耗費	1,300kg級用	本	0.01

- (注) 1. 機械の運転労務は、上表労務人員で行う。
 2. 上表には、破砕片除去、掘削面整形及びずり積込作業が含まれる。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-51)

- (6) インバートずり出し工

- 1) インバートずり出し運搬作業歩掛

- ① ずり出し方式

直送方式の場合はすべて坑内作業とし、積替方式の場合は一次運搬(坑内～積替場所)は直送方式に準じ、二次運搬(積替場所～捨場等)は一般運搬工で積算する。なお、直送方式と積替方式の範囲は、片道2.5km程度(運搬距離)が標準である。

- ② ずり出し工の施工歩掛は、次表とする。

表 3.6.2 ずり出し工施工歩掛

(10m3当り)

名 称	規 格	単 位	数 量
トンネル特殊工		人	0.10
ダンプトラック運転	トンネル工事用オンロード型10t積	h	0.83

- (注) 機械の運転労務は、上表労務人員で行う。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-51)

- (7) インバート鉄筋工(加工・組立)

鉄筋の加工・組立については、「積算基準書R03 第VI編第2章①鉄筋工」による。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-51)

(8) インバート型枠工(製作・設置・撤去)

① 型枠製作歩掛は、次表とする。

表 3.6.3 型枠製作歩掛

(100m²当り)

名称	規格	単位	数量
土木一般世話役		人	1.5
型わく工		人	5.9
普通作業員		人	1.5
諸雑費率		%	16

(注) 諸雑費は、型枠合板、さん木、洋釘等の材料及び電気ドリル、電気鋸、電力に関する経費等の費用であり、上表の労務費の合計額に上表の率を乗じた金額を上限として計上する。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-51)

② 型枠設置及び撤去歩掛は、次表とする。

表 3.6.4 型枠設置・撤去歩掛

(100m²当り)

名称	規格	単位	数量
トンネル世話役		人	4.0
トンネル特殊工		人	16.1
トンネル作業員		人	4.0
諸雑費率		%	14

(注) 1. 型枠設置・撤去歩掛には、はく離剤塗布、ケレン作業を含む。

2. 諸雑費は、合板、組立支持材、はく離剤等の費用であり、労務費の合計額に上表の率を乗じた金額を上限として計上する。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-52)

(9) インバートコンクリート工(打設・養生)

インバートコンクリート工(打設・養生)歩掛は、次表とする。

表 3.6.5 インバートコンクリート工(打設・養生)歩掛

(10m3当り)

名称	規格	単位	数量
トンネル世話役		人	0.12
トンネル特殊工		人	0.62
トンネル作業員		人	0.12
コンクリートポンプ車運転	[トラック架装・ブーム式]圧送能力90~110m3/h	h	0.80
諸雑費率		%	1

(注) 1. 打設歩掛には、打設に先立ち掘削面の清掃、排水、ポンプ車の移動、据付打設後の打設用パイプ清掃等の労務も含む。

2. 養生歩掛は、散水養生程度とする。

3. 機械運転労務は、上表労務人員で行う。

4. コンクリートのロス率は、0.04を標準とする。

5. 諸雑費は、コンクリートパイプレータ、養生用散水ポンプ賃料、養生用シート等の費用であり、労務費の合計額に上表の率を乗じた金額を上限として計上する。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-52)

今回の採用値

	採用値					備考
	規格	厚さ(cm)				
CⅡ-b						通常断面：発破掘削
DⅠ-b	18-8-40BB	45				通常断面：発破掘削
DⅢa	18-8-40BB	50				通常断面：発破掘削

(10) インバート埋戻工(敷均し・締固め)

① インバート敷均し・締固め工歩掛は、次表とする。

表 3.6.6 インバート敷均し・締固め工歩掛

(10m3当り)

名称	規格	単位	数量
トンネル世話役		人	0.07
トンネル特殊工		人	0.15
トンネル作業員		人	0.07
バックホウ運転	(トンネル工事) 後方超小旋回型・排出ガス対策型(第3次基準値) クローラ型・山積0.45m3(平積0.35m3)	h	0.45
振動ローラ運転	(トンネル工事対応) 搭乗・コンバインド式・排出ガス対策型 (第2次基準値)・低騒音型・運転質量3~4t	日	0.07

(注) 1. 上表は、バックホウによる敷均し、振動ローラによる転圧作業である。

2. 機械の運転労務は、上表労務人員で行う。

3. 振動ローラは、賃料とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-52)

② 埋戻材の積込作業時間は、次表とする。

表 3.6.7 埋戻し材の積込作業時間

(10m3当り)

名称	規格	単位	数量
バックホウ運転	[標準型・超低騒音型・排出ガス対策型 (第3次基準値)]山積0.8m3(平積0.6m3)	h	0.48

(注) 1. 上表は、埋戻し材に掘削ずりを利用する場合の積込作業の時間である。

2. 埋戻材の積込作業は、図 3.6.1 インバート施工標準作業フロー のとおり坑外作業である。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-52)

③ 埋戻し材運搬ダンプトラックの作業能力

埋戻し材に掘削ずりを使用する場合のダンプトラックの作業能力は「(6) インバートずり出し工
1) インバートずり出し運搬作業歩掛」による。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-53)

3.7 スライドセントル等損料

(1) スライドセントル(本坑用)損料

スライドセントル(本坑用)は、スチールフォーム[五心円(上半三心)]のL=10.5m を標準とし、損料は以下の式により算出する。スライドセントル(本坑用)損料対象長(m)で除して、m当り単価を計上する。

$$P1 = \blacksquare \times A + \blacksquare$$

ただし、P1：スライドセントル(本坑用 L=10.5m) 損料(円/基)

A：上半周長 (m)

なお、スライドセントル(本坑用)は、以下の装備を標準とする。機関出力は16.8kW程度とする。
 [鋼材費(ボルト・雑費含む)、工場加工費、消耗費、塗装費(錆止め塗装)、工場仮組立調整費、電源システム(受電盤、配電盤、制御盤等)、ジャーナルジャッキ、ターンバックル、チェーンブロック、自走装置(自走用制御盤含む)、従動台車(車輪等)、打設口、検査窓加工費、妻板止金具、ラップアングル、打継構成目地材(妻側・ラップ側)、検測ピン、逸走防止材、土台用レール及び鋼矢板、横送り装置(電動又は油圧)、配管切替装置(機内配管含む)、自動ケレン装置]

(積算基準書R03 P. IV-5-①-58)

(2) 防水作業台車損料

防水作業台車は、延長L=6.0mを標準とし、損料は以下の式により算出する。防水作業台車損料対象長(m)で除して、m当り単価を計上する。

$$P3 = \blacksquare \times A + \blacksquare$$

ただし、P3：防水作業台車(本坑及び非常駐車帯兼用 L=6.0m) 損料(円/基)

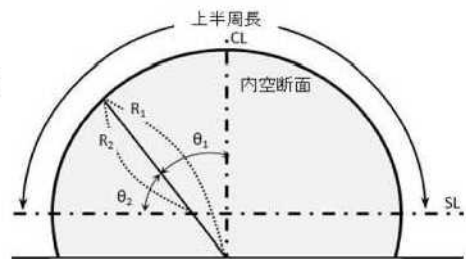
A：上半周長 (m)

なお、防水作業台車の機関出力は 4.0kW程度とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-59)

(3) スライドセントル等損料

$$\begin{aligned} \text{上半周長} &= 2 \times \{ (2 \times \pi \times R1 \times \theta 1 / 360) \\ &\quad + (2 \times \pi \times R2 \times \theta 2 / 360) \} \\ A1 &= 2 \times \{ (2 \times \pi \times 5.650 \times 15.000 / 360) \\ &\quad + (2 \times \pi \times 4.000 \times 75.000 / 360) \} \\ &= 13.430 \text{ m} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} P1 &= \blacksquare \times \blacksquare + \blacksquare = \blacksquare \text{ (円/基)} \\ P3 &= \blacksquare \times \blacksquare + \blacksquare = \blacksquare \text{ (円/基)} \end{aligned}$$

3.8 工事用仮設備

(1) 吹付プラント設備組立・解体

吹付プラント設備組立・解体歩掛は、次表とする。

表 3.8.1 吹付プラント設備組立・解体歩掛

(1基当り)

名称	規格	単位	組立	解体
土木一般世話役		人	9.0	5.0
特殊作業員		人	9.5	3.0
普通作業員		人	8.0	2.0
設備機械工		人	6.5	2.5
とび工		人	20.5	14.5
溶接工		人	3.5	1.5
電工		人	5.5	2.5
ラフテレーンクレーン運転	排出ガス対策型(第2次基準値) ・低騒音型 油圧伸縮ジブ型25t吊	日	4.0	3.5

(注) 1. 上表は、コンクリートプラントの練混ぜ方式(一括又は分割)に関わらず適用出来る。

2. 基礎コンクリートは、別途計上する。

3. ラフテレーンクレーンは、賃料とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-59)

(2) スライドセントル組立・解体

スライドセントル組立・解体歩掛は、次表とする。

表 3.8.2 スライドセントル組立・解体歩掛

(1基当り)

名称	規格	単位	組立	解体
土木一般世話役		人	8.5	6.0
普通作業員		人	7.0	2.0
設備機械工		人	7.0	5.0
とび工		人	17.5	13.5
特殊作業員		人	40.5	20.0
電工		人	5.0	1.5
ラフテレーンクレーン運転	排出ガス対策型(第2次基準値) ・低騒音型 油圧伸縮ジブ型25t吊	日	7.0	5.5

(注) 1. 移動用レール及び鋼矢板の設置・撤去を含む。

2. ラフテレーンクレーンは、賃料とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-60)

(3) 防水作業台車組立・解体

防水作業台車組立・解体歩掛は、次表とする。

表 3.8.3 防水作業台車組立・解体歩掛

(1基当り)

名称	規格	単位	組立	解体
土木一般世話役		人	2.4	1.4
普通作業員		人	1.4	1.0
設備機械工		人	1.9	0.5
とび工		人	2.4	1.9
特殊作業員		人	10.0	4.3
電工		人	1.4	-
ラフテレーンクレーン運転	油圧伸縮ジブ型・排出ガス対策型 (第2次基準値)・低騒音型 25 t 吊	日	1.5	1.0

(注) 1. 移動用レール及び鋼矢板の設置・撤去は、スライドセントルの組立・解体歩掛に含む。

2. ラフテレーンクレーンは、賃料とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-60)

(4) 工事中換気設備

- ① 換気装置の坑内配置で、切羽の掘進に伴い、軸流ファンを増設する場合の軸流ファン間隔は100m以上を標準とする。
- ② 切羽からの控え長さは、40mを標準とする。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-60)

(5) 仮設備保守

仮設備保守は、次の坑外設備の保守管理を行うものとし、歩掛は次表を標準とする。

- ①電力設備 ②吹付プラント設備 ③換気設備 ④給排水設備等(濁水処理設備を除く)

表 3.8.4 仮設備保守歩掛

(1箇月当り)

職種	単位	数量	摘要
普通作業員	人	40.8	
設備機械工	人	40.8	
電工	人	40.8	

(注) 1. 坑内作業において、掘削作業～支保工作業は2方、支保作業後は1方を標準とする。

2. 支保工作業後は、上表の数量の1/2とする。

3. 吹付プラント設備は、コンクリートプラントの練混ぜ方式(一括又は分割)に関わらず適用できる。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-60)

3.9 工程計画

3.9.1 工程計画の条件

(1) 準備工 80 日 / 30 日 = 2.667	<u>2.67 箇月</u>
(2) トンネル本体工 (掘削工、支保工)	<u>466.6 m</u>
(3) 覆工 1方施工 (2日に1回打設) センターフォーム L = 10.5 m 月進 = 10.5 m × 21 日 × 1/2 = 110.25	<u>110.25 m/月</u>
(4) 掘削工と覆工の間隔	<u>1.0 箇月</u>
(5) 排水工等雑工 ※月進はNEXCO土木設計数量算出要領より	<u>400 m/月</u>
(6) 後片付け 20 日 / 30 日 = 0.667	<u>0.67 箇月</u>

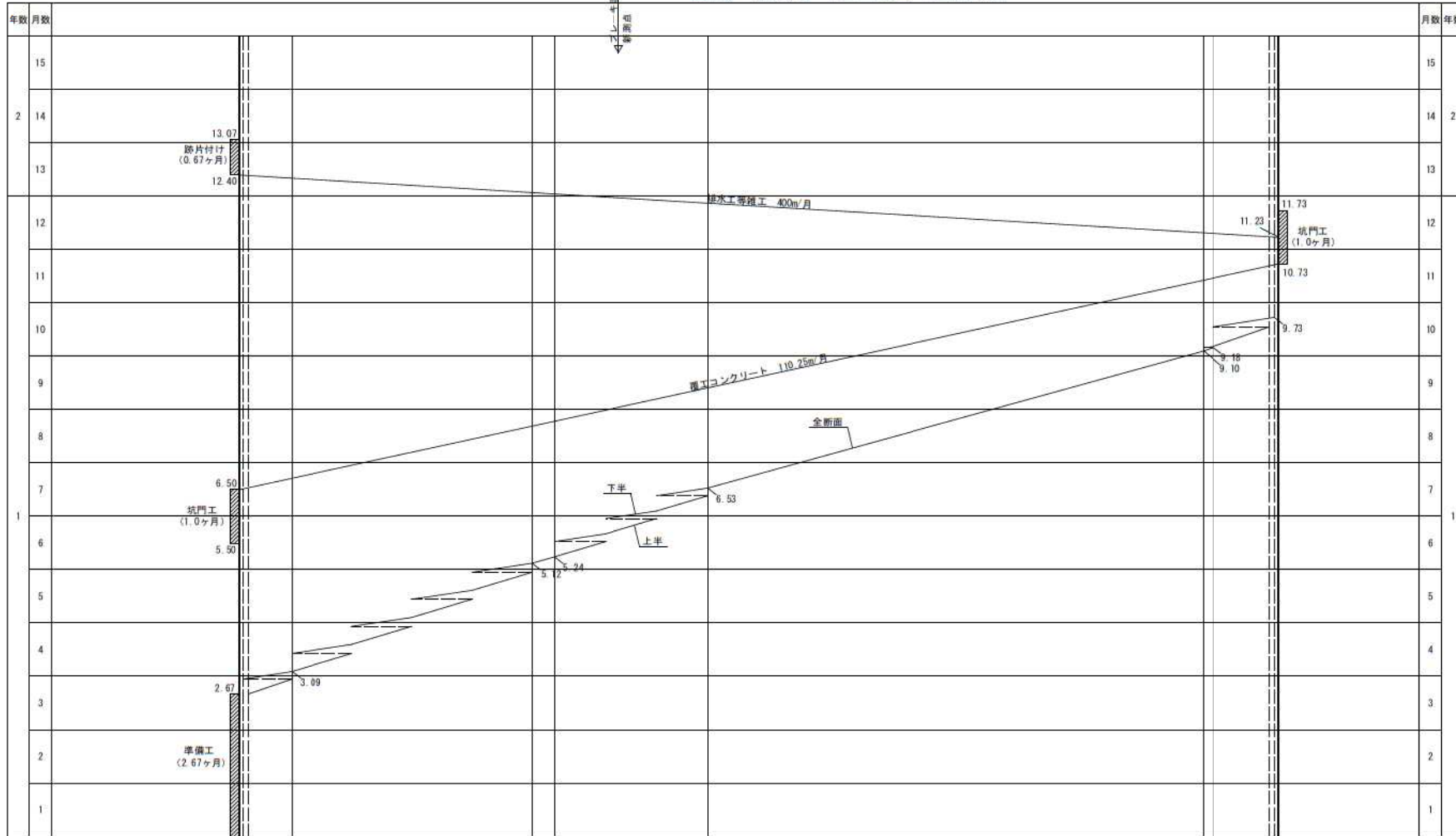
表 3.9.1 工事工程表

工種	パターン	ベンチ	掘削延長	日当り	日 数	月 数	累加月数	累加距離
			(m)	掘進長	(日)	(ヶ月)	(ヶ月)	(m)
			①	②	③=①/②	④=③/21.0	Σ⑤	
準備工	開始						0.000	
	完了					2.670	2.670	0.000
発破掘削	起点側坑口付	上半	3.803					3.803
		下半	1.475					1.475
	DⅢa	上半	19.597	3.33	5.9	0.281	2.951	23.300
		下半	21.925	7.20	3.0	0.143	3.094	23.300
	DⅠ-b	上半	108.000	3.79	28.5	1.357	4.451	131.300
		下半	108.000	7.65	14.1	0.671	5.122	131.300
	CⅡ-b	全断面	10.000	4.13	2.4	0.114	5.236	141.300
	DⅠ-b	上半	69.016	3.79	18.2	0.867	6.103	210.316
		下半	69.016	7.65	9.0	0.429	6.532	210.316
	CⅡ-b	全断面	223.000	4.13	54.0	2.571	9.103	433.316
	DⅠ-b	上半	4.000	3.79	1.1	0.052	9.155	437.316
		下半	4.000	7.65	0.5	0.024	9.179	437.316
	DⅢa	上半	25.497	3.33	7.7	0.367	9.546	462.813
		下半	27.825	7.20	3.9	0.186	9.732	465.141
終点側坑口付	上半	3.803					466.616	
	下半	1.475					466.616	
掘削工	掘削開始						2.670	
	掘削完了					7.062	9.732	
覆工	開始		466.716	5.25	88.9	4.232	6.500	110.25m/月
	完了					1.000	10.732	
排水工等雑工	開始					0.500	11.232	400.00m/月
	完了		468.016	19.05	24.6	1.170	12.402	
後片付け	開始						12.402	
	完了					0.670	13.072	

工事工程表

2号トンネル
全工期 13.07ヶ月 トンネル延長 L=468.016m

基準測点
 104+4.898 プレキャスト
 102+8.972 36.016m



・計画月進表

工種		計画日進	
準備工	準備工 (2.67ヶ月)	2.67ヶ月	
掘削工・支保工・他			
0Ⅱ-b	全断面	4.13m/日	日当たり掘進長適用欄
0Ⅱ-b	上半	3.79m/日	
	下半	7.65m/日	
0Ⅲa	上半	3.33m/日	
	下半	7.20m/日	
坑門工		1ヶ月/1箇所	
掘削工コンクリート		110.25m/月	
排水工等雑工		400m/月	
跡片付け		0.67ヶ月	

測点	NO.95	NO.96	NO.97	NO.98	NO.99	NO.100	NO.101	NO.102	NO.103	NO.104	NO.105	NO.106	NO.107	NO.108	NO.109	NO.110	NO.111	NO.112	NO.113	NO.114	NO.115	NO.116	NO.117	NO.118	NO.119	
支保パターン	坑門工		0Ⅲa	0Ⅱ-b		0Ⅱ-b		0Ⅱ-b		0Ⅱ-b		0Ⅱ-b		0Ⅱ-b		0Ⅱ-b		0Ⅱ-b		0Ⅱ-b		0Ⅱ-b		坑門工		
日進 (m/日)			3.33	3.79		4.13		3.79		4.13		3.79		3.33		7.65		7.20								
区間距離 (m)	0.6		3.33	19.597		108.0		69.016		223.0		4.4		25.497		0.7		21.925		0.7						
掘削工法			発破掘削方式 上半先遣ベンチカット工法 (上下半交互併進工法)		発破掘削方式 上半先遣ベンチカット工法 (上下半交互併進工法)		発破掘削方式 補助ベンチ付 全断面工法		発破掘削方式 補助ベンチ付 全断面工法		発破掘削方式 補助ベンチ付 全断面工法		発破掘削方式 補助ベンチ付 全断面工法		発破掘削方式 補助ベンチ付 全断面工法		発破掘削方式 補助ベンチ付 全断面工法		発破掘削方式 補助ベンチ付 全断面工法		発破掘削方式 補助ベンチ付 全断面工法		発破掘削方式 補助ベンチ付 全断面工法			

工事名	鳥海ダム2号トンネル詳細設計業務		
図面名	工事工程表		
作成年月日	令和4年3月		
縮尺	—	図面番号	56 / 75
会社名	中央復讐コンサルタンツ株式会社		
事業者名	東北地方整備局 鳥海ダム工事事務所		

§ 4. 仮設備計画

4.1 換気・集じん設備

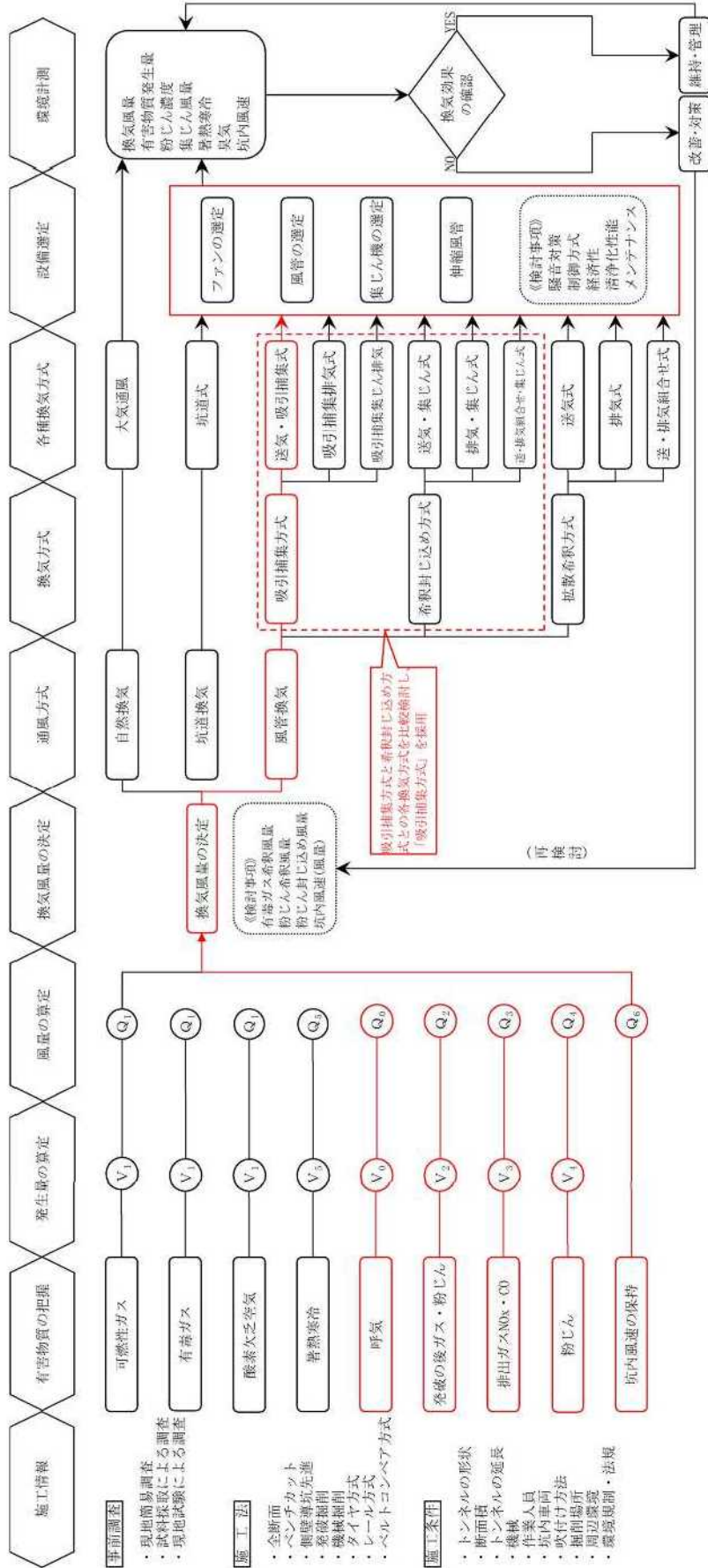
「令和2年粉じん障害防止規則等改正対応版 ずい道等建設工事における換気技術指針《換気技術の設計及び粉じん等の測定》(建設業労働災害防止協会)」(以降 換気技術指針R03)に準拠し、換気及び集じん設備の検討を行った。

4.4 換気設備の経済比較より吸引捕集方式,送気式[電気式集じん]を選定する。

4.1.1 所要換気量の算定

次頁 図 4.1.1 換気の計画・施工までのフローチャート により換気装置に対する所要換気量及び集じん装置に対する所要換気量を算出するものとする。

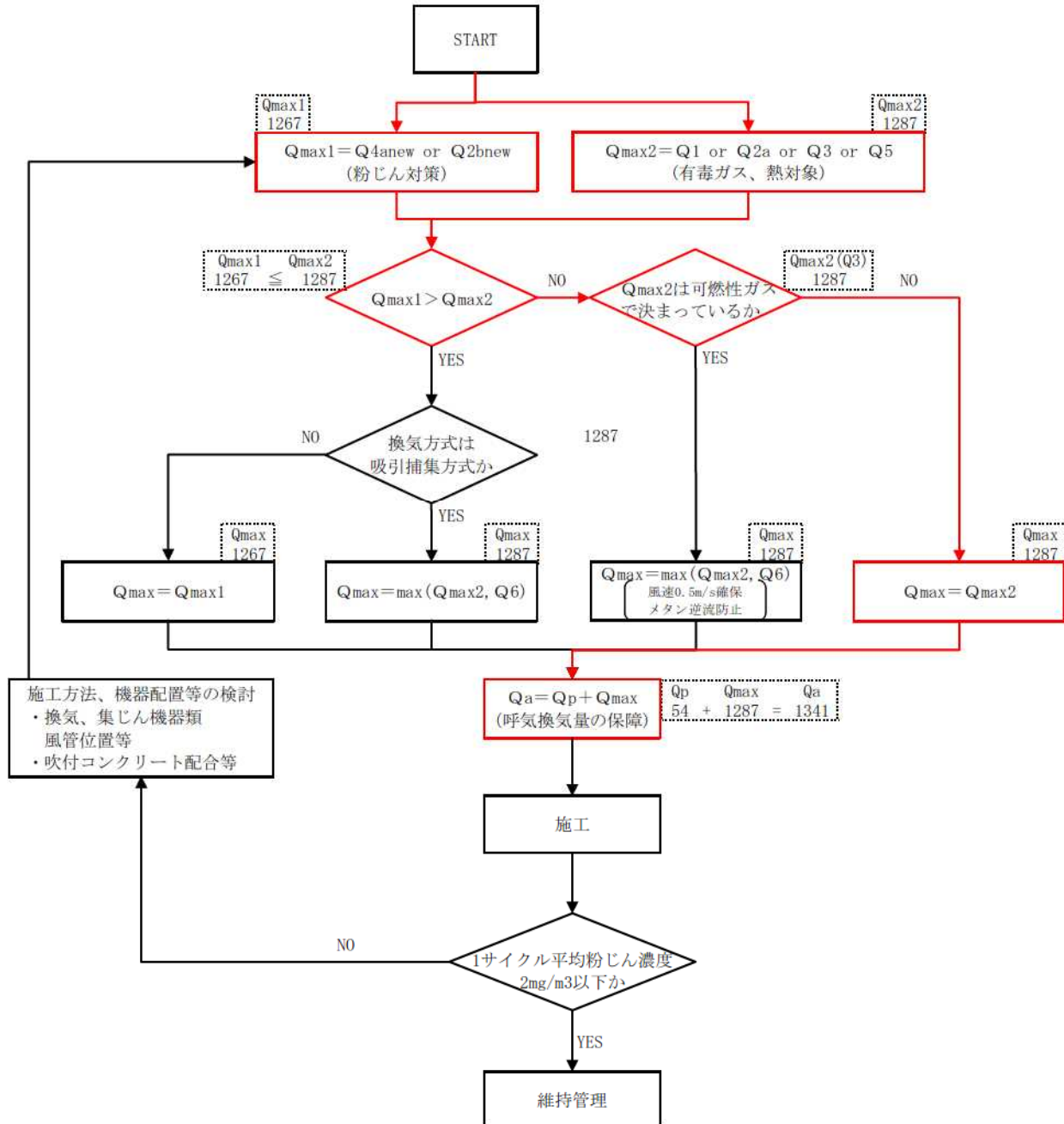
所要換気量の算定に当たっては、本トンネルで最も掘削延長が長いCⅡ-bパターンで検討を行うものとする。



(換気技術指針R03 P. 17)

図 4.1.1 換気の計画・施工までのフローチャート

Qa	: 所要換気量(m3/min)	1341 m3/min
Qp	: トンネル内作業員に対する換気量	54 m3/min
Q1	: 地山から発生する有害ガスに対する換気量	200 m3/min
Q2a	: 発破の後ガスに対する換気量	266 m3/min
Q2bnew(QD)	: 発破の粉じんに対する換気量	1267 m3/min
Q3	: 機械・車両の排出ガスに対する換気量	1287 m3/min
Q4anew(QD)	: 吹付作業の粉じんに対する換気量	1267 m3/min
Q5	: 発熱源に対する換気量	—
Q6	: 坑内風速から求めた換気量	917 m3/min



(換気技術指針R03 P.138)

図 4.1.2 所要換気量の設定フロー

4.1.2 自然発生ガス・酸素欠乏空気のある場合

可燃性ガス、有害ガスの発生量を事前調査から予測し、発生ガスの空气中濃度が速やかに管理目標濃度以下になるように、希釈・拡散ができる所要換気量を算定するものとする。

トンネル工事で自然発生ガス・酸素欠乏空気のある場合の換気量の算定は、ディーゼル機関の排出ガス、発破の後ガス等に関する要因の換気量の方が大きいため考慮しない場合が多い。

しかし、事前調査からの予測はきわめて難しく、自然発生ガス・酸素欠乏空気の発生が予想される工事では安全側に計画し、設備する必要がある。

また、常時監視体制を整えて異常時の対応を周知徹底させなければならない。

(1) 自然発生ガスの場合

$$\frac{Em}{100} = \frac{VG}{Q1a+VG} \quad Q1a \gg VG \text{ より} \quad Q1a = \frac{VG}{Em} \cdot 100$$

Q1a : 所要換気量 (m³/min)
VG : 可燃性ガスの湧出量 (m³/min)
Em : 管理目標濃度 (%)

(参考計算例)

$$Q1a = \frac{VG}{Em} \cdot 100 = \frac{0.500 \times 100}{0.250} = 200 \text{ m}^3/\text{min}$$

Q1a : 所要換気量 200 (m³/min)
VG : 可燃性ガスの湧出量 0.500 (m³/min)
Em : 管理目標濃度 0.250 (%)

本トンネルでは、自然発生ガスの発生は無いものとし、考慮しないものとする。

(換気技術指針R03 P. 95～96)

(2) 酸素欠乏空気のある場合

$$Q_{1c} = \frac{C \cdot V_{sa}}{C_a - C}$$

- Q_{1c} : 所要換気量 (m³/min)
V_{sa} : 酸素欠乏空気の湧出量 (m³/min)
C : トンネル内で酸素濃度が一定となった時の濃度 (%)
(トンネル内の酸素濃度を18%以上に保たなければならない)
C_a : 新鮮空気の酸素濃度 (21%)

(参考計算例)

$$Q_{1c} = \frac{C \cdot V_{sa}}{C_a - C} = \frac{20 \times 7}{21 - 20} = 140 \text{ m}^3/\text{min}$$

- Q_{1c} : 所要換気量 140 (m³/min)
V_{sa} : 酸素欠乏空気の湧出量 7 (m³/min)
C : トンネル内で酸素濃度が一定となった時の濃度 20 (%)
(18%以上に保たなければならないので安全サイドで20%とする)
C_a : 新鮮空気の酸素濃度 21 (%)

無圧気工法のトンネル工事で、酸素欠乏空気が予想される場合の作業員 1 人当たりの換気量

N ≥ 5 人の場合

$$Q_{1c} = 10 N \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

N < 5 人の場合

$$Q_{1c} = 50 \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

N : 作業員 (人)

本トンネルでは、酸素欠乏空気の発生は無いものとし、考慮しないものとする。

(換気技術指針R03 P. 97～98)

※自然発生ガスの湧出が確認された場合、湧出量を把握の上、所要換気量を算定し、必要に応じて換気設備計画を見直すこと。

4.1.3 発破を使用する場合

トンネル内で発破を使用する場合の所要換気量の算定は、吸引捕集方式による換気の場合には、粉じんは吸引捕集されるため、所要換気量は後ガスから求める所要換気量 $Q2a$ とする。

$$Q2=Q2a$$

希釈方式による換気の場合には、後ガスから求める所要換気量 $Q2a$ と粉じんから求まる所要換気量 $Q2bnew$ を比較し、そのうち大きい方を採用するものとする。

$$Q2=\max(Q2a, Q2bnew)$$

ただし、 $Q2$: 所要換気量 (m³/min)
 $Q2a$: 後ガスに対する所要換気量 (m³/min)
 $Q2bnew$: 発破の粉じんに対する所要換気量 (m³/min)

(1) 発破の後ガスに対する場合

発破の後ガスに対する所要換気量 $Q2a$ は、発破後の濃度を t 分間に管理目標濃度まで低減するものであり、次式で求める。

$$Q2a = \frac{K \cdot V}{\alpha \cdot t}$$

$Q2a$: 所要換気量 (m³/min)
 V : 1 発破による換気対象有毒ガスの発生量 (m³)
 α : 換気対象有毒ガスの管理目標濃度 (CO:50ppm, NOx:25ppm)
 t : 所要換気時間 (min)
 K : 換気係数 (=0.8) 送気:0.4×2倍(排気の2~3倍)=0.8

所要換気量は式1の様に求められるが、送気式の場合は、切羽付近だけを対象にした所要換気量は、排気式の局所換気ファン有りの換気量と同じで良い。しかし、一般には切羽後方での作業が切羽作業と並行して行われるため切羽後方も考慮した換気を行うことになる。これを許容濃度まで希釈するとすれば式2の換気量が必要となる。

$$\text{式1} = 0.4 \cdot \frac{V}{\alpha \cdot t} \quad \text{式2} = \frac{V}{\alpha \cdot t}$$

(換気技術指針R03 P.98~100)

① 有害ガスの発生量

発破の後ガス中の主な有害物質は一酸化炭素(Co)と窒素酸化物(NOx)である。換気対象となる有害ガスは火薬の種類で異なるが、1回の発破に伴って発生する換気対象となる有害ガスの量は、次式で求められる。

$$V = AT \cdot \Delta L \cdot \kappa \cdot X$$

	一酸化炭素(CO)	窒素酸化物(NOx)
V : 換気対象有害ガスの発生量	0.253 (m3)	0.076 (m3)
AT : トンネル掘削断面積 (CII-b 断面)	52.773 (m2)	52.773 (m2)
ΔL : 1発破の掘進長	1.200 (m)	1.200 (m)
κ : 地山1m3に対する火薬使用量	0.8 (kg/m3)	0.8 (kg/m3)
X : 火薬1kgより発生する換気対象有害ガス発生量	5×10^{-3} (m3/kg)	1.5×10^{-3} (m3/kg)

爆薬の種類	有毒ガス発生量	
	一酸化炭素(CO) (m3/kg)	窒素酸化物(NOx) (m3/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}

(換気技術指針R03 P.42)

$$V = 52.773 \times 1.200 \times 0.8 \times 5 \times 10^{-3}$$

$$= 0.253 \text{ m3} \dots \text{一酸化炭素(CO)}$$

$$V = 52.773 \times 1.200 \times 0.8 \times 1.5 \times 10^{-3}$$

$$= 0.076 \text{ m3} \dots \text{窒素酸化物(NOx)}$$

(換気技術指針R03 P.101)

② 管理目標濃度

一酸化炭素(Co)の管理目標濃度は、日本産業衛生学会の許容濃度勧告値である50ppmを、窒素酸化物(NOx)のACGIHの勧告値である25ppmを採用する。

③ 発破の後ガスに対する所要換気量

$$Q2a = \frac{K \cdot V}{\alpha \cdot t}$$

Q2a : 所要換気量	266 (m3/min)
V : 1発破による換気対象有害ガスの発生量	CO : 0.253 (m3) Nox : 0.076 (m3)
α : 換気対象有害ガスの管理目標濃度	CO : 50×10^{-6} (m3/min) NOx : 25×10^{-6} (m3/min)
t : 所要換気時間	19 (min)
K : 換気係数	1.0

$$CO : Q2a = \frac{K \cdot V}{\alpha \cdot t} = \frac{1.000 \times 0.253}{50 \times 10^{-6} \times 19} = 266 \text{ m3/min}$$

(換気技術指針R03 P.98~102)

(2) 粉じんに対する場合

○吸引捕集方式の場合

吸引捕集方式の場合は、封じ込めによる換気効果が得られる制御風速(坑内風速)を設定しており、伸縮風管で吸引しながら移動し、切羽に到着した時点で清浄化できるので、換気時間が短縮できる。

$$QD \geq At \cdot v \cdot 60$$

QD	: 吸引風量	1267 (m ³ /min)
At	: トンネル掘削断面積 (CII-b 断面)	52.773 (m ²)
v	: 制御風速	0.400 (m/s以上)

$$QD = 52.773 \times 0.400 \times 60 = 1267 \text{ m}^3/\text{min}$$

(換気技術指針R03 P.102)

4.1.4 ディーゼル機関を使用する場合

(1) ディーゼル機関に対する場合

$$Q3 = (HS \cdot qS \cdot \alpha S) + (HD \cdot qD \cdot \alpha D) + (HE \cdot qE \cdot \alpha E)$$

- Q3 : 所要換気量 (m3/min)
- HS : ショベル系の使用機械の総出力 (kW)
- HD : ダンプ系の使用機械の総出力 (kW)
- HE : その他の使用機械の総出力 (kW)
- qS : ショベル系の実出力当たり換気量 (m3/min・kW)
- qD : ダンプ系の実出力当たり換気量 (m3/min・kW)
- qE : その他機械の実出力当たり換気量 (m3/min・kW)
- αS : ショベル系の負荷率
- αD : ダンプ系の負荷率
- αE : その他機械の負荷率

実出力当たりの換気量 q (m3/min・kW)						負荷率
ディーゼル機関 搭載機械の種別	排出ガス規制					
	出力区分 : P (kW)					
	①第1次基準	①第2次基準	①第3次基準	① -		
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
ディーゼル機関 搭載機械の種別	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
	排出ガス規制					
	H9年規制	H15年規制	H17年規制	H21年規制	H26年規制	
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

① 使用機械組み合わせ

工種	機種	機種	①	②	③	④=①×②×③	穿孔	ずり出し	吹付	支保工	
			出力 kW	負荷率 α	実出力当 り換気量 m3/min・kW	所要換気量 m3/min					台
穿孔	ドリルジヤンボ	ショベル系	165	0.5	1.9	157	1	157			
ずり出し	ホイールローダ	ショベル系	140	0.5	3.2	224		1	224		
	ダンプトラック	ダンプ系	246	0.25	4.9	301		3	903		
吹付コンクリート	吹付機	ショベル系	186	0.5	1.9	177			1	177	
	トラックミキサ	その他	213	0.2	2.4	102			1	102	
ロックホルト等	ドリルジヤンボ	ショベル系	165	0.5	1.9	157				1	157
	資材用トラック	その他	132	0.2	2.4	63				1	63
覆工コンクリート	コンクリートポンプ車	その他	121	0.2	2.4	58	1	58	1	58	1
	トラックミキサ	その他	213	0.2	2.4	102	1	102	1	102	1
所要換気量合計							317	1287	439	380	

$$Q3 = (140 \cdot 3.2 \cdot 0.5) + (738 \cdot 4.9 \cdot 0.25) + (334 \cdot 2.4 \cdot 0.2)$$

ショベル系
ダンプ系(普通)
その他機械

$$= 1287 \text{ m3/min}$$

(換気技術指針R03 P. 104~105)

- ※バックホウは補助的に動くだけなので除外する。
- ※ダンプトラックの台数は使用台数-1台とする。
(1台は積込中によりエンジン停止しているものとする)

4.1.5 吹付コンクリート施工の場合

トンネル内でコンクリート吹付作業時に発生する粉じんの場合は、発生量そのものを減少させる発生源対策を優先する。発生した粉じんの換気・集じん対策は、現場条件や粉じん発生量、及び有毒ガス希釈風量との比較等により換気方法を検討する。

換気方式では、吸引捕集方式と希釈封じ込め方式や拡散希釈方式を比較検討し、坑内環境等総合的に有利な方式を選定する。

(1) 吹付コンクリート施工の場合

○吸引捕集方式の場合

吸引捕集方式は粉じんの吸込み口が切羽直近にあり、切羽で発生した粉じんを拡散させることなく、ダクトにより捕集排除する方式である。吸込み口は、可能な限り切羽に接近させることが望ましい。

吸引捕集方式の吸引風量は、切羽の粉じん発生量に関係なく、切羽をフレッシュエアで封じ込めるために必要な制御風速(坑内風速)で決定される。

$$QD \geq At \cdot v \cdot 60$$

QD : 吸引風量 1267 (m³/min)

At : トンネル掘削断面積 (CII-b 断面) 52.773 (m²)

v : 制御風速 0.400 (m/s)

TBM等隔壁がある場合(0.25~0.3m/s)

自由断面で拡散しやすい場合(0.4m/s以上)

※条件：有害ガス希釈を満足するため $QD \geq 1.2Qa$ が成立すること。

$$QD = 52.773 \times 0.400 \times 60 = 1267 \text{ m}^3/\text{min}$$

(換気技術指針R03 P. 111, 122)

4.1.6 トンネル内風速に対する所要換気量の場合

(1) トンネル内風速に対する所要換気量の決定

トンネル内の風速は、ディーゼル機関の排出ガス、粉じん、発破の後ガス、自然発生の有毒ガス等を安全な濃度に希釈するのに必要な換気量によって決まる。作業環境ではこれらの他に、臭気、湿度、温度等の要素もあり、一定の風速の保持が必要である。

国際トンネル協会(ITA)の施工安全指針では、0.17~0.75m/sの風速を保持する必要があるとしており、海外諸国の基準は下表のように、0.2~0.3m/sとしている。

表 4.1.1 海外諸国の施工安全指針値

フランス	イギリス	アメリカ	スイス	オーストリア	ドイツ	国際トンネル協会 (ITA)
0.3m/s	0.216m/s	0.3m/s	0.3m/s	0.3m/s	0.2m/s	0.17~0.75m/s

施工安全指針とは、粉じんや有毒ガスが想定されていない場合でも保持すべき風速を示しており指針では、望ましいトンネル風速として、0.17~0.30m/sを示す。

粉じんや有毒ガスの発生のおそれがないシールドトンネルでは、0.17m/s で設定することが一般的である。山岳トンネルでは、覆工コンクリートやインパット打設工事、ずり出し走行時の巻き上げ粉じん、センタードレン溝掘削工事等、粉じんの発生量や有毒ガス発生量の定量化が困難な場合が多く換気設計が困難なことから、切羽粉じん対策やディーゼル排出ガス対策が十分行われた場合でも坑内風速0.3m/sを保持する換気を実施することが望ましい。

また、可燃性ガス等、爆発する雰囲気が生じられる危険が予想される場合は、少なくともメタンの逆流防止をはかるための風速として0.5m/s以上とする必要がある。指針では、メタンが定常的に湧出している場合は、メタンレアを消散させるための風速として1.0m/s以上とすることを推奨する。

風速と体感温度の関係は、周囲温度、湿度、肌の露出、発汗等の条件で異なるが、例えば30℃・80%RHのとき、0.5m/sで3~4℃、1.0m/sで7~8℃の低減効果がある。

(換気技術指針R03 P. 62~63)

(トンネル内風速に対する所要換気量)

$$Q6 \geq At \cdot v \cdot 60$$

Q6 : トンネル内風速に対する所要換気量 917 (m³/min)

At : 吹付施工後の断面積 (CII-b 断面) 50.926 (m²) ※1

v : 坑内風速 0.300 (m/sec)

※1. 表 4.1.2 吹付コンクリート施工後の断面積計算書より

$Q6 = 50.926 \times 0.300 \times 60$ $= 917 \text{ m}^3/\text{min}$

表 4.1.2 吹付コンクリート施工後の断面積計算書

諸元・算式	単位	CII-b		
R1 = 上半アーチ部半径	m	5.950		
R2 = 上半側壁半径	m	4.300		
R3 = 下半側壁半径	m	8.300		
H = 側壁高	m	1.950		
$\alpha 1$ = 上半アーチ部角度	°	15.000000		
$\alpha 2$ = 上半側壁部角度	°	75.000000		
L1 = R1-R2 ※上半三心円の場合 (上半三心円の場合のR1とR2の中心差)		1.650000		
L2 = L1×Sin $\alpha 1$ (トンネル中心とR2の中心までの距離)		0.427051		
h1 = L1×Cos $\alpha 1$ (トンネル中心とR2の中心までの高低差)		1.593778		
A1 = $\pi \times R1^2 \times \alpha 1 / 360^\circ - 1/2 \times L2 \times h1$ (上半アーチ部面積)		4.293864		
A2 = $\pi \times R2^2 \times \alpha 2 / 360^\circ$ (上半側壁部面積)		12.101677		
Va = (A1+A2) × 2 (上半吹付面積)		32.791082		
$\alpha 3$ = Sin ⁻¹ (H/R3) (下半側壁部角度)		13.5880720		
A3 = $\pi \times R3^2 \times \alpha 3 / 360^\circ$ (下半側壁部面積の一部)		8.168859		
L3 = R3×Cos($\alpha 3$) (R3の中心と下端とR3の交点との距離)		8.067682		
A4 = 1/2×L3×H (下半側壁部面積の一部)		7.865990		
A5 = L2×H ※R3=R2の場合 (下半側壁部面積の一部)		0.000000		
A6 = -(R3-R2-L2)×H (下半側壁部の控除面積)		-6.967251		
Vb = (A3+A4+A5+A6) × 2 (下半吹付面積)		18.135196		
上半断面積 Va	m ²	32.791		
下半断面積 Vb	m ²	18.135		
上下半断面積 Va + Vb	m ²	50.926		

4.1.7 作業者の呼気の場合

作業者の呼気によるトンネル内の空気の汚染は二酸化炭素(CO₂)である。呼気による二酸化炭素の発生は、発破の後ガス及びディーゼル機関の排出ガス等による場合と比較して、きわめて少ない発生量であるが、長時間のうちには二酸化炭素濃度が増加する。特に、多人数による作業では作業者の呼気による汚染を無視することができない。

作業者の呼気による二酸化炭素(CO₂)のみを対象とした場合の最小空気量 q_a は、作業員1人当たり約0.3 m³/minとなる。しかしこの程度の小風量では作業員の立入る作業空間を有効に換気することは一般的に困難である。また、環境悪化の原因には、発汗による湿度増加、気温の上昇及び体臭の充満等がある。換気技術指針では適度の気流(ドラフト)を必要とすることと、上記の諸要因を考慮して作業員1人当たりの所要換気量 q を最低3m³/minとしている。

(換気技術指針R03 P.126～127)

(1) 作業者の呼気の場合

① 作業者の呼気に対する所要換気量

$$Q_p = n \times q_a$$

Q_p : 所要換気量	54 (m ³ /min)
q_a : 作業員1人当たりの所要換気量	3 (m ³ /min・man)
n : 作業員の人数	18 (人)
・掘削作業	= 8
・覆工作業	= 9
・切羽監視	= 1

$Q_p = 18 \times 3$
$= 54 \text{ (m}^3\text{/min)}$

4.1.8 所要換気量の決定

(1) 所要換気量の決定

【吸引捕集式】

発破の粉じん	Q2b(QD)	=	1267 m ³ /min	} (粉じん対象) Q _{max1} = 1267 m ³ /min
吹付粉じん	Q4a(QD)	=	1267 m ³ /min	
自然発生ガス(参考)	Q1a	=	200 m ³ /min	} (有毒ガス、熱、坑内風速対象) Q _{max2} = 1287 m ³ /min
酸素欠乏空気(参考)	Q1C	=	140 m ³ /min	
発破の後ガス	Q2a	=	266 m ³ /min	
ディーゼル機関	Q3	=	1287 m ³ /min	
発熱源対策	Q5	=	- m ³ /min	
トンネル内風速	Q6	=	917 m ³ /min	
作業員の呼気	Q _p	=	54 m ³ /min	

吸引捕集方式の換気対象は[有毒ガス、熱、坑内風速]であることから Q_{max2}+Q_p となる。

$\begin{aligned} Q &= 1287 \text{ (} Q_{\text{max2}} \text{)} + 54 \text{ (} Q_{\text{p}} \text{)} \\ &= 1341 \text{ m}^3/\text{min} \end{aligned}$

4.2 換気設備の選定

トンネルの換気は、トンネル内で発生する有毒ガス、粉じん等の空気汚染物質を合理的に集じん排気するか、新鮮空気を送気して希釈するために行うものである。この換気方式には送風機等により強制的に換気する強制換気と自然換気がある。

強制換気には風管による風管換気法と坑道換気法がある。また、風管換気法においては吸引捕集方式、希釈封じ込め方式、拡散希釈方式があり、それぞれに送気式、排気式、送・排気組合せ式が考えられる。集じん効果をもつために移動式隔壁、移動式集じん機を組み合わせた方法も考えられる。

なお、自然換気については、時期や時刻により無風状態となることも考えられ採用に当たっては十分な状況把握が必要である。

4.4 換気設備の経済比較 により 吸引捕集方式 ① 送気・吸引捕集式 を選定した。

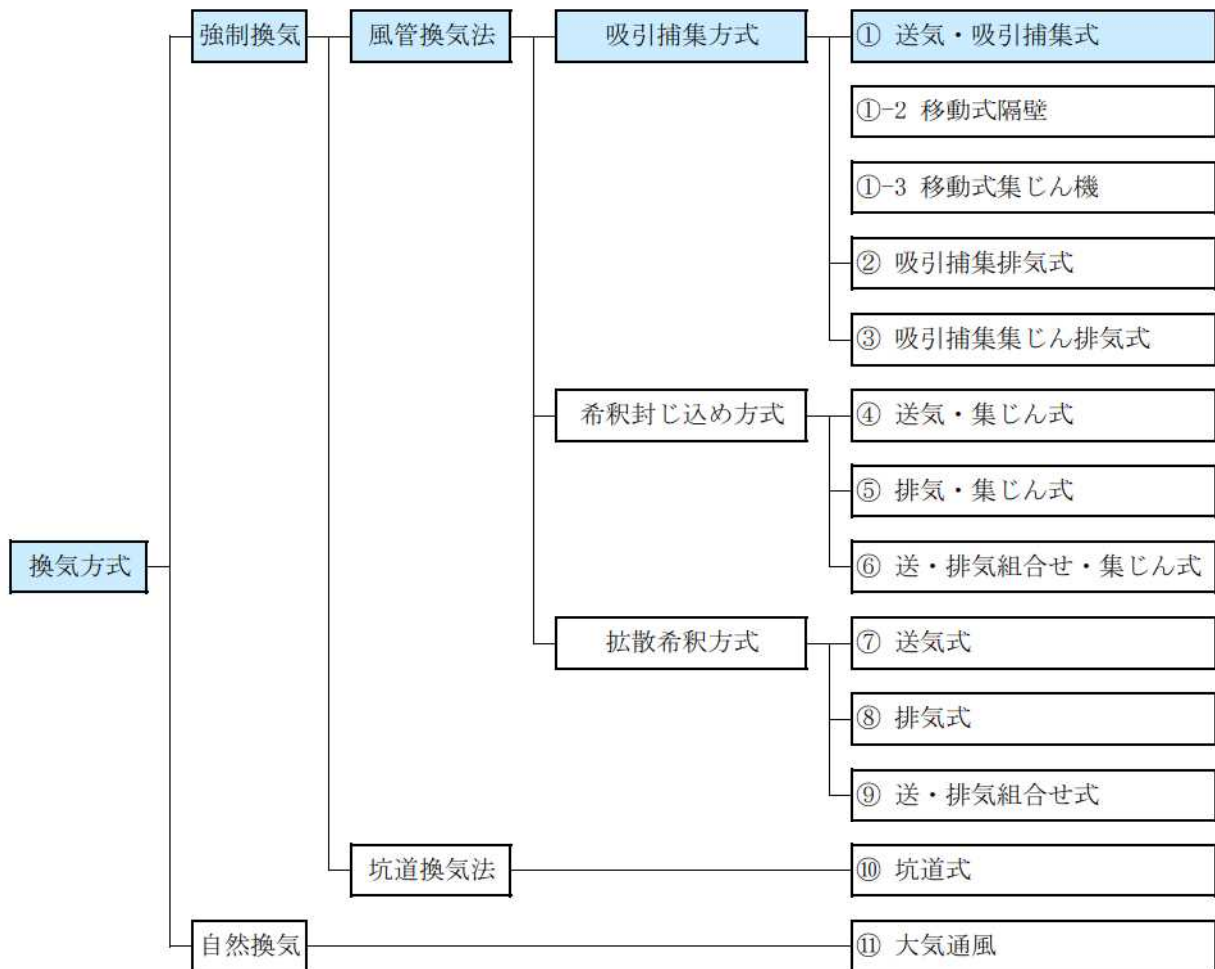


図 4.2.1 換気方式の全体概念

(換気技術指針R03 P.67)

吸引捕集方式		
<p>①-1：送気・吸引捕集式</p> <p>主換気ファンを天井に設置し新鮮な空気を供給し、天井付近に設置可能な吸引ダクトを天井に設置した単位ノズルを配置する。吸引ダクトにより天井より直接汚染空気を吸引し除去する方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①新鮮な空気を天井に送り込むため、天井の作業場所での気圧が低下し床面も低い。 ②風量や吸気量が増えるので送気が必要。 ③粉じんを天井付近まで捕集するため、天井部分が狭く汚染率が低下しない。 ④汚染空気を天井付近まで送気するため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>	<p>①-2：簡便設置</p> <p>送気・吸引捕集方式に移動式機器を簡便に取り付けたものを、物理的に前面を遮断するための、強力な捕集力・吸気力を実現するための換気方式。簡便な設置が可能となる方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①送気・吸引捕集方式の長所に加え、簡便な移動式機器設置が可能で汚染空気を天井付近まで送気することも可能。 ②移動式の設置が容易となる。 ③移動式の簡便な設置が可能。 <p>▼移動式の簡便な設置が可能。</p>	<p>①-3：移動式集じん機</p> <p>主換気ファンを天井に設置し新鮮な空気を供給し、天井付近に設置可能な吸引ダクトを天井に設置した単位ノズルを配置する。吸引ダクトにより直接汚染空気を吸引し除去する方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①新鮮な空気を天井に送り込むため、天井の作業場所での気圧が低下し床面も低い。 ②風量や吸気量が増えるので送気が必要。 ③粉じんを天井付近まで捕集するため、天井部分が狭く汚染率が低下しない。 ④汚染空気を天井付近まで送気するため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>
吸引捕集方式		
<p>②：吸引捕集集じん機式</p> <p>トンネル内に設置可能な吸引ダクトを天井に設置した主換気ファンを設置し、作業作業に応じてダクトを運用し、粉じんを天井より直接吸引機へ排出する方法。吸引機の汚染空気を吸込み口へ送気する際に集じん機及び集じん機ファンを稼働させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①吸引機に集じん機ファンを稼働させる必要が必ずある。 ②集じん機が使用される。 ③汚染空気を吸引機に送り込むため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 ④主換気ファンの稼働、集じん機の稼働が必要。 ⑤吸引ダクトの設置が高くなる。 ⑥集じん機が汚染の原因となるため集じん機稼働が必要となる。 	<p>③：吸引捕集集じん機式</p> <p>集じん機と一体化した吸引ダクトにより捕集した粉じんを外部に排出する。吸引効率が向上するため、高効率ファンが採用される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①汚染空気を吸引機に送り込むため、吸引機に集じん機を稼働させる必要がある。 ②集じん機の稼働が必要となる。 ③集じん機の稼働が必要となる。 ④吸引ダクトの設置が高くなる。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>	
存続型送気方式		
<p>④：送気・集じん機式</p> <p>天井に設置された主換気ファンで天井付近に設置可能な吸引ダクトを天井に設置した単位ノズルを配置する。吸引ダクトにより直接汚染空気を吸引し除去する方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①新鮮な空気を天井に送り込むため、天井の作業場所での気圧が低下し床面も低い。 ②風量や吸気量が増えるので送気が必要。 ③粉じんを天井付近まで捕集するため、天井部分が狭く汚染率が低下しない。 ④汚染空気を天井付近まで送気するため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>	<p>⑤：排気・集じん機式</p> <p>主換気ファンで汚染された空気を天井付近に設置可能な吸引ダクトを天井に設置した単位ノズルを配置する。吸引ダクトにより直接汚染空気を吸引し除去する方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①新鮮な空気を天井に送り込むため、天井の作業場所での気圧が低下し床面も低い。 ②風量や吸気量が増えるので送気が必要。 ③粉じんを天井付近まで捕集するため、天井部分が狭く汚染率が低下しない。 ④汚染空気を天井付近まで送気するため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>	<p>⑥：送気・集じん機式</p> <p>主換気ファンで汚染された空気を天井付近に設置可能な吸引ダクトを天井に設置した単位ノズルを配置する。吸引ダクトにより直接汚染空気を吸引し除去する方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①新鮮な空気を天井に送り込むため、天井の作業場所での気圧が低下し床面も低い。 ②風量や吸気量が増えるので送気が必要。 ③粉じんを天井付近まで捕集するため、天井部分が狭く汚染率が低下しない。 ④汚染空気を天井付近まで送気するため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>
排気方式		
<p>⑦：排気式</p> <p>トンネル内全体に必要な換気容量のファンを天井に設置し、天井の吹き出し口を天井付近に設け、天井から新鮮な空気を天井より天井付近に供給し、天井付近の汚染空気を天井より天井付近に排出する方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①新鮮な空気を天井に送り込むため、天井の作業場所での気圧が低下し床面も低い。 ②風量や吸気量が増えるので送気が必要。 ③粉じんを天井付近まで捕集するため、天井部分が狭く汚染率が低下しない。 ④汚染空気を天井付近まで送気するため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>	<p>⑧：排気式</p> <p>トンネル内に主換気ファンを設置し、天井の吹き出し口を天井付近に設け、天井から新鮮な空気を天井より天井付近に供給し、天井付近の汚染空気を天井より天井付近に排出する方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①新鮮な空気を天井に送り込むため、天井の作業場所での気圧が低下し床面も低い。 ②風量や吸気量が増えるので送気が必要。 ③粉じんを天井付近まで捕集するため、天井部分が狭く汚染率が低下しない。 ④汚染空気を天井付近まで送気するため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>	<p>⑨：送気・集じん機式</p> <p>主換気ファンで汚染された空気を天井付近に設置可能な吸引ダクトを天井に設置した単位ノズルを配置する。吸引ダクトにより直接汚染空気を吸引し除去する方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①新鮮な空気を天井に送り込むため、天井の作業場所での気圧が低下し床面も低い。 ②風量や吸気量が増えるので送気が必要。 ③粉じんを天井付近まで捕集するため、天井部分が狭く汚染率が低下しない。 ④汚染空気を天井付近まで送気するため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>
排気集じん機式		
<p>⑩：排気式</p> <p>トンネル内に主換気ファンを設置し、天井の吹き出し口を天井付近に設け、天井から新鮮な空気を天井より天井付近に供給し、天井付近の汚染空気を天井より天井付近に排出する方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①新鮮な空気を天井に送り込むため、天井の作業場所での気圧が低下し床面も低い。 ②風量や吸気量が増えるので送気が必要。 ③粉じんを天井付近まで捕集するため、天井部分が狭く汚染率が低下しない。 ④汚染空気を天井付近まで送気するため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>	<p>⑪：排気式</p> <p>トンネル内に主換気ファンを設置し、天井の吹き出し口を天井付近に設け、天井から新鮮な空気を天井より天井付近に供給し、天井付近の汚染空気を天井より天井付近に排出する方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①新鮮な空気を天井に送り込むため、天井の作業場所での気圧が低下し床面も低い。 ②風量や吸気量が増えるので送気が必要。 ③粉じんを天井付近まで捕集するため、天井部分が狭く汚染率が低下しない。 ④汚染空気を天井付近まで送気するため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>	<p>⑫：送気・集じん機式</p> <p>主換気ファンで汚染された空気を天井付近に設置可能な吸引ダクトを天井に設置した単位ノズルを配置する。吸引ダクトにより直接汚染空気を吸引し除去する方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①新鮮な空気を天井に送り込むため、天井の作業場所での気圧が低下し床面も低い。 ②風量や吸気量が増えるので送気が必要。 ③粉じんを天井付近まで捕集するため、天井部分が狭く汚染率が低下しない。 ④汚染空気を天井付近まで送気するため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>
排気集じん機式		
<p>⑬：排気式</p> <p>トンネル内に主換気ファンを設置し、天井の吹き出し口を天井付近に設け、天井から新鮮な空気を天井より天井付近に供給し、天井付近の汚染空気を天井より天井付近に排出する方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①新鮮な空気を天井に送り込むため、天井の作業場所での気圧が低下し床面も低い。 ②風量や吸気量が増えるので送気が必要。 ③粉じんを天井付近まで捕集するため、天井部分が狭く汚染率が低下しない。 ④汚染空気を天井付近まで送気するため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>	<p>⑭：排気式</p> <p>トンネル内に主換気ファンを設置し、天井の吹き出し口を天井付近に設け、天井から新鮮な空気を天井より天井付近に供給し、天井付近の汚染空気を天井より天井付近に排出する方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①新鮮な空気を天井に送り込むため、天井の作業場所での気圧が低下し床面も低い。 ②風量や吸気量が増えるので送気が必要。 ③粉じんを天井付近まで捕集するため、天井部分が狭く汚染率が低下しない。 ④汚染空気を天井付近まで送気するため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>	<p>⑮：送気・集じん機式</p> <p>主換気ファンで汚染された空気を天井付近に設置可能な吸引ダクトを天井に設置した単位ノズルを配置する。吸引ダクトにより直接汚染空気を吸引し除去する方法。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①新鮮な空気を天井に送り込むため、天井の作業場所での気圧が低下し床面も低い。 ②風量や吸気量が増えるので送気が必要。 ③粉じんを天井付近まで捕集するため、天井部分が狭く汚染率が低下しない。 ④汚染空気を天井付近まで送気するため、主換気ファンの風量が増えるのでコストが増える。 <p>▼吸引ダクトの設置が高くなる。</p>

凡例：

- ：主換気ファン
- ：集じん機
- ◇：集じん機
- △：吸引ダクト

4.2.1 換気ファンの検討

吸引捕集方式 ① 送気・吸引捕集式 の換気設備の検討を行う。

(1) 風管の選定

表 4.2.1 風管の種類と特徴比較

	軟 管			硬 管			
	樹脂加工布風管			スパイラル風管		アルミニウム加工風管	FRV風管
継 手	ファスナ	防水ファスナ	オスメス差込	ソケット	オスメス差込		
継 手 処 理	スカート	ドーナツシール	円形パッキンレバーバンド	ビス止め	円形パッキンレバーバンド		
漏 風	大	小	小	中	小	中	中
摩 擦 損 失	中	中	中	中	中	小	小
損 傷 し 易 さ	大			小		中	中
重 量	小			大		中	中
施 工 性	良い			中程度	良い	中程度	中程度
耐 火 性	防火加工可	防火加工		不燃		難燃	防火加工
耐 電 生	大			小		小	大
価 格	安価	中程度	中程度	中程度	中程度	高価	高価
口 径 (mm)	200~2,000	200~2,000	200~2,000	75~1,800	200~900	400~1,300	600~1,000
標 準 板 厚 (mm)	0.3~0.7			0.5~1.2	1.0, 1.2	2~3	1~3
長 さ (m)	10 (3.5~300)			4	5	2.44	5

※ハッチング箇所は本トンネルの計画を示す。

(換気技術指針R03 P. 153)

(1) 風管全体の圧力損失

① 風管末端の平均速度 (換気技術指針R03 P. 139, 154)

$$V = \frac{Qa}{15\pi \cdot Dd^2}$$

V : 風管末端の平均速度 12.648 (m/s)
 Qa : 所要換気量 1341 (m³/min)
 Dd : 風管の直径 1.500 (m)

$$V = \frac{Qa}{15\pi \cdot Dd^2} = \frac{1341}{15 \times \pi \times 1.500^2} = 12.648 \text{ m/s}$$

※送気10~15m/s、排気15~20m/s以上とるべきと考えられる。

(換気技術指針R03 P. 162)

② 風管の延長

$$Ld = La - Lb + Lc$$

Ld : 風管の長さ 443.5 (m)
 La : トンネル延長 463.500 (m)
 Lb : 切羽からの控え長 40.000 (m)
 Lc : 坑外延長 20.000 (m)

	坑内(m)		坑外(m)		管長(m)	備考
	坑内※	控除	坑外	控除		
吸引捕集式	463.5	40.0	20.0		443.5	

※468.016(全長)-4.503(終点坑門+坑口付け)=463.5m

③ 直管の圧力損失

$$h = \lambda \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \frac{Ld}{Dd} \cdot v^2 \cdot 10^{-3} \quad (\text{換気技術指針R03 P. 139, 154})$$

h	: 直管の圧力損失	0.568 (kPa)
λ	: 直管部の圧力損失係数	0.020
Ld	: 風管の長さ	443.5 (m)
Dd	: 風管の直径	1.500 (m)
V	: 風管端末の平均速度	12.648 (m/s)
ρ	: 空気の密度	1.200 (kg/m ³) (ρ=1.2kg/m ³ at 20°C)

表 4.2.2 風管の圧力損失係数 (λ)

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

硬管: スパイラル風管(薄肉管)、アルミニウム加工風管、FRV管

軟管(リング付): 樹脂加工布風管(リング式)、樹脂加工布風管(スパイラル式)

軟管(リング無): 樹脂加工布風管(ファスナ式)

(換気技術指針R03 P. 156)

※ハッチング箇所は本トンネルの採用値を示す。

$$h = 0.020 \times \frac{1.200}{2} \times \frac{443.5}{1.500} \times 12.648^2 \times 10^{-3} = 0.568 \text{ kPa}$$

④ 拡大部、吐出部、曲がり部等の圧力損失

$$h_b = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot 10^{-3} \quad (\text{換気技術指針R03 P. 154})$$

※圧力損失が小さいため加味しない【地整運用】

⑤ 風管の圧力損失

$$h_T = h + h_b \quad (\text{換気技術指針R03 P. 154})$$

h _T	: 風管の圧力損失	0.568 (kPa)
h	: 直管の圧力損失	0.568 (kPa)
h _b	: 拡大部、吐出部、曲がり部等の圧力損失	0.000 (kPa)

$$h_T = 0.568 + 0.000 = 0.568 \text{ kPa}$$

⑥ 風管の漏風量

$$q = \alpha \cdot hT \cdot 10^{-2} \cdot \pi \cdot Dd \cdot \frac{Ld}{a} \quad (\text{換気技術指針R03 P.155})$$

q	: 風管の漏風量	2 (m ³ /min)
α	: 風管の種類による係数	20
	・ 硬管の場合	= 4 (3~5 : 標準4)
	・ 軟管の場合	= 20 (18~22 : 標準20)
a	: 風管の継ぎ手間隔	100.000 (m)
hT	: 全体の圧力損失	0.568 (kPa)
Dd	: 風管の直径	1.500 (m)
Ld	: 風管の長さ	443.5 (m)

$$q = 20 \times 0.568 \times 10^{-2} \times \pi \times 1.500 \times \frac{443.5}{100.000} = 2 \text{ m}^3/\text{min}$$

⑦ 風管全長における漏風率

$$m = \beta \cdot \frac{Ld}{100} \quad (0 < m < 0.5) \quad (\text{換気技術指針R03 P.155})$$

m	: 風管全長における漏風率	0.009
β	: 風管100m当りの漏風率	0.002
Ld	: 風管の長さ	443.5 (m)

表 4.2.3 風管の100m当りの漏風率 (β)

風管径(単位: mm)		風 管 径 (単位: mm)		
		750以上 1,000未満	1,000以上 1,500未満	1,500以上
風管の種類				
硬管(スパイラル風管)	定尺長 4 m	0.018	0.013	0.008
軟管(樹脂加工布風管) ファスナ式	定尺長 10 m	0.020	0.015	0.010
	定尺長 100 m	0.005	0.003	0.002

- ・ 5kPa級以下の換気ファンを使用する場合。
- ・ 指定の定尺長風管のみを使用した場合の漏風率である。

(換気技術指針R03 P.159)

※ハッチング箇所は本トンネルの採用値を示す。

$$m = 0.002 \times \frac{443.5}{100} = 0.009$$

⑧ 坑内風速照査

国際トンネル協会の施工安全指針の0.17~0.75m/sに収まっていることを確認する。

$$V = \frac{Qf}{60A}$$

V	: 管内風速	0.427 (m/s)
Qf	: 換気ファンの送風量	1353 (m ³ /min)
A	: 坑内断面積	52.773 (m ²) (C II -b 断面)

$$V = \frac{Qf}{60A} = \frac{1353}{60 \times 52.773} = 0.427 \text{ m/s}$$

(2) 換気ファンの所要容量

① 換気ファンの風量

風管延長が長い場合には、漏風を考慮する必要がある、5kPa級以下の換気ファンを使用する場合で風管径750mm以上の場合、換気ファンの風量 Q_f 及び換気ファンの圧力損失 h_f は次式(式1)で算出すること。

また、上記条件に該当しない場合は次式(式2)で算出する。

$$Q_f = \frac{Q_a}{1 - m} \quad \text{式1} \quad (\text{換気技術指針R03 P. 154})$$

$$Q_f = Q_a + q \quad \text{式2} \quad (\text{換気技術指針R03 P. 155})$$

Q_f : 換気ファンの送風量	1353 (m ³ /min)
Q_a : 所要換気量	1341 (m ³ /min)
m : 風管全長における漏風率	0.009
q : 風管の漏風量	2 (m ³ /min)

$$Q_f = \frac{1341}{1 - 0.009} = 1353 \text{ m}^3/\text{min} \quad \text{式1}$$

$$Q_f = 1341 + 2 = 1343 \text{ m}^3/\text{min} \quad \text{式2}$$

$$Q_f = 1353 \text{ m}^3/\text{min} \quad m \text{の値が } 0 < 0.009 [m: \text{漏風率}] < 0.500 \text{ 及び、風管全体の圧力損失 } (h_T=0.568) \text{ が } 5.0 \text{ kPa} \text{ 以下の為、式1 を採用する。}$$

② 換気ファンの圧力

$$h_f = \frac{h_T}{1 - m} \quad \text{式1} \quad (\text{換気技術指針R03 P. 155})$$

$$h_f = \frac{Q_f}{Q_a} \cdot h_T \quad \text{式2} \quad (\text{換気技術指針R03 P. 155})$$

h_f : 換気ファンの圧力	0.573 (kPa)
h_T : 風管の圧力損失	0.568 (kPa)
Q_f : 換気ファンの送風量	1353 (m ³ /min)
Q_a : 所要換気量	1341 (m ³ /min)
m : 風管全長における漏風率	0.009

$$h_f = \frac{0.568}{1 - 0.009} = 0.573 \text{ kPa} \quad \text{式1}$$

$$h_f = \frac{1343}{1341} \times 0.568 = 0.569 \text{ kPa} \quad \text{式2}$$

$$h_f = 0.573 \text{ kPa} \quad m \text{の値が } 0 < 0.009 [m: \text{漏風率}] < 0.500 \text{ 及び、風管全体の圧力損失 } (h_T=0.568) \text{ が } 5.0 \text{ kPa} \text{ 以下の為、式1 を採用する。}$$

③ 換気ファンの軸動力

$$N = \frac{Q_f \cdot h_f}{60 \cdot \eta_f} \quad (\text{換気技術指針R03 P. 139} \sim 140)$$

N : 換気ファンの理論動力 20 kW
 hf : 換気ファンの圧力 0.573 (kPa)
 Qf : 換気ファンの送風量 1353 (m³/min)
 ηf : ファン効率 0.65

$$N = \frac{1353 \times 0.573}{60 \times 0.65} = 20 \text{ kW}$$

④ 換気ファンの決定

以下の通り、必要容量を満足する機種を損料算定表 P. 12-5~6より選定するものとする。

風量 (m ³ /min)	風圧 (kPa)	機関出力 (kW)	損料 (円/運転日)	風量 (m ³ /min)	風圧 (kPa)	機関出力 (kW)	損料 (円/運転日)
[反転軸流式・可変風量型]				[反転軸流式・可変風量型(サイレンサ型)]			
500	4.9	30 × 2		500	4.9	30 × 2	
750	3.4	37 × 2		750	3.4	37 × 2	
1000	2.9	37 × 2		1000	2.9	37 × 2	
1500	4.9	80 × 2		1200	3.9	55 × 2	
2000	4.9	110 × 2		1500	4.9	80 × 2	
				1800	1.9	55 × 2	
				2000	4.9	110 × 2	
				3000	4.9	160 × 2	

換気ファンの選定機種

粉じん低減対策	必要容量			選定機種				
	算定容量 (m ³ /min)	風圧 (kPa)	理論動力 (kW)	風量 (m ³ /min)	風圧 (kPa)	出力 (kW)	台数 (台)	備考
吸引捕集式	1353	0.573	20	1500	4.9	80 × 2	1	サイレンサ型

※旧換気技術指針(「ずい道等建設工事における換気技術指針(H17.6 建設業労働災害防止協会)」)
 に記載のあった、いわゆる単段運転、2段運転の検討は行わない。

近年の換気ファンは可変風量型(インバータ制御型・可変翼型)が一般に流通しており、単段・
 2段という考え方は、現場の実情にそぐわない状況となっている背景から、現行の換気技術指針
 (H24.3)では、記載が削除されている。

本トンネルの計画においては、現行の換気技術指針に準拠し、単段運転の検討は行わない。

(3) 送風機設置期間

① 運転日数

切羽が坑口より30m掘進した時より開始とし、貫通するまでの期間、設置するものとする。

表 4.2.4 送風機設置期間

区分	日数	算式
供用日数	190日	287 (9.546 ヶ月 TN貫通) - 97 (3.223 ヶ月 掘進30m)
運転日数	133日	201 (9.546 ヶ月 TN貫通) - 68 (3.223 ヶ月 掘進30m)

※設置期間は 表 4.2.5 切羽掘進30m工期算定表 及び 表 4.2.6 トンネル貫通工期算定表 より

表 4.2.5 切羽掘進30m工期算定表

工種	パターン	ベンチ	掘削延長 (m) ①	日当り 掘進長 (m/日) ②	日 数 (日) ③=①/②	月 数 (ヶ月) ④=③/21.0	累加月数 (ヶ月) Σ⑤	累加距離 (m)
準備工	開始						0.000	
	完了					2.670	2.670	0.000
発破掘削	DⅢa	上半	19.597	3.33	5.9	0.281	2.951	19.597
		下半	21.925	7.20	3.0	0.143	3.094	21.925
↓	DⅠ-b	上半	10.403	3.79	2.7	0.129	3.223	30.000
		下半		7.65				
掘削工	掘削開始						2.670	
	掘削30m完了					0.553	3.223	

表 4.2.6 トンネル貫通工期算定表

工種	パターン	ベンチ	掘削延長 (m) ①	日当り 掘進長 (m/日) ②	日数 (日) ③=①/②	月数 (ヶ月) ④=③/21.0	累加月数 (ヶ月) Σ⑤	累加距離 (m)
準備工	開始						0.000	
	完了						2.670	0.000
発破掘削	起点側坑口付	上半	4.503					4.503
		下半	2.175					2.175
	DⅢa	上半	19.597	3.33	5.9	0.281	2.951	24.000
		下半	21.925	7.20	3.0	0.143	3.094	24.000
	DⅠ-b	上半	108.000	3.79	28.5	1.357	4.451	132.000
		下半	108.000	7.65	14.1	0.671	5.122	132.000
	CⅡ-b	全断面	10.000	4.13	2.4	0.114	5.236	142.000
	DⅠ-b	上半	69.016	3.79	18.2	0.867	6.103	211.016
		下半	69.016	7.65	9.0	0.429	6.532	211.016
	CⅡ-b	全断面	223.000	4.13	54.0	2.571	9.103	434.016
	DⅠ-b	上半	4.000	3.79	1.1	0.052	9.155	438.016
		下半	4.000	7.65	0.5	0.024	9.179	438.016
DⅢa	上半	25.497	3.33	7.7	0.367	9.546	463.513	
	下半		7.20				438.016	
掘削工	掘削開始						2.670	
	TN貫通					6.876	9.546	

4.3 集じん機の検討

4.3.1 集じん機の選定

(1) 集じん機の選定

① 送気・吸引捕集方式による容量算定式 (電気式集塵)

$$Q_s \geq A_t \cdot V_c \cdot 60 / \eta D$$

$$\text{※ } Q_s \geq 1.2Q_a$$

Q _s : 集じん装置の容量	1377 (m ³ /min)
Q _a : 所要換気量	1341 (m ³ /min)
A _t : トンネル掘削断面積 (CII-b 断面)	52.773 (m ²)
V _c : 制御風速	0.400 (m/s)
TBM等隔壁がある場合	(0.25~0.3m/s)
自由断面で拡散しやすい場合	(0.4m/s以上)
ηD : 集じん効率	0.920 (メーカーヒアリング最小値)

$$Q_s \geq 52.773 \times 0.400 \times 60 / 0.920 = 1377 \text{ m}^3/\text{min}$$

※吸引伸縮風管の選定目安

φ1200	: (800 m ³ /min ≤ Q _s < 1200 m ³ /min)
φ1500	: (1200 m ³ /min ≤ Q _s < 2400 m ³ /min)
φ1700	: (2400 m ³ /min ≤ Q _s < 3100 m ³ /min)
φ1800	: (3100 m ³ /min ≤ Q _s < 3800 m ³ /min)

(換気技術指針R03 P.170)

② 集じん機の決定

必要容量を満足する機種を損料算定表P.06-13~16より選定した。

定格風量 (m ³ /min)	機関出力 (kW)	基礎価格 (千円)	損料 (円/運転日)	定格風量 (m ³ /min)	機関出力 (kW)	基礎価格 (千円)	損料 (円/運転日)
[フィルタ式集塵機]				[電気式集塵機]			
500	37	■	■	2000	42	■	■
600	45			2400	64		
800	60			2700	61		
1200	74						
1800	110						
2400	160						
3000	150						

集じん機の選定機種

粉じん低減対策	除じん方式	算定容量 (m ³ /min)	風量 (m ³ /min)	出力 (kW)	損料 (円/運転日)	台数 (台)
吸引捕集方式	電気式	1377	2000	42	■	1

(2) 集じん機設置期間

① 運転日数

切羽が坑口より30m掘進した時より開始とし、貫通するまでの期間、設置するものとする。

表 4.3.1 集じん機設置期間

区分	日数	算式
供用日数	190日	287 (9.546 ヶ月 TN貫通) - 97 (3.223 ヶ月 掘進30m)
運転日数	133日	201 (9.546 ヶ月 TN貫通) - 68 (3.223 ヶ月 掘進30m)

※設置期間は表 4.2.5 切羽掘進30m工期算定表 及び 表 4.2.6 トンネル貫通工期算定表 より

4.4 換気設備の経済比較

【換気設備経済比較】

換気方式及び集じん方式の選定の結果は、下表より以下の通りとなった。

吸引捕集方式, 送気式[電気式集じん] を選定する。

粉じん低減対策			送気式				
			希釈封じ込め方式		吸引捕集方式		
			粉じん低減材	液体急結剤	吸引捕集		
フィルター式集じん	送風機容量	m3/min	3000	1500	1500		
	送風機台数	台	1	1	1		
	集じん機容量	m3/min	3000	1800	1800		
	集じん機台数	台	1	1	1		
	金額	千円	■				
	判定		OUT				
電気式集じん	送風機容量	m3/min	3000	1500	1500		
	送風機台数	台	1	1	1		
	集じん機容量	m3/min	2700	2000	2000		
	集じん機台数	台	1	1	1		
	金額	千円	■				
	判定		OUT		○		

【換気設備の経済比較 [送気式]】

項目	細目	記号	単位	希釈計じ込め方式		吸引捕集方式	備考
				粉じん 紙濾材	液体 急結露		
所要換気量	発破の後ガス	掘削断面積	AT	m ²	52.773	52.773	H-h断面 [52.773m ²]
		1発破掘進長	△1	m	1.2	1.2	H [1.2m]
		1m ³ 当り火薬使用量	α	m ³ /kg	0.8	0.8	α断面 [0.8kg/m ³]
		一酸化炭素 (CO) の発生量	V0	m ³	0.253	0.253	AT×△1×α×5×10 ⁻³ [含水爆薬]
		燃気係数	K1		0.8	0.8	燃気(0.4×2倍(燃気の2~3倍))=0.8
	発破の粉じん	所要換気時間	t	min	19	19	
		所要換気量	Q2a	m ³ /min	213	213	送気V0/(50×10 ⁻⁶ ×t)
		粉じんの発生量	g	mg	101,324	101,324	AT×△1×α×2,000[火薬1kgより発生する粉じん量]
		燃気係数	K2		0.4	0.4	
		所要換気量(希釈方式)	Q2b-new	m ³ /min	874	874	(K2×S)/(3[管理目標濃度]-Go)×(1)×1.2[※1]
	ディーゼル機関	所要換気量	Q3	m ³ /min	1,287	1,287	B.1.4 ディーゼル機関を使用する場合より
		低減効果係数	α		0.75	0.40	
		吹付け機定容吐出量	Po	m ³ /h	22	22	
		粉じん発生量	Fo	mg/min	5,940	3,168	160[定数]×Po×α
		空気の濃度	Go	mg/m ³	0.07	0.07	送気(外気):0.07
吹付コンクリート	所要換気量(希釈方式)	Q1a-new	m ³ /min	2,433	1,297	(Fo/(3[粉じん濃度目標]-Go))×1.2[※1]	
	所要換気量(吸引捕集方式)	QD	m ³ /min		1,267	AT×v[掘削風速0.4m/sec]×60	
	坑内風速	V	m/sec	0.3	0.3		
	所要換気量	Q6	m ³ /min	917	917	50.926m ² (吹付施工後の掘削面C(H)-h)×V×60	
	作業員の入数	n	人	18	18		
所要換気量の決定	所要換気量	Q1	m ³ /min	54	54	α×3[作業員1人当りの所要換気量]	
	粉じん対象	Q1max	m ³ /min	2,433	1,297	max(Q2b-new, Q1a-new)	
	有毒ガス、熱、坑内風速対象	Q2max	m ³ /min	1,287	1,287	max(Q2a, Q3)	
	所要換気量	Q	m ³ /min	2,487	1,351	送気(max(Q1max, Q2max)+QP), 吸引捕集(Q2max+QP)	
		Q/15π×Dd ²		2.487	1.50	軟管(補助加工用軟管), 定尺長100m	
風管全体の圧力損失	風管の直径	Dd	m	3.00	1.50		
	風管端末の平均速度	V1	m/s	13.194	12.742	Q/(15π×Dd ²) 送気:10~15m/s	
	風管長	Ld	m	443.5	443.5		
	風管の圧力損失係数	λ		0.020	0.020	※4.2.1 風管の種類と特徴比較	
	直管の圧力損失	h	kPa	0.46	0.58	λ×(L/2[空気の密度/2])×(Ld/Dd)×V1 ² ×10 ⁻³	
	風管全体の圧力損失	h	kPa	0.00	0.00		
	風管各部圧力損失	hb	kPa			※圧力損失が小さいため加味しない【地盤運用】	
	風管全体圧力損失	hT	kPa	0.46	0.58	h+h _b	
	風管の漏風量	q	m ³ /min	3	2	E0[係数]×hT×10 ⁻² ×α×Dd×(Ld/100[風管継手間隔])	
	風管全長における漏風率	n	%	0.009	0.009	送気100m長1.2.3風管の100m当りの漏風率(n)	
ファン容量	漏風率	n	%	0.009	0.009	n×(Ld/100) ※n<0.5	
	換気ファンの風量	Q1	m ³ /min	2,519	1,383	AT≦5: Q/1-m, hT>5: Q+q	
	換気ファンの圧力	hT	kPa	0.46	0.59	hT≦5: hT(1-m), hT>5: (Q1/Q)×hT	
	換気ファンの理論動力	nF	kW	0.65	0.65		
	換気ファンの理論動力	N	kW	30	20	(Q1×hT)/(60×ηF)	
換気ファン選定	風量	Qn	m ³ /min	3,000	1,500	1,500	
	風圧	hg	kPa	4.9	4.9	4.9	
	動力	kl	kW	160	80	80	
	台数	n1	台	1	1	1	
	運転1日当り換算相料	e1	円/日				
集じん機の選定	フィルター式集じん機	集じん効率	ηD1		0.95	0.95	メーカーヒアリング最小値
		エアークリーン効果係数	ke		1.20	1.20	
		集じん装置の必要容量	Qe1	m ³ /min	3,141	1,707	1,333
		風量	q	m ³ /min	3,000	1,800	1,800
		動力	k2	kW	150	110	110
	電気式集じん機	集じん効率	ηD2		0.92	0.92	メーカーヒアリング最小値
		集じん装置の必要容量	Qe2	m ³ /min	3,244	1,762	1,377
		風量	q	m ³ /min	2,700	2,000	2,000
		動力	k3	kW	61	42	42
		運転1日当り換算相料	e3	円/日			
経済性	換気ファン運転時間	運転日数	D1	日	133	133	6.319ヶ月×21.0日/月
		使用日数	D2	日	190	190	6.319ヶ月×30.0日/月
		運転時間	h1	時間	2,261	2,261	17h/日
	換気ファン	換気ファン相料	[A]	千円			D1×n1×e1
		換気ファン電力料	[B]	千円			h1×k1×2×n1×燃料消費率(0.571)×電
		風管相料	[C]	千円			50%
	集じん機運転時間	運転日数	D3	日	133	133	6.319ヶ月×21.0日/月
		使用日数	D4	日	190	190	6.319ヶ月×30.0日/月
		運転時間	h2	時間	2,261	2,261	17h/日
	フィルター式集じん機	換気ファン相料	[D]	千円			D3×nF×e2
		換気ファン電力料	[E]	千円			
		換気ファン相料	[F]	千円			D3×ne×e3
	電気式集じん機	換気ファン相料	[G]	千円			
		換気ファン電力料	[H]	千円			
		粉じん対策費	[I]	千円			
合計(フィルター式集じん機)	除じん装置	[J]	千円			相料率 ×10 ⁻⁶ (%)	
	吸引ダクト(伸縮風管)	[K]	千円			相料率 ×10 ⁻⁶ (%)	
	電気式	[L]	千円			使用日190日 送気式φ1500 ダクト相料×使用日数	
合計(電気式集じん機)			千円			使用日190日 送気式φ1500 ダクト相料×使用日数	
						[A] + [B] + [C] + [D] + [E] + [F] + [G] + [H] + [I] + [J] + [K]	
						[A] + [B] + [C] + [F] + [G] + [H] + [I] + [L]	

※赤ハッチングは条件を満たす機種がなく選択不可

吸引捕集式の際の吸引ダクトの選定径を下表に示す。
選定径は管内の塵の堆積を防ぐため管内風速15~20m/min
として検証を行った。
風量[m³/min]/(15×π×ダクト径[m])=管内風速[m/s]

フィルター式集塵機

集塵機容量	管内風速 (m/e)					
	500 (m ³ /min)	600 (m ³ /min)	800 (m ³ /min)	1200 (m ³ /min)	1800 (m ³ /min)	3000 (m ³ /min)
φ1700	3.671	4.406	5.874	8.811	13.217	22.028
φ1500	4.716	5.689	7.545	11.318	16.977	28.294
φ1400	5.413	6.496	8.661	12.992	19.488	32.481
φ1000	10.61	12.732	16.977	25.465	38.197	63.662
φ900	13.099	15.719	20.959	31.438	47.157	82.876
φ800	16.579	19.894	26.526	39.789	59.683	99.472
選定(m)	φ800	φ900	φ1000	φ1400	φ1500	φ1700

電気式集塵機

集塵機容量	管内風速 (m/e)		
	2000 (m ³ /min)	2100 (m ³ /min)	2700 (m ³ /min)
φ1700	14.686	17.623	19.826
φ1500	18.863	22.635	25.465
φ1400	21.654	25.984	29.233
φ1000	42.441	50.93	57.296
φ900	52.397	62.876	70.736
φ800	66.315	79.577	89.525
選定(m)	φ1500	φ1700	φ1700

吸引ダクト相料

吸引ダクト径	フィルター式		電気式	
	基礎価格 千円	相料(円/日) 千円	基礎価格 千円	相料(円/日) 千円
φ700				
φ800				
φ900				
φ1000				
φ1200				
φ1400				
φ1500				
φ1700				

※吸引伸縮風管の選定目安

φ1200 800m³/min ≦ Qs < 1200m³/min
φ1500 1200m³/min ≦ Qs < 2400m³/min
φ1700 2400m³/min ≦ Qs < 3100m³/min
φ1800 3100m³/min ≦ Qs < 3800m³/min

【吹付コンクリート粉じん抑制剤費用算定】

種別		粉じん低減材なし		粉じん低減材		液体急結剤		備考
低減係数		1.00		0.75		0.40		
単位		kg/m3	円/m3	kg/m3	円/m3	kg/m3	円/m3	
W/C		56%		56%		50%		
水	5.0円/kg	202		202		200		
セメント	15.0円/kg	360		360		400		
砂	3.2円/kg	1,086		1,086		1,095		
碎石	3.4円/kg	675		675		596		
低減材	4000円/kg			0.36				セメント×0.1%
減水剤	350円/kg					4.80		セメント×1.2%
急結剤	350円/kg	32.4		32.4				セメント×9%
	350円/kg					32.0		セメント×8%
粉体助剤	300円/kg					16.0		セメント×4%
石炭灰	1.7円/kg							
1m3単価								
差額								

※単価はメーカーヒアリング

種別	区間長	1サイクル当り 進行長	吹付面積	1サイクル当り 吹付面積	吹付設計厚	吹付ロス率		1サイクル当り吹付量		吹付コンクリート		粉じん 低減材	液体 急結剤	
						標準	液体急結剤	標準	液体急結剤	標準	液体急結剤			
						K1	K2	V1=M・N・K1	V2=M・N・K2	Q1=V1×L/B	Q2=V2×L/B			
単位	L	B	l	M=B×l	N			m3	m3	m3	m3	円/m3	円/m3	
	m	m	m2	m2	m							千円	千円	
CⅡ-b	全断面	233.0	1.2	18,310	22.0	0.10	2.3	1.9	5,060	4,180	982	812		
DⅠ-b	上半	181.0	1.0	14,373	14.4	0.15	2.1	1.7	4,536	3,672	821	665		
	下半			3,936	3.9	0.15	1.8	1.6	1,053	0,936	191	169		
DⅢa	上半	54.0	1.0	14,530	14.5	0.25	1.8	1.5	6,525	5,438	352	294		
	下半			3,936	3.9	0.25	1.6	1.4	1,560	1,365	84	74		
費用														

4.5 給水設備

(1) 使用水量の算定

工事中の使用水は、削岩機及び雑用水(コンプレッサーの冷却水、坑内洗浄水、プラントその他)である。主な機械及び設備における使用水量の例は、下表の通りであり、実際にはこれら全てが同時に使用されることはないため、計画使用水量としては全水量の60%程度の用水量が目安とされている。尚、給水設備の設置期間は掘削期間とする。

表 4.5.1 使用水量の一例

機械名	使用水量	
油圧削岩機ドリフター	60 ~ 120 $\frac{\text{リットル}}{\text{分}}$	※循環式
コンプレッサー	200 $\frac{\text{リットル}}{\text{分}}$	
洗浄水	100 $\frac{\text{リットル}}{\text{分}}$	
バッチャープラント (コンクリート練混ぜ水)	160 kg/m^3	

H23 土木工事仮設計画ガイドブック(Ⅱ) P.291より

①削岩機の使用水量

$$q_1 = \frac{90 \frac{\text{リットル}}{\text{分}}/\text{台} \times 3 \text{ 台}}{(60+120)/2} = 270 \frac{\text{リットル}}{\text{分}}$$

②コンプレッサー

$$q_2 = \text{循環式として考慮しない}$$

③洗浄水

$$q_3 = 100 \frac{\text{リットル}}{\text{分}}$$

④バッチャープラントの使用水

$$q_3 = 160 \text{ kg/m}^3 \times 0.42 \text{ m}^3/\text{分} = 67.2 \text{ kg/min} = 67.2 \frac{\text{リットル}}{\text{分}} \approx 70 \frac{\text{リットル}}{\text{分}}$$

※バッチャープラントの設備能力・・・25 $\text{m}^3/\text{h} = 0.42 \text{ m}^3/\text{分}$

⑤使用水量の算定

$$\Sigma q = (270 + 100 + 70) \times 60\% = 264 \frac{\text{リットル}}{\text{分}}$$

(2) 水槽容量の算定

水槽の容量は、20 m^3 程度の鋼板製簡易水槽とする。

(3) 取水ポンプ・取水管の選定

取水ポンプ (取水槽～給水槽)

ポンプの揚程は実際の揚程+損失水頭で求められる。

【ポンプ実揚程の算定】

$$H_a = 431.0 - 429.0 = 2.0 \text{ m}$$

【送水管長の算定】

$$L = \text{坑外} : 130.0 \text{ m}, \text{坑内} : 0.0 \text{ m} = 130.0 \text{ m}$$

【管内流速の算定】

$$\begin{aligned} V &= 4 \times Q / (60 \times \pi \times D^2) \\ &= 4 \times 0.264 / (60 \times \pi \times 0.080^2) = 0.875 \text{ m/s} \end{aligned}$$

【損失係数の算定】

$$\begin{aligned} f_1 &= 0.02 + 0.0005 / D \\ &= 0.02 + 0.0005 / 0.080 = 0.026 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= \text{曲部4箇所(推定)} \\ &= 0.30 \times 4 = 1.200 \end{aligned}$$

【損失水頭の算定】

$$\begin{aligned} HL_1 &= (f_1 \times L / D) \times (V^2 / 2g) \\ &= (0.026 \times 130.0 / 0.080) \times (0.875^2 / 2 \times 9.8) = 1.650 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HL_2 &= f_2 \times (V^2 / 2g) \\ &= 1.200 \times (0.875^2 / 2 \times 9.8) = 0.047 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HL &= HL_1 + HL_2 \\ &= 1.650 + 0.047 = 1.697 \text{ m} \end{aligned}$$

【全揚程の算出】

$$\begin{aligned} H &= H_a + HL \\ &= 2.0 + 1.697 = 3.697 \text{ m} \end{aligned}$$

ここに、	H	:	ポンプ全揚程	=	3.7 m
	H _a	:	ポンプ実揚程	=	2.0 m
	Q	:	必要取水量	=	0.264 m ³ /min
	HL	:	損失水頭	=	1.697 m
	f ₁	:	摩擦損失係数	=	0.026
	f ₂	:	曲がり損失係数	=	1.200
	L	:	送水管長	=	130.0 m
	D	:	管径	=	80 mm
	V	:	管内流速 (管径φ 80 mm)	=	0.875 m/s
	g	:	重力加速度	=	9.8 m/s ²

以上よりポンプの仕様は、

型式	:	工事用水中モータポンプ
台数	:	1 台
口径	:	φ 80 mm
機関出力	:	1.5 kw
全揚程	:	10.0 m × 1 = 10.0 m > 3.7 m
基礎価格	:	■■■■ 円
燃料消費量	:	0.88 kWh/h
管長	:	130.0 m (坑外 = 130.0 m, 坑内 = 0.0 m)

(機種を選定は損料表P.13-7~8より選択)
坑外 : SGP管(黒ねじ無し)

(4) 給水ポンプ・給水管の選定

給水ポンプ (給水槽～切羽)

ポンプの揚程は実際の揚程+損失水頭で求められる。

【ポンプ実揚程の算定】

$$H_a = 441.6 - 431.0 = 10.6 \text{ m}$$

【送水管長の算定】

$$L = \text{坑外} : 155.0 \text{ m}, \text{坑内} : 468.0 \text{ m} = 623.0 \text{ m}$$

【管内流速の算定】

$$\begin{aligned} V &= 4 \times Q / (60 \times \pi \times D^2) \\ &= 4 \times 0.264 / (60 \times \pi \times 0.065^2) = 1.326 \text{ m/s} \end{aligned}$$

【損失係数の算定】

$$\begin{aligned} f_1 &= 0.02 + 0.0005 / D \\ &= 0.02 + 0.0005 / 0.065 = 0.028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= \text{曲部4箇所(推定)} \\ &= 0.30 \times 4 = 1.200 \end{aligned}$$

【損失水頭の算定】

$$\begin{aligned} HL_1 &= (f_1 \times L / D) \times (V^2 / 2g) \\ &= (0.028 \times 623.0 / 0.065) \times (1.326^2 / 2 \times 9.8) = 24.075 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HL_2 &= f_2 \times (V^2 / 2g) \\ &= 1.200 \times (1.326^2 / 2 \times 9.8) = 0.108 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HL &= HL_1 + HL_2 \\ &= 24.075 + 0.108 = 24.183 \text{ m} \end{aligned}$$

【全揚程の算出】

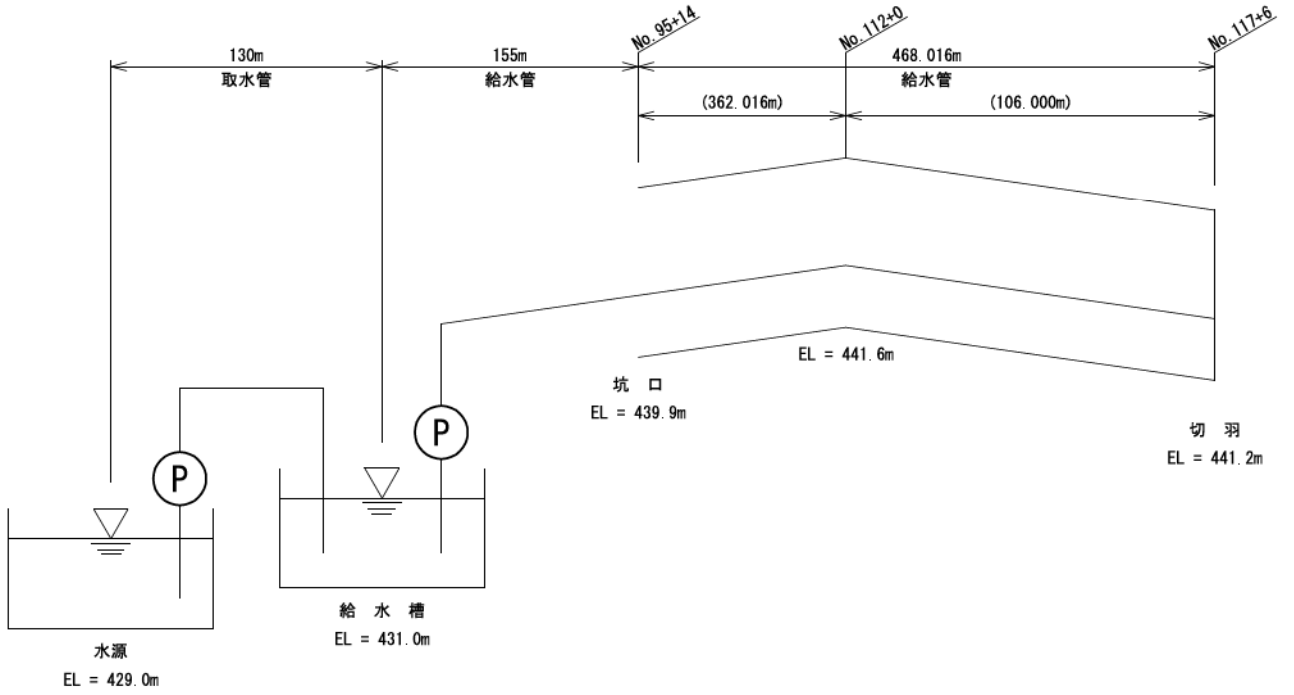
$$\begin{aligned} H &= H_a + HL \\ &= 10.6 + 24.183 = 34.783 \text{ m} \end{aligned}$$

ここに、	H	:	ポンプ全揚程	=	34.8 m
	H _a	:	ポンプ実揚程	=	10.6 m
	Q	:	必要給水量	=	0.264 m ³ /min
	HL	:	損失水頭	=	24.183 m
	f ₁	:	摩擦損失係数	=	0.028
	f ₂	:	曲がり損失係数	=	1.200
	L	:	送水管長	=	623.0 m
	D	:	管径	=	65 mm
	V	:	管内流速 (管径φ 65 mm)	=	1.326 m/s
	g	:	重力加速度	=	9.8 m/s ²

以上よりポンプの仕様は、

型式	:	小型多段遠心ポンプ
台数	:	1 台
口径	:	φ 65 mm
機関出力	:	5.5 kw
全揚程	:	35.0 m × 1 = 35.0 m > 34.8 m
基礎価格	:	■■■■ 円
燃料消費量	:	5.00 kWh/h
管長	:	623.0 m (坑外 = 155.0 m, 坑内 = 468.0 m)
		(機種を選定は損料表P.13-3~6より選択)
		坑内 : SGP管(黒ねじ無し)
		坑外 : SGP管(黒ねじ無し)

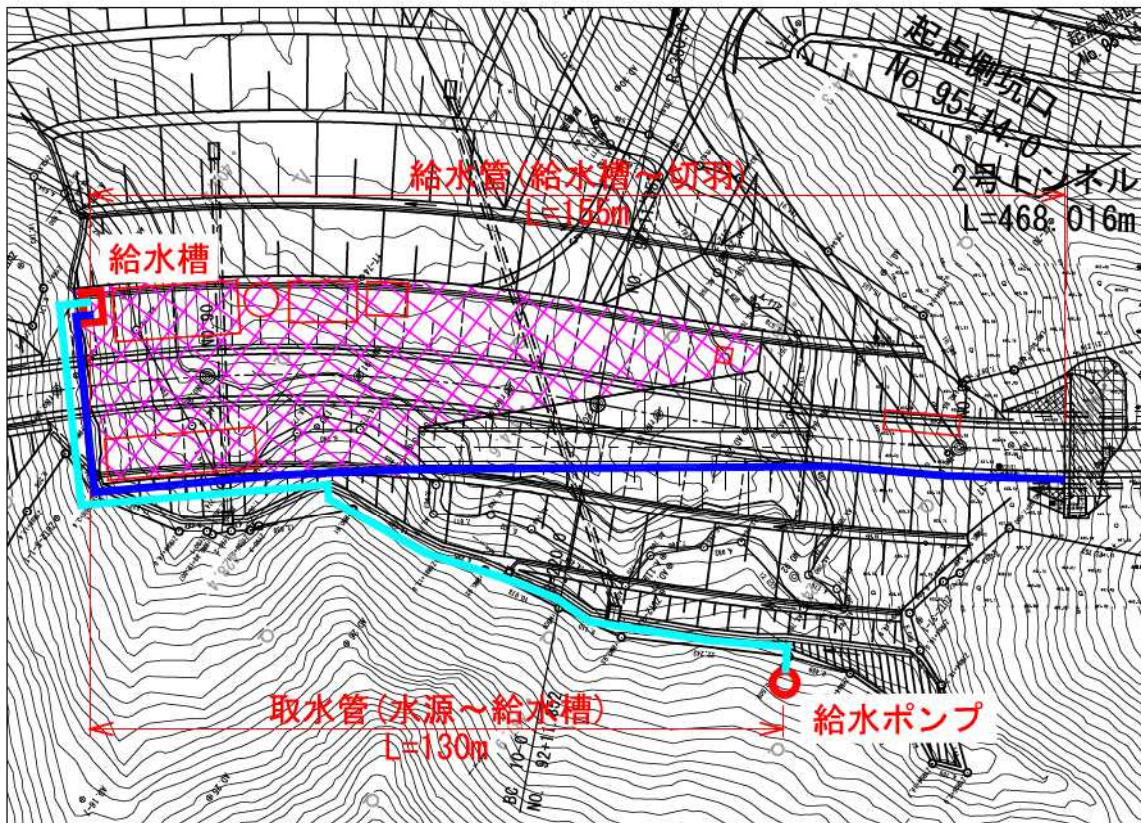
給水経路概要図



・ 水源～給水槽の静水頭 $h \approx 2.0\text{m}$

・ 給水槽～切羽の静水頭 $h \approx 10.2\text{m}$

工事前仮設備配置図 S=1:1000



(5) 給水設備運転日数

表 4.5.2 給水設備運転期間

掘削開始～掘削終了

位置		供用日数	算式	
取水	供用日数	211日	292 (9.732 ヶ月 掘削完了) -	81 (2.670 ヶ月 掘削開始)
	運転日数	148日	205 (9.732 ヶ月 掘削終了) -	57 (2.670 ヶ月 掘削開始)

※期間は工程表より

掘削開始～掘削終了

位置		供用日数	算式	
給水	供用日数	211日	292 (9.732 ヶ月 掘削終了) -	81 (2.670 ヶ月 掘削開始)
	運転日数	148日	205 (9.732 ヶ月 掘削終了) -	57 (2.670 ヶ月 掘削開始)

※期間は工程表より

(6) 給水設備

- ①給排水設備は、水槽、釜場等の設置・解体及びポンプの運転経費を計上する。ただし、ポンプの運転労務は計上しない。
- ②給水設備の機種、規格は次表を標準とし、設置期間は掘削期間とする。
- ③給水設備の日当り運転時間は、17時間を標準とする。

表 4.5.3 給水設備の機種、規格の選定

機種	規格	単位	数量	備考
取水ポンプ 工事用水中モータポンプ	普通型(潜水ポンプ) φ80mm×10m×1.5kw	台	1	取水槽～給水槽
給水ポンプ 小型多段遠心ポンプ	片吸込・モータ駆動型 φ65mm×35m×5.5kw	台	1	給水槽～切羽
水槽(一般工事用)	鋼板製簡易水槽 20m3	台	1	

4.6 排水設備

(1) 湧水量

トンネル掘削に伴う湧水は、地形、地質、断層、土被り等により大きく異なるため、その湧水量を推定することは非常に困難である。トンネルの湧水量を推定する方法として以下の3項目がある。

- a) 地質調査をもとにして推定する。
- b) 過去の工事施工例から推定する。
- c) 地表面の状況を調査し、水理、水質学的に推定する。

本トンネルにおいては、上記の「a)地質調査をもとにして推定する。」によるものとし、湧水状況の詳細な調査は行っていないものの、地質別に見たトンネル湧水量より以下の値を使用する。

当該トンネルの湧水量は、以下の値とする。

地質区分	比湧水量の範囲 m ³ /min/km	平均比湧水量 m ³ /min/km
火山岩	0.85 ～ 10	3.71
火山砕屑岩	0.035 ～ 0.9	0.30
深成岩類	0.17 ～ 3.8	1.38
含片麻岩類	0.018 ～ 0.84	0.20
古生層	0.10 ～ 4.5	0.79
中生層	0.00 ～ 0.95	0.17
第三紀～洪積世	砂礫層	0.02 ～ 3.6
	砂岩、頁岩、凝灰岩	0.014 ～ 0.95
	泥岩	0.00 ～ 0.26

*1 「トンネル工事に伴う湧水濁水に関する調査研究(その2)報告書
日本道路公団委託 (社)日本トンネル技術協会 昭和58年2月」

出典：山岳トンネル工事における濁水処理設備計画の手引き
平成14年1月 社団法人日本トンネル技術協会 P.38

$$Q = 0.300 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km} \times 0.468 \text{ km} = 0.140 \text{ m}^3/\text{min} \approx 140 \text{ } \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$Q = 0.300 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km} \times 0.106 \text{ km} = 0.032 \text{ m}^3/\text{min} \approx 32 \text{ } \frac{\text{L}}{\text{min}} \quad [\text{No. 112} \sim \text{No. 117}+6]$$

(2) 排水量

トンネル内工事用水として、削岩機及び坑内洗浄水に水を使用するが、このうち最大は削岩機使用水 $Q=270 \text{ } \frac{\text{L}}{\text{min}}$ である。よって坑内からの排水量は

$$Q = 140 \text{ } \frac{\text{L}}{\text{min}} + 270 \text{ } \frac{\text{L}}{\text{min}} = 410 \text{ } \frac{\text{L}}{\text{min}} \approx 0.410 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q = 32 \text{ } \frac{\text{L}}{\text{min}} + 270 \text{ } \frac{\text{L}}{\text{min}} = 302 \text{ } \frac{\text{L}}{\text{min}} \approx 0.302 \text{ m}^3/\text{min} \quad [\text{No. 112} \sim \text{No. 117}+6]$$

本トンネルは、掘進側(起点側)からNo.112まで0.50%の上り勾配となっており、この区間は自然排水とする。No.112～終点坑口までは0.50%の下り勾配となっており、この区間は強制排水とする。

また、起点側坑口より濁水処理場までは排水管を敷設する。

(3) 排水ポンプの選定

排水ポンプ (No. 112~No. 117+6)

ポンプの揚程は実際の揚程+損失水頭で求められる。

【ポンプ実揚程の算定】

$$H_a = 441.6 - 441.2 = 0.4 \text{ m}$$

【送水管長の算定】

$$L = \text{坑外} : 0.0 \text{ m}, \text{坑内} : 106.0 \text{ m} = 106.0 \text{ m}$$

【管内流速の算定】

$$\begin{aligned} V &= 4 \times Q / (60 \times \pi \times D^2) \\ &= 4 \times 0.302 / (60 \times \pi \times 0.080^2) = 1.001 \text{ m/s} \end{aligned}$$

【損失係数の算定】

$$\begin{aligned} f_1 &= 0.02 + 0.0005 / D \\ &= 0.02 + 0.0005 / 0.080 = 0.026 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= \text{曲部4箇所(推定)} \\ &= 0.30 \times 4 = 1.200 \end{aligned}$$

【損失水頭の算定】

$$\begin{aligned} HL_1 &= (f_1 \times L / D) \times (V^2 / 2g) \\ &= (0.026 \times 106.0 / 0.080) \times (1.001^2 / 2 \times 9.8) = 1.761 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HL_2 &= f_2 \times (V^2 / 2g) \\ &= 1.200 \times (1.001^2 / 2 \times 9.8) = 0.061 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HL &= HL_1 + HL_2 \\ &= 1.761 + 0.061 = 1.822 \text{ m} \end{aligned}$$

【全揚程の算出】

$$\begin{aligned} H &= H_a + HL \\ &= 0.4 + 1.822 = 2.222 \text{ m} \end{aligned}$$

ここに、	H	:	ポンプ全揚程	=	2.2 m
	H _a	:	ポンプ実揚程	=	0.4 m
	Q	:	必要排水量	=	0.302 m ³ /min
	HL	:	損失水頭	=	1.822 m
	f ₁	:	摩擦損失係数	=	0.026
	f ₂	:	曲がり損失係数	=	1.200
	L	:	送水管長	=	106.0 m
	D	:	管径	=	80 mm
	V	:	管内流速 (管径φ 80 mm)	=	1.001 m/s
	g	:	重力加速度	=	9.8 m/s ²

以上よりポンプの仕様は、

型式	:	工事用水中モータポンプ
台数	:	1 台
口径	:	φ 80 mm
機関出力	:	1.5 kw
全揚程	:	10.0 m × 1 = 10.0 m > 2.2 m
基礎価格	:	■■■■ 円
燃料消費量	:	0.88 kWh/h
管長	:	106.0 m (坑外 = 0.0 m, 坑内 = 106.0 m)
		(機種の選定は損料表P.13-7~8より選択)
		坑内 : SGP管(黒ねじ無し)
		坑外 : SGP管(黒ねじ無し)

(4) 排水管路損失照査 (起点側坑口～濁水設備)

起点側坑口～濁水設備間の管路損失等の照査

$$\begin{aligned} H &= h_e + (V^2 / 2g) \\ &= 3.88 + 1.359^2 / (2 \times 9.8) = 3.97 \text{ m} \\ h_e &= (\lambda \times L / D + f_d) \times (V^2 / 2g) \\ &= (0.026 \times 125.0 / 0.080 + 0.5) \times 1.359^2 / (2 \times 9.8) = 3.88 \text{ m} \\ V &= 4 \cdot Q / (60 \cdot \pi \cdot D^2) \\ &= 4 \times 0.410 / (60 + \pi \times 0.080^2) = 1.359 \text{ m/s} \end{aligned}$$

ここに、	H	: 必要水頭	= 3.97 m
	Ha	: 許容水頭 (439.9 m - 429.0 m)	= 10.90 m
	Q	: 必要排水量	= 0.410 m ³ /min
	he	: 損失水頭	= 3.88 m
	λ	: 摩擦損失係数 (0.02 + 1 / (2 × D))	= 0.026
	L	: 送水管長 (坑外 = 125.0 m, 坑内 = 0.0 m)	= 125.0 m
	D	: 管径	= 80 mm
	fd	: 曲がり損失係数	= 0.5
	V	: 管内平均流速	= 1.359 m/s
	g	: 重力加速度	= 9.8 m/s ²

以上より照査結果は、

$$H = 3.97 \text{ m} < Ha = 10.90 \text{ m} \quad \dots \text{ OK}$$

排水管 : SGP管(黒ねじ無し)
口径 : φ 80 mm
管長 : 125.0 m (坑外 = 125.0 m, 坑内 = 0.0 m)

(5) 排水設備運転日数

表 4.6.1 排水ポンプ運転期間

掘削開始～掘削完了

位置	供用日数	算式	
ポンプ	供用日数	211日	292 (9.732 ヶ月 掘削完了) - 81 (2.670 ヶ月 掘削開始)
	運転日数	148日	205 (9.732 ヶ月 掘削完了) - 57 (2.670 ヶ月 掘削開始)

※期間は次頁、運転開始日算出表より

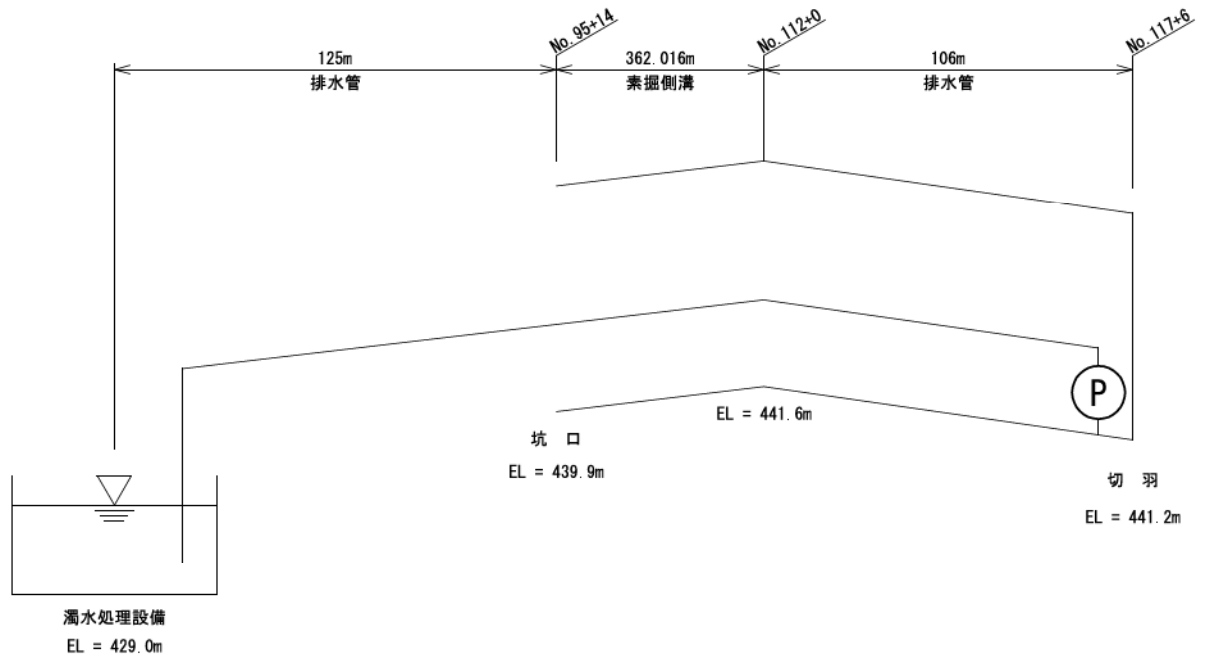
(6) 排水設備

- ①排水設備の機種、規格は次表を標準とし、設置期間は掘削期間とする。
- ②排水設備の日当り運転時間は、常時排水を標準とする。

表 4.6.2 排水設備の機種、規格の選定

機種	規格	単位	数量	備考
排水ポンプ 工事用水中モータポンプ	普通型(潜水ポンプ) φ80mm×10m×1.5kw	台	1	No. 112～No. 117+6

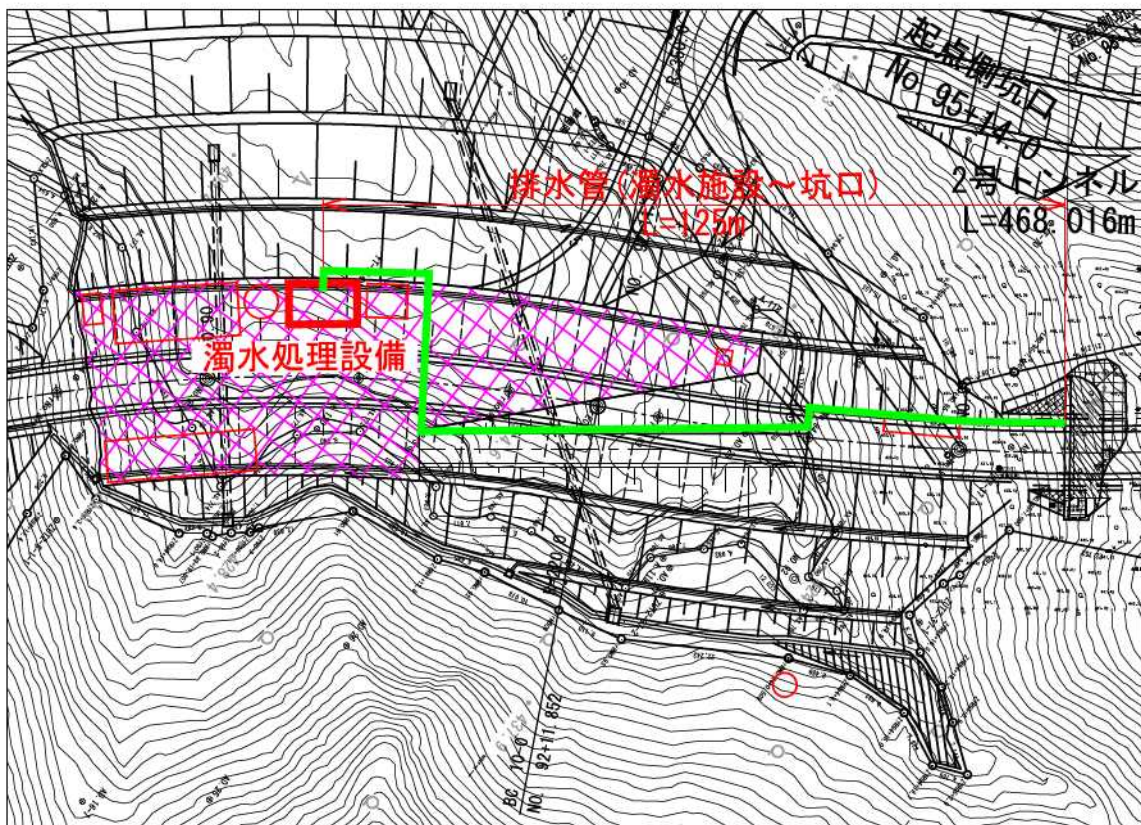
排水経路概要図



・ 坑口～濁水処理設備の静水頭 $h \approx 10.9m$

・ 切羽～クレストの静水頭 $h \approx 0.4m$

工事前仮設備配置図 S=1:1000



4.7 濁水処理設備

4.7.1 概説

トンネル工事に伴い、発生する濁水の性状は、工事の種類、規模等、各種の条件により異なり、工事期間も数カ月にわたるので、濁水を直接河川等に放流した場合には、水質を汚濁して上水、水産業、農業などに悪影響を与える。

このため、濁水の発生量の低減、再利用に努めるとともに濁水処理対策を適切に行う必要がある。

また、法的にも濁水により水質汚濁を防止することに規制されており必要な措置を講じなければならないとされている。

(1) 濁水処理に関する法令

建設工事に伴い発生する濁水や汚泥は公害対策基本法を頂点とし、水質汚濁防止法、廃棄物の処理及び清掃に関する法律等さまざまな法令によって規制されている。(資料-5に各種の基準を示す)

(2) 濁水処理

濁水とは、工事に付随して発生する汚濁水で水中に不均一に分散している不溶性の物質。すなわち懸濁物質を含むものをいう。

但し、建設工事に伴い排出される濁水は、土粒子などの懸濁物質のほか、アルカリ、塩酸などの汚濁因子によって汚染されていることが多いのでこれ等により汚染されたものを含めた濁水ということとする。

一般に、濁水の汚濁原因となる因子はSS、pH、油分などであるが、有機物、鉄分などが処理の対象となる。

(a) 濁水の発生源

トンネル工事に伴う濁水発生源は以下の通りである。

① 削岩に伴うもの

削岩に伴って発生する粉塵、地山の中の微細土粒子、ずり搬出機による細粒化土によるもの等。

② コンクリート工に伴うもの

コンクリートの打設、洗浄水、養生水、グラウト注入及び廃棄によるもの。

③ 機械の油によるもの

トンネル掘削に用いられた機械の油分によるもの。

④ その他

上記の①～④に示す濁水の原因物質が、トンネル内に発生する湧水及び削孔のための使用水等の中に混入して濁水となり、トンネル外に排水される。しかし、その濁水の性状は、トンネル内の作業形態によって大きな影響を受けると言われている。

トンネル工事における濁水としては、SS、pH、油分が主たるものであり、土質によっては、水温及び重金属が関係することがある。

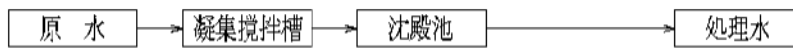
(b) 濁水処理方式

濁水処理方式は、以下の4方式に大別される。

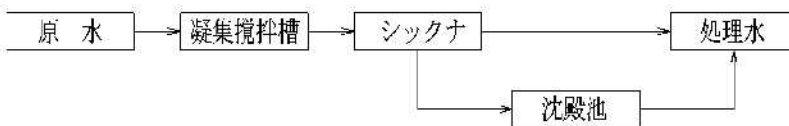
(イ) 自然沈殿方式



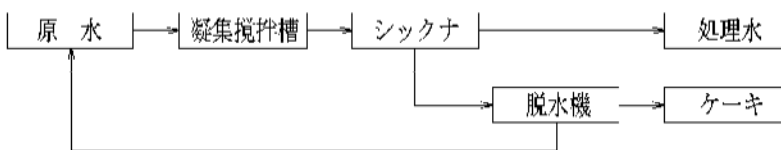
(ロ) 凝集沈殿方式



(ハ) 機械処理沈殿方式

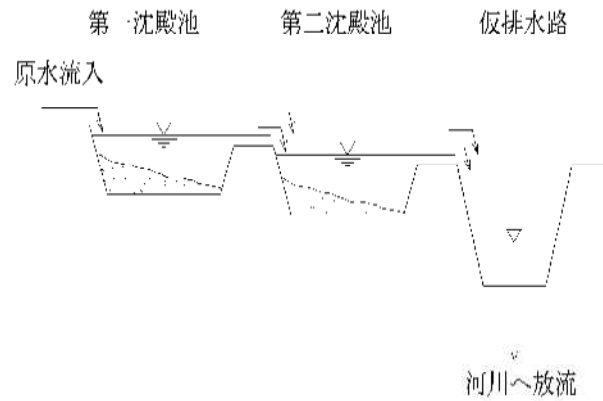


(ニ) 機械処理脱水方式



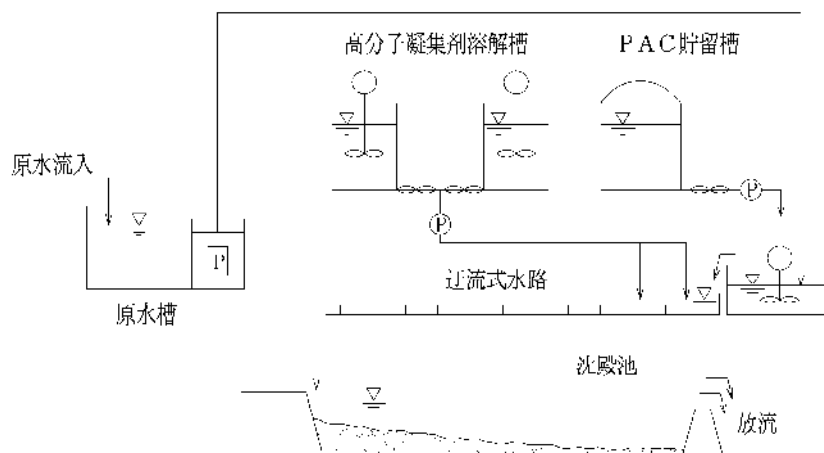
①自然沈殿方式

濁水中のSSを薬品を使用せず自由沈降させ上水を放流する最も簡単な濁水処理方法であるが、処理水のSSは100～200ppm程度までであり、この方式の場合は下流の状況を十分考慮して計画する必要がある。



②凝集沈殿方式

自然沈殿方式に薬品を添加してSSを凝集沈殿させる方式である。沈殿池は、自然沈殿方式に比べて小規模なものとなるが、薬品添加用の薬品槽、薬品注入ポンプ等の装置が必要となる。

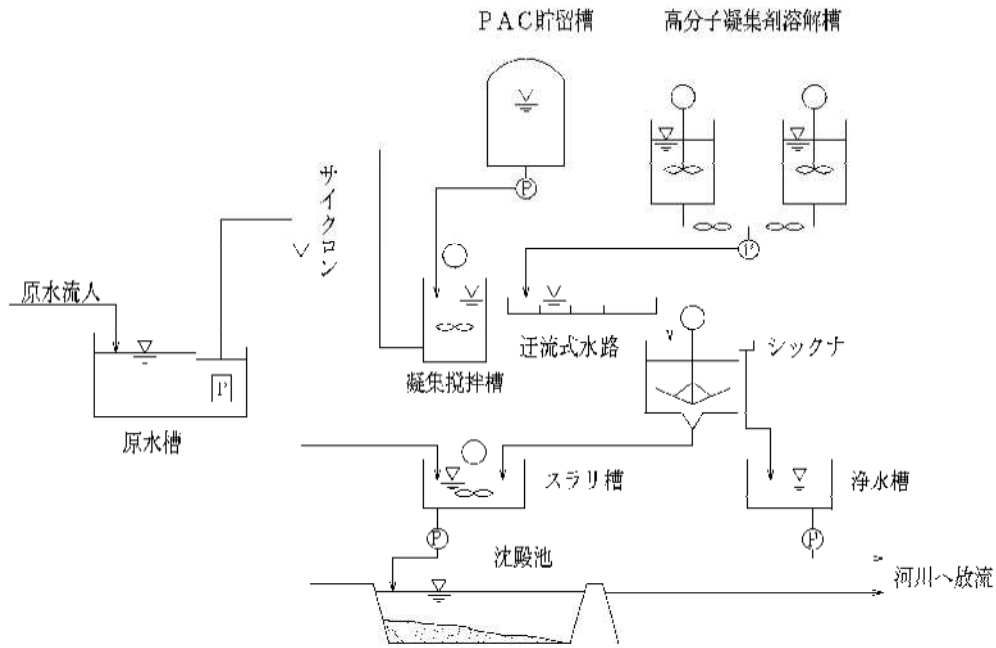


③機械処理沈殿方式

この方式は、薬品添加後シクナにより凝集沈殿させ、処理水は放流し、凝集沈殿汚泥(スラリ)を沈殿池で処理するものである。

シクナの形状は、円形、角形、かき上げ式等がある。

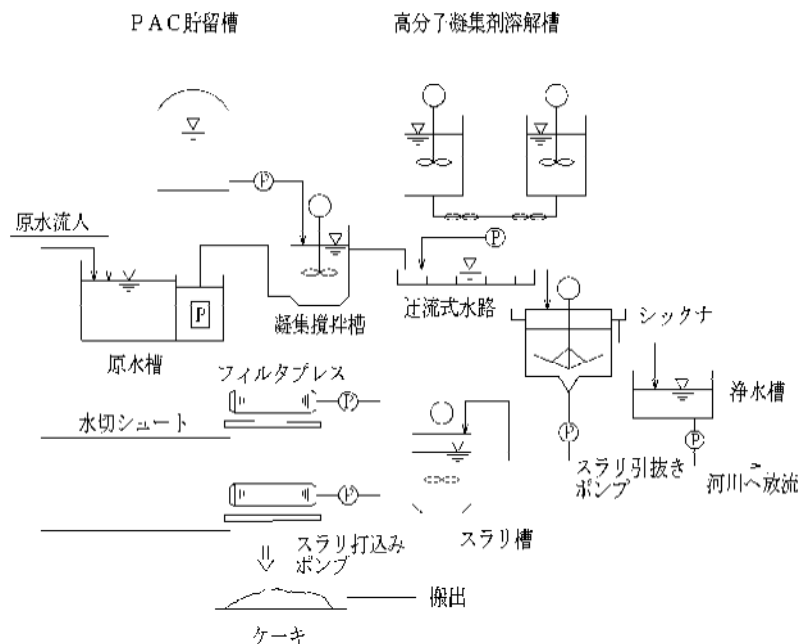
沈殿池については構造的には自然沈殿方式のものと同じであるが、汚泥も300%程度の含水比でありスラッジ総容量とさらに清澄層の取れる余裕も考慮して、沈殿池容量を決定する必要がある。



④機械処理脱水方式

この方式は一般に沈殿池がほとんど取れない現場や大量の汚濁水が発生する場合で、シクナで凝集沈殿させたスラリを脱水機により脱水し、ケーキ状にしたものを運搬排土する方式である。

脱水機については、実績から見るとフィルタプレスが主流である。



(3) 濁水処理設備の維持管理

(a) 管理項目

濁水処理設備の運転状態を把握するためには、原水の推量と水質処理水の水質を測定すると共に、薬品の使用量ならびに各機器の点検管理をする必要がある。

4.7.2 濁水処理計画

(1) 濁水処理設備

濁水処理設備は、機械処理脱水方式とし、濁水処理設備能力30・60m³/hに適用する。

なお、濁水処理設備能力30・60m³/h以外を使用する場合は、別途考慮する。

本トンネルでは、20m³/hの規格の選定を検討するなど、設計濁水量に応じた適切な処理能力を有する規格を選定することとする。また、当初から最大となる設計濁水量に基づく規格を選定するのではなく現場条件等も踏まえ、濁水量の増加に応じて、設備の増設や入れ替えを検討する。

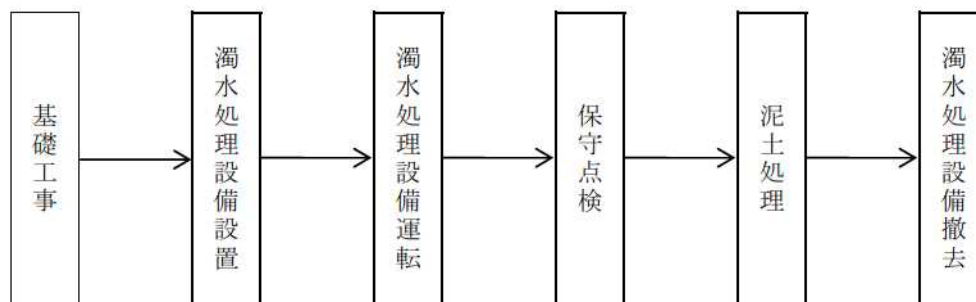
(2) 使用薬剤

使用薬剤は、無機凝集剤、高分子凝集剤、炭酸ガスの3種類使用を標準とする。

なお、使用量については、4.7.4 濁水処理計算 (3)濁水処理設計 を参照。

(3) 施工概要

施工フローは、下記を標準とする。



(注) 1. 積算基準書で対応しているのは、実線部分のみである。

2. 泥土処理は、脱水施設から発生する脱水ケーキの処理である。

3. 濁水処理設備の運転時間は、運転日当り24時間を標準とする。

また、加圧脱水機(フィルタプレス式)の運転時間は、濁水処理設備の運転時間に含まれる。

なお、坑内排水にポンプが必要な場合は、4.6 排水設備 により別途計上する。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-131)

(4) 処理目標の設定

トンネル工事排水を直接規制する法律はないが、公共事業であり周辺に対して配慮する必要がある。

本トンネルの環境基準は、浮遊物質(SS)を「秋田県 公害防止条例上乘せ基準」、水素イオン濃度(pH)を「総理府令排水基準」に記載される以下の値とする。

- | | | |
|--------------|------|-----------|
| ①浮遊物質(SS) | 日間平均 | 70 mg/l以下 |
| ②水素イオン濃度(pH) | | 5.8 ~ 8.6 |

(5) 原水の子測

①SSの子測

原水SSは湧水量や掘削、ずり出し工法が設定されても予測できるというものではなく、その他多くの要因によって左右されるものと考えられる。

実態調査から原水量と原水SSの関係は、

レール方式の場合	900～2500ppm 又は mg/l
タイヤ方式の場合	300～50000ppm 又は mg/l

の範囲に広く分布していて予測は非常に困難である。これはずり出し工法、地質分類では捉えにくい要因が別にあると考えられる。

よって、本トンネルでは、NATM工法でずり出しがタイヤ方式であることから、過去のトンネルの施工実績を参考にし「山岳トンネルにおける濁水処理設備計画の手引き(H14年1月)」よりSS=3000 (ppm又はmg/l)として設計する。

②pHの子測

原水pHは、コンクリート工事があれば、アルカリ性を呈すると考えてよい。

特に吹付コンクリートプラントからの排水pHは、10～12の強アルカリ性を示すことから、本トンネルではpH=11として設計する。

「山岳トンネルにおける濁水処理設備計画の手引き(H14年1月)」より

4.7.3 施工歩掛

(1) 濁水処理設備設置・撤去

濁水処理設備設置・撤去歩掛は、次表を標準とする。

表 4.7.1 濁水処理設備設置・撤去歩掛

(1箇所当り)

名称	規格	単位	組立	解体
土木一般世話役		人	4	3
電工		人	4	1
設備機械工		人	9	4
普通作業員		人	5	3
ラフテレーンクレーン運転	油圧伸縮ジブ型・排出ガス対策型 (第2次基準値)25 t 吊	日	2	1

- (注) 1. 上屋の設置・撤去及び設備の基礎については、上記歩掛に含まない。
 2. 上記歩掛には、設備の調整に要する費用を含む。
 3. ラフテレーンクレーンは、賃料とする。
 4. 上屋が必要な場合は、3.3.7 工事用仮設備の計上 により別途計上する。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-131)

(2) 濁水処理設備運転

濁水処理設備は、損料とする。

(3) 濁水処理設備の保守点検

濁水処理設備の保守点検は、次表を標準とする。

表 4.7.2 濁水処理設備保守点検歩掛

(1回当り)

名称	規格	単位	数量
設備機械工		人	0.2
普通作業員		人	0.5
諸雑費		%	7.0

- (注) 1. 濁水処理設備の保守点検は、濁水処理設備運転日に1回実施を標準とする。
 2. 保守点検は、濁水処理設備の日常の運転にかかわる全ての保守・点検を含む。
 3. 諸雑費は、泥土(脱水ケーキ)の積込み機械及び大型土のうの材料に要する費用であり、労務費の合計額に上表の率を乗じた金額を上限として計上する。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-132)

(4) 泥土運搬

泥土(脱水ケーキ)運搬の歩掛は、次表を標準とする。

表 4.7.3 泥土運搬歩掛

(1回当り)

運搬機種・規格	ダンプトラック オンロード・ディーゼル 4t 積級				
D I D 区間：無し					
運搬距離(km)	6.0以下	13以下	19以下	35以下	60以下
運搬日数(日)	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06
D I D 区間：有り					
運搬距離(km)	5.5以下	12以下	17以下	27以下	60以下
運搬日数(日)	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06

(注) 1. 泥土運搬は、濁水処理設備運転日に1回実施を標準とする。

2. 運搬距離が60kmを超える場合は、別途考慮する。

(運搬距離は片道であり、往路と復路が異なる場合には平均値とする。)

3. 本歩掛は、泥土の残土受け入れ地等までの運搬のみであり、残土受け入れ地等での処理及び廃棄料等が必要な場合は、別途計上する。

(積算基準書R03 P. IV-5-①-132)

4.7.4 濁水処理計算

(1) 原水量の想定

次頁より湧水量は8.400m³/h、工事用水9.720m³/h、雑用水3.600m³/h、濁水量は21.720m³/hとなる。

(2) 全濁水量

濁水処理期間 = 7.1 ヶ月

$$\begin{aligned} \text{湧水量 } q_0 &= 8.400 \text{ m}^3/\text{h} \times 7.1 \text{ ヶ月} \times 24 \text{ h} \times 21 \text{ 日} \\ &= 30059 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{工事用水 } q_2 &= 9.720 \text{ m}^3/\text{h} \times 7.1 \text{ ヶ月} \times 17 \text{ h} \times 21 \text{ 日} \\ &= 24637 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{雑用水 } q_4 &= 3.600 \text{ m}^3/\text{h} \times 7.1 \text{ ヶ月} \times 17 \text{ h} \times 21 \text{ 日} \\ &= 9125 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{合計 } \Sigma q = 63821 \text{ m}^3 \quad \approx \quad 63800 \text{ m}^3$$

濁水処理設備経済比較

以下の経済比較から、30m3/hを採用する。

項目	単位	濁水処理量									適用	
		30m3/h	40m3/h	50m3/h	60m3/h	70m3/h	80m3/h	90m3/h	100m3/h	110m3/h		
湧水量	比湧水量 ①	m3/min/km	0.300									4.6 排水設備 (1)湧水量 より
	延長 ②	m	468.0									
	湧水量 ③	m3/min	0.140								①×②/1000m	
	湧水量 ④	m3/h	8.400								③×60min	
工事用水	削岩機 ⑤	m3/min	0.270									4.5 給水設備 (1)使用水量の算定 より
	工事用水 ⑥	m3/min	0.162								⑤×60%(H23 土木工事仮設計画が「付」アック(II) P.291より)	
	工事用水 ⑦	m3/h	9.720								⑥×60min	
雑用水	洗浄水等 ⑧	m3/min	0.100									4.5 給水設備 (1)使用水量の算定 より
	雑用水 ⑨	m3/min	0.060								⑧×60%(H23 土木工事仮設計画が「付」アック(II) P.291より)	
	雑用水 ⑩	m3/h	3.600								⑨×60min	
濁水量	⑪	m3/h	21.720									④+⑦+⑩
運転日数	開始 ⑫	ヶ月	2.670									
	終了 ⑬	ヶ月	9.732									
	供用期間 ⑭	ヶ月	7.1									⑬-⑫
	運転日数	日	150									⑭×21.0日

項目	濁水量 (m3/h)					経済性				採用	
	20	30	40	50	60	濁水処理1基目	濁水処理2基目	濁水処理3基目	設置・撤去費		経済性
開始30m3/h	濁水量 ≤30	30				■ (千円) × 150 (日)					
追加・置換無し	-									= ■ (千円)	○
開始60m3/h	濁水量 ≤30	60				■ (千円) × 150 (日)					
追加・置換無し	-									= ■ (千円)	

濁水処理設備設置・撤去1箇所当り単価表

名称	規格	単位	設置			撤去		
			数量	単価 (円)	金額 (円)	数量	単価 (円)	金額 (円)
土木一般世話役		人	4	■	■	3	■	■
電工		人	4	■	■	1	■	■
設備機械工		人	9	■	■	4	■	■
普通作業員		人	5	■	■	3	■	■
ラフレンクレーン	油圧伸縮ジブ型・25t吊	日	2	■	■	1	■	■
小計								
合計								

濁水処理設備運転1日当り単価表

名称	規格	単位	濁水処理設備運転			電力料		
			数量	単価 (円)	金額 (円)	数量 (kW/日)	単価 (円)	金額 (円)
濁水処理設備	処理能力 20 m3/h	日	1	■	■			
	処理能力 30 m3/h	日	1	■	■			
	処理能力 60 m3/h	日	1	■	■			
電力料	処理能力 20 m3/h	kW/日	12	kW/h × 24 h =	288	288	■	■
	処理能力 30 m3/h	kW/日	13	kW/h × 24 h =	312	312	■	■
	処理能力 60 m3/h	kW/日	21	kW/h × 24 h =	504	504	■	■
合計	処理能力 20 m3/h	円		々	■			■
	処理能力 30 m3/h	円		々	■			■
	処理能力 60 m3/h	円		々	■			■

(3) 濁水処理設計

出典：山岳トンネル工事における濁水処理設備計画の手引き
(平成14年1月 社団法人日本トンネル技術協会)

a) 物質収支(想定される21.720m³/h)

1) 原水SSの乾燥重量：S_d 及び 原水の水分量：W

$$\begin{aligned} S_d &= Q \times SS \times T_p \\ &= 21.720 \text{ m}^3/\text{h} \times 3000 \text{ mg/l} \\ &= 0.065 \text{ t/h} \\ &= 0.025 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} = 0.065 \text{ t/h} \times 24 \text{ h} \\ = 1.560 \text{ t/日} \end{array} \right)$$

$$\begin{aligned} W &= Q - S_d / \rho \\ &= 21.720 \text{ m}^3/\text{h} - 0.065 \text{ t/h} / 2.65 \\ &= 21.695 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} = 21.695 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h} \\ = 520.680 \text{ m}^3/\text{日} \end{array} \right)$$

2) 沈砂槽の沈砂量：V_t

沈砂槽で粒径75 μm以上の粒度比率20%を沈砂除去する。その乾燥重量S_tは、

$$\begin{aligned} S_t &= S_d \times 0.2 \\ &= 0.065 \text{ t/h} \times 0.2 \\ &= 0.013 \text{ t/h} \\ &= 0.005 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} = 0.013 \text{ t/h} \times 24 \text{ h} \\ = 0.312 \text{ t/日} \end{array} \right)$$

沈砂槽でのスラリの水分量は、含水率を70%として、

$$\begin{aligned} W_{w1} &= S_t \times 70 / (100 - 70) \\ &= 0.013 \text{ t/h} \times 70 / (100 - 70) \\ &= 0.030 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} = 0.030 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h} \\ = 0.720 \text{ m}^3/\text{日} \end{array} \right)$$

※但しこのW_{w1}は、沈砂槽の排砂時以外は、原水槽に送られる。

その容積は、同じく含水率を70%、土粒子の真比重を2.65として、

$$\begin{aligned} V_t &= S_t \times (70 / (100 - 70) + 1 / 2.65) \\ &= 0.013 \text{ t/h} \times (70 / (100 - 70) + 1 / 2.65) \\ &= 0.035 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} = 0.035 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h} \\ = 0.840 \text{ m}^3/\text{日} \end{array} \right)$$

3) シックナでの沈砂量：V_s

沈砂槽にて乾燥重量でS_tだけ除去された後、シックナに送られ沈砂するスラリの乾燥重量S_sは、

$$\begin{aligned} S_s &= S_d - S_t \\ &= 0.07 \text{ t/h} - 0.013 \text{ t/h} \\ &= 0.052 \text{ t/h} \\ &= 0.020 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} = 0.052 \text{ t/h} \times 24 \text{ h} \\ = 1.248 \text{ t/日} \\ = 0.471 \text{ m}^3/\text{日} \end{array} \right)$$

沈砂したスラリの水分量W_{w2}は、含水率を85%として、

$$\begin{aligned} W_{w2} &= S_s \times 85 / (100 - 85) \\ &= 0.052 \text{ t/h} \times 85 / (100 - 85) \\ &= 0.295 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} = 0.295 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h} \\ = 7.080 \text{ m}^3/\text{日} \end{array} \right)$$

沈砂したスラリの容積V_{s1}は、同じく含水率を85%、土粒子の真比重を2.65として、

$$\begin{aligned} V_s &= S_s \times (85 / (100 - 85) + 1 / 2.65) \\ &= 0.052 \text{ t/h} \times (85 / (100 - 85) + 1 / 2.65) \\ &= 0.314 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} = 0.314 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h} \\ = 7.536 \text{ m}^3/\text{日} \end{array} \right)$$

- 4) 脱水ケーキの体積：V_k 及びろ過水量：W_w
 シックナでの沈砂スラリをフィルタプレスにより脱水する。
 脱水ケーキ中の水分量は、ケーキの含水率を40%とすると、

$$\begin{aligned} W_{w3} &= S_s \times 40 / (100 - 40) \\ &= 0.052 \text{ t/h} \times 40 / (100 - 40) \\ &= 0.035 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{aligned} &= 0.035 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h} \\ &= 0.840 \text{ m}^3/\text{日} \end{aligned} \right)$$

但し条件によりプレス設備稼働時間は、8hであるため、

$$\begin{aligned} W_{w3} &= 0.840 \text{ m}^3/\text{日} / 8 \text{ h} \\ &= 0.105 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

脱水ケーキの体積V_kは、ケーキの含水率40%、土粒子の真比重を2.65とすると、

$$\begin{aligned} V_k &= S_s \times (40 / (100 - 40) + 1 / 2.65) \\ &= 0.052 \text{ t/h} \times (40 / (100 - 40) + 1 / 2.65) \\ &= 0.054 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{aligned} &= 0.054 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h} \\ &= 1.296 \text{ m}^3/\text{日} \end{aligned} \right)$$

$$\begin{aligned} V_k &= 1.296 \text{ m}^3/\text{日} / 8 \text{ h} \\ &= 0.162 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

ろ過水量：W_w(原水槽へリターンされる量)は、

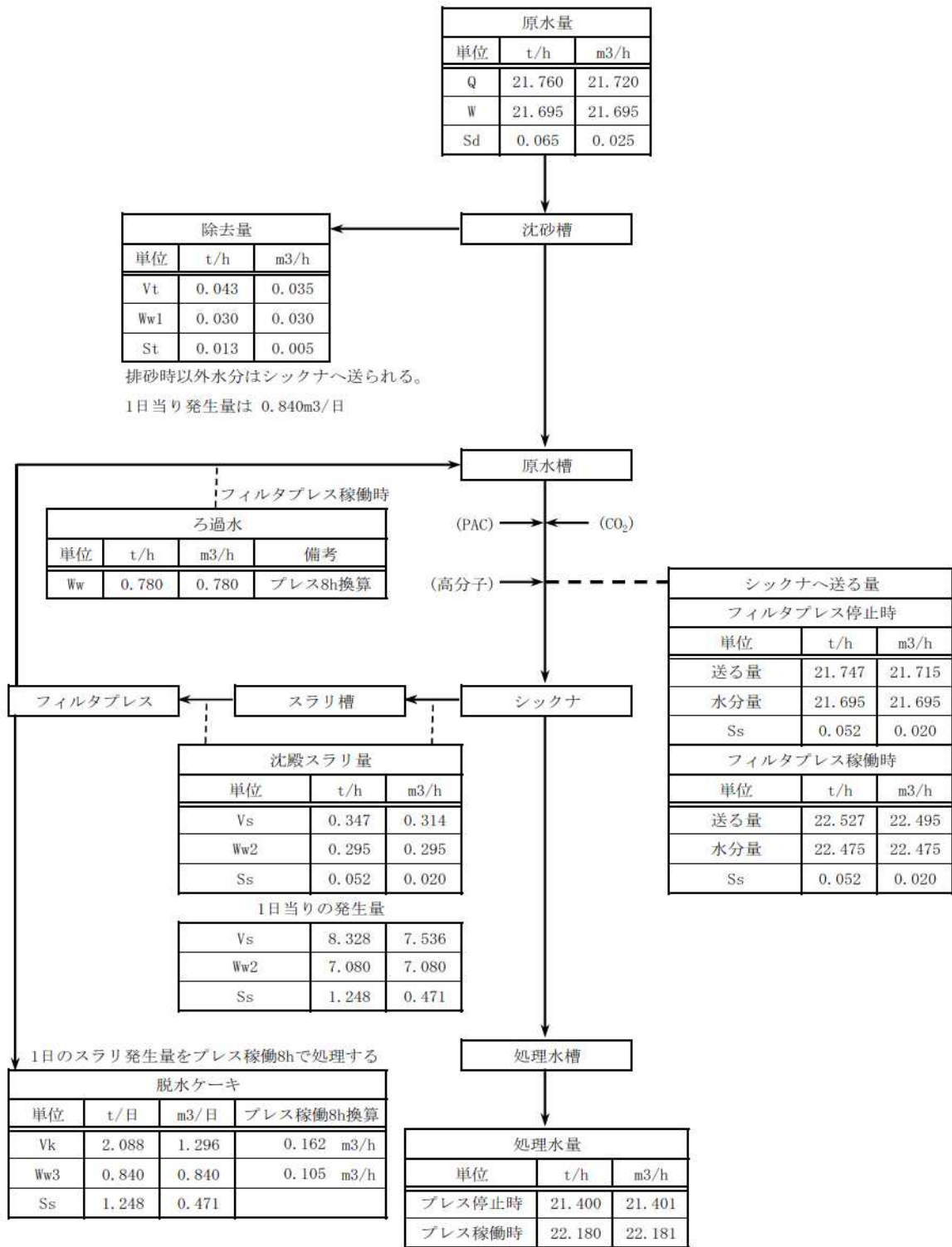
$$\begin{aligned} W_w &= V_s - V_k \\ &= 0.314 \text{ m}^3/\text{h} - 0.054 \text{ m}^3/\text{h} \\ &= 0.260 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{aligned} &= 0.260 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h} \\ &= 6.240 \text{ m}^3/\text{日} \end{aligned} \right)$$

$$\begin{aligned} W_w &= 6.240 \text{ m}^3/\text{日} / 8 \text{ h} \\ &= 0.780 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

5) 物質収支フロー

シクナ24時間、フィルタプレス8時間運転の物質収支フローを示す。



b) 主要設備の設計計算

1) 原水SSの乾燥重量：Sd

沈砂槽では、処理施設の負荷軽減の目的で粒径の大きい浮遊物質を除去する。

本設計では、粒径75 μ m(0.075mm)以上の浮遊物質を除去することで計算する。粒径75 μ mの土粒子の沈砂速度vは、およそ4.0mm/s(4.0 $\times 10^{-3}$ m/sec)である。

また原水流入に際しての乱流や偏流等を考慮した係数 α を2とすると、沈砂槽の有効表面積はAは、

$$\begin{aligned} A &= \alpha \times Q / v \\ &= 2 \times \frac{6.033 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}}{21.720 \text{ m}^3/\text{h}} / 4.0 \times 10^{-3} \text{ m/sec} \\ &= 3.0 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

沈砂槽の形状は、長さ L (長)と幅 W (幅)の比を $L/W=2$ とし、 $A=L \times W$ より、

$$\begin{aligned} L &= (2 \times A)^{1/2} \\ &= (2 \times 3.0)^{1/2} \\ &= 2.449 \text{ m} \\ &\simeq 3.0 \text{ m となる。} \end{aligned}$$

以上より沈砂槽の形状は、

$$\begin{aligned} \text{長さ} &= 3.0 \text{ m} \\ \text{幅} &= 1.5 \text{ m} \\ \text{面積} &\simeq 3.0 \text{ m}^2 \text{ となる。} \end{aligned}$$

また、1日の堆積厚 $h_{\text{日}}$ は、

$$\begin{aligned} h_{\text{日}} &= V_t / A' \\ &= 0.840 \text{ m}^3/\text{日} / 3.0 \\ &= 0.28 \text{ m/日} \end{aligned}$$

排砂間隔を4日に1度とし、沈砂槽の排砂を計画する。有効水深 h は50cm以上として実水深 H と有効水深 h を求める。

$$\begin{aligned} h' &= 0.5 \text{ m} \\ H &= h' + h_{\text{日}} \times 4 \text{ 日} \\ &= 0.5 + 0.28 \text{ m/日} \times 4 \text{ 日} \\ &= 1.62 \text{ m} \\ &\simeq 2.0 \text{ m} \\ h &= H - h_{\text{日}} \times 4 \text{ 日} \\ &= 2.0 \text{ m} - 0.28 \text{ m/日} \times 4 \text{ 日} \\ &= 0.88 \text{ m} \end{aligned}$$

2) 原水槽

フィルタプレス稼働時、原水槽にはフィルタプレスからのろ過水Wwが流入する。
原水槽への流入量をQ'とすると物資収支フローより22.495m³/hとなる。
原水貯留時間tを3分とすると

$$\begin{aligned} V &= Q' \times t / 60 \\ &= 22.495 \text{ m}^3/\text{h} \times 3 \text{ min} / 60 \text{ min} \\ &= 1.12 \text{ m}^3 \text{ 以上の容積を要する。} \end{aligned}$$

3) 原水ポンプ

原水ポンプの種類は水中サンドポンプとし予備を含めて2台とする。

$$\begin{aligned} Q' &= 22.495 \text{ m}^3/\text{h} \\ &\simeq 0.37 \text{ m}^3/\text{min} \text{ 以上の能力を要する。} \end{aligned}$$

4) pH中和処理装置

取扱いの安全性および過剰注入時のpH異常低下がない等を考慮して、炭酸ガス中和方式を採用する。

・炭酸ガス消費量

トンネル工事の濁水がアルカリ性を示すのは、主にセメント成分に含まれる水酸化カルシウムCa(OH)₂によるものである。

理論必要量Xは、

$$\text{pH} = 11$$

$$\begin{aligned} X &= Q' \times 2 \times 22 \times 10^{-(14-11)} \\ &= 22.495 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 \times 22 \times 10^{-(14-11)} \text{ g/} \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \\ &= 0.99 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

SS成分を見込み、実際の使用量は、理論必要量の1.75倍(余裕量：一般に1.5~2.0)とする。

$$\left(\begin{aligned} &= 63800 \text{ m}^3 \times 2 \times 22 \times 10^{-(14-11)} \text{ g/} \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \times 1.75 \\ &= 4913 \text{ kg} \end{aligned} \right)$$

5) PAC槽および注入ポンプ

添加量を70ppmとし、PAC日使用量Y、及び注入量Y'は、

$$\begin{aligned} Y &= Q' \times 70 \text{ ppm} \times 10^{-3} \times 24 \text{ h} \\ &= 22.495 \text{ m}^3/\text{h} \times 70 \text{ ppm} \times 10^{-3} \times 24 \text{ h} \\ &= 37.79 \text{ } \frac{\text{kg}}{\text{日}} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} = 63800 \text{ m}^3 \times 70 \text{ ppm} \times 10^{-3} \\ = 4466 \text{ kg} \end{array} \right)$$

$$\begin{aligned} Y' &= Y / 24 \text{ h} / 60 \text{ min} \times 10^3 \\ &= 37.79 \text{ } \frac{\text{kg}}{\text{日}} / 24 \text{ h} / 60 \text{ min} \times 10^3 \\ &= 26.24 \text{ cc/min} \end{aligned}$$

PAC槽は1.2m³を使用するものとして、使用日数は、

$$\begin{aligned} \text{日数} &= 1200 \text{ } \frac{\text{kg}}{\text{日}} / Y \text{ } \frac{\text{kg}}{\text{日}} \\ &= 1200 \text{ } \frac{\text{kg}}{\text{日}} / 37.79 \text{ } \frac{\text{kg}}{\text{日}} \\ &= 31.75 \text{ 日} \\ &\approx 32 \text{ 日} \end{aligned}$$

6) 高分子凝集剤溶解貯槽および注入ポンプ

高分子凝集剤の添加量を2ppm(粉体)とすると、日使用量Zは、

$$\begin{aligned} Z &= Q' \times 2 \text{ ppm} \times 10^{-3} \times 24 \text{ h} \\ &= 22.495 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 \text{ ppm} \times 10^{-3} \times 24 \text{ h} \\ &= 1.08 \text{ kg/日} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} = 63800 \text{ m}^3 \times 2 \text{ ppm} \times 10^{-3} \\ = 128 \text{ kg} \end{array} \right)$$

濃度を0.1%に溶解して使用すると、1日当りの注入量Z'は、

$$\begin{aligned} Z' &= Z / 0.1 \% \\ &= 1.08 \text{ kg/日} / 0.1 \% \\ &= 1080 \text{ } \frac{\text{kg}}{\text{日}} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} = 1080 \text{ } \frac{\text{kg}}{\text{日}} / 24 \text{ h} / 60 \text{ min} \\ = 0.8 \text{ } \frac{\text{kg}}{\text{min}} \end{array} \right)$$

7) 凝集反応槽

凝集反応時間tを1分とすると、

原水貯留時間tを3分とすると

$$\begin{aligned} \text{容量} &= Q' \times t / 60 \\ &= 22.495 \text{ m}^3/\text{h} \times 1 \text{ min} / 60 \text{ min} \\ &= 0.37 \text{ m}^3 \text{以上} \quad 2 \text{ 槽} \quad (\text{十分に攪拌するため2槽とする}) \end{aligned}$$

8) シックナ

生成フロクの沈殿速度 v は、2~5m/hの範囲で設定していることが多い。ここでは $v=3.5\text{m/h}$ として有効表面積 A_s を求める。

$$\begin{aligned} A_s &= Q' / v \\ &= 22.495 \text{ m}^3/\text{h} / 3.5 \text{ m/h} \\ &= 6.4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

シックナ内での滞留時間を1時間とし、シックナ容量 V は、

$$\begin{aligned} V &= Q' \times 1 \text{ h} \\ &= 22.495 \text{ m}^3/\text{h} \times 1 \text{ h} \\ &= 22.495 \text{ m}^3 \text{以上} \end{aligned}$$

9) スラリ槽

沈砂スラリ量は物資収支フローより $0.314\text{m}^3/\text{h}$ となる。
プレス稼働時間外 ($24\text{h}-8\text{h}=16\text{h}$) の16時間分を貯留可能な容量とする。

$$\begin{aligned} \text{容量} &= V_s \times 16 \text{ h} \\ &= 0.314 \text{ m}^3/\text{h} \times 16 \text{ h} \\ &= 5.02 \text{ m}^3 \text{以上} \end{aligned}$$

10) フィルタプレス

脱水ケーキ量は物資収支フローより $1.296\text{m}^3/\text{日}$ となる。
プレス稼働時間 $TF=8\text{h}/\text{日}$ 、プレスサイクルタイム $Cm=80\text{min}$ の条件より、必要なプレスのろ室内容積 V は、

$$\begin{aligned} \text{容積} &= V_k / 8 \text{ h/日} \times 80 \text{ min} / 60 \text{ min} \\ &= 1.296 \text{ m}^3/\text{日} / 8 \text{ h/日} \times 80 \text{ min} / 60 \text{ min} \\ &= 0.22 \text{ m}^3 \text{以上} \end{aligned}$$

11) 処理汚泥量

$$\begin{aligned} W &= (S_s + Ww_3) \times \frac{149 \text{ 日}}{7.1 \text{ ヶ月} \times 21 \text{ 日}} \times \frac{17.841 \text{ m}^3/\text{h}}{63,800\text{m}^3/149\text{日}/24\text{h}} \div 21.720 \text{ m}^3/\text{h} \\ &= (0.471 \text{ m}^3/\text{日} + 0.840 \text{ m}^3/\text{日}) \times 149 \text{ 日} \times 17.841 \text{ m}^3/\text{h} \div 21.720 \text{ m}^3/\text{h} \\ &= 160.56 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c) 機械処理沈殿方式濁水処理材集計表

設 備	仕 様	必要量	備 考
脱水ケーキ発生量		1.296 m ³ /日	
フィルタプレス必要量		0.220 m ³ /1方	
スラリー発生量		0.314 m ³ /h	
PAC使用量		4466 kg	
高分子凝集剤使用量	0.1%濃度液	128 kg	
炭酸ガス使用量		4913 kg	
処理汚泥量	土粒子重量	161 m ³	

※ a) 物質収支(想定される21.720m³/h) より

4.8 トンネル工所用機械一覧及び仮設備数量

(1) トンネル工所用機械一覧表

坑内工事機械一覧表

(トンネル1本施工時)

種 別	機 械 名	規 格	台 数	備 考	
掘削工 (発破掘削)	穿孔	ドリルジャンボ	トンネル工所用[ホイール式・排出ガス対策型(第3次基準値)]3ブーム・2バスケットドリフタ質量 170kg超級	1	
	こそく	大型ブレーカ (ベースマシン含む)	トンネル工所用[排出ガス対策型(第3次基準値)]油圧式ブレーカ1,300kg級 ベースマシン20t級	1	
	ずり出し	ホイールローダ	[サイドダンプ式・排出ガス対策型(第2次基準値)]バケット容量 山積2.3m ³	1	ずり積込
		ダンプトラック	オンロード型10t積	4	ずり運搬
吹付工	コンクリート吹付	コンクリート吹付機	トンネル工所用[湿式吹付・吹付ロボット一体・エアコンプレッサ搭載・エレクタ型・排出ガス対策型(第3次基準値)]吐量6~22m ³ /h級 吹付半径7m級	1	
		集塵機	2000m ³ /min×42kW	1	電気式
ロックボルト工	ロックボルト	ドリルジャンボ	トンネル工所用[ホイール式・排出ガス対策型(第3次基準値)]3ブーム・2バスケットドリフタ質量 170kg超級	1	掘削と併用
		モルタル注入機	吐量 950 ㎥/h	1	
		トラック	トンネル工所用 2 t積	1	モルタル注入機用台車
			トンネル工所用クレーン装置付 4t積、2.9t吊り	1	ロックボルト運搬用
鋼製支保工	建 込	コンクリート吹付機	トンネル工所用[湿式吹付・吹付ロボット一体・エアコンプレッサ搭載・エレクタ型・排出ガス対策型(第3次基準値)]吐量6~22m ³ /h級 吹付半径7m級	1	吹付工と併用
	運 搬	トラック	トンネル工所用クレーン装置付 4t積、2.9t吊	1	支保工運搬用
覆工	防水工	防水作業台車	L = 6.0m	1	
	型枠工	スライドセントル	L = 10.5m	1	
	コンクリート工	コンクリートポンプ車	[トラック架装・配管式]圧送能力55m ³ /h	1	
		パイプレータ	棒状電気式 60mm	5	モータ付
インバート工	掘削	大型ブレーカ (ベースマシン含む)	トンネル工所用排出ガス対策型(第3次基準値)油圧式1,300kg級 ベースマシン20t級	1	
	ずり出し	ダンプトラック	トンネル工所用オンロード型10t積	1	ずり運搬
		バックホウ	[後方超小旋回型・排出ガス対策型(第3次基準値)]標準バケット容量 山積0.45m ³ (平積0.35m ³)	1	積込補助
	コンクリート工	コンクリートポンプ車	[トラック架装・ブーム式]圧送能力90~110m ³ /h	1	
	敷ならし	バックホウ	(トンネル工事)後方超小旋回型・排出ガス対策型(第3次基準値)クローラ型・山積0.45m ³ (平積0.35m ³)	1	
	締固め	振動ローラ	(トンネル工事対応)搭乗・コンパインド式・排出ガス対策型(第2次基準値)・低騒音型・運転質量3~4t	1	
	埋戻し材の積込	バックホウ	[標準型・超低騒音型・排出ガス対策型(第3次基準値)]山積0.8m ³ (平積0.6m ³)	1	

(トンネル1本施工時)

種 別	機 械 名	規 格	台 数	備 考
換気設備	送風機(送気式)	1500m ³ /min 80kW×2サイレンサ型	1	反転軸流式ファン D=1500
	吸引ダクト設備	φ1500 L=100m	1	
吹付プラント設備	セメントサイロ	[鋼製溶接構造] 容量30t 排出能力20t/h	1	
	骨材ホッパ	15m ³ ×3	1	
	コンクリートプラント	[バッチ型・定置式] 能力25m ³ /h(一括練混ぜ方式)	1	
排水設備	排水ポンプ	工事用水中モータポンプ φ80mm×10m×1.5kw	1	No. 112~No. 117+6
給水設備	取水ポンプ	工事用水中モータポンプ φ80mm×10m×1.5kw	1	取水槽~給水槽
	給水ポンプ	小型多段遠心ポンプ φ65mm×35m×5.5kw	1	給水槽~切羽
	水槽	鋼板製簡易水槽 20m ³	1	
濁水処理設備	濁水処理設備	30m ³ /h級(ボ-タ-ル型・機械処理沈殿方式・脱水機付)	1	
その他設備	修理工場		1	

(2) 仮設備数量集計表

工種	規格	数量	適用
換気設備	不燃性ビニール風管 φ1500	443.5 m	軟管(リング無)
取水設備	SGP管(黒ねじ無し)	130.0 m	取水槽～給水槽
給水設備	SGP管(黒ねじ無し)	623.0 m	給水槽～切羽
排水設備	SGP管(黒ねじ無し)	106.0 m	No. 112～No. 117+6
	SGP管(黒ねじ無し)	125.0 m	起点側坑口～濁水設備
	素掘り側溝	362.0 m	坑内

仮設備数量

(1) 換気設備

$$\begin{array}{l} \text{不燃性ビニール風管} \quad \phi \quad 1500 \\ \text{坑内} \quad \text{坑外} \\ L = 423.5 + 20.0 = 443.5 \text{ m} \end{array}$$

(2) 取水設備

$$\begin{array}{l} \text{SGP管(黒ねじ無し)} \quad \phi \quad 80 \\ \text{坑内} \quad \text{坑外} \\ L = 0.0 + 130.0 = 130.0 \text{ m} \quad (\text{取水槽} \sim \text{給水槽}) \end{array}$$

(3) 給水設備

$$\begin{array}{l} \text{SGP管(黒ねじ無し)} \quad \phi \quad 65 \\ \text{坑内} \quad \text{坑外} \\ L = 468.0 + 155.0 = 623.0 \text{ m} \quad (\text{給水槽} \sim \text{切羽}) \end{array}$$

(4) 排水設備

$$\begin{array}{l} \text{SGP管(黒ねじ無し)} \quad \phi \quad 80 \\ \text{坑内} \quad \text{坑外} \\ L = 106.0 + 0.0 = 106.0 \text{ m} \quad (\text{No. 112} \sim \text{No. 117}+6) \end{array}$$

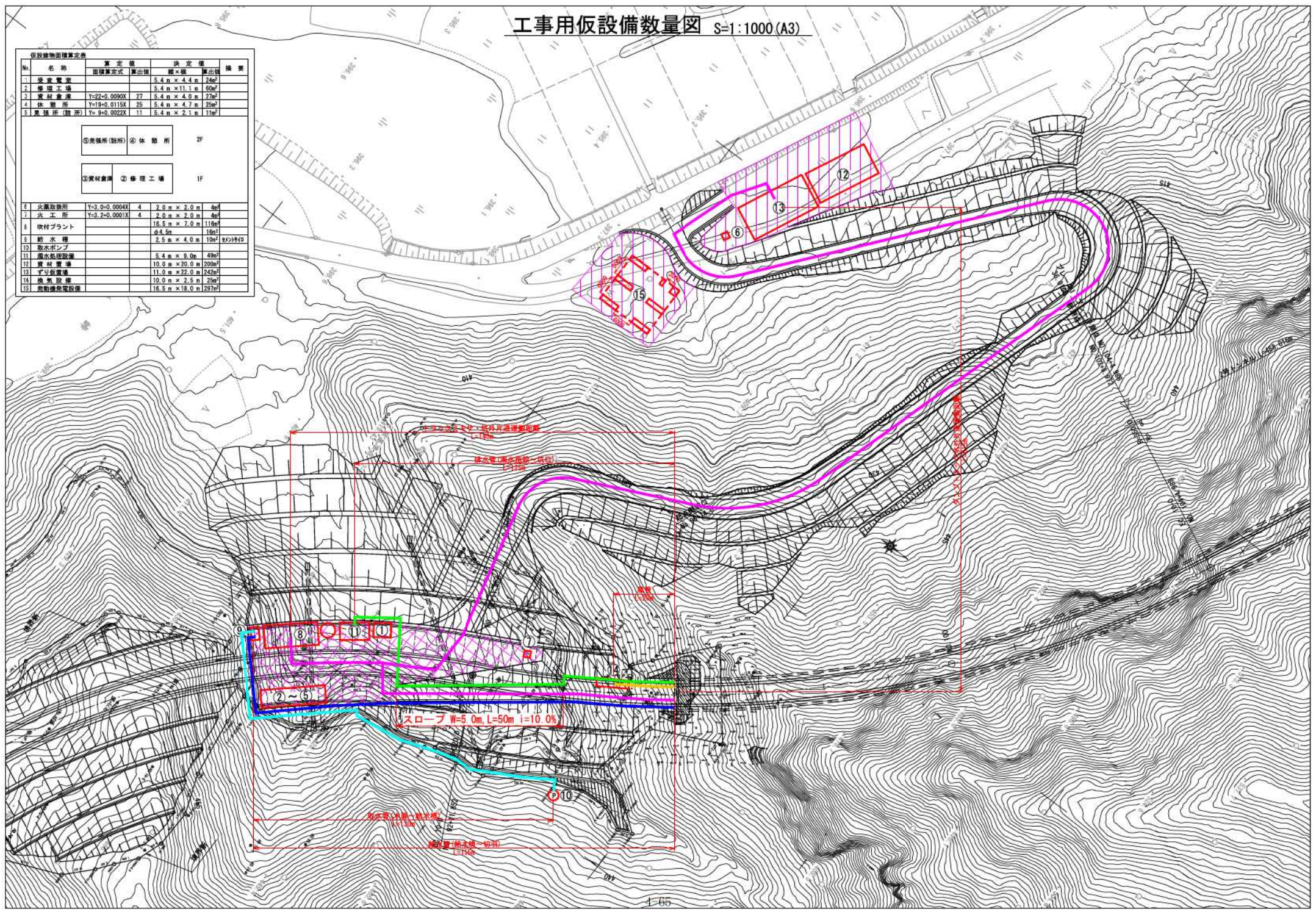
$$\begin{array}{l} \text{SGP管(黒ねじ無し)} \quad \phi \quad 80 \\ \text{坑外} \\ L = 125.0 = 125.0 \text{ m} \quad (\text{起点側坑口} \sim \text{濁水設備}) \end{array}$$

素掘り側溝

$$L = 362.0 = 362.0 \text{ m} \quad (\text{坑内})$$

工事用仮設備数量図 S=1:1000 (A3)

仮設設備面積算定表				
No.	名称	算定値		備考
		面積算定式	算出値	
1	変電室		5.4 m × 4.4 m	24㎡
2	修理工場		5.4 m × 11 m	60㎡
3	資材倉庫	Y=22+0.0000X	27 5.4 m × 4.0 m	22㎡
4	休憩所	Y=19+0.0115X	29 5.4 m × 4.7 m	25㎡
5	集塵所 (詰所)	Y=9+0.0022X	11 5.4 m × 2.1 m	11㎡
⑤集塵所 (詰所) ④休憩所 2F ③資材倉庫 ②修理工場 1F				
8	火薬取扱所	Y=3.0+0.0004X	4 2.0 m × 2.0 m	4㎡
9	火土所	Y=3.2+0.0001X	4 2.0 m × 2.0 m	4㎡
6	吹付プラント		18.5 m × 7.0 m	119㎡
			φ4.5m	119㎡
0	給水槽		2.5 m × 4.0 m	10㎡
10	取水ポンプ			セパレーター
11	濁水処理設備		5.4 m × 9.0m	49㎡
12	資材置場		10.0 m × 20.0 m	200㎡
13	予圧設備		11.0 m × 22.0 m	242㎡
14	地盤改良		10.0 m × 2.5 m	25㎡
15	移動機架設備		16.5 m × 18.0 m	297㎡



§ 5. 仮設電力計画

5.1 二次側電力設備計画

5.1.1 適用基準

適用基準は、国土交通省土木工事標準積算基準書(共通編) 令和3年度版

のうち、⑮仮設電力設備工を適用する。(以降、【積算基準】と示す。)

5.1.2 仮設電力設備

別表二次側電力負荷容量表(表5.1.3)に基づいて、設備容量を算定する。

高压電力受電点は、工事用道路の始点付近に発電設備を設置し、架空にて受電する。

受変電設備は坑外及び坑内(移動式)に設置し、各機械及び照明に電力供給する。

5.1.3 変圧器容量の算出

変圧器容量(kVA) > 出力容量 × (需要率/100) / 力率

但し、変圧器容量は、直近上位を選択するが、変圧器は1割以下の過負荷に対応する

ことから、その範囲内の容量とし、下記の標準変圧器容量表から選定する。

表5.1.1 需要率表

出力容量	需要率
100kW以下	75%
200kW以下	70%
300kW以下	65%
500kW以下	60%
700kW以下	55%

単独機器及び複数機器を同時使用する場合は、需要率100%とする。

力率=0.8 (※1)

表5.1.2 標準変圧器容量 (※2)

単相	5	7.5	10	15	20	30	50	75	100	150	200	300	500	kVA
三相	5	7.5	10	15	20	30	50	75	100	150	200	300	500	kVA

注釈

※1 【積算基準 P.4】では、力率改善後の0.95とされているが、実情として、力率改善に用いられる高压コンデンサは、坑外受変電設備に設置され、二次側は力率改善されないため、本検討に用いる力率値は、**改善前の0.8**とする。

※2 【積算基準P.5】に示される上表の標準変圧器容量のうち、取り消し線で示す小容量変圧器は、JIS-C4304及びC4306(何れも最終改訂2013年)において規格外であるため、**当該容量の変圧器は選定しない**。

【 工 事 用 仮 設 電 力 計 画 】

工 種			月 数	月数細別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
作業工程	準備工	2.67ヶ月	開始 終了 0.0 2.7	■																										
	掘削工	7.06ヶ月	開始 終了 2.7 9.7	■																										
	覆工コンクリート	110.25 m/月	開始 終了 6.5 10.7	■																										
	排水工等雑工	400.00 m/月	開始 終了 11.2 12.4													■														
	跡片付け	0.67ヶ月	開始 終了 12.4 13.1														■													
切羽到達延長 (m)						24.00	78.00	132.00	188.01	251.80	338.57	425.34	468.02																	
坑内動力	機械名	電圧 (V)	出力 (kw)	台数 (台)	計 (kw)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
坑内動力	ドリルジャンボ3ブーム	420	55×3	1	165.00			165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00															
	コンクリート吹付機	420	186.00	1	186.00			186.00	186.00	186.00	186.00	186.00	186.00	186.00	186.00															
	モルタル混合注入装置	210	6.00	1	6.00			6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00															
	集塵機 電気式 2000 m3/min	420	42.00	1	42.00			42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00															
	全断面スライドセントル	210	16.80	1	16.80						16.80	16.80	16.80	16.80	16.80															
	バイブレーター	210	0.70	5	3.50							3.50	3.50	3.50	3.50	3.50														
	防水作業台車	210	4.00	1	4.00							4.00	4.00	4.00	4.00	4.00														
排水ポンプ φ80×10m	210	1.50	1	1.50			1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50																
小計								338.50	400.50	400.50	400.50	424.80	424.80	424.80	424.80	24.30														
坑外動力	主送風機(送気) 1500 m3/min	420	80×2	1	160.00				80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00															
	吹付プラント(プラント+材+骨材おハ)	210	53.20	1	53.20			53.20	53.20	53.20	53.20	53.20	53.20	53.20	53.20															
	取水ポンプ φ80×10m	210	1.50	1	1.50			1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50															
	給水ポンプ φ65×35m	210	5.50	1	5.50			5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50															
	濁水処理設備 30m3/min級	210	24.00	1	24.00			24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00															
修理工場	210	(40.00)	1																											
小計								84.20	164.20	164.20	164.20	164.20	164.20	164.20	164.20															
照明設備	坑内照明 蛍光灯	210	0.04	94	3.76			0.20	0.64	1.08	1.52	2.04	2.72	3.44	3.76	3.76	3.76	3.76												
	切り羽照明 投光器	210	0.50	6	3.00			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00															
	覆工照明 投光器	210	0.50	4	2.00							2.00	2.00	2.00	2.00	2.00														
負荷合計	坑内動力+坑外動力	動力						3.20	3.64	4.08	4.52	7.04	7.72	8.44	8.76	5.76	3.76	3.76												
	照明設備	電力						3.20	3.64	4.08	4.52	7.04	7.72	8.44	8.76	5.76	3.76	3.76												
	計 (kW)							435.90	568.34	568.78	569.22	596.04	596.72	597.44	597.76	30.06	3.76	3.76												
負荷最大値														最大値																

送風機
当初においては一段運転の電力消費量で計上し、
変更時に積算することとする

変圧器容量の算出

1) 坑外受変電設備

a) 【坑外】低圧動力(三相6.6kV/420V)

機器名	出力(kW)	台数	容量(kW)	備考
主送風機	80.0	1	80.0	
合計			80.0	

需要率	100	
変圧器容量(kVA)	100.0	←Cos θ =0.80
使用変圧器(kVA)	100	

b) 【坑外】低圧動力(三相6.6kV/210V)

機器名	出力(kW)	台数	容量(kW)	備考
吹付プラント	53.2	1	53.2	
取水ポンプ	1.5	1	1.50	
給水ポンプ	5.5	1	5.5	
濁水処理設備	24.0	1	24.0	
修理工場	40.0	1	40.0	
合計			124.2	

需要率	70	
変圧器容量(kVA)	108.7	←Cos θ =0.80
使用変圧器(kVA)	100	100kVAの10%割増以下のため、変圧器容量は100kVAを選定

c) 【坑外】低圧電灯(単相6.6kV/210V)

機器名	出力(kW)	台数	容量(kW)	備考
坑内照明	0.04	94	3.8	
合計			3.8	

需要率(%)	100	
変圧器容量(kVA)	4.7	←Cos θ =0.80
使用変圧器(kVA)	10	

2) 坑内受変電設備

a) 【坑内】低圧動力(三相6.6kV/420V)

機器名	出力(kW)	台数	容量(kW)	備考
ドリルジャンボ(3ブーム)	165.0	1	165.0	
コンクリート吹付機	186.0	1	186.0	
集塵機	42.0	1	42.0	
合計			393.0	

需要率	60	←Cos θ =0.80
変圧器容量(kVA)	294.8	
使用変圧器(kVA)	300	

b) 【坑内】低圧動力(三相6.6kV/210V)

機器名	出力(kW)	台数	容量(kW)	備考
モルタル注入機	6.0	1	6.0	
排水ポンプ	1.5	1	1.5	
全断面スライドセントル	16.8	1	16.8	覆工機器
パイプレータ	0.70	5	3.5	覆工機器
防水工作業台車	4.0	1	4.0	覆工機器
覆工照明	0.50	4	2.0	覆工機器
合計			33.8	

(覆工機器計) 26.3

需要率	75	←Cos θ =0.80
変圧器容量(kVA)	31.7	
使用変圧器(kVA)	30	

30kVAの10%割増以下のため、変圧器容量は30kVAを選定

c) 【坑内】低圧電灯(単相6.6kV/210V)

機器名	出力(kW)	台数	容量(kW)	備考
切羽照明	0.50	6	3.0	
合計			3.0	

需要率(%)	100	←Cos θ =0.80
変圧器容量(kVA)	3.8	
使用変圧器(kVA)	10	

コンデンサー容量の算出【参考】

自家発電設備による電力供給の場合、電力量料金に関わるコンデンサによる力率改善は、不要とも考えられるが、発電設備の負担等も考慮し、本検討では参考計算としている。コンデンサの要否は施工時の実際に用いる施工機械や施工者の判断によるものとする。

コンデンサー容量は以下により算出し、下表のコンデンサ定格容量より直近上位となる組み合わせを選定する。

コンデンサ定格容量

三相	以下省略	53.2	79.8	106	160	213	266	kvar
----	------	------	------	-----	-----	-----	-----	------

$$P_1 = P \times \tan \theta_1 = P \times \tan(\cos^{-1} \theta_1)$$

$$P_2 = P \times \tan \theta_2 = P \times \tan(\cos^{-1} \theta_2)$$

$$P_3 = P \times (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) = P_1 - P_2$$

ただし P_1 : 力率改善前の無効電力(kVar1)
 P_2 : 力率改善前の無効電力(kVar2)
 P_3 : 力率改善に要する無効電力(kVar)
 (必要なコンデンサー容量, kVA)
 P : 負荷容量
 θ_1 : 改善前の力率(0.80)
 θ_2 : 改善後の力率(0.95)

変圧器	容量(kVA)	台数	容量(kW)	容量(kW) 需要率考慮	備考
【坑外】低圧動力(三相6.6kV/420V)	100	1	100	100	
【坑外】低圧動力(三相6.6kV/210V)	100	1	100	109	
【坑外】低圧電灯(单相6.6kV/210V)	10	1	10	5	
【坑内】低圧動力(三相6.6kV/420V)	300	1	300	295	
【坑内】低圧動力(三相6.6kV/210V)	30	1	30	32	
【坑内】低圧電灯(单相6.6kV/210V)	10	1	10	4	
合計(P)			550	544	

上記の坑内照明台数は、坑内照明変圧器から給電する台数を対象としている。

改善前の力率(%)	80	$P \times \tan(\arccos 0.80) =$	408.3
改善後の力率(%)	95	$P \times \tan(\arccos 0.95) =$	179.0
コンデンサー容量(kVar)	239	$P_{80} - P_{95} =$	229.3

以上よりコンデンサー容量は、力率95%になるよう次の容量を設置する。

79.8kVar×3台の計239.4kVarとする。

コンデンサーの設置場所は、坑外受変電用キュービクルに併設する。

5.1.4 配線設計

(1) 設計基準

1) 配電電圧

高圧	三相三線 6.6kV、3.3kV
動力	三相三線 420V、210V
電灯	単相2線 210V

2) 電線路

a) 配電線の種別

高圧配電線路	6.6kV、3.3kV CVケーブル、OE電線
低圧配電線路	600V VVRケーブル、OW電線

b) 最小ケーブルサイズ

ケーブルサイズは個々の負荷容量と配線距離に応じて計算し、必要最小サイズを選定する。
但し、本検討における最小サイズは、【積算基準】に示されるケーブルサイズの最小サイズとする。

高圧ケーブル	14mm ² 、5.0mm
低圧ケーブル	5.5mm ² 、2.6mm

c) 坑外低圧配電線路

坑外の低圧配電線路は、電柱による架線方式をとし、使用電線サイズは、負荷容量と距離に応じて下表より選定し、下表の範囲外となる場合は個別に電圧降下計算により設定する。

表5.1.5

負荷/距離	50m	100m	150m	200m	250m	300m	350m	400m	450m	500m
10kW以下	2.6	3.2	14	22	22	22	38	38	38	38
20kW以下	3.2	22	22	38	38	60	60	60	100	100
30kW以下	14	22	38	60	60	100	100	100	100	
40kW以下	22	38	60	60	100	100				
50kW以下	22	38	60	100	100					
60kW以下	22	60	100	100						

(注) 電線規格は、3.2までは直径(mm)を、14以上は断面積(mm²)

3) 電圧降下計算式

三相三線式	$e = 30.8 \times L \times I \times I / 1000 \times A$
単相二線式	$e = 35.6 \times L \times I \times I / 1000 \times A$
	e : 電圧降下(V) L : 電線亘長(m) I : 負荷電流(A) A : 電線断面積(mm ²)

4) 効率、力率

効率	87.5%
力率	80.0%

5)許容電圧降下

許容電圧降下は受電設備配電盤から負荷の末端まで7%とする。

ただし、電線の許容電流を超えてはならない。

6)高圧ケーブルのサイズ

引込部は積算基準Ⅱ-5-18-13に基づき、6kV OE 22sqとし、坑内受電設備用ケーブルは、基準における最小サイズである6kV CV 14sq-3Cを基本として後述の配線計算により適用サイズを選定する。

7)許容電流

表5.1.7 6.6kV 架橋ポリエチレン絶縁ケーブル(気中及び暗渠布設)

(単位:A)

公称断面積 mm ²	6.6kV CV 3C	6.6kV CVT トリプレックス		
14	83			
22	105	120		
38	145	170		
60	195	225		
100	265	310		

表5.1.8 600V ビニル絶縁ビニルシースケーブル(気中及び暗渠布設)

(単位:A)

公称断面積 mm ²	VV	VV	VV	備考
	1C	2C	3C	
5.5	37	33	28	
8	47	42	36	
14	66	59	50	
22	88	78	66	
38	120	110	93	
60	165	145	120	
100	230	200	165	
150	295	255	220	※
200	350	310	260	※
250	400	355	300	※
325	470	420	355	※

※【積算基準】に記載される最大ケーブルサイズは100sqにつき、150sq以上は使用せず2条以上の敷設として計画する。

表5.1.9 屋外用絶縁電線

(単位:A)

直径・ 公称断面積	高压架空電線 OE	低压架空電線 OW		
2.6mm		35		
3.2mm		45		
14mm ²		60		
22mm ²	120	78		
38mm ²	165	100		
60mm ²	220	130		
100mm ²	300	175		

8) 低圧電動機設備

機械台数により下表から適切な回路数の仮設ボックスを選定する。

表5.1.10

接続する機械台数	仮設ボックス回路数	仮設ボックス規格
3台以下	3回路	屋外用400×300×200
5台以下	5回路	屋外用500×400×200
7台以下	7回路	屋外用600×700×200
10台以下	10回路	屋外用700×1200×200

9) 坑内照明

坑内照明は、40W蛍光灯を片側5m間隔に設置し、ケーブルサイズの標準は、下表によるが、受電設備から坑口までの配線距離を考慮し、配線サイズを計算する。

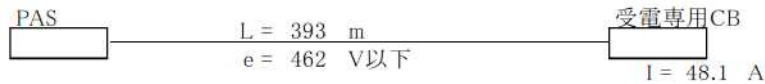
表5.1.11

トンネル長	320m	430m	590m	700m	890m	1150m	1500m
ケーブルサイズ	5.5	8	14	22	38	60	100

(注)ケーブルサイズは、断面積(mm²)である。

配線サイズ計算書

- 1) 高压引込 电压 6600 V 容量 550 kVA 許容电压降下 7.0 %
PAS～SS1

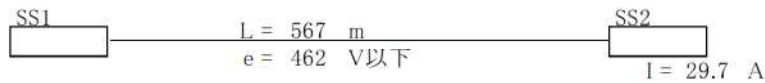


$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 1.3 \text{ mm}^2 \quad \text{設計条件より } S = 22 \text{ mm}^2 \quad 6.6\text{kV OE } 22\text{sq} \times 3(120\text{A})$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 26.5 \text{ V} = 0.40 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{电压降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

- 2) 高压配線 电压 6600 V 容量 340 kVA 許容电压降下 7.0 %
SS1～SS2



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 1.1 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブル最少サイズから } S = 14 \text{ mm}^2 \quad 6.6\text{kV CV } 14\text{sq}(83\text{A})$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 37 \text{ V} = 0.56 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{电压降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

- 3) 坑外低压動力 电压 210 V 容量 24.0 kW 許容电压降下 7.0 %
(M-1 濁水処理設備) 容量 30.0 kVA ←力率考慮(80%)

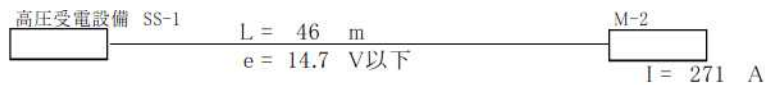


$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 3.1 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 38 \text{ mm}^2 \quad 600\text{V OW } 38\text{sq} \times 3(100\text{A}) \times 1\text{条}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 1.2 \text{ V} = 0.57 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{电压降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

- 4) 坑外低压動力 电压 210 V 容量 78.7 kW 許容电压降下 7.0 %
(M-2 吹付プラント、給水ポンプ) 容量 98.4 kVA ←力率考慮(80%)

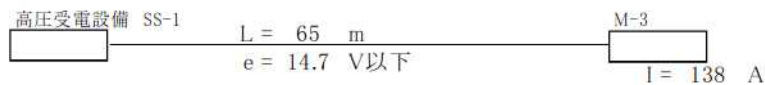


$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 26.1 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 200 \text{ mm}^2 \quad 600\text{V OW } 100\text{sq} \times 3(175\text{A}) \times 2\text{条}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 1.9 \text{ V} = 0.91 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{电压降下判定 OK}$$

※100sq-3C×1条では許容電流を満足しないため2条敷設とする。
許容電流判定 OK

- 5) 坑外低压動力 电压 210 V 容量 40.0 kW 許容电压降下 7.0 %
(M-3 修理工場) 容量 50.0 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 18.7 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 100 \text{ mm}^2 \quad 600\text{V OW } 100\text{sq} \times 3(175\text{A}) \times 1\text{条}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 2.8 \text{ V} = 1.31 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{电压降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

配線サイズ計算書

6) 坑外低圧動力 電圧 420 V 容量 80.0 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-4 主送風機) 容量 100.0 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 9.5 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 100 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V OW } 100\text{sq} \times \\ 3(175\text{A}) \times 1 \text{条} \end{matrix}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 2.8 \text{ V} = 0.67 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

7) 坑外低圧動力 電圧 210 V 容量 1.5 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-5 取水ポンプ) 容量 1.9 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 1.1 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 2.6 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V OW } 2.6\text{sq} \times 3(35\text{A}) \end{matrix}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 6.2 \text{ V} = 2.93 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

8) 坑内低圧電灯 電圧 210 V 容量 3.8 kW 許容電圧降下 7.0 %

(L-1 坑内照明) 容量 4.7 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 35.6 \times L \times I / 1000 \times e = 18.1 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの電圧降下から } S = 22 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-2C } 22\text{sq-} \\ 2\text{C}(78\text{A}) \end{matrix}$$

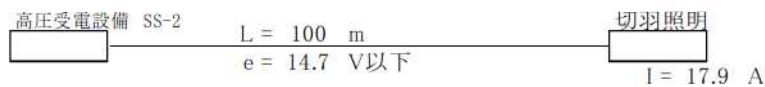
$$e = 35.6 \times L \times I / 1000 \times S = 12.1 \text{ V} = 5.75 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

※距離は、受電設備SS1～坑口間99m+坑内照明負荷中心距離(468m÷2=234m)を加算

許容電流判定 OK

9) 坑内低圧電灯 電圧 210 V 容量 3.0 kW 許容電圧降下 7.0 %

(L-2 切羽照明) 容量 3.8 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 35.6 \times L \times I / 1000 \times e = 4.3 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの電圧降下から } S = 5.5 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-2C } 5.5\text{sq-} \\ 2\text{C}(33\text{A}) \end{matrix}$$

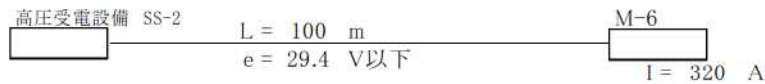
$$e = 35.6 \times L \times I / 1000 \times S = 11.6 \text{ V} = 5.52 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

配線サイズ計算書

10) 坑内低圧動力 電圧 420 V 容量 186.0 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-6 コンクリート吹付機) 容量 232.5 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 33.5 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 200 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-3C } 100\text{sq-} \\ 3\text{C}(165\text{A}) \times 2\text{条} \end{matrix}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 4.9 \text{ V} = 1.17 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

※100sq-3C×1条では許容電流を満足しないため2条敷設とする。

許容電流判定 OK

11) 坑内低圧動力 電圧 420 V 容量 165.0 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-7 ドリルジャンボ3ブーム) 容量 206.3 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 29.7 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 200 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-3C } 100\text{sq-} \\ 3\text{C}(165\text{A}) \times 2\text{条} \end{matrix}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 4.4 \text{ V} = 1.04 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

※100sq-3C×1条では許容電流を満足しないため2条敷設とする。

許容電流判定 OK

12) 坑内低圧動力 電圧 420 V 容量 42.0 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-8 集塵機) 容量 52.5 kVA ←力率考慮(80%)



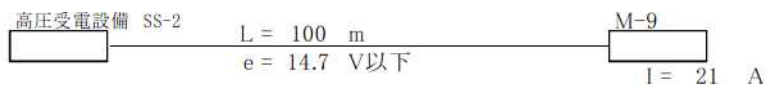
$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 7.6 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 38 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-3C } 38\text{sq-} \\ 3\text{C}(93\text{A}) \times 1\text{条} \end{matrix}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 5.9 \text{ V} = 1.39 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

13) 坑内低圧動力 電圧 210 V 容量 6.0 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-9 モルタル混合注入装置) 容量 7.5 kVA ←力率考慮(80%)



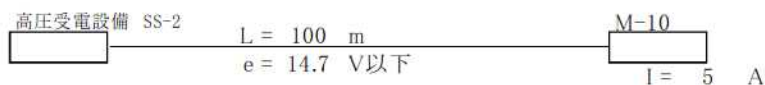
$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 4.3 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 5.5 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-3C } 5.5\text{sq-} \\ 3\text{C}(28\text{A}) \times 1\text{条} \end{matrix}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 11.5 \text{ V} = 5.49 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

14) 坑内低圧動力 電圧 210 V 容量 1.5 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-10 排水ポンプ) 容量 1.9 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 1.1 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 5.5 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-3C } 5.5\text{sq-} \\ 3\text{C}(28\text{A}) \times 1\text{条} \end{matrix}$$

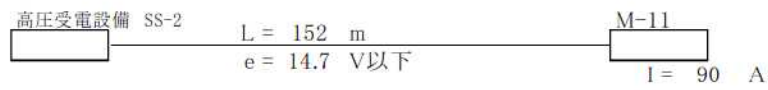
$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 2.9 \text{ V} = 1.39 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

配線サイズ計算書

15) 坑内低圧動力 電圧 210 V 容量 26.3 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-11 覆工機器) 容量 32.9 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 28.8 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 38 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-3C } 38\text{sq-} \\ 3\text{C}(93\text{A}) \end{matrix}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 11.1 \text{ V} = 5.30 \% < 7.0 \% \quad \rightarrow \quad \text{電圧降下判定} \quad \text{OK}$$

許容電流判定 OK

(3) 低圧電動機設備

名 称	規 格	開閉器容量	電圧(V)	容量(kW)	負 荷 名 称	設置場所
M-1	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 100AF	210	24.0	濁水処理設備	坑外
M-2	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 225AF	210	53.2	吹付プラント	坑外
		ELB 3P 30AF	210	5.5	給水ポンプ	
M-3	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 225AF	210	40.0	修理工場	坑外
M-4	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 225AF	420	80.0	主送風機	坑外
M-5	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 30AF	210	1.5	取水ポンプ	坑内
M-6	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 400AF	420	186.0	コンクリート吹付機	坑内
M-7	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 400AF	420	165.0	ドリルジャンボ3ブーム	坑内
M-8	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 100AF	420	42.0	集塵機	坑内
M-9	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 30AF	210	6.0	モルタル混合注入装置	坑内
M-10	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 30AF	210	1.5	排水ポンプ	坑内
M-11	仮設ボックス 5回路				覆工機器	
		ELB 3P 60AF	210	16.8	全断面スライドセントル	坑内
		ELB 3P 30AF	210	3.5	パイプレータ(0.7kW×5)	坑内
		ELB 3P 30AF	210	4.0	防水工作業台車	坑内
		ELB 3P 30AF	210	2.0	覆工照明	坑内

5.1.5 電気設備数量

(1)高圧受電設備:SS-1

設置期間(掘削開始～雑工完了) 2.7ヶ月～12.4ヶ月

【9.7ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
高圧キュービクル	6.6kVA,340kVA,CB形	日	293	損料:30日×9.7ヶ月+2日
高圧気中開閉器	7.2kV 300A 無方向性	日	0	無し
コンクリート柱	10m×19cm-350kg	本	1	損率:1年未満
腕金	1.8m	本	2	損率:1年未満
腕金	0.9m	本	1	損率:1年未満
アームタイ	2.3×25×945	本	3	損率:1年未満
装柱金具	Uボルト 13×220	個	3	損率:1年未満
高圧耐張碍子	普通形	個	3	損率:1年未満
引留クランプ	38mm ²	個	3	損率:1年未満
蓄力形コネクタ	38mm ²	個	12	損率:1年未満
避雷器	8.4kV 一般形	個	3	損率:1年未満
玉碍子	100×100	個	1	損率:1年未満
高圧ピン碍子	普通形	個	3	損率:1年未満
亜鉛メッキ鋼燃線	2種 A級 22mm ²	kg	1.7	全損
巻付グリップ	22mm ²	個	4	全損
根枷	コンクリートA形 1000×170×140	個	1	損率:1年未満
足場ボルト	CP用	本	13	損率:1年未満
電線管	GP70	m	10	全損
電線管	GP28	m	10	全損
ステンレスベルト	SFTB-10	m	5.6	全損
ステンレスベルト	同上締金具	個	7	全損
ケーブル	6.6kV CV 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電線	PDC 6.6kV 38mm ²	m	5	損率:1年未満
電線	IV 38mm ²	m	10	損率:1年未満
接地棒	10φ×1500	本	5	全損
同上リード端子	10φ用	個	5	全損
接地銅板	900×900×1.5t	枚	1	全損
水切りカバー	100A	個	3	全損
分岐カバー	T1 2個用	個	12	全損
ステーブロック	NO.1 ロット付	個	1	全損
端末処理材	屋外 6.6kV 38mm ² -3C	個	1	全損
端末処理材	屋内 6.6kV 38mm ² -3C	個	1	全損
技術者	(設置+撤去)	人	1.05	
電工	(設置+撤去)	人	26.00	
普通作業員	(設置+撤去)	人	12.00	
諸雑費		式	1	

(2) 高圧受電設備:SS-2

設置期間(掘削開始～覆工完了) 2.7ヶ月～10.7ヶ月

【8.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
高圧キュービクル	6.6kVA,340kVA,CB型	日	242	損料:30日×8ヶ月+2日
電線	IV 38mm ²	m	10	損率:1年未満
接地棒	10φ×1500	本	5	全損
同上リード端子	10φ用	個	5	全損
接地銅板	900×900×1.5t	枚	1	全損
端末処理材	屋内 6.6kV 38mm ² -3C	個	2	全損
技術者	(設置+撤去)	人	1.05	
電工	(設置+撤去)	人	26.00	
普通作業員	(設置+撤去)	人	12.00	
諸雑費		式	1	

(3) 高圧配電線路:高圧引込電路 引込柱～SS-1 L=393m

設置期間(掘削開始～雑工完了) 2.7ヶ月～12.4ヶ月

【9.7ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
コンクリート柱	10m-19cm 3400[N] (350kgf)	本	13	(1)で1本計上より 損率:1年未満
高圧ピン碍子	普通形, 大	個	21	21×393÷400 損率:1年未満
高圧耐張碍子	普通形	〃	18	18×393÷400 損率:1年未満
腕金	1.5m	本	10	10×393÷400 損率:1年未満
腕金	1.8m	〃	1	1×393÷400 損率:1年未満
装柱金具	Uボルト13-220	個	11	11×393÷400 損率:1年未満
足場ボルト	CP用	本	128	130×393÷400 損率:1年未満
アームタイ	2.3-25-945	〃	11	11×393÷400 損率:1年未満
電線	6.6kV, OE, 22sq	m	1,189	1210×393÷400 損率:1年未満
電線	PDC, 6kV, 22sq	〃	5	5×393÷400 損率:1年未満
根かせ	コンクリートA形, 1000-170-140	個	10	10×393÷400 損率:1年未満
亜鉛メッキ鋼燃線	2種, A級, 22sq	kg	6.7	6.8×393÷400 全損
巻付グリップ	22sq	個	16	16×393÷400 全損
ステーブロック	NO.1, ロット付	〃	4	4×393÷400 全損
玉碍子	100×100	〃	4	4×393÷400 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	41	41×393÷400
普通作業員	(設置+撤去)	〃	65	66×393÷400
諸雑費		式	1	

(4) 低圧配電線路:SS-1~(M-1~M-5)区間の電柱

設置期間(掘削開始~雑工完了) 2.7ヶ月~12.4ヶ月

【9.7ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
コンクリート柱	7m-19cm 4200[N] (430kgf)	本	10	平面図より 損率:1年未満
低圧碍子		個	—	以降の個別項目で計上
低圧ラック		〃	—	以降の個別項目で計上
足場ボルト	CP用	本	80	80×10÷10 損率:1年未満
電線	各種	m	—	以降の個別項目で計上
根かせ	コンクリートA形, 1000×170×140	個	10	10×10÷10 損率:1年未満
亜鉛メッキ鋼燃線	2種, A級, 22sq	kg	4.8	4.8×10÷10 全損
巻付グリップ	22sq	個	16	16×10÷10 全損
ステーブロック	NO.1, ロット付	〃	4	4×10÷10 全損
玉碍子	100×100	〃	4	4×10÷10 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	15.18	15.18×10÷10
普通作業員	(設置+撤去)	〃	24.68	24.68×10÷10
諸雑費		式	1	

(5) 低圧配電線路:SS-1~M-1濁水処理設備 L=18m

設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
低圧碍子		個	6	6個/径間×1径間×1条 損率:1年未満
低圧ラック		〃	6	6個/径間×1径間×1条 損率:1年未満
電線	OW38sq	m	54	18×3本×1条 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	0.50	11.25×54÷1210
普通作業員	(設置+撤去)	〃	0.80	18×54÷1210
諸雑費		式	1	

(6) 低圧配電線路:SS-1~M-2吹付プラント,給水ポンプ L=46m

設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
低圧碍子		個	24	6個/径間×2径間×2条 損率:1年未満
低圧ラック		〃	24	6個/径間×2径間×2条 損率:1年未満
電線	OW100sq	m	276	46×3本×2条 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	5.13	22.5×276÷1210
普通作業員	(設置+撤去)	〃	7.70	33.75×276÷1210
諸雑費		式	1	

(7) 低圧配電線路:SS-1~M-3修理工場 L=65m 設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
低圧碍子		個	18	6個/径間×3径間×1条 損率:1年未満
低圧ラック		〃	18	6個/径間×3径間×1条 損率:1年未満
電線	OW100sq	m	195	65×3本×1条 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.63	22.5×195÷1210
普通作業員	(設置+撤去)	〃	5.44	33.75×195÷1210
諸雑費		式	1	

(8) 低圧配電線路:SS-1~M-4主送風機 L=66m 設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
低圧碍子		個	18	6個/径間×3径間×1条 損率:1年未満
低圧ラック		〃	18	6個/径間×3径間×1条 損率:1年未満
電線	OW100sq	m	198	66×3本×1条 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.68	22.5×198÷1210
普通作業員	(設置+撤去)	〃	5.52	33.75×198÷1210
諸雑費		式	1	

(9) 低圧配電線路:SS-1~M-5取水ポンプ L=100m 設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
低圧碍子		個	42	6個/径間×7径間×1条 損率:1年未満
低圧ラック		〃	42	6個/径間×7径間×1条 損率:1年未満
電線	OW2.6mm	m	300	100×3本×1条 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	1.12	4.5×300÷1210
普通作業員	(設置+撤去)	〃	1.67	6.75×300÷1210
諸雑費		式	1	

(10) 坑内配電線路:(SS-1~SS-2坑内高圧)L=567m 設置期間(掘削開始~雑工完了) 2.7ヶ月~12.4ヶ月 【9.7ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ケーブル	6.6kV CV 14mm ² -3C	m	567	損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	284	50×567/100 全損
一般用受皿	15R ポリエチレン	個	284	50×567/100 全損
アンカーボルト	M10	個	567	100×567/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	136.1	24×567/100
諸雑費		式	1	

(11) 坑内配電線路:(SS-2~M-6コンクリート吹付機)延長100m×2 設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ケーブル	VVR 100sq-3C	m	200	100m×2 損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	100	50×2 全損
一般用受皿	25R ポリエチレン	個	100	50×2 全損
アンカーボルト	M10	個	100	100×200/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	78.00	39×2
諸雑費		式	1	

(12) 坑内配電線路:(SS-2~M-7ドリルジャンボ3ブーム)延長100m×2 設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ケーブル	VVR 100sq-3C	m	200	100m×2 損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	100	50×2 全損
一般用受皿	25R ポリエチレン	個	100	50×2 全損
アンカーボルト	M10	個	100	100×200/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	78.00	39×2
諸雑費		式	1	

(13) 坑内配電線路:(SS-2~M-8集塵機)延長100m×1 設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ケーブル	VVR 38sq-3C	m	100	100m×1 損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	50	50×1 全損
一般用受皿	15R ポリエチレン	個	50	50×1 全損
アンカーボルト	M10	個	100	100×100/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	18.00	18×1
諸雑費		式	1	

(14) 坑内配電線路:(SS-2~M-9モルタル混合注入装置)延長100m×1 設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
アンカーボルト				
ケーブル	VVR 5.5sq-3C	m	100	100m×1 損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	50	50×1 全損
一般用受皿	15R ポリエチレン	個	50	50×1 全損
アンカーボルト	M10	個	100	100×100/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	10.05	10.05×1
諸雑費		式	1	

(15) 坑内配電線路:(SS-2~M-10排水ポンプ)延長100m 設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ケーブル	VVR 5.5sq-3C	m	100	100m×1 損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	50	50×1 全損
一般用受皿	15R ポリエチレン	個	50	50×1 全損
アンカーボルト	M10	個	100	100×100/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	10.05	10.05×1
諸雑費		式	1	

(16) 坑内配電線路:(SS-2~M-11覆工機器)延長152m

設置期間(覆工開始~覆工完了) 6.5ヶ月~10.7ヶ月

【4.2ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ケーブル	VVR 38sq-3C	m	152	152m×1 損率:6ヵ月未満
一般支持金具	TA85	個	76	50×152/100 全損
一般用受皿	15R ポリエチレン	個	76	50×152/100 全損
アンカーボルト	M10	個	152	100×152/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	18.00	18×1
諸雑費		式	1	

(17) 低圧電動機設備:M-1 濁水処理設備

設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 100AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リード端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(18) 低圧電動機設備:M-2 吹付プラント,給水ポンプ

設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 225AF	個	1	損率:1年未満
	600V 3P 30AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リード端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(19) 低圧電動機設備:M-3 修理工場

設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 225AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リード端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(20) 低圧電動機設備:M-4 主送風機

設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 225AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リード端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(21) 低圧電動機設備:M-5 取水ポンプ

設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 30AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リード端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(22) 低圧電動機設備:M-6 コンクリート吹付機

設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 400AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リード端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(23) 低圧電動機設備:M-7 ドリルジャンボ3ブーム

設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 400AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リード端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(24) 低圧電動機設備:M-8 集塵機

設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 100AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リード端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(25) 低圧電動機設備:M-9 モルタル混合注入機

設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 30AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リード端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(26) 低圧電動機設備:M-10 排水ポンプ

設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 30AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リード端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(27) 低圧電動機設備:M-11 覆工機器

設置期間(覆工開始～覆工完了) 6.5ヶ月～10.7ヶ月

【4.2ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(5回路用)	屋外用 500×400×200	面	1	損率:6ヵ月未満
漏電ブレーカー	600V 3P 60AF	個	1	損率:6ヵ月未満
	600V 3P 30AF	個	3	損率:6ヵ月未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リード端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:6ヵ月未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(28) 坑内照明:(蛍光灯94台)延長L=99m

設置期間(掘削開始～雑工完了) (2.7ヶ月～12.4ヶ月)/2

【9.7ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ランプ	蛍光灯 40W直管	個	94	全損
照明器具	蛍光灯 40W 防湿型	個	94	損率:1年未満
ケーブル	VVR 2mm ² -2C	m	99	損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	50	99×50/100 全損
一般用受皿	15R ポリエチレン	個	50	99×50/100 全損
アンカーボルト	M10	個	99	全損
アンカーボルト	M8	個	40	99×40/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	26.73	9×99/100+18×99/100
諸雑費		式	1	

(29) 切羽照明:(投光器6個)延長100m

設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ランプ	白熱灯 500W	個	6	当初6灯 全損
照明器具	リフレクタ投光器	個	6	損率:1年未満
ケーブル	VVR 5.5mm ² -2C	m	100	損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	50	100×50/100 全損
一般用受皿	15R ポリエチレン	個	50	100×50/100 全損
ケーブル	2PNC T 3.5mm ² -2C	m	60	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	12.39	10.05×100/100+3.9×6/10
諸雑費		式	1	

(30) 覆工照明:(投光器4個)延長152m

設置期間(覆工開始～覆工完了) 6.5ヶ月～10.7ヶ月

【1.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ランプ	白熱灯 500W	個	4	当初4灯 全損
照明器具	リフレクタ投光器	個	4	損率:1年未満
ケーブル	VVR 5.5sq-2C	m	40	100×4÷10 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	1.56	3.9×4/10
諸雑費		式	1	

5.1.6 照明設備

(1) 照明用ランプ交換個数

1) 坑内照明(通路)

① 蛍光灯 40w、5m間隔 設置個数

区分	延長(m)	設置間隔(m)	設置個数	摘要
鳥海ダム2号TN	468.0	5.0	94	
計	468.0		94	

② ランプ交換個数

ランプ平均寿命時間 = 12,000 h(蛍光灯)

区分	開始	完了	期間	1日点灯時間	総点灯時間	交換個数	摘要
掘削	2.70	9.70	7.00	17	111,860		1/2*(完了-開始)
覆工、その他	6.50	12.40	5.90	17	188,564		
計					300,424	0	

注1: 総点灯時間算出時のランプ個数は94個

2) 切羽照明

① 投光器 500w、設置個数 6 個

② ランプ交換個数

ランプ平均寿命時間 = 2,000 h(白熱灯)

区分	開始	完了	期間	1日点灯時間	総点灯時間	交換個数	摘要
掘削	2.70	9.70	7.00	17	14,280		掘削完了-掘削開始
計					14,280	6	

注1: 総点灯時間算出時のランプ個数は6個

3) 覆工照明

① 投光器 500w、設置個数 4 個

② ランプ交換個数

ランプ平均寿命時間 = 2,000 h(白熱灯)

区分	開始	完了	期間	1日点灯時間	総点灯時間	交換個数	摘要
覆工	6.50	10.70	4.20	17	5,712		
計					5,712	0	

注1: 総点灯時間算出時のランプ個数は4個

(2) 照明用電力量

区分	総点灯時間(h) ①	電灯・照明(kw) ②	電力量(kwh) ③=①*②	摘要
坑内照明	300,424	0.040	12,017	
切羽照明	14,280	0.500	7,140	
覆工照明	5,712	0.500	2,856	
合計			22,013	

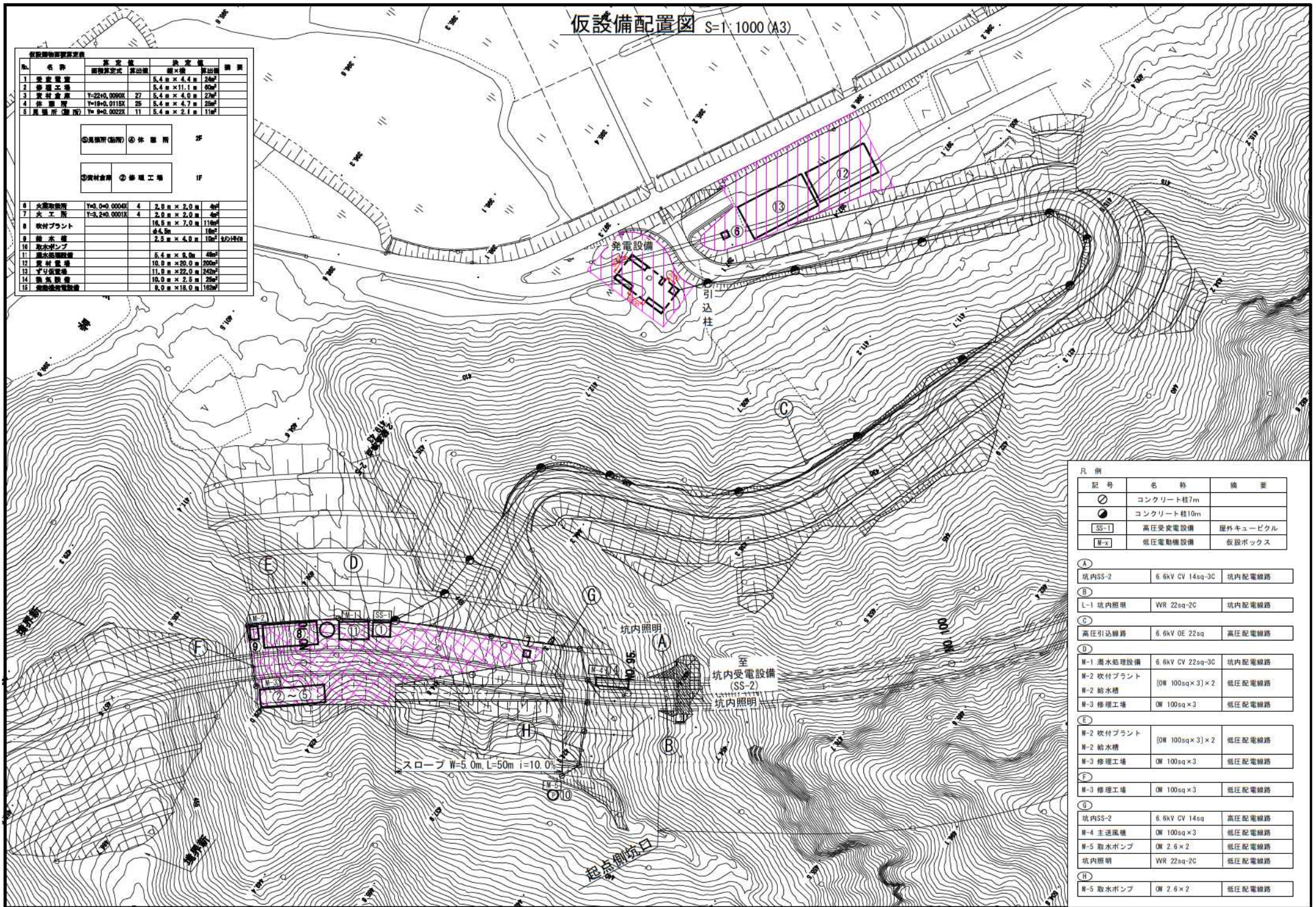
①: 照明用ランプ交換個数の算出結果より

仮設備配置図 S=1:1000 (A3)

No.	名称	原案量	決定量	備考
		個数/形式	量×寸法	量/寸法
1	仮倉庫		5.4m×4.4m	26㎡
2	修理工場		5.4m×11.1m	60㎡
3	仮材倉庫	Y=22+0.0000K	27 5.4m×4.0m	27㎡
4	仮トイレ	Y=19+0.0115K	25 5.4m×4.7m	25㎡
5	風置所(仮)	Y=9+0.0022K	11 5.4m×2.1m	11㎡

⑤風置所(仮)	④トイレ	25
③仮材倉庫	②修理工場	1F

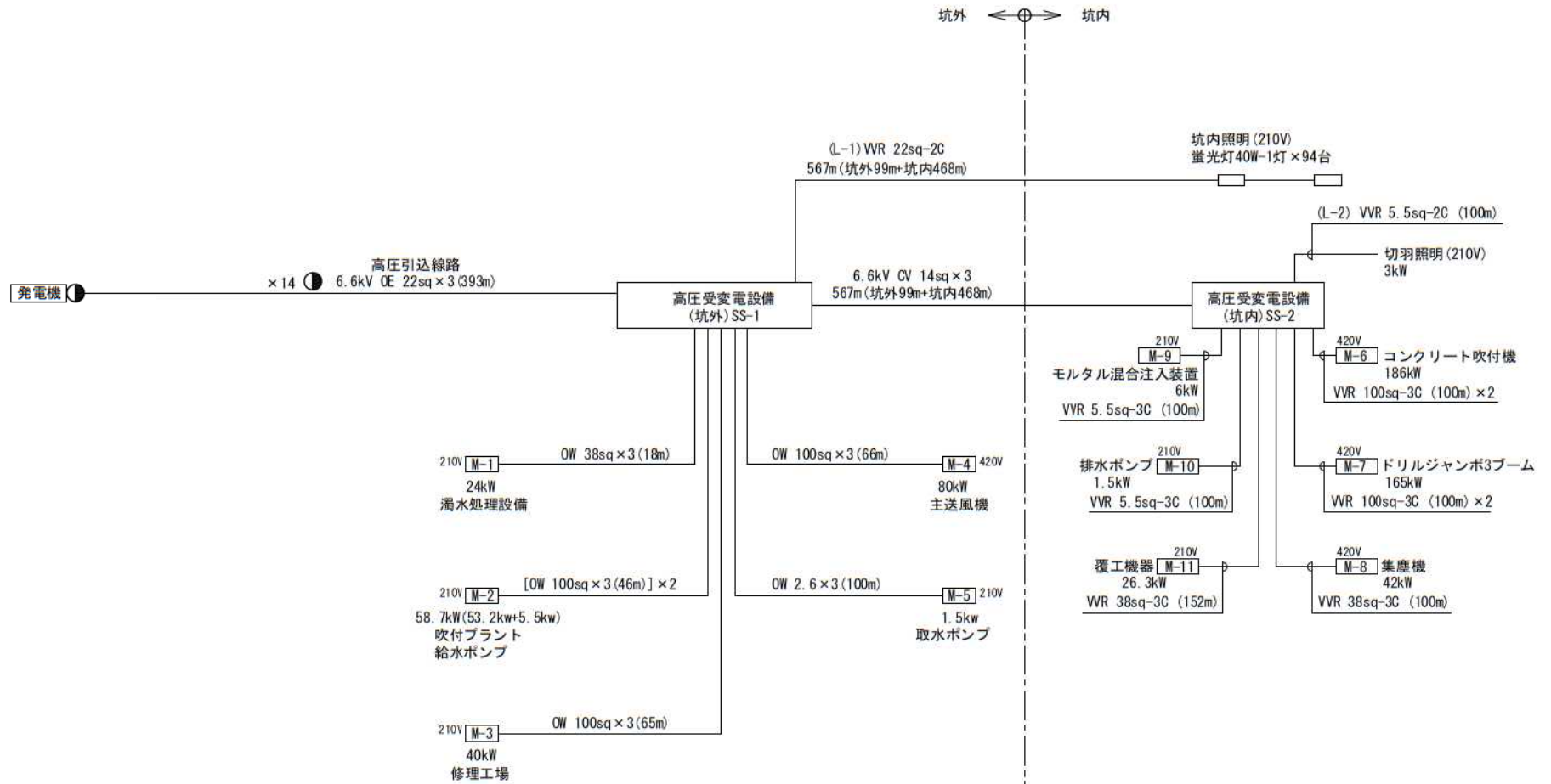
6	発電設備	Y=9+0.0000K	4	2.0m×2.0m	4㎡
7	火工所	Y=3.240.0001K	4	2.0m×2.0m	4㎡
8	吹付プラント			18.5m×7.9m	147㎡
9	給水槽			4.5m	16㎡
10	取水ポンプ			2.5m×4.0m	10㎡
11	揚水設備			5.4m×9.0m	49㎡
12	仮材倉庫			10.0m×20.0m	200㎡
13	下り仮設備			11.0m×22.0m	242㎡
14	仮気設備			10.0m×2.0m	20㎡
15	発電機仮設備			9.0m×18.0m	162㎡



凡例	記号	名称	概要
	○	コンクリート柱7m	
	●	コンクリート柱10m	
	SS-1	高圧受変電設備	屋外キュービクル
	M-x	低圧電動機設備	仮設ボックス

A	坑内SS-2	6.6kV CV 14sq-3C	坑内配電線路
B	L-1 坑内照明	WR 22sq-2C	坑内配電線路
C	高圧引込線路	6.6kV OE 22sq	高圧配電線路
D	M-1 揚水処理設備	6.6kV CV 22sq-3C	坑内配電線路
	M-2 吹付プラント	[0W 100sq×3]×2	低圧配電線路
	M-2 給水槽		
	M-3 修理工場	0W 100sq×3	低圧配電線路
E	M-2 吹付プラント	[0W 100sq×3]×2	低圧配電線路
	M-2 給水槽		
	M-3 修理工場	0W 100sq×3	低圧配電線路
F	M-3 修理工場	0W 100sq×3	低圧配電線路
G	坑内SS-2	6.6kV CV 14sq	高圧配電線路
	M-4 主送風機	0W 100sq×3	低圧配電線路
	M-5 取水ポンプ	0W 2.6×2	低圧配電線路
	坑内照明	WR 22sq-2C	低圧配電線路
H	M-5 取水ポンプ	0W 2.6×2	低圧配電線路

鳥海ダム2号トンネル 配線系統図

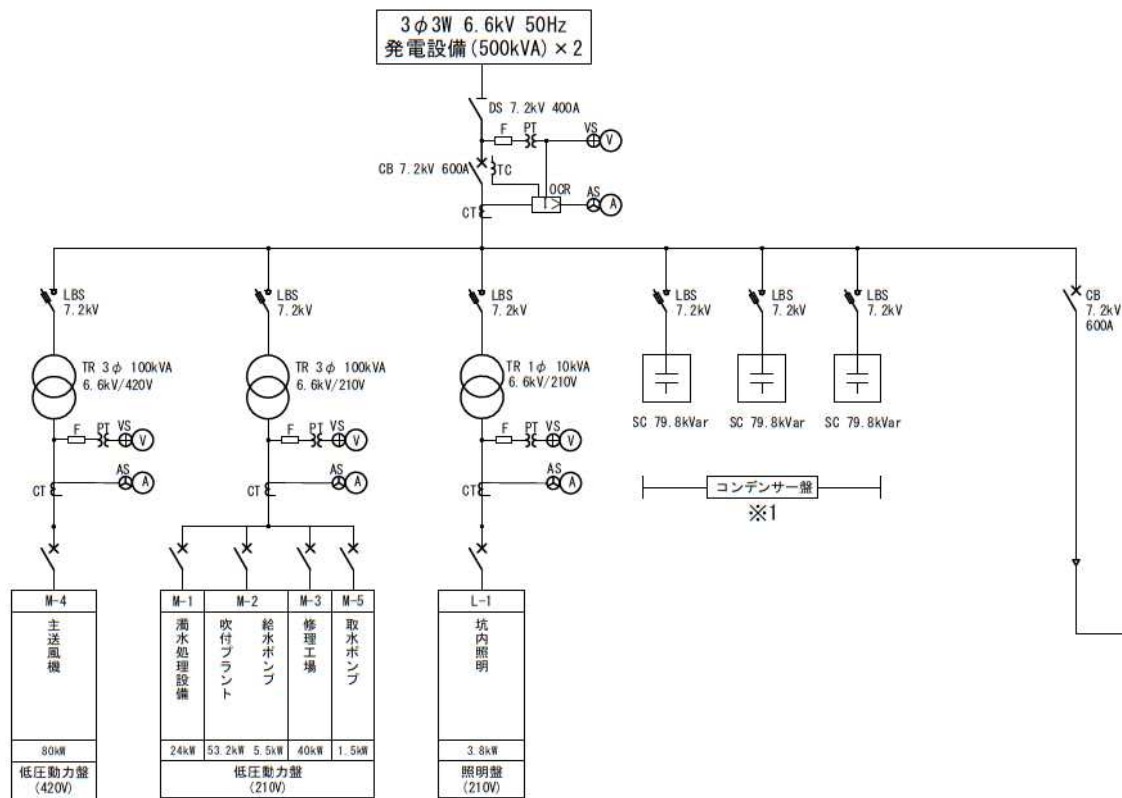


凡 例

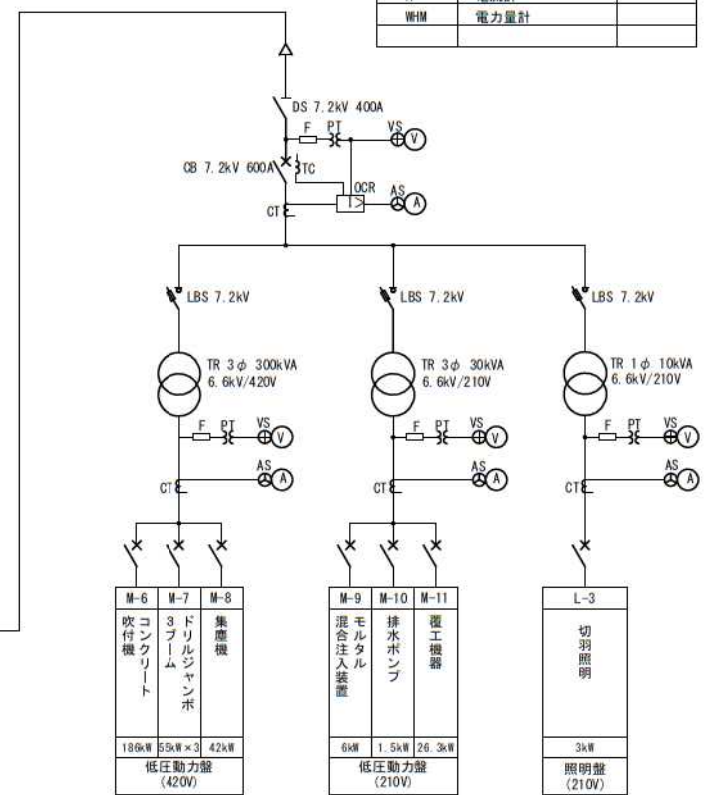
記号	名称	摘要
△	投光器500W	
●	コンクリート柱10m	
SS-1	高圧受変電設備	屋外キュービクル
M-x	低圧電動機設備	仮設ボックス

鳥海ダム2号トンネル 受変電設備単線結線図

記号	名称	備考
TR	変圧器	
SC	高圧進相コンデンサー	
PAS	高圧気中開閉器	
CB	高圧遮断器	
LBS	高圧負荷開閉器	
DS	断路器	
F	ヒューズ	
CT	変流器	
PT	計器用変圧器	
VCT	計器用変圧変流器	
GR	地絡継電器	
OCR	過電流継電器	
VS	電圧切換スイッチ	
AS	電流切換スイッチ	
V	電圧計	
A	電流計	
WHM	電力量計	



高圧変電設備(SS-1)坑外



高圧変電設備(SS-2)坑内

注記

※1 コンデンサの要否は、施工時に用いる施工機械及び発電装置に応じて決定すること。

5.2 二次側電力設備計画（商用電力）

5.2.1 適用基準

適用基準は、国土交通省土木工事標準積算基準書(共通編) 令和3年度版

のうち、⑱仮設電力設備工を適用する。(以降、【積算基準】と示す。)

5.2.2 仮設電力設備

別表二次側電力負荷容量表(表5.1.3)に基づいて、設備容量及び契約電力を算定する。

高压電力受電点は、工事用道路の始点付近とする。高压電力は、コンクリート柱に

高压気中開閉器(PAS)を設置し、架空にて受電する。

受変電設備は坑外及び坑内(移動式)に設置し、各機械及び照明に電力供給する。

5.2.3 変圧器容量の算出

変圧器容量(kVA) > 出力容量 × (需要率/100) / 力率

但し、変圧器容量は、直近上位を選択するが、変圧器は1割以下の過負荷に対応する

ことから、その範囲内の容量とし、下記の標準変圧器容量表から選定する。

表5.2.1 需要率表

出力容量	需要率
100kW以下	75%
200kW以下	70%
300kW以下	65%
500kW以下	60%
700kW以下	55%

単独機器及び複数機器を同時使用する場合は、需要率100%とする。

力率=0.8 (※1)

表5.2.2 標準変圧器容量 (※2)

单相	5	7.5	10	15	20	30	50	75	100	150	200	300	500	kVA
三相	5	7.5	10	15	20	30	50	75	100	150	200	300	500	kVA

注釈

※1 【積算基準 P.4】では、力率改善後の0.95とされているが、実情として、力率改善に用いられる高压コンデンサは、坑外受変電設備に設置され、二次側は力率改善されないため、本検討に用いる力率値は、**改善前の0.8**とする。

※2 【積算基準P.5】に示される上表の標準変圧器容量のうち、取り消し線で示す小容量変圧器は、JIS-C4304及びC4306(何れも最終改訂2013年)において規格外であるため、**当該容量の変圧器は選定しない**。

【 工 事 用 仮 設 電 力 計 画 】

工 種		月 数	月数細別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
作業工程	準備工	2.67ヶ月	開始 終了 0.0 2.7	■																									
	掘削工	7.06ヶ月	開始 終了 2.7 9.7		■																								
	覆工コンクリート	110.25 m/月	開始 終了 6.5 10.7								■																		
	排水工等雑工	400.00 m/月	開始 終了 11.2 12.4													■													
	跡片付け	0.67ヶ月	開始 終了 12.4 13.1														■												
切羽到達延長 (m)						24.00	78.00	132.00	188.01	251.80	338.57	425.34	468.02																
機 械 名		電 圧 (V)	出 力 (kw)	台 数 (台)	計 (kw)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
坑内動力	ドリルジャンボ3ブーム	420	55×3	1	165.00			165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00														
	コンクリート吹付機	420	186.00	1	186.00			186.00	186.00	186.00	186.00	186.00	186.00	186.00	186.00														
	モルタル混合注入装置	210	6.00	1	6.00			6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00														
	集塵機 電気式 2000 m3/min	420	42.00	1	42.00			42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00														
	全断面スライドセントル	210	16.80	1	16.80						16.80	16.80	16.80	16.80	16.80														
	バイブレーター	210	0.70	5	3.50							3.50	3.50	3.50	3.50	3.50													
	防水作業台車	210	4.00	1	4.00							4.00	4.00	4.00	4.00	4.00													
	排水ポンプ φ80×10m	210	1.50	1	1.50			1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50														
	小 計							358.50	400.50	400.50	400.50	424.80	424.80	424.80	424.80	424.80	24.30												
	坑外動力	主送風機(送気) 1500 m3/min	420	80×2	1	160.00				80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00													
吹付プラント(プラント+材+骨材おハ)		210	53.20	1	53.20			53.20	53.20	53.20	53.20	53.20	53.20	53.20	53.20														
取水ポンプ φ80×10m		210	1.50	1	1.50			1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50														
給水ポンプ φ65×35m		210	5.50	1	5.50			5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50														
濁水処理設備 30m3/min級		210	24.00	1	24.00			24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00														
修理工場		210	(40.00)	1																									
小 計							84.20	164.20	164.20	164.20	164.20	164.20	164.20	164.20	164.20														
照明設備	坑内照明 蛍光灯	210	0.04	94	3.76			0.20	0.64	1.08	1.52	2.04	2.72	3.44	3.76	3.76	3.76												
	切り羽照明 投光器	210	0.50	6	3.00			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00														
	覆工照明 投光器	210	0.50	4	2.00							2.00	2.00	2.00	2.00	2.00													
	小 計							3.20	3.64	4.08	4.52	7.04	7.72	8.44	8.76	5.76	3.76	3.76											
負荷合計	坑内動力+坑外動力 動力							432.70	564.70	564.70	564.70	589.00	589.00	589.00	589.00	24.30													
	照明設備 電力							3.20	3.64	4.08	4.52	7.04	7.72	8.44	8.76	5.76	3.76	3.76											
	計 (kW)							435.90	568.34	568.78	569.22	596.04	596.72	597.44	597.76	30.06	3.76	3.76											
負荷最大値															最大値														

送風機
当初においては一段運転の電力消費量で計上し、
変更時に積算することとする

変圧器容量の算出

1) 坑外受変電設備

a) 【坑外】低圧動力(三相6.6kV/420V)

機器名	出力(kW)	台数	容量(kW)	備考
主送風機	80.0	1	80.0	
合計			80.0	

需要率	100	
変圧器容量(kVA)	100.0	←Cos θ =0.80
使用変圧器(kVA)	100	

b) 【坑外】低圧動力(三相6.6kV/210V)

機器名	出力(kW)	台数	容量(kW)	備考
吹付プラント	53.2	1	53.2	
取水ポンプ	1.5	1	1.50	
給水ポンプ	5.5	1	5.5	
濁水処理設備	24.0	1	24.0	
修理工場	40.0	1	40.0	
合計			124.2	

需要率	70	
変圧器容量(kVA)	108.7	←Cos θ =0.80
使用変圧器(kVA)	100	100kVAの10%割増以下のため、変圧器容量は100kVAを選定

c) 【坑外】低圧電灯(単相6.6kV/210V)

機器名	出力(kW)	台数	容量(kW)	備考
坑内照明	0.04	94	3.8	
合計			3.8	

需要率(%)	100	
変圧器容量(kVA)	4.7	←Cos θ =0.80
使用変圧器(kVA)	10	

2) 坑内受変電設備

a) 【坑内】低圧動力(三相6.6kV/420V)

機器名	出力(kW)	台数	容量(kW)	備考
ドリルジャンボ(3ブーム)	165.0	1	165.0	
コンクリート吹付機	186.0	1	186.0	
集塵機	42.0	1	42.0	
合計			393.0	

需要率	60	←Cos θ =0.80
変圧器容量(kVA)	294.8	
使用変圧器(kVA)	300	

b) 【坑内】低圧動力(三相6.6kV/210V)

機器名	出力(kW)	台数	容量(kW)	備考
モルタル注入機	6.0	1	6.0	
排水ポンプ	1.5	1	1.5	
全断面スライドセントル	16.8	1	16.8	覆工機器
パイプレータ	0.70	5	3.5	覆工機器
防水工作業台車	4.0	1	4.0	覆工機器
覆工照明	0.50	4	2.0	覆工機器
合計			33.8	

(覆工機器計) 26.3

需要率	75	←Cos θ =0.80
変圧器容量(kVA)	31.7	
使用変圧器(kVA)	30	

30kVAの10%割増以下のため、変圧器容量は30kVAを選定

c) 【坑内】低圧電灯(単相6.6kV/210V)

機器名	出力(kW)	台数	容量(kW)	備考
切羽照明	0.50	6	3.0	
合計			3.0	

需要率(%)	100	←Cos θ =0.80
変圧器容量(kVA)	3.8	
使用変圧器(kVA)	10	

コンデンサー容量の算出

コンデンサー容量は以下により算出し、下表のコンデンサ定格容量より直近上位となる組み合わせを選定する。

コンデンサ定格容量

三相	以下省略	53.2	79.8	106	160	213	266	kvar
----	------	------	------	-----	-----	-----	-----	------

$$P_1 = P \times \tan \theta_1 = P \times \tan(\cos^{-1} \theta_1)$$

$$P_2 = P \times \tan \theta_2 = P \times \tan(\cos^{-1} \theta_2)$$

$$P_3 = P \times (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) = P_1 - P_2$$

ただし P_1 : 力率改善前の無効電力 (kVar1)
 P_2 : 力率改善前の無効電力 (kVar2)
 P_3 : 力率改善に要する無効電力 (kVar)
 (必要なコンデンサー容量, kVA)
 P : 負荷容量
 θ_1 : 改善前の力率 (0.80)
 θ_2 : 改善後の力率 (0.95)

変圧器	容量(kVA)	台数	容量(kW)	容量(kW) 需要率考慮	備考
【坑外】低圧動力(三相6.6kV/420V)	100	1	100	100	
【坑外】低圧動力(三相6.6kV/210V)	100	1	100	109	
【坑外】低圧電灯(単相6.6kV/210V)	10	1	10	5	
【坑内】低圧動力(三相6.6kV/420V)	300	1	300	295	
【坑内】低圧動力(三相6.6kV/210V)	30	1	30	32	
【坑内】低圧電灯(単相6.6kV/210V)	10	1	10	4	
合計(P)			550	544	

上記の坑内照明台数は、坑内照明変圧器から給電する台数を対象としている。

改善前の力率(%)	80	$P \times \tan(\arccos 0.80) =$	408.3
改善後の力率(%)	95	$P \times \tan(\arccos 0.95) =$	179.0
コンデンサー容量(kVar)	239	$P_{80} - P_{95} =$	229.3

以上よりコンデンサー容量は、力率95%になるよう次の容量を設置する。

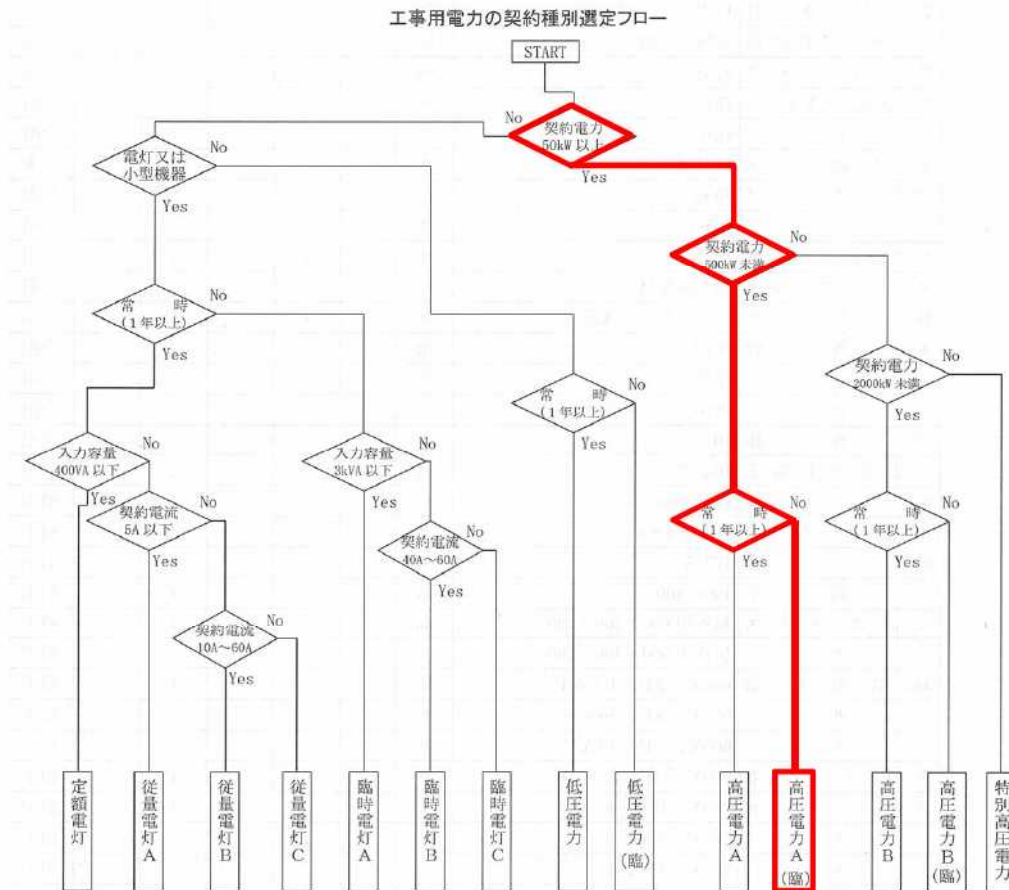
79.8kVar×3台の計239.4kVarとする。

コンデンサーの設置場所は、坑外受変電用キュービクルに併設する。

5.2.4 契約電力

(1) 契約種別

本トンネル工事の電力需要期間は別紙電力工程表のとおり、2.7月～12.4月の計9.7カ月間の1年未満であることと、後述の契約電力に基づき、「**高圧電力A(臨)**」となる。



【積算基準】P.9に加筆

(2) 契約電力

契約電力は、【積算基準P.4】に基づき契約負荷設備と契約受電設備容量の2通り計算し、小さい方の値とする。

1) 契約電力の計算

a) 契約負荷設備による算出

契約負荷設備の各入力について、それぞれ次の(イ)の係数を乗じてえた値の合計に(ロ)の係数を乗じて得た値とする。

入力換算係数

高压動力	1.176	(今回適用無し)
低压動力	1.250	

(イ) 圧縮係数

最大のものから最初の2台	1.00
次の2台	0.95
その他	0.90

ただし、照明負荷は全体で1負荷とする。

(ロ) 圧縮容量係数

圧縮容量	係数(%)
最初の6kW	100
次の14kW	90
次の30kW	80
次の100kW	70
次の150kW	60
次の200kW	50
500kW超過	30

b) 契約受電設備容量による算出

契約電力は、契約受電設備総容量に次の(ハ)の係数を乗じた値とする。(1VA=1W)

(ハ) 圧縮容量係数

圧縮容量	係数(%)
最初の50kW	80
次の50kW	70
次の200kW	60
次の300kW	50
600kW超過	40

※修理工場の負荷容量について、修理工場は切羽での作業中はほぼ稼働しないことから次項の負荷容量算定には含まないものとする。ただし、当該場所における坑内配電線路の敷設及び変圧器の設置については、考慮する。

2) 契約電力

a) 契約負荷設備

負荷名称	負荷容量 (kW)	入力換算 係 数	入力容量 (kVA)	圧縮係数 係 数	圧縮容量 (kW)
コンクリート吹付機	186.0	1.25	232.50	1.0	232.50
ドリルジャンボ3ブーム	165.0	1.25	206.25	1.0	206.25
主送風機	80.0	1.25	100.00	0.95	95.00
吹付プラント	53.2	1.25	66.50	0.95	63.18
その他動力(440V)	42.0	1.25	52.50	0.9	47.25
その他動力(220V)	62.8	1.25	78.50	0.9	70.65
照明設備	8.8	1.25	10.95	0.9	9.86
計	597.8		747.20		724.68

最初の	6 kWにつき	100 %	6.0 kW
次の	14 kWにつき	90 %	12.6 kW
次の	30 kWにつき	80 %	24.0 kW
次の	100 kWにつき	70 %	70.0 kW
次の	150 kWにつき	60 %	90.0 kW
次の	200 kWにつき	50 %	100.0 kW
500kWを超える	224.68 kWにつき	30 %	67.4 kW
			370.0 kW
			契約電力 370 kW

b) 契約受電設備容量

変 圧 器	容量(kVA)	台 数	容量(kVA)
【坑外】低圧動力(三相6.6kV/420V)	100	1	100
【坑外】低圧動力(三相6.6kV/210V)	100	1	100
【坑外】低圧電灯(单相6.6kV/210V)	10	1	10
【坑内】低圧動力(三相6.6kV/420V)	300	1	300
【坑内】低圧動力(三相6.6kV/210V)	30	1	30
【坑内】低圧電灯(单相6.6kV/210V)	10	1	10
合 計			550

最初の	50 kWにつき	80 %	40.0 kW
次の	50 kWにつき	70 %	35.0 kW
次の	200 kWにつき	60 %	120.0 kW
次の	250 kWにつき	50 %	125.0 kW
600kWを超える	kWにつき	40 %	kW
			320.0 kW
			契約電力 320 kW

c) 契約電力

a)とb)の計算結果から小さい方の値、**320** kWとする。

5.2.5 配線設計

(1) 設計基準

1) 配電電圧

高圧	三相三線 6.6kV、3.3kV
動力	三相三線 420V、210V
電灯	単相2線 210V

2) 電線路

a) 配電線の種別

高圧配電線路	6.6kV、3.3kV CVケーブル、OE電線
低圧配電線路	600V VVRケーブル、OW電線

b) 最小ケーブルサイズ

ケーブルサイズは個々の負荷容量と配線距離に応じて計算し、必要最小サイズを選定する。
但し、本検討における最小サイズは、【積算基準】に示されるケーブルサイズの最小サイズとする。

高圧ケーブル	14mm ² 、5.0mm
低圧ケーブル	5.5mm ² 、2.6mm

c) 坑外低圧配電線路

坑外の低圧配電線路は、電柱による架線方式をとし、使用電線サイズは、負荷容量と距離に応じて下表より選定し、下表の範囲外となる場合は個別に電圧降下計算により設定する。

表5.2.5

負荷／距離	50m	100m	150m	200m	250m	300m	350m	400m	450m	500m
10kW以下	2.6	3.2	14	22	22	22	38	38	38	38
20kW以下	3.2	22	22	38	38	60	60	60	100	100
30kW以下	14	22	38	60	60	100	100	100	100	
40kW以下	22	38	60	60	100	100				
50kW以下	22	38	60	100	100					
60kW以下	22	60	100	100						

(注) 電線規格は、3.2までは直径(mm)を、14以上は断面積(mm²)

3) 電圧降下計算式

三相三線式	$e = 30.8 \times L \times I \times \rho / 1000 \times A$
単相二線式	$e = 35.6 \times L \times I \times \rho / 1000 \times A$
	e : 電圧降下(V)
	L : 電線互長(m)
	I : 負荷電流(A)
	A : 電線断面積(mm ²)

4) 効率、力率

効率	87.5%
力率	80.0%

5)許容電圧降下

許容電圧降下は受電設備配電盤から負荷の末端まで7%とする。

ただし、電線の許容電流を超えてはならない。

6)高圧ケーブルのサイズ

引込部は積算基準Ⅱ-5-18-13に基づき、6kV OE 22sqとし、坑内受電設備用ケーブルは、基準における最小サイズである6kV CV 14sq-3Cを基本として後述の配線計算により適用サイズを選定する。

7)許容電流

表5.2.7 6.6kV 架橋ポリエチレン絶縁ケーブル(気中及び暗渠布設)
(単位:A)

公称断面積 mm ²	6.6kV CV 3C	6.6kV CVT トリプレックス		
14	83			
22	105	120		
38	145	170		
60	195	225		
100	265	310		

表5.2.8 600V ビニル絶縁ビニルシースケーブル(気中及び暗渠布設)
(単位:A)

公称断面積 mm ²	VV	VV	VV	備考
	1C	2C	3C	
5.5	37	33	28	
8	47	42	36	
14	66	59	50	
22	88	78	66	
38	120	110	93	
60	165	145	120	
100	230	200	165	
150	295	255	220	※
200	350	310	260	※
250	400	355	300	※
325	470	420	355	※

※【積算基準】に記載される最大ケーブルサイズは100sqにつき、150sq以上は使用せず2条以上の敷設として計画する。

表5.2.9 屋外用絶縁電線

(単位:A)

直径・ 公称断面積	高圧架空電線 OE	低圧架空電線 OW		
2.6mm		35		
3.2mm		45		
14mm ²		60		
22mm ²	120	78		
38mm ²	165	100		
60mm ²	220	130		
100mm ²	300	175		

8) 低圧電動機設備

機械台数により下表から適切な回路数の仮設ボックスを選定する。

表5.2.10

接続する機械台数	仮設ボックス回路数	仮設ボックス規格
3台以下	3回路	屋外用400×300×200
5台以下	5回路	屋外用500×400×200
7台以下	7回路	屋外用600×700×200
10台以下	10回路	屋外用700×1200×200

9) 坑内照明

坑内照明は、40W蛍光灯を片側5m間隔に設置し、ケーブルサイズの標準は、下表によるが、受電設備から坑口までの配線距離を考慮し、配線サイズを計算する。

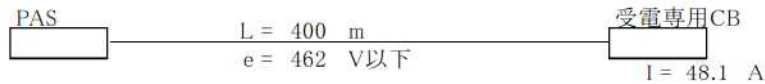
表5.2.11

トンネル長	320m	430m	590m	700m	890m	1150m	1500m
ケーブルサイズ	5.5	8	14	22	38	60	100

(注)ケーブルサイズは、断面積(mm²)である。

配線サイズ計算書

- 1) 高压引込 電圧 6600 V 容量 550 kVA 許容電圧降下 7.0 %
PAS～SS1

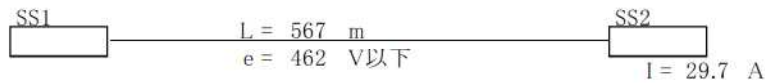


$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 1.3 \text{ mm}^2 \quad \text{設計条件より } S = 22 \text{ mm}^2 \quad 6.6\text{kV OE } 22\text{sq} \times 3(120\text{A})$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 26.9 \text{ V} = 0.41 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

- 2) 高压配線 電圧 6600 V 容量 340 kVA 許容電圧降下 7.0 %
SS1～SS2



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 1.1 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブル最少サイズから } S = 14 \text{ mm}^2 \quad 6.6\text{kV CV } 14\text{sq}(83\text{A})$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 37 \text{ V} = 0.56 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

- 3) 坑外低圧動力 電圧 210 V 容量 24.0 kW 許容電圧降下 7.0 %
(M-1 濁水処理設備) 容量 30.0 kVA ←力率考慮(80%)

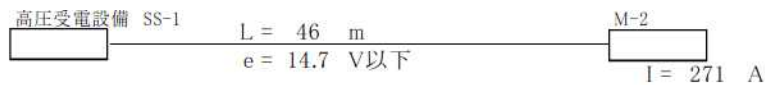


$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 3.1 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 38 \text{ mm}^2 \quad 600\text{V OW } 38\text{sq} \times 3(100\text{A}) \times 1\text{条}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 1.2 \text{ V} = 0.57 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

- 4) 坑外低圧動力 電圧 210 V 容量 78.7 kW 許容電圧降下 7.0 %
(M-2 吹付プラント、給水ポンプ) 容量 98.4 kVA ←力率考慮(80%)

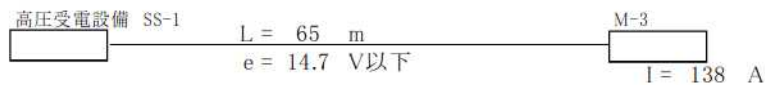


$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 26.1 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 200 \text{ mm}^2 \quad 600\text{V OW } 100\text{sq} \times 3(175\text{A}) \times 2\text{条}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 1.9 \text{ V} = 0.91 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

※100sq-3C×1条では許容電流を満足しないため2条敷設とする。
許容電流判定 OK

- 5) 坑外低圧動力 電圧 210 V 容量 40.0 kW 許容電圧降下 7.0 %
(M-3 修理工場) 容量 50.0 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 18.7 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 100 \text{ mm}^2 \quad 600\text{V OW } 100\text{sq} \times 3(175\text{A}) \times 1\text{条}$$

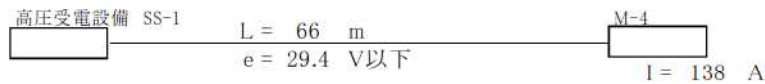
$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 2.8 \text{ V} = 1.31 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

配線サイズ計算書

6) 坑外低圧動力 電圧 420 V 容量 80.0 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-4 主送風機) 容量 100.0 kVA ←力率考慮(80%)



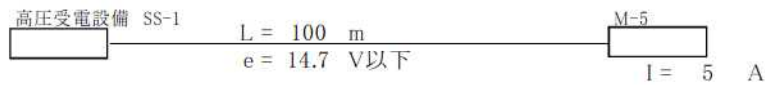
$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 9.5 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 100 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V OW } 100\text{sq} \times \\ 3(175\text{A}) \times 1 \text{条} \end{matrix}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 2.8 \text{ V} = 0.67 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

7) 坑外低圧動力 電圧 210 V 容量 1.5 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-5 取水ポンプ) 容量 1.9 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 1.1 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 2.6 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V OW } 2.6\text{sq} \times 3(35\text{A}) \end{matrix}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 6.2 \text{ V} = 2.93 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

8) 坑内低圧電灯 電圧 210 V 容量 3.8 kW 許容電圧降下 7.0 %

(L-1 坑内照明) 容量 4.7 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 35.6 \times L \times I / 1000 \times e = 18.1 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの電圧降下から } S = 22 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-2C } 22\text{sq-} \\ 2\text{C}(78\text{A}) \end{matrix}$$

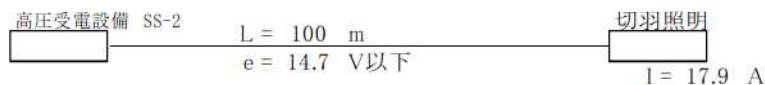
$$e = 35.6 \times L \times I / 1000 \times S = 12.1 \text{ V} = 5.75 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

※距離は、受電設備SS1～坑口間99m+坑内照明負荷中心距離(468m÷2=234m)を加算

許容電流判定 OK

9) 坑内低圧電灯 電圧 210 V 容量 3.0 kW 許容電圧降下 7.0 %

(L-2 切羽照明) 容量 3.8 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 35.6 \times L \times I / 1000 \times e = 4.3 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの電圧降下から } S = 5.5 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-2C } 5.5\text{sq-} \\ 2\text{C}(33\text{A}) \end{matrix}$$

$$e = 35.6 \times L \times I / 1000 \times S = 11.6 \text{ V} = 5.52 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

配線サイズ計算書

10) 坑内低圧動力 電圧 420 V 容量 186.0 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-6 コンクリート吹付機) 容量 232.5 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 33.5 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 200 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-3C } 100\text{sq-} \\ 3\text{C}(165\text{A}) \times 2\text{条} \end{matrix}$$

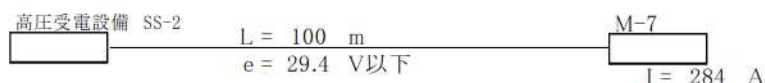
$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 4.9 \text{ V} = 1.17 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

※100sq-3C×1条では許容電流を満足しないため2条敷設とする。

許容電流判定 OK

11) 坑内低圧動力 電圧 420 V 容量 165.0 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-7 ドリルジャンボ3ブーム) 容量 206.3 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 29.7 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 200 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-3C } 100\text{sq-} \\ 3\text{C}(165\text{A}) \times 2\text{条} \end{matrix}$$

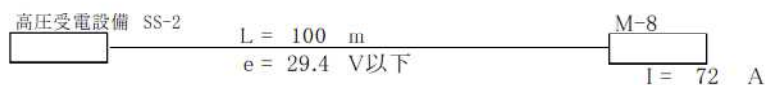
$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 4.4 \text{ V} = 1.04 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

※100sq-3C×1条では許容電流を満足しないため2条敷設とする。

許容電流判定 OK

12) 坑内低圧動力 電圧 420 V 容量 42.0 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-8 集塵機) 容量 52.5 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 7.6 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 38 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-3C } 38\text{sq-} \\ 3\text{C}(93\text{A}) \times 1\text{条} \end{matrix}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 5.9 \text{ V} = 1.39 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

13) 坑内低圧動力 電圧 210 V 容量 6.0 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-9 モルタル混合注入装置) 容量 7.5 kVA ←力率考慮(80%)



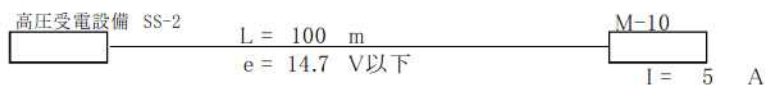
$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 4.3 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 5.5 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-3C } 5.5\text{sq-} \\ 3\text{C}(28\text{A}) \times 1\text{条} \end{matrix}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 11.5 \text{ V} = 5.49 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

14) 坑内低圧動力 電圧 210 V 容量 1.5 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-10 排水ポンプ) 容量 1.9 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 1.1 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 5.5 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-3C } 5.5\text{sq-} \\ 3\text{C}(28\text{A}) \times 1\text{条} \end{matrix}$$

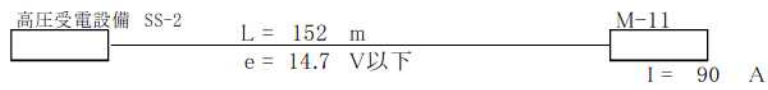
$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 2.9 \text{ V} = 1.39 \% < 7.0 \% \rightarrow \text{電圧降下判定 OK}$$

許容電流判定 OK

配線サイズ計算書

15) 坑内低圧動力 電圧 210 V 容量 26.3 kW 許容電圧降下 7.0 %

(M-11 覆工機器) 容量 32.9 kVA ←力率考慮(80%)



$$S = 30.8 \times L \times I / 1000 \times e = 28.8 \text{ mm}^2 \quad \text{ケーブルの許容電流から } S = 38 \text{ mm}^2 \quad \begin{matrix} 600\text{V VVR-3C } 38\text{sq-} \\ 3\text{C}(93\text{A}) \end{matrix}$$

$$e = 30.8 \times L \times I / 1000 \times S = 11.1 \text{ V} = 5.30 \% < 7.0 \% \quad \rightarrow \quad \text{電圧降下判定} \quad \text{OK}$$

許容電流判定 OK

(3) 低圧電動機設備

名 称	規 格	開閉器容量	電圧(V)	容量(kW)	負 荷 名 称	設置場所
M-1	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 100AF	210	24.0	濁水処理設備	坑外
M-2	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 225AF	210	53.2	吹付プラント	坑外
		ELB 3P 30AF	210	5.5	給水ポンプ	
M-3	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 225AF	210	40.0	修理工場	坑外
M-4	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 225AF	420	80.0	主送風機	坑外
M-5	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 30AF	210	1.5	取水ポンプ	坑内
M-6	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 400AF	420	186.0	コンクリート吹付機	坑内
M-7	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 400AF	420	165.0	ドリルジャンボ3ブーム	坑内
M-8	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 100AF	420	42.0	集塵機	坑内
M-9	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 30AF	210	6.0	モルタル混合注入装置	坑内
M-10	仮設ボックス 3回路	ELB 3P 30AF	210	1.5	排水ポンプ	坑内
M-11	仮設ボックス 5回路				覆工機器	
		ELB 3P 60AF	210	16.8	全断面スライドセントル	坑内
		ELB 3P 30AF	210	3.5	パイプレータ(0.7kW×5)	坑内
		ELB 3P 30AF	210	4.0	防水工作業台車	坑内
		ELB 3P 30AF	210	2.0	覆工照明	坑内

5.2.6 電気設備数量

(1) 高圧受電設備:SS-1

設置期間(掘削開始～雑工完了) 2.7ヶ月～12.4ヶ月

【9.7ヶ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
高圧キュービクル	6.6kVA,340kVA,CB形	日	293	損料:30日×9.7ヶ月+2日
高圧気中開閉器	7.2kV 300A 無方向性	日	293	損料:30日×9.7ヶ月+2日
コンクリート柱	10m×19cm-350kg	本	1	損率:1年未満
腕金	1.8m	本	2	損率:1年未満
腕金	0.9m	本	1	損率:1年未満
アームタイ	2.3×25×945	本	3	損率:1年未満
装柱金具	Uボルト 13×220	個	3	損率:1年未満
高圧耐張碍子	普通形	個	3	損率:1年未満
引留クランプ	38mm ²	個	3	損率:1年未満
蓄力形コネクタ	38mm ²	個	12	損率:1年未満
避雷器	8.4kV 一般形	個	3	損率:1年未満
玉碍子	100×100	個	1	損率:1年未満
高圧ビン碍子	普通形	個	3	損率:1年未満
亜鉛メッキ鋼燃線	2種 A級 22mm ²	kg	1.7	全損
巻付グリップ	22mm ²	個	4	全損
根枷	コンクリートA形 1000×170×140	個	1	損率:1年未満
足場ボルト	CP用	本	13	損率:1年未満
電線管	GP70	m	10	全損
電線管	GP28	m	10	全損
ステンレスペルト	SFTB-10	m	5.6	全損
ステンレスペルト	同上締金具	個	7	全損
ケーブル	6.6kV CV 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電線	PDC 6.6kV 38mm ²	m	5	損率:1年未満
電線	IV 38mm ²	m	10	損率:1年未満
接地棒	10φ×1500	本	5	全損
同上リード端子	10φ用	個	5	全損
接地銅板	900×900×1.5t	枚	1	全損
水切りカバー	100A	個	3	全損
分岐カバー	T1 2個用	個	12	全損
ステーブロック	NO.1 ロット付	個	1	全損
端末処理材	屋外 6.6kV 38mm ² -3C	個	1	全損
端末処理材	屋内 6.6kV 38mm ² -3C	個	1	全損
技術者	(設置+撤去)	人	1.05	
電工	(設置+撤去)	人	26.00	
普通作業員	(設置+撤去)	人	12.00	
諸雑費		式	1	

(2) 高圧受電設備:SS-2

設置期間(掘削開始～覆工完了) 2.7ヶ月～10.7ヶ月

【8.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
高圧キュービクル	6.6kVA,340kVA,CB型	日	242	損料:30日×8ヶ月+2日
電線	IV 38mm ²	m	10	損率:1年未満
接地棒	10φ×1500	本	5	全損
同上リット端子	10φ用	個	5	全損
接地銅板	900×900×1.5t	枚	1	全損
端末処理材	屋内 6.6kV 38mm ² -3C	個	2	全損
技術者	(設置+撤去)	人	1.05	
電工	(設置+撤去)	人	26.00	
普通作業員	(設置+撤去)	人	12.00	
諸雑費		式	1	

(3) 高圧配電線路:高圧引込電路 引込柱～SS-1 L=400m

設置期間(掘削開始～雑工完了) 2.7ヶ月～12.4ヶ月

【9.7ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
コンクリート柱	10m-19cm 3400[N] (350kgf)	本	14	(1)で1本計上より 損率:1年未満
高圧ピン碼子	普通形, 大	個	21	21×400÷400 損率:1年未満
高圧耐張碼子	普通形	〃	18	18×400÷400 損率:1年未満
腕金	1.5m	本	10	10×400÷400 損率:1年未満
腕金	1.8m	〃	1	1×400÷400 損率:1年未満
装柱金具	Uボルト13-220	個	11	11×400÷400 損率:1年未満
足場ボルト	CP用	本	130	130×400÷400 損率:1年未満
アームタイ	2.3-25-945	〃	11	11×400÷400 損率:1年未満
電線	6.6kV, OE, 22sq	m	1,210	1210×400÷400 損率:1年未満
電線	PDC, 6kV, 22sq	〃	5	5×400÷400 損率:1年未満
根かせ	コンクリートA形, 1000-170-140	個	10	10×400÷400 損率:1年未満
亜鉛メッキ鋼燃線	2種, A級, 22sq	kg	6.8	6.8×400÷400 全損
巻付グリップ	22sq	個	16	16×400÷400 全損
ステーブロック	NO.1, ロット付	〃	4	4×400÷400 全損
玉碼子	100×100	〃	4	4×400÷400 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	41	41×400÷400
普通作業員	(設置+撤去)	〃	66	66×400÷400
諸雑費		式	1	

(4) 低圧配電線路:SS-1～(M-1～M-5)区間の電柱

設置期間(掘削開始～雑工完了) 2.7ヶ月～12.4ヶ月

【9.7ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
コンクリート柱	7m-19cm 4200[N] (430kgf)	本	10	平面図より 損率:1年未満
低圧碍子		個	—	以降の個別項目で計上
低圧ラック		〃	—	以降の個別項目で計上
足場ボルト	CP用	本	80	80×10÷10 損率:1年未満
電線	各種	m	—	以降の個別項目で計上
根かせ	コンクリートA形, 1000×170×140	個	10	10×10÷10 損率:1年未満
亜鉛メッキ鋼燃線	2種, A級, 22sq	kg	4.8	4.8×10÷10 全損
巻付グリップ	22sq	個	16	16×10÷10 全損
ステーブロック	NO.1, ロット付	〃	4	4×10÷10 全損
玉碍子	100×100	〃	4	4×10÷10 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	15.18	15.18×10÷10
普通作業員	(設置+撤去)	〃	24.68	24.68×10÷10
諸雑費		式	1	

(5) 低圧配電線路:SS-1～M-1濁水処理設備 L=18m

設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
低圧碍子		個	6	6個/径間×1径間×1条 損率:1年未満
低圧ラック		〃	6	6個/径間×1径間×1条 損率:1年未満
電線	OW38sq	m	54	18×3本×1条 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	0.50	11.25×54÷1210
普通作業員	(設置+撤去)	〃	0.80	18×54÷1210
諸雑費		式	1	

(6) 低圧配電線路:SS-1～M-2吹付プラント,給水ポンプ L=46m

設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
低圧碍子		個	24	6個/径間×2径間×2条 損率:1年未満
低圧ラック		〃	24	6個/径間×2径間×2条 損率:1年未満
電線	OW100sq	m	276	46×3本×2条 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	5.13	22.5×276÷1210
普通作業員	(設置+撤去)	〃	7.70	33.75×276÷1210
諸雑費		式	1	

(7) 低圧配電線路:SS-1~M-3修理工場 L=65m 設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
低圧碍子		個	18	6個/径間×3径間×1条 損率:1年未満
低圧ラック		〃	18	6個/径間×3径間×1条 損率:1年未満
電線	OW100sq	m	195	65×3本×1条 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.63	22.5×195÷1210
普通作業員	(設置+撤去)	〃	5.44	33.75×195÷1210
諸雑費		式	1	

(8) 低圧配電線路:SS-1~M-4主送風機 L=66m 設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
低圧碍子		個	18	6個/径間×3径間×1条 損率:1年未満
低圧ラック		〃	18	6個/径間×3径間×1条 損率:1年未満
電線	OW100sq	m	198	66×3本×1条 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.68	22.5×198÷1210
普通作業員	(設置+撤去)	〃	5.52	33.75×198÷1210
諸雑費		式	1	

(9) 低圧配電線路:SS-1~M-5取水ポンプ L=100m 設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
低圧碍子		個	42	6個/径間×7径間×1条 損率:1年未満
低圧ラック		〃	42	6個/径間×7径間×1条 損率:1年未満
電線	OW2.6mm	m	300	100×3本×1条 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	1.12	4.5×300÷1210
普通作業員	(設置+撤去)	〃	1.67	6.75×300÷1210
諸雑費		式	1	

(10) 坑内配電線路:(SS-1~SS-2坑内高圧)L=567m 設置期間(掘削開始~雑工完了) 2.7ヶ月~12.4ヶ月 【9.7ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ケーブル	6.6kV CV 14mm ² -3C	m	567	損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	284	50×567/100 全損
一般用受皿	15R ポリエチレン	個	284	50×567/100 全損
アンカーボルト	M10	個	567	100×567/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	136.1	24×567/100
諸雑費		式	1	

(11)坑内配電線路:(SS-2～M-6コンクリート吹付機)延長100m×2 設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ケーブル	VVR 100sq-3C	m	200	100m×2 損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	100	50×2 全損
一般用受皿	25R ポリエチレン	個	100	50×2 全損
アンカーボルト	M10	個	100	100×200/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	78.00	39×2
諸雑費		式	1	

(12)坑内配電線路:(SS-2～M-7ドリルジャンボ3ブーム)延長100m×2 設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ケーブル	VVR 100sq-3C	m	200	100m×2 損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	100	50×2 全損
一般用受皿	25R ポリエチレン	個	100	50×2 全損
アンカーボルト	M10	個	100	100×200/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	78.00	39×2
諸雑費		式	1	

(13)坑内配電線路:(SS-2～M-8集塵機)延長100m×1 設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ケーブル	VVR 38sq-3C	m	100	100m×1 損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	50	50×1 全損
一般用受皿	15R ポリエチレン	個	50	50×1 全損
アンカーボルト	M10	個	100	100×100/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	18.00	18×1
諸雑費		式	1	

(14)坑内配電線路:(SS-2～M-9モルタル混合注入装置)延長100m×1 設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ケーブル	VVR 5.5sq-3C	m	100	100m×1 損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	50	50×1 全損
一般用受皿	15R ポリエチレン	個	50	50×1 全損
アンカーボルト	M10	個	100	100×100/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	10.05	10.05×1
諸雑費		式	1	

(15)坑内配電線路:(SS-2～M-10排水ポンプ)延長100m 設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ケーブル	VVR 5.5sq-3C	m	100	100m×1 損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	50	50×1 全損
一般用受皿	15R ポリエチレン	個	50	50×1 全損
アンカーボルト	M10	個	100	100×100/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	10.05	10.05×1
諸雑費		式	1	

(16) 坑内配電線路: (SS-2~M-11覆工機器)延長152m 設置期間(覆工開始~覆工完了) 6.5ヶ月~10.7ヶ月 【4.2ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ケーブル	VVR 38sq-3C	m	152	152m×1 損率:6ヵ月未満
一般支持金具	TA85	個	76	50×152/100 全損
一般用受皿	15R ポリエチレン	個	76	50×152/100 全損
アンカーボルト	M10	個	152	100×152/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	18.00	18×1
諸雑費		式	1	

(17) 低圧電動機設備:M-1 濁水処理設備 設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 100AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リード端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(18) 低圧電動機設備:M-2 吹付プラント,給水ポンプ 設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 225AF	個	1	損率:1年未満
	600V 3P 30AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リード端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(19) 低圧電動機設備:M-3 修理工場 設置期間(掘削開始~掘削完了) 2.7ヶ月~9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 225AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リード端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(20) 低圧電動機設備:M-4 主送風機 設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 225AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リド端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(21) 低圧電動機設備:M-5 取水ポンプ 設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 30AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リド端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(22) 低圧電動機設備:M-6 コンクリート吹付機 設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 400AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リド端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(23) 低圧電動機設備:M-7 ドリルジャンボ3ブーム 設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 400AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リド端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(24) 低圧電動機設備:M-8 集塵機 設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 100AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リド'端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(25) 低圧電動機設備:M-9 モルタル混合注入機 設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 30AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リド'端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(26) 低圧電動機設備:M-10 排水ポンプ 設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月 【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(3回路用)	屋外用 400×300×200	面	1	損率:1年未満
漏電ブレーカー	600V 3P 30AF	個	1	損率:1年未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リド'端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(27) 低圧電動機設備:M-11 覆工機器 設置期間(覆工開始～覆工完了) 6.5ヶ月～10.7ヶ月 【4.2ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
仮設ボックス(5回路用)	屋外用 500×400×200	面	1	損率:6ヵ月未満
漏電ブレーカー	600V 3P 60AF	個	1	損率:6ヵ月未満
	600V 3P 30AF	個	3	損率:6ヵ月未満
接地棒	10φ×1000	本	1	全損
同上用リド'端子	10φ用	個	1	全損
ケーブル	VVR 38mm ² -3C	m	10	損率:6ヵ月未満
電工	(設置+撤去)	人	3.39	1.44+1.95
諸雑費		式	1	

(28) 坑内照明:(蛍光灯94台)延長L=99m

設置期間(掘削開始～雑工完了) (2.7ヶ月～12.4ヶ月)/2

【9.7ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ランプ	蛍光灯 40W直管	個	94	全損
照明器具	蛍光灯 40W 防湿型	個	94	損率:1年未満
ケーブル	VVR 2mm ² -2C	m	99	損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	50	99×50/100 全損
一般用受皿	15R ポリエチレン	個	50	99×50/100 全損
アンカーボルト	M10	個	99	全損
アンカーボルト	M8	個	40	99×40/100 全損
電工	(設置+撤去)	人	26.73	9×99/100+18×99/100
諸雑費		式	1	

(29) 切羽照明:(投光器6個)延長100m

設置期間(掘削開始～掘削完了) 2.7ヶ月～9.7ヶ月

【7.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ランプ	白熱灯 500W	個	6	当初6灯 全損
照明器具	リフレクタ投光器	個	6	損率:1年未満
ケーブル	VVR 5.5mm ² -2C	m	100	損率:1年未満
一般支持金具	TA85	個	50	100×50/100 全損
一般用受皿	15R ポリエチレン	個	50	100×50/100 全損
ケーブル	2PNCT 3.5mm ² -2C	m	60	損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	12.39	10.05×100/100+3.9×6/10
諸雑費		式	1	

(30) 覆工照明:(投光器4個)延長152m

設置期間(覆工開始～覆工完了) 6.5ヶ月～10.7ヶ月

【1.0ヵ月】

名 称	規 格	単 位	数 量	備 考
ランプ	白熱灯 500W	個	4	当初4灯 全損
照明器具	リフレクタ投光器	個	4	損率:1年未満
ケーブル	VVR 5.5sq-2C	m	40	100×4÷10 損率:1年未満
電工	(設置+撤去)	人	1.56	3.9×4/10
諸雑費		式	1	

5.2.7 照明設備

(1) 照明用ランプ交換個数

1) 坑内照明(通路)

① 蛍光灯 40w、5m間隔 設置個数

区分	延長(m)	設置間隔(m)	設置個数	摘要
鳥海ダム2号TN	468.0	5.0	94	
計	468.0		94	

② ランプ交換個数

ランプ平均寿命時間 = 12,000 h(蛍光灯)

区分	開始	完了	期間	1日点灯時間	総点灯時間	交換個数	摘要
掘削	2.70	9.70	7.00	17	111,860		1/2*(完了-開始)
覆工、その他	6.50	12.40	5.90	17	188,564		
計					300,424	0	

注1: 総点灯時間算出時のランプ個数は94個

2) 切羽照明

① 投光器 500w、設置個数 6 個

② ランプ交換個数

ランプ平均寿命時間 = 2,000 h(白熱灯)

区分	開始	完了	期間	1日点灯時間	総点灯時間	交換個数	摘要
掘削	2.70	9.70	7.00	17	14,280		掘削完了-掘削開始
計					14,280	6	

注1: 総点灯時間算出時のランプ個数は6個

3) 覆工照明

① 投光器 500w、設置個数 4 個

② ランプ交換個数

ランプ平均寿命時間 = 2,000 h(白熱灯)

区分	開始	完了	期間	1日点灯時間	総点灯時間	交換個数	摘要
覆工	6.50	10.70	4.20	17	5,712		
計					5,712	0	

注1: 総点灯時間算出時のランプ個数は4個

(2) 照明用電力量

区分	総点灯時間(h) ①	電灯・照明(kw) ②	電力量(kwh) ③=①*②	摘要
坑内照明	300,424	0.040	12,017	
切羽照明	14,280	0.500	7,140	
覆工照明	5,712	0.500	2,856	
合計			22,013	

①: 照明用ランプ交換個数の算出結果より

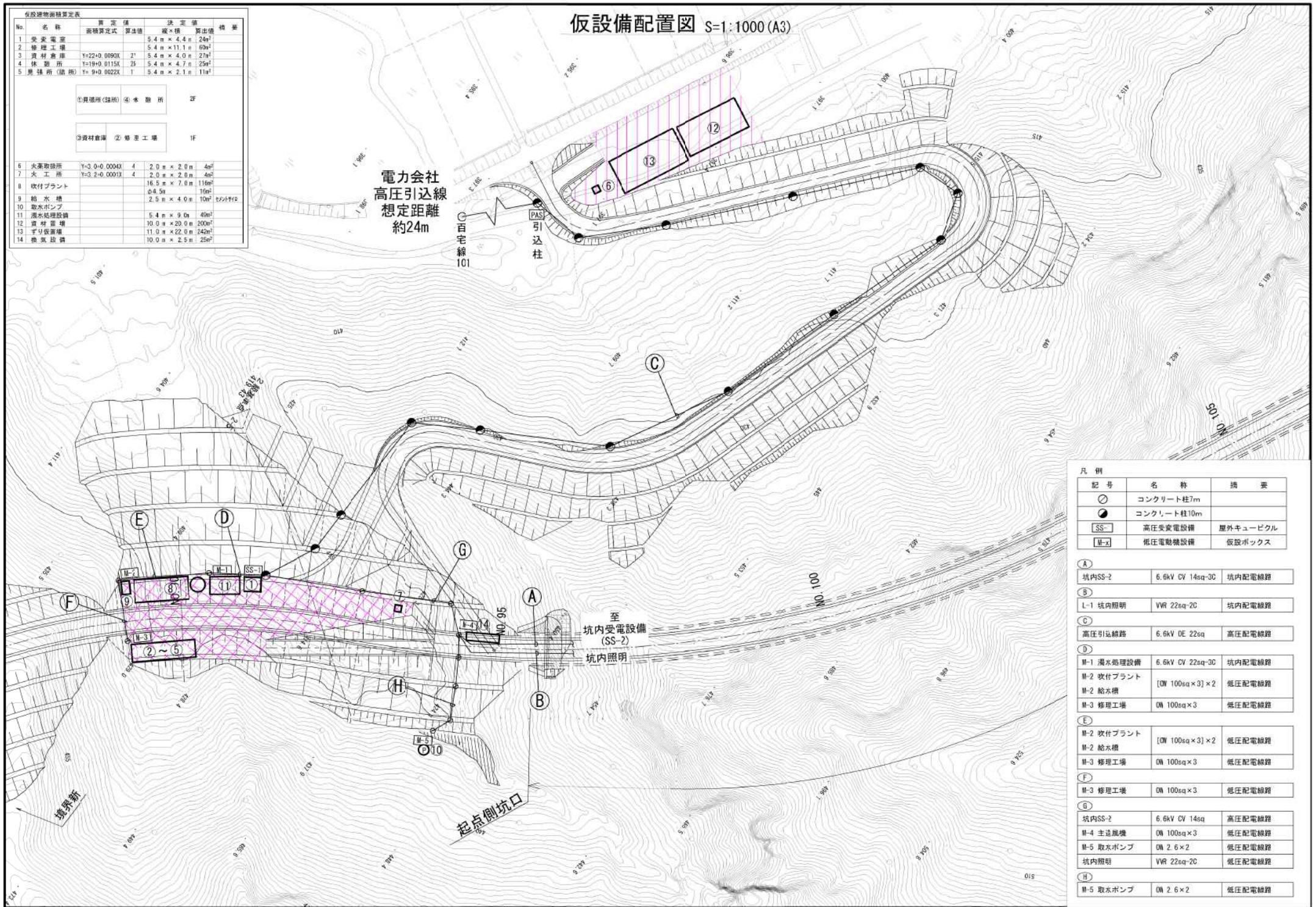
仮設備配置図 S=1:1000 (A3)

仮設備配置面積算定表					
No.	名称	算定標準	算定値	決定値	備考
1	受変電室	面積算定式	5.4m × 4.4m	24㎡	
2	修理工場		5.4m × 11.1m	60㎡	
3	資材倉庫	Y=22+0.0090X	5.4m × 4.0m	27㎡	
4	休憩所	Y=19+0.0115X	5.4m × 4.7m	25㎡	
5	事務所(兼所)	Y= 9+0.0022X	5.4m × 2.1m	11㎡	

① 事務所(兼所)	④ 休憩所	2F
② 資材倉庫	③ 修理工場	1F

6	火薬取扱所	Y=3 0+0.0004X	4	2.0m × 2.0m	4㎡
7	火工所	Y=3 2+0.0003X	4	2.0m × 2.0m	4㎡
8	吹付プラント			16.5m × 7.0m	116㎡
9	給水槽			0.4.5m	16㎡
10	取水ポンプ			2.5m × 4.0m	10㎡
11	濁水処理設備			5.4m × 9.0m	49㎡
12	資材倉庫			10.0m × 20.0m	200㎡
13	予り振置場			11.0m × 22.0m	242㎡
14	換気設備			10.0m × 2.5m	25㎡

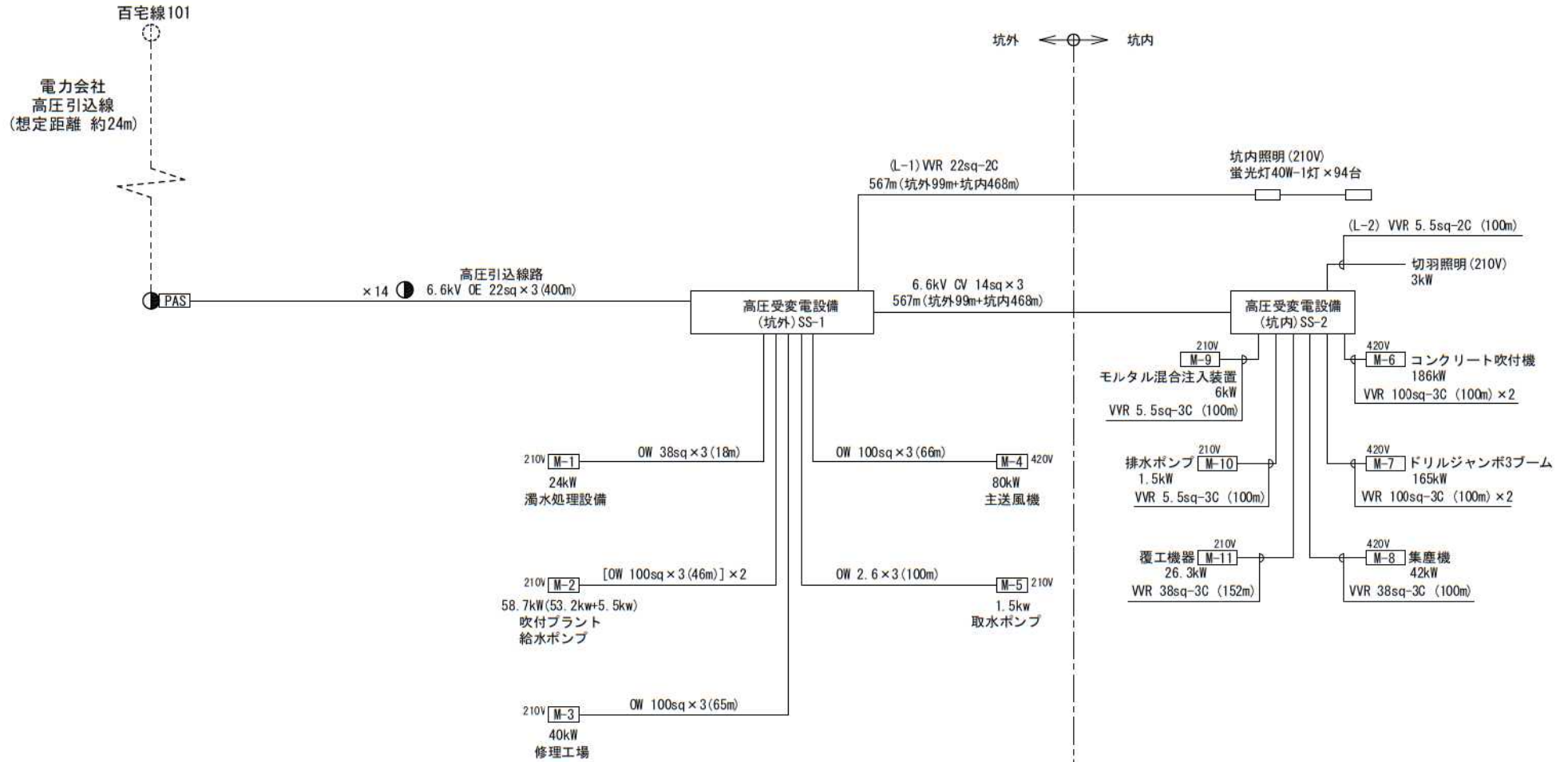
電力会社
高圧引込線
想定距離
約24m



凡例		
記号	名称	摘要
○	コンクリート柱7m	
●	コンクリート柱10m	
SS-	高圧受変電設備	屋外キュービクル
M-x	低圧電動機設備	仮設ボックス

A	坑内SS-2	6.6kV CV 14sq-3C	坑内配電線路
B	L-1 坑内照明	VVR 22sq-2C	坑内配電線路
C	高圧引込線路	6.6kV DE 22sq	高圧配電線路
D	M-1 濁水処理設備	6.6kV CV 22sq-3C	坑内配電線路
	M-2 吹付プラント	[OW 100sq × 3] × 2	低圧配電線路
	M-2 給水槽	OW 100sq × 3	低圧配電線路
	M-3 修理工場	OW 100sq × 3	低圧配電線路
E	M-2 吹付プラント	[OW 100sq × 3] × 2	低圧配電線路
	M-2 給水槽	OW 100sq × 3	低圧配電線路
	M-3 修理工場	OW 100sq × 3	低圧配電線路
F	M-3 修理工場	OW 100sq × 3	低圧配電線路
G	坑内SS-2	6.6kV CV 14sq	高圧配電線路
	M-4 主送風機	OW 100sq × 3	低圧配電線路
	M-5 取水ポンプ	OW 2.6 × 2	低圧配電線路
	坑内照明	VVR 22sq-2C	低圧配電線路
H	M-5 取水ポンプ	OW 2.6 × 2	低圧配電線路

鳥海ダム2号トンネル 配線系統図



凡 例

記号	名称	摘要
△	投光器500W	
●	コンクリート柱10m	
PAS	高圧気中開閉器	
SS-1	高圧受変電設備	屋外キュービクル
M-x	低圧電動機設備	仮設ボックス

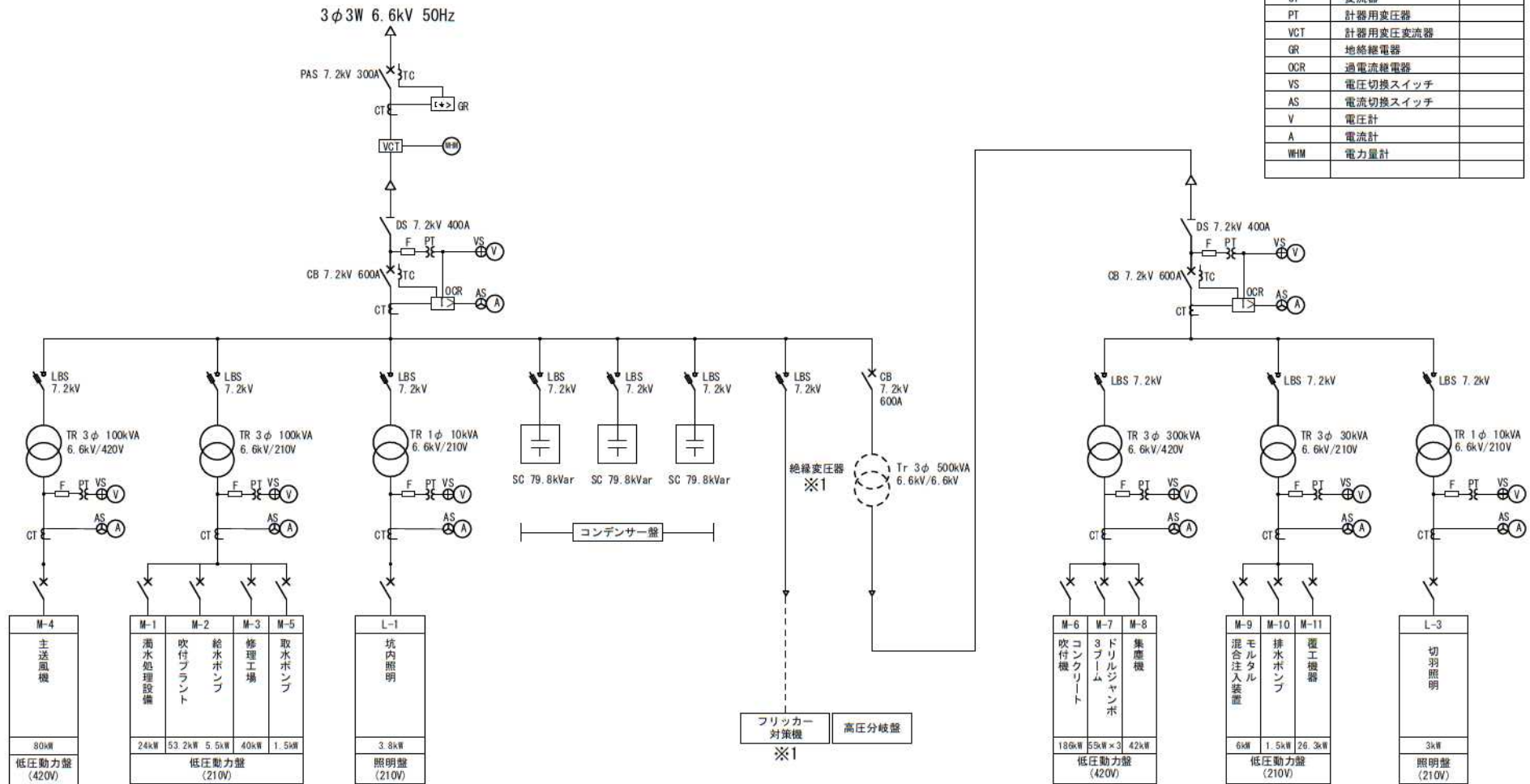
坑外 ← ⊕ → 坑内

坑外 ← ⊕ → 坑内

鳥海ダム2号トンネル L=468m →

鳥海ダム2号トンネル 受変電設備単線結線図

記号	名称	備考
TR	変圧器	
SC	高圧進相コンデンサー	
PAS	高圧気中開閉器	
CB	高圧遮断器	
LBS	高圧負荷開閉器	
DS	断路器	
F	ヒューズ	
CT	変流器	
PT	計器用変圧器	
VCT	計器用変圧変流器	
GR	地絡継電器	
OCR	過電流継電器	
VS	電圧切換スイッチ	
AS	電流切換スイッチ	
V	電圧計	
A	電流計	
WHM	電力量計	



高圧変電設備 (SS-1) 坑外

高圧変電設備 (SS-2) 坑内

注記
 ※1 フリッカー対策および絶縁変圧器の要否は、受電本申込時に電力会社協議により決定すること。

5.3 発動発電機容量検討

当現場は山地部となるため、鳥海ダム事業の複数工事が進行する場合、電力供給量が不足することが考えられる。特にダム本体工事に商用電力を優先的に使用される計画である。トンネル工事とダム本体工事時期が同時期となる可能性が高いことから、発動機発電による電力供給について検討を行った。

発動発電機の容量算定にあたっては、以下のとおり各使用電圧で必要となる発電機の仕様及び台数を算定した。なお、400V 系及び 200V 系施工機械に必要な合計の電力を発電し、昇圧して受変電施設に送電する計画とした。結果、下表のとおりであり、燃料の補充やメンテナンス時の稼働を考慮し、予備機を 1 台準備する。

- ・ 400V 系施工機械 : ドリルジャンボ、吹付機、集塵機、送風機
- ・ 200V 系施工機械 : スライドセントル、バイブレーター、防水作業台車、吹付プラント、濁水処理施設、ポンプ、照明等

表 5.3.1 発動発電機における仕様と必要発電機容量

型式・出力 電流	台数	総出力 (総電流)	必要発電機容量※		
			PG1	PG2	PG3
型式：500kVA 出力：450 kVA 電流：650 A (400V 時)	2 台 (予備 1 台) 並列	900kVA (1300A)	627.59kVA	202.61kVA	712.3kVA
			>最大値：712.3kVA (690.19A)		

※必要発電機容量は以下 3 つの発電機容量の最大値を満足する必要がある。

PG1: 定格運転状態における負荷設備に給電するのに必要な発電機容量

PG2: 負荷の内、最も大きい始動 kVA を有する電動機を始動するときの許容電圧降下を考慮した場合の発電機容量

PG3: 負荷の中で[始動 kW－入力 kW]が最大となる電動機または電動機群を最後に始動するときの発電機容量

1. 発電機の容量算定

(1) 坑内外400V系・200V系用の発電機

以下の負荷設備を400V系発電機で使用する場合の必要発電機の容量と台数を算定する。

1)算定条件

①400V系負荷設備一覧表

No	負荷名称	仕様及び型式	電圧 (V)	数量 (台)	電動機出力 (kW)	始動方法 係数入力	容量計 (kw)	参考電流値 (A)	無効電力値 (Kvar)	備考
1	ドリルジャンボ	37ーム	420	3	(55.0)	直入れ	(165.0)	(266.85)	(123.75)	
2	コンクリート吹付機(油圧ユニット)			1	59.0	直入れ	59.0	95.42	44.25	同時稼働
3	コンクリート吹付機(コンプレッサ①)			1	90.0	Y-Δ	90.0	145.55	67.50	同時稼働
4	コンクリート吹付機(コンプレッサ②)			1	37.0	直入れ	37.0	59.84	27.75	同時稼働
5	集塵機(電気式)	2000m3/min		1	42.0	Y-Δ	42.0	67.93	31.50	同時稼働
6	主送風機(送気)	1500m3/min		1	80.0	Y-Δ	80.0	129.38	60.00	同時稼働
			420 V	計	308.0		308.0	498.12	231.0	同時稼働

②200V系負荷設備一覧表

No	負荷名称	仕様及び型式	電圧 (V)	数量 (台)	電動機出力 (kW)	始動方法 係数入力	容量計 (kw)	参考(400V換算) 電流値 (A)	無効電力値 (Kvar)	備考
1	モルタル混合注入装置		210	1	(6.0)	直入れ	(6.0)	(9.70)	(4.50)	
2	全断面スライダセトル			1	16.8	直入れ	16.8	27.17	12.60	同時稼働
3	パイプレータ			5	0.7	直入れ	3.5	5.66	2.63	同時稼働
4	防水作業台車			1	4.0	直入れ	4.0	6.47	3.00	同時稼働
5	排水ポンプ	Φ80×10m		1	1.5	直入れ	1.5	2.43	1.13	同時稼働
6	吹付プラント①	ミキサー		1	22.0	直入れ	22.0	35.58	16.50	同時稼働
7	吹付プラント②	プラント・サイロ・骨材ホッパ		1	31.2	直入れ	31.2	50.46	23.40	同時稼働
8	取水ポンプ	Φ80×10m		1	1.5	直入れ	1.5	2.43	1.13	同時稼働
9	給水ポンプ	Φ65×35m		1	5.5	直入れ	5.5	8.90	4.13	同時稼働
10	濁水処理設備	30m3/min級		1	24.0	直入れ	24.0	38.81	18.00	同時稼働
11	修理工場			0	(40.0)	直入れ	0.0	0.00	0.00	同時稼働
12	坑内照明	蛍光灯		94	0.04	直入れ	3.76	6.08	2.82	同時稼働
13	切り羽照明	投光器等		6	0.50	直入れ	3.0	4.85	2.25	同時稼働
14	覆工照明	投光器		4	0.50	直入れ	2.0	3.23	1.50	同時稼働
			210 V	計	108.2		118.8	192.07	89.1	同時稼働

③400V+200V系負荷設備の合計

No	負荷名称	仕様及び型式	電圧 (V)	数量 (台)	電動機出力 (kW)	始動方法 係数入力	容量計 (kw)	参考電流値 (A)	無効電力値 (Kvar)	備考
400V系・200V系負荷設備			420 V	計	416.2		426.8	690.19	320.1	同時稼働合計

2)容量算定

発電機の容量を算定する場合は、次の各項について計算し、そのうちで最大となる値以上の発電機容量のものを選定する。

$$\textcircled{1} \quad PG1 = \frac{PL}{\eta_L \times PFL} \times \alpha \quad [\text{kVA}]$$

PG1 : 定格運転状態における負荷設備に給電するのに必要な発電機容量... [kVA]
 PL : 負荷の出力合計... [kW] (426.8)
 η_L : 負荷の総合効率... (定数: 0.85)
 PFL : 負荷の総合力率... (定数: 0.80)
 α : 負荷率、需要率などを考慮した係数... (定数: 1.00)

$$PG1 = \frac{426.8}{0.85 \times 0.80} \times 1.00 = 627.59 \quad [\text{kVA}]$$

$$\textcircled{2} \quad PG2 = P_m \times \beta \times C \times X_d \times \frac{100 - \Delta V}{\Delta V} \quad [\text{kVA}]$$

PG2 : 負荷のうちで最も大きい始動kVAを有する電動機を始動するときの許容電圧降下を考慮した場合の発電機容量... [kVA]
 P_m : 負荷電動機または電動機群の始動kVA(出力kVA $\times \beta \times C$)のなかで最大始動kVAを有する電動機出力... [kW]

負荷名	出力	P_m
	(kW)	
コンクリート吹付機(コンプレッサ①)	90.0	90.0

β : 電動機の出力1kW当たりの始動kVA... [kVA] (定数: 7.2)
 C : 始動方式による係数

始動方法	係数	備考
直入始動	1.00	
Y- Δ 始動	0.67	
インバーター始動	0.55	

X_d : 発電機定数... (定数: 0.2)
 ΔV : P_m [kW]の電動機を投入したときの許容電圧降下率... [%] (通常: 30)

$$PG2 = 90.0 \times 7.20 \times 0.67 \times 0.20 \times \frac{100 - 30}{30} = 202.61 \quad [\text{kVA}]$$

$$\textcircled{3} \quad PG3 = \left(\frac{PL - P_n}{\eta_L} \right) + P_n \times \beta \times C \times PF_s \times \frac{1}{\text{COS}\Phi} \quad [\text{kVA}]$$

PG3 : 負荷の中で[始動kW-入力kW]の値が最大となる電動機または電動機群を最後に始動するときの発電機容量... [kVA]
 PL : 負荷の出力合計... [kW] (426.8)
 P_n : [始動kW-入力kW]の値が最大となる電動機または電動機群の出力... [kW] (90.0)
 η_L : 負荷の総合効率... (定数: 0.85)
 β : 電動機の出力1kW当たりの始動kVA... [kVA] (定数: 7.20)
 PF_s : P_n [kW]の電動機の始動時力率... (定数: 0.4)
 $\text{COS}\Phi$: 発電機定格時力率... (定数: 0.80)

$$PG3 = \left(\frac{426.8 - 90.0}{0.85} \right) + 90.0 \times 7.20 \times 0.67 \times 0.4 \times \frac{1}{0.8} = 712.3 \quad [\text{kVA}]$$

上記、算定式によりPG3 > PG1 > PG2となり

712.3 [kVA]以上の発電機容量が必要となる。

3) 推奨発電機

推奨発電機は、500[KVA]級を2台並列運転とする。

型式	:	500 KVA型		
周波数	:	50 [Hz]		
出力	:	450 [KVA]		
電流	:	650 [A] [400V時]		
台数	:	2 [台]		
運転方法	:	並列運転		
総出力	:	900 [KVA]	>	712.3 [KVA]
総電流	:	1,300 [A]	>	690.19 [A]

発電機は、連続運転となるため、メンテナンス等を考慮した予備機(1台)が望ましい事から

推奨台数 : 3 [台]

推奨燃料タンク(本体)

型式 : 990L型
台数 : 6 [台]

推奨燃料タンク(上屋)

型式 : 990L型用(防油堤付き)
台数 : 6 [台]

※発動機の調達時期、メーカーによっては、600kVAが選定される可能性があるため、500kVAと600kVAの2つの見積もりを報告書に記載する。
レンタル期間については、冬季休工の4ヶ月を加算している。

御見積書

見積No. AP022234_1

2022年 3月 4日

中央復建コンサルタンツ株式会社 御中

引渡場所	車上渡し
引渡期限(御注文後)	御打ち合せ
支払条件	御打ち合せ
見積有効期限	2022年4月3日

合計(税抜)	消費税	合計(税込)
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
------------	------------	------------

項	品目仕様	数量	期間	単価	金額
	【物件名：秋田県由利本荘市 2号トンネル】				
1	発電設備	1 式	12 ヶ月	[Redacted]	[Redacted]
	<構成>				
	①ディーゼルエンジン発電機450kVA	3 台			
	3φ3W 420V 50Hz				
	参考寸法：W5380×D1650×H2100 [mm]				
	参考重量：7840kg				
	燃料消費量：65.8L/h(75%負荷時)				
	※在庫都合で554kVAに代替となる可能性がございます。				
	②並列制御用ケーブル	3 式			
	※発電機間 (10m)				
	③発電機防油堤	3 式			
	④外部燃料タンク (950L)	6 台			
	※防油堤を含む。				
	※燃料を含みません。(現地で給油願います。)				
	※配管・ホースおよび接続材はご用意願います。				
2	冬季期間明け試運転立会費	1 式		[Redacted]	[Redacted]
	秋田県由利本荘市内(平日・昼間・8時間以内)				
	※現場にて排風口に雪が溜まらないよう養生をお願いします。				
3	運送費(納入ー引取) 大型低床車	4 車	2 回	[Redacted]	[Redacted]
	秋田県由利本荘市内 車上渡し(平日・昼間)				
	※午前納入、午後引取の場合の価格となります。				
	上記時間外で指定がある場合は割増運賃となるため別途御見積致します。				
	以上				

特記事項

1. レンタル期間の最短期間は1ヶ月です。(1ヶ月未満のご返却の場合でも、1ヶ月分の料金を頂きます。)
2. 単価は期間保障の価格となります。早期返却の場合でも、上記期間分のレンタル料を申し受けます。
3. 月額単価の場合、上記期間を超過した場合は、1ヶ月を30日として日割精算致します。
4. 現地荷降し・荷積み作業、据付・撤去作業、配線作業、現地試験、メンテナンス等の費用は含まれておりません。
5. 記載のない項目につきましては別途御見積致します。
6. 上記単価は1日の運転時間が平均8時間以内の場合の価格となります。
7. 消費税額は本見積書発行時の税率で算出しています。消費税率が変更になった際には、変更後の税率で算出した金額となりますのでご了承下さい。
8. お取引に関する契約条項は、当社ホームページ(<https://www.yodohen.co.jp/agreement/>)にてご確認ください。別段の定めがない限り、当社のレンタル約款を適用させていただきます。

御見積書

見積No. AP022234

2022年 3月 4日

中央復建コンサルタンツ株式会社 御中

引渡場所	車上渡し
引渡期限(御注文後)	御打ち合せ
支払条件	御打ち合せ
見積有効期限	2022年4月3日

合計(税抜)	消費税	合計(税込)
■■■■■	■■■■■	■■■■■

--	--	--

項	品目仕様	数量	期間	単価	金額
	【物件名：秋田県由利本荘市 2号トンネル】				
1	発電設備	1 式	12 ヶ月	■■■■■	■■■■■
	<構成>				
	①ディーゼルエンジン発電機554kVA	3 台			
	3φ3W 420V 50Hz				
	参考寸法：W5580×D1650×H2400 [mm]				
	参考重量：9530kg				
	燃料消費量：82L/h(75%負荷時)				
	②並列制御用ケーブル	3 式			
	※発電機間 (10m)				
	③発電機防油堤	3 式			
	④外部燃料タンク(950L)	6 台			
	※防油堤を含む。				
	※燃料を含みません。(現地で給油願います。)				
	※配管・ホースおよび接続材はご用意願います。				
2	冬季期間明け試運転立会費	1 式		■■■■■	■■■■■
	秋田県由利本荘市内(平日・昼間・8時間以内)				
	※現場にて排風口に雪が溜まらないよう養生をお願いします。				
3	運送費(納入-引取) 大型低床車	4 車	2 回	■■■■■	■■■■■
	秋田県由利本荘市内 車上渡し(平日・昼間)				
	※午前納入、午後引取の場合の価格となります。				
	上記時間外で指定がある場合は割増運賃となるため別途御見積致します。				
	以上				

特記事項

1. レンタル期間の最短期間は1ヶ月です。(1ヶ月未満のご返却の場合でも、1ヶ月分の料金を頂きます。)
2. 単価は期間保障の価格となります。早期返却の場合でも、上記期間分のレンタル料を申し受けます。
3. 月額単価の場合、上記期間を超過した場合は、1ヶ月を30日として日割精算致します。
4. 現地荷降し・荷積み作業、据付・撤去作業、配線作業、現地試験、メンテナンス等の費用は含まれておりません。
5. 記載のない項目につきましては別途御見積致します。
6. 上記単価は1日の運転時間が平均8時間以内の場合の価格となります。
7. 消費税額は本見積書発行時の税率で算出しています。消費税率が変更になった際には、変更後の税率で算出した金額となりますのでご了承下さい。
8. お取引に関する契約条項は、当社ホームページ(<https://www.yodohen.co.jp/agreement/>)にてご確認下さい。別段の定めがない限り、当社のレンタル約款を適用させていただきます。

参考表1 発電機燃料料金算出

発電機規格	消費燃料※1	消費率	月あたり日数	日あたり時間数	使用月数	使用燃料	単価※2	金額
	ℓ/h		日/月	h/日				
500	62	1	21	17	9.8	216,913		
500	62	1	21	17	9.8	216,913		
500(予備)								
合計						433,826		

※1: 令和3年度版 建設機械等損料表P15-9~10

※2: 建設物価(2022.3)P788~789

参考表2 発電機燃料料金算出

発電機規格	消費燃料※1	消費率	月あたり日数	日あたり時間数	使用月数	使用燃料	単価※2	金額
	ℓ/h		日/月	h/日				
600	75	1	21	17	9.8	262,395		
600	75	1	21	17	9.8	262,395		
600(予備)								
合計						524,790		

※1: 令和3年度版 建設機械等損料表P15-7~8

※2: 建設物価(2022.3)P788~789

令和3年度版

建設機械等損料表

一般社団法人 日本建設機械施工協会

分類コード 機械名称	規格		(1) 基礎価格 (千円)	(2) 標準 使用 年数 (年)	年間標準			(6) 維持 修理 費率 (%)	
	諸元	機関出力 (kW)			機械 質量 (t)	(3) 運 転 時 間 (時間)	(4) 運 転 日 数 (日)		(5) 供 用 日 数 (日)
400-001	400kVA	-	4.0	2,840	18.0	-	-	150	60
500-001	500	-	5.0	3,860	18.0	-	-	150	60
038 [CB形受変電用 (屋外式)]									
100-001	50~100kVA	-	2.8	2,940	18.0	-	-	150	40
200-001	150~200	-	2.8	3,330	18.0	-	-	150	40
300-001	300	-	3.5	3,960	18.0	-	-	150	40
400-001	400	-	4.3	4,850	18.0	-	-	150	40
500-001	500	-	4.8	5,400	18.0	-	-	150	40
040 [PF-S形受変電用 (屋外式)]									
100-001	50~100kVA	-	2.0	1,460	18.0	-	-	200	65
200-001	150~200	-	2.3	1,870	18.0	-	-	200	65
300-001	300	-	4.0	2,360	18.0	-	-	200	65
068 [トンネル坑内用セールドタイプ乾式CB]									
050-001	50kVA	-	0.85	2,580	18.0	-	-	160	65
100-001	100	-	1.3	2,850	18.0	-	-	160	65
150-001	150	-	1.5	3,300	18.0	-	-	160	65
200-001	200	-	1.8	3,950	18.0	-	-	160	65
300-001	300	-	2.7	5,030	18.0	-	-	160	65
500-001	500	-	3.6	6,600	18.0	-	-	160	65
1510 発動発電機									
017 [ガソリンエンジン駆動]									
001-001	定格容量1kVA	1.5	0.04	87	8.5	-	90	120	55
002-001	2	2.7	0.04	104	8.5	-	90	120	55
003-001	3	4.0	0.05	256	8.5	-	90	120	55
005-001	5	6.3	0.12	370	8.5	-	90	120	55
021 [ディーゼルエンジン駆動]									
001-003	定格容量(50/60Hz)2.7/3kVA	3.4	0.10	247	10.0	-	100	120	30
001-005	4.5/5	6.8	0.24	393	10.0	-	100	120	30
010-060	550/600	51.4	9.0	36,400	10.0	-	100	120	30
010-080	700/800	73.6	11.2	29,000	10.0	-	100	120	30
010-110	1,000/1,100	1,010	12.7	36,600	10.0	-	100	120	30
022 [ディーゼルエンジン駆動・排出ガス対策型 (第1次基準値)]									
001-015	定格容量(50/60Hz)13/15kVA	17	0.50	1,040	10.0	-	100	120	30

(7) 年間 管理 費率 (%)	残 存 率 (%)	運転1時間当たり		供用1日当たり		換 算 値				摘 要	備 考	
		(8) 損料率 ($\times 10^{-6}$)	(9) 損 料 (円)	(10) 損料率 ($\times 10^{-6}$)	(11) 損 料 (円)	(12) 損料率 ($\times 10^{-6}$)	(13) 損 料 (円)	(14) 損料率 ($\times 10^{-6}$)	(15) 損 料 (円)		(16) ($l/kW \cdot h$)	(17) (l/h)
8	3	-	-	1,115	3,170	-	-	1,115	3,170			
8	3	-	-	1,115	4,300	-	-	1,115	4,300			
[038] トランス、コンデンサ、計器類及びスイッチ類等の付属品を含む(諸元欄は、トランス容量の合計収容能力を示す)。												
8	3	-	-	1,041	3,060	-	-	1,041	3,060			
8	3	-	-	1,041	3,470	-	-	1,041	3,470			
8	3	-	-	1,041	4,120	-	-	1,041	4,120			
8	3	-	-	1,041	5,050	-	-	1,041	5,050			
8	3	-	-	1,041	5,620	-	-	1,041	5,620			
[040] トランス、コンデンサ、計器類及びスイッチ類等の付属品を含む(諸元欄は、トランス容量の合計収容能力を示す)。												
8	3	-	-	850	1,240	-	-	850	1,240			
8	3	-	-	850	1,590	-	-	850	1,590			
8	3	-	-	850	2,010	-	-	850	2,010			
[068] トランス、コンデンサ、計器類及びスイッチ類等の付属品を含む(諸元欄は、トランス容量の合計収容能力を示す)ただし高圧気中開閉器は含まない。												
8	3	-	-	1,063	2,740	-	-	1,063	2,740			
8	3	-	-	1,063	3,030	-	-	1,063	3,030			
8	3	-	-	1,063	3,510	-	-	1,063	3,510			
8	3	-	-	1,063	4,200	-	-	1,063	4,200			
8	3	-	-	1,063	5,350	-	-	1,063	5,350			
8	3	-	-	1,063	7,020	-	-	1,063	7,020			
[1510] 超低騒音型には低騒音型は含まない。												
8	8	(日) 1,320	(日) 115	1,118	97	(日) 2,810	(日) 244	2,108	183		G	0.436 0.65
8	8	(日) 1,320	(日) 137	1,118	116	(日) 2,810	(日) 292	2,108	219		G	0.436 1.2
8	8	(日) 1,320	(日) 338	1,118	286	(日) 2,810	(日) 719	2,108	540		G	0.436 1.7
8	8	(日) 1,320	(日) 488	1,118	414	(日) 2,810	(日) 1,040	2,108	780		G	0.436 2.7
G												
8	8	(日) 760	(日) 188	1,050	259	(日) 2,020	(日) 499	1,683	416			0.145 0.49
8	8	(日) 760	(日) 299	1,050	413	(日) 2,020	(日) 794	1,683	661			0.145 0.99
8	8	(日) 760	(日) 20,100	1,050	27,700	(日) 2,020	(日) 53,300	1,683	44,400			0.145 75
8	8	(日) 760	(日) 22,000	1,050	30,500	(日) 2,020	(日) 58,600	1,683	48,800			0.145 110
8	8	(日) 760	(日) 27,800	1,050	38,400	(日) 2,020	(日) 73,900	1,683	61,600			0.145 150
G												
8	8	(日) 760	(日) 790	1,050	1,090	(日) 2,020	(日) 2,100	1,683	1,750			0.145 2.5

分類コード 機械名称	規格		(1) 基礎価格 (千円)	(2) 標準 使用 年数 (年)	年間標準			(6) 維持 修理 費率 (%)	摘 要	備 考	
	諸 元	機関出力 (kW)			機械 質量 (t)	(3) 運転 時間 (時間)	(4) 運転 日数 (日)			(5) 供用 日数 (日)	(16) 燃料の種類と 燃料消費率 (l/kW・h)
001-020	定格容量 (50/60Hz) 17/20kVA	19	0.54	1,440	10.0	-	100	120	30		
001-025	20/25	23	0.73	1,470	10.0	-	100	120	30		
001-045	37/45	42	1.2	1,860	10.0	-	100	120	30		
001-060	50/60	57	1.5	2,150	10.0	-	100	120	30		
001-075	65/75	69	1.7	2,840	10.0	-	100	120	30		
010-012	100/125	117	2.1	3,310	10.0	-	100	120	30		
010-015	125/150	134	2.9	4,350	10.0	-	100	120	30		
010-030	270/300	248	4.4	9,500	10.0	-	100	120	30		
023 [ディーゼルエンジン駆動・排出ガス対策型 (第2次基準値)]											
010-030	定格容量 (50/60Hz) 270/300kVA	248	4.4	12,600	10.0	-	100	120	30		
010-040	350/400	357	5.5	13,900	10.0	-	100	120	30		
010-050	450/500	427	7.2	24,900	10.0	-	100	120	30		
024 [ディーゼルエンジン駆動・排出ガス対策型 (第3次基準値)]											
010-030	定格容量 (50/60Hz) 270/300kVA	248	4.8	14,600	10.0	-	100	120	30		
010-040	350/400	357	6.0	17,400	10.0	-	100	120	30		
031 [ディーゼルエンジン駆動 (超低騒音型)]											
001-003	定格容量 (50/60Hz) 2.7/3kVA	3.4	0.10	342	10.0	-	100	120	30		
001-005	4.5/5	6.8	0.24	449	10.0	-	100	120	30		
032 [ディーゼルエンジン駆動 (超低騒音型)・排出ガス対策型 (第1次基準値)]											
001-015	定格容量 (50/60Hz) 13/15kVA	14	0.50	1,210	10.0	-	100	120	30		
001-020	17/20	19	0.54	1,560	10.0	-	100	120	30		
001-025	20/25	23	0.73	1,800	10.0	-	100	120	30		
001-035	30/35	33	0.99	1,890	10.0	-	100	120	30		
001-045	37/45	42	1.2	1,960	10.0	-	100	120	30		
001-060	50/60	57	1.5	2,450	10.0	-	100	120	30		
001-075	65/75	69	1.7	2,900	10.0	-	100	120	30		
010-010	80/100	92	1.9	3,160	10.0	-	100	120	30		
010-012	100/125	117	2.1	4,340	10.0	-	100	120	30		
010-015	125/150	134	2.9	5,060	10.0	-	100	120	30		
010-022	200/220	201	3.6	7,310	10.0	-	100	120	30		
010-030	270/300	248	4.4	10,000	10.0	-	100	120	30		
033 [ディーゼルエンジン駆動 (超低騒音型)・排出ガス対策型 (第2次基準値)]											
001-010	定格容量 (50/60Hz) 10.5/13kVA	13	0.45	1,150	10.0	-	100	120	30		

(7) 年間 管理 費率 (%)	残 存 率 (%)	運転1時間当たり (8) 損料率 ($\times 10^{-6}$)	供用1日当たり (9) 損料 (円)	(10) 損料率 ($\times 10^{-6}$)	供用1日当たり (11) 損料 (円)	換 算 値				備 考		
		運転1時間当たり (12) 損料率 ($\times 10^{-6}$)	供用1日当たり (13) 損料 (円)	換算値 (14) 損料率 ($\times 10^{-6}$)	換算値 (15) 損料 (円)	換 算 値						
8	8	760 (日)	1,090 (日)	1,050	1,510	2,020 (日)	2,910 (日)	1,683	2,420		0.145	2.8
8	8	760 (日)	1,120 (日)	1,050	1,540	2,020 (日)	2,970 (日)	1,683	2,470		0.145	3.3
8	8	760 (日)	1,410 (日)	1,050	1,950	2,020 (日)	3,760 (日)	1,683	3,130		0.145	6.1
8	8	760 (日)	1,630 (日)	1,050	2,260	2,020 (日)	4,340 (日)	1,683	3,620		0.145	8.3
8	8	760 (日)	2,160 (日)	1,050	2,980	2,020 (日)	5,740 (日)	1,683	4,780		0.145	10
8	8	760 (日)	2,520 (日)	1,050	3,480	2,020 (日)	6,690 (日)	1,683	5,570		0.145	17
8	8	760 (日)	3,310 (日)	1,050	4,570	2,020 (日)	8,790 (日)	1,683	7,320		0.145	19
8	8	760 (日)	7,220 (日)	1,050	9,980	2,020 (日)	19,200 (日)	1,683	16,000		0.145	36
8	8	760 (日)	9,580 (日)	1,050	13,200	2,020 (日)	25,500 (日)	1,683	21,200		0.145	36
8	8	760 (日)	10,600 (日)	1,050	14,600	2,020 (日)	28,100 (日)	1,683	23,400		0.145	52
8	8	760 (日)	18,900 (日)	1,050	26,100	2,020 (日)	50,300 (日)	1,683	41,900		0.145	62
8	8	760 (日)	11,100 (日)	1,050	15,300	2,020 (日)	29,500 (日)	1,683	24,600		0.145	36
8	8	760 (日)	13,200 (日)	1,050	18,300	2,020 (日)	35,100 (日)	1,683	29,300		0.145	52
8	8	760 (日)	260 (日)	1,050	359	2,020 (日)	691 (日)	1,683	576		0.145	0.49
8	8	760 (日)	341 (日)	1,050	471	2,020 (日)	907 (日)	1,683	756		0.145	0.99
8	8	760 (日)	920 (日)	1,050	1,270	2,020 (日)	2,440 (日)	1,683	2,040		0.145	2.0
8	8	760 (日)	1,190 (日)	1,050	1,640	2,020 (日)	3,150 (日)	1,683	2,630		0.145	2.8
8	8	760 (日)	1,370 (日)	1,050	1,890	2,020 (日)	3,640 (日)	1,683	3,030		0.145	3.3
8	8	760 (日)	1,440 (日)	1,050	1,980	2,020 (日)	3,820 (日)	1,683	3,180		0.145	4.8
8	8	760 (日)	1,490 (日)	1,050	2,060	2,020 (日)	3,960 (日)	1,683	3,300		0.145	6.1
8	8	760 (日)	1,860 (日)	1,050	2,570	2,020 (日)	4,950 (日)	1,683	4,120		0.145	8.3
8	8	760 (日)	2,200 (日)	1,050	3,050	2,020 (日)	5,860 (日)	1,683	4,880		0.145	10
8	8	760 (日)	2,400 (日)	1,050	3,320	2,020 (日)	6,380 (日)	1,683	5,320		0.145	13
8	8	760 (日)	3,300 (日)	1,050	4,560	2,020 (日)	8,770 (日)	1,683	7,300		0.145	17
8	8	760 (日)	3,850 (日)	1,050	5,310	2,020 (日)	10,200 (日)	1,683	8,520		0.145	19
8	8	760 (日)	5,560 (日)	1,050	7,680	2,020 (日)	14,800 (日)	1,683	12,300		0.145	29
8	8	760 (日)	7,600 (日)	1,050	10,500	2,020 (日)	20,200 (日)	1,683	16,800		0.145	36
8	8	760 (日)	874 (日)	1,050	1,210	2,020 (日)	2,320 (日)	1,683	1,940		0.145	1.9

建設物価

2022

3

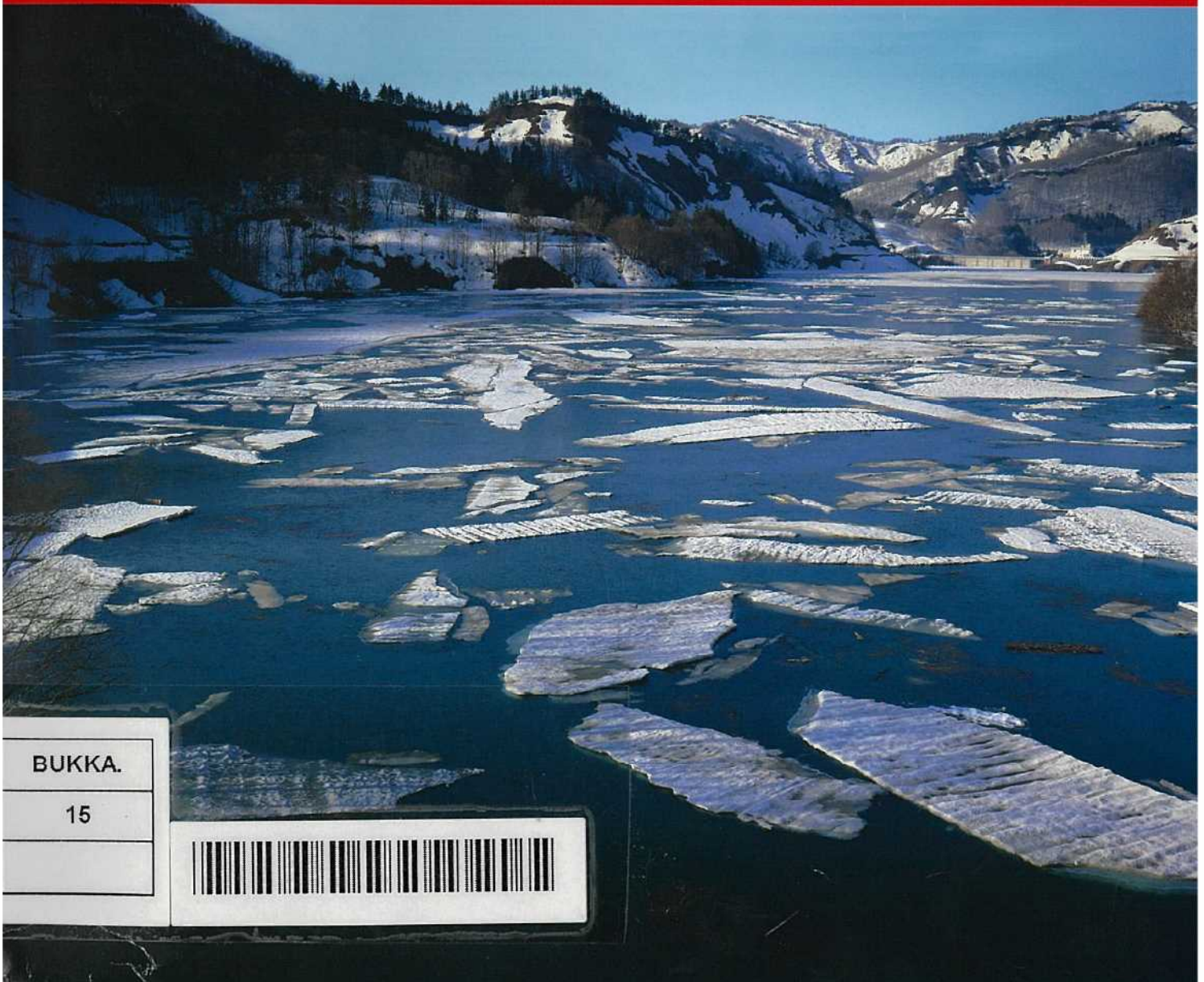
「建設業での女性活躍を支援するプロジェクト」VOL.59

令和4年度国土交通省関係予算の概要

ウッド・チェンジ

未来を創る研究室

 Web建設物価
<https://www.web-ken.jp/>



BUKKA.

15



5.4 フリッカ対策検討

5.4.1 概要

本トンネル工事では、前述の通り発動機発電による電力供給の可能性が高い状況である。一方で、施工時期によっては商用電力が利用可能となる場合も考えられるため、フリッカ対策要否の検討を行ったものである。配電線インピーダンス等の情報は、東北電力㈱に照会し、フリッカ対策要否検討を行った。

フリッカ検討の結果、当現場においては、規制値を大幅に超過していることから、フリッカ抑制装置のみによる対応は困難である(メーカーヒアリング)。これより、当現場における対応方法としては、以下2案が考えられる。

【対策第】規制値の軽減(電力会社協議)によりフリッカ抑制装置で対応

- ・ ΔV の規制値を1.87%から4.0%に引き上げることで、フリッカ抑制装置で対応可能となる(メーカーヒアリング)。

表 5.4.1 フリッカ対策検討結果

項目	検討結果	備考
電圧変動率 ΔV (電力会社規制値 1.87%)	9.66% > 1.87% NG	本章 5.3.2 参照
フリッカ値 ΔV_{10} (電力会社規制値 0.45)	0.842 > 0.45 NG	本章 5.3.2 参照
対策要否	必要	同上
対策方法	電力会社と協議し、規制値を引き上げる(ΔV : 1.87%→4.0%) ことによりフリッカ抑制装置で対応	本章 5.3.3 参照 フリッカ抑制装置 (1000Kva)

条件：配電線インピーダンス %R:122.98Ω %X:116.83Ω

今後、併行する他工事の使用電力量を詳細把握の上、電力の供給方法を選定する必要がある。本項では、以下の内容を整理した。

- ・ 5.3.2 フリッカ対策検討書(東北電力提示の規制値を用いた場合)
- ・ 5.3.3 フリッカ対策検討書(対策：規制値 ΔV を見直した場合)

5.4.2 フリッカ対策検討書（東北電力提示の規制値を用いた場合）

フリッカ対策検討を実施した結果、当現場においては、規制値（ $\Delta V=1.87\%$ 、 $\Delta V_{10}=0.45$ ：東北電力^(株)提示）に対して大幅に超過していることから、フリッカ抑制装置のみによる対応は困難である（メーカーヒアリング）。

次頁以降に、フリッカ対策検討書を添付する。

表 5.4.2 フリッカ対策検討結果

項目	検討結果	備考
電圧変動率 ΔV (電力会社規制値 1.87%)	9.66% > 1.87% NG	
フリッカ値 ΔV_{10} (電力会社規制値 0.45)	0.842 > 0.45 NG	
対策要否	必要 (規制値を大幅に超過していることから、フリッカ抑制装置のみによる対応は困難)	

条件：配電線インピーダンス %R:122.98Ω %X:116.83Ω

1. 概要

1) フリッカ抑制対策の必要性

フリッカとは、電源電圧の変動により照明のちらつきや機器の誤作動が発生するという現象です。フリッカが発生する恐れがある場合は、事前にフリッカの検討を行い、その結果が電力会社から提示される規制値を超過する場合は、需要家にて何らかのフリッカ抑制対策を行う必要があります。

2) フリッカの発生源

フリッカの発生源としては、下記のものが挙げられます。

(1) 大容量負荷設備の始動

大きな始動電流が流れることで、大きな電圧降下が起こる。

→ 電圧変動率(ΔV)を計算する。

(ΔV : ある基準電圧に対して何%の電圧変動が生じるかを表すもの) . . . P. 17 参照

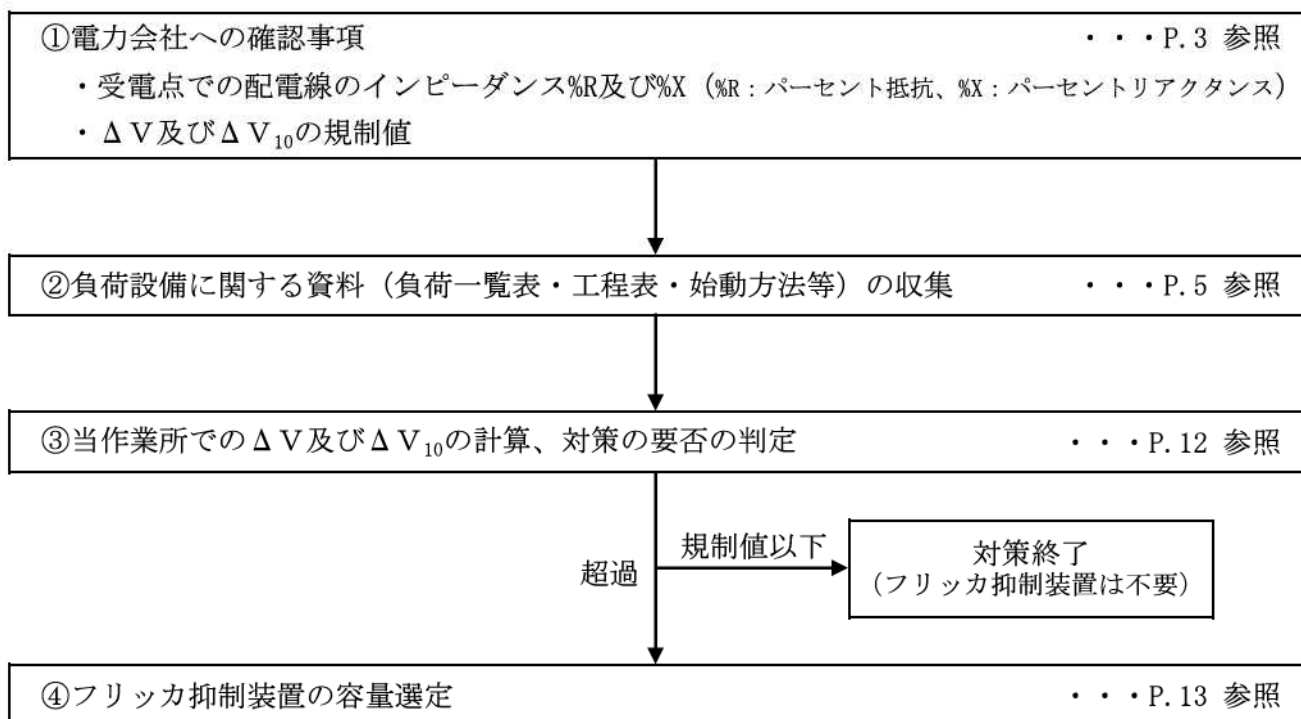
(2) 大容量負荷設備の負荷変動

運転中の大容量負荷設備の負荷変動により負荷電流が変動し、大きな電圧変動が断続的に起こる。

→ フリッカ値(ΔV_{10})を計算する。

(ΔV_{10} : 電圧変動によるちらつきを数値化したもの) . . . P. 16 参照

3) フリッカ抑制装置の選定フロー



2. 要約

1) 電力会社からの提供値

(1) 配電線のインピーダンス (東北電力株式会社より提供)

当作業所での受電点における配電線のインピーダンス(10MVAベース)は下記のとおりです。

項目	配電線のインピーダンス
%R	122.98
%X	116.83

(2) ΔV 及び ΔV_{10} の規制値 (東北電力株式会社より提供)

ΔV 、 ΔV_{10} の規制値は以下の値が設けられています。

検討項目	規制値
ΔV	1.87%
ΔV_{10}	0.45

2) 当作業所での ΔV 及び ΔV_{10}

当作業所では、下表のとおり、フリッカ現象を発生させる運転状況が考えられます。

項目	負荷名称(検討条件)	ΔV [%]	ΔV_{10}	
			始動時	運転時
3-2)-(2)	ドリル・ジャンボの順次始動	9.66	0.842	—
3-2)-(3)	吹付機(油圧)の順次始動	8.33	0.689	—
3-2)-(4)	集塵機の単体始動	2.14	0.214	—
3-2)-(5)	送風機の単体始動	3.72	0.372	—
	最大値	9.66	0.842	

3) 対策の要否

当作業所での ΔV 及び ΔV_{10} について、対策の要否は下表のとおりです。

検討項目	規制値	当作業所での最大値	対策の要否
ΔV	1.87%	9.66%	要
ΔV_{10}	0.45	0.842	要

よって、当作業所では **フリッカ抑制対策を行う必要があります。**

4) フリッカ抑制装置の容量選定

当作業所でのフリッカ抑制装置は次のようになります。

必要対策容量	フリッカ抑制装置1300[kVA] 方式:アクティブフィルタ
--------	-----------------------------------

規制値について

…添付資料P.17参照

フリッカとは

…添付資料P.16参照

ΔV の考え方

…添付資料P.17参照

詳細計算について

…P.5参照

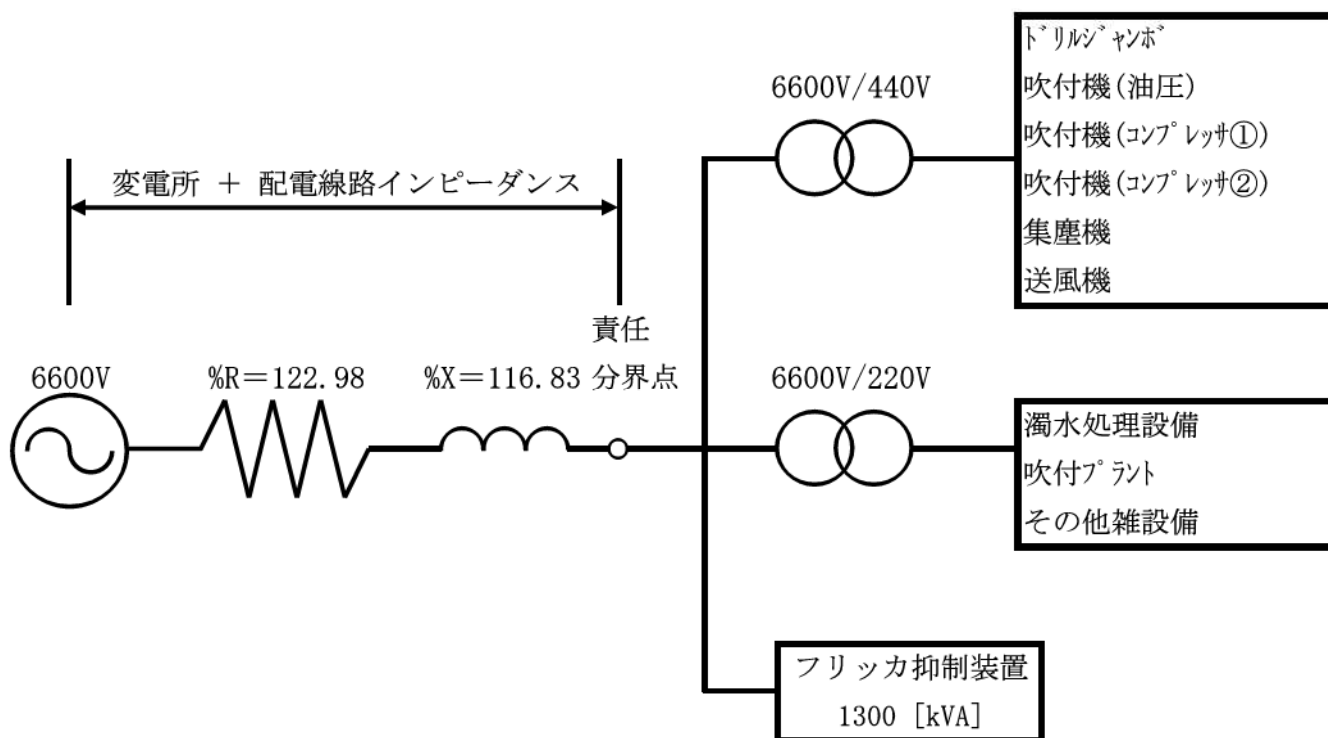
上記のフリッカ抑制装置を設置することで、当作業所で発生するフリッカを低減できますが、下記の理由により、 ΔV 及び ΔV_{10} の規制値を超過する事が考えられます。

- ・配電線のインピーダンスが大きい。
- ・負荷機器の容量が大きい。

この状況を改善するためには、配電線の張替や負荷機器の変更等を行う必要があり、電力会社と協議の上、ご検討をお願い致します。

5) フリッカ抑制装置の接続例

当作業所では、下図のようにフリッカ抑制装置を接続します。



フリッカ抑制装置1300[kVA]を設置することで、当作業所で発生するフリッカを低減できますが、配電線のインピーダンスが大きいこと、負荷機器の容量が大きいことなどから、 ΔV 及び ΔV_{10} の規制値を超過する事が考えられます。

3. 詳細検討

1) 対象負荷

No.	負荷名称	電圧 [V]	容量 [kW]	台数 [台]	合計 容量 [kW]	定格 電流 [A]/1台	始動 電流 [A]/1台	力率		効率 [%]	始動 方法	視感度係数		始動時 ΔV [%]/1台	始動時 ΔV ₁₀ /1台	運転時 ΔV ₁₀ /1台
								[%]	[%]			始動時	運転時			
1	ドリルジヤンボ	440	55	3	165	97.0	679.0	80	50	93.0	直入れ	0.1	-	8.42	0.842	-
2	吹付機(油圧)	440	45	1	45	79.4	555.6	80	50	93.0	直入れ	0.1	-	6.89	0.689	-
3	吹付機(コンプレッサ①)	440	90	1	90	158.7	370.4	80	30	93.0	Y-Δ	0.1	-	4.19	0.419	-
4	吹付機(コンプレッサ②)	440	37	1	37	65.3	456.8	80	50	93.0	直入れ	0.1	-	5.66	0.566	-
5	集塵機	440	42	1	42	74.1	172.8	80	50	93.0	Y-Δ	0.1	-	2.14	0.214	-
6	送風機	440	80	1	80	141.1	329.2	80	30	93.0	Y-Δ	0.1	-	3.72	0.372	-
7	濁水処理設備	220	24	1	24	84.7	-	80	-	93.0	-	-	-	-	-	-
8	吹付プラント	220	53.2	1	53.2	187.7	-	80	-	93.0	-	-	-	-	-	-
9	その他雑設備	220	38.8	1	38.8	136.9	-	80	-	93.0	-	-	-	-	-	-

$$\text{※定格電流} = \frac{\text{容量}}{\text{定格力率} \times \text{効率} \times \text{電圧} \times \sqrt{3}}$$

$$\text{※始動電流} = \text{定格電流} \times \text{始動倍率}$$

(始動電流については、実測値が機器仕様よりわかるものはその値を使用する)

※力率について、定格力率は80[%]、始動力率は55kW以下について50%、

55kW超について30%としています。(参考資料：三菱誘導電動機<技術資料>)

(定格力率および始動力率については、実測値が機器仕様よりわかるものはその値を使用する)

※ドリルジヤンボの台数については、ブームの数量を表わしています。

$$\text{※始動容量(皮相電力)} = \text{定格電圧} \times \text{始動電流} \times \sqrt{3}$$

$$\text{※始動時有効電力} = \text{始動容量} \times \text{始動力率}$$

$$\text{※始動時無効電力} = \text{始動容量} \times \sqrt{1 - (\text{始動力率})^2}$$

$$\text{※定格容量(皮相電力)} = \text{定格電圧} \times \text{定格電流} \times \sqrt{3}$$

$$\text{※定格時有効電力} = \text{定格容量} \times \text{定格力率}$$

$$\text{※定格時無効電力} = \text{定格容量} \times \sqrt{1 - (\text{定格力率})^2}$$

※始動頻度および変動回数は、一般的な運転パターンの値とします。

(始動頻度および変動回数は、実際の運転パターンがわかるものはその値とします)

※負荷の始動頻度は1回/分とし、視感度係数 $k \cdot \alpha = 0.1$ とします。

※ ΔV_{10} は始動時が最大となるため、運転時は考慮しないものとします。

始動倍率

直入れ…7

Y-Δ…7÷3

(クローズドY-Δにて切替時間

10sec以上の場合)

リアクトル…4.55

コントローラ…2.96

インバータ…1.5

P. 8ページからの検討に使用

添付資料P. 16参照

※ ΔV 、 ΔV_{10} の算出について

$$\Delta V = P_S (\%R \times \cos \theta + \%X \times \sin \theta) \times 10^{-4} \quad [\%]$$

P_S : 皮相電力[kVA] $\%R, \%X$: 配電線のインピーダンス (10MVAベース)

$\cos \theta$: 力率 $\sin \theta$: $\sqrt{1 - \cos^2 \theta}$

$$\Delta V_{10} = \Delta V \times k \cdot \alpha$$

$$\Sigma \Delta V_{10} = \sqrt{\Delta V_{10-1}^2 + \dots + \Delta V_{10-n}^2}$$

$k \cdot \alpha$: 視感度係数

社団法人 日本電気協会

「系統連系規定」

(JEAC 9701-2012) 準用

2) ΔV 、 ΔV_{10} の詳細検討

(1) 各工程における検討条件

詳細検討条件として、掘削、吹付け、ロックボルト工の各工程が重ならないとし、下表の運転状態時の各負荷の電圧変動率・フリッカ値を検討します。

※検討条件：1分以内に連続して起動する負荷を対象とする

No.	負荷名称	容量 [kW]	台数 [台]	運転状態	(2)～(5)項の検討条件				
					(2)	(3)	(4)	(5)	
1	ドリル・ヤンボ	55	1	起動	○				
				定常					
1	ドリル・ヤンボ	55	2	起動					
				定常	○				
2	吹付機(油圧)	45	1	起動		○			
				定常					
3	吹付機(コンプレッサ①)	90	1	起動					
				定常		○			
4	吹付機(コンプレッサ②)	37	1	起動					
				定常		○			
5	集塵機	42	1	起動			○		
				定常					
6	送風機	80	1	起動				○	
				定常					

(2) トリルジヤンボの順次始動

トリルジヤンボの順次始動について検討します。起動完了後

(トリルジヤンボ×2台)の負荷率は50[%]とします。

	No.	負荷名称	容量 [kW]	台数 [台]	合計容量 [kW]	負荷率 [%]	皮相電力 [kVA]	有効電力 [kW]	無効電力 [kvar]	ΔV_{10}
始動	1	トリルジヤンボ	55	1	55	-	517	259	448	0.842
定常	1	トリルジヤンボ	55	2	110	50	74	59	44	-
合計							586	318	492	

この場合の力率 $\cos \theta$ 、 $\sin \theta$ は、

上記の皮相電力、有効電力、無効電力の合計より下記のようになります。

$$\text{皮相電力} = \sqrt{\text{有効電力}^2 + \text{無効電力}^2} = \sqrt{318^2 + 492^2} = 586$$

$$\cos \theta = \text{有効電力} / \text{皮相電力} = 318 / 586 = 0.542$$

$$\sin \theta = \text{無効電力} / \text{皮相電力} = 492 / 586 = 0.840$$

電圧変動率 ΔV [%]、フリッカ値 ΔV_{10} は、下記のようになります。

$$\Delta V = P_s (\%R \times \cos \theta + \%X \times \sin \theta) \times 10^{-4}$$

P_s : 皮相電力[kVA] %R, %X : 配電線のインピーダンス (10MVAベース)

$\cos \theta$: 力率 $\sin \theta$: $\sqrt{1 - \cos^2 \theta}$

$$= 586 (122.98 \times 0.542 + 116.83 \times 0.840) \times 10^{-4}$$

$$= 9.66 \text{ [%]} > 1.87 \text{ [%]} \text{ (規制値)}$$

$$\Delta V_{10} = \Delta V \times k \cdot \alpha \quad k \cdot \alpha : \text{視感度係数}$$

$$= 8.42^{\ast} \times 0.10 = 0.842 > 0.45 \text{ (規制値)}$$

※始動時 ΔV_{10} は単体始動時 ΔV より計算します。

・・・P.5 1)表 参照

社団法人 日本電気協会

「系統連系規定」

(JEAC 9701-2012) 準用

(3) 吹付機(油圧)の順次始動

吹付機(油圧)の順次始動について検討します。起動完了後
(吹付機(コンプレッサ①)等)の負荷率は50[%]とします。

	No.	負荷名称	容量 [kW]	台数 [台]	合計容量 [kW]	負荷率 [%]	皮相電力 [kVA]	有効電力 [kW]	無効電力 [kvar]	ΔV_{10}
始動	2	吹付機(油圧)	45	1	45	-	423	212	367	0.689
定常	3	吹付機(コンプレッサ①)	90	1	90	50	60	48	36	-
定常	4	吹付機(コンプレッサ②)	37	1	37	50	25	20	15	-
合計							503	280	418	

この場合の力率 $\cos \theta$ 、 $\sin \theta$ は、

上記の皮相電力、有効電力、無効電力の合計より下記のようになります。

$$\text{皮相電力} = \sqrt{\text{有効電力}^2 + \text{無効電力}^2} = \sqrt{280^2 + 418^2} = 503$$

$$\cos \theta = \text{有効電力} / \text{皮相電力} = 280 / 503 = 0.557$$

$$\sin \theta = \text{無効電力} / \text{皮相電力} = 418 / 503 = 0.831$$

電圧変動率 ΔV [%]、フリッカ値 ΔV_{10} は、下記のようになります。

$$\Delta V = P_s (\%R \times \cos \theta + \%X \times \sin \theta) \times 10^{-4}$$

P_s : 皮相電力[kVA] %R, %X : 配電線のインピーダンス (10MVAベース)

$\cos \theta$: 力率 $\sin \theta$: $\sqrt{1 - \cos^2 \theta}$

$$= 503 (122.98 \times 0.557 + 116.83 \times 0.831) \times 10^{-4}$$

$$= 8.33 \text{ [%]} > 1.87 \text{ [%]} \text{ (規制値)}$$

$$\Delta V_{10} = \Delta V \times k \cdot \alpha \quad k \cdot \alpha : \text{視感度係数}$$

$$= 6.89^{\ast} \times 0.10 = 0.689 > 0.45 \text{ (規制値)}$$

※始動時 ΔV_{10} は単体始動時 ΔV より計算します。

・・・P.5 1)表 参照

社団法人 日本電気協会

「系統連系規定」

(JEAC 9701-2012) 準用

(4) 集塵機の単体始動

集塵機の始動時について検討します。

	No.	負荷名称	容量 [kW]	台数 [台]	合計容量 [kW]	負荷率 [%]	皮相電力 [kVA]	有効電力 [kW]	無効電力 [kvar]	ΔV_{10}
始動	5	集塵機	42	1	42	-	132	66	114	0.214
					合計		132	66	114	

この場合の力率 $\cos \theta$ 、 $\sin \theta$ は、

上記の皮相電力、有効電力、無効電力の合計より下記のようになります。

$$\text{皮相電力} = \sqrt{\text{有効電力}^2 + \text{無効電力}^2} = \sqrt{66^2 + 114^2} = 132$$

$$\cos \theta = \text{有効電力} / \text{皮相電力} = 66 / 132 = 0.500$$

$$\sin \theta = \text{無効電力} / \text{皮相電力} = 114 / 132 = 0.866$$

電圧変動率 ΔV [%]、フリッカ値 ΔV_{10} は、下記のようになります。

$$\Delta V = P_s (\%R \times \cos \theta + \%X \times \sin \theta) \times 10^{-4}$$

P_s : 皮相電力[kVA] %R, %X : 配電線のインピーダンス (10MVAベース)

$\cos \theta$: 力率 $\sin \theta$: $\sqrt{1 - \cos^2 \theta}$

$$= 132 (122.98 \times 0.500 + 116.83 \times 0.866) \times 10^{-4}$$

$$= 2.14 \text{ [%]} > 1.87 \text{ [%]} \text{ (規制値)}$$

$$\Delta V_{10} = \Delta V \times k \cdot \alpha \quad k \cdot \alpha : \text{視感度係数}$$

$$= 2.14^{\ast} \times 0.10 = 0.214 < 0.45 \text{ (規制値)}$$

※始動時 ΔV_{10} は単体始動時 ΔV より計算します。

・・・P.5 1)表 参照

社団法人 日本電気協会

「系統連系規定」

(JEAC 9701-2012) 準用

(5) 送風機の単体始動

送風機の始動時について検討します。

	No.	負荷名称	容量 [kW]	台数 [台]	合計容量 [kW]	負荷率 [%]	皮相電力 [kVA]	有効電力 [kW]	無効電力 [kvar]	ΔV_{10}
始動	6	送風機	80	1	80	-	251	75	239	0.372
合計							251	75	239	

この場合の力率 $\cos \theta$ 、 $\sin \theta$ は、

上記の皮相電力、有効電力、無効電力の合計より下記のようになります。

$$\text{皮相電力} = \sqrt{\text{有効電力}^2 + \text{無効電力}^2} = \sqrt{75^2 + 239^2} = 251$$

$$\cos \theta = \text{有効電力} / \text{皮相電力} = 75 / 251 = 0.300$$

$$\sin \theta = \text{無効電力} / \text{皮相電力} = 239 / 251 = 0.954$$

電圧変動率 ΔV [%]、フリッカ値 ΔV_{10} は、下記のようになります。

$$\Delta V = P_s (\%R \times \cos \theta + \%X \times \sin \theta) \times 10^{-4}$$

P_s : 皮相電力[kVA] %R, %X : 配電線のインピーダンス (10MVAベース)

$\cos \theta$: 力率 $\sin \theta$: $\sqrt{1 - \cos^2 \theta}$

$$= 251 (122.98 \times 0.300 + 116.83 \times 0.954) \times 10^{-4}$$

$$= 3.72 \text{ [%]} > 1.87 \text{ [%]} \text{ (規制値)}$$

$$\Delta V_{10} = \Delta V \times k \cdot \alpha \quad k \cdot \alpha : \text{視感度係数}$$

$$= 3.72^* \times 0.10 = 0.372 < 0.45 \text{ (規制値)}$$

※始動時 ΔV_{10} は単体始動時 ΔV より計算します。

・・・P.5 1)表 参照

社団法人 日本電気協会

「系統連系規定」

(JEAC 9701-2012) 準用

3) 対策の要否

ΔV 、 ΔV_{10} の規制値は下記のようになります。

$$\Delta V < 1.87 \text{ [%]} \quad \Delta V_{10} < 0.45$$

前項までの検討について、対策の要否の判定をします。

3-2)-(2)項 トリルジヤホの順次始動の場合

$$\begin{array}{rcllcl} \Delta V = 9.66 \text{ [%]} & > & 1.87 \text{ [%]} & \cdots & \text{対策要} \\ \Delta V_{10} = 0.842 & > & 0.45 & \cdots & \text{対策要} \end{array}$$

3-2)-(3)項 吹付機(油圧)の順次始動の場合

$$\begin{array}{rcllcl} \Delta V = 8.33 \text{ [%]} & > & 1.87 \text{ [%]} & \cdots & \text{対策要} \\ \Delta V_{10} = 0.689 & > & 0.45 & \cdots & \text{対策要} \end{array}$$

3-2)-(4)項 集塵機の単体始動の場合

$$\begin{array}{rcllcl} \Delta V = 2.14 \text{ [%]} & > & 1.87 \text{ [%]} & \cdots & \text{対策要} \\ \Delta V_{10} = 0.214 & < & 0.45 & \cdots & \text{対策不要} \end{array}$$

3-2)-(5)項 送風機の単体始動の場合

$$\begin{array}{rcllcl} \Delta V = 3.72 \text{ [%]} & > & 1.87 \text{ [%]} & \cdots & \text{対策要} \\ \Delta V_{10} = 0.372 & < & 0.45 & \cdots & \text{対策不要} \end{array}$$

上記のように規制値を超えるため、何らかのフリッカ抑制対策が必要です。

ただし、当該現場においては、規制値に対して大幅に超過していることから、フリッカ抑制装置のみによる対応は困難である。

対応方法として、規制値の軽減（電力会社協議）によりフリッカ抑制装置で対応が可能となる（後述）。

(添付資料)

1. フリッカとは

フリッカとは、電源電圧の変動により照明のちらつきや機器の誤作動が発生するという現象です。電圧降下との違いは、電圧降下は定常的な負荷電流により電圧が降下するのに対し、フリッカは急峻な負荷電流の変化によって電圧が変動する現象を指し、電力会社の定める値以上のフリッカが発生した場合は需要家で対策する必要があるものです。

フリッカを表わす数値として電圧変動率 ΔV [%] とフリッカ値 ΔV_{10} があり、それぞれ次のように求めることができます。

$$\Delta V = P_s (\%R \times \cos \theta + \%X \times \sin \theta) \times 10^{-4} \quad [\%]$$

$$P_s : \text{入力容量} \quad [\text{kVA}]$$

$\%R$: 配電線のインピーダンス (10MVAベース)

$\%X$: 配電線のインピーダンス (10MVAベース)

$\cos \theta$: 力率

$$\sin \theta : \sqrt{1 - \cos^2 \theta}$$

$$\Delta V_{10} = \Delta V \times k \cdot \alpha$$

$$\Sigma \Delta V_{10} = \sqrt{\Delta V_{10,1}^2 + \dots + \Delta V_{10,n}^2}$$

$k \cdot \alpha$: 視感度係数

※ 社団法人 日本電気協会

「系統連系規定」

(JEAC 9701-2012) 準用

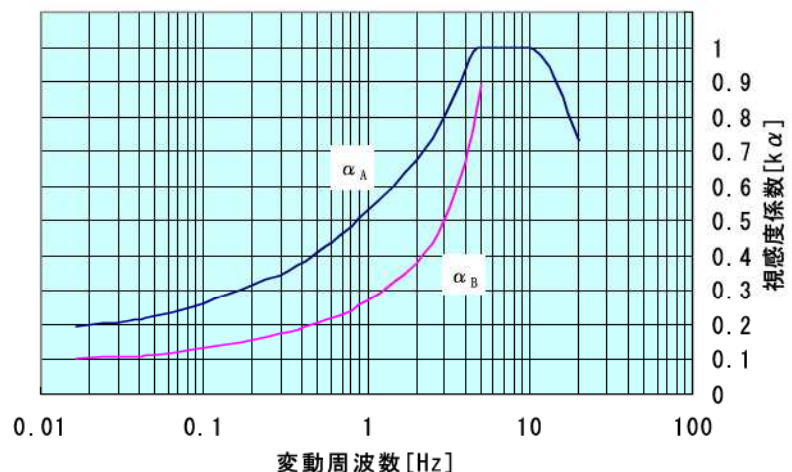
視感度係数とは

フリッカ値 ΔV_{10} は、電圧変動によるちらつきを数値化したものです。人の目は電圧変動の度合い、変動の周期によりちらつきの感じ方が異なります。 ΔV_{10} は電圧変動によるちらつきを、10Hzの周期のちらつきに換算すると、いくら電圧変動に相当するかを表すものです。

視感度係数とは、電圧変動によるちらつきを、10Hzの周期のちらつきに換算するための係数です。

変動周波数 [Hz]	視感度係数	
	α_A	α_B
20回/秒	0.73	-
15回/秒	0.89	-
10回/秒	1.00	-
5回/秒	1.00	0.89
3回/秒	0.80	0.50
2回/秒	0.67	0.38
1回/秒	0.53	0.27
40回/分	0.46	0.23
30回/分	0.41	0.20
20回/分	0.36	0.18
10回/分	0.30	0.15
5回/分	0.25	0.13
3回/分	0.23	0.11
2回/分	0.21	0.11
1回/分	0.19	0.10

矩形波状電圧変動等価換算係数



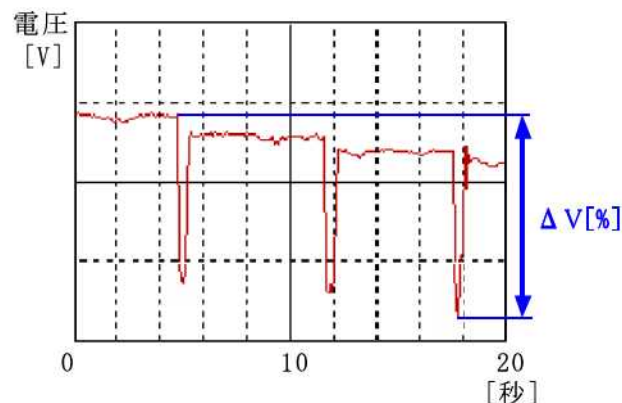
視感度係数と視感度曲線

2. 電圧変動率 ΔV [%] の考え方

ΔV [%] は、ある基準電圧に対して何%の電圧変動が生じるかを表わすものです。そこで、重要になるのは基準電圧をどこに置くかということです。

基本的には定常負荷による電圧降下は、電力会社の設備により各需要家の受電点での供給電圧の調整が行われます。ですから、問題となるのは急峻な負荷変動による電圧降下ということになります。

よって、数分以内に関連をもって起動する負荷群の順次起動や、運転時の負荷変動による電圧変動の発生が考えられる負荷を検討対象とすることが適当です。



3. 規制値について

各電力会社の供給約款の「電気使用にともなうお客様の協力」のなかで、次のように定められています。

お客さまの電気の使用が、次の原因で他のお客さまの電気の使用を妨害し、もしくは妨害するおそれがある場合、または当社もしくは他の電気事業者の電気工作物に支障を及ぼし、もしくは支障を及ぼすおそれがある場合（この場合の判定は、その原因となる現象が最も著しいと認められる地点で行ないます。）には、お客さまの負担で、必要な調整装置を需要場所に施設していただくものとし、とくに必要がある場合には、供給設備を変更し、または専用供給設備を施設して、これにより電気を使用していただきます。

- イ、負荷の特性によって各相間の負荷が著しく平衡を欠く場合
- ロ、負荷の特性によって電圧または周波数が著しく変動する場合
- ハ、負荷の特性によって波形に著しいひずみを生ずる場合
- ニ、著しい高周波または高調波を発生する場合
- ホ、その他、イ、ロ、ハまたはニに準ずる場合

上記項目 ロ項に従い電力会社より規制値の設定を受け、その設定値を上回る ΔV 、 ΔV_{10} の発生が予測される場合は、フリッカ抑制装置を施設する必要があります。

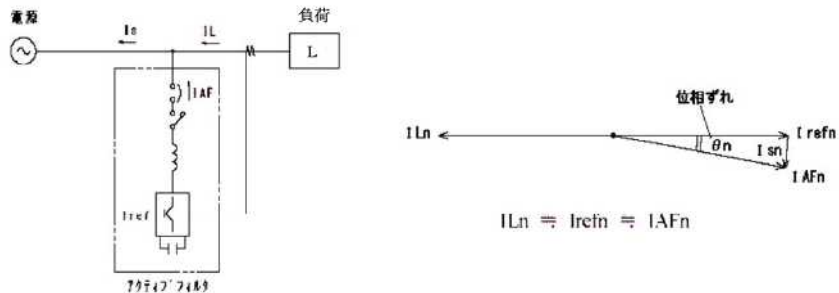
この規制値は配電システムのインピーダンス等の状況、他需要家の状況をもとに、各電力会社により決定され、当作業所では下記数値となっております。

※東北電力株式会社より提供

ΔV	1.87 %
ΔV_{10}	0.45

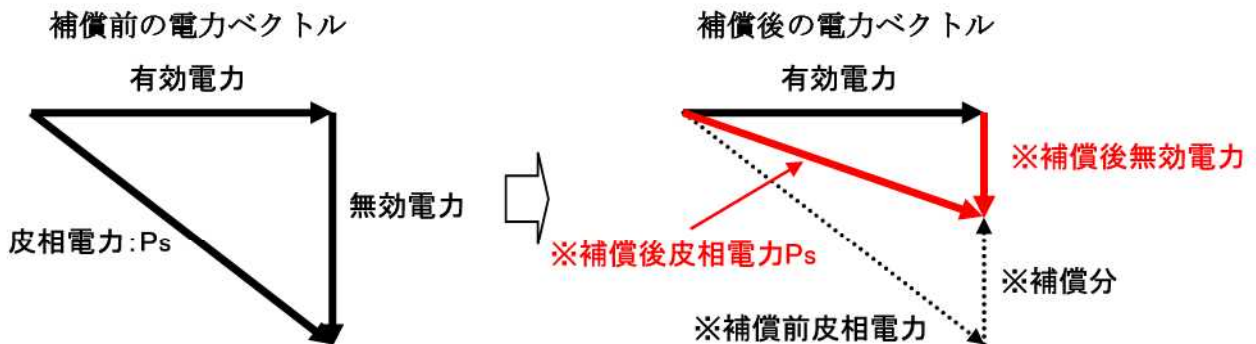
4. 補償率・安全率について

補償率 0.85 … 一般的にアクティブフィルタは負荷電流を検出してから補償電流を出力するために、必ずタイムラグが生じます。そのタイムラグにより、補償すべきベクトル I_{ref} と補償電流のベクトル I_{af} の間に位相差が生じるため、補償率が100%になることはありません。その為、社内試験により得た実測値をもとに補償率を 0.85として考慮する必要があります。



安全率 1.2 … 設計段階のある一定条件のもとに検討を行ない対策容量を算出していますが、実際には負荷状況や工事工程、電源系統などの変動に対しても影響を受けます。抑制装置の容量が不足してしまうと、十分なフリッカ抑制効果が得られないため、安全率を1.2として対策容量を検討する必要があります。

5. 無効電力補償について



補償後の電力ベクトルより、上図のように無効電力を補償すれば、皮相電力[Ps]が小さくなる為、下式より電圧降下 ΔV [%] が抑制されます。

$$\Delta V = P_s (\%R \times \cos \theta + \%X \times \sin \theta) \times 10^{-4} \quad [\%]$$

P_s : 入力容量 [kVA]

5.4.3 フリッカ対策検討書（対策：規制値 ΔV を見直した場合）

当現場においては、規制値（ $\Delta V=1.87\%$ ：東北電力(株)提示）では、フリッカ抑制装置のみによる対応は困難であること受け、以下の対策が考えられる。

- ・東北電力(株)と協議を行い、規制値 $\Delta V=1.87\% \rightarrow 4.0\%$ の引き上げ

規制値 $\Delta V \geq 4.0\%$ にてフリッカ検討を実施した結果、以下のとおりフリッカ抑制装置（1000kVA）を追加することで対策可能である。次頁以降に、フリッカ対策検討書を添付する。

表 5.4.3 フリッカ対策検討結果

項目	検討結果	備考
電圧変動率 ΔV (電力会社規制値 4.0%)	9.66% > 4.0% NG	規制値を引き上げ (電力会社と要協議)
フリッカ値 ΔV_{10} (電力会社規制値 0.45)	0.842 > 0.45 NG	
対策要否	必要 フリッカ抑制装置 (1000kVA)	

条件：配電線インピーダンス %R:122.98Ω %X:116.83Ω

但し、当該設計は、標準の施工機械を用いて算定したものであるため、施工者が使用する機械を確定後、必要に応じてフリッカ対策検討を見直した上で、事前に東北電力(株)と協議を行う必要がある。

1. 概要

1) フリッカ抑制対策の必要性

フリッカとは、電源電圧の変動により照明のちらつきや機器の誤作動が発生するという現象です。フリッカが発生する恐れがある場合は、事前にフリッカの検討を行い、その結果が電力会社から提示される規制値を超過する場合は、需要家にて何らかのフリッカ抑制対策を行う必要があります。

2) フリッカの発生源

フリッカの発生源としては、下記のものが挙げられます。

(1) 大容量負荷設備の始動

大きな始動電流が流れることで、大きな電圧降下が起こる。

→ 電圧変動率(ΔV)を計算する。

(ΔV : ある基準電圧に対して何%の電圧変動が生じるかを表すもの) . . . P. 16 参照

(2) 大容量負荷設備の負荷変動

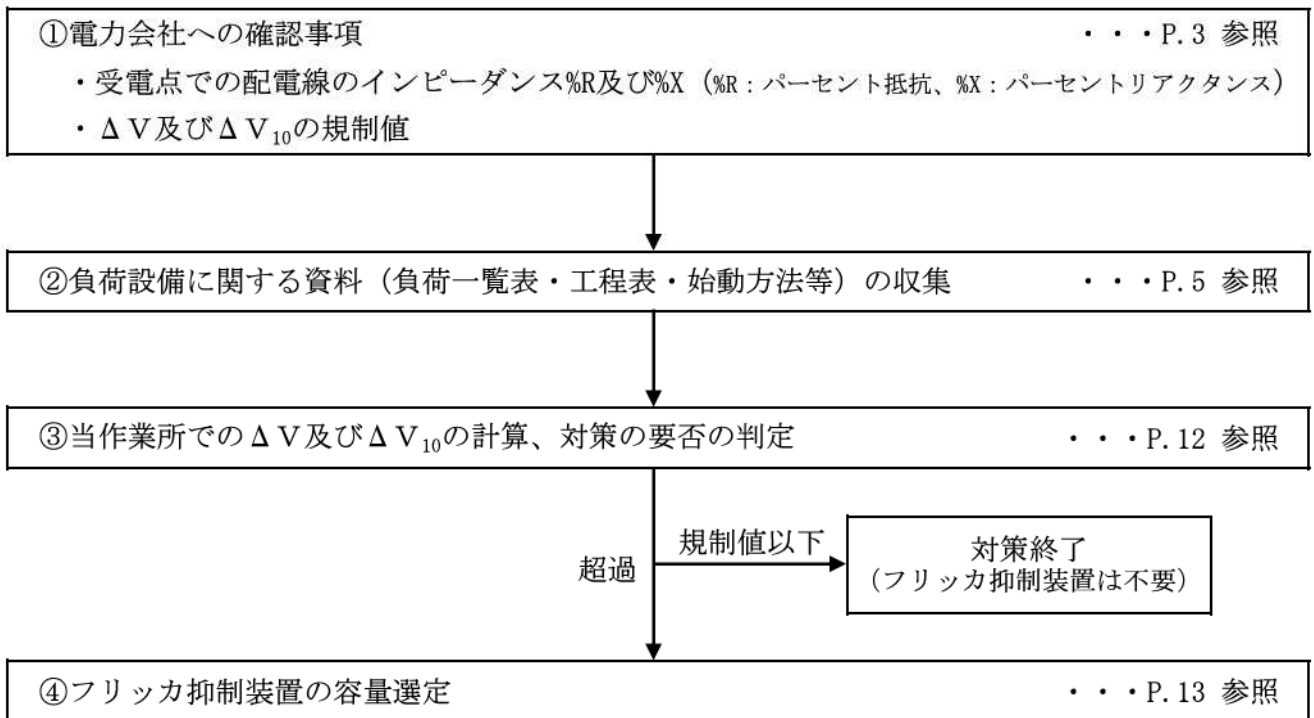
運転中の大容量負荷設備の負荷変動により負荷電流が変動し、

大きな電圧変動が断続的に起こる。

→ フリッカ値(ΔV_{10})を計算する。

(ΔV_{10} : 電圧変動によるちらつきを数値化したもの) . . . P. 15 参照

3) フリッカ抑制装置の選定フロー



2. 要約

1) 電力会社からの提供値

(1) 配電線のインピーダンス (東北電力株式会社より提供)

当作業所での受電点における配電線のインピーダンス(10MVAベース)は下記のとおりです。

項目	配電線のインピーダンス
%R	122.98
%X	116.83

(2) ΔV 及び ΔV_{10} の規制値 (東北電力株式会社より提供)

ΔV 、 ΔV_{10} の規制値は以下の値が設けられています。

検討項目	規制値
ΔV	4%
ΔV_{10}	0.45

2) 当作業所での ΔV 及び ΔV_{10}

当作業所では、下表のとおり、フリッカ現象を発生させる運転状況が考えられます。

項目	負荷名称(検討条件)	ΔV [%]	ΔV_{10}	
			始動時	運転時
3-2)-(2)	ドリル・ジャンボの順次始動	9.66	0.842	—
3-2)-(3)	吹付機(油圧)の順次始動	8.33	0.689	—
3-2)-(4)	集塵機の単体始動	2.14	0.214	—
3-2)-(5)	送風機の単体始動	3.72	0.372	—
最大値		9.66	0.842	

3) 対策の要否

当作業所での ΔV 及び ΔV_{10} について、対策の要否は下表のとおりです。

検討項目	規制値	当作業所での最大値	対策の要否
ΔV	4%	9.66%	要
ΔV_{10}	0.45	0.842	要

よって、当作業所では **フリッカ抑制対策を行う必要があります。**

4) フリッカ抑制装置の容量選定

当作業所でのフリッカ抑制装置は次のようになります。

必要対策容量	フリッカ抑制装置1000[kVA] 方式:アクティブフィルタ
--------	-----------------------------------

規制値について

…添付資料P.16参照

フリッカとは

…添付資料P.15参照

ΔV の考え方

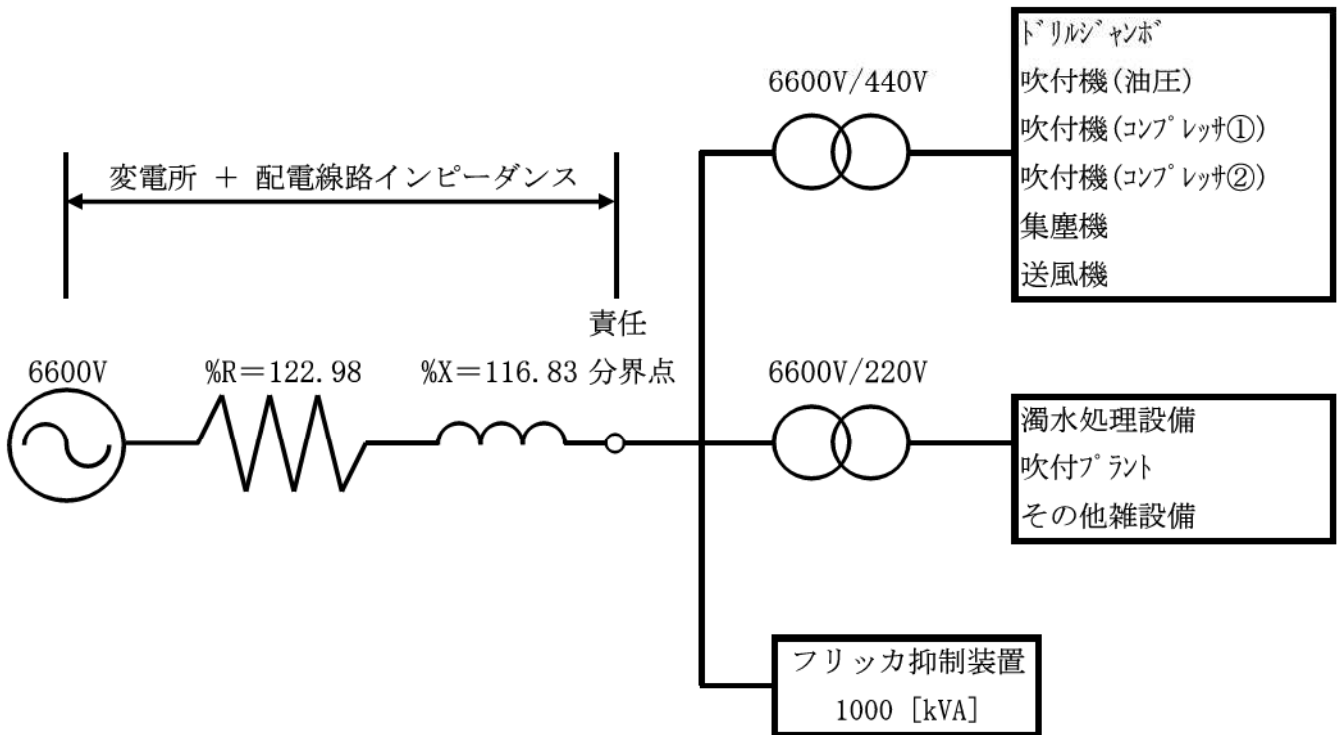
…添付資料P.16参照

詳細計算について

…P.5参照

5) フリッカ抑制装置の接続例

当作業所では、下図のようにフリッカ抑制装置を接続します。



3. 詳細検討

1) 対象負荷

No.	負荷名称	電圧 [V]	容量 [kW]	台数 [台]	合計 容量 [kW]	定格 電流 [A]/1台	始動 電流 [A]/1台	力率		効率 [%]	始動 方法	視感度係数		始動時 ΔV [%]/1台	始動時 ΔV ₁₀ /1台	運転時 ΔV ₁₀ /1台
								[%]	[%]			始動時	運転時			
1	ドリルジヤンボ	440	55	3	165	97.0	679.0	80	50	93.0	直入れ	0.1	-	8.42	0.842	-
2	吹付機(油圧)	440	45	1	45	79.4	555.6	80	50	93.0	直入れ	0.1	-	6.89	0.689	-
3	吹付機(コンプレッサ①)	440	90	1	90	158.7	370.4	80	30	93.0	Y-Δ	0.1	-	4.19	0.419	-
4	吹付機(コンプレッサ②)	440	37	1	37	65.3	456.8	80	50	93.0	直入れ	0.1	-	5.66	0.566	-
5	集塵機	440	42	1	42	74.1	172.8	80	50	93.0	Y-Δ	0.1	-	2.14	0.214	-
6	送風機	440	80	1	80	141.1	329.2	80	30	93.0	Y-Δ	0.1	-	3.72	0.372	-
7	濁水処理設備	220	24	1	24	84.7	-	80	-	93.0	-	-	-	-	-	-
8	吹付プラント	220	53.2	1	53.2	187.7	-	80	-	93.0	-	-	-	-	-	-
9	その他雑設備	220	38.8	1	38.8	136.9	-	80	-	93.0	-	-	-	-	-	-

$$\text{※定格電流} = \frac{\text{容量}}{\text{定格力率} \times \text{効率} \times \text{電圧} \times \sqrt{3}}$$

$$\text{※始動電流} = \text{定格電流} \times \text{始動倍率}$$

(始動電流については、実測値が機器仕様よりわかるものはその値を使用する)

※力率について、定格力率は80[%]、始動力率は55kW以下について50%、

55kW超について30%としています。(参考資料：三菱誘導電動機<技術資料>)

(定格力率および始動力率については、実測値が機器仕様よりわかるものはその値を使用する)

※ドリルジヤンボの台数については、ブームの数量を表わしています。

$$\text{※始動容量(皮相電力)} = \text{定格電圧} \times \text{始動電流} \times \sqrt{3}$$

$$\text{※始動時有効電力} = \text{始動容量} \times \text{始動力率}$$

$$\text{※始動時無効電力} = \text{始動容量} \times \sqrt{1 - (\text{始動力率})^2}$$

$$\text{※定格容量(皮相電力)} = \text{定格電圧} \times \text{定格電流} \times \sqrt{3}$$

$$\text{※定格時有効電力} = \text{定格容量} \times \text{定格力率}$$

$$\text{※定格時無効電力} = \text{定格容量} \times \sqrt{1 - (\text{定格力率})^2}$$

※始動頻度および変動回数は、一般的な運転パターンの値とします。

(始動頻度および変動回数は、実際の運転パターンがわかるものはその値とします)

※負荷の始動頻度は1回/分とし、視感度係数 $k \cdot \alpha = 0.1$ とします。

※ ΔV_{10} は始動時が最大となるため、運転時は考慮しないものとします。

始動倍率

直入れ…7

Y-Δ…7÷3

(クローズドY-Δにて切替時間

10sec以上の場合)

リアクトル…4.55

コントールア…2.96

インバータ…1.5

P. 8ページからの検討に使用

添付資料P. 15参照

※ ΔV 、 ΔV_{10} の算出について

$$\Delta V = P_S (\%R \times \cos \theta + \%X \times \sin \theta) \times 10^{-4} \quad [\%]$$

P_S : 皮相電力[kVA] $\%R, \%X$: 配電線のインピーダンス (10MVAベース)

$\cos \theta$: 力率 $\sin \theta$: $\sqrt{1 - \cos^2 \theta}$

$$\Delta V_{10} = \Delta V \times k \cdot \alpha$$

$$\Sigma \Delta V_{10} = \sqrt{\Delta V_{10-1}^2 + \dots + \Delta V_{10-n}^2}$$

$k \cdot \alpha$: 視感度係数

社団法人 日本電気協会

「系統連系規定」

(JEAC 9701-2012) 準用

2) ΔV 、 ΔV_{10} の詳細検討

(1) 各工程における検討条件

詳細検討条件として、掘削、吹付け、ロックボルト工の各工程が重ならないとし、下表の運転状態時の各負荷の電圧変動率・フリッカ値を検討します。

※検討条件：1分以内に連続して起動する負荷を対象とする

No.	負荷名称	容量 [kW]	台数 [台]	運転状態	(2)～(5)項の検討条件				
					(2)	(3)	(4)	(5)	
1	ドリルマシン	55	1	起動	○				
				定常					
1	ドリルマシン	55	2	起動					
				定常	○				
2	吹付機(油圧)	45	1	起動		○			
				定常					
3	吹付機(コンプレッサ①)	90	1	起動					
				定常		○			
4	吹付機(コンプレッサ②)	37	1	起動					
				定常		○			
5	集塵機	42	1	起動			○		
				定常					
6	送風機	80	1	起動				○	
				定常					

(2) トリルジヤンボの順次始動

トリルジヤンボの順次始動について検討します。起動完了後
(トリルジヤンボ×2台)の負荷率は50[%]とします。

	No.	負荷名称	容量 [kW]	台数 [台]	合計容量 [kW]	負荷率 [%]	皮相電力 [kVA]	有効電力 [kW]	無効電力 [kvar]	ΔV_{10}
始動	1	トリルジヤンボ	55	1	55	-	517	259	448	0.842
定常	1	トリルジヤンボ	55	2	110	50	74	59	44	-
合計							586	318	492	

この場合の力率 $\cos \theta$ 、 $\sin \theta$ は、

上記の皮相電力、有効電力、無効電力の合計より下記のようになります。

$$\text{皮相電力} = \sqrt{\text{有効電力}^2 + \text{無効電力}^2} = \sqrt{318^2 + 492^2} = 586$$

$$\cos \theta = \text{有効電力} / \text{皮相電力} = 318 / 586 = 0.542$$

$$\sin \theta = \text{無効電力} / \text{皮相電力} = 492 / 586 = 0.840$$

電圧変動率 ΔV [%]、フリッカ値 ΔV_{10} は、下記のようになります。

$$\Delta V = P_s (\%R \times \cos \theta + \%X \times \sin \theta) \times 10^{-4}$$

P_s : 皮相電力[kVA] %R, %X : 配電線のインピーダンス (10MVAベース)

$\cos \theta$: 力率 $\sin \theta$: $\sqrt{1 - \cos^2 \theta}$

$$= 586 (122.98 \times 0.542 + 116.83 \times 0.840) \times 10^{-4}$$

$$= 9.66 \text{ [%]} > 4 \text{ [%]} \text{ (規制値)}$$

$$\Delta V_{10} = \Delta V \times k \cdot \alpha \quad k \cdot \alpha : \text{視感度係数}$$

$$= 8.42^{\ast} \times 0.10 = 0.842 > 0.45 \text{ (規制値)}$$

※始動時 ΔV_{10} は単体始動時 ΔV より計算します。

・・・P.5 1)表 参照

社団法人 日本電気協会
「系統連系規定」
(JEAC 9701-2012) 準用

(3) 吹付機(油圧)の順次始動

吹付機(油圧)の順次始動について検討します。起動完了後
(吹付機(コンプレッサ①)等)の負荷率は50[%]とします。

	No.	負荷名称	容量 [kW]	台数 [台]	合計容量 [kW]	負荷率 [%]	皮相電力 [kVA]	有効電力 [kW]	無効電力 [kvar]	ΔV_{10}
始動	2	吹付機(油圧)	45	1	45	-	423	212	367	0.689
定常	3	吹付機(コンプレッサ①)	90	1	90	50	60	48	36	-
定常	4	吹付機(コンプレッサ②)	37	1	37	50	25	20	15	-
合計							503	280	418	

この場合の力率 $\cos \theta$ 、 $\sin \theta$ は、

上記の皮相電力、有効電力、無効電力の合計より下記のようになります。

$$\text{皮相電力} = \sqrt{\text{有効電力}^2 + \text{無効電力}^2} = \sqrt{280^2 + 418^2} = 503$$

$$\cos \theta = \text{有効電力} / \text{皮相電力} = 280 / 503 = 0.557$$

$$\sin \theta = \text{無効電力} / \text{皮相電力} = 418 / 503 = 0.831$$

電圧変動率 ΔV [%]、フリッカ値 ΔV_{10} は、下記のようになります。

$$\Delta V = P_s (\%R \times \cos \theta + \%X \times \sin \theta) \times 10^{-4}$$

P_s : 皮相電力[kVA] %R, %X : 配電線のインピーダンス (10MVAベース)

$\cos \theta$: 力率 $\sin \theta$: $\sqrt{1 - \cos^2 \theta}$

$$= 503 (122.98 \times 0.557 + 116.83 \times 0.831) \times 10^{-4}$$

$$= 8.33 \text{ [%]} > 4 \text{ [%]} \text{ (規制値)}$$

$$\Delta V_{10} = \Delta V \times k \cdot \alpha \quad k \cdot \alpha : \text{視感度係数}$$

$$= 6.89^{\ast} \times 0.10 = 0.689 > 0.45 \text{ (規制値)}$$

※始動時 ΔV_{10} は単体始動時 ΔV より計算します。

・・・P.5 1)表 参照

社団法人 日本電気協会
「系統連系規定」
(JEAC 9701-2012) 準用

(4) 集塵機の単体始動

集塵機の始動時について検討します。

	No.	負荷名称	容量 [kW]	台数 [台]	合計容量 [kW]	負荷率 [%]	皮相電力 [kVA]	有効電力 [kW]	無効電力 [kvar]	ΔV_{10}
始動	5	集塵機	42	1	42	-	132	66	114	0.214
					合計		132	66	114	

この場合の力率 $\cos \theta$ 、 $\sin \theta$ は、

上記の皮相電力、有効電力、無効電力の合計より下記のようになります。

$$\text{皮相電力} = \sqrt{\text{有効電力}^2 + \text{無効電力}^2} = \sqrt{66^2 + 114^2} = 132$$

$$\cos \theta = \text{有効電力} / \text{皮相電力} = 66 / 132 = 0.500$$

$$\sin \theta = \text{無効電力} / \text{皮相電力} = 114 / 132 = 0.866$$

電圧変動率 ΔV [%]、フリッカ値 ΔV_{10} は、下記のようになります。

$$\Delta V = P_s (\%R \times \cos \theta + \%X \times \sin \theta) \times 10^{-4}$$

P_s : 皮相電力[kVA] %R, %X : 配電線のインピーダンス (10MVAベース)

$\cos \theta$: 力率 $\sin \theta$: $\sqrt{1 - \cos^2 \theta}$

$$= 132 (122.98 \times 0.500 + 116.83 \times 0.866) \times 10^{-4}$$

$$= 2.14 \text{ [%]} < 4 \text{ [%]} \text{ (規制値)}$$

$$\Delta V_{10} = \Delta V \times k \cdot \alpha \quad k \cdot \alpha : \text{視感度係数}$$

$$= 2.14^{\ast} \times 0.10 = 0.214 < 0.45 \text{ (規制値)}$$

※始動時 ΔV_{10} は単体始動時 ΔV より計算します。

・・・P.5 1)表 参照

社団法人 日本電気協会

「系統連系規定」

(JEAC 9701-2012) 準用

(5) 送風機の単体始動

送風機の始動時について検討します。

	No.	負荷名称	容量 [kW]	台数 [台]	合計容量 [kW]	負荷率 [%]	皮相電力 [kVA]	有効電力 [kW]	無効電力 [kvar]	ΔV_{10}
始動	6	送風機	80	1	80	-	251	75	239	0.372
					合計		251	75	239	

この場合の力率 $\cos \theta$ 、 $\sin \theta$ は、

上記の皮相電力、有効電力、無効電力の合計より下記のようになります。

$$\text{皮相電力} = \sqrt{\text{有効電力}^2 + \text{無効電力}^2} = \sqrt{75^2 + 239^2} = 251$$

$$\cos \theta = \text{有効電力} / \text{皮相電力} = 75 / 251 = 0.300$$

$$\sin \theta = \text{無効電力} / \text{皮相電力} = 239 / 251 = 0.954$$

電圧変動率 ΔV [%]、フリッカ値 ΔV_{10} は、下記のようになります。

$$\Delta V = P_s (\%R \times \cos \theta + \%X \times \sin \theta) \times 10^{-4}$$

P_s : 皮相電力[kVA] %R, %X : 配電線のインピーダンス (10MVAベース)

$\cos \theta$: 力率 $\sin \theta$: $\sqrt{1 - \cos^2 \theta}$

$$= 251 (122.98 \times 0.300 + 116.83 \times 0.954) \times 10^{-4}$$

$$= 3.72 \text{ [%]} < 4 \text{ [%]} \text{ (規制値)}$$

$$\Delta V_{10} = \Delta V \times k \cdot \alpha \quad k \cdot \alpha : \text{視感度係数}$$

$$= 3.72^{\ast} \times 0.10 = 0.372 < 0.45 \text{ (規制値)}$$

※始動時 ΔV_{10} は単体始動時 ΔV より計算します。

・・・P.5 1)表 参照

社団法人 日本電気協会

「系統連系規定」

(JEAC 9701-2012) 準用

3) 対策の要否

ΔV 、 ΔV_{10} の規制値は下記のようになります。

$$\Delta V < 4 \quad [\%] \quad \Delta V_{10} < 0.45$$

前項までの検討について、対策の要否の判定をします。

3-2)-(2)項ドリルジャンボの順次始動の場合

$$\begin{array}{rcll} \Delta V = 9.66 \quad [\%] & > & 4 \quad [\%] & \cdots \text{対策要} \\ \Delta V_{10} = 0.842 & > & 0.45 & \cdots \text{対策要} \end{array}$$

3-2)-(3)項吹付機(油圧)の順次始動の場合

$$\begin{array}{rcll} \Delta V = 8.33 \quad [\%] & > & 4 \quad [\%] & \cdots \text{対策要} \\ \Delta V_{10} = 0.689 & > & 0.45 & \cdots \text{対策要} \end{array}$$

3-2)-(4)項集塵機の単体始動の場合

$$\begin{array}{rcll} \Delta V = 2.14 \quad [\%] & < & 4 \quad [\%] & \cdots \text{対策不要} \\ \Delta V_{10} = 0.214 & < & 0.45 & \cdots \text{対策不要} \end{array}$$

3-2)-(5)項送風機の単体始動の場合

$$\begin{array}{rcll} \Delta V = 3.72 \quad [\%] & < & 4 \quad [\%] & \cdots \text{対策不要} \\ \Delta V_{10} = 0.372 & < & 0.45 & \cdots \text{対策不要} \end{array}$$

上記のように規制値を超えるため、何らかのフリッカ抑制対策が必要です。

4) フリッカ抑制装置の容量選定

作業所内に点在するフリッカ対象負荷に対して、受電所付近にて一括でフリッカの抑制を行うための対策容量を選定します。

選定にあたっては、 ΔV および $\Delta V10$ で最大のものを抑制できる容量とします。

各負荷の同時起動等が無いものとして、フリッカ抑制装置の容量を選定します。

【 ΔV の補償の場合】3-2)-(2)項ドリルジャンボ始動時について

フリッカ対策容量を検討します。

フリッカ補償容量

$$= \text{定常負荷の無効電力} + (\Delta V \text{最大値} - \Delta V \text{規制値}) \div \%X \times 10^4 \div \text{補償率} \times \text{安全率}$$

$$= 255 + (9.66 - 4.00) \div 116.83 \times 10^4 \div 0.85 \times 1.2$$

$$= 939 \quad [\text{kVA}]$$

フリッカ抑制装置の補償率を0.85、安全率を1.2としています。(※P.17 添付資料4章参照)

定常負荷の無効電力は、掘削、吹付け、ロックボルト工の各工程が重ならないとし、ドリルジャンボ始動時に集塵機等が運転中であり、稼働率を80%とした無効電力を考慮します。

ドリルジャンボが始動する場合の定常負荷の無効電力は、下表のとおりです。

No.	負荷名称	容量 [kW]	台数 [台]	力率	稼働率 [%]	皮相電力 [kVA]	有効電力 [kW]	無効電力 [kvar]
5	集塵機	42	1	80	80	45	36	27
6	送風機	80	1	80	80	86	69	52
7	濁水処理設備	24	1	80	80	26	21	15
8	吹付プラント	53.2	1	80	80	57	46	34
9	その他雑設備	38.8	1	80	80	42	33	25
合計						256	205	153

また、当作業所では、配電線のインピーダンスが大きいこと、負荷機器の容量が大きいことなどから、有効電力による電圧降下分を補償する必要があります。

定常負荷の有効電力から線路抵抗補償時に必要な無効電力を換算計算すると、

ドリルジャンボが始動する場合の定常負荷の無効電力(有効電力換算)は、下表のとおりです。

No.	負荷名称	容量 [kW]	台数 [台]	効率	係数	稼働率 [%]	無効電力 [kvar]
5	集塵機	42	1	93	0.5	80	18
6	送風機	80	1	93	0.5	80	34
7	濁水処理設備	24	1	93	0.5	80	10
8	吹付プラント	53.2	1	93	0.5	80	23
9	その他雑設備	38.8	1	93	0.5	80	17
合計							102

※定常負荷の無効電力(有効電力換算) = 容量 × 台数 ÷ 効率 × 係数 × 稼働率

【ΔV10 の補償の場合】 3-2)-(2)項ドリルジャンボ始動時についてフリッカ対策容量を検討します。

フリッカ補償容量

$$= \text{定常負荷の無効電力} + (\Delta V_{10} \text{最大値} - \Delta V_{10} \text{規制値}) \div \text{視感度係数} \div \% \times 10^4 \div \text{補償率} \times \text{安全率}$$

$$= 255 + (0.842 - 0.45) \div 0.10 \div 116.83 \times 10^4 \div 0.85 \times 1.2$$

$$= 728 \quad [\text{kVA}]$$

フリッカ抑制装置の補償率を0.85、安全率を1.2としています。(※P.17 添付資料4章参照)

定常負荷の無効電力は、掘削、吹付け、ロックボルト工の各工程が重ならないとし、ドリルジャンボ始動時に集塵機等が運転中であり、稼働率を80%とした無効電力を考慮します。ドリルジャンボが始動する場合の定常負荷の無効電力は、下表のとおりです。

No.	負荷名称	容量 [kW]	台数 [台]	力率	稼働率 [%]	皮相電力 [kVA]	有効電力 [kW]	無効電力 [kvar]
5	集塵機	42	1	80	80	45	36	27
6	送風機	80	1	80	80	86	69	52
7	濁水処理設備	24	1	80	80	26	21	15
8	吹付プラント	53.2	1	80	80	57	46	34
9	その他雑設備	38.8	1	80	80	42	33	25
合計						256	205	153

また、当作業所では、配電線のインピーダンスが大きいこと、負荷機器の容量が大きいことなどから、有効電力による電圧降下分を補償する必要があります。

定常負荷の有効電力から線路抵抗補償時に必要な無効電力を換算計算すると、ドリルジャンボが始動する場合の定常負荷の無効電力(有効電力換算)は、下表のとおりです。

No.	負荷名称	容量 [kW]	台数 [台]	効率	係数	稼働率 [%]	無効電力 [kvar]
5	集塵機	42	1	93	0.5	80	18
6	送風機	80	1	93	0.5	80	34
7	濁水処理設備	24	1	93	0.5	80	10
8	吹付プラント	53.2	1	93	0.5	80	23
9	その他雑設備	38.8	1	93	0.5	80	17
合計							102

$$\text{※定常負荷の無効電力(有効電力換算)} = \text{容量} \times \text{台数} \div \text{効率} \times \text{係数} \times \text{稼働率}$$

よって 1000 [kVA] 以上のフリッカ抑制装置が必要となります。

フリッカ抑制装置としては、下記のものが適当です。

フリッカ抑制装置 1000 [kVA] 型式: AFH-1064C
方式: アクティブフィルタ

(添付資料)

1. フリッカとは

フリッカとは、電源電圧の変動により照明のちらつきや機器の誤作動が発生するという現象です。電圧降下との違いは、電圧降下は定常的な負荷電流により電圧が降下するのに対し、フリッカは急峻な負荷電流の変化によって電圧が変動する現象を指し、電力会社の定める値以上のフリッカが発生した場合は需要家で対策する必要があるものです。

フリッカを表わす数値として電圧変動率 ΔV [%] とフリッカ値 ΔV_{10} があり、それぞれ次のように求めることができます。

$$\Delta V = P_s (\%R \times \cos \theta + \%X \times \sin \theta) \times 10^{-4} \quad [\%]$$

P_s : 入力容量 [kVA]

$\%R$: 配電線のインピーダンス (10MVAベース)

$\%X$: 配電線のインピーダンス (10MVAベース)

$\cos \theta$: 力率

$$\sin \theta : \sqrt{1 - \cos^2 \theta}$$

$$\Delta V_{10} = \Delta V \times k \cdot \alpha$$

$$\Sigma \Delta V_{10} = \sqrt{\Delta V_{10,1}^2 + \dots + \Delta V_{10,n}^2}$$

$k \cdot \alpha$: 視感度係数

※ 社団法人 日本電気協会

「系統連系規定」

(JEAC 9701-2012) 準用

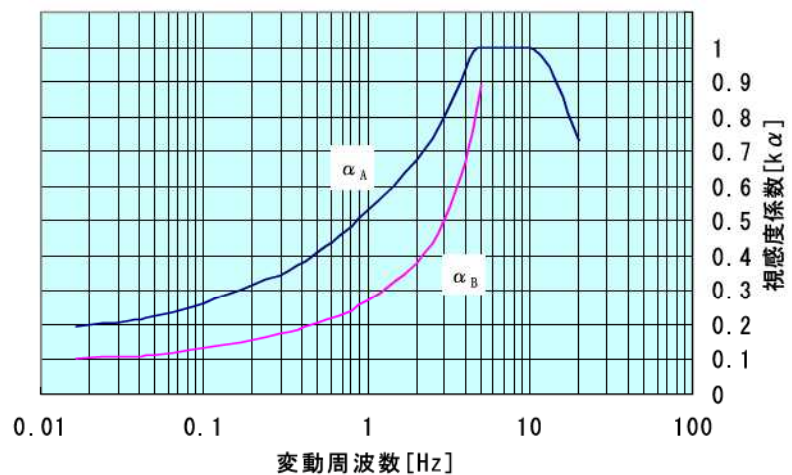
視感度係数とは

フリッカ値 ΔV_{10} は、電圧変動によるちらつきを数値化したものです。人の目は電圧変動の度合い、変動の周期によりちらつきの感じ方が異なります。 ΔV_{10} は電圧変動によるちらつきを、10Hzの周期のちらつきに換算すると、いくら電圧変動に相当するかを表すものです。

視感度係数とは、電圧変動によるちらつきを、10Hzの周期のちらつきに換算するための係数です。

変動周波数 [Hz]	視感度係数	
	α_A	α_B
20回/秒	0.73	-
15回/秒	0.89	-
10回/秒	1.00	-
5回/秒	1.00	0.89
3回/秒	0.80	0.50
2回/秒	0.67	0.38
1回/秒	0.53	0.27
40回/分	0.46	0.23
30回/分	0.41	0.20
20回/分	0.36	0.18
10回/分	0.30	0.15
5回/分	0.25	0.13
3回/分	0.23	0.11
2回/分	0.21	0.11
1回/分	0.19	0.10

矩形波状電圧変動等価換算係数



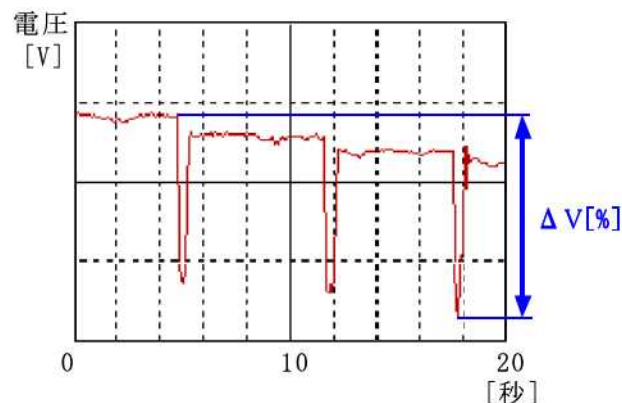
視感度係数と視感度曲線

2. 電圧変動率 ΔV [%] の考え方

ΔV [%] は、ある基準電圧に対して何%の電圧変動が生じるかを表わすものです。そこで、重要になるのは基準電圧をどこに置くかということです。

基本的には定常負荷による電圧降下は、電力会社の設備により各需要家の受電点での供給電圧の調整が行われます。ですから、問題となるのは急峻な負荷変動による電圧降下ということになります。

よって、数分以内に関連をもって起動する負荷群の順次起動や、運転時の負荷変動による電圧変動の発生が考えられる負荷を検討対象とすることが適当です。



3. 規制値について

各電力会社の供給約款の「電気使用にともなうお客様の協力」のなかで、次のように定められています。

お客さまの電気の使用が、次の原因で他のお客さまの電気の使用を妨害し、もしくは妨害するおそれがある場合、または当社もしくは他の電気事業者の電気工作物に支障を及ぼし、もしくは支障を及ぼすおそれがある場合（この場合の判定は、その原因となる現象が最も著しいと認められる地点で行ないます。）には、お客さまの負担で、必要な調整装置を需要場所に施設していただくものとし、とくに必要がある場合には、供給設備を変更し、または専用供給設備を施設して、これにより電気を使用していただきます。

- イ、負荷の特性によって各相間の負荷が著しく平衡を欠く場合
- ロ、負荷の特性によって電圧または周波数が著しく変動する場合
- ハ、負荷の特性によって波形に著しいひずみを生ずる場合
- ニ、著しい高周波または高調波を発生する場合
- ホ、その他、イ、ロ、ハまたはニに準ずる場合

上記項目 ロ項に従い電力会社より規制値の設定を受け、その設定値を上回る ΔV 、 ΔV_{10} の発生が予測される場合は、フリッカ抑制装置を施設する必要があります。

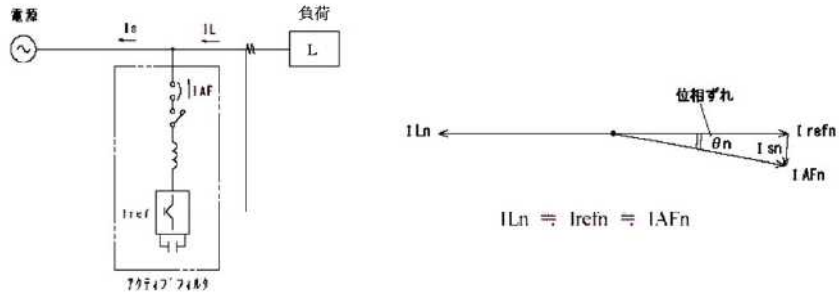
この規制値は配電システムのインピーダンス等の状況、他需要家の状況をもとに、各電力会社により決定され、当作業所では下記数値となっております。

※東北電力株式会社より提供

ΔV	4 %
ΔV_{10}	0.45

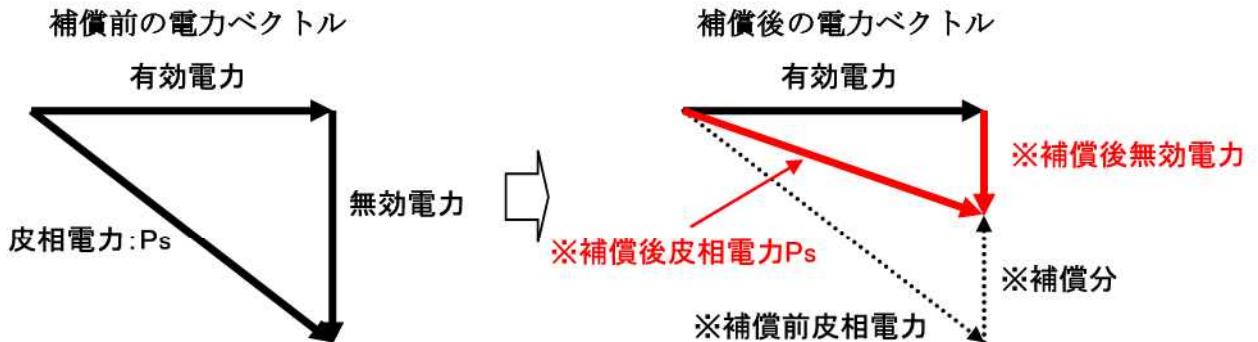
4. 補償率・安全率について

補償率 0.85 … 一般的にアクティブフィルタは負荷電流を検出してから補償電流を出力するために、必ずタイムラグが生じます。そのタイムラグにより、補償すべきベクトル I_{ref} と補償電流のベクトル I_{af} の間に位相差が生じるため、補償率が100%になることはありません。その為、社内試験により得た実測値をもとに補償率を 0.85として考慮する必要があります。



安全率 1.2 … 設計段階のある一定条件のもとに検討を行ない対策容量を算出していますが、実際には負荷状況や工事工程、電源系統などの変動に対しても影響を受けます。抑制装置の容量が不足してしまうと、十分なフリッカ抑制効果が得られないため、安全率を1.2として対策容量を検討する必要があります。

5. 無効電力補償について



補償後の電力ベクトルより、上図のように無効電力を補償すれば、皮相電力 [P_s] が小さくなる為、下式より電圧降下 ΔV [%] が抑制されます。

$$\Delta V = P_s (\%R \times \cos \theta + \%X \times \sin \theta) \times 10^{-4} \quad [\%]$$

P_s : 入力容量 [kVA]

§ 6. 参 考 资 料

資料-1 工法、名称別、建物面積算出式総括一覧表

出典：トンネル工事用建物調査報告書
(日本トンネル技術協会)

単位 m²

掘削工法別 建物種別	U I 4~17	F I 1~10	B II 1~18	U II 1~13	B III 1~44	U III 1~34	S III 1~32
仮設建物							
事務所	Y= 51+0.0120X	Y= 80+0.0158X	Y= 68+0.0315X	Y= 52+0.0320X	Y= 68+0.0315X	Y= 81+0.0320X	Y= 96+0.0180X
下請事務所	Y= 21+0.0040X	Y= 16+0.0085X	Y= 30+0.0161X	Y= 8+0.0260X	Y= 46+0.0140X	Y= 20+0.0285X	Y= 44+0.0065X
社員宿舍	Y= 83+0.0150X	Y= 50+0.0460X	Y= 98+0.0270X	Y=112+0.0119X	Y=156+0.0265X	Y=127+0.0119X	Y=150+0.0345X
作業員宿舍(単)	Y=140+0.0950X	Y=155+0.0450X	Y=239+0.1005X	Y= 94+0.2200X	Y=420+0.0450X	Y=135+0.2200X	Y=280+0.1800X
作業員宿舍(世)	Y= 70+0.0375X	Y= 25+0.0775X	Y= 75+0.0775X	Y= 75+0.0775X	Y= 95+0.0776X	Y= 90+0.0850X	Y= 25+0.1500X
倉庫(物品)	Y= 17+0.0090X	Y= 12+0.0090X	Y= 15+0.0107X	Y= 30+0.0090X	Y= 22+0.0148X	Y= 46+0.0090X	Y= 31+0.0090X
食堂・火事場	Y= 56+0.0030X	Y= 58+0.0080X	Y=100+0.0031X	Y= 66+0.0030X	Y=130+0.0030X	Y=118+0.0030X	Y=107+0.0143X
車庫	Y= 21+0.0050X	Y= 21+0.0050X	Y= 27+0.0050X	Y= 28+0.0050X	Y= 35+0.0050X	Y= 31+0.0050X	Y= 44+0.0033X
浴場	Y= 15+0.0093X	Y= 17+0.0122X	Y= 24+0.0105X	Y= 22+0.0149X	Y= 35+0.0122X	Y= 28+0.0180X	Y= 50+0.0093X
その他	Y= 18+0.0018X	Y= 18+0.0018X	Y= 33+0.0018X	Y= 22+0.0018X	Y= 58+0.0018X	Y= 41+0.0018X	Y= 74+0.0104X
小計	Y=402+0.1916X	Y=461+0.2288X	Y=700+0.2837X	Y=509+0.4011X	Y=1065+0.2314X	Y=717+0.4142X	Y=911+0.4353X
現場建物							
現場見張所	Y= 9+0.0022X	Y= 7+0.0022X	Y= 18+0.0022X	Y= 9+0.0022X	Y= 32+0.0022X	Y= 18+0.0022X	Y= 27+0.0033X
休憩所	Y= 8+0.0083X	Y= 6+0.0115X	Y= 17+0.0115X	Y= 19+0.0115X	Y= 20+0.0115X	Y= 20+0.0110X	Y= 20+0.0110X
資材倉庫	Y= 19+0.0080X	Y= 7+0.0044X	Y= 27+0.0090X	Y= 22+0.0099X	Y= 28+0.0090X	Y= 27+0.0090X	Y= 27+0.0105X
修理工場	Y= 16+0.0090X	Y= 16+0.0090X	Y= 16+0.0090X	Y= 16+0.0090X	Y= 21+0.0100X	Y= 12+0.0213X	Y= 12+0.0213X
変電所	Y= 12+0.0073X	Y= 11+0.0050X	Y= 13+0.0073X	Y= 12+0.0073X	Y= 33+0.0073X	Y= 13+0.0073X	Y= 33+0.0090X
充電所	Y= 16+0.0135X	Y= 20+0.0155X	Y= 48+0.0135X	Y= 75+0.0135X	Y= 75+0.0135X	Y= 84+0.0135X	Y= 84+0.0135X
動力所	Y= 34+0.0050X	Y= 45+0.0083X	Y= 44+0.0095X	Y= 36+0.0070X	Y= 81+0.0095X	Y= 54+0.0070X	Y= 55+0.0130X
セメント倉庫					Y= 13+0.0105X		
コンクリート					Y= 46+0.0111X	Y=135+0.0261X	Y= 26+0.0031X
その他	Y= 7+0.0095X			Y= 11+0.0095X		Y= 31+0.0155X	Y= 46+0.0060X
小計	Y=121+0.0628X	Y=112+0.559X	Y=183+0.0620X	Y=125+0.0555X	Y=349+0.0846X	Y=310+0.0999X	Y=356+0.0904X
火薬庫関係建物							
火薬庫	Y= 3.7+0.0017X	Y= 1.4+0.0023X	Y= 48+0.0017X	Y= 4+0.0017X	Y= 6+0.0017X	Y= 8+0.0027X	Y= 6.0+0.0017X
加工取扱所坑内					Y= 3.9+0.0007X		Y= 1.7+0.0020X
加工所坑内					Y= 5.5		Y= 8.2
加工取扱所坑外	Y= 3+0.0004X	Y= 2.8+0.0002X	Y=3.2+0.0002X	Y= 3+0.0004X	Y= 2.3+0.0009X	Y= 3.2+0.0004X	Y=2.6+0.0009X
加工所坑外	Y= 3.2+0.0004X	Y= 3.4	Y=3.2+0.0001X	Y= 3.2+0.0001X	Y= 3.6+0.0001X	Y= 3.4+0.0004X	Y=2.6+0.0009X
加工品庫	Y= 1.7+0.0014X	Y= 2.9+0.0008X	Y=2.4+0.0015X	Y= 2.4+0.0015X	Y= 2.4+0.0015X	Y= 4.2+0.0014X	Y= 6+0.0010X
小計	Y=11.6+0.0036X	Y=10.5+0.0033X	Y=13.6+0.0035X	Y=12.6+0.0037X	Y=23.7+0.0049X	Y=18.8+0.0049X	Y=27.1+0.0065X
合計	Y=624.6+0.2580X	Y=583.5+0.2880X	Y=905.6+0.3492X	Y=646.6+0.4603X	Y=1437.7+0.3209X	Y=1045.8+0.5190X	Y=1294.1+0.5322X

- U I 4~17 上部半断面先進工法 (ルール及びショートベンチ方式を含む) 単線型
- F I 1~10 全断面工法 単線型 (20~25m²程度)
- B II 1~18 底設導坑先進上部半断面工法 複線型 (50~55m²程度)
- U II 1~13 上部半断面先進工法 (タイヤ方式) 複線型
- B III 1~44 底設導坑先進上部半断面工法 新幹線型 (60~65m²程度)
- U III 1~34 上部半断面先進工法 (タイヤ方式) 新幹線型
- S III 1~32 側壁導坑先進上部半断面工法 新幹線型

資料－２ 土木・建設工事用仮設防音システム

明日への環境を創造する

ISO 9001 取得 (防音設備の設計、製造、施工、リース)

ヒューズ工業株式会社

FUSE INDUSTRIES CO.,LTD.

6-35-5 Hirai Edogawa-ku Tokyo Japan

THE WORLD'S LEADING
MANUFACTURER OF ENVIRONMENTAL EQUIPMENT
FOR TUNNELLING

全天候型防音パネル



トンネル坑口用防音シェルター 遮音効果25dB(A)~40dB(A)

■ 意匠登録No. 登録第1061394号



I・II型防音ハウス 遮音効果25dB(A)~40dB(A)



Ⅲ・Ⅳ・Ⅴ型防音ハウス 遮音効果25dB(A)～40dB(A)



防音壁 遮音効果12dB(A)～18dB(A)



特長

- あらゆる防音対策(防音シェルター、防音ハウス、防音壁)に共用可能な防音パネル
- 美しい外観でイメージアップ
- 耐水・耐候・耐久性に優れ堅固な強度
- ユニットパネルとしての軽量化と優れた施工性※Dタイプ、Hタイプ

防音パネル性能

- 各種防音対策に応じたタイプの全天候型防音パネルを、適切に選択し使用します。

トンネル坑口用防音扉



防音扉

HFS型マークⅡ (在来タイプ)

■ 意匠登録No. 登録第1064234号

HFS型新マークⅡc (低周波強化型・コンクリート充填タイプ)

トンネル工事の発破騒音レベルは、約110～130dB(A)、低周波音圧レベルは約140～155dBになり、周辺環境に対し様々な問題を起こしています
ヒューズ工業の防音扉は低周波音の減音効果を重視した設計になっています

特長

- パネル厚150mmで低周波音対策を重視した4重構造です※1
- 低周波遮音性能を向上させるためコンクリート(厚100mm)注入可能です※2
(コンクリート注入時パネル厚250mm)
- ※1 HFS型マークⅡ ※2 HFS型新マークⅡc
- パネルユニット方式で組立、解体、移設が極めて容易です
- 回転式換気パネル、風管用遮音ダンパーをオプション装備
- 爆風圧に耐える堅固な強度です

遮音性能

HFS型新マークⅡc

- 一重設置方式 騒音レベル18～19dB(A)
低周波音圧レベル15～20dB
- 二重設置方式 騒音レベル26～29dB(A)
低周波音圧レベル23～33dB

換気関連製品



FLEXADUXサイレンサー

標準300～2000φ鋼製 重量170kg

特長

- 消音材は縦長、ロール状の特殊な材料で、サイレンサーの内周に隙間なく配列されています。配列された各々の消音材は手で回す事が出来ます。長期間の使用等により消音材が換気により汚染され、消音効果が低下した時は回転して新しい面を空気の流れに向けます。この方法により消音効果の低下を防ぎ、サイレンサーの寿命及び有効期限を延ばす事が出来ます。

(1) 事故防止のための措置

1. 坑内の作業においては、衛生上必要な分量の空気を坑内に送給するために、通気設備を設けなければならない。ただし、自然換気により衛生上必要な分量の空気が送給される坑内の作業場については、このかぎりでない。(安衛則 602条)
2. 坑内における気温を37度以下としなければならない。ただし、高温による健康障害を防止するため必要な措置を講じて人命救助又は危害防止に関する作業をさせるときは、この限りでない。(安衛則 611条)
3. 坑内の作業場における炭酸ガス濃度を1.5%以下としなければならない。ただし、空気呼吸器、酸素呼吸器又はホースマスクを使用して、人命救助又は危害防止に関する作業をさせるときは、この限りでない。(安衛則 583条)
4. たて坑の内部で明かり掘削の作業を行い。堀下げの深さが20mをこえるときは、送気のための設備を設け、これにより必要な量の空気を送給しなければならない。(安衛則 377条)
5. 設備が故障しているときは、掘削の作業を行ってはならない。(安衛則 378条)

山岳トンネルにおける換気は安全な作業環境を確保するための重要な要因となるので、その設備は掘削方式、爆薬の種類及び量、重機械類の数量、規模等を十分に考慮し、適切な方式及び設備を選定しなければならない。また、事前調査において有害ガス、可燃性ガス等の発生するおそれがある場合はその対策を十分検討し、余裕のある換気能力をもたせるよう計画しなければならない。

(2) 作業環境測定

1. 有害な行目を行う屋内作業場その他の作業場で、政令で定めるものについて、労働省令でさだめるところにより、必要な作業環境測定を行い、及びその結果を記録して於かなければならない。(安衛法 65条)
2. 法第65条の政令で定める作業は、次のとおりとする。(安衛令 21条)
 - ④ 坑内作業場で、労働省令で定めるもの
3. 令第21条4の労働省令で定める坑内の作業場は、次のとおりとする。
 - ① 炭酸ガスが停滞し、又は停滞するおそれがある坑内の作業場
 - ② 気温が28度をこえ、又はこえるおそれのある坑内の作業場
 - ③ 通気設備が設けられている坑内の作業場
4. 第589条1の坑内の作業場について、1月以内ごとに1回、定期的に、炭酸ガス濃度を測定しなければならない。(安衛則 592条)
5. 第589条2の坑内の作業場について、1月以内ごとに1回、定期的に、当該作業場における気温を測定しなければならない。(安衛則 612条)
6. 第589条3の坑内の作業場について、1月以内ごとに1回、定期的に、当該作業場における気温を測定しなければならない。(安衛則 592条)
7. 前3項の規定による測定を行ったときは、そのつど次の事項を記録して、これを3年間保存しなければならない。
 - ① 測定日時
 - ② 測定方法
 - ③ 測定箇所
 - ④ 測定条件
 - ⑤ 測定結果
 - ⑥ 測定を実施した者の氏名
 - ⑦ 測定結果に基づいて改善措置を講じたときは、当該措置の概要

(安衛則 591条)

資料－４ 湧水・湧水の予測手法

出典：トンネル施工に伴う湧水・湧水に関する報告書（日本トンネル技術協会）

概 要

トンネル湧水・湧水調査は、2.2, 2.3で述べられているとおり、単独の調査ですむものでなく、水文地質、水収支、水文環境に大別される多くの調査手法を広域に、長期にわたって実施し、それを総合する作業から構成されている。これらの諸調査は、特別な場合を除き、①トンネル湧水量と集水範囲、②トンネル掘削による利水への影響、という2点の予測に絞って実施されるものであり、このことを常に念頭において各々の調査を進めるべきである。

トンネル湧水に関する予測は、(a)湧水の位置、(b)湧水の量(集中湧水、恒常湧水)、(c)切羽の自立性、(d)水圧、(e)水質、等の細分されるが、湧水量の予測を主に述べることにする。トンネル湧水の集水範囲に関する予測は、(a)地下水の低下範囲と量、(b)地表水の減少範囲と量に細分される。利水への影響に関する予測は、(a)範囲、(b)量、(c)水質、(d)水温、等に細分されるが、ここでは量に対する影響を主に述べることにする。

予測は施工前であれば、予測結果をもとにルートや施工法が検討されることになる。施工中における予測であれば、事前の予測と実測と実際の状況とを比較しながら、切羽前方の湧水や濁水等を予測したり、湧水現象がみられた場合のトンネル工事の寄与度、あるいは因果関係を判断するということになる。竣工後における調査の場合は、施工前・中の予測の変遷をまとめるとともに、最終的狀態に対する関係式を明らかにするという作業になる。

予測の手法にはいろいろあるが、ここでは①統計的予測手法、②従来の予測手法、③水収支シュミレーション手法に3大別して述べることにする。

統計的予測手法とは、類似トンネルの過去の工事記録をもとに統計的に推定しようとするものである。すべての条件がぴったりというトンネルはなかなかないので、全ての項目について予測することは困難であるが、路線選定段階、設計・施工計画段階の調査手法として大局を誤まらない有力な手法といえよう。

従来の予測手法とは、該当するトンネル周辺に対する水文調査等の実測結果をもとに水理公式に基づき、湧水量や集水範囲等を予測しようとするものである。この方法は予測手法の基本となるものであり、いずれの調査段階でも適用される方法である。ただ、精度を要求すればするほど、多くの調査、長期の観測を必要とすることになる。

水収支シュミレーション手法とは、トンネル周辺の水文地質をモデル化し、このモデルをもとに地下水の運動を工事計画に基づき机上で模擬実験してみる方法である。トンネル湧水湧水問題は、水循環計の中で捉えなければならないものであり、この点からすればこの予測手法によるのが最適と思われるがすべてのトンネルに適用するのも不経済であり、現状では難工事が予測されるようなトンネルにおいて事前調査の一つとして検討されるべき有力な手法といえよう。

統計的予測手法

(1)トンネル湧水量

トンネル湧水量の予測については、施工中の湧水と竣工後の恒常湧水に2分して述べることにする。

(a) 施工中のトンネル湧水量

前年度調査のアンケート結果によれば、①岩質と坑口最大湧水量、②岩質と貫通時比湧水量の関係が図2.4.1～2、表2.4.1のようになり、それぞれについて次のような解説を加えている。

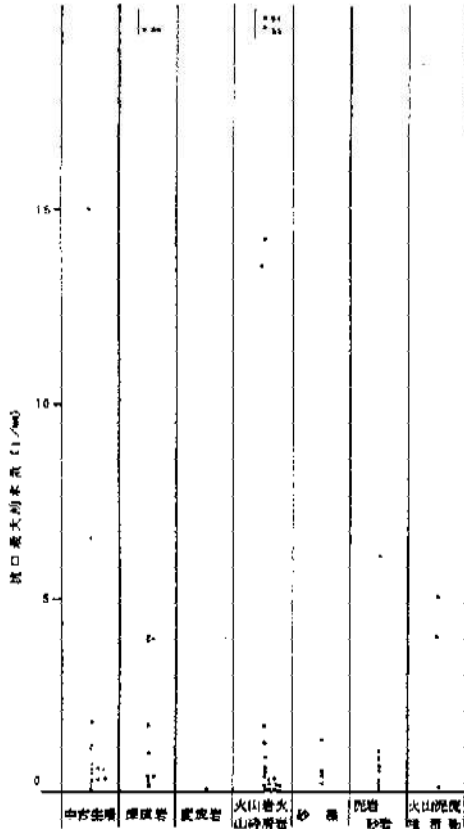


図2.4.1 岩質－坑口最大湧水量

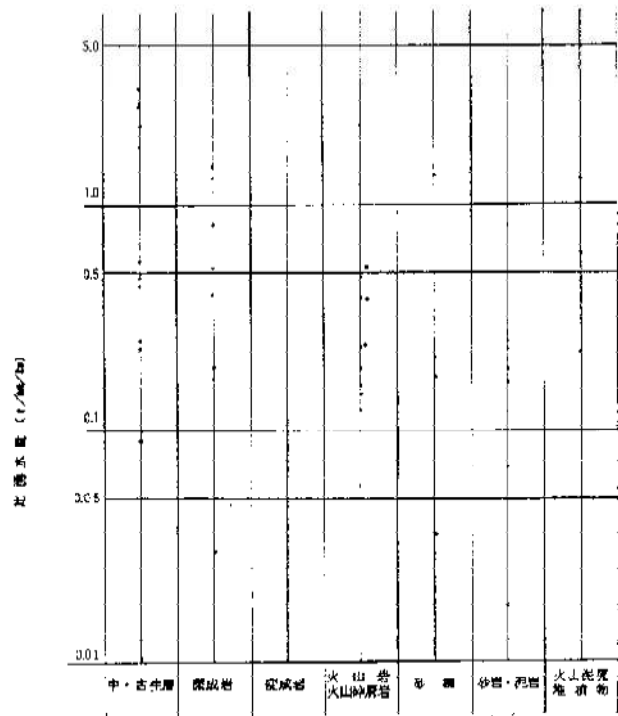


図2.4.2 岩質－貫通時比湧水（貫通時湧水量トンネル延長）

表 2.4.1

（岩質と坑口最大湧水量との関係）

岩質と湧水量の関係は図2.4.1の通りである。岩質と坑口最大湧水量の関係は一般的に多いとされている岩質順序と同様に、火山岩・火山碎層岩で最大64m³/min、深成岩同30m³/min、中古生層、同7.5m³/min、火山泥流堆積物同6m³/minを記録しているようにこの種の岩質におけるトンネル湧水量は極端に大量にであるものと思われる。

	坑口最大湧水量の平均 (m ³ /min)	貫通時比湧水量 (m ³ /min/km)
火山岩, 火山碎層岩	9.0	1.7
深成岩	4.1	1.5
火山泥流堆積物	3.0	1.3
中・古生層	2.0	3.2
泥岩, 砂岩	1.1	1.0
砂 礫	0.6	1.4
変成岩	0.1	0.01

一般に少ないといわれている泥岩のトンネルで最大 $6 \text{ m}^3/\text{min}$ を記録している例があるがこれは、地質が第三紀～第四紀の泥岩・砂岩互層であることと、トンネル長が 1800 m で比較的長く、そして双設トンネルであることにもよると思われる。

各岩質毎の坑口最大湧水量の平均値は火山岩・火山砕屑岩 $9.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 、深成岩 $4.1 \text{ m}^3/\text{min}$ 、火山泥流堆積物 $3.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 、中古生層 $2.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 、泥岩・砂岩 $1.1 \text{ m}^3/\text{min}$ 、砂礫 $0.6 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ 、変成岩 $0.1 \text{ m}^3/\text{min}$ の順になっている。

(岩質と貫通時比湧水量との関係)

岩質と貫通時比湧水量の関係は図-2.4.2に示す通りであるが、バラツキが大きいため顕著な傾向は見られない。

中古生層において $3.2 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ が最大になっており、次いで火山岩・火山砕屑岩 $1.7 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ 、深成岩 $1.5 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ 、砂礫 $1.4 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ 、火山泥流堆積物 $1.3 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ 、泥岩・砂岩 $1.0 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ 、変成岩 $0.1 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ となっている。

また平均値は、中・古生層 $1.2 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ が最大でつづいて火山泥流堆積物 $0.7 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ 、深成岩 $0.6 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ 、火山帯・火山砕屑岩 $0.58 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ 、砂礫 $0.4 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ 、泥岩・砂岩 $0.3 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ 、変成岩 $0.04 \text{ m}^3/\text{min}/\text{km}$ となっている。

これらの分析結果は、施工中の湧水量を推定する上で、一つの目安となり得るかもしれないが、湧水量を決定する大きな要因となる土被り等の地形的要素が考慮されていない点で実用性に欠ける。

ここで、1つの試みとして、前年の報告書に収録されているアンケートの中から、坑口最大湧水量と竣工時湧水量の両方に解答のあるものを37個選び、相関図(図-2.4.3)を描き、相関係数と相関式を求めてみたところ次の結果が得られた。

相関係数 0.94

相関式 $Q_x = 1.450y - 0.268$

データ数が37個と少なく、これからの検討を必要とするが、相関係数は大きいことから、施工中の坑口最大湧水量 (Q_x) は竣工時湧水量 (Q_y) の約1.5倍程度を見込んでおればよいことがわかる。ただし上式はむしろ Q_x を知って $Q_y = 0.686Q_x + 0.184$ により Q_y を推定するのに用いる方が実用的だといえる。

(b) 竣工後のトンネル湧水量

竣工後のトンネル湧水量については、①加納・桑原、②石井政次、③前年度報告のなかで考慮したのがある。各々について以下に簡単に要約してみる。

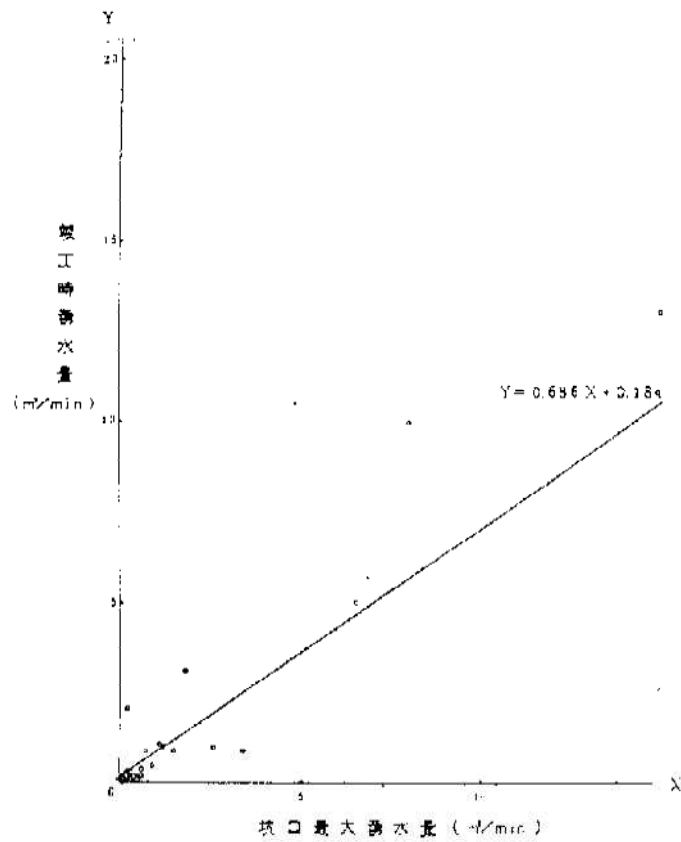
(加納・桑原の「トンネル施工法」における記述)

P65に「昔からトンネルを掘る場合は 1 km に 1 個 ($=1/36 \text{ m}^3/\text{s}$, 約 $30 \text{ t}/\text{s} \approx 1.7 \text{ m}^3/\text{min}$) の湧水を予想せよといわれているのは、一つの目安であろう……」という記述がある。

(石井の研究における記述)

表-2.4.2にかかげる273の鉄道トンネルの各種データを収集し、それらをもとに以下の検討を行っている。

図-2.4.4はトンネル湧水量とトンネル延長との関係を知るため、横軸に延長、縦軸に湧水量をとって両対数目盛りで表示したものである。



坑口最大湧水量 (m³/min)

図 2.4.3 竣工時湧水量と坑口最大湧水量との相関

表 2.4.3 切羽集中湧水の大なるトンネルの例

	トンネル名	延長	平均土被り (m)	地 質	切 羽 最 大 (m ³ /min)
完	丹 那	7,804	220	安山岩・集塊岩・火山砂	134.5
	福 岡	8,488	250	古生層・緑色片岩	20.0
	北 陸	13,870	150	古生層	14.0
	安 芸	13,030	180	花崗岩	10.0
	清 水	9,702	600	花崗閃緑岩	6.0
	南 郡	5,170	100	安山岩・凝灰岩	6.0
成	新 清	13,500	550	花崗岩	5.8
	積 迦	4,379	340	安山岩・凝灰岩	5.0
	六 甲	16,200	300	花崗岩	4.0
掘 さ く 中	長 崎	6,170	70	安山岩・凝灰岩	3.5
	中 山	立 杭	深度150付近	安山岩・火山砂	5.0
	榛 名	14,350	160	安山岩・軽石流	4.0~5.0連続する
	塩 嶺	6,000	150	安山岩・火山砕層岩	6.0~10.0
	蔵 王	11,175	280	安山岩・熔岩・集塊岩	4.5

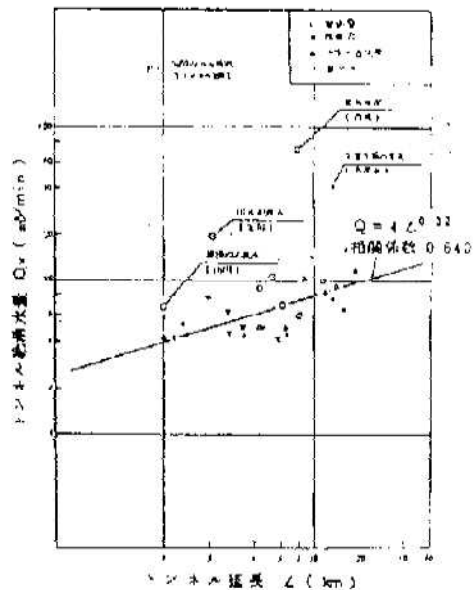
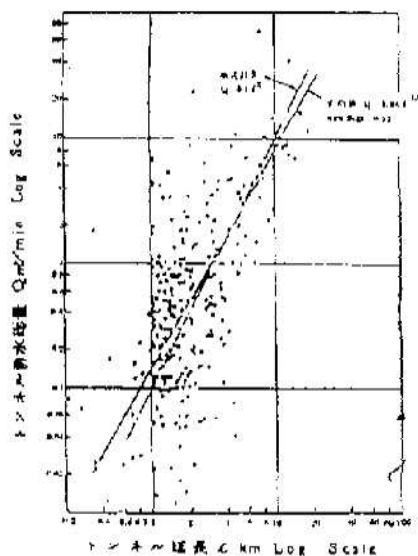


図2.4.4トンネル湧水量の分布 (Q-l) の関係 図2.4.5 大湧水トンネルのQ₁-l 関係図
この分布図から恒常湧水量Q (m³/min) とトンネル延長l (km) との相関関係を求めると

$$Q=0.14l^{1.8}$$

となり、相関係数は0.53である。

ここで、上式の略式計算として大ざっぱには、次式で推定してよいとしている。

$$Q=0.1l^2$$

図2.4.5は、大湧水トンネル30例 (表2.4.3) について総湧水量とトンネル延長との関係を示したもので、このような特例の場合の計算式として

$$Q=4l^{0.32}$$

を提案している。

また、トンネル湧水量をトンネル延長で割って比湧水量の換算したものを縦軸にとり、横軸に地質を示してあらわしたのが図2.4.6である。この図より地質別にみた比湧水量というものを表2.4.4で提案している。

(前年度報告のアンケート結果の分析における記述)

表2.4.5は、比湧水量を9階級に区分し、岩質別にそれぞれの階級での出現数、出現頻度を求めたものである。表の最後に示されたものは、全トンネル数に対する出現率 (64%) である。

全岩質を対象とした場合、比湧水量が250l /分/km以下のトンネルは、53%を示しており、500l /分/km以下なら、73%を示している。従って、500l /分/kmのトンネルは、27% (約1/4) である。0.5~1.0m³/分/kmのトンネルは、9.3%、1~1.5m³/分/kmは、9.3%であり、約2割のトンネルは0.5~1.5m³/分/kmの湧水トンネルである。

表2.4.4地質別にみたトンネル湧水量

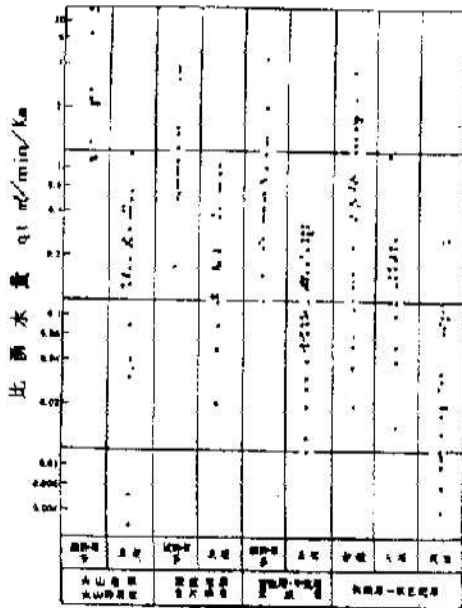


図2.4.6 地質別比湧水量

地質分類	比湧水量の範囲	平均比湧水量	
	m³/min/km	m³/min/km	
火山岩	0.85~10	3.71	
火山砕屑岩	0.035~0.9	0.30	
深成岩類	0.17~3.8	1.38	
含片麻岩	0.018~0.84	0.20	
古生層	0.10~4.5	0.79	
中生層	0.0~0.95	0.17	
第三紀 洪積層	砂礫層	0.02~3.6	0.84
	砂岩 頁岩 凝灰岩	0.014~0.95	0.25
	泥岩	0.0~0.26	0.07

表2.4.5 岩種別、比湧水量別出現数、出現度

階級	比湧水量 m³/分/km	(1) 中古生層		(2) 深成岩		(3) 変成岩		(4) 火山岩・火山砕屑岩		(5) 砂れき		(6) 泥岩・砂岩		(7) 火山泥流		全 体	
		出現数	出現度	出現数	出現度	出現数	出現度	出現数	出現度	出現数	出現度	出現数	出現度	出現数	出現度	出現数	出現度
1	0~0.25	7	0.437	4	0.363	1	1.00	6	0.375	3	0.750	12	0.923	1	0.333	34	0.531
2	~0.50	5	0.312	4	0.363	0		3	0.187	0		0	0	1	0.333	13	0.203
3	~1.00	1	0.0625	1	0.090	0		3	0.187	0		1	0.077	0	0	6	0.093
4	~1.50	1	0	2	0.181	0		1	0.062	1	0.250	0		1	0.333	6	0.093
5	~2.00	0	0.125	0		0		0	0	0		0		0		0	0
6	~2.50	2	0	0		0		0	0	0		0		0		2	0.031
7	~3.00	0	0	0		0		1	0.062	0		0		0		1	0.015
8	~4.00	0	0	0		0		1	0.062	0		0		0		1	0.015
9	4.00以上	0		0		0		1	0.062	0		0		0		1	0.015
	対象トンネル数	16		11		1		16		4		13		3		64	
	全トンネル数	30		11		1		28		6		19		4		99	

また、0~1.0m³/分/kmのトンネルは全体の82%を占め、0~1.5m³/分/kmのものなら91%を占める。このことからトンネル湧水は、殆どが1.5m³/分/km以内にあると考えられる。1m³/分/km以上の湧水トンネルは、約2割(18%)であるが、2m³/分/km以上は、8%、3m³/分/km以上3%、と極めて小さくなっている。最大は、15.6m³/分/kmであるが、これは特殊なものであろう。

岩種別に調べてみると、各区岩質毎に十分なデータがあるとは云えないが概ね10以上のデータがある。中古生層砂岩①、深成岩②、火山岩・火山砂層岩④、泥岩・砂岩⑥について良い特徴がでていいると思われる。

- ① 中古生層、トンネル30本に対し、16本が数値扱いが可能であった。250ℓ/分/km以下は、全体の44%、0~0.5m³/分/kmは、全体の75%を示す。この地質で特徴的なのは、1~2.5m³/分/kmが、約2割を占めることである。
- ② 深成岩は、11本のトンネル全部が数値扱いが可能であった。250ℓ/分/km以下は、35%、0~0.5m³/分/kmは全体の73%を占めることから、0.25~0.5m³/分/kmのものが中古生層(31%)に対し、36%とやや多い。1~1.5m³/分/kmのものは18%を占め、著しく大きなものはない。
- ④ 火山岩・火山砕屑岩は、250ℓ/分以下は37%と深成岩とほぼ同じ値である。しかし、0~0.5m³/分/kmのものは56%であり、中古生層(75%)、深成岩(72%)と比較して小さい。反面、1m³/分/km以上のものは25%を占め、深成岩の値(18%)に対してもかなり大きい。1.5m³/分/km以上でも、深成岩(0%)に対し火山岩は19%を占める。このように、火山岩・火山砕屑岩のトンネル湧水は、小さいものから非常に大きいものまであり、湧水・濁水予測のむずかしいトンネル地質であると伝える。
- ⑥ 泥岩・砂岩は、19本のトンネルのうち13本が数値扱いができた。この岩質の比湧水量は、他と比較して0~0.25m³/分/kmが92%も占め、殆ど水の無いトンネル地質であることを示している。しかし、砂岩層(恐らく第三紀)を狭在する割合や中新世よりも古い亀裂のものが、約8%を占めるものは無い。
- その他の岩質(変成岩、砂礫、火山泥流)についてはそれぞれ1本、4本、3本と、データが少なく十分な分析は困難と考えられる。
- 変成岩1本のトンネルは0.25m³/分/kmが、4本のうち3本(75%)、1~1.5m³/分/kmが1本(25%)である。
- 火山泥流は、4本のトンネルのうち3本数値扱いができて、0~0.25m³/分/km 1本、0.25~0.5m³/分/km 1本、1~1.5m³/分/km 1本を示した。
- 土被りと比湧水量の関係は、土被りが水頭即ち水圧として大きく作用するので同一の地質条件なら相関が得られて良いはずである。
- このような考え方から各岩質ごとに作成された相関図を図2.4.7に示す。

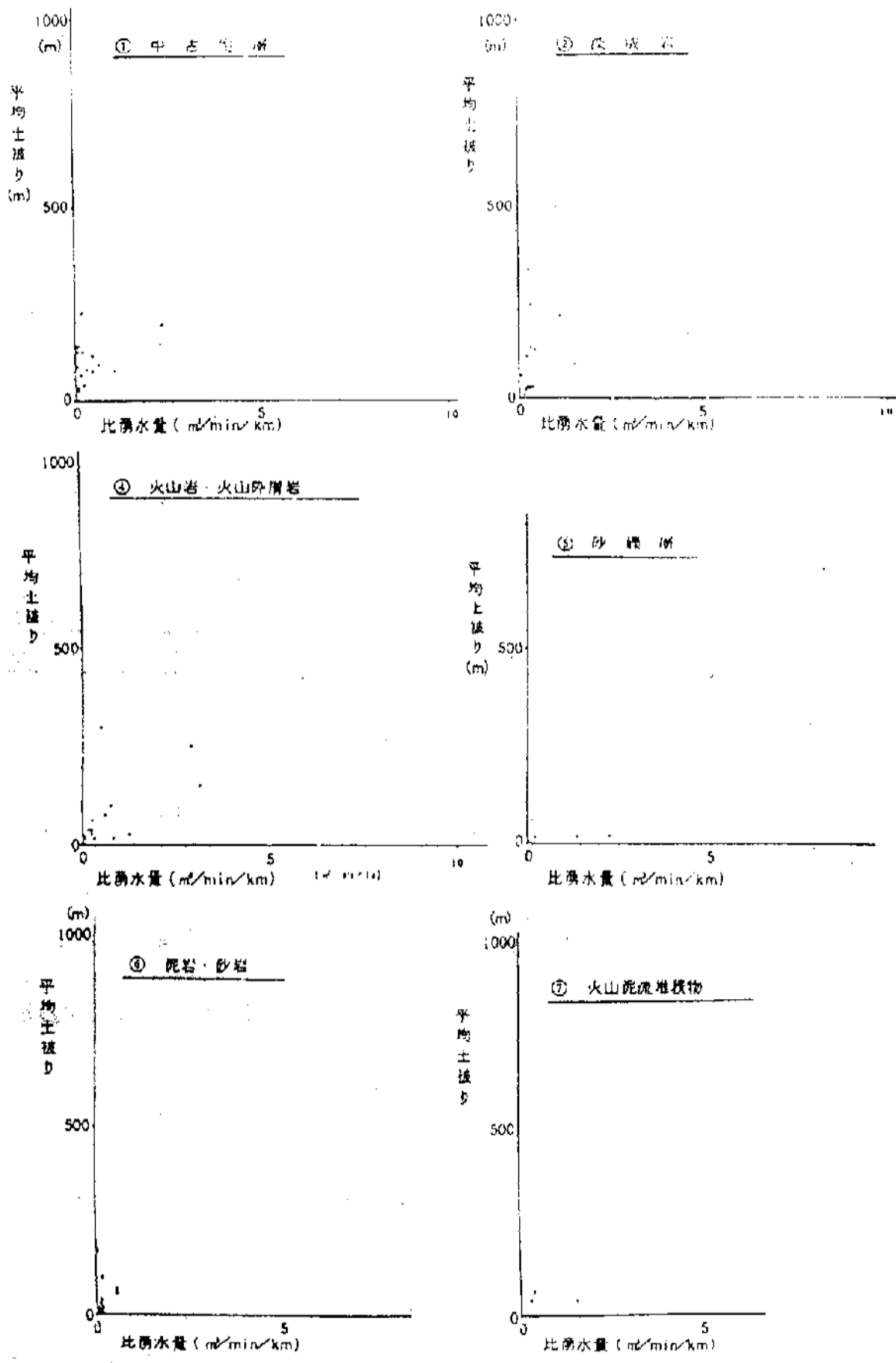


図 2.4.7 岩質別比湧水量と平均土深り

資料－5 濁水処理に関する基準

(a)環境基準

環境基準は、大気の汚染、水質の汚濁、土壌の汚染及び騒音に係わる環境上の条件について、それぞれ人の健康を保護し、生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準として定められるもので、行政上の政策目標である。

水質汚濁に関する環境基準には、人の健康に関するものと、生活環境に関するものがある。

人の健康に関する項目は、全国一律に全て公共用水域に適用されるものであり、生活環境にかんする項目は、水域ごとにその利用目的、環境水質等を勘案して類型指定を行い、その環境基準が基本的に示されている。

人の健康の保護に関する環境基準

項目	カドミウム	シアン	有機燐	鉛	クロム(6価)	ヒ素	総水銀	アルキル水銀	PCB
基準値	0.01 mg/t 以下	検出されないこと。	検出されないこと。	0.1 mg/t 以下	0.05 mg/t 以下	0.05 mg/t 以下	0.0005 mg/t 以下	検出されないこと。	検出されないこと。
	日本工業規格 k0102 (以下「規格」という。55.2に掲げる方法	規格 38.1.2 及び38.2に定める方法又は規格 38.1.2 及び38.3に定める方法	環境庁告知第59号付表1に掲げる方法、又はパラチオン、メルパチオン若しくは、EPNにあっては、規格31.1に定める方法(ガスクロマトグラフ法を除く。)、メルジメトシにあたっては、付表2に掲げる方法	規格 54.2に定める方法	規格 65.2に定める方法	規格61に定める方法	環境庁告示第59号付表3に掲げる方法	環境庁告示第59号付表4に及び第2に掲げる方法	環境庁告示第59号付表5に掲げる方法

備考1. 基準値は最高値とする。ただし、総水銀に係る基準値については、年間平均値とする。(以下省略)

生活環境に関わる環境基準（生活環境項目）

水域	項目		基準値								
	類型	利用目的の 適応性	水素イ ン濃度 (pH)	生物化 学的酸 素要求 量 (BOD)	化学的 酸素要 求量 (COD)	浮遊物 質量 (SS)	溶存酸 素量 (DO)	大腸菌 群数	n-ヘキサン 抽出物 質(油 分等)	全窒素 (T-N)	全リン (T-P)
河 川	AA	水道1級 自然環境 保全及び A以下の欄 に掲げる もの	6.5 以上 8.5 以下	1mg/ℓ 以下	—	25 mg/ℓ 以下	7.5 mg/ℓ 以上	50MPN/ 100mℓ 以下	—	—	—
	A	水道2級 水産1級 水浴及び B以下の欄 に掲げる もの	6.5 以上 8.5 以下	2mg/ℓ 以下	—	25 mg/ℓ 以下	7.5 mg/ℓ 以上	1000 MPN/ 100mℓ 以下	—	—	—
	B	水道3級 水産2級 及びC以 下の欄に 掲げるも の	6.5 以上 8.5 以下	3mg/ℓ 以下	—	25 mg/ℓ 以下	5mg/ℓ 以上	5000 MPN/ 100mℓ 以下	—	—	—
	C	水産3級 工業用水 1級及び D以下の 欄に掲げ るもの	6.5 以上 8.5 以下	5mg/ℓ 以下	—	50mg/ℓ 以下	5mg/ℓ 以上	—	—	—	—
	D	水産3級 農業用水 及びEの 欄に掲げ るもの	6.0 以上 8.5 以下	8mg/ℓ 以下	—	100 mg/ℓ 以下	2mg/ℓ 以上	—	—	—	—
	E	工業用水 3級 環境保全	6.0 以上 8.5 以下	10 mg/ℓ 以下	—	ごみ等 の浮遊め が認めら れな	2mg/ℓ 以上	—	—	—	—
湖 沼 （ 立天 方然 メ湖 1沼 ト及 ルび 以貯 上水 の量 人一 造○ 湖○ 万）	AA	水道1級 水産1級 自然環境 保全及び A以下の欄 に掲げる もの	6.5 以上 8.5 以下	—	1mg/ℓ 以下	1mg/ℓ 以下	7.5 mg/ℓ 以上	50MPN/ 100mℓ 以下	—	—	—
	A	水道2、3級 水産2級、 水浴及び B以下の欄 に掲げる もの	6.5 以上 8.5 以下	—	3mg/ℓ 以下	5mg/ℓ 以下	7.5 mg/ℓ 以上	1000 MPN/ 100mℓ 以下	—	—	—
	B	水産3級、 工業用水 1級、農業 用水及び B以下の欄 に掲げる もの	6.5 以上 8.5 以下	—	5mg/ℓ 以下	15mg/ℓ 以下	5mg/ℓ 以上	—	—	—	—
	C	工業用水 2級 環境保全	6.5 以上 8.5 以下	—	5mg/ℓ 以下	ごみ等 の浮遊め が認めら れな	5mg/ℓ 以上	—	—	—	—
	I	自然環境 保全及び II以下の 欄に掲げ るもの	—	—	—	—	—	—	—	0.1 mg/ℓ 以下	0.005 mg/ℓ 以下

(b)排水基準

排水基準は、特定事業場からの排水の規制を行うに当たって、排水の汚染状態について項目ごとに定められた許容限度であり、全ての公共用水域を対象とし、国が総理府令で定め一律に適用される基準（一律排水基準）と都道府県が適用する水域を指定して条例で定める上乘せ排水基準がある。

一律排水基準（総理府令）

	水質項目	許容限度	測定方法
有害物質	カドミウム及びその化合物	0.1mg/ℓ	日本工業規格K0120(以下「規格」という)55.2に定める方法
	シアン化合物	1.0mg/ℓ	規格38.1.2及び38.2に定める方法又は規格38.1.2及び38.3に定める方法
	有機リン化合物(パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン及びEPNに限る。)	1.0mg/ℓ	環告59付表1に掲げる方法又はパラチオンメチルパラチオン若しくはEPNにあっては規格31.1に定める方法
	鉛及びその化合物	1.0mg/ℓ	規格54.2に定める方法
	六価クロム化合物	0.5mg/ℓ	規格65.2.1に定める方法
	ヒ素及びその化合物	0.5mg/ℓ	規格61に定める方法
	水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	0.005mg/ℓ	環告59に付表3に掲げる方法
	アルキル水銀化合物	検出されないこと	環告59に付表4の第1及び第2に掲げる方法
	P C B	0.003mg/ℓ	環告9に付表5に掲げる方法又は、日本工業規格K0093に定める方法
一般項目	水素イオン濃度	5.8～8.6 (但し海域は5.0～9.0)	規格12.1に定める方法
	生物化学的酸素要求量	160mg/ℓ (日間平均120mg/ℓ)	規格21に定める方法
	化学的酸素要求量	160mg/ℓ (日間平均120mg/ℓ)	規格17に定める方法
	浮遊物質	200mg/ℓ (日間平均150mg/ℓ)	環告59付表6に掲げる方法
	n-ヘキサン抽出物質 (鉱油類)	5mg/ℓ	環告64付表に掲げる方法
	n-ヘキサン抽出物質 (動植物油脂類)	30mg/ℓ	
	フェノール類	5mg/ℓ	規格28.1に定める方法
	銅	3mg/ℓ	規格52.2に定める方法
	亜鉛	5mg/ℓ	規格53.2に定める方法
	溶解性銀	10mg/ℓ	日本工業規格M0202の3.1.4の(2)及び規格57.2に定める方法
	溶解性マンガン	10mg/ℓ	日本工業規格M0202の3.1.4の(2)及び規格5.2に定める方法
	クロム	2mg/ℓ	規格65.1に定める方法
	フッ素	15mg/ℓ	規格34に定める方法
	大腸菌群数	日間平均3,000個/cm ³	下水の水質の検定方法に関する省令(昭和37年(厚生省建設省令第1号))に規定する方法

(c)利水上の基準

利水目的上の望ましい基準として、水産環境水質基準、農業用水基準等があり、利水が行われている水域においては、これらへの配慮が必要となる。

水産環境水質基準値

項 目	河 川		湖 沼		海 域
	一 般	サケ・マス・アユ	一 般	サケ・マス・アユ	
BOD (mg/l)	3以下	2以下	—	—	—
COD (mg/l)	—	—	4以下	—	
T-P (mg/l)	0.1以下		コイ・フナ 0.1以下	ワカサギ 0.05以下	—
無機窒素 (mg/l)	—	—	—	—	
無機磷 (mg/l)	—	—	—	—	
DO (mg/l)	6以下	7以上	6以上	7以上	
pH	6.7～7.5		6.7～7.5		7.8～8.4
SS (mg/l)	25以下 (人為的に加えられる もの5以下)		3.0以下	1.4以下	2以下
水 色	—	—	12以下	7以下	—
透 明 度 (m)	—	—	1.0以上	4.5以上	5以上(年間 平均) 2.5(最低値)
大腸菌(MPN/100ml)	1,000以下(生食用カキ70以下)				
鉍 油 類	鉍油類が含まれないこと、油膜がみとめられないこと				
有 毒 物 質	有害な程度に含まれないこと				

農業(水稻)用水基準

項 目	基 準 値	項 目	基 準 値	
pH	6.5～7.5	電 気 伝 導 度	300 μS/cm以下	
CDO	6mg/l以下	重 金 属 類	A _s	0.05mg/l以下
SS	100mg/l以下		Z _n	0.5mg/l以下
DO	5mg/l以上		C _u	0.02mg/l以下
T-N	1mg/l以下			

(d) 汚泥に関する規則

建設工事に伴って各種の廃棄物が排出されるが、これ等は、廃棄物の処置及び清掃に関する法律「廃棄物処理法」の規定に基づき適正に処理されなければならない。

建設工事に伴って排出される汚泥の処理に関しては、

- ① 汚泥の脱水施設（10m³/日以上のも（スラリ状態））
- ② 汚泥の乾燥施設（10m³/日以上のも、天日乾燥施設にあっては、100m³/日以上のも）
- ③ 汚泥の焼却施設（5 m³/日以上のも）
- ④ 最終処分場（面積1000m²以上のも（管理型））

が届出を要する施設に該当する。

(c) 濁水処理運転管理に必要な資格

装 置 名	資 格 名	関 係 法 令	備 考
凝集沈殿 装 置	一般の場合	水質汚濁防止法	通常建設工事における処理施設（パッチャープラントは除く）は特定施設とならないが、行政指導される場合がある。
	特定施設の場合	水質汚濁防止法（法第2条、令第1条別表第1）（注3） 特定工場における公害防止組織の整備に関する法律（法第1条）（注4）	パッチャープラントの排水処理施設が、これにあたる。特定施設を設置するときは都道府県知事に届出なければならないが、建設業の場合は工場ではないので、公害防止管理者は不要である。
汚泥の中間処理装置	処理量10m ³ /日（脱水機100m ³ /日（天日乾燥）以上の場合	廃棄物の処理及び清掃に関する法律	
	処理量10m ³ /日（脱水機100m ³ /日（天日乾燥）以上の場合	廃棄物の処理及び清掃に関する法律（法律第21条、令第7条、規第17条）（注5）	技術管理者は、一定の学歴と経験が必要である。資格試験はない。
pH中和 処理装置	硫酸・塩酸使用の場合（注9）	労働安全衛生法（法第14条、令第6条の18、別表第3、規第16条、別表第1）（注6）	作業主任者は、技能講習の終了者でなければならない。
	炭酸ガス使用の場合（注2）	高圧ガス取締法（第5条の1）	
	使用量30N m ³ /日以上の場合	高圧ガス取締法（第27条の2） 一般高圧ガス保安規則（第20条）（注7）	（保安監督者）は、一定の学歴と経験が必要である。資格試験はない。（保安監督者）は、保安監督する者の意味で法律用語ではない。
	労働安全衛生法にいう第1種圧力容器を使用する場合	労働安全衛生法（法第14条、令第6条の17、規第16条、別表第1）（注6） ボイラー及び圧力容器安全規則（第62条第125条）（注8）	作業主任者は、技能講習の終了者、又は、特定第1種圧力容器取扱作業主任者免許を受けた者でなければならない。ボンベ類は、労働安全衛生法にいう第1種圧力容器には該当しない。