

【問題 1】

コンクリート壁面に、写真に示すような初期欠陥が認められた。この初期欠陥の発生要因として、次のうち、最も不適当なものはどれか。



- (1) コンクリートの荷卸しまでの時間が長かった。
- (2) コンクリートの打込み高さが高かった。
- (3) コンクリートの打重ね時間間隔が短かった。
- (4) コンクリートの締固め時間が短かった。

写真からは、コンクリート表面に空隙が多く見受けられる。空隙のスケールから、初期欠陥は、セメントペーストやモルタルの廻りが悪く、粗骨材が多く集まってできた空隙の多い不良部、すなわち豆板と考えられる。

- (1) コンクリートの荷卸しまでの時間が長いと、ワーカビリティの低下によるコンクリートの充填不良が考えられ、豆板が発生する可能性がある。
- (2) コンクリートの打込み高さが高くと、コンクリートの材料分離により、豆板が発生する可能性がある。
- (3) コンクリートの打重ね時間間隔は、コールドジョイントの発生に大きく影響を及ぼすものである。打重ね時間間隔が短くて豆板が発生しやすくなることは考えにくい。
- (4) コンクリートの締固め時間が短いと、コンクリートの充填不良により、豆板が発生する可能性がある。

以上のことから、(3) が最も不適当である。

正解 (3)

【問題 2】

積雪寒冷地にあるプレストレストコンクリート橋の桁端部に、写真に示すようなひび割れの発生が認められた。このひび割れの主な発生原因として適当なものは、次のうちどれか。なお、写真には調査時のチョーク跡が残っている。

- (1) 凍結融解の繰返し
- (2) 乾燥収縮
- (3) 交通荷重の繰返し

(4) 地震荷重



プレストレストコンクリート橋の桁端部（支承付近）に斜め方向の大きなひび割れが発生している。これは、想定外の外力が加わったためと考えられ、(4)の地震荷重が考えられる。

なお、(1)の凍結融解の繰返し、(2)の乾燥収縮で桁端部に斜め方向の大きなひび割れが発生するとは考えにくく、(3)の交通荷重の繰返しであれば、桁中央付近にひび割れが発生するが、桁端部に大きなひび割れが発生するとは考えにくい。

以上のことから、(4)が適当である。

正解 (4)

[問題 3]

写真 (A) ~ (C) に示すコンクリートの変状とそれらの説明に関する次の (1) ~ (4) の正誤の組合せのうち、適当なものはどれか。



(A)



(B)



(C)

写 真	変状の説明
(A)	炭酸カルシウムを主成分とするつらら状の析出物
(B)	藻類の死骸に起因する外壁の変色
(C)	鉄分を有する骨材に起因する欠損と変色

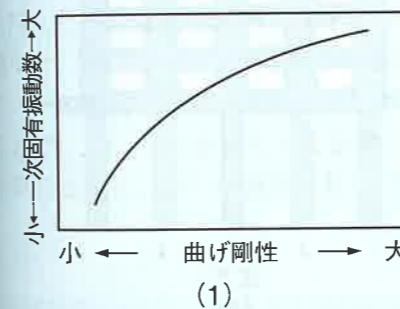
	(A)	(B)	(C)
(1)	正	正	正
(2)	正	誤	誤
(3)	正	正	誤
(4)	誤	誤	正

- (A) コンクリートの隙間から白色の析出物が見られる。コンクリートの隙間やひび割れ部では、漏水で「二次エフロレッセンス」が発生しやすい。よって、適当である。
- (B) コンクリート壁面の黒色の付着物による汚れである。特に配管の下側に多く見られるため、湿潤状態に保たれやすい部分の汚れである。汚れの発生の原因は、ほこりや排ガスなどの塵埃がコンクリートに付着し、藻類が繁殖する。そして、藻類を栄養源に「かび」と呼ばれる真菌類が繁殖し、これらの微生物が死滅すると炭化して黒い汚れとなる。よって、適当である。
- (C) ポップアウトから析出した錆汁のように見える。鉄分を含む骨材は、酸化するとコンクリート表面に錆汁を生じさせ、あたかもコンクリート中の鉄筋が腐食したかのように見える。硫化鉄や含鉄ブルーサイトは、コンクリート中でそれぞれエトリンサイト、コーリンサイトを生成し、コンクリートに膨張、ひび割れやポップアウトを生じる。よって、適当である。
- 以上のことから、(1)が適当である。

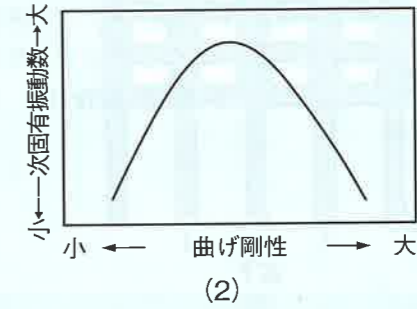
正解 (1)

[問題 4]

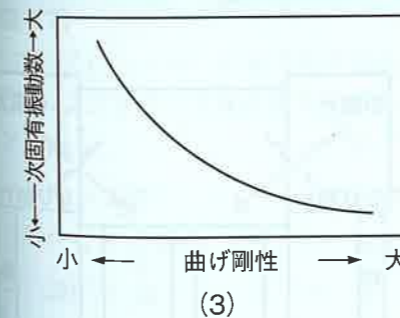
鉄筋コンクリート梁部材の曲げ剛性と一次固有振動数の関係を表した次の概念図のうち、適当なものはどれか。



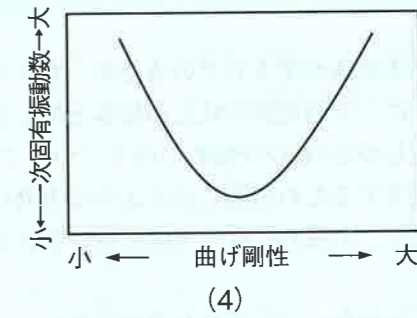
(1)



(2)



(3)



(4)

固有振動数は、質量と剛性で決まり、質量が小さく剛性が高くなると一次固有振動数は上昇する。すなわち、梁部材の曲げ剛性が低下すると、一次固有振動数も低下することになる。そ

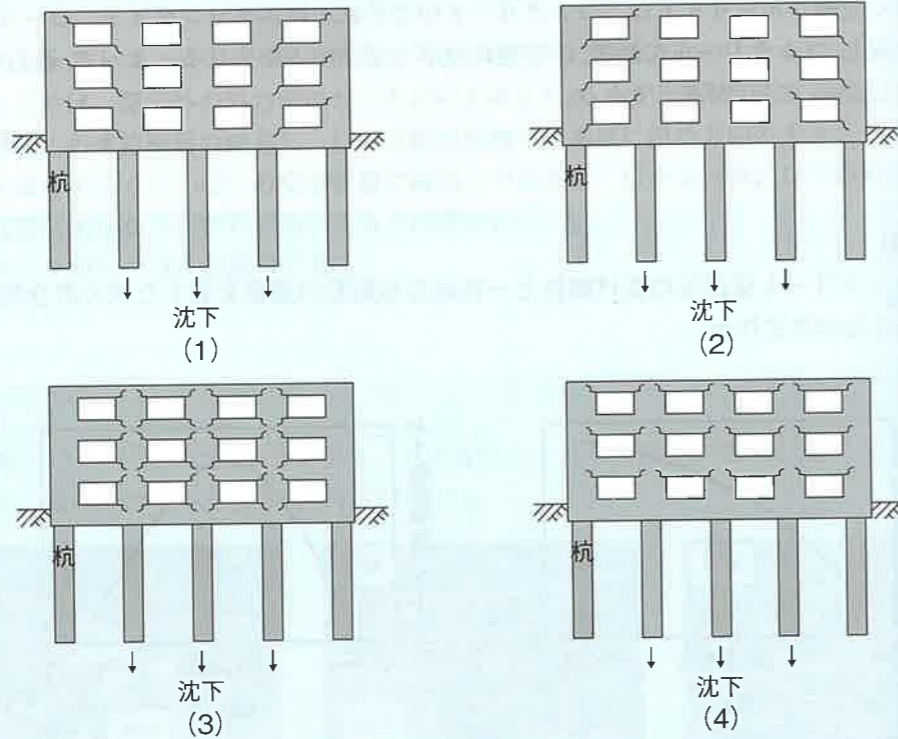
のため、健全時の一次固有振動数と任意の年月が経過した時の一次固有振動数の比から剛性の低下率を求め、劣化の状況を推定することができる。

以上のことから、(1)が適当である。

正解 (1)

[問題 5]

杭の沈下によって鉄筋コンクリート造建物の地上階に生じるひび割れを示す次の概念図のうち、最も適当なものはどれか。



中央部3本の杭が沈下しているため、真ん中の杭上の躯体に、その両側の杭上の躯体と同じひび割れは発生しづらい。ひび割れの向きについては、中央部が沈下するため右図に示すような方向に引張力が発生し、引張力と直交方向にひび割れが発生する。

以上のことから、(2)が最も適当である。

正解 (2)

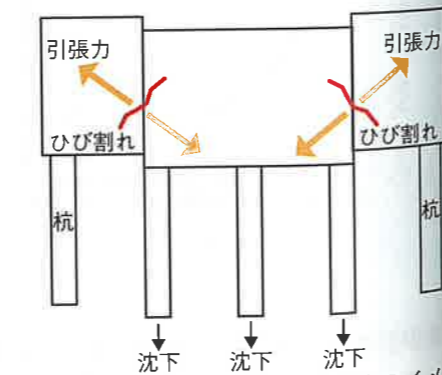


図 不同沈下によるひび割れ発生イメージ

[問題 6]

コンクリートの中性化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。

一般に、骨材の絶対容積および水セメント比が同一の場合、連続した空隙を有する軽量骨材を用いたコンクリートは、普通骨材を用いたコンクリートより中性化速度が(A)。また、一般のコンクリートにおいて環境湿度が(B)、コンクリートの細孔空隙中の液状水が大きく(C)と中性化速度は(D)なる。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	小さい	低く	減少する	大きく
(2)	大きい	低く	減少する	大きく
(3)	大きい	低く	減少する	小さく
(4)	小さい	高く	増加する	小さく

連続した空隙を有する軽量骨材を用いたコンクリートは、骨材中も二酸化炭素や水分が移動するため、中性化は進行しやすく、(A)の中性化速度は「大きい」になる。

相対湿度と中性化深さの関係について、コンクリートが乾燥状態にあると二酸化炭素は侵入しやすくなるが、細孔溶液が少なくなり炭酸化反応は起きにくくなる。逆に、コンクリートが湿潤状態で空隙が水分で満たされると、二酸化炭素の侵入量が少なくなる。そのため、二酸化炭素の侵入と炭酸化反応が両方起きる中程度の湿度で、中性化の進行は最大となる。

問題では、(B)は(A)の解答から自動的に「低く」になるため、環境湿度が低くなるとコンクリートの細孔空隙中の液状水が大きく減少し、中性化速度は小さくなる。よって、(C)は「減少する」で、(D)は「小さく」になる。

以上のことから、(3)が適当である。

正解 (3)

[問題 7]

次の(ア)～(エ)に示す化学反応式で、コンクリート中の鉄筋が腐食する際のアノード反応およびカソード反応を表す組合せとして、(1)～(4)のうち適当なものはどれか。

- (ア) $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$
- (イ) $Fe + 2Cl^{-} \rightarrow FeCl_2 + 2e^{-}$
- (ウ) $H_2O + \frac{1}{2} O_2 + 2e^{-} \rightarrow 2OH^{-}$
- (エ) $2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2$

	アノード反応	カソード反応
(1)	(ア)	(ウ)
(2)	(ア)	(エ)
(3)	(イ)	(ウ)
(4)	(イ)	(エ)

鋼材の腐食反応は、次ページの図のように、鋼材表面から鉄イオン (Fe^{2+}) が細孔溶液中に溶け出すアノード反応と、鋼材中に残った電子 (e^{-}) が酸素と反応するカソード反応に分け

られる。鋼材の腐食は、アノード反応により溶け出した Fe^{2+} がカソード反応により生成した OH^- と反応することにより水酸化第一鉄 ($Fe(OH)_2$) を生成することで起きる。なお、(イ)と(エ)は鋼材腐食の反応ではない。

以上のことから、(1)が適当である。

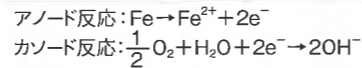
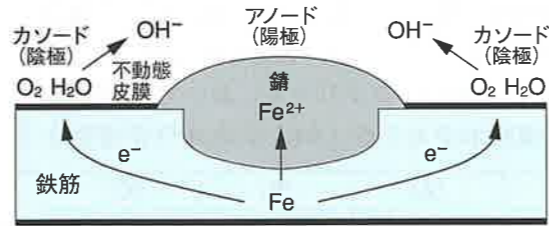


図 鋼材の腐食反応の模式図

正解 (1)

[問題 8]

コンクリートのアルカリシリカ反応 (ASR) に関する次の記述 (1) ~ (4) のうち、最も不適当なものはどれか。

- (1) プレストレスで拘束された部材では、拘束方向のひび割れが卓越する。
- (2) 細孔溶液中の OH^- イオン濃度が高いほどコンクリートの膨張量が大きくなる。
- (3) モルタルバー法で無害と判定された骨材を用いても、ASR によるひび割れが発生する可能性がある。
- (4) 反応性珪物を含む骨材と含まない骨材を混合使用する場合、反応性珪物を含む骨材の混合割合とコンクリートの膨張量とは比例関係にある。

- (1) アルカリシリカ反応による膨張性のひび割れが発生するため、拘束方向に直交するひび割れは発生しにくいので、軸方向鋼材やPC鋼材に沿った方向性のあるひび割れが発生する。
- (2) アルカリシリカ反応は、骨材中のアルカリ反応性シリカ珪物とコンクリート中の水酸化アルカリ (NaOH および KOH) を主成分とする水溶液との化学反応である。そのため、化学反応に必要な細孔溶液の OH^- イオン濃度が高いほど、膨張量は大きくなる。
- (3) 微細な結晶粒、またはひずんだ結晶格子をもつ石英を反応性珪物とする骨材では、反応が非常に緩やかに進行するので、現行のモルタルバー

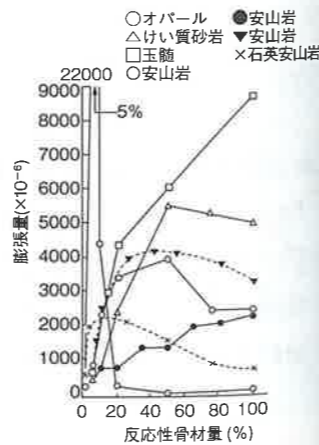


図 種々の反応性骨材岩石のベシム曲線 (出典:「硬化コンクリートの性質」コンクリート新聞社刊)

法の基準値では適切に判定できない場合があることが問題となっている。

- (4) 前ページの図のように反応性骨材の増加に伴い膨張量は増加するが、ある限度以上の範囲においては膨張量が減少する。膨張量が最大になる時の反応性骨材量をベシム百分率という。

以上のことから、(4)が最も不適当である。

正解 (4)

[問題 9]

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

外気温の降下に伴って、コンクリート中では、(A) 細孔中の水から凍結しはじめ、続いて (B) 細孔中の水が凍結する。水圧説では、これらの細孔中の未凍結水による水圧が凍害の主因とされている。この圧力はコンクリート中の空隙の分布状況に影響され、その評価指標として用いられるのが (C) である。

	(A)	(B)	(C)
(1)	径の大きい	径の小さい	気泡間隔係数
(2)	表面近傍の	より深部の	動弾性係数
(3)	径の小さい	径の大きい	動弾性係数
(4)	深部の	より表面側の	気泡間隔係数

コンクリート中の水分が凍結する順序は細孔径に依存し、細孔径が小さくなるほど凍結温度は低くなる。そのため、温度降下に伴い、まず大きな空隙中の水が凍結し、次いで小さい空隙中の水が凍結する。

水圧説では、細孔径が大きい部分が先に凍結し、凍結によって体積膨張した分だけ細孔径の小さい部分の水を押し出す。そして、細孔中の未凍結水の水圧が凍害の主要因としている。

コンクリート中の空隙の分布状況の指標としては、気泡間隔係数が用いられ、一般的に 200 ~ 250 μm 以下であれば、優れた耐凍害性を期待できる。

以上のことから、(1)が適当である。

正解 (1)

[問題 10]

コンクリートの硫酸による化学的侵食に関する次の記述中の、(A) ~ (C) に当てはまる語句の (1) ~ (4) の組合せのうち、適当なものはどれか。

コンクリートが硫酸の作用を受けると、まず、セメント水和物の (A) と硫酸が反応してコンクリート表面に (B) が生成される。なお、普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートでは、水セメント比が (C) 方が劣化の進行

は速い。

	(A)	(B)	(C)
(1)	水酸化カルシウム	炭酸カルシウム	小さい
(2)	C-S-H	炭酸カルシウム	大きい
(3)	水酸化カルシウム	二水せっこう	小さい
(4)	C-S-H	二水せっこう	大きい

コンクリートが硫酸の作用を受けると、まず、水酸化カルシウムと硫酸が反応して二水せっこうを生成 $[Ca(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 \cdot 2(H_2O)]$ する。それだけでなく、水和セメントの骨格であるケイ酸カルシウムとも反応して二水せっこうとシリカゲルを生成する。

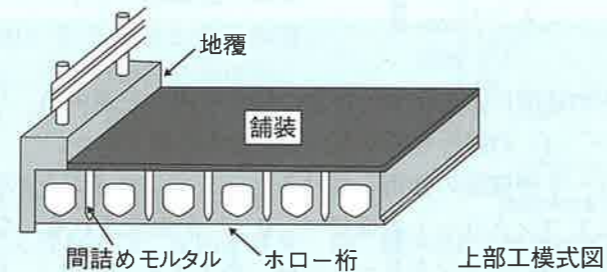
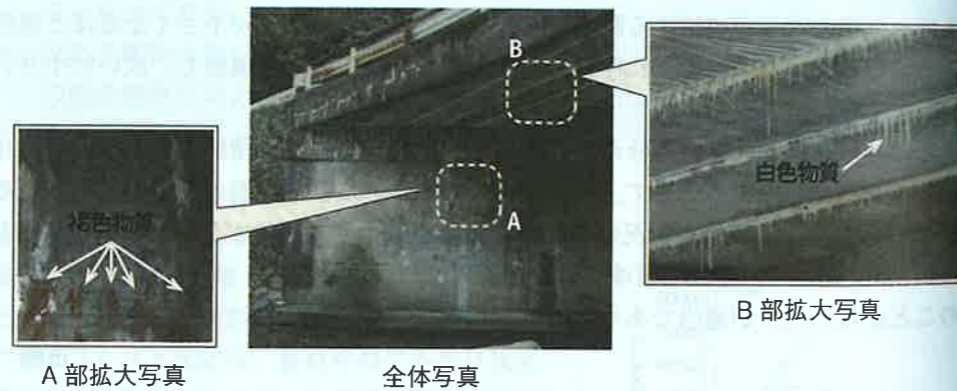
また、硫酸による作用では、水セメント比が小さいほど劣化しやすくなるという、他の劣化現象とは異なる傾向を示すことがある。

以上のことから、(3) が適当である。

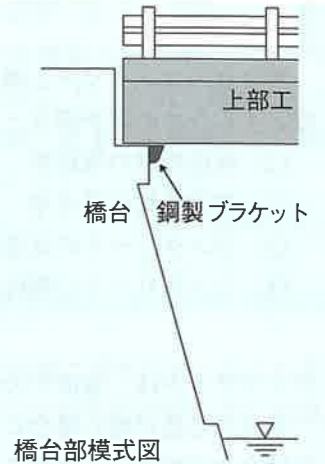
正解 (3)

[問題 11]

山間部に位置するプレストレストコンクリート橋において、下の写真のA部およびB部に示すような変状が認められた。変状の原因を推定するために行った調査に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。



- (1) A部の褐色物質の発生原因を推定するために、鋼製ブラケットの腐食状況を調べた。
- (2) A部の褐色物質の発生原因を推定するために、橋台の鉄筋の腐食状況を調べた。
- (3) B部の白色物質の発生原因を推定するために、凍結防止剤の散布状況を調べた。
- (4) B部の白色物質の発生原因を推定するために、橋面の防水層の有無を調べた。



A部の橋台表面に付着した褐色物質の発生原因としては、コンクリート内部の鉄筋の腐食、またはコンクリート外部に設置されたブラケットなど鋼製の付属物の錆汁が考えられる。そのため、(1) および (2) は変状の原因を推定するための調査として適切といえる。

B部のホロー桁間詰め部から垂れ下がった白色物質の発生原因は遊離石灰で、上面からの水の移動によって発生したと考えられる。そのため、(4) の防水層の有無は適切な調査であるが、(3) の凍結防止剤の散布状況の調査は白色物質の発生原因を直接は特定しない。

以上のことから、(3) が不適当である。

正解 (3)

[問題 12]

鉄筋コンクリート構造物からコアを採取し、塩化物イオンの濃度の測定を行った。このとき実施した方法に関する次の記述のうち、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) の規定に照らして、誤っているものはどれか。

- (1) コンクリート用コアドリルを用いてコアを採取する際、冷却には水道水を用いた。
- (2) コアからコンクリート切片を切り出す際、湿式コンクリートカッターを用いた。
- (3) 塩化物イオンの濃度の測定は、同一試料について2回行った。
- (4) 塩化物イオンの濃度の測定では、電位差滴定法を用いた。

コンクリート構造物からコアを採取する際は、コンクリート用コアドリルを用いて湿式で行うことが多い。しかしながら、JIS A 1154 附属書Aには、「塩化物イオンの流出を避けるため、コアからコンクリート切片を乾式コンクリートカッターを用いて切り出す」と記載されているため、(2) が誤っている。

正解 (2)

[問題 13]

寒冷地のコンクリート構造物表面に発生したポップアウトの原因が、凍害であることを特定するための調査項目として、次の(1)～(4)のうち、最も有効なものはどれか。

- (1) 使用骨材の粗粒率
- (2) 使用骨材の吸水率
- (3) コンクリートの気泡間隔係数
- (4) コンクリートの弾性係数

ポップアウトは、表面下の骨材粒子などの膨張による破壊で生じた表面の円錐状の剥離なので、骨材の品質が悪い場合によく観察される。吸水率の大きい骨材が含まれていると、凍結時に骨材自身が膨張し、表面のモルタルをはじき出すポップアウトを生じる場合がある。

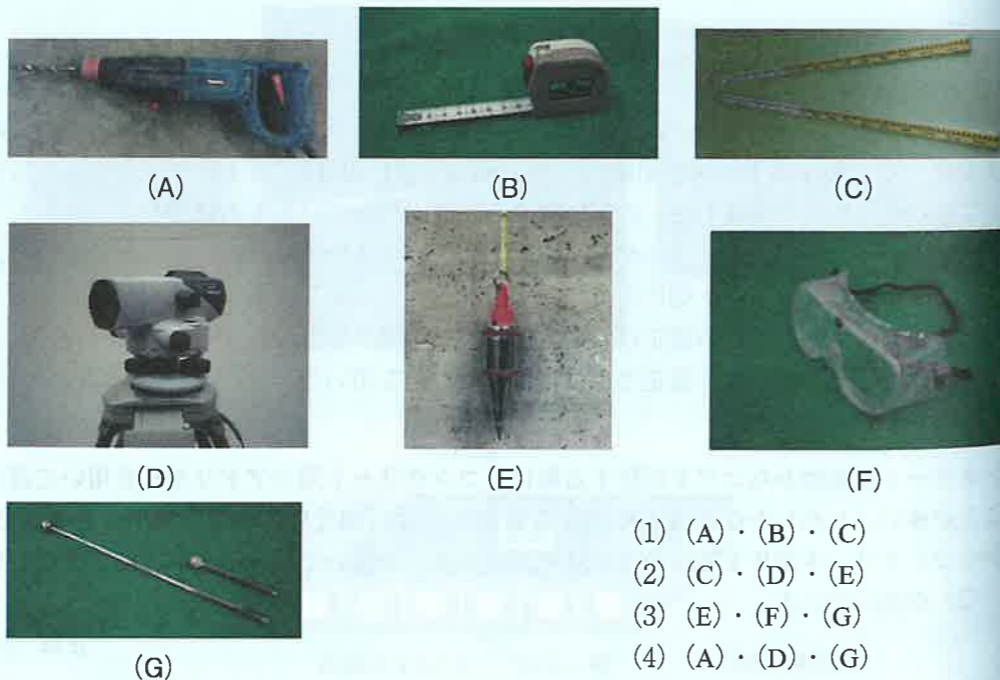
なお、気泡間隔係数が大きい場合は、セメント硬化体自体の劣化につながり、ひび割れやスケリングを生じる場合がある。

以上のことから、(2)が最も有効である。

正解 (2)

[問題 14]

下の(A)～(G)に示す写真で、コンクリート構造物の不同沈下の調査に使用する器具の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、最も適当なものはどれか。



- (1) (A)・(B)・(C)
- (2) (C)・(D)・(E)
- (3) (E)・(F)・(G)
- (4) (A)・(D)・(G)

不同沈下の調査には、構造物の沈下量および傾き等を測定する必要がある。そのため、使用する器具としては、(B)のメジャー、(C)のスタッフ、(D)の水準器(レベル)、(E)の下げぶりが適している。そのため、それらが含まれている選択肢として、(2)が最も適当である。

なお、不同沈下など構造物の変位や変形の目視試験方法としては、日本非破壊検査協会規格 JDIS 3418:2012「コンクリート構造物の目視試験方法」がある。

正解 (2)

[問題 15]

鉄筋コンクリート構造物より採取したコア供試体の圧縮強度試験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、正しいものはどれか。

- (1) 採取するコア供試体の直径は、粗骨材の最大寸法の1.5倍とした。
- (2) コア供試体の高さは、2か所において測定し、その平均値とした。
- (3) コア供試体の端面とコアの軸とのなす角度が 91.0° であったので、そのまま試験を行った。
- (4) コア供試体の高さとの比が1.80であったので、試験で得られた圧縮強度 50.0 N/mm^2 に補正係数を乗じて、圧縮強度とした。

JIS A 1107では、以下のように規定されている。

- (1) コア供試体の直径は、粗骨材の最大寸法の3倍以下としてはならない。
- (2) コア供試体の高さの最大値と最小値とを $\pm 1\%$ 以内の精度で測定し、その平均値を供試体の平均高さとする。
- (3) コア供試体の端面とコアの軸とのなす角度が $90 \pm 0.5^\circ$ になるように整形する。
- (4) 供試体の高さとの比が1.90より小さい場合は、試験で得られた圧縮強度に補正係数を乗じて直径の2倍の高さをもつ供試体の強度に換算する。

以上のことから、(4)が正しい。

正解 (4)

[問題 16]

コンクリートの反発度の測定に関する次の記述のうち、JIS A 1155:2012(コンクリートの反発度の測定方法)の規定に照らして、誤っているものはどれか。

- (1) 環境温度が 35°C の条件において、測定を行った。
- (2) 測定面に浮き水があったので、測定に先立ちこれを取り除いた。
- (3) 測定点の間隔を 40 mm とした。
- (4) 測定した値の偏差が平均値の 25% であったので、測定値として採用した。

JIS A 1155 では、以下のように規定されている。

- (1) 測定は、環境温度 0 ~ 40℃ の範囲で行う。
 - (2) 測定面にある凹凸や付着物は研磨処理装置などで平滑に磨いて取り除き、コンクリート表面の粉末やその他の付着物を拭き取ってから測定する。
 - (3) 1箇所の測定では、25 ~ 50 mm の間隔をもった9点について測定する。
 - (4) 測定値の偏差が平均値の 20% 以上になる値があれば、その反発度を捨て、これに変わる測定値を補うものとする。
- 設問の (4) では、偏差値が平均値の 25% である測定値を採用したので、誤りである。

正解 (4)

[問題 17]

コンクリート版の厚さを推定するために、探触子から発信させた超音波パルス波を用いて、図1のように測定したところ、図2のような波形が得られた。コンクリート版の厚さの推定値として、次の (1) ~ (4) のうち、適当なものはどれか。ただし、コンクリート中の超音波伝播速度は、4.0 km/s とする。

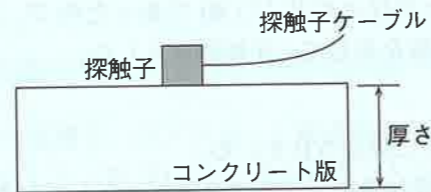


図1

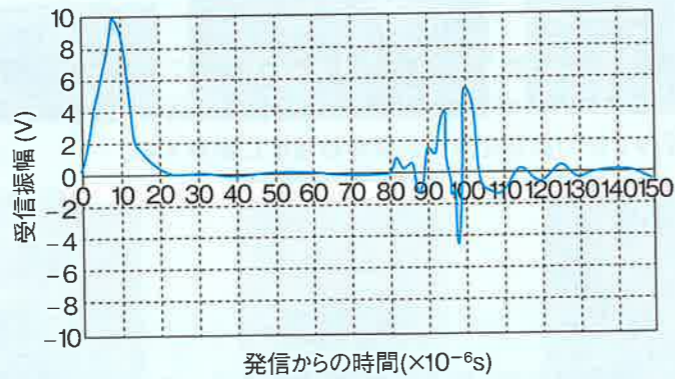


図2

- (1) 60 mm
- (2) 160 mm
- (3) 200 mm
- (4) 320 mm

超音波パルス波が発信されると、コンクリート版を伝播し、版の反対側端部で反射され、

コンクリート版を伝播し、受信される。

伝播時間は、入力波の立ち上がり時刻と受信波形の立ち上がり時刻との差から求める。

よって、図から伝播時間は $80 \times 10^{-6} \text{ s}$ である。

超音波伝播速度は 4.0 km/s とされているので

伝播距離は、 $4.0 \text{ km/s} \times 80 \times 10^{-6} \text{ s} = 320 \text{ mm}$ となる。

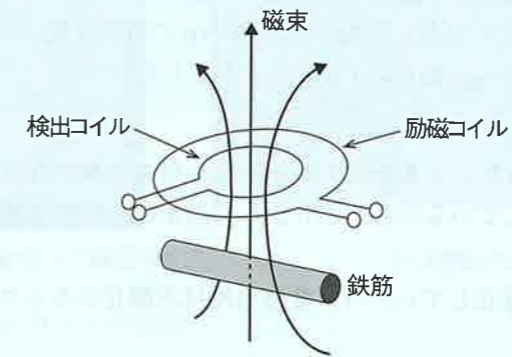
コンクリート版の厚さは、この数値の半分であり、160 mm となる。

以上のことから、(2) が適当である。

正解 (2)

[問題 18]

下図は、電磁誘導法による鉄筋探査の概要を示している。この図に関する説明文中の(A) ~ (C) に当てはまる語句の (1) ~ (4) の組合せのうち、適当なものはどれか。



励磁コイルに (A) を流すと、時間的に変化する磁束が発生する。この磁束が鉄筋の存在により乱されると、検出コイルの (B) が変化する。電磁誘導法による鉄筋探査では、(C) の電磁誘導の法則に基づいて、この (B) の変化を検出することで、コンクリート中の鉄筋を探査する。

	(A)	(B)	(C)
(1)	交流電流	起電力	ファラデー
(2)	交流電流	誘電率	フレミング
(3)	直流電流	起電力	フレミング
(4)	直流電流	誘電率	ファラデー

電磁誘導法の原理は次の通りである。

導線を円形に巻いた励磁コイルに交流電流を流すと、時間的に変化する磁束が発生する。磁束は検出コイルを貫いており、単位時間当りの磁束の変化量に比例した起電力が、検出コイルに生じる。これをファラデーの電磁誘導の法則という。

鉄筋の電磁気的特性などにより磁束が変化すると、検出コイルの起電力が変化し、これが信

号となる。

以上のことから、(1)が適当である。

正解 (1)

[問題 19]

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のうち、不適当なものはどれか。

ただし、コンクリートにはナフタレン系の高性能 AE 減水剤が使用されていたことがわかっている。また、分析には受熱部分から採取したコンクリート片を粉碎後、ふるい分けにより得られた微粉を用いた。

- (1) 微粉を純水中で煮沸し、ろ過したろ液の紫外 (UV) 吸収スペクトルを測定してナフタレン系混和剤の有無を調べた。
- (2) 粉末 X 線回折 (XRD) により、微粉中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の有無を調べた。
- (3) 熱重量分析 (TG) により、微粉中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の有無を調べた。
- (4) 蛍光 X 線分析により、微粉の Ca/Si 比を測定した。

- (1) 紫外吸収スペクトル分析によりナフタレン系混和剤の有無を調べれば、受熱によりナフタレン系混和剤が分解しているか否かが分かり、混和剤の分解温度から受熱温度範囲が推定できる。
 - (2) 水酸化カルシウムが存在していれば、受熱温度は水酸化カルシウムの熱分解温度 (500~580℃) 以下である。
 - (3) 熱重量分析により、水酸化カルシウムの有無が判定でき、受熱温度範囲が推定できる。
 - (4) Ca/Si 比の測定からは、受熱温度は推定できない。
- 以上のことから、(4)が不適当である。

正解 (4)

[問題 20]

コンクリート構造物から採取した試料に対する分析項目および分析機器を示した次の

(1) ~ (4) の組合せのうち、適当なものはどれか。

	分析項目	分析機器
(1)	可溶性塩化物イオン量	粉末 X 線回折装置 (XRD)
(2)	エトリンガイトの生成量	プレーン空気透過装置
(3)	硫黄 (S) 元素の分布	電子線マイクロアナライザー (EPMA)
(4)	細孔系分布	偏光顕微鏡

- (1) 可溶性塩化物イオンの定量方法は、塩化物イオン選択性電極を用いた電位差滴定方法、あ

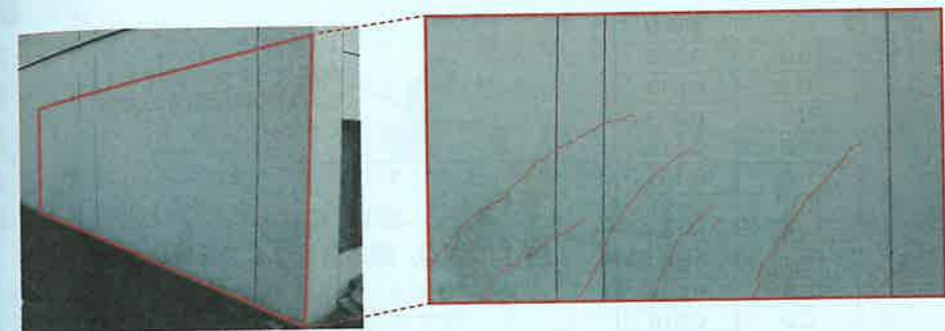
るいはクロム酸銀—吸光光度法を用いる。

- (2) エトリンガイトの生成量測定は、粉末 X 線回折装置を用いる。
 - (3) イオウ元素の分布測定には、EPMA を用いる。
 - (4) 細孔径分布の測定には、水銀圧入式ポロシメータを用いる。
- 以上のことから、(3)が適当である。

正解 (3)

[問題 21]

鉄筋コンクリート造建物の壁面において、写真に示すようなひび割れが確認された。このひび割れの原因として、次の (1) ~ (4) のうち、最も適当なものはどれか。



鉄筋コンクリート造建物 (1 階部分)

ひび割れの状況

- (1) 打込み時のコンクリートの沈降
- (2) 不同沈下
- (3) 打重ね部分の締固め不足
- (4) 水和熱による温度応力

- (1) 壁に斜めに入ったひび割れなので、打込み時のコンクリートの沈降によるひび割れではない。打込み時のコンクリートの沈降によるひび割れは、水平方向に生じる。
 - (2) 基礎杭の不同沈下によって生じるひび割れは、斜めのせん断ひび割れとなる。右側の基礎杭の沈下量大きい不同沈下によるひび割れと見られる。
 - (3) 打重ね部の締固め不足では、ジャンカやコールドジョイントが発生する。
 - (4) 水和熱による温度応力で発生するひび割れは、厚い壁において数 m 間隔となる。
- 以上のことから、(2)が最も適当である。

正解 (2)

[問題 22]

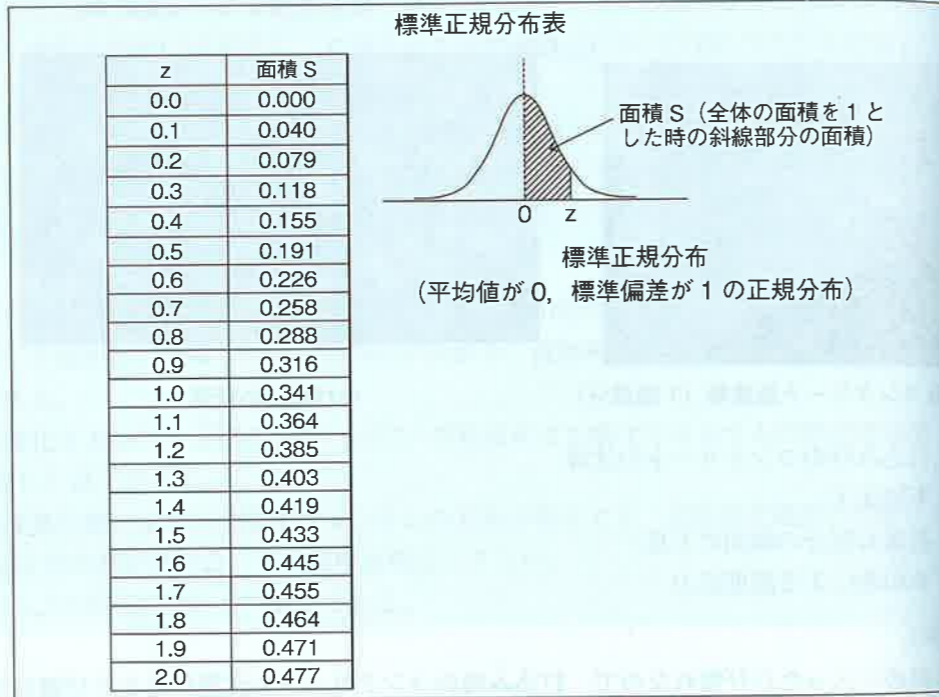
建設後 20 年を経過したコンクリート打放し仕上げの外壁について、中性化深さを調査

したところ、平均値 22 mm, 標準偏差 9 mm となった。

この外壁のかぶり(厚さ)は 40 mm であるとして、建設後 40 年経過後に、中性化深さがかぶり(厚さ)を超える確率として、次の(1)～(4)のうち適当なものはどれか。

なお、中性化深さの分布は正規分布と見なしてよい。また、計算に当っては、以下の標準正規分布表を用いてよい。ただし、中性化の進行は \sqrt{t} 則に従うものとし、今後、環境条件、中性化深さの変動係数は変化しないものとする。

- (1) 約 16%
- (2) 約 24%
- (3) 約 32%
- (4) 約 48%



中性化深さ $C = A\sqrt{t}$ で示される。(t: 経過時間, A: 係数)

中性化深さの平均値: $22 = A\sqrt{20}$

標準偏差も \sqrt{t} 則に従うものとする。

標準偏差: $9 = B\sqrt{20}$

40 年経過後の数値を求める。

40 年後の中性化深さの平均値: $x = A\sqrt{40}$

$$x = A\sqrt{40} = 22 \times \sqrt{40} / \sqrt{20} = 22 \times \sqrt{2} = 31.1 \text{ (mm)}$$

40 年後の標準偏差: $y = B\sqrt{40}$

$$y = B\sqrt{40} = 9 \times \sqrt{40} / \sqrt{20} = 9 \times \sqrt{2} = 12.73 \text{ (mm)}$$

かぶり厚さ 40 (mm) を超える確率計算は以下の通りである。

z を求める。

$$z = (\text{かぶり厚さ} - \text{平均値}) \div \text{標準偏差} = (40 - 31.1) \div 12.73 = 0.7$$

標準正規分布表より、z = 0.7 のとき、面積 S = 0.258

z を超えている面積は、全体の半分の面積から斜線部分の面積を差し引く。

$$0.5 - 0.258 = 0.242$$

よって、40 mm を超える確率は約 24% となる。

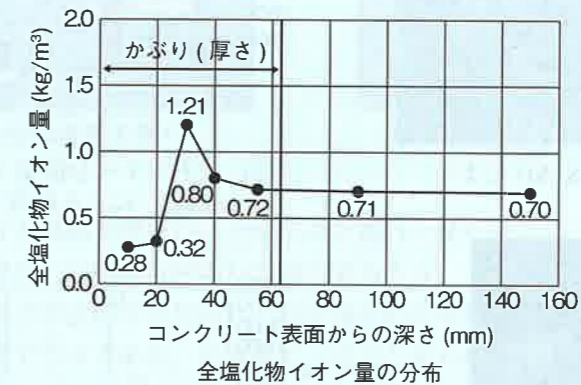
以上のことから、(2) が適当である。

正解 (2)

[問題 23]

竣工後 45 年を経過した鉄筋コンクリート製橋脚においてコアを採取し、全塩化物イオン量を測定したところ、下図のような結果が得られた。この図から推定される事項に関する次の(1)～(4)の記述のうち、最も不適当なものはどれか。

なお、使用されたセメントは普通ポルトランドセメントであり、コンクリートの圧縮強度は、設計基準強度 24 N/mm² を満足していた。



- (1) 中性化深さはかぶり(厚さ)よりも大きい。
- (2) 除塩不足の海砂が使用されていた。
- (3) 外部からの塩分の供給はない。
- (4) 鋼材腐食は生じていない。

コンクリート中に塩化物がある場合に、その塩化物を固定化していたフリーデル氏塩 ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) も炭酸化により分解し、塩化物イオンを解離する。この塩化物イオンは、未炭酸化部分に移動し濃縮する。そのため炭酸化(中性化)した部分の先が塩化物イオンが最大の箇所となる。

- (1) 全塩化物イオン量の最大値を示す深さから見て、中性化深さは 30 mm 未満と推定され、かぶり(厚さ)より小さい。

- (2) コンクリート全体に塩化物イオンが分布しており、除塩不足の海砂が使用されていたと考えられる。
 - (3) 表層の塩化物イオン量は少なく、外部からの塩分の供給はない。
 - (4) 鋼材位置での全塩化物イオン量は 0.72 kg/m^3 であり、発錆限界塩化物イオン量と見られている 1.2 kg/m^3 に比較して小さいので、鋼材腐食は生じていない。
- 以上のことから、(1) が最も不適當である。

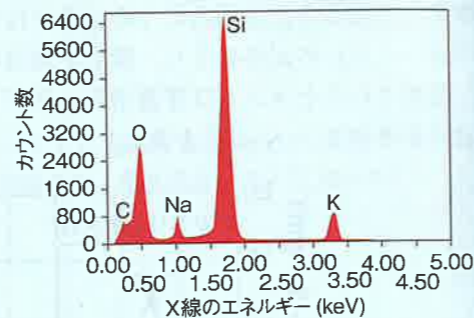
正解 (1)

[問題 24]

コンクリート構造物のアルカリシリカ反応による劣化の診断においては、アルカリシリカゲルの有無を把握することが有効である。次の (1) ~ (4) のうちアルカリシリカゲルの観察または分析結果でないものはどれか。



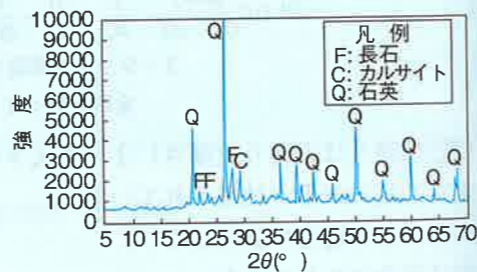
(1) 電子顕微鏡 (SEM) による観察結果



(2) エネルギー分散型 X 線装置 (EDS) による組成分析結果



(3) 酢酸ウラニル蛍光法による観察結果



(4) 粉末 X 線回折 (XRD) による分析結果

アルカリシリカゲルの観察には、電子顕微鏡 (SEM)、酢酸ウラニル蛍光法が用いられ、組成分析には、エネルギー分散型 X 線装置 (EDS) が使用できる。粉末 X 線回折分析により、石英、長石、カルサイトを分析しても、アルカリシリカゲルは特定できない。

以上のことから、(4) が誤りである。

正解 (4)

[問題 25]

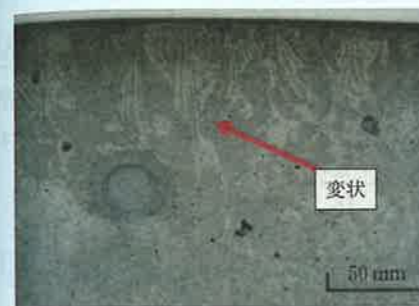
鉄筋コンクリート構造物に生じた次の写真 (1) ~ (4) に示される変状のうち、主たる原因が初期凍害であると考えられるものはどれか。



(1) スラブ上面



(2) 柱



(3) 住宅基礎立上り



(4) 外壁

- (1) スラブ上面における鉄筋位置に沿った沈下ひび割れと見られる。
 - (2) コーナー部分に発生した乾燥収縮のひび割れであろう。
 - (3) コンクリートの硬化不良部分が見られ、初期凍害の可能性がある。
 - (4) 骨材部分のポップアウトであり、不良骨材が原因と思われる。
- 以上のことから、(3) が初期凍害であると考えられる。

正解 (3)

[問題 26]

積雪寒冷地の内陸部に位置する道路橋の鉄筋コンクリート製壁式橋脚において、南側の隅角部に写真 A に示すひび割れおよび剥落の変状が認められた。写真 B に示すように北側の隅角部では同様の変状は認められなかった。このように同一橋脚の南北で差が生じた原因に関する次の (1) ~ (4) の記述のうち、最も適当なものはどれか。なお、橋梁上部工および付属物からの漏水はない。

- (1) 融雪水に含まれる塩化物イオン量の違い
- (2) 雨水の供給量の違い

- (3) コンクリート表面の最低温度の違い
- (4) コンクリート表面が受ける日射量の違い



積雪寒冷地におけるコンクリートの凍結融解作用による変状と見られる。漏水はないとされているので、融雪水の影響もない。雨水の供給量もどちらの場所もあまり変わらない。南側にひび割れが発生しているのは、冬期において凍結したコンクリートが日射を受けて融解するため、南側隅角部が凍結融解作用のサイクルを多く受けることによるものであろう。

以上のことから、(4) が最も適当である。

正解 (4)

[問題 27]

供用開始後 18 年が経過した鉄筋コンクリート製橋脚の表面に下の写真のような変状が認められた。写真における①および②の位置にてコアを採取し、その割裂面にフェノールフタレイン溶液を噴霧して中性化深さを測定するとともに、このコアの示差熱重量分析を実施した。表 1 および表 2 はこれらの試験結果とこの橋脚の供用環境をまとめたものである。この橋脚の診断に関する次の (A) および (B) の記述の正誤の組合せのうち、適当なものはどれか。



写真 橋脚の全景とコア採取位置およびコア試料の表面の状況

表 1 中性化深さと示差熱重量分析の結果

コアの採取位置	中性化深さ	示差熱重量分析の結果 (質量%)		
		試料の分析位置	Ca(OH) ₂	CaCO ₃
①	15mm	中性化領域	—	12.5
		未中性化領域	1.60	1.17
②	18mm	中性化領域	—	0.32
		未中性化領域	1.68	1.08

※中性化深さは建設時のコンクリート表面から未中性化領域までの深さを示す。

表 2 供用環境

河川水の流速	平均流速 1.0m/sec, 洪水時の最大流速 3.2m/sec
河川水の pH	常時 3.0 未満

- (A) ②の部位の中性化の主な原因は河川水に含まれる酸である。
- (B) ②の部位の骨材露出の主な原因はキャビテーションである。

	(A)	(B)
(1)	正	正
(2)	誤	誤
(3)	正	誤
(4)	誤	正

- (A) ②の河川水が影響する場所において、中性化部分の CaCO₃ が少ないことは、二酸化炭素ではなく、河川水に含まれる酸による中性化と考えられる。
- (B) キャビテーションによるする減りは、凹凸や急激な屈曲をもつコンクリートの表面に高速の水が流れる場合や、障害物などにより気泡が混在した状態の流れで生じる。キャビテーション現象が起こる限界流速は開水路で 7.5 m/s 程度とされる。使用環境から見てキャビテーションではなく、酸性の河川水によりコンクリート表面からセメント成分が消失した侵食である。

以上のことから、(3) が最も適当な組合せである。

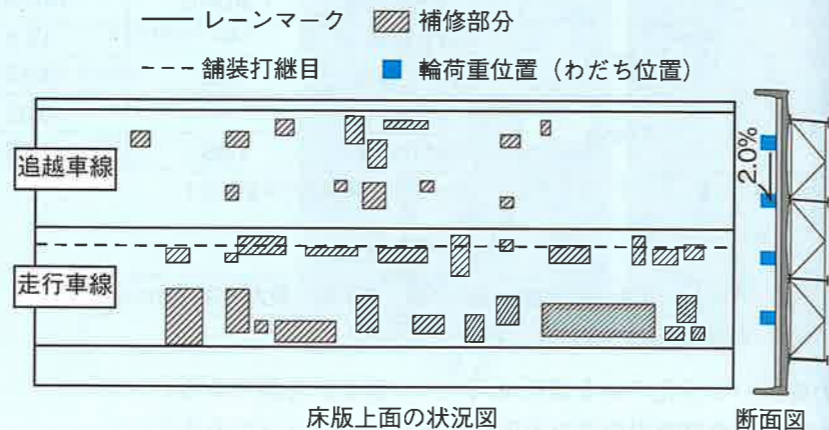
正解 (3)

[問題 28]

以下の図は、片側 2 車線の道路橋 RC 床版におけるコンクリート上面に生じた変状に対する補修位置を示したものである。図に示すとおり追越車線に比べて走行車線の劣化の進行が速かった原因に関する次の (1) ~ (4) の記述のうち、不適当なものはどれか。なお、当該床版には防水工が施工されていない。

- (1) 雨水の滞水状況の差
- (2) 舗装打継目の有無

- (3) 大型車交通量の差
- (4) 橋軸直角方向の負曲げによる作用応力の差



道路橋 RC 床版の疲労劣化の要因として、交通量の増大、過積載車両の走行、雨水の影響、床版厚や配筋量の影響等が指摘されている。

上記の要因から、まず (1) と (3) は適当と判断される。

また、問題に与えられた状況図から舗装継目に沿った位置に補修部分が集中していることがわかる。したがって、(2) も適当と判断される。

橋軸直角方向の負曲げは I 形桁の直上で大きな値になるので、これが原因であるならば、I 形桁の直上で補修部分が多くなると考えられる。しかし、状況図からは必ずしもそのような傾向が認められない。したがって、(4) が不適当である。

正解 (4)

[問題 29]

火災を受けた鉄筋コンクリート造集合住宅を調査したところ、写真に示すように鉄筋コンクリート造スラブ（厚さ 200mm）に、すずが付着していた。このスラブ部分の目視による診断に関する次の (A) ~ (C) の記述の正誤の組合せとして、適当なものはどれか。

- (A) 火災により中性化が生じている。
- (B) 鉄筋の降伏強度は火災前の 50% 以下となっている。
- (C) コンクリートの圧縮強度は火災前の 50% 以下となっている。



	(A)	(B)	(C)
(1)	正	正	正
(2)	正	誤	誤
(3)	誤	誤	正
(4)	誤	誤	誤

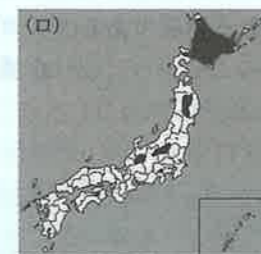
コンクリート表面にすず等が付着している状態の受熱温度は、300℃未満とされている。コンクリートは 500℃ 程度の加熱を受けると水酸化カルシウムが熱分解し、中性化する。以上より、写真の火災では中性化は生じていないと考えられる。(A) は誤りである。受熱温度が 500℃ 程度であれば、冷却後に鉄筋の強度はほぼ回復する。(B) は誤りである。受熱温度が 300℃ 以下の場合、冷却後のコンクリートの残存強度は 70% 以上とされている。(C) は誤りである。以上のことから、(4) が適当である。

正解 (4)

[問題 30]

以下の図 (イ) および (ロ) の黒く着色された地域と、その説明 (A) ~ (D) の組合せについて、次の (1) ~ (4) のうち、適当なものはどれか。

日本コンクリート工学会
コンクリート診断技術より



日本建築学会
JASS5 鉄筋コンクリート工事を参考に作成

- (A) 塩害の影響が大きいと報告されている地域
- (B) 凍害の危険度が大きいと報告されている地域
- (C) ASR による構造物の劣化事例が多く報告されている地域
- (D) 化学的侵食（酸性泉）による構造物の劣化事例が多く報告されている地域

	図 (イ) の説明	図 (ロ) の説明
(1)	(C)	(B)
(2)	(B)	(D)
(3)	(A)	(B)
(4)	(C)	(A)

図 (イ) では、関西、中国、四国、九州、北陸、北海道で着色されており、特定の地域のみ限定されていない。塩害、凍害、化学的侵食の劣化事例が多い地域とも異なることから、

ASRによる劣化事例が多く報告されている地域と判断される。

図(ロ)では、北海道の大部分、東北、上信越地区の山間部の一部等が着色されていることから、凍害の危険度が大きいと報告されている地域と判断される。

以上のことから、(1)が適当である。

正解 (1)

[問題 31]

補修材料(塗料、防水材、接着剤など)に含まれる化学物質により、人体に健康被害が生じるおそれがある。

次の(1)～(4)に示す化学物質のうち、建築基準法施行令第二十条の五(居室内において衛生上の支障を生じるおそれがある物質)に定められている物質はどれか。

- (1) アセトン
- (2) ホルムアルデヒド
- (3) スチレン
- (4) エタノール

建築基準法施行令第二十条の五は、シックハウス対策の観点から、2003年(平成15年)に定められたもので、ホルムアルデヒドとクロルピリホスが該当している。ホルムアルデヒドは、塗料や接着剤などに含まれる物質である。クロルピリホスは、白蟻駆除等に用いられる有機リン系殺虫剤である。以上のことから、(2)が適当である。

正解 (2)

[問題 32]

写真(A)～(D)に示すコンクリート構造物の変状に対して、以下のように対策の目的が設定されている。それぞれの変状に対して選定する主な工法として、次のうち最も適当なものはどれか。



(A)	変状	RC張出床版に発生した曲げひび割れ
	対策の目的	漏水の防止



(B)	変状	RC床版の疲労によるひび割れ
	対策の目的	ひび割れの進展防止



(C)	変状	PC桁の塩害による断面欠損
	対策の目的	耐荷力の向上



(D)	変状	PC桁の塩害による鉄筋腐食
	対策の目的	鉄筋腐食の停止

	写真	主な工法
(1)	(A)	床版下面の表面被覆工法
(2)	(B)	ひび割れ注入工法
(3)	(C)	断面修復工法
(4)	(D)	電気防食工法

(A)のRC張出床版に発生した曲げひび割れからの漏水を防止するために、床版下面に表面被覆工法を適用しても漏水自体は停止しないので、経年により塗膜に変状が生じやすい。したがって、(1)は適当でない。

(B)のRC床版の疲労によるひび割れの進展を防止するには、床版下面へのFRP接着や、増厚工法等を適用する必要がある。ひび割れへの注入のみでひび割れの進展を防止することは困難である。したがって、(2)は適当でない。

(C)のように塩害によりPC桁に断面欠損が生じると、PC鋼材や鉄筋が腐食により断面欠損し、耐荷力の向上を必要とする場合がある。断面修復のみでは耐荷力の向上は期待できず、外ケーブル補強や連続繊維シート接着等の補強が必要になる。したがって、(3)は適当でない。

(D)のように塩害によりPC桁の鉄筋に腐食が生じているような場合、これ以上の鉄筋腐食を防止するために電気防食工法を適用する場合がある。したがって、(4)は最も適当と言える。

正解 (4)

[問題 33]

鉄筋コンクリート構造物の中性化による劣化への対策に関する次の記述のうち、最も不適当なものはどれか。

- (1) ウレタン系表面被覆材を被覆して中性化の進行を抑制することとした。
- (2) シラン系の含浸材を塗布して中性化の進行を抑制することとした。
- (3) 鉄筋位置まで中性化が進行していたので、電気防食により鉄筋腐食の進行を抑制することとした。
- (4) 再アルカリ化工法を適用し、中性化したコンクリートのアルカリ性を回復することとした。

コンクリート表面を表面被覆材によって被覆すれば、コンクリートと炭酸ガスの反応が抑制され、中性化の進行が抑制される。したがって(1)は適当である。

シラン系の含浸材を塗布すると、コンクリート表面が乾燥状態になり、炭酸ガスが侵入しやすくなるため、中性化が進行する。したがって(2)は不適当である。

一般にコンクリート中に塩化物イオンが含まれない場合、中性化残り〔=かぶり(厚さ)-中性化深さ〕が10mm程度以下になると、コンクリート中の鉄筋が腐食し始めるとされている。中性化が鉄筋位置まで達すると、中性化残りは0になる。したがって、(3)は適当である。

再アルカリ化工法によって、中性化したコンクリートのアルカリ性を回復すれば、コンクリート中の鉄筋腐食を抑制できる。したがって(4)は適当である。

正解(2)

[問題 34]

北陸地方にある道路橋の鉄筋コンクリート橋脚において、下の写真の破線で囲んだ部分の変状の進行を抑制する対策を行うこととした。次の(1)～(4)に示す対策のうち、最も適当なものはどれか。



- (1) ポリウレタン樹脂系被覆材による表面の被覆
- (2) けい酸ナトリウムを主成分とする含浸材による表面への含浸
- (3) 流電陽極方式による電気防食
- (4) 炭酸カリウムを電解液とする再アルカリ化

写真により示された鉄筋コンクリート橋脚には、雪や雨水により水分が供給されている。これにより、アルカリシリカ反応に起因すると考えられる網目状のひび割れが進展しているように見受けられる。このような観点から(1)～(4)の対策について検討する。

ポリウレタン樹脂系被覆材により表面を被覆し、コンクリート中への水分の浸入を抑制するのは、アルカリシリカ反応の抑制に効果があると判断される。したがって、(1)は適当である。

けい酸ナトリウムを主成分とする含浸材は、中性化、塩害、スケーリング等の抑止に効果が

あるとされている。けい酸ナトリウムはコンクリート中の水酸化カルシウムと反応し、C-S-Hゲルを生成させるので、塗布後はコンクリートを湿潤状態とするのがよいが、このような状態はアルカリシリカ反応を進展させる。したがって、(2)は不適当である。
写真からは、塩害や中性化によって鉄筋腐食が生じているように見受けられない。したがって、(3)、(4)は不適当である。

正解(1)

[問題 35]

硫酸により劣化した下水処理槽のコンクリート面を超高圧水で除去し、ポリマーセメントモルタルで断面修復することとした。断面修復工事の施工計画に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) 除去する劣化部の深さと範囲は、茶褐色に変色した層(Fe層)を目安として決める。
- (2) 劣化部の除去の確認は、フェノールフタレインによる呈色の有無で行う。
- (3) 断面修復材の厚さ管理は、施工中のモルタル層に検診針を挿入して実施する。
- (4) 断面修復材の圧縮強度の管理は、リバウンドハンマーで行う。

酸性による劣化では、内部の物質移動により劣化のフロント部にFe層が存在し、茶褐色になっている場合がある。このような場合には、この層を目安に除去する深さと範囲を決めることができる。したがって、(1)は適当である。

下水処理槽の劣化は表面から進行するので、一般に劣化部は深は健全である。したがって、劣化部の除去の確認をフェノールフタレインによる呈色の有無で行うことは妥当であり、(2)は適当である。

断面修復材の厚さ管理は、左官工法、吹付け工法のいずれの場合も、モルタル層に検診針を挿入して行うのが妥当であり、(3)は適当である。

リバウンドハンマーによる測定値は、断面修復材の厚みや、周囲の既設コンクリートの状況により相当に変動するため、圧縮強度の管理には馴染まない。施工時に試料を採取するなり、既施工部からコアを採取する等して、圧縮強度を管理する必要がある。したがって、(4)は不適当である。

正解(4)

[問題 36]

疲労により劣化した道路橋RC床版に対する補修・補強対策の目的と工法に関する次の(1)～(4)の組合せのうち、適当なものはどれか。

	ひび割れの開閉を抑制	曲げ剛性を増加	せん断剛性を増加
(1)	鋼繊維補強コンクリートによる上面増厚工法	床版下面へのFRP接着工法	モルタル吹付けによる下面増厚工法
(2)	床版下面へのFRP接着工法	モルタル吹付けによる下面増厚工法	鋼繊維補強コンクリートによる上面増厚工法
(3)	モルタル吹付けによる下面増厚工法	鋼繊維補強コンクリートによる上面増厚工法	床版下面へのFRP接着工法
(4)	鋼繊維補強コンクリートによる上面増厚工法	モルタル吹付けによる下面増厚工法	床版下面へのFRP接着工法

鋼繊維補強コンクリートによる上面増厚工法（以下、上面増厚工法という）は、主に押抜きせん断耐力の向上を目的としたもので、ひび割れの開閉抑制に十分に効果的とは言えない。

床版下面へのFRP接着工法（以下、FRP接着工法という）、モルタル吹付けによる下面増厚工法（以下、下面増厚工法という）により、床版の曲げ補強、ひび割れの開閉抑制が可能である。

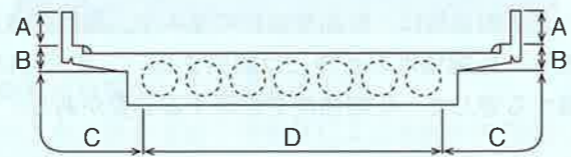
FRP接着工法により床版の曲げ剛性、せん断剛性を増加させることはできない。上面増厚工法、下面増厚工法により、曲げ剛性、せん断剛性を増加させることができる。

以上のことから、(2)が適当である。

正解 (2)

【問題 37】

鉄道をまたぐ鉄筋コンクリート中空床版橋において、鉄道をまたぐ部分の第三者影響度の低減を目的としてコンクリート片剥落防止対策を計画している。最も剥落が生じやすく、優先して対策を実施すべき範囲として適当な部分は、次の断面図のA～Dのうちどれか。なお、本構造物は現状において第三者に影響を与える変状は生じていない。



中空床版橋の断面図

- (1) A
- (2) B
- (3) C
- (4) D

「コンクリート診断技術'14」（日本コンクリート工学会刊）において、コンクリート片の剥落防止工法について、「橋梁の床版下面（張出床版、水切り部）、壁高欄外側などのかぶりコンクリートや、トンネル覆工コンクリートが、劣化して剥落することを防止する目的で行われる」

と説明されている。この文章から、問題図中の張出床版、水切り部Bあるいは壁高欄外側Aが正解になり得ると判断される。

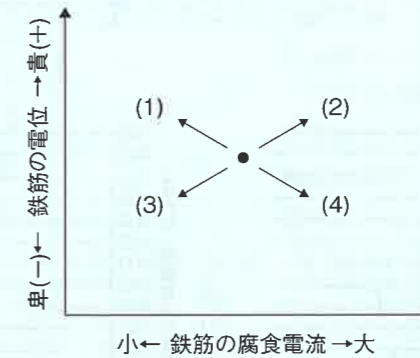
問題文では「最も剥落が生じやすく、優先して対策を実施すべき範囲として……」とされており、BとAには優先順位の差があるようにも推測される。しかし、著者らが種々の資料を調べた範囲では、BとAの優先順位について記述された資料は見いだせなかった。ただ、BとAを強いて比較すると、曲面で水切り部があるBの方が、温度や乾湿の影響を受けてコンクリート片として剥落する可能性が大きく、日本コンクリート工学会から発表された正解でもBの(2)が正解とされていることから、本書でも(2)を正解としておく。

正解 (2)

【問題 38】

鉄筋コンクリート構造物に電気防食工法を実施した。下図中の黒丸(●)は電気防食工法を実施する直前の鉄筋の自然電位と腐食電流を示している。

通电による鉄筋の電位と腐食電流の変化の方向として(1)～(4)の矢印のうち、適当なものはどれか。



コンクリート中の鉄筋の腐食が進行しているとき、鉄筋表面の電位差により腐食電流が流れている。電気防食工法では、コンクリート中の鉄筋を陰極として電位を強制的に下げ、鉄筋表面の電位差を解消することによって、鉄筋の腐食を停止させる。

したがって、鉄筋の電位は卑(-)に移行し、腐食電流が小さくなる(3)が適当である。

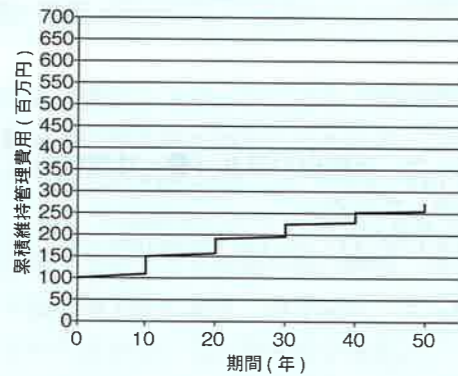
正解 (3)

【問題 39】

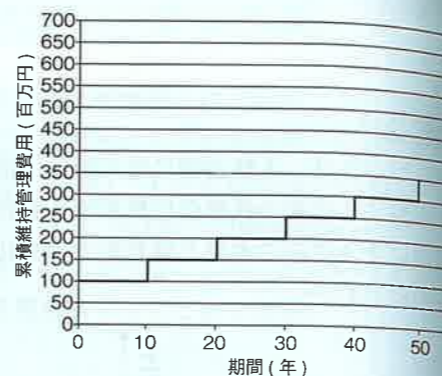
塩害環境下に建設した鉄筋コンクリート構造物に対して、予防保全を前提として表に示す維持管理のシナリオを設定した。建設後50年間の維持管理費用の推移を示した次の(1)～(4)の図のうち、適当なものはどれか。ただし、維持管理費用には建設時の表面被覆工法の工事費用も含む。

表 設定した維持管理のシナリオ

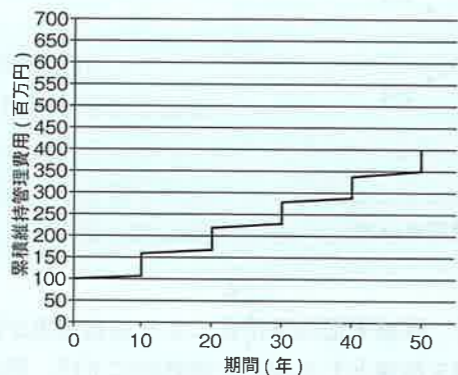
建設時に表面被覆工法を適用することとし、その補修頻度は10年ごとに1回とする。 建設時の表面被覆工法の工事費用 1回あたりの補修費用	100百万円 50百万円
毎年点検を実施することとする。 年間の点検費用	1百万円
社会的割引率	2.0%



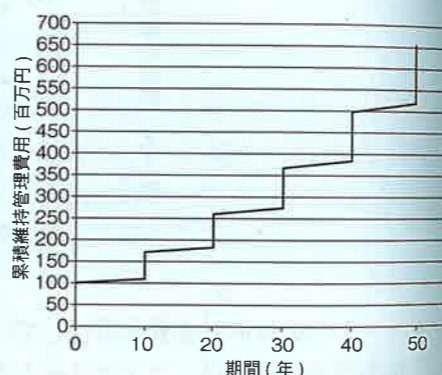
(1)



(2)



(3)



(4)

建設時の表面被覆工法の工事費用は、現在価値で100百万円となる。

t_1 年後に行われる表面被覆の工事費用は、現在価値で $\{50/(1+0.02)^{t_1}\}$ 百万円となる。したがって、表面被覆の実施時期が遅いほど、現在価値に換算した工事費用は50百万円より少なくなる。

また、 t_2 年後に行われる点検の費用は現在価値で $\{1/(1+0.02)^{t_2}\}$ 百万円で、これも実施時期が遅いほど、現在価値に換算した点検費用は1百万円より少なくなる。

以上より、(1)～(4)のグラフは以下のように評価される

(1)は上記の記述に合致しており、適当である。

(2)では点検費用が計上されておらず、補修費用に社会的割引率が考慮されていないため、不

適当である。

(3)では点検費用、補修費用のいずれも社会的割引率が考慮されていないため、不適当である。

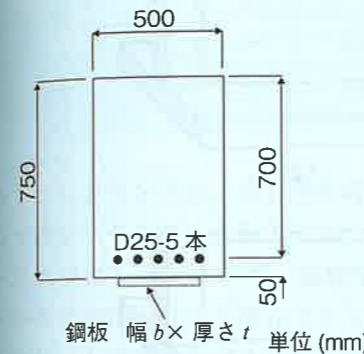
(4)では実施時期が遅くなるほど点検費用、補修費用とも増加しており、不適当である。

正解 (1)

【問題 40】

図に示す断面を有する鉄筋コンクリート梁の下面に鋼板を接着し、補強後の曲げ耐力を補強前の1.5倍に増加させることとした。鋼板の断面寸法として次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

ただし、断面の圧縮縁からコンクリート圧縮合力までの距離および圧縮縁から鋼材引張合力までの距離は、いずれも補強の前後で変化しないものとする。曲げ破壊時には鋼材が降伏するものとする。



- ここに、コンクリートの圧縮強度：24 N/mm²
 引張鉄筋の全断面積：2534 mm²
 引張鉄筋の降伏点：345 N/mm²
 引張鉄筋の引張強さ：490 N/mm²
 鋼板の降伏点：245 N/mm²
 鋼板の引張強さ：400 N/mm²

	幅 b (mm)	厚さ t (mm)
(1)	65	3.0
(2)	100	3.0
(3)	250	4.5
(4)	400	4.5

補強前の曲げ耐力は、以下のように表される。 A_s は引張鉄筋の全断面積、 f_{sy} は引張鉄筋の降伏点、 z はコンクリート圧縮合力と鋼材引張合力までの距離を表す。

補強前の曲げ耐力 = $A_s f_{sy} z$

補強後の曲げ耐力は、以下のように表される。 b は鋼板の幅、 t は鋼板の厚さ、 f_{spt} は鋼板の降伏点を表す。

補強後の曲げ耐力 = $A_s f_{sy} z + b t f_{spt} z$

補強後の曲げ耐力は補強前の曲げ耐力の1.5倍なので、以下のようになる。

$(A_s f_{sy} z + b t f_{spt} z) = 1.5 A_s f_{sy} z$

$b t = 0.5 A_s f_{sy} / f_{spt} = 0.5 \times 2534 \times 345 / 245 = 1784 \approx 1800$

鋼板の幅 b と鋼板の厚さ t の積が 1800 mm^2 なので、(4)が適当である。

正解 (4)