

第5章 道路トンネルにおける非常用施設

第5章 道路トンネルにおける非常用施設

第1節 非常用施設の設置基準

1. 設置基準

トンネルには、火災その他の非常の際の連絡や危険防止、事故の拡大防止のため、トンネル等級区分に応じて、表5-1-1に示す施設を設置するものとする。

表5-1-1 トンネル等級別の非常用施設

非常用施設		トンネル等級				
		AA	A	B	C	D
通報・警報設備	非常電話	○	○	○	○	
	押ボタン式通報装置	○	○	○	○	
	火災検知器	○	△			
	非常警報装置	○	○	○	○	
消火設備	消火器	○	○	○		
	消火栓	○	○			
避難誘導設備	誘導表示板	○	○	○		
	排煙設備または避難通路	○	△			
その他の設備	給水栓	○	△			
	無線通信補助設備	○	△			
	ラジオ再放送設備 または拡声放送設備	○	△			
	水噴霧設備	○	△			
	監視装置	○	△			

(注)上表中「○印は原則として設置する」、「△印は必要に応じて設置する」ことを示す。

(解説)

トンネル等級区分に応じて設置する非常用施設の標準を表5-1-1に示す。

[1]

出典:道路トンネル
非常用施設設置基
準・同解説(平成13
年10月) p14

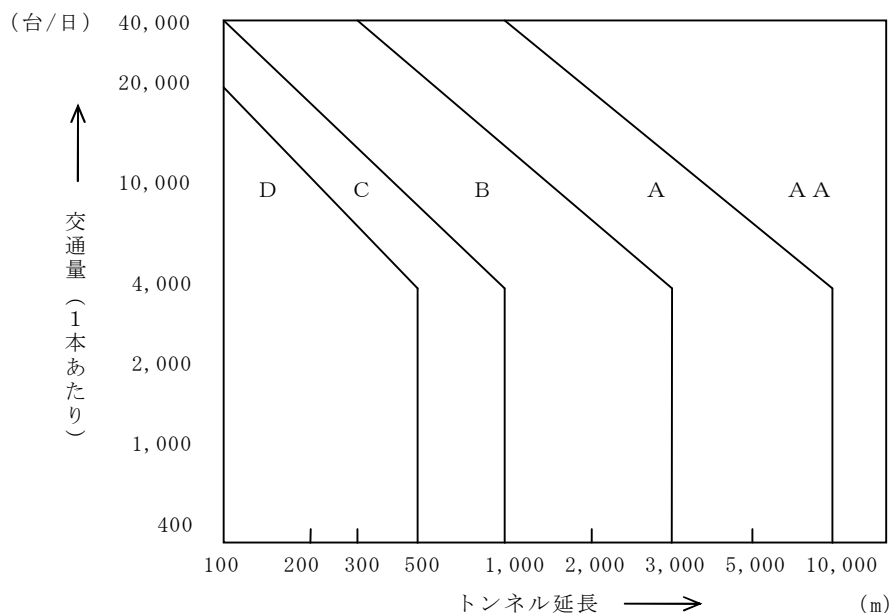


図 5-1-1 トンネル等級区分

トンネルの非常用施設設置のための等級区分は、その延長および交通量に応じて 5-1-1 図に示すように区分する。

ただし、高速自動車国道等設計速度が高い道路のトンネルで延長が長いトンネルまたは平面線形、もしくは縦断線形の特に屈曲している等見通しの悪いトンネルにあっては一階級上位の等級とすることが望ましい。

2. 設置位置

非常用施設の設置位置を以下に示す。トンネル内施設については、箱抜きを設けるものとし、第 3 編 道路編 第 8 章トンネルを参照のこと。

2-1 警報表示板

警報表示板は、トンネル坑口付近で走行車が十分確認し、安全に停止できる位置に設置するものとする。

[2-1]

(解説)

警報表示板の設置位置は、トンネル坑口付近で運転者が表示内容を十分視認し、安全に停止できる位置であって、トンネル内での消火活動、避難行動等に支障のない位置に停車できるよう考慮する必要がある。

なお、設置場所付近に障害物がある場合又は道路が屈曲している場合は、手前の見やすい場所に警報表示板を移すか、あるいは警告灯又は予告表示板(固定式)を、その位置に追加して設置することが望ましい。さらに、トンネル坑口付近の道路線形などとの関係から適正な位置で、表示板とトンネル坑口の一部を視認できない場合は、坑口付近に補助表示板の設置を検討するものとする。補助表示板の表示項目は人命にかかわる「事故発生」と「消滅」の 2 項目を標準とする。

このような点を考慮して、警報表示板と坑口との位置関係を表示すると、図 5-1-2 のようになる。

警報表示板の設置場所は、各トンネル坑口付近の設計速度により、制御停止距離が異なるので一概には決められないが、図 5-1-2 に示されている A, B, C, D の距離と走行速度との間に表 5-1-2 のような相関関係があるので、一般道路では坑口手前 105m、高速道路では坑口手前 220m を確保できる位置を標準とし、左側の路側あるいは車線の上部など、運転者の視認しやすい場所と支持方法を選定するものとする。

また、非常警報装置はトンネル坑口付近に設置する他、長大トンネル等に設置される非常駐車帯にも設置し、情報伝達のより一層の徹底を図ることが望ましい。

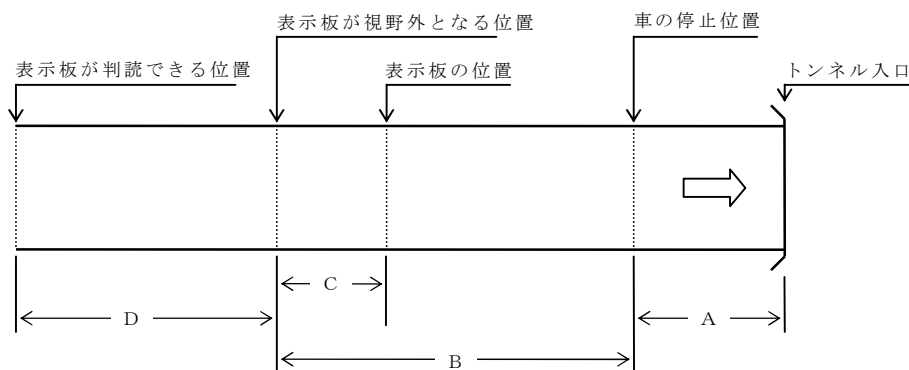


図5-1-2 トンネル坑口と警報表示板設置位置の関係

表5-1-2 設計速度と制動距離, 警報表示板視認距離等との関係 (単位:m)

項目	設計速度	設計速度		
		一般道路	高速道路	
		60km/h	80km/h	100km/h
A: 停止余裕距離(料金所なし)		50	50	50
B: 車の制御距離(反応距離+ブレーキを踏んで停止する迄の距離)		85	140	200
C: 表示が運転者の視野外となる距離		30~40		
A+B-C: トンネル坑口と表示板の距離		95~105	150~160	210~220
D: 判読所要距離(4文字とする)		50	67	83
C+D: 最小限の視認距離		80~90	97~107	113~123

備考1. 「道路トンネル非常用施設設置基準・同解説 p34」等による。
2. 表中のA, B, C, Dは、図5-1-2のA, B, C, Dに対応。

2-2 押ボタン発信機

設置間隔は、一方通行および対面通行トンネルにおいて、片側50m間隔を標準とする。

(参考)

設置間隔

設置間隔は、一方通行および対面通行トンネルにおいて片側50m間隔を標準とする。但し、対面通行トンネルにおいて片側100m間隔の千鳥配置としている例もある。また、押ボタン式通報装置の設置間隔は、消火栓、消火器の設置間隔と同じであり、設置個所に消火栓、消火器箱および非常電話が設置される場合には箱抜の一体化を考慮して併設することが望ましい。

設置高さ

押ボタンスイッチの取付高さは、トンネル利用者などが容易に操作できる路面または監視員通路面より0.8~1.5mとする。

2-3 非常用電話機

非常用電話機は、トンネル内に片側200m間隔に配置することを原則とする。

(参考)

設置間隔

設置間隔は、一方通行および対面通行の場合で片側200m以下とする。但し、対面通行トンネルにおいて片側200m間隔の千鳥配置としている例もある。また、一般的には非常駐車帯にも設置している例が多い。

さらに、トンネル内で事故などが発生した場合には当事者の行動としてまず坑口に向かうことが予想されること、また、トンネルに進入することを止めたトンネル利用者などが坑口付近に滞留することなどがあるため、坑口・坑外付近にも非常電話を設置することが望ましい。なお、公衆電話が坑外付近にも設置されている例もある。

設置高さ

送受話器の高さは、トンネル利用者などが容易に操作できるように、路面または監視員通路面より1.2~1.5mとすることが適切である。

[2-2]

[2-3]

(解説)

1. 配置例

イ) 対面通行の場合

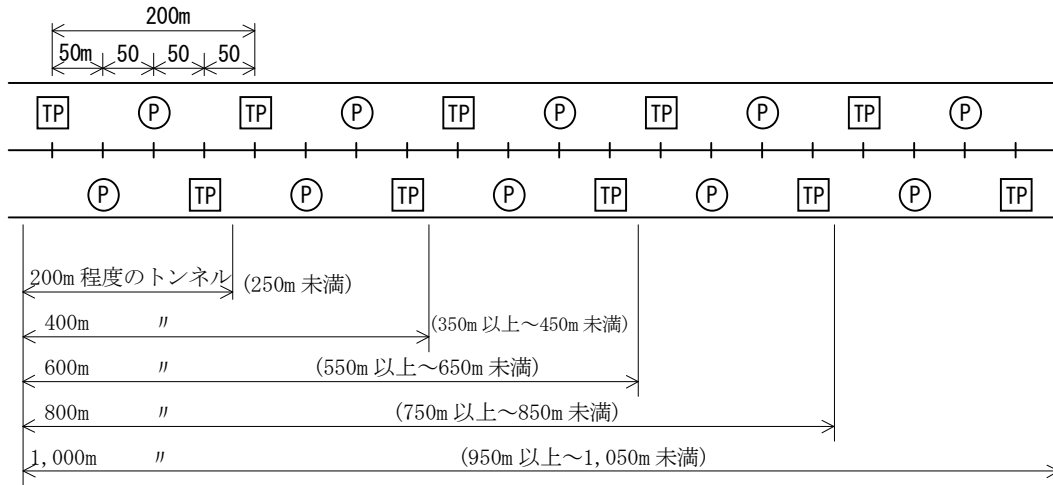
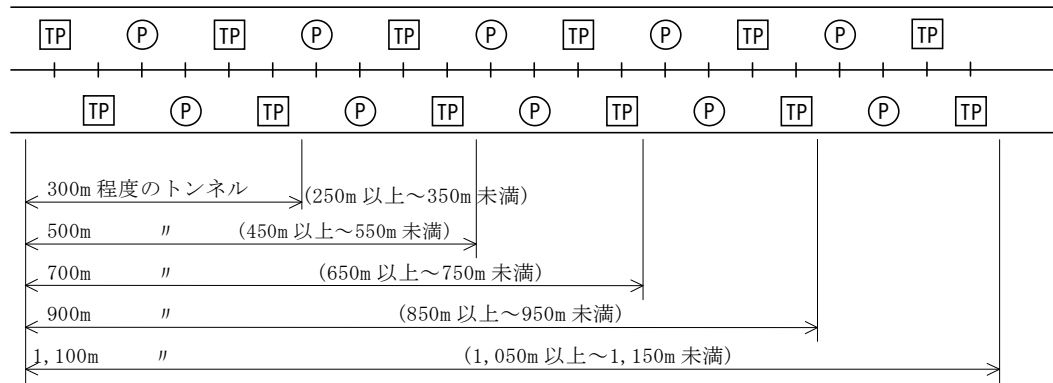


図 5 - 1 - 3 (200m、400m、600m……)



ⓐ 押ボタン発信機

ⓑ 押ボタン発信機と非常電話 (坑口より 50m 以内とする)

図 5 - 1 - 4 (300m、500m、700m……)

ロ) 一方通行の場合

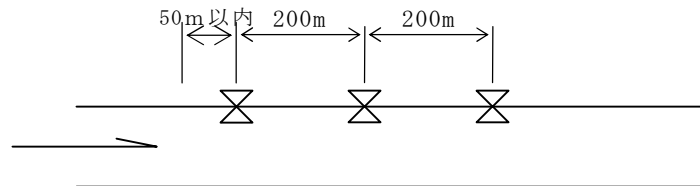


図 5 - 1 - 5

補足 非常電話の設置台数は、NTTとの協定との整合性があるため、十分協議を行うこと。

2. NTTとの責任分界点

トンネル外、または受電室等に国土交通省は端子箱を設置し、NTTが取付ける端子盤で責任分界点とする。したがって、これに伴う保安器の取付、接地工事は原則としてNTTで施行することとなる。(NTTとの協議が必要)

2-4 火災検知器

設置位置は、火災検知能力や水噴霧設備の放水区画等との関連および保守点検の容易さ等に留意し決定するものとする。

2-5 消火器

消火器はトンネル内の押ボタン発信機の直近に設置するものとする。

(解説)

設置間隔

設置間隔は、一方通行および対面通行トンネルにおいて片側 50m 間隔を標準とする。ただし対面通行トンネルにおいて片側 100m 間隔の千鳥配置としている例もある。

なお、消火栓が設置されるトンネルにあっては併設することが望ましい。

設置高さ

消火器の設置高さは、他の非常用施設(例えば消火栓など)の配置との関連、持ち出しやすい高さおよびトンネル形状などとの関係を考慮して決めるものとする。

トンネル内に設置する小型消火器で押ボタン発信機と同じ位置に設置される場合は、原則として同一筐体に収納するものとする。また取付高さは筐体底面を路上より 20cm 以上離隔して取付けることとする。消火器は A B C 粉末 6kg を 2 本とする。

2-6 消火栓

消火栓は、トンネル片側に 50m 間隔で設置する。

設置位置

トンネル側壁部とし、ホース引き出しなどの操作が容易にできる高さに収容箱に収納して設置するものとする。

2-7 誘導表示板

出口までの距離、または避難通路までの距離、方向、位置等の情報を表示しトンネル内の運転者等をトンネル外へ誘導するための設備で、設置間隔はトンネル延長、避難通路の有無等に留意して決定するものとする。

1. 設置間隔

1) 避難通路が設置されている場合

避難通路または出口までの距離、方向を表示するものとし表示板の設置位置は避難通路附近と、その中間を原則とするが、間隔が 100m 以上とならないよう設置するものとする。

2) その他の場合

トンネル中央を境に 100m ピッチの千鳥配置とし、坑口から 200m 程度までとする。ただし曲線トンネルの場合は坑口が確認できる位置までとする。

また、500m 以下のトンネルで両坑口が確認できるトンネルは、表示しなくて良い。

2. 誘導表示板は内照式と反射式がある。

内照式の採用等は、避難連絡坑の設置などトンネル構造並びに避難方法等を十分検討し、決定すること。

3. 表示板の大きさ

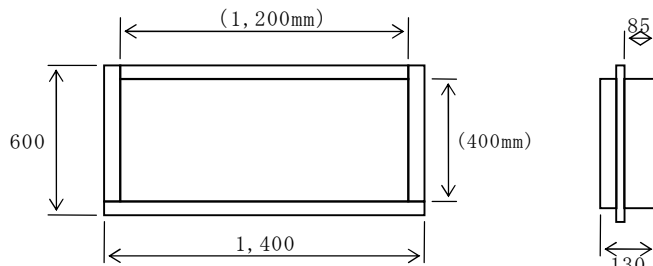


図 5-1-6

[2-4]

出典:道路トンネル非常用施設設置基準・同解説(平成13年10月) p27

[2-5]

出典:道路トンネル非常用施設設置基準・同解説(平成13年10月) p40

[2-6]

出典:道路トンネル非常用施設設置基準・同解説(平成13年10月) p43

[2-7]

出典:道路トンネル非常用施設設置基準・同解説(平成13年10月) p47

[2]

出典:電気通信施設設計要領・同解説・電気編(平成20年度版) p5-22

4. 仕様

(1) 反射式

1) 材質は、アルミ合金とし、反射シートは、カプセルレンズ形とする。

(1) 内照式

1) 外被鋼板は、厚さ 2.3mm 以上

2) 表示面は、強化ガラスとし、厚さは 5mm 以上とする。

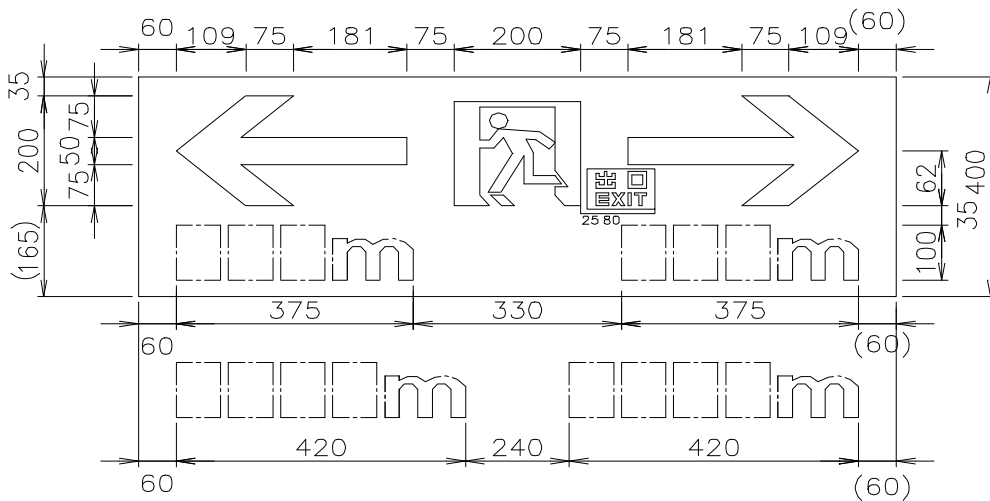
3) 光源は、けい光灯とするが、LEDランプ等経済性に配慮して決定する。

4) 停電補償は、40分間点灯可能なインバータ蓄電池を内蔵すること。

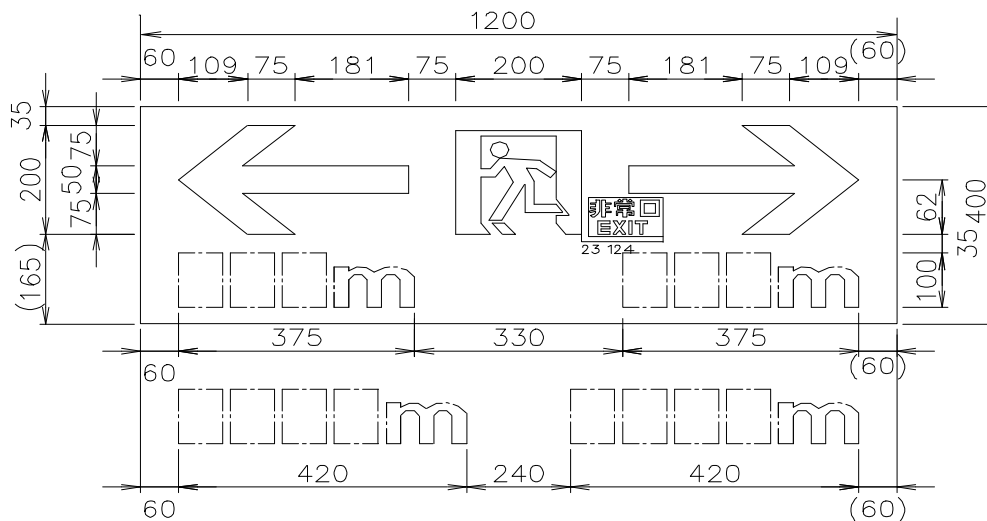
5. 文字記号の大きさ及び色

図 5-1-7 による。

1) 避難通路のないトンネルの場合



2) 避難通路のあるトンネルの場合



注 1. 白地に緑文字・緑矢印とする。

注 2. ピクトグラフは、距離数の短い方へ向けるものとする。

図 5-1-7 誘導表示板

[2]

出典：道路トンネル
非常用施設設置基
準・同解説(平成 13
年 10 月) p48

6. 設置高

路面より 1.5m 程度とする。

注) 設置間隔の 100m ピッチの千鳥配置とは、片側 200m となる。

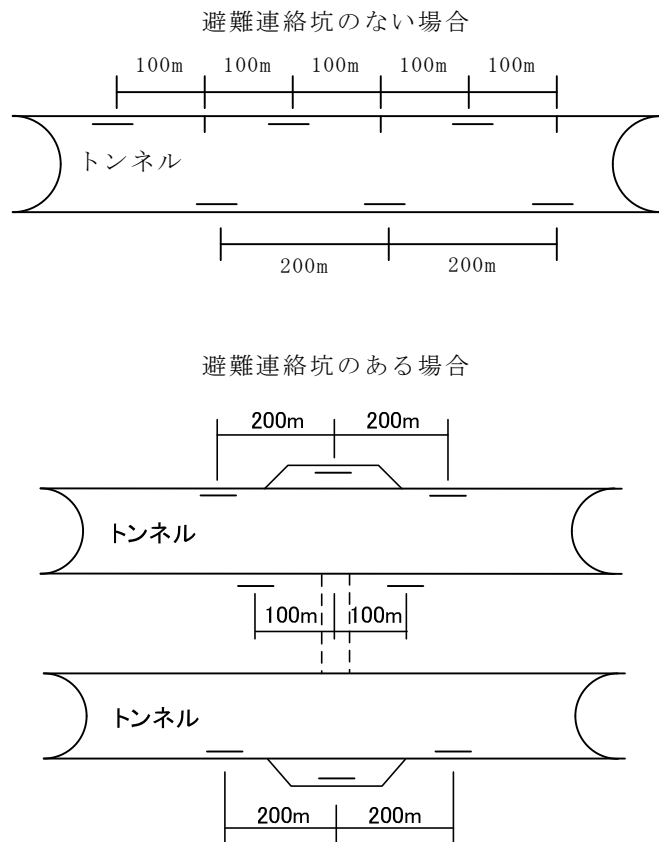


図 5 - 1 - 8

7. 表示距離数

10m 単位にまるめた数字として四捨五入することを標準とする。

2-8 給水栓

消防隊による本格消火に資するための設備である。なお、給水栓を設置する場合は、必要に応じて消防ポンプ等からトンネル内給水栓への送水用として送水口を設けるものとする。

給水栓は、トンネル両坑口付近に設置することを標準とし、必要に応じてトンネル内非常駐車帯または避難連絡坑口付近に設置するものとする。

なお、消防隊の運用性を考慮し、200m 毎に設置する。

2-9 公衆電話

公衆電話は必要に応じて、トンネル出入口の 10~100m 程度の路側に設置する。

(解説)

公衆電話の設置は、NTT との協議決定のうえ NTT が設置するが、これに必要なトンネル内配線が生じた場合は、国土交通省において無償提供することとなる。

[6.~7.]

出典:道路トンネル
非常用施設設置基
準・同解説(平成 13
年 10 月) p48

[2-8~2-9]

出典:道路トンネル
非常用施設設置基
準・同解説(平成 13
年 10 月) p52, 54

2-10 無線通信補助設備

トンネル内の救助活動、消火活動等に際して、トンネル外部との連絡に共するための設備である。無線通信補助設備は、漏洩同軸ケーブル等とこれに附帯する装置をもって構成するものとする。

(解説)

1. 無線通信補助設備の対象となる施設は、下記の施設とする。
国土交通省（地方整備局）、所轄の消防署、警察署
無線通信補助設備の施設計画に当り関係各署と十分協議を行うものとする。
2. 無線通信補助設備の設計にあたっては、第3節「無線通信補助設備」に準ずるものとする。

2-11 ラジオ再放送設備

トンネル内で、運転者等が道路管理者からの情報を受信できるようにするための設備である。設計に際しては、電波法及び同法設備規則を遵守するものとする。

(解説)

1. ラジオ再放送設備の設計にあたっては、第4節「ラジオ再放送設備」に準ずるものとする。

2-12 拡声放送設備

拡声放送により、トンネル内の火災その他の事故の発生を、道路管理者から運転者等に伝達するための設備である。
設計に際してはトンネル内の騒音、残響音等に留意するものとする。

(解説)

スピーカは、トンネル全体に設置すると拡声器相互の残響による干渉が生じ、音声の明瞭度を低下させることから、非常駐車帯、避難連絡、分岐部・合流部および坑口など、局所的に補足する。

2-13 水噴霧設備

微細な粒子状の水を放水することによって火災の延焼、拡大を抑制し、消火活動等を援助するための設備である。
放水制御方式はトンネル延長、トンネル構造、換気方式等に留意して決定するものとする。

2-14 監視装置

通報装置から受けた情報の確認、消火活動、避難行動等の状況監視を行うための設備(CCTV設備)である。
テレビカメラの設置位置は、トンネル内及び坑口付近を一様に監視できるように決定するものとする。

(解説)

監視装置は、トンネル内および坑口付近の本線トンネル全般を一様に監視する必要があるため、トンネル内に設置するカメラの間隔は、モニター面上に死角をなくす配置を標準とする。

[2-10]

出典:道路トンネル
非常用施設設置基
準・同解説(平成13
年10月) p52

[2-11]

出典:道路トンネル
非常用施設設置基
準・同解説(平成13
年10月) p52

[2-12~3]

出典:道路トンネル
非常用施設設置基
準・同解説(平成13
年10月) p53

3. 配管及び配線

配管及び配線について以下に示す。ただし、設計に際しては第5編 機械編 第3章 トンネル機械設備を参照し、換気制御計測装置（VI計、CO計）や消火栓設備などの配管について考慮すること。

3-1 配管

非常用電話及び非常警報装置のトンネル内の配管は下記によるものとする。

1. 新設トンネル

新設のトンネルは、トンネル施工時にトンネル側溝の外壁に埋込配管し、機器への立ち上り部もボックスを介し埋込配管するものとする。

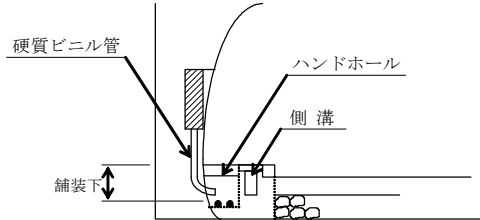


図 5-1-9

配管断面の状況により FEP 管、VE 管並びに多条・多般配管等を使用することができる。埋設深さは、監査廊舗装下へ敷設する。

2. 既設トンネル

既設トンネルに施工する場合も、上の方法を標準とするが、不可能な場合は、照明配線と同じくトンネル上部側壁上露出配線し、機器への立下がりには埋込配管とする。配線は難燃性ケーブルを使用すること。

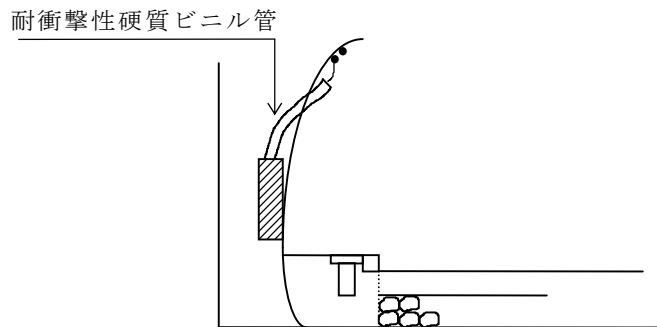


図 5-1-10

3-2 配線

表5-1-3 トンネル防災設備の各機器に使用する電線の種類(例)

機器名		項目	線種	心線数	電圧	備考
非常電話			FCPEV-S	5P		
電話表示灯			CV	2C	AC 100V	蛍光灯 6W×2 インバータ負荷
押ボタン式通報装置			FCPEV-S	5P		
同上表示灯			CV	2C	DC 24V	LED式
制御装置			CV	2C	AC 200V	付加機能 ヒーター 400W
副制御装置			CV	2C	AC 200V	付加機能 ヒーター 400W
制御装置・副制御装置			FCPEV-S	20P		連動線
警報表示板	表示部		CV	2C	DC 24V	付加機能 ヒーター 600W
	制御回路		CVV	20C	DC 24V	
	点滅灯				DC 24V	
	サイレン				DC 24V	
	自動点滅器				DC 24V 又は AC 100V	
	誘導表示板(内照式)				CV	2C

[表 5-1-3]

出典:電気通信施設
設計要領・同解説・
電気編(平成20年度
版) p5-25

4. トンネル内表示灯回路

トンネル内の表示灯回路は両側に設置する場合、原則としてMC, SCより半分ずつ送るものとする。

第2節 機器の標準

1. 警報表示板

警報表示板は、電光式可変型(省エネルギー型)又は、LEDとし表示項目は3項目を標準とする。

(解説)

1. 表示項目は「トンネル内事故発生」「トンネル内作業中」「トンネル内片側通行」及び「消滅」の可変表示が可能であること。
ただし、「トンネル内事故発生」は、他の表示に優先して表示するものとする。
2. トンネル内に火災検知器を設ける場合は「トンネル内火災発生」を最優先項目として表示すること。停電時は、「事故発生」又は「火災発生」の表示のみを表示できるものとし他の表示はしてはならない。他の表示が点灯中の場合は、消灯するものとする。
3. 表示用ランプの仕様は、次のとおりとする。

LED 24V 公称値 0.96W 以下 調光方式 パルス幅制御
色覚障害者対策として、ドミナント波長 625～630nm(±5nm)の赤色 LED を使用するものとする。

2. 警報音発生装置

警報音発生装置は電子サイレンを使用し、音源から20mの位置で90デシベル以上の警報音が発生しうるものとする。音は断続吹鳴できること。

3. 直流電源装置

1. 直流電源装置は浮動充電方式であること。
2. 蓄電池は陰極吸収式鉛蓄電池(MSE)を使用し、容量は商用電源停電の場合、10分間負荷への供給が出来るよう設計するものとする。

(解説)

1. 整流器容量の算定は、最大負荷電流と蓄電池均等充電の電流を合計して求めるものとする。蓄電池容量は停電30分後に最低10分間以上の警報動作が行えるものとする。
2. 直流電源装置の設計にあたっては、第2章第3節「直流電源装置」に準ずるものとする。

4. 押ボタン発信機

押ボタン発信機は自治省令第17号に規定する、P形発信機に準ずるものとする。

(参考)

押ボタンスイッチの接点及び回路方式は、a接点並列形、b接点直列形の2種類が、それぞれ得失があり双方の短所を補うため、a・b接点からなる直・並列回路により構成する併用方式を使用するものとする。

[1 1.～2.]

出典:電気通信施設
設計要領・同解説・
電気編(平成20年度
版) p5-12

[3.]

出典:道路トンネル
非常用設備機器仕様
書(案)(平成22年6
月) p8

[2～3]

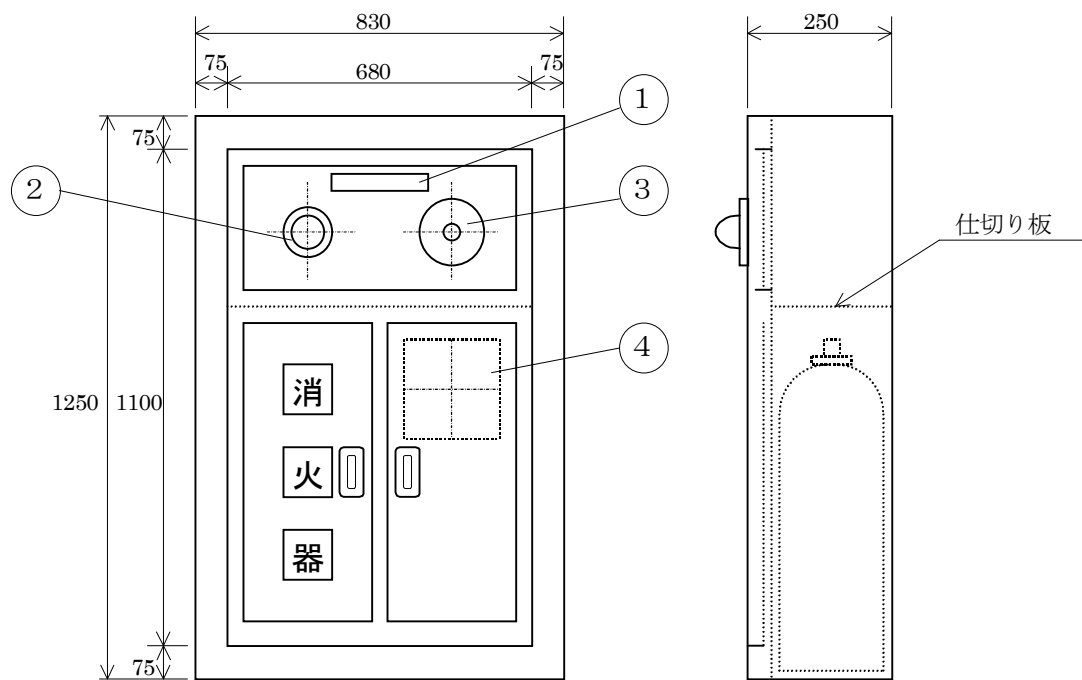
出典:道路トンネル
非常用設備機器仕様
書(案)(平成22年6
月) p8

[4]

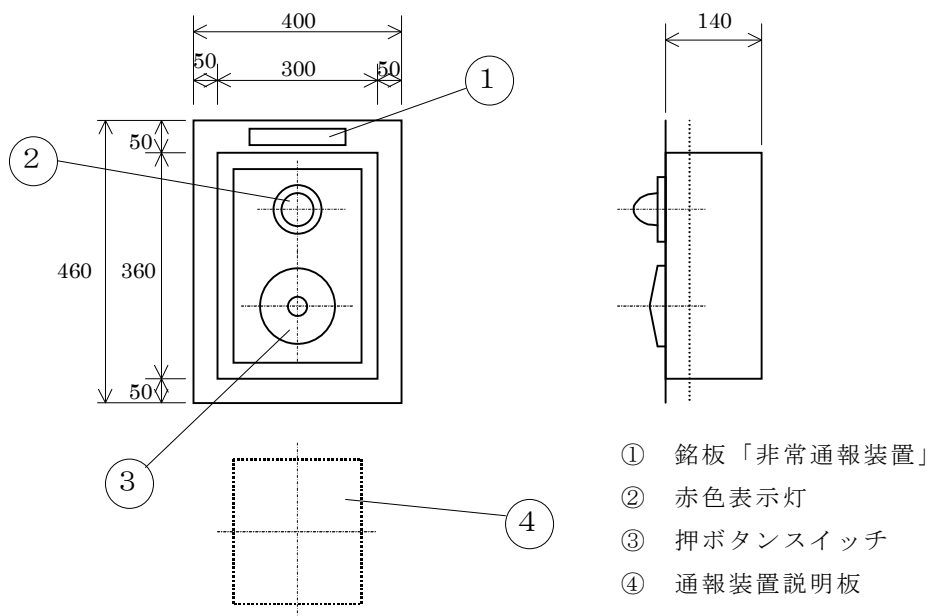
出典:道路トンネル
非常用設備機器仕様
書(案)(平成22年6
月) p6

5. 押ボタン式通報装置

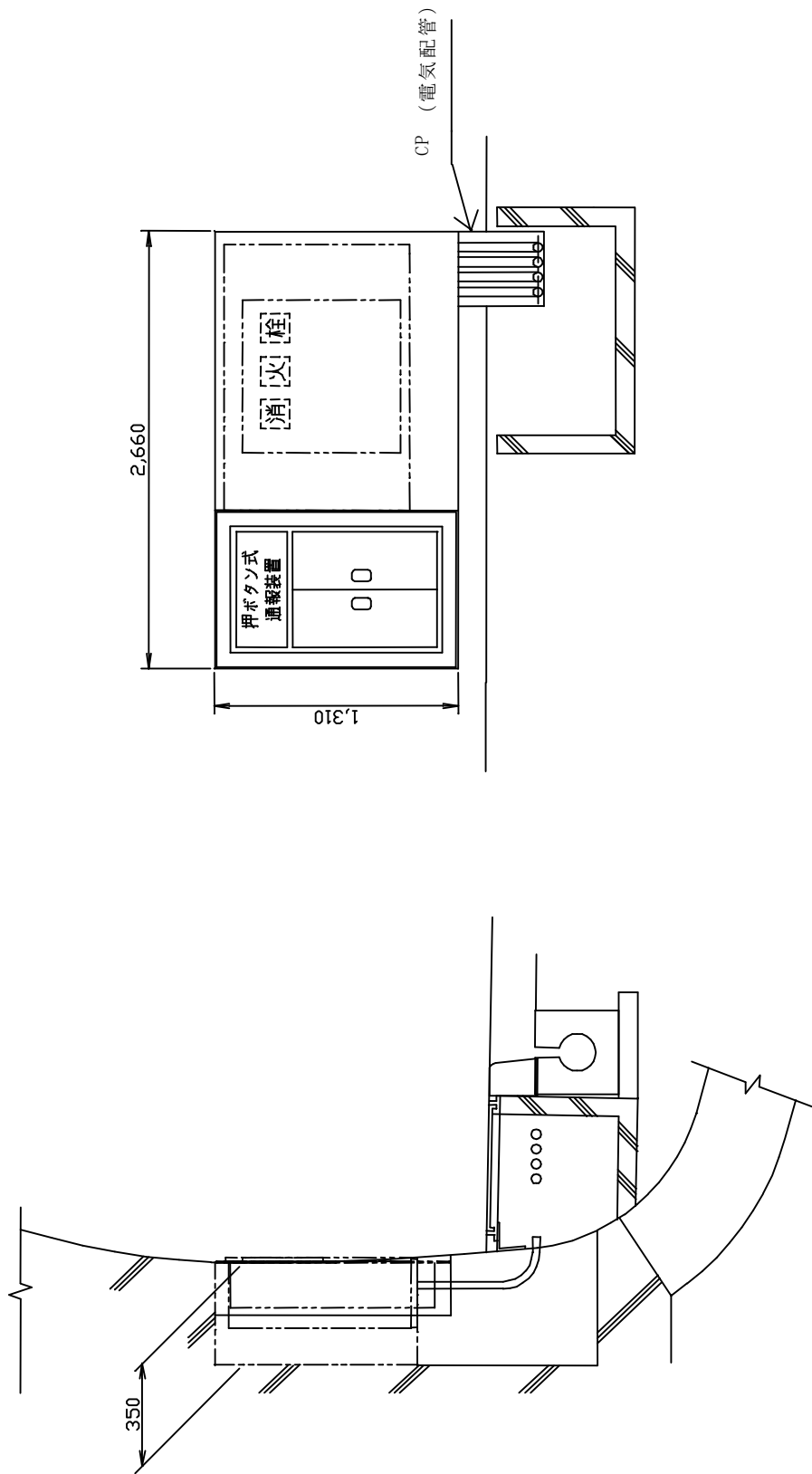
参考



押ボタン式通報装置（Ⅰ型）



押ボタン式通報装置（Ⅱ型）



押ボタン式通報装置設置例 (参考)

第3節 無線通信補助設備

1. 設備配置

トンネル内に設置する空中線とトンネル坑外に設置する無線装置で構成する。

(解説)

1. トンネル坑外に設置する無線装置は、基地局、中継局等常時設置の場合と、必要時にのみ無線機を持ち込み空中線系に接続して使用する場合がある。また、トンネルの片側坑口から無線接続する場合と、両側坑口から無線接続する場合がある。
2. トンネル内に設置する空中線を、国土交通省、警察、消防、移動系電気通信事業者（NTTDOCOMO等）が共用することがある。

無線通信補助設備の施設計画に当り関係各署と十分協議を行うものとする。

3. 本設備に耐雷対策をおこなう場合は、第11章第1節多重無線設備 3「耐雷対策」に準ずるものとする。

(参考)

1. 設備配置例

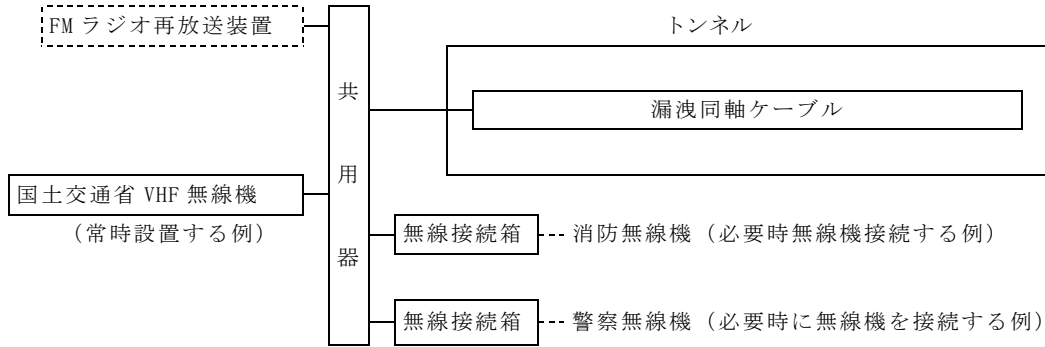


図5-3-1 トンネル片側坑口より無線供給する例

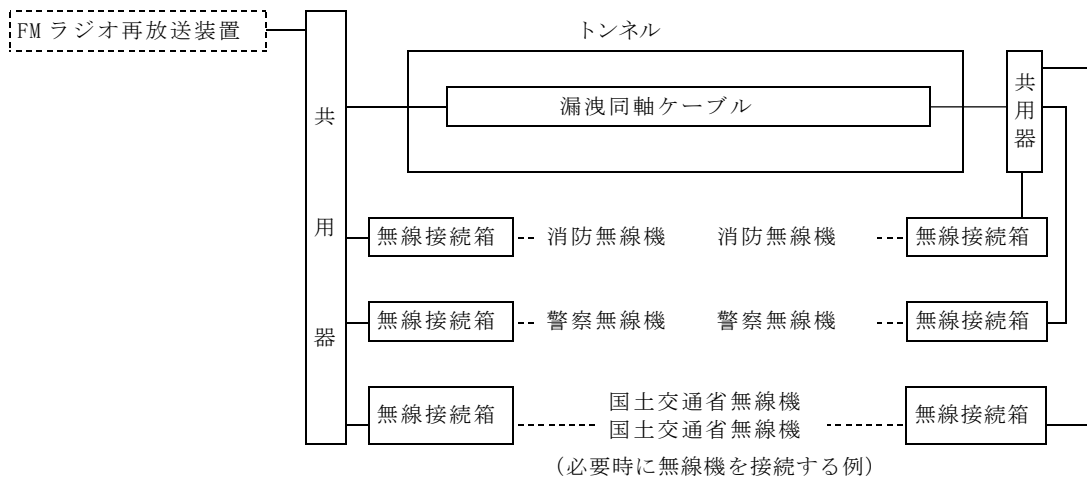


図5-3-2 トンネル両坑口より無線供給する例

2. 電 源

無線通信補助設備として設置する無線装置の電源は、商用電源停電の場合には、40 分間無線装置への供給が出来るものとする。

(解 説)

1. 第 5 章 第 2 節 3. 直流電源装置の解説により、自家発電設備がある場合、自家発電装置の運転時間 30 分と、さらに 10 分間以上の運転が規定されている。これに準じて、40 分間負荷への供給が出来るものとした。

(参 考)

1. 電源装置の負荷供給時間 40 分のために、自家発電設備が無い場所にあつては、40 分以上運転可能な蓄電池容量を持つ直流電源装置または無停電電源装置を設置する。自家発電設備のある場所にあつては、10 分間以上運転可能な蓄電池容量を持つ直流電源装置または無停電電源装置を設置する。

3. 空 中 線

使用する空中線は次のものを標準とする。

1. 耐熱型漏洩同軸ケーブルとする。
2. 漏洩同軸ケーブルの使用周波数帯域は 76MHz～430MHz とする。

(解 説)

1. 漏洩同軸ケーブルの耐熱性能は、耐熱形漏えい同軸ケーブル等試験基準 (JCMA 試第 1050 号) に定める試験を施すものとする。
2. 漏洩同軸ケーブルは、FM 放送、国土交通省 VHF 無線、警察 VHF 無線、消防 VHF 無線、及び警察 UHF 無線が共用できるものとする。ただし、移動系電気通信事業者 (NTT DOCOMO 等) と共用する場合は、周波数等別途協議とする。
3. 漏洩同軸ケーブルは、使用される全周波数帯について、伝送損失、受信電圧を検討し、漏洩同軸ケーブルのグレーディングを最適にする。

4. 空中線取付位置

1. 漏洩同軸ケーブルの取付位置は、トンネル側壁取付を標準とする。

(解 説)

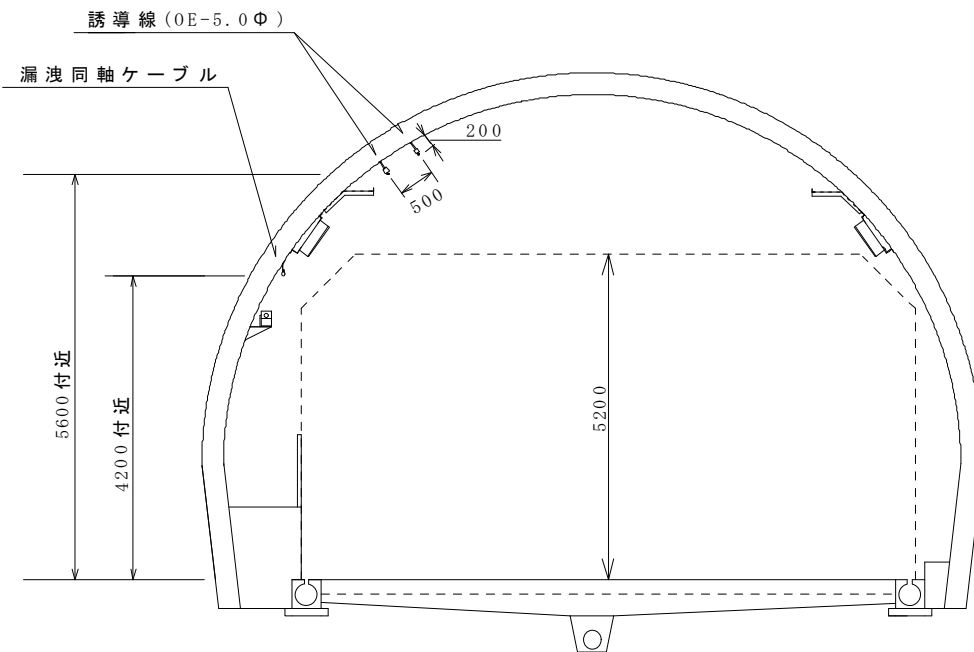
1. 漏洩同軸ケーブルは、構造上太くて重いため高所での施工性が悪く、工事上の安全性を考慮してトンネル側壁取付とした。この際、照明器具、CCTV 等との配置に考慮する必要がある。

[2~4]

出典:道路トンネル
非常用設備機器仕様
書(案)(平成 22 年 6
月)

(参 考)

1. トンネル内空中線取付位置図例



ケーブルの布設位置については参考とする。

図 5-3-3 トンネル内空中線取付位置図例

5. 給電線

使用する給電線は次によるものとする。

1. 同軸ケーブルは充実絶縁型とする。
2. 漏洩同軸ケーブルに接続する給電用同軸ケーブルは耐熱型を使用するものとする。

(解 説)

1. 耐熱型同軸ケーブルの耐熱性能は、耐熱形漏えい同軸ケーブル等試験基準 (JCMA 試第 1050 号) に定める試験を施すものとする。
2. 給電用同軸ケーブルの電気特性は、JISC3501 によるものとする。

6. ケーブル布設

1. 漏洩同軸ケーブルの吊架間隔は、5m以下を原則とする。
2. 露出配線給電線の支持間隔は 1.0mとする。

(解 説)

1. ケーブル布設、布設金物、露出配線並びに露出配管支持間隔は電気通信設備工事 共通仕様書による。

7. 受信電圧

出典：トンネル内情報通信設備の検討書
(平成8年3月)

所要受信機入力値はメリット4を確保する値とし、保守マージン3dBを加えて次の値とする。

1. 150MHz帯の所要受信機入力値は50Ω系開放端子電圧18dBμV+付加損失とする。
2. 400MHz帯の所要受信機入力値は50Ω系開放端子電圧14dBμV+付加損失とする。

(解説)

1. 道路内における通話品質は、標準変調に対してSN比25dB(無評価値)以上とする。SN比25dBは通話メリット4(雑音が多少あるが、十分明快到通話が通ずる程度)相当。

平均的なメリットとSN比の関係

メリット2 S/N=10dB

メリット3 S/N=15dB

メリット4 S/N=25dB

メリット5 S/N=35dB

2. SN比25dBの所要受信機入力

表5-3-1

	400MHz帯	150MHz帯
所要受信機入力中央値(dBm)	-102	-98
同上50Ω開放端子電圧(dBμV)	11	15

3. 所要受信機入力は、雑音を実測し計測するものとするが、机上計算により通信範囲の検討を行う場合は、上記の値を用いるものとする。

(参考)

1. 漏洩同軸ケーブルの付加損失

漏洩同軸ケーブルの付加損失は、次の値を見込むものとする。

表5-3-2

項目	損失	備考
干渉によるレベル変動等	16.5dB	距離損失を含む
車両による遮蔽損失	7.5dB	
合計	24 dB	

8. 共用器

トンネル内漏洩同軸ケーブルを複数の無線通信設備が共用するために使用し、各無線通信設備は同時に使用出来るものとする。

(解説)

1. 共用器に接続する無線通信設備は、FM放送、国土交通省 VHF 無線、消防 VHF 無線、及び警察 UHF 無線が有る。共用器を設置する際には、事前に消防及び警察との協議を実施し、接続する無線設備を決定すること。
2. 移動系通信事業者 (NTT DOCOMO 等) との共用は、漏洩同軸ケーブルの選定にまで影響するので別途協議とする。
3. 無線通信設備の周波数が近接している場合、無線設備相互間で混信が発生して使用出来ない。事前に関係者間で周波数の確認を行うことが必要である。近接周波数の目安は、VHF (150MHz) 帯で周波数差 1 MHz 程度である。

(参 考)

1. 共用器の配置例は、図 5-3-1 及び図 5-3-2 による。
2. 共用器構成例

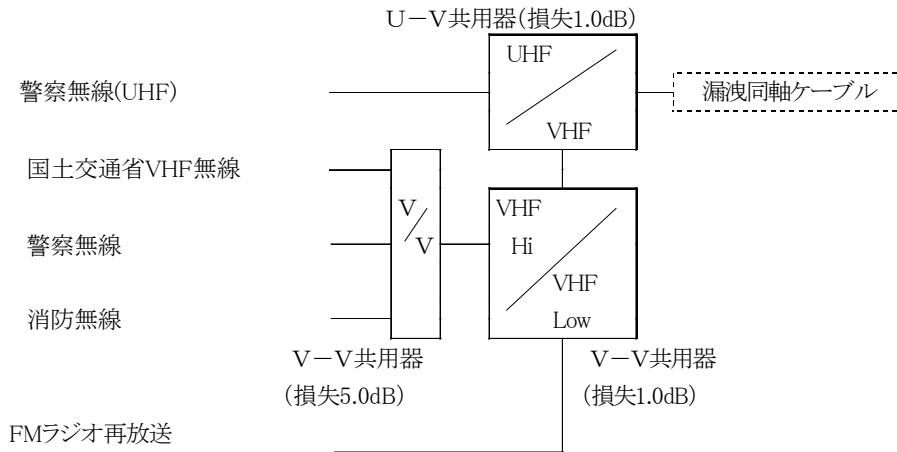


図 5-3-4 共用器構成例

3. V-V 共用器構成例

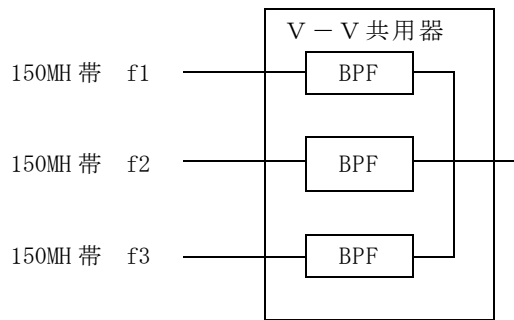


図 5-3-5 V-V 共用器構成例

周波数が近接しているとき、バンドパスフィルター(BPF)が、複雑且つ挿入損失の増加、価格のアップになる。フィルターによる不要周波数の抑圧が十分出来ない場合には、他の無線機に混信を与え、また受けることになるので、設計の都度十分な検討を行うこと。

4. トンネル両坑口に共用器を配置する例

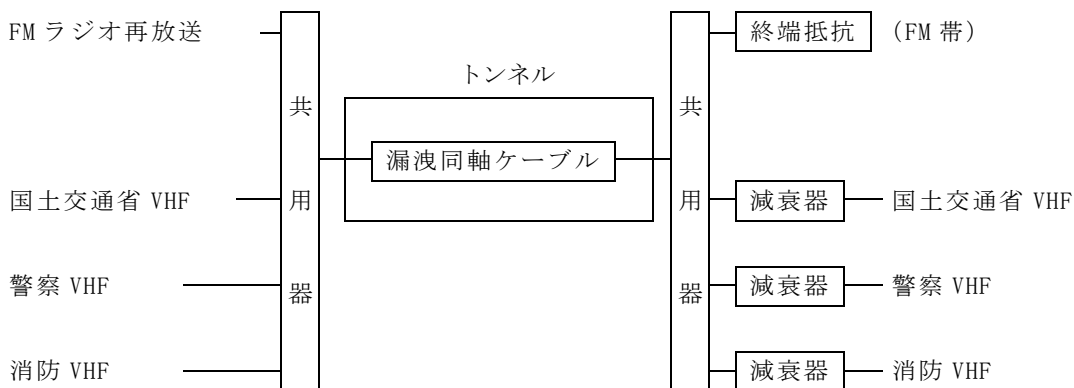


図 5-3-6 トンネル両坑口に共用器を配置する例

トンネル両坑口に共用器を配置したとき、両坑口無線機が同時送信する場合もある。このため、相手側無線機に到達する電力が、無線機の許容される範囲まで落とすために減衰器を挿入すること。

なお、無線機の受信部への許容最大入力 $133\text{dB}\mu\text{V}$ (0.1W)程度で、これにマージンを 6dB 程度見込んだ $127\text{dB}\mu\text{V}$ 以下にすればよい。

9. トンネル内受信電圧計算

9-1 漏洩同軸ケーブルによる設計受信電圧

漏洩同軸ケーブルによる受信機入力は、送信機出力に共用器損失、給電線損失、伝送損失、接続損失、結合損失、付加損失等を減じて求める。

$$P_r = P_t - L_d - L_{ft} - L_i - L_j - L_e - L_a$$

P_r : 受信機入力電圧 ($\text{dB}\mu\text{V}$)

P_t : 送信機出力 ($\text{dB}\mu\text{V}$)

L_d : 共用器損失 (dB)

L_{ft} : 給電線損失 (dB)

L_i : 伝送損失 (dB)

L_j : 接続損失 (dB)

L_e : 結合損失 (dB)

L_a : 付加損失 (dB)

(参 考)

1. 漏洩同軸ケーブルの結合損失及び伝送損失の標準値

表 5-3-3 (NEXCO 漏洩同軸ケーブル等仕様書施仕第 08401 号 (p. 4-1-5, p. 4-1-6))

線 種	結合損失 (dB)				伝送損失 (dB/km)				備 考
	400MHz	260MHz	150MHz	80MHz	400MHz	260MHz	150MHz	80MHz	
LCX-43D-75-HR	75	78	80	83	24	19	13	9	
LCX-43D-65-HR	65	68	70	73	24	19	13	9	
LCX-43D-55-HR	55	58	60	63	27	21	14	10	
LCX-43D-50-HR	50	53	55	58	40	29	17	11	
L-LCX-43D-75-HR	75	78	80	83	18	15	11	8	
L-LCX-43D-65-HR	65	68	70	73	18	15	11	8	
L-LCX-43D-55-HR	55	58	60	63	23	18	12	8.5	
L-LCX-43D-50-HR	50	53	55	58	34	24	13	8.5	

注 1 : 結合損失及び伝送損失の基準周波数は、400MHz 帯は 350~430MHz、260MHz 帯は 262~266MHz、150MHz 帯は 142~162MHz、80MHz 帯は 79~90MHz とする。

注 2 : 伝送損失の最大値は、標準値の 115%以下とする。

注 3 : 線種名称はメーカーにより異なるため、上表の性能により規定する。

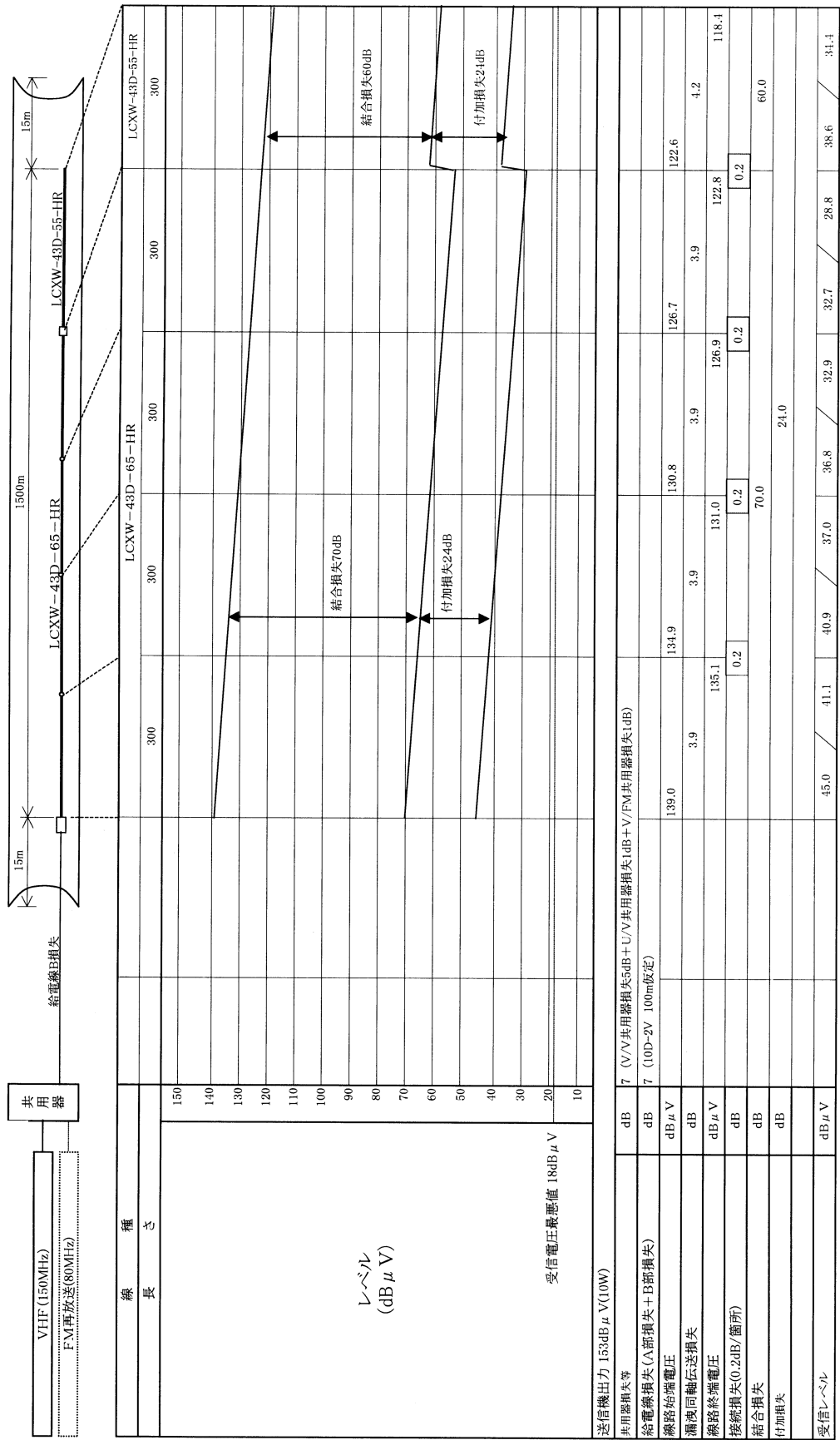


図 5 - 3 - 7 150MHz 帯 レベル計算書

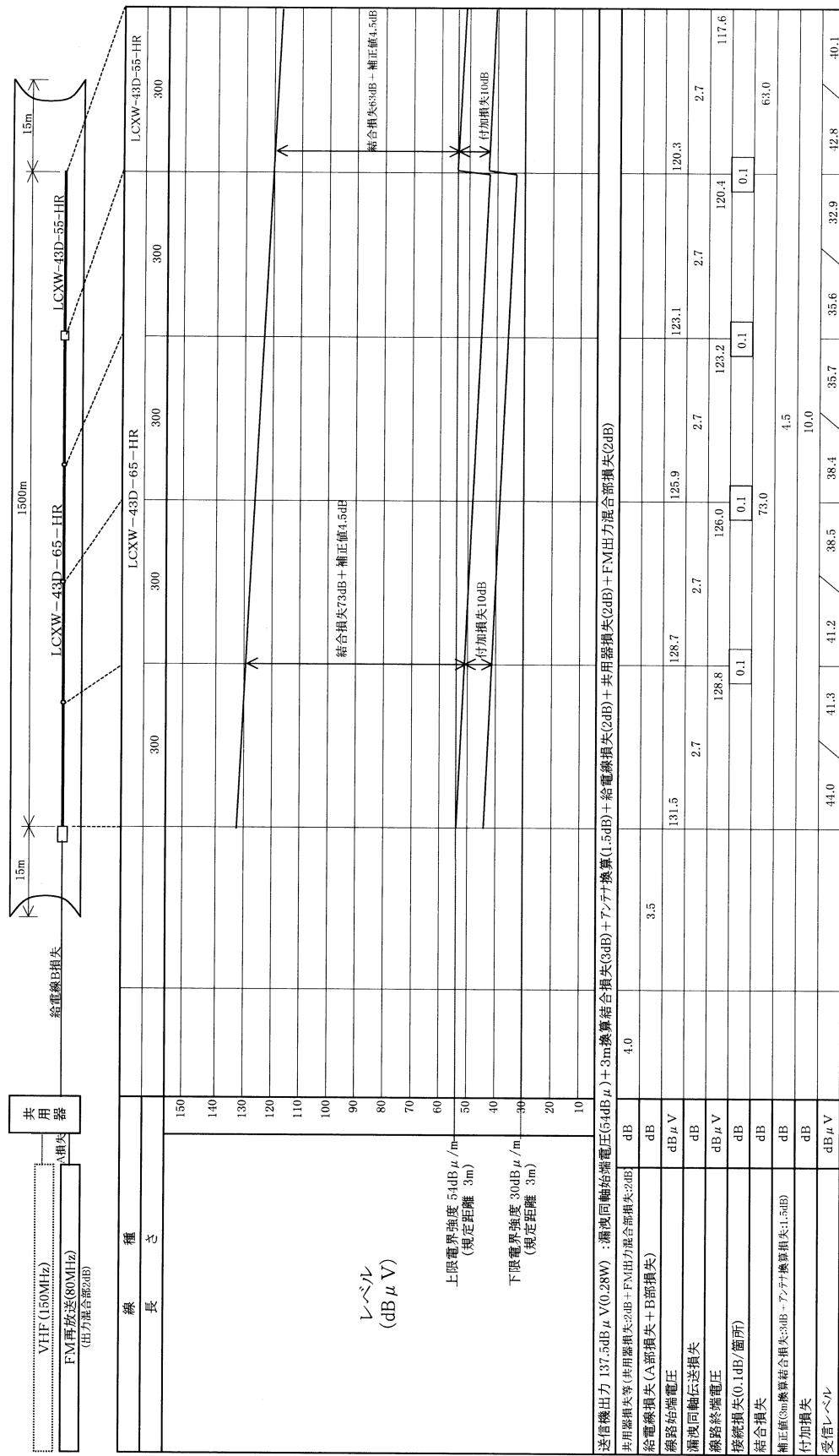


図 5-3-8 FM ラジオ再放送レベル計算書

第4節 ラジオ再放送設備

1. 設備配置

1. トンネルに設置するラジオ再放送装置と事務所等に設置する放送制御装置（割込端末装置含む）の構成を標準とする。
2. ラジオ再放送装置は、AMラジオ再放送装置とFMラジオ再放送装置の設置を標準とする。
3. 事務所より割込放送が可能であるものとする。
4. AMラジオの再放送方式は、AF中継方式（オーディオ中継方式）を標準とする。
5. FMラジオの再放送方式は、IF中継方式（中間周波中継方式）を標準とする。

（解説）

AMラジオ再放送方式には、AF中継方式を標準とする。

但し、トンネル長が短く、受信電波が安定している場合に限り、複数波を同時に増幅する同時増幅方式を採用できる。

1. ラジオ再放送設備は、通常はラジオ再放送を受信増幅し、誘導線によりトンネル内にラジオ再放送サービスを行う。緊急時には事務所等により全チャンネル一斉（FMラジオ含む）に緊急情報を割込放送するものとする。
2. AMラジオ再放送方式には、RF中継方式とAF中継方式とIF中継方式があるが、最も安定した再放送が可能で、運用面でも優れているAF方式を採用する。
3. 同時増幅方式は、受信電波をAGC増幅して再放送するためフェージング等の少ない安定した受信電波が必要である。

トンネル内に敷設する誘導線は、両側平行2線式とする。

受信点と送信点が同一箇所の場合、「同時増幅方式 非分離受信」とする。受信点と送信点が離れる場合、「同時増幅方式 分離受信」とし、E/O, O/E変換を使用し光ファイバーで信号を伝送する。

表5-4-1

方式	RF中継方式	AF中継方式	IF中継方式	同時増幅方式
特徴	受信電波を各波専用増幅器で増幅する。	受信電波を増幅後、一旦オーディオに直してから再度変調増幅する。	受信電波をRF増幅し、IF変換増幅後再度RF変換増幅する。	受信電波を一度IFに変換後再びRFに変換し各波まとめて増幅する。
長所	構成機器が少ない。	安定度が高い。 短いトンネルから長大トンネルに対応できる。 トンネル郡があるとき、受信が共用できる。	電波の質を変えないのでステレオ放送が可能。	電波の質を変えないのでステレオ放送が可能。 チャンネル数が多いほど経済性が高い。
短所	混信、発振を生じ易く安定度が悪い。 割込放送が全チャンネルに共用出来ず複雑。受信電界が強く、短いトンネルにしか対応できない。	復調まで行うのでIF中継方式に対し構成が複雑。 ステレオ放送の対応が困難。	受信電波をAGC増幅して再放送するため、フェージングが大きい場合には適さない。	出力が0.3W/chであるため長いトンネルには対応できない。 トンネルが複数ある場合は、電力増幅部がトンネル数分必要となる。
評価	×	○	○(条件1)	○(条件2)

（条件1）

受信電波が安定していることが必要である。

（条件2）

- ・出力が1チャンネルあたり0.3Wであるため、長いトンネルの場合は再放送電界強度を計算して確認し、周囲電界強度等のレベル差が20dB以内として採用を検討する。
- ・フェージング等の少ない安定した受信電波が必要である。

〔1〕

出典：電気通信施設設計要領・同解説・通信編（平成14年2月版） p13-12

〔表5-4-1〕

出典：電気通信施設設計要領・同解説・通信編（平成14年2月版） p13-13

4. FM ラジオ再放送方式には、RF 中継方式と AF 中継方式と IF 中継方式があり、安定した再放送が可能で、電波の質を変えない IF 方式を採用している。なお、受信場所と送信場所が異なる場合には、AF 中継を採用し、一旦オーディオに直してメタルまたは光ケーブルで伝送して再送信することもある。方式の特徴は次の通りである。

表 5-4-2

[表 5-4-2]

方式 特徴	RF 中継方式	AF 中継方式	IF 中継方式	同時増幅方式
		受信電波を各波専用増幅器で増幅する。	受信電波を増幅、復調してから再び各波毎に変調増幅する。	受信電波を IF 変換し増幅し再び RF に変換し各波毎に増幅する。
長所	構成機器が少ない。	安定度高い。	安定度が比較的良い。電波の質を変えないのでステレオ放送が可能。文字多重データにも対応。(条件 2)	安定度が比較的良い。電波の質を変えないのでステレオ放送が可能。文字多重データにも対応。(条件 2) チャンネル数が多いほど有利。
短所	システムが標準化出来ず複雑。混信、発振を生じ易く安定度が悪い。	復調まで行うので IF 中継方式に対し構成が複雑。ステレオ放送の対応が困難。文字多重データの対応が不可。チャンネル数分増幅器が必要。忠実度が悪い。	IF で中継するため、受信場所と送信場所を離すことが出来ない。チャンネル数分増幅器が必要。	出力が 0.3W/ch であるため長いトンネルには適さない。
評価	×	○	○	○(条件 1)

出典：電気通信施設設計要領・同解説・通信編(平成 14 年 2 月版) p13-30

(条件 1)

同時増幅方式の使用の可否については、必ず回線設計を行い判断する。

(条件 2)

FM 文字多重データは、電波の質を変えない IF 中継方式／同時増幅方式の場合は、変調成分はそのまま送信している為、FM ラジオ放送波に VICS 等の文字多重データが乗っていれば、そのままトンネル内に放送される。

但し、FM ラジオで文字多重データを受信するためには、カーラジオの性能上受信電界が安定した状態で、最低「70dB μ V/m 以上」(受信機入力電圧で「60dB μ V」程度)必要。

トンネル内の電界強度は、電波法の規定値で送信アンテナより 3m 離れた地点で、最高「54dB μ V/m 以下」と定められている。

そこで、トンネル内 FM ラジオ再放送では、カーラジオの性能にて文字多重データを十分に受信することができない。

5. 本設備に耐雷対策をおこなう場合は、第12章第1節多重無線設備 3「耐雷対策」に準ずるものとする。

(参考)

1. 設備配置例

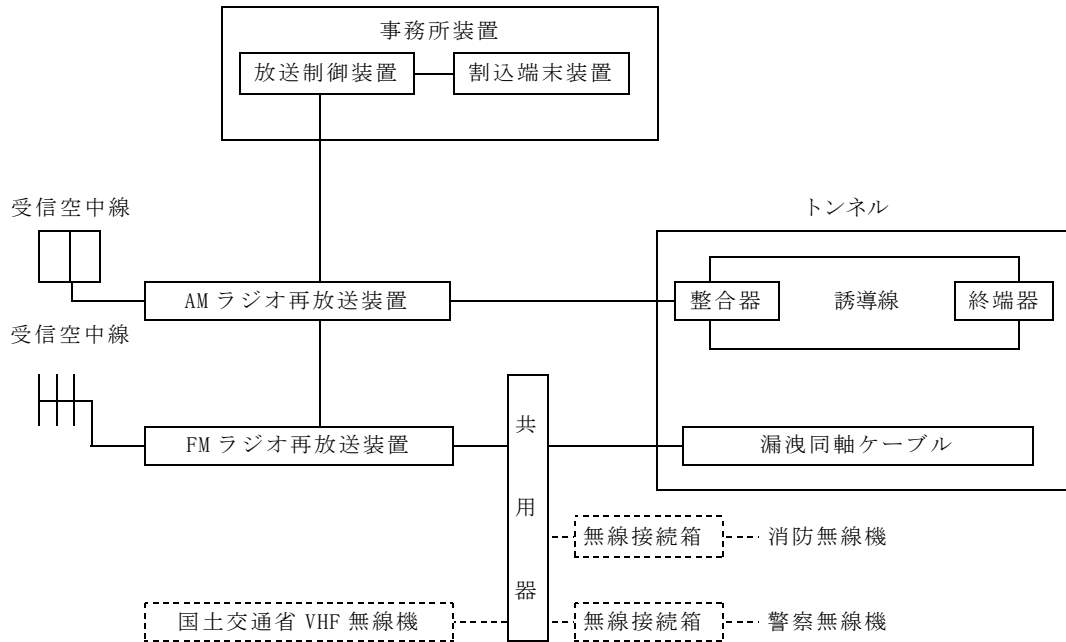


図5-4-1 設備配置例 (AMラジオの誘導線による送信)

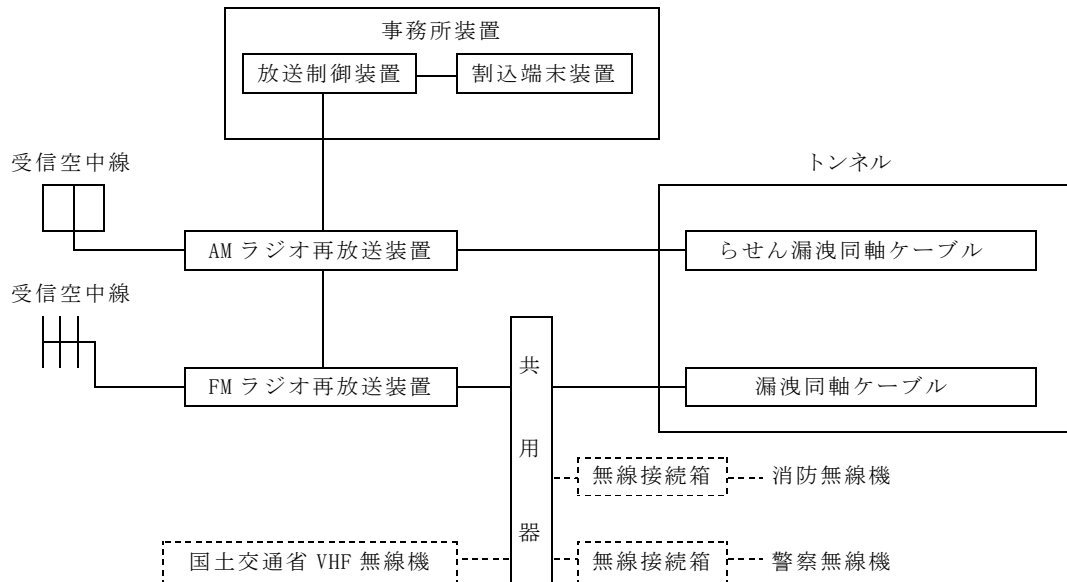


図5-4-2 設備配置例 (AMラジオのらせん漏洩同軸ケーブルによる送信)

AM 中継方式

① AF 中継方式

AF 中継方式は、受信と送信を AF 信号で伝送するため、メタルケーブルで接続する。



図 5-4-3 設備配置例 (AF 中継方式)

② IF 中継方式

IF 中継方式は、受信と送信を IF 信号で伝送するため、同軸ケーブルで接続する。(同一局舎内のみ)

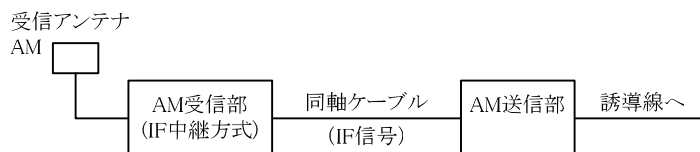


図 5-4-4 設備配置例 (IF 中継方式)

③ 同時増幅方式 (非分離受信)

同時増幅方式(非分離受信)は、受信と送信を RF 信号で伝送するため、同軸ケーブルで接続する。

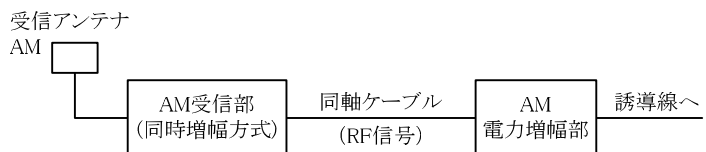


図 5-4-5 設備配置例 (同時増幅方式)

④ 同時増幅方式 (分離受信)

同時増幅方式(分離受信)は、受信と送信を RF 信号で伝送するが、E/O, O/E 変換を使用し、光ケーブル(SMF)で伝送するため長距離の伝送が可能である。

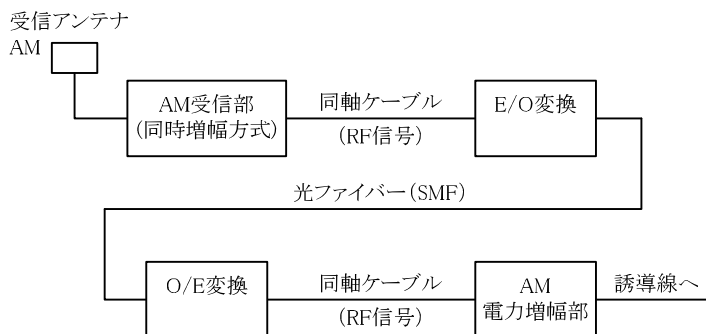


図 5-4-6 設備配置例 (同時増幅方式 分離受信)

[図 5-4-3~6]

出典:電気通信施設
設計要領・同解説・
通信編(平成 14 年 2
月版) p13-16

FM 中継方式

① IF 中継方式

IF 中継方式は、受信と送信を IF 信号で伝送するため、同軸ケーブルで接続する。(同一局舎のみ可)

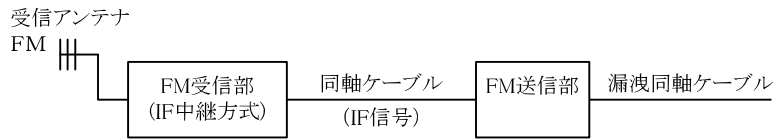


図 5-4-7 設備配置例 (IF 中継方式)

② 同時増幅方式 (非分離受信)

同時増幅方式 (非分離受信) は、受信と送信を RF 信号で伝送するため、同軸ケーブルで接続する。

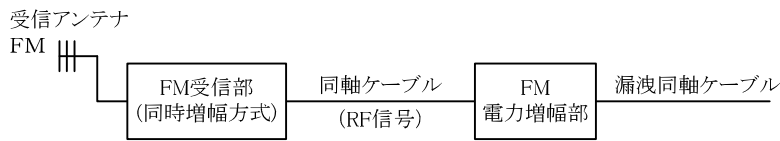


図 5-4-8 設備配置例 (同時増幅方式)

④ 同時増幅方式 (分離受信)

同時増幅方式 (分離受信) は、受信と送信を RF 信号で伝送するが、E/O, O/E 変換を使用し、光ケーブル (SMF) で伝送するため長距離の伝送が可能である。

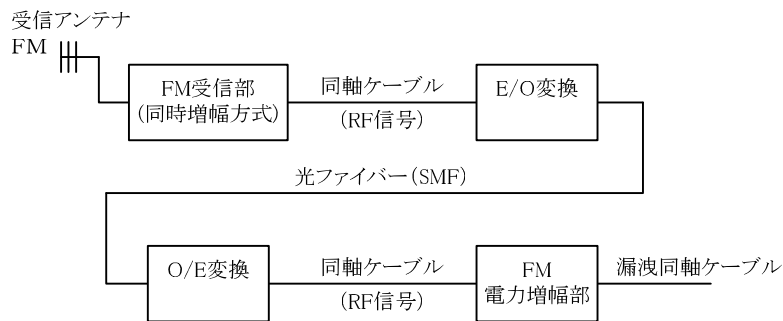


図 5-4-9 設備配置例 (同時増幅方式 分離受信)

[図 5-4-7~9]

出典:電気通信施設
設計要領・同解説・
通信編(平成14年2
月版) p13-32

2. 電 源

第3節 2.電源 に準ずる。

3. AM ラジオ送信用誘導線

1. トンネル内に布設する誘導線は、片側平行2線式を標準とする。
2. 誘導線はOE-5.0φ（屋外用ポリエチレン絶縁電線）を標準とする。

（解 説）

1. 片側平行2線方式はトンネル内片側車線に布設するため、保守性に優れているので採用した。
2. 誘導線はOE-3.2φまたはOE-5.0φの2例があるが、OE-5.0φが標準市販品であるのでこれを採用した。
3. らせん漏洩同軸は高価である。

（参 考）

1. 平行2線式が総合的には有利であるものの、雪氷時期にトンネル内にも凍結防止剤を撒く期間が長い場合、誘導線を支持している碍子に凍結防止剤が付着し、その結果誘導線の伝送損失が増加しトンネル内において再放送電波が受信できなくなる場合がある。そのような場合には、らせん漏洩同軸ケーブルは効果的なので十分検討する。
2. トンネル坑口付近に民家が存在し、トンネル内の再放送電波の漏れによる民家への混信妨害を与える恐れがある場合には、らせん漏洩同軸ケーブルは漏れが少なく効果的である。

[3]

出典：道路トンネル内情報通信システム検討業務 報告書(平成7年度)

4. FM ラジオ送信用空中線

1. トンネル内に布設する空中線は漏洩同軸ケーブルとする。
2. 使用する漏洩同軸ケーブルは第3節 3. 空中線 に準ずる。

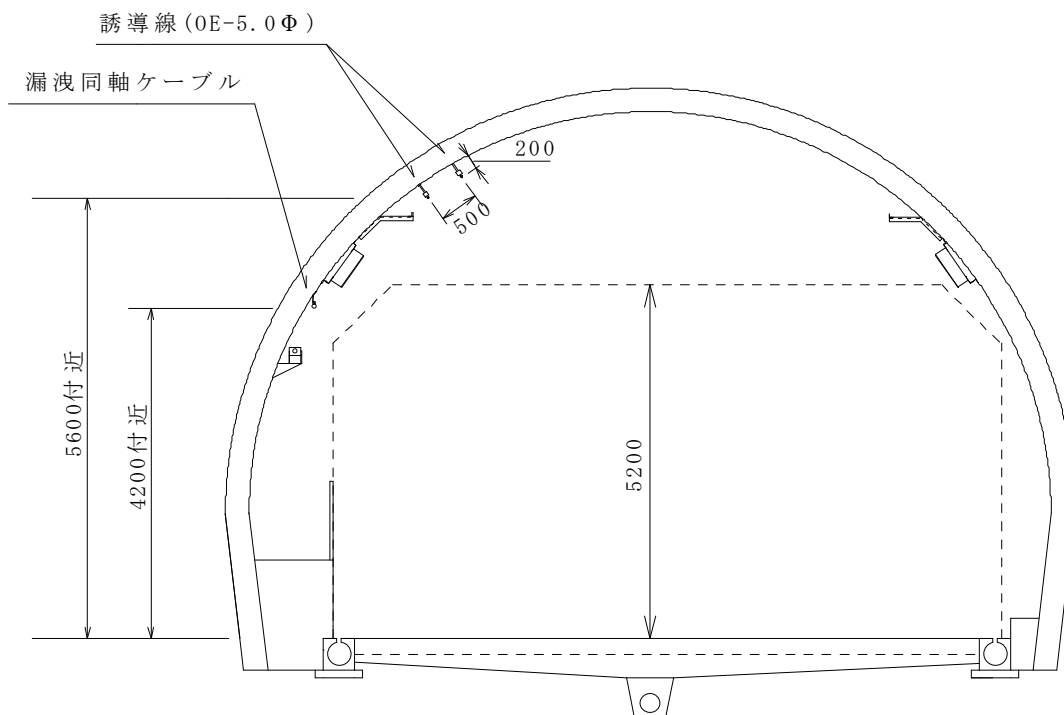
(解説)

1. FM 再放送は微弱電波の制限内で使用されるため、アンテナ方式では 100m 程度しかサービスできない。漏洩同軸ケーブルでは、トンネル内の電界を均一に出来るために漏洩同軸ケーブルを採用した。

5. 誘導線取付位置

(参考)

1. トンネル内空中線取付位置図例を示す。



ケーブルの布設位置については参考とする。

図 5-4-10 トンネル内空中線取付位置図例

6. 給電線

使用する給電線は次によるものとする。

1. 同軸ケーブルは充実絶縁型とする。
2. トンネル内露出配線に使用する同軸ケーブルは耐熱型とする。

(解説)

1. 耐熱型同軸ケーブルの耐熱性能は、「日本道路公団漏洩同軸ケーブル等仕様書 機電通仕第 90401 号」による。

7. ケーブル布設

1. 誘導線及びびらせん漏洩同軸ケーブルの吊架間隔は、5m 以下を原則とする。
2. 誘導線は、約 200m 毎に引留固定すること。
3. 露出配線給電線の支持間隔は 1.0m とする。

(解説)

1. 誘導線及びびらせん漏洩同軸ケーブルの布設、布設用金物、露出配線並びに露出配管支持間隔は電気通信設備工事共通仕様書による。
2. 誘導線 (0E 線) の標準長は 200m であるので、約 200m 毎に引留固定した上で接続するものとした。

8. 受信空中線

1. AM ラジオ再放送用受信空中線の型式はループ型を標準とする。

(解説)

1. ホイップ型アンテナは安価で経済的であるが、無指向性のためにトンネルからの再送信電波の漏れを拾いやすく、アンテナ利得が低いので雑音も拾いやすいので、指向性のあるループ型を標準とした。

(参考)

1. AM 受信空中線の所要数は、1 波当たり 1 基を原則とするが、おおむね次の条件を満たす場合は、1 基にて 2 波を受信するものとする。
 - ・ 2 波の周波数間隔が 300kHz 以内であること。
 - ・ 2 波の電波到来方向の差が 30° 以内であること。
 - ・ 2 波の電界強度が 60dB μ V/m 以上あり、且つレベル差が 20dB 以内であること。

2. FM ラジオ再放送用受信空中線の型式は八木型 3 素子を標準とする。

(解説)

1. ホイップ型アンテナは安価で経済的であるが、無指向性のためにトンネルからの再送信電波の漏れを拾いやすく、アンテナ利得が低いので雑音も拾いやすいので、ループ型を標準とした。
2. 八木型空中線の素子数は、指向特性上 3 素子を標準とし、施工上の問題で 5 素子までとする。

9. 放送局の選定

トンネル内に再放送する放送局は、原則として当該放送局のサービスエリアが対象トンネルの入口及び当該区域を走行中の車両において、安定して受信出来る局とする。

(解説)

1. AMラジオの再放送する放送局は、原則として郵政省例の「放送局の開設の根本的基準」第2条11項(平成14年省令第5号改正)に示される電界強度を満足するものを選定する。

表5-4-3 放送局の開設の根本的基準

区 域	電界強度の範囲 (単位 dB μ V/m)	
高雑音区域	80 以上	94 以下
中雑音区域	66 以上	80 以下
低雑音区域	48 以上	66 未満

区域については、昭和39年1月8日郵政省告示第5号(昭和47年5月1日改訂)による。

2. SINPOコード表により受信状態を測定して決定する。
3. 受信状態の測定は、昼夜それぞれ行い、再放送出来る放送局は原則として昼夜共に安定して受信出来る局とする。
4. 安定して受信出来る局とは、SINPOコード表の総合品位3以上である。
総合品位3の程度は、ラジオを聴いて、雑音・混信・フェージングが入っていても、ラジオを聴き続けることが出来る程度の状態をいう。

表5-4-4 SINPOコード表

	S	I	N	P	O
	信号強度	混 信	雑 音	伝搬上の障害	総合品位
5	非常に強い	な い	な い	な い	優 秀
4	強 い	かすかにある	かすかにある	かすかにある	良 い
3	普 通	普 通	普 通	普 通	普 通
2	弱 い	多 い	多 い	多 い	良くない
1	かすかに聞こえる	非常に多い	非常に多い	非常に多い	使えない

(参 考)

1. トンネル付近の路上等は雑音源である民家等が無く雑音区域として「低雑音区域」となり、AMラジオ再放送可能電界強度は48dB μ V/m以上となる。
2. S/N30dBを確保できるAMカーラジオの受信機入力電圧は40dB μ V以上であり、カーラジオの空中線利得(dB μ V-dB μ V/m)は-5~-40dBある。この点からも、カーラジオの受信出来る電界強度と再放送可能電界強度がほぼ一致することになり、AMラジオ再放送可能電界強度48dB μ V/m以上(低雑音地域)が摘要できる。
3. AM再放送受信機のトンネル内ラジオ再放送仕様では、実用受信機入力電圧は35dB μ V(S/N20dB)以上と規定されている。したがって、受信空中線利得、給電線損失等を考慮して必要受信機入力電圧を確保することが必要である。

4. FM ラジオの再放送可能電界強度は、放送局の開設の根本的基準」第2条11に従えば48dB μ V/m以上となる。しかし、FMカーラジオの性能はS/N30dBを確保するための受信機入力電圧は、25dB μ V程度である。車両装備の空中線利得（実効長）（dB μ V-dB μ V/m）は、空中線の伸縮度合によって異なり、フェンダーアンテナで-5~-6dB、ピラーアンテナで-8dB、ウインドシールドアンテナで-15dBが実験的に得られている。したがって、空中線によっては30dB μ V/m（25dB μ V+5dB）以上の電界強度で明瞭の聞こえることになる。

FM再放送受信機のトンネル内ラジオ再放送仕様では、受信機入力電圧は40dB μ V以上と規定されている。しかし、実際にはもっと低い受信電圧で受信されているので、FMラジオの再放送する放送局は、受信電界30dB μ V/m以上ある局を検討すること。

（資料）

1. 受信電圧と受信電界とアンテナ実効長（利得）の関係は次式で表される。

$$\text{受信電圧 } V \text{ (dB } \mu \text{V)} = \text{受信電界 } E \text{ (dB } \mu \text{V/m)} \times \text{アンテナ実効長 } h \text{ (m)}$$

2. 微小ループ（波長に比べ、一片が十分小さいループ）の実効長（m）は次式で表わされる。

$$\text{アンテナ実効長 } h \text{ (m)} = 2\pi NA / \lambda$$

N : ループの巻き数
A : ループの面積
 λ : 波長

本式で計算すると、ループの利得は-26~-16dB程度になるが、ラジオ再放用ループアンテナは、同調回路および整合回路により、指定の1波についての利得が-20~0dBにすることが出来る。

10. 電界強度

10-1 関連法規

1. トンネル内 AM ラジオ再放送設備は、漏洩電界強度は線路から $\frac{\lambda}{2\pi}$ の地点で200 μ V/m以下であること。（無線設備規則第61条）
2. トンネル内 FM ラジオ再放送設備は、電波法施行規則第6条（免許を要しない無線局）第1項第1号に規定に基づき、当該無線局の無線設備から3メートルの距離において、電界強度が500 μ V/m以下であること。

（参考）

1. 200 μ V/m=46dB μ V/m
500 μ V/m=54dB μ V/m

10-2 トンネル内の所要電界強度

1. AM再放送の所要電界強度は60dB μ V/m以上とする。
2. FM再放送の所要電界強度は30dB μ V/m以上とする。

（解説）

1. AM再放送の所要電界強度は、カーラジオの特性から、S/N30dBを確保するための受信機入力電圧は40dB μ V以上となる。（JIS-C-6102試験法による）車両装備の空中線利得（実効長）（dB μ V-dB μ V/m）は空中線の種類・空中線の伸縮の度合によって異なり-5~-40dBである。一般的にはカーラジオの空中線をある程度伸ばしている状態で受信するものと考え、空中線の利得を-20dBとした。

$$\text{所要電界強度} \geq 40\text{dB } \mu \text{V} + 20\text{dB} = 60\text{dB } \mu \text{V/m}$$

漏洩同軸ケーブルから放射された電波による坑内電界強度は、次式で計算する。

$$E = V_{ta} - L_t - L_c - 4.5 - L_m \quad (\text{dB } \mu\text{V/m})$$

V_{ta} : 漏洩同軸ケーブル給電点の電圧 (dB μV)

L_t : 漏洩同軸ケーブル伝送損失の給電点～計算地点までの合計値 (dB)

L_c : 電界強度設計地点の漏洩同軸ケーブルの標準結合損失 (dB)

4.5 : 80MHz の半波長ダイポールアンテナの実効長 (1.5dB)

漏洩同軸ケーブルから 1.5m で規定されている標準結合損失より 3m 地点の結合損失を求めるための補正值 (3dB)

L_m : 付加損失 (8dB)

(7) 付加損失は、FM ラジオ再放送が微弱電波レベルで送信しなければならない状況を踏まえ、多少のノイズの混入を許容することとし 8dB とする。付加損失は、次に示す遮蔽損失および距離損失の合計である。

① 車両による遮蔽損失

車両による遮蔽損失の実測で、大型バス、大型トラックにより、50%値で 5dB 程度、ピーク値で 25dB 程度の電界低下が観測されている。

ここでは、50%値の 5dB を遮蔽損失とする。

② 通行車線による距離損失

電界強度規定地点は、漏洩同軸ケーブルから 3m 離れた地点で規定しているが、漏洩同軸ケーブルから車両に装着されたアンテナまでの距離は通行する車線により変わる。

標準的な 2 車線トンネルでは、漏洩同軸ケーブルから車両のアンテナまでの距離が最大 6m 程度になるので、

$$\text{距離損失を } 10 \log \frac{6}{3} = 3\text{dB}$$

とする。

(参考)

1. 電界強度規定地点での電界強度が 54dB $\mu\text{V/m}$ 以下となるように、送信出力を決定する。

$$\text{所要送信電圧 } V_t = 58.5 + L_c + L_{ft} + L_{mx} + L_{att} \quad (\text{dB } \mu\text{V})$$

$$\text{所要送信電力 } P_t = V_t - 143 \quad (\text{dBW})$$

L_c : 結合損失 (dB)

L_{ft} : 伝送損失 (dB)

L_{mx} : 混合損失 (dB)

(FM 出力混合部損失及び FM 共用器損失)

(同時増幅方式の場合、FM 出力混合部損失は含まない)

L_{att} : 出力調整用減衰器の減衰量 (dB)

(7) 電界強度を制限値に等しいとしたときの漏洩同軸ケーブルの給電電圧は以下により算出する。

① 電界強度規定地点での電界強度は 54 (dB $\mu\text{V/m}$)

漏洩同軸ケーブルの標準結合損失は 1.5m で規定されているため、微弱電界の規定点 3m に変換する補正值 $10 \log \frac{3}{1.5} = 3$ (dB) を加え、57 (dB $\mu\text{V/m}$) とする。

② 80MHz の半波長ダイポールアンテナの実効長が、

$$20 \log_{10} (\lambda / \pi) = 1.5 \text{ (dB)} \quad (\lambda = \text{波長} = 3.75\text{m})$$

となるので、漏洩同軸ケーブルより 1.5m 地点での半波長ダイポールアンテナの誘起電圧 (開放端) は $57 + 1.5 = 58.5$ (dB μV) とする。

③ 漏洩同軸ケーブルの給電電圧は、このアンテナの誘起電圧に標準結合損失 L_c を加えて求められ、 $58.5 + L_c$ (dB μ V) となる。

④ 送信電圧は、漏洩同軸ケーブルの給電電圧に給電線損失、混合損失、及び出力調整用減衰器の値を加える。

出力調整用減衰器は最低でも 3dB 以上見込んで設定し、施工後のトンネル内電界強度の実測により規定地点での電界強度が 54 (dB μ V/m) を越えないように調整する。

⑤ IF 中継方式と同時増幅方式の各方式の計算例

IF 中継方式と同時増幅方式の各方式の計算例を示す。

a. IF 中継方式

標準結合損失	L_c : 73.0 (dB)	LCX-65D-HR の結合損失
給電線損失	L_{ft} : 3.0 (dB)	10D-FTXE 100m
混合損失	L_{mx} : 4.0 (dB)	FM 出力混合部 3.0dB FM 共用器 1.0dB

出力調整用減衰器 L_{att} : 4.0 (dB)

とすると、

所要送信電圧 V_t は、

$$\begin{aligned} V_t &= 58.5 + 73.0 + 3.0 + 4.0 + 4.0 \\ &= 142.5 \text{ (dB}\mu\text{V)} \end{aligned}$$

所要送信電力 P_t は、

$$\begin{aligned} P_t &= V_t - 143 \\ &= -0.5 \text{ (dBW)} \\ &= 0.9 \text{ (W)} \Rightarrow 1\text{W の送信部とする。} \end{aligned}$$

b. 同時増幅方式

標準結合損失	L_c : 63.0 (dB)	LCX-55D-HR の結合損失
給電線損失	L_{ft} : 3.0 (dB)	10D-FTXE 100m
混合損失	L_{mx} : 1.0 (dB)	FM 共用器 1.0dB
出力調整用減衰器	L_{att} : 8.0 (dB)	

とすると、

所要送信電圧 V_t は、

$$\begin{aligned} V_t &= 58.5 + 63.0 + 3.0 + 1.0 + 8.0 \\ &= 133.5 \text{ (dB}\mu\text{V)} \end{aligned}$$

所要送信電力 P_t は、

$$\begin{aligned} P_t &= V_t - 143 \\ &= -9.5 \text{ (dBW)} \\ &= 0.11 \text{ (W)} \Rightarrow 0.3\text{W の電力増幅部とする。} \end{aligned}$$

2. グレーディング

1 種類の漏洩同軸ケーブルのみでトンネル内の所要電界を満足できない場合結合損失の異なる漏洩同軸ケーブルを組み合わせることで、トンネル内電界均一化とサービス範囲の拡大を図る。

VHF、UHF と共用すると、伝送損失、結合損失の違いから、全部の帯域について最適設計をすることが困難になり、それぞれの最低電界を満足するように設計することになる。具体的には、76MHz~400MHz の共用システムでは、400MHz と 80MHz にてそれぞれ最適のグレーディング設計を行いそれぞれの中間を取るようになる。

トンネルレベル計算書

参考

周波数：中波放送帯

トンネル長 $L = 876\text{m}$

誘導線 0.05 dB/km (誘導線LOSS 5dB/km)

調整器

誘導線 0.05 dB/km

誘導線 $l = 776\text{m}$

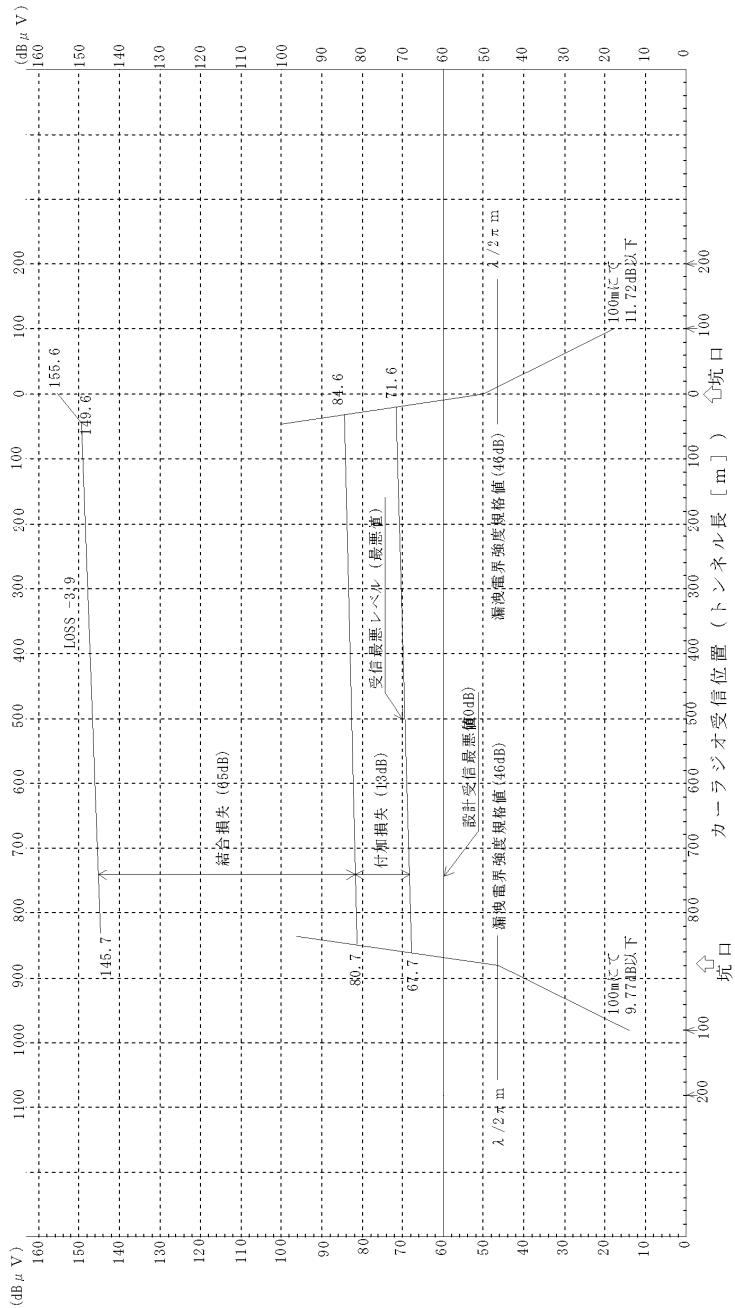
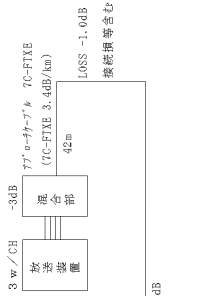


図5-4-11 AMラジオ再放送レベル計算書

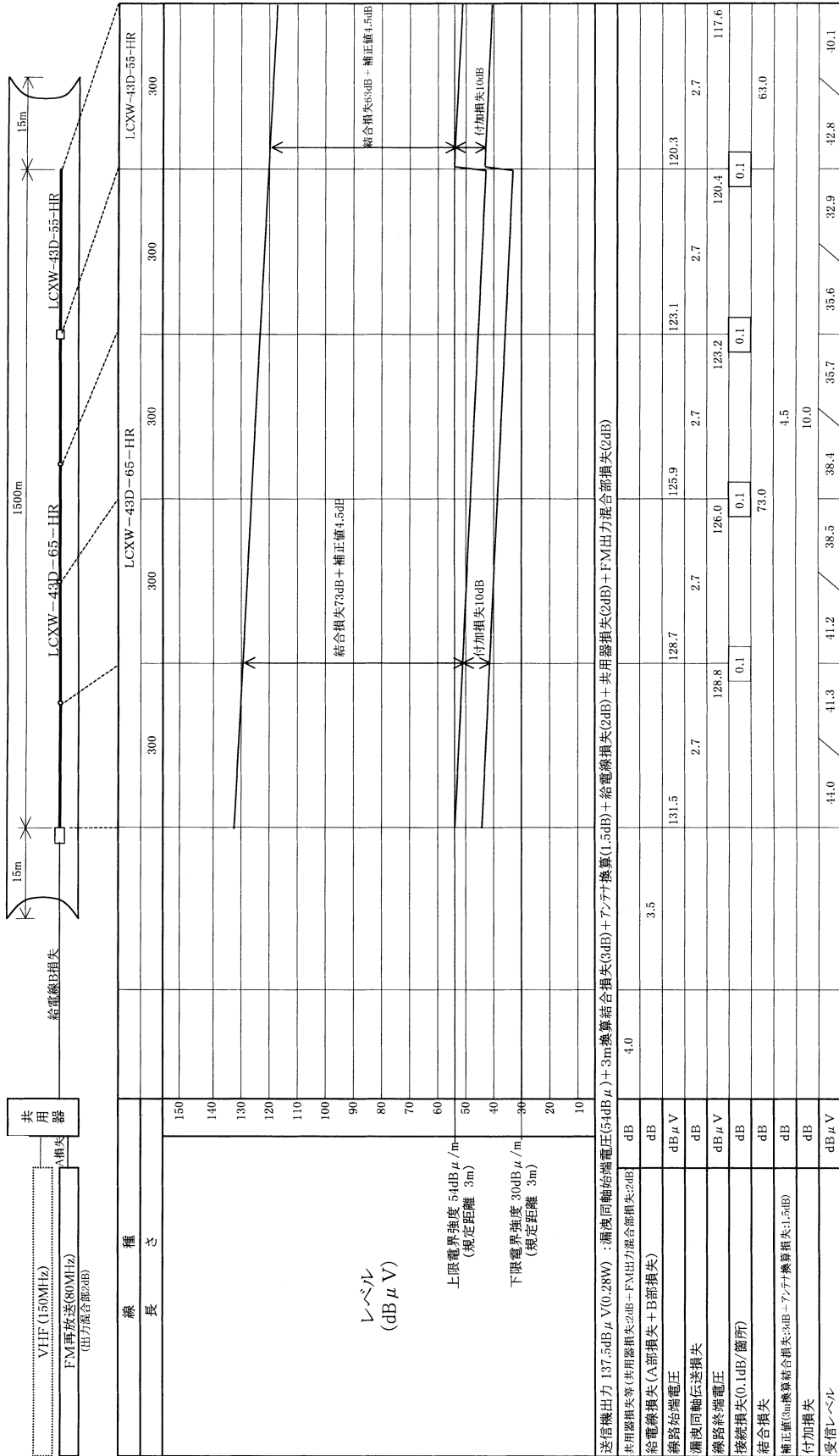


図 5-4-12 FM ラジオ再放送レベル計算書