

注 意 事 項

1 試験開始時刻 14時20分

2 試験種別終了時刻

| 試験科目 | 科目数 | 終了時刻 |
|---------------------|-----|--------|
| 「電気通信システム」のみ | 1科目 | 15時40分 |
| 「専門的能力」のみ | 1科目 | 16時00分 |
| 「専門的能力」及び「電気通信システム」 | 2科目 | 17時20分 |

3 試験種別と試験科目別の問題(解答)数及び試験問題ページ

| 試験種別 | 試験科目 | 申請した専門分野 | 問題(解答)数 | | | | | 試験問題ページ |
|---------|----------|--------------|-----------|-----|-----|-----|-----|---------|
| | | | 第1問 | 第2問 | 第3問 | 第4問 | 第5問 | |
| 線路主任技術者 | 専門的能力 | 通信線路 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 線1~線15 |
| | | 通信土木 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 線16~線26 |
| | | 水底線路 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 線27~線41 |
| | 電気通信システム | 専門分野にかかわらず共通 | 問1から問20まで | | | 20 | | 線42~線45 |

4 受験番号等の記入とマークの仕方

- マークシート(解答用紙)にあなたの受験番号、生年月日及び氏名をそれぞれ該当枠に記入してください。
- 受験番号及び生年月日に該当する箇所を、それぞれマークしてください。
- 生年月日の欄は、年号をマークし、生年月日に1けたの数字がある場合、十の位のけたの「0」もマークしてください。

[記入例] 受験番号 01CF941234

生年月日 昭和50年3月1日

| 受 験 番 号 | | | | | | | | | |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | C | F | 9 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ● | ○ | A | A | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ① | ● | B | B | ① | ① | ● | ① | ① | ① |
| | ② | ● | C | ② | ② | ● | ② | ② | ② |
| | ③ | | D | ③ | ③ | ③ | ③ | ● | ③ |
| | ④ | | E | ④ | ● | ④ | ④ | ④ | ● |
| | ⑤ | ● | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ |
| | ⑥ | | G | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ |
| | ⑦ | | H | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ |
| | ⑧ | | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ |
| | ⑨ | ● | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ |

| 生 年 月 日 | | | | | | | | | |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
| 年 号 | | 5 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | | |
| 平成 | ○ | ● | ● | ○ | ● | ○ | ○ | | |
| | ① | ① | ① | ① | ① | ① | ① | | |
| 昭和 | ② | ② | ② | ② | ② | ② | ② | | |
| | ③ | ③ | ● | ③ | ③ | ③ | ③ | | |
| 大正 | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | | |
| | ⑤ | ● | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | | |
| | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | | |
| | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | | |
| | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | | |
| | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | | |

5 答案作成上の注意

- マークシート(解答用紙)は1枚です。2科目の解答ができます。
「専門的能力」は薄紫色(左欄)、「電気通信システム」は青色(右欄)です。
- 解答は受験する試験科目の解答欄の正解として選んだ番号マーク枠を、黒の鉛筆(HB又はB)で濃く塗りつぶしてください。
ボールペン、万年筆などでマークした場合、採点されませんので、使用しないでください。
一つの問いに対する解答は一つだけです。二つ以上マークした場合、その問いについては採点されません。
マークを訂正する場合は、プラスチック消しゴムで完全に消してください。
- 免除科目がある場合は、その科目欄は記入しないでください。
- 受験種別欄は、あなたが受験申請した線路主任技術者(『線 路』と略記)を で囲んでください。
- 専門的能力欄は、『通信線路・通信土木・水底線路』のうち、あなたが受験申請した専門的能力を で囲んでください。

6 合格点及び問題に対する配点

- 各科目の満点は100点で、合格点は60点以上です。
- 各問題の配点は、設問文の末尾に記載してあります。

マークシート(解答用紙)は、絶対に折り曲げたり、汚したりしないでください。

次ページ以降は試験問題です。試験開始の合図があるまで、開かないでください。

| | | | | | | | | | |
|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 受験番号 (控え) | | | | | | | | | |
|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

(今後の問い合わせなどに必要になります。)

| | | |
|---------|-------|------|
| 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。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、アナログ伝送系におけるひずみ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)

伝送系の入力側に加えられた信号波形と出力側に現れる信号波形が異なる現象は、ひずみといわれ、□(ア)ひずみ、位相ひずみ及び□(イ)ひずみの3種類がある。

□(ア)ひずみは、周波数帯域を有する信号の□(ア)の大きさが、周波数によって異なるために生ずるひずみであり、音声回線では一部の周波数において□(ア)が大きいと漏話の影響を受けやすく、また、□(ア)が小さいと、その周波数帯のみ特に大きく増幅されて鳴音を発生しやすくなる。

位相ひずみは、位相が周波数に対して比例関係にないため、すなわち群伝搬時間が周波数によって異なるために生ずるひずみであり、□(ウ)ひずみともいわれる。

□(イ)ひずみは、伝送路上に設置された増幅器や変調器などへの入力と出力とが比例関係にないために生ずるひずみである。

一般に、ひずみは、伝送路と逆の特性を持った□(エ)によって、ある程度補正することができる。

| | | | |
|---------------|-----|---------|----|
| 〈(ア)～(エ)の解答群〉 | | | |
| 結合波 | 熱 | 線形 | 遅延 |
| 減衰 | 等化器 | 振幅 | 圧縮 |
| 伝搬定数 | 反射 | 非直線 | 雑音 |
| エコーキャンセラー | | ブリッジタップ | |

(2) 次の文章は、アナログ伝送系における漏話、雑音及び誘導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)

() 図1に示すように心線1及び心線2で構成される回線(回線Aとする。)と、心線3及び心線4で構成される回線(回線Bとする。)の二つの回線で構成される、星形カッド構造のケーブルの漏話について述べた次のA~Cの文章は、 (オ)。

- A ケーブル心線のカッドくずれが生ずると、回線Aの磁束の変化により回線Bに発生する誘導起電力が、心線3と心線4とで異なった大きさになるため、漏話電流が発生する。
- B 一般に、星形カッドでは、心線1と心線3の心線間、及び心線1と心線4の心線間の間隔は同じであるため、それぞれの静電容量は等しくなる。したがって、理論的に心線1から静電結合により心線3及び心線4に流れる電流は互いに打ち消しあい、静電結合による漏話は発生しない。
- C ケーブル心線のカッドくずれが生ずると、心線1と心線3の心線間、及び心線1と心線4の心線間の静電容量が異なるため、心線1からの静電結合により、心線3及び心線4に流れる電流は等しくならず、それぞれの電流の差が漏話電流となる。

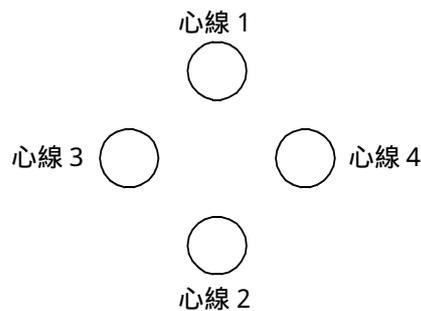


図1

- 〈(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 | |

() 伝送系における雑音について述べた次のA～Cの文章は、(カ)。

- A 伝送系では、信号伝送を妨害する種々の不要な信号が混入してくるが、これらは総称して回線雑音といわれる。回線雑音は、伝送系内部で発生するものと、外部からの影響により発生するものに分けられる。伝送系内部で発生する回線雑音には、信号を伝送していない場合でも既に存在している基本雑音がある。
- B 基本雑音は、信号の大小とは無関係であることから、信号レベルが低いところで影響が大きく、SN比は、信号電力と比例関係にある。
- C 多重通路において回路中の増幅器などの部分では、信号の高調波のほかに和及び差の周波数の様々な組合せからなる相互変調積による結合波が発生し、各部分で発生したこれらのひずみは、逐次累積されて非了解性の漏話となる。これは準漏話雑音といわれる。

〈(カ)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 | |

() 伝送系における誘導について述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 通信線に発生する誘導電圧は、雑音発生の原因となったり、誘導電圧の大きさによっては人体に危害が及ぶ場合がある。起誘導電流としては、送電線事故時の地絡電流、交流電鉄の漏えい電流などがある。
- B 静電誘導は、正の電荷と負の電荷が互いに引き寄せられることにより発生する。通信線が送電線や交流電鉄などの起誘導線路に近接している場合、静電誘導による雑音発生の原因となることがある。
- C 架空送電線に地絡故障が発生すると、地絡電流は送電線の地絡点から大地に流れ込み、地下を通過して変電所のアースへ戻る。この送電線と大地とが作るループと、通信線と大地とが作るループの二つのループが、静電結合することにより通信線に誘導電圧が発生する。誘導電圧は、起誘導電流が大きいほど、また、送電線と通信線の離隔距離が近いほど大きくなる。

〈(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 | |

- () 図2に示すように、大地に対する電圧 V_E の送電線の近くに通信線がある場合、送電線とアース間の静電容量を C_1 、通信線とアース間の静電容量を C_2 、送電線と通信線間の静電容量を C_3 とすると、送電線からの静電誘導により通信線に発生する電圧 V_C の算出式のうち、正しいものは、(ク) である。

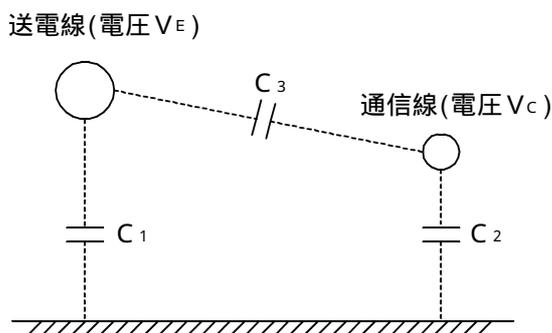


図2 通信線が受ける誘導電圧

<(ク)の解答群>

$$V_C = \frac{(C_2 + C_3) \times V_E}{C_3}$$

$$V_C = \frac{C_1 \times V_E}{C_1 + C_2}$$

$$V_C = \frac{C_3 \times V_E}{C_2 + C_3}$$

$$V_C = \frac{C_2 \times V_E}{C_2 + C_3}$$

問2 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、光ファイバ通信における分散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)

光ファイバ中では、伝搬距離が増大するとともに光パルス信号の幅が広がるが、パルス幅が広がりすぎると隣接する光パルス間で重なりが生じ、デジタル信号の“0”と“1”が判別できなくなる。光ファイバ通信では、この分散の影響により(ア)や中継間隔が制限される。

光ファイバの分散には、大きく分けてモード分散と波長分散がある。モード分散は、光ファイバ内に複数の伝搬モードが存在する場合、各モードの(イ)速度の違いにより伝搬時間が異なるために生ずるものである。また、波長分散は、光ファイバの(ウ)の波長依存性により生ずるものであり、光ファイバ自体の(ウ)のゆらぎに起因する(エ)分散と、光ファイバの導波路構造に起因する構造分散とがある。

<(ア)~(エ)の解答群>

| | | | |
|-----|-------|------|--------|
| 位相 | 曲げ | 温度 | 接続損失 |
| 屈折率 | 材料 | 吸収損失 | 符号伝送速度 |
| 臨界 | 減衰量 | 散乱損失 | 符号形式 |
| 群 | 機械的強度 | | |

(2) 次の文章は、光ファイバの分散特性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)

() 分散の種類と特徴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〉

代表的なマルチモード光ファイバの一つとして、グレーデッドインデックス形がある。グレーデッドインデックス形は、コア内の屈折率を連続的に変化させたものであり、コアの中心付近での光の伝搬速度は、クラッド付近の伝搬速度よりも遅くなっている特徴がある。

光ファイバにおけるコアとクラッドの屈折率差が小さい場合、境界面での全反射現象は、光の一部がクラッド部分へしみ出すようにして発生している。このしみ出しの割合は、光の波長が短いほど大きく、波長が長いほど小さい。したがって、波長に幅を持った光パルスが入射すると、波長により伝搬する経路の長さが異なることから、到達時間の違いが生じ、パルス幅が広がる現象が発生する。

偏波モード分散は、光ファイバのコア形状が製造上などの理由により、わずかに楕円化している場合に、二つの直交偏波モード成分間に伝搬時間差を生じ、パルス波形の広がりが発生する現象である。偏波モード分散は、高速伝送になるほど、伝送距離制限の大きな要因となり、さらに、温度やひずみなどの伝送路環境によって、経時的に変動する。

光通信に用いられている一般的な光源は、完全な単一波長でなく、ある幅を持った波長特性を持っている。このような波長に幅のある光が、光ファイバに入射すると、光の伝搬速度が波長によって異なるために到達時間に差が発生し、パルス波形に広がりが生ずる現象が発生する。

() 分散制御光ファイバの種類と特徴について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

A 通常のシングルモード光ファイバの低分散領域は、 $1.3\ \mu\text{m}$ 帯にあるが、一方、低損失領域は、 $1.55\ \mu\text{m}$ 帯にあるといわれている。そこで、損失だけでなく、全分散値も最小になるように導波路部分を制御して、ゼロ分散波長を $1.3\ \mu\text{m}$ 帯から $1.55\ \mu\text{m}$ 帯にシフトさせた光ファイバは、 $1.55\ \mu\text{m}$ 帯分散シフト光ファイバといわれる。

B 分散シフト光ファイバでは、添加剤などでコアの屈折率分布を三角形や鋸状などに^{のこぎり}変える工夫を加えて、モード分散の値を変化させることによりゼロ分散値を制御している。

C 既設の $1.3\ \mu\text{m}$ ゼロ分散光ファイバを使用して、 $1.55\ \mu\text{m}$ 帯の通信光を伝送したい場合、 $1.3\ \mu\text{m}$ 帯の通信光を伝送したときと比較して波長分散が増加する。その増加した波長分散を補償する目的で開発された光ファイバは、分散フラット光ファイバといわれる。

〈(カ)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 | |

- () ステップインデックス形マルチモード光ファイバのコア内を進む二つの光線において、一つは光軸に対して角度 θ で進み、もう一つは光軸に沿って($\theta = 0$)進む場合、光ファイバの出射端において、最も早いモードと最も遅いモードの群遅延時間差 T_m は、コアの屈折率を n_1 、光ファイバの長さを L [km]、光速を c [m/s]とした場合、次の近似式 A より、**(キ)** となる。ただし、 θ_c は臨界角、 T_0 は光軸上を進む最も早い光の群遅延時間、 Δ はコアとクラッドとの比屈折率差であり、 Δ は1 [%]とする。

$$T_m = \left(\frac{1}{\cos \theta_c} - 1 \right) T_0 \quad T_0 \quad \dots \dots \dots \text{(式 A)}$$

<(キ)の解答群>
 0.25 [ns] 0.5 [ns]
 0.25 [μs] 0.5 [μs]

- () 光ファイバ通信の変調方式について述べた次の A ~ C の文章は、**(ク)**。

- A アナログ信号を用いて光源の光の強さを直接変化させる角度変調方式では、電流 - 光出力特性の直線性が比較的良好な発光ダイオードが使用され、変調回路にひずみ補償回路を付加して用いられることが多い。この方式は、一般に、発光ダイオードの光出力が低いので、比較的短距離の画像伝送などに用いられている。
- B 長距離伝送では、一般に、高出力光源である半導体レーザーが使用されるが、発光ダイオードと比較して、電流 - 光出力特性の直線性に劣り非直線ひずみが大きくなる。このため、原信号であるアナログ信号をアナログパルス変調によりパルス信号に変換し、これを用いて光源を直接変調する予変調方式が、一般に用いられる。
- C パルス振幅変調における振幅値を標本化によって離散的な値に変換し、これを量子化によって“0”または“1”の2進符号にすれば、デジタル変調方式の一つであるパルス符号変調 (PCM)による信号が得られる。

<(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

- (1) 次の文章は、光ファイバケーブルの構造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。ただし、□内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

光ファイバケーブルの構造は、光ファイバ心線の保護・集合方法と抗張力体の配置方法により分類される。保護・集合方法は、心線をタイトに撚り抗張力体の周りに配置した□(ア)構造、スロット内に光ファイバを収容するスロット構造などがある。

抗張力体は、光ファイバケーブルの伸びひずみを抑えるため配置されており、抗張力体の材料としては、鋼線、FRP、高強度繊維などが用いられている。光ファイバケーブルの許容伸びひずみは、一般に、□(イ) [%]以下に設計されている。

また、ケーブル外被に生じた損傷によりケーブル内に水が浸入した場合、ケーブル内の空隙部を水が伝わる(水走りといわれる。)ことを防止する必要があり、光ファイバ心線を収容するスロットロッドなどの周囲に□(ウ)といわれる材料を巻き付ける方法が採用されている。これは、浸入した水を□(ウ)が吸収し、□(エ)してケーブル内の空隙部を埋め、水走りを防止するものである。

| 〈(ア)~(エ)の解答群〉 | | | |
|---------------|--------|-------|----|
| 0.2 | 1.0 | 3.0 | 膨張 |
| ポリエステルテープ | ストランド | WBテープ | 収縮 |
| 抑え巻きテープ | リボンテープ | チューブ | 固結 |

(2) 次の文章は、光ファイバケーブル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)

() 光ファイバの心線構造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〉

光ファイバは、プリフォームを高温(約2,000〔 〕)に加熱し柔らかくして線引きを行い、プリフォーム内に作られた屈折率分布形状を正しく保ったまま作られる。この線引きされただけのまだ一次被覆が施されていない状態の光ファイバは、一般に、裸光ファイバといわれ、そのままでは破断しやすいため、裸光ファイバ製造と同時に一次被覆が施される。

ガラスの引張り強度は、銅及びアルミニウムと比較して10倍以上であるが、ガラスの表面に傷があるとき、傷の許容応力を超えると一気に破断する延性といわれる性質がある。そこで、傷の発生を防ぎガラスの延性破壊の性質をカバーするため、製造と同時に裸光ファイバの表面に、UV樹脂などにより一次被覆を施す。このように一次被覆された光ファイバは、光ファイバ素線といわれる。

一次被覆を施した光ファイバは、更にUV樹脂などの二次被覆が施される。この二次被覆を施したものは、光ファイバ心線といわれる。光ファイバ心線をそのままの状態で扱う場合は単心線といわれ、テープ状に被覆したものはテープ心線といわれる。

単心又は複数心の光ファイバ心線に抗張力体を配置してシースを施したものは、光ファイバコードといわれる。抗張力体は、心線の周囲に配置され、引張り強度の大きいポリアミド系繊維が多く用いられている。光ファイバコードは、主に室内にて使用され、一般に、片端または両端にあらかじめ光コネクタが取り付けられている場合が多い。

() 光ファイバケーブルの外被について述べた次の A ~ C の文章は、(カ)。

- A LAPシースやPEシースを施した光ファイバケーブルに、さらに波付けシースを施したケーブルは、コルゲートシースケーブルといわれる。このコルゲートシースケーブルは、引張り強度が一般ケーブルより5倍以上強い利点があり、山間部における鳥虫害などの被害からケーブルを守るのに適した構造である。
- B とう道区間に布設する新設光ファイバケーブルは、火災による延焼を最小限にとどめることができるように、一般に、難燃ケーブルを適用している。また、ユーザビルのシャフト内の縦系配線などにおいても、法令等で必要な場合などは、難燃ケーブルを適用する。
- C 従来、難燃ケーブルにはフロン系添加物が用いられていた。しかし、この方法によって難燃化したケーブルは、燃焼時に有毒性ガスや腐食性の強いフロンガスを多量に発生し、煙の発生量も多いという欠点がある。最近ではフロンを用いない難燃剤を用いて、難燃性のほかに低発煙性、無毒性、無腐食性を兼ね備えた低災害ケーブルが導入されている。一般に、このケーブルは、ノンフロンケーブルといわれる。

〈(カ)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 | |

() 光クロージャについて述べた次の A ~ C の文章は、(キ)。

- A 光クロージャは、光ファイバケーブルの心線接続部を自然環境において長期的に保護するために必要となるものであり、光ファイバケーブルの設置場所によって、地下用光クロージャと架空用光クロージャに大別される。地下用光クロージャは、分岐数及び収容する光ファイバ心線数により、種類と適用範囲が決定され、1,000心程度の光ファイバケーブルが収納できるものもある。
- B 地下用光クロージャは、地下のマンホール及びとう道などにおいて光ファイバケーブルの接続箇所を使用するため、限られたスペース内での高密度な心線収納性や、防水性が求められる。心線収納性については、光ファイバ心線を最小限必要な曲率半径を保った状態で高密度に収納できる構造とし、防水性については、クロージャ内を圧縮空気にて加圧し水などの浸入を防止する構造とすることにより、確保されている。
- C 架空用光クロージャは、屋外環境での施工性などの向上を図るため、2枚の鬼目板を用いた締付け方式による簡易ケーブル把持技術、トレイ収納方式による高密度収納技術、弾力性のあるシーリング材でケーブルを把持してクロージャ内への水の浸入を防ぐ簡易防水技術が用いられている。

〈(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 | |

() 光ファイバケーブルのスクリーニング試験について述べた次のA～Cの文章は、(ク)。

- A 一定応力法は、光ファイバの長手方向に一定の応力を加えることによって、長手方向の伸びひずみを得る方法であり、荷重を制御するために、裸光ファイバ、一次被覆及び二次被覆の分担荷重が算出可能であることが必要である。この測定方法は、荷重を変えることによって、容易にスクリーニング試験の伸びひずみ量を制御できる利点がある。
- B 一定伸びひずみ法は、光ファイバの長手方向に一定の伸びを与えることによって、長手方向の伸びひずみを得る方法であり、伸びを制御するために、裸光ファイバ、一次被覆及び二次被覆の分担荷重が算出可能であることが必要である。この測定方法は、送り出し張力と巻き取り張力との差により、スクリーニング試験の伸びひずみ量を制御している。
- C 一定曲げひずみ法は、光ファイバの長手方向に一定の曲率の曲げを与えることによって、長手方向の伸びひずみを得る方法であり、光ファイバの全表面でほぼ一定の曲げひずみを得るために、試験装置は、複数のローラーを組み合わせて配置されている。

〈(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、ケーブルの保守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)

従来、地下メタリックケーブルには(ア)が一定圧力で充てんされ、ケーブルが損傷した場合に、設備センタにて圧力低下を検知する遠隔監視を行っていた。

この保守方法はガス保守といわれ、外被のみが損傷した場合にガス圧にて浸水による心線相互の(イ)を防止できることや、外被に異常が発生すると即時に検知できるため大きな故障を未然に防ぐことができるなど、メタリックケーブルの信頼性を維持する上で大変有効であった。

光ケーブルの場合は、メタリックケーブルのように外被が損傷して浸水しても(イ)のような故障になることがないが、(ウ)の雰囲気中では、光ファイバの(エ)が増加する。金属が腐食するときに発生する微量の(ウ)から光ファイバを保護するためにも、光ケーブル内への浸水を防止する必要がある。

このように、光ケーブルにおいても、ガス保守と同様に信頼性を確保できる非ガス保守を実現するため、防水技術や浸水を検知・監視する技術が必要であり、非ガス保守システムの技術が開発され導入されている。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

| | | | |
|------|--------|-----|------|
| 炭酸ガス | 屈折率 | 電食 | 伝送帯域 |
| 光損失 | 乾燥空気 | 開口数 | 水素 |
| 絶縁劣化 | ヘリウムガス | 塩素 | 電磁誘導 |

(2) 次の文章は、光ファイバケーブルの保守・監視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)

() 光パルス試験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〉

光ファイバに光パルスを入射して伝搬させると、コア内の微小な屈折率のゆらぎによってレイリー散乱光の一部が入射端に戻ってくるが、光パルス試験は、このレイリー散乱光などが入射端に戻ってくる現象を利用したものである。

被測定光ファイバの屈折率が光の進行方向にわたって均一であれば、光ファイバの各点で、伝搬する光に対する後方散乱光の割合は一定となるため、遠い点から戻ってくる光電力は、光ファイバの損失分だけ小さくなる。

被測定光ファイバに破断点がある場合、フレネル反射により反射光が生じ、これを観測することによって破断位置を推定することができる。

光パルス測定は、光ファイバケーブル区間のみにも適用可能であり、光ファイバ増幅器が挿入されている場合、その光ファイバ増幅器を含む区間の光パルス測定は、原理的に不可能である。

() 光ファイバケーブルの保守や特性について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

A メタリックケーブルの外被補修は、テーピングのみによる方法と、PEテープを融着した後、テーピングする方法があるが、光ファイバケーブルの場合は、PEテープを融着した後、テーピングする方法が、一般的である。

B スプライスには、機械的に固定するメカニカルスプライスと、光ファイバを加熱溶解して接続する融着接続があるが、一般に、融着接続は光ファイバ表面の一次被覆及び二次被覆ごと融着するため、メカニカルスプライスと比較して機械的特性に対する信頼性が高い。

C 光ファイバの破断確率は、経年変化し時間とともに大きくなっていくが、光ファイバは石英ガラスを主成分としているため、浸水している場合と乾燥状態にある場合とを比較しても破断確率の差はほとんどない。

〈(カ)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

() 光ファイバ通信システムの監視などについて述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

A アクセス系光ファイバ設備監視システムであるAURORA (Automatic optical fiber operations support system)の試験機能には、レイリー散乱現象を利用して、光ファイバに加わっている外力によるひずみの分布を測定する機能があるため、建設工事時に測定したデータを基に、光ファイバ心線断線故障時の故障位置探索に用いられている。

B 光ファイバケーブルの非ガス保守に用いられる浸水検知モジュールは、吸水膨張材、可動体などから構成されている。浸水の検知方法は、浸水時に吸水膨張材により押し上げられた可動体にて監視用光ファイバに側圧を加えて曲げ損失を発生させ、その光損失を光パルス試験にて検知する方法が採られている。

C アクセス系光設備の監視システムの試験光は、光カプラを介して被測定光ファイバに挿入される。その試験光の波長は、通信用波長とは異なる波長を使用している。また、ターミネーションケーブルなどに試験光遮断フィルタを取り付けて、試験光が端末装置などに入らないようにすることにより、サービスに影響を与えることなく現用回線の監視が可能になっている。

〈(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 | |

() 光ファイバ通信網の故障復旧方式について述べた次のA～Cの文章は、(ク)。

A ポイント・ツー・ポイントの切替え方式としては、1+1プロテクションといわれる方式や、1:Nプロテクションといわれる方式などがあるが、1+1プロテクション方式は、複数の現用系に対して一つの予備系を共有する方式である。

B リング網では、SHR (セルフヒーリングリング)といわれる自動故障復旧方式を用いることが多い。SHRには様々な方式があるが、一般に、リンク切替え(ライン切替え、又はセクション切替えともいわれる。)方式が用いられており、パス切替え方式は用いられない。

C リング網のリンク切替え(ライン切替え、又はセクション切替えともいわれる。)方式においては、一般に、伝送路故障などによる切替え発生時の通信経路長は、現用系の通信経路長と比較して長くなる。

〈(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 | |

- (1) 次の文章は、光通信システム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)

基本的に光通信システムは、電気/光(E/O)変換を行う送信器、伝送路である光ファイバ、光/電気(O/E)変換を行う受信器から成っており、必要に応じて伝送路中に中継器が入る構成となる。

送信器の主要な機能には、レーザにより光を発生する発光機能とレーザ光に情報信号を付与する (ア) 機能とがある。レーザ光に (ア) を与える方法には直接 (ア) と外部 (ア) の二つの方式がある。

中継器には、3R再生中継器と増幅のみを行う1R中継器がある。3R再生中継器を用いた中継方式は、波形劣化と雑音の累積を回避できるという利点がある反面、(イ) 機能により、伝送速度が固定的となる欠点があったが、1R中継器は、伝送速度に対して柔軟な構成を可能とした。

受信器では、光の (ウ) 変化をホトダイオードやアバランシホトダイオードにより検出し、O/E変換が行われる。

光通信システムの伝送距離、伝送帯域を制限する要因には、光ファイバの損失、分散特性などがあげられるが、光ファイバの波長分散を非線形効果を利用して打ち消すことにより、光パルス信号の形状を変化させることなく伝送する方式は、(エ) といわれている。

<(ア)~(エ)の解答群>

| | | | |
|-----------|--------|-----|----|
| コヒーレント光通信 | 等価増幅 | 復調 | 多重 |
| 光ソリトン伝送 | リタイミング | 屈折率 | 強度 |
| ヘテロダイン方式 | 波長 | 位相 | 変調 |
| 双方向励起方式 | 放出 | | |

- (2) 次の文章は、光ファイバ通信の基本要素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)

- () 光ファイバ通信の波長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>

光は電磁波の一種である。光ファイバ通信では、主に1.3 μm帯や1.55 μm帯の赤外域の波長が用いられている。

石英系ガラス光ファイバは、1.55 μm帯で光損失が最小となるが、それより長い波長域では、主にレイリー散乱の影響により光損失が増加する。

シングルモード光ファイバであっても、カットオフ波長より短い波長の光を伝送した場合、複数のモードを伝搬することが可能である。

石英系ガラス光ファイバの屈折率は、伝送する光の波長に依存しており、光の波長が長くなるほど屈折率は減少する。

() 発光素子の特徴について述べた次の A ~ C の文章は、(カ)。

- A 1.3 μm帯又は1.55 μm帯を使用している光ファイバ通信用の半導体レーザでは、インジウム、ガリウム、ヒ素、リンの四つの元素を組み合わせた化合物半導体が、一般に用いられている。
- B 半導体レーザの構造は、発光ダイオードと同じく、P層、N層、活性層からなる二重ヘテロ接合が、一般に採用されている。発光ダイオードと異なる点は、活性層の構造が光発振器の機能を有することである。
- C 半導体レーザは小形で高効率であり、またビーム径が光ファイバのモードフィールド径に近いことから、光ファイバ通信に適している。しかし、直接変調を行うと半導体レーザ内部で屈折率変化による周波数の変動が発生し、光ファイバ内を伝送したとき、波長分散の影響を大きく受けてしまう。このため、高速・長距離光ファイバ通信システムでは、一般に、外部変調器で変調をかけている。

〈(カ)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 | |

() 受光素子の特徴について述べた次の A ~ C の文章は、(キ)。

- A アバランシホトダイオードは、電子なだれ現象による光電流の内部増倍作用により、ホトダイオードと比較して10 ~ 20 [dB]程度感度が良い。しかし、電流増倍過程におけるイオン化の変動などにより、雑音もホトダイオードと比較して多く発生する。
- B PINホトダイオードは、P型半導体とN型半導体の間に不純物密度の小さい真性半導体層(I層)を挟んだ構造をしている。このPIN構造に順バイアス電圧を加えてI層に電界を発生させ、信号光を照射すると、伝導帯の電子が励起され伝導電子と正孔が生成される。
- C 波長1.55 μm帯の光ファイバ通信の受光素子には、1.55 μm帯における量子効率がゲルマニウムと比較して高い、インジウム・ガリウム・ヒ素の三つの元素を組み合わせた化合物半導体が、一般に用いられている。

〈(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 | |

() 光増幅器の特徴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〉

半導体光増幅器は、半導体レーザの端面に反射コーティングを施すことにより光の増幅ができる。光ファイバ増幅器と比較して増幅帯域は狭いが、雑音指数が低いという利点がある。

光ファイバ増幅器に用いられる希土類イオンの一つであるエルビウムは、光ファイバの最低損失である波長 $1.55 \mu\text{m}$ 帯で遷移する特性がある。エルビウムドープ光ファイバ増幅器の励起光としては、波長 $0.98 \mu\text{m}$ 又は $1.48 \mu\text{m}$ が主に用いられている。

光増幅器の ASE (Amplified Spontaneous Emission) 雑音は、光増幅に伴う誘導放出によるものであり、ゼロにはできない。完全な反転分布が実現された光増幅器では雑音指数が最小となり、このときの雑音指数は 2 といわれている。

光ファイバラマン増幅器は、誘導ラマン散乱といわれる光ファイバの非線形現象を利用しており、エルビウムドープ光ファイバ増幅器と比較して、励起光パワーが小さくてよいが、励起用光ファイバが数 Km 必要である。また、励起波長を変えればどの波長でも利得を得ることができ、特別な光ファイバを必要としないなどの利点がある。