

## 問 題 (診 断 士)

## [解答作成の注意事項]

1. 試験監督者の試験開始の合図があるまで、試験問題を見てはいけません。
2. この試験問題は、四肢択一式および記述式です。試験問題は、全部で 41 ページです。
3. 四肢択一式問題は 40 問です。
4. 記述式問題は、問題 I および問題 II の 2 つがあります。いずれか 1 題を選択して答えてください。
5. 解答用紙は、四肢択一式問題用マークシート 1 枚および記述式問題用 1 枚の計 2 枚です。
6. マークシートの所定欄に、受験番号、氏名、試験地を記入してください。受験番号は、記入例を参照して間違いのないようにマークしてください。
7. 四肢択一式問題 1～40 は、問題ごとに正解肢は 1 つしかありません。1 問につき 2 つ以上マークすると、その問題の解答は無効になります。正解と考える選択肢の番号をマークシートの解答欄①②③④から 1 つ選び、HB または B 程度の黒鉛筆(シャープペンシル可)で黒く塗りつぶしてください(解答用紙のマーク記入例参照)。
8. マークシートは光学的に読み取るので、記入の仕方が悪い場合、消し方が不十分な場合、あるいはボールペンで記入した場合等では二重解答や無解答となることがあります。
9. 記述式問題の解答用紙の所定欄に、受験番号、氏名および試験地を記入してください。
10. 記述式問題の解答に際しては、選択した問題の番号を記入してください。選択した問題の番号が記入されていなかった場合は、採点の対象となりません。

## [その他の注意事項]

1. 試験開始の合図の後、ただちにページ数の過不足および印刷の不鮮明なところがないことを確かめてください。過不足等があったら取り替えますので、手をあげて申し出てください。
2. 試験問題の内容についての質問には、お答えできません。
3. 計算機(小型無音で、四則演算程度(平方根、数値メモリは含む)までしかできないもの)の使用はさしつかえありません。ただし、前記の演算機能以外の、関数演算や式あるいは文章等を記憶する機能を有する機器(例えば、関数電卓、ポケットコンピュータ、スマートフォン、携帯電話、電子手帳等)は、使用を禁止します。
4. この試験の解答時間は、試験開始の合図があつてから 3 時間です。試験開始後 1 時間以内および終了 15 分前以降は退室できません。
5. 試験開始後 1 時間から試験終了前 15 分までの間に中途退室を希望する方は、手をあげて試験監督補助者に試験問題と解答用紙を手渡ししてから、静かに退室してください。中途退室のときは、試験問題を持ち出すことはできません。
6. 試験終了の合図があつたら、ただちに解答をやめ、マークシートも記述式問題の解答用紙も表を上にし、開いた状態で机の上に置き、試験監督者あるいは試験監督補助者が解答用紙を回収した後、試験監督者の指示があるまで席を立たずにそのまま待っていてください。試験終了後は試験問題を持ち帰ってもかまいません。

・中途退室して試験終了後に本試験問題を受け取りにくる場合、あらかじめ以下に受験番号を記入してください(自分のものであることの確認のため)。

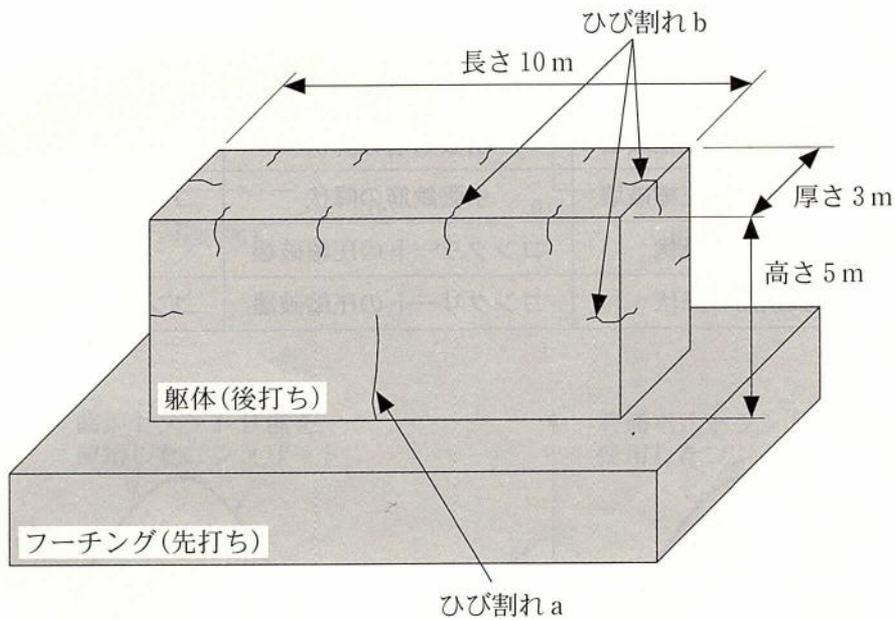
受験番号

--	--	--	--	--	--

【問題 1】

温度ひび割れに関する次の記述中の(A)～(D)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

下図はRC橋脚に生じたひび割れを示す。図中のひび割れaは、躯体の温度の(A)に伴ってフーチングによる拘束を受けることによって発生し、躯体を(B)ひび割れとなることが多い。また、図中のひび割れbは、躯体の(C)によって発生し、コンクリートの温度が(D)する際に発生しやすい。



	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	上昇	貫通しない	中心と表面の温度差	降下
(2)	降下	貫通しない	表面と外気の温度差	上昇
(3)	上昇	貫通する	表面と外気の温度差	降下
(4)	降下	貫通する	中心と表面の温度差	上昇

【問題 2】

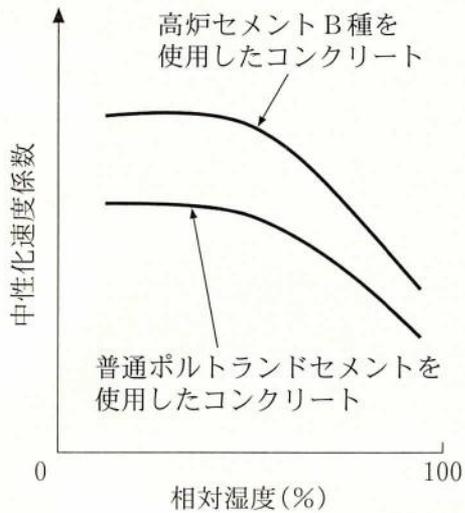
梁部材の耐荷性状に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

曲げを受ける鉄筋コンクリート梁部材で、コンクリートが先に圧縮破壊するか引張鉄筋が先に降伏応力に達するかは、部材の鉄筋比による。一般的に、( A )よりも先に( B )が生じるように設計すると脆性的な破壊を防ぐことができる。ただし、技術基準等で定められる最小鉄筋比より極端に小さい鉄筋比の場合には、曲げひび割れの発生とほぼ同時に( C )が生じ、最終的に脆性的な破壊に至るため注意が必要である。

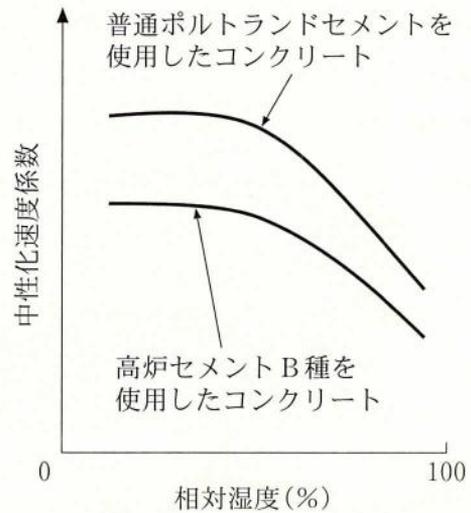
	(A)	(B)	(C)
(1)	コンクリートの圧縮破壊	引張鉄筋の降伏	引張鉄筋の降伏
(2)	コンクリートの圧縮破壊	引張鉄筋の降伏	コンクリートの圧縮破壊
(3)	引張鉄筋の降伏	コンクリートの圧縮破壊	引張鉄筋の降伏
(4)	引張鉄筋の降伏	コンクリートの圧縮破壊	コンクリートの圧縮破壊

【問題 3】

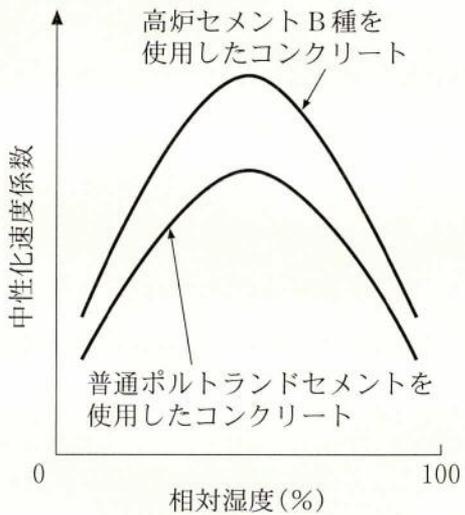
相対湿度とコンクリートの中性化速度係数の関係を表す次の(1)～(4)の概念図のうち、適当なものはどれか。ただし、セメント種類によらず各コンクリートの水セメント比は同じとする。



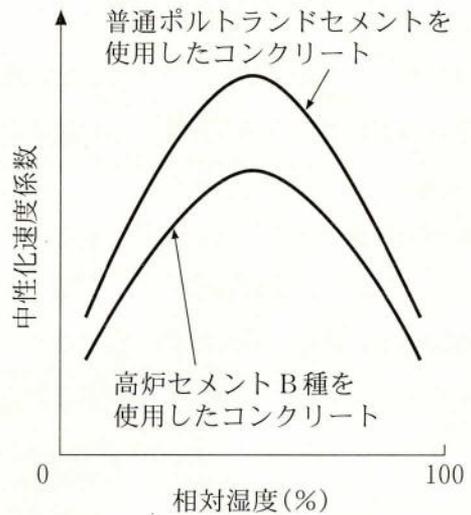
(1)



(2)



(3)



(4)

【問題 4】

コンクリート中における鋼材の腐食生成物の形成プロセスに関して、次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

コンクリート中の鋼材は溶解して $\text{Fe}^{2+}$ となり、加水分解により(A)が生じる。塩化物イオンが存在すると、(A)が酸化して、いわゆる緑錆が生じる。緑錆は、酸化速度が大きい環境下では(B)に変化し、酸化速度が小さい環境下では(C)に変化する。このように腐食環境に応じて腐食生成物に変化し、異なる体積膨張率を示す。

	(A)	(B)	(C)
(1)	$\gamma\text{-FeOOH}$ (橙色)	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$
(2)	$\text{Fe}_3\text{O}_4$ (黒色)	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\gamma\text{-FeOOH}$
(3)	$\text{Fe}(\text{OH})_2$ (白色)	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	$\gamma\text{-FeOOH}$
(4)	$\text{Fe}(\text{OH})_2$ (白色)	$\gamma\text{-FeOOH}$	$\text{Fe}_3\text{O}_4$

【問題 5】

コンクリートのアルカリシリカ反応に関する次の記述中の(A)～(D)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

我が国における火成岩のうち、反応性を示す可能性が高い岩種の区分は(A)である。この理由は、マグマの冷却速度が(B)、結晶が(C)し、反応性の高い鉱物が生成されやすいためである。また、堆積岩の一種である(D)の中には、アルカリシリカ反応の遅延膨張性を示すものがあるので注意が必要である。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	深成岩	小さく	細粒化	石灰岩
(2)	深成岩	小さく	粗粒化	砂岩
(3)	火山岩	大きく	粗粒化	石灰岩
(4)	火山岩	大きく	細粒化	砂岩

【問題 6】

フライアッシュを用いたコンクリートの耐凍害性に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

フライアッシュを用いることでコンクリートの細孔構造の緻密化を図ることができ、一般にコンクリートの物質移動抵抗性が向上する。

一方、フライアッシュに含有される未燃カーボンはAE剤を吸着する性質があるため、フライアッシュを用いたコンクリートではAE剤を用いても気泡は連行されにくく、気泡間隔係数が( A )なる。また、フライアッシュを用いることでコンクリートの凝結が( B )傾向があり、( C )が多くなると、気泡の粗大化や消失等が生じる。このため、フライアッシュを用いたコンクリートでは、特殊なAE剤を使用し、耐凍害性を確保する対応が一般に行われる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	大きく	促進される	セメントの水和発熱量
(2)	小さく	促進される	セメントの水和発熱量
(3)	大きく	遅延する	ブリーディング量
(4)	小さく	遅延する	ブリーディング量

【問題 7】

下水道施設における化学的侵食に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

下水中の硫酸塩は、硫酸塩還元細菌の働きにより(A)に変化する。その後、(A)ガス濃度が高まり、気相部のコンクリート表面における硫黄酸化細菌の働きにより硫酸が生成する。硫酸とコンクリート中の(B)が反応すると、(C)などが生成されて顕著な体積膨張が生じる。硫酸による化学的侵食は、図中に示した結露水が溜まりやすい箇所や水面近傍の気中部で著しく進行しやすい。

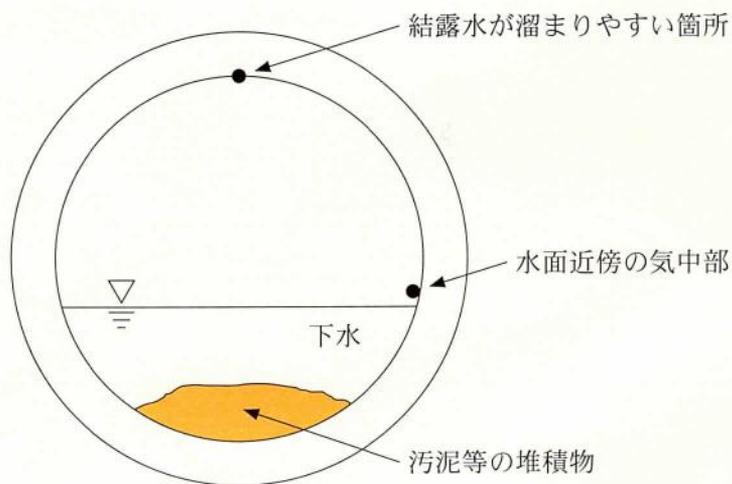


図 下水道管きよの断面図

	(A)	(B)	(C)
(1)	硫化水素	C-S-H	硫酸ナトリウム
(2)	硫化水素	Ca(OH) <sub>2</sub>	二水石こう
(3)	二酸化硫黄	Ca(OH) <sub>2</sub>	無水石こう
(4)	二酸化硫黄	C-S-H	二水石こう

【問題 8】

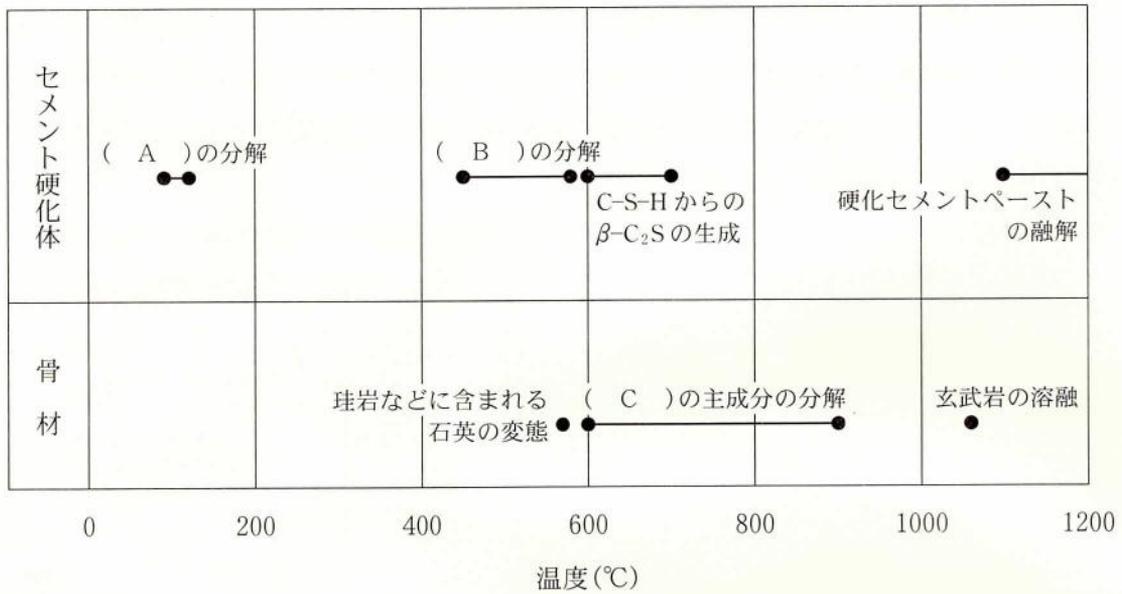
鋼道路橋 RC 床版の疲労に関する次の記述中の(A)～(D)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

劣化初期において、床版の乾燥収縮が主桁に拘束されると、( A )方向に一方向ひび割れが発生する。その後、繰返し荷重を受けるとひび割れ( B )は大きくなる。さらに押抜きせん断耐力の低下が顕著となる段階では、ひび割れ( B )の変化は小さいものの、ひび割れ( C )が徐々に大きくなる。なお、( D )状態にある RC 床版は、上述のような疲労による劣化の進行は非常に速くなる。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	橋 軸	幅	密 度	滞 水
(2)	橋 軸	密 度	幅	乾 燥
(3)	橋軸直角	密 度	幅	滞 水
(4)	橋軸直角	幅	密 度	乾 燥

【問題 9】

下図は、火災などによって加熱されたコンクリートの各温度域において、セメント硬化体と骨材の化学的変化を模式的に示したものである。図中の(A)～(C)に当てはまる次の(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。



	(A)	(B)	(C)
(1)	水酸化カルシウム	エトリンガイト	安山岩
(2)	エトリンガイト	水酸化カルシウム	安山岩
(3)	水酸化カルシウム	エトリンガイト	石灰岩
(4)	エトリンガイト	水酸化カルシウム	石灰岩

【問題 10】

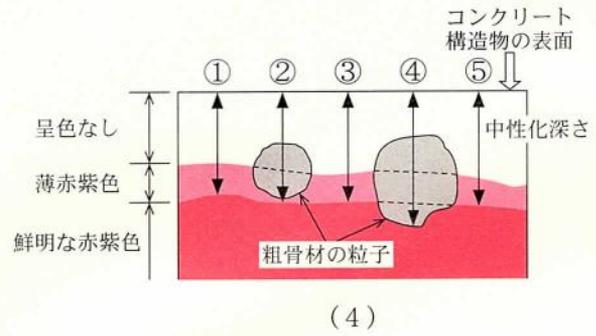
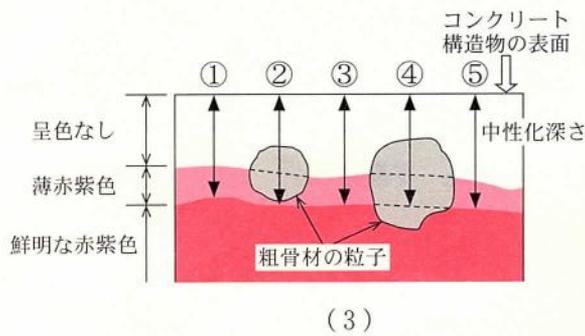
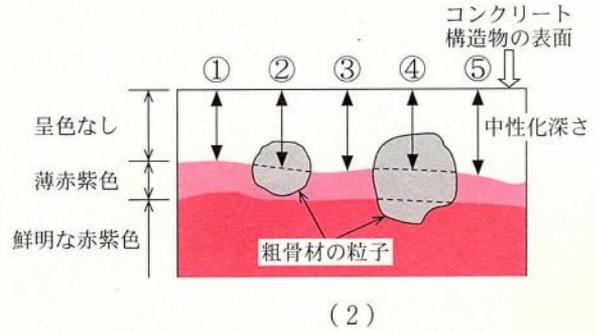
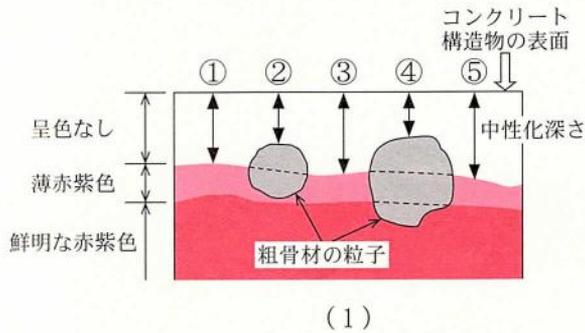
コンクリートの複合劣化に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

凍結融解環境下では、コンクリートに( A )が供給されると、毛細管内における水の( B )の影響等により未凍結水量が増加し、さらに浸透圧の増加によって凍害による劣化の進行が促進されることがある。また、凍害で劣化したコンクリートには( A )が浸入しやすくなり、細孔内の( C )にともなってアルカリシリカ反応が促進されることがある。

	(A)	(B)	(C)
(1)	NaCl	昇華	表面張力の低下
(2)	NaCl	凝固点降下	pHの上昇
(3)	CaCl <sub>2</sub>	凝固点降下	表面張力の低下
(4)	CaCl <sub>2</sub>	昇華	pHの上昇

【問題 11】

コンクリート構造物から採取したコア供試体の割裂面において、JIS A 1152 : 2018(コンクリートの中性化深さの測定方法)により中性化深さを測定した。図中の①～⑤の測定位置における中性化深さとして、次の(1)～(4)のうち適当なものはどれか。



【問題 12】

アルカリシリカ反応が疑われるコンクリート構造物から試料を採取して行う調査に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) 目視により、反応リム(骨材周縁部の変色)の有無を調べた。
- (2) 偏光顕微鏡により、骨材中の反応性鉱物の種類を調べた。
- (3) 蛍光顕微鏡により、骨材の  $\text{SiO}_2$  量を調べた。
- (4) SEM(走査型電子顕微鏡)に付属のEDS(エネルギー分散型X線分光器)により、白色ゲル状物質の化学成分を調べた。

【問題 13】

戸建て住宅の布基礎部のコンクリートに白色析出物が観察された。この物質の特定方法に関する次の記述中の(A)および(B)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

簡易的に調べる方法として、白色析出物が( A )に溶解した場合、エフロレッセンスやアルカリシリカゲルの可能性は低くなり、硫酸塩劣化に伴う生成物である可能性が高くなる。さらに、硫酸塩劣化に伴う生成物であることを特定するためには、( B )を用いて鉱物を同定するとよい。

	(A)	(B)
(1)	蒸留水	粉末 X 線回折装置(XRD)
(2)	蒸留水	原子吸光光度計
(3)	希塩酸	粉末 X 線回折装置(XRD)
(4)	希塩酸	原子吸光光度計

【問題 14】

疲労により劣化が進行した道路橋 RC 床版において、床版内部の水平ひび割れの有無を調べる方法として次の(1)～(4)のうち、最も不適当なものはどれか。

- (1) 電磁誘導法
- (2) 超音波法
- (3) 電磁波レーダ法
- (4) コア削孔内壁面の観察

【問題 15】

火災を受けたコンクリートの受熱温度を推定するための方法に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

コンクリートの受熱温度を推定する方法には、UV スペクトル法と、( A )による酸素消費量の定量分析の2種類がある。いずれの方法も、コンクリートが600℃付近まで加熱されるとコンクリート中の化学混和剤の濃度が( B )することに着目したものである。

UV スペクトル法は、分光光度計を用いて波長260nmにおけるUV光を分析し、吸光度と加熱温度との関係(検量線)から、受熱温度を推定する方法であるが、( C )系の化学混和剤を用いたコンクリートには適用することはできない。これは、( C )系の化学混和剤の分子構造にはベンゼン環が含まれておらず、波長260nmにおけるUV光が吸光されないためである。

	(A)	(B)	(C)
(1)	過マンガン酸カリウム	増加	リグニンスルホン酸
(2)	過マンガン酸カリウム	減少	ポリカルボン酸
(3)	グルコン酸ナトリウム	増加	ポリカルボン酸
(4)	グルコン酸ナトリウム	減少	リグニンスルホン酸

【問題 16】

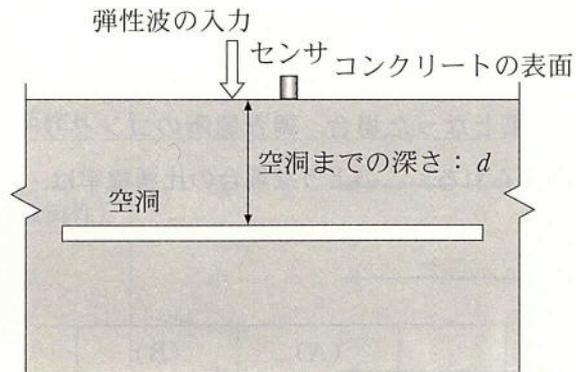
コンクリート構造物から採取したコアを用いて圧縮強度試験を行った。このとき用いた試験方法に関する次の記述のうち、JIS A 1107:2012(コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法)の規定に照らして、不適当なものはどれか。

- (1) 粗骨材の最大寸法が20mmであったため、直径70mmのコアを採取した。
- (2) コア供試体の高さを4か所において測定し、最大値と最小値の平均値を供試体の平均高さとした。
- (3) コア供試体の直径を、供試体高さの中央付近で互いに直交する2方向について測定し、その平均値を供試体の平均直径とした。
- (4) 直径100mmのコア供試体の高さが150mmであったため、試験で得られた圧縮強度に補正係数を乗じて補正した。

【問題 17】

図に示すように、コンクリート表面から空洞までの深さを衝撃弾性波法によって推定する。

コンクリート中の縦波による一次の共振周波数  $f$  と弾性波伝播速度  $V_p$  から、空洞までの深さ  $d$  を推定する式として(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。



- (1)  $d = \frac{V_p}{f}$
- (2)  $d = \frac{V_p}{2f}$
- (3)  $d = \frac{f}{V_p}$
- (4)  $d = \frac{2f}{V_p}$

【問題 18】

コンクリート構造物の鉄筋探査に電磁波レーダ法を用いる場合のキャリブレーションに関して、次の記述中の(A)および(B)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

鉄筋のかぶり(厚さ)を精度良く推定するためには、コンクリートの比誘電率の設定が重要である。例えば、比誘電率の初期値  $\epsilon_0$  を用いて測定したかぶり(厚さ)の推定値が、実測されたかぶり(厚さ)よりも小さい結果となった場合、調査箇所のコンクリートの含水率が想定よりも( A )ことが原因と考えられる。このような場合の比誘電率は、初期値  $\epsilon_0$  よりも( B )値に変更するとよい。

	(A)	(B)
(1)	高かった	低い
(2)	高かった	高い
(3)	低かった	高い
(4)	低かった	低い

【問題 19】

RC 構造物から採取したコアの全塩化物イオン濃度を JIS A 1154 : 2012 (硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法) に従って電位差滴定法で測定することとした。試料の処理方法に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) 乾式コンクリートカッターを用いてコアからコンクリート切片を切り出した。
- (2) 分析試料は、コンクリート切片を 0.15 mm 以下に微粉碎したものをを用いた。
- (3) 直ちに測定ができなかったため、分析試料をデシケータ内で保存した。
- (4) 微粉碎した分析試料を蒸留水に入れて加熱煮沸した後、採取したろ液を試料溶液とした。

【問題 20】

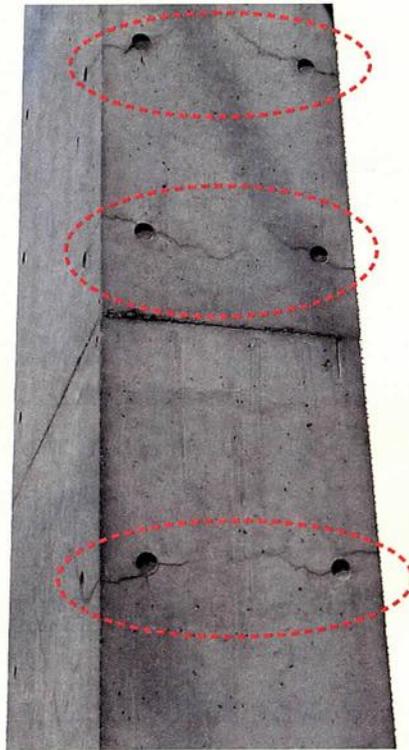
アルカリシリカ反応の疑いがあるコンクリート構造物からコア試料を採取し、コンクリートの残存膨張性を推定することとした。JCI-S-011-2017 (コンクリート構造物のコア試料による膨張率の測定方法) の規定に照らして、次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) コア試料は、直径を 100 mm とし、長さを構造物の表面から 50 mm の部分を除く 250 mm とした。
- (2) 解放膨張率を測定するため、基長を測定したコア試料を密閉容器に入れ、速やかに温度  $20 \pm 2$  °C、相対湿度 95 % 以上で貯蔵した。
- (3) 解放膨張率の測定が終了したコア試料は、密閉容器に入れ、温度  $30 \pm 2$  °C、相対湿度  $60 \pm 5$  % で貯蔵した。
- (4) 促進膨張率を測定する際には、各貯蔵容器保管環境から 24 時間前に、コア試料を貯蔵容器ごと取り出し、 $20 \pm 2$  °C に保った測定室で保管した。

【問題 21】

RC造建築物の独立した柱において、型枠を取り外した1週間後に、写真に示すようにセパレータ位置に水平方向のひび割れを確認した。柱の断面寸法は、600 mm × 600 mm である。

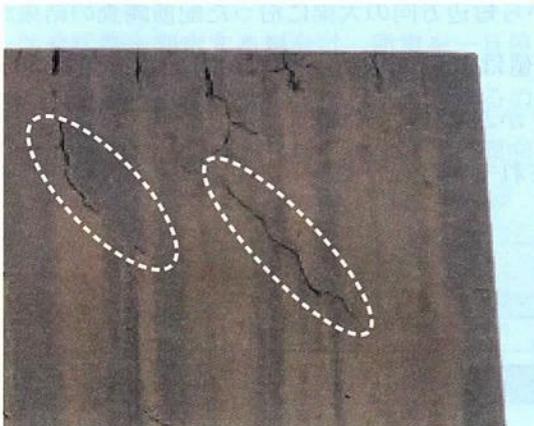
このひび割れが生じた主たる原因として、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。



- (1) 帯(鉄)筋のかぶり(厚さ)が不足していた。
- (2) コンクリートの打込み速度が速かった。
- (3) コンクリートの打重ね時間間隔が長かった。
- (4) 型枠の存置期間が短かった。

【問題 22】

写真(A)および(B)に示す RC 造建築物の壁部材に生じた斜め方向のひび割れの発生原因を次のように推定した。それぞれの写真の推定結果に関する次の(1)～(4)の適・不適の組合せのうち、適当なものはどれか。

	
<p>写真(A) 最上階端部のひび割れ</p>	<p>写真(B) 開口部の間のひび割れ</p>
<p>推定原因：日射による温度変化に伴う変形</p>	<p>推定原因：乾燥収縮</p>

	写真(A)に対する推定	写真(B)に対する推定
(1)	適	不適
(2)	不適	適
(3)	適	適
(4)	不適	不適

【問題 23】

図1に示す、竣工後30年経過したRC造建築物の床スラブで、過大なたわみが認められた。スラブ端部の床面からの電磁波レーダ法を用いた配筋調査の結果による、たわみの原因の推定に関する以下の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

上端鉄筋が(A)側となるスラブ端部の柱から短辺方向の大梁に沿った配筋調査の結果が、図2のように得られた。上端鉄筋の間隔の設計値は150 mm、かぶり(厚さ)の設計値は30 mmであったことから、鉄筋間隔は設計値(B)、かぶり(厚さ)は設計値より(C)ことがわかる。これより、スラブの曲げ剛性が設計で想定されていたものより小さくなり、過大なたわみを助長したものと考えられる。

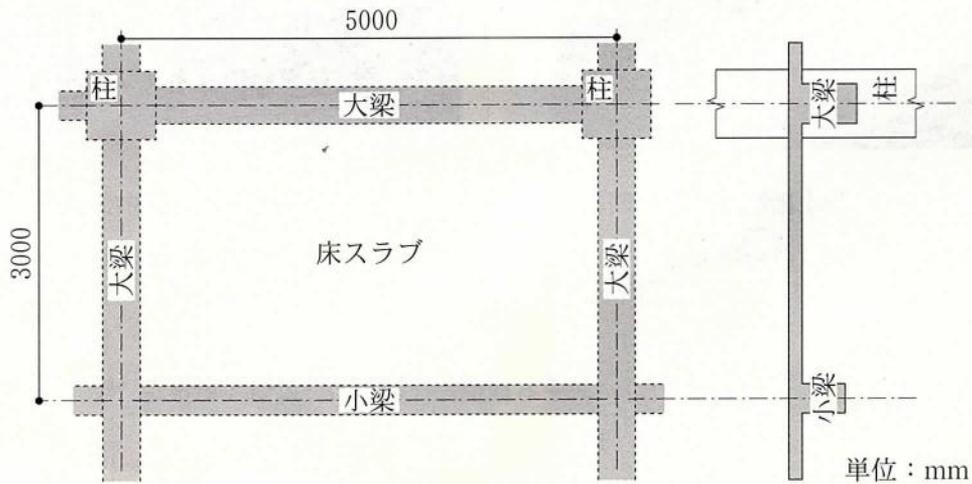


図1 床スラブ

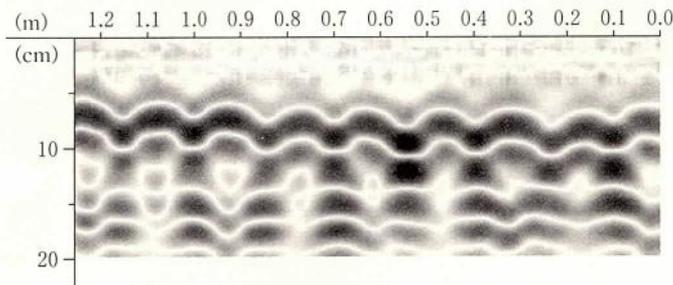


図2 電磁波レーダ法による配筋調査結果  
(深度校正は適切に行われている)

	(A)	(B)	(C)
(1)	引張	より大きく	小さい
(2)	引張	と同等	大きい
(3)	圧縮	より大きく	小さい
(4)	圧縮	と同等	大きい

【問題 24】

建設後 64 年が経過した RC 造建築物の打放し仕上げの外壁をはつり、中性化深さおよび鉄筋の状態に関する調査を行ったところ、下表の調査結果を得た。この調査結果に関する記述(A)～(C)の適・不適の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。なお、鉄筋のかぶり(厚さ)は 35 mm であり、CO<sub>2</sub> 濃度と温度は時間の経過および場所によらず一定とする。

はつり部の調査結果

調査箇所	雨掛かりなし	雨掛かりあり
中性化深さ	48 mm	24 mm
鉄筋の状態	錆は生じていない	錆は生じていない

かぶり 35 mm

- (A) 雨掛かりのない箇所の中性化速度係数は、 $6.0 \text{ mm}/\sqrt{\text{年}}$  と判断した。  
 (B) 雨掛かりのある箇所の中性化は、建設後 100 年には鉄筋位置に到達すると評価した。  
 (C) 雨掛かりのない箇所では、中性化は鉄筋位置に達しているものの、腐食が進行するのに必要な水分が供給されなかったと判断した。

	(A)	(B)	(C)
(1)	適	適	不適
(2)	不適	適	適
(3)	適	不適	適
(4)	不適	不適	不適

【問題 25】

図に示す港湾の直杭式横棧橋の RC 上部工について、将来的な塩化物イオン濃度を予測するために、床版と梁の 14 箇所からコア試料を採取して分析した表面塩化物イオン濃度の調査結果を表に示す。この構造物の表面塩化物イオン濃度の設定に関する次の記述中の(A)～(D)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

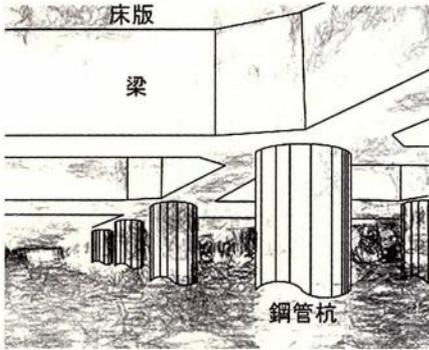


表 表面塩化物イオン濃度の調査結果

	表面塩化物イオン濃度 (kg/m <sup>3</sup> )		調査箇所数
	平均値	標準偏差	
部材 1	18.97	10.22	8
部材 2	8.25	4.34	6

図 直杭式横棧橋

表に示す調査結果のうち、部材 1 は( A )、部材 2 は( B )の結果である。このように部材毎に環境が異なると想定される場合、部材の違いを考慮せずに調査箇所全体の平均値を用いて塩化物イオンの浸透予測を行うと、例えば、部材 1 では塩化物イオンの浸透を( C )に評価してしまう。このため、このような構造物の塩化物イオンの浸透予測は、部材ごとに分けて行う必要がある。

また、同一の部材であっても、調査箇所数が少なく、調査箇所間の表面塩化物イオン濃度のばらつきが( D )場合、評価精度を上げるために、調査箇所数を増やして平均値や標準偏差を求め、例えば、正規分布とみなして標準偏差に応じて表面塩化物イオン濃度を補正し予測を行う考え方もある。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	梁	床版	過小	大きい
(2)	梁	床版	過小	小さい
(3)	床版	梁	過大	大きい
(4)	床版	梁	過大	小さい

【問題 26】

写真1に示す、建設後30年が経過した現場打ち擁壁の側面において、写真2および写真3に示すような変状が見られた。写真3の箇所のコンクリート片を採取し、電子顕微鏡(SEM)で観察したところ、写真4の画像が得られた。これらの変状の主な発生原因として(1)~(4)のうち、適当なものはどれか。

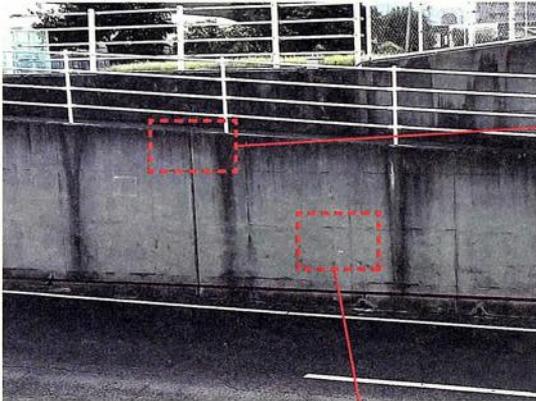


写真1



写真2

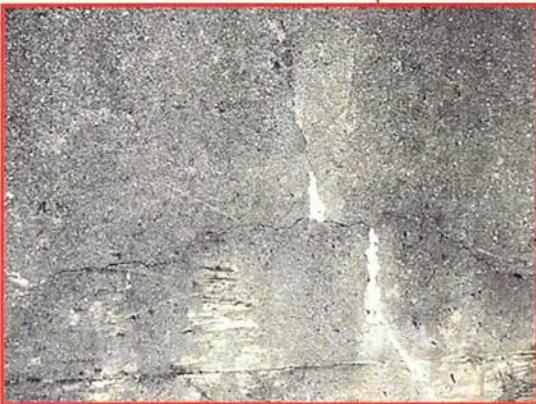


写真3



写真4

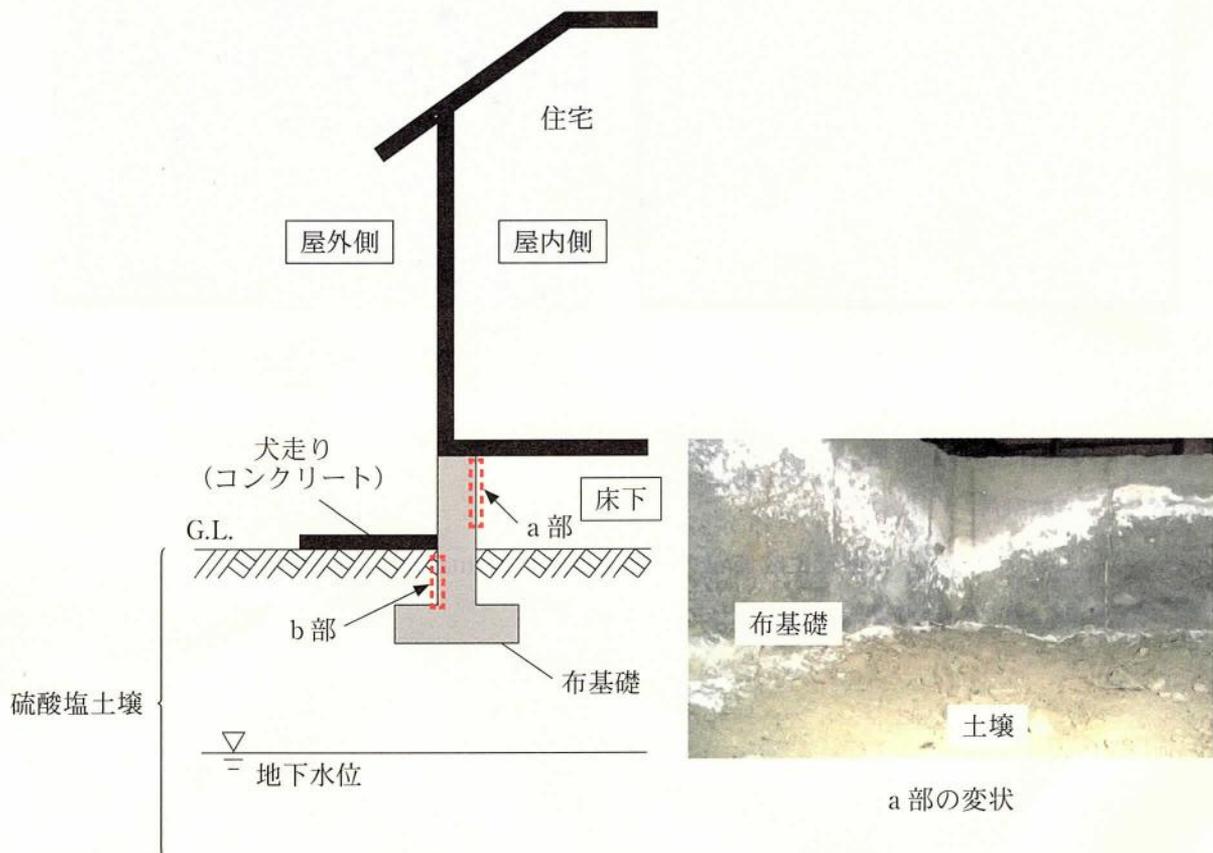
- (1) 日射による熱膨張
- (2) 凍結融解
- (3) エトリンガイトの遅延生成(Delayed Ettringite Formation : DEF)
- (4) アルカリシリカ反応

【問題 27】

硫酸塩土壌に施工された戸建て住宅のRC造布基礎のa部において、竣工から10年後に写真に示す白い析出物の生成とスケーリングが確認され、スケーリング部より内部まで中性化が進行していた。これらの変状に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

a部では、土壌に含まれる硫酸塩を含んだ地下水が毛細管現象によって上昇し、さらに( A )状態となることで硫酸塩が濃集し、( B )の結晶化に伴う膨張圧によりスケーリングが生じたと判断した。b部では、a部よりも硫酸塩劣化の速度が( C )なることを考慮すれば、詳細調査箇所の優先順位の判断材料にできる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	乾 燥	エトリンガイト	大きく
(2)	湿 潤	エトリンガイト	小さく
(3)	乾 燥	硫酸ナトリウム	小さく
(4)	湿 潤	硫酸ナトリウム	大きく



【問題 28】

火災を受けた RC 構造物の調査結果に対する (A)～(C) の判断の適・不適に関する次の (1)～(4) の組合せのうち、適当なものはどれか。なお、火災前に中性化はほとんど進行していなかったものとする。

(A) コンクリートがピンク色に変色していたため、表面の受熱温度は 300～600℃ 程度であると判断した。

(B) 火災により中性化が進行していた箇所については、受熱温度が 500℃ 以上であると判断した。

(C) 鉄筋位置までは中性化していなかったため、鉄筋の強度は低下していないと判断した。

	(A)	(B)	(C)
(1)	適	適	適
(2)	適	適	不適
(3)	適	不適	不適
(4)	不適	不適	不適

【問題 29】

劣化機構の推定が難しい場合等の劣化予測方法の一つに、蓄積された点検結果を用いて外觀上のグレード等の経時変化を統計学的に分析するマルコフ連鎖モデルを用いる方法がある。

下図の点検結果が得られている場合、0年時点で健全度 a にある標本数 100 のうち、標本数 20 が 10 年時点で健全度 b に遷移しているため、健全度 a から健全度 b への遷移確率は 20 % となる。同様に、健全度 a から健全度 c への遷移確率は 10 % となる。10 年時点から 20 年時点への各健全度間の遷移確率も 0 年時点から 10 年時点の遷移確率と同じとし、健全度 c から健全度 c への遷移確率は 100 % とする。このとき、健全度 b から健全度 c への遷移確率として次の (1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

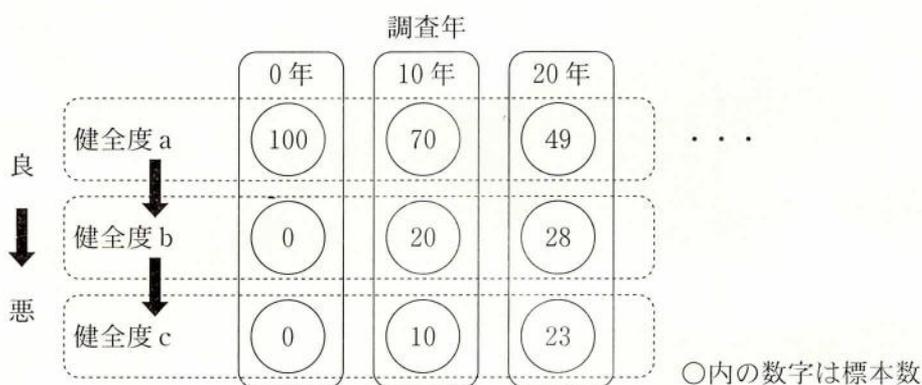


図 調査年毎の点検結果(健全度毎の標本数)

- (1) 100 %
- (2) 80 %
- (3) 65 %
- (4) 30 %

【問題 30】

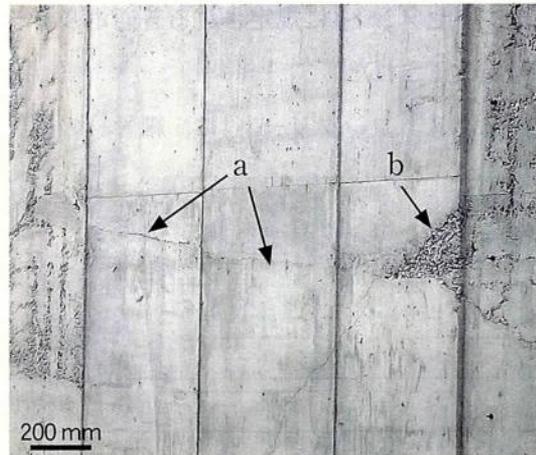
次の(A)～(D)に示すJISの改正に関する記述を年代の古い順に並べた(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

- (A) JIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」に、塩化物イオン量の規定が設けられた。
- (B) JIS R 5210「ポルトランドセメント」に規定される普通ポルトランドセメントの塩化物イオン量が「0.035 % 以下」と改正された。
- (C) JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」に、細骨材の絶乾質量に対する塩分量の許容限度が設けられた。
- (D) JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」に、コンクリート中の塩化物イオン総量の規制が設けられた。

	古 い		→	新 しい	
(1)	(C)	→	(D)	→	(B) → (A)
(2)	(D)	→	(A)	→	(C) → (B)
(3)	(C)	→	(D)	→	(A) → (B)
(4)	(B)	→	(C)	→	(A) → (D)

【問題 31】

RC 造建築物の壁で写真に示す初期欠陥が発生した。今後、同様の壁を構築する場合、それぞれの初期欠陥の抑制に有効な方法に関する記述(A)および(B)の適・不適の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。



- (A) a の初期欠陥を抑制するために、コンクリートにポリプロピレン繊維を混入する。  
(B) b の初期欠陥を抑制するために、コンクリートの自由落下高さを小さくする。

	(A)	(B)
(1)	適	適
(2)	適	不適
(3)	不適	適
(4)	不適	不適

【問題 32】

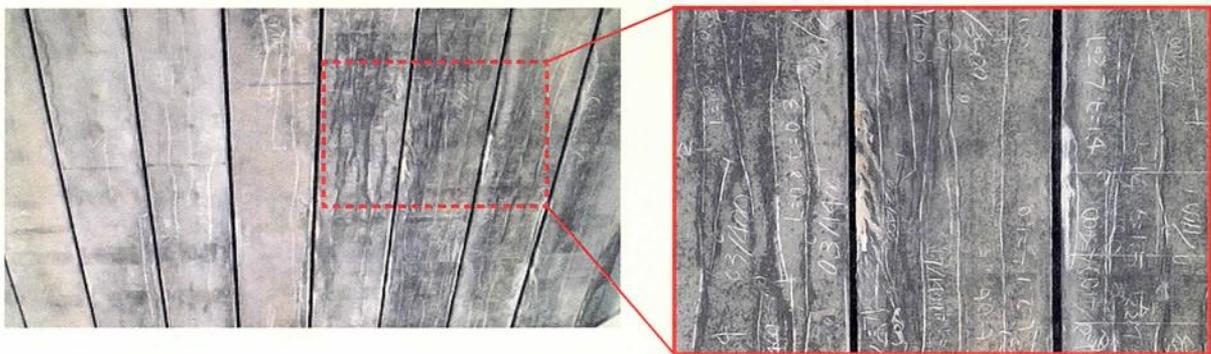
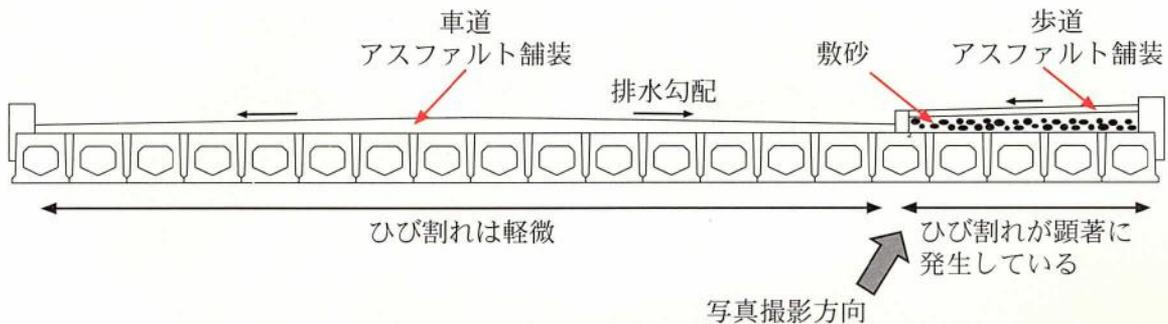
電気防食工法に関する記述中の(A)～(C)に当てはまる次の(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

電気防食工法は、コンクリート表面に陽極材を設置し、かぶりコンクリートを介してコンクリート中の鋼材に直流電流を流すことにより、鋼材を( A )分極させて防食する工法である。防食状態を判定する場合は、通電を一旦停止し、その直後から24時間後までに、( B )方向に100 mV以上復極することを確認するのが一般的である。なお、干満帯などの湿潤な環境では、24時間後の復極量は( C )なる傾向がある。

	(A)	(B)	(C)
(1)	アノード	卑(-)	小さく
(2)	アノード	貴(+)	大きく
(3)	カソード	貴(+)	小さく
(4)	カソード	卑(-)	大きく

【問題 33】

内陸部に位置する道路橋プレテンション方式PC中空床版橋の下面に写真に示すような橋軸方向のひび割れが確認された。ひび割れの発生状況としては、歩道側の床版が著しく、中央付近は軽微であった。ひび割れ幅は最大で0.8mmである。このひび割れの進行を抑制する対策(A)～(C)の適・不適の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。



- (A) 床版上面に橋面防水を実施
- (B) 床版下面にけい酸ナトリウム系表面含浸材を塗布
- (C) 床版下面から電気防食を実施

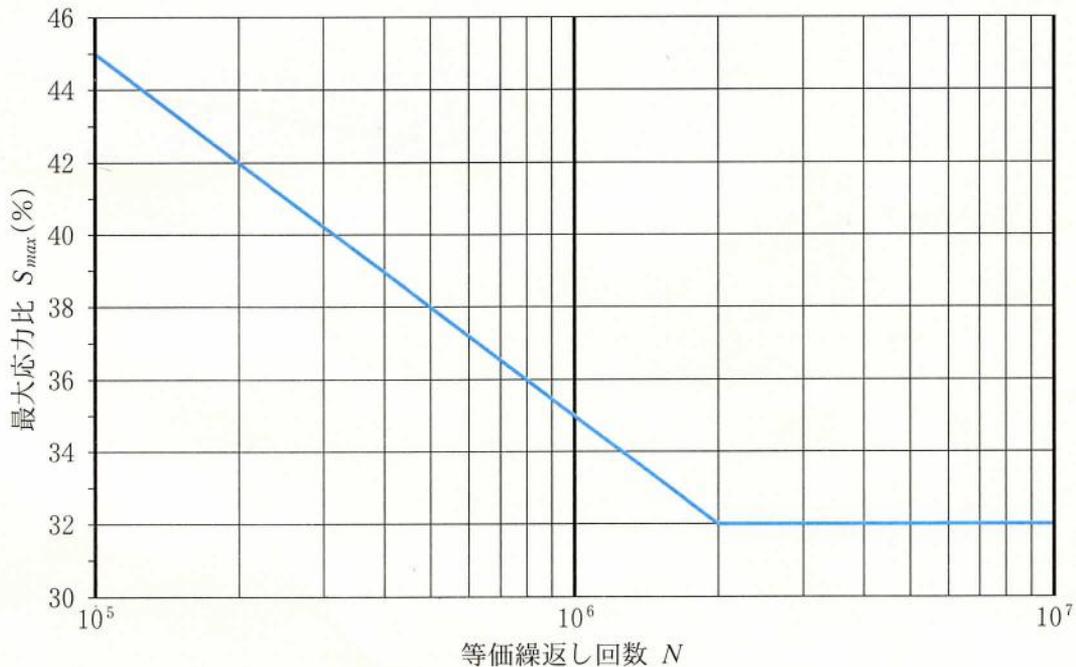
	(A)	(B)	(C)
(1)	適	適	不適
(2)	適	不適	不適
(3)	不適	適	適
(4)	不適	不適	適

【問題 34】

RC 鉄道橋において、線形累積損傷則(マイナー則)により疲労の照査を行い対策時期を検討することとした。その結果、引張鉄筋の累積疲労度  $M^*$  が 0.73 に達していることが判明した。累積疲労度  $M$  が 1.0 に達する時点として、次の(1)～(4)のうち、正しいものはどれか。

ただし、引張鉄筋には、 $168 \text{ N/mm}^2$  の最大引張応力度に等価な応力が毎月 300 回作用する。また、引張鉄筋の最大応力比と等価繰返し回数  $N$  の関係は下図で表されるものとし、鉄筋の引張強度は  $400 \text{ N/mm}^2$  で、最大応力比  $S_{max}$  は次式で表されるものとする。

$$\text{最大応力比 } S_{max}(\%) = (\text{鉄筋の最大引張応力度}) / (\text{鉄筋の引張強度}) \times 100$$

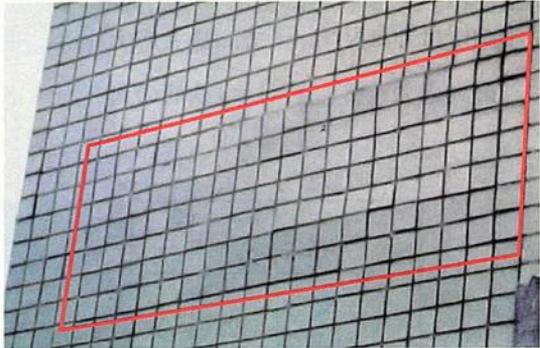


※累積疲労度  $M = (\text{最大引張応力度に等価な応力の累積繰返し回数}) / (\text{最大引張応力度に等価な応力で疲労破壊に至る等価繰返し回数})$

- (1) 照査時点から 15 年後
- (2) 照査時点から 20 年後
- (3) 照査時点から 25 年後
- (4) 照査時点から 30 年後

【問題 35】

写真(A)および(B)に示すRC 構造物に発生した変状に対して、以下のように対策の目的が設定されている。設定した目的に対して選定する対策として、次の(1)～(4)の組合せのうち、最も適当なものはどれか。

	
<p>写真(A)：栈橋上部工のひび割れ (ひび割れ幅 2 mm)</p>	<p>写真(B)：外壁タイルの局所的な浮き (浮き面積約 1.5 m<sup>2</sup>, 浮き代 0.5 mm)</p>
<p>対策の目的：鉄筋の腐食防止</p>	<p>対策の目的：タイルの剥落防止</p>

	写真(A)	写真(B)
(1)	ポリマーセメントモルタルによる断面修復工法	目地部Uカットによるアクリル樹脂注入工法
(2)	ポリマーセメントモルタルによる断面修復工法	アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法
(3)	エポキシ樹脂系注入材による低圧注入工法	目地部Uカットによるアクリル樹脂注入工法
(4)	エポキシ樹脂系注入材による低圧注入工法	アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法

【問題 36】

断面修復材として用いられるポリマーモルタル系、ポリマーセメントモルタル系およびセメントモルタル系の補修材料の特性の比較に関する次の(1)～(4)のうち、不適当なものはどれか。

	特 性	ポリマー モルタル系	ポリマーセメントモルタル系 大 ← ポリマーセメント比 → 小	セメント モルタル系
(1)	耐薬品性 (酸に対する抵抗性)	高	←————→	低
(2)	耐候性 (紫外線に対する抵抗性)	低	←————→	高
(3)	熱膨張係数	小	←————→	大
(4)	電気抵抗率	大	←————→	小

【問題 37】

脱塩工法に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

脱塩工法は、コンクリート中の鋼材を( A )とすることで、コンクリート中の塩化物イオンを電気泳動させコンクリート外に抽出する。ただし、過大な電流を供給すると鋼材表面から( B )が発生して、ひび割れやPC鋼材の脆化が起こる。このため、施工実績では、鋼材表面積あたりの電流密度を( C )A/m<sup>2</sup>以下とし、8週を標準的な通電期間としている。このように、電流密度の管理はコンクリート中の鋼材表面積に対して行うべきであるが、施工面積で換算しやすいコンクリート表面積あたりの電流密度で管理することが多い。なお、PC構造物に適用する場合には、間欠通電を行うなどの措置も取られる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	陽 極	水 素	0.5
(2)	陽 極	酸 素	5.0
(3)	陰 極	水 素	5.0
(4)	陰 極	酸 素	0.5

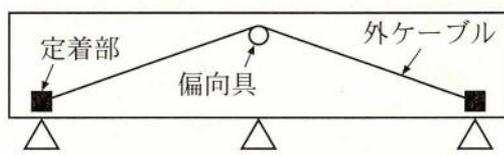
【問題 38】

RC 構造物の補修・補強材料として用いられる PAN 系炭素繊維とパラ型アラミド繊維の特性とその大小関係に関する次の(1)～(4)のうち、不適当なものはどれか。

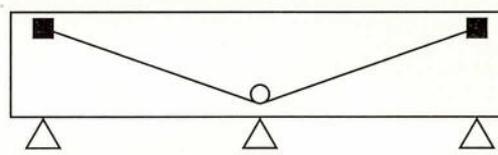
	特 性	大小関係		
(1)	導電性	PAN 系炭素繊維	>	パラ型アラミド繊維
(2)	耐摩耗性	PAN 系炭素繊維	<	パラ型アラミド繊維
(3)	ヤング係数	PAN 系炭素繊維	>	パラ型アラミド繊維
(4)	耐アルカリ性	PAN 系炭素繊維	<	パラ型アラミド繊維

【問題 39】

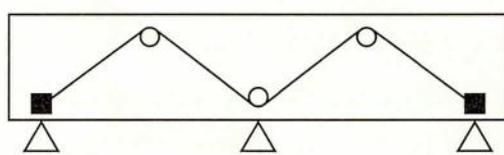
車両の大型化に対する耐荷力向上を目的として、連続桁の外ケーブル工法による補強を計画した。外ケーブルの配置の概念図として次の(1)～(4)のうち、各支間中央部における断面の曲げ耐力の補強効果が高い配置として適当なものはどれか。



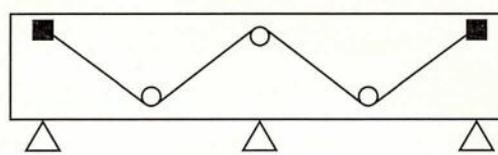
(1)



(2)



(3)



(4)

【問題 40】

海岸近くにある RC 構造物について、表 1 に示す維持管理計画を策定した。現時点における再構築費用との比較を行うため、本計画における今後 70 年間の維持管理費用の現在価値を求めることとした。この現在価値として次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

表 1 維持管理計画

維持管理方針	今年の工事で断面修復工と表面被覆工を行い、その後、15年ごとに表面被覆工を行うこととする。	
	最初の断面修復工と表面被覆工の費用	50 百万円
	15年ごとに実施する表面被覆工の費用	30 百万円

ここで、割引率  $r$  は式 1、 $n$  年後に要する費用を現在価値に置き換える式は式 2 で表され、 $(1+r)^n$  の値は、表 2 の値を用いてもよい。

$$r = \frac{(1+i)}{(1+h)} - 1 \dots\dots\dots \text{式 1} \qquad \text{現在価値} = \frac{n \text{ 年後の費用}}{(1+r)^n} \dots\dots\dots \text{式 2}$$

$r$  : 割引率,  $h$  : 資本の利率 (0.01),  $i$  : 物価変動率 (0.02) とする。

表 2 現在価値への換算に用いる値

経過年 ( $n$ )	$(1+r)^n$ の値
15	1.159
30	1.344
45	1.558
60	1.806

- (1) 226 百万円
- (2) 170 百万円
- (3) 134 百万円
- (4) 94 百万円

## [記述式問題]

記述式問題は、**問題Ⅰ**および**問題Ⅱ**の2つがあります。いずれか1題を選択して答えなさい。

解答用紙の該当欄に、**選択した問題の番号**を記入してください。

該当欄に記入された番号に従って採点されます。選択した問題の番号が記入されていなかった場合は、採点の対象となりません。

## 問題 I

建設後約 30 年を経た建物の調査を実施したところ、北面 1 階外部柱の脚部は、写真 1 のように健全であったが、南面 1 階外部柱の脚部には、写真 2 に示すひび割れがみられた。また、屋上の防水押えコンクリート表面にも、写真 3 に示す変状がみられた。屋上周辺の概略断面を図 1、建物の概要を表 1 に示す。以下の問に合計 1 000 字以内で答えなさい。

### [問 1]

写真 2 および写真 3 の変状について、推定される発生原因を述べなさい。また、写真 2 の変状が進行した理由について、写真 1 と比較して述べなさい。さらに、写真 3 について、領域 A と領域 B で変状の程度に差が生じた理由を述べなさい。

### [問 2]

問 1 で推定した変状の原因を特定するための詳細調査について、3 つの項目を挙げ、その項目が必要となる理由を述べなさい。

### [問 3]

今後 35 年間建物を使用するために、南面 1 階外部柱の脚部および屋上の防水押えコンクリートの変状に対するそれぞれの補修方法を提案し、選定理由を述べなさい。



写真 1 北面 1 階外部柱の脚部



写真 2 南面 1 階外部柱の脚部

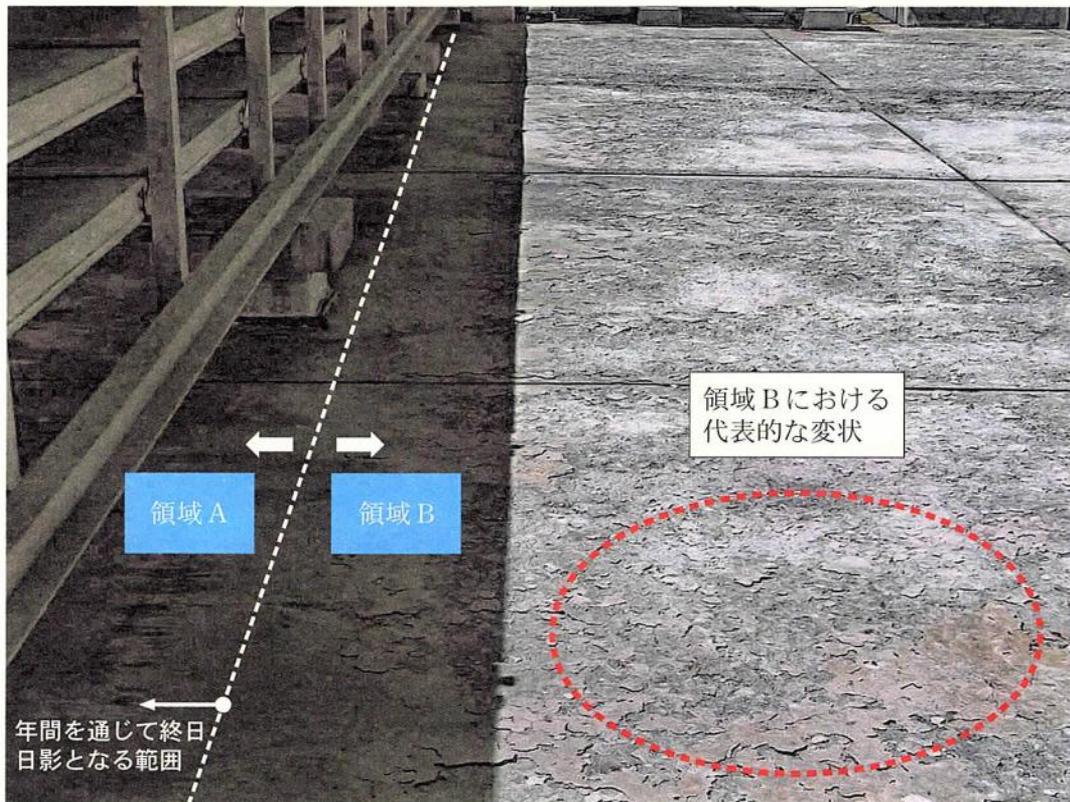


写真3 屋上の防水押えコンクリートの変状

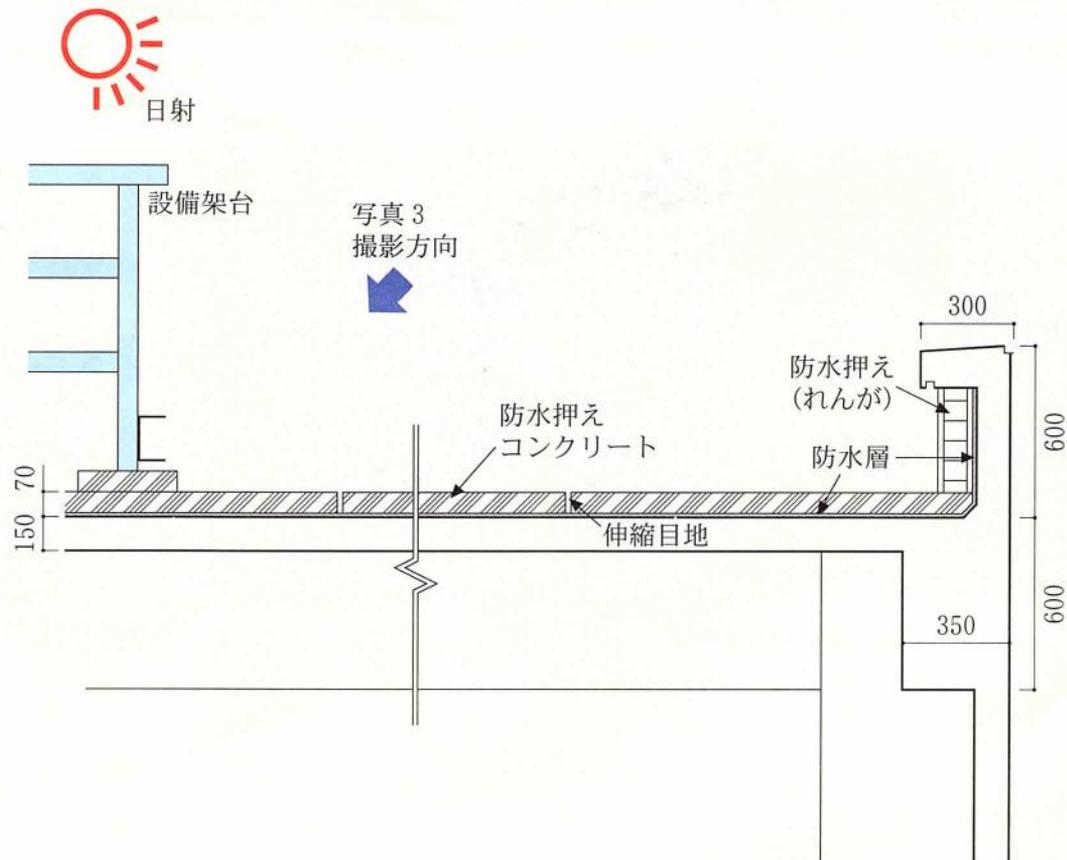


図1 屋上周辺の概略断面(単位：mm)

表1 建物の概要

立地	東北地方内陸部
用途	市庁舎
構造	RC造
柱部材の仕様	コンクリートの呼び強度 27, 水セメント比 57%, 空気量 4.5%, 川砂利および山砂使用, 骨材のアルカリシリカ反応性: 無害, かぶり(厚さ) 30 mm
防水押え コンクリート部材の仕様	コンクリートの呼び強度 18, 水セメント比 60%, 空気量 5.0%, 人工軽量粗骨材および砕砂使用, 細骨材(砕砂)のアルカリシリカ反応性: 無害, φ 6-200 mm 溶接金網シングル, かぶり(厚さ) 30 mm
階数	2 階
建設年	1989 年
仕上げ	コンクリート打放し, タイル貼り
冬期の環境条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 日最深積雪 20 cm 以上の日数の月別平年値: 20 日以上で積雪日数が多い</li> <li>・ 日最低気温の月別平年値と日最高気温の月別平年値の差: 10 °C に近く寒暖差が大きい</li> </ul>

## 問題Ⅱ

写真1は、海岸沿いの鉄道上に設置されたスノーシェッドである。このスノーシェッドは別々の年代に建設されたA区間とB区間が連続している。その概要を表1に、断面図と側面図を図1に示す。

スノーシェッドのA区間には変状が認められず、補修の履歴もない。一方、B区間では1990年に梁部に鉄筋腐食に起因するコンクリートのひび割れや剥離、剥落が発生していたため、図2のような補修を実施した。しかし現在は写真2に示すように、補修箇所およびその周辺に劣化が生じている。

A区間の梁部のコンクリート、B区間の梁部の補修箇所近傍のコンクリートにおける現在の全塩化物イオン濃度の深さ方向の分布を図3に示す。

以下の問いに合計1000字以内で答えなさい。

### [問 1]

1990年までに、A区間の梁部で変状が発生せず、B区間の梁部にて変状が発生した原因を推定し、その理由を述べなさい。

### [問 2]

現在B区間の梁部の補修箇所およびその周辺が写真2に示すように劣化している原因を推定し、その理由を述べなさい。

### [問 3]

問2を踏まえて、この構造物を今後30年供用する場合、B区間に必要な対策とその選定理由について述べなさい。



写真1 スノーシェットの現況

表1 スノーシェットの概要

	A 区間	B 区間
海岸からの距離	約 30 m でほぼ一定	
竣工年	1930 年頃	1970 年頃
構造	RC 構造	RC 構造
コンクリートの骨材	川砂利, 川砂	川砂利, 海砂
反発硬度から推定したコンクリートの強度の平均値	35 N/mm <sup>2</sup>	26 N/mm <sup>2</sup>
梁部のかぶりの実測値	スターラップ: 30~32 mm 主鉄筋: 40~43 mm	スターラップ: 20~28 mm 主鉄筋: 30~37 mm
現在のコンクリートの中性化深さ	3 mm	15 mm
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海岸の斜面沿いに位置するため、資材搬入が容易でない</li> <li>・工事可能時間は列車の運行のない夜間の約 3 時間</li> </ul>	
	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1990 年に腐食ひび割れに起因するかぶりの浮きは全て叩き落とし、主鉄筋を露出させた上で、図 2 のような断面修復を行なった</li> <li>・補修箇所における断面修復材の現在の中性化深さは 0 mm で、同じく全塩化物イオン濃度は 0.1 kg/m<sup>3</sup> 以下である</li> </ul>

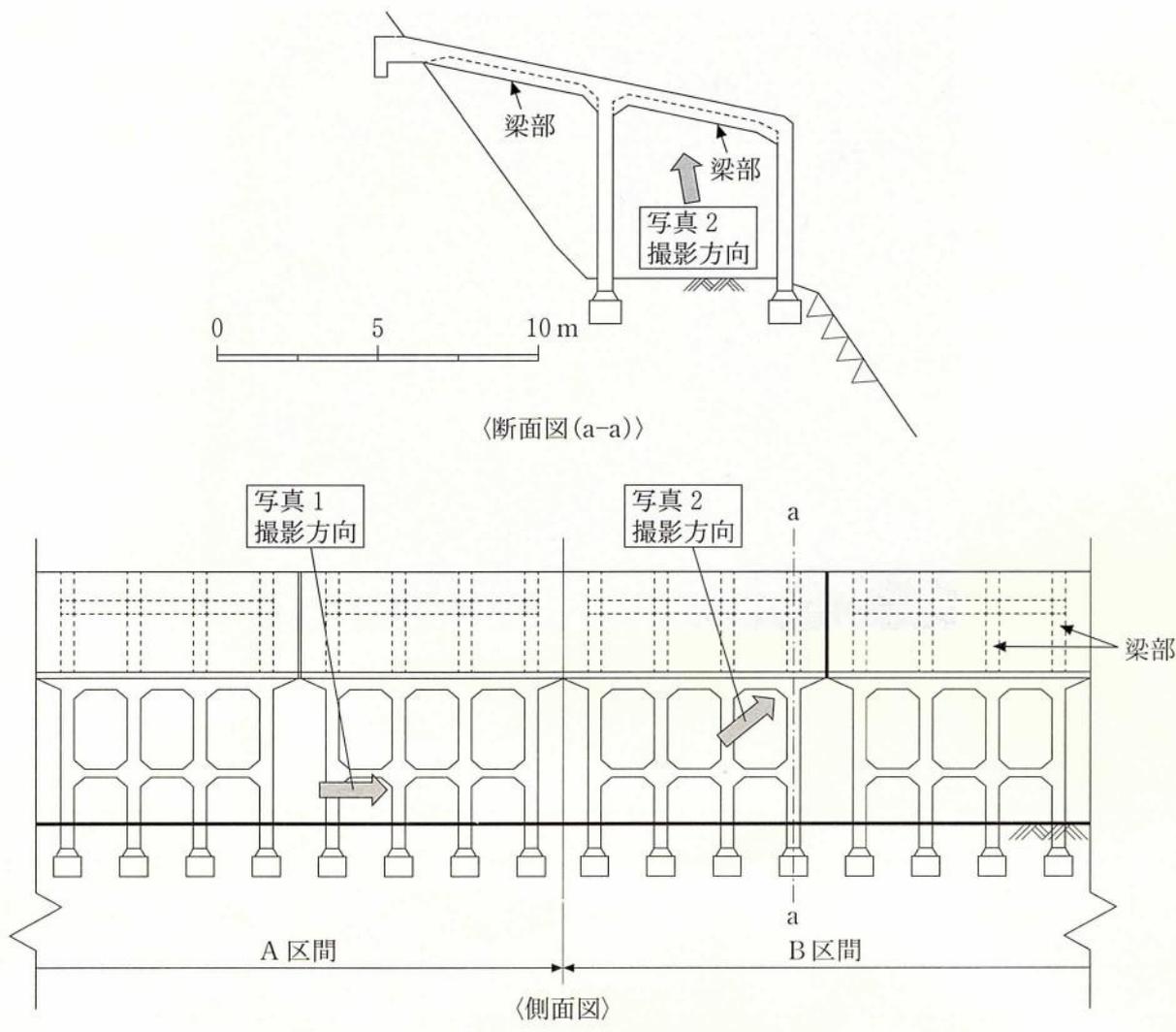


図1 スノーシェットの断面図と側面図

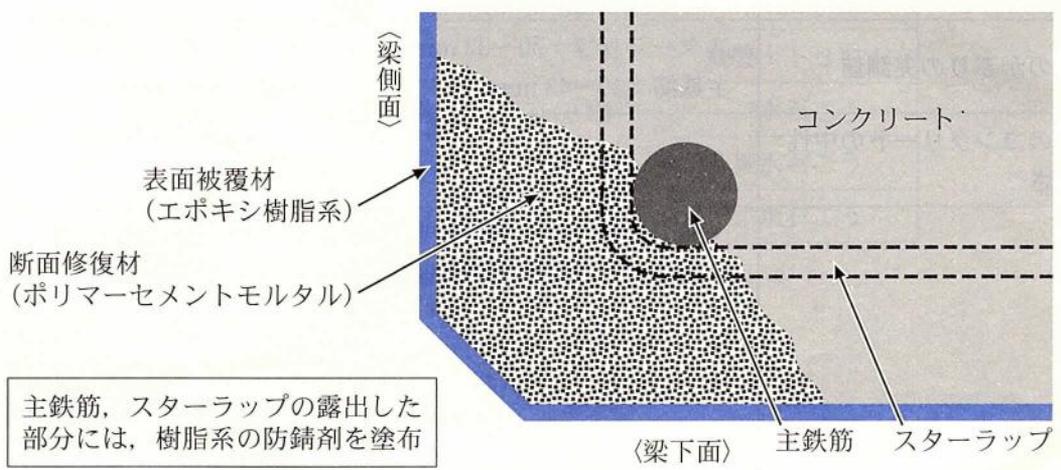
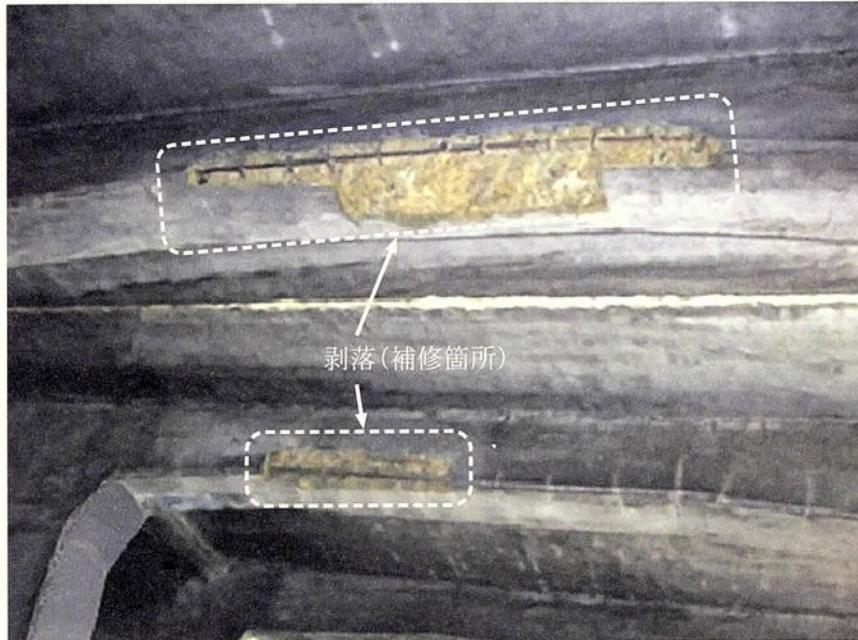


図2 1990年に実施したB区間の梁部に対する補修の概念図



(現在、補修箇所以外では剥落は認められない)

写真2 B区間の梁部の補修箇所およびその周辺における劣化の代表的な例

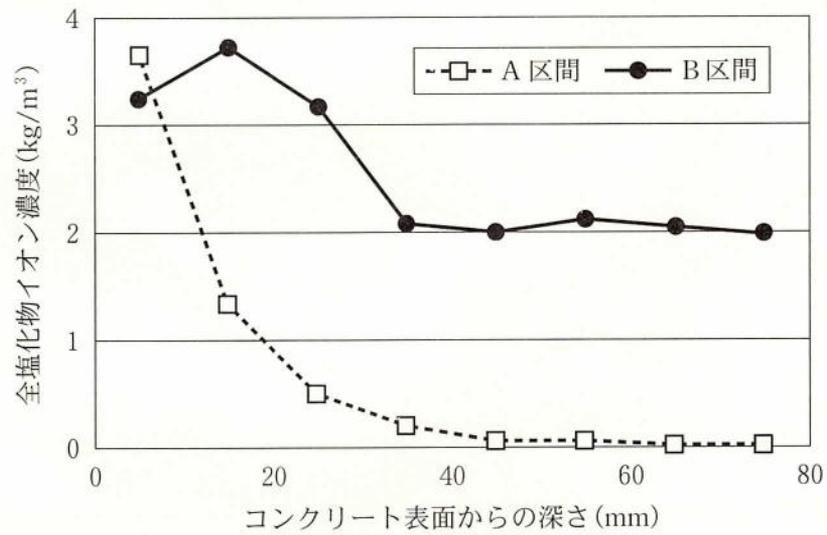


図3 現在の梁部におけるコンクリート中の全塩化物イオン濃度分布の測定結果の一例