

2022年度 コンクリート診断士試験解説

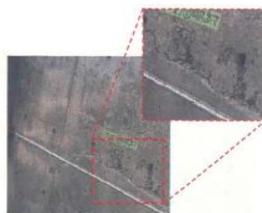
十河 茂幸
江良 和徳

【問題 1】

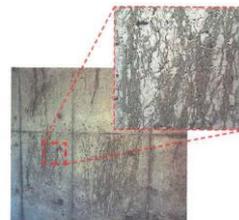
写真(A)～(C)に示す変状について、フリーディングが関与するものとして次の(1)～(4)の適・不適の組合せのうち、適当なものはどれか。



(A)床スラブ上面に発生した変状



(B)擁壁の壁面に発生した変状



(C)橋脚の壁面に発生した変状

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

問題(1)の解説

ブリーディングが関与する不具合を写真で判断する問題である。

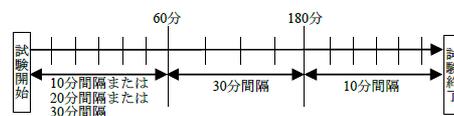
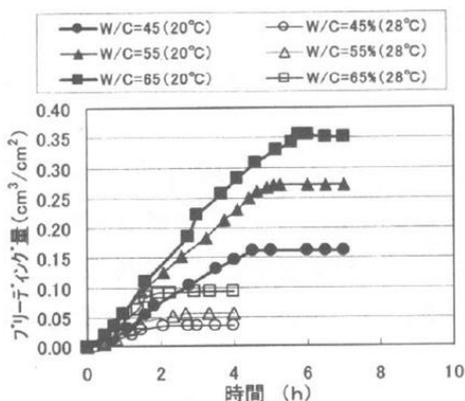
(A) は、床スラブの仕上げの際に、ブリーディング水がまだ生じている段階でコテ押えをしたため、表層部の下部にブリーディング水がたまり、それが原因で表面剥離を生じたものと考えられる。

(B) は、壁面に生じた豆板であり、ブリーディングが原因ではない。

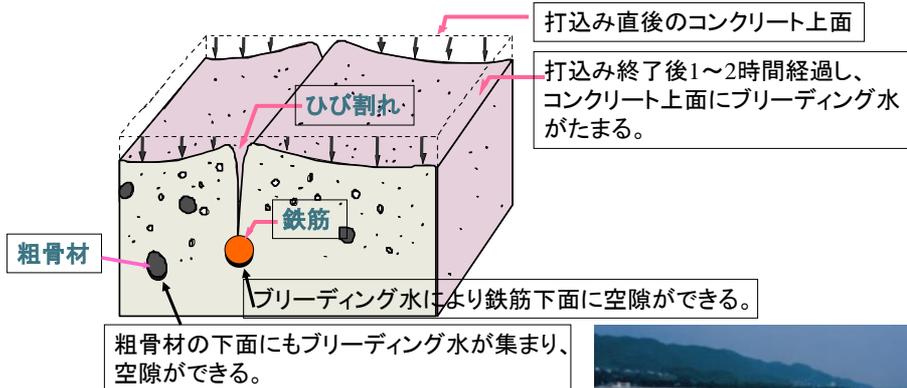
(C) は、型枠の面にブリーディング水が走った形跡とみられる。

したがって、適、不適、適の組み合わせで、(3)が適当である。

JIS A 1123 によるブリーディング測定



ブリーディング水の上昇で表面は沈下



日経コンストラクション
「コンクリート名人養成講座」より



水走り・砂筋 (ブリーディングによる不具合)

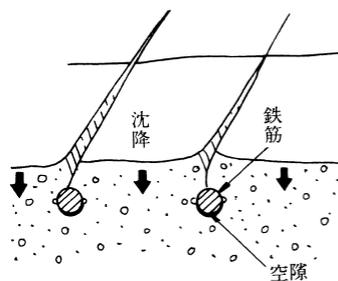


余剰水の上昇・脱水

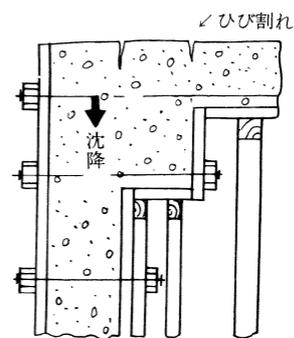
仕上げの不備で生じた表面剥離



沈みひび割れの防止策



(a) 鉄筋に沿って生ずる場合



(b) 断面の変わる場所に生ずる場合

対策： タンピング はり下で一旦打ち止める

【問題 2】

図に示す積雪寒冷地に位置する道路橋のRC製壁高欄において、施工から15年を経過した時点で、写真に示すような幅0.5mmのひび割れが確認された。このひび割れの原因に関する次の(1)～(4)の記述のうち、最も適当なものはどれか。

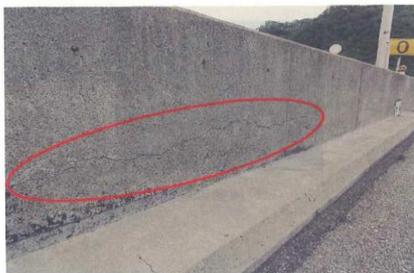
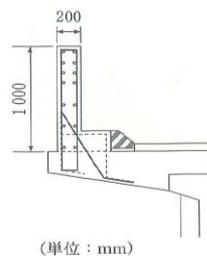


写真 ひび割れの発生状況



(単位：mm)

図 RC製壁高欄の断面図

- (1) コンクリートに生じた乾燥収縮が床版に拘束されて発生した。
- (2) 凍結防止剤の散布によって塩化物イオンが浸透し、内部の鉄筋が腐食して発生した。
- (3) 大型車の通行による活荷重の繰返し作用によって発生した。
- (4) 反応性骨材の使用によってアルカリシリカ反応が生じて発生した。

問題(2)の解説

積雪寒冷地の道路橋のRC製壁高欄に施工後15年経過した時点で確認された0.5mm幅のひび割れの原因を求める問題である。

このような条件において壁面に水平の生じるひび割れは、ASRの可能性が高い。

(1) 乾燥収縮ひび割れは鉛直に生じる。

(2) 鉄筋の腐食膨張は鉄筋の位置に生じるが、配筋の位置と異なる。また、錆汁が出ていないことなどからこれが原因の可能性は低い。

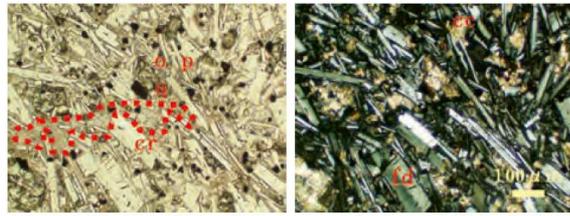
(3) 壁高欄に対して活荷重の影響は考えられない。

したがって、(4)が最も適当と考えられる。

アルカリシリカ反応について



骨材周辺の反応リム

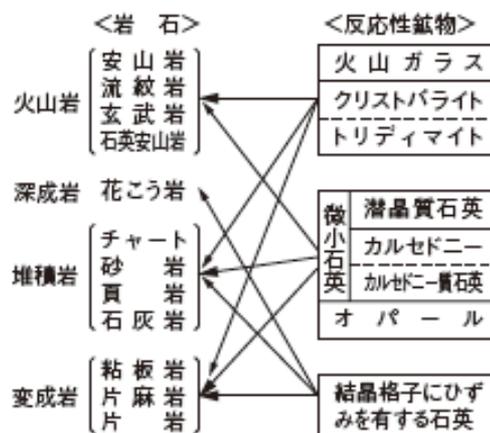


輝石安山岩の観察結果の例。クロスニコル(右)では黒く見える部分、オープンニコル(左)では赤い点線で囲まれた部分がクリストバライト

偏光顕微鏡写真

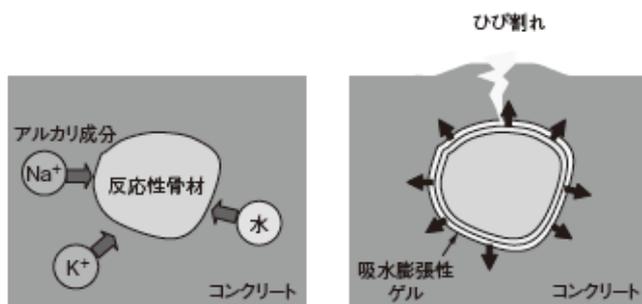
反応性鉱物について

●反応性鉱物とそれを含む岩石



ASRの吸水膨張

●ASRによるひび割れ発生のメカニズム



ASRによるひび割れの事例



ASRに及ぼす影響

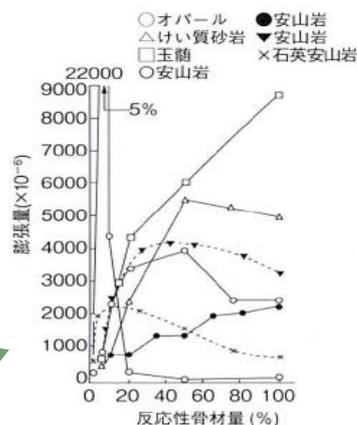
(1) 拘束の強い方向に生じる。



(2) アルカリ量が高いことになる。

(3) 現行のモルタルバーで
評価できない場合もある。

(4) 反応性骨材のペシマム



【問題 3】

プレキャストコンクリート製品に生じる色調の違いおよび色むらに関する、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。

プレキャストコンクリート製品の色調の違いおよび色むらの原因として、例えば、型枠の剥離剤の影響や、(A)が製造ロットにより異なることが挙げられる。また、製品を保管している際に、コンクリート中の余剰な水分が表面で蒸発し、可溶成分が析出する(B)などが生じることも原因となる。(B)の発生は、気温が(C)時期に生じやすい。なお、一般に、これらの色調の違いおよび色むらはコンクリートの力学性状には影響を与えない。

	(A)	(B)	(C)
(1)	練混ぜ水の品質	レイタンス	低い
(2)	練混ぜ水の品質	エフロレッセンス	高い
(3)	細骨材の種類	レイタンス	高い
(4)	細骨材の種類	エフロレッセンス	低い

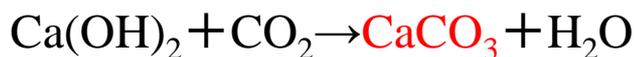
問題(3)の解説

プレキャストコンクリート製品に生じる色調の違いと色むらに関する問題である。

コンクリート製品の色むらの原因としては、セメントや骨材の色が考えられるが、練り混ぜ水の品質の影響は考えられない。また保管の際に水分が蒸発する際にできるのはエフロレッセンスで、これは気温が低いときに生じやすい。

したがって、(4)が適当である。

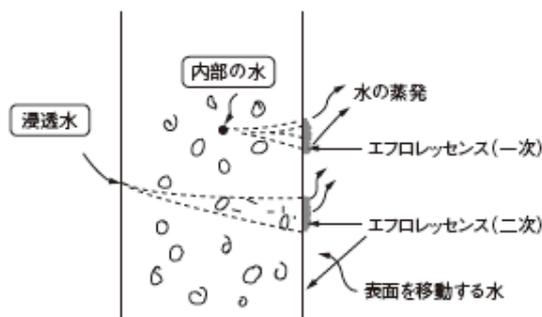
エフロレッセンスとは



この反応により炭酸カルシウムが析出する現象

一次エフロレッセンスと二次エフロレッセンス

●エフロレッセンスの発生メカニズム



【問題 4】

キャビテーションによるコンクリート水路のすり減りに関する、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。

凹凸や急激な屈曲をもつ水路のコンクリート表面に沿って(A)の水が流れる場合、さらに障害物などによる局所的な圧力(B)が加わると、その下流は負圧となって(C)が混在した状態の流れとなる。この流れが圧力の高いところに移動すると、(C)は急激に圧潰される。この現象をキャビテーションという。このキャビテーションにより水路に大きな衝撃が作用して、ピッチング損傷を与え、すり減りを生じさせる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	高速	上昇	砂礫
(2)	低速	上昇	気泡
(3)	低速	降下	砂礫
(4)	高速	降下	気泡

問題(4)の解説

キャビテーションによるコンクリート水路のすり減りに関する問題である。

凹凸や急激な屈曲を持つ水路では、高速な水の流れがあると、コンクリート表面にすり減りが生じる。

また、障害物による局所的圧力の降下で負圧となり、気泡が混在する流れとなる。この流れが圧力の高いところに移動すると、気泡が圧潰され、すり減りが生じる。

したがって、(4)が適当である。

キャビテーション(英: cavitation)

液体の流れの中で圧力差により短時間に泡の発生と消滅が起きる物理現象である。空洞現象ともいわれる。

【問題 5】

RC造床スラブの中央におもりを落下させて振動計測を行った。健全な状態のスラブにより計測された波形の概念図を図に示す。このスラブに大たわみによるひび割れが生じた場合に、同じ方法により計測される波形の概念図として、次の(1)～(4)のうち、最も適当なものはどれか。なお、以下に示す概念図の時間および加速度のスケールはいずれも同一とする。

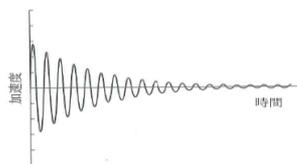
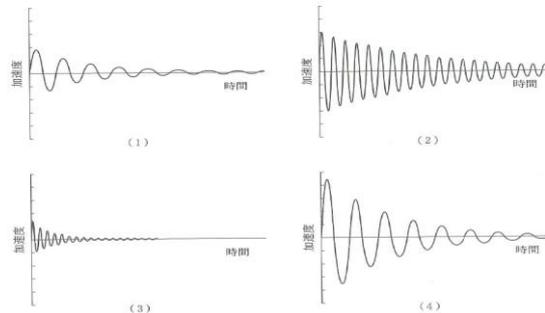


図 健全な状態のスラブにより計測された波形の概念図



問題(5)の解説

RC造床スラブの中央におもりを落下させて振動計測を行った際の、加速度と時間の波形の概念図に関する問題である。

健全な状態のスラブで測定された波形に対して、ひび割れが生じた場合は、大きなたわみが生じ、加速度は小さくなり、周波数も小さくなる。

したがって、(1)が適当である。

【問題 6】

普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートの中酸化速度係数に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。ただし、促進中性化試験に用いる供試体の作り方および前養生は、JISA 1153:2012(コンクリートの促進中性化試験方法)に従うものとする。なお、促進期間は26週とする。

- (1) セメントの30%をフライアッシュで置換した場合、5%を置換した場合と比較して、中酸化速度係数は大きい。
- (2) 水セメント比が65%の場合、40%の場合と比較して、中酸化速度係数は大きい。
- (3) 促進期間中の温度が30℃の場合、温度が5℃の場合と比較して、中酸化速度係数は大きい。
- (4) 促進期間中の相対湿度が20%の場合、相対湿度が60%の場合と比較して、中酸化速度係数は大きい。

問題(6)の解説

普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートの中性化速度係数に関する不適当なものを選択する問題である。

促進中性化試験はJIS A 1153:2012 に従うものとする。中性化速度係数が大きいのは、中性化しやすいことを意味する。

(1) フライアッシュを多く置換したほうが中性化速度係数は大きくなる。

(2) 水セメント比が大きいほど中性化速度係数は大きくなる。

(3) 温度が高いほど、中性化速度係数は大きくなる。

(4) 相対湿度は60%くらいの時が中性化速度は速くなるので、誤った記述である。

したがって、(4) が不適当である。

中性化とは

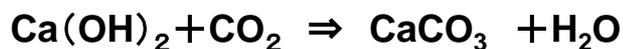
セメント:CaO (石灰石CaCO₃を焼成してできる)

この時、CO₂を排出

コンクリートは水と反応してできる。



二酸化炭素(CO₂)の作用で炭酸化(中性化と呼ぶ)



pH8.5程度

中性化深さ

- ・フェノールフタレイン溶液を吹き付けたときの**非発色部分**
- ・コア試料、はつり箇所、**ドリル削孔による粉末等**により試験を実施
- ・一般的に鋼材腐食発生限界は**中性化残り10mm**



水掛かりの影響

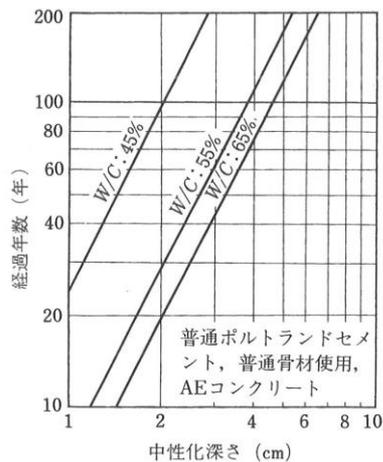
- ・中性化の進行は**水の影響**を大きく受ける。
- ・同一部材、同一コンクリートであっても中性化深さに差が生じる。
- ・水の影響を受ける場所、受けない場所で中性化深さが異なる。
- ・**湿潤環境**では中性化残り10mm以上であっても腐食開始

中性化速度係数について

$$\text{中性化深さ} = \text{中性化深さ係数} \times \sqrt{\text{年}}$$

- ◆ 中性化深さ係数が大きいと中性化が早い
- ◆ 中性化深さは、内部ほど中性化しにくい。
- ◆ 中性化進行は、内部湿度の影響される。

中性化の進行はW/Cで決まる



水セメント比55%の場合

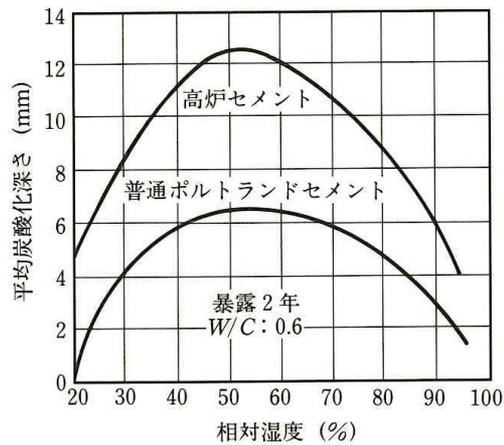
かぶり厚さ50mmの場合
 中性化残り10mmとすると
 40mmまで中性化する時間
 $40 = Av100$

中性化まで100年必要
 中性化速度係数A:4.0

中性化の速さに及ぼす影響

- ✓ 水結合材比が小さいほど ⇒ 遅い
- ✓ 普通ポルトの方が混合セメントより ⇒ 遅い
- ✓ 含水率が大きいほど ⇒ 遅い
- ✓ 室内より室外の方が ⇒ 遅い
- ✓ 仕上げがあると ⇒ 遅い
- ✓ 南側、西側より、北側、東側が ⇒ 遅い
- ✓ 温度が高い方が ⇒ 早い

中性化速度に及ぼす相対湿度の影響



【問題 7】

高炉セメントB種を用いたコンクリートの塩化物イオンの浸透抑制に関する、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。なお、コンクリートは初期養生が適切に行われたものとする。

高炉セメントB種を用いたコンクリートは、普通ポルトランドセメントを用いた同一水結合材比のコンクリートより、細孔径分布が(A)側にシフトして塩化物イオンの拡散が抑制される。また、高炉スラグには普通ポルトランドセメントよりも多くの(B)が含まれているため、より多くの(C)が生成されて塩化物イオンが捕捉される。これらのことが、内部への塩化物イオンの浸透を抑制する要因となる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	小さい	Al_2O_3	フリーデル氏塩
(2)	大きい	Fe_2O_3	フリーデル氏塩
(3)	小さい	Al_2O_3	エトリンガイト
(4)	大きい	Fe_2O_3	エトリンガイト

問題(7)の解説

高炉セメントを用いた場合の塩化物イオンの浸透抑制に関する問題である。

高炉セメントを用いたコンクリートは、普通ポルトランドセメントを用いた場合と比較して、同一水結合剤比では細孔径分布が小さい側にシフトし、塩化物イオンの拡散が抑制される。また、高炉スラグには多くの Al_2O_3 が多く含まれるため、フリーデル氏塩が生成され、内部への塩化物イオンの浸透の抑制につながる。

したがって、(1)が適当である。

見掛けの拡散方程式 フィックの第2法則

$$C(x,t) = C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) + C_i$$

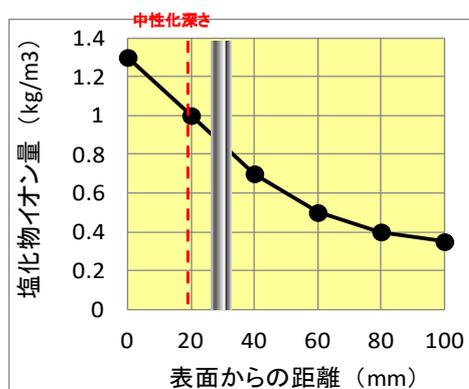
ここに、 $C(x,t)$: 深さ x (cm) 地点の経過時間 t (年) における塩化物イオン濃度(kg/m^3)

C_i : 初期混入塩化物イオン濃度(kg/m^3)

C_0 : 表面における塩化物イオン濃度(kg/m^3)

D : 塩化物イオンの見かけの拡散係数($\text{cm}^2/\text{年}$)

erf : 誤差関数



中性化による塩分濃縮

$$C(x,t) = C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) + C_1$$

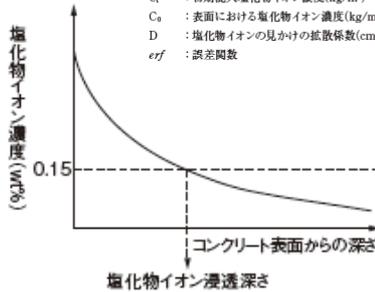
ここに、 $C(x,t)$: 深さ x (cm) 地点の経過時間 t (年) における塩化物イオン濃度 (kg/m³)

C_1 : 初期混入塩化物イオン濃度 (kg/m³)

C_0 : 表面における塩化物イオン濃度 (kg/m³)

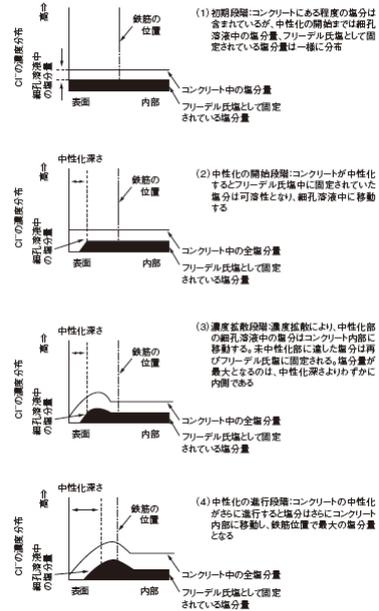
D : 塩化物イオンの見かけの拡散係数 (cm²/年)

erf : 誤差関数



拡散係数は塩分濃縮を考慮

●中性化に伴う塩化物イオンの濃縮現象



【問題 8】

水圧説によるコンクリートの凍害メカニズムに関する、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。なお、対象のコンクリートの設計基準強度は24 N/mm²程度とする。

コンクリート内部には(A)と(B)が存在し、水は微細な(A)を通じて浸入する。水の凍結はコンクリート表面から内部に向かって進行する。未凍結水はより小さな空隙内へ移動し、この際に生じる水圧により、コンクリートに破壊が起きるとされる。

AE 剤によって連行される気泡は未凍結水の逃げ場となって水圧を低減する。同じ空気量では、この気泡の寸法が小さいほど気泡間係数の値は(C)なり、凍結融解抵抗性が向上する。

	(A)	(B)	(C)
(1)	連続する空隙	独立した気泡	小さく
(2)	連続する空隙	独立した気泡	大きく
(3)	骨材中の気泡	セメントペースト中の空隙	大きく
(4)	骨材中の気泡	セメントペースト中の空隙	小さく

問題(8)の解説

水圧説によるコンクリートの凍害のメカニズムに関する問題である。

コンクリート内部には、連続する空隙と、独立した気泡が存在する。独立した気泡はAE剤により連行し、この気泡径が小さいほど気泡間隔係数が小さくなり、凍結融解抵抗性が向上する。

したがって、(1)が適当である。

凍結融解作用による劣化事例



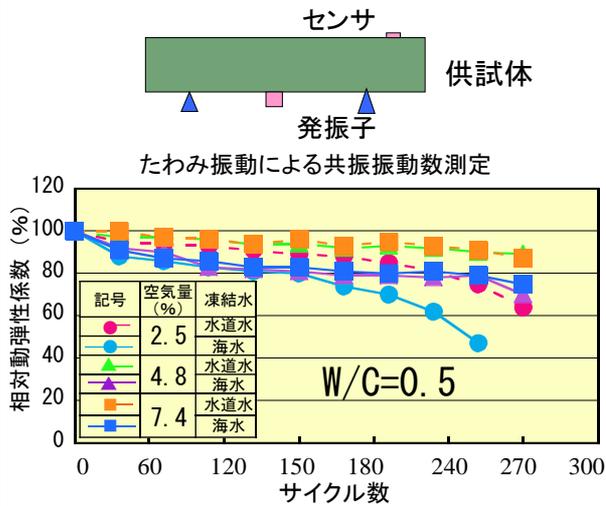
← 橋梁アバットの凍害
凍結融解の繰り返し作用
により劣化が進展

二次製品は気泡を減じることが多く、要注意 →



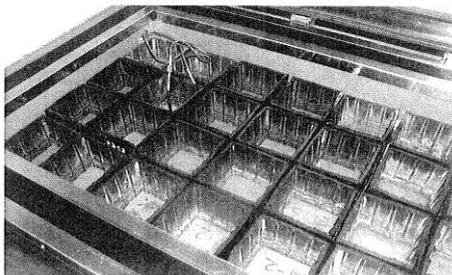
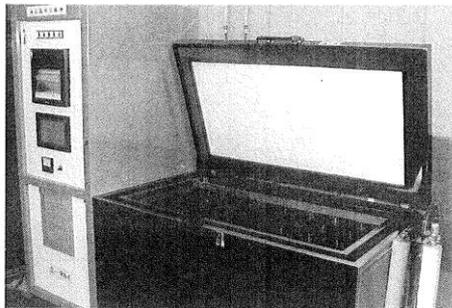
●耐凍害性の判定方法(相対動弾性係数で評価)

- ・骨材: 吸水率3%以下, 安定性試験における損失率12%以下を確かめる.
- ・コンクリート: 凍結融解試験300サイクル終了後の相対動弾性係数80%以上を確かめる.



・動弾性係数
 $E_d = 4.08 \times 10^{-6} \cdot L / A \cdot m \cdot f^2$
 m: 質量
 f: 1次共振振動数(Hz)

凍結融解試験の試験機器



300サイクル経過後 の凍結融解試験供試体

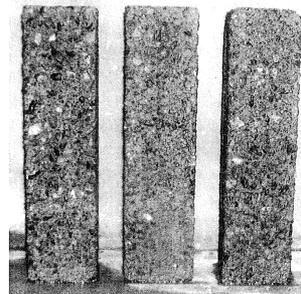
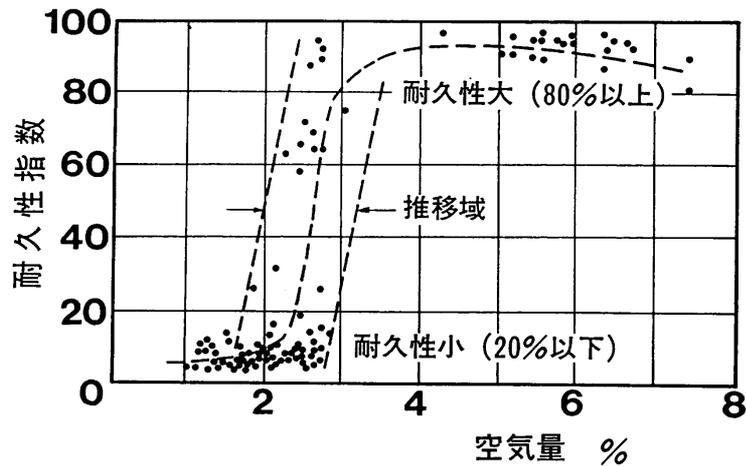


写真-3・2 300サイクル経過後の凍結融解試験供試体(表面層にスケールリングが見られる)

表面層にスケールリング
が見られる

コンクリートの凍害と空気量の関係



■ 気泡分布

- 硬化コンクリート中の気泡径の分布, 空気量, 気泡間隔係数を測定する。

測定範囲: 10 μ m ~ 数mm

- コンクリート中の気泡部分を実体顕微鏡で入力し, 画像処理装置により解析。
(1試料の測定時間: 10分)



- コンクリート中のエントレンドエアの確認
- コンクリートの凍結融解抵抗性の評価

気泡間隔係数 250 μ m以下であれば
凍結融解抵抗性は良好と判定



【問題 9】

温暖な地域にある図に示す鉄道高架橋のRC橋脚において、写真に示すような白色の析出物が確認された。析出物の主な成分は硫酸ナトリウム、硫酸マグネシウムであった。この析出物の生成に関する記述(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。

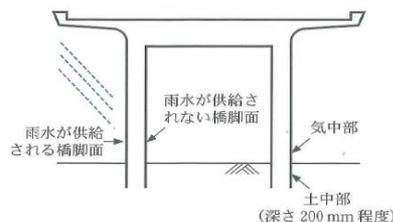


図 鉄道高架橋概要図



写真 橋脚表面の白色析出物

- (A) 析出物の原因となる硫酸塩は土壤に含まれていたものである。
- (B) 橋脚の面によって雨掛かりが異なる場合、雨水が供給される面で析出物が生じやすい。
- (C) 図に示す気中部と土中部を比較した場合、気中部より土中部の方がより析出物が生じやすい。

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

問題(9)の解説

温暖な地域にある鉄道高架橋のRC橋脚に生じた硫酸イオンによる劣化に関する問題である。

析出物の硫酸塩は、土壤に含まれる場合が多い。また、雨が供給されない面で生じやすく、土中部より気中部で析出しやすい。

したがって、適、不適、不適の組み合わせで、(2)が適当である。

硫酸塩土壌の基礎と部位の影響

土壌に接していない基礎が乾燥状態にあると、
コンクリート内部に上下方向に湿度勾配が付き、
土壌から多量の硫酸イオンが上昇して侵食する。

海水由来の土壌など
で生じ易い



【問題 10】

下図は、加熱によりコンクリートに生じる力学性状と化学的な変化の概念図である。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。なお、対象のコンクリートの設計基準強度は 24 N/mm^2 程度とする。

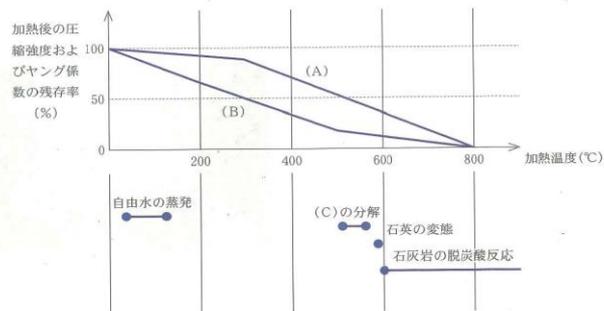


図 コンクリートに生じる力学性状と化学的な変化の概念図

	(A)	(B)	(C)
(1)	ヤング係数	圧縮強度	C-S-H
(2)	圧縮強度	ヤング係数	C-S-H
(3)	ヤング係数	圧縮強度	Ca(OH) ₂
(4)	圧縮強度	ヤング係数	Ca(OH) ₂

問題(10)の解説

加熱によるコンクリートの力学性状と化学的な変化に関する知識を問う問題。

加熱されたコンクリートにおける力学性状の低下の度合いは圧縮強度よりヤング係数の低下の方が著しい。したがって(A)は圧縮強度、(B)はヤング係数である。

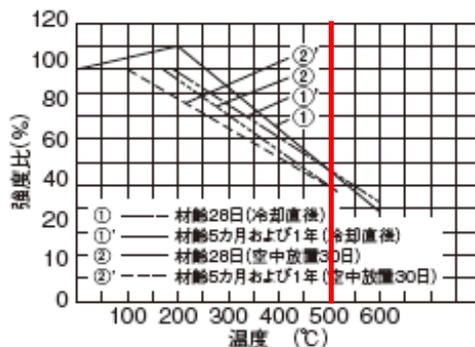
また、約500°Cで分解するのはCa(OH)₂である。

正解:(4)

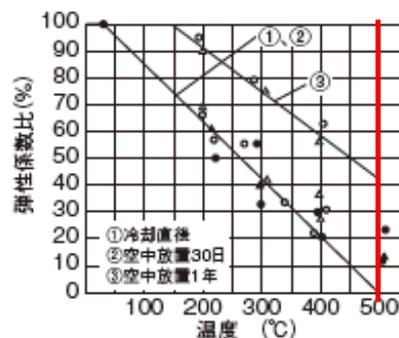
【加熱温度と力学性状低下の度合いについて】

●加熱温度と残存強度、残存弾性係数

[残存圧縮強度]



[残存弾性係数]



(参考文献:日本コンクリート工学会「コンクリート便覧」)

【問題 11】

図に示す RC 造食品工場の壁面、屋上および屋上のパラペットに写真のような汚れが付着していた。この汚れの調査に関する、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。

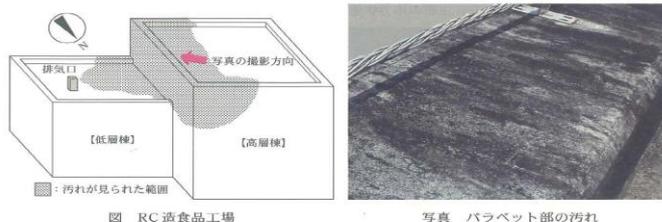


図 RC 造食品工場

写真 パラペット部の汚れ

汚れが確認された箇所から付着物を採取し、(A)により観察したところ、微生物であることを確認した。微生物を繁殖させる原因物質の発生源を特定するために、気象観測データより年間の(B)を調べた。さらに、付着物が有機物由来であることを確認するために、(C)による分析を行った。分析の結果、付着物には微生物の代謝物である天然ポリアミドの他に微生物の栄養源となる多糖類が確認された。これらの結果から原因物質の発生源は排気口であることが特定できた。

	(A)	(B)	(C)
(1)	ルーペ	主な風向(卓越風向)	原子吸光法
(2)	顕微鏡	主な風向(卓越風向)	赤外分光法
(3)	顕微鏡	降雨量	原子吸光法
(4)	ルーペ	降雨量	赤外分光法

問題(11)の解説

RC造食品工場の壁面、屋上および屋上のパラペットの汚れに関する問題。

微生物がわかるのは顕微鏡であり、ルーペでは微生物まで把握できない。構造物の汚れの状態から、排気口から拡散している状況がみられ、主な風向の調査が望ましい。

また、付着物の分析では、有機物の分析が可能な赤外分光分析が適当である。目的元素を測定する原子吸光法では付着物は特定できない。

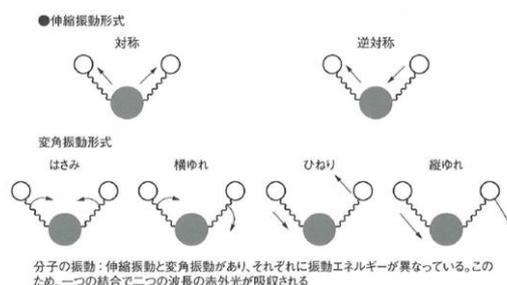
正解:(2)

【赤外分光法について】



赤外分光光度計の例 (FT-IR)

赤外分光法とは、物質により赤外線吸収の仕方が違うことを利用して、対象物の分子構造や結合状態を知るための分析法。
主に有機物を対象とした分析に用いられることが多い。



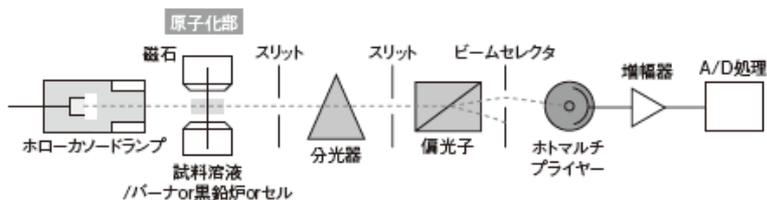
【原子吸光分析について】



原子吸光光度計

原子吸光分析とは、金属元素類の高感度分析法の一種。
目的元素の濃度を測定することができ、セメント中の微量成分の分析などに使用される。

●原子吸光光度計の概略構成図



【問題 12】

道路橋RC桁の耐荷性能調査に関する、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。

桁の耐荷性能を評価するために、車両を用いた静的載荷試験を実施した。試験時に生じるたわみは(A)により計測し、主桁の応力状態を確認するために桁中央部の(B)にひずみゲージを設置し計測した。(C)によって生じる主桁の応力状態は計測が難しいため、設計図書等を用いて推定した。

	(A)	(B)	(C)
(1)	AE法	引張縁のコンクリート	活荷重
(2)	AE法	主鉄筋	死荷重
(3)	ターゲット画像計測法	引張縁のコンクリート	活荷重
(4)	ターゲット画像計測法	主鉄筋	死荷重

問題(12)の解説

道路橋RC桁の耐荷性能の調査に関する問題。

桁のたわみの計測は、AE法ではできなく、ターゲット画像計測法で行う。

主桁の応力状態の把握には、桁中央部の主鉄筋にひずみゲージを設置して測定できる。

死荷重によって生じる主桁の応力状態は計測できない。

正解:(4)

【問題 13】

塩化物イオンの作用を受けるRC構造物の健全性評価を行うための調査方法に関する次の

(1)～(4)の記述のうち、適当なものはどれか。

- (1) 部材表面の塩化物イオン量の面的分布を把握するために、電磁誘導法を用いた。
- (2) 鉄筋の腐食量を把握するために、自然電位法を用いた。
- (3) 塩化物イオンの浸透深さを把握するために、採取したコアの割裂面に10%クエン酸二アンモニウム溶液を噴霧した。
- (4) 鉄筋の腐食進行のしやすさを把握するために、電気抵抗法を用いた。

問題(13)の解説

塩化物イオンの作用を受けるRC構造物の健全性評価の調査方法に関する問題。

- (1) 電磁誘導法は磁界を帯びた鋼材の調査方法。
- (2) 自然電位法は鉄筋腐食の有無を調査する方法であるが、腐食量までは把握できない。
- (3) 塩化物イオンの浸透深さはクエン酸二アンモニウム溶液ではなく、硝酸銀水溶液を用いる。
- (4) コンクリートの電気抵抗を測定することで、腐食の進行しやすさを評価できる。

正解:(4)

【電磁誘導法について】



電磁誘導法は鉄筋探査法のひとつで、コンクリート表面に接触させるプローブに交流電流を流して磁界を作る。

プローブを移動させたときに生じる磁界の変化を捉えることで鉄筋の位置、径、かぶりを推定する。



電磁誘導法による鉄筋探査機の例

【電磁波レーダ法について】

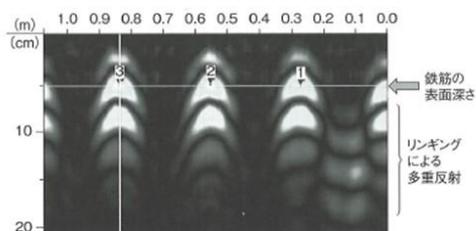


電磁波レーダ法は鉄筋探査法のひとつで、コンクリート内部の探査を目的とする非破壊検査法。

コンクリート中の鉄筋位置やかぶりの他に、内部空隙や異物の有無とその位置、コンクリート背面の空洞などを探査することが可能。



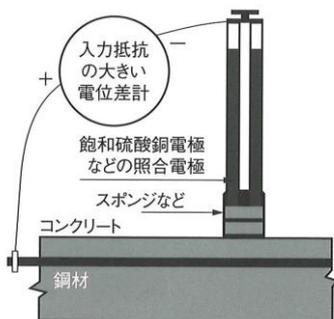
電磁波レーダ法の測定に用いる装置の例



電磁波レーダ法の測定結果の例(4ページ参照)

【自然電位法について】

●自然電位法



自然電位法とは、鉄筋が腐食することによって変化する鉄筋表面の電位を測定することで、コンクリート中の鉄筋腐食の程度を評価する非破壊検査手法。

●ASTM C 876による鉄筋腐食性評価

自然電位 (V vs CSE)	鉄筋腐食の可能性
$-0.20 < E$	90%以上の確率で腐食なし
$-0.35 < E \leq -0.20$	不確定
$E \leq -0.35$	90%以上の確率で腐食あり

【問題 14】

積雪寒冷地に建設されたPCホロースラブ橋において、写真に示す変状が生じており、アルカリシリカ反応が疑われた。この原因を特定するために、コンクリートコアおよび白色析出物を採取して行う調査方法に関する、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。



写真 PCホロースラブ橋の変状

コア表面の骨材の割れや反応リムの有無を目視で観察する。より詳細には、薄片試料を製作して(A)観察によって骨材の岩種判定を行う。また、凍結防止剤の影響でコンクリート中のアルカリ量に変化している可能性があるため、コアを粉砕して熱水抽出法で溶出させた水溶性アルカリ量を(B)で分析する。白色析出物は二次エフロレッセンスと考えられるが、アルカリシリカゲルも混在する可能性が高い。これを確認するには、析出物を粉末状に粉砕して、(C)で二酸化けい素の含有量を調べるとよい。

	(A)	(B)	(C)
(1)	偏光顕微鏡	示差熱重量分析装置	粉末X線回折
(2)	偏光顕微鏡	原子吸光度計	蛍光X線分析
(3)	マイクروسコープ	原子吸光度計	粉末X線回折
(4)	マイクروسコープ	示差熱重量分析装置	蛍光X線分析

問題(14)の解説

アルカリシリカ反応が疑われるPCホロースラブ橋の原因調査に関する問題。

骨材の反応性は、(A)偏光顕微鏡観察で骨材の岩種判断ができる。

また、水溶性アルカリ量は(B)原子吸光光度計で測定する。

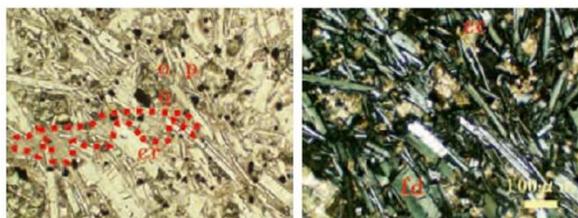
二酸化けい素の含有量は(C)蛍光X線回折で測定できる。

正解:(2)

【偏光顕微鏡観察について】



偏光顕微鏡とは偏光を利用した顕微鏡であり、岩石や鉱物の観察をはじめ、広く結晶の光学的性質を調べるために使用される。



輝石安山岩の観察結果の例。クロスニコール(右)では黒く見える部分、オープンニコール(左)では赤い点線で囲まれた部分がクリストバライト

【示差熱重量分析(TG/DTA)について】

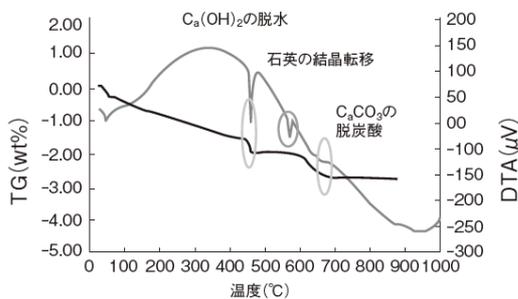
Thermo-Gravimetry/Differential Thermal Analysis

示差熱重量分析とは、加熱や冷却によって生じる重量の変化を連続的に測定し、どの温度で試料にどんな変化が起こっているかを把握することができる熱分析方法。



示差熱重量分析装置の例

●コンクリートの熱分析結果の例



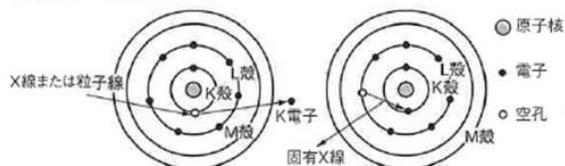
【蛍光X線分析について】

蛍光X線分析とは、物質にX線を照射したときに出る蛍光X線を利用して行う元素分析方法である。



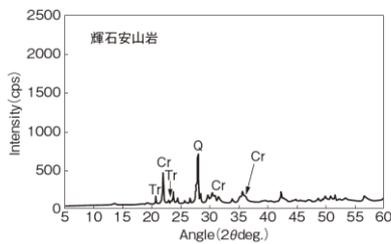
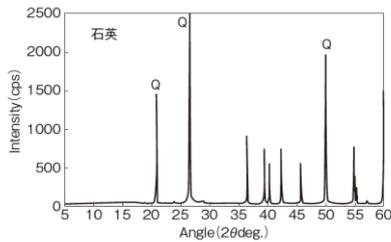
蛍光X線分析装置の例

●電子軌道と蛍光X線



【粉末X線回折について】

(X-ray Diffraction, XRD)



粉末X線回折とは、多結晶体の試料にX線を入射し、回折X線の角度と強度を測定することにより試料の結晶構造を調べる定性分析方法である。

X線回折結果の一例：ともにSiO₂を主成分とする石英(上図)と輝石安山岩(下図)の回折結果(XRDチャート)。石英では石英(Q)のみが確認されるのに対し、輝石安山岩では石英とともに、アルカリシリカ反応性鉱物であるクリストバライト(Cr)やトリディマイト(Tr)が確認される。

【問題 15】

疲労による劣化が疑われる道路橋RC床版の調査方法に関する、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。

- (A) 床版下面のひび割れ発生状況より、舗装を撤去して調査する範囲を決めた。
- (B) 床版コンクリートを貫通するコアを採取して、水平ひび割れの有無を調べた。
- (C) 電磁誘導法を用いて、舗装下の床版の砂利化(土砂化)の範囲を推定した。

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

問題(15)の解説

道路橋RC床版の疲労劣化に関する問題。

(A) 床版下面のひび割れ発生状況により、舗装を撤去して調査する範囲を決めるのは正しい選択である。

(B) 床版を貫通するコアを採取し、コアの途中の亀裂の有無にて水平ひび割れの有無を調べることができる。

(C) 電磁誘導法は磁界を帯びる鉄筋の位置や径を測定するものであり、砂利化の範囲は推定できないので、不適。

正解:(3)。

【問題 16】

RC構造物からコアを採取し、JISA 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)に従って圧縮強度試験を行った。

コア供試体の直径が図および表1、コア供試体の平均高さが90.0 mm、試験時の最大荷重が195 kNであったとき、表2に示す補正係数に基づいて計算した圧縮強度のうち、JISA 1107:2012に照らして、次の(1)~(4)のうち、最も近いものはどれか。なお、円周率は3.14とする。

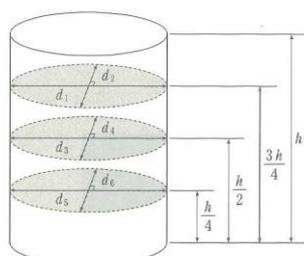


図 コア供試体の概要

表1 直径の測定値

測定箇所	測定値(mm)
d_1	75.0
d_2	74.0
d_3	77.8
d_4	78.2
d_5	75.5
d_6	75.5

表2 JISA 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) 39.3 N/mm^2

(2) 47.1 N/mm^2

(3) 37.0 N/mm^2

(4) 45.0 N/mm^2

問題(16)の解説

RC構造物から採取したコアから圧縮強度を推定する方法に関する問題である。

断面積は、直径 $(74.5 + 78.0 + 75.5) \div 3 = 76.0 \text{ mm}$ から計算し、 4537 mm^2

最大荷重 195 k N なので、 $195 \times 1000 \div 4537 = 43.0 \text{ N/mm}^2$

高さ と 直径 の 比 から 補正 すると、 $90 \div 76 = 1.18$

高さ と 直径 の 比 が 1.25 と 1.00 を 案分 する。

$$(1.25 - 1.00) \div 0.18 = 0.72$$

補正係数は、 $(0.93 - 0.87) \times 0.72 + 0.87 = 0.913$

$$43.0 \times 0.913 = 39.3$$

より (1) が 適当 である。

強度の補正係数

●圧縮強度への試験方法の影響(各種供試体の強度比)

材齢	円柱供試体(インチ)			立方体(インチ)		柱体(インチ)	
	φ6×6	φ6×12	φ8×16	6	8	6×12	8×16
7日	0.67	0.51	0.48	0.72	0.66	0.48	0.48
28日	1.12	1.00	0.95	1.16	1.15	0.93	0.92
3カ月	1.47	1.49	1.27	1.55	1.42	1.37	1.27
1年	1.95	1.70	1.78	1.90	1.74	1.68	1.60

●圧縮試験状況



●補正係数 [JIS A 1107]

高さ と 直径 と の 比 $\frac{h}{d}$	補正係数	備考
2.00	1.00	$\frac{h}{d}$ が この 表 に 表 す 値 の 中 $\frac{h}{d}$ 間 に ある 場 合 、 補 正 係 数 は 補 間 し て 求 め る
1.75	0.98	
1.50	0.96	
1.25	0.93	
1.00	0.87	

【問題 17】

コンクリート中の鉄筋の位置を推定するため、非破壊試験装置を用い、下図のような画像を取得した。この試験方法に関する次の(1)～(4)の記述のうち、適当なものはどれか。

- (1) 測定物の密度に応じて電磁波の減衰率が異なることを利用して、鉄筋位置を推定している。
- (2) 測定面の粗さに応じて、補正係数を用いた推定値の補正が必要となる。
- (3) 推定の精度を高めるためには、鉄筋の比誘電率を用いた補正が必要となる。
- (4) 電磁波の周波数を小さくすることで、より深い位置にある鉄筋を探查できる。

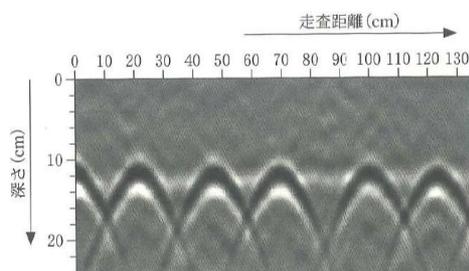


図 非破壊試験装置により得られた画像

問題(17)の解説

電磁波による画像からの評価に関する問題。

- (1) 測定物の密度に応じて電磁波の減衰率が異なることを利用するのではなく、電磁波の反射により鉄筋の位置を推定する。
- (2) の測定面の粗さは補正が不要である。
- (3) 電磁波の測定では、鉄筋の比誘電率の補正は不要である。よって、(1)～(3)は不適當である。
- (4) 周波数が小さい(波長が大きい)と、より深い場所までの探查が可能となる。ただし精度は低下することに注意。

正解:(4)

【問題 18】

飛来塩分による塩害が疑われるコンクリート構造物について、コアを採取しコンクリート中に含まれる塩化物イオン量を測定することとした。JIS A 1154：2020(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)に照らして、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。

コンクリートに含まれる塩化物イオンの全量(全塩化物イオン量)を求める方法として、(A)によって塩化物イオンを抽出する方法が示されている。また、鋼材腐食に関与する可溶性塩化物イオン量を求める方法として、(B)で抽出する方法が附属書Bに示されている。

分析試料の調整では、いずれの塩化物イオン量の分析でもJIS Z 8801-1：2019(試験用ふるいー第1部：金属製網ふるい)の試験用ふるいの公称目開き150 μ mを全通するように粉碎する。ただし、(C)の分析用の試料を乾燥する場合、自然界より高温となる人為的な乾燥では塩類の状態が変化するおそれがあるので、乾燥温度に留意する必要がある。

	(A)	(B)	(C)
(1)	塩酸	50℃の温水	全塩化物イオン量
(2)	塩酸	20℃の水	可溶性塩化物イオン量
(3)	硝酸	50℃の温水	可溶性塩化物イオン量
(4)	硝酸	20℃の水	全塩化物イオン量

問題(18)の解説

構造物から採取したコアに含まれる塩化物イオン量の測定方法に関する問題。

コンクリートに含まれる全塩化物イオン量の測定は(A)硝酸で抽出する。

可溶性塩化物イオン量は(B)50℃の温水で抽出する

(C)可溶性塩化物イオン量の分析用試料は高温となると塩類の状態が変化するため乾燥温度に留意する必要がある。

正解：(3)

【問題 19】

アルカリシリカ反応が疑われるコンクリート構造物について、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)に従ってコア試料を採取して、解放膨張率および促進膨張率を測定した。このとき実施した操作に関する次の(1)～(4)の記述のうち、JCI-S-011-2017の規定に照らして、不適当なものはどれか。

- (1) コア試料を採取した直後に基長を測定できなかつたため、コア試料が乾燥しないようにラップフィルム及びプラスチック製袋で密封した。
- (2) 基長の測定が終了したコア試料は、解放膨張率を測定するため、密閉容器に入れ、温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、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、促進膨張率を測定するため、密閉容器に入れ、温度 $40 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度95%以上で貯蔵した。
- (4) 促進膨張率の算定に用いるコア試料の長さ測定は、コア試料を促進養生の環境から取り出した直後に行った。

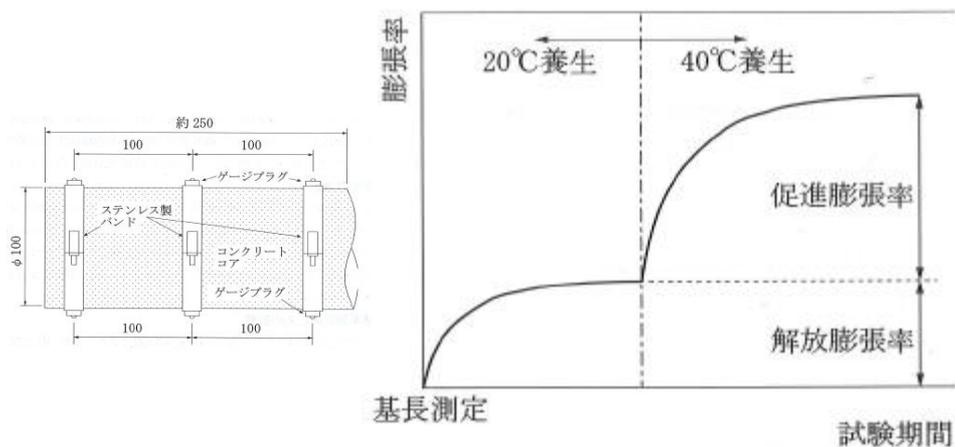
問題(19)の解説

ASRが疑われる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(JCI-S-011-2017)に関する問題。

- (1) コア試料の水分量変化を防ぐためにラップする。
- (2) 解放膨張率の養生条件は $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度95%以上。
- (3) 促進膨張率の養生条件は $40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度95%以上。
- (4) 促進膨張率の長さ測定は、コア試料を促進養生の環境から取り出した直後ではなく、 20°C で24時間静置したうえで測定する。不適。

正解:(4)

【JCI-S-011法について】



【促進養生試験について】

試験方法	養生条件	測定期間	コア径
JCI-S-011法 (旧JCI-DD2法)	40°C 湿度95%以上	3ヶ月～6ヶ月	Φ100mm
アルカリ溶液浸漬法 (旧カナダ法)	80°C NaOH溶液	14日～28日	Φ50mm
飽和NaCl溶液浸漬法 (旧デンマーク法)	50°C NaCl溶液	3ヶ月	Φ50mm

【問題 20】

沿岸部に立地するコンクリート構造物への飛来塩分の供給環境を調査するために、図に示すドライガーゼプレートを用いて飛来塩分量を計測することとした。JIS Z 2382:1998(大気環境の腐食性を評価するための環境汚染因子の測定)の箇条7.(ドライガーゼ法による塩化物の測定)に照らして、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。

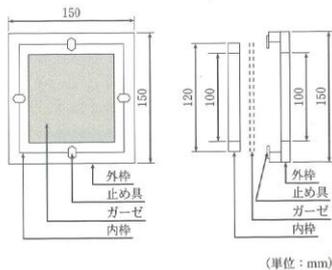


図 ドライガーゼプレートの外観

- (A) ガーゼからの塩化物の浸出に水道水を用いた。
 (B) ドライガーゼプレートの設置は風通しがよく、直射日光および雨雪を避けられる位置とした。
 (C) ガーゼの回収間隔は1か月とした。

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

問題(20)の解説

飛来塩分の供給環境の調査のためのドライガーゼ法に関する問題。

(A) ガーゼからの塩化物に水道水を使用すると、水道水に含まれる塩化物の影響を受けるので、不適。

(B) 設置は風通しがよく、直射日光や雨雪を避ける位置がよいため、適。

(C) 回収機関は1か月としてよいので、適。

正解:(1)

【ドライガーゼ法について】



【問題 21】

打込みから7日後に型枠を脱型したところ、RC造地下外壁の壁面および柱に下図の破線の位置に変状が確認された。さらに時間の経過とともに、この変状部から漏水およびエフロレッセンスの発生が確認された。これらの原因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。

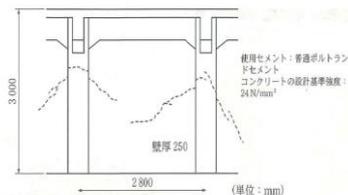


図 RC造地下外壁の壁面および柱に生じた変状

打ち込まれたコンクリートは富配合ではなく、部材厚も薄く、変状の確認時期から(A)と(B)の可能性は除外できる。したがって、所定の打重ね時間間隔を超過したために生じたコールドジョイントが(C)の影響を受け、時間の経過とともに漏水やエフロレッセンスの発生が顕著になったものと考えられる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	セメントの水和熱	自己収縮	乾燥収縮
(2)	コンクリートの沈降	乾燥収縮	セメントの水和熱
(3)	セメントの水和熱	乾燥収縮	自己収縮
(4)	コンクリートの沈降	自己収縮	セメントの水和熱

問題(21)の解説

打込みから7日後に型枠を脱型したところで確認された変状に関する問題である。

変状部から漏水とエフロレッセンスが確認されている。富配合でなく部材厚さが小さいので、セメントの水和熱ではないし、自己収縮でもない。この不具合はコールドジョイントと見られるが、時間の経過に伴い、乾燥収縮の影響を受けて漏水やエフロレッセンスが発生したものと考えられる。

したがって、(1)が適当である。

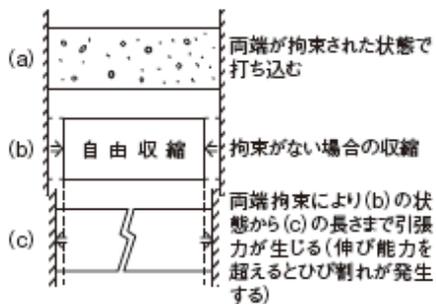
コールドジョイントの発生事例



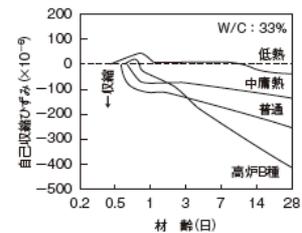
連続的な打込みができない場合に生じる。

乾燥収縮ひび割れのメカニズム

●収縮ひび割れの発生メカニズム



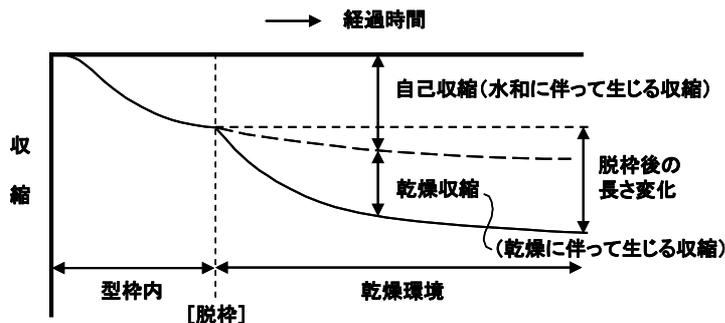
●セメントの種類と自己収縮



コンクリートは硬化初期から収縮が始まり、収縮の大きさはセメントの種類によっても異なる

乾燥しないでも収縮する
(自己収縮)
ただし、自己収縮だけでは
ひび割れは生じない

乾燥収縮と自己収縮の関係



材齢7日程度では水和が完了していないため、脱枠あるいは水中養生終了後の長さ変化試験では、乾燥収縮と自己収縮の両方が測定値となる。

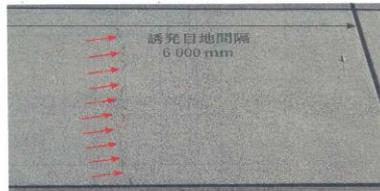
【問題 22】

RC造建築物の外壁において、写真1および写真2に示すように、ひび割れ誘発目地(以下、誘発目地)から外れた位置に、矢印に示すような乾燥収縮によるひび割れが見られた。これらのひび割れの発生原因と、ひび割れを誘発目地に誘導するための設計上有効な措置に関する、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。



全壁厚 160 mm (目地深さ 10 mm, 目地幅 15 mm)

写真1 腰壁のひび割れ



全壁厚 150 mm (目地深さ 40 mm, 目地幅 30 mm)

写真2 無開口の妻面中央付近のひび割れ

写真1のひび割れは、誘発目地の(A)のために生じたものである。ひび割れを誘発目地に誘導するためには、誘発目地の(B)する必要がある。写真2のひび割れは、誘発目地の(C)のために生じたものである。ひび割れを誘発目地に誘導するためには誘発目地の(D)する必要がある。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	間隔が大きい	間隔を小さく	欠損率が小さい	幅を大きく
(2)	欠損率が小さい	深さを大きく	間隔が大きい	間隔を小さく
(3)	間隔が大きい	間隔を小さく	欠損率が小さい	深さを大きく
(4)	欠損率が小さい	幅を大きく	間隔が大きい	間隔を小さく

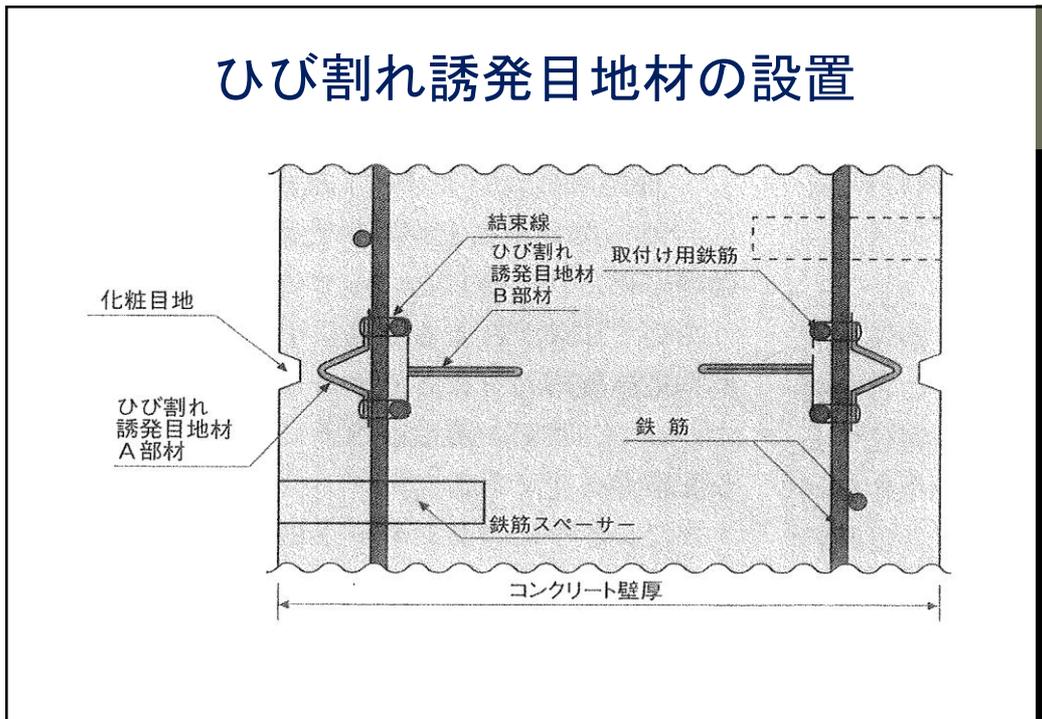
問題(22)の解説

RC造建築物の外壁に誘発目地を設置した時のひび割れ発生に関する問題である。

誘発目地近くにひび割れが発生したのは、欠損率が小さいためと考えられ、誘発目地の深さを大きくするとよい。写真2のように誘発目地の中間にひび割れは生じたのは、間隔が大きすぎたためと考えられる。

したがって、(2)が適当である。

ひび割れ誘発目地材の設置



ひび割れ発生状況（誘発目地）



【問題 23】

RC造建築物の床のコンクリートを打ち込んだ翌日に、写真に示す白色の析出物が発生した。発生時期から判断した析出物の主成分に関する、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。

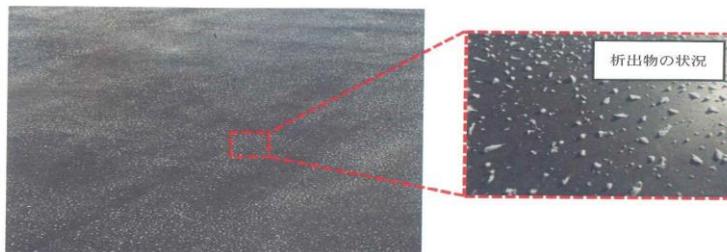


写真 床上の白色析出物

写真の析出物は冬期に見られたことから、低温ほど水への溶解度が(A)なる性質を持つコンクリート中の(B)が、ブリーディング水等とともに表層に上昇し、表面で空気中の二酸化炭素を取り込み、主に(C)として生成したものと判断した。

	(A)	(B)	(C)
(1)	高 <	水酸化カルシウム	炭酸カルシウム
(2)	高 <	エトリンガイト	硫酸塩
(3)	低 <	水酸化カルシウム	炭酸カルシウム
(4)	低 <	エトリンガイト	硫酸塩

問題(23)の解説

RC造建築物の床のコンクリートに打ち込んだ翌日にできた析出物に関する問題である。

析出物は冬期に生じ、低温ほど水への溶解度が高くなるため、コンクリート中の水酸化カルシウムがブリーディング水とともに表層に上昇し、空気中の二酸化炭素を取り込み、炭酸カルシウムが生成されたものと考えられる。

したがって、(1)が適当である。

【問題 24】

図に示す、建設後40年が経過したポストテンション方式のPC単純桁において、PC鋼材に沿った軸方向のひび割れとともに、支間中央部で過大な上反り(むくり)の変形が確認された。上反りが生じた原因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。

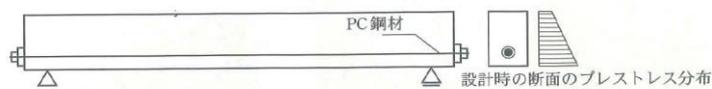


図 PC単純桁の概念図

ひび割れの状況から、(A)による変状が発生していると推定される。このとき、桁の断面下部では、プレストレスによる拘束で、コンクリートの部材軸方向の(B)側へのひずみが大きくなり、これに対し、桁の断面上部では、コンクリートの(C)側へのひずみが大きくなったと考えられる。以上のことから、支間中央部で上反り(むくり)の変形が生じたと考えられる。

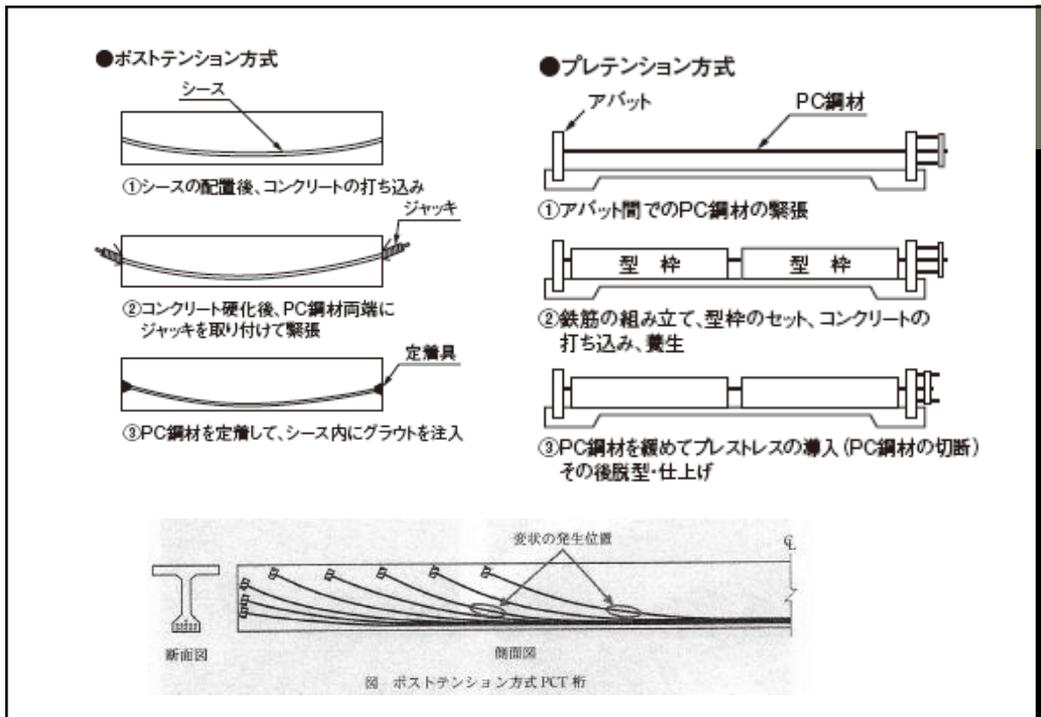
	(A)	(B)	(C)
(1)	コンクリートにASR	収縮(圧縮)	膨張(引張)
(2)	コンクリートにASR	膨張(引張)	収縮(圧縮)
(3)	PC鋼材のリラクセーション	収縮(圧縮)	膨張(引張)
(4)	PC鋼材のリラクセーション	膨張(引張)	収縮(圧縮)

問題(24)の解説

建設後40年が経過したPC単純桁に軸方向のひび割れと中央部の上側の反りの変形が生じた原因に関する問題である。

軸方向のひび割れはASRにより生じたと考えられ、軸方向の圧縮側へのひずみが大きくなり、桁の上部では引張側へのひずみが大きくなったと考えられる。

したがって、(1)が適当である。

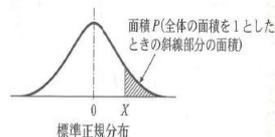


【問題 25】

建設後 25 年が経過したコンクリート打放し仕上げの壁を調査したところ、かぶり(厚さ)の平均値は 40 mm(標準偏差 8 mm)、中性化深さの平均値は 20 mm であった。建設後 36 年が経過した時点における、中性化深さの平均値がかぶり(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、かぶり(厚さ)の分布は正規分布とし、計算に当たっては、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、中性化速度係数のばらつきは考慮せず、環境条件は変化しないものとする。

- (1) 11.5 %
 (2) 5.5 %
 (3) 2.3 %
 (4) 0.8 %



標準正規分布表

正規偏差 X	面積 P
1.2	0.115
1.6	0.055
2.0	0.023
2.4	0.008

問題(25)の解説

中性化深さの測定した結果の分布から平均値がかぶり厚さを超える確率を問う問題である。

建設後25年経過したコンクリートの中性化深さが20mm、かぶり厚さの平均値が40mmでその標準偏差が8mmである。中性化の進行は \sqrt{t} 則に従うので、

$$20 = A\sqrt{25} \quad \text{中性化速度係数 } A = 4.0$$

$$\text{建設後36年では、 } 4.0 \times \sqrt{36} = 24 \text{ mm}$$

中性化深さの平均値が、かぶり厚さを超える確率は

$X\sigma = 40 - 24$ 標準偏差 $\sigma = 8$ なので、正規偏差 $X = 2.0$ X が2.0の面積0.023

つまり、2.3%

したがって、(3)が適当である。

【問題 26】

写真(A)～(D)に示す変状について、凍害が原因であると判断した次の(1)～(4)の適・不適の組合せのうち、適当なものはどれか。



(A) トンネルの覆工コンクリート面



(B) 橋台の前面



(C) 建築物の柱



(D) 擁壁の壁面

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

問題(26)の解説

凍害が原因の変状を示す写真を選択する問題である。

- (A) は漏水で不適、
- (C) は鉄筋の腐食膨張による剥落、
- (D) はASRとみなされる。
- (B) は凍害の可能性が高い。
- (B) だけが適と考えられる。

したがって、(2) が適当である。

【問題 27】

RC造の煙突(高さ50m、頂部の直径1.5m)を調査したところ、写真に示すように、筒体頂部付近の内側では骨材が露出し、セメントペーストが白色に変色していた。この変状の主たる原因として、次の(1)～(4)のうち最も適当なものはどれか。

なお、この煙突は重油の燃焼による排ガスを常時排出しており、筒体頂部の温度は最高100℃程度である。



写真 RC造の煙突の筒体頂部付近内側の変状

- (1) 排ガス中の二酸化硫黄に起因する化学的侵食
- (2) 排ガス中の二酸化炭素に起因する炭酸化
- (3) 凍結融解作用
- (4) アルカリシリカ反応

問題(27)の解説

RC造の煙突の頂部付近に生じた変状の原因を問う問題である。

重油の燃焼により、排ガス中の二酸化硫黄が化学的腐食を生じさせたと考えられ、骨材以外が失われている状況がみられる。

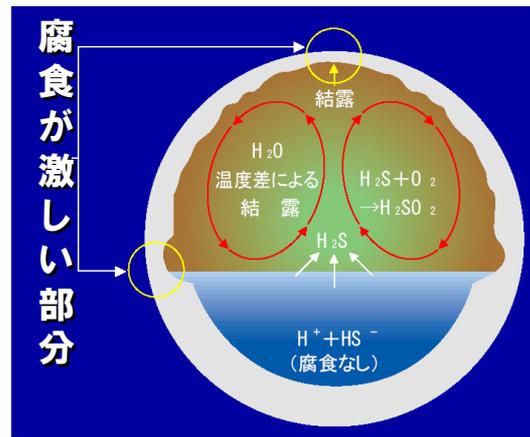
したがって、(1)が適当である。

コンクリートを劣化させる物質

	侵食の程度		
	非常に激しく侵食	かなり激しく侵食	普通の侵食
侵食する化合物の種類	硝酸、塩酸、硫酸 亜硫酸、フッ化水素酸 水酸化カリ 水酸化アンモニウム 水酸化ナトリウム 硫酸アンモニウム 硫酸コバルト、硫酸銅 硫酸カルシウム 硫酸カリ 硫酸マグネシウム 硫酸マンガン 鯨油 羊の足の油 リンゴ油 灰汁 など	酢酸、フミン酸、炭酸 石炭酸、リン酸、乳酸 タンニン酸、酪酸 ギ酸、酒石酸、オレイン酸 ステアリン酸 パルミチン酸 塩化マグネシウム 塩化カルシウム 硝酸カリウム 硫化ナトリウム 亜硫酸ナトリウム クレゾール 大豆油 牛脂 ブドウ糖 など	天然の酸性水 オリーブ油 魚油 重硫酸液 干草 クレオソート 酢酸カルシウム液 重炭酸アンモニウム 塩化アルミニウム 酢酸アルミニウム ホウ酸ソーダ など

下水道施設における劣化

- ①バクテリアの作用(1)
硫黄塩還元菌:硫酸イオンから硫化水素を生成
- ②バクテリアの作用(2)
硫黄酸化菌:硫化水素から硫酸(PH2程度)を生成
- ③エトリンガイト、二水石膏の生成
- ④膨張・破壊



【問題 28】

火災が発生した倉庫の開放し RC 造柱を調査したところ、火害を受けた柱の表面が火害のない柱の表面に比べて下表の(A)～(C)に示すような状況であった。これらの柱の受熱温度として推定される次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

表 柱の変色の状況

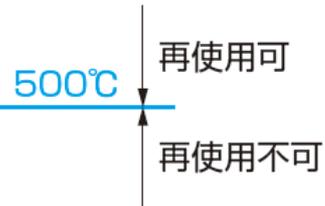
	(A)	(B)	(C)
柱表面の状況	 白く変色	 煤(すす)が全面に付着して黒色に変色	 薄いピンク色に変色

	(A)	(B)	(C)
(1)	300～600℃	300℃以下	600～950℃
(2)	300℃以下	600～950℃	300～600℃
(3)	600～950℃	300℃以下	300～600℃
(4)	600～950℃	300～600℃	300℃以下

問題(28)の解説

火災により柱の表面が変色した結果から受熱温度を推定する問題。

変色状況	温度範囲 (°C)
表面にすすが付着	300未満
ピンク色	300~600
灰白色	600~950
淡黄色	950~1200
溶解	1200以上



正解:(3)

【問題 29】

気象条件が異なる地域ⅠおよびⅡにおいて、RC造建築物の北面と南面の凍害調査を行った。各地域で凍害が認められた建築物周辺の11月から3月における日最高気温と日最低気温の平均値はそれぞれ図のようであった。これらの地域における凍害の特徴に関する次の記述中の(A)~(C)に当てはまる(1)~(4)の組合せのうち、適当なものはどれか。なお、凍結融解作用におよぼす積雪の影響は無視するものとする。

下図において、地域Ⅰの斜線部の時期では、凍結後の融解作用が主に(A)によって繰り返される。一方、地域Ⅱの斜線部の時期では、凍結後の融解作用が主に(B)によって繰り返されるため、地域Ⅰの斜線部の時期では、北面と南面の凍結融解作用の差異が地域Ⅱの斜線部の時期よりも(C)ことが多い。

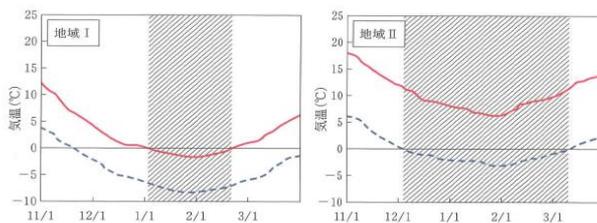


図 各地の冬期の日最高気温および日最低気温の平均値
(実線：日最高気温、破線：日最低気温)

	(A)	(B)	(C)
(1)	外気温の変化	日射	小さい
(2)	日射	外気温の変化	大きい
(3)	外気温の変化	日射	大きい
(4)	日射	外気温の変化	小さい

問題(29)の解説

環境の違いで凍害への影響が異なることを問題にしている。

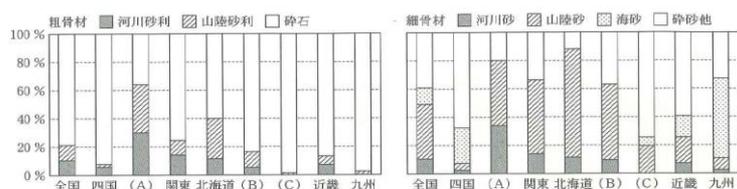
地域IIは冬期に温度が低く、凍結融解作用が日射の影響で繰り返される可能性が高い。日射の影響なので北面と南面で差が生じやすい。これは北面が凍結したままで凍結融解作用の繰り返しの影響が小さいためである。

地域IIは外気温の変化で凍結融解作用が繰り返される可能性がある。

正解:(2)

【問題 30】

構造物に発生する乾燥収縮ひび割れは骨材種類が要因の一つとされている。下図は日本の各地域のレディーミクストコンクリートに使用された骨材種類の使用比率を、全国平均と比較したものである。図中の(A)～(C)に当てはまる次の(1)～(4)の日本の地域の実組合せのうち、適当なものはどれか。



※経済産業省(平成29年 生コンクリート統計年報)

図 骨材種類の使用比率

	(A)	(B)	(C)
(1)	東北	中部	中国
(2)	中部	東北	中国
(3)	中国	東北	中部
(4)	中部	中国	東北

問題(30)の解説

日本各地域のレディーミクストコンクリートで使用される骨材に関する問題である。

- (A) は河川砂利の使用比率が高く、
- (C) はほとんどが碎石である。
- (B) は山陸砂の使用比率が高い。

地域を選択は、東北、中部、中国であり、これらに匹敵するのは、(A) は中部、(B) は東北、(C) は中国である。

したがって、(2) が適当である。

生コンに使用される地域別の骨材

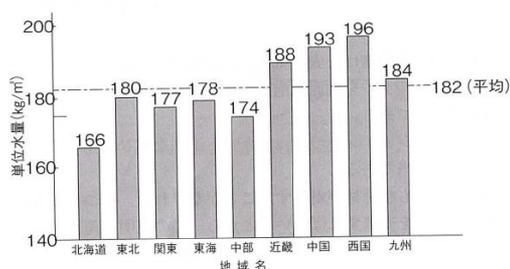


図1 1990年調査時の地域別単位水量
(日本コンクリート工学会, コンクリート診断技術 '19 応用編, p.116)

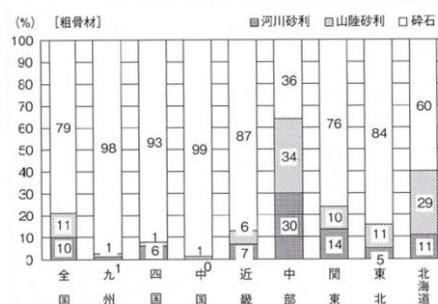


図2 骨材採取地の地域性
(日本コンクリート工学会, コンクリート診断技術 '19 応用編, p.115)

【問題 31】

道路橋の建設工事で図のようなRC製壁高欄の型枠を取り外したところ、写真に示すような表面気泡が多数発生していた。このような表面気泡の発生を抑制する対策に関する、記述(A)～(D)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。

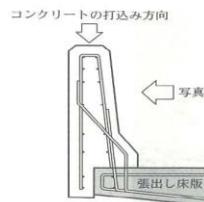


図 RC製壁高欄の概要図



写真 壁高欄表面の変状

- (A) 透水型枠に変更する。
 (B) 打上がり速度を大きくする。
 (C) 増粘剤を追加したコンクリート配合に変更する。
 (D) かぶり部分のコンクリートを細径パイプレータで締め固める作業を追加する。

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

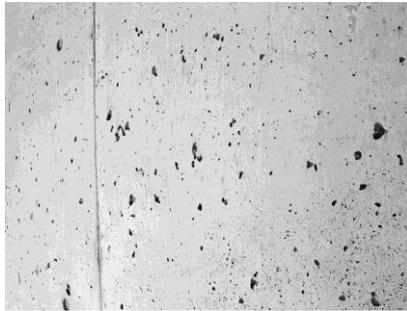
問題(31)の解説

道路橋のRC製壁高欄の表面気泡の抑制に関する問題である。

効果があるのは、透水型枠の変更する(A)と、細径のパイプレータの使用である。打上がり速度を大きくすると余計に気泡が生じる可能性が高く、増粘剤を用いると粘性が大きくなり気泡が増加する可能性が高い。

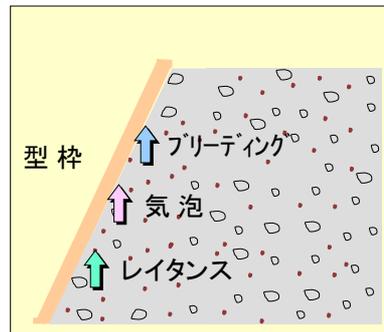
したがって、(3)が適当である。

施工に起因する不具合 ～ 表面気泡



良い気泡と悪い気泡

斜面にでき易い気泡



113

透水性型枠によるコンクリートの仕上がり



70頁

【問題 32】

RC造建築物の外壁に生じた乾燥収縮ひび割れの補修工法に関する、次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。なお、ひび割れの挙動は温度変化によるものとする。

- (1) 挙動が大きい幅0.2mmのひび割れを、可とう性エポキシ樹脂によって補修した。
- (2) 挙動が大きい幅1.0mmのひび割れを、ポリマーセメントによって補修した。
- (3) 挙動が小さい幅0.5mmのひび割れを、硬質系エポキシ樹脂によって補修した。
- (4) 挙動が小さい幅1.2mmのひび割れを、可とう性エポキシ樹脂によって補修した。

問題(32)の解説

RC造建築物の外壁に生じた乾燥収縮ひび割れの補修工法に関する問題。

- (1) 挙動が大きい幅0.2mmに可とう性エポキシ。適。
- (2) 挙動が大きい幅1.0mmにポリマーセメントではひび割れの変動に追従できず再劣化の恐れあり。不適。
- (3) 挙動が小さい幅0.5mmに硬質系エポキシ。適。
- (4) 可とう性のエポキシ樹脂は挙動、幅によらず適用可。

正解:(2)

【問題 33】

沿岸にあるRC道路橋に、写真に示すように、鉄筋腐食に伴う剥落および剥離が生じたため、断面修復工法により補修を行うこととした。この橋梁に対する断面修復の施工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。

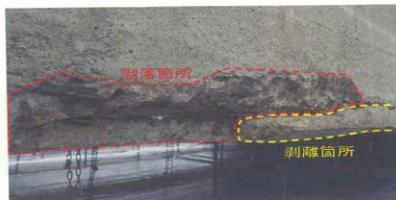


写真 RC道路橋に生じた剥落および剥離

断面修復後のマクロセル腐食の発生を抑制するために、(A)。性能回復のため断面減少分の鉄筋を追加配筋し、すべての鉄筋に防錆剤を塗布した。既設コンクリートとの接着を良好にするため、はつり面を(B)状態にさせたあと、(C)モルタルで断面修復した。

	(A)	(B)	(C)
(1)	塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界濃度を超える範囲をウォータージェットではつり取った	乾燥	エポキシ樹脂
(2)	剥離範囲をピックハンマでたたき落としたあと、剥離範囲を含めてスチールショットブラストで研掃した	乾燥	エポキシ樹脂
(3)	塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界濃度を超える範囲をウォータージェットではつり取った	湿潤	無収縮性のセメント
(4)	剥離範囲をピックハンマでたたき落としたあと、剥離範囲を含めてスチールショットブラストで研掃した	湿潤	無収縮性のセメント

問題(33)の解説

RC道路橋の断面修復工法に関する問題である。

マクロセル腐食を抑制するためには、できるだけはつり取る部分を多くすることが肝要である。

はつり取った部分が多い場合は、エポキシ樹脂では不経済であるため、無収縮のセメントを用いたモルタルが望ましい。その場合は湿潤状態することが望ましい。

正解:(3)

【問題 34】

温暖な地域の道路橋の図に示す架違い橋脚において、水掛かり部の周辺に写真のようなアルカリシリカ反応と判定された多数のひび割れが確認された。伸縮装置を交換したうえで、この構造物の劣化の進行を抑制するために行う対策工法(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。

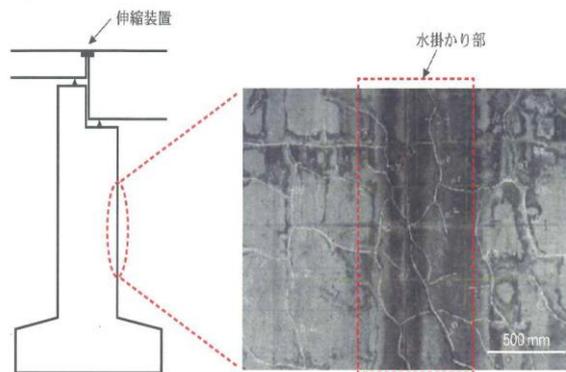


図 架違い橋脚の側面

写真 橋脚に生じたひび割れ
(白い線はひび割れをチョークでトレースしたもの)

- (A) ひび割れ注入工法
(B) シラン系表面含浸工法
(C) 電気防食工法

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

問題(34)の解説

水掛かり部のアルカリシリカ反応によるひび割れの抑制対策に関する問題。

(B)のシラン系表面含浸工法は水分侵入を抑制するため効果があり、ASR補修としては適。

(C)の電気防食工法は鉄筋の腐食を防止する工法でASR対策ではないため不適。

(A)のひび割れ注入工法もひび割れを通じた水分侵入抑制が期待できるため、ASR補修として適。

正解：(4)

【問題 35】

鉄道橋のRC桁において、線形累積損傷則(マイナー則)により疲労照査を行ったところ、引張鉄筋の累積疲労度 M が 0.60 に達していた。このため、鋼板接着を行ったところ、鉄筋の発生応力度は補強前の $6/7$ となった。マイナー則に基づいて鉄筋の疲労限界が延長される期間として、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

ただし、対策前の鉄筋には 126 N/mm^2 の最大引張応力度に等価な応力が毎年 5 000 回作用していた。また、鉄筋の最大応力比 S_{max} 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 300 N/mm^2 、最大応力比 S_{max} は次式によるものとする。

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

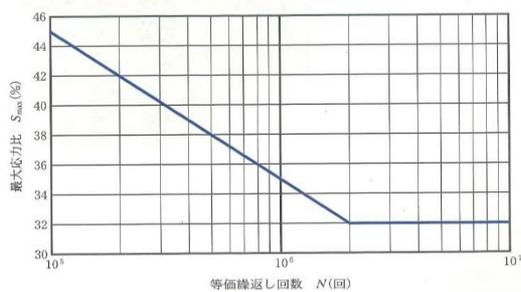


図 S-N線図

- (1) 16年
- (2) 32年
- (3) 48年
- (4) 64年

問題(35)の解説

鉄道橋のRC桁の疲労照査に関する問題。

累積疲労度 $M=0.6$ に達しているところに鋼板接着で補強して、鉄筋の発生応力度が補強前の $6/7$ になっている。残存する累積疲労度は、 $M=0.4$ である。

まず、対策前の鉄筋の最大引張応力度は 126 N/mm^2 。
 $126/300=0.42 \Rightarrow$ このときの $N=2 \times 10^5$ (20万) 回。
 残存する累積疲労度は 0.4 で、毎年 5000 回なので、
 $2 \times 10^5 \times 0.4 \div 5000 = 16$ (年)
 つまり、このまま無対策の場合、あと 16 年しかもたない。

次に、対策前の鉄筋の最大引張応力度は 126N/mm^2 だったが、補強をして $6/7$ になった。 $126 \times 6/7 = 108\text{N/mm}^2$ 。
引張強度 300N/mm^2 の S_{max} に対して、 $108/300 = 0.36$ 。

最大応力比 36% での等価繰返し回数は、S-N曲線から読み取ると、 80 万回となる。

残存する累積疲労度は 0.4 、毎年 5000 回なので、
 $80 \times 10^4 \times 0.4 \div 5000 = 64$ (年)となる。
鋼板接着したことで、あと 64 年もつ。

無対策ではあと 16 年。鋼板接着したことであと 64 年。
疲労限界が延長される期間は、 $64 - 16 = 48$ (年)となる。
正解：(3)

【問題 36】

建設中のポストテンション方式 PC 連続箱桁のウェブに写真に示すような豆板が発生し、調査の結果、図のような豆板の発生範囲(不良部分)を確認した。不良部分の補修方法とプレストレスの導入時期の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、最も適当なものはどれか。



写真 豆板の発生状況

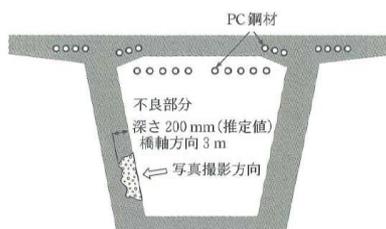


図 豆板の発生位置の断面図

	不良部分の補修方法	プレストレスの導入時期
(1)	不良部分をはつり取り、コンクリートを打ち込む	不良部分の補修前
(2)	不良部分をはつり取り、ポリマーセメントモルタルを充填する	不良部分の補修前
(3)	不良部分をはつり取り、コンクリートを打ち込む	不良部分の補修後
(4)	不良部分をはつり取り、ポリマーセメントモルタルを充填する	不良部分の補修後

問題(36)の解説

建設中のポストテンション方式のPC連続箱桁にできた豆板の補修方法の問題。

不良部分の補修方法は、深さが200mmもあることからコンクリート打設が適当である。

補修時期はコンクリート打設による補修後にプレストレスを導入するべきである。

正解:(3)

【問題 37】

塩害が想定されるRC道路橋において、予防保全対策として表面被覆工法を実施することにした。表面被覆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、最も適当なものはどれか。

表面被覆工法の施工にあたって、表面被覆材の付着に有害な汚れ等の物質を下地処理により除去し、コンクリート表面の強化や(A)の抑制を目的にプライマーを塗布した。エポキシ樹脂パテを用いて不陸や表面気泡等を平滑にした後、(B)を向上させる目的でエポキシ樹脂系塗料を塗布した。最後に紫外線に対する耐候性を向上させる目的で(C)を塗布した。

	(A)	(B)	(C)
(1)	プリスタリングによる膨れ	遮塩性	ふっ素系樹脂塗料
(2)	プリスタリングによる膨れ	酸素透過性	ポリアミド系樹脂塗料
(3)	マクロセル腐食	酸素透過性	ふっ素系樹脂塗料
(4)	マクロセル腐食	遮塩性	ポリアミド系樹脂塗料

問題(37)の解説

塩害が想定されるRC道路橋の予防保全として表面被覆工法を行う問題。

(A)プライマーの目的はブリストリングによる膨れの抑制。

(B)エポキシ樹脂塗料は表面被覆工法の主材であり、遮塩性を向上させることが目的。

(C)は紫外線に対する耐候性を目的とするので、ふっ素系樹脂塗料が入る。

正解：(1)

【問題 38】

写真(A)および(B)に示す道路橋の変状に対して原因を特定し、以下の対策の主目的を設定した。それぞれの変状に対する、次の(1)～(4)の対策の組合せのうち、最も適当なものはどれか。なお、いずれの対策においても、ひび割れ補修、水の供給の抑制を実施する。

	
<p>(A) RC橋脚の張出部 変状の原因：水掛かり部での凍結融解 対策の主目的：コンクリートの剥落防止※ ※この対策に先立ち、適切に断面修復されるものとする</p>	<p>(B) 鋼橋 RC床版の下面 変状の原因：大型車両による繰返し載荷 対策の主目的：疲労に対する抵抗性の向上</p>

	(A)	(B)
(1)	亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントを用いた表面被覆工法	炭素繊維を用いた連続繊維シート接着工法
(2)	ポリウレア樹脂を用いた表面被覆工法	炭素繊維を用いた連続繊維シート接着工法
(3)	ポリウレア樹脂を用いた表面被覆工法	ガラス繊維を用いた連続繊維シート接着工法
(4)	亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントを用いた表面被覆工法	ガラス繊維を用いた連続繊維シート接着工法

問題(38)の解説

道路橋の変状の原因を特定し、対策を検討する問題。

(A)は水掛かり部の凍害。

塩害対策として適している亜硝酸リチウムではなく、防水性を高めるポリウエア樹脂を用いた表面被覆工法が適している。

(B)は疲労による劣化。

炭素繊維を用いた連続繊維シート接着工法が適当である。

正解:(2)

【問題 39】

図1の高速道路のシールドトンネルで、火災時のトンネルの覆工コンクリート剥落抑制と復旧工事の短縮のため、セグメントへの対策を建設時(製作時)に実施することとした。図2に示す加熱曲線を想定した場合の対策として、次の(1)~(4)のうち、最も不適当なものはどれか。

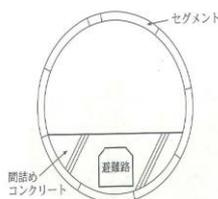


図1 シールドトンネル断面の概念図

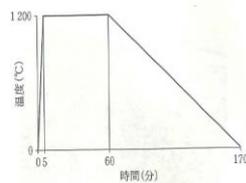
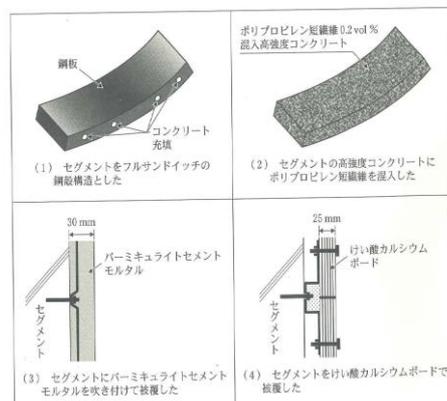


図2 RABT® 加熱曲線

※ドイツ交通省、道路トンネルの設備と運用に関する指針



問題(39)の解説

高速道路のシールドトンネルで、火災時の復旧工事の短縮のための剥落抑制対策に関する問題。

(1)は鋼部材であり耐火性に劣る。不適。

(2)のポリプロピレン短繊維を含む高強度コンクリートは爆裂防止効果があり、適。

(3)および(4)は耐火性は高く、セグメントが守られる可能性が高いため適。

正解:(1)

【問題 40】

塩害環境にある供用後30年を経過したPCT桁橋において、シナリオA(断面修復、表面被覆および外ケーブル補強)と、シナリオB(T桁の架替え)の2つの対策のライフサイクルコスト(LCC)を検討することとした。図に、表1のシナリオBに基づいて算出したLCCを示す。

シナリオAがシナリオBのLCCを上回る時点として、次の(1)～(4)のうち、最も近いものはどれか。

なお、法定点検および補修・補強に伴う撤去のための費用は考慮しないものとし、 n 年後に要する費用を現在価値に置き換えた値 V は式1で表され、社会的割引率 r は2.0%とする。現在価値への換算は表2の値を用いるものとする。

$$V = \frac{n \text{ 年後の費用}}{(1+r)^n} \quad \dots\dots\text{式1}$$

表1 LCCの算出に用いる費用

項目	シナリオA	シナリオB
断面修復、表面被覆および外ケーブル補強の費用 (0年、45年、90年に実施)	160百万円	
表面被覆の費用 (15年、30年、60年、75年に実施)	50百万円	
架替え費用 (耐用期間100年)		300百万円

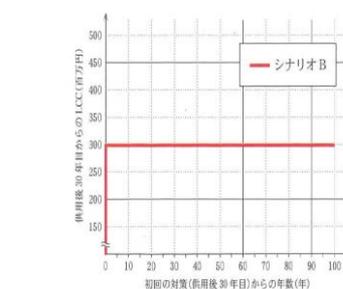


図 表1のシナリオBに基づいて算出したLCC

表2 現在価値への換算

現在からの経過年(n)	$(1+0.02)^n$ の値
15	1.346
30	1.811
45	2.438
60	3.281
75	4.416
90	5.943

(1) 45年後

(2) 60年後

(3) 75年後

(4) 90年後

問題(40)の解説

塩害環境にあるPCT桁橋の補修をする場合のライフサイクルコストの比較をする問題である。

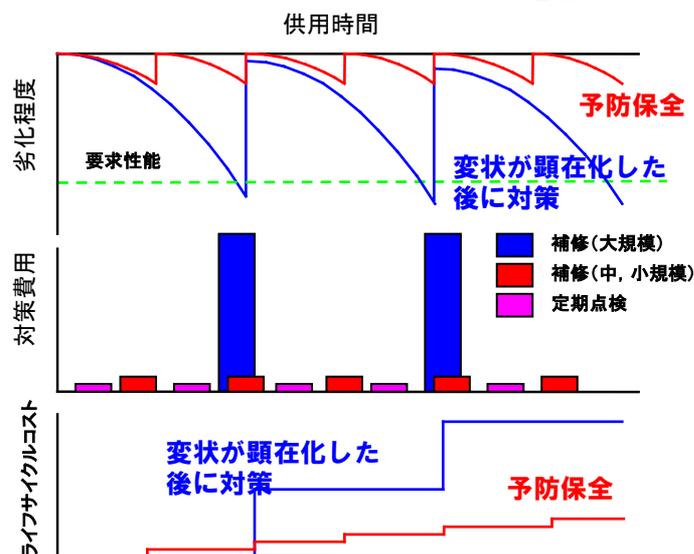
シナリオAは断面修復と表面被覆および外ケーブル補強を行い45年ごとに160百万円、15年ごとに表面被覆を行い50百万円かかるとして、架替えを行うシナリオB（架替え費用300百万円）を上回る時期を求める問題である。

$$45年後 \quad 160 + 160 \div 2.438 + 50 \div 1.346 + 50 \div 1.811 = 160 + 65.6 + 37.1 + 27.6 = 295.7$$

$$60年後 \quad 295.7 + 50 \div 3.281 = 310.9$$

したがって、(2)が適当である。

維持管理方法の違いによる ライフサイクルコストの比較



■LCC（ライフサイクルコスト）

(A)新設構造物の場合(=PFI事業)

1) 割引率:0%

ライフサイクルコスト

$$LCC = I + \sum_{i=1}^n Mi + \sum_{i=1}^m Ri$$

初期建設費

補修費

更新費



2) 割引率: r (現在価値に換算したライフサイクルコスト)

$$LCC = I + \sum_{i=1}^n Mi / (1+r)^t + \sum_{i=1}^m Ri / (1+r)^t$$

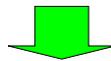
135

■現在価値

財政負担の見込額算定(地方公共団体が直接実施する場合とPFIを導入する場合)には、現在価値にて比較することが求められる。

■割引率

将来発生する費用を現在価値に換算するに当たって用いる換算率



- ・現在の100万円 →10年後は148万円(利率4%)
- ・10年後の100万円→現在の67.6万円(割引率4%)