

試験種別	試験科目
線路主任技術者	線路設備及び設備管理

問1 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、アクセスネットワークにおける誘導とその対策の概要について述べたものである。  
 内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、  
 内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

通信線が受ける誘導には、静電誘導と電磁誘導によるものの2種類がある。強電線の高電圧のために、その付近に強い電界が生ずる結果、通信線に電圧を誘起する現象を静電誘導といい、強電線の電流によってその付近に磁界が生ずる結果、通信線に電圧を誘起する現象は、電磁誘導といわれる。

誘導妨害は、人体、機器に対する危険又は絶縁破壊や焼損、機器の誤動作、 (ア) の劣化の三つに大別することができる。また、誘導電圧・電流は、平常運転時と異常時(事故時)とで大きさが著しく異なるため、平常時及び異常時の各々について許容値を定める必要がある。

誘導妨害の発生源としては、送電線及び交流電気鉄道などがあり、架空送電線においては、 (イ) 故障が発生すると数千~1万[A]を超える  (イ) 電流が流れる。

この  (イ) 電流は、送電線の  (イ) 点から大地に流れ込み、地下数百~千数百[m]の深さを通り、変電所の接地へ戻ってくる。このループと通信線と大地が作るループが、トランスの巻き線と同じ働きをして  (ウ) することにより、通信線に誘導電圧が発生する。この誘導電圧は、起誘導電流が大きいほど大きくなる。また、送電線の場合は、電圧が高いため、電磁誘導のほかに静電誘導の原因にもなるが、静電誘導は、 (エ) 付きのケーブルを用いることなどで容易に対策を行えるため、一般的な誘導対策とは、電磁誘導対策のことを指している。

<(ア)~(エ)の解答群>

事故	PE外被	圧電結合	線間容量
支持線	伝送品質	開放	金属遮へい層
漏話特性	静電結合	伝送損失	地絡
電磁結合	緩衝層		

(2) 次の文章は、光ファイバ通信システムについて述べたものである。□内の(オ)~(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。(3点×4=12点)

( ) 光線形中継器について述べた次の文章のうち、正しいものは、□(オ)である。

<(オ)の解答群>

光線形中継器は、受信した光パルスを変換し増幅するとともに、ひずんだパルス波形を整形する機能を有する。

光線形中継器は、雑音を含まないデジタル信号を再生するため、中継器の受信SN比を適正に設定することにより、雑音などによる符号誤り率を極めて低くすることができる。

光線形中継器は、伝送路で生じたひずみや雑音が累積するという欠点があるが、中継器内で使用する能動素子数が少ないという利点がある。

光線形中継器は、等化増幅(Reshaping)、識別再生(Regenerating)、リタイミング(Retiming)の3R機能といわれる三つの機能を有する。

( ) 光ファイバ通信における雑音について述べた次の文章のうち、正しいものは、□(カ)である。

<(カ)の解答群>

熱雑音は、主として電子回路部品の能動素子で自由電子などのキャリアが熱エネルギーによって、ランダムな運動を行うことにより発生する。

ショット雑音は、発光素子において、電子が不規則に放出されるために生ずる発光電流のゆらぎのことであり、光パルスを送信したときのみ発生する。

モード分配雑音は、光ファイバのモード分散と発光素子のスペクトルの時間的変動により発生するもので、伝送速度と中継距離の長さに比例する。

暗電流雑音は、受光信号があるときにのみ、受光素子の中に流れる暗電流により発生する。

( ) 光ファイバ通信システムの設計の基本となる要求条件について述べた次の文章のうち、誤っているものは、□(キ)である。

<(キ)の解答群>

光ファイバ通信システムで使用する波長を決める要因として、光ファイバの損失、分散特性、光増幅器の増幅利得帯域特性などがある。

発光素子の選定に当たっての基本的な設計要因として、変調特性の直線性、スペクトル幅、出力パワー、周波数応答速度などがある。

受光素子の選定に当たっての基本的な設計要因として、復調特性の直線性、チャープ特性、受光感度、周波数応答速度などがある。

光ファイバを選定する際には、伝送速度、伝送距離、中継伝送の場合には中継伝送距離、システムマージンなどの伝送システムの要求条件を考慮する必要がある。

( ) 光合波・分波器について述べた文章のうち、誤っているものは、 である。

<(ク)の解答群>

光合波・分波器を用いたシステムの利点は、1本の光ファイバで双方向伝送が可能で、伝送容量の増大が可能、システムの増設が容易なことなどが挙げられる。

光合波・分波器の一般的な要求条件としては、低い挿入損失、目的外波長に対する高い減衰量、適用波長範囲が広いことなどが挙げられる。

ファイバグレーティング形の分波器は、分波波長の温度依存性が低く安定であり、ファイバ形のため低損失という利点があるが、1波ずつの分波しかできないなどの欠点がある。

誘電体多層膜形の光合波・分波器は、誘電体多層膜フィルタの光透過率が波長により異なることを利用したもので、分波可能な波長数の制約がなく、狭い波長間隔でも容易に分波することが可能である。

問2 次の問いに答えよ。

(小計20点)

(1) 次の文章は、線路設備の保守、点検などについて述べたものである。 内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。(2点×4=8点)

線路設備は、ほとんどが屋外に設置されており、保守、点検などの作業は、屋外で行われる。このため、他の部門と比較して危険を伴う作業が多く、特別の注意が必要となる。

線路設備の点検作業を行う際に重要な事項として、マンホールなどの地下設備へ入るための酸素・硫化水素濃度の測定がある。酸素濃度は、硫化水素はより高くなると人体に悪影響を与えるため、十分に換気し、酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者の指導のもと、酸素・硫化水素濃度の測定を行って、安全を確認したのちマンホール内などで保守点検作業を行う。

また、電柱などにおける高所作業となる保守点検作業は、ヘルメット、安全帯着用が必要であり、高所作業車を使用するには、作業床以上にあつては、高所作業車運転特別教育、作業床以上にあつては高所作業車運転技能講習を受ける必要がある。

<(ア)~(エ)の解答群>

1.2 [m]	2.1 (%) 以上	1.0 [m]	5.0 [ppm]
0.1 [m]	1.0 [ppm]	2.1 (%) 未満	2 [m]
1.8 (%) 以上	2.5 [m]	2.0 [ppm]	1.5 [m]
5 [m]	1.0.0 [ppm]	1.8 (%) 未満	0.8 [m]

(2) 次の文章は、線路設備の保守、点検などについて述べたものである。  内の(オ)～(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。(3点×4=12点)

( ) 保守に使用するOTDRについて述べた次の文章のうち、正しいものは、  (オ) である。

<(オ)の解答群>

B-OTDRによるひずみ測定では、光ファイバへ測定光を入射し、光ファイバのひずみによる光ファイバ素材固有の周波数のブリルアン散乱光を、後方散乱光として測定することにより行われる。

OTDRによる光損失測定では、光ファイバへ測定光を入射し、後方散乱光としてラマン散乱光を、破断点までの距離測定では、フレネル反射光を測定する。

OTDRによる接続点損失測定では、光ファイバの両端からの接続点損失を測定し、損失値の大きい方を損失値とする。

OTDRとB-OTDRの測定による測定点までの距離は、光ファイバへ測定光を入射し、入射端へ戻るまでの往復伝搬時間に光速度を掛けて算出する。

( ) 雷サージについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、  (カ) である。

<(カ)の解答群>

雷害対策の基本の一つとして、複数埋設されている接地線の共通化や装置間の接地端子を接続することで、雷サージ侵入時の通信装置や設備間に発生する電位差を低減することが挙げられる。

誘導雷サージとは、落雷による静電誘導現象により、通信線、支持線、テンションメンバなどのメタル部分に電流が発生することである。

直撃雷サージとは、ケーブルや建物に雷が直撃して、落雷電流の一部又は全部が通信線や電力線へ流れることである。

雷サージの予防には、バイパスアスタによる雷サージのバイパスや、絶縁トランスの挿入により直接電流が通信機器へ流れないようにすることが有効である。

( ) 加入者線を利用したADSLの雑音障害などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、  (キ) である。

<(キ)の解答群>

同一ケーブルにISDN回線が収容されている場合、ISDNのバースト信号の影響を受け、遠端漏話雑音が近端漏話雑音より大きく影響する。

ADSL回線の速度低下の要因として、通信センタからの距離、ケーブル内のカッド崩れ、ブリッジタップなどが挙げられる。

ADSL回線の雑音要因の一つに、中波のラジオ放送電波の通信ケーブルへの侵入が挙げられる。

ADSL回線へ支障を及ぼす要因として、自動検針システムなどの通信回線を利用したサービスが挙げられる。

( ) 線路設備の劣化や腐食について述べた次の文章のうち、正しいものは、 (ク)  である。

<(ク)の解答群>

金属部分に生ずる錆は、乾燥部分及び湿潤部分と乾燥部分の境目に生じやすく、水などによりイオン化される際に発生する微弱電流が原因である。

コンクリート柱は、一般にひび割れは、ほとんど発生しないが、コンクリート内部へ浸入した水が、鉄筋を腐食し鉄筋が収縮して、コンクリートに細かい亀甲状のひび割れが生ずることがある。

ケーブルシースに使用されているポリエチレンは、太陽光線による紫外線硬化で劣化しやすいため、黒色のカーボンを添加して、紫外線を反射している。

マンホールやとう道のコンクリート部分のひび割れから地中水が漏出し、コンクリート成分の水酸化カルシウムが溶け出して空気と反応することで、つらら状に垂れ下がる可能性がある。この場合、コンクリートが中性化し、鉄筋の腐食が起りやすくなる可能性がある。

問3 次の問いに答えよ。

(小計20点)

(1) 次の文章は、ケーブル外被に使用されているポリエチレンの環境応力亀裂について述べたものである。 内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、 内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

金属には、応力腐食といわれる現象があるが、ポリエチレンにも応力と環境媒質との相互作用により劣化が生ずる。

ポリエチレンは、応力(ひずみ)を加えた状態で、アセトン、アルコール、石鹼水などの極性の強い液又はグリース中に浸されていると亀裂を生ずる性質がある。この現象は、環境応力亀裂(ESC:Environmental Stress Cracking)といわれ、アセトン、アルコールなどの物質の (ア)  によってポリエチレン分子の (イ)  が破られて発生する。ポリエチレンに加えられるひずみと環境応力亀裂の関係については、ひずみが小さ過ぎても、また、大き過ぎても環境応力亀裂は発生せず、その中間の大きさで発生するといわれる。

環境応力亀裂を防ぐ方法には次の対策がある。ケーブル外被の材料として、 (ウ)  ポリエチレンを使用したケーブルを用いる。ケーブル布設の施工時は、ケーブル外被に不要な外力を加えることによる外被の (エ)  を生じさせないようにする。万一、 (エ)  が生ずる場合は、その部分のケーブル外被のひずみを除去することが必要である。また、ケーブル布設時には、事前に管路清掃を行いケーブルに傷がつかないようにする必要がある。

<(ア)~(エ)の解答群>

膨張圧力	抵抗力	余長	発泡
結合力	接着	分子量の少ない	吸収力
充てん	反発力	分子量の多い	ピンホール
絶縁破壊	座屈	クリーピング	

(2) 次の文章は、光ファイバの信頼度などについて述べたものである。□内の(オ)~(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。(3点×4=12点)

( ) 石英ガラスファイバの破断等について述べた次のA~Cの文章は、□(オ)。

- A 光ファイバは、製造過程でファイバ全長にわたって確率的に傷が発生するおそれがあり、強度低下の原因となる。
- B スクリーニング試験とは、光ファイバ全長に張力を加えて、傷のため弱い部分をあらかじめ切断することにより除去し、強度を保証するために行われる。
- C 光ファイバ心線の曲げに対する強度は、心線の傷の有無や、曲げたまま置かれている時間により異なるが、過度の曲げを加えることにより、破断することがある。

<(オ)の解答群>

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |

( ) 光ファイバの損失について述べた次の文章のうち、正しいものは、□(カ)である。

<(カ)の解答群>

光損失は、光ファイバの中を光信号が伝搬するときの減衰量を表し、光ファイバに入射した光のパワーと他端から出射する光のパワー比を対数値で示したものである。

光ファイバの材料固有の損失には、レイリー散乱損失、構造の不均一性による散乱損失、マイクロベンディングロス等がある。

ケーブル化され通信システムに組み入れたことにより付加される損失には、曲げによる放射損失、吸収損失、接続損失、結合損失等がある。

水素イオンの影響により、0.94[μm]、1.24[μm]、1.38[μm]で吸収損失のピークがあり、それらの谷間の波長が光ファイバ通信に活用されている。

( ) 光ファイバの基本パラメータ等について述べた次の文章のうち、正しいものは、□(キ)である。

<(キ)の解答群>

コア半径を小さくすることにより、単一の伝搬モード状態の光ファイバは、SM形光ファイバといわれる。

カットオフ波長よりも短い波長の光に対しては、その光ファイバはSM形となり、カットオフ波長より長い波長の光に対してはMM形となる。

モードフィールド径とは、光ファイバへの光の入射条件を測定し、光の強度が最大値の1/e<sup>2</sup>になる箇所の直径であり、SM形光ファイバに適用される。

開口数(NA)とは光ファイバ内の光の強度分布を表すものであり、NAが小さい光ファイバは、光源に非常に狭いビームを放射するものが必要で、LD等が用いられる。

( ) 符号誤り率測定について述べた次の A ~ C の文章は、。

- A 光ファイバ通信システム全体の特性把握をするために、一般に、符号誤り率測定による評価が行われる。
- B 符号誤り率測定器では、一般に、パルス発生器の出力信号のパターンと同一のパルスパターンを内部に持ってあり、これを光ファイバ通信システムからの入力信号パターンと照合することで符号誤りを確認する。
- C 建設時においては、一般に、システム全体の耐久特性として、可変減衰器などにより光装置からの出力パワーを減衰させ、受光パワーと符号誤り率の関係を把握する。

<(ク)の解答群>

Aのみ正しい	Bのみ正しい	Cのみ正しい
A、Bが正しい	A、Cが正しい	B、Cが正しい
A、B、Cいずれも正しい	A、B、Cいずれも正しくない	

問4 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、システムの保全について述べたものである。内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

システムの信頼度は時間とともに低下し、故障率は老朽化とともに上昇する。修理可能なシステムでは、保全を行い、運用中でのシステムの故障を未然に防止し、運用可能な状態を維持する。保全には、ユニットの寿命分布や故障率パターンの情報を基に、時間的保全を行う時間計画保全と、ユニットの寿命分布などの情報が得にくく、ランダム故障など統計的な方法が適用できないシステムにおける故障徴候をモニタして、必要ならば対策を行う保全とに区別される。

この区別は排反的でなく、定期的な保全も当然あるため、保全を上手に運用することができれば、理論的にもを無限大にすることが可能である。

一方で、故障発生後にシステムを動作可能な状態に回復させるために行うものを保全という。

<(ア)~(エ)の解答群>

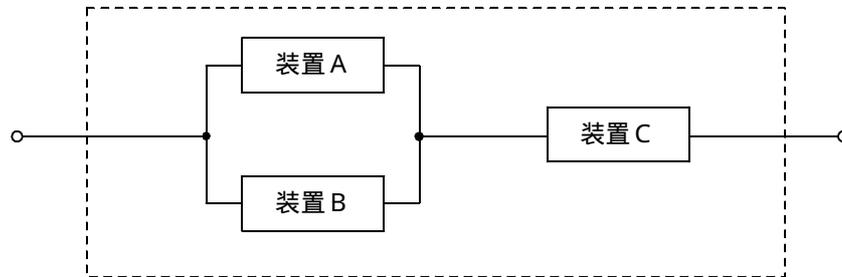
MTTR	MTTF	L T F R	MTBF
起 動	待 機	故障診断	予 防
状態監視	遅 延	事 後	偶 発
周 期	経 時		

- (2) 次の文章は、あるシステムの信頼性について述べたものである。  内の(オ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、このシステムは偶発故障期間にあるものとする。なお、必要に応じ下表の数値を用いることとし、 $e$  は自然対数の底とする。また、答えは有効数字3けたとする。 (3点)

$e^{-0.001} = 0.999$	$e^{-0.05} = 0.951$
$e^{-0.08} = 0.923$	$e^{-0.1} = 0.905$
$e^{-0.999} = 0.368$	$e^{-1.0} = 0.368$

図に示すシステムが200〔時間〕正常に機能するように規定されている場合、システム全体の信頼度は、  (オ) となる。なお、装置A～装置CのMTBFは、下記の条件とする。

条件 装置AのMTBF = 2,000〔時間〕  
 装置BのMTBF = 2,500〔時間〕  
 装置CのMTBF = 4,000〔時間〕



<(オ)の解答群>

0.794      0.869      0.944      0.999

- (3) 次の文章は、あるシステムの信頼性について述べたものである。  内の(カ)～(ク)に最も適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。ただし、この装置は、偶発故障期間にあるものとする。 (3点×3 = 9点)

( ) 削除

- ( ) 装置Eの故障率が0.2〔%/時間〕であるとき、アベイラビリティが98.0〔%〕であるためにはMTTRは、  (キ) 〔時間〕でなければならない。ただし、答えは、四捨五入により小数第2位までとする。

<(キ)の解答群>

1.00      1.96      4.08      10.00      10.20

- ( ) 信頼度0.7である装置Fが並列に接続されているとき、システム全体の信頼度を99.9 [%]以上とするためには、各装置を最低  台構成とする必要がある。ただし、必要に応じ  $\log_{10} 0.3 = -0.523$ 、 $\log_{10} 0.7 = -0.155$ 、 $\log_{10} 0.999 = -0.000435$  の数値を用いること。

<(ク)の解答群>  
 4            5            6            10            20

問5 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、浅海部における光海底ケーブルの故障修理方法の概要について述べたものである。 内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、 内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

浅海部においては、漁労などからケーブルを保護するため、埋設を行うことが一般的となっているが、その場合のケーブル故障の修理手順は次のとおりである。

- ( ) 埋設ケーブルの修理においては、ケーブル故障点の正確な測定が特に要求されるが、ケーブルが切断されており地絡故障である場合、陸揚局では 、 を用いて故障点の測定を行う。このうち、 による測定が、より正確に故障位置を測定することができる。また、故障発生現場が、陸揚局近傍で水深が比較的浅い場合には、修理現場においては、 を用いた故障点の探査が有効な手段である。この場合、ケーブルに約  [Hz] 程度の低周波交流信号を印加し、 に具備したセンサなどを用いて切断位置の探査を行う。
- ( ) 故障点の探査終了後、探線錨<sup>いかり</sup>などを用いてケーブルを船上に揚収する。
- ( ) 故障点を取り去った後、ケーブル片端を船上予備ケーブル端と接続する。船上予備ケーブルを敷設しながら切断されているもう一方のケーブル端に近づき、引き揚げ、船上ケーブルの残り片端と最終接続を行う。
- ( ) 陸揚局近傍で水深が比較的浅い修理現場においては、沈下したケーブルを  を用いて、後埋設する。

<(ア)~(エ)の解答群>  

5	25	50	100
ひずみ折り返し測定	船 <sup>びょう</sup> 錨	容量測定	浮標
直流特性測定器	OTDR又はC-OTDR		
<sup>すき</sup> 鋤式埋設機	水中ロボット(ROV)		

- (2) 次の文章は、マンホール及び橋梁添架管路の点検、補修方法などについて述べたものである。  
 内の(オ)～(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。  
 (3点×4=12点)

- ( ) マンホールの設備不良やその対策などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、 (オ) である。

<(オ)の解答群>

マンホールの不良には、鉄蓋の磨耗・ガタツキ、鉄蓋周辺舗装や縁コンクリートの破損、首部のひび割れ・ズレ、躯体のひび割れ・漏水、ダクト部分の不良などが挙げられる。

鉄蓋周辺の地盤沈下や道路改修工事などで、路面とレベル差が生じ交通に支障となる場合は、主に、マンホール全体を上下させる方法やマンホール鉄蓋を表層で覆う方法によりレベル調整を行っている。

首部や躯体の不良は、構造破壊につながり、設備としての信頼性及び道路占用物としての安全性に欠けることとなる。

マンホールの鉄蓋と受枠上面との段差が大きくなるとガタツキ、騒音が生じ、更に車両通過時の衝撃荷重が重なると鉄蓋の飛び上がりや鉄蓋損傷のおそれがある。

- ( ) 一般的に行われている通信設備の鉄蓋劣化診断について述べた次の文章のうち、正しいものは、 (カ) である。

<(カ)の解答群>

電磁波を鉄蓋に放射し、鉄蓋から反射された電磁波を解析し、鉄蓋の亀裂状態を検知する。

鉄蓋の2点間に微電流を流し、この部分の電圧を測定し鉄蓋の亀裂状態を検知する。

鉄蓋をハンマーで打撃したときの振動の状態から鉄蓋の亀裂状態を検知する。

探査コイルに交流電流を流し、発生する磁界を鉄蓋に誘導させ、コイルのインピーダンスの変化を解析して鉄蓋の亀裂状態を検知する。

- ( ) マンホールの補修方法について述べた次のA～Cの文章は、 (キ) 。

- A エポキシ系樹脂接着剤を用いて鋼板又はレジン板をひび割れ、亀裂箇所などに圧着し、補修する方法がある。
- B 亀裂箇所には、セメントと高炉水砕スラッグを混ぜ合わせたAEコンクリートを打設し、補修する方法がある。
- C 欠損部、亀裂箇所をV字形に削り、無収縮急結セメントを充てんし、エポキシ系樹脂を塗布し、補修する方法がある。

<(キ)の解答群>

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |

( ) 橋梁添架金属管路の補修方法について述べた次のA～Cの文章は、(ク)。

- A 橋梁添架ケーブル収容管は、腐食により劣化している管路部分を切断し、撤去した後、半割り管を取り付け補修する。
- B 橋梁添架ケーブル収容管は、鋼板で補強する鋼板圧着方式で補修する。
- C 管路が腐食しやすい箇所では、軽量で耐食性を持つダクタイル鋳鉄管に交換する。

<(ク)の解答群>

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |