工事年度及び工事番号：　令和7年度　県債道改交金　第130号

工　　事　　名　　：　白浜久木線（仮称庄川久木1号ﾄﾝﾈﾙ）道路改良工事

工　事　場　所　：　西牟婁郡白浜町庄川外地内

施工計画書【見積参考資料】

目　　次

1 施工計画 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

1.1 概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

1.2 施工計画 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7

1.3 施工歩掛 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 23

1.4 工事工程計画 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38

2 仮設備配置計画 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 46

3 施工設備計画 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 55

3.1 概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 55

3.2 換気設備 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 56

3.3 吹付プラント設備 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 76

3.4 給排水設備 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 77

3.5 濁水処理設備 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 85

3.6 工事用機械一覧 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 98

4 仮設電力計画 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 100

4.1 仮設受配電設備 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 100

4.2 仮負荷設備容量 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 100

4.3 電力設備計画 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 102

4.4 変圧器容量計算 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 103

4.5 高圧進相コンデンサ容量計算 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 105

4.6 契約電力の算定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 101

4.7 配線設計 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 119

5 フリッカ抑制装置について ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 135

■　施工計画・施工設備計画

1　施工計画

1.1　概　要

本施工計画書は、（仮称）庄川久木１号トンネルのトンネル工事工程計画の立案を目的とする。工事工程計画は「国土交通省　土木工事標準積算基準書(河川・道路編)令和５年度版　以下、積算基準書」に準拠する。当該トンネルは発破掘削方式による計画であるため、積算基準書「第５章トンネル工」の<u>①-1 トンネル工（ＮＡＴＭ）[発破工法]に準拠する。</u>

(1) 積算基準書の適用範囲

積算基準書では、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50㎡以上130㎡以下のトンネルに適用するものとし、適用にあたっては、下記事項に留意して実施するものとされている。

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11.1.1　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。

<u>当該トンネルは、トンネル一般部および非常駐車部ともに「通常断面」の範囲となる。よって、以降は「通常断面」に対してのみ記載する。</u>

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およ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できない場合は、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50㎡未満又は130㎡を超えるものは、別途考慮する。
⑦ 坑口部等で本資料により難い場合は、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、次図のとおりとする。

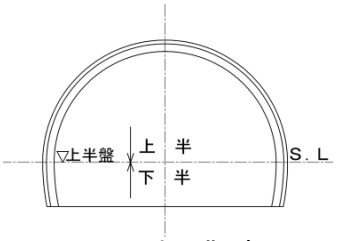


図 11.1.1　加 背 割 図

（出典：積算基準書Ⅳ-5-①-1）

なお、当該トンネルでは“積算基準書に示された標準施工機械”の使用を可能にするために、岩区分Ｄについては上半施工基面をＳ．Ｌより1.15m下げた加背割計画とした。

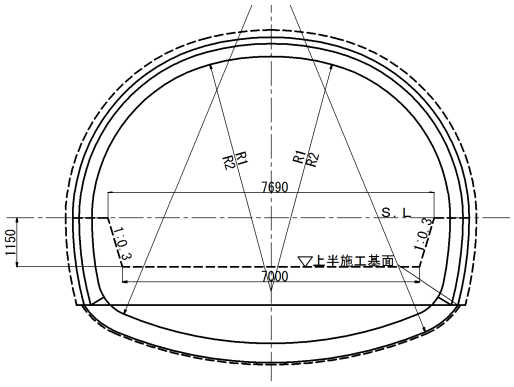


図 11.1.2　上半施工基面（岩区分Ｄ）

(2) 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 11.1.2　岩区分、掘削方式及び掘削工法

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

（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。　（出典：積算基準書Ⅳ-5-①-4）

(3) 掘削断面積の適用範囲

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 11.1.3　掘削断面積の適用範囲

岩区分		設計掘削断面積（㎡）	適用範囲（㎡）	備　考
ＣⅠ・ＣⅡ		50	50.0≦A＜52.5	覆工工にも適用
		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、余堀を含まない。
なお、施工歩掛には余堀（余巻，余吹）を含んでいる。
（出典：積算基準書Ⅳ-5-①-2 に加筆）

(4) 時間当り作業量

時間当り掘進長は下表を標準とし、これにより難い場合は別途考慮する。

なお、下表は1日当りの労働時間を8時間、2方(2交替)・週5日施工を標準としている。

表 11.1.4　時間当り作業量

(掘削工～支保工)(発破工法)「通常断面」　　((トンネル延長) m/時間当り)

掘削方法	岩区分		設計掘削断面積(㎡)										摘要
			50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
補助ﾍﾞﾝﾁ付全断面工法	CⅠ		0.340	0.313	0.323	0.298	0.293	0.280	0.267	0.265	0.255	0.250	
	CⅡ		0.265	0.258	0.256	0.248	0.245	0.238	0.234	0.226	0.219	0.214	
上下半交互併進工法	DⅠ	上半	—	—	40	45	50	55	60	65	70	75	必要な断面積を上下半各々に計上する。
			—	—	0.237	0.231	0.230	0.223	0.218	0.212	0.210	0.204	
		下半	—	—	—	—	10	15	20	25	30	35	
			—	—	—	—	0.478	0.450	0.438	0.425	0.403	0.382	
	DⅡ	上半	—	—	40	45	50	55	60	65	70	75	
			—	—	0.237	0.235	0.222	0.220	0.218	0.206	0.207	0.198	
		下半	—	—	—	—	10	15	20	25	30	35	
			—	—	—	—	0.450	0.438	0.427	0.415	0.413	0.392	
	DⅢ	上半	—	—	40	45	50	55	60	65	70	75	
			—	—	0.216	0.208	0.203	0.205	0.198	0.196	0.195	0.187	
		下半	—	—	—	—	10	15	20	25	30	35	
			—	—	—	—	0.450	0.425	0.403	0.383	0.355	0.339	

(出典：積算基準書Ⅳ-5-①-12)

※例　CⅡ：50㎡の場合

1日当り掘進長＝0.265(m/時間)×8(時間)×2(方)＝4.24m

なお、月当り掘進長は、1日当り掘進長×20.4(日/月)より算定する。

(5) 掘削断面積の適用範囲

当該トンネルの各岩区分の設計掘削断面積と積算基準書の適用範囲は次表のとおりである。

表 11.1.5　設計掘削断面積と積算基準書の適用範囲

岩区分	加　背	設計掘削断面積(㎡)	積算基準の歩掛範囲(㎡)	積算基準の適用範囲(㎡)	備　　考
ＣⅠ	全断面	49.709	―	50.0≦A＜52.5	**適用範囲外**
ＣⅡ	全断面	49.709	―	50.0≦A＜52.5	**適用範囲外**
ＣⅡ-Ｌ	全断面	70.212	70 ㎡	67.5≦A＜72.5	適用範囲
ＤⅠ	上半	40.271	40 ㎡	40.0≦A＜42.5	適用範囲
	下半	10.350	10 ㎡	10.0≦A＜12.5	適用範囲
ＤⅡ	上半	40.983	40 ㎡	40.0≦A＜42.5	適用範囲
	下半	10.557	10 ㎡	10.0≦A＜12.5	適用範囲
ＤⅢ	上半	42.431	40 ㎡	40.0≦A＜42.5	適用範囲
	下半	10.971	10 ㎡	10.0≦A＜12.5	適用範囲

※Ｄ区分の設計掘削断面積は、上半盤を 1.15ｍ下げた場合の数値である。

上表に示すように、ＣⅠ及びＣⅡ区分は、積算基準書の適用下限値を下回り、積算基準書に準拠できないことになる。よって、工程計画においては、時間当り作業量（時間当り掘進長）を近似式により補正して算出する。歩掛り等の諸数値も同様の方法で、補正して算出する。

また、補助工法を有するパターンの時間当り作業量（時間当り掘進長）の算定は、積算基準書の時間当り作業量（時間当り掘進長）を１サイクル当りの施工時間に換算し、これに補助工法のサイクルタイムを加えることにより算出する。

次ページ以降に、近似式による補正値を示す。

(6) 施工概要

施工の流れをフロー図に示す

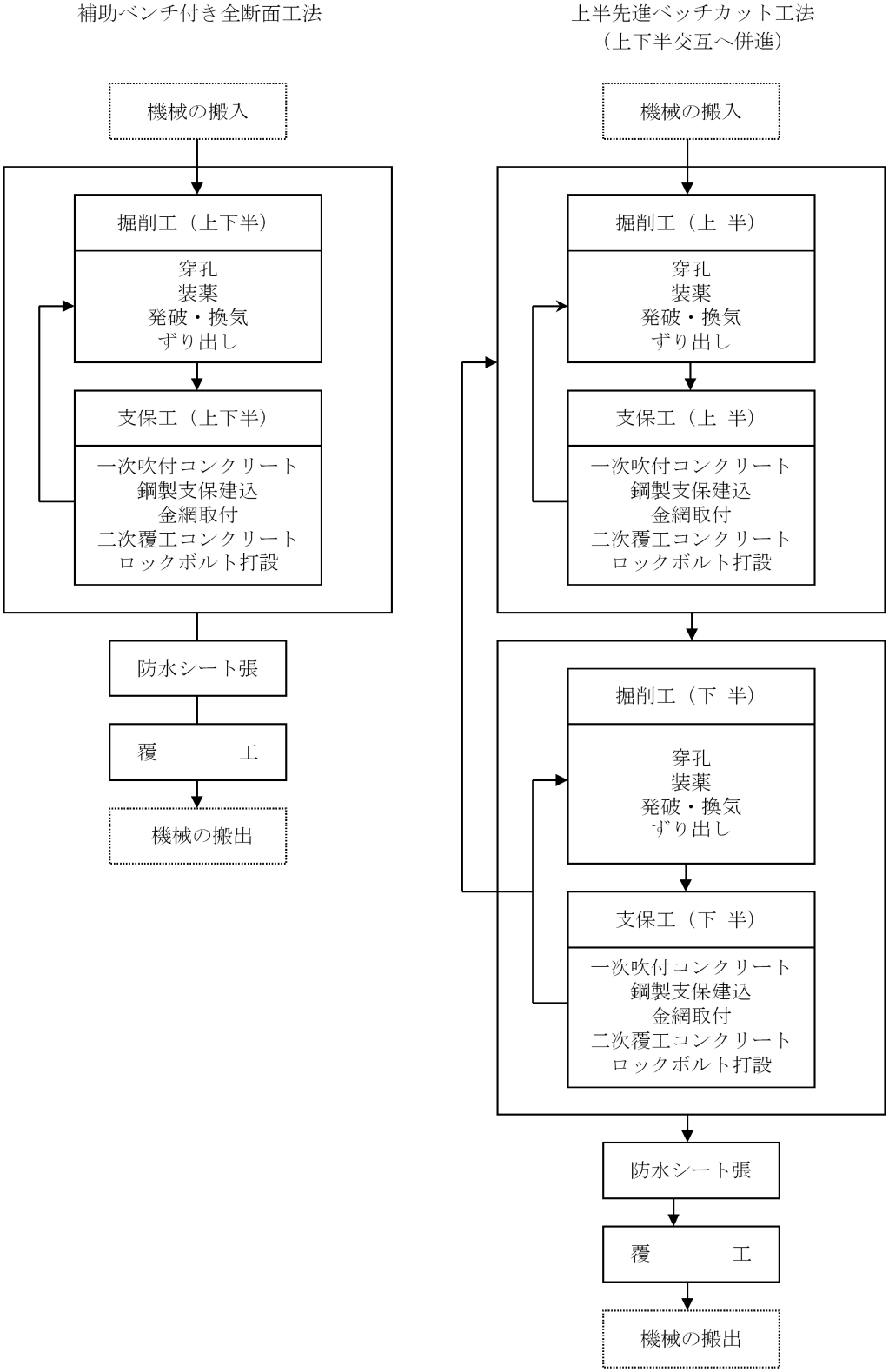


図11.1.3　施工フロー

(7) トンネル計画概要

①トンネル延長：　N0.114+8.00(起点側坑口)～N0.172+7.00(終点側坑口) L=1,159.00m

②線　形

平面曲線：R=∞～R=800m(右曲がり)～R=∞

縦断勾配：起点側から、i=1.330%の上り勾配～i=2.000%の下り勾配

③支保パターン一覧表

表 11.1.6　断面区分別延長

断面区分	断面区分延長(m)	支保パターン
ＣⅠ	247.500	標準支保
ＣⅡ-b	550.900	標準支保
ＣⅡ-L(L,R)	53.600	標準支保(非常駐車帯)
ＤⅠ-b	208.000	標準支保
ＤⅡ-1	7.000	標準支保
ＤⅡ-2	26.000	標準支保＋小口径長尺鋼管ＦＰ
ＤⅢ-1	8.000	坑口部標準支保
ＤⅢ-2	45.400	坑口部標準支保＋小口径長尺鋼管ＦＰ
ＤⅢ-3	11.400	坑口部標準支保＋小口径長尺鋼管ＦＰ(坑外施工)
坑門工	1.200	起点側 0.6m+終点側 0.6m
合　計	1,159.000	

④掘削方式　：　発破掘削方式

⑤掘削工法　：　断面区分　ＣⅠ、ＣⅡ　　：補助ベンチ付全断面工法
　　断面区分　ＤⅠ、ＤⅡ、ＤⅢ　：上下半交互併進工法

⑥運搬方式　：　タイヤ方式

⑦施工方向　：　終点側からの片押し施工

非常駐車帯の型枠は、直接工事費で約 3,000 万円である。経済性を考慮し、２箇所の非常駐車帯を施工する計画とした。

⑧工事編成　：　２方（昼夜施工）

1.2　施工計画

(1)　岩区分及び掘削工法

岩区分、掘削方式及び掘削工法は、下表を標準とする。

表 11.1.7　岩区分、掘削方式及び掘削工法

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

(2) 作業内容

1) 作業内容は、次表とする。

表 11.1.8　作 業 内 容

<table>
<tr><th>作業の区分</th><th colspan="2">作　業　内　容</th><th>摘　要</th></tr>
<tr><td rowspan="5">坑　内</td><td colspan="2">掘削作業　支保工作業
ずり運搬</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">覆工作業</td><td>型枠工</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>コンクリート工</td></tr>
<tr><td colspan="2">インバート工</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">防水工</td></tr>
<tr><td>坑　外</td><td colspan="2">仮設備保守</td><td></td></tr>
</table>

(注)1. 支保工作業とは、吹付，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

2) その他

①掘削工、インバート工、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、一般明かりの職種の単価とする。

(3) 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をすることは困難であり、設計巻厚を確保するために設計断面より大きく掘削しなければならない。これを余掘といい、余掘分は覆工及び吹付コンクリートで充填する。この充填を、余巻および余吹という。

この余掘を考慮した断面積の外周を支払線（ペイライン）といい、当初から掘削と覆工及び吹付コンクリートの設計数量に見込むものである。また、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。

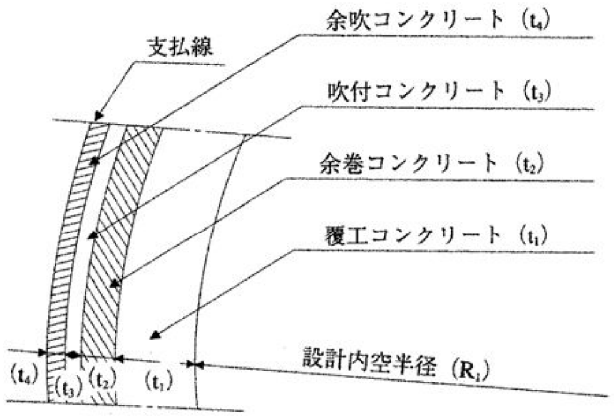
なお、当該トンネルの岩区分ＤⅡにおいては、変形余裕を見込まない計画とする。

余掘、余巻及び余吹は、次表を標準とする。

表 11.1.9　余掘、余巻及び余吹厚　　(cm)

掘削方法	岩区分	余掘厚	余巻厚	余吹厚
発破工法	ＣⅠ	22	17	5
	ＣⅡ	20	13	7
	ＤⅠ	17	10	7
	ＤⅡ	17	10	7
	ＤⅢ	17	10	7

(注)1. 覆工コンクリート、吹付け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、坑口部、避難連絡坑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い線の関係は、次図を標準とする。



設計掘削半径＝設計内空半径（R_1）＋覆工コンクリート厚（t_1）
＋吹付コンクリート厚（t_3）
支払掘削半径＝［ 設計内空半径（R_1）＋覆工コンクリート厚（t_1）
＋吹付コンクリート厚（t_3）］＋余掘
＝設計掘削半径＋余掘
余掘＝余巻コンクリート（t_2）＋余吹コンクリート（t_4）

図 11.1.4　変形余裕を見込まない場合

(4) 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 11.1.10　設計吹付厚およびロス率　「通常断面」

加背名	岩区分	設計吹付厚 (cm)	余吹厚	はね返り率	ロス率 (K)
上下半	CⅠ	10	5	25　%	2.0
	CⅡ	10	7	25　%	2.3
上　半	DⅠ	15	7	30　%	2.1
	DⅡ	20	7	30　%	1.9
	DⅢ	25	7	30　%	1.8
下　半	DⅠ	15	7	20　%	1.8
	DⅡ	20	7	20　%	1.7
	DⅢ	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。
ロス率(K)=(設計吹付厚＋余吹厚)/(設計吹付厚×(1-はね返り率))

(5) 工事工程

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。

発破掘削方式の場合の標準的な工程表の考え方は、以下のとおりである。

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

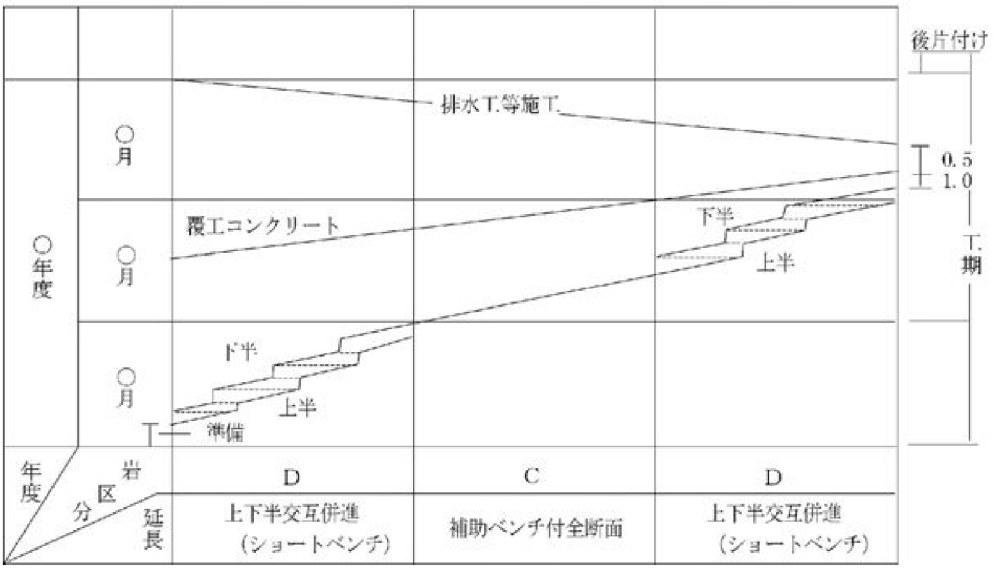


図 11.1.5　標準的な工程表作成の考え方

(6) 掘削機械

発破掘削における掘削機械の機械、規格は、次表を標準とする。

表 11.1.11　機種の選定

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	台	1	
こ そ く	大型ブレーカ (ベースマシン含む)	トンネル工事用排出対策型 (第 3 次基準値) 油圧式ブレーカ 1,300 kg 級 ベースマシン 20 t 級	〃	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 2.3 m^3	〃	1	ずり積込
	ダンプトラック (トンネル工事用)	オンロード型 10t 積	〃	n	ずり運搬
吹　　付	コンクリート 吹　付　機	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・ エレクタ型・排出ガス対策型 (第 3 次基準値)] 吐出量 6～22m m^3/h 級 吹付半径 7m級	〃	1	

(注) 1.　ダンプトラックの規格及び使用台数は、4-1-2 ずり出し工(3)ずり運搬工による。
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。

(7) 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て場までは、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）が 3.0 km 程度が標準である。

当該トンネルは、坑口付近の盛土部に直送する計画とする。

2) ずり積込工

ずり積込みは、ホイールローダによるものとする。

3) ずり運搬工

ダンプトラックの規格および使用台数は次表を標準とする。

表 11.1.12　ダンプトラック規格及び使用台数

トンネル工事用 オンロード型 10 t 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

(8) 支保工

1) コンクリート吹付工

① 吹付工法

吹付工法は湿式工法を標準とする。

② 吹付けコンクリート仕様

表11.1.13　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	適　要
σ28= 18N/mm^2	10±2 cm	15 mm	「普通ポルトランドセメント」	湿　式

③ 集塵機

・吹付機の粉塵対策として、集塵機を使用することを標準とする。

・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。

・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。

2) ロックボルト工

① 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11.1.14　ロックボルトの使用区分　「通常断面」

岩区分	ﾛｯｸﾎﾞﾙﾄの長さ(m)×周方向間隔(m)×延長方向間隔(m)	材　　質
ＣⅠ	3.0×1.5×1.5	異形棒鋼と同等以上 〔耐力117.7kN以上〕
ＣⅡ	3.0×1.5×1.2	ねじり棒鋼と同等以上 〔耐力176.5kN以上〕
ＤⅠ	4.0×1.2×1.0	〃
ＤⅡ	4.0×1.2×1.0以下	〃
ＤⅢ	4.0×1.2×1.0以下	〃
	〔先受けボルト　Ｌ＝3.0〕	異形棒鋼(SD345)D25mm

② 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、使用量は次表とする。

表11.1.15　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
モルタル	ドライモルタル	m^3	0.22

(注) ロスを含む。

③ 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い場合は、別途考慮する。

3）鋼製支保工

鋼製支保工の使用材料は、次表を標準とする。

表11.1.16　鋼製支保工の使用材料　「通常断面」

掘削区分	ＣⅡ	ＤⅠ	ＤⅡ	ＤⅢ
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

(9) インバート工

1) 適用範囲

ＮＡＴＭ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。

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。

3) 余堀および余巻コンクリート

インバート施工における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。

4) 施工概要

インバート施工の標準的な作業フローを、次図に示す。

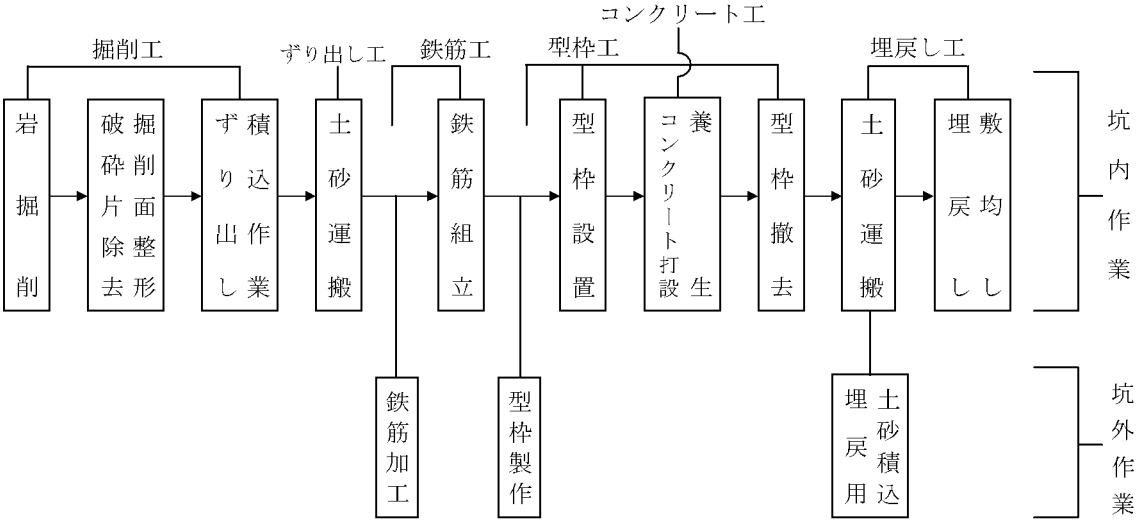


図11.1.6　施工フロー

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11.1.17　インバート掘削工施工歩掛　　（10m³当たり）

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		〃	0.44
トンネル作業員		〃	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 1300kg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	1300kg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。

6）インバートずり出し工

①ずり出し方式

直送方式の場合は全て坑内作業とし、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～捨て場等）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

ずり出し工の施工歩掛は、次表とする。

表11.1.18　ずり出し工施工歩掛　　（10m³当たり）

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。

③インバート鉄筋工（加工・組立）

鉄筋の加工・組立については、第Ⅳ編第2章①鉄筋工による。

④インバート型枠工（製作・設置・撤去）

型枠製作歩掛は、次表とする。

表11.1.19　型枠製作歩掛　　（100㎡当たり）

名　　称	規　　格	単　位	数　　量
土木一般世話役		人	1.5
型　わ　く　工		〃	5.9
普　通　作　業　員		〃	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。

⑤型枠設置及び撤去歩掛

型枠設置及び撤去歩掛は、次表とする。

表11.1.20　型枠設置・撤去歩掛　　（100㎡当たり）

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		〃	16.1
トンネル作業員		〃	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。

7）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11.1.21　インバートコンクリート工（打設・養生）歩掛　（10㎥当たり）

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		〃	0.62
トンネル作業員		〃	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90～110㎥/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、コンクリートバイブレータ，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。

8）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11.1.22　インバート敷均し・締固め工歩掛　　（10m³当たり）

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		〃	0.15
トンネル作業員		〃	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0.45㎥ (平積0.35㎥)	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、上表の労務人員で行う。
3.振動ローラは、賃料とする。

②埋戻し材の積込作業時間

埋戻し材の積込作業時間は、次表とする。

表11.1.23　埋戻し材の積込作業時間　　（10m³当たり）

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、坑外作業である。

(10) 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11.1.24　防水工施工歩掛　　（10m³当たり）

職　　種	単　位	数　　量
トンネル世話役	人	0.08
トンネル特殊工	〃	0.15
トンネル作業員	〃	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。

2) 型枠工歩掛

①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11.1.25　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）

職　　種	単　位	数　　量
トンネル世話役	人	0.16
トンネル特殊工	〃	0.63
トンネル作業員	〃	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。

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11.1.26　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）

職　　種	単　位	数　　量
トンネル世話役	人	0.12
トンネル特殊工	〃	0.70
トンネル作業員	〃	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。

3）覆工コンクリート打設歩掛

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11.1.27　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）

職　　種	単　位	数　　量
トンネル世話役	人	0.15
トンネル特殊工	〃	0.61
トンネル作業員	〃	0.15

4）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。

5）覆工、防水機械の機種の選定及び機械歩掛

覆工、防水機械の機種・規格は、次表を標準とする。

表11.1.28　機種の選定

機　　種	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
スライドセントル（非常駐車帯用）	L＝6.0m	〃	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。作業能力（m^3/h）＝0.1253×A＋5.8046　　A：掘削断面積(㎡)

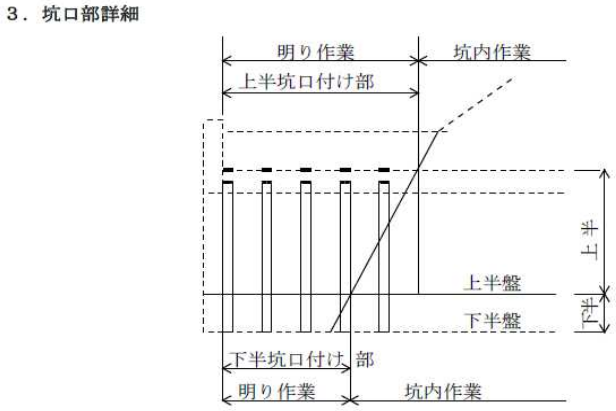
3. コンクリートポンプ車から作業範囲30m以内の圧送管組立・撤去労務を含む。作業範囲30mを超える場合は、別途考慮する。

（１１）坑口付工

１）坑口付けの積算

坑口付けの積算については、平成１９年度土木工事標準積算基準書等に基づき、サイクルタイムを算出し歩掛かりを作成する。

なお、数量算出要領に基づき、明かり作業とし、労務については、一般職種とする。



令和６年度(４月版) 土木工事数量算出要領（案）」国土交通省　より

①坑口付（起点側）到達側坑口　上半

・算出条件

項目			単位	数量	算出式	備考
到達側上半	共通	B：１サイクル当たり掘進長	m	1.0		H19積算基準書Ⅳ-5-①-127
	吹付	M：1サイクル当たり吹付面積	㎡	13.8	上半吹付周長×B 13.849×1.0	H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		N：吹付設計厚さ(m)	m	0.25		H19積算基準書Ⅳ-5-①-96
		補正係数		1.8	上半	H19積算基準書Ⅳ-5-①-96
	ロックボルト	P：サイクル当たりボルト本数	本	4	坑口付け部上半総本数4本 (上半1断面当り本数×B)÷ロックボルト縦断面方向間隔 4本×1m/1m＝4本	数量計算書 H19積算基準書Ⅳ-5-①-125

・サイクルタイム内訳

項目			単位	数量	算出式	備考
到達側上半	吹付	吹付準備	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		吹付【T3】	分	31	M×N×補正係数×60/12 13.8×0.25×1.8×60/12	H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		後片付け	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		合計【Q2】	分	51		
	ロックボルト	ロックボルト準備	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		穿孔【T4】	分	20	P×5 4×5	H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		後片付け	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		合計【Q3】	分	40		
	金網	金網設置【T5】【Q4】	分	20		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
	鋼製支保工	支保工準備	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		支保工建込【T6】	分	25		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		合計【Q5】	分	35		
	合計（上半）【Q】		分	146		

②坑口付（起点側）到達側坑口　下半

・算出条件

項目			単位	数量	算出式	備考
到達側下半	共通	B：１サイクル当たり掘進長	m	2.0		H19積算基準書Ⅳ-5-①-127
	吹付	M：1サイクル当たり吹付面積	㎡	4.1	下半吹付周長×Ｂ×1/2 4.148×2.0×1/2	H19積算基準書Ⅳ-5-①-126
		N：吹付設計厚さ(m)	m	0.25		H19積算基準書Ⅳ-5-①-96
		補正係数		1.6	下半	H19積算基準書Ⅳ-5-①-96
	ロックボルト	P：サイクル当たりボルト本数	本	4	坑口付け部下半総本数4本 (下半1断面当り本数×B)÷ロックボルト縦断面方向間隔×1/2 4本×2m/1m×1/2＝4本	数量計算書 H19積算基準書Ⅳ-5-①-126

・サイクルタイム

項目			単位	数量	算出式	備考
到達側下半	吹付	吹付準備	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-126
		吹付【T3】	分	8	M×N×補正係数×60/12 4.1×0.25×1.6×60/12	H19積算基準書Ⅳ-5-①-126
		後片付け	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-126
		合計【Q2】	分	28		
	ロックボルト	ロックボルト準備	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		穿孔【T4】	分	20	P×5 4×5	H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		後片付け	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		合計【Q3】	分	40		
	金網	金網設置【T5】【Q4】	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-126
	鋼製支保工	支保工準備	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-126
		支保工建込【T6】	分	25		H19積算基準書Ⅳ-5-①-126
		合計【Q5】	分	35		
	合計（上半）【Q】		分	113		

③坑口付（終点側）発進側坑口　上半

・算出条件

	項目		単位	数量	算出式	備考
発進側上半	共通	B：１サイクル当たり掘進長	m	1.0		H19積算基準書Ⅳ-5-①-127
	吹付	M：1サイクル当たり吹付面積	㎡	13.8	上半吹付周長×B 13.849×1.0	H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		N：吹付設計厚さ(m)	m	0.25		H19積算基準書Ⅳ-5-①-96
		補正係数		1.8	上半	H19積算基準書Ⅳ-5-①-96
	ロックボルト	P：サイクル当たりボルト本数	本	4	坑口付け部上半総本数4本 (上半1断面当り本数×B)÷ロックボルト縦断面方向間隔 4本×1m/1m＝4本	数量計算書 H19積算基準書Ⅳ-5-①-125

・サイクルタイム内訳

	工種		単位	数量	算出式	備考
発進側上半	吹付	吹付準備	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		吹付【T3】	分	31	M×N×補正係数×60/12 13.8×0.25×1.8×60/12	H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		後片付け	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		合計【Q2】	分	51		
	ロックボルト	ロックボルト準備	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		穿孔【T4】	分	20	P×5 4×5	H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		後片付け	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		合計【Q3】	分	40		
	金網	金網設置【T5】【Q4】	分	20		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
	鋼製支保工	支保工準備	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		支保工建込【T6】	分	25		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		合計【Q5】	分	35		
	合計（上半）【Q】		分	146		

④坑口付（終点側）発進側坑口　下半

・算出条件

	項目		単位	数量	算出式	備考
発進側 下半	共通	B：１サイクル当たり掘進長	m	2.0		H19積算基準書Ⅳ-5-①-127
	吹付	M：1サイクル当たり吹付面積	㎡	4.1	下半吹付周長×Ｂ×1/2 4.148×2.0×1/2	H19積算基準書Ⅳ-5-①-126
		N：吹付設計厚さ(m)	m	0.25		H19積算基準書Ⅳ-5-①-96
		補正係数		1.6	下半	H19積算基準書Ⅳ-5-①-96
	ロックボルト	P：サイクル当たりボルト本数	本	4	坑口付け部下半総本数4本 (下半1断面当り本数×B)÷ロックボルト縦断面方向間隔×1/2 4本×2m/1m×1/2＝4本	数量計算書 H19積算基準書Ⅳ-5-①-126

・サイクルタイム

	工種		単位	数量	算出式	備考
発進側 下半	吹付	吹付準備	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-126
		吹付【T3】	分	8	M×N×補正係数×60/12 4.1×0.25×1.6×60/12	H19積算基準書Ⅳ-5-①-126
		後片付け	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-126
		合計【Q2】	分	28		
	ロックボルト	ロックボルト準備	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		穿孔【T4】	分	20	P×5 4×5	H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		後片付け	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-125
		合計【Q3】	分	40		
	金網	金網設置【T5】【Q4】	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-126
	鋼製支保工	支保工準備	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-126
		支保工建込【T6】	分	25		H19積算基準書Ⅳ-5-①-126
		合計【Q5】	分	35		
	合計（上半）【Q】		分	113		

（１２）非常駐車帯妻部

１）非常駐車帯妻部の積算

①非常駐車帯妻部（全断面）

・算出条件

	項目		単位	数量	算出式	備考
非常駐車帯妻部	吹付	M：1サイクル当たり吹付面積	㎡	19.2	妻面積：19.242㎡	
		N：吹付設計厚さ(m)	m	0.1		
		補正係数		2.3	上・下半　CⅡ	H19積算基準書Ⅳ-5-①-27
	ロックボルト	P：サイクル当たりボルト本数	本	10	妻部打設本数：10	

・サイクルタイム内訳

	工種		単位	数量	算出式	備考
非常駐車帯妻部	吹付	吹付準備	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-124
		吹付【T3】	分	22	M＊N＊補正係数＊60/12 19.2＊0.10＊2.3＊60/12	H19積算基準書Ⅳ-5-①-124
		後片付け	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-124
		合計【Q2】	分	42		
	ロックボルト	ロックボルト準備	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-124
		穿孔【T4】	分	40	P＊4 10＊4	H19積算基準書Ⅳ-5-①-124
		後片付け	分	10		H19積算基準書Ⅳ-5-①-124
		合計【Q3】	分	60		
	合計【Q】		分	102		

11.1.3　施工歩掛

前掲[11.1.1(5)]したように、当該トンネルの各岩区分の設計掘削断面積と積算基準の適用範囲は次表のとおりである。

表 11.1.29　設計掘削断面積と積算基準書の適用範囲

岩区分	加　背	設計掘削断面積(㎡)	積算基準の歩掛範囲(㎡)	積算基準の適用範囲(㎡)	備　　考
ＣⅠ	全断面	49.709	―	50.0≦A＜52.5	**適用範囲外**
ＣⅡ	全断面	49.709	―	50.0≦A＜52.5	**適用範囲外**
ＣⅡ-L	全断面	70.212	70 ㎡	67.5≦A＜72.5	適用範囲
ＤⅠ	上半	40.271	40 ㎡	40.0≦A＜42.5	適用範囲
	下半	10.350	10 ㎡	10.0≦A＜12.5	適用範囲
ＤⅡ	上半	40.983	40 ㎡	40.0≦A＜42.5	適用範囲
	下半	10.557	10 ㎡	10.0≦A＜12.5	適用範囲
ＤⅢ	上半	42.431	40 ㎡	40.0≦A＜42.5	適用範囲
	下半	10.971	10 ㎡	10.0≦A＜12.5	適用範囲

※Ｄ区分の設計掘削断面積は、上半盤を 1.15m下げた場合の数値である。

上表に示すように、ＣⅠ及びＣⅡ区分は、積算基準書の適用下限値を下回り、積算基準書に準拠できないことになる。よって、工程計画においては、時間当り作業量（時間当り掘進長）を近似式により補正して算出する。歩掛り等の諸数値も同様の方法で、補正して算出する。

また、補助工法を有するパターンの時間当り作業量（時間当り掘進長）の算定は、積算基準書の時間当り作業量（時間当り掘進長）を 1 サイクル当りの施工時間に換算し、これに補助工法のサイクルタイムを加えることにより算出する。

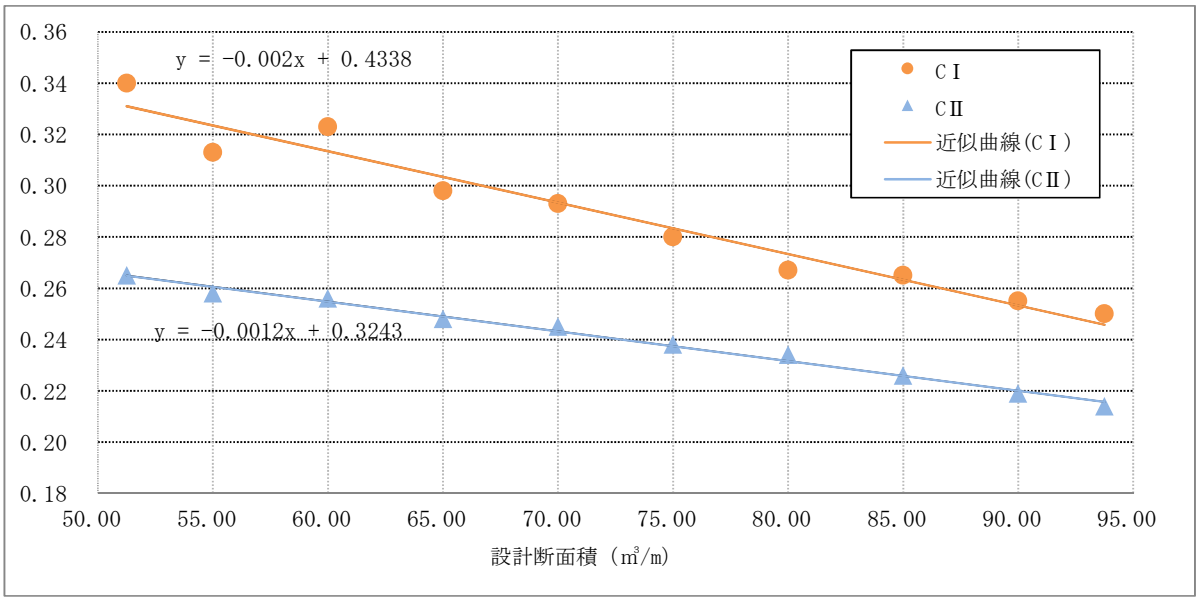
次ページ以降に、近似式による補正値を示す。

は、採用した数値を表す。

時間当たり作業量

（掘削工～支保工）（発破工法）「通常断面」　　（（トンネル延長）m/時間当り）

岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.334	**0.340**	0.313	0.323	0.298	0.293	0.280	0.267	0.265	0.255	0.250
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.265	**0.265**	0.258	0.256	0.248	0.245	0.238	0.234	0.226	0.219	0.214

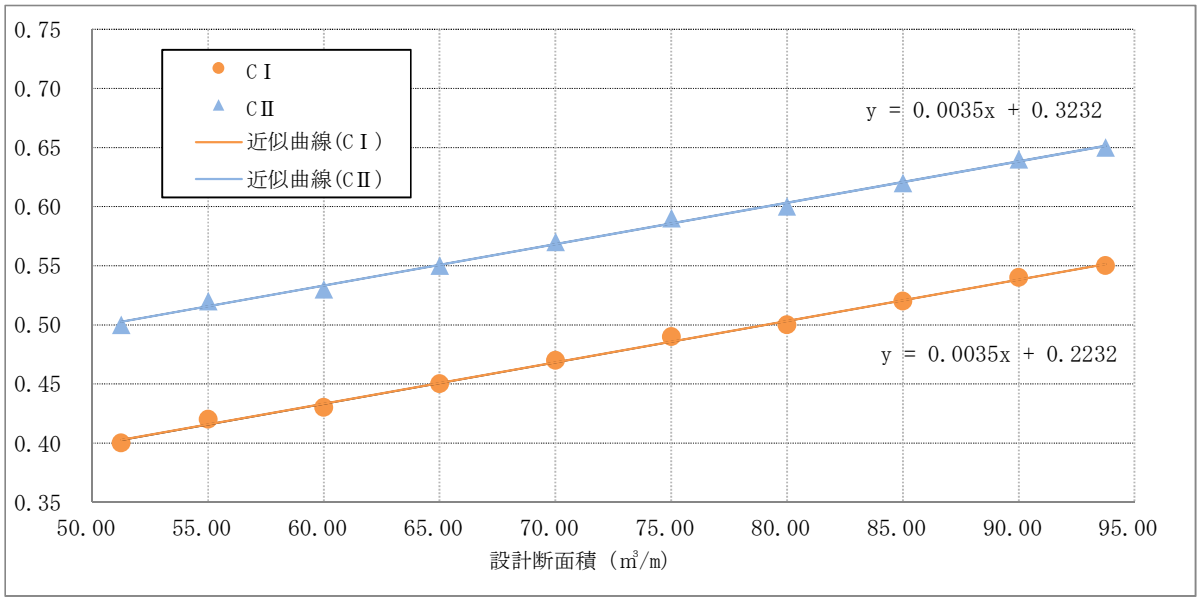


掘削工等の労務歩掛

（掘削等）施工歩掛「通常断面」

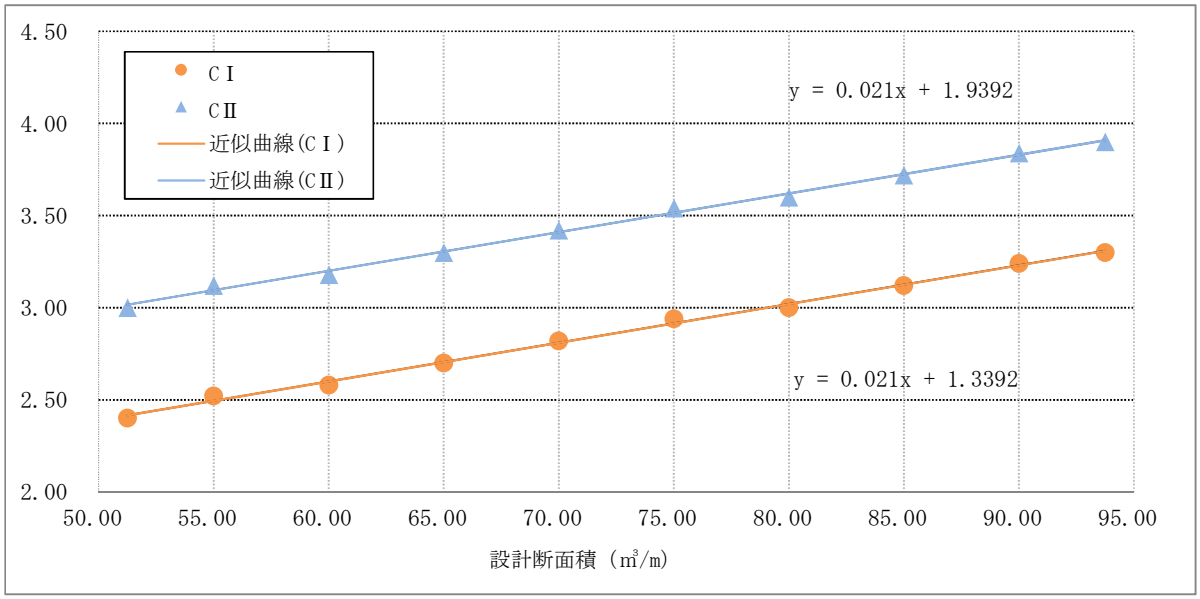
・切羽監視責任者・トンネル世話役・トンネル作業員　　（人/（トンネル延長）1m当り）

岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.40	**0.40**	0.42	0.43	0.45	0.47	0.49	0.50	0.52	0.54	0.55
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.50	**0.50**	0.52	0.53	0.55	0.57	0.59	0.60	0.62	0.64	0.65



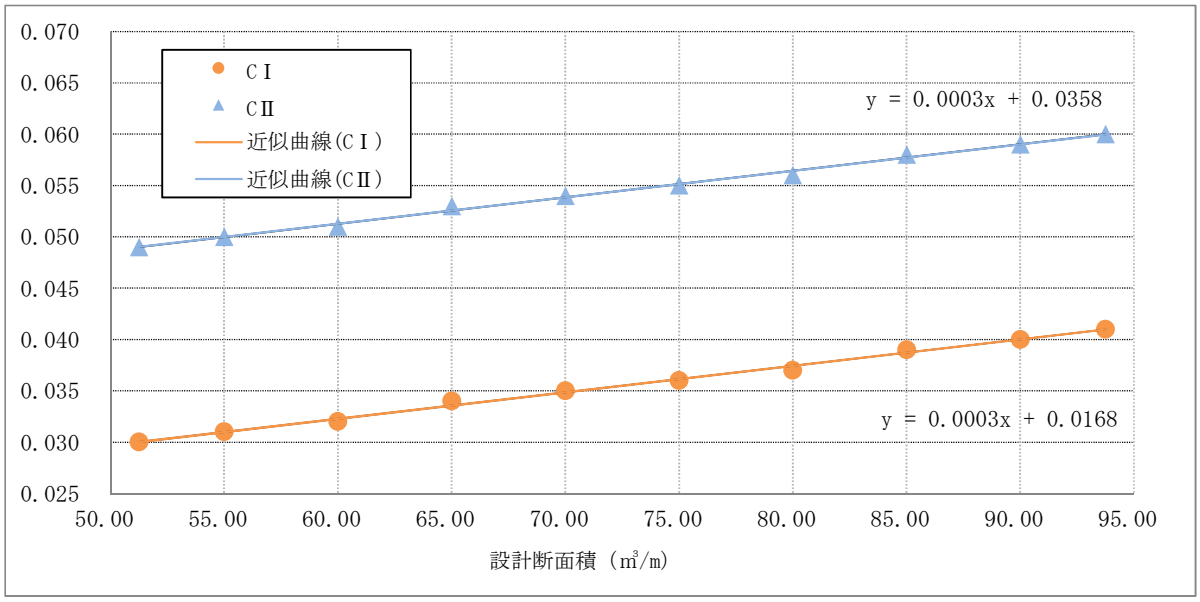
(掘削等)施工歩掛　「通常断面」
・トンネル特殊工　　（人/（トンネル延長）1m当り）

岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		2.38	2.40	2.52	2.58	2.70	2.82	2.94	3.00	3.12	3.24	3.30
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		2.98	3.00	3.12	3.18	3.30	3.42	3.54	3.60	3.72	3.84	3.90



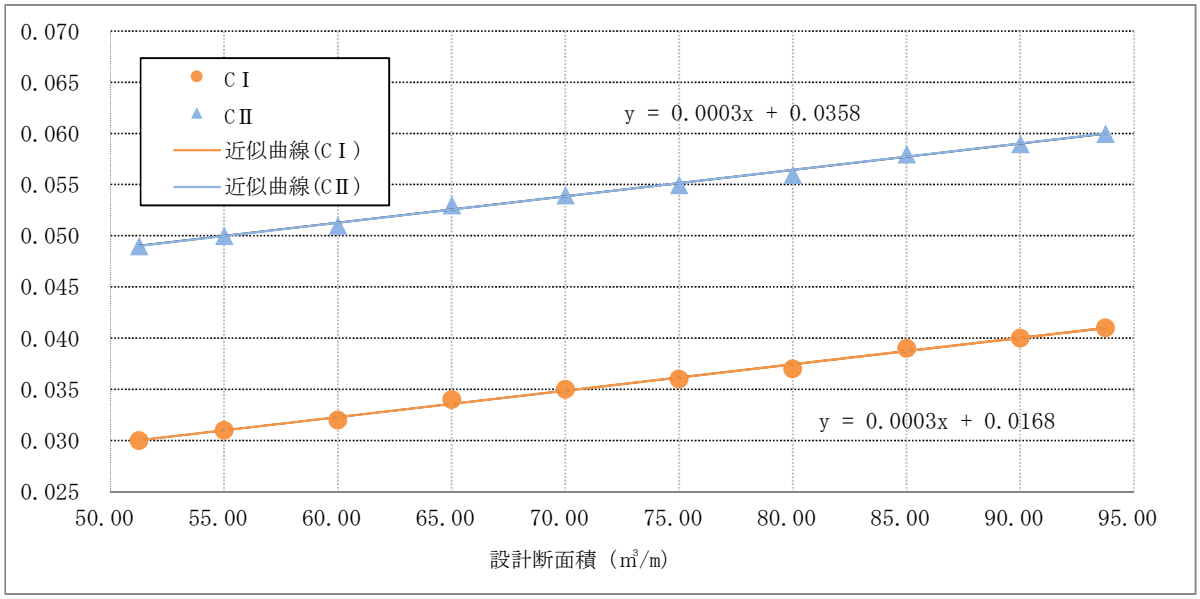
ドリルジャンボ「通常断面」
規格：ホイール式・3ブーム・2バスケット・ドリフタ質量170kg超級　　（週/（トンネル延長）1m当り）

岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.032	0.030	0.031	0.032	0.034	0.035	0.036	0.037	0.039	0.040	0.041
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.051	0.049	0.050	0.051	0.053	0.054	0.055	0.056	0.058	0.059	0.060



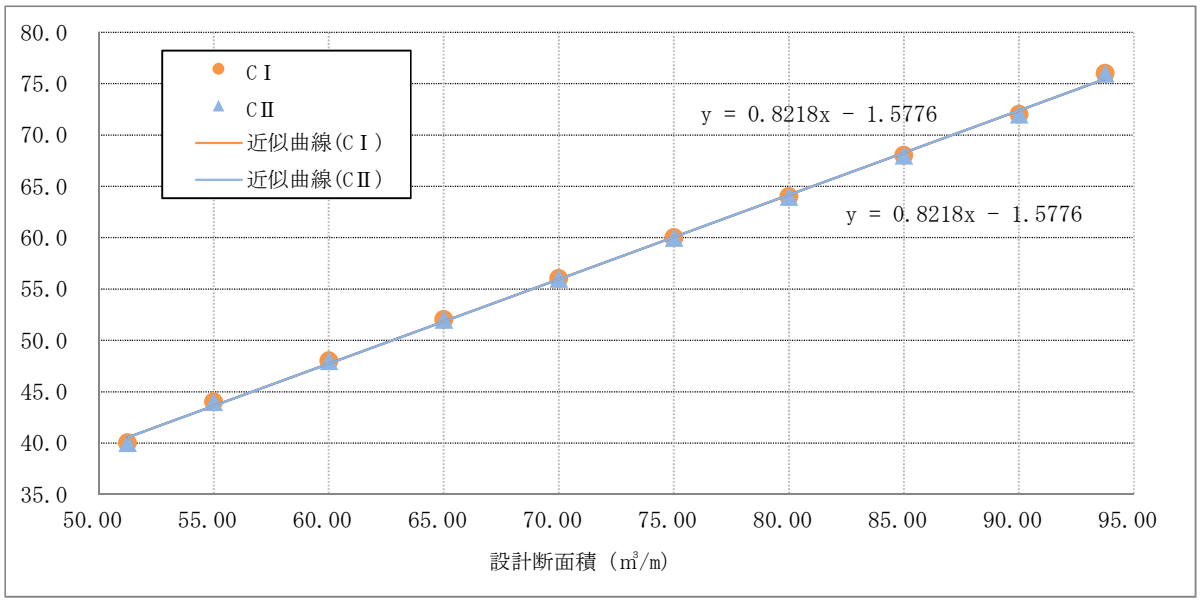
大型ブレーカ（ベースマシン含む）「通常断面」
規格：トンネル工事用排出ガス対策型(第3次基準値)
油圧式1,300kg級 ベースマシン20t級　　(週/（トンネル延長）1m当り)

岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）										
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.032	0.030	0.031	0.032	0.034	0.035	0.036	0.037	0.039	0.040	0.041
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.051	0.049	0.050	0.051	0.053	0.054	0.055	0.056	0.058	0.059	0.060



材料費
火薬「通常断面」
規格：含水爆薬(スラリー200g)　　(kg/（トンネル延長）1m当り)

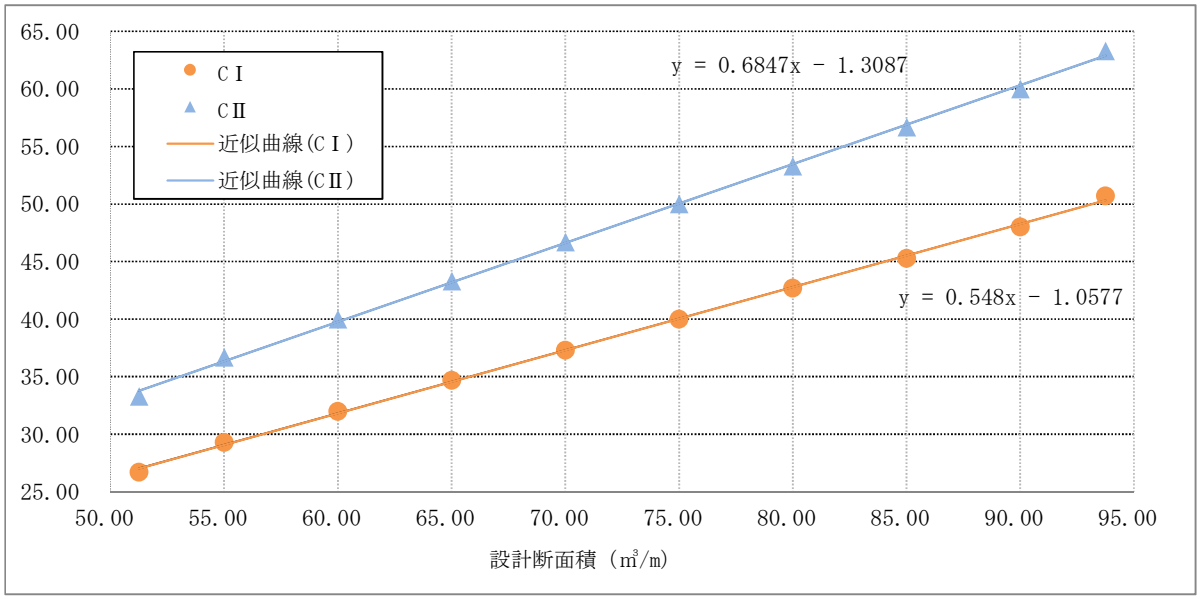
岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		39.3	40.0	44.0	48.0	52.0	56.0	60.0	64.0	68.0	72.0	76.0
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		39.3	40.0	44.0	48.0	52.0	56.0	60.0	64.0	68.0	72.0	76.0



雷管(2～5段)「通常断面」

（個/（トンネル延長）1m当り）

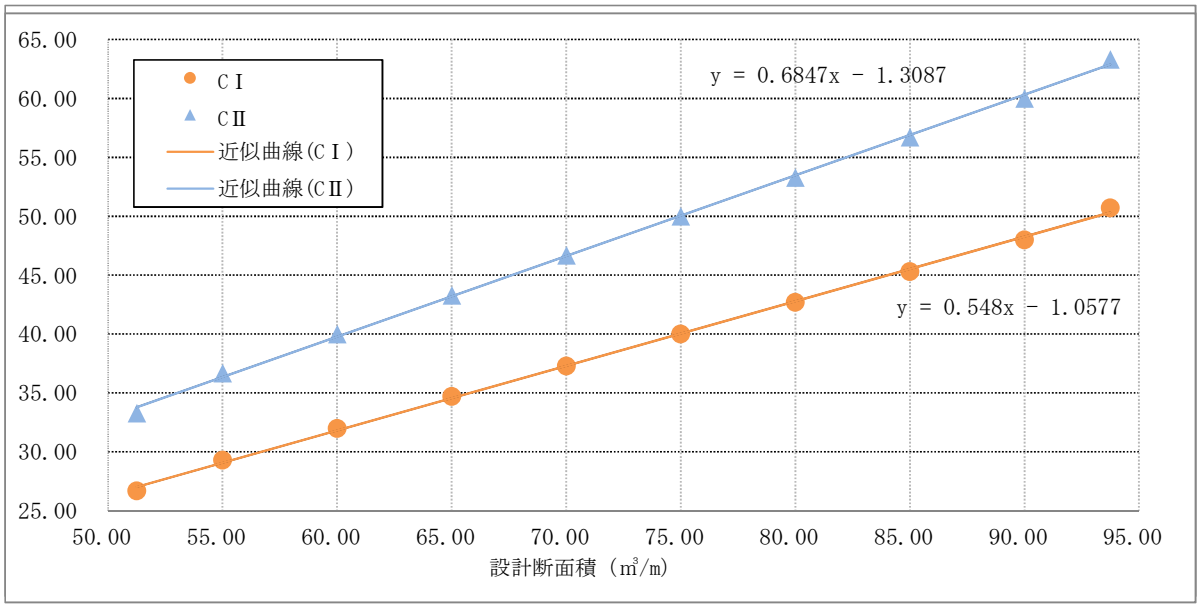
岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		26.18	26.70	29.30	32.00	34.70	37.30	40.00	42.70	45.30	48.00	50.70
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		32.73	33.30	36.70	40.00	43.30	46.70	50.00	53.30	56.70	60.00	63.30



雷管(6～10段)「通常断面」

（個/（トンネル延長）1m当り）

岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		26.18	26.70	29.30	32.00	34.70	37.30	40.00	42.70	45.30	48.00	50.70
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		32.73	33.30	36.70	40.00	43.30	46.70	50.00	53.30	56.70	60.00	63.30

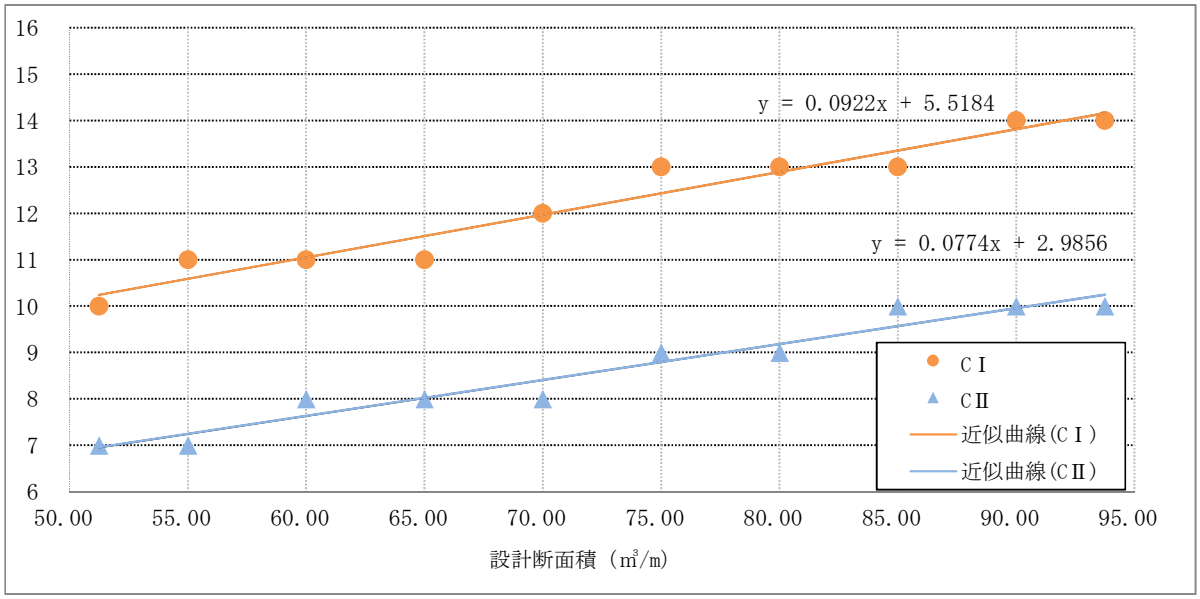


諸雑費

(掘削等)諸雑費(その他機械)「通常断面」

(%/(トンネル延長)1m当り)

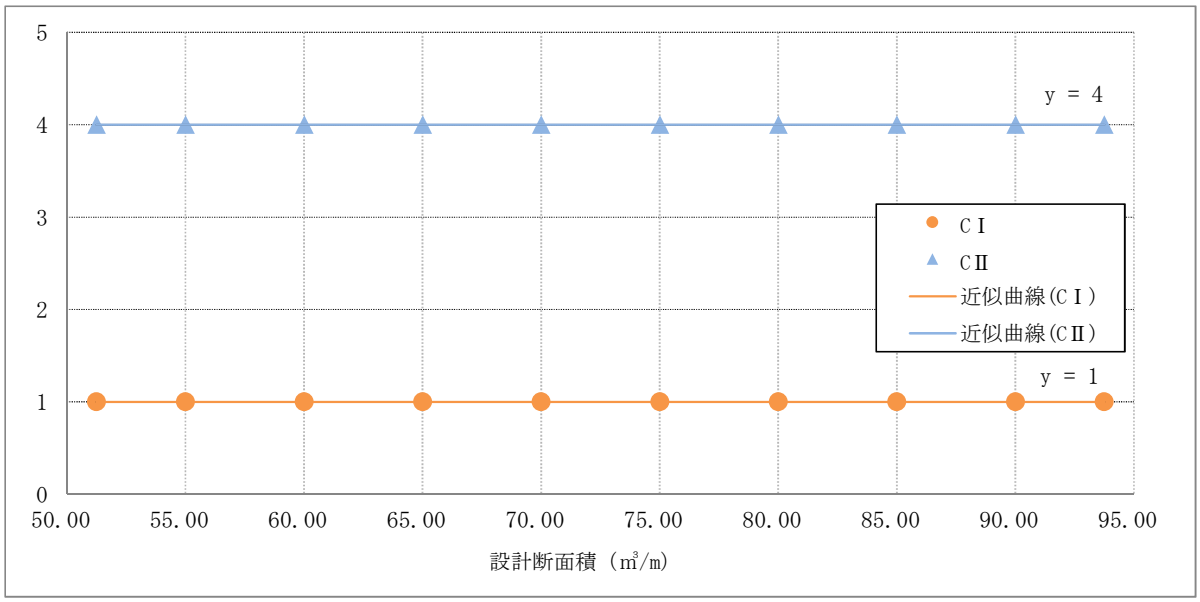
岩区分		採用断面	設計断面積(㎥/m)									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		10	10	11	11	11	12	13	13	13	14	14
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10



(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		採用断面	設計断面積(㎥/m)									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4



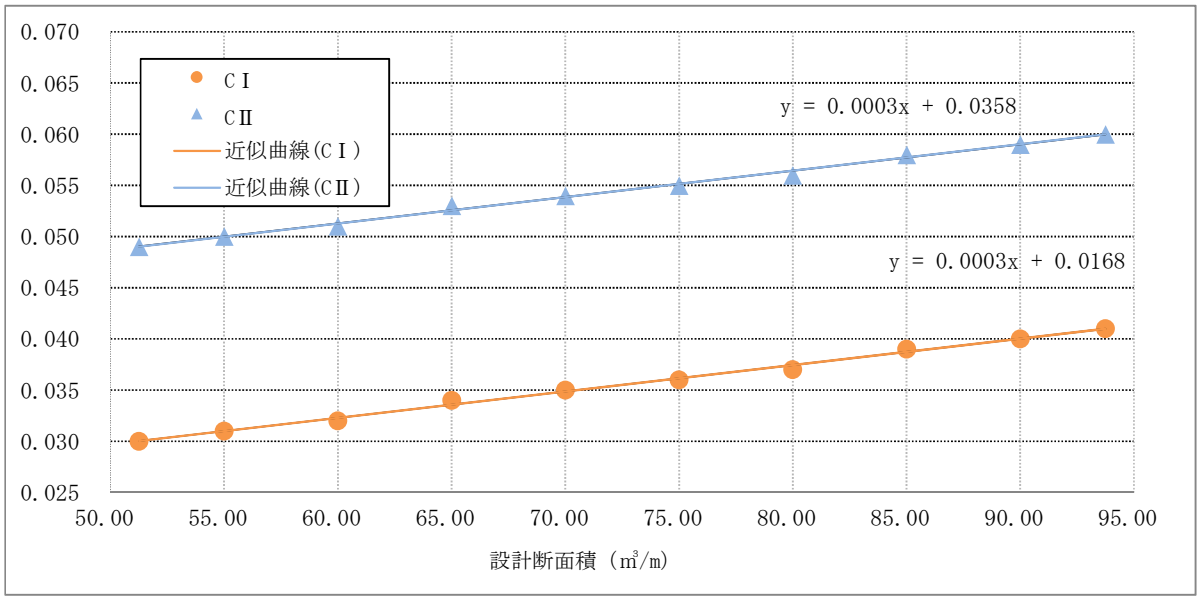
ずり出し工

ホイールローダ「通常断面」

規格：トンネル工事用排出ガス対策型(第2次基準値)

サイドダンプ式・山積2.3㎥級　　(週/（トンネル延長）1m当り)

岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.032	0.030	0.031	0.032	0.034	0.035	0.036	0.037	0.039	0.040	0.041
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.051	0.049	0.050	0.051	0.053	0.054	0.055	0.056	0.058	0.059	0.060

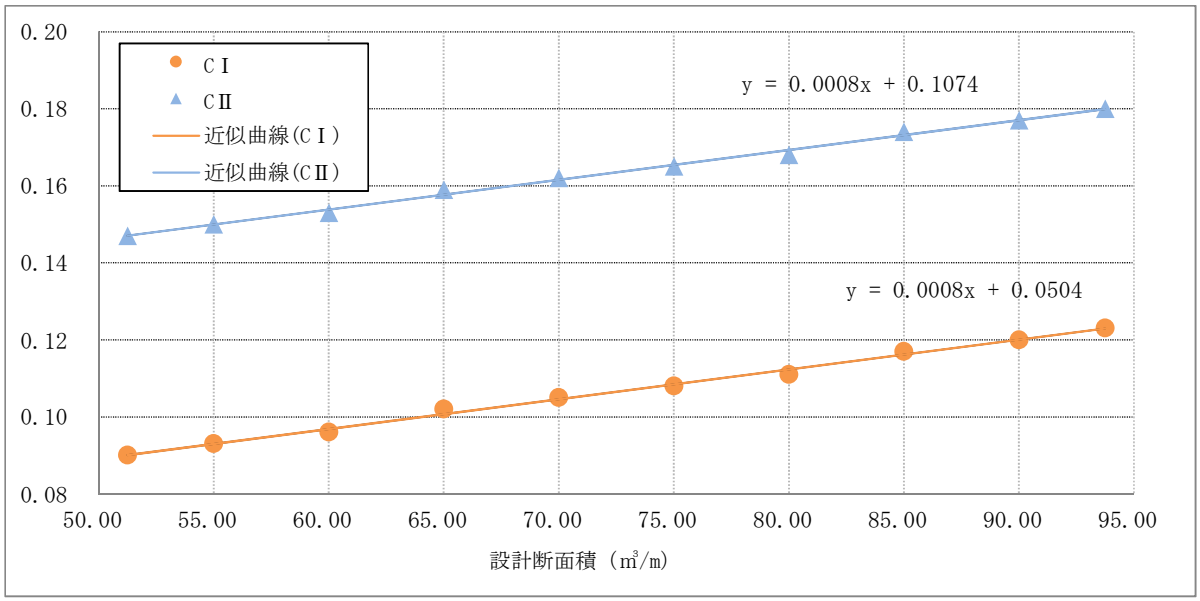


ダンプトラック「通常断面」

規格：トンネル工事用オンロード型10t積

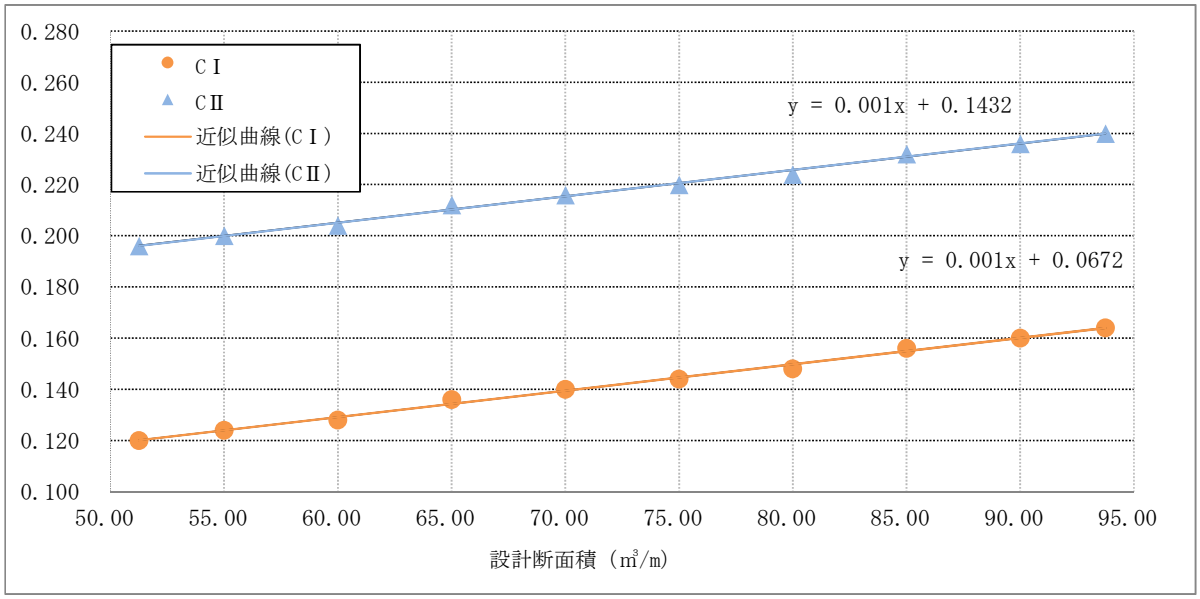
3台当り　L≦0.5km　　(週/（トンネル延長）1m当り)

岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.090	0.090	0.093	0.096	0.102	0.105	0.108	0.111	0.117	0.120	0.123
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.147	0.147	0.150	0.153	0.159	0.162	0.165	0.168	0.174	0.177	0.180



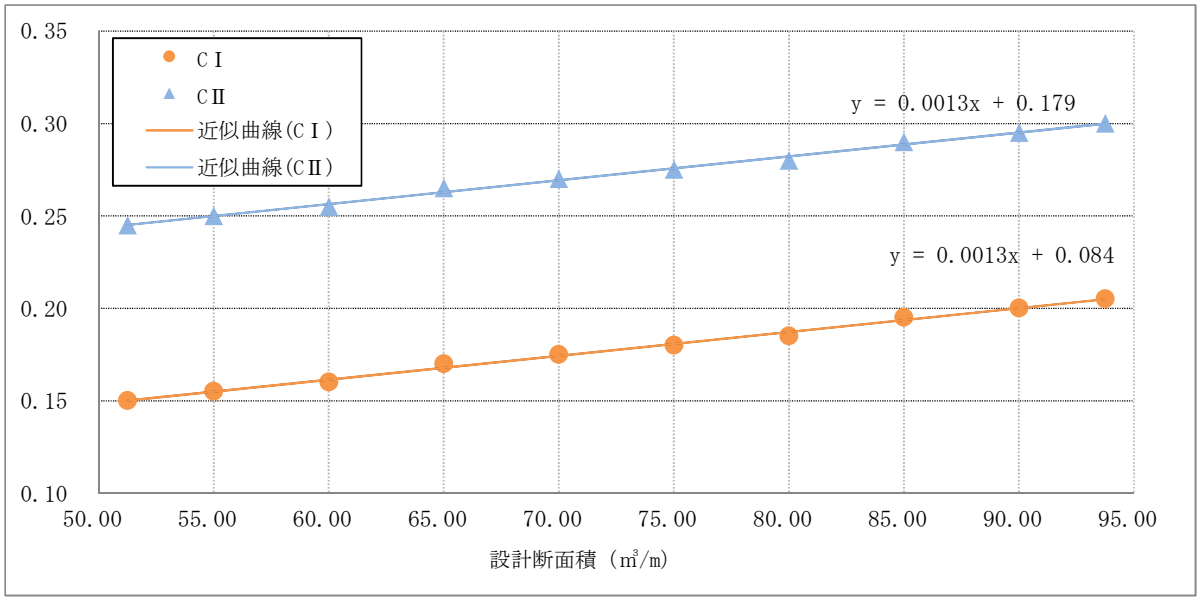
ダンプトラック「通常断面」
規格：トンネル工事用オンロード型10t積
4台当り　0.5＜L≦1.2km　1.2＜L≦1.4km　　（週/（トンネル延長）1m当り）

岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.117	0.120	0.124	0.128	0.136	0.140	0.144	0.148	0.156	0.160	0.164
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.193	0.196	0.200	0.204	0.212	0.216	0.220	0.224	0.232	0.236	0.240



ダンプトラック運転「通常断面」
規格：トンネル工事用オンロード型10t積
5台当り　1.4＜L≦2.2km　　（週/（トンネル延長）1m当り）

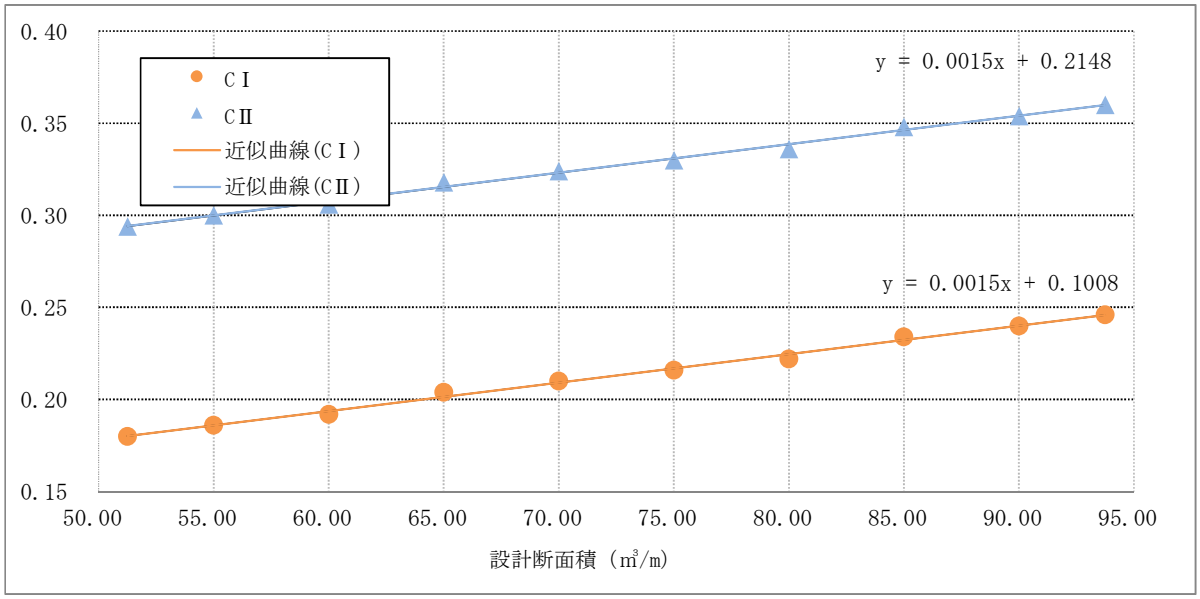
岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.149	0.150	0.155	0.160	0.170	0.175	0.180	0.185	0.195	0.200	0.205
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.244	0.245	0.250	0.255	0.265	0.270	0.275	0.280	0.290	0.295	0.300



ダンプトラック運転「通常断面」
規格：トンネル工事用オンロード型10t積
6台当り　2.2＜L≦3.0km

（週/（トンネル延長）1m当り）

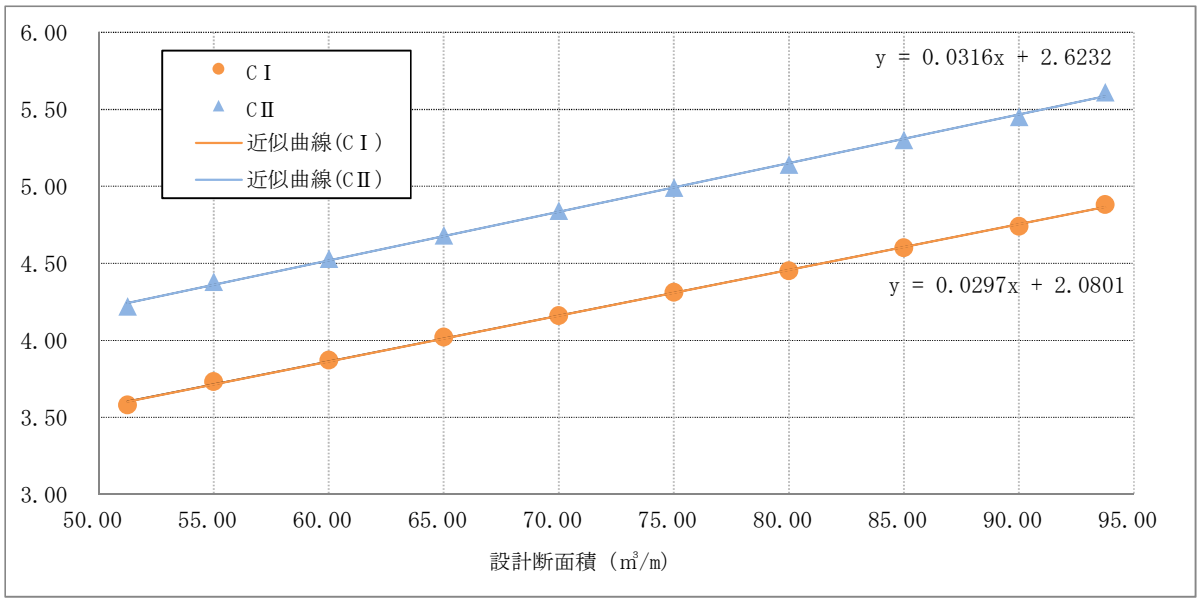
岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.175	0.180	0.186	0.192	0.204	0.210	0.216	0.222	0.234	0.240	0.246
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.289	0.294	0.300	0.306	0.318	0.324	0.330	0.336	0.348	0.354	0.360



吹付コンクリート「通常断面」

（㎥/（トンネル延長）1m当り）

岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		3.56	3.58	3.73	3.87	4.02	4.16	4.31	4.45	4.60	4.74	4.88
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		4.19	4.22	4.38	4.53	4.68	4.84	4.99	5.14	5.30	5.45	5.61



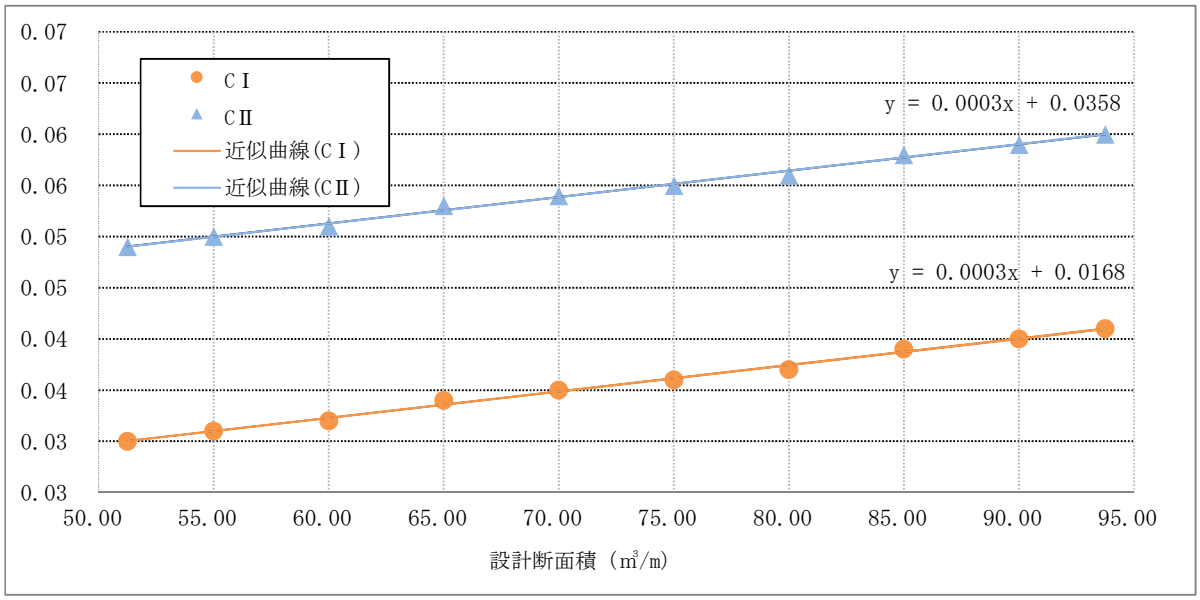
コンクリート吹付機「通常断面」

規格：トンネル工事用排出ガス対策型(第3次基準値)

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

吹付範囲半径7m級・吐出量6～22㎥/h級　　(週/（トンネル延長）1m当り)

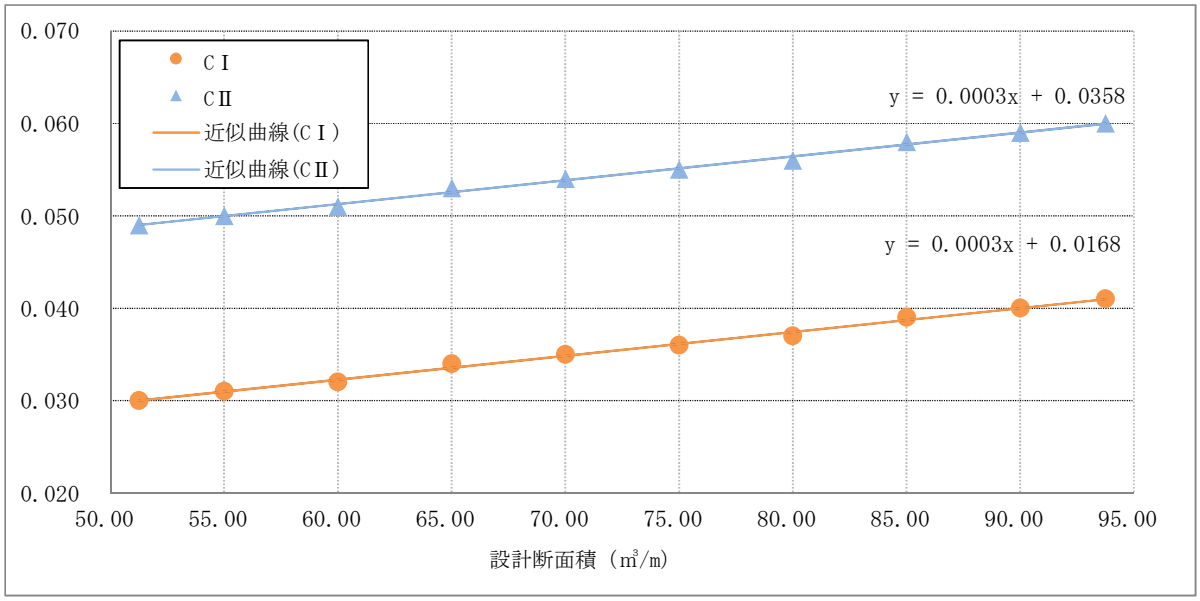
岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.032	0.030	0.031	0.032	0.034	0.035	0.036	0.037	0.039	0.040	0.041
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.051	0.049	0.050	0.051	0.053	0.054	0.055	0.056	0.058	0.059	0.060



吹付プラント設備「通常断面」

規格：〔バッチ型・定置式〕25㎥/h　　(週/（トンネル延長）1m当り)

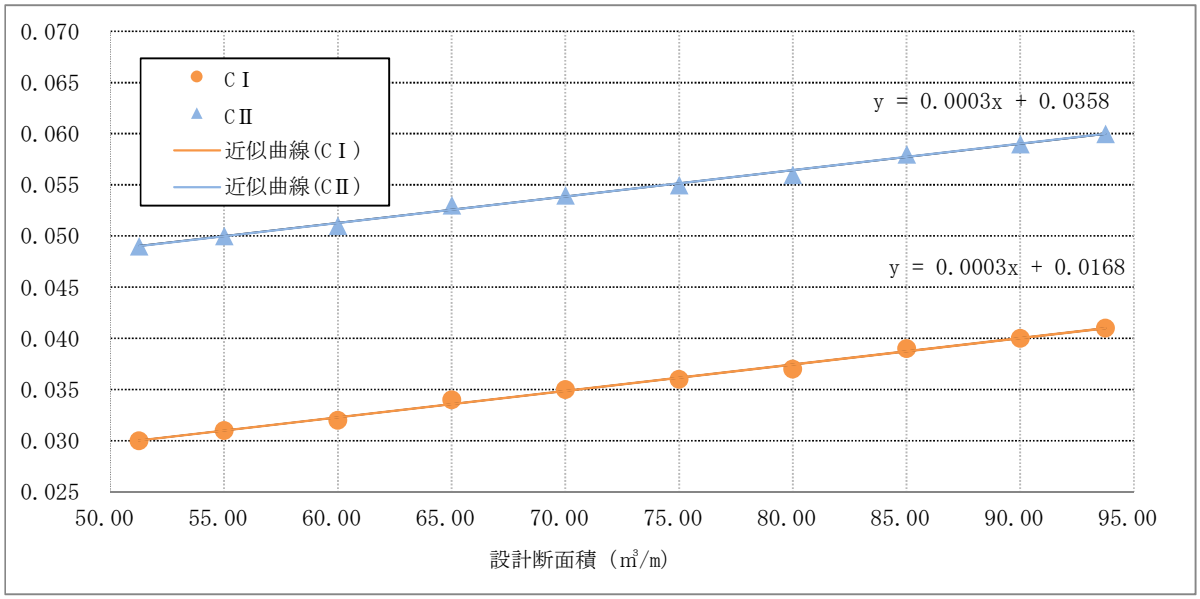
岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.032	0.030	0.031	0.032	0.034	0.035	0.036	0.037	0.039	0.040	0.041
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.051	0.049	0.050	0.051	0.053	0.054	0.055	0.056	0.058	0.059	0.060



集塵機「通常断面」

（週/（トンネル延長）1m当り）

岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.032	0.030	0.031	0.032	0.034	0.035	0.036	0.037	0.039	0.040	0.041
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.051	0.049	0.050	0.051	0.053	0.054	0.055	0.056	0.058	0.059	0.060



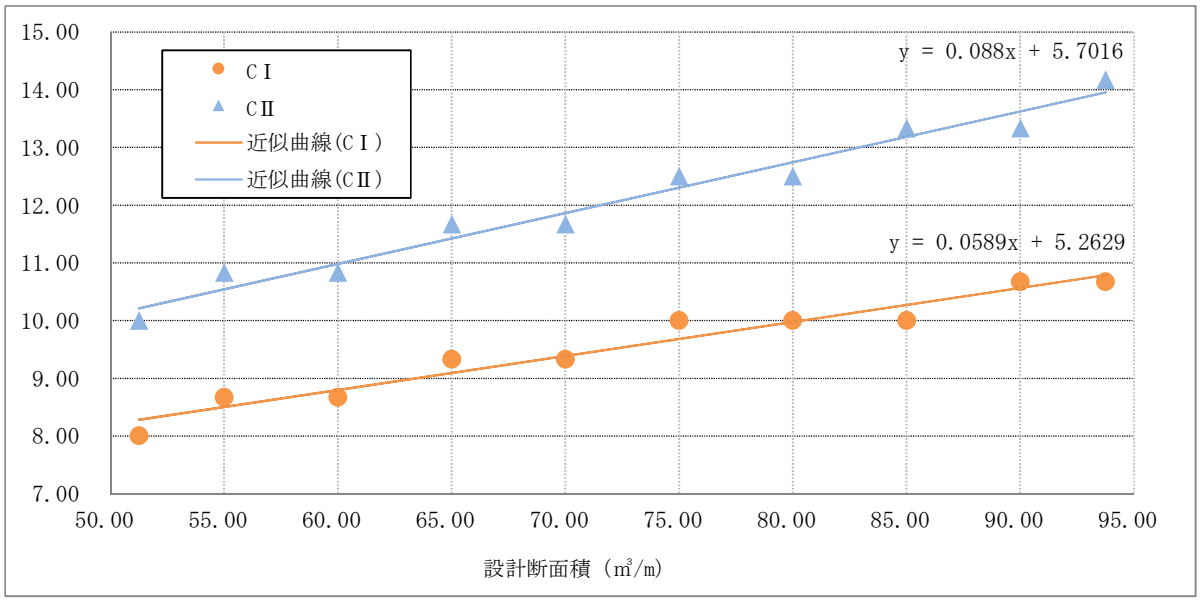
ロックボルト「通常断面」

CⅠ　規格：耐力117.7kN(12ｔ)以上付属品含むL=3m

CⅡ　規格：耐力176.5kN(18ｔ)以上付属品含むL=3m

（本/（トンネル延長）1m当り）

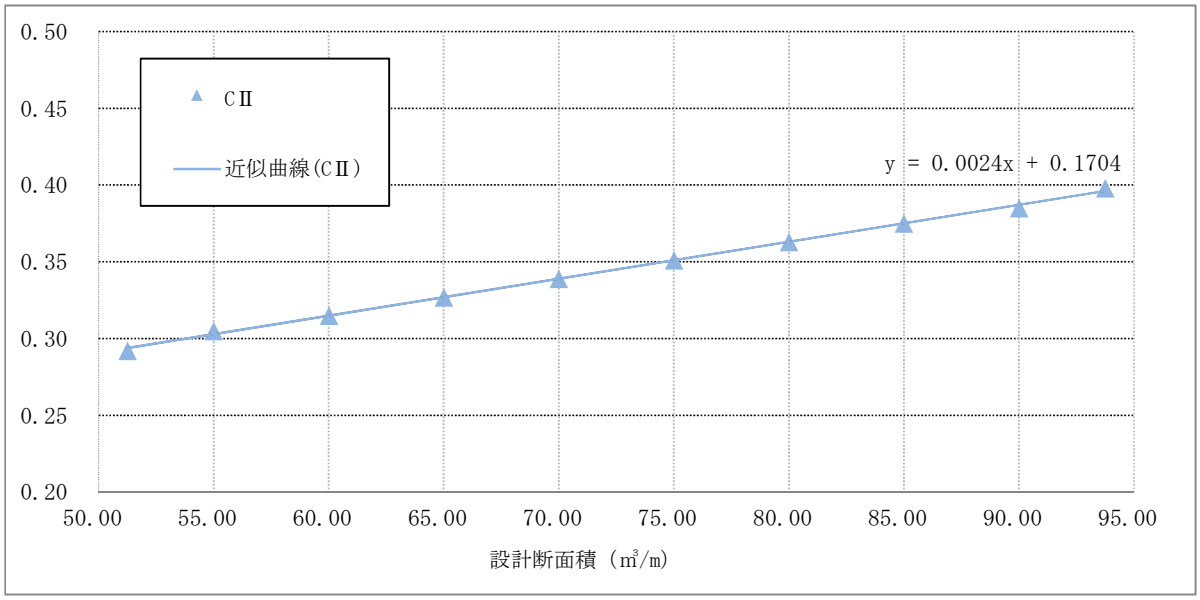
岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		8.19	8.00	8.67	8.67	9.33	9.33	10.00	10.00	10.00	10.67	10.67
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		10.08	10.00	10.83	10.83	11.67	11.67	12.50	12.50	13.33	13.33	14.17



H形鋼支保工「通常断面」

規格：SS400 H-125　　（t／（トンネル延長）1m当り）

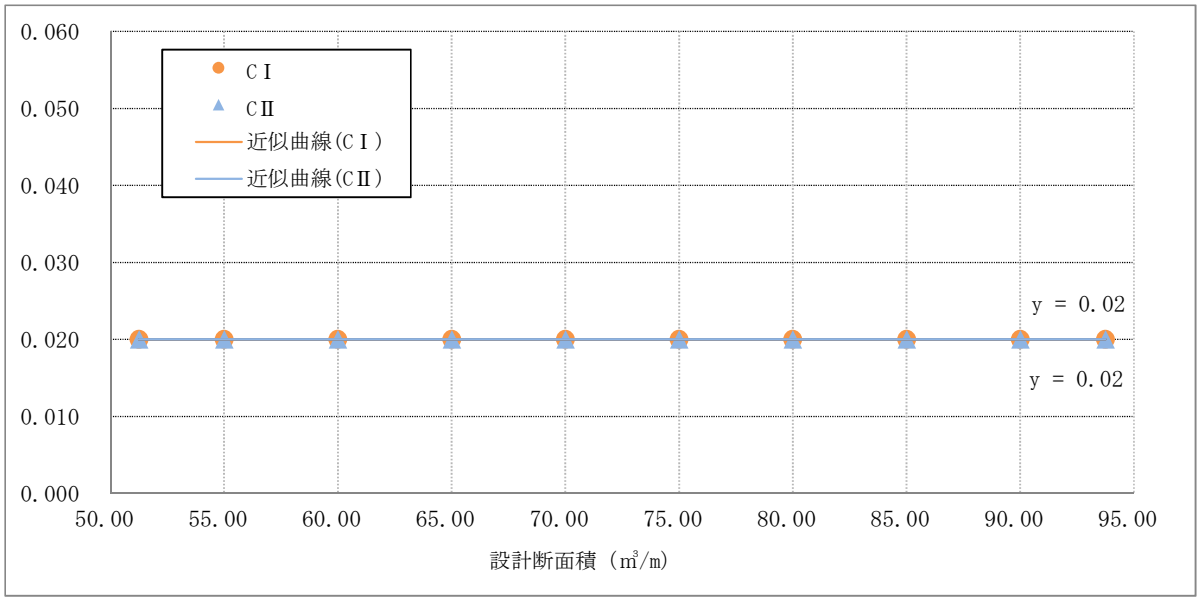
岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.290	0.292	0.305	0.315	0.327	0.339	0.351	0.363	0.375	0.385	0.398



コンクリートポンプ車「通常断面」

規格：配管式圧送能力55㎥/h　　（週/（トンネル延長）1m当り）

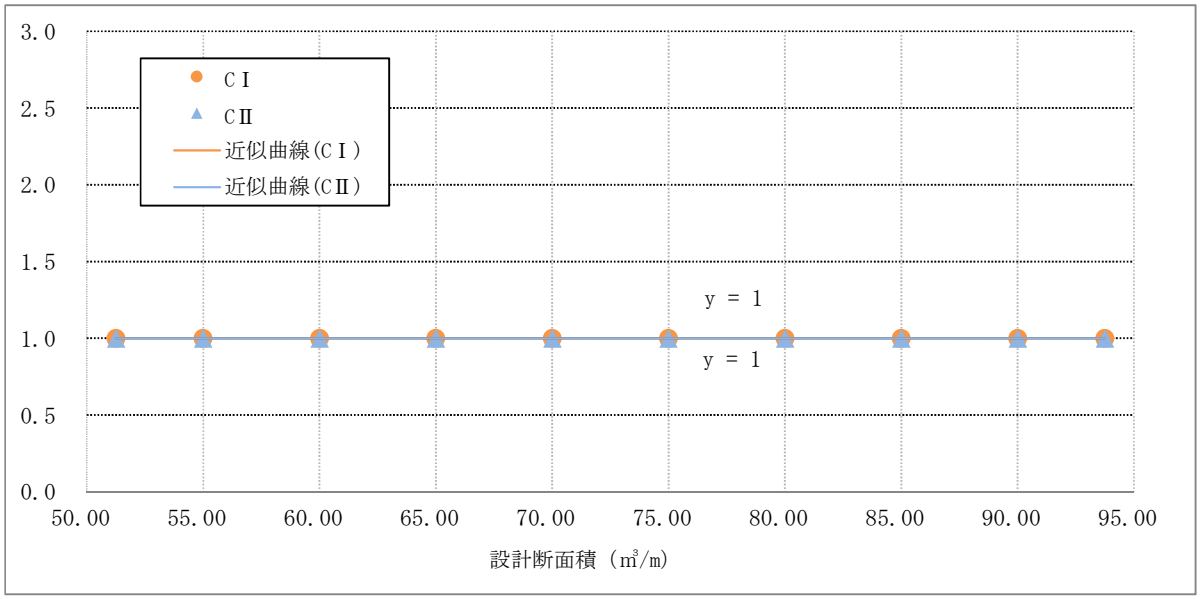
岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020



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）

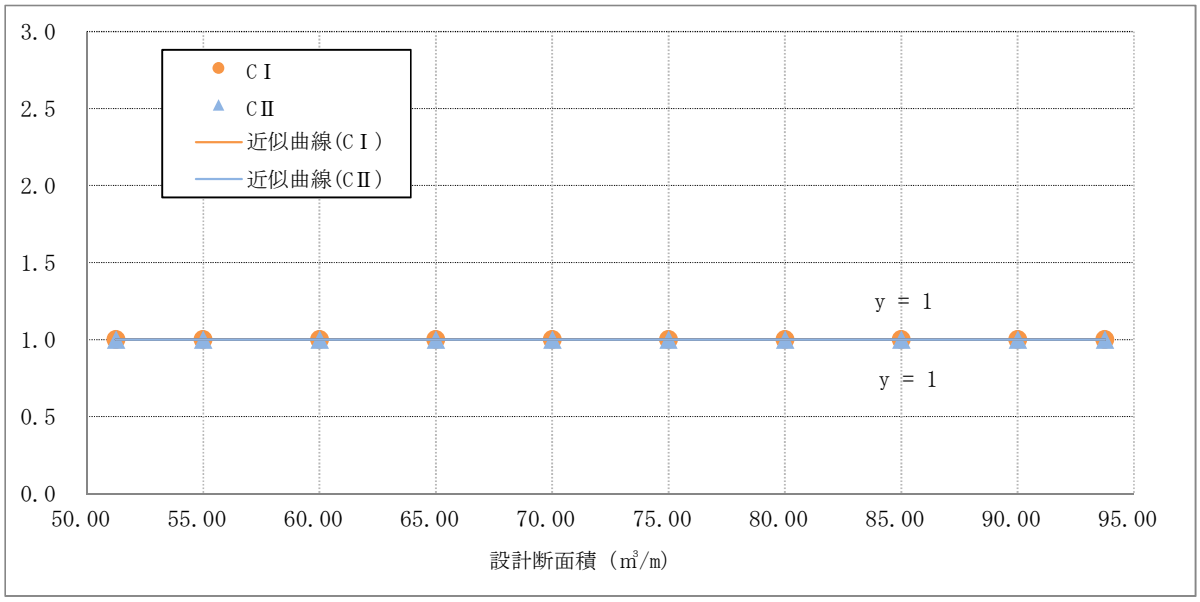
岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0



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		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

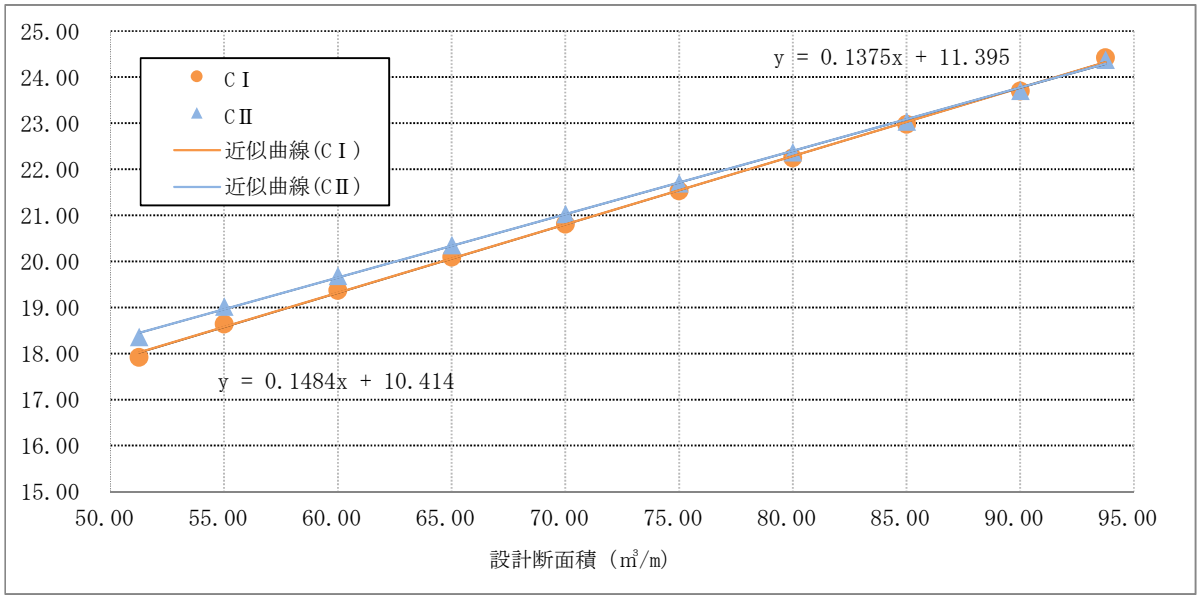


防水シート「通常断面」

（㎡/（トンネル延長）1m当り）

岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		17.79	17.92	18.64	19.37	20.09	20.81	21.53	22.25	22.98	23.70	24.42
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		18.23	18.36	19.02	19.69	20.36	21.03	21.70	22.37	23.04	23.71	24.38

(注)上表には、防水シートのロス率＋0.16を含まない。

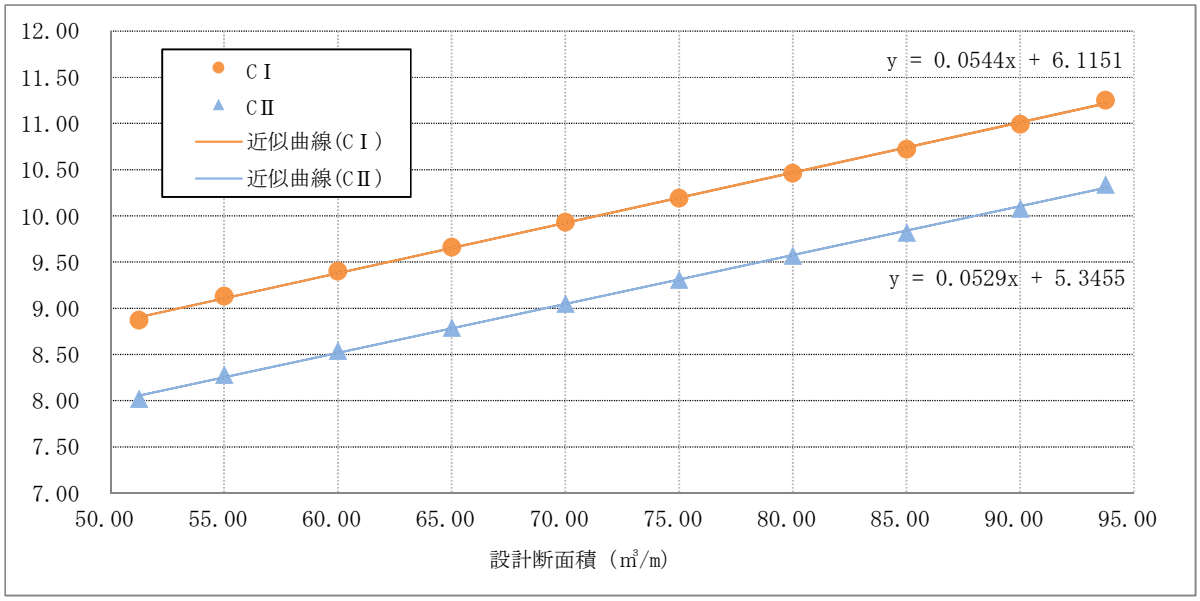


生コンクリート(余巻を含む)「通常断面」

（㎥/（トンネル延長）1m当り）

岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		8.82	8.87	9.13	9.40	9.66	9.93	10.19	10.46	10.72	10.99	11.25
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		7.98	8.02	8.28	8.54	8.79	9.05	9.31	9.57	9.82	10.08	10.34

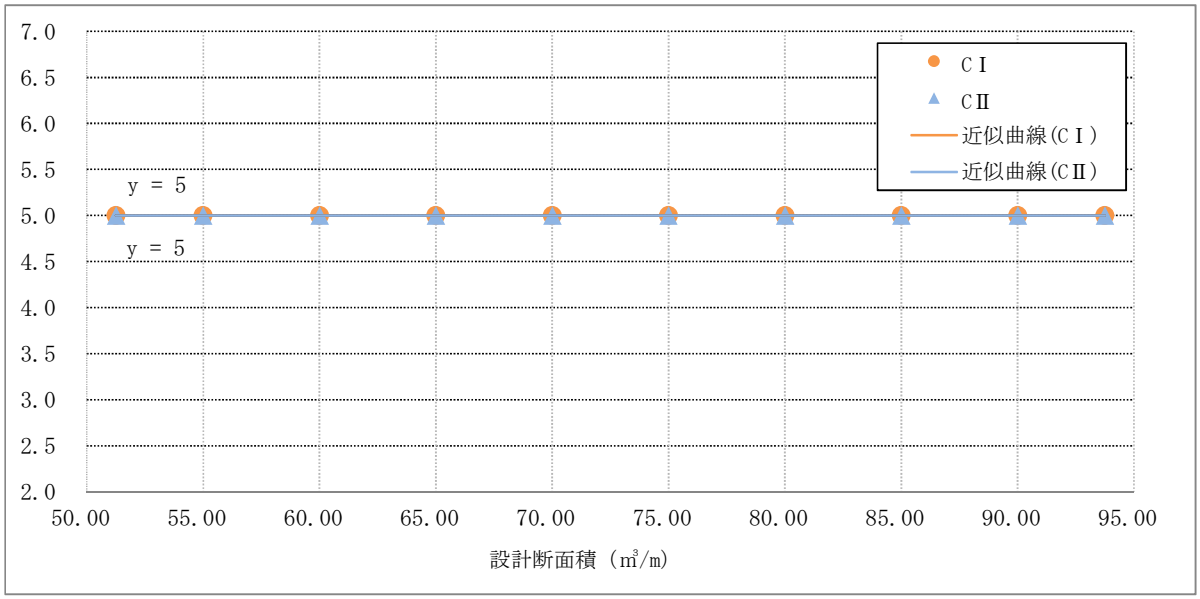
(注)上表には、コンクリートのロス率＋0.02を含む。



（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）

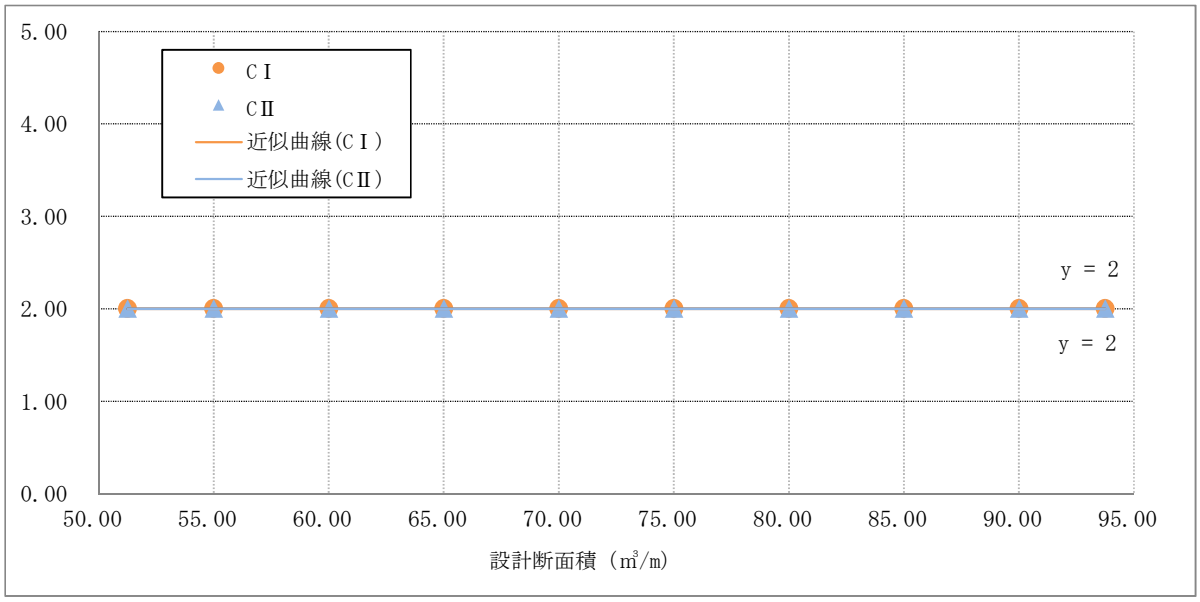
岩区分		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5



（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		採用断面	設計断面積（㎥/m）									
CⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2



1.4　工事工程計画

(1) 準備工

トンネル工事に着手するまでの準備工としては、次のようなものがある。

ａ．　現地の段取り調査
ｂ．　労務者宿舎等の借地交渉
ｃ．　工事用敷地の借地交渉
ｄ．　工事用電力の需給契約
ｅ．　労務者募集
ｆ．　建設機械、器材、資材の手配
ｇ．　工事用施設の整地造成
ｈ．　工事用坑外諸施設
ｉ．　坑口付け

等であり、およそ３ヶ月を見込むのが一般的である。

(2) 本体工

本体工は、掘削・覆工の月当り進行長が、施工期間中平均的に継続するものとして所要月数を求めて工程計画を行う。

トンネル掘削工の進行長は、次頁表に示す。

なお、工程計画上の各作業区分の離隔は次の通りとする。

ａ．　掘削完了から二次覆工の完了まで・・・・・・1.0ヶ月
ｂ．　二次覆工完了から排水工等の開始期間まで・・・・・・0.5ヶ月
ｃ．　インバート打設　：　１日１スパンとする。

(3)覆工工

覆工コンクリートの1ヶ月当り進行長は、以下のとおりとする。

ａ．　一般部　　：　10.5　m/回 ×　1回/2日　×　20.4　日　＝　107.1　m/月
ｂ．　非常駐車帯部　：　6.0　m/回 ×　1回/2日　×　20.4　日　＝　61.2　m/月

(4) その他

その他の工種としては、中央及び横断排水工・路盤工・舗装工・路側排水工・坑門工等があるが、工程計画は以下のとおりとする。

ａ．　中央排水工、横断排水工、路盤工等は月進 400m程度とする
ｄ．　舗装工は、月進 600m程度とする
ｃ．　坑門工は、1箇所につき1.0ヶ月程度を見込む

(5) 後片付

坑外工事用仮設の撤去は雑工施工中も可能であり、工程表には1.0ヶ月を計上しておくのが一般的である。

(6) 工事工程

各地山区分の掘進速度から、工程計画を作成する。

1)　掘進長

掘削進行速度を、算定する。設計掘削断面積が積算基準書に該当しない「ＣⅠ、ＣⅡ－ｂ」断面は、図11.1.5 に示す補正グラフにより時間当り作業量を求める。補助工法を伴う断面は、補助工法に要する時間と標準作業量とを合成して進行速度を算定する。（表11.1.28参照）

表11.1.30　時間当り作業量（掘進速度）

断面区分	加　背	設計掘削断面積（㎡）	適　用断面積（㎡）	時間当り掘進長				日当り掘進長	月当り掘進長
				標準作業量	補正計算	補助工法合成作業量（表11.1.31参照）	採用値	（２方施工）	（２方施工）
				m/時間	m/時間	m/時間	m/時間	m/日	m/月
							①	①×8×2	①×8×2×20.4
ＣⅠ	全断面	49.709	適用範囲外	－	0.340 ※	－	0.340	**5.44**	**111.0**
ＣⅡ－ｂ	全断面	49.709	適用範囲外	－	0.265 ※	－	0.265	**4.24**	**86.5**
ＣⅡ－Ｌ	全断面	70.212	70	0.245	－		0.245	**3.92**	**80.0**
ＤⅠ－ｂ	上　半	40.271	40	0.237	－	－	0.237	**3.79**	**77.4**
	下　半	10.350	10	0.478	－	－	0.478	**7.65**	**156.0**
ＤⅡ－1	上　半	40.983	40	0.237	－	－	0.237	**3.79**	**77.4**
	下　半	10.557	10	0.450	－	－	0.450	**7.20**	**146.9**
ＤⅡ－2	上　半	40.983	40	0.237	－	0.164	0.164	**2.62**	**53.5**
	下　半	10.557	10	0.450	－	－	0.450	**7.20**	**146.9**
ＤⅢ－1	上　半	42.431	40	0.216	－	－	0.216	**3.46**	**70.5**
	下　半	10.971	10	0.450	－	－	0.450	**7.20**	**146.9**
ＤⅢ－2	上　半	42.431	40	0.216	－	0.187	0.187	**2.99**	**61.0**
	下　半	10.971	10	0.450	－	－	0.450	**7.20**	**146.9**
ＤⅢ－3	上　半	42.431	40	0.216	－	0.289	0.289	**4.62**	**94.3**
	下　半	10.971	10	0.450	－	－	0.450	**7.20**	**146.9**

時間当たり作業量

（掘削工～支保工）　（発破工法）「通常断面」　　（（トンネル延長）m/時間当り）

岩区分		採用断面	設計断面積（㎡/m）									
ＣⅠ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.334	0.340	0.313	0.323	0.298	0.293	0.280	0.267	0.265	0.255	0.250
ＣⅡ	全断面	49.709	51.25	55	60	65	70	75	80	85	90	93.75
		0.265	0.265	0.258	0.256	0.248	0.245	0.238	0.234	0.226	0.219	0.214

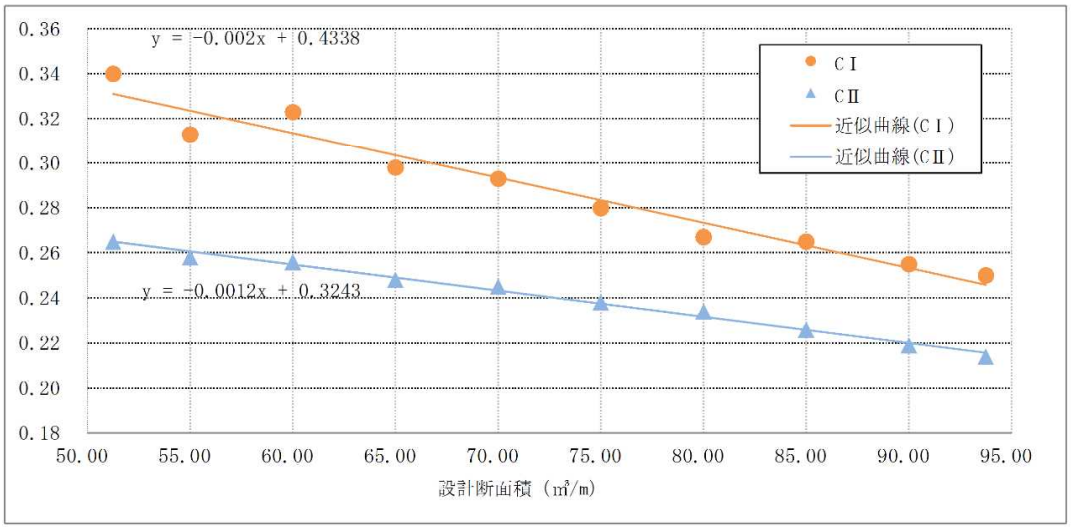


図11.1.7　補正計算グラフ

※補正計算の結果、積算基準書の設計掘削断面積「50㎡」と同じ作業量を使用することとした。

表11.1.31　補助工法工法区間の掘進速度

項　　目		記号	単位	備　考	ＤⅡ-2	ＤⅢ-2	ＤⅢ-3
断面積	加　背				上　半	上　半	上　半
	設計掘削断面積	A	㎡	（上半盤盤下げ）	40.983	42.431	42.431
	歩掛適用範囲		㎡	40≦Ａ＜42.5	40.000	40.000	40.000
標準	時間当り作業量	s 1	m/時間	積算基準書より	0.237	0.216	0.216
補助工法	小口径 長尺鋼管ＦＰ	T	分	1シフト 9.0m当り	1,020	1,020	― (坑外施工)
		t	分	ｔ＝Ｔ/9.0 （トンネル1.0m当り）	113	113	－
	補助工法時間	t 1	分	t1＝ｔ （トンネル1.0m当り）	113	113	－
	先受けボルト 控除時間	t 2	分	t2=17.5本×4分/本 （トンネル1.0m当り）	－	70	70
	補助工法時間	t3	分	t1-t2 （トンネル1.0m当り）	113	43	-70
	補助工法 時間当り作業量	s 2	m/時間	1/（ｔ3÷60）	0.531	1.395	-0.857
時間当り作業量 （掘進速度）			m/時間	1/（1/s1＋1/ｓ2）	0.164	0.187	0.289

（注）ＤⅢ-３断面の小口径長尺鋼管ＦＰはトンネル掘削に先立って坑外から施工するため、トンネル掘進速度の算定に補助工法時間は見込まない。また、坑口標準支保である「先受けボルト」が不要になるため、この時間を減じて掘進速度を算定する。

ＤⅡ-2 サイクルタイム算出

項目				単位	鋼管径φ76.3 シリカレジン	備考
1シフト当り施工本数			P	本	20	
鋼管長			L_1	m	12.82	
削孔長			L_2	m	12.5	
改良長			L_3	m	12.5	
1本当り注入量			Q	kg/本	117	
先行削孔時間			B	分/本	3.0	技術・積算資料p51
1m当り推進時間			F	分/本	4	技術・積算資料p51 （礫質土　軟質）
ポンプ吐出量			q	kg/分	5	技術・積算資料p39
鏡吹付け面積			M	㎡	38.182	数量計算書
吹付コンクリート厚			N	m	0.1	技術・積算資料p51
すりつけコンクリート厚			V	㎥	―	
準備工	鏡吹	吹付け		分	24	M×N×K1(=1.25)×60÷12 38.182×0.1×1.25×60÷12
		小計		分	24	
	先行削孔	削孔準備		分	20	2分割施工、10分/回×2
		測量・マーキング		分	50	P×5分/本÷2 20×5÷2
		削孔	T_2	分	30	P×B÷2 20×3÷2
		跡片付け		分	20	2分割施工、10分/回×2
		小計		分	120	
打設工	削孔準備			分	20	2分割施工、10分/回×2
	削孔			分	550	（P×5＋P×L_2×F）÷2 （20×5＋20×12.5×4）÷2
	跡片付け			分	20	2分割施工、10分/回×2
	小計			分	590	
注入工	注入準備			分	40	2分割施工、20分/回×2
	口元コーキング・インサート管挿入			分	50	P×5分/本÷2 20×5÷2
	パッカー部注入			分	20	P×3分/本÷3 20×3÷3
	注入			分	156	P×Q÷（q×3） 20×117÷（5×3）
	跡片付け			分	20	2分割施工、10分/回×2
	小計			分	286	
すりつけ部吹付け				分	―	V×K2（=1.43）×60÷12
計			T	分	1020	
1日当り施工本数					16.5	420分×2方÷（T/P） 420×2÷（1020÷20）

出典：小口径切羽安定対策工［パノラマ工法］　技術・積算資料　第二版　2025年3月　パノラマ研究会

※サイクルタイムは、技術・積算資料P39

ＤⅢ-2 サイクルタイム算出

項目				単位	鋼管径φ76.3 シリカレジン	備考
1シフト当り施工本数			P	本	20	
鋼管長			L_1	m	12.82	
削孔長			L_2	m	12.5	
改良長			L_3	m	12.5	
1本当り注入量			Q	kg/本	117	
先行削孔時間			B	分/本	3.0	技術・積算資料p51
1m当り推進時間			F	分/本	4	技術・積算資料p51 （礫質土　軟質）
ポンプ吐出量			q	kg/分	5	技術・積算資料p39
鏡吹付け面積			M	㎡	38.871	数量計算書
吹付コンクリート厚			N	m	0.1	技術・積算資料p51
すりつけコンクリート厚			V	㎥	―	
準備工	鏡吹	吹付け		分	24	M×N×K1(=1.25)×60÷12 38.182×0.1×1.25×60÷12
		小計		分	24	
	先行削孔	削孔準備		分	20	2分割施工、10分/回×2
		測量・マーキング		分	50	P×5分/本÷2 20×5÷2
		削孔	T_2	分	30	P×B÷2 20×3÷2
		跡片付け		分	20	2分割施工、10分/回×2
		小計		分	120	
打設工	削孔準備			分	20	2分割施工、10分/回×2
	削孔			分	550	（P×5＋P×L_2×F）÷2 （20×5＋20×12.5×4）÷2
	跡片付け			分	20	2分割施工、10分/回×2
	小計			分	590	
注入工	注入準備			分	40	2分割施工、20分/回×2
	口元コーキング・インサート管挿入			分	50	P×5分/本÷2 20×5÷2
	パッカー部注入			分	20	P×3分/本÷3 20×3÷3
	注入			分	156	P×Q÷（q×3） 20×117÷（5×3）
	跡片付け			分	20	2分割施工、10分/回×2
	小計			分	286	
すりつけ部吹付け				分	―	V×K2（=1.43）×60÷12
計			T	分	1020	
1日当り施工本数					16.5	420分×2方÷（T/P） 420×2÷（1020÷20）

出典：小口径切羽安定対策工［パノラマ工法］　技術・積算資料　第二版　2025年3月　パノラマ研究会

※サイクルタイムは、技術・積算資料P39

ＤⅢ-3 サイクルタイム算出

項目				単位	鋼管径φ76.3 シリカレジン	備考
1シフト当り施工本数			P	本	23	
鋼管長			L_1	m	9.77	
削孔長			L_2	m	9.5	
改良長			L_3	m	9.5	
1本当り注入量			Q	kg/本	104	
先行削孔時間			B	分/本	3.0	技術・積算資料p51
1m当り推進時間			F	分/本	4	技術・積算資料p51 （礫質土　軟質）
ポンプ吐出量			q	kg/分	5	技術・積算資料p39
鏡吹付け面積			M	㎡	―	数量計算書
吹付コンクリート厚			N	m	0.1	技術・積算資料p51
すりつけコンクリート厚			V	㎥	―	
準備工	鏡吹	吹付け		分	―	M×N×K1(=1.25)×60÷12
		小計		分	―	
	先行削孔	削孔準備		分	20	2分割施工、10分/回×2
		測量・マーキング		分	58	P×5分/本÷2 23×5÷2
		削孔	T_2	分	35	P×B÷2 23×3÷2
		跡片付け		分	20	2分割施工、10分/回×2
		小計		分	133	
打設工	削孔準備			分	20	2分割施工、10分/回×2
	削孔			分	495	（P×5＋P×L_2×F）÷2 （23×5＋23×9.5×4）÷2
	跡片付け			分	20	2分割施工、10分/回×2
	小計			分	535	
注入工	注入準備			分	40	2分割施工、20分/回×2
	口元コーキング・インサート管挿入			分	58	P×5分/本÷2 23×5÷2
	パッカー部注入			分	23	P×3分/本÷3 23×3÷3
	注入			分	159	P×Q÷（q×3） 23×104÷（5×3）
	跡片付け			分	20	2分割施工、10分/回×2
	小計			分	300	
すりつけ部吹付け				分	―	V×K2（=1.43）×60÷12
計			T	分	968	
1日当り施工本数					10.0	420分×1方÷（T/P） 420×1÷（1020÷20）

出典：小口径切羽安定対策工［パノラマ工法］　技術・積算資料　第二版　2025年3月　パノラマ研究会

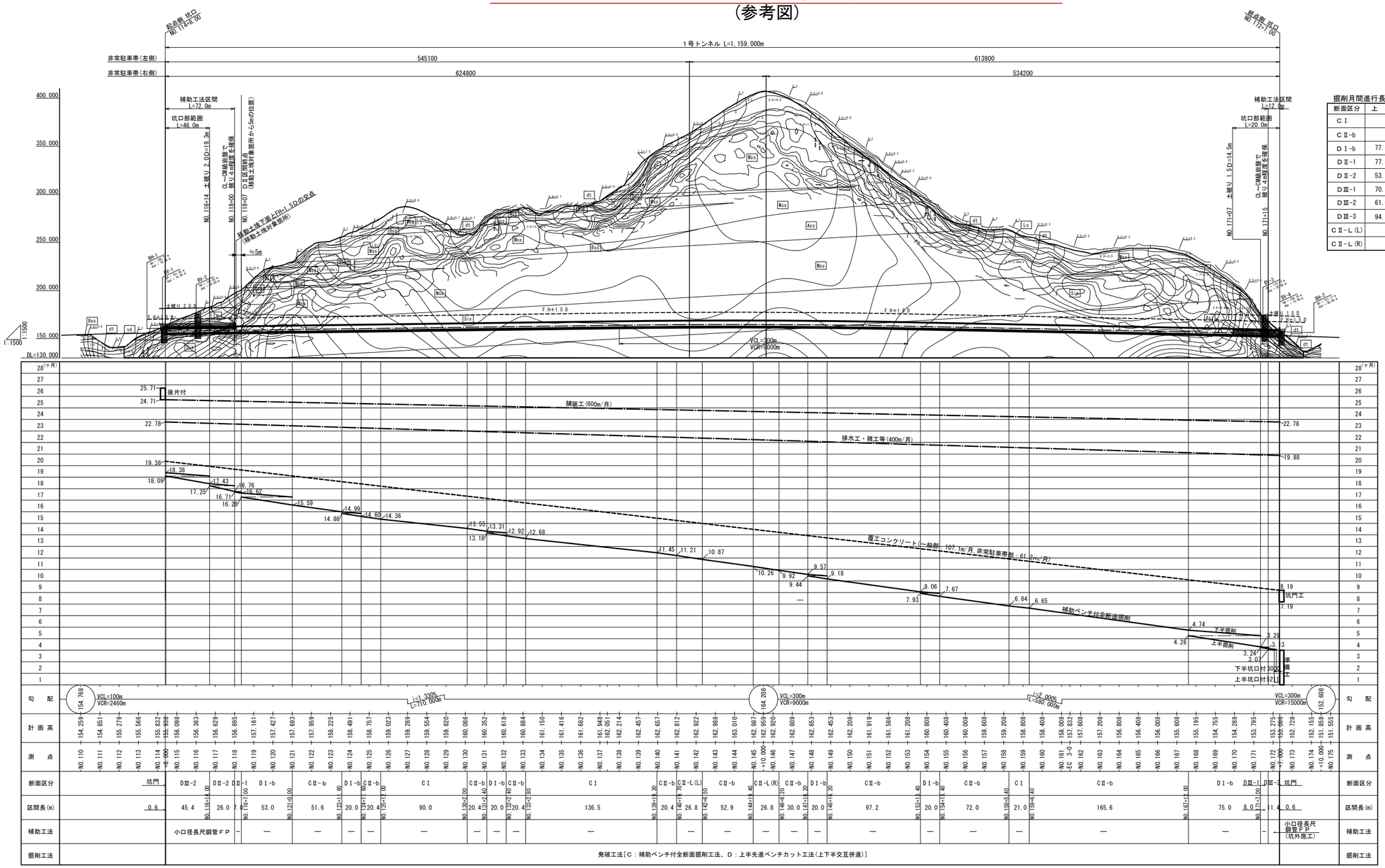
※サイクルタイムは、技術・積算資料P39

表11.1.32　掘削進行表　【１号トンネル：発破掘削、終点側片押し施工　L=1,159.00m　】

支保パターン	加　背	区間長（m）	月　進（m/月）	期　間（ヶ月）	累加期間（ヶ月）	累加距離（m）	備　考
準備工					3.00		終点側坑口（発進坑口）
面　壁		0.600				0.600	
坑口付部	上　半	5.211				5.811	
	下　半	3.000				3.600	
ＤⅢ-3	上　半	6.189	94.3	0.066	3.07	12.000	発破掘削（２方）
	下　半	8.400	146.9	0.057	3.13	12.000	〃
ＤⅢ-1	上　半	8.000	70.5	0.113	3.24	20.000	〃
	下　半	8.000	146.9	0.054	3.29	20.000	〃
ＤⅠ-b	上　半	75.000	77.4	0.969	4.26	95.000	〃
	下　半	75.000	156.0	0.481	4.74	95.000	〃
ＣⅡ-b	全断面	165.600	86.5	1.914	6.65	260.600	〃
ＣⅠ	全断面	21.000	111.0	0.189	6.84	281.600	〃
ＣⅡ-b	全断面	72.000	86.5	0.832	7.67	353.600	〃
ＤⅠ-b	上　半	20.000	77.4	0.258	7.93	373.600	〃
	下　半	20.000	156.0	0.128	8.06	373.600	〃
ＣⅡ-b	全断面	97.200	86.5	1.124	9.18	470.800	〃
ＤⅠ-b	上　半	20.000	77.4	0.258	9.44	490.800	〃
	下　半	20.000	156.0	0.128	9.57	490.800	〃
ＣⅡ-b	全断面	30.000	86.5	0.347	9.92	520.800	〃
ＣⅡ-L（R）	全断面	26.800	80.0	0.335	10.26	547.600	〃
ＣⅡ-b	全断面	52.900	86.5	0.612	10.87	600.500	〃
ＣⅡ-L（L）	全断面	26.800	80.0	0.335	11.21	627.300	〃
ＣⅡ-b	全断面	20.400	86.5	0.236	11.45	647.700	〃
ＣⅠ	全断面	136.500	111.0	1.230	12.68	784.200	〃
ＣⅡ-b	全断面	20.400	86.5	0.236	12.92	804.600	〃
ＤⅠ-b	上　半	20.000	77.4	0.258	13.18	824.600	〃
	下　半	20.000	156.0	0.128	13.31	824.600	〃
ＣⅡ-b	全断面	20.400	86.5	0.236	13.55	845.000	〃
ＣⅠ	全断面	90.000	111.0	0.811	14.36	935.000	〃
ＣⅡ-b	全断面	20.400	86.5	0.236	14.60	955.400	〃
ＤⅠ-b	上　半	20.000	77.4	0.258	14.86	975.400	〃
	下　半	20.000	156.0	0.128	14.99	975.400	〃
ＣⅡ-b	全断面	51.600	86.5	0.597	15.59	1027.000	〃
ＤⅠ-b	上　半	53.000	77.4	0.685	16.28	1080.000	〃
	下　半	53.000	156.0	0.340	16.62	1080.000	〃
ＤⅡ-1	上　半	7.000	77.4	0.090	16.71	1087.000	〃
	下　半	7.000	146.9	0.048	16.76	1087.000	〃
ＤⅡ-2	上　半	26.000	53.5	0.486	17.25	1113.000	〃
	下　半	26.000	146.9	0.177	17.43	1113.000	〃
ＤⅢ-2	上　半	40.189	61.0	0.659	18.09	1153.189	〃
	下　半	42.400	146.9	0.289	18.38	1155.400	〃
坑口付部	上　半	5.211				1158.400	
	下　半	3.000				1158.400	
面　壁		0.600				1159.000	
掘削完了					18.38		
覆　　工	開始時期				8.19		
	施工期間	53.600	61.2	0.876			非常駐車帯部
		1,104.200	107.1	10.310			一般部
	完了時期				19.38		掘削完了から1.0ケ月
排水工・雑工等	開始時期				19.88		覆工完了後0.5ケ月後から
	施工期間	1,159.000	400.0	2.898			
	完了時期				22.78		
坑 門 工	開始時期				7.19		覆工開始1.0ケ月前から
	施工期間			1.000			
	完了時期				8.19		
舗 装 工	開始時期				22.78		排水工・雑工等完了から
	施工期間	1,159.000	600.0	1.932			
	完了時期				24.71		
後片付	開始時期				24.71		舗装工完了から
	施工期間			1.000			
	完了時期				25.71		
工事工程					**25.71**		

庄川久木１号トンネル 工事工程計画図 S=1:2000

（参考図）



掘削月間進行長(発破掘削，２方施工) (m/月)

断面区分	上半	下半	備考
CⅠ	111.0		
CⅡ-b	86.5		
DⅠ-b	77.4	156.0	
DⅡ-1	77.4	146.9	
DⅡ-2	53.5	146.9	・小口径長尺鋼管FP
DⅢ-1	70.5	146.9	
DⅢ-2	61.0	146.9	・小口径長尺鋼管FP
DⅢ-3	94.3	146.9	・小口径長尺鋼管FP(坑外施工)
CⅡ-L(L)	80.0		
CⅡ-L(R)	80.0		

（参考図）

年度	令和7年度 県債道改交金 第130号
工事名	白浜久木線(仮称庄川久木1号トンネル)道路改良工事
箇所	西牟婁郡 白浜町 庄川～久木 地内
事務所名	西牟婁振興局 建設部
調査 / 測量 / 設計 / 製図	
工事工程計画図	図面番号 96 / 115
縮尺 1:2000	

2　仮設備配置計画

(1)施工坑口

１号トンネルの縦断勾配は、起点側からトンネル中央付近まで上り勾配(1.33%)で、以降は下り勾配(2.00%)の拝み勾配で計画されている。

トンネル掘削は終点側からの片押しで施工するため、終点側に仮設備配置検討を行う。

ヤードは、１号トンネル終点側坑口と２号トンネル起点側坑口間の明り区間に計画されている土捨て場に、施工ヤード用として必要量の盛土(１期工事)を行い、仮設備を配置する。トンネル掘削ずりは土捨て場に直送するため、ずり仮置場は設置しない。

(2)工事用仮設備配置規模について

仮設備設置のために必要な面積の算定には、以下の資料を参考にした。

・資料-1　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)』
・資料-2　トンネル工事用建物等実態調査報告書
　　(昭和51年12月　日本トンネル技術協会)』

これらの資料に示されていないものについては、現在一般的に使用されている該当機種から想定した。

資料-2 の工法・名称別建物面積算出式総括一覧表（表 11.2.4）は表 11.2.1～表 11.2.3 より分類する。

表 11.2.1　工法・区分・型式

工法種別	上部半断面先進工法
区　　分	タイヤ方式
型　　式	複線型

トンネル内空断面積別として次の断面積の範囲で線別（名称）にて区別する。

表 11.2.2　線別名称

内空断面積（㎡）	線別名称
20～25　㎡程度	単線型
50～55　〃	複線型
60～65　〃	幹線型

表 11.2.3　　整理符号と種類別件数表

工法種別	区分	基準番号	単線型		複線型		幹線型		合計		件数内訳					
			Ⅰ	番号	Ⅱ	番号	Ⅲ	番号	計（件）	比率（%）	国鉄	鉄公	道公	建設省	地下鉄	その他
底設導坑先進上部半断面工法		B	BⅠ	1～6	BⅡ	1～18	BⅢ	1～44	68	32.2	38	20	5	4	--	1
上部半断面先進工法	タイヤ方式	U	UⅠ	1～3	UⅡ	1～13	UⅢ	1～34	50	23.7	15	4	18	12	--	1
上部半断面先進工法	レール方式（ｼｮｰﾄﾍﾞﾝﾁ方式含む）	U	UⅠ	4～17	UⅡ	--	UⅢ	5～38	18	8.5	5	11	2	--	--	--
全断面工法		F	FⅠ	1～10	FⅡ	--	FⅢ	1～2	12	5.7	1	11	--	--	--	--
側壁導坑先進上部半断面工法		S	SⅠ	1～2	SⅡ	1～6	SⅢ	1～32	40	19.0	10	22	4	4	--	--
シールド工法		Sh	ShⅠ	1～21	ShⅡ	1～2	ShⅢ	--	23	10.9	2	1	--	--	16	4
合計				56		39		116	211		71	69	29	20	16	6
百分率				26.5		18.5		55.0		100	33.6	32.7	13.7	9.5	7.6	2.9
調査対象件数	□ 内の合計		27		31		110		165	782						

表 11.2.4 工法・名称別　建物面積算算出式総括一覧表

単位　㎡

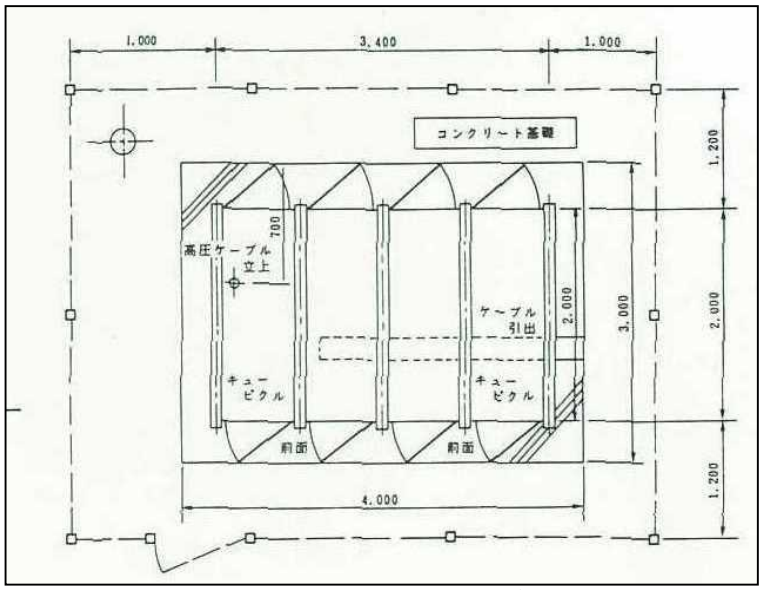
建物種別 ＼ 掘削工法別		ＵＩ４～１７	ＦＩ１～１０	ＢⅡ１～１８	ＵⅡ１～１３	ＢⅢ１～４４	ＵⅢ１～３４	ＳⅢ１～３２
仮設建物	事務所	Y= 51 + 0.0120 x	Y= 80 + 0.0158 x	Y= 68 + 0.0315 x	Y= 52 + 0.0320 x	Y= 68 + 0.0315 x	Y= 81 + 0.0320 x	Y= 96 + 0.0180 x
	下請事務所	Y= 21 + 0.0040 x	Y= 16 + 0.0085 x	Y= 30 + 0.0161 x	Y= 8 + 0.0260 x	Y= 46 + 0.0140 x	Y= 20 + 0.0285 x	Y= 44 + 00065 x
	社員宿舎	Y= 83 + 0.0150 x	Y= 59 + 0.0460 x	Y= 98 + 0.0270 x	Y= 112 + 0.0119 x	Y= 156 + 0.0265 x	Y= 127 + 0.0119 x	Y= 150 + 0.0345 x
	作業員宿舎(単)	Y= 140 + 0.0950 x	Y= 155 + 0.0450 x	Y= 239 + 0.1005 x	Y= 94 + 0.2200 x	Y= 420 + 0.0450 x	Y= 135 + 0.2200 x	Y= 280 + 0.1800 x
	作業員宿舎(世)	Y= 70 + 0.0375 x	Y= 25 + 0.0775 x	Y= 75 + 0.0775 x	Y= 75 + 0.0775 x	Y= 95 + 0.0776 x	Y= 90 + 0.0850 x	Y= 25 + 0.1500 x
	倉庫（物品）	Y= 17 + 0.0090 x	Y= 12 + 0.0090 x	Y= 15 + 0.0107 x	Y= 30 + 0.0090 x	Y= 22 + 0.0148 x	Y= 46 + 0.0090 x	Y= 31 + 0.0090 x
	食堂・火事場	Y= 56 + 0.0030 x	Y= 58 + 0.0080 x	Y= 100 + 0.0031 x	Y= 66 + 0.0030 x	Y= 130 + 0.0030 x	Y= 118 + 0.0030 x	Y= 107 + 0.0143 x
	車庫	Y= 21 + 0.0050 x	Y= 21 + 0.0050 x	Y= 27 + 0.0050 x	Y= 28 + 0.0050 x	Y= 35 + 0.0050 x	Y= 31 + 0.0050 x	Y= 44 + 0.0033 x
	浴場	Y= 15 + 0.0093 x	Y= 17 + 0.0122 x	Y= 24 + 0.0105 x	Y= 22 + 0.0149 x	Y= 35 + 0.0122 x	Y= 28 + 0.0180 x	Y= 60 + 0.0093 x
	その他	Y= 18 + 0.0018 x	Y= 18 + 0.0018 x	Y= 33 + 0.0018 x	Y= 22 + 0.0018 x	Y= 58 + 0.0018 x	Y= 41 + 0.0018 x	Y= 74 + 0.0104 x
	小計	Y= 492 + 0.1916 x	Y= 461 + 0.2288 x	Y= 709 + 0.2837 x	Y= 509 + 0.4011 x	Y= 1065+ 0.2314x	Y= 717 + 0.4142 x	Y= 911 + 0.4353 x
現場建物	現場見張所	Y= 9 + 0.0022 x	Y= 7 + 0.0022 x	Y= 18 + 0.0022 x	Y= 9 + 0.0022 x	Y= 32 + 0.0022 x	Y= 18 + 0.0022 x	Y= 27 + 0.0033 x
	休憩所	Y= 8 + 0.0083 x	Y= 6 + 0.0115 x	Y= 17 + 0.0115 x	Y= 19 + 0.0115 x	Y= 20 + 0.0115 x	Y= 20 + 0.0115 x	Y= 20 + 0.0110 x
	資材倉庫	Y= 19 + 0.0080 x	Y= 7 + 0.0044 x	Y= 27 + 0.0090 x	Y= 22 + 0.0090 x	Y= 28 + 0.0090 x	Y= 27 + 0.0090 x	Y= 27 + 0.0105 x
	修理工場	Y= 16 + 0.0090 x	Y= 16 + 0.0090 x	Y= 16 + 0.0090 x	Y= 16 + 0.0090 x	Y= 21 + 0.0100 x	Y= 12 + 0.0213 x	Y= 38 + 0.0210 x
	変電所	Y= 12 + 0.0073 x	Y= 11 + 0.0050 x	Y= 13 + 0.0073 x	Y= 12 + 0.0073 x	Y= 33 + 0.0073 x	Y= 13 + 0.0073 x	Y= 33 + 0.0090 x
	充電所	Y= 16 + 0.0135 x	Y= 20 + 0.0155 x	Y= 48 + 0.0135 x		Y= 75 + 0.0135 x		Y= 84 + 0.0135 x
	動力所	Y= 34 + 0.0050 x	Y= 45 + 0.0083 x	Y= 44 + 0.0095 x	Y= 36 + 0.0070 x	Y= 81 + 0.0095 x	Y= 54 + 0.0070 x	Y= 55 + 0.0130 x
	セメント倉庫					Y= 13 + 0.0105 x		
	ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾟﾗﾝﾄ					Y= 46 + 0.0111 x	Y= 135 + 0.0261 x	Y= 26 + 0.0031 x
	その他	Y= 7 + 0.0095 x			Y= 11 + 0.0095 x		Y= 31 + 0.0155 x	Y= 46 + 0.0060 x
	小計	Y= 121 + 0.0628 x	Y= 112 + 0.0559 x	Y= 183 + 0.0620 x	Y= 125 + 0.0555 x	Y= 349 + 0.0846 x	Y= 310 + 0.0999 x	Y= 356 + 0.0904 x
火薬庫関係建物	火薬庫	Y= 3.7 + 0.0017 x	Y= 1.4 + 0.0023 x	Y= 4.8 + 0.0017 x	Y= 4 + 0.0017 x	Y= 6 + 0.0017 x	Y= 8 + 0.0027 x	Y= 6 + 0.0017 x
	加工取扱所 坑内					Y= 3.9 + 0.0007 x		Y= 1.7 + 0.0020 x
	加工所 坑内					Y= 5.5 x		Y= 8.2 x
	加工取扱所 坑外	Y= 3 + 0.0004 x	Y= 2.8 + 0.0002 x	Y= 3.2 + 0.0002 x	Y= 3 + 0.0004 x	Y= 2.3 + 0.0009 x	Y= 3.2 + 0.0004 x	Y= 2.6 + 0.0009 x
	加工所 坑外	Y= 3.2 + 0.0001 x	Y= 3.4 x	Y= 3.2 + 0.0001 x	Y= 3.2 + 0.0001 x	Y= 3.6 + 0.0001 x	Y= 3.4 + 0.0004 x	Y= 2.6 + 0.0009 x
	火工品庫	Y= 1.7 + 0.0014 x	Y= 2.9 + 0.0008 x	Y= 2.4 + 0.0015 x	Y= 2.4 + 0.0015 x	Y= 2.4 + 0.0015 x	Y= 4.2 + 0.0014 x	Y= 6 + 0.0010 x
	小計	Y=11.6 + 0.0036 x	Y=10.5 + 0.0033 x	Y=13.6 + 0.0035 x	Y=12.6 + 0.0037 x	Y=23.7 + 0.0049 x	Y=18.8 + 0.0049 x	Y=27.1 + 0.0065 x
	合計	Y=624.6+ 0.2580 x	Y=583.5+ 0.2880 x	Y=905.6+ 0.3492 x	Y= 646.6+0.4603 x	Y= 1437.7+0.3209 x	Y=1045.8+0.5190 x	Y=1294.1+0.5322 x

(3)仮設備配置要領

仮設備配置の考え方を下記に示す。

①受電設備

トンネル内の施工機器に必要な高圧電力を供給するための施設であるため、トンネル坑口近傍に配置する。



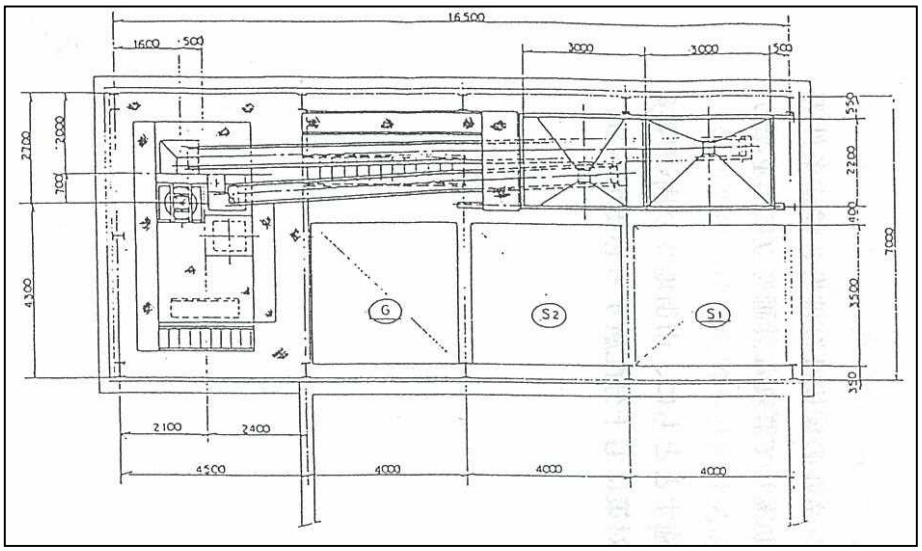
寸法：4.4m×5.4m（資料-1　p.62）

②坑内換気設備

換気風管の効率を考慮し、坑口付近に設置する。

③吹付プラント

規模が大きいため、一度建設すると移設は容易でないことから、なるべく施工基面が安定している場所に設置する。



寸法：7.0m×16.5m（資料-1　p.49）

④濁水処理設備

濁水処理設備稼動時に泥土処理を行う必要があることから、極力処理車が作業しやすいよう配置する。

坑内排水は、トンネル中央部までは順勾配であるため自然流下となるがで、起点側区間は、突っ込み施工となりポンプ排水を用いて、濁水処理設備に導く。

⑤給水ポンプ室、⑥貯水槽

工事に必要な使用水を一次的に貯留する水槽と給水ポンプを対で設置する。

⑦修理工場

トンネル工事機械の修理場または部品の加工場で、グラインダ，溶接機器などがあり、車両の進入可能な場所に設置する。

⑧作業員休息所

工事車両の出入りが頻繁な場所を避けて設置することが望ましい。

⑨資材倉庫

トンネル工事機械の消耗品（削岩機のビット，油圧ホース，グリス）鋼アーチ支保工の継手ナット，ロックボルトの座金およびナット等の保管庫であり、修理工場に隣接して設置する。

⑩現場見張所

現場監督員の詰所でもあり、また、濁水処理のＰｈ測定，吹付プラントの配合チェックなどが必要であることから、諸設備類に近い場所に設置するのが望ましい。

⑪火薬取扱所

火薬類を消費する現場において、火薬類の管理および発破の準備(親ダイ作成を除く)を行う施設。取扱所に残置できる火薬類の数量は１日の消費見込み量以下で 250kg を超えない量(火薬類取締法施行規則 第 52 条 3 項)とする。

施設面積は、メーカーカタログより 16 ㎡程度とした。

火薬取扱所 参考サイズ表

設置庫型式				鋼製外柵(W・Dは最小参考寸法)			鋼製外柵基礎寸法	
名称	型番	間口	奥行	型番	W	D	KW	KD
取扱所	SG-051	1520	1520	NRF-44	4000	4000	4400	4400
	N-103	2050	2050	NRF-55	5000	5000	5400	5400
	NSG-201	2440	2000	NRF-55	5000	5000	5400	5400

（メーカーカタログより：日機工業株式会社）

⑫火薬火工所

火薬類を消費する場所において、薬包に電気雷管等を取付け(親ダイ作成)を行う施設である。簡易な囲い施設であり、資料-2 から施設面積は 4 ㎡程度とした。

⑬資材置場

鋼アーチ支保工およびロックボルト等のトンネル工事に使用する資材置場であることから、工事用車両の通行が多い場所は避けて設置する。本計画では資材置場面積を 100 ㎡程度としたが、施工にあたっては必要に応じて適宜増設するものとする。

⑭取水設備

トンネル工事に必要な使用水を取水するための水中ポンプである。坑口近傍の沢水を利用することとした。

(4)仮設建物所要面積の算定と仮設備配置図

坑外仮設備一覧表を、表 11.2.5 に示す。

表 11.2.5　坑外仮設備一覧表　　トンネル延長（X）＝1,159m

名称		面積算定式・根拠（規　格）	算定値(㎡)	大きさ(m)	面積(㎡)	設置箇所
①	受 電 設 備	資料-1 より		4.4×5.4	23.8	
②	坑内換気設備	メーカーカタログより		2.0×8.0	16.0	
③	吹付プラント	資料-1 より		7.0×16.5	115.5	
④	濁水処理設備	メーカーカタログより(60 ㎥級)		5.5×9.5	52.3	
⑤	給水ポンプ室	施工実績より		1.8×1.8	3.2	
⑥	貯　水　槽	鋼板製 20m³		2.5×4.0	10.0	
⑦	修 理 工 場	Y=16+0.0090x	26.4	4.5×7.2	32.4	１Ｆ
⑧	作業員休息所	Y=19+0.0115x	32.3	4.5×7.2	32.4	２Ｆ
⑨	資 材 倉 庫	Y=22+0.0090x	32.4	4.5×7.2	32.4	１Ｆ
⑩	現 場 見 張 所			4.5×7.2	32.4	２Ｆ
⑪	火 薬 取 扱 所	メーカーカタログより		4.0×4.0	16.0	
⑫	火 薬 火 工 所	Y=3.2+0.0001x	3.3	2.0×2.0	4.0	
⑬	資 材 置 場	適宜増設を検討		—	100.0	
⑭	取 水 設 備		—	—	—	

注. 資材置場面積の施工実績は 100 ㎡～200 ㎡程度であるが、本計画では 100 ㎡程度とした。
必要に応じて、適宜増設を行うものとする。

次ページにメーカーカタログを、以降に仮設備配置平面図を示す。

参考：坑内換気設備（送風機）カタログ

型式	代表 風量・静圧	動力	内径 φ	代表寸法 LDH
RE-40IW5.5	150m³/min 2.45kPa	5.5kW×2	400	3799×750×785
RE-50IW11	250m³/min 2.94kPa	11kW×2	500	5159×840×869
RE-50IW15	300m³/min 3.92kPa	15kW×2	500	5159×840×869
RE-60IW15	400m³/min 2.94kPa	15kW×2	600	5219×1030×995
RE-60IW30	500m³/min 4.9kPa	30kW×2	600	5579×1030×995
RE-90IW30	700m³/min 3.43kPa	30kW×2	900	7373×1330×1313
RE-100IW37	1000m³/min 2.94kPa	37kW×2	1000	7389×1430×1439
RE-110IW55	1200m³/min 3.92kPa	55kW×2	1100	7595×1530×1520
RE-120IW55	1500m³/min 3.4kPa	55kW×2	1200	7494×1630×1625
RE-120AW65	1800m³/min 1.96kPa	55kW×2	1200	7708×1630×1725
RE-120IW80	1500m³/min 4.9kPa	80kW×2	1200	9701×1630×1625
RE-120RAW80	2400m³/min 1.96kPa	80kW×2	1200	9803×1630×1725
RE-125MW110	2000m³/min 4.9kPa	110kW×2	1250	10472×1700×1735
RE-130IW110	2000m³/min 4.9kPa	110kW×2	1300	10110×1730×1725
RE-130RAW110	2000m³/min 4.9kPa	110kW×2	1300	10618×1640×1866
RE-170IS75	3000m³/min 0.98kPa	75kW	1700	9362×2220×2200
RE-170IW150	3000m³/min 3.43kPa	150kW×2	1700	10665×2220×2200
RE-170AW160	3000m³/min 4.9kPa	160kW×2	1700	10405×2220×2200
RE-170GW200	4000m³/min 3.43kPa	200kW×2	1700	10857×2220×2365

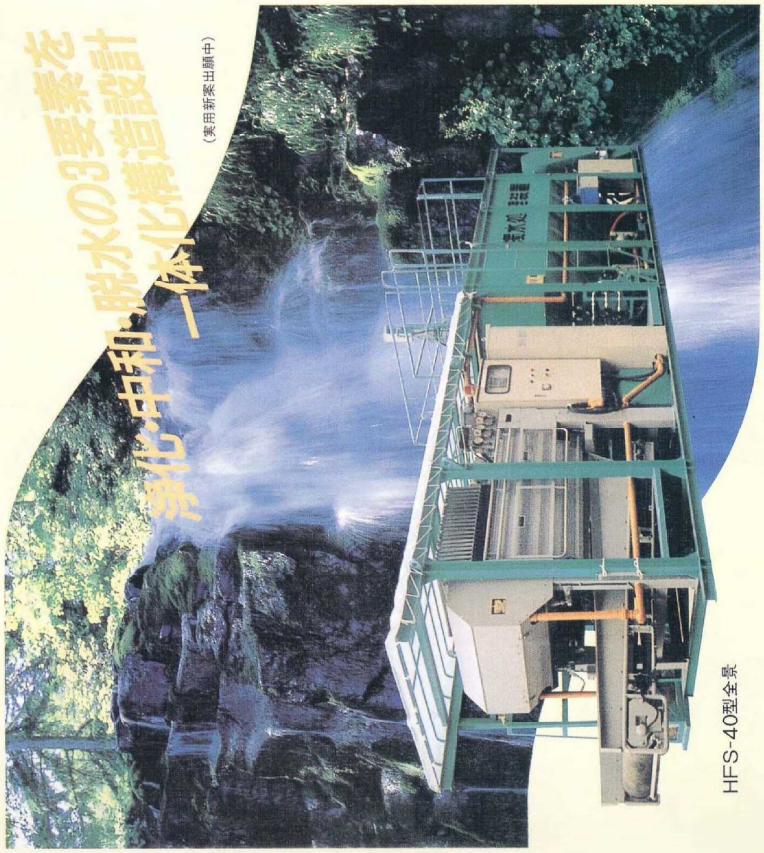
※このカタログ以外に手軽流ファン・サイレントエースを始め、多種多様の低騒音ファンも用意してあります。
※このカタログに掲載した内容は、予告なく変更することがありますのでご了承下さい。

参考：濁水処理設備　カタログ

ナラサキ HFS型シリーズ

ポータブル型濁水処理装置

HFS-20型　HFS-40型　HFS-60型　HFS-100型



HFS-40型全景

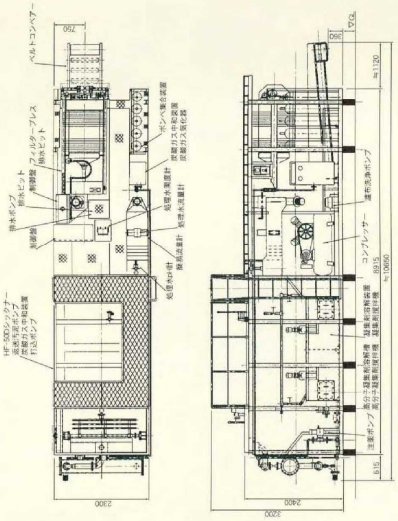
ナラサキの濁水処理機

株式会社 櫓崎製作所

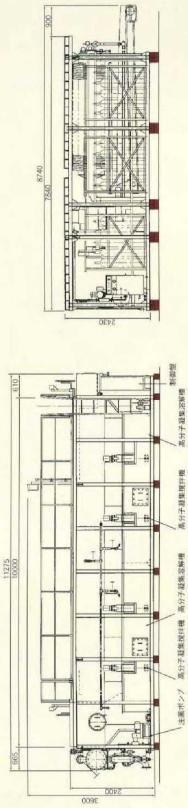
■外形寸法

型　式	L	総重量
HFS-20	9,200mm	9,000kg
HFS-40	10,600mm	11,000kg
HFS-60	9,100mm	7,000kg
	7,700mm	8,000kg
HFS-100	11,500mm	9,000kg
	8,800mm	10,000kg

■図面例　HFS-20・HFS-40を示す



■図面例　HFS-60・HFS-100を示す（2分割フレーム）



標準仕様に、HFS-150型（3分割フレーム）を追加完成済

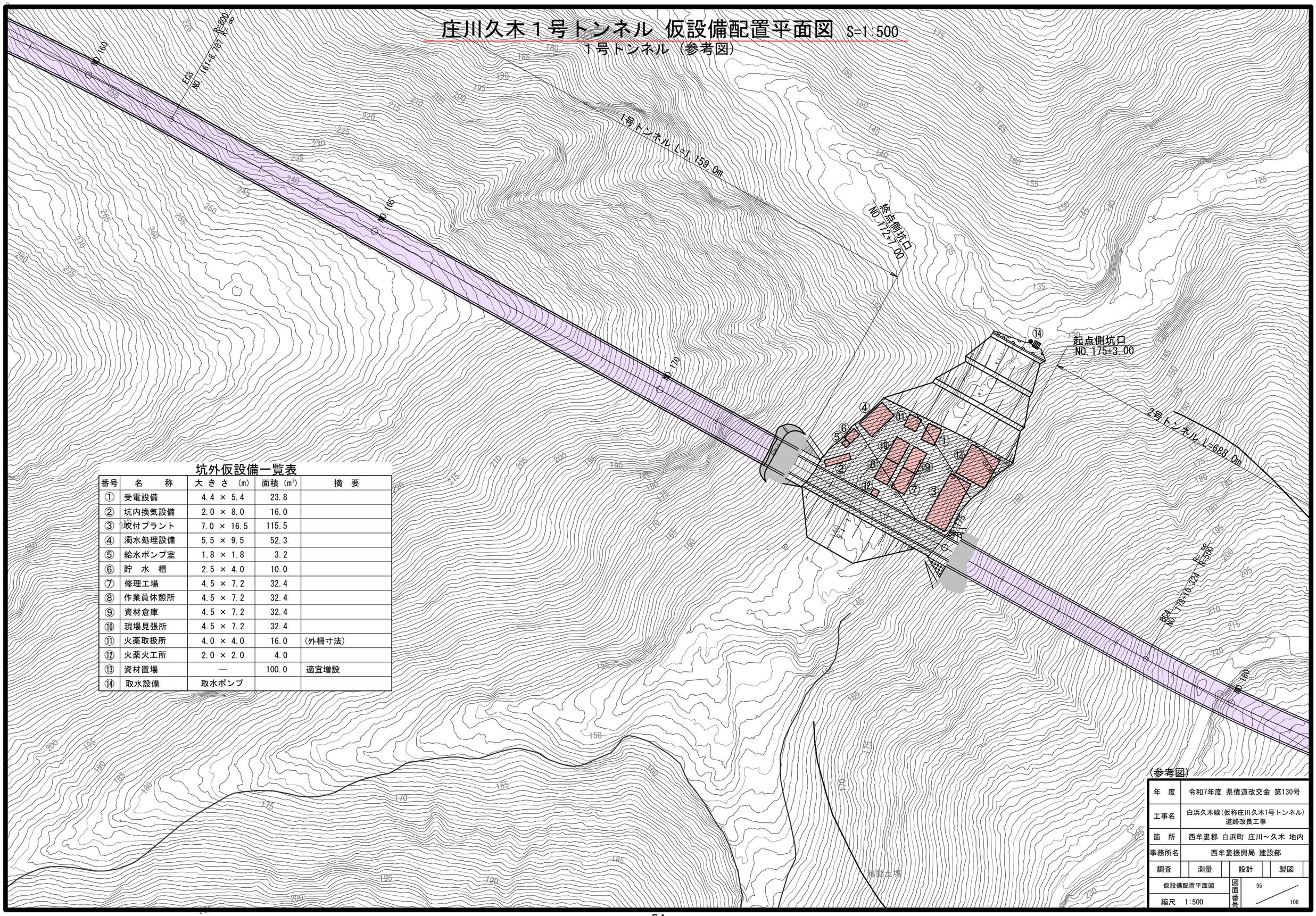
水処理プラントメーカー

株式会社 櫓崎製作所

本　社　〒963-8370　室蘭市崎守町３８５番地　TEL(0143)-59-3611 FAX(0143)-59-4608
札幌支店　〒060-0001　札幌市中央区北１条西4丁目2番2号 札幌ノースプラザ(11階)　TEL(011)-241-0338 FAX(011)-251-7852
仙台営業所　〒980-0021　仙台市青葉区中央３丁目２番１号 青葉通プラザ(11階)　TEL(022)-221-2391 FAX(022)-263-2859

庄川久木１号トンネル 仮設備配置平面図 S=1:500

１号トンネル（参考図）



坑外仮設備一覧表

番号	名　　称	大 き さ (m)	面積 (m²)	摘　要
①	受電設備	4.4 × 5.4	23.8	
②	坑内換気設備	2.0 × 8.0	16.0	
③	吹付プラント	7.0 × 16.5	115.5	
④	濁水処理設備	5.5 × 9.5	52.3	
⑤	給水ポンプ室	1.8 × 1.8	3.2	
⑥	貯　水　槽	2.5 × 4.0	10.0	
⑦	修理工場	4.5 × 7.2	32.4	
⑧	作業員休憩所	4.5 × 7.2	32.4	
⑨	資材倉庫	4.5 × 7.2	32.4	
⑩	現場見張所	4.5 × 7.2	32.4	
⑪	火薬取扱所	4.0 × 4.0	16.0	(外柵寸法)
⑫	火薬火工所	2.0 × 2.0	4.0	
⑬	資材置場	—	100.0	適宜増設
⑭	取水設備	取水ポンプ		

(参考図)

年　度	令和7年度 県債道改交金 第130号
工事名	白浜久木線(仮称庄川久木1号トンネル)道路改良工事
箇　所	西牟婁郡 白浜町 庄川～久木 地内
事務所名	西牟婁振興局 建設部
調査	測量 / 設計 / 製図
仮設備配置平面図	図面番号 95 / 108
縮尺 1:500	

3　施工設備計画

3.1　概　要

トンネル工事に必要となる各種使用機械や諸設備の内容と規模について検討し、工事用の使用電力を算定する。検討にあたって参照する主な基準類は、以下のとおりである。

・国土交通省 土木工事標準積算基準書（河川・道路編）
　令和５年度版 建設物価調査会 ［以下、積算基準書］

・建設機械等損料表
　令和３年度版 日本建設機械施工協会 ［以下、損料表］

・ずい道等建設工事における換気技術指針
　建設業労働災害防止協会 令和 3 年 4 月 28 日発行 ［以下、換気技術指針］

3.2　換気設備

工事用換気設備の検討は、換気技術指針に準拠する。

(1)　換気対象項目

トンネル工事をＮＡＴＭ（吹付け、ロックボルト）の発破掘削方式で施工する場合、換気対象となる有害ガスは、作業員の呼気、発破の後ガス、発破粉じん、ディーゼル機械の排出ガス、吹付コンクリート作業時の粉じん等によるものである。有害ガスとしては、一酸化炭素（CO)、窒素酸化物（NOx)、炭酸ガス（CO_2）等があり、許容濃度は表 11.3.2.1 のとおりである。

表 11.3.2.1　有害ガス許容濃度

有害ガス	許容濃度
CO	50ppm
NO_x	25ppm
CO_2	5,000ppm

工事中の換気量には、以下の項目を対象に検討する。(表 14.3.3 参照)

①坑内作業員の呼気：Q1

②発破の後ガスおよび発破の粉じん：Q2

③ディーゼル機関の排ガス：Q3

④吹付けコンクリートの粉じん：Q4

⑤望ましい坑内風速の保持：Q5

所要換気量は、上記の表のQ2～Ｑ４の最大値に呼気の必要換気量（Q1）を加えた値を採用する。

(2)　換気方式

トンネルの換気はトンネル内で発生する有害ガス、粉じん等の空気汚染物質を合理的に集じん排気するか、新鮮な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拡散希釈方式、希釈封じ込め方式、吸引捕集方式があり、それぞれに送気式、排気式、送・排気組合せ式が考えられる。

表 11.3.2.2　換気方式の種類

換気方法		処理方式	換気方式	備　考
強制換気	風管換気法	拡散希釈方式	①送気式	換気ファン
			②排気式	換気ファン+(除じん機)
			③送・排気組合せ式	〃
		希釈封じ込め方式	④送気・集じん式	換気ファン+集じん機
			⑤排気・集じん式	換気ファン+集じん機+(除じん機)
			⑥送・排気組合せ・集じん式	〃
		吸引捕集方式	⑦送気・吸引捕集式	換気ファン+集じん機+吸引ダクト
			⑧吸引捕集排気式	〃
			⑨吸引捕集集じん排気式	〃
	坑道換気法		⑩坑道式	長大トンネルに適用
自然換気	自然換気法		⑪大気通風	

換気技術指針 p.67 に加筆

国土交通省標準積算基準書における換気設備の標準的な組合せが「送風機と集じん機」であること、および施工実績から、表 11.3.2.2 のうち、④送気・集じん式と⑦送気・吸引捕集式について検討する。（以下、④は希釈封じ込め方式、⑦は吸引捕集方式と記載する。）

各方式の特徴は以下のとりである。

④送気・集じん式の特徴　　（記号説明　◎：長所　▼：短所　▽留意事項）

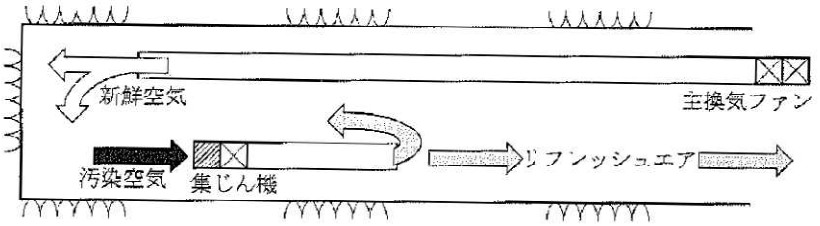


図 11.3.2.1　送気・集じん式の基本配置図

◎ 切羽の環境改善とともに集じん機風量と主送風量とのバランスにより風管のラップ部にエアカーテン効果が発生し、汚染空気を封じ込め、後方への拡散を防止する。
◎ 集じん機で除じんされ、リフレッシュエアで希釈される。
◎ 風管は軟管の使用が可能であり、延伸が容易である。
▽ 主換気ファンと集じん機の風量バランス制御が必要である。

⑦送気・吸引捕集式の特徴

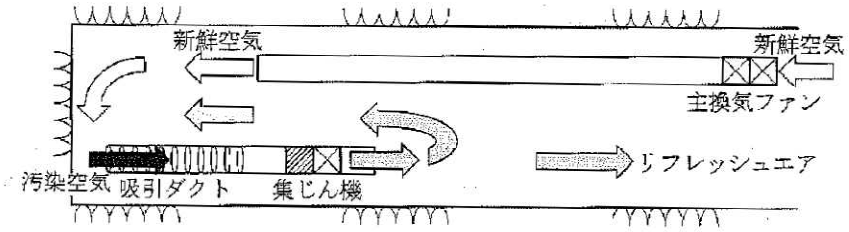


図 11.3.2.2　送気・吸引捕集式の基本配置図

◎ 新鮮な空気を切羽に送り込むため、切羽の作業環境の早期改善がなされ、環境も良い。
◎ 粉じんを発生源付近で捕集するため、拡散領域が狭く、汚染部が最小となる。
◎ 汚染空気を直接捕集し拡散させないため、主換気ファンの風量を抑えてコスト低減できる。
▼ 吸引ダクトの設備が高価である。

（出典：換気技術指針 p.68～70）

(3)　換気量の算定

換気量を算定する。算定は表 11.3.2.3 による。

表 11.3.2.3　換気量算定式一覧（1）

項　　目		算　　出　　式
Q_1	坑内作業員の呼気	Q1＝q1・N1 ただし、q_1：作業員１人当りの換気量＝3 m^3/min N_1：坑内作業員の最大人数（人）
Q_2	発　　破	Q2＝max（Q2a、Q2b new） ただし、Q_{2a}は発破の後ガスに対する所要換気量(m^3/min) $Q_{2b\ new}$は発破の紛じんに対する所要換気量(m^3/min) **＜後ガス＞** $Q_{2a}=\dfrac{K\cdot V}{\alpha\cdot t}$ V：１発破による換気対象有害ガスの発生量（m^3） V＝AT・ΔL・κ・X ここに、AT：トンネル断面積（m^2） ⊿L：１発破進行長 κ：地山 1m^3に対する火薬使用量（kg/m^3） X：火薬 1kg より発生する有害物質量 α：一酸化炭酸（Co ）の管理目標濃度：50ppm α：窒素酸化物（NO_x）の管理目標濃度：25ppm t：所要換気時間（min） K：換気係数(0.4)：送気式のため見込まないK＝1.0 とする **＜粉じん＞** **①希釈方式（拡散希釈方式、希釈封じ込め方式）の場合** $Q_{2b}=\dfrac{K\cdot S}{(Ea-Eo)\cdot t}$ ただし、S：１発破による換気対象有害物質の発生量（m^3） S＝AT・ΔL・κ・X’ ここに、AT　：トンネル断面積（m^2） ΔL　：１発破の掘進長（m） κ　：地山 1m^3に対する火薬使用量（kg/m^3） X’　：火薬 1kg より発生する粉じん発生量 Ea：粉じんの管理目標濃度（3mg／m^3） Eo：拡散希釈に用いる空気濃度（mg／m^3） 送気式(外気)：0.07 mg／m^3 排気式(坑内)：0.3 mg／m^3 t：所要換気時間（min）：20 min K：換気係数：0.4 ※令和２年７月改定「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」に基づく１サイクル平均の粉じん濃度目標レベルである２mg/m^3を達成するために、上記換気量に 1.2 倍を乗じる。 $Q_{2b\ new}=Q_{2b}\times\beta'$ $Q_{2b\ new}$：１サイクル平均の粉じん濃度目標レベルである２mg/m^3を達成するための所要風量(m^3/min) β´　：所要風量換算係数＝1.2 **②吸引捕集方式の場合** **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 Q_{2a} とする。**

表 11.3.2.3　換気量算定式一覧（2）

項　　目		算　　出　　式
Q_3	ディーゼル機械の排気ガス	$Q_3=(Hs\cdot qs\cdot \alpha s)+(H_D\cdot q_D\cdot \alpha_D)+(H_E\cdot q_E\cdot \alpha_E)$ Hs, H_D, H_E　：使用機械の総出力（Kw） qs, q_D, q_E　：実出力当りの換気量（m^3/min･Kw） $\alpha s, \alpha_D, \alpha_E$：負荷率
Q_4	吹付けｺﾝｸﾘｰﾄの粉じん	**①拡散希釈方式の場合（希釈封じ込め方式も同じ）** ◆適用条件：掘削断面積 40～100 m^2 の範囲 ：吹付け機定格出力 15～30 m^3/h の範囲 **Ｆo＝360・Ｐo・α又はＦo＝600・Ｐr・α** Ｆo：粉じん発生量（mg／min） 360：定数（定格吐出量の場合） 600：定数（実吐出量の場合） Ｐo：吹付け機定格吐出量（m^3/h） （2 台以上が同時に稼働する場合は、それぞれの定格吐出量を加算する） Ｐr：吹付け機実吐出量（m^3/h） （2 台以上が同時に稼働する場合は、それぞれの実吐出量を加算する） α　：粉じん発生量低減対策による低減効果係数 α＝1.0　対策なし α＝0.75　粉じん低減剤・ＳＥＣコンクリート・微粒分混入 α＝0.6　スラリー急結剤吹付け α＝0.4　液体急結剤・エアレス吹付け 拡散希釈に必要な所要風量 Q_{4a} は次式によって求める。 $Q_{4a}=\dfrac{Fo}{G_a-G_o}$ Q_{4a}：所要風量（m^3/mim） G_a　：粉じん濃度ピーク時制御目標レベル(3mg/m^3 以下) G_o：拡散希釈に用いる空気の濃度(mg/ m^3) 送気式（外気）0.07 mg/ m^3 排気式（坑内）0.3 mg/ m^3 ※令和２年７月改定「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」に基づく１サイクル平均の粉じん濃度目標レベルである 2mg/m^3を達成するために、上記換気量に 1.2 倍を乗じる。 $Q_{4a\ new}=Q_{4a}\times\beta$ $Q_{4a\ new}$：１サイクル平均の粉じん濃度目標レベルである２mg/m^3を達成するための所要風量(m^3/min) β　：所要風量換算係数＝1.2 **②吸引捕集方式の場合** **QD≧At・v・60** ただし、Q_D：吸引風量（m^3／min） At：トンネル掘削断面積（m^2） v　：制御風速 ・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：0.4 m/s 以上 ◆条件：有害ガス希釈を満足するため Q_D≧1.2 Qa が成立すること
Q_5	坑内の保持すべき風速	坑内風速 0.3m/s：粉じん対策、排ガス対策等がおこなわれた場合でも坑内風速は 0.3m/s を保持することが望ましい。 ただし ・メタンの逆流防止を図る場合：0.5m/s 以上 ・メタンが定常的に湧出しておりメタンレアを消散させる場合：1.0m/s 以上

1) 坑内作業員の呼吸に対する換気量

$Q_1 = q_1 \times N_1$

ここに、Q_1：所要換気量（m^3/min）

q_1：作業員１人当たりの所要換気量＝3.0 m^3/min

N_1：坑内の最大作業人数＝17 人(掘削と覆工の並行作業時)

表 11.3.2.4　掘削作業の編成人員表

	掘　削	覆　工	合計
	全断面、上半、下半		
切羽監視責任者	1 人	―	1 人
トンネル世話役	1 人	1 人	2 人
トンネル特殊工	6 人	6 人	12 人
トンネル作業員	1 人	2 人	3 人
合　　計	9 人	9 人	18 人

∴Q1＝18 人×3.0 m^3/min＝<u>54m^3/min</u>

2) 発破を使用する場合の換気量

(a)発破の後ガスに対する換気量（Q_{2a}）

$$Q_{2a} = K \cdot \frac{V}{\alpha \cdot t}$$

ここに、Q_{2a}：所要換気量（m^3/min）

K　：換気係数…送気式のため見込まないK＝1.0

V　：１発破による有害物質の発生量（m^3）

α　：一酸化炭素（Co）の管理目標濃度（50ppm）

α　：窒素酸化物（No_x）の管理目標濃度（25ppm）

t　：所要換気時間（min）20min

※換気時間について（換気技術指針 p102 より転載）

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

これより、本検討では 20 分とする。

１発破による有害物質の発生量は次式で求められる。

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

ここに、AT ：トンネル断面積（m^2）

ΔL：１発破の掘進長（m）

κ ：地山 $1m^3$ に対する火薬使用量（kg/m^3）

X ：火薬 1kg より発生する有害物質量

CO：5×10^{-3}（m^3/kg）含水爆薬

Nox：1.5×10^{-3}（m^3/kg）含水爆薬

ここで、火薬使用量が最も多いＣＩパターンにおいて、発生量を算出する。

・１発破に使用する火薬量

ＣＩ断面： $49.709m^2$（設計掘削断面積）$\times 1.5m \times 0.8kg/m^3 = 59.7kg$

・一酸化炭素（Co）

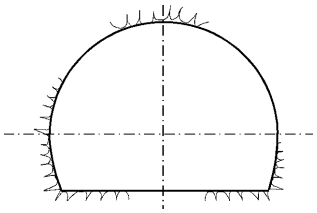
発生量∴Co について

$V = 59.7 \times 5.0 \times 10^{-3} = 0.299m^3$

$\alpha = 50ppm = 50 \times 10^{-6}$

$t = 20min$

$$\therefore Q_{2a} = \frac{0.299}{50 \times 10^{-6} \times 20} = 299m^3/min$$



ＣＩ（全断面）=49.709 ㎡

・窒素酸化物（No x）

発生量∴No_x について

$P = 59.7 \times 1.5 \times 10^{-3} = 0.090m^3$

$\alpha = 25ppm = 25 \times 10^{-6}$

$t = 20min$

$$\therefore Q_{2a} = \frac{0.090}{25 \times 10^{-6} \times 20} = 180m^3/min$$

以上より、発破の後ガスに対する換気量は一酸化炭素（Co）の$Q_{2a} = 299m^3/min$となる。

(b) 発破の粉じんに対する換気量（Q_{2b}）

①希釈封じ込め方式の場合

$$Q_{2b\ new}=\frac{K\cdot S}{(Ea-Eo)\cdot t}\times\beta$$

ここに、$Q_{2b\ new}$：所要換気量（m^3/min）

K　：換気係数＝0.4

S　：１発破による粉じん発生量（mg）

Ｅａ：粉じんの管理目標濃度（3mg／m^3）

Ｅｏ：拡散希釈に用いる空気濃度（送気式 0.07mg／m^3）

t　：所要換気時間＝20min

β　：所要風量換算係数＝1.2

１発破による粉じんの発生量は、次式で求められる。

$$S=AT\cdot\Delta L\cdot\kappa\cdot X'$$

ここに、AT　：トンネル断面積（m^2）

ΔL：１発破の掘進長（m）

κ　：地山 1m^3 に対する火薬使用量（kg/m^3）

ΔL：１発破の掘進長（m）

X'　：火薬 1kg より発生する粉じん発生量（2,000mg／kg）（含水爆薬）

火薬使用量が多いＣＩパターンについて、発破粉じんの発生量を算出する。

・１発破に使用する火薬量

ＣＩ断面：49.709m^2（設計掘削断面積）×1.5m×0.8kg/m^3＝59.7kg

・１発破の粉じん発生量

S＝59.7×2,000mg/kg＝119,400mg

所要換気量は、以下のとおりとなる。

$$\therefore Q_{2b}=\frac{0.4\times119,400}{(3-0.07)\times20}\times1.2=978m^3/min$$

以上、希釈封じ込め方式の場合の発破粉じんに対する所要換気量は、Q_{2max}＝978m^3/min となる。

②吸引捕集方式の場合

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 Q_{2a} とする。

$\therefore Q_2=Q_{2a}$ ＝299m^3/min となる。

3) 工事用車両の排気ガスに対する換気量（Q_3）

排気ガスに対する換気量は次式により算出する。

$$Q_3 = (H_S \cdot q_S \cdot \alpha_S) + (H_D \cdot q_D \cdot \alpha_D) + (H_E \cdot Q_E \cdot \alpha_E)$$

ここに、 H_S：ショベル系の使用機械の総出力（kw）

H_D：ダンプ系の　　〃　　（〃）

H_E：その他機械の　　〃　　（〃）

q_S：ショベル系の出力当たりの換気量（m^3/min・kw）

q_D：ダンプ系の　　〃　（　〃　）

q_E：その他機械の　　〃　（　〃　）

α_S：ショベル系の負荷率

α_D：ダンプ系の 〃

α_E：その他機械の 〃

① 出力当たりの換気量及び負荷率（q・α）

ディーゼル機関の出力当たりの換気量及び負荷率は表 11.3.2.5 のとおりとする。

表 11.3.2.5　実出力当たりの換気量(q)　（m^3/min/kW）

排気ガス規制 出力区分：P(kW) ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ機関搭載機械の種別	①排出ガス対策型建設機械 ②道路運送車両法（ディーゼル特殊自動車）排出ガス規制適合車 ③オフロード法排出ガス規制適合車					負荷率
	①第1次基準	①第2次基準 ②H15年規制	①第3次基準 ②③H18年規制	②③H23年規制		
	30≦P＜272	75≦P＜560	75≦P＜560	75≦P＜130	130≦P＜560	
ショベル系	4.9	3.2	1.9	1.8	1.1	0.5
ﾀﾞﾝﾌﾟﾄﾗｯｸ(坑内用)	4.9	3.2	1.9	1.8	1.1	0.25
排気ガス規制 ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ機関搭載機械の種別	道路運送法（ディーゼル重量車） 排出ガス規制適合車					負荷率
	H9年規制	H15年規制	H17年規制	H21年規制	H26年規制	
	2.5t＜ＧＶＷ		3.5t＜ＧＶＷ			
ダンプ系（普通）	2.4	1.8	1.1	0.6	0.6	0.2
その他機械	2.4	1.8	1.1	0.6	0.6	0.2

出典：換気技術指針 p.105

② 排気ガスに対する換気量の算定

トンネル内の各種作業について、ディーゼル機関の出力当り換気量、負荷率等から所要換気量を算定する。(表 11.3.2.6 参照)

ずり出し作業と覆工作業の併行作業時が最大となることから、工事用車両の排気ガスに対する換気量は、Q_3 =1,012 m^3/min となる。

表 11.3.2.6　トンネル内の作業機械出力一覧表(発破掘削)

区　分		機　械	規　格	排出基準	出力(kW)①	実出力当り換気量(m³/min･kW)②	負荷率 α ③	台数 n(台) ④	換気量(m³/min) ①*②*③*④	穿　孔	ずり出し	吹付け	支保工	覆　工
ショベル系	掘　削	ドリルジャンボ	3ブーム	第3次	119	1.9	0.5	1	113	113				
		ホイールローダ	2.3 m³級	第2次	140	3.2	0.5	1	224		140			
		大型ブレーカ	B.M 20t級	第3次	104	1.9	0.5	1	99		(99)			
		バックホウ	山積0.45 m³	第3次	60	1.9	0.5	1	57		57			
	吹付け	コンクリート吹付機		第3次	186	1.9	0.5	1	177			177		
ダンプ系	掘　削	ダンプトラック	10t		246	3.2	0.25	3	590		590			
その他	吹付け	トラックミキサ	4.4 m³		213	1.8	0.2	1	77			77		
	支保工	ドリルジャンボ		第3次	119	1.9	0.5	1	113				113	
		トラック(クレーン付)	4t積		132	1.8	0.2	1	48				48	
		トラック	2t積		98	1.8	0.2	1	35				35	
	覆　工	コンクリートポンプ車	90～110 m³/h		199	1.8	0.2	1						72
		トラックミキサ	4.4 m³		213	1.8	0.2	2						153
小　計(m³/min)										113	787	254	196	225
併行作業時の最大所要換気量(m³/min)　ずり出し＋覆工										Q_3＝787＋225＝1012 m³/min				

※1.　上表は、「換気技術指針 p.209」に一部加筆

※2.　出力(kW)は「建設機械等損料表」による

4) 吹付コンクリート作業時の粉じん

トンネル内でコンクリート吹付け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、及び有害ガス希釈風量との比較等により換気方式を検討する。換気方式では、拡散希釈方式や希釈封じ込め方式と吸引捕集方式を比較検討し、坑内環境等総合的に有利な方式を選定する。

①希釈封じ込め方式

拡散希釈封じ込め方式では、吹き付け粉じんの発生量をを推計し、希釈風量によって粉じん濃度を目標レベルに低減する。

粉じん発生量は次式によって求める。

$F_o = 360 \cdot P_o \cdot \alpha$ または $F_o = 600 \cdot P_r \cdot \alpha$

ここに、F_o：粉じん発生量（mg/min）

360：定数（定格吐出量の場合）

600：定数（実吐出量の場合）

P_o：吹付け機定格吐出量（m^3/h）＝22 m^3/h

（2 台以上が同時に稼働する場合は、それぞれの定格吐出量を加算する）

Pr：吹付け機実吐出量（m^3/h）

（2 台以上が同時に稼働する場合は、それぞれの定格吐出量を加算する）

α：粉じん発生量低減対策による低減効果係数

ケース①　$\alpha = 1$　対策なし

ケース②　$\alpha = 0.75$　粉じん低減剤・SEC コンクリート・微粒分混入

ケース③　$\alpha = 0.6$　スラリー急結剤吹付け

ケース④　$\alpha = 0.4$　液体急結剤・エアレス吹付け

拡散希釈に必要な所要風量Q_{4a}は次式によって求める。

$Q_{4a} = F_o / (G_a - G_o)$

ここに、Q_{4a}：所要風量（m^3/min）

G_a：粉じん濃度ピーク時制御目標レベル（3mg／m^3以下）

G_o：拡散希釈に用いる空気の濃度（mg/m^3）

送気式（外気）0.07 mg/m^3

なお、令和２年７月改定「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」に基づく１サイクル平均の粉じん濃度目標レベルである 2mg/m^3を達成するために、上記換気量に 1.2 倍を乗じる。

$Q_{4a\,new} = Q_{4a} \times \beta$

$Q_{4a\,new}$：１サイクル平均の粉じん濃度目標レベルである２mg/m^3を達成するための所要風量（m^3/min）

β：所要風量換算係数＝1.2

以上より、所要風量（Q_{4a} new）は、粉じん発生量低減対策別に次のとおりとなる。

ケース①　α＝1　…　Q4a　new＝[(360×22×1.00) / (3-0.07)]×1.2＝3,244 (m^3/min)

ケース②　α＝0.75…　Q4a　new＝[(360×22×0.75) / (3-0.07)]×1.2＝2,433 (m^3/min)

ケース③　α＝0.6 …　Q4a　new＝[(360×22×0.60) / (3-0.07)]×1.2＝1,946 (m^3/min)

ケース④　α＝0.4 …　Q4a　new＝[(360×22×0.40) / (3-0.07)]×1.2＝1,297 (m^3/min)

②吸引捕集方式

吸引捕集方式は粉じんの吸込み口切羽直近にあり、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。

吸引捕集方式の吸込風量は、粉じん発生量に関係なく、切羽をリ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。

$Q_{Db} \geqq At \cdot v \cdot 60$

ここに、QD：吸込風量 (m^3／min)

At：トンネル掘削断面積 (m^2) ＝53.402m^2(DⅢ上下半設計掘削断面積)

v：制御風速＝0.4 m/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$Q_D \geqq 1.2Qa$が成立すること）

QD＝53.402×0.4×60＝1,282 m^3/min

5) 坑内風速から算定される換気量

「ずい道工事等における換気技術指針」によると、望ましいトンネル風速として0.3m/s が提唱されている。これより、所要換気量を算出する。

$Q_5 = 60 \times V \times A$

ここに、V：0.3m/s(望ましい坑内風速)

A：53.402 m^2

以上より、Q_5＝60×0.3×53.402＝ 961 m^3／min

6）所要換気量の設定

前項までの計算結果から、次表に所要換気量を設定する。

表 11.3.2.7　所要換気量一覧表　　(m^3/min)

<table>
<tr><th>記　号</th><th colspan="2">項　　目</th><th>希釈封じ込め方式</th><th>吸引捕集方式</th><th>備　考</th></tr>
<tr><td>Q1</td><td colspan="2">坑内作業員の呼気</td><td>54</td><td>54</td><td></td></tr>
<tr><td>Q2a</td><td colspan="2">発破の後ガス</td><td>299</td><td>299</td><td></td></tr>
<tr><td>Q2b new_w</td><td colspan="2">発破の粉じん</td><td>978</td><td>―　※</td><td></td></tr>
<tr><td>Q3</td><td colspan="2">ディーゼル機関
の排気ガス</td><td>816</td><td>1,012</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">Q4a new</td><td rowspan="4">吹付コンクリートの粉じん</td><td>ケース①
対策なし
α=1.0</td><td>3,244</td><td rowspan="4">―　※</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>ケース②
粉じん低減剤
α=0.75</td><td>2,433</td></tr>
<tr><td>ケース③
スラリー急結剤
α=0.6</td><td>1,946</td></tr>
<tr><td>ケース④
液体急結剤
α=0.4</td><td>1,297</td></tr>
<tr><td>Q5</td><td colspan="2">坑内風速(0.3m/s 保持)</td><td>961</td><td>961</td><td></td></tr>
<tr><td>QD</td><td colspan="2">吸引風量</td><td>―</td><td>1,282</td><td>QD≧1.2Qa OK</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Q a</td><td colspan="2" rowspan="4">所用換気量</td><td>ケース①　3,298</td><td rowspan="4">1,066</td><td rowspan="4">希釈封じ込め方式の場合
$=Q_1+Q_{(2\sim5)max}$
吸引捕集方式の場合
$=Q_1+Q_{(2a,3,5)max}$</td></tr>
<tr><td>ケース②　2,487</td></tr>
<tr><td>ケース③　2,000</td></tr>
<tr><td>ケース④　1,351</td></tr>
</table>

※吸引捕集方式の場合は切羽で直接吸引するため、送風機の換気計算には見込まない。

(4)　送風機と集じん機の検討

1）送風条件設定

①所要換気量(Ｑa)

・希釈封じ込め方式

ケース①＝3,298(m³/min)　〔対策無し〕

ケース②＝2,487(m³/min)　〔粉じん低減剤〕

ケース③＝2,000(m³/min)　〔スラリー急結剤〕

ケース④＝1,351(m³/min)　〔液体急結剤〕

・吸引捕集方式＝1,066(m³/min)

② 換気風管延長：　L＝トンネル延長－40m(切羽からの控え長)＋坑外風管長

＝1159.0-40+10.5≒1130m

2）風管内の平均風速と風管径

管内風速（V）の動力費に占める要因は大きく、圧力損失すなわち動力費は V^2 に比例して大きくなるので風速を早めるほど送風機の動力も増大することになる。風管径が大きいほど風速が小さくなり、圧力損失も小さくなるので動力費等も少なくなるが、トンネル断面などによって配置できる風管の大きさが決まってくる。管内風速は施工期間や施工延長を考慮して決める必要がある。望ましい管内風速として、送気式で V=10～15m/sec、排気式で V=15～20m/sec(風管内での粉塵の沈着防止)とされている。

風管内の平均風速は次式で求める。

$$v = Qa/(60 \times Ad)$$

ここに、

ｖ：管内平均風速(m/sec)

Ｑa：所要換気量(m³/min)

Ａd：風管の断面積(m²)

当該トンネル断面は狭小であり、風管径が大きいと施工性が低下することから管内風速は最大15m/sec 程度として計画する。各ケースの風管径と管内風速の目安を次表に示す。

表 11.3.2.8　風管径と管内風速

項　目	記号・算式(単位)	希釈封じ込め方式				吸引捕集方式
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	
所要換気量	Ｑa(m³/min)	3,298	2,487	2,000	1,351	1,066
	Ｑa(m³/sec)	54.97	41.45	33.33	22.52	17.77
風速(仮定)	ｖ(m/sec)	15	15	15	15	15
必要断面積	An= Qa/ｖ(m²)	3.66	2.76	2.22	1.50	1.18
必要風管径	Dn=√4×An/π(m)	2.16	1.88	1.68	1.38	1.20
使用風管径	Ｄd(m)	2.0	1.9	1.7	1.4	1.20
風管断面積	Ａ(m²)	3.142	2.835	2.27	1.54	1.13
管内風速	V=Qa /Ａ(m/sec)	17.5	14.6	14.7	14.6	15.7

3) 圧力損失と漏風計算

① 風管直管の圧力損失

$h = \lambda \cdot (\rho/2) \cdot (Ld/Dd) \cdot V^2 \cdot 10^{-3}$

ここに、h　：直管の圧力損失（kPa）

λ　：直管部の圧力損失係数（表 11.3.2.9 参照）

ρ　：空気の密度＝1.2 kg/m³

Ｌｄ：風管の長さ＝1,130m

Ｄｄ：風管の直径（m）

Ｖ　：管内平均風速（m/s）

表 11.3.2.9　直管部の圧力損失係数（λ）

風管の種類＼風管径	750 以上 1,000mm 未満	1,000 以上 1,500mm 未満	1,500mm 以上
硬管	0.030	0.025	0.020
軟管（リング付）	0.035	0.030	0.030
軟管（リングなし）	0.025	0.025	0.020

（出典：換気技術指針p.156）

② 風管各部の圧力損失

$hb = \zeta \cdot (\rho/2) \cdot V^2 \cdot 10^{-3}$

ここに、hb：入口部、出口部、曲り部等の圧力損失（kPa）

ζ　：入口部、出口部、曲り部等の圧力損失係数

ベント管１箇所　…0.50×1＝0.50

拡がり管１箇所　…0.59×1＝0.59

管の吹出口１箇所…1.00×1＝1.00

合計＝2.09

ρ　：空気の密度＝1.2 kg/m³

Ｖ　：管内風速（m/s）

③ 風管全体の圧力損失

$h_T = h + hb$

4) 風管の漏風量

$q = \alpha \times h_T \times 10^{-2} \times \pi \times Dd \times (Ld/a)$

ここに、q：風管の漏風量（m³/min）

α：風管の種類による係数…ファスナ式樹脂加工布＝20

h_T：圧力損失（kPa）

Dd：風管径（m）

Ld：風管延長=1,130m

ａ：風管の継ぎ手間隔=10m

5）漏風を考慮した送風機風量と圧力

$Qf = Qa/(1-m)$

$hf = h_T/(1-m)$

$m = \beta \cdot (Ld/100)$　　ただし、$(0 < m < 0.5)$

ここに、Ｑｆ：換気ファンの送風量（m^3/min）

ｈｆ：換気ファンの圧力（kPa）

ｍ　：風管全長における漏風率

β　：風管 100ｍ当りの漏風率(表 11.3.2.10 参照)

表 11.3.2.10　風管の 100ｍ当りの漏風率（β）

風管の種類 ＼ 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
硬管(スパイラル風管)	定尺長 4m	0.018	0.013	0.008
軟管(樹脂加工布風管) ファスナ式	定尺長 10m	0.020	0.015	0.010
	定尺長 100m	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。
（出典：換気技術指針p.159）

本計画では軟管ファスナ式、定尺長 10ｍを使用する。

6）換気ファンの所要容量の算定

① 換気ファンの容量(Ｑf)

$Qf1 = Qa + q$

$Qf2 = Qa/(1-m)$

ｈＴが 5.0kPa 以下の場合は、Ｑf2 の算定結果を採用する。

② 換気ファンの圧力(ｈｆ)

Ｑf2 を採用する場合は、次式のとおりとする。

$hf2 = h_T/(1-m)$

Ｑf1 を採用する場合は、次式のとおりとする。

$hf1 = (Qf1/Qa) \times h_T$

③ 換気ファンの理論動力（Ｎ）

$$N = \frac{Qf \times hf}{60 \times \eta f}$$

ηｆ：ファン効率（ηｆは定格点より低いため0.65とする）

7) 集じん装置の容量の算定

① 希釈封じ込め方式

$Qs = Ke \cdot (Qa / \eta_D)$

ここに、Qs：集じん装置の容量（m^3/min）

Ke：エアカーテンの効果係数＝1.2

Qa：所要換気量（m^3/min）

η_D：集じん効率

・フィルター式　η_D：＝0.95 とする。

・電　気　式　　η_D：＝0.92 とする。

ケース①　Qs＝1.2×(3,298÷0.95)＝4,166（m^3/min）…フィルター式

Qs＝1.2×(3,298÷0.92)＝4,302（m^3/min）…電気式

ケース②　Qs＝1.2×(2,487÷0.95)＝3,141（m^3/min）…フィルター式

Qs＝1.2×(2,487÷0.92)＝3,244（m^3/min）…電気式

ケース③　Qs＝1.2×(2,000÷0.95)＝2,526（m^3/min）…フィルター式

Qs＝1.2×(2,000÷0.92)＝2,609（m^3/min）…電気式

ケース④　Qs＝1.2×(1,351÷0.95)＝1,707（m^3/min）…フィルター式

Qs＝1.2×(1,351÷0.92)＝1,762（m^3/min）…電気式

② 吸引捕集方式

$Qs = (At \cdot Vc \cdot 60) / \eta_D$

ここに、Qs：集じん装置の容量（m^3/min）

At：トンネル掘削断面積＝53.402m^2

Vc：抑制風速=0.4m/sec

η_D：集じん効率

・フィルター式　η_D：＝0.95 とする。

・電　気　式　　η_D：＝0.92 とする。

Qs＝(53.402×0.4×60)÷0.95＝1,349（m^3/min）…フィルター式

Qs＝(53.402×0.4×60)÷0.92＝1,393（m^3/min）…電気式

8) 送風機と集じん装置の選定

前項で、換気方式や粉じん対策別の所要換気量、集じん装置の容量等を算定したが、希釈封じ込め方式のうち、ケース①およびケース②は所要換気量が大きく、「建設機械等損料表」に該当機種が示されていない。

ケース①

・所要換気量 3,298 ㎥/min＞送風機風量最大 3,000 ㎥/min(損料表 p12-5)

・集じん装置の容量 4,166 ㎥/min＞フィルタ式集塵機最大 3,000 ㎥/min(損料表 p6-15)

ケース②

・集じん装置の容量 3,141 ㎥/min＞フィルタ式集塵機最大 3,000 ㎥/min(損料表 p6-15)

よって、希釈封じ込め方式のケース③、ケース④、並びに吸引捕集方式に対して、換気設備の検討を行う。

(5) 送風機と集じん機の選定

検討ケース毎に送風機と集じん装置の算定(表 11.3.2.12)を行い、換気方式の経済比較(表 11.3.2.13)を行った。比較検討の結果、換気効果に優れ、経済的となる**「吸引捕集方式」を採用**する。

採用した換気設備内容を、表 11.3.2.11 に示す。

表 11.3.2.11 換気設備一覧

項　　目		設　　備
送気設備	送風機	反転軸流式・可変風量型(サイレンサ型) 風量 1,500 ㎥/min　4.9kPa　80kw×2
	風　管	φ1,200　L=1,130m 樹脂加工布風管(ファスナ式)　定尺長 10m)
	設置期間	切羽が坑口より 30m掘進時～貫通迄 3.42 ヶ月～18.09 ヶ月(貫通したものと想定)
	日当り運転時間	17 時間
集じん設備	集じん機	電気式　定格風量 2,000 ㎥/min　42kw
	付帯設備	伸縮風管　φ1,500　L=80m
	設置期間	切羽が坑口より 30m掘進時～貫通迄 3.42 ヶ月～18.09 ヶ月(貫通したものと想定)
	日当り運転時間	17 時間
吹付け工法		一般工法（粉じん低減剤不要）

表11.3.2.12 送風機と集じん装置の算定

	項目	記号	単位	注釈	希釈封じ込め方式		吸引捕集方式			
					ケース③	ケース④	ケース④			
換気設備	所要換気量	Qa	m^3/min		2000	1351	1066			
	風管直径	Dd	m		1.7	1.4	1.2			
	管内風速	V	m/s	V≦15.0m/s	14.7	14.6	15.7			
	直管の圧力損失	h	kPa		1.72	2.58	3.48			
	直管部圧力損失係係数	λ	—		0.02	0.025	0.025			
	空気の密度	ρ	kg/m^3		1.2	1.2	1.2			
	風管の長さ	Ld	m		1130	1130	1130			
	風管各部の圧力損失	hb	kPa		0.27	0.27	0.31			
	各部の圧力損失合計	ζ	—		2.09	2.09	2.09			
	風管全体の圧力損失	hT	kPa		1.99	2.85	3.79			
	漏風率	q	m^3/min		240	283	323			
	風管種類による係数	α	—		20	20	20			
	風管継ぎ手間隔	a	m		10	10	10			
	漏風を考慮した送風機風量	Qf1	m^3/min	漏風量より算定	2240	1634	1389			
	同上	Qf2	m^3/min	漏風率使用(5.9kPa以下の場合)	2247	1628	1284			
	風管全長における漏風率	m	—		0.11	0.17	0.17			
	風管100m当り漏風率	β	—		0.01	0.015	0.015			
	漏風を考慮した送風機圧力	hf1	kPa		2.23	3.45	4.94			
	同上	hf2	kPa		2.24	3.43	4.57			
	換気ファンの所要容量	Qf	m^3/min		2247	1634	1310			
	換気フアンの必要圧力	hf	kPa		2.24	3.43	4.57			
	換気ファンの理論動力	N	kw		129	144	154			
	換気フンの効率	ηf	—		0.65	0.65	0.65			
	送風ファン必要能力	風量		Qf 以上	2247	1634	1310			
		静圧		hf 以上	2.24	3.43	4.47			
		動力		N 以上	129	144	154			
集じん設備	集じん機のタイプ				フィルター式	電気式	フィルター式	電気式	フィルター式	電気式
	集じん装置の容量	Qs	m^3/min		2,526	2,609	1,707	1,762	—	—
			m^3/min		—	—	—	—	1,349	1,393
	エアカーテンの効果係数		—		1.2	1.2	1.2	1.2	—	—
	集じん効率		—		0.95	0.92	0.95	0.92	0.95	0.92
	トンネル堀削断面積		m^2		—	—	—	—	53.402	53.402
	抑制風速		m/s		—	—	—	—	0.4	0.4
算定結果	送風設備	換気ファン			反転軸流式・可変風量型 (サイレンサ型)3,000m^3/min		反転軸流式・可変風量型 (サイレンサ型)2,000m^3/min		反転軸流式・可変風量型 (サイレンサ型)1,500m^3/min	
					4.9kPa		4.9kPa		4.9kPa	
					160kw×2		110kw×2		80kw×2	
		風 管			φ1700		φ1400		φ1200	
	集じん装置	集じん俄		(単位m^3/min)	3,000	2,700	1,800	2,000	1,800	2,000
				送気・吸引捕集方式場合、集じん機風量は、送気ファン風量のおおむね1.2倍以上とする。	150kw	61kw	110kw	42kw	110kw	42kw
		付帯設備							φ1500	φ1500
									伸縮風管80m	伸縮風管80m
	吹付け工法				スラリー急結剤α=0.60		液体急結剤α=0.40		粉じん低減剤なし	
備 考										

表11.3.2.13　換気方式経済比較表

		算式	単位	拡散希釈封じ込め方式				吸引捕集方式			
				ケース③		ケース④					
				スラリー急結剤(α=0.6)		液体急結剤(α=0.4)		粉じん低減剤なし			
				フィルター式	電気式	フィルター式	電気式	フィルター式	電気式		
トンネル延長			m	1159	1159	1159	1159	1159	1159		
所要換気量			m^3/min	2,000	2,000	1,351	1,351	1,066	1,066		
風管径			m	1.700	1.700	1.400	1.400	1.200	1.200		
換気ファン所要容量			m^3/min	2,247	2,247	1,634	1,634	1,310	1,310		
換気ファン必要圧力			kPa	2.24	2.24	3.45	3.45	2.22	2.22		
換気ファン所要動力			kw	129	129	144	144	140	140		
集じん機必要容量			m^3/min	2,526	2,609	1,707	1,762	1,349	1,393		
送風機	風量		m^3/min	3,000	3,000	2,000	2,000	1,500	1,500		
	圧力		kPa	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9		
	電動機出力		kw	320	320	220	220	160	160		
	運転日数	14.67ヶ月×20.4日/月=299日	日	299	299	299	299	299	299		
	運転時間	299日×17h＝5083h	h	5,083	5,083	5,083	5,083	5,083	5,083		
	運転1日当り換算損料	損料表p12-6(13)欄	円	59,900	59,900	31,300	31,300	23,900	23,900		
	機械損料	換算損料×運転日数	円	17,910,100	17,910,100	9,358,700	9,358,700	7,146,100	7,146,100		
	電力消費量	電動機出力×燃料消費率(0.681)	kw/h	218	218	150	150	109	109		
	電力使用量	電力消費量×運転時間	kw	1,107,690	1,107,690	761,540	761,540	553,840	553,840		
	電力料金	電力使用量×15円/kw	円	16,615,400	16,615,400	11,423,100	11,423,100	8,307,600	8,307,600		
	費用計		円	34,525,500	34,525,500	20,781,800	20,781,800	15,453,700	15,453,700		
風管	風管延長		m	1,130	1,130	1,130	1,130	1,130	1,130		
	1m当り単価	φ1.2m:9,000円φ1.4m:10,500円φ1.7m:12500円	円/m	12,500	12,500	10,500	10,500	9,000	9,000		
	損料	1m当り損料(50%)×風管延長	円	7,062,500	7,062,500	5,932,500	5,932,500	5,085,000	5,085,000		
	費用計		円	7,062,500	7,062,500	5,932,500	5,932,500	5,085,000	5,085,000		
集じん装置	容量		m^3/min	3,000	2,700	1,800	2,000	1,800	2,000		
	電動機出力		kw	150	61	110	42	110	42		
	運転日数	14.67ヶ月×20.4日/月=299日	日	299	299	299	299	299	299		
	運転時間	299日×17h＝5083h	h	5,083	5,083	5,083	5,083	5,083	5,083		
	運転1日当り換算損料	損料表p6-16(13)欄	円	177,000	142,000	103,000	98,600	103,000	98,600		
	機械損料	換算損料×運転日数	円	52,923,000	42,458,000	30,797,000	29,481,400	30,797,000	29,481,400		
	電力消費量	電動機出力×燃料消費率(0.7)	kw/h	105	43	77	29	77	29		
	電力使用量	電力消費量×運転時間	kw	533,720	217,040	391,390	149,440	391,390	149,440		
	電力料金	電力使用量×15円/kw	円	8,005,800	3,255,600	5,870,850	2,241,600	5,870,850	2,241,600		
	伸縮風管	伸縮風管80m損料35,000円/日	円	ー	ー	ー	ー	10,465,000	10,465,000		
	費用計		円	60,928,800	45,713,600	36,667,850	31,723,000	47,132,850	42,188,000		
粉塵対策	吹付けコンクリート数量		m^3	5,262	5,262	5,262	5,262	5,262	5,262		
	吹付け単価		円	14,000	14,000	25,440	25,440	10,350	10,350		
	費用計	吹付けコンクリート数量×単価	円	73,668,000	73,668,000	133,865,280	133,865,280	54,461,700	54,461,700		
工事用換気費合計			円	176,184,800	160,969,600	197,247,430	192,302,580	122,133,250	117,188,400		
備考									○採用		

■吹付コンクリート量

断面区分	加背	延長（m）	単位数量（m^2/m）	面積（m^2）	設計吹付厚(m)	補正係数	吹付体積（m^3）
ＣⅠ-a	全断面	247.5	17.841	4415.6	0.10	2.0	883.1
	計	247.5					883.1
ＣⅡ-b	全断面	550.9	17.841	9828.6	0.10	2.3	2260.6
	計	550.9					2260.6
ＤⅠ-b	上半	208	13.692	2847.9	0.15	2.1	897.1
	下半	208	4.148	862.8	0.15	1.8	233
	計	416					1130.1
ＤⅡ-1	上半	7	13.692	95.8	0.20	1.9	36.4
	下半	7	4.148	29	0.20	1.7	9.9
	計	14					46.3
ＤⅡ-2	上半	26	13.692	356	0.20	1.9	135.3
	下半	26	4.148	107.8	0.20	1.7	36.7
	計	52					172
ＤⅢ-1	上半	8	13.849	110.8	0.25	1.8	49.9
	下半	8	4.148	33.2	0.25	1.6	13.3
	計	16					63.2
ＤⅢ-2	上半	45.4	13.849	628.7	0.25	1.8	282.9
	下半	45.4	4.148	188.3	0.25	1.6	75.3
	計	90.8					358.2
ＤⅢ-3	上半	11.4	13.849	157.9	0.25	1.8	71.1
	下半	11.4	4.148	47.3	0.25	1.6	18.9
	計	22.8					90
ＣⅡ-L	全断面	53.6	20.994	1125.3	0.10	2.3	258.8
	計	53.6					258.8
							5262.3

■
吹付コンクリート1m3当り単価

材料	単価	単位	吸引捕集方式		ケース③α=0.6		ケース④α=0.4	
			一般吹付		スラリー急結剤		液体急結剤	
			使用量	金額(円)	使用量	金額(円)	使用量	金額(円)
セメント	13	kg/m^3	360	4,680	400	5200	400	5200
急結剤	225	kg/m^3	25.2	5,670		0		0
スラリー急結剤	250	kg/m^3		0	32	8000		0
スラリー用急結助剤	4,000	kg/m^3		0	0.2	800		0
液体急結剤	350	kg/m^3		0		0	40	14000
液体急結剤助剤	300	kg/m^3		0		0	16	4800
粉塵低減剤	2,800	kg/m^3		0		0		0
高性能減水剤	300	kg/m^3		0		0	4.8	1440
				10,350		14,000		25,440

※細骨材、粗骨材、機械器具損料等は含んでいない。

3.3　吹付プラント設備

(1)　吹付プラント設備

吹付プラント設備の機械・規格は、次表を標準とする。

表 11.3.3.1　吹付プラント主要設備

機　　種	規　　格	単　位	数　量
セメントサイロ	(鋼製溶接構造)容量 30 t　排出能力 20 t / h	基	1
骨材ホッパ	15 ㎥×3	〃	1
コンクリートプラント	[バッチ型・定置式] 能力 25 ㎥/ h (一括練混ぜ方式)	〃	1
〃	[バッチ型・定置式] 能力 25 ㎥/ h (一括練混ぜ方式)	〃	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)25㎥/ h (分割混ぜ方式)の供用 1 日当り損料額は38,400円を標準とする。

(2)　吹付けコンクリート仕様

表 11.3.3.2　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
σ28=18 N/mm²	10±2 cm	15 mm	「 普通ポルトラ ンドセメント 」	湿　式

3.4　給排水設備

工事用使用水は、終点側坑口付近の沢から水中ポンプを使用して取水し、貯水槽（鋼板製）に貯留する。貯水槽から給水ポンプを使用して、トンネル坑内・外の諸設備に供給する計画とする。

(1)所要給水量

工事中に水を使用する機器を下表に示す。

表 11.3.4.1　工事中の使用水量

使用機器	仕　様	使用水量
削　　岩　　機　（q1）	170 kg級 3 台	0.20m³/min
吹付コンクリート　（q2）	湿　式	0.05 〃
坑 内 の 雑 用 水　（q3）		0.05 〃
坑 外 の 雑 用 水　（q4）		0.05 〃
合　　計		0.35m³/min

①削岩機使用水

３ブームホイールジャンボ１台

q１ ＝ 200㍑/min

②吹付コンクリート

１時間当り作業量が 6～22 m³／h 程度の吹付機を使用すると

14m³/hr× 1/60＝0.23m³/min

吹付コンクリート配合よりＷ／Ｃ＝56％とすると、

360 kg×0.56＝ 202㍑／m³

q２ ＝ 202㍑／m³×0.23m³/min＝46.5 ≒ 50㍑/min

③坑内の雑用水

コンクリートポンプ、配管洗浄及びその他坑内使用水として、q３ ＝ 50㍑/min

④坑外の雑用水

工場、プラント、その他の雑用水として、q４ ＝ 50㍑/min

以上より、最大使用水量は、ΣＱ＝ｑ１＋ｑ2＋ｑ3＋ｑ4＝200＋50＋50＋50＝350㍑/min ＝ 0.35m³/min とする。

(2)貯水槽の容量

工事中使用水の貯水槽容量については、給水ポンプの故障時において、坑内掘削関係使用水に対し、30 分～60 分程度の修理時間に使用できる貯水量を計画する。

したがって、350㍑/min に対し、30 分～60 分間程度使用可能な貯水量は 350㍑/min×(30～60min)＝10.5 m³～21.0 m³となる。

よって、積算基準書の標準機種である「鋼板製簡易水槽 20 m³」を１基設置する。

(3)給水ポンプの選定

坑内への給水設備について、検討を行う。

1) 計算条件

・給水量（Q）：0.25m³／min

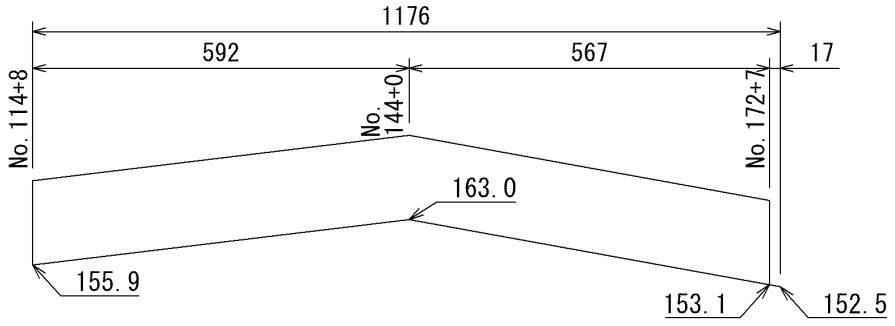
給水量は、削岩機使用時と坑内雑用水使用時を最大と考える。

Q＝0.20＋0.05＝0.25 m³/min（q1+q3）

・管径（D）　：φ65 mm

・実揚程（ha）　：ha＝163.0-152.5＝10.5m

・給水管長（L）：坑外 17m＋坑内 1,159m≒1,176m



2) 管内流速（V）

V＝Q/(15×π×D²)＝0.25/(15×π×0.065²)＝1.256m/sec

3) 管内損失水頭（hf）

hf＝f×(L/D)×(V²/2g)

ここに、hf：管内損失水頭

f：摩擦係数（ダーシー公式）

f＝0.02＋(0.0005/D)＝0.02＋(0.0005÷0.065)＝0.028

L：給水管長＝1,176m

D：給水管径＝0.065m

V：管内流速＝1.256m/sec

g：重力の加速度≒9.8m/sec

∴hf＝0.028×(1,176÷0.065)×[1.256²÷(2×9.8)]＝40.8m

4) 全揚程（H）

全揚程（H）は、実揚程（ha）に管内損失水頭（hf）を加えたものとする。

H＝ha＋hf＝10.5＋40.8＝51.3m

5）ポンプの所要動力（P）

ポンプの所要動力は、次式により求める。

$P=(0.1634\times\gamma\times Q\times H)\div\eta p$

ここに、γ：液の比量＝ 1.0

Q：吐出量＝0.25 m^3/min

H：全揚程＝51.3m

η p：ポンプの効率＝0.45（A効率とB効率の平均）

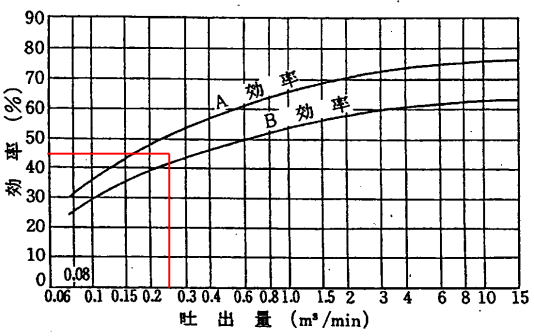


図 11.3.4.2　ポンプ効率

$P=(0.1634\times1.0\times0.25\times51.8)\div0.45=4.7$ kw

6）給水設備

給水設備は、次表のとおりとする。

表 11.3.4.2　給水設備

機　　種	規　　格	単　位	数　量	備　考
小型多段遠心ポンプ（タービンポンプ）	片吸込・モータ駆動型 φ65mm×60m×7.5kw	台	1	
水槽（一般工事用）	鋼板製簡易水槽 20 m^3	基	1	
給水管	φ65mm（SGP 鋼管）	m	1,176	
設置期間	掘削期間：18.38-3.00＝15.38 ヶ月			
日当り運転時間	17 時間			

(4)取水設備

水源から工事用水中ポンプを使用して取水し、貯水槽へ送水する。

1) 計算条件

・送水水量　Q＝0.35 m^3/min（工事中の最大使用水量）
・管径(D)＝φ80 mm
・実揚程(ｈａ)＝154.5-130.0＝24.5m
・送水管長(L)＝71.0m

2) 管内流速

$V = Q/(15 \times \pi \times D^2)$
$= 0.35/(15 \times \pi \times 0.080^2)$
$= 1.161$m/sec

3) 管内損失水頭（ｈｆ）

$hf = f \times (L/D) \times (V^2/2g)$

ここに、ｈｆ：管内損失水頭
ｆ：摩擦係数（ダーシー公式）
$f = 0.02 + (0.0005/D) = 0.02 + (0.0005 \div 0.080) = 0.026$
Ｌ：給水管長＝71.0m
Ｄ：給水管径＝0.080m
Ｖ：管内流速＝1.161m/sec
ｇ：重力の加速度≒9.8m/sec

$\therefore hf = 0.026 \times (71.0 \div 0.080) \times [1.161^2 \div (2 \times 9.8)] = 1.6$m

4) 全揚程(H)

$H = ha + hf$
$H = 24.5 + 1.6 = 26.1$m

5) ポンプの所要動力（Ｐ）

ポンプの所要動力は、次式により求める。

$P = (0.1634 \times \gamma \times Q \times H) \div \eta p$

ここに、γ：液の比量＝ 1.0
Ｑ：吐出量＝0.35 m^3/min
Ｈ：全揚程＝26.1m
ηｐ：ポンプの効率＝0.50

$P = (0.1634 \times 1.0 \times 0.35 \times 26.1) \div 0.50 = 3.0$kw

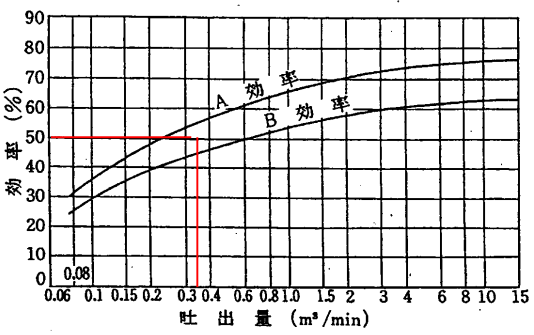


図 11.3.4.2　ポンプ効率

6）取水設備

取水設備は、次表のとおりとする。

表 11.3.4.3　取水設備

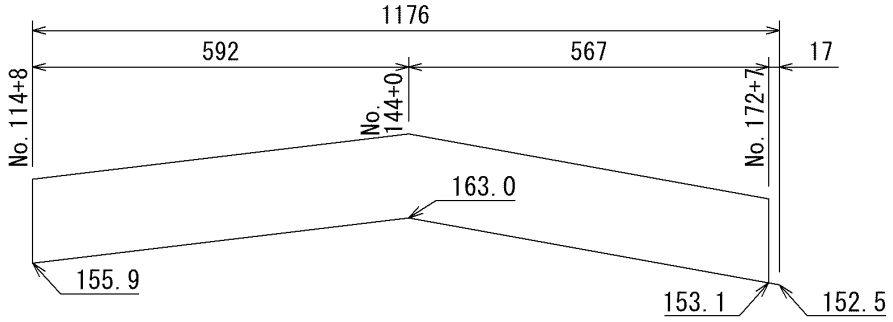
機　　種	規　　格	単　位	数　量	備　考
工事用水中モータポンプ	80mm×30m×5.5kw	台	1	
送水管	φ80mm(SGP 鋼管)	m	71	
設置期間	掘削期間：18.38-3.00＝15.38 ヶ月			
日当り運転時間	17 時間			

(5)排水設備

1）排水量

排水設備は、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。

排水ポンプを必要とする区間は、NO.114+8.0～NO.144+0.0 のＬ≒592m区間である。



湧水量は、貫通時比湧水量を用いて算定すると、以下のとおりとなる。(11.3.5 濁水処理設備参照)

Q1＝q ×0.592

ここに、Q1：湧水量（m^3/min）

q ：貫通時比湧水量=1.00（m^3/min/km）

L ：排水区間長(km)＝0.592（km）(縦断勾配 0.3%以下及び逆勾配区間)

Q1＝1.00×0.592

Q1＝0.592m^3/min（35.52 m^3/ｈ）

坑内の使用水としては削岩機と坑内洗浄水があるが、同時使用はないものとし、削岩機使用水を見込む。

Q2＝200 ㍑/min＝0.200 m^3/min（12.00 m^3/hr）

以上より、湧水量とトンネル坑内使用水を合計した排水量は以下のとおりとなる。

ΣQ＝0.592＋0.200＝0.792 m^3/min（470.52 m^3/hr）

2）排水設備

掘削切羽および覆工箇所等に適宜釜場を設置し、水中ポンプにより縦断が順勾配になる地点まで排水する。

① 計算条件

・排水量　Q＝0.792 m^3/min

・排水管径(D)＝φ100 mm

・実揚程(ｈａ)＝163.0-155.9+0.50(釜場深さ)＝7.6m

・排水管長(L)＝592m

②管内流速

$V = Q/(15 \times \pi \times D^2)$

$= 0.792/(15 \times \pi \times 0.100^2)$

$= 1.681\mathrm{m/sec}$

③管内損失水頭（ｈｆ）

$hf = f \times (L/D) \times (V^2/2g)$

ここに、ｈｆ：管内損失水頭

ｆ：摩擦係数（ダーシー公式）

$f = 0.02 + (0.0005/D) = 0.02 + (0.0005 \div 0.100) = 0.025$

Ｌ：排水管長＝592m

Ｄ：排水管径＝0.100m

Ｖ：管内流速＝1.681m/sec

ｇ：重力の加速度≒9.8m/sec

$\therefore hf = 0.025 \times (592.0 \div 0.100) \times [1.681^2 \div (2 \times 9.8)] = 21.3\mathrm{m}$

④全揚程(H)

$H = ha + hf$

$H = 7.6 + 21.3 = 28.9\mathrm{m}$

⑤ポンプの所要動力（Ｐ）

ポンプの所要動力は、次式により求める。

$P = (0.1634 \times \gamma \times Q \times H) \div \eta p$

ここに、γ：液の比量＝ 1.0

Ｑ：吐出量＝0.592 m^3/min

Ｈ：全揚程＝28.9m

ηp：ポンプの効率＝0.55

$P = (0.1634 \times 1.0 \times 0.592 \times 2.6) \div 0.55 = 0.5\mathrm{kw}$

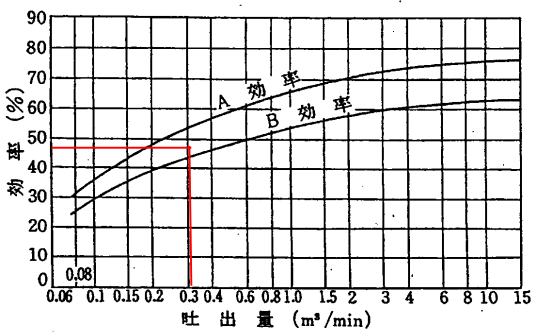


図 11.3.4.2　ポンプ効率

計算結果では、「工事用水中モータポンプ　口径 100mm、全揚程 30m、11.0kw　1 台」で排水量を処理できることになるが、ポンプ台数はトンネル断面の左右に 2 台ずつ配置して 4 台とする。

以上より、排水設備は、次表のとおりとする。

表 11.3.4.4　排水設備

機　　種	規　　格	単　位	数　量	備　考
工事用水中 モータポンプ	普通型(潜水ポンプ) 口径 100mm 全揚程 30m 11.0kw	台	4	
排水管	φ100mm(SGP 鋼管)	m	1184	592m×2
設置期間	掘削期間：11.45-3.00＝8.45 ヶ月			
日当り運転時間	常時運転			

(6)坑内仮排水工

当該トンネルの縦断勾配は 2.000%で、約トンネル中央部までの区間は順勾配掘削(縦断下口からの掘削)になるが、N0.114+8.0～N0.144+0.0(クレスト) は逆勾配掘削となるため排水ポンプで湧水等を処理する計画である。

排水は、地質調査の結果では恒常的に湧水が発生することは懸念されるが突発の大量湧水は想定し難いことから、素掘り側溝によるものとする。ただし、施工時において排水不良が生じる場合にはシールコンクリートの施工、U字側溝への切替え等の対応を行うものとする。

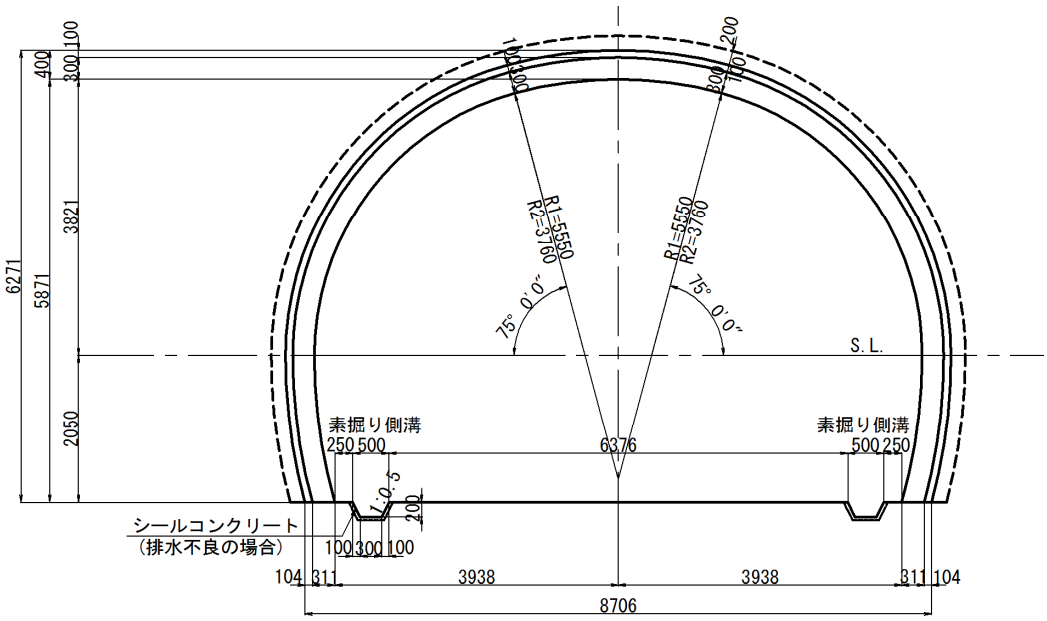


図11.3.4.1　坑内仮排水工(参考図)

3.5　濁水処理設備

(1)濁水処理量の算定

トンネル工事に伴って発生する濁水は地山からの湧水と工事に使用する水との総和になる。

恒常湧水の予測手段としては統計的手法による方法がある。過去のトンネル施工事例をもとに、トンネル延長との関係、地質との関係で恒常湧水量が整理されている。

1) トンネル湧水量

① トンネル延長と湧水量の関係から推定

右の分布図から求められた相関式を用いる。

$Q1 = 0.14\ell^{1.8}$

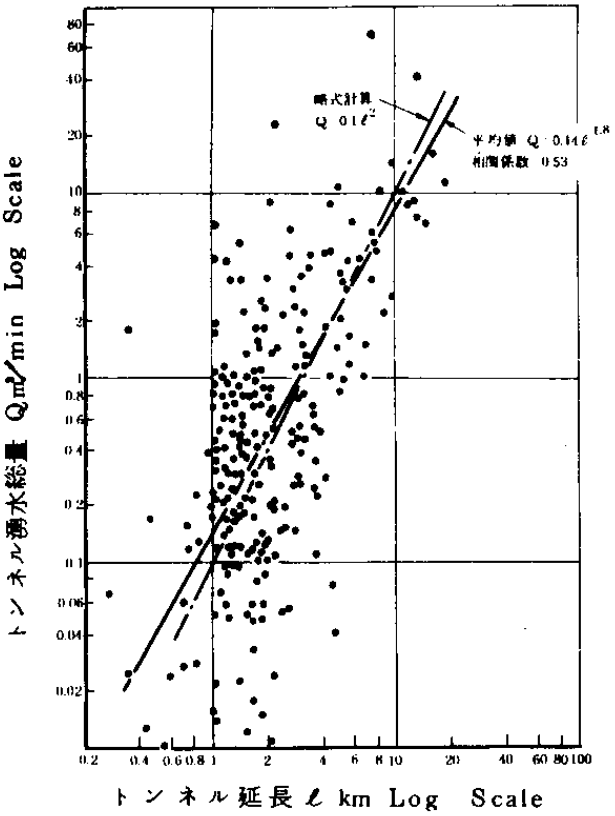
ここに、　Q：恒常湧水量（m^3/min）

ℓ：トンネル延長（km）

$\ell = 0.65$km

$\therefore Q1 = 0.14 \times 0.65^{1.8}$

$= \underline{0.064m^3/min\ (3.84\ m^3/h)}$



トンネル湧水量の分布（Q－ℓの関係）

出典：「トンネル施工に伴う湧水渇水に関する調査研究(その2)報告書」
昭和58年2月、(社)日本トンネル技術協会

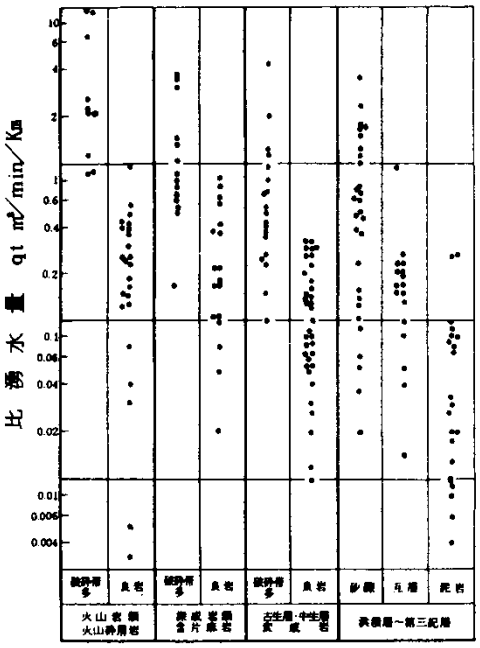
図 11.3.5.1　トンネル湧水量の分布（延長と総湧水量の関係）

② 地質と湧水の関係から推定

当該トンネル地山の地質は「新生代第三紀の砂岩及び砂岩優勢層」である。恒常湧水の比湧水量は 0.014～0.95m3/min/km、平均 0.25 m3/min/km となる。平均比湧水量を用いれば、当該トンネルの延長 0.65km の場合、0.163 m^3/min の湧水量が推定される。

Q2＝0.25×0.65

＝0.163m^3/min（9.78 m^3/h）



地質別比湧水量

地質別にみたトンネル比湧水量

地質分類		比湧水量の範囲	平均比湧水量
		m^3/min/Km	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		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～洪積世	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

出典：「トンネル施工に伴う湧水渇水に関する調査研究(その 2)報告書」
昭和 58 年 2 月、(社)日本トンネル技術協会

図 11.3.5.2　トンネルの湧水量と地質の関係

③ 集中湧水量

過去のトンネル掘削事例による地質別の掘削中の坑口湧水量を表 11.3.5.1 に示す。これによると、当該トンネル地山の地質は「泥岩、砂岩」に該当し、施工中の坑口最大湧水量の平均は 1.1m³/min、貫通時の比湧水量は 1.0m³/min/km となる。

表 11.3.5.1　地質別にみた施工時のトンネル湧水量

	坑口最大湧水量の平均 (m³/min)	貫通時比湧水量 (m³/min/km)
火山岩，火山砕屑岩	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	0.0 1

出典：「トンネル施工に伴う湧水渇水に関する調査研究(その 2)報告書」
昭和 58 年 2 月、(社)日本トンネル技術協会

貫通時比湧水量を用いると、湧水量は以下のとおりとなる。

Q3＝1.00×0.65
　＝0.650m³/min（39.00 m³/ｈ）

②と③で算定した湧水量の平均値を用いるトンネルもあるが、当該トンネルの計画地には、移動土塊がある起点側坑口や複数の低速度帯（断層）等が確認されている。亀裂が発達した岩盤を通過する地下水がトンネル掘削時に多量に湧水として発生することが懸念されることから、③のＱ3 を用いる計画とする。

Ｑ＝0.650m³/min（39.00 m³/ｈ）

2）工事用使用水

坑内の使用水としては削岩機と坑内洗浄水があるが、同時使用はないものとし、削岩機使用水を見込む。。

Ｑ＝200 ﾘｯﾄﾙ/min＝0.200 m³/min（12.00 m³/hr）

3）濁水処理量

トンネル湧水量とトンネル坑内使用水を合計した排水量は以下のとおりとなる。

ΣＱ＝0.650＋0.200＝0.850 m³/min（51.00 m³/hr）

以上より、濁水処理装置は「処理能力 60 m³/hr（37kw）」を計画する。

ただし、経済比較の結果、濁水処理量が 30 m³/h 以下の期間は処理能力 30 m³/h（24kw）の濁水処理設備を設置し、濁水処理量が 30 m³/h を超える時点から処理能力 60 m³/hr（37kw）の濁水処理設備に切り替える計画とする。

■濁水処理設備の設置方法の経済比較

以下の4ケースについて比較した結果、経済性に優れるケース①を採用する。

ケース①　当初は30 m³/hr級を設置し、施工途中で60及び100 m³/hr級に切り替える案

ケース②　当初は30 m³/hr級を設置し、施工途中で100 m³/hr級に切り替える案

ケース③　全工程を、最大濁水量に対応できる100 m³/hr級を設置する案

ケース④　当初は30 m³/hr級を１基設置し、施工途中で30 m³/hr級を増設する案

表11.3.5.2　濁水処理設備概算費用

ケース①　30m³を→60m3→100m3に切り替える案

30m³級　　82.8 日　　4.06ヶ月×20.4日/月＝82.8日

	単位	数量	単価	金額
設置・撤去	箇所	1	868,800	868,800
運転	日	82.8	88,100	7,294,680
保守・点検	回	82.8	15,180	1,256,904
小計				9,420,384

60m³級　　118.9 日　　(9.89ヶ月-4.06ヶ月）×20.4日/月＝118.9日

	単位	数量	単価	金額
設置・撤去	箇所	1	868,800	868,800
運転	日	118.9	128,860	15,321,454
保守・点検	回	118.9	15,180	1,804,902
小計				17,995,156

100m³級　　132.4 日　　(16.38ヶ月-9.89ヶ月）×20.4日/月＝132.4日

	単位	数量	単価	金額
設置・撤去	箇所	1	868,800	868,800
運転	日	132.4	148,990	19,726,276
保守・点検	回	132.4	15,180	2,009,832
小計				22,604,908
合計				50,020,448

ケース②　30m^3→100m^{3}に切り替える案

30m^{3}級　　82.8 日　　4.06ヶ月×20.4日/月＝82.8日

	単位	数量	単価	金額
設置・撤去	箇所	1	868,800	868,800
運転	日	82.8	88,100	7,294,680
保守・点検	回	82.8	15,180	1,256,904
小計				9,420,384

100m^{3}級　　251.3 日　　(16.38ヶ月-4.06ヶ月）×20.4日/月＝251.3日

	単位	数量	単価	金額
設置・撤去	箇所	1	868,800	868,800
運転	日	251.3	148,990	37,441,187
保守・点検	回	251.3	15,180	3,814,734
小計				42,124,721
合計				51,545,105

ケース③　100m^{3}を全工程使用案

100m^{3}級　　日　　16.38ヶ月×20.4日/月＝334.2日

	単位	数量	単価	金額
設置・撤去	箇所	1	868,800	868,800
運転	日	334.2	148,990	49,792,458
保守・点検	回	334.2	15,180	5,073,156
合計				55,734,414

ケース④　30m^{3}を途中で増設する案

30m^{3}級　　334.2 日　　16.38ヶ月×20.4日/月＝334.2日

	単位	数量	単価	金額
設置・撤去	箇所	1	868,800	868,800
運転	日	334.2	88,100	29,443,020
保守・点検	回	334.2	15,180	5,073,156
小計				35,384,976

30m^{3}級　　251.3 日　　(16.38ヶ月-4.06ヶ月）×20.4日/月＝251.3日

	単位	数量	単価	金額
設置・撤去	箇所	1	868,800	868,800
運転	日	251.3	88,100	22,139,530
保守・点検	回	251.3	15,180	3,814,734
小計				26,823,064

30m^{3}級　　132.4 日　　(16.38ヶ月-9.89ヶ月）×20.4日/月＝132.4日

	単位	数量	単価	金額
設置・撤去	箇所	1	868,800	868,800
運転	日	132.4	88,100	11,664,440
保守・点検	回	132.4	15,180	2,009,832
小計				14,543,072
合計				76,751,112

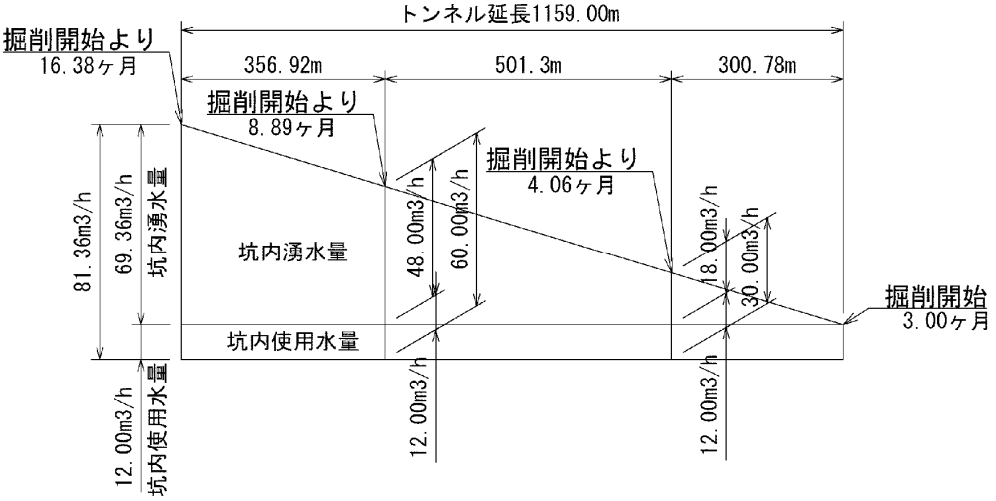


図11.3.5.3　濁水処理稼動日数

表11.3.5.3　濁水処理設備単価表

濁水処理設備設置・撤去　1箇所当り単価表(処理能力30・60・100m^3/h)

名称	規格	単位	数量	単価	金額	
土木一般世話役		人	7.0	23,900	167,300	
電工		〃	5.0	21,000	105,000	
設備機械工		〃	13.0	22,700	295,100	
普通作業員		〃	8.0	19,300	154,400	
ラフテレーンクレーン		日	3.0	49,000	147,000	
合計					868,800	

積算基準Ⅳ-5-①-131

濁水処理設備保守・点検　1回当り単価表

名称	規格	単位	数量	単価	金額	
設備機械工		人	0.2	22,700	4,540	
普通作業員		〃	0.5	19,300	9,650	
諸雑費		%	7.0		990	労務費計×7%
合計					15,180	

積算基準Ⅳ-5-①-132

濁水処理設備運転　1日当り単価表　(Q=30m^3/h)

名称	規格	単位	数量	単価	金額	
電力料		kwh	340	15	5,100	24kwh×24×0.59
濁水処理装置損料		日	1.0	83,000	83,000	機械損料算定表06-21
合計					88,100	

積算基準Ⅳ-5-①-134

濁水処理設備運転　1日当り単価表　(Q=60m^3/h)

名称	規格	単位	数量	単価	金額	
電力料		kwh	524	15	7,860	37kwh×24×0.59
濁水処理装置損料		日	1.0	121,000	121,000	機械損料算定表06-21
合計					128,860	

積算基準Ⅳ-5-①-134

濁水処理設備運転　1日当り単価表　(Q=100m^3/h)

名称	規格	単位	数量	単価	金額	
電力料		kwh	666	15	9,990	47kwh×24×0.59
濁水処理装置損料		日	1.0	139,000	139,000	機械損料算定表06-21
合計					148,990	

積算基準Ⅳ-5-①-134

(2)濁水処理設備概要

1) 濁水処理方式

濁水処理の方式は積算基準書に準拠し、機械処理脱水方式とする。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。

2) 計画条件

①濁水処理量：81.36 m^3/hr

②原水濃度

・原水ＳＳ濃度：3,000 ppm(平均)

・原水ＰＨ　　：PHH11　(平均)

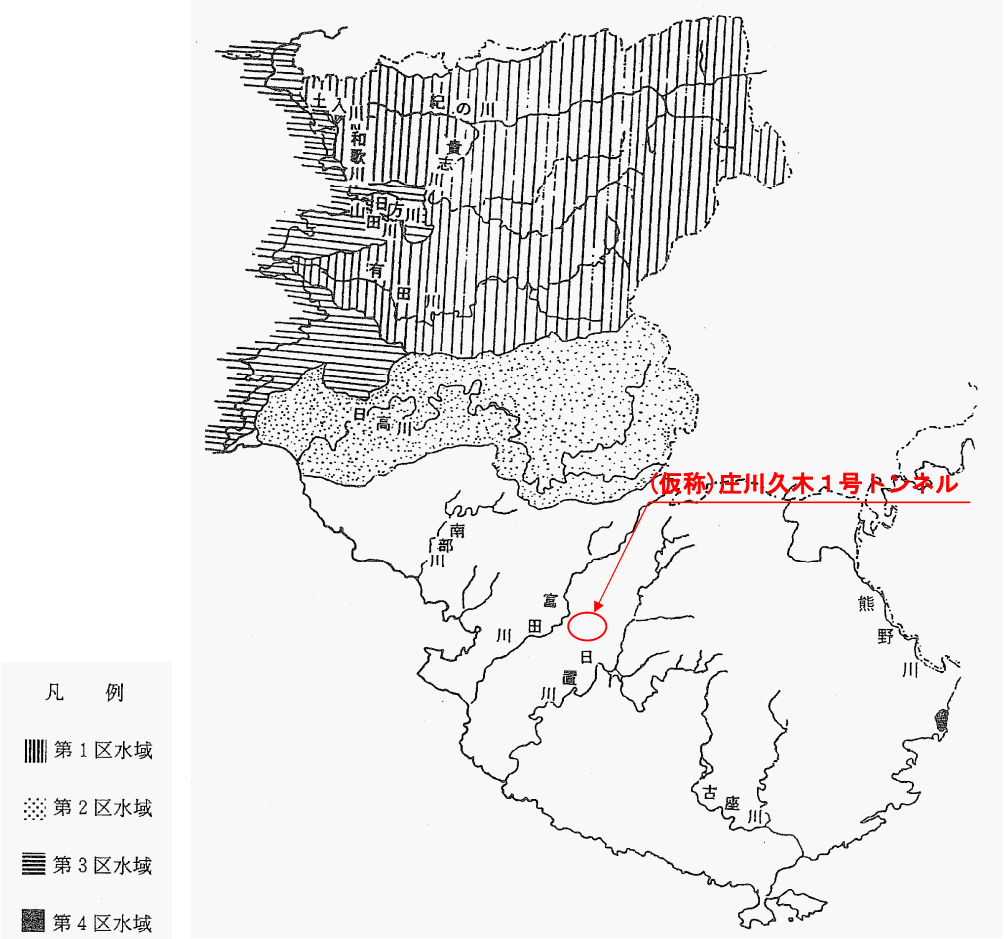
③運転時間　　：24時間/日

(3)濁水処理条件

当該トンネルの計画地点は、日置川水系(図 11.3.5.4 参照)に位置し、都道府県条例による上乗せ基準の適用外であるため、水質汚濁防止法に基づく排水基準(表 11.3.5.5 参照)に準拠して計画を行う。計画に用いる排水基準を表 11.3.5.4 に示す。

表 11.3.5.4　排水基準

項　　目	排水基準値	備　　考
水素イオン濃度(pH)	5.8～8.6	
浮遊物質量(SS)	最　　大： 200mg/ℓ 日間平均： 150mg/ℓ	



水域	範囲
第1区水域	紀の川、橋本川、貴志川、土入川、大門川、有本川、真田堀川、市堀川(紀ノ川大橋から上流の水域)、和歌川(旭橋から上流の水域)、和田川、日方川(新湊橋から上流の水域)、山田川及び有田川(安諦橋から上流の水域)並びにこれらに流入する公共用水域
第2区水域	日高川及びこれに流入する公共用水域
第3区水域	次に掲げる海域等及びこれらに流入する公共用水域(第1区水域に含まれる水域を除く。) 1　和歌山市、海南市、有田市、湯浅町、広川町、由良町及び日高町の地先海域 2　築地川及び水軒川 3　市堀川紀ノ川大橋、和歌川旭橋、日方川新湊橋、女良川旭橋、加茂川硯橋及び有田川安諦橋の各下流の河川の区域に含まれる水域
第4区水域	新宮市鈴島の北緯33度40分53秒東経135度59分38秒の地点と赤島の北緯33度39分37秒東経135度59分49秒の地点を結んだ直線、同島の北緯33度39分35秒東経135度59分47秒の地点から北238度に見通した直線、三輪崎漁港北防波堤及び陸岸により囲まれた海域並びにこれに流入する公共用水域

図 11.3.5.4　上乗せ排水基準適用範囲(和歌山県ホームページより)

表11.3.5.5　水質汚濁防止法に基づく排水基準(省令別表第2)

項目	許容限度	項目	許容限度
水素イオン濃度 (水素指数) (ｐＨ)	海域以外に排出 5.8～8.6 海域に排出 5.0～9.0	フェノール類含有量	5mg/L
		銅含有量	3mg/L
		亜鉛含有量 (一部業種に暫定基準あり)	2mg/L
生物化学的酸素要求量 (ＢＯＤ)	160mg/L (日間平均 120mg/L)	溶解性鉄含有量	10mg/L
		溶解性マンガン含有量	10mg/L
化学的酸素要求量 (ＣＯＤ)	160mg/L (日間平均 120mg/L)	クロム含有量	2mg/L
		大腸菌群数	日間平均 3,000 個/cm^3
浮遊物質量 (ＳＳ)	200mg/L (日間平均 150mg/L)	窒素含有量 (一部業種に暫定基準あり)	120mg/L (日間平均 60mg/L)
ノルマルヘキサン抽出物質含有量	鉱油類含有量 5mg/L 動植物油脂類含有量 30mg/L	燐含有量 (一部業種に暫定基準あり)	16mg/L (日間平均 8mg/L)

備考

1　「日間平均」による許容限度は、１日の排出水の平均的な汚染状態について定めたものである。

2　この表に掲げる排水基準は、１日当たりの平均的な排出水の量が 50m^3以上である工場又は事業場に係る排出水について適用する。

3　水素イオン濃度及び溶解性鉄含有量についての排水基準は、硫黄鉱業(硫黄と共存する硫化鉄鉱を掘採する鉱業を含む。)に属する工場又は事業場に係る排出水については適用しない。

4　水素イオン濃度、銅含有量、亜鉛含有量、溶解性鉄含有量、溶解性マンガン含有量及びクロム含有量についての排水基準は、水質汚濁防止法施行令及び廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令の一部を改正する政令の施行の際現にゆう出している温泉を利用する旅館業に属する事業場に係る排出水については、当分の間、適用しない。

5　生物化学的酸素要求量についての排水基準は、海域及び湖沼以外の公共用水域に排出される排出水に限って適用し、化学的酸素要求量についての排水基準は、海域及び湖沼に排出される排出水に限って適用する。

6　窒素含有量についての排水基準は、窒素が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域(湖沼であって水の塩素イオン含有量が１Ｌにつき 9,000mg を超えるものを含む。以下同じ。)として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排出水に限って適用する。(環境大臣が定める湖沼　→ p.28、環境大臣が定める海域　→ p.30)

7　燐含有量についての排水基準は、燐が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排出水に限って適用する。(環境大臣が定める湖沼　→ p.28、環境大臣が定める海域　→ p.30)

(4)濁水処理設備計画

1) 処理方法

①トンネルからの濁水は、トンネル近辺に設けた一次処理設備沈砂地にて粗砂及びゴミ除去を行う。

②濁水は炭酸ガスにより、PH5.8～8.6の範囲に処理する。

③原水中和を行った濁水は、PAC 及び高分子凝集剤を使用し、シックナで浄化処理する。

④処理水は処理水槽を通し、水質監視装置でPH，濁度，流量の測定を行い放流する。

2) 処理水量・期間

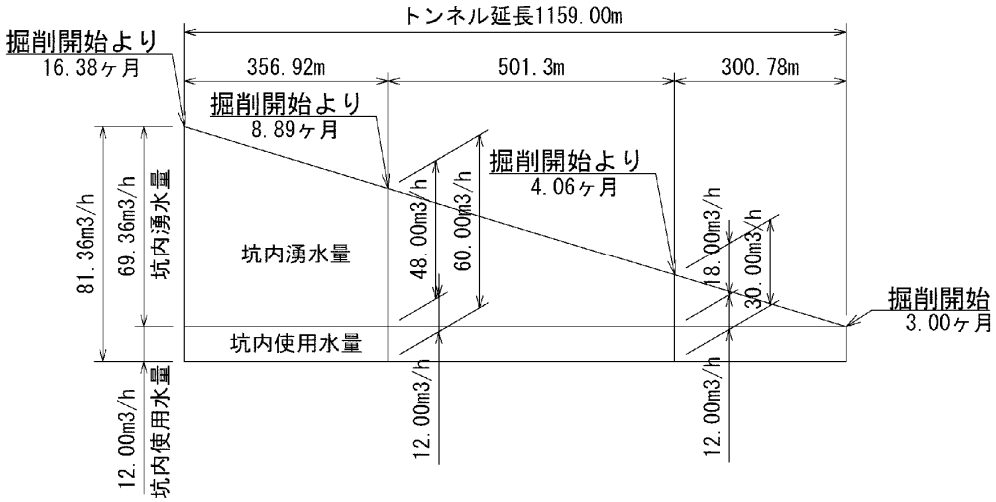


図 11.3.5.5　濁水処理量の考え方

※湧水量は掘進延長が進む毎に増加する一方、坑内使用水量は掘削当初から掘削完了まで一定量である。

表11.3.5.6　処理水量と期間

	処理水量(m³/h)	期　間(ヶ月)	備　考
坑内使用水	12.00	3.00ヶ月～18.38ヶ月 ＝15.38ヶ月	掘削期間
平均坑内湧水	19.50		

3) 薬剤使用量

①坑内使用水量に対して

■凝集剤添加量

実際の濁水に対する凝集テストの結果より判断すべきであるが、下記の通り想定する。

(ｲ)　PAC 注入量　　濁水 1 m³ 当り：100ppm 添加

12.00 m³/h×100ppm　＝ 1.200 kg/h

＝28.800 kg/日(24 時間)

(ﾛ)　高分子注入量　　濁水 1m³ 当り　：　3ppm 添加

12.00 m³/h×　3ppm　＝0.036 kg/h

＝ 0.864 kg/日(24 時間)

②坑内湧水量に対して

■凝集剤添加量

下記の通り想定する。

(ｲ) PAC 注入量　　濁水１m^3当り：100ppm 添加

34.68 m^3/h×100ppm ＝ 3.468 kg/h

＝83.232 kg/日(24 時間)

(ﾛ) 高分子注入量　　濁水 1m^3当り ： 3ppm 添加

34.68 m^3/h× 3ppm ＝0.104 kg/h

＝ 2.497 kg/日(24 時間)

③炭酸ガス消費量

ph11 の原水を、炭酸ガスにて ph7.0 に中和するのに必要な量を決定する。

(SS 成分を見込み理論値の 2 倍量とする)

CO_2 は水中において、

$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$ として作用

$Ca(OH)_2 + H_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + 2H_2O$

$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$

ph11 中には〔OH^-〕イオンが１Ｌ中に 10^{-3} グラム当量あるとして(実際は $10^{-3}-10^{-7}$ モル)

ph11 の溶液を炭酸ガスにて中和するのに必要な量は

44×10^{-3} (g/ Ｌ) ＝44×10^{-3} (kg/m^3)

炭酸ガス１モル

・坑内使用水

(ｱ) 処理水量　　12.00m^3/h

(ｲ) 理論量　　12.00 m^3/h×44×10^{-3} ＝ 0.528 kg/h

(ｳ) 時間当り使用量 0.528 kg/h×2 倍× 1h ＝ 1.056 kg/h

(ｴ) 日当り使用量 0.528 kg/h×2 倍×24h ＝ 25.344 kg/日

・坑内湧水

(ｱ) 処理水量　　34.68 m^3/h

(ｲ) 理論量　　34.68 m^3/h×44×10^{-3} ＝ 1.526 kg/h

(ｳ) 時間当り使用量 1.526 kg/h×2 倍× 1h ＝ 3.052 kg/h

(ｴ) 日当り使用量 1.526 kg/h×2 倍×24h ＝ 73.248 kg/日

表 11.3.5.7　濁水処理薬剤使用量

薬品名	1日当り使用量(kg)			工事全体使用量(kg)				
	坑内使用水に対して	坑内湧水に対して	合計	坑内使用水に対して		坑内湧水に対して		合計
				日数	算定	日数	算定	
PAC	28.800	83.232	112.032	314	9,043	314	26,135	35,178
高分子凝集剤	0.864	2.497	3.361	314	271	314	784	1,055
炭酸ガス	25.344	73.248	98.592	314	7,958	334.4	24,494	32,452

1.坑内使用水日数

掘削期間　：　15.38ヶ月×20.4日　＝314日

2.坑内湧水日数

掘削期間　：　15.38ヶ月×20.4日　＝314日

3.覆工コンクリート

炭酸ガスの算定では、覆工コンクリート期間の1ヶ月分も見込むものとする。
ただし、この場合は坑内湧水量のみを対象とする。

∴314日＋20.4日　　＝334.4日

4）排出汚泥量

・排水量　　46.68 m^3/h

・浄化処理　　3,000ppm→150ppm

汚泥重量　　46.68 m^3/h×(3,000-150)ppm＝133.038 kg/h＝0.133t/h

上記は乾燥重量である。含水率40%、土粒子の真比重を2.65とすると、

0.133t/h×[40/(100-40)＋1/2.65]＝0.139 m^3/h

1日の排出汚泥量は、

0.139 m^3/h×24h＝3.336 m^3/日

よって、総排出汚泥量は以下のとおりとなる。

3.336 m^3/日×15.38ヶ月×20.4日/ヶ月＝1,047 m^3

3.6　工事用機械一覧

トンネル工事に使用する主要機械を、次表に示す。

表 11.3.6.1　工事用主要機械一覧表（1/2）

種　類			仕　様	単　位	数　量	摘　要
穿　孔		ドリルジャンボ	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	台	1	走行時 119 kw 作業時 55 kw×3 (3次基準値)
こそく		大型ブレーカ (ベースマシン含む)	トンネル工事用排出対策型(第3次基準値) 油圧式ブレーカ1,300 kg級 ベースマシン20ｔ級	〃	1	104 kw (3次基準値)
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2.3 m³	〃	1	ずり積込 140 kw (2次基準値)
		ダンプトラック (トンネル工事用)	オンロード型10t積	〃	n	ずり運搬 246 kw
吹付け		コンクリート 吹　付　機	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・ エレクタ型･排出ガス対策型(第3次基準値)] 吐出量6～22m m³/h級吹付半径7m級	〃	1	走行時 186 kw 作業時 170 kw (3次基準値)
		トラックミキサ	4.4 m³	〃	n	213 kw
		集　塵　機	電気式　2,000 m³/min	〃	1	42 kw
		吸引捕集用風管	φ1,500mm	m	80	
ロックボルト		ドリルジャンボ	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	台	1	走行時 119 kw 作業時 55 kw×3 (3次基準値)
		モルタル注入機	吐出量950 ℓ /hr	〃	1	6.0kw
		トラック (トンネル工事用)	普通型　2ｔ積		1	98 kw
		トラック (トンネル工事用)	クレーン装置付 4ｔ積級，2.9ｔ吊	〃	1	132kw
鋼製支保工		ドリルジャンボ	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	〃	1	ロックボルトと併用
		トラック (トンネル工事用)	クレーン装置付 4ｔ積級，2.9ｔ吊	〃	1	ロックボルトと併用
インバート工	掘　削	大型ブレーカ	トンネル工事用排出ガス対策型 （第3次基準値）油圧式 1,300 kg級 ベースマシン20ｔ級	〃	1	104 kw (3次基準値)
		バックホウ (トンネル専用機)	[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0.45 m³（平積0.35 m³）	〃	1	60 kw (3次基準値)
	ずり出し	ダンプトラック (トンネル工事用)	オンロード型10t積	〃	n	246 kw
	コンクリート	コンクリート ポンプ車	[トラック架装・ブーム式] 圧送能力90～110 m³/ｈ	〃	1	199kw
	埋　戻 (敷均し･締固め)	バックホウ (トンネル専用機)	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0.35 m³)	〃	1	60 kw (3次基準値) 敷均し・締固め
		振動ローラ	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	20 kw (2次基準値)
		バックホウ	[標準型・超低騒音型・排出ガス対策型] (第3基準値) 山積0.8m³（平積0.6m³）	〃	1	104 kw (3次基準値)
覆工 コンクリート		スライドセントル (本　坑　用)	L＝10.5m	基	1	16.8 kw
		スライドセントル (非常駐車帯用)	L＝6.0m	〃	1	9.7 kw
		トラックミキサ	4.4 m³	台	n	213 kw
		コンクリート ポンプ車	トラック架装・配管式 圧送能力55m³/ｈ	〃	1	121 kw
		バイブレータ	肩掛け(軽便) φ38～46	〃	5	0.7 kw×5
		防水工作業台車	L＝6.0m(本坑、非駐兼用)	〃	1	4.0 kw

表 11.3.6.1　工事用主要機械一覧表（2/2）

種　類			仕　様	単　位	数　量	摘　要
共通	排水ポンプ(坑内)		工事用水中モータポンプ φ100mm×30m×11.0kw	台	4	11.0 kw×4
	同上 排水管(坑内)		φ100mm (SGP 鋼管)	m	1184	
	送風機(坑外)		反転軸流式・可変風量型(サイレンサ型) Q=1,500m³/min 4.9kPa　80kw×2	台	1	80 kw×2
	同上 風管		φ1,200mm 樹脂加工布風管(ファスナ式)定尺長 10m	m	1130	
	取水ポンプ(坑外)		工事用水中モータポンプ φ80mm×30m×5.5kw	台	1	5.5 kw
	同上 送水管(坑外)		φ80mm (SGP 鋼管)	m	71	
	水槽　一般工事用(坑外)		鋼板製簡易水槽　20m³	基	1	
	給水ポンプ(坑外)		小型多段遠心ポンプ(片吸込・モータ駆動型)　φ65mm×60m×7.5kw	台	1	7.5 kw
	同上 給水管		φ65mm(SGP 鋼管)	m	1176	
	吹付プラント(坑外)	セメントサイロ	(鋼製溶接構造)容量 30 t 排出能力 20 t / h	基	1	15 kw
		骨材ホッパ	15m³×3	〃	1	3.2 kw
		コンクリートプラント	[バッチ型・定置式]能力 25 m³/ h	〃	1	35 kw
	濁水処理装置(坑外)		ポータブル型・機械処理沈殿方式 脱水機付 ・処理能力 30m³/h　24 kw	式	1	24 kw
			ポータブル型・機械処理沈殿方式 脱水機付 ・処理能力 60 m³/h　37 kw	〃	1	37 kw
			ポータブル型・機械処理沈殿方式 脱水機付 ・処理能力 100 m³/h　47 kw	〃	1	47 kw

4　仮設電力計画

4.1　仮設受配電設備

和歌山県の(仮称)庄川久木１号トンネル(延長1,159.0m)の土木工事工程に基づいて電力工程表を作成すると、次表となる。

上記表条件をもとに、工事仮設電力設備の計画を行うものである。

4.2　仮負荷設備容量

表 11.4.1　負荷容量区分一覧表

名　称		容　　量		
440Ｖ動力	坑　内	ドリルジャンボ	55.0	kW×3
		コンクリート吹付機	170.0	kW
		集塵機	42.0	kW
	小　計		377.0	kW
	坑　外	送風機	80.0	kW×2
	小　計		160.0	kW
220Ｖ動力	坑　内	モルタル注入機	6.0	kW
		排水ポンプ	11.0	kW×4
		スライドセントル	16.8	kW
		バイブレータ	0.7	kW×5
		防水工作業台車	4.0	
	小　計		74.3	kW
	坑　外	吹付プラント	53.2	kW
		濁水処理設備(24.0kW)	47.0	kW
		取水ポンプ	3.7	kW
		給水ポンプ	7.5	kW
	小　計		111.4	kW
210-105Ｖ照明		坑内照明	9.3	kW
		切羽照明	3.0	kW
		覆工照明	2.0	kW
		坑外照明	1.5	kW
	小　計		15.8	kW
	合　計		748.2	kW

工事用電力使用工程表(仮称 庄川久木１号トンネル　L=1159m　発破掘削　)

項目		期間(開始～完了)		1年目 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2年目 13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	摘要
工事工程	準備工	3.0ヶ月間																												
	トンネル掘削	3.00ヶ月～18.38ヶ月																												
	覆工コンクリート	8.19ヶ月～19.38ヶ月																												
	排水工等雑工	19.88ヶ月～22.78ヶ月																												電力計画対象外
	舗装工	22.78ヶ月～24.71ヶ月																												電力計画対象外
	後片付け	24.71ヶ月～25.71ヶ月																												電力計画対象外
換気設備運転		3.40ヶ月～18.38ヶ月																												30m掘進時～貫通迄
切羽到達延長(m)							75	118	204	295	374	455	527	611	709	811	895	976	1058	1100	1152	1159								
種別	機種	定格出力(kW)	出力計(kW)																											
坑内(440V)	ドリルジャンボ	55.0 × 3	165.0				165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0								掘削完了迄
	コンクリート吹付機	170.0 × 1	170.0				170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0								〃
	電気集塵機(2,000m³/min)	42.0 × 1	42.0				42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0								上半掘削完了迄
	小計		377.0				377.0	377.0	377.0	377.0	377.0	377.0	377.0	377.0	377.0	377.0	377.0	377.0	377.0	377.0	377.0	377.0								
坑外(440V)	送風機(1,500m³/min サイレンサ型)	80.0 × 2	160.0				160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0								上半掘削完了迄
	小計		160.0				160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0								
坑内(220V)	モルタル注入機	6.0 × 1	6.0				6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0								掘削完了迄
	排水ポンプ	11.0 × 4	44.0				—	—	—	—	—	—	—	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0								掘削完了迄
	スライドセントル L=10.5m	16.8 × 1	16.8									16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8							覆工完了迄
	スライドセントル L=6.0m	9.7 × 1	9.7									—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							非駐区間
	バイブレータ	0.7 × 5	3.5									3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5							覆工完了迄
	防水工作業台車	4.0 × 1	4.0									4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0							〃
	小計		84.0				6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	30.3	30.3	74.3	74.3	74.3	74.3	74.3	74.3	74.3	74.3	74.3	24.3							
坑外(220V)	吹付けプラント	53.2 × 1.0	53.2				53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2								掘削完了迄
	濁水処理設備(処理能力30m³/h)	24.0 × 1.0	24.0				24.0	24.0	24.0	24.0																				掘削開始から４ヶ月間
	濁水処理設備(処理能力60m³/h)	37.0 × 1.0	37.0								37.0	37.0	37.0	37.0	37.0															掘削5ヶ月～5ヶ月間
	濁水処理設備(処理能力100m³/h)	47.0 × 1.0	47.0													47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0							掘削10ヶ月～8ヶ月間
	取水ポンプ	3.7 × 1	3.7				3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7								掘削完了迄
	給水ポンプ	7.5 × 1	7.5				7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5								〃
	小計		172.4				88.4	88.4	88.4	88.4	101.4	101.4	101.4	101.4	101.4	111.4	111.4	111.4	111.4	111.4	111.4	111.4	47.0							
照明(200V)	坑内照明(蛍光灯)	0.008 × 1159.0	9.3				0.6	0.9	1.6	2.4	3.0	3.6	4.2	4.9	5.7	6.5	7.2	7.8	8.5	8.8	9.2	9.3								覆工完了迄
	切羽照明(投光器)	0.5 × 6	3.0				3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0								掘削完了迄
	覆工照明(投光器)	0.5 × 4	2.0									2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0							覆工完了迄
	坑外照明(投光器)	0.5 × 3	1.5				1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5								掘削完了迄
	小計		15.8				5.1	5.4	6.1	6.9	7.5	10.1	10.7	11.4	12.2	13.0	13.7	14.3	15.0	15.3	15.7	15.8	2.0							
総設備負荷合計容量 (kW)		動力	(793.4)				631.4	631.4	631.4	631.4	644.4	668.7	668.7	712.7	712.7	722.7	722.7	722.7	722.7	722.7	722.7	722.7	71.3							
		照明	15.8				5.1	5.4	6.1	6.9	7.5	10.1	10.7	11.4	12.2	13.0	13.7	14.3	15.0	15.3	15.7	15.8	2.0							
		合計	(809.2)				636.5	636.8	637.5	638.3	651.9	678.8	679.4	724.1	724.9	735.7	736.4	737.0	737.7	738.0	738.4	738.5	73.3							

4.3　電力設備計画

1)　高圧引込設備

交流三相３線式 6,600V 60Hz を電力会社配電柱より、架空引込線で構内第１柱上にて受電し、構内第１柱上に設置した高圧気中開閉器(PAS)において電力会社との責任分界点とし、以降受電所まで高圧ケーブルにて引込むものとする。

2)　受電所設備

受配電盤は、屋外キュービクル型とし変圧器、コンデンサ等の機器を収納するものとし、各設備へは低圧(440V, 220V または 210-105V)にて配電を行うものとする。

本設計ではトンネル延長(1,159.0m)坑外配線（79.0m）合計（1,238m）と経済性の分岐点としている 150.0m より長いことから、坑内に変電設備を設け、坑内負荷へ送電する a 案を採用するものとする。

(a)　トンネル延長が長い場合:屋外に設置した電気室から高圧ケーブルによって、一旦坑内に配電し、坑内で移動式の変電設備を設けてそこで高圧で送られてきた電圧を変圧器で低圧に高圧させて坑内負荷へ配電を行う。

(b)　トンネル延長が短い場合:屋外に設置した電気室から降圧された電圧によって、直接坑内負荷へ電源供給する。

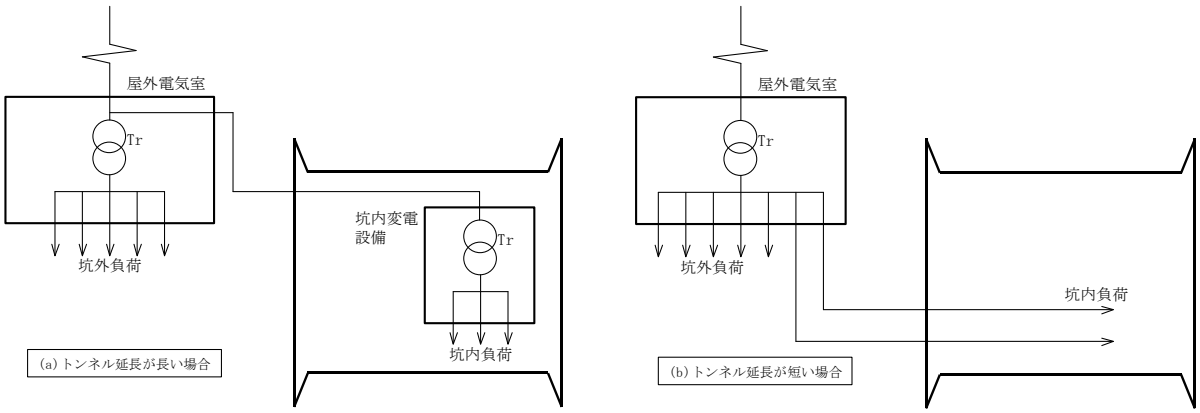


図11.4.1　配電方式

4.4　変圧器容量計算

1)　算定条件

a.　変圧器容量計算式

変圧器容量＝負荷容量(kW)×(需要率÷100)÷cos θ

b.　需要率及び cos θ は次の表 11.4.2 を標準とする。

表 11.4.2　需要率表

P	需要率
100kW以下	75%
200kW以下	70%
300kW以下	65%
500kW以下	60%
700kW 以下	55%

COS θ ＝力率改前後の値

＝0.95

注 1. 変圧器容量は、直近上位に選択するものとするが、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する。

2. 計算した変圧器容量が最も大きい負荷容量以下となる場合は、別途考慮するものとする。

表 11.4.3　変圧器の標準容量

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

2)　変圧器容量計算

a.　440V　坑内動力変圧器

表１.より坑内負荷容量377.0kW

ＴＲ(1)＝377.0×0.60÷0.95＝238.2kVA ＜ 300kVA×1.1＝330kVA

よって、3φ 6600/440Ｖ　　**300kVA**

b.　440V　坑外動力変圧器

表１.より坑外負荷容量160.0kW

ＴＲ(2)＝160.0×0.70÷0.95＝117.9kVA ＜ 150kVA×1.1＝165.0kVA

よって、3φ 6600/440Ｖ　　**150kVA**

c.　220V　坑内動力変圧器

表１.より坑内負荷容量74.3kW

ＴＲ(3)＝74.3×0.75÷0.95＝58.7kVA ＜ 75kVA×1.1＝82.5kVA

よって、3φ 6600/220Ｖ　　**75kVA**

d.　220V　坑外動力変圧器

表１.より坑内負荷容量111.4kW

ＴＲ(4)＝111.4×0.7÷0.95＝82.1kVA ＜ 75kVA×1.1＝82.5kVA

よって、3φ 6600/220Ｖ　　**75kVA**

e.　210-105V　坑外照明変圧器

ＴＲ(5)＝{1.5×1.0}＝1.5kVA ＜ 5kVA×1.1＝5.5kVA

よって、3φ 6600/210-105V　　**5kVA**

f.　210-105V　坑内照明変圧器

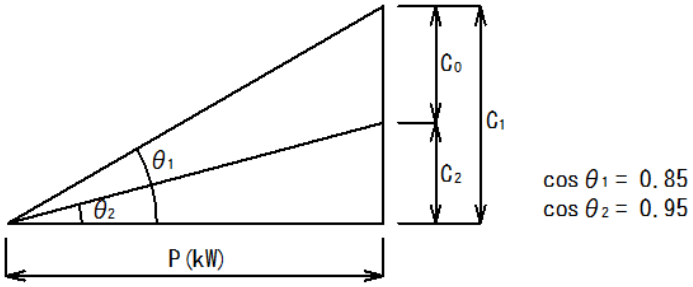
ＴＲ(6)＝{9.3×1.5＋5.0×1.0}＝18.95kVA ＜ 20kVA×1.1＝22.0kVA

よって、3φ 6600/210-105V　　**20kVA**

4.5　高圧進相コンデンサ容量計算

必要とするコンデンサ容量は、低圧動力の力率を 85%と仮定して、95%まで力率の改善を行うものとして算定する。

a)　進相コンデンサ容量計算式



進相コンデンサ容量

$C_0 = C_1 - C_2$

$= P(kW) \times (\tan\theta_1 - \tan\theta_2)$　(kVA)

$$\tan\theta_1 = \frac{\sqrt{1-\cos^2\theta_1}}{\cos\theta_1} = \frac{\sqrt{1-0.85^2}}{0.85} \fallingdotseq 0.620$$

$$\tan\theta_2 = \frac{\sqrt{1-\cos^2\theta_2}}{\cos\theta_2} = \frac{\sqrt{1-0.95^2}}{0.95} \fallingdotseq 0.329$$

$C_0 = P(kW) \times (0.620 - 0.329) = P(kW) \times 0.291$　(kVA)

b)　コンデンサ容量計算(受配電盤)

①　低圧動力(440V)　377.0×0.60＋160.0×0.70＝338.2kW

②　低圧動力(220V)　74.3×0.75＋111.4×0.7＝133.705kW

高圧進相コンデンサ容量は以下のとおりとなる。

$C_0 = (338.2 + 133.705) \times 0.291 = 137.3$ kVA

よって本設計では標準容量として 150kVA を選定する。

表 11.4.4　コンデンサの標準容量

電圧(V)	コンデンサ標準容量(kVA)												
3,300、6,600	50Hz	10	15	20	25	30	50	75	100	150	200	250	300
	60Hz	12	18	24	30	36	50	75	100	150	200	250	300

4.6　契約電力の算定

契約電力の種別は、負荷設備容量から契約電力が 50kW 以上となるので高圧電力契約となる。

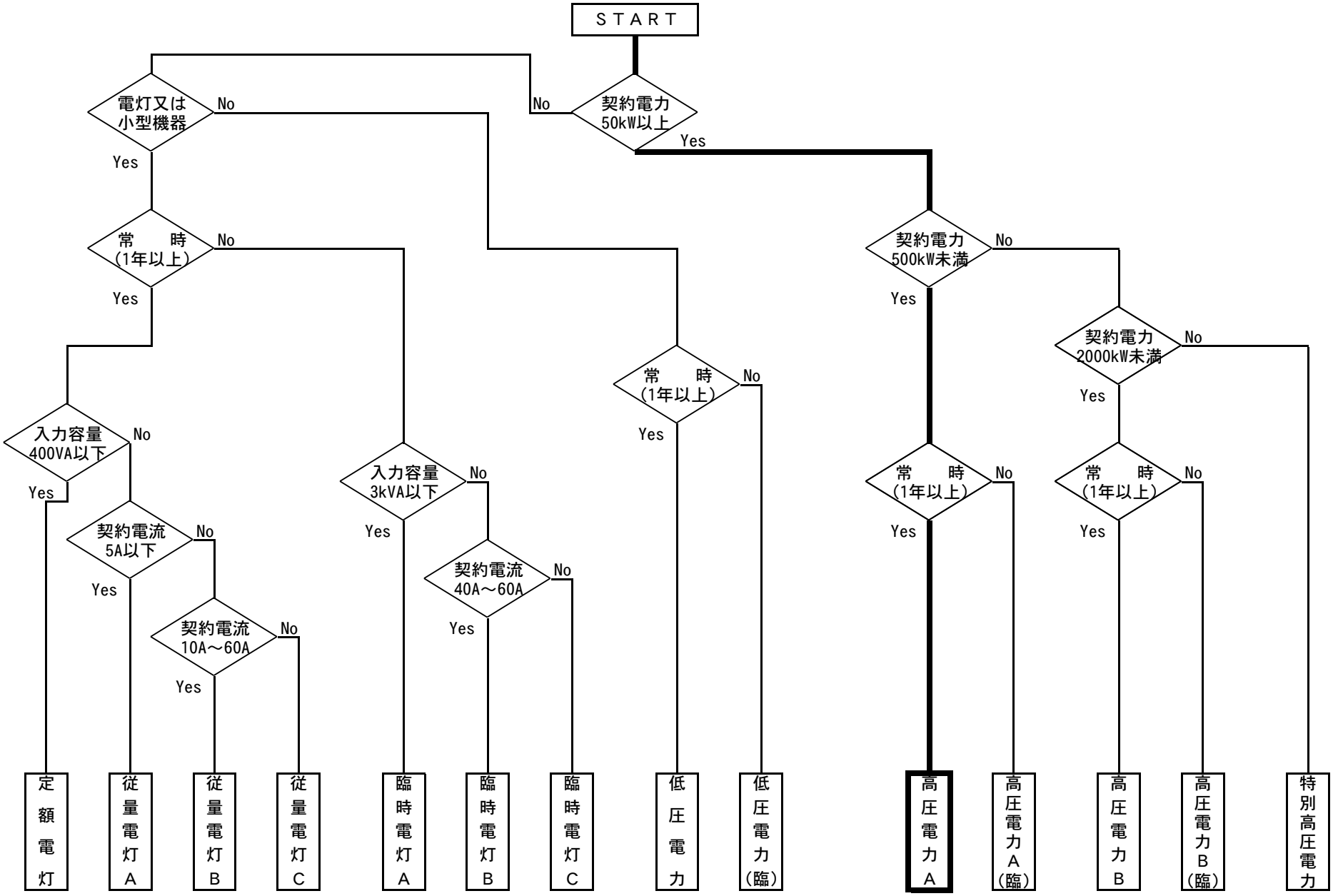
ｲ)　高圧電力 A：契約電力が 50kW 以上 500kW 未満

ﾛ)　高圧電力Ｂ：契約電力が 500kW 以上 2000kW 未満

契約電力の算定は、高圧電力 A の場合、電力会社の電気供給約款に示されているように、過去１年間(供給開始から１年未満の場合は供給開始日から)の各月毎の最大需要電力のうち、最も大きい値となるが、高圧電力Ｂの場合、使用負荷設備の内容等によって、使用者側と電力会社との間で協議して定めることになる。

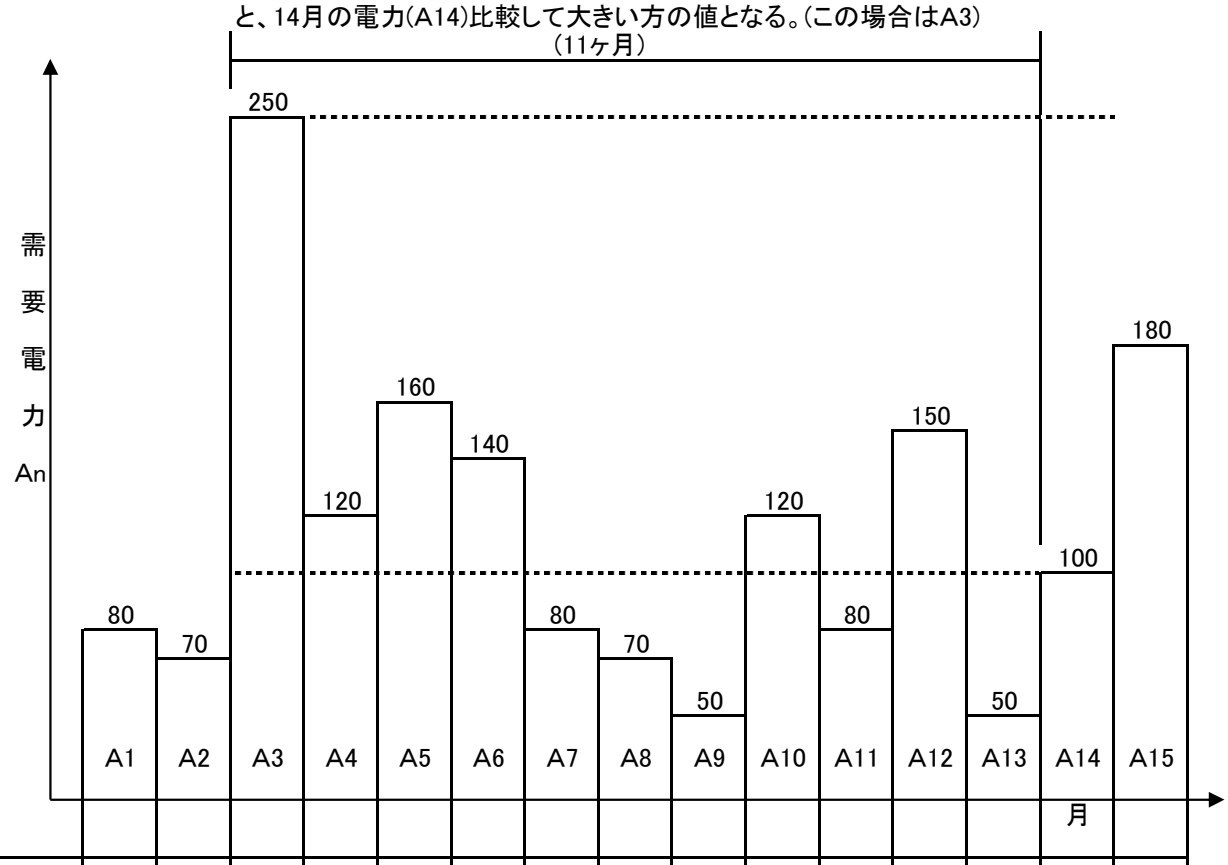
本設計では､後に示す契約電力算定の表より､契約電力が 500kW 以下であるため、契約種別が高圧電力 A となる。また、本工事期間は１年以上であることから、常時電力として高圧電力 A 契約を行うものとする。

工事用電力の契約種別選定フロー



契約電力（デマンド方式）の考え方

14月の契約電力は3～13月間(11ヶ月)で最大の電力(この場合は3月のA3)
と、14月の電力(A14)比較して大きい方の値となる。(この場合はA3)



月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
当該月の需要電力	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
前11ヶ月間の最大需要電力		1～1 A1	1～2 A1	1～3 A3	1～4 A3	1～5 A3	1～6 A3	1～7 A3	1～8 A3	1～9 A3	1～10 A3	1～11 A3	2～12 A3	3～13 A3	4～14 A5
当該月の契約電力(Zn)	A1 80	A1 80	A3 250	A3 250	A3 250	A3 250	A3 250	A3 250	A3 250	A3 250	A3 250	A3 250	A3 250	A3 250	A15 180

：当該月の需要電力と前11ヶ月間の最大需要電力を比較して大きい方の値

1)　契約負荷設備によってえた値

a.　契約負荷設備のうち

最大入力のものから	最初の２台に入力につき	100%
	次の２台に入力につき	95%
	上記以外のものの入力につき	90%

b.　aによって得た値の合計のうち

最初の6キロワットにつき	100%
次の14キロワットにつき	90%
次の30キロワットにつき	80%
次の100キロワットにつき	70%
次の150キロワットにつき	60%
次の200キロワットにつき	50%
500キロワットを超える部分につき	30%

3)　契約電力の算出方法（例：最大負荷使用月：19ヶ月目）

a. 契約負荷設備から求める場合

a)　負荷入力換算

440V動力	(377+160)×1.25	＝	671.25
220V動力	(74.3+111.4)×1.25	＝	232.125
照　明	9.3×1.5＋6.5×1.0	＝	20.45
			923.825(kW)

b)　台数圧縮計算

摘　要	計算式	係数(%)	圧縮後計算(kW)
最初の２台の入力につき	(170＋80)×1.25 ＝312.50	100	312.5
次の２台の入力につき	(80+55)×1.25 ＝168.75	95	160.3
上記以外のものの入力につき	923.825－(312.50＋168.75) ＝442.575	90	398.3
計			871.1

c)　契約電力の算出

摘　要	累 計(kW)	係 数(%)	契約電力(kW)
最初の6kWにつき	6	100	6.0
次の14kWにつき	20	90	12.6
次の30kWにつき	50	80	24.0
次の100kWにつき	150	70	70.0
次の150kWにつき	300	60	90.0
次の200kWにつき	500	50	100.0
残りの371.1kWにつき	871.1	30	111.3
計			413.9

→　414kW

b.契約受電設備から求める場合

（常時契約のため不要）

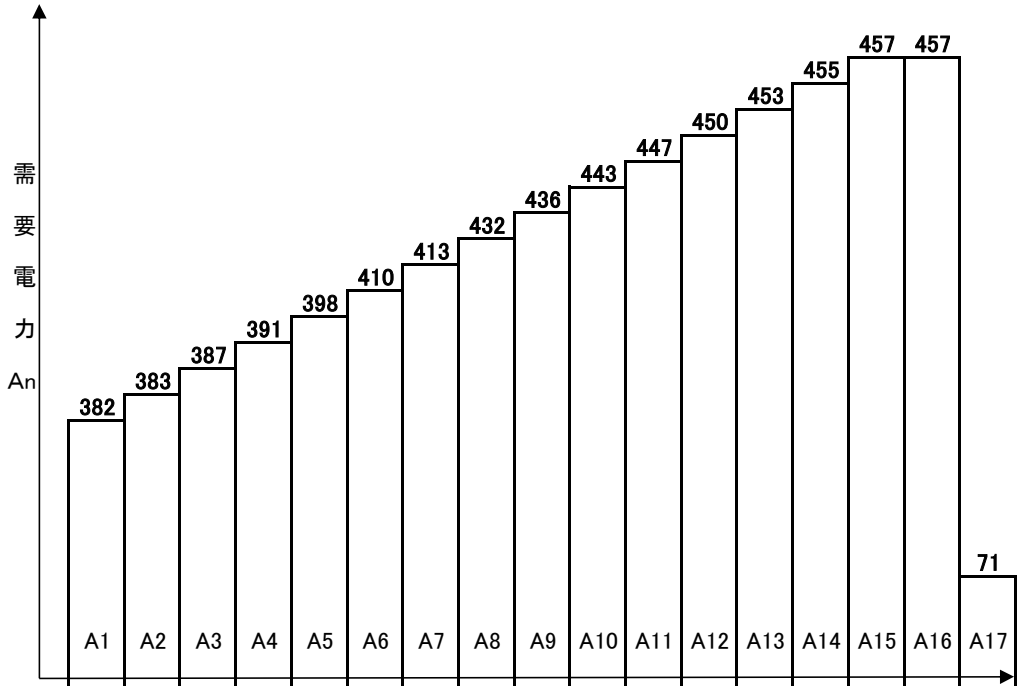
a、bの契約電力のうち、小さい方の値が今回の契約電力となる。

よって、<u>高圧電力Aの414kW</u>契約となる。

＜参考＞

基本料金 ‥‥ 基本料金は契約電力に掛かる毎月の基本料金である。
本設備は契約期間が１年以上であることと、契約電力が
50kW以上500kW未満であることから、高圧電力Aを適用する。

力率割引 ‥‥ 力率改善(95%)を行う計画となっていることから、力率割
引を適用できることとなる。
（基本料金を10%割引できる）



月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
当該月の需要電力	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
前11ヶ月間の最大需要電力		1～1 A1	1～2 A2	1～3 A3	1～4 A4	1～5 A5	1～6 A6	1～7 A7	1～8 A8	1～9 A9	1～10 A10	1～11 A11	2～12 A12	3～13 A13	4～14 A14	5～15 A15	6～16 A15
当該月の需要電力(Zn)	A1 382	A2 383	A3 387	A4 391	A5 398	A6 410	A7 413	A8 432	A9 436	A10 443	A11 447	A12 450	A13 453	A14 455	A15 457	A16 457	A17 71
当該月の契約電力(Zn)	382	383	387	391	398	410	413	432	436	443	447	450	453	455	457	457	457

契約電力計算書〔負荷リスト（その１）〕

設備	負荷名	電圧(V)	出力(kW)	入力換算率	１台当入力(Kw)	台数	総入力(kW)	使用期間 日	4ヶ月	5ヶ月	6ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	備考
坑外	ドリルジャンボ	440	55	1.25	68.75	3	206.25		206.25	206.25	206.25	206.25	206.25	206.25	206.25	206.25	206.25	206.25	
坑内	コンクリート吹付機	440	170	1.25	212.50	1	212.50		212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	
坑内	集塵機	440	42	1.25	52.50	1	52.50		52.50	52.50	52.50	52.50	52.50	52.50	52.50	52.50	52.50	52.50	
坑内	送風機	440	80	1.25	100.00	2	200.00		200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	
坑内	モルタル混合注入装置	220	6	1.25	7.50	1	7.50		7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	
坑内	排水ポンプ	220	11	1.25	13.75	4	55.00									55.00	55.00	55.00	
坑内	スライドセントル	220	16.8	1.25	21.00	1	21.00							21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	
坑内	バイブレータ	220	0.7	1.25	0.88	5	4.40							4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	
坑内	防水工作業台車	220	4	1.25	5.00	1	5.00							5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
坑外	吹付プランド	440	53.2	1.25	66.50	1	66.50		66.50	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50	
坑外	濁水処理設備	220	24	1.25	30.00	1	30.00		30.00	30.00	30.00	30.00							
坑外	濁水処理設備	220	37	1.25	46.25	1	46.25						46.25	46.25	46.25	46.25	46.25		
坑外	濁水処理設備	220	47	1.25	58.75	1	58.75											58.75	
坑外	取水ポンプ	220	3.7	1.25	4.63	1	4.63		4.63	4.63	4.63	4.63	4.63	4.63	4.63	4.63	4.63	4.63	
坑外	給水ポンプ	200	7.5	1.25	9.38	1	9.38		9.38	9.38	9.38	9.38	9.38	9.38	9.38	9.38	9.38	9.38	
照明	坑内照明(蛍光灯)	200	0.5	1.5	0.75	233	174.75		11.25	17.25	30.00	45.00	56.25	67.50	78.75	92.25	107.25	122.25	
照明	切り羽照明(投光器)	200	0.5	1	0.50	6	3.00		3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	
照明	覆工照明(投光器)	200	0.5	1	0.50	4	2.00							2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
照明	坑外照明(投光器等)	200	0.5	1	0.50	3	1.50		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	
	入力計						1160.91		212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	
									100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
	最初の２台（ｋW）								312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	
									100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
									68.75	68.75	68.75	68.75	68.75	68.75	68.75	68.75	68.75	68.75	
	次の２台　（ｋW）								168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	
	残りの全て（ｋW）								323.76	329.76	342.51	357.51	385.01	428.66	439.91	508.410	523.41	550.91	
	合　計（ｋW）（最大入力）								805.01	811.01	823.76	838.76	866.26	909.91	921.16	989.66	1004.66	1032.16	

契約電力計算書〔負荷リスト（その２）〕

設備	負荷名	電圧(V)	出力(kW)	入力換算率	１台当入力(Kw)	台数	総入力(kW)	使用期間 日	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	21ヶ月	22ヶ月	23ヶ月	備考
坑外	ドリルジャンボ	440	55	1.25	68.75	3	206.25		206.25	206.25	206.25	206.25	206.25	206.25					
坑内	コンクリート吹付機	440	170	1.25	212.50	1	212.50		212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	212.50					
坑内	集塵機	440	42	1.25	52.50	1	52.50		52.50	52.50	52.50	52.50	52.50	52.50					
坑内	送風機	440	80	1.25	100.00	2	200.00		200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00					
坑内	モルタル混合注入装置	220	6	1.25	7.50	1	7.50		7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50					
坑内	排水ポンプ	220	11	1.25	13.75	4	55.00		55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00					
坑内	スライドセントル	220	16.8	1.25	21.00	1	21.00		21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00				
坑内	バイブレータ	220	0.7	1.25	0.88	5	4.40		4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40				
坑内	防水工作業台車	220	4	1.25	5.00	1	5.00		5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00				
坑外	吹付プランド	440	53.2	1.25	66.50	1	66.50		66.50	66.50	66.50	66.50	66.50	66.50					
坑外	濁水処理設備	220	24	1.25	30.00	1	30.00												
坑外	濁水処理設備	220	37	1.25	46.25	1	46.25												
坑外	濁水処理設備	220	47	1.25	58.75	1	58.75		58.75	58.75	58.75	58.75	58.75	58.75	58.75				
坑外	取水ポンプ	220	3.7	1.25	4.63	1	4.63		4.63	4.63	4.63	4.63	4.63	4.63					
坑外	給水ポンプ	200	7.5	1.25	9.38	1	9.38		9.38	9.38	9.38	9.38	9.38	9.38					
照明	坑内照明(蛍光灯)	200	0.5	1.5	0.75	233	174.75		135.00	146.25	159.75	165.00	172.50	174.75					
照明	切り羽照明(投光器)	200	0.5	1	0.50	6	3.00		3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00					
照明	覆工照明(投光器)	200	0.5	1	0.50	4	2.00		2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00				
照明	坑外照明(投光器等)	200	0.5	1	0.50	3	1.50		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50					
						入力計	1160.91		212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	212.50	58.75				
									100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	21.00				
						最初の２台（ｋW）			312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	79.75				
									100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	5.00				
									68.75	68.75	68.75	68.75	68.75	68.75	0.88				
						次の２台　（ｋW）			168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	5.88				
						残りの全て（ｋW）			563.66	574.91	588.41	593.66	601.16	603.41	5.53				
						合　計　（ｋW）（最大入力）			1044.91	1056.16	1069.66	1074.91	1082.41	1084.66	91.15				

契 約 電 力 計 算 書

			4ヶ月	5ヶ月	6ヶ月	7ヶ月	8ヶ月	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月	備　　考
	負 荷 最 大 入 力 (kW)		805.01	811.01	823.76	838.76	866.26	909.91	921.16	989.66	1004.66	1032.16	契約電力計算書〔負荷リスト（その１）〕より
負荷設備による契約電力	最大の入力のものから 最初の２台の入力　100%		312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	電力計算用負荷入力表より
		100%	168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	
	次の２台の入力　95%	95%	160.31	160.31	160.31	160.31	160.31	160.31	160.31	160.31	160.31	160.31	電力計算用負荷入力表より
		100%	323.76	329.76	342.51	357.51	385.01	428.66	439.91	508.41	523.41	550.91	
	残りのもの全ての入力　90%	90%	291.38	296.78	308.26	321.76	346.51	385.79	395.92	457.57	471.07	495.82	
	合　　計		764.19	769.59	781.07	794.57	819.32	858.60	868.73	930.38	943.88	968.63	
	上記によって得た値の合計のうち 最初の　6 KW につき　100%		6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	
	次の　14 KW につき　90%		12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	
	次の　30 KW につき　80%		24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	
	次の　100 KW につき　70%		70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	
	次の　150 KW につき　60%		90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	
	次の　200 KW につき　50%		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
	500 KW をこえるもの　30%		79.26	80.88	84.32	88.37	95.80	107.58	110.62	129.11	133.16	140.59	
	合　　計　(kW)		381.86	383.48	386.92	390.97	398.40	410.18	413.22	431.71	435.76	443.19	
	契 約 電 力　(kW)		382	383	387	391	398	410	413	432	436	443	

契 約 電 力 計 算 書

			14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月	19ヶ月	20ヶ月	21ヶ月	22ヶ月	23ヶ月	備　　考
	負 荷 最 大 入 力 (kW)		1044.91	1056.16	1069.66	1074.91	1082.41	1084.66	91.15				契約電力計算書〔負荷リスト（その２）〕より
負荷設備による契約電力	最大の入力のものから 最初の２台の入力　100%		312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	312.50	79.75				電力計算用負荷入力表より
		100%	168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	168.75	5.88				
	次の２台の入力　95%	95%	160.31	160.31	160.31	160.31	160.31	160.31	5.58				電力計算用負荷入力表より
		100%	563.66	574.91	588.41	593.66	601.16	603.41	5.53				
	残りのもの全ての入力　90%	90%	507.29	517.42	529.57	534.29	541.04	543.07	4.97				
	合　　計		980.10	990.23	1002.38	1007.10	1013.85	1015.88	90.30				
	上記によって得た値の合計のうち 最初の　6 KW につき　100%		6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00				
	次の　14 KW につき　90%		12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60				
	次の　30 KW につき　80%		24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00				
	次の　100 KW につき　70%		70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	28.21				
	次の　150 KW につき　60%		90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00					
	次の　200 KW につき　50%		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00					
	500 KW をこえるもの　30%		144.03	147.07	150.71	152.13	154.16	154.76					
	合　　計　(kW)		446.63	449.67	453.31	454.73	456.76	457.36	70.81				
	契 約 電 力　(kW)		447	450	453	455	457	457	71				

電 力 計 算 用 負 荷 入 力 表

	4ヶ月	5ヶ月	6ヶ月	7ヶ月	8ヶ月
最初の２台の入力	コンクリート吹付機 212.50 kW	コンクリート吹付機 212.50 kW	コンクリート吹付機 212.50 kW	コンクリート吹付機 212.50 kW	コンクリート吹付機 212.50 kW
	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW
計	312.50 kW	312.50 kW	312.50 kW	312.50 kW	312.50 kW
次の２台の入力	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW
	ドリルジャンボ 68.75 kW	ドリルジャンボ 68.75 kW	ドリルジャンボ 68.75 kW	ドリルジャンボ 68.75 kW	ドリルジャンボ 68.75 kW
計	168.75 kW	168.75 kW	168.75 kW	168.75 kW	168.75 kW

	9ヶ月	10ヶ月	11ヶ月	12ヶ月	13ヶ月
最初の２台の入力	コンクリート吹付機 212.50 kW	コンクリート吹付機 212.50 kW	コンクリート吹付機 212.50 kW	コンクリート吹付機 212.50 kW	
	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	
計	312.50 kW	312.50 kW	312.50 kW	312.50 kW	
次の２台の入力	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	
	ドリルジャンボ 68.75 kW	ドリルジャンボ 68.75 kW	ドリルジャンボ 68.75 kW	ドリルジャンボ 68.75 kW	
計	168.75 kW	168.75 kW	168.75 kW	168.75 kW	

電 力 計 算 用 負 荷 入 力 表

	14ヶ月	15ヶ月	16ヶ月	17ヶ月	18ヶ月
最初の２台の入力	コンクリート吹付機 212.50 kW	コンクリート吹付機 212.50 kW	コンクリート吹付機 212.50 kW	コンクリート吹付機 212.50 kW	コンクリート吹付機 212.50 kW
	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW
計	312.50 kW	312.50 kW	312.50 kW	312.50 kW	312.50 kW
次の２台の入力	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW	送風機 100.00 kW
	ドリルジャンボ 68.75 kW	ドリルジャンボ 68.75 kW	ドリルジャンボ 68.75 kW	ドリルジャンボ 68.75 kW	ドリルジャンボ 68.75 kW
計	168.75 kW	168.75 kW	168.75 kW	168.75 kW	168.75 kW

	19ヶ月	20ヶ月	21ヶ月	22ヶ月	23ヶ月
最初の２台の入力	コンクリート吹付機 212.50 kW				
	送風機 100.00 kW				
計	312.50 kW				
次の２台の入力	送風機 100.00 kW				
	ドリルジャンボ 68.75 kW				
計	168.75 kW				

4.7　配線設計

1)　配線設計

a.　配電電圧方式

高圧引込	3φ3W 6600V	60Hz
高圧動力	3φ3W 6600V	60Hz
低圧動力	3φ3W 440V	60Hz
低圧動力	3φ3W 220V	60Hz
照　明	1φ3W 210-105V	60Hz
	1φ2W 210V	60Hz

b.　低圧配電線路

a)　低圧配電線路は、電柱による架線方式を標準とする。

b)　使用電線サイズは、負荷容量と距離に応じて表11.4.5により選定するものとする。

表11.4.5　低圧配電線路のケーブル選定表

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1)　電線規格は、3.2までは直径(mm)を、14以上は断面積(sq)を示す。

c.　高圧配電線路

高圧配電線路は、電柱による架線方式を標準とする。

d.　坑内配電線路

坑内配電線路は、トンネル工事における坑内の各種施工機械に電力を送電するためのケーブル電線路である。

使用電圧により、低圧，高圧の区分がある。使用ケーブルの種類は表11.4.6の通りである。

表11.4.6　坑内配電線路のケーブル

区　分	ケーブルの種類
低圧ケーブル	VVRケーブル×3C
高圧ケーブル	CVケーブル×3C

e.　ころがし配線

ころがし配線は、低圧電動機設備から電動機までは機械付属ケーブルを用いるものとするが、工事用機械の配置上10m以上の距離を必要とする場合に、ころがし配線でケーブルを計上する。

また、ケーブルの保護を必要とする場合は、別途計上する。なお、ケーブルは移動を考慮してキャプタイヤケーブルである。

f.　工事用照明

工事現場で使用する500W投光器に適用する。

g.　坑内照明

坑内照明は、40W蛍光灯を片側5m間隔で設置することを標準とし、ケーブルサイズは表11.4.7による。

なお、使用電力量は次式で計算し、電力量コードで別途計上するものとする。

使用電力量(kWh)＝17h/日×0.04kWh×個数×照明日数

表11.4.7　坑内照明のケーブル選定表

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1)　ケーブルサイズは、断面積(sq)である。

h.　切羽照明

トンネル工事の切羽部及び覆工で使用する500W投光器に使用する。

使用電力量は次式で計算し、電力量コードで別途計上するものとする。

使用電力量(kWh)＝17h/日×0.5KWh×灯数×照明日数

2)　配線サイズの選定

高圧及び低圧の引込用配線，各機器への配線サイズの選定は、前述に従って、次の表11.4.8に示すものとする。

なお、前述の内容が適応できない場合は、別途計算によりサイズを選定するものとする。

3)　照明電力使用量の算出

区分		出力(kW)	灯数	照明時間	電力量(kWh) 照明時間×出力
坑内照明	掘削期間	0.04	233	233灯 × 17時間 ×（18.38 - 3） ×1/2×20.4日 ＝　621,385.8　時間	24,855.4
	掘削期間以降	0.04	4	233灯 × 8時間 ×（19.38 - 18.38） ×20.4日 ＝　38,025.6　時間	1,521.0
切羽照明(掘削)		0.5	6	6灯 × 17時間 ×（18.38 - 3） ×20.4日 ＝　32,002.7　時間	16,001.4
切羽照明(覆工)		0.5	4	4灯 × 8時間 ×（19.38 - 8.19） ×20.4日 ＝　7,304.8　時間	3,652.4
工事用照明 (坑外照明)		0.5	3	3灯 × 9時間 ×（18.38 - 3） ×20.4日 ＝　8,471.3　時間	4,235.7
合計					**50,265.9**

※）坑内照明日数は次のとおりとする。

①　掘削開始から掘削完了までの月数については一様に進行するものとし、1月あたり20.4日の1/2按分とする。日当り点灯時間は17時間とする。

②　掘削完了以降の月数については全灯点灯するため、1月あたり20.4日とする。日当り点灯時間は8時間とする。

【参考】交換ランプ数の計算

a.坑内照明(蛍光灯：40W)　灯具平均寿命=8,000h

ランプ数 ＝ (621,385.8+38,025.6)h／8,000h ＝ 82.4 ⇒83個

100m(20個)当り平均交換ランプ数n

83/233= n/20 ⇒ n=8個　　よって必要ランプ数は20+8=28個

b.坑内切羽照明(投光器、白熱灯：500W)　灯具平均寿命=2,000h

ランプ数 ＝ (32.002.7+7,304.8)h／2,000h ＝ 19.7 ⇒20個

10個当り平均交換ランプ数n

20/10 ＝ n/10 ⇒ n=20個　　よって必要ランプ数は10+20=30個

c.坑外照明(投光器、白熱灯：500W)　灯具平均寿命=2,000h

ランプ数 ＝ 8,471.3h／2,000h ＝ 4.2 ⇒5個

10個当り平均交換ランプ数n

5/10 ＝ n/10 ⇒ n=5個　　よって必要ランプ数は10+5=15個

4)　坑内変電設備負荷の回路分けについて

坑内で、変電設備を設け、そこから各負荷に配電する際、使用する電圧及び用途によって坑内使用負荷を以下のように分け、分岐用の分電盤を設けるものとする。

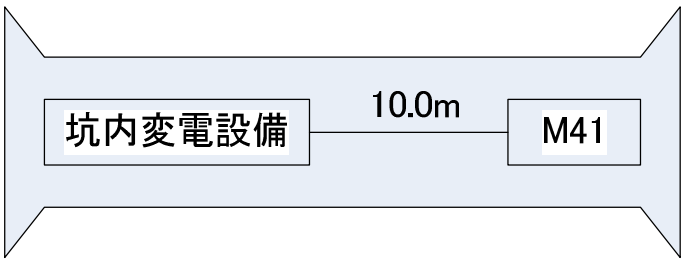
分電盤名称		負荷名称及び容量	
M41	掘削用440Ｖ動力	油圧削岩機	55.0kW×3
	小　計		165.0kW
M42	掘削用440Ｖ動力	集塵機 コンクリート吹付機	42.0kW 170.0kW
	小　計		212.0kW
M21	掘削用220Ｖ動力	モルタル混合注入装置 排水ポンプ	6.0kW 11.0kW×4
	小　計		50.0kW
M22	覆工用220Ｖ動力	防水工作業台車 バイブレーター スライドセントル	4.0kW 0.7kW×5 16.8kW
	小　計		24.3kW
	坑内照明	坑内照明 切り羽・覆工照明	9.3kW 5.0kW
	小　計		14.3kW
合　　計			465.6kW

表 11.4.8　配線サイズ選定表

	電圧	容量(kW)	距離(m)	配線サイズ	採　用
高圧引込用配線	6600V	748.2	10.0 5.0	6kV CV38sq-3C 6kV PDC 38sq	積算基準
坑内変電設備用配線	6600V	465.6	79.0 1,159.0	6kV OE22sq×3 6kV CV22sq-3C	積算基準
坑内変電　～　M41	440V	165.0	10.0	VVR 60sq-3C×2	別途計算
〃　～　M42	440V	212.0	10.0	VVR 100sq-3C×2	別途計算
〃　～　M21	220V	50.0	10.0	VVR 22sq-3C	表11.4.5:50kW以下 50m以下
〃　～　M22	220V	24.3	380.0	VVR 100sq-3C	表11.4.5:30kW以下 400m以下
受配電所　～送風機	440V	160.0	70.0	OW 60sq×3×2	別途計算
〃　～給水ポンプ	220V	7.5	69.0	OW 3.2mm×3	表11.4.5:10kW以下 100m以下
〃　～取水ポンプ	220V	3.7	63.0	OW 3.2mm×3	表11.4.5:10kW以下 100m以下
〃　～吹付プラント	220V	53.2	47.0	OW 22sq×3	表11.4.5:60kW以下 50m以下
〃　～濁水処理設備	220V	47.0	53.0	OW 38sq×3	表11.4.5:50kW以下 100m以下
坑内照明	200V	9.3	1,159.0	VVR 100sq-3C	表11.4.7: 1500m以下
工事用照明	200V	1.5		VVR 5.5sq-2C	積算基準
切羽照明	200V	3.0		2RNCT 3.5sq-2C	積算基準
覆工照明	200V	2.0		2RNCT 3.5sq-2C	積算基準

5)　配線サイズの計算

a.　坑内変電設備 ～ 坑内動力(M41)系統配線



(a)　電　圧　　3φ3W 440V

(b)　負荷容量

油圧削岩機	55.0kW×3
計	165.0kW

(c)　負荷電流（単機とみなして、需要率を1.0とする。）

$$I = \frac{165.0 \times 1.0 \div 0.95}{\sqrt{3} \times 0.44} = 228.0\ (A)$$

(d)　許容電流によるケーブルサイズ

$I_A \geqq 1.1 \times 228.0 = 250.8$(A)

VVR 60sq-3C(152A)×2　＞　250.8 (A)

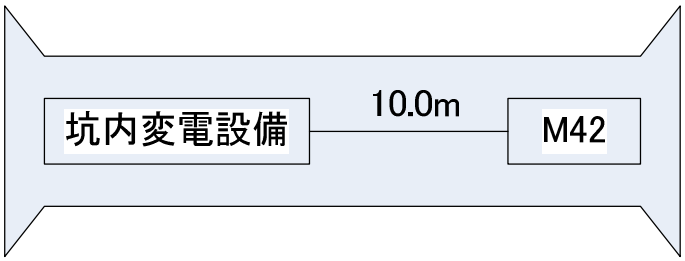
(e)　電圧降下によるサイズ

$$A = \frac{30.8 \times 10.0 \times 228.0}{1000 \times 30.8} = 2.28 \quad \rightarrow \quad 3.5sq$$

(f)　配線サイズ

許容電流により、VVR60sq-3C(152A)×2となる。

b.　坑内変電設備 ～ 坑内動力(M42)系統配線



(a)　電　圧　　3φ3W 440V

(b)　負荷容量

集塵機	42.0kW
コンクリート吹付機	170.0kW
計	212.0kW

(c)　負荷電流（単機とみなして、需要率を1.0とする。）

$$I = \frac{212.0 \times 1.0 \div 0.95}{\sqrt{3} \times 0.44} = 292.9\ (A)$$

(d)　許容電流によるケーブルサイズ

$I_A \geqq 1.1 \times 292.9 = 322.2\ (A)$

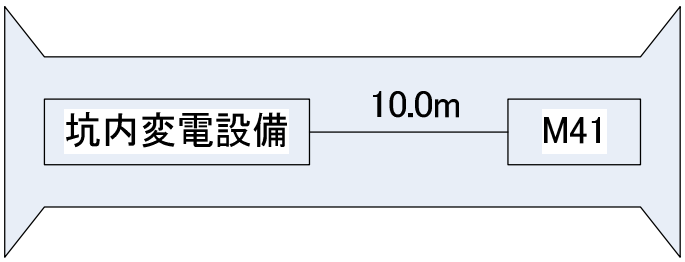
VVR 100sq-3C(208A)×2　＞　322.2 (A)

(e)　電圧降下によるサイズ

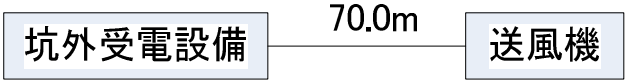
$$A = \frac{30.8 \times 10.0 \times 292.9}{1000 \times 30.8} = 2.93 \quad \rightarrow \quad 3.5sq$$

(f)　配線サイズ

許容電流により、VVR100sq-3C(208A)×2となる。



c.　坑外受電設備 ～ 送風機配線



(a)　電　圧　　3φ3W 440V

(b)　負荷容量

送付機	80.0kW×2
計	160.0kW

(c)　負荷電流（単機とみなして、需要率を1.0とする。）

$$I = \frac{160.0 \times 1.0 \div 0.95}{\sqrt{3} \times 0.44} = 221.0\ (A)$$

(d)　許容電流によるケーブルサイズ

$I_A \geqq 1.1 \times 221.0 = 243.1(A)$

OW 60sq×3(130A)×2　>　243.1 (A)

(e)　電圧降下によるサイズ

$$A = \frac{30.8 \times 70.0 \times 221.0}{1000 \times 30.8} = 15.5 \quad \rightarrow \quad 22sq$$

(f)　配線サイズ

許容電流により、OW 60sq×3 (130A)×2となる。

表11.4.9　ケーブル、電線の許容電流値

		許容電流値(A)		
		ケーブル		電線
		VVR	2RNCT	OW
配線サイズ	2 ㎜			35
	2.6			45
	3.2			57
				73
	5.5 sq		33	
	8	42	41	
	14	61	58	60
	22	80	79	78
	38	113	109	100
	60	152	144	130
	(80)		177	
	100	208	207	175

【分電盤構成表】

盤記号	負荷名称	容量(kW)	台数	回路数	分電盤寸法（H×W×D）
M41	ドリルジャンボ	55.0	3	3回路	400×300×200
M42	集塵機	42.0	1	3回路	400×300×200
	コンクリート吹付機	170.0	1		
M21	モルタル注入機	6.0	1	5回路	500×400×200
	排水ポンプ	11.0	4		
M22	防水工作業台車	4.0	1	7回路	600×700×200
	スライドセントル	16.8	1		
	バイブレーター	0.7	5		
M43	送風機	80.0	2	3回路	400×300×200
M23	給水ポンプ	7.5	1	3回路	400×300×200
M24	取水ポンプ	3.7	1	3回路	400×300×200
M25	吹付プラント	53.2	1	3回路	400×300×200
M26	濁水処理設備	47.0	1	3回路	400×300×200

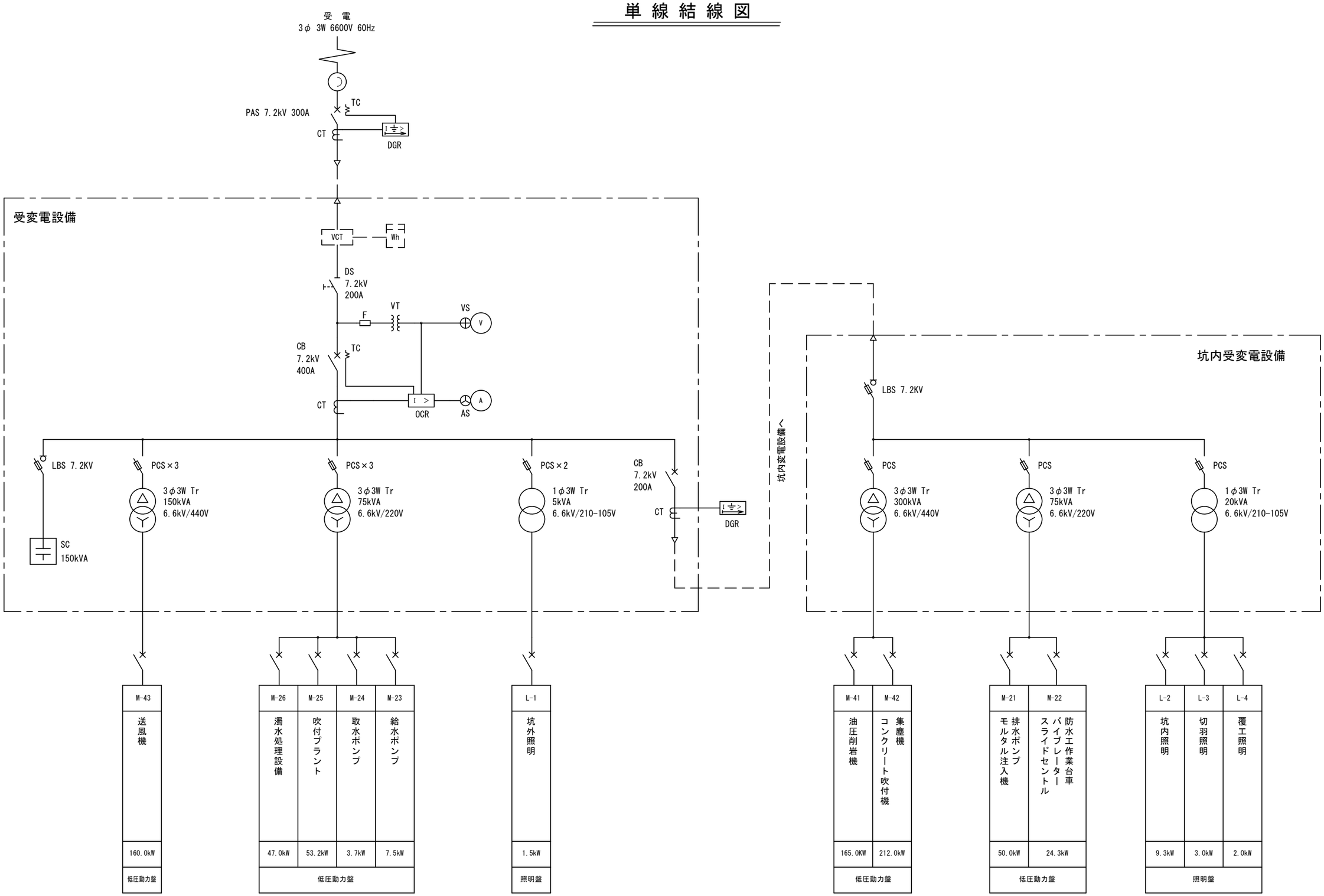
【数量内訳表】 (1/2)

名　称	仕　　様	単位	数 量		備　考
高圧受配電設備	500kW以下	式	1		17ヶ月、2年未満
低圧配電線路設備					
送風機	160.0kW　OW 60sq×3×2	m	70	0	16ヶ月、2年未満
吹付プラント	53.2kW　OW 22sq×3	m	47	0	16ヶ月、2年未満
濁水処理設備	47.0kW　OW 38sq×3	m	53	0	17ヶ月、2年未満
給水ポンプ	7.5kW　OW 3.2mm×3	m	69	0	16ヶ月、2年未満
取水ポンプ	3.7kW　OW 3.2mm×3	m	63	0	16ヶ月、2年未満
坑内配電線路設備					
分電盤 M41	VVR 60sq-3C×2	m	10	0	16ヶ月、2年未満
分電盤 M42	VVR 100sq-3C×2	m	10	0	16ヶ月、2年未満
分電盤 M21	VVR 22sq-3C	m	10	0	16ヶ月、2年未満
分電盤 M22	VVR 100sq-3C	m	380	0	12ヶ月、2年未満
坑内変電設備	6.6kV CV 22sq-3C	m	1149	0	17ヶ月、2年未満
高圧配電線路設備					
坑内変電設備	6.6kV OE 22sq×3	m	79	0	17ヶ月、2年未満
坑内変電設備(引込)		m	690	0	17ヶ月、2年未満
高圧配電線路(引込)		m	80	0	17ヶ月、2年未満

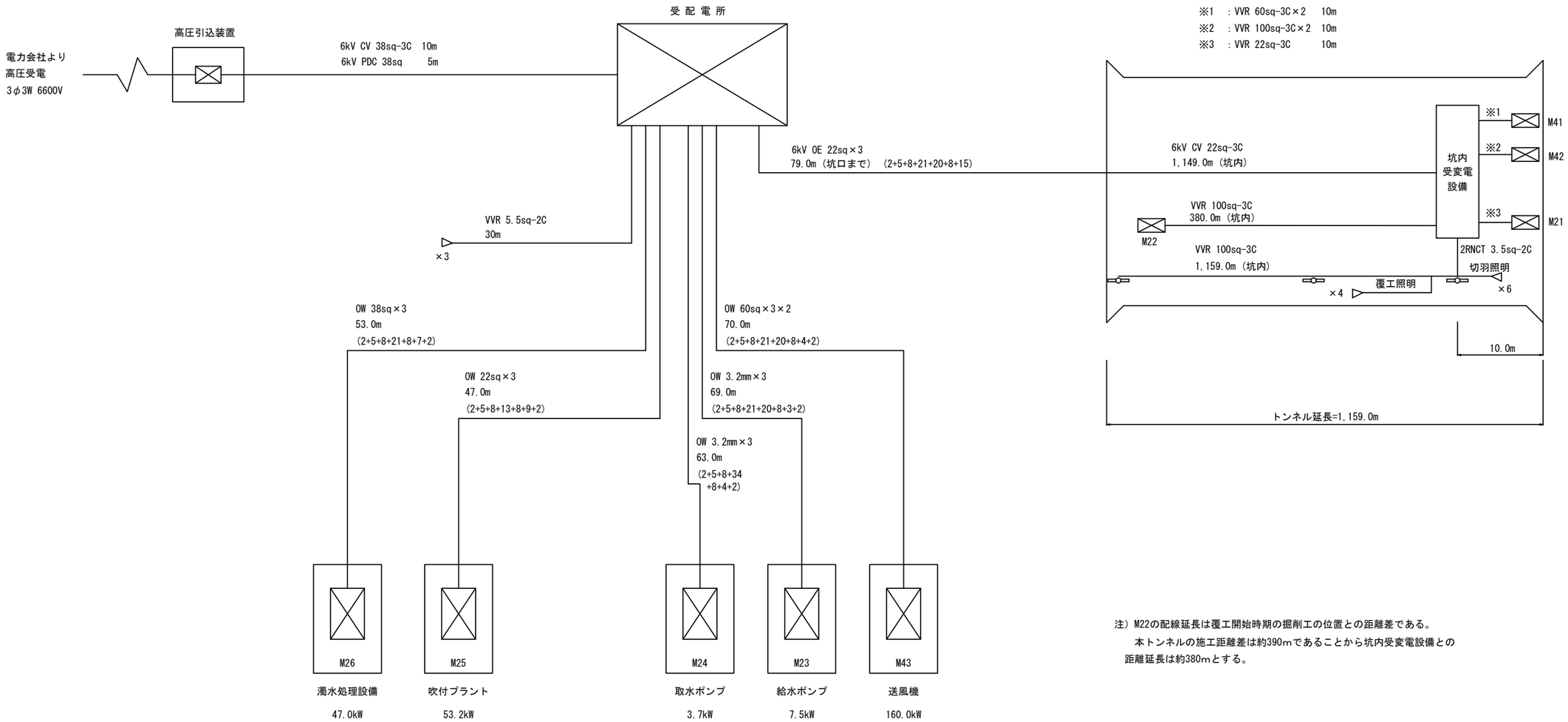
【数量内訳表】 (2/2)

名　称	仕　　様	単位	数 量	備　考
低圧電動機設備				
送風機	160.0kW (3回路)	式	1	16ヶ月、2年未満
吹付プラント	53.2kW (3回路)	式	1	16ヶ月、2年未満
給水ポンプ	7.5kW (3回路)	式	1	16ヶ月、2年未満
取水ポンプ	3.7kW (3回路)	式	1	16ヶ月、2年未満
濁水処理設備	47.0kW (3回路)	式	1	17ヶ月、2年未満
分電盤 (M41)	(3回路)	式	1	16ヶ月、2年未満
分電盤 (M42)	(3回路)	式	1	16ヶ月、2年未満
分電盤 (M21)	(5回路)	式	1	16ヶ月、2年未満
分電盤 (M22)	(10回路)	式	1	12ヶ月、2年未満
照明設備				
坑内工事用照明	延長 1,159.0m	式	1	17ヶ月、2年未満
切羽照明		個	6	16ヶ月、2年未満
覆工照明		個	4	12ヶ月、2年未満
坑外工事用照明		個	3	16ヶ月、2年未満
その他設備				
坑内変電設備				
キュービクルPF-S型	300kW以下	式	1	17ヶ月、2年未満

単 線 結 線 図


受 電
3φ 3W 6600V 60Hz
PAS 7.2kV 300A
TC
CT
DGR
受変電設備
VCT
Wh
DS
7.2kV
200A
F
VT
VS
V
CB
7.2kV
400A
TC
CT
OCR
AS
A
LBS 7.2KV
PCS×3
3φ3W Tr
150kVA
6.6kV/440V
SC
150kVA
PCS×3
3φ3W Tr
75kVA
6.6kV/220V
PCS×2
1φ3W Tr
5kVA
6.6kV/210-105V
CB
7.2kV
200A
CT
DGR
坑内変電設備へ
坑内受変電設備
LBS 7.2KV
PCS
3φ3W Tr
300kVA
6.6kV/440V
PCS
3φ3W Tr
75kVA
6.6kV/220V
PCS
1φ3W Tr
20kVA
6.6kV/210-105V
M-43
送風機
160.0kW
低圧動力盤
M-26
濁水処理設備
47.0kW
M-25
吹付プラント
53.2kW
M-24
取水ポンプ
3.7kW
M-23
給水ポンプ
7.5kW
低圧動力盤
L-1
坑外照明
1.5kW
照明盤
M-41
油圧削岩機
165.0KW
M-42
集塵機
コンクリート吹付機
212.0kW
低圧動力盤
M-21
排水ポンプ
モルタル注入機
50.0kW
M-22
防水工作業台車
バイブレーター
スライドセントル
24.3kW
低圧動力盤
L-2
坑内照明
9.3kW
L-3
切羽照明
3.0kW
L-4
覆工照明
2.0kW
照明盤

配 線 系 統 図

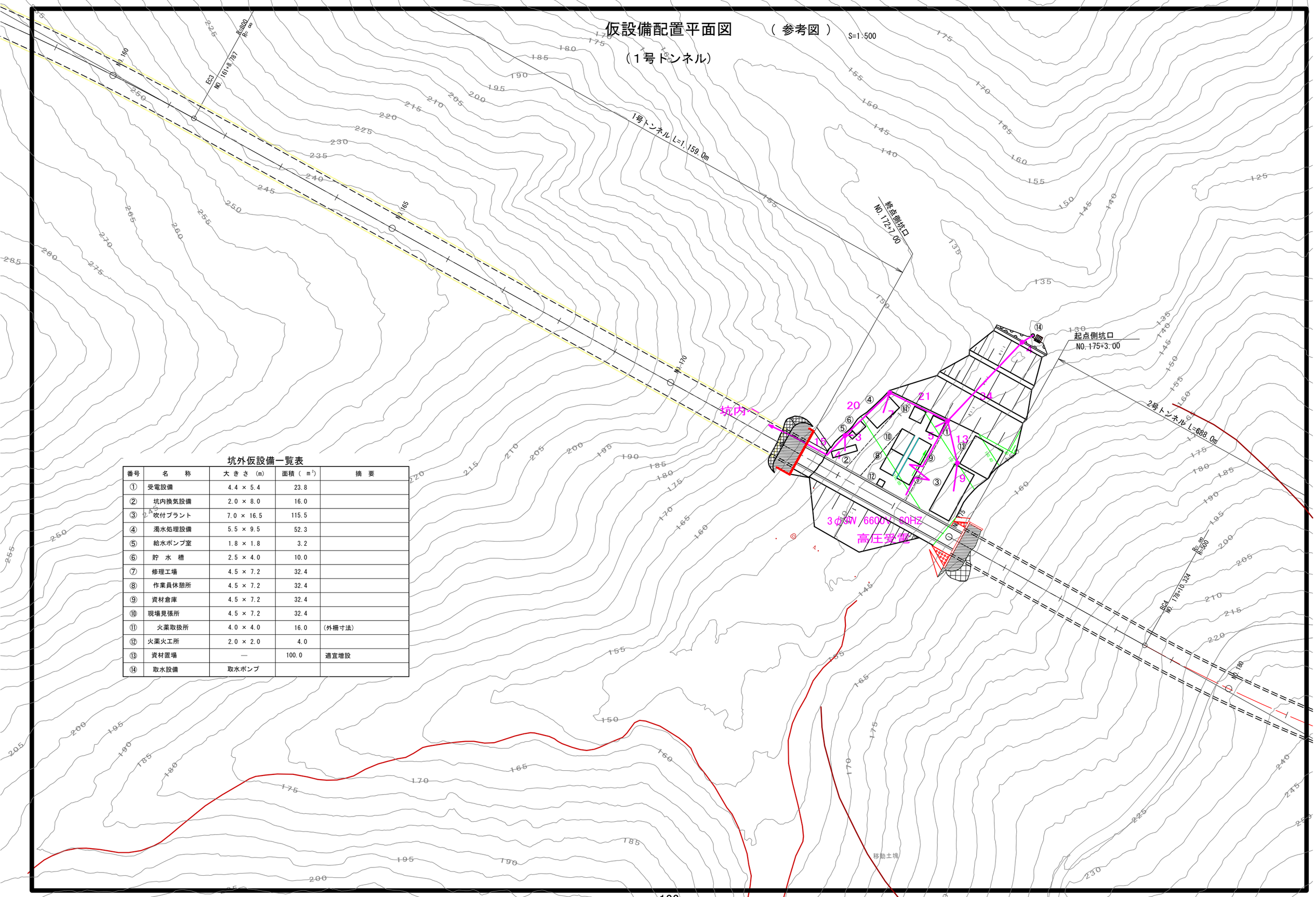


注）M22の配線延長は覆工開始時期の掘削工の位置との距離差である。
　本トンネルの施工距離差は約390mであることから坑内受変電設備との距離延長は約380mとする。

仮設備配置平面図　（参考図）

S=1:500

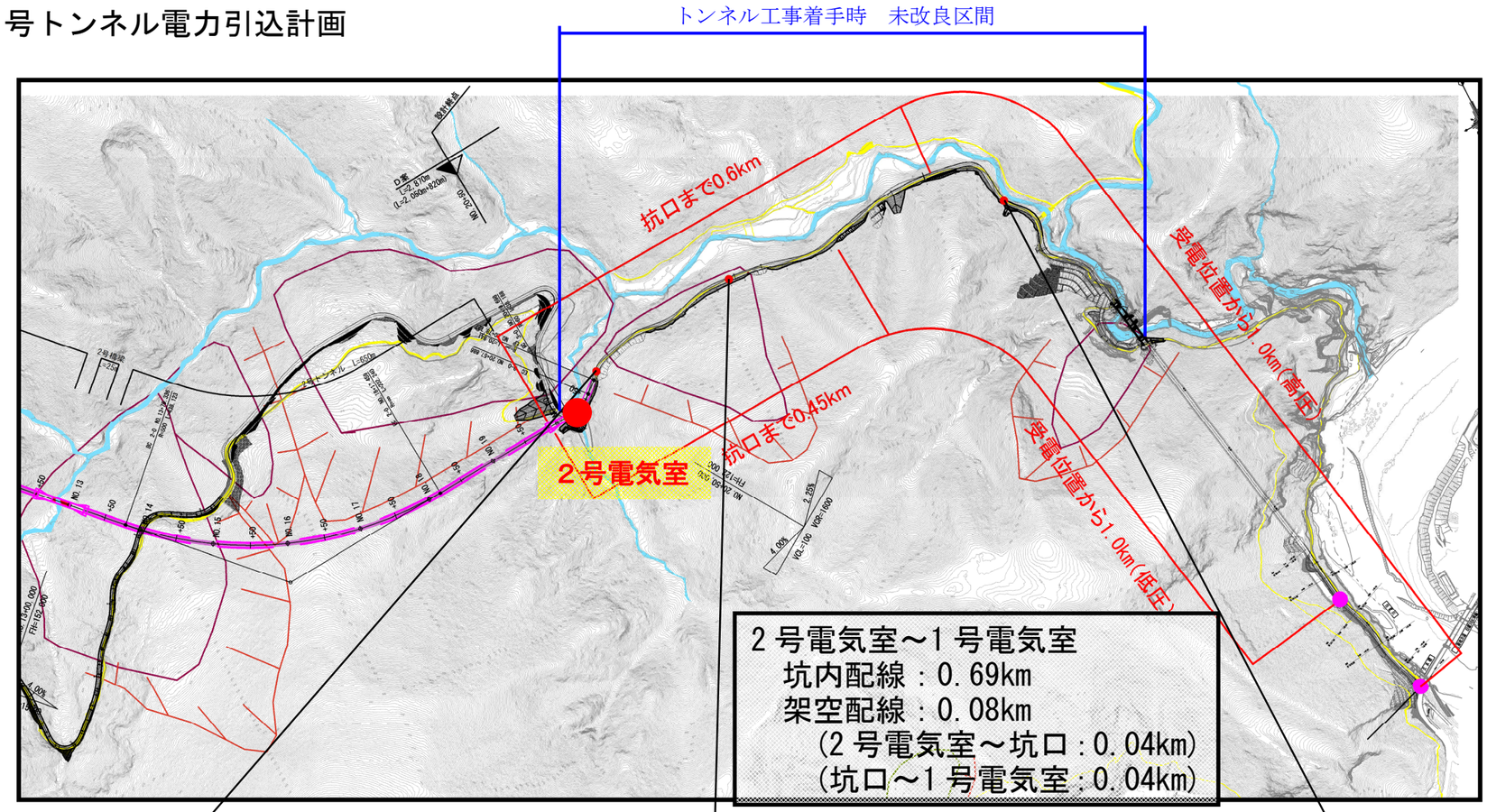
（１号トンネル）



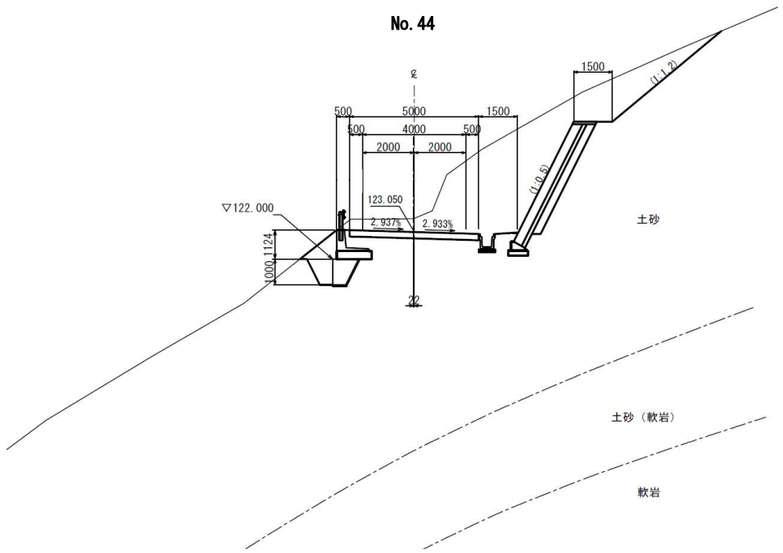
坑外仮設備一覧表

番号	名　　称	大きさ (m)	面積 (m²)	摘　要
①	受電設備	4.4 × 5.4	23.8	
②	坑内換気設備	2.0 × 8.0	16.0	
③	吹付プラント	7.0 × 16.5	115.5	
④	濁水処理設備	5.5 × 9.5	52.3	
⑤	給水ポンプ室	1.8 × 1.8	3.2	
⑥	貯　水　槽	2.5 × 4.0	10.0	
⑦	修理工場	4.5 × 7.2	32.4	
⑧	作業員休憩所	4.5 × 7.2	32.4	
⑨	資材倉庫	4.5 × 7.2	32.4	
⑩	現場見張所	4.5 × 7.2	32.4	
⑪	火薬取扱所	4.0 × 4.0	16.0	(外柵寸法)
⑫	火薬火工所	2.0 × 2.0	4.0	
⑬	資材置場	—	100.0	適宜増設
⑭	取水設備	取水ポンプ		

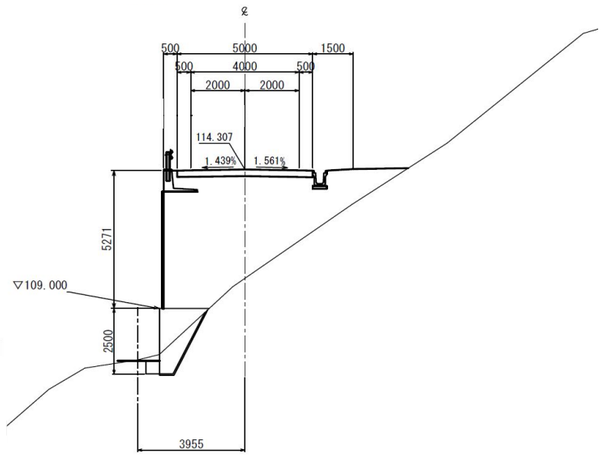
（参考） １号トンネル電力引込計画



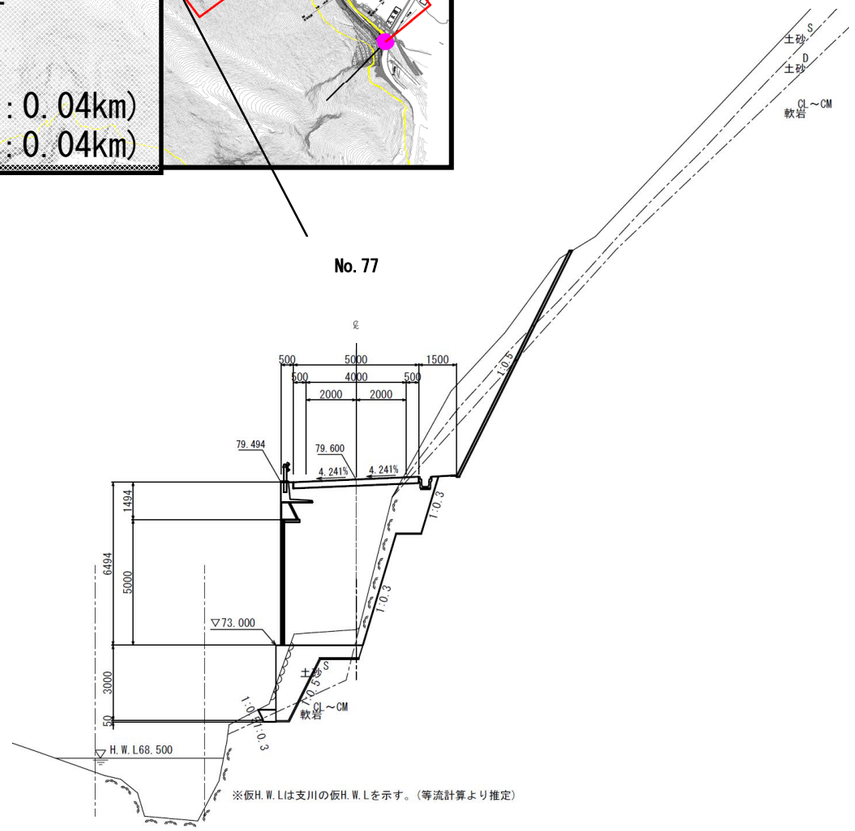
No. 44



No. 55



No. 77



5.フリッカ抑制装置について

目　次

5.1　概要

1)　フリッカ抑制装置の必要性 ･････････････････････････････････････ 136

2)　フリッカの発生原因 ･･･ 136

3)　フリッカ抑制装置の検討方法 ･････････････････････････････････････ 136

5.2　要約

1)　電力会社からの提供値 ･･ 137

2)　本現場のΔV・ΔV_{10}算出値･･････････････････････････････････････ 137

3)　規制値と算出値の比較 ･･ 137

4)　規制値と算出値の比較 ･･ 137

5)　規制値と算出値の比較 ･･ 138

5.3　詳細検討

1)　対象負荷 ･･ 139

2)　ΔV、ΔV_{10}の詳細検討･･ 140

3)　対策の要否 ･･･ 145

4)　規制値と算出値の比較 ･･ 146

(添付資料)

1　フリッカとは ･･ 149

2　電圧変動率ΔV[%]の考え方 ･･････････････････････････････････････ 150

3　規制値について ･･ 150

4　補償率・安全率について ･･ 151

5　無効電力補償について ･･ 151

５．１　概要

１）フリッカ抑制装置の必要性

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現象である。需要家側でフリッカの原因となる数値を計算し、その値が電力会社の規制値以上となる場合は、需要家にてフリッカ抑制装置を設置し対策する必要がある。

２）フリッカの発生原因

フリッカが発生する主な原因は以下の二点があげられる。

・　大容量の負荷設備が始動した際に、電流がその負荷設備に急激に流れ、周囲の需要家への供給電圧が急激に変動した場合

→　電圧変動率（ΔＶ）の値を求めて検討する。

・・・電圧変動率（ΔＶ）とは、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. 15参照）

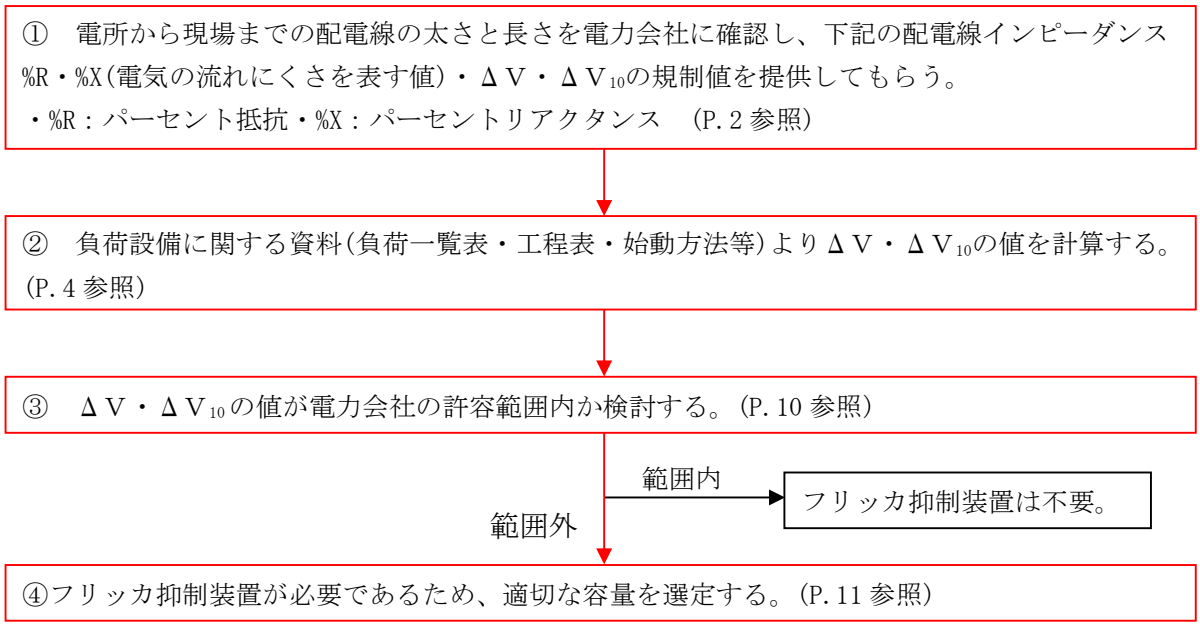
・　定常運転している大容量の負荷設備に断続的な負荷がかかり、電流がたくさん流れたり少ししか流れなかったりというような状態になり、周囲の需要家への供給電圧が小刻みに変動した場合

→　フリッカ値（ΔV_{10}）の値を求めて検討する。

・・・フリッカ値（ΔV_{10}）とは、電圧変動によるちらつきを数値化したもの（P. 14参照）

上記のΔＶ・ΔV_{10}の値が、どちらか一方でも電力会社が定めた規制値を超える場合は、フリッカ抑制装置が必要となる。

３）フリッカ抑制装置の検討方法（本設計は赤いフロー）



５．２　要約

１）電力会社からの提供値

（1)-１　配電線インピーダンス

本現場での受電点における配電線のインピーダンス(10MVAベース)は以下のとおり。

※関西電力株式会社より提供

%R	67.49
%X	126.56

（1)-２　ΔV・ΔV_{10}の規制値規制値について

ΔV、ΔV_{10}の規制値は以下の値が設けられている。(添付資料P.11参照)

※関西電力株式会社より提供

検討項目	規制値
ΔV	3%
ΔV_{10}	0.23

２）本現場のΔＶ・ΔＶ10算出値フリッカとは

本現場では､フリッカ現象(添付資料P10参照)を引き起こす原因として次にあげる負荷がありそれぞれのΔV、ΔV_{10} は以下のようになる。(ΔVの考え方は添付資料P.15を参照)

項目	負荷名称(検討条件)	ΔV[%]	ΔV_{10}	
			始動時	運転時
3-2)-(2)	ﾄﾞﾘﾙｼﾞｬﾝﾎﾞの順次始動	8.38	0.297	－
3-2)-(3)	吹付機(油圧)の順次始動	7.18	0.243	－
3-2)-(4)	集塵機の単体始動	1.89	0.076	－
3-2)-(5)	送風機の順次始動	4.30	0.144	－
	最大値	8.38	0.297	

３）規制値と算出値の比較

電力会社からのΔＶ、ΔＶ10 の規制値は上記の値が設けられている。

その値と詳細計算により算出された結果の比較は下記の表になる。

検討項目	規制値	当現場での最大値	対策の要否
ΔV	3%	8.38%	要
ΔV_{10}	0.23	0.297	要

よって、本現場ではフリッカ抑制装置による対策は必要である。

４）対策容量の選定

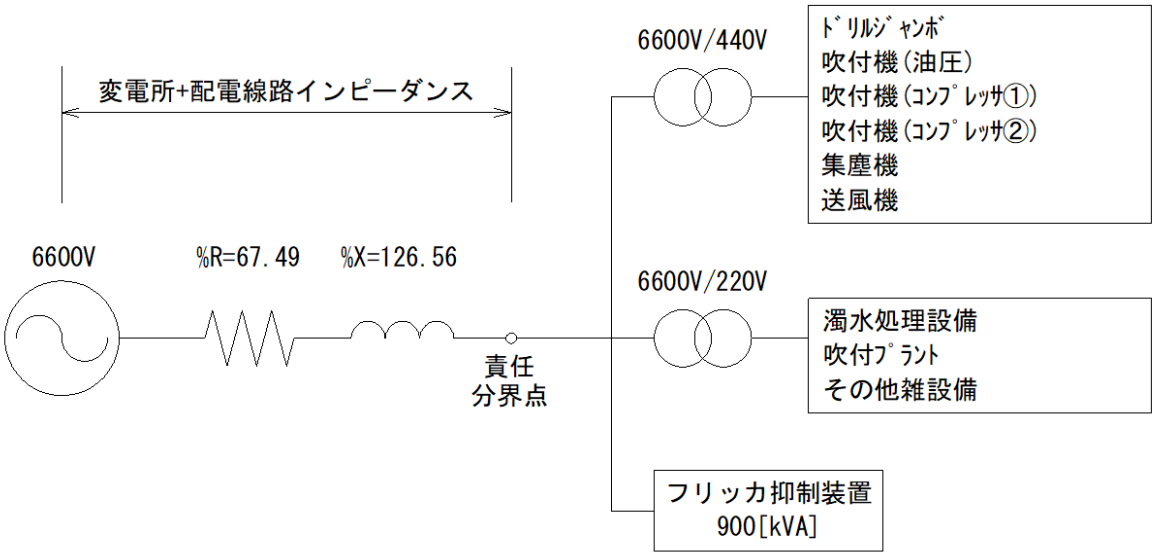
詳細検討(P.5以降参照)によるフリッカ抑制装置の対策容量は次のようになる。

必要対策容量	フリッカ抑制装置900[kVA] 方式:アクティブフィルタ

当作業所では、配電線インピーダンス及び負荷機器の有効電力が大きいため、ΔVもしくはΔV_{10}の許容値を超過するおそれがある。その場合、改善方法として配電線の張り替えや負荷機器の変更等の対策をとる必要があるため電力会社と協議が必要となる。

５）フリッカ抑制装置接続図

本現場では、下図の様にフリッカ抑制装置を接続する。



以上により、フリッカ抑制装置900[kVA]を設置することで、急峻な負荷変動によるフリッカを規制値以下に抑制することができ電力の安定供給を受けることが可能となる。

本現場では、配電線のインピーダンス及び負荷機器の有効電力が大きく、ΔV_{10}の許容値を超過するおそれがある。

５．３　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[%] 定格	力率[%] 始動	効率 [%]	始動方法	視感度係数 始動時 /1台	視感度係数 運転時 /1台	始動時 ΔV [%]/1台	始動時 ΔV_{10} /1台	運転時 ΔV_{10} /1台
1	ﾄﾞﾘﾙｼﾞｬﾝﾎﾞ	440	55	3	165	97.0	679.0	80	50	93.0	1	0.04	－	7.42	0.297	－
2	吹付機(油圧)	440	45	1	45	79.4	555.8	80	50	93.0	1	0.04	－	6.07	0.243	－
3	吹付機(ｺﾝﾌﾟﾚｯｻ①)	440	90	1	90	158.7	370.3	80	30	93.0	2	0.04	－	3.98	0.159	－
4	吹付機(ｺﾝﾌﾟﾚｯｻ②)	440	37	1	37	65.3	457.1	80	50	93.0	1	0.04	－	4.99	0.200	－
5	集塵機	440	42	1	42	74.1	172.9	80	50	93.0	2	0.04	－	1.89	0.076	－
6	送風機	440	80	2	160	141.1	329.2	80	50	93.0	2	0.04	－	3.60	0.144	－
7	濁水処理設備	220	47	1	47	165.8	－	80	－	93.0	－	－	－	－	－	－
8	吹付ﾌﾟﾗﾝﾄ	220	53.2	1	53.2	187.7	－	80	－	93.0	－	－	－	－	－	－
9	その他雑設備	220	85.5	1	85.5	301.6	－	80	－	93.0	－	－	－	－	－	－

※始動方法　1:直入れ　2:スターデルタ　3:リアクトル　4:コンドルファ　5:インバータ

始動倍率
直入れ…7
Y－Δ…7÷3
(ｸﾛｰｽﾞﾄﾞY－Δにて切替時間
10sec以上の場合)
ﾘｱｸﾄﾙ…4.55
ｺﾝﾄﾞﾙﾌｧ…2.96
ｲﾝﾊﾞｰﾀ…1.5

※定格電流= $\dfrac{\text{容量}}{\text{定格力率}\times\text{効率}\times\text{電圧}\times\sqrt{3}}$

※始動電流=定格電流×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%とする。(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)
※ﾄﾞﾘﾙｼﾞｬﾝﾎﾞの台数については、ブームの数量を表わす。
※始動容量（皮相電力）　＝ 定格電圧 × 始動電流 × $\sqrt{3}$
※始動時有効電力 ＝ 始動容量 × 始動力率
※始動時無効電力 ＝ 始動容量 × $\sqrt{1-(\text{始動力率})^2}$
※定格容量（皮相電力）　＝ 定格電圧 × 定格電流 × $\sqrt{3}$
※定格時有効電力 ＝ 定格容量 × 定格力率
※定格時無効電力 ＝ 定格容量 × $\sqrt{1-(\text{始動力率})^2}$
}P.7からの検討に使用。
※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する。
(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する)
※負荷の始動頻度は1回/分とし、視感度係数k･α=0.04とする。
※ΔV10は始動時が最大となるため、運転時は考慮しない。
} 添付資料P.14参照

※ΔV、ΔV_{10}の算出について

$\Delta V = P_S\ (\ \%R \times \cos\theta + \%X \times \sin\theta\ ) \times 10^{-4}$　[%]

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　　$\sin\theta$ ：$\sqrt{1-\cos^2\theta}$

$\Delta V_{10} = \Delta V \times k\cdot\alpha$

$\Sigma\Delta V_{10} = \sqrt{\Delta V_{10_1}{}^2 + \ldots + \Delta V_{10_n}{}^2}$

k･α ：視感度係数

社団法人 日本電気協会「分散型電源系統連系技術指針」(JEAG 9701-2001)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・フリッカ値を検討する。

※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	ドリルジャンボ	55	1	起動	○				
				定常					
1	ドリルジャンボ	55	1	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					
6	送風機	80	1	起動					
				定常				○	

（２） ドリルジャンボの順次始動

ドリルジャンボの順次始動について検討する。起動完了後(ドリルジャンボ×1台)の負荷率は50[%]とする。

	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	ﾄﾞﾘﾙｼﾞｬﾝﾎﾞ	55	1	55	-	517.5	258.8	448.2	0.297
定常	1	ﾄﾞﾘﾙｼﾞｬﾝﾎﾞ	55	2	110	100	73.9	59.1	44.4	-
				合計			591	318	493	

この場合の力率cos θ 、sin θ 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る。

皮相電力 $= \sqrt{\text{有効電力}^2 + \text{無効電力}^2} = \sqrt{318^2 + 493^2} =$ 591

cos θ =有効電力／皮相電力 = 318/591 = 0.538

sin θ =無効電力／皮相電力 = 493/591 = 0.834

電圧変動率ΔV[%]、フリッカ値ΔV_{10}は、下記のようになる。

$\Delta V = P_S$ (%R × cos θ ＋ %X × sin θ)× 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 θ ：力率　　sin θ ：$\sqrt{1-\cos^2\theta}$

= 591 × (67.49 × 0.538 + 126.56 × 0.834) × 10^{-4}

= 8.38 [%] ＞ 3[%](規制値)

ΔV_{10} = ΔV × k･α　　k･α ：視感度係数

= 7.42※×0.04 = 0.297 ＞ 0.23(規制値)

※始動時ΔV_{10}は単体始動時ΔVより計算する。(P.4 1) 負荷表参照)

社団法人 日本電気協会「分散型電源系統連系技術指針」(JEAG 9701-2001)準用

（３） 吹付機(油圧)の順次始動

コンクリート吹付機の順次始動について検討する。起動完了後(コンクリート吹付機(コンプレッサ①)等)の負荷率は50[%]とする。

	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	-	423.6	211.8	366.8	0.243
定常	3	吹付機(ｺﾝﾌﾟﾚｯｻ①)	90	1	90	50	60.5	48.4	36.3	
定常	4	吹付機(ｺﾝﾌﾟﾚｯｻ②)	37	1	37	50	24.9	19.9	14.9	
				合計			509	280	418	

この場合の力率cos θ 、sin θ 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る。

皮相電力 $= \sqrt{\text{有効電力}^2 + \text{無効電力}^2} = \sqrt{280^2 + 418^2}$ = 509

cos θ =有効電力／皮相電力 = 280/509 = 0.550

sin θ =無効電力／皮相電力 = 418/509 = 0.821

電圧変動率ΔV[%]、フリッカ値ΔV_{10}は、下記のようになる。

$\Delta V = P_S$ (%R × cos θ ＋ %X × sin θ)× 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 θ ：力率　　sin θ ：$\sqrt{1-\cos^2\theta}$

= 509 × (67.49 × 0.550 + 126.56 × 0.821) × 10^{-4}

= 7.18 [%] ＞ 3[%](規制値)

ΔV_{10} = ΔV × k･α　　k･α ：視感度係数

= 6.07※×0.04 = 0.243 ＞ 0.23(規制値)

※始動時ΔV_{10}は単体始動時ΔVより計算する。(P.4 1) 負荷表参照)

社団法人 日本電気協会「分散型電源系統連系技術指針」(JEAG 9701-2001)準用

（4）集塵機の単体始動

集塵機の単独始動について検討する。

	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	−	131.8	65.9	114.1	0.076
				合計			132	66	114	

この場合の力率cos θ、sin θ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る。

皮相電力 $= \sqrt{有効電力^2 + 無効電力^2} = \sqrt{66^2 + 114^2}$ = 132

cos θ =有効電力／皮相電力 = 66/132 = 0.500

sin θ =無効電力／皮相電力 = 114/132 = 0.866

電圧変動率ΔV[%]、フリッカ値ΔV_{10}は、下記のようになる。

ΔV = P_S (%R × cos θ ＋ %X × sin θ)× 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 θ ：力率　　sin θ ：$\sqrt{1-\cos^2\theta}$

= 132 × (67.49 × 0.500 + 126.56 × 0.866) × 10^{-4}

= 1.89 [%] ＜ 3[%](規制値)

ΔV_{10} = ΔV × k･α　　k･α ：視感度係数

= 1.89※×0.04 = 0.076 ＜ 0.23(規制値)

※始動時ΔV_{10}は単体始動時ΔVより計算する。(P.4 1) 負荷表参照)

社団法人 日本電気協会「分散型電源系統連系技術指針」(JEAG 9701-2001)準用

（５）送風機の順次始動

送風機の順次始動について検討する。起動完了後（送風機×1台）の負荷率は50[%]とする。

	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	-	250.9	125.5	217.3	0.144
定常	6	送風機	80	1	80	50	53.8	43.0	32.3	-
				合計			305	168	250	

この場合の力率cos θ、sin θ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る。

皮相電力 $= \sqrt{有効電力^2 + 無効電力^2} = \sqrt{168^2 + 250^2}$ = 305

cos θ =有効電力／皮相電力 = 168/305 = 0.551

sin θ =無効電力／皮相電力 = 250/305 = 0.820

電圧変動率ΔV[%]、フリッカ値ΔV_{10}は、下記のようになる。

ΔV = P_S (%R × cos θ ＋ %X × sin θ)× 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 θ ：力率　　sin θ ：$\sqrt{1-\cos^2\theta}$

= 305 × (67.49 × 0.551 + 126.56 × 0.820) × 10^{-4}

= 4.30 [%] ＞ 3[%](規制値)

ΔV_{10} = ΔV × k･α　　k･α ：視感度係数

= 3.60※×0.04 = 0.144 ＜ 0.23(規制値)

※始動時ΔV_{10}は単体始動時ΔVより計算する。（P.4 1）負荷表参照）

社団法人 日本電気協会「分散型電源系統連系技術指針」（JEAG 9701-2001)準用

３） 対策の要否

ΔV、ΔV_{10}の規制値は下記のようになる。

ΔV ＜ 3 ［%］　　ΔV_{10} ＜ 0.23

前項までの検討について、対策の要否の判定をする。

3-2)-(２)項　ドリルジャンボの順次始動の場合

ΔV = 8.38 ［%］ ＞ 3 ［%］ → 対策要

ΔV_{10} = 0.297 ＞ 0.23 → 対策要

3-2)-(３)項　吹付機(油圧)の順次始動の場合

ΔV = 7.18 ［%］ ＞ 3 ［%］ → 対策要

ΔV_{10} = 0.243 ＞ 0.23 → 対策要

3-2)-(４)項　集塵機の単体始動の場合

ΔV = 1.89 ［%］ ＜ 3 ［%］ → 対策不要

ΔV_{10} = 0.076 ＜ 0.23 → 対策不要

3-2)-(５)項　送風機の順次始動の場合

ΔV = 4.30 ［%］ ＞ 3 ［%］ → 対策要

ΔV_{10} = 0.144 ＜ 0.23 → 対策不要

上記のように許容値を超えるため、フリッカ抑制対策が必要となる。

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する。

選定にあたっては、ΔV及びΔV_{10}で最大のものを抑制できる容量とする。

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する。

【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

フリッカ対策容量の検討

○フリッカ補償容量

= 定常負荷の無効電力 ＋（ΔV最大値 － ΔV規制値）÷ %X × 10^4 ÷ 補償率 × 安全率

= 236 + (8.38 - 3.00) ÷ 126.56 × 10^4 ÷ 0.85 × 1.2

= 836 [kVA]

フリッカ抑制装置の補償率を0.85、安全率を1.2とする。（※P.16 添付資料4参照）

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する。

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、下表のとおりである。

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	2	80	80	172	138	103
7	濁水処理設備	47	1	80	80	51	40	30
8	吹付ﾌﾟﾗﾝﾄ	53.2	1	80	80	57	46	34
9	その他雑設備	85.5	1	80	80	92	74	55
				合計		417	334	250

また、本現場では配電線のインピーダンスが非常に大きいため、有効電力による電圧降下分を補償する必要がある。

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、下表となる。

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	0.2	80	7
6	送風機	80	2	93	0.2	80	26
7	濁水処理設備	47	1	93	0.2	80	8
8	吹付ﾌﾟﾗﾝﾄ	53.2	1	93	0.2	80	9
9	その他雑設備	85.5	1	93	0.2	80	14
						合計	63

※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

【ΔV_{10} の補償の場合】3-2)-(2)項ドリルジャンボ始動時について

フリッカ対策容量の検討

○フリッカ補償容量

= 定常負荷の無効電力 ＋ (ΔV_{10}最大値 － ΔV_{10}規制値) ÷ %X × 10^4 ÷ 補償率 × 安全率

= 236 + (0.297 - 0.23) ÷ 0.04 ÷126.56 × 10^4 ÷ 0.85 × 1.2

= 422 [kVA]

フリッカ抑制装置の補償率を0.85、安全率を1.2とする。 (※P.16 添付資料4参照)

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する。

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、下表のとおりである。

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	2	80	80	172	138	103
7	濁水処理設備	47	1	80	80	51	40	30
8	吹付ﾌﾟﾗﾝﾄ	53.2	1	80	80	57	46	34
9	その他雑設備	85.5	1	80	80	92	74	55
				合計		417	334	250

また、本現場では配電線のインピーダンスが非常に大きいため、有効電力による電圧降下分を補償する必要がある。

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、下表となる。

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	0.2	80	7
6	送風機	80	2	93	0.2	80	26
7	濁水処理設備	47	1	93	0.2	80	8
8	吹付ﾌﾟﾗﾝﾄ	53.2	1	93	0.2	80	9
9	その他雑設備	85.5	1	93	0.2	80	14
						合計	63

※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

よって、900[kVA]以上のフリッカ抑制装置が必要となる。

フリッカ抑制装置としては、参考として下記のもの相当とする。

＜参考＞　フリッカ抑制装置　900　[kVA]　　型式：AFH-954C

方式:アクティブフィルタ

（添付資料：フリッカ）

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ある。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。

フリッカを表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る。

$$\Delta V = P_S(\%R \times \cos\theta + \%X \times \sin\theta) \times 10^{-4} \quad [\%]$$

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 θ ：力率

sin θ ：力率の無効分

$$\Delta V_{10} = \Delta V \times k \cdot \alpha$$

$$\sum \Delta V_{10} = \sqrt{\Delta V_{10_1}{}^2 + \ldots + \Delta V_{10_n}{}^2}$$

k･α ：視感度係数

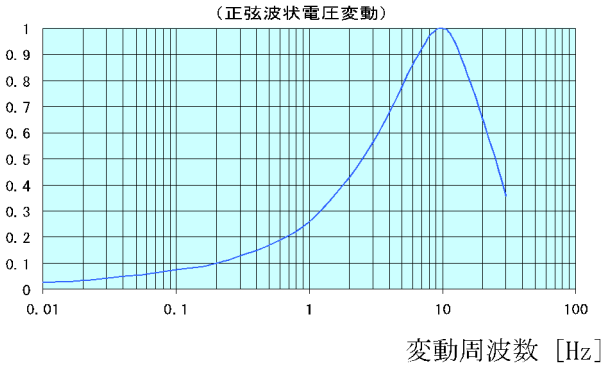
※ 社団法人 日本電気協会
「分散型電源系統連系技術指針」
（JEAG 9701-2001）準用

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ある。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る。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、いくらの電圧変動に相当するかを表すものである。

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ある。

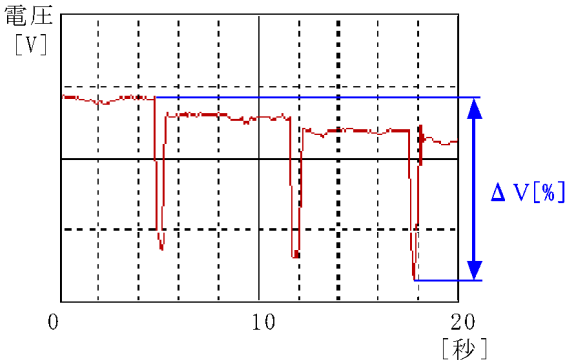
変動周波数	視感度係数
0.6回/分	0.026
1回/分	0.040
3回/分	0.055
6回/分	0.075
10回/分	0.080
1回/秒	0.260
3回/秒	0.563
5回/秒	0.780
10回/秒	1.000
15回/秒	0.845
20回/秒	0.655



視感度係数と視感度曲線(電気学会技術報告 Ⅱ部 第 72 号より)

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すものである。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になる。



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る。ここで問題となるのは、急峻な負荷変動による電圧降下ということになる。

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ある。

３．規制値について

各電力会社の供給約款の「40 電気使用にともなうお客様の協力」(東京電力のみ 41 項)のなかで、次のように定められている。

> 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る。

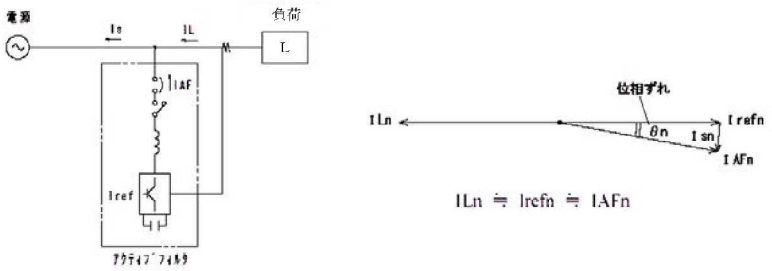
この規制値は配電系統のインピーダンス等の状況、他需要家の状況をもとに、各電力会社により決定され、当作業所では下記数値となっている。

※関西電力株式会社より提供

ΔV	3 %
ΔV_{10}	0.23

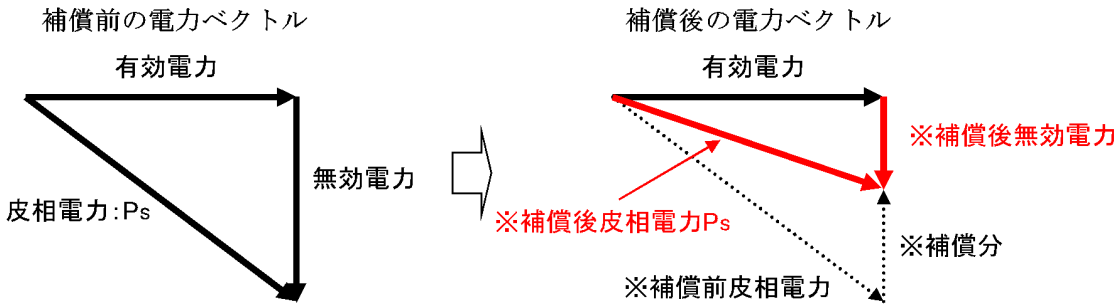
４．補償率・安全率について

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る。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%になることはない。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る。



安全率 1.20 … 設計段階のある一定条件のもとに検討を行い対策容量を算出しているが、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る。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る。

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[%]が抑制される。

$$\Delta V = P_S(\%R \times \cos\theta + \%X \times \sin\theta) \times 10^{-4} \quad [\%]$$

P_S ：入力容量 [kVA]