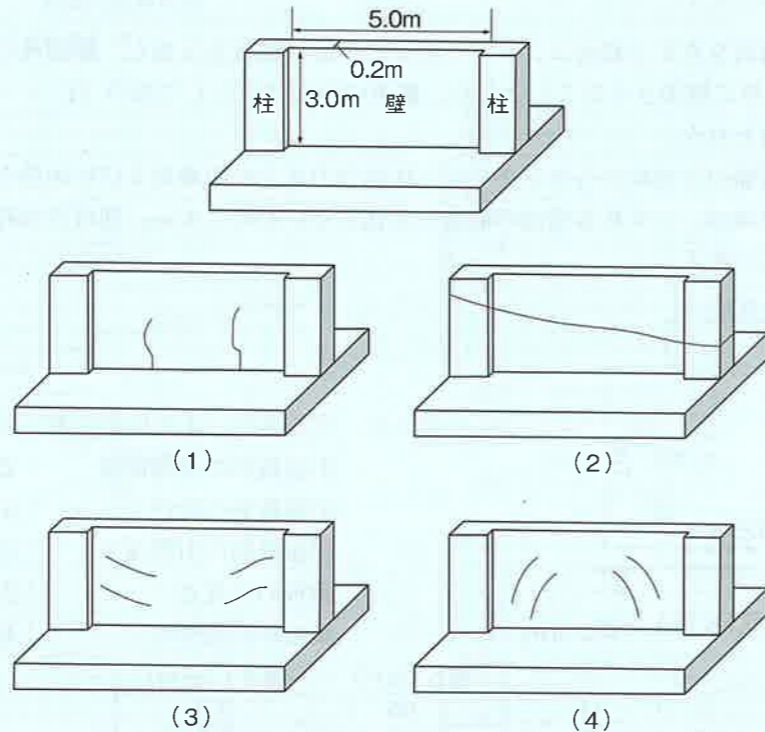


[問題 1]

下図に示す鉄筋コンクリート壁もしくは柱に発生したひび割れの概念図のうち、コンクリートの急速な打込みが原因のひび割れとして、次の(1)～(4)のうち最も適当なものはどれか。

なお、壁と柱は同時に打ち込んだものとする。



- (1) 下端を拘束された0.2mmの薄い壁に鉛直方向にひび割れが発生しているため、外部拘束による乾燥収縮ひび割れである。
- (2) 柱から壁にかけて連続した斜め水平方向のひび割れなので、不適切な打重ねによるコールドジョイントである。
- (3) 部材厚さや鉄筋の拘束度が異なる付近で、斜め下方向(壁の端から中央に向けて)にひび割れが発生している。これは、通常、柱の方が壁に比べて鉄筋量が多く沈下を妨げやすいこと、また型枠面に沿ってブリーディング水が移動しやすいことから、壁の方が柱に比べて沈下量が大きくなりやすいことによる。そのため、壁のコンクリートの沈下が、柱のコンクリートに拘束されるので、図のような沈下ひび割れが生じることがある。急速な打込みを行うと、沈下ひび割れが生じやすい。
- (4) 壁の両側に発生した斜めひび割れであり、壁の鉄筋量が少ない場合、地震荷重によって初期に発生することがある。特殊な場合に生じるもので、日常的に見られるひび割れではない。

以上のことから、(3)が適当である。

正解 (3)

[問題 2]

コンクリートに発生するエフロレッセンスに関する以下の記述中の(A)～(C)にあてはまる次の(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

一般に、一次エフロレッセンスには、可溶性の(A)などと不溶性の(B)などが含まれる。また、一次エフロレッセンスは、相対湿度が(C)、適度な風がある環境で発生しやすくなる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	Na ₂ SO ₄	CaCO ₃	低く
(2)	Na ₂ SO ₄	CaCO ₃	高く
(3)	CaCO ₃	Na ₂ SO ₄	高く
(4)	CaCO ₃	Na ₂ SO ₄	低く

エフロレッセンスは、その発生時期および発生原因の違いから、一次エフロレッセンスと二次エフロレッセンスに大別される。

一次エフロレッセンスは、硫酸ナトリウム(Na₂SO₄)、硫酸カリウム(K₂SO₄)などのセメント中の可溶性成分と水酸化カルシウムが炭酸化した炭酸カルシウムが、脱型後、乾燥に伴いコンクリート表面に析出するものをいう。

二次エフロレッセンスは、硬化後のコンクリートに雨水などが浸透し、硫酸ナトリウム(Na₂SO₄)、硫酸カリウム(K₂SO₄)、水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)などの可溶性成分を溶解、そして水の流出箇所によく析出し、炭酸塩となる。炭酸塩の大部分は、難溶性の炭酸カルシウム(CaCO₃)である。

(A)欄で可溶性の一次エフロレッセンスは、Na₂SO₄であり、(B)欄で不溶性のエフロレッセンスはCaCO₃になる。また、エフロレッセンスは、相対湿度が低く、風通りの良い所に多く発生する。

以上のことから、(1)が適当である。

正解 (1)

[問題 3]

引張鉄筋比が釣合い鉄筋比以下の鉄筋コンクリート梁に、図1に示すように荷重を載荷した。図2は、その時に得られた荷重(P)と支点間中央部のたわみ(δ)の関係の概略図である。図2中のA～Cにあてはまる次の(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

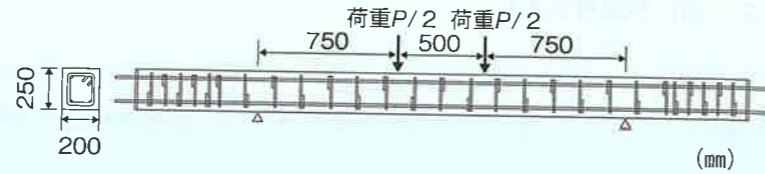


図1 鉄筋コンクリート梁の荷重状況

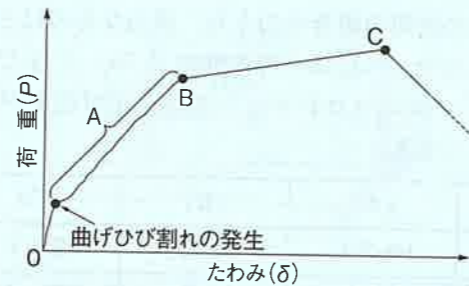


図2 荷重と支点間中央部のたわみの関係の概略図

	A	B	C
(1)	支点間中央部断面での中立軸位置は移動しない	鉄筋の降伏開始	コンクリートのせん断破壊
(2)	支点間中央部断面での中立軸位置は移動しない	コンクリートのせん断ひび割れの発生	コンクリートの圧縮破壊
(3)	支点間中央部断面での中立軸位置が圧縮縁側に移動する	コンクリートのせん断ひび割れの発生	コンクリートのせん断破壊
(4)	支点間中央部断面での中立軸位置が圧縮縁側に移動する	鉄筋の降伏開始	コンクリートの圧縮破壊

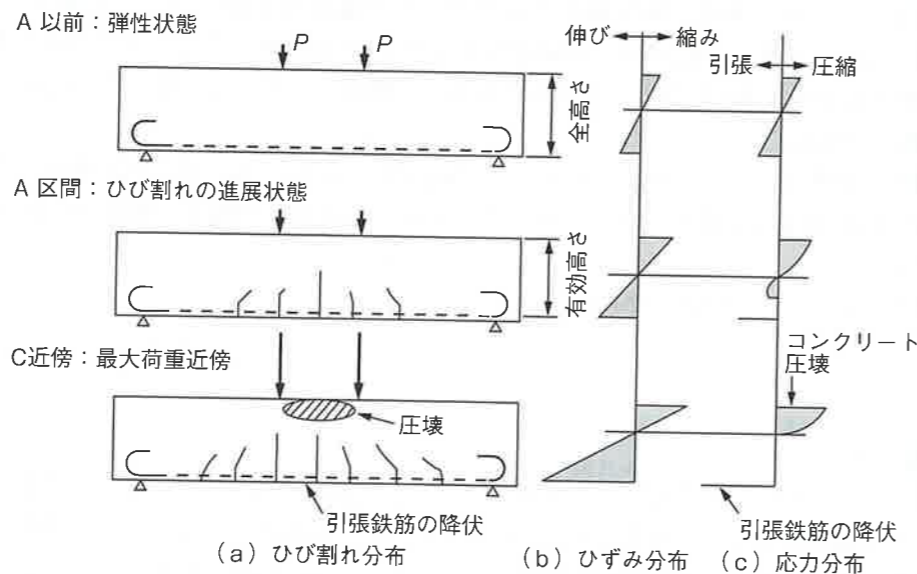


図 梁のひび割れ、ひずみ、応力分布

(「コンクリート診断技術」13 [応用編], p.17, 日本コンクリート工学会)の図を一部改変)

A区間：曲げひび割れの発生により、引張側のコンクリートの抵抗力はほぼ消失し、曲げに抵抗する有効なコンクリート断面が減少するため、中立軸は上昇（圧縮縁側に移動）し、荷重の増加に伴うたわみおよびコンクリートの応力度、鉄筋応力度の増加率が增大する。この段階になって鉄筋が有効に働くようになったともいえる。

B-C区間：引張鉄筋比が釣合い鉄筋以下なので、引張鉄筋が降伏した後で、圧縮縁コンクリートのひずみが終局ひずみに達して断面破壊に至る曲げ引張破壊になる。そのため、Bで鉄筋の降伏が開始し、Cでコンクリートの圧縮破壊が生じる。前ページ下の図に梁のひび割れ、ひずみ、応力分布を示す。以上のことから、(4)が適当である。

正解 (4)

【問題 4】

表に示す年平均気温および年平均湿度を用いて、A市、B市、C市に建てられた鉄筋コンクリート造建物の外壁における建設から50年後の中性化深さを推定した。それぞれの市における建物外壁の中性化深さの推定値の大小関係として適当なものは、次の(1)～(4)のうちどれか。

ただし、いずれの場合も、コンクリートは普通ポルトランドセメントを使用した水セメント比50%の同一配（調）合とし、屋外の炭酸ガス濃度は同じとした。また、外壁は仕上材を施しておらず、雨がかりはないものとした。

表 各都市の年平均気温および年平均湿度

	A市	B市	C市
年平均気温 (°C)	7.0	16.6	16.7
年平均湿度 (%)	74.5	61.2	73.1

- (1) A市 > B市 > C市
- (2) B市 > A市 > C市
- (3) B市 > C市 > A市
- (4) C市 > A市 > B市

コンクリートの中性化は温度が高い方が進む。よって、年平均気温のみで中性化深さを判断すると、A市は「小」、B市は「大」、C市は「大」となる。

一方、中性化と湿度の関係では、相対湿度50～60%において最も中性化が進行し、それより相対湿度が小さくなる、または大きくなると、中性化の進行は遅くなる。よって、年平均湿度のみで中性化深さを判断すると、A市は「小」、B市は「大」、C市は「小」となる。

そして、各都市の中性化深さについて年平均気温および年平均湿度を総合して考えると、表のようにA市は「小」、B市は「大」、C市は「中」となるため、最も中性化深さが大きいのはB市、次にC市、A市の順番になる。

表 気温と湿度による各都市の中性化深さの推定

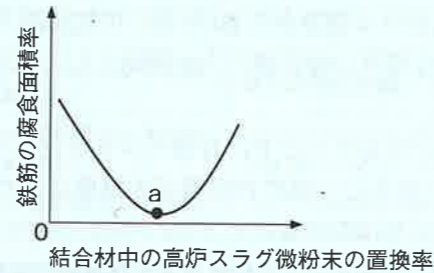
	A市	B市	C市
気温のみで判断	小	大	大
湿度のみで判断	小	大	小
総合的に判断	小	大	中

以上のことから、(3)が適当である。

正解 (3)

[問題 5]

外部からの塩分浸透による塩害と中性化の複合劣化を模擬した促進試験により、結合材中の高炉スラグ微粉末の置換率の異なるコンクリート中の鉄筋腐食の進行を比較した結果、下に示す概念図のような現象が確認された。この図に関する以下の記述中の(A)～(C)にあてはまる次の(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。



結合材中の高炉スラグ微粉末の置換率の増加に伴い、コンクリートの(A)は小さくなり、コンクリート中の(B)は減少する。結果的に、鉄筋位置での(C)が最小となったa点で鉄筋腐食が最も抑制されたと考えられる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	塩化物イオンの見掛けの拡散係数	Ca(OH) ₂	$\frac{[Cl^-]}{[OH^-]}$
(2)	酸素拡散係数	Ca(OH) ₂	$\frac{[Cl^-]}{[HCO_3^-]}$
(3)	塩化物イオンの見掛けの拡散係数	CaCO ₃	$\frac{[Cl^-]}{[HCO_3^-]}$
(4)	酸素拡散係数	CaCO ₃	$\frac{[Cl^-]}{[OH^-]}$

コンクリート中の鉄筋が腐食する要因は、様々なものがあるが、多くは塩化物イオンと中性化の影響によるものである。

高炉スラグ微粉末は、外部から浸透する塩化物イオンをフリーデル氏塩として固定化し、鉄筋腐食を防止する効果があり、水酸化カルシウムやアルカリ塩類などの刺激剤によって水硬性

を發揮し、強度が長期にわたって伸びる混和材である。そのため、高炉スラグ微粉末の置換率が増加するほど、塩化物イオンの見掛けの拡散係数が小さくなり、セメント水和生成物である水酸化カルシウム [Ca(OH)₂] は減少する。

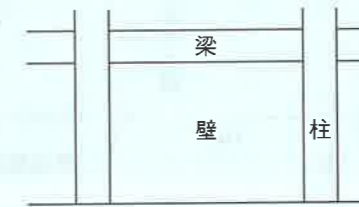
しかし、コンクリート中の細孔溶液は、水酸化カルシウムの影響で pH12～13 と高アルカリ性であるが、高炉スラグ微粉末の置換率が増加するほど水酸化カルシウムが減少するため中性化が進み、鉄筋腐食が進行することになる。すなわち、 $[Cl^-]/[OH^-]$ が最小になる位置(a)で鉄筋腐食が最も抑制される。

以上のことから、(1)が適当である。

正解 (1)

[問題 6]

下図は、鉄筋コンクリート造建物を構成する打放しコンクリートの部材(梁、壁、柱)を示したものである。これらの部材でアルカリシリカ反応が進行した場合に発生する特徴的なひび割れのパターンとして、次の(1)～(4)の組合せのうち適当なものはどれか。



	梁	壁	柱
(1)			
(2)			
(3)			
(4)			

アルカリシリカ反応の膨張によるコンクリートのひび割れの特徴として、軸方向鋼材で拘束されている梁、鉛直荷重により膨張が拘束されている柱では、拘束方向に直交する方向のひび割れは発生しにくい。すなわち、梁では水平方向に、柱では鉛直方向にひび割れが発生することが多い。鉄筋量の少ない壁には、網目状または亀甲状のひび割れが発生する。

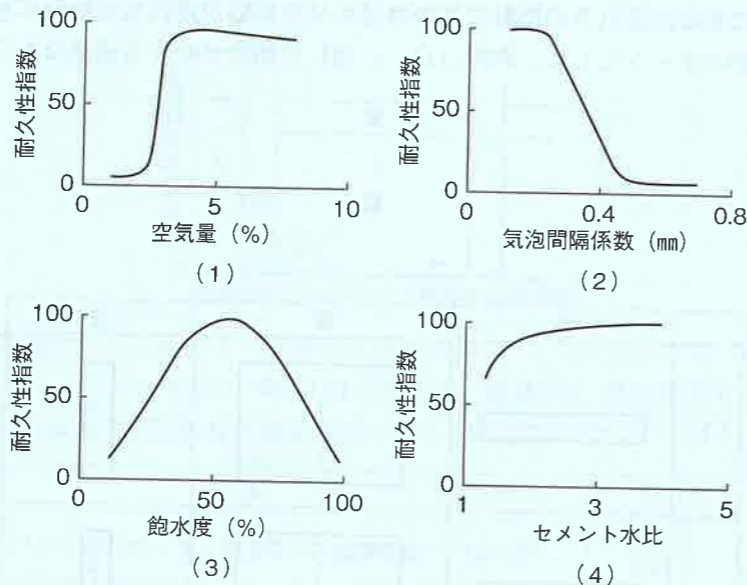
以上のことから、(4)が適当である。

正解 (4)

【問題 7】

コンクリートの耐凍害性に及ぼす各種要因の影響を示した(1)～(4)の概念図のうち、不適当なものはどれか。

ただし、(1)～(3)のコンクリートの水セメント比は50%、(3)および(4)の空気量は4.5%とする。



- (1) 空気量が3%以上確保されると、耐凍害性は向上する。
- (2) 気泡間隔係数が0.2mm程度以下になると、耐凍害性は向上する。
- (3) 飽水度が小さくなるほど耐凍害性は向上するため、不適当である。
- (4) セメント水比が大きくなる、すなわちコンクリート強度が大きくなるほど耐凍害性は向上する。

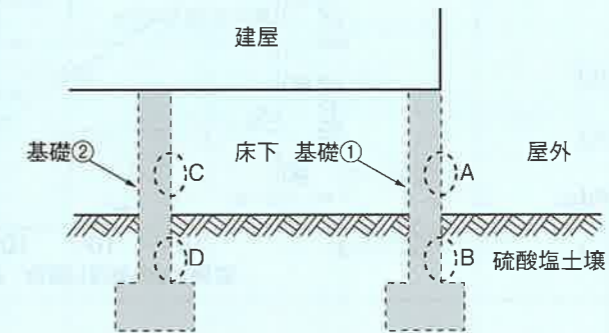
以上のことから、(3)が不適当である。

正解 (3)

【問題 8】

下図は、地盤が硫酸塩土壌である敷地に建設された建築構造物の基礎部分を示したものである。この基礎コンクリートで硫酸塩劣化が生じる場合、図中のA～Dのうち、劣化速度が最も大きくなると考えられる位置はどれか。

なお、基礎①の屋外側は雨がかりがあり、屋外および床下の土壌は湿潤状態にある。また、床下は常時換気されている。



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

土壌に接していない基礎部分が乾燥状態であると、コンクリート内部に上下方向に湿度勾配が生じ、土壌から水分と共に多量の硫酸イオンがコンクリート中に侵入する。乾燥面では水分が蒸発し、硫酸イオンがナトリウム塩やマグネシウム塩として析出し、この時の結晶析出圧によりコンクリートが膨張破壊する。すなわち、最も乾燥している面を選ばよ。A面は大気中にあるが雨がかりがある。B面およびD面は湿潤状態の土壌中である。一方、C面は常時換気されている床下の大気中であるため、最も乾燥している面といえる。

なお、土壌からの硫酸塩がコンクリート中に侵入するには水分が必要で、そのためには基礎①の屋外側のBのほうが、同じ湿潤状態といえども、基礎②のDよりもコンクリートへの侵入が多量になる。設題の「土壌は湿潤状態にある」は、このような実状を考慮しないことを前提にしていると解釈する。

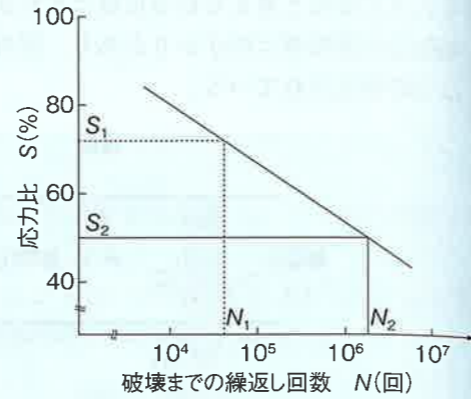
正解 (3)

【問題 9】

下図は、コンクリートの繰返し圧縮応力比 S と破壊に至るまでの繰返し回数 N の関係を表した $S-N$ 曲線である。このコンクリートに応力比 S_1 で m_1 回繰返し応力を加えた後、応力比 S_2 で繰返し載荷を n_2 回行ったところで破壊した。この時の繰返し回数 n_2 として、(1)～(4)のうち適当なものはどれか。

なお、応力比 S は、コンクリートの静的圧縮強度に対する繰返し圧縮応力の比であり、繰返し回数 N_1 および N_2 は、応力比 S_1 および S_2 でそれぞれ破壊に至るまでの繰返し回数である。ただし、 $n_1 < N_1$ とする。

- (1) $n_2 = \frac{N_2(N_1 - n_1)}{N_1}$
- (2) $n_2 = \frac{N_1(N_1 - n_1)}{N_2}$
- (3) $n_2 = \frac{S_2(N_1 - n_1)}{S_1}$
- (4) $n_2 = \frac{S_1(N_1 - n_1)}{S_2}$



疲労による劣化進行の予測として、線形累積損傷則（マイナー則とも呼ばれる）を用いて、下式の累積損傷度を求める方法がある。この方法は、いろいろな振幅の応力がランダムに発生している状態を、 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i$ などの異なる振幅の応力が単独に繰り返されたものの和として寿命を推定する。

例えば、図のように $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i$ の応力振幅が発生したとして、その時の破壊までの繰返し回数を $S-N$ 曲線から読み取り、 N_1, N_2, \dots, N_i とする。そして、これらの応力振幅がそれぞれ n_1, n_2, \dots, n_i 回繰り返されたとき、その損傷度を $n_1/N_1, n_2/N_2, \dots, n_i/N_i$ と考える。

線形累積損傷則では、それら個々の損傷度の和を累積損傷度 M とする。そして $M \geq 1$ になった時に疲労破壊が起こると考える。

$$M = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \dots + \frac{n_i}{N_i} = \sum_j \frac{n_j}{N_j}$$

ここに、 M : 累積損傷度

n_j : 応力振幅 $\Delta\sigma$ の繰返し回数

N_j : 応力振幅 $\Delta\sigma$ による疲労寿命

よって、この問題の解答は以下の計算式で導き出せる。

$$1 = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2}$$

$$\frac{n_2}{N_2} = 1 - \frac{n_1}{N_1}$$

$$n_2 = \frac{N_2(N_1 - n_1)}{N_1}$$

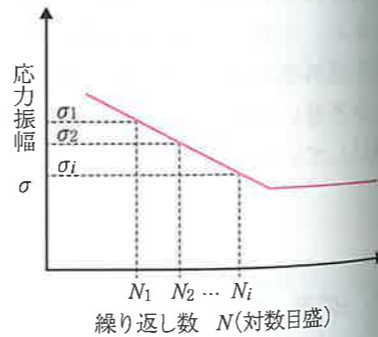
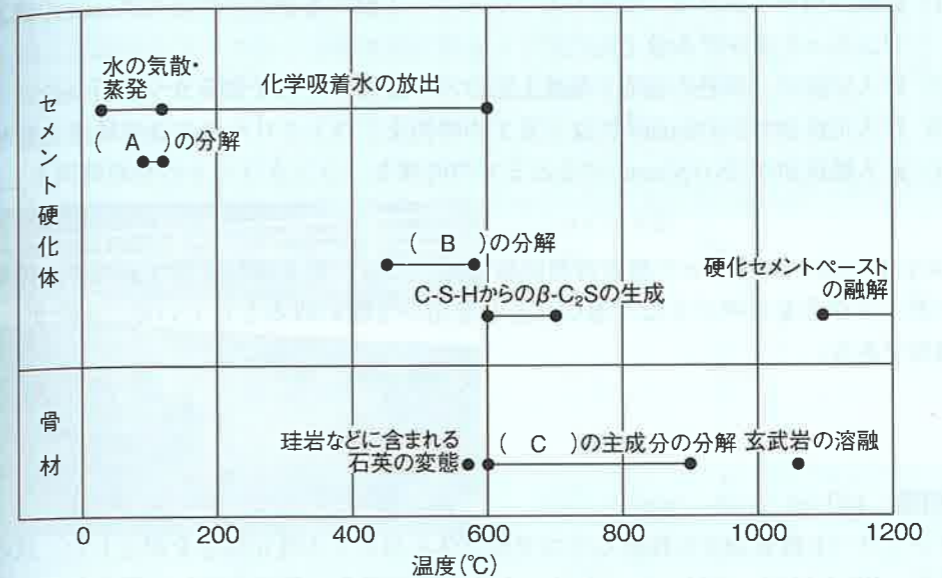


図 S-N 曲線の例

正解 (1)

【問題 10】

下図は、加熱されたセメント硬化体および骨材中に含まれる物質の各温度域での化学的変化を示したものである。図中の (A) ~ (C) にあてはまる次の (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

- (A) は 100°C 前後に位置するので、エトリンガイトの分解である。セメント硬化体中のエトリンガイトは、加熱されると 60°C で結晶水が 20 分子に脱水し、110°C で 8 分子になる。
 - (B) は 450 ~ 600°C に位置するので、コンクリート中の遊離アルカリ分である水酸化カルシウムの分解である。水酸化カルシウムは、500 ~ 580°C の加熱で熱分解する。
 - (C) は 600 ~ 900°C に位置するので、石灰岩の主成分である炭酸カルシウムの分解である。石灰岩は 500 ~ 600°C を超えると炭酸カルシウムの分解が始まり、800 ~ 900°C で分解が活発になり崩壊する。
- 以上のことから、(4) が適当である。

正解 (4)

[問題 11]

コールドジョイントを発生させないコンクリートの打込み計画を立案するために、コンクリートの凝結時間を測定した。凝結時間の測定方法に関する次の記述のうち、JIS A 1147:2007 (コンクリートの凝結時間試験方法) に照らして、不適当なものはどれか。

- (1) 試験に用いる試料は、採取したコンクリート試料を公称目開き 4.75 mm の網ふるいでふるったモルタル分とした。
- (2) 貫入試験は、試料の表面に発生したブリーディング水を取除かずに行った。
- (3) 貫入抵抗値が 3.5 N/mm^2 になるまでの時間を、コンクリートの始発時間とした。
- (4) 貫入抵抗値が 28.0 N/mm^2 になるまでの時間を、コンクリートの終結時間とした。

JIS A 1147 (コンクリートの凝結時間試験方法) では、貫入試験を行う直前に、試料表面のブリーディング水をピペットなど適切な器具を用いて吸い取るとしている。したがって、(2) は不適当である。

正解 (2)

[問題 12]

コンクリート構造物から採取したコア供試体を用いて中性化深さを測定した。次の記述のうち、JIS A 1152:2011 (コンクリートの中性化深さの測定方法) に照らして、不適当なものはどれか。

- (1) コアの側面を水洗いし、表面が濡れている状態でフェノールフタレイン溶液を噴霧し、測定を行った。
- (2) 赤紫色の呈色が不鮮明だったので、フェノールフタレイン溶液を再度噴霧して、発色が鮮明になってから測定を行った。
- (3) 測定箇所に粗骨材の粒子があったので、粒子の両端の中性化位置を結んだ直線上で測定を行った。
- (4) コンクリート表面から赤紫色に呈色した部分までの距離を 0.5 mm の単位で測定した。

JIS A 1152 (コンクリートの中性化深さの測定方法) では、測定面が濡れている場合、測定面を自然乾燥させるか、またはドライヤーを用いるなどして乾燥させるとしている。したがって、(1) は不適当である。

正解 (1)

[問題 13]

山間部に位置する鉄筋コンクリート橋脚において、下の写真の \cdots で示す範囲に生じている変状について、原因を推定することとした。その際に行う机上調査として、最も不適当なものはどれか。

- (1) 凍結防止剤の散布状況を調べた。
- (2) 施工記録からコンクリートの使用材料および配(調)合を調べた。
- (3) 周辺の同年代に建設された構造物の劣化調査結果を調べた。
- (4) 施工記録からコンクリート打継ぎ時期および打重ね時間間隔を調べた。



橋梁の側面の概略図

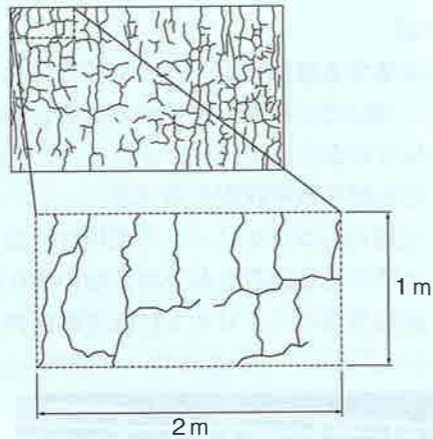
- (1) 山間部に位置する橋脚であるため、机上調査により、凍結防止剤の散布状況から、塩化物やアルカリの供給に関する情報を得ることができる。
- (2) コンクリートの使用材料および配(調)合により、強度、乾燥収縮量、密実性、アルカリ量などに関する情報を、机上調査から得ることができる。
- (3) 周辺の同年代に建設された構造物は、使用環境がほぼ同じであるため、温度・湿度、化学作用に関する情報を、机上調査から得ることができる。
- (4) 橋脚張出し部の途中での打継ぎは考えにくい。また、狭い箇所に複数の水平ひび割れおよび鉛直ひび割れが発生しているため、不適切な打重ねによるコールドジョイントは考えにくい。したがって、机上調査の有効性はないと考えられる。

以上のことから、(4) が最も不適当である。

正解 (4)

[問題 14]

下図は、コンクリート構造物の表面に発生したひび割れ状況を示したものである。点線で囲まれた部分(1 m × 2 m)のおおよそのひび割れ密度を示したものとして、次の(1)～(4)のうち、最も適当なものはどれか。



- (1) 2 m/m
- (2) 2 m/m²
- (3) 4 m/m
- (4) 4 m/m²

ひび割れ密度とは、ひび割れの1m²あたりの総延長であるため、単位はm/m²となり、(1)および(3)は不適当である。(2)の2m/m²と(4)の4m/m²を比べるとひび割れの多さから見て、(4)の4m/m²が最も適当である。

正解 (4)

[問題 15]

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) に従って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。

コア供試体の平均直径(d)が100.0 mm, コア供試体の平均高さ(h)が163.0 mm, 試験時最大荷重が 2.67×10^5 Nであったとき、下表に示す補正係数に基づいて計算した圧縮強度のうち、JIS A 1107 : 2012に照らして、適当なものはどれか。

なお、円周率(π)は、3.14とする。

JIS A 1107 : 2012による補正係数

高さ(と直径との比 (h/d))	補正係数 (k)
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

h/d がこの表に表す値の間にある場合は、補正係数 k を補間して求める。

- (1) 35.1 N/mm²
- (2) 33.0 N/mm²
- (3) 32.6 N/mm²
- (4) 32.0 N/mm²

コア供試体の平均高さ(h)が200.0 mmの場合の圧縮強度は、
 2.67×10^5 N \div (50 mm \times 50 mm \times 3.14) = 34.0 N/mm²
 コア供試体の平均高さ(h)が163.0 mmの時の補正係数(k)を求める。

$$(1.75 - 1.63) \div (1.75 - 1.50) \times (0.98 - 0.96) + 0.96 = 0.97$$

コア供試体の平均高さが163.0 mmの時の圧縮強度は
 $34.0 \text{ N/mm}^2 \times 0.97 = 33.0 \text{ N/mm}^2$

正解 (2)

[問題 16]

コンクリート構造物に生じているひび割れの深さ(d)を超音波法により推定するために、2種類の計測方法によって、発振子から発振された超音波が受振子に到達するまでの時間 t_1 および t_2 をそれぞれ計測した。このとき、ひび割れ深さの推定式に対応する t_1 および t_2 の計測方法に関する(1)~(4)の組合せのうち、適当なものはどれか。

	t_1 の計測方法	t_2 の計測方法	ひび割れ深さの推定式
(1)			$d = a \sqrt{\left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2 - 1}$
(2)			$d = a \sqrt{\left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2 - 1}$
(3)			$d = a \sqrt{\frac{4t_1^2 - t_2^2}{t_2^2 - t_1^2}}$
(4)			$d = a \sqrt{\frac{4t_1^2 - t_2^2}{t_2^2 - t_1^2}}$

コンクリートの弾性波速度 V が未知であるため、振動子の間隔 a を変化させることによって伝播距離 L と弾性波速度 V を未知数とした連立方程式を解いてひび割れ深さ d を求める。

$$t_1 \text{ の計測値は、} 2\sqrt{a^2 + d^2} \div V = t_1$$

$$t_2 \text{ の計測値 (振動子の間隔は2倍) は、} 2\sqrt{[(2a)^2 + d^2]} \div V = t_2$$

V を消去する

$$\frac{\sqrt{a^2+d^2}}{t_1} = \frac{\sqrt{(2a)^2+d^2}}{t_2}$$

式を整理すると

$$d = a \sqrt{\frac{4t_1^2 - t_2^2}{t_2^2 - t_1^2}}$$

正解 (3)

[問題 17]

電磁波レーダ法による鉄筋の位置およびかぶり(厚さ)の推定に関する以下の記述中の(A)～(C)にあてはまる次の(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

コンクリート中に入射する電磁波の周波数が高いほど、水平分解能(配筋ピッチの分解能力)は(A)する。また、電磁波の周波数が高いほど、探査できる深さは(B)なる。なお、かぶり(厚さ)の推定値は、電磁波の伝播速度により決まるため、(C)の比誘電率を適切に設定する必要がある。

	(A)	(B)	(C)
(1)	向上	浅く	コンクリート
(2)	低下	浅く	鉄筋
(3)	向上	深く	コンクリート
(4)	低下	深く	鉄筋

コンクリート用電磁波レーダの仕組みは、電磁波をコンクリート内へ送信アンテナから放射すると、その電磁波がコンクリートと電気的性質の異なる物体との境界線で反射する。それを受信アンテナで受信し、それにかかる往復の伝播時間から反射物体までの距離を計算する。

コンクリート中の電磁波の速度 $V = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$

ここに、 c : 真空中での電磁波の速度

ϵ_r : コンクリートの比誘電率

なお、電磁波レーダ法の特徴として、電磁波の周波数が高いほど減衰が大きく、近くの物しか探査できないが、より小さな物を探査できる。

正解 (1)

[問題 18]

塩害環境に位置するコンクリート構造物の調査に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

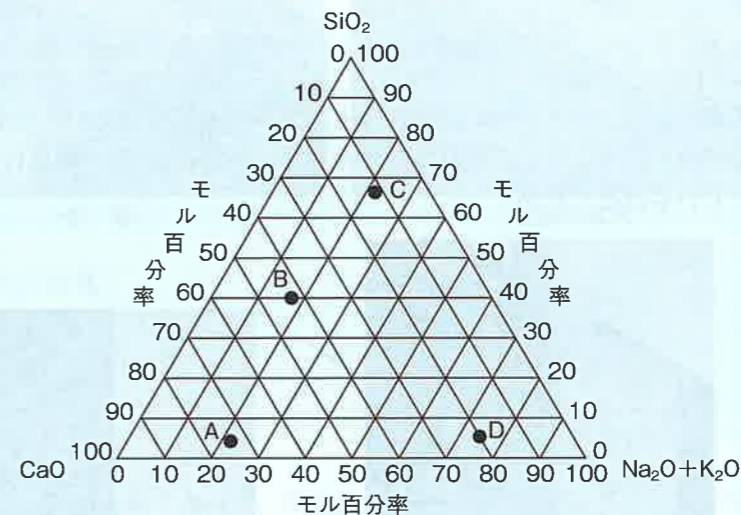
- (1) 粗骨材の最大寸法の3倍の直径のコアを採取し、粉碎・調製した試料を用いて、塩化物イオン濃度を測定した。
- (2) 採取コアの割裂面に硝酸銀溶液を噴霧し、塩化物イオンの浸透深さを調べた。
- (3) 採取コアを用いて、電子線マイクロアナライザー(EPMA)により塩化物イオン濃度の分布を調べた。
- (4) 採取コアの中性化した領域の塩化物イオン濃度の測定結果を含めて、塩化物イオンの見掛けの拡散係数を計算した。

塩化物を含むコンクリートが中性化すると、塩化物を固定化していたフリーデル氏塩が炭酸化により分解し、塩化物イオンが未炭酸化部分に移動・濃縮する。このため、拡散係数の算出に中性化領域の塩化物イオン濃度の測定値を含めると、塩化物イオンの見掛けの拡散係数は実際とは異なった値となる。したがって、(4)は不適切である。

正解 (4)

[問題 19]

コンクリート表面の白色の付着物A, B, C, Dを蛍光X線分析装置で分析した結果を基に、下に示す三成分系図を作成した。これらの付着物のうち、アルカリシリカゲルであると推定される付着物の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、最も適当なものはどれか。



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

骨材のアルカリシリカ反応で生成するアルカリシリカゲルの化学組成は、 SiO_2 : 40～70%、

Na₂O + K₂O : 10 ~ 30%, CaO : 10 ~ 50%である。

正解 (2)

[問題 20]

コンクリート構造物から採取した試料に対する調査項目と使用する分析機器・装置を示した次の(1) ~ (4)の組合せのうち、最も適当なものはどれか。

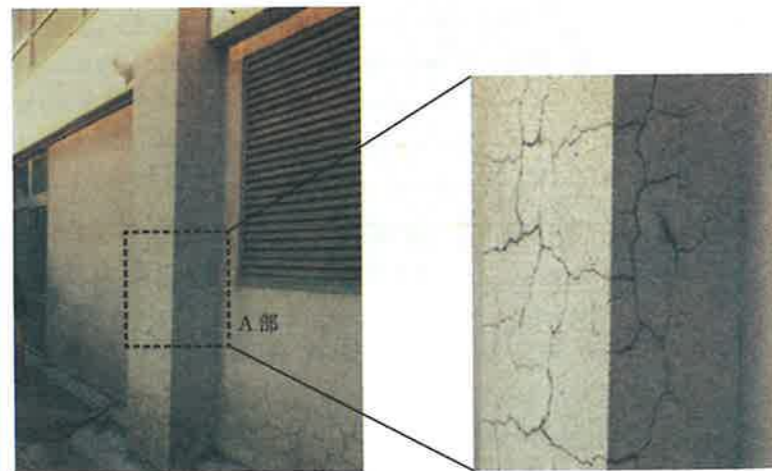
	調 査 項 目		
	骨材中の反応性珪物の有無	エトリンガイトの生成状況	水酸化カルシウム量
(1)	走査型電子顕微鏡	偏光顕微鏡	示差熱重量分析装置
(2)	偏光顕微鏡	走査型電子顕微鏡	示差熱重量分析装置
(3)	走査型電子顕微鏡	示差熱重量分析装置	偏光顕微鏡
(4)	偏光顕微鏡	示差熱重量分析装置	走査型電子顕微鏡

骨材中の珪物は、偏光顕微鏡で調べる。
走査型電子顕微鏡により、エトリンガイトの形状が確認できる。
水酸化カルシウム量は、示差熱重量分析装置で測定できる。

正解 (2)

[問題 21]

寒冷地にある鉄筋コンクリート造建物のモルタル仕上げ面(モルタル厚さ20mm)に写真に示すひび割れが生じた。このひび割れの主たる原因として、次の(1) ~ (4)のうち、最も考えにくいものはどれか。



外 観

A部の拡大

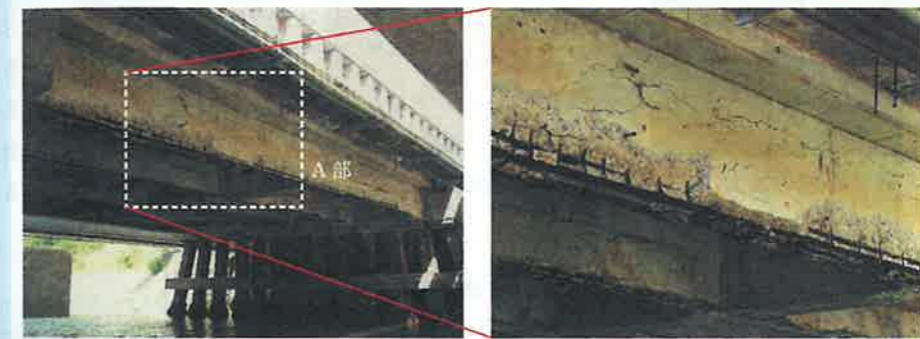
- (1) 躯体コンクリートの使用材料に起因する異常膨張
- (2) 躯体コンクリートの乾燥収縮
- (3) 仕上げモルタルの乾湿の繰返し
- (4) 仕上げモルタルの凍結融解の繰返し

仕上げモルタルの乾湿の繰返しや凍結融解の繰返し、あるいは躯体コンクリートの異常膨張により、仕上げモルタルにひび割れが発生する可能性はあるが、内側にある躯体コンクリートが乾燥収縮するだけで、写真のように仕上げモルタルに多くのひび割れが発生することは考えられない。

正解 (2)

[問題 22]

写真は、沿岸部に位置する鉄筋コンクリートT桁橋である。この橋梁がある道路は、今後も長期的な供用が予定されている。この道路の維持管理計画を立てる上で、この橋梁に対する合理的な対策として、次の(1) ~ (4)のうち、最も適当なものはどれか。



全 景

A部の拡大

- (1) 外ケーブルの設置
- (2) 鋼板接着
- (3) 電気防食
- (4) 架替え

塩害による鉄筋の発錆が大きく進行し、引張縁のかぶりコンクリートの脱落だけでなく、構造物コンクリート全体にひび割れが発生しているため、補修・補強による維持は困難である。

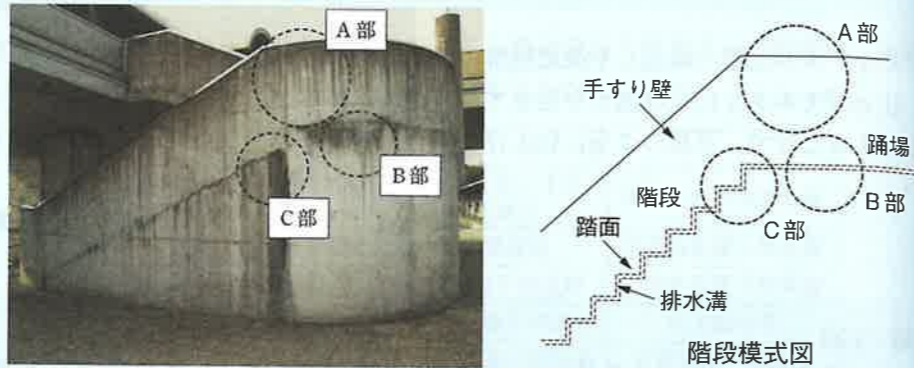
正解 (4)

[問題 23]

写真は、鉄筋コンクリート造の屋外階段の外観を示したものである。手すり壁の立上り

部と踏面端部の排水溝の境界には貫通しているひび割れが認められる。A～C部の変色の主たる原因に関する、次の(1)～(4)の組合せのうち、最も適当なものはどれか。

なお、雨水は踏面端部の手すり壁に沿った排水溝により下部へ排水される形状となっている。



A部の拡大

B部の拡大

C部の拡大

	A部	B部	C部
(1)	塵埃および死滅した微生物	鋼材腐食による錆汁	エフロレッセンス
(2)	エフロレッセンス	塵埃および死滅した微生物	鋼材腐食による錆汁
(3)	塵埃および死滅した微生物	エフロレッセンス	鋼材腐食による錆汁
(4)	鋼材腐食による錆汁	塵埃および死滅した微生物	エフロレッセンス

A部：上部からの塵埃等の汚れあとである。

B部：ひび割れ箇所からエフロレッセンスを主とした白い漏水あとがある。

C部：赤色の混ざった錆汁がひび割れ箇所から出ている。

正解 (3)

[問題 24]

建設後 25 年が経過した打放し仕上げの鉄筋コンクリート構造物において、コンクリー

トの中性化深さを調査したところ 15mm であった。かぶり(厚さ)が 35mm で、コンクリート中の塩化物イオン量は無視できる程小さいことが確認されている場合、現在から 75 年後の予測に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

ただし、環境条件は変わらず、鉄筋の腐食は中性化残り〔かぶり(厚さ)から中性化深さを引いた残り〕が 10mm になった時点で開始するとする。

- (1) 表面から深さ 25mm の位置のコンクリートは中性化している。
- (2) 表面から深さ 35mm の位置のコンクリートの pH が 8.0 以下である。
- (3) 表面から深さ 40mm の位置のコンクリートに水酸化カルシウムが存在する。
- (4) 鉄筋の不動態皮膜の消失が認められる。

中性化速度式 $C=A\sqrt{t}$

ここに、 C ：中性化深さ(mm)、 t ：経過時間(年)、 A ：係数

25年目は、 $15=A\sqrt{25}$ 、 $A=3$

さらに 75 年後(100 年目)は、 $A\sqrt{100}=3\sqrt{100}=30$

30mm まで中性化する。

- (1) 深さ 25mm は中性化している。
- (2) 深さ 35mm は中性化していないので、pH が 8.0 以下にはなっていない。
- (3) 深さ 40mm は中性化していないので、水酸化カルシウムは存在している。
- (4) かぶり(厚さ)が 35mm で中性化深さが 30mm のため中性化残りは 5mm しかない。中性化残りが 10mm 以下になった時点から、鉄筋の腐食(不動態皮膜の消失)は始まっている。

正解 (2)

[問題 25]

図 1 に示す 1980 年に施工されたコンクリート橋脚の張出し部のコンクリートにおいてひび割れが発生していたので、この部分のコンクリートをはつったところ、図 2 に示す位置のせん断補強筋の曲げ加工部に写真 1 に示すような亀裂が見られた。この亀裂が生じた主原因に関する次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

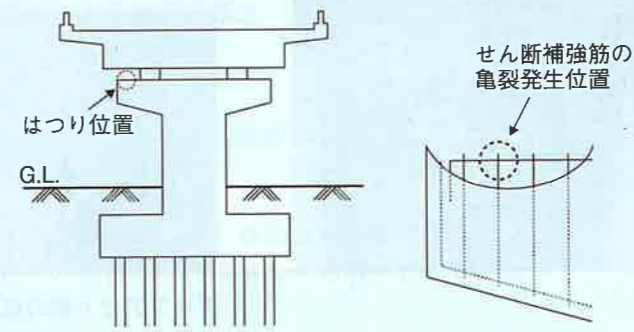


図 1

図 2



写真1 曲げ加工部の亀裂

- (1) 活荷重による鉄筋の疲労
- (2) コンクリートのクリープ
- (3) アルカリシリカ反応
- (4) セメントの水和熱

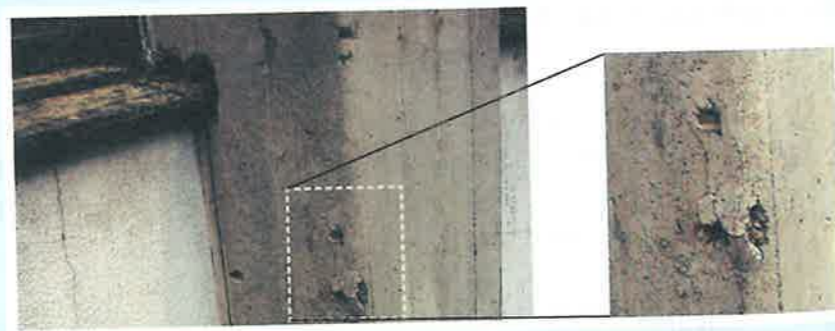
橋脚の張出しコンクリート上部の鉄筋に、コンクリートのクリープあるいはセメント水和熱により大きな引張力が働くことは考えられない。

鉄筋の亀裂は、急激な外力による破断ではなく、継続的な力による破断と見られる。したがって、アルカリシリカ反応によるコンクリートの膨張力で発生した鉄筋曲げ加工部の亀裂である。

正解 (3)

[問題 26]

積雪寒冷地に建てられた鉄筋コンクリート造建物の柱に写真に示すようなポップアウトがみられた。このポップアウトの原因と判断した次の(1)～(4)の骨材のうち、適当なものはどれか。



ポップアウト部の拡大

- (1) 粘土塊を含んだ陸砂利や軟石
- (2) 十分に洗浄されなかった海砂
- (3) 硫化鉄を含んだ碎石
- (4) アルカリシリカ反応性のある砕砂

凍結融解作用を受けた骨材中の軟石部分等が、ポップアウトを起こす原因となることがある。

正解 (1)

[問題 27]

東北地方における鉄道駅のプラットホームにおいて、鉄筋コンクリート床版の上面および側面に写真に示すような変状が確認された。このような変状が生じた原因として次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。



A部の拡大(鉄筋コンクリート床版上面)



B部の拡大(鉄筋コンクリート床版側面)

- (1) 迷走電流による鉄筋の電食
- (2) 乗降による疲労
- (3) 電車による振動
- (4) 雨水や融雪水による凍結融解

凍結融解により、コンクリート側面は鉄筋方向に沿ってひび割れが発生する。また、コンクリート床版の仕上げ面はセメントモルタル層が存在し、細かいひび割れが全面に発生する。

正解 (4)

[問題 28]

温暖な地域の海岸近くに立地し、風雨にさらされる無筋コンクリート防波堤において、建設後、早期に写真に示すような表面の粗面化が生じていた。このような現象が生じた要因に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。



- (1) 単位セメント量が小さかった。
- (2) 細骨材に水洗いしていない海砂を使用していた。
- (3) 型枠のせき板に糖分を多く含む木材が使われていた。
- (4) 型枠の取り外しが早く、表面が急激に乾燥した。

- (1) 単位セメント量が少ないと、セメントペースト分が少なくなる。このような場合には、雨水等によりセメントペースト分が洗い流され易くなり、コンクリート表面が粗面化する。
- (2) 細骨材に海砂を使用しても、コンクリートの硬化不良等は生じず、コンクリート表面が粗面化することはない。
- (3) 型枠のせき板に糖分を多く含む木材が使われると、コンクリートが硬化不良を起こすため、コンクリート表面が粗面化しやすくなる。
- (4) 型枠の取り外しが早く、表面が急激に乾燥した場合には、養生不足になる。特に、表層部分の耐久性が低下し、コンクリート表面が粗面化しやすくなる。

正解 (2)

[問題 29]

プレストレストコンクリート桁において、シース内へのグラウト注入時に閉塞が確認されたため、X線透過試験法を用いて図1中の赤丸で示す箇所のグラウトの充填状況の確認を行ったところ、図2のようなX線フィルム画像が得られた。グラウトの充填状況の判定に関する次の(1)～(4)の組合せのうち、適当なものはどれか。

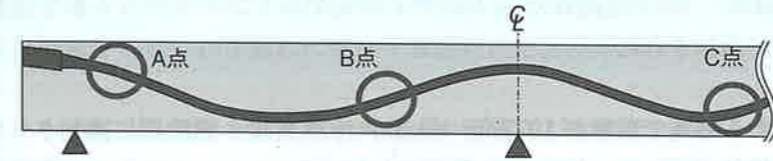
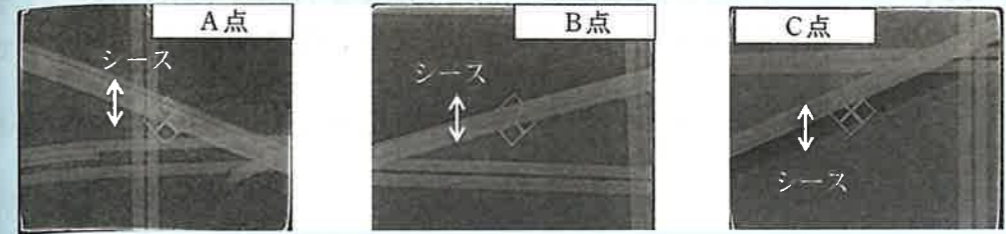


図1 X線撮影位置



	A点	B点	C点
(1)	充填不良	充填不良	充填良好
(2)	充填良好	判定困難	充填不良
(3)	充填良好	充填良好	判定困難
(4)	判定困難	充填良好	充填不良

グラウトの充填状況は、撮影された画像のコントラストによって判定できる。充填良好な場合には、シースの空隙は周りのコンクリートと同様に写るが、充填不良の場合にはX線の透過が強いため黒く写る。また、PC鋼材が重なっている場合には、充填状況の判定が困難になる。

A点はコントラストが強くないので、充填良好にも見えるが、PC鋼材が重なっているようであり、判定困難と言える。

B点はコントラストが不明瞭なので、充填良好である。

C点はコントラストが明瞭なので、充填不良である。

以上より、適当な組合せは(4)である。

正解 (4)

[問題 30]

コンクリート構造物の耐久性に関係する通達・指針類とその年代に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) 1970年代に、建設省住宅局建築指導課長通達「コンクリートに使用される細骨材中に塩分が含まれる場合の取扱いについて」および建設省技術調査室長通達「土木工事に係わるコンクリート細骨材としての海砂の使用について」が通知された。
- (2) 1980年代に、社団法人日本道路協会から「道路橋の塩害対策指針(案)・同解説」が発刊された。
- (3) 1990年代に、JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)附属書に「セメントの選定等によるアルカリ骨材反応の抑制対策の方法」が規定された。

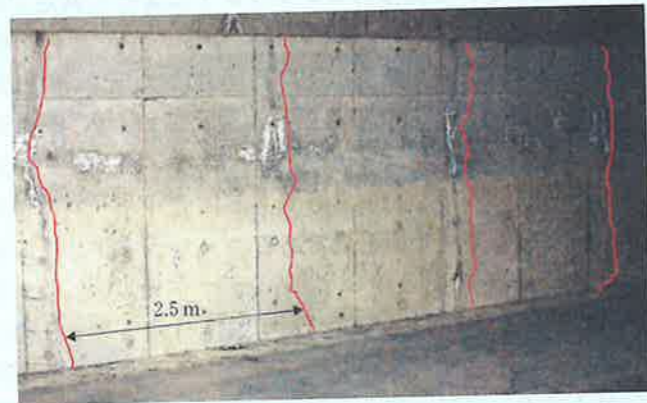
(4) 2000年代に、国土交通省から「レディーミクストコンクリート単位水量測定要領(案)」が通知された。

- (1) は海砂に関わる通達で前者が1977年、後者が1978年で、同時期に通知された。
 (2) の塩害対策指針(案)は、1984年に発刊されている。
 (3) のJIS A 5308(レディーミクストコンクリート)の附属書「セメントの選定等によるアルカリ骨材反応の抑制対策の方法」は、1986年の改正時に規定されており、1990年代ではない。
 (4) の「レディーミクストコンクリート単位水量測定要領(案)」は、2004年に国土交通省から通知されている。

正解 (3)

【問題 31】

夏期に打ち込まれた長さ20mのボックスカルバートの壁の鉛直方向に、写真のような幅0.5mmのひび割れが、約2.5mの間隔で発生していた。今後、同様の壁を構築する場合、ひび割れ幅を抑制するための対策として、次の(1)～(4)のうち、不適当なものはどれか。ただし、実施する対策以外の施工条件および環境条件は変化しないものとする。



- (1) 底版打ち込み後、壁を打継ぐまでの期間を、当初の14日間から7日間にする。
 (2) 型枠を保温型枠に変更する。
 (3) 配力筋(水平筋)を増量する。主筋(鉛直筋)の量は変更しない。
 (4) コンクリートの打ち込み温度を、当初の30℃から25℃にする。

- (1) 底版の打ち込み後、壁を打ち継ぐまでの期間が長いほど、底版の乾燥収縮が進行し、壁を打ち継いだ際の拘束が強くなる。壁を打ち継ぐまでの期間を短くすれば、拘束が弱くなるため、対策として有効である。
 (2) 型枠を保温型枠にすると、部材内部の温度勾配が小さくなり、内部拘束による温度応力の低減に効果はあるが、最高温度が高くなり、その後の温度降下に伴う外部拘束による温度

応力は増加する。このように、条件次第で逆効果となる場合があり、不適当である。

- (3) 配力筋量を増量すると、ひび割れに直交する鉄筋の応力度が減少するので、対策として有効である。
 (4) コンクリートの打ち込み温度を低減させれば、水和熱による温度上昇が小さくなるため、対策として有効である。

正解 (2)

【問題 32】

鉄筋コンクリート構造物に写真1～写真4に示す変状が生じていた。それぞれの変状の対策に関する次の(1)～(4)の記述のうち、最も不適当なものはどれか。



写真1 橋台のひび割れ



写真2 擁壁の析出物を伴う幅0.3mmのひび割れ



写真3 橋脚のコールドジョイント(縁切れはない)



写真4 桁のひび割れ

- (1) 写真1の変状に対して、電気化学的脱塩工法を実施した。
 (2) 写真2の変状に対して、ひび割れ部を削孔し、エポキシ樹脂を注入した。
 (3) 写真3の変状に対して、ポリマーセメントペーストを塗布した。
 (4) 写真4の変状に対して、断面修復を行い、表面被覆材を塗布した。

写真1の橋台には亀甲状で幅の大きなひび割れが認められ、変状原因としてアルカリシリカ反応が推測される。電気化学的脱塩工法を適用した場合には、鋼材周囲にアルカリイオンが集積され、アルカリシリカ反応の進展が助長される懸念があるため、適用には注意が必要である。
 写真2のような幅が0.2～1.0mm程度のひび割れの補修には、ひび割れ注入が適用される。

注入材料には、エポキシ樹脂やアクリル樹脂などの有機系、セメント系、ポリマーセメント系がある。

写真3のように縁切れが生じていない軽度のコールドジョイントに対しては、ポリマーセメントペーストを刷毛塗りして対処する。

写真4のような変状に対して、コンクリートの劣化部分をはつり取り、断面修復と表面被覆を施す工法が一般的に適用される。塩害などの場合、はつり取る範囲が十分でない、鉄筋腐食が進行し、早期に再変状を招く場合等もあるが、この補修が最も不適当とは言い難い。

以上より、最も不適当なものは(1)である。

正解 (1)

[問題 33]

表面被覆によるコンクリートの劣化対策を検討する場合、接触する液体と劣化対策に関する次の(1)～(4)の組合せのうち、最も不適当なものはどれか。

	接触する液体	劣化対策
(1)	pH2～3の酸性溶液	ビニルエステル樹脂被覆
(2)	海水	不飽和ポリエステル樹脂被覆
(3)	大豆油	ポリマーセメントモルタル被覆
(4)	鉱物油	対策の必要なし

- (1) pH2～3の酸性溶液に対しては、エポキシ樹脂、ビニルエステル樹脂、ポリウレタン樹脂等を用いた被覆により対策が施される。
- (2) 不飽和ポリエステル樹脂は厚膜形の塗装材として、化学的侵食の抑制を目的に適用される。
- (3) 脂肪酸を含む動植物油の場合は、脂肪酸が遊離し、酸として作用するために、被覆材のポリマーセメントモルタルが劣化し、対策として不適当である。
- (4) 一般に、酸性物質を含まない鉱物油はコンクリートをほとんど侵食しない。

正解 (3)

[問題 34]

道路橋鉄筋コンクリート床版の上面増厚工法に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

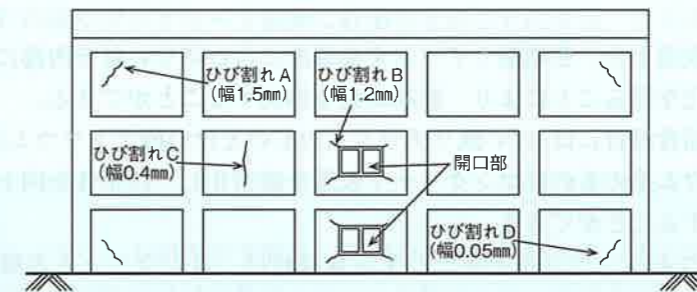
- (1) 交通規制の時間的制約に対応するため、超速硬セメントを用いた。
- (2) 新旧コンクリートの打継ぎ部の一体性を確保するため、床版上面の表面処理にハンドブレイカを用いた。
- (3) 荷重作用によるひび割れ幅を抑制するため、鋼繊維補強コンクリートを用いた。
- (4) 乾燥収縮によるひび割れの発生を抑制するため、スランプ5cmのコンクリートを用いた。

- (1) 増厚工法では、交通規制の時間的制約に対応するため、超速硬セメントの使用が基本とされている。
- (2) 既設コンクリートのはつり処理には、ウォータージェット(WJ)工法が標準的に用いられている。ハンドブレイカにより不適切に処理すると、処理面にマイクロクラックが発生し、新旧コンクリートの一体化に悪影響を及ぼすことが確認されている。
- (3) 上面増厚工法では、比較的薄層でコンクリートを施工するため、荷重作用や乾燥収縮によるひび割れが懸念される。このような点に対処するため、鋼繊維補強コンクリートが用いられる。
- (4) 乾燥収縮量を低減し、縦方向と横方向の勾配に対応するため、コンクリートのスランプは5cmの硬練りが用いられている。

正解 (2)

[問題 35]

建設後10年経過した鉄筋コンクリート造建物の外壁において図に示すひび割れが生じていた。これらのひび割れに対する補修に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。



- (1) ひび割れAに対して、ポリマーセメントモルタルによるUカット充填工法を用いた。
- (2) ひび割れBに対して、ポリウレタン系シーリング材によるUカット充填工法を用いた。
- (3) ひび割れCに対して、エポキシ樹脂系注入材による低圧注入工法を用いた。
- (4) ひび割れDに対して、ポリマーセメントペーストによるひび割れ被覆工法を用いた。

本設問の建物は建設後10年を経過しているため、乾燥収縮によるひび割れの進展はほとんどないと考えられるが、温度変化に伴うひび割れの変動はあり得る。補修に際してはこの点を考慮して、工法・材料を検討する必要がある。

- (1) ひび割れAのように、幅が1.0mm以上で、温度変化に伴うひび割れ幅の変動が大きい場合には、ポリマーセメントモルタルではなく、可とう性エポキシ樹脂によるUカット充填工法が適用される。
- (2) ひび割れBのように、開口部周囲に発生している場合には、温度変化によりひび割れが変動する可能性がある。このような場合には、ポリウレタン系シーリング材によるUカット充填工法が適用される。

- (3) ひび割れCのように、幅が0.2～1.0mmで、ひび割れの変動が小さい場合には、エポキシ樹脂の注入材による低圧注入工法が適用される。
- (4) ひび割れDのように、幅が0.2mm以下で、ひび割れの変動が小さい場合には、ポリマーセメントペーストによるひび割れ被覆工法が適用される。

正解 (1)

[問題 36]

含浸材中の主成分とその含浸材を用いた塗布工法に期待される効果に関する次の(1)～(4)の組合せのうち、不適当なものはどれか。

	含浸材中の主成分	期待される効果
(1)	亜硝酸リチウム	鉄筋表面の不動態化
(2)	けい酸ナトリウム	コンクリート表層の緻密化
(3)	アルキルアルコキシシラン	二酸化炭素の侵入防止
(4)	けい酸リチウム	中性化したコンクリートのアルカリ性の回復

- (1) コンクリート表面から、亜硝酸リチウムを高濃度に含む防せい材を内部に浸透させ、鉄筋表面の不動態化を図ることにより、鉄筋腐食を抑制することができる。
- (2) けい酸塩系表面含浸材には、けい酸リチウム系のものとけい酸ナトリウム系のものがある。けい酸ナトリウム系のはコンクリート表層を緻密化し、防水性を向上させ、劣化因子の侵入を抑制することができる。
- (3) アルキルアルコキシシランを主成分とする含浸材は、コンクリート表層に数mm厚の範囲では水層を形成し、水や塩化物イオンなどの劣化因子の侵入を抑制することができる。しかし、二酸化炭素など気体の侵入を抑制することはできないため、効果は期待できない。
- (4) けい酸リチウムを主成分とする含浸材は、中性化した部位へのアルカリ付与やぜい弱部の強化などを図ることができる。

正解 (3)

[問題 37]

鉄筋コンクリート構造物に適用する電気化学的補修工法に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- (1) 電気防食工法では、通電中の鉄筋電位が通電前と比べて100mV以上貴(プラス)に分極する。
- (2) 再アルカリ化工法では、コンクリート内部の炭酸カルシウムが水酸化カルシウムに変化する。
- (3) 脱塩工法では、外部に設置した仮設電極に、塩化物イオンとともにアルカリ金属イ

オンが集積する。

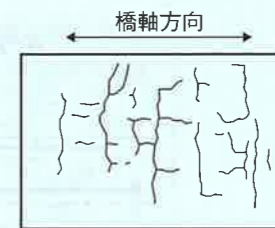
- (4) 電着工法では、電着物質により、ひび割れが閉塞されるとともに、コンクリート表面が緻密化される。

- (1) 電気防食工法では、コンクリート表面に陽極材を設置し、鋼材に防食電流を供給する。これにより、鋼材電位を100mV以上卑(マイナス)に分極させる。
- (2) 再アルカリ化工法では、コンクリート表面に炭酸カリウムなどのアルカリ性溶液を含んだ仮設陽極材を1～2週間程度設置し、1～2A/m²の直流電流を鋼材に向かって流すことにより、アルカリ性溶液を電気浸透させるもので、セメント硬化体の成分を化学的に変化させるものではない。
- (3) 脱塩工法では、コンクリート表面に水酸化カルシウムやホウ酸リチウムなどの電解質性溶液を含んだ仮設陽極材を8週間程度設置し、1～2A/m²の直流電流を鋼材に向かって流すことにより、コンクリート中の塩化物イオンが電気泳動して、脱塩される。ただし、通電によりアルカリイオンが鋼材周囲に集積される点に留意する必要がある。
- (4) 電着工法では、コンクリート表面に電解質性溶液を含んだ仮設陽極材を6カ月間程度設置し、0.5～2A/m²の直流電流を鋼材に向かって流す。電解質性溶液中のCa²⁺、Mg²⁺イオン等をひび割れ内部やコンクリート表面に析出させることにより、コンクリート表層部を緻密化させることができる。

正解 (4)

[問題 38]

道路橋鉄筋コンクリート床版の下面に、下図のようなひび割れが生じていたため、炭素繊維シートを格子状に貼り付けて補強した。この補強工法に期待される効果として、次の(1)～(4)のうち、不適当なものはどれか。



- (1) 疲労耐久性の向上
- (2) せん断耐力の向上
- (3) 曲げ耐力の向上
- (4) ひび割れの開閉抑制

床版下面のひび割れ状況

道路橋鉄筋コンクリート床版に本設問のようなひび割れが生じ始めると、最終的に押抜きせん断破壊によりコンクリートの陥没に至ることがある。この劣化要因として、交通量の増大、過積載車両の走行、古い時代の床版は厚さが薄く配筋鉄筋が少ないこと、雨水の浸透により疲労の影響が増大することが明らかにされている。本設問では、このような床版の下面に、炭素繊維シートを格子状に貼り付けて補強した場合の効果について問われている。

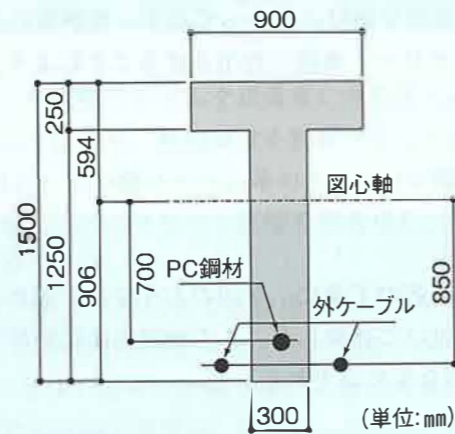
- (1) 補強により，コンクリートおよび鉄筋応力度が減少するので，疲労耐久性が向上する。
- (2) 補強により，床版のせん断耐力ではなく，押抜きせん断耐力が向上する。
- (3) 補強により，炭素繊維シートが引張材の役割を果たすため，曲げ耐力が向上する。
- (4) 上述のように，炭素繊維シートが引張材の役割を果たすため，ひび割れの開閉が抑制される。

正解 (2)

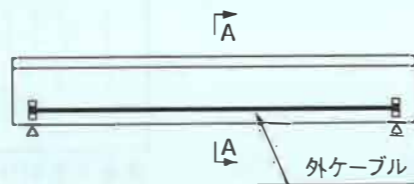
[問題 39]

プレストレストコンクリート桁において，PC鋼材が腐食により破断し，断面下縁のプレストレスの一部が消失した。このため，下図に示すように外ケーブルにより支間中央断面（A-A断面）の下縁に5.0 N/mm²のプレストレスを再導入する場合，外ケーブルの総緊張力として，次の(1)～(4)のうち，最も近いのはどれか。

ただし，断面諸元は以下に示すとおりである。また，外ケーブルの施工に伴うプレストレス量の損失は無視するものとする。



A-A断面



断面諸元

- 桁の断面積 : $A=6.0 \times 10^5 \text{ mm}^2$
- 桁上縁の断面係数 : $Z_U=2.17 \times 10^8 \text{ mm}^3$
- 桁下縁の断面係数 : $Z_L=1.42 \times 10^8 \text{ mm}^3$

- (1) 650 kN
- (2) 760 kN
- (3) 900 kN
- (4) 3000 kN

外ケーブルの総緊張力 P による下縁応力度 σ_L は，下式のように軸力成分によるものと，総緊張力 P に偏心距離 e を乗じた曲げモーメント成分によるものの和によって求まる。

$$\sigma_L = \frac{P}{A} + \frac{P \cdot e}{Z_L}$$

上式に，設問で与えられている $\sigma_L = 5.0 \text{ N/mm}^2$ ， $A = 6.0 \times 10^5 \text{ mm}^2$ ， $Z_L = 1.42 \times 10^8 \text{ mm}^3$ ， $e = 850 \text{ mm}$ を代入すると，以下ようになる。

$$\frac{P}{6 \times 10^5} + \frac{P \times 850}{1.42 \times 10^8} = 5$$

この方程式を解くと， $P = 6.5 \times 10^5 \text{ N} = 650 \text{ kN}$ となる。したがって，最も近いのは (1) である。

正解 (1)

[問題 40]

海岸近くにある鉄筋コンクリート構造物について，現時点で，必要な箇所に対して2500万円の費用で，断面修復工法による補修を行った。今後60年間の維持管理のシナリオとして，20年ごとに60年後まで，同じ補修を繰り返した場合に，維持管理費用の現在価値として，次の(1)～(4)のうち，最も適当なものはどれか。

なお，維持管理費用の現在価値への算出にあたっては，割引率を2%，物価変動を0%とし，維持管理費用には現時点での補修費用も含むものとする。現在価値への換算では下表の値を用いてもよい。

現在価値への換算に用いる値

経過年 (n)	(1 + 0.02) ⁿ の値
5	1.104
10	1.219
15	1.346
20	1.486
25	1.641
30	1.811
35	2.000
40	2.208
45	2.438
50	2.692
55	2.972
60	3.281

- (1) 199.4 百万円
- (2) 100.0 百万円
- (3) 60.8 百万円
- (4) 35.8 百万円

割引率を 2%，物価変動を 0%とした場合の維持管理費用を現在価値に換算すると，以下のようになる。

$$25 + \frac{25}{(1+0.02)^{20}} + \frac{25}{(1+0.02)^{40}} + \frac{25}{(1+0.02)^{60}} = 25 \left(1 + \frac{1}{1.486} + \frac{1}{2.208} + \frac{1}{3.281} \right) = 60.8 \text{ (百万円)}$$

したがって，最も適当なものは (3) である。

正解 (3)