

試験種別	試験科目	専門分野
線路主任技術者	専門的能力	通信線路

問1 次の問いに答えよ。

(1) 次の文書は、一様な線路の伝送特性について述べたものである。□内に最も適した語句を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ語句を示す。

一様な線路の一次パラメータとは、使用材質及び線路構成により定まる電気的特性値をいい、直列パラメータは、抵抗R及び□(ア)で、並列パラメータは、□(イ)及び□(ウ)で表される。

また、線路の二次パラメータは、特性インピーダンス Z_0 と伝搬定数 γ で表され、 $\gamma = \alpha + j\beta$ において、 α は□(エ)定数、 β は□(オ)定数という。

特性インピーダンス Z_0 と伝搬定数 γ は、(i)式及び(ii)式のとおりである。

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\square(カ)}{\square(キ)}} \dots\dots\dots (i)$$

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{\square(カ)\square(キ)} \dots\dots\dots (ii)$$

伝搬定数 γ の一様な線路を伝搬する電圧(v)について時間(t)と送端からの距離(x)の関数で表すと、A、Bを信号波の未定定数、 ω を角周波数、eを自然対数の底として、

$$v(x, t) = A e^{-\alpha x} e^{j(\omega t - \beta x)} + B e^{\alpha x} e^{j(\omega t + \beta x)} \dots\dots\dots (iii)$$

となる。

(iii)式の第一項はx方向に伝搬する波動で、その□(オ)速度を V_P とすると、 V_P は次式で表され、振幅は伝搬に伴って□(エ)していく。

$$V_P = \frac{\omega}{\beta} \dots\dots\dots (iv)$$

線路上を伝搬する信号は、一般に、多くの周波数を含んでいる。いま、単純に同一振幅の二つの波があり、それらの角周波数を ω_1 、 ω_2 とし、□(オ)定数を β_1 、 β_2 として□(エ)量は同じとした場合、合成された□(オ)速度 V_{12} は、

$$V_{12} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\beta_1 - \beta_2} \dots\dots\dots (v)$$

となる。 ω_2 が ω_1 に近づき、これらの関係が他の複数の波にもいえるとき、その速度を□(ク)速度という。

一次パラメータと二次パラメータの間において、 α は次の関係式が成立する。

$$\alpha = \sqrt{\frac{\sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} - (\omega^2 LC - RG)}{2}} \dots\dots\dots (vi)$$

(vi)式の α は、周波数によって変化し、音声周波程度の低い周波数の場合、 $R \gg \square(ケ)$ 、 $\square(コ) \gg \square(ウ)$ として、 α の近似式は、

$$\alpha \doteq \sqrt{\frac{\boxed{\text{(サ)}}}{2}} \times \left\{ 1 - \frac{1}{2} \left[\frac{\boxed{\text{(ケ)}}}{R} - \frac{\boxed{\text{(ウ)}}}{\boxed{\text{(コ)}}} \right] \right\} \dots\dots\dots \text{(vii)}$$

で表される。

(2) 一様な線路のひずみを最小にする条件等について、次の問いに答えよ。

(i) 一次定数を用いて関係式を示せ。

(ii) 減衰量を少なくする対策として、線路設備に一般的に使用されてきたものの名称を記せ。

(3) 線路長 L の線路の受端を開放した状態で、送端で信号源の周波数を変化させて入力インピーダンスを測定したところ、周波数 400 [kHz] での入力インピーダンスは、無限大となった。次に、信号源の周波数を少しずつ上げていったとき、周波数が 600 [kHz] で入力インピーダンスが零となった。

この場合の線路長 L を求めよ。ただし、受端から距離 L の点において受端側を見たインピーダンス Z_L 及び、伝搬定数 γ は、次式で与えられるものとする。

$$Z_L = Z_0 \frac{Z_r + Z_0 \tanh \gamma L}{Z_0 + Z_r \tanh \gamma L} \dots\dots\dots \text{(i)}$$

$$\gamma = j \frac{\omega}{v} \dots\dots\dots \text{(ii)}$$

ただし、

Z_0 : 線路の特性インピーダンス

Z_r : 負荷のインピーダンス

ω : 信号波の角周波数

v : 線路上の伝搬速度 ($v = 3 \times 10^8$ [m/s])

$$\coth j \gamma = -j \cot \gamma$$

とする。

問2 次の問いに答えよ。

- (1) 次の文章は、光ファイバの分散と伝送帯域の概要について述べたものである。□内に最も適した語句を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ語句を示す。

光ファイバの分散を大別するとモード分散と、□(ア)分散に分けられる。

モード分散は、□(イ)光ファイバにおいて、入射された光パルスの各モードの伝搬経路が異なるため、モードによって出射端への□(ウ)が違うことによって生ずる。このモード分散により伝送帯域が制限される。その欠点を改善するためにコアの屈折率分布を放物線状としている□(エ)光ファイバでも限界がある。したがって、広帯域な特性を必要とする大容量伝送方式では、モード分散がない□(オ)光ファイバが使用されている。

□(ア)分散は、入射される光パルスの波長が単一ではないために生ずるもので、□(カ)分散と□(キ)分散に分けられる。そのうち□(カ)分散は、モード分散と同じように帯域を制限する要因となるもので、伝送媒体の□(カ)の屈折率が波長に依存することから起こるものである。

□(キ)分散は、コアとクラッドの屈折率差が小さい場合、その境界面でクラッド部分へしみ出すように反射が起こることによって発生する。その割合は波長が□(ク)なるほど大きくなり、また、それにより□(ケ)径も大きくなっていき、結果的に伝搬経路長が長くなる。

伝送帯域は定量的には、光ファイバの□(コ)周波数特性における□(サ)帯域幅という表現で示される。

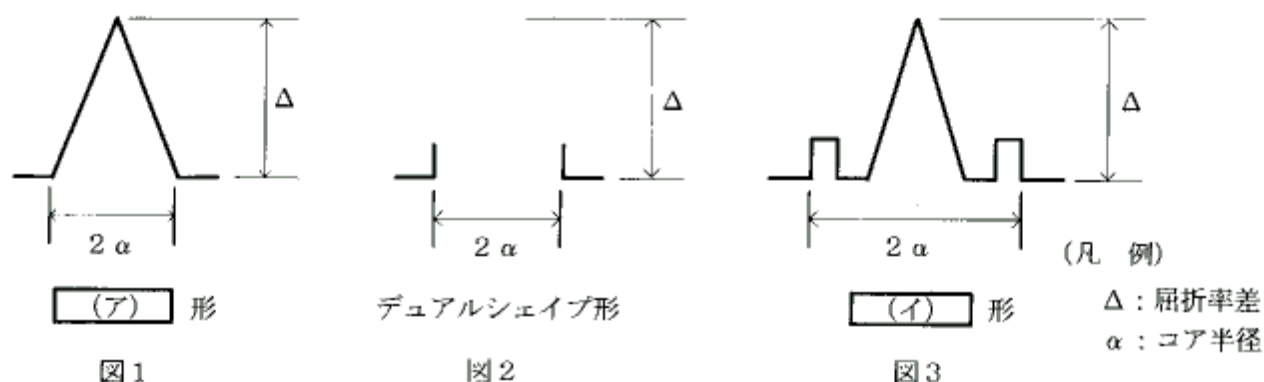
□(コ)周波数特性は、光ファイバ伝送路における正弦波の入力変調電気信号と、出力の復調電気信号の振幅比の周波数特性で表される。

□(サ)帯域幅とは、光が1[km]伝送した後での復調電気信号の振幅値が入力変調電気信号の振幅値に対し、数値的に□(シ)となる周波数までの範囲をいい、単位としてはMHz・kmが用いられている。

- (2) 図1～図3に示すシングルモード光ファイバの $1.55\mu\text{m}$ 零分散シフトファイバにおける屈折率分布について、次の問いに答えよ。

- (i) 図1及び図3の□内の(ア)及び(イ)に最も適した語句を記せ。

- (ii) 図2の、デュアルシェイプ形の屈折率分布図を完成し、図示せよ。



(3) シングルモード形光ファイバについて、次の問いに答えよ。

(i) 光ファイバがシングルモード形になるための条件について、規格化周波数とコア径の観点から簡潔に説明せよ。

(ii) S I 形光ファイバをシングルモード形光ファイバとして用いるための条件について、使用する波長の観点から簡潔に説明せよ。

問3 次の問いに答えよ。

(1) 次の文章は、光ファイバケーブルの構造について述べたものである。□内に最も適した語句を、下記の語群から選び、その番号を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ語句を示す。

光ファイバケーブルの構造設計においては、光ファイバの損失変化が少なく、破断など機械的な損傷を防いで寿命を保証できることが必要である。

線引きされたままの光ファイバ素線は、傷などにより脆性破壊を起こしやすいため、1次及び2次の被覆を施す。この被覆材料としては、□(ア)が使用されている。さらに、□(イ)に耐えるよう1次被覆と2次被覆の間に□(ウ)を設けている。

また、多心形の光ファイバ心線は、複数の単心の光ファイバ心線を□(エ)状に並べて一体化しているため一括して接続が可能であり、ケーブル内に□(オ)に心線を収容することができる。

光ファイバケーブルの構造には、単心の光ファイバ心線を収容する場合に用いる□(カ)形構造、□(キ)形構造、そして、多心形の光ファイバを収容する場合に用いる□(ク)構造がある。いずれのケーブル構造においても、布設時に光ファイバが破断しないようケーブルの□(ケ)を極力抑えるため、□(コ)を設けている。

□(カ)形構造は、単心の光ファイバ心線を用いたケーブルに多く用いられ、□(コ)の周りに光ファイバを並べている。また、□(キ)形構造は、数本の光ファイバを集合した光ファイバ□(キ)を□(コ)の周りに必要数集合した構造である。

ケーブル外被は、メタリックケーブルと同様に□(サ)などのプラスチック材料が使用される。また、ガス保守をしない光ファイバケーブルでは、従来はケーブル内にジェリーを充填していたが、最近では□(シ)を用いて浸水の拡大を防止する構造のケーブルも用いられている。

(語群)

- | | | | |
|----------|----------|-------|-----------|
| ① 層撚り | ② 対撚り | ③ 側圧 | ④ ポリエステル |
| ⑤ 同心円 | ⑥ 水圧 | ⑦ 高精度 | ⑧ 縮み |
| ⑨ 緩衝層 | ⑩ 抗張力体 | ⑪ 吸水材 | ⑫ スロットロッド |
| ⑬ アルミシース | ⑭ エポキシ樹脂 | ⑮ 伸び | ⑯ 高密度 |
| ⑰ テープ | ⑱ ユニット | ⑲ パイプ | ⑳ 混和物 |
| ㉑ ポリエチレン | ㉒ 中間層 | ㉓ 介在対 | ㉔ UV樹脂 |

- (2) 次の文章は、光ファイバの製造方法であるVAD法について述べたものである。□内に最も適した語句を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ語句を示す。

VAD法は、回転している石英棒の下方から□(ア)炎とともに光ファイバの原料となる□(イ)Cl₄、ドーパントにGeCl₄などを気相としてキャリアガスO₂とともに吹き付け、□(ウ)分解を起こさせる。

これにより、石英棒の下方に円形棒状で白墨状の□(エ)母材ができる。石英棒を回転させながら上方に引き上げ、□(オ)することにより、□(カ)、焼結され、□(エ)母材は透明ガラス化して□(キ)ができる。これを線引きすることにより、光ファイバが出来上がる。

- (3) 光ファイバの接続に用いられるメカニカルスプライス技術について、次の問いに答えよ。

(i) どのような接続方式であるか、簡潔に記せ。

(ii) 融着接続と比較して接続作業性において優れている利点を二つ挙げ、それぞれ簡潔に記せ。

問4 次の問いに答えよ。

- (1) 次の文章は、メタリックケーブルの接続について述べたものである。□内に最も適した語句を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ語句を示す。

メタリックケーブルの心線接続では、接続部の電気的特性が良好なこと、作業が容易であり短時間で実施できることなどが要求される。

心線接続方式としては、導体を手で捻り合わせる□(ア)接続及び□(ア)接続のうえに□(イ)をあげる方法、導体をアークなどにより溶接する方法、導体をコネクタなどを用いて□(ウ)する方法がある。

□(ア)接続は、高い熟練を要するとともに、導体間の微細な間げきに□(エ)皮膜を生じ、振動により□(オ)が発生するなどの欠点がある。

一方、コネクタ接続は、電気的、機械的に安定した接続が可能であり、作業者の技能にも左右されないことから、現在、広く用いられている。地下ケーブルでは、□(カ)コネクタと自動心線接続機による接続方式が用いられてきたが、現在では無瞬断切替えが可能な□(キ)コネクタが主に使用されている。架空ケーブルでは、CCPケーブル心線と加入者引込みの際に用いる□(ク)のリード線を接続するCCPコネクタが使用されていたが、現在では地下ケーブルと同様に□(キ)コネクタが広く用いられている。

外被接続では、強固で長期にわたって安定であること、再接続が容易であることなどが要求される。外被接続方式としては、一般的に行なわれていたトーチランプ等で外被及び接続□(ケ)を溶接させ一体化する□(コ)法と、全く熱源を用いない□(サ)法がある。

現在では、作業性・安全性などに優れた□(サ)法が主に使用され、架空区間では、心線接続や引込線の接続作業を容易にするため、ふたの開閉が自由に行える接続端子函つぎが用いられ

る。地下区間では、各部をボルト、ねじによって締結する方式で、機密性・作業性等に優れた
〔シ〕が用いられる。

- (2) 次の文章は、架空丸形CCPケーブルの劣化防止対策等について述べたものである。
〔 〕内に最も適した語句を、下記の語群から選び、その番号を記せ。ただし、〔 〕
内の同じ記号は、同じ語句を示す。

架空ケーブルは自然現象の影響を直接受けることから、様々な環境劣化防止対策が採られて
いる。

温度変化による影響としては、ケーブル接続部の破損、心線移動などが挙げられる。ケーブ
ル接続部の破損対策としては、工法により接続部の引張圧縮強度を考慮するとともに、接続部
近傍に〔ア〕を取り、伸縮の影響を吸収する方法が採られている。

心線移動は、直射日光の加熱により外被材料である〔イ〕が伸縮するため発生するもの
で、接続端子^{かん}内に心線が両側のシース内から突き出してきたり、シースが接続端子^{かん}の固定
金具から外れて心線が露出したりすることがある。この現象に対するケーブル構造上の対策と
しては、ケーブル心と外被間の摩擦力を大きくする方法や〔イ〕シースを〔ウ〕シ
ース化する方法が採られている。

日光の影響による劣化としては、外被が〔エ〕を吸収して酸化反応を生じて劣化する場
合や、〔オ〕による劣化がある。これら劣化対策としてケーブル外被には、安定剤や遮光
のための〔カ〕を配合している。

さらに、〔イ〕は水蒸気やその他の気体が透過する性質があるために、ケーブル内に湿
気が累積し〔キ〕低下による障害が発生する。この対策としても〔ウ〕シース化は有
効である。

(語 群)

- | | | | |
|------------|--------|-----------|---------|
| ① 塩害 | ② 熱 | ③ 誘導 | ④ スラック |
| ⑤ カーボンブラック | ⑥ PVC | ⑦ 有機りん化合物 | ⑧ ラミネート |
| ⑨ 絶縁 | ⑩ 紫外線 | ⑪ ポリエチレン | ⑫ 赤外線 |
| ⑬ スタルベス | ⑭ ユニット | | |

- (3) メタリックケーブルのカッドが崩れた場合の伝送上の影響について、④発生する現象と、⑤そ
の現象が発生する主な原因を二つ挙げ、それぞれ簡潔に記せ。

問5 次の問いに答えよ。

(1) 次の文章は、平衡対ケーブルの故障位置測定方法の種類と原理について述べたものである。

□□□□ 内に最も適した語句を下記の語群から選び、その番号を記せ。ただし、□□□□ 内の同じ記号は、同じ語句を示す。

通信ケーブルは、地下埋設方式、管路方式及び架空方式で布設されており、ケーブルが故障になると故障点を見つけるのが難しい。

絶縁材料に、プラスチック等を使用しているケーブルは、浸水してもすぐに回線故障とはなりにくい。浸水故障になったことに気づくまでに時間がかかる場合が多い。乾紙等を使用しているケーブルの場合には、絶縁材料の乾紙は水を含むと膨張し、□□□□ (ア) 現象によるケーブル内の浸水区間の拡大は進行速度は遅いが、回線故障を引き起こし、短時間で全回線に影響する可能性がある。

このような平衡対ケーブルの故障位置の測定法として使用されている一般的で、かつ、測定器の取扱いの簡単な □□□□ (イ) 法は、ケーブルの □□□□ (ウ) 不良や混線故障等のときに使用される方法である。

□□□□ (イ) 法には、□□□□ (エ) 回路の原理を応用したマーレー法、□□□□ (オ) 法、□□□□ (カ) 法などがある。

マーレー法は、故障地点が比較的 □□□□ (キ) 距離の場合に適しており、測定条件は、測定するケーブルの不良心線と同じ長さで同線種の良心線を □□□□ (ク) 本確保して測定することである。測定原理は、測定しようとするケーブルの終端を □□□□ (ケ) して □□□□ (エ) 回路を作り、比例辺ダイヤルを □□□□ (コ) にしておき、抵抗辺ダイヤルを □□□□ (サ) させて平衡を求め、良心線の抵抗値から換算して、故障地点までの距離を算出する。

□□□□ (オ) 法は、故障地点が比較的遠い距離の場合に適しており、測定の原理は、ほぼマーレー法と同様である。

□□□□ (カ) 法は、同一ケーブル内の良心線が □□□□ (ウ) 不良故障等で良心線が確保できない場合に、別ルートのケーブル良心線又は別に布設した良心線を用いて測定する方法である。測定原理はマーレー法と同様である。

(語群)

- | | | | |
|--------|--------|-----------|-------|
| ① 交流抵抗 | ② 毛細管 | ③ フィッシャー | ④ 一部 |
| ⑤ 開放 | ⑥ 近い | ⑦ バレッタ | ⑧ 導体 |
| ⑨ パーレー | ⑩ 人工 | ⑪ インピーダンス | ⑫ 200 |
| ⑬ 直流抵抗 | ⑭ 遠い | ⑮ 100 | ⑯ 一定 |
| ⑰ 速く | ⑱ ブリッジ | ⑲ 中間 | ⑳ 天然 |
| ㉑ 絶縁 | ㉒ 短絡 | ㉓ 1 | ㉔ 変化 |

(2) 次の文章は、平衡対ケーブルの浸水障害測定器の原理について述べたものである。□□□□ 内に最も適した語句を記せ。ただし、□□□□ 内の同じ記号は、同じ語句を示す。

浸水位置、浸水長の測定には、測定器から被測定ケーブルに信号を送り、故障点からの信号を受信して、故障位置をディスプレイで直読する浸水障害測定器による方法がある。

測定端子に被測定ケーブルを接続し、平衡回路を調整して被測定ケーブルとの整合をとれば
 (ア) 回路の midpoint には、不平衡による信号は現れない。しかし、被測定ケーブルの途中に
 (イ) の不連続な箇所があれば、送出した信号はその点で (ウ) され、その一部又は
 全部の信号が測定端子に戻る。この信号は (ア) 回路の midpoint に現れるのでディスプレイ上
 に (ウ) 波として現れ、不良箇所を観測することができる。

比較的短かい浸水区間が1箇所ある浸水ケーブルを測定した場合、ディスプレイに観測される
 波形は、図1に示す波形でA図、B図及びC図のうち、(エ) 図である。

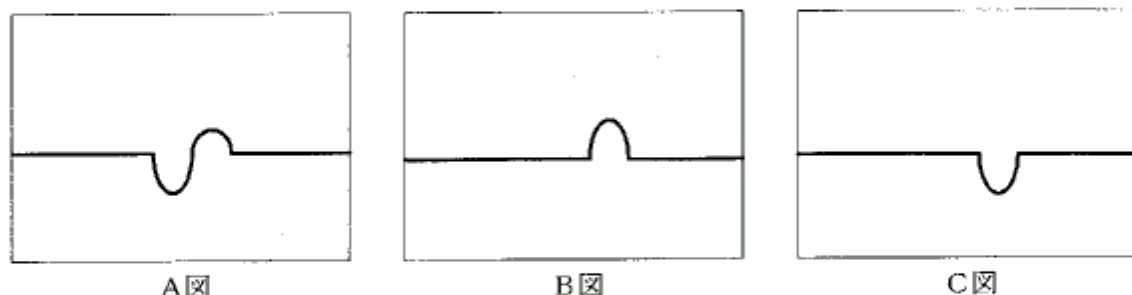


図1 ディスプレイに観測された波形

(注) 縦軸：波形の大きさ
 横軸：ケーブル長

(3) マーレー法による地気故障の故障位置測定方法について、次の問いに答えよ。

(i) 故障心線やその他の必要なものを図2を参照して、測定図を完成し図示せよ。ただし、測定
 端からケーブルの終端までの距離をLとし、故障心線をX₂側に接続し、X₂点から故障位置
 までの距離をXとする。

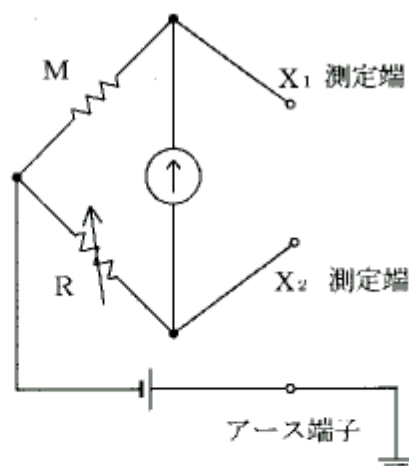


図2

(ii) 良心線の測定端からケーブル終端までの長さをLとし、その抵抗値をA[Ω]、比例辺の抵抗
 値をM[Ω]、検流計が平衡したときの可変抵抗の値をR[Ω]とした場合、測定端から故障位置
 までの距離Xの抵抗値B[Ω]を求める式を記せ。

(iii) 上記(ii)において、比例辺の抵抗値Mが900[Ω]、良心線の抵抗値Aが216[Ω]のとき、
 可変抵抗の値Rを100[Ω]にすると検流計の平衡がとれた。このとき、測定端から故障位置
 までの距離X(km)を算出過程を示して求めよ。なお、ケーブル心線1[km]当たりの導体抵抗
 値は54[Ω]とする。

問6 次の問いに答えよ。

- (1) 次の文章は、地下光ファイバケーブルの設計、建設について述べたものである。□内に最も適した語句を、下記の語群から選び、その番号を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ語句を示す。

光ファイバケーブルの地下線路設計に当たっては、布設ルート、布設するケーブルの種類及び接続点の位置を決定する必要がある。

布設ルートとケーブルの心線数は、将来予測される□(ア)と適用する配線法によって決める。配線法には、メタリックケーブルでも用いられる□(イ)のほか、信頼性や心線融通性の高い□(ウ)がある。

光ファイバケーブルの接続点の間隔を決定する□(エ)は、許容される□(オ)を考慮し、なるべく長尺で布設ができるように行う。そのため、布設区間における□(カ)を実施し、ケーブルの□(キ)の範囲以内で最適な□(ク)を行う。光ファイバ接続の方法としては、融着接続だけでなく、接続の容易性から□(ク)付きのケーブルを使用することもある。

光ファイバケーブルの布設方法には、布設距離や布設環境によって様々な方法が用いられている。一般的には、先端けん引方式が多く使用されるが、長尺布設を行う場合には、□(ケ)を中間のマンホールに設置する□(コ)が使用される。布設時における留意点は、ケーブルの□(キ)だけでなく、屈曲点においては□(サ)を確保して工事を行うことなどが必要である。

(語群)

- | | | |
|-----------------|----------|------------|
| ① 許容張力 | ② 損失値 | ③ 分散けん引方式 |
| ④ シャフトドライブウィンチ | ⑤ 許容曲率半径 | ⑥ 破断張力 |
| ⑦ クロージャ数 | ⑧ MTコネクタ | ⑨ SCコネクタ |
| ⑩ 損失予測計算 | ⑪ スター配線法 | ⑫ 8の字けん引方式 |
| ⑬ ケーブル巻き合わせ | ⑭ マルチ配線法 | ⑮ 需要数 |
| ⑯ き線ケーブル配線法 | ⑰ ループ配線法 | ⑱ 交角 |
| ⑲ ケーブルピース割り | ⑳ 張力予測計算 | ㉑ 曲げ損失 |
| ㉒ 光ファイバケーブルけん引機 | | |

- (2) 次ページの図に示すように既設の埋設管を下越ししている管路がある。この管路に光ファイバケーブルを布設する場合、A点における張力が1,000[N]のとき、㉓AC間の交角、及び㉔B点における張力を小数点以下を四捨五入して求めよ。ただし、AB間の管路長Lは12[m]、AB間の水平距離ℓは10[m]、AB間の埋設深さの差sは2[m]、摩擦係数は0.5、ケーブル質量は0.3[kg/m]とし、張力増加率及び $\tan^{-1}(X)$ の値は、表1及び表2による。

また、平面上では屈曲部等がなく直線管路とし、AC間とCB間の曲率半径は等しく、埋設深さの差による重力の影響は考慮しないものとする。

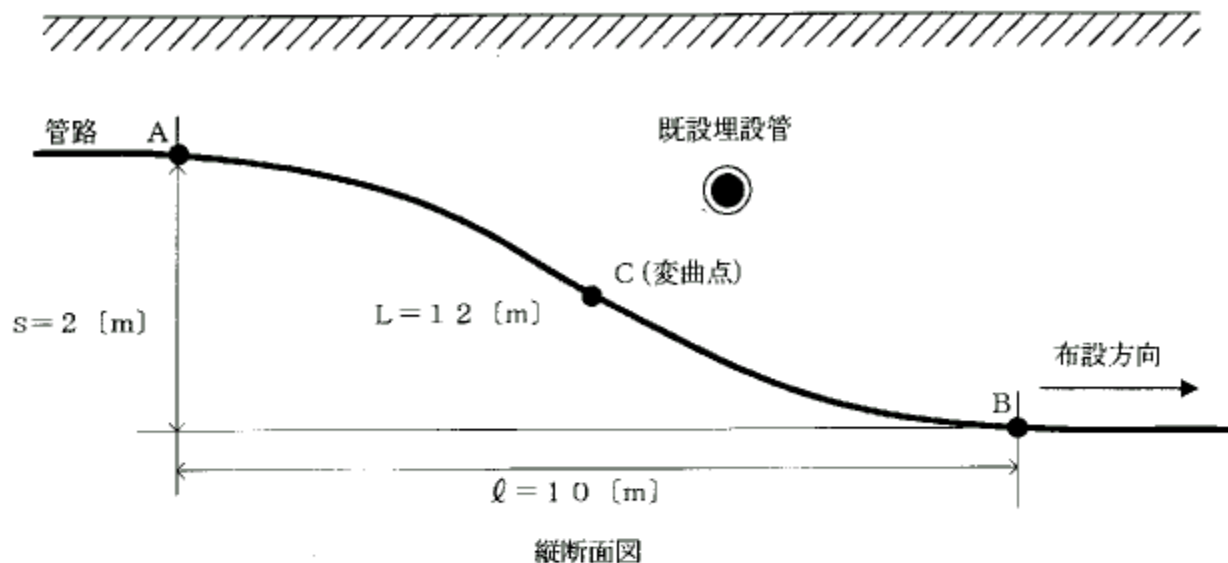


表1 張力増加率

交角(度)	張力増加率
6 ~ 10	1.10
11 ~ 16	1.15
17 ~ 20	1.20
21 ~ 25	1.25
26 ~ 30	1.30

表2 $\tan^{-1}(X)$

X	$\tan^{-1}(X)$ [度]
0.1	5.7
0.2	11.3
0.3	16.7

- (3) 光ファイバケーブルをけん引する場合に使用するロープの特性に対して、求められる必要条件を二つ、それぞれ簡潔に記せ。