

注 意 事 項

- 試験開始時刻 14時20分
- 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

- 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
			問1	問2	問3	問4	問5	
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29
		水底線路	8	8	8	8	8	線30～線44
	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					線45～線48

- 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桁の数字がある場合、十の位の桁の「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	C	②	②	②	●	②	②
③		D	D	③	③	③	③	●	③
④		E	E	④	●	④	④	④	●
⑤	●	F	F	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤
⑥		G	G	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
⑦		H	H	⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	⑦
⑧				⑧		⑧	⑧	⑧	⑧
⑨	●			⑨	⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

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

- 答案作成上の注意

- マークシート(解答用紙)は1枚で、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。
① ボールペン、万年筆などでマークした場合は、採点されませんので、使用しないでください。
② 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。
③ 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。
- 試験問題についての特記事項は、裏表紙に表記してあります。

- 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。)

解答の公表は1月25日10時以降の予定です。
可否の検索は2月13日14時以降の予定です。

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、メタリックケーブルを用いたアナログ伝送系における雑音及びひずみの種類と特徴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)

メタリックケーブルを用いたアナログ伝送系における雑音は、一般に、伝送系内部で発生する雑音と外部から侵入する雑音に分けられ、さらに、伝送系内部で発生する雑音は、信号を伝送していない場合でも存在する基本雑音と信号伝送に伴って発生する □ (ア) 雑音とに分けることができる。基本雑音は、通話の有無と無関係であることから、信号レベルの低いところで問題となり、一般に、大きな妨害になるものは増幅器で発生する雑音であり、その主な成分の一つは、周波数に対して一様に分布している □ (イ) 雑音である。

一方、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、ひずみといわれる。このうち、位相ひずみは、伝送系の位相量が周波数に対して比例関係にないため、すなわち □ (ウ) が周波数により異なるために生ずるひずみであり、伝送品質に影響を及ぼす。

また、□ (エ) ひずみは、伝送系の入力と出力が比例関係にないために生ずるひずみである。伝送路中の増幅器などの □ (エ) ひずみによる高調波及び混変調波の発生は、雑音の原因となる。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- | | | | |
|-------|-------|-------|----------|
| ① SN比 | ② 準漏話 | ③ 減衰 | ④ インパルス性 |
| ⑤ ビート | ⑥ 反響 | ⑦ 鳴音 | ⑧ 群伝搬時間 |
| ⑨ 熱 | ⑩ 誘導 | ⑪ 低周波 | ⑫ 対数 |
| ⑬ 量子化 | ⑭ 非直線 | ⑮ 磁気 | ⑯ フリッカ |

- (2) 次の文章は、光通信などに应用されている光の性質、光ファイバにおける損失、劣化要因などについて述べたものである。 内の(オ)～(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。 (3点×4=12点)

- (i) 光通信などに应用されている光の性質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〉

- ① 光の波動としての性質に干渉がある。同一光源からの光を二つの光路に分け、再び合成したとき、二つの光の位相がそろっているときはインコヒーレントな光といわれ互いに干渉しあい、二つの光の位相がそろっていないときはコヒーレントな光といわれ互いに干渉しない。光通信には、位相のそろったインコヒーレントな光が適している。
- ② 直線偏光が物体中を透過するとき、その偏光面が回転する現象は旋光といわれ、直線偏光の進行方向に対し平行な磁界をかけることによって旋光性が現れる現象はポッケルス効果といわれる。光カプラは、この現象を利用した光デバイスである。
- ③ 光は互いに直交する電界と磁界によって構成される電磁波の一種であり、光の進行方向と垂直に振動する横波である。電界の振動方向が一定した光は直線偏光、進行とともに電界が回転する光は楕円偏光又は円偏光といわれる。
- ④ 屈折率の高い媒質Aから入射した光が屈折率の低い媒質Bとの境界面に沿って進むときの入射光と二つの媒質の境界面の法線とのなす角度はブリュースター角といわれ、入射角がこの角度より大きくなると光は媒質Bに入ることができず全反射する。

- (ii) 光ファイバにおける損失について述べた次のA～Cの文章は、(カ) 。

- A 光ファイバにおけるレイリー散乱損失は、主に短波長側で支配的となる損失であり、光ファイバ製造時に高温状態で固化する際にコアとクラッドの境界面にできる凹凸が原因で発生する。
- B 光ファイバを放射線下で使用すると、石英ガラスの構造欠陥が放射線によって生じた電子や正孔を捕捉し、光を吸収することで光損失が増加する。放射線による光損失は、一般に、放射線量が増加すると大きくなり、減少すると小さくなる。
- C 光ファイバの損失発生の原因の一つとして、水素分子による光の吸収がある。これは、水素分子が光ファイバ中に存在することで生じ、水素分子を取り除くと損失は減少する。水素分子による損失発生の防止策としては、光ファイバ周辺からの水素の発生を抑える、光ファイバ内部への水素分子の拡散を防止するための障壁を設けるなどの方法がある。

〈(カ)の解答群〉

- ① Aのみ正しい ② Bのみ正しい ③ Cのみ正しい
- ④ A、Bが正しい ⑤ A、Cが正しい ⑥ B、Cが正しい
- ⑦ A、B、Cいずれも正しい ⑧ A、B、Cいずれも正しくない

- (iii) 光ファイバにおける伝搬特性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＞

- ① 光ファイバで伝搬可能なモード数を構造パラメータから求めるには、規格化周波数 V が用いられ、空気中の光の波長を λ 、コアの半径を a 、コアの屈折率を n_1 、クラッドの屈折率を n_2 とすると、 V は次式で表すことができる。

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} \times \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

- ② 基本モードにおける光強度分布は、コアの中心で最大値となり、中心から離れるに従って小さくなり、ガウス型で近似することができる。
- ③ S I 型光ファイバにおいては、コアとクラッドの境界面で全反射しながら進む光波が存在するが、この光波が光ファイバの伝搬モードになるためには、コアの中心軸に直交する方向の位相変化量が、光波の 1 往復に伴って 2π の整数倍になる必要がある。
- ④ S M 光ファイバにおけるモードフィールド径とは、光強度分布がガウス型で近似できるとき、光強度(光パワー)が最大値の $\frac{1}{\sqrt{e}}$ (e は自然対数の底)になるところの直径をいう。

- (iv) 石英系光ファイバにおける分散など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＞

- ① 光ファイバの材料であるガラスの屈折率が光の周波数により僅かながら異なるため、光ファイバ中を伝搬する光パルスの幅が狭まる現象は分散といわれる。
- ② 光ファイバ中での分散には、材料分散、構造分散、モード分散及び偏波モード分散の四つがあり、このうち材料分散と構造分散の和は波長分散といわれる。
- ③ M M 光ファイバにおいては、光ファイバ中を伝搬する各モードの伝搬速度が異なるために生ずるモード分散が、相互位相変調を引き起こすため、伝送帯域を制限する主な要因となる。
- ④ S M 光ファイバのゼロ分散波長や分散スロープを制御して製作された光ファイバは、総称してフォトニック結晶光ファイバといわれる。

- (1) 次の文章は、光ファイバの特徴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)

光通信システムで広く用いられている石英系光ファイバには、低損失、広帯域、無誘導、無漏話などといった特徴がある。

石英系光ファイバの損失は、 $1.55\mu\text{m}$ 帯で最小となり、この波長帯域は、一般に、□(ア)といわれる。例えば、 $0.2[\text{dB}/\text{km}]$ の損失値の光ファイバは、信号光を $100[\text{km}]$ 伝送した後での光パワーが□(イ)に減衰するが、この損失値は、同軸ケーブル、無線伝送路などと比較すると非常に小さい値である。さらに、□(ア)の周波数帯域幅は約 $4.4[\text{THz}]$ に相当しており、石英系光ファイバは広い周波数範囲にわたって低損失である。

平衡対ケーブルなどの金属伝送媒体では、□(ウ)により周波数の平方根に比例して損失が増加するため、高周波になると伝搬距離が急激に短くなる。これに対し、光ファイバでは、分散により伝送周波数帯域が決まることから、使用する波長帯や光ファイバの種類を選ぶことによって、長距離にわたり広い伝送周波数帯域を確保することが可能である。また、光ファイバは、ガラスやプラスチックなどの□(エ)を伝送媒体として用いていることから、電磁誘導が発生しないため、電力線と同一のケーブルに収容したり、工場内や鉄道沿線などの電磁環境の厳しい場所で使用することも可能である。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- | | | | |
|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| ① $\frac{1}{500}$ | ② $\frac{1}{200}$ | ③ $\frac{1}{100}$ | ④ $\frac{1}{20}$ |
| ⑤ Cバンド | ⑥ 遮蔽効果 | ⑦ 希土類 | ⑧ Uバンド |
| ⑨ 誘電体 | ⑩ Lバンド | ⑪ 静電誘導 | ⑫ 表皮効果 |
| ⑬ 漏洩 ^{えい} 電流 | ⑭ 導電体 | ⑮ Sバンド | ⑯ 結晶体 |

- (2) 次の文章は、光ファイバ、発光及び受光デバイスなどについて述べたものである。
内の(オ)～(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。
(3点×4＝12点)

- (i) SM光ファイバの特徴など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＞

- ① SM光ファイバは、光ファイバ中を伝搬可能な導波モードを一つだけに制限することによって、波長分散による光信号波形の劣化を防止した光ファイバである。
- ② 屈折率分布構造は、光ファイバの寸法や分類を定義するとき用いられるだけでなく、光学特性や伝送特性を決定する重要なパラメータであり、SM光ファイバの屈折率分布構造は、一般に、グレーデッドインデックス型である。
- ③ 偏波モード分散は、理想的な真円構造を保ったSM光ファイバであれば生ずることはないが、実際のSM光ファイバのコア形状には僅かなゆがみが存在することから、高速かつ長距離伝送の場合には問題となる場合がある。
- ④ SM光ファイバの波長分散値の単位には、一般に、 $[\text{ps}/\text{nm}/\text{km}]$ が用いられる。通常のSM光ファイバの波長分散値は、 $1.31\text{ }\mu\text{m}$ 付近で約 $17\text{ }\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ であり、伝送損失が最も小さくなる $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 付近ではゼロである。

- (ii) 光ファイバの添加物の種類とその役割など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＞

- ① 石英系光ファイバでは、コアとクラッドの屈折率差をより大きくするため、一般に、コアやクラッドに添加物を加えることにより屈折率を制御している。
- ② 石英系光ファイバでは、一般に、コアの屈折率を上げる添加物としてゲルマニウム、リンなどが用いられ、クラッドの屈折率を下げる添加物としてホウ素、フッ素などが用いられる。
- ③ 希土類添加光ファイバのコアには、増幅する波長帯に応じて異なる希土類元素が添加され、主な添加物として、 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 帯用にはエルビウム、 $1.4\text{ }\mu\text{m}$ 帯用にはトリウム、また、 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 帯用にはプラセオジウムなどが用いられる。
- ④ 希土類添加光ファイバのコアには、屈折率分布形成用及び増幅動作のための添加物のほかに、雑音指数向上のためにアルミニウムが添加されているものがある。

- (iii) 光ファイバ通信に用いられる発光デバイス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＞

- ① LEDは、LDと比較して、変調可能帯域が広く発光スペクトル幅が狭いが、駆動回路が簡単で製造コストが安いので、プラスチック光ファイバ、MM光ファイバを使用した低速度の近距離通信などに用いられている。
- ② LEDの発光中心波長は、半導体の共振器構造を変えることによって変化させることができる。また、発光中心波長は、電流値と温度によっても変化し、一般に、電流値を上げると長波長側にシフトし、温度を上げると短波長側にシフトする。
- ③ LDの出力光強度を数〔GHz〕以上で直接変調する場合には、一般に、ファブリペロー型LDは多モードで発振するようになり伝送距離が制限されることから、高速変調時でも単一モードで発振する分布帰還型LDや分布反射型LDが用いられる。
- ④ LDは、LEDと比較して、発光面積が小さく放射角も小さいため、光ファイバとの結合効率が悪く、また、電気から光への変換効率も低い。

- (iv) 光ファイバ通信に用いられる受光デバイスについて述べた次のA～Cの文章は、(ク) 。

- A PIN-PDの量子効率及び応答速度は、P層とN層の間に挟まれたI層の厚さによって変化し、一般に、I層を厚くすると量子効率は向上するが応答速度は低下する。このため、I層の厚さは、量子効率、応答速度、必要となる逆バイアス電圧などを考慮して決定される。
- B APDは、PIN-PDと比較して、受信感度は高いが、構造が複雑で高い逆バイアス電圧を必要とし、信号出力を増倍する過程で生ずる雑音が問題になる場合がある。
- C 受光素子は能動素子であるため、通常の使用条件下では、周波数特性、量子効率などの経時劣化を考慮する必要があるが、発光素子と比較して、信頼性が低い。

＜(ク)の解答群＞

- ① Aのみ正しい ② Bのみ正しい ③ Cのみ正しい
- ④ A、Bが正しい ⑤ A、Cが正しい ⑥ B、Cが正しい
- ⑦ A、B、Cいずれも正しい ⑧ A、B、Cいずれも正しくない

- (1) 次の文章は、EDFAを構成する光デバイス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)

EDFAは、EDF、励起光源、光カプラ、光アイソレータ及び光フィルタの五つの主要なデバイスから構成され、 $1.55\mu\text{m}$ 帯などでの増幅に用いられる。

EDFAにおける増幅媒体であるEDFでは、励起光によって励起状態にあるエルビウムイオンが、入射した信号光と□(ア)波長の光を誘導放出することによって信号光が増幅される。EDFは、伝送用光ファイバと同じ石英ガラスを主成分とするSM光ファイバであり、そのクラッド径は $125[\mu\text{m}]$ であるが、コア径は□(イ)を向上させるために伝送用光ファイバより細く、一般に、 $3[\mu\text{m}] \sim 6[\mu\text{m}]$ 程度である。

EDFAにおける励起光源には、一般に、エネルギー変換効率に優れる出力波長 $1.48[\mu\text{m}]$ のLD、理論限界に近い□(ウ)が得られる出力波長 $0.98[\mu\text{m}]$ のLD又はそれら両方が用いられる。

光カプラは、励起光と信号光とを低損失で合波するためのデバイスであり、光アイソレータは、光ファイバや他の光デバイスからの反射光を阻止して雑音増加などを防止するためのデバイスである。また、EDFの出力側に配置される光フィルタは、信号光帯域以外のASE光を除去するためのデバイスであり、□(エ)型が用いられる。

＜(ア)～(エ)の解答群＞

- | | | | |
|----------------------------|----------|--------|--------|
| ① 帯域阻止 | ② 接続性能 | ③ 光学特性 | ④ 高域通過 |
| ⑤ 低域通過 | ⑥ 消光比 | ⑦ 帯域通過 | ⑧ 音響特性 |
| ⑨ 波長選択性 | ⑩ 雑音特性 | ⑪ 増幅性能 | ⑫ 耐久性 |
| ⑬ 同位相で $100[\text{nm}]$ 短い | ⑭ 同位相で同じ | | |
| ⑮ 逆位相で $100[\text{nm}]$ 短い | ⑯ 逆位相で同じ | | |

- (2) 次の文章は、光増幅器の種類、特徴、光変調方式の特徴、光合分波器などについて述べたものである。 内の(オ)～(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。 (3点×4＝12点)

- (i) 光増幅器の種類、特徴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＞

- ① 半導体光増幅器は、電流注入により励起が可能であり、希土類添加光ファイバ増幅器と比較して、小型で他の光デバイスとの集積が容易である、増幅可能な波長帯域幅が広いなどの利点を持つが、光通信システム用としては、光ファイバとの結合、偏波依存性などにおいて課題があり、希土類添加光ファイバ増幅器ほど普及していない。
- ② 希土類添加光ファイバ増幅器は、光ファイバを増幅媒体として用いるため、他の光ファイバ部品との接続が容易であり接続損失が小さい、高利得である、偏波依存性がないなどの利点を持つが、特定の波長帯域しか増幅できないため、増幅する波長帯域を変えるためには添加物が異なる光ファイバを使用する必要がある。
- ③ 希土類添加光ファイバ増幅器の一種であるEDFAは、増幅波長帯域が石英系光ファイバの最低損失波長帯域である $1.55\mu\text{m}$ 帯に一致していることから、長距離伝送システムにおいてプリアンプ、インラインアンプ、ブースターアンプなどとして用いられている。
- ④ 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ファラデー効果を利用しており、励起光波長を選択することによって任意の波長の光を増幅できる特徴を有している。

- (ii) 光変調方式の特徴など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＞

- ① 光ファイバ通信システムで用いられる変調方式には、LDやLEDの光強度を変化させてデジタル信号を伝送する強度変調があり、この変調方式では、1と0に対応した光強度の比が小さいと雑音などの影響を受けやすくなる。
- ② 光ファイバ通信システムで用いられる外部変調方式は、LDから出射される無変調の光を変調専用のデバイス(外部変調器)を用いて変調するものであり、波長チャープニングが少なく、数[GHz]以上の高速変調が可能である。
- ③ LN変調器は、ポッケルス効果を利用して位相変調、強度変調及び偏波変調が可能であり、位相変調の原理は、加えた電圧によって生ずるブラッグ反射を利用して、導波路を伝搬する光の位相を変化させるものである。
- ④ EA変調器は、半導体の導波路における光の吸収量(損失)の波長依存性が、印加する電圧で変化する性質を利用したものであり、LN変調器と比較して、一般に、小型で動作電圧が低くLDとの集積が容易である。

(iii) 光分波・合波器及び光分岐・結合器について述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 一つの入力端子から入射した複数の波長成分を含む光を、波長ごとに複数の出力端子に分岐し出射するデバイスは、光分波器といわれる。
- B 光合波器は、光分波器と逆の作用をするデバイスであり、一般に、光分波器の入出力を逆にすることにより、光合波器として使用することができる。
- C 光導波路型の光分岐・結合器の代表的な構造であるY分岐は、多段接続して $1 \times N$ 分岐を構成することが可能であり、光アクセス系のADS方式などで広く用いられている。

＜(キ)の解答群＞

- ① Aのみ正しい ② Bのみ正しい ③ Cのみ正しい
④ A、Bが正しい ⑤ A、Cが正しい ⑥ B、Cが正しい
⑦ A、B、Cいずれも正しい ⑧ A、B、Cいずれも正しくない

(iv) 線形中継器を用いた光中継システム(線形中継システム)の特徴などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、(ク)である。

＜(ク)の解答群＞

- ① 全ての中継器が光増幅器で構成される線形中継システムは、中継器に識別回路、タイミング抽出回路など信号光の符号形式や伝送速度を制約する電子回路類を有しないことから、システムを構築した後でも伝送速度、多重する波長数などの変更が容易である。
- ② 線形中継システムでは、信号光とASE光との間のビート雑音は中継器数に比例して増大し、また、ASE光とASE光との間のビート雑音は中継器数の2乗に比例して増大する。
- ③ 線形中継システムにおける線形中継器において、光出力レベルの上限値はASE雑音の累積によるSN比の劣化によって制限され、下限値は光ファイバの非線形性による波形劣化によって制限される。
- ④ 3R機能を持たない線形中継システムでは、線形中継器におけるSN比の劣化及び光ファイバの波長分散に起因する波形劣化の累積が、符号誤り率特性を決める支配的要因となる。

- (1) 次の文章は、光ファイバ通信システムにおける損失補償及び分散補償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)

光ファイバ増幅器を用いた光通信システムにおいては、光ファイバの損失による信号光パワーの低下は光ファイバ増幅器で補償されて回復するが、S/N比は劣化する。信号光が光ファイバ増幅器を m 台通過した後の S/N 比は、光ファイバ増幅器の雑音指数を NF とすると、(ア) [dB] 劣化する。これが光ファイバ増幅器で損失補償を行っても、伝送距離を無限に延ばすことができない要因の一つである。

波長分散は、一般に、伝送用光ファイバと逆の分散特性を持つ光デバイスなどを挿入することで補償される。光ファイバ通信システムでは、一般的に使用する $1.55 [\mu\text{m}]$ 帯の信号光は、ゼロ分散波長である $1.31 [\mu\text{m}]$ より長波長側の (イ) 領域にあり、長距離伝送時には波長分散が伝送特性の劣化要因となることから、伝送用光ファイバとは逆の分散値を持つ光ファイバである (ウ) を周期的に挿入するなどして波長分散の累積をゼロに近づけている。

光ファイバ増幅器と分散補償器によって長距離伝送が可能となるが、実際の光ファイバ通信システムでは、光ファイバの非線形現象による波形劣化も問題となる。波形劣化をもたらす非線形現象の一つに、信号光が光ファイバ中を伝搬するとき、自分自身の強度に起因する屈折率変化によって位相がシフトする (エ) 現象がある。

<(ア)～(エ)の解答群>

- | | | | |
|-------|---------|-------------|-------------------------------|
| ① 飽和 | ② 異常分散 | ③ 誘導ブリルアン散乱 | ④ $10 \log_{10} m NF$ |
| ⑤ 活性 | ⑥ DFF | ⑦ 自己位相変調 | ⑧ $10 \log_{10} \frac{m}{NF}$ |
| ⑨ DCF | ⑩ 正常分散 | ⑪ 誘導コンプトン散乱 | ⑫ $20 \log_{10} m NF$ |
| ⑬ DSF | ⑭ 四光波混合 | ⑮ NZ-DSF | ⑯ $20 \log_{10} \frac{m}{NF}$ |

- (2) 次の文章は、架空構造物、支線の種類などについて述べたものである。 内の(オ)～(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。

(3点×4＝12点)

- (i) 架空構造物について述べた次のA～Cの文章は、 (オ)。

- A 架空構造物は、電柱、クロージャ、²吊り線、支持線、支線、金物類などで構成され、これらは、電気通信関連の法令において配線系設備として定義されている。
- B 支柱は、支線が取り付けられない場合に、一般に、支線の取付け方向とは反対側に取り付けられ、本柱(支柱を取り付ける電柱をいう。)に作用する水平荷重を分担する。支柱には、一般に、本柱と同一設計荷重の電柱が使用される。
- C コンクリート柱は、JIS規格において、1種及び2種に分類され、1種コンクリート柱は鉄道、軌道における電線路などの用途に、また、2種コンクリート柱は通信、配電、送電などの用途に使用される。

＜(オ)の解答群＞

- ① Aのみ正しい ② Bのみ正しい ③ Cのみ正しい
④ A、Bが正しい ⑤ A、Cが正しい ⑥ B、Cが正しい
⑦ A、B、Cいずれも正しい ⑧ A、B、Cいずれも正しくない

- (ii) 支線の種類、支線と電柱の荷重分担割合など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＞

- ① 支線は、吊り線、支持線などから電柱に加わる水平荷重に対抗して、電柱の傾斜や転倒を防止するために取り付けられるワイヤであり、電柱に取り付ける上部支線及び地下に埋設して地耐力を得る下部支線で構成される。
- ② 曲柱に取り付けられる支線は引留支線、線路の起点や終点の電柱に取り付けられる支線は片支線といわれ、これら支線の取付け角度(支線角度)は、一般に、35度～45度であり、積雪地帯では雪の沈降力を考慮して45度となっている。
- ③ 上部支線の種別は、支線が分担する荷重、支線角度などによって決定され、下部支線の種別は、上部支線の種別、設置場所の土質などによって決定される。下部支線を地中で固定する部材としては、一般に、普通土質では支線アンカが使用され、軟弱性土質では支線ブロックが使用される。
- ④ 支線が取り付けられた単独柱に加わる水平荷重は、一般に、支線が90[%]、電柱が10[%]の割合で分担する。この分担割合は、支線の代わりに支柱を用いた場合でも同じである。

- (iii) 電柱の構造、耐力、基礎地盤支持力など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＞

- ① 電柱の直径増加率はテーパといわれ、テーパ α は、電柱の末口をD、元口をD'、長さをLとすると、次式で求められ、一般に、コンクリート柱のテーパは、鋼管柱と比較して大きくなっている。
- $$\alpha = \frac{D-D'}{L}$$
- ② 電柱には、吊り線、支持線などによる水平荷重が加わるため、電柱の元口を支点に曲げモーメントが作用する。そのため、電柱は、最も強度が要求される箇所を元口として構造が決定されている。
- ③ コンクリート柱は、J I S規格において、所定のひび割れ試験荷重を加えたとき、幅0.25〔mm〕を超えるひび割れが発生してはならず、ひび割れ試験荷重を除荷したとき幅0.05〔mm〕を超えるひび割れが残留してはならないとされている。一方、鋼管柱では、コンクリート柱と同じひび割れ試験荷重を加えても、ひび割れは発生しないため、塗装の剥がれ、座屈の有無などで合否を判定する。
- ④ 電柱の傾斜又は転倒は、基礎地盤支持力が弱く、電柱の水平荷重による曲げモーメントを根入れ部分の抵抗モーメントで支えきれない場合に発生する。そのため、基礎地盤支持力を判定する基準として、一般に、電柱が折損する直前の曲げモーメントに安全率を考慮して求めた値が用いられる。

- (iv) コンクリート柱の劣化、非破壊検査方法などについて述べた次のA～Cの文章は、(ク)。

- A コンクリート柱に過大な不平衡荷重が加わると、一般に、縦ひび割れが発生する。縦ひび割れが発生すると、電柱の種類によっては鉄筋が破断して折損に至る場合がある。
- B 沿岸地域に設置されたコンクリート柱の表面に海から運ばれた塩分が付着すると、塩分がコンクリートのひび割れなどを通して内部に浸透し、鉄筋が腐食膨張してコンクリートが剥落する場合がある。
- C 目視では確認できないコンクリート柱のひび割れ、鉄筋の破断などの検査は、非破壊で行われる。非破壊検査法には超音波法、渦流探傷法などがあり、一般に、コンクリート柱の地下部分のひび割れ検査には超音波法、鉄筋の破断検査には渦流探傷法を採用した測定器が用いられる。

＜(ク)の解答群＞

- ① Aのみ正しい ② Bのみ正しい ③ Cのみ正しい
④ A、Bが正しい ⑤ A、Cが正しい ⑥ B、Cが正しい
⑦ A、B、Cいずれも正しい ⑧ A、B、Cいずれも正しくない

- (1) 次の文章は、架空ケーブルの損傷とその対策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)

SSケーブルにおいて、支持線の切裂き際でケーブルの円周方向に発生する外被の亀裂は、一般に、□(ア)といわれる。□(ア)は、ケーブルダンシングの発生により振動ひずみが支持線とケーブルとの切裂き際に集中し、ケーブル外被が徐々に裂けていく現象であり、対策として、□(イ)ケーブルへの張り替え、縛り紐^{ひも}によるひずみ分散、リング掛けによるケーブル架渉などが有効とされている。

LAPシース型のケーブルでは、□(ウ)の合わせ目に沿ってケーブルの長手方向に亀裂が発生する場合がある。これは、ケーブル内部へ浸入した水の凍結圧によって生ずる円周方向への応力が□(ウ)の合わせ目部分に集中し、外被の肉厚の薄い部分が裂ける現象である。ケーブル内への水の浸入は、水が浸入するおそれがある部分、例えば、クロージャのノズルや蓋部、ケーブル外被の損傷痕などの点検、補修などによって防止することができる。

げっ歯類やコウモリガの幼虫などケーブルをかじる生物によるケーブル損傷被害に対しては、ケーブル外被の内側に□(エ)を設けた□(イ)ケーブルを使用するなどの対策が講じられている。

<(ア)～(エ)の解答群>

- | | | | |
|------|----------|----------|-------------|
| ① FR | ② クリーピング | ③ 応力腐食割れ | ④ プラスチックテープ |
| ⑤ HS | ⑥ リングカット | ⑦ 高耐食性材料 | ⑧ ポリエチレン層 |
| ⑨ ES | ⑩ 座屈 | ⑪ PEシース | ⑫ 電磁軟鉄テープ |
| ⑬ WB | ⑭ アルミシース | ⑮ ステンレス層 | ⑯ テンションメンバ |

- (2) 次の文章は、風圧荷重、電柱の設計荷重などについて述べたものである。 内の(オ)～(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。

(3点×4＝12点)

- (i) 風圧荷重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＞

- ① 風圧荷重は、構造物の地上高に比例し、空気の密度の2乗に比例して大きくなる。また、その値は、構造物の形状、大きさなどによって変化する。
- ② 甲種風圧荷重は、市街地に適用され、高温期の強風を想定した場合の荷重であり、コンクリート柱の場合、その垂直投影面積1[m²]当たり780[Pa]の風圧を受けるものと仮定した場合の荷重である。
- ③ 乙種風圧荷重は、氷雪の多い地域に適用され、架渉線に厚さ6[mm]の氷雪が付着した状態で甲種風圧荷重の $\frac{1}{2}$ の風圧を受けるものと仮定した場合の荷重である。
- ④ 丙種風圧荷重は、市街地以外の地域に適用される。ただし、海岸地帯などの強風地域では甲種風圧荷重が適用され、氷雪の多い地域では乙種風圧荷重が適用される場合がある。

- (ii) 電柱の設計荷重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＞

- ① 中間柱の設計荷重は、一般に、線路に対して直角方向からの風圧荷重が問題となることから、甲種、乙種又は丙種風圧荷重が適用される地域ごとに分類して、平均電柱間隔、ケーブル外径、基礎地盤支持力などを考慮して求められる。
- ② 引留柱の設計荷重は、一般に、吊り線又は支持線の設計張力に等しい不平衡荷重が線条方向に加わるものとして、基礎地盤支持力などを考慮して求められる。
- ③ 曲柱の設計荷重は、線路に角度があるため、不平衡荷重が両側の吊り線又は支持線の合成方向に加わるものとして、基礎地盤支持力などを考慮して求められる。
- ④ 電柱の設計において、無支線又は無支柱の電柱では、電柱自体の強度及び基礎地盤支持力の両方を考慮する必要があるのに対し、適正な支線又は支柱を有する電柱では、電柱自体の強度は無視してもよく、基礎地盤支持力のみを考慮すればよい。

(iii) 光ファイバケーブルなどの故障とその対策について述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 光ファイバは浸水しても即時に伝送特性が劣化することはないが、長期的には、破断寿命の短縮、金属腐食に伴い発生する水素による損失増加などにつながることから、浸水のおそれがある区間には、一般に、水走り防止構造を有するFRケーブルが用いられる。
- B 光ファイバケーブル布設後に光損失が増加した場合は、光ファイバテープ心線の波打ち現象が原因の一つと考えられる。波打ち現象は、光ファイバケーブルの牽引端^{けん}でケーブル外被と光ファイバテープ心線とをそれぞれ別々に固定し、人力で牽引力及び牽引速度を変えながら牽引することにより回避することができる。
- C 光クロージャ内における光ファイバの断線は、メカニカルスプライス接続した箇所を熱収縮スリーブで補強・固定する際の光ファイバのねじれが原因で発生する場合があることから、熱収縮スリーブを加熱する前には、光ファイバにねじれがないことを確認する必要がある。

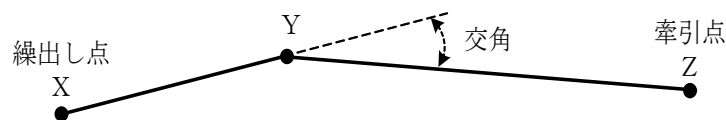
＜(キ)の解答群＞

- | | | |
|----------------|------------------|-----------|
| ① Aのみ正しい | ② Bのみ正しい | ③ Cのみ正しい |
| ④ A、Bが正しい | ⑤ A、Cが正しい | ⑥ B、Cが正しい |
| ⑦ A、B、Cいずれも正しい | ⑧ A、B、Cいずれも正しくない | |

(iv) 図に示す地下管路モデルにおいて、X地点からZ地点へ、以下に示す条件で光ファイバケーブルを布設する場合、Z点での牽引張力は、(ク) [N]である。

(条 件)

- ① 光ファイバケーブル質量 : 0.5 [kg/m]
- ② X～Y間の布設距離 : 100 [m]
- ③ Y～Z間の布設距離 : 200 [m]
- ④ 繰出し点Xの初期張力 : 100 [N]
- ⑤ 摩擦係数 : 0.5
- ⑥ 交角 : 20°
- ⑦ Y点での張力増加率 : 1.2
- ⑧ 重力加速度 : $10 \text{ [m/s}^2\text{]}$
- ⑨ 光ファイバケーブルの布設ルートは平面とし、高低差はないものとする。



＜(ク)の解答群＞

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 750 | ② 800 | ③ 860 | ④ 900 | ⑤ 920 |
|-------|-------|-------|-------|-------|

試験問題についての特記事項

- (1) 試験問題に記載されている製品名は、それぞれ各社の商標又は登録商標です。
なお、試験問題では、® 及び TM を明記していません。
- (2) 問題文及び図中などで使用しているデータは、すべて架空のものです。
- (3) 論理回路の記号は、MIL記号を用いています。
- (4) 試験問題では、常用漢字を使用することを基本としていますが、次の例に示す専門的用語などについては、常用漢字以外も用いています。
[例] ・迂回(うかい) ・筐体(きょうたい) ・輻輳(ふくそう) ・撚り(より) ・漏洩(ろうえい) など
- (5) バイト[Byte]は、デジタル通信において情報の大きさを表すために使われる単位であり、一般に、2進数の8桁、8ビット[bit]です。
- (6) 情報通信の分野では、8ビットを表すためにバイトではなくオクテットが使われますが、試験問題では、一般に、使われる頻度が高いバイトも用いています。
- (7) 試験問題のうち、正誤を問う設問において、句読点の有無など日本語表記上若しくは日本語文法上の誤りだけで誤り文とするような出題はしていません。
- (8) 法令に表記されている「メガオーム」は、「メガオーム」と同じ単位です。
- (9) 法規科目の試験問題において、個別の設問文中の「」表記は、出題対象条文の条文見出しを表しています。
また、出題文の構成上、必ずしも該当条文どおりには表記しないで該当条文中の()表記箇所の省略や部分省略などを行っている部分がありますが、()表記の省略の有無などで正誤を問うような出題はしていません。