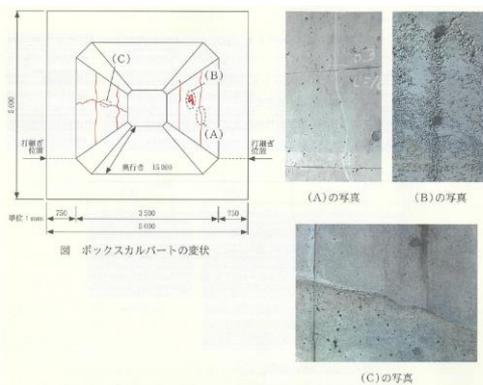


2021年度 コンクリート診断士試験解説

十河 茂幸
江良 和徳

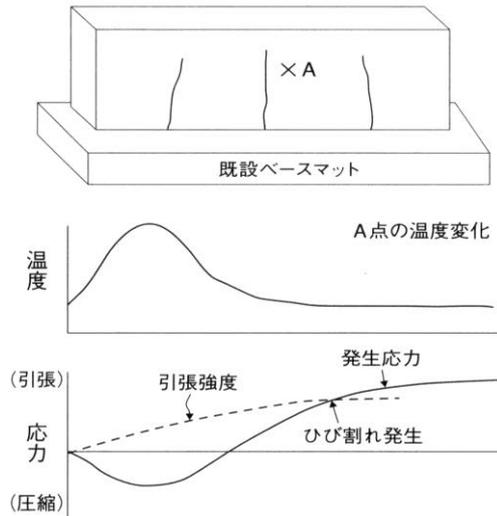
【問題 1】

図1のボックスカルバートの型枠を打込みから1週間後に取り外したところ、下図の壁面の(A)～(C)において、写真に示すような変状を確認した。変状の発生要因に関する(1)～(4)の組合せのうち、最も適当なものはどれか。



	(A)	(B)	(C)
(1)	乾燥収縮	内部振動機による締固めの不足	自己収縮
(2)	水和熱に起因する温度応力	内部振動機による締固めの不足	許容打重ね時間間隔を超過した打込み
(3)	乾燥収縮	型枠の継目からのモルタルの流出	許容打重ね時間間隔を超過した打込み
(4)	水和熱に起因する温度応力	型枠の継目からのモルタルの流出	自己収縮

温度ひび割れの発生メカニズム



- 水和熱で温度上昇
- 次第に放熱して収縮
- 既設物が収縮を拘束
拘束されると引張応力発生
- 引張強度は極端に小さい
⇒ ひび割れ発生

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

問題(1)の解説

写真Aは、打込みから1週間後の生じ、壁体に鉛直方向に生じていることから、水和熱に起因する温度応力が原因と考えられる。壁厚が750mmで温度上昇から下降に転じた段階で生じたものと考えられる。なお、打込み後1週間では乾燥収縮は大きくならないため、乾燥収縮が原因とは考えられない。

写真Bは、ブリーディングの上昇による砂筋とみられるが、これが型枠の継ぎ目とは見えないので、内部振動機による締固めの不足とみなしてよいと考えられる。

写真Cは、水平方向のひび割れのようなものであるが、打込みから1週間で生じていることから、コールドジョイントとみなせ、許容打重ね時間間隔を超過した場合に生じたものと考えられる。

以上より、最も適当なものは(2)である。

【問題 2】

一般的なコンクリートやモルタルのひび割れの原因となる長さ変化に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の数値の組合せのうち、適当なものはどれか。なお、コンクリートの寸法は高さ100 mm、幅100 mm、長さ400 mm、モルタルの寸法は高さ40 mm、幅40 mm、長さ160 mmとし、いずれも鉄筋を含まない角柱とする。

- ・硬化コンクリートの温度が1℃上昇すると、コンクリートの長さは、長さ変化率で約(A)増加する。
- ・製造後7日間水中養生したコンクリートを、温度20℃、相対湿度60%の環境に6箇月間保管すると、コンクリートの長さは、長さ変化率で(B)減少する。
- ・JISA 1146(骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(モルタルバー法))では、26週間促進養生したモルタルの膨張率(C)を目安に骨材の反応性を判定している。

	(A)	(B)	(C)
(1)	10×10^{-6}	$1500 \sim 3000 \times 10^{-6}$	100×10^{-6}
(2)	10×10^{-6}	$400 \sim 1000 \times 10^{-6}$	1000×10^{-6}
(3)	100×10^{-6}	$1500 \sim 3000 \times 10^{-6}$	1000×10^{-6}
(4)	100×10^{-6}	$400 \sim 1000 \times 10^{-6}$	100×10^{-6}

生コンの単位水量と乾燥収縮率

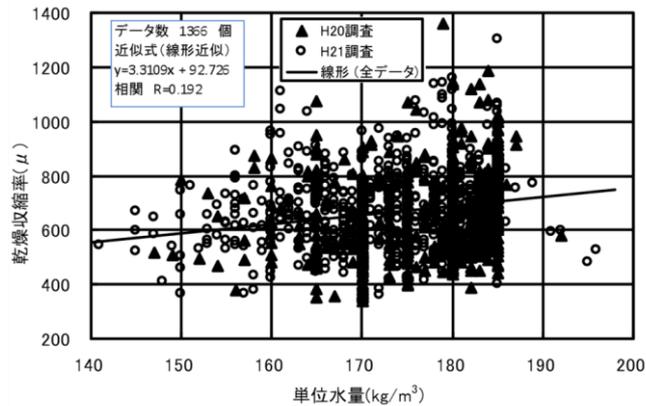


図-3.21 単位水量と乾燥収縮率

問題(2)の解説

コンクリートの熱膨張係数は $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ である。 1°C 上昇するごとに、 10×10^{-6} の長さ変化が生じる。

したがって、(A)は、(1)または(2)である。

コンクリート製造後、7日間水中養生したコンクリートを、乾燥収縮させると、 $400 \sim 1000 \times 10^{-6}$ の長さ変化が生じ、収縮する。

したがって、(B)は、(2)または(4)である。

ここまでで、答えは(2)となる。

モルタルバー法で26週間促進養生したモルタルの膨張率は、 1000×10^{-6} を超えると反応性があると判断できる。

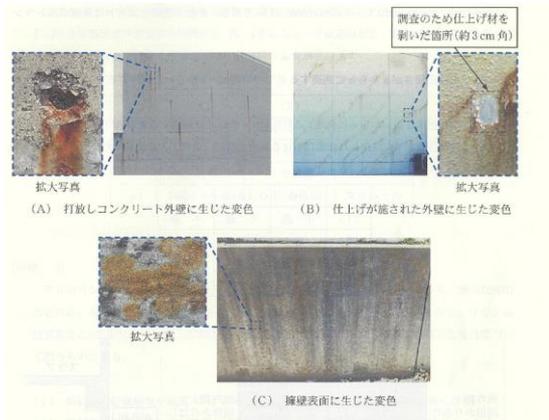
したがって、(C)は(2)または(3)である。

以上より、適当なものは、(2)である。

【問題 3】

[図 10]

写真(A)～(C)に示す変状とそれらの説明に関する記述の適・不適の組合せとして、次の
 中(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。



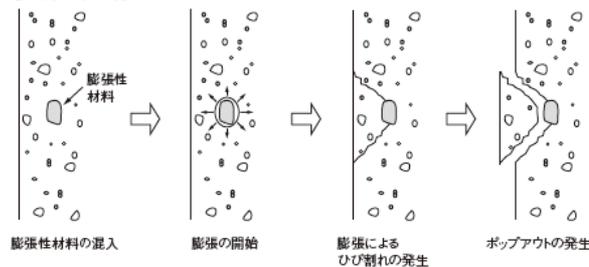
写 真	変状の説明
(A)	黄鉄鉱を含む骨材の酸化による変色
(B)	コンクリート中の鉄筋の腐食による変色
(C)	地衣類の繁茂による変色

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

ポップアウトの原因

ポップアウトのメカニズム

●ポップアウトの発生メカニズム



局所的な原因は、硫化鉄による腐食生成物

問題(3)の解説

(A)の変状は、黄鉄鉱を含む骨材の酸化による変色とみなされるので、(適)と判断できる。したがって、(1)、(3)または(4)が適当。

(B)の変状は、仕上げが施された外壁の変色であるが、錆汁は認められず、また鋼材に沿ったものではない。したがって、不適当な(3)と判断できる、

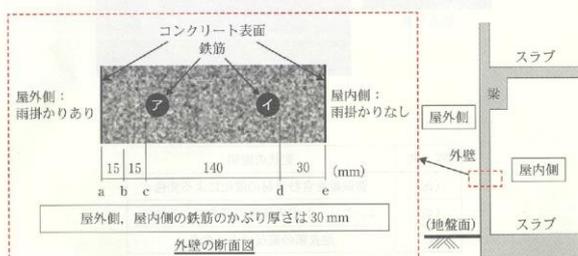
(C)の変状は、擁壁表面に生じた変色で、拡大写真から地衣類の繁茂による変色とみなされる。地衣類(ちいるい)はコケと呼ばれる菌類の仲間が、藻類(そうるい)と共生します。したがって、適当と判断され、(1)、(2)または(3)が選択できる。

以上より、適当なものは(3)である。

【問題 4】

下図は屋外および屋内とも打放し仕上げのコンクリート外壁の断面である。コンクリートの中性化に関する記述(A)～(C)の適・不適の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。なお、屋外側は雨掛かりがあり、平均気温 20℃、平均相対湿度 80%、屋内側は雨掛かりがなく、平均気温 20℃、平均相対湿度 50% である。また、使用セメントは普通ポルトランドセメントとする。

- (A) 中性化深さが a から b に到達するまでの時間は、b から c に到達するまでの時間より長い。
- (B) 中性化深さが a から c に到達する時間は、e から d に到達するまでの時間より長い。
- (C) 鉄筋背面まで中性化した状態における腐食速度は、鉄筋アより鉄筋イのほうが大きい。



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

問題(4)の解説

開放し仕上げのコンクリート外壁の中性化に関する問題である。

(A) 中性化は、断面の奥に行くほど進行が遅くなり、b～cに達するまでの時間の方が長くなる。したがって、(A)は「不適」と考えられ、(1)、(3)、または(4)が適当となる。

(B) 壁の厚さが同じであれば、室内の方が中性化速度が大きく、屋外の方が中性化深さに達する時間が長くなる。したがって、(3)は、「適」となる。ここまでで正解は、(3)となる。

(C) 中性化した状態の鉄筋の腐食速度は雨係りがある方が早いので、「不適」となり、(1)、(2)または(3)が適当となる。

以上より、適当なものは(3)である。

【問題 5】

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

コンクリート中に、鋼材表面の不動態皮膜を破壊する濃度の塩化物イオンが含まれると、(A)するアノード反応と同時に(B)するカソード反応が起き、鋼材腐食が進行する。塩化物イオンが腐食に関係する場合には、(C)腐食が生じやすい。

	(A)	(B)	(C)
(1)	Fe ²⁺ を溶出	OH ⁻ を生成	マクロセル
(2)	FeCl ₂ を生成	e ⁻ を放出	マイクロセル
(3)	Fe ²⁺ を溶出	e ⁻ を放出	マイクロセル
(4)	FeCl ₂ を生成	OH ⁻ を生成	マクロセル

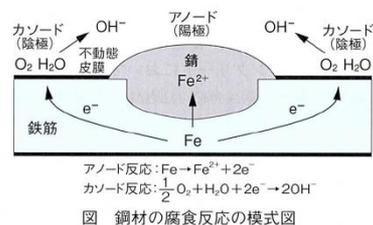
問題(5)の解説

塩害に関する問題である。

コンクリート中では、鋼材は不動態皮膜で覆われているが、腐食限界濃度を超える塩化物イオンが侵入すると、(A) Fe^{2+} を溶出するアノード反応と、同時に(B) OH^- を生成するカソード反応が起き、腐食が進行する。したがって、(1)が適当となる。

また、塩化物イオンが腐食に関する場合は、マクロセル腐食が生じやすくなり、(C)は、(1)または(4)が入る。

以上より、適当なものは(1)である。



【問題 6】

アルカリシリカ反応によるモルタルの膨張に関する次の(1)～(4)の記述のうち、適当なものはどれか。なおここでは、反応性を有する骨材を用い、JISA 1146(骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(モルタルバー法))に準拠して作製したモルタル供試体を26週間貯蔵した場合について問うものとする。

- (1) 供試体の貯蔵環境を温度 40°C とすると、 20°C の場合より、膨張率は大きくなる。
- (2) 供試体の貯蔵環境を相対湿度 60% とすると、 95% の場合より、膨張率は大きくなる。
- (3) 反応性を有する骨材の量が多いほど、膨張率は大きくなる。
- (4) 普通ポルトランドセメントの 15% をフライアッシュで置換すると、置換しない場合より、膨張率は大きくなる。

問題(6)の解説

アルカリシリカ反応によるモルタルの膨張に関する問題

JIS A 1146(骨材のアルカリシリカ反応試験方法(モルタルバー法))に準拠して、26週間貯蔵した場合、

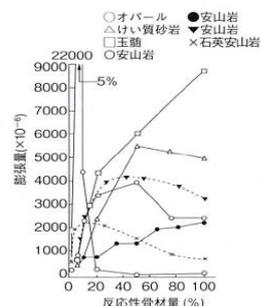
(1)40℃としたほうが20℃の場合より、膨張量は大きく(1)は適当である。

(2)アルカリシリカ反応は吸水膨張するので、相対湿度は大きいほど膨張率は大きくなる。不適当な記述である。

(3)反応性骨材の量が多いほど膨張率が大きくなるとは言いきれない。これをペシマムという。右図参照

(4)フライアッシュを15%セメントに置換すると膨張率は小さくなるので、不適当な記述である。

以上より、適当なものは(1)である。



【問題 7】

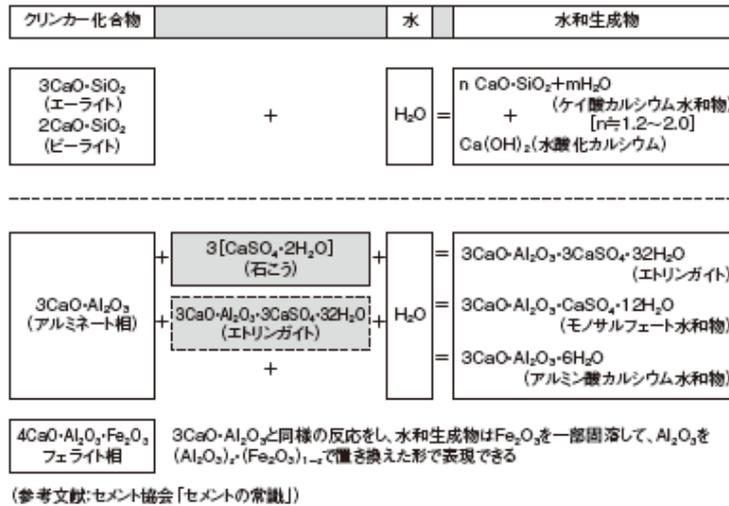
酸によるコンクリートの化学的侵食に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

セメント水和物の(A)は、酸の種類によって異なる生成物に変化し、その生成物によって異なる劣化の挙動を示す。硫酸の作用を受けると(B)が生成して体積膨張するため、著しい膨張破壊を生じる。一方、塩酸の作用を受けると(C)が生成・溶解することで、表層部のセメント硬化体のみが洗われたような状態となり、骨材が露出する侵食を生じる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	水酸化カルシウム	C-S-H	二水石こう
(2)	水酸化カルシウム	二水石こう	塩化カルシウム
(3)	エトリンガイト	C-S-H	二水石こう
(4)	エトリンガイト	二水石こう	塩化カルシウム

セメントの水和反応

●セメントの反応



セメントの化合物

C-H ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

C-S-H($n\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot m\text{H}_2\text{O}$)

エトリンガイト
($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 32\text{H}_2\text{O}$)

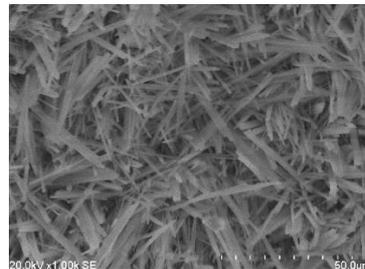
二水石こう

$\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$

$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$

硫酸カルシウム2水和物

硫酸マグネシウムなどの硫酸塩がセメント中の水酸化カルシウムと反応



問題(7)の解説

酸による化学的侵食に関する問題である。

セメント水和物のうち、酸により異なる生成物の変化し異なる劣化を生じるのは水酸化カルシウムで、(A)に入るのは、(1)または(2)である。

水酸化カルシウムが硫酸の作用を受けて体積膨張を生じるのは、二水石膏で(B)には、(2)または(4)が入る。

塩酸の作用を受けると塩化カルシウムが生成・溶解され、表層部が侵食を受けるので、(2)または(4)が入る。

以上より、(2)が適当である。

【問題 8】

コンクリートの成分の溶出に関する次の記述(A)～(C)の適・不適の組合せとして(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

(A) 硬度が同じ地下水との接触では、地下水が遊離炭酸ガスを多く含むほど成分が溶出しやすくなる。

(B) 滞留した水との接触の場合、流れのある水の場合と比べて成分が溶出しやすくなる。

(C) コンクリートにフライアッシュを混和することにより、カルシウム成分の溶出が抑制される。

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

溶出とは、コンクリート中のセメント水和物成分が周囲の水に溶解して硬化体組織が疎となる変質・劣化現象である。

磨耗は、表面の相對運動の結果として起きる物体の操作面からの物質の逐次損失として定義される現象である。

問題(8)の解説

コンクリート成分の溶出に関する問題である。

- (A) 地下水が遊離炭酸ガスを多く含むと、成分が溶出しやすいので、「適」と考えられる。
- (B) 滞留した水と流れがある水を比較すると、滞留した水の方が溶出しやすいので、「不適」と考えられる。
- (C) フライアッシュを混和すると、カルシウムの溶出は抑制される。これはフライアッシュがポゾラン反応し、カルシウムの成分が少ないためであり、「適」と考えられる。

以上より、適当なものは(1)である。

【問題 9】

コンクリートのすり減りに関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) 圧縮強度が同一の場合、普通コンクリートは軽量コンクリートより、すり減り抵抗性が高い。
- (2) 圧縮強度が同一の場合、細骨材率が38%のコンクリートは、細骨材率が43%のコンクリートより、すり減り抵抗性が高い。
- (3) 流水中に混在する気泡が圧潰されてキャビテーションが生じた場合、コンクリートのすり減り量が大きくなる。
- (4) 流速が一定の場合、流水中のコンクリートのすり減り量は、経過時間の平方根に比例して大きくなる。

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(9)の解説

コンクリートのすり減りに関して、不適当なものを選択する問題

- (1) 普通骨材を用いた方が、軽量骨材を用いるより、すり減り抵抗性が高い。 適当な記述である。
- (2) 細骨材率が小さいほど、粗骨材の量が多くなり、すり減り抵抗性は高くなる。 適当な記述である。
- (3) 気泡が圧潰(あっかい)されてキャブテーションが生じるとすり減り量が多くなる。 適当な記述である。
- (4) 流水中のコンクリートのすり減り量は、経過時間に比例するので、この記述は不適当である。

以上より、不適当なものは(4)である。

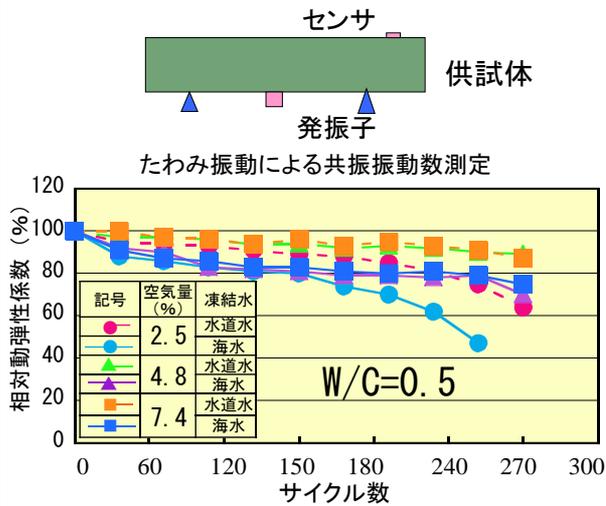
【問題 10】

積雪寒冷地におけるコンクリートの凍害に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) コンクリートの細孔中における水分の凍結温度は、細孔径が大きいほど低くなる。
- (2) コンクリートの細孔中における未凍結水の移動に伴う水圧が要因となり、ひび割れが生じる。
- (3) 海岸際に立地するコンクリート構造物で、海水の飛沫を受ける面と受けない面を比較した場合、飛沫を受ける面の方がスケーリングは発生しやすい。
- (4) コンクリート構造物の日射を受ける面と受けない面を比較した場合、日射を受ける面の方が凍害は発生しやすい。

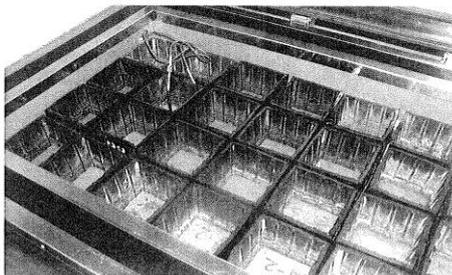
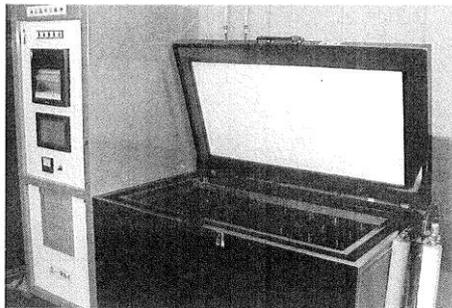
●耐凍害性の判定方法(相対動弾性係数で評価)

- ・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
 $Ed = 4.08 \times 10^{-6} \cdot L / A \cdot m \cdot f^2$
 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

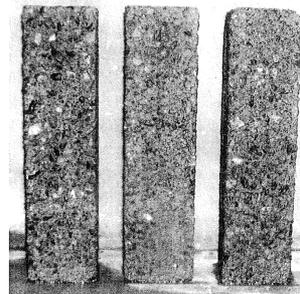


写真-3・2 300サイクル経過後の凍結融解試験供試体(表面層にスケールリングが見られる)

表面層にスケールリング
が見られる

問題(10)の解説

コンクリートの凍害に関する不適当なものを選択する問題である。

- (1)コンクリート中の気泡の細孔径が大きいほど、凍結温度は高くなるので、この記述は不適当である。
 - (2)未凍結水の移動に伴う水圧が要因となり、ひび割れが生じると考えられるので、この記述は適当と言える。
 - (3)海水の飛沫を受ける方が、スケーリングは生じやすいので、この記述は適当である。
 - (4)凍結融解の繰り返し回数が多いほど凍害が生じやすいので、構造物の日射を受ける面の方が、凍害は発生しやすい。この記述は適当である。
- 以上より、不適当なものは(1)である。

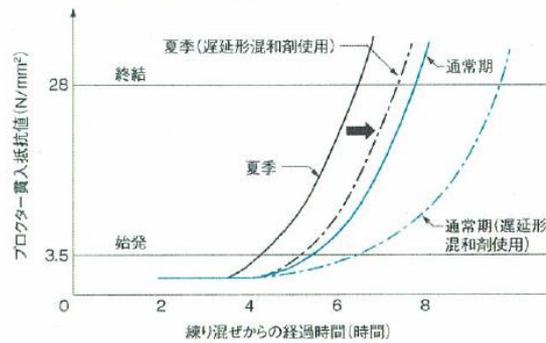
【問題 11】

暑中コンクリートの初期欠陥を防止するための配(調)合を計画する際、コンクリートの凝結時間を測定することとした。JIS A 1147(コンクリートの凝結時間試験方法)の規定に照らして、次の(1)～(4)のうち、誤っているものはどれか。

- (1) 凝結時間を求めるための時刻の起点は、試料を円筒容器に入れた時刻とした。
- (2) 試料表面のプリーディング水を取り除いて貫入試験を行った。
- (3) 貫入抵抗値が 3.5 N/mm^2 になるまでの時間を、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、終結時間とした。

プロクター貫入試験

●プロクター貫入抵抗値の経時変化



問題(11)の解説

JIS A 1147(コンクリートの凝結時間試験方法)の問題

- (1) 凝結時間を決めるための時刻の起点は、セメントが水と最初に接触した時刻とするので、この記述は誤っている。
- (2) 試料の表面に生じたブリーディング水は適切な器具を用いて、取り除いて貫入試験を行う。
- (3) 貫入抵抗性が 3.5N/mm^2 になるまでの時間を始発時間と定義している。
- (4) 貫入抵抗性が、 28.0N/mm^2 になるまでの時間を終結時間と定義している。

以上より、誤っているのは(1)である。

【問題 12】

アルカリシリカ反応の可能性が高い変状の原因を調べるための調査方法に関する，次の記述 (A)～(C)の適・不適の組合せとして，(1)～(4)のうち，適当なものはどれか。

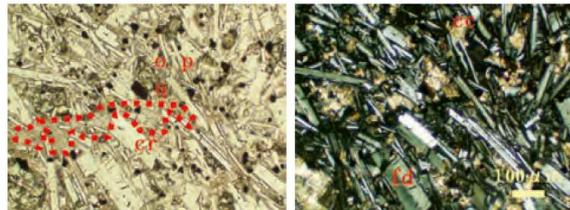
- (A) コアを採取し目視で，骨材の反応リムの有無を調べた。
 (B) 原子吸光光度法で，コンクリート中の水溶性アルカリ量を調べた。
 (C) 電位差滴定法で，白色析出物中のシリカ (SiO_2)の含有量を調べた。

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

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

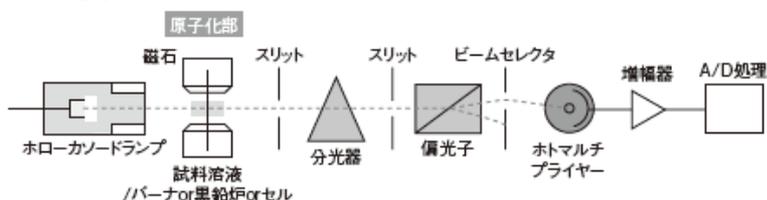
原子吸光光度計について



原子吸光光度計

原子吸光分析とは、金属原素類の光度分析法の一種で、試料中の目的原素を燃料による炎や黒鉛炉による加熱で原子化し、その原子中の元素固有の共鳴線が吸収される現象を利用して目的元素の濃度を測定する分析法

●原子吸光光度計の概略構成図



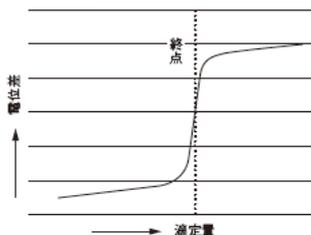
電位差滴定法

電位差滴定法は、滴定時に測定溶液にセットした基準電極と指示電極の電位差を測定し、電位差の変化点の極大値から終点を決定する手法。

●電位差滴定装置の構成



●終点の決定



電位差滴定装置による測定状況 (オートサンプラー付き)

●想定される塩化物イオン濃度および使用する硝酸銀溶液の濃度

想定される塩化物イオン濃度 (%)	硝酸銀溶液濃度 (mol/l)
0.2以上	0.1
0.02以上 1.0未満	0.01
0.5未満	0.005

問題(12)の解説

アルカリシリカ反応の可能性を調査する方法に関する問題

- (A) コアの骨材の反応リムを目視で調べるのは「適」である。
- (B) 原子吸光光度法は、金属元素類の高感度分析法の一種で、試料中の目的元素を燃料による炎や黒煙炉により加熱して原子化し、元素固有の共鳴線が吸収される現象を利用して目的元素の濃度を測定する方法である。水溶性アルカリ量は測定できるので、「適」である。
- (C) 電位差滴定法は、滴定時に測定溶液にセットした基準電極と指示電極の電位差を測定し、電位差の変化点から、塩化物イオンの定量を行う方法である。 SiO_2 の含有量は測定できないので、「不適」である。
- 以上より、適当なものは(3)である。

【問題 13】

下図は、塩害環境に位置するRC構造物の採取コアから全塩化物イオン濃度を10点測定して得られた濃度分布である。コンクリート中の全塩化物イオン濃度の分布は、下記のFickの拡散方程式の解で表現されるものとする。この分布から回帰式中の表面塩化物イオン濃度 C_0 および塩化物イオンの見掛けの拡散係数 D を求める方法に関する次の(1)～(4)の記述のうち、適当なものはどれか。



Fickの拡散方程式の解(回帰式)

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

$C(x, t)$: 時刻 t におけるコンクリート表面からの距離 x での塩化物イオン濃度。
 C_0 : 表面塩化物イオン濃度。erf: 誤差関数。x: コンクリート表面からの距離。
 D : 塩化物イオンの見掛けの拡散係数。t: 時刻。C₁: 初期含有塩化物イオン濃度

- (1) 点(a)の濃度を表面塩化物イオン濃度 C_0 とした。
- (2) 点(c)の濃度を表面塩化物イオン濃度 C_0 とした。
- (3) 点(a)と点(c)は除いて、点(b)から点(e)の8点を用いて回帰分析し、塩化物イオンの見掛けの拡散係数 D を求めた。
- (4) 点(a)、点(b)および点(c)を除いた7点を用いて回帰分析し、塩化物イオンの見掛けの拡散係数 D を求めた。

見掛けの拡散方程式 フィックの第2法則

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

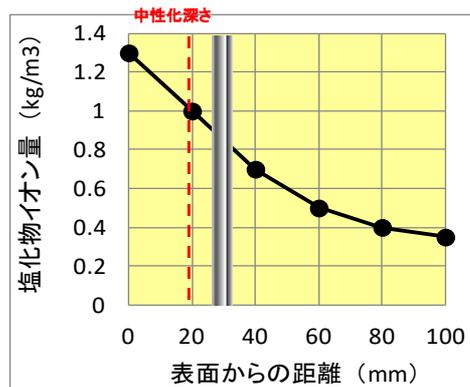
ここに、 $C(x,t)$: 深さ x (cm) 地点の経過時間 t (年)における塩化物イオン濃度(kg/m^3)

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

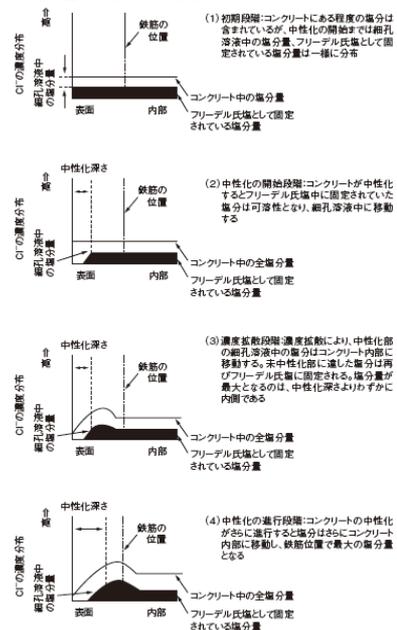


塩分濃縮の現象

- ① 塩化物イオンが、フリーデル氏塩として固定化される。
- ② 中性化すると固定化されていた塩分が可溶性となり、細孔溶液中に移動する。
- ③ 未中性化域で、フリーデル氏塩は再度固定化される。
- ④ 中性化が進むと、塩分は内部に移動する。

この現象が塩分濃縮という。

●中性化に伴う塩化物イオンの濃縮現象



問題(13)の解説

塩害環境にあるコンクリートから採取したコアの全塩化物イオン濃度の分布を解析する方法に関する問題

(1) 点(a)の濃度は表面塩化物イオン濃度としてはいけない。

中性化領域では、フリーデル氏塩が溶け出して拡散するため、正確な表面塩化物イオン量は測定できない。不適當である。

(2) 点(c)の濃度を表面塩化物イオン濃度とは評価できない。

中性化による塩分濃縮で塩化物イオン量が増大している。

(3)、(4) 点(a)、点(b)および点(c)を除いた7点で回帰分析し、塩化物イオンの見掛けの拡散係数を求めるのが適當である。

以上より、(4)が適當である。

【問題 14】

写真に示すようなポップアウトが生じた橋脚に対して、原因を特定するための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、適當なものはどれか。



現地調査では、ポップアウトが骨材を起点に生じているかどうか重要な確認事項である。寒冷地であれば凍害が疑われるので、現地の気象条件を調べるとともに、施工記録などで使用骨材の吸水率を確認する。骨材の吸水率が(A)、軟石混入の可能性も無いようであれば、凍害の可能性は小さくなり、その他の原因についての検討が必要である。

ポップアウトを誘発する岩質としては、濁沸石や(B)などがあり、この場合ポップアウトの基底にある骨材粒をサンプリングして、含有鉱物を特定するとよい。

	(A)	(B)
(1)	小さく	花崗岩
(2)	小さく	蛇紋岩
(3)	大きく	蛇紋岩
(4)	大きく	花崗岩

蛇紋岩(じゃもんがん、serpentinite)は、主に蛇紋石(serpentine)からなる岩石である。変成岩ないし火成岩中の超塩基性岩のどちらかに分類される。



花崗岩(かこうがん、英語: granite)とは、火成岩の1種で、流紋岩に対応する成分の深成岩である。

問題(14)の解説

コンクリート柱に生じたポップアウトの原因に関する問題

寒冷地では、凍結してポップアウトが生じるのは、骨材の吸水率が大きい場合である。吸水率が小さいと凍害の可能性小さい。

したがって、(A)には、(1)または(2)が入る。

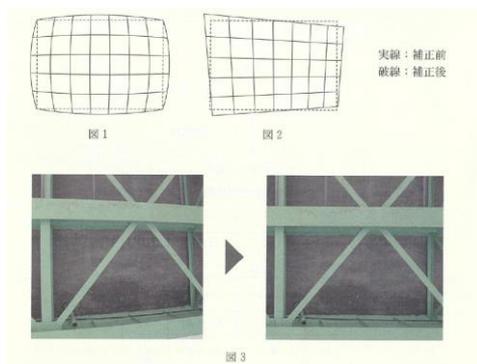
また、ポップアウトを誘発する岩質としては、濁沸石や蛇紋岩などがある。(B)に入るのは、(2)または(3)である。

以上より、適当なものは(2)である。

【問題 15】

デジタルカメラを用いたRC床版の変状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。

デジタルカメラで撮影した画像から変状の調査図を作成するためには、取得した画像の形状および縦横比を実物に合わせる必要がある。(A)レンズで撮影した場合には画像が図1のように樽型状となることが多いため、まず、(B)の補正を行う。その上で、図2のような(C)補正を行うことで、図3に示すように斜め方向から撮影した画像を正対画像に変換できる。



	(A)	(B)	(C)
(1)	広角	F値	トレース
(2)	広角	収差	あおり
(3)	望遠	収差	トレース
(4)	望遠	F値	あおり

問題(15)の解説

デジタルカメラによる変状調査に関する問題

広角カメラを用いて撮影すると、画像は樽型状の膨らんだひずみとなる。

レンズ補正では、歪曲収差(わいきょくしゅうさ)が膨らんだ歪を補正する。

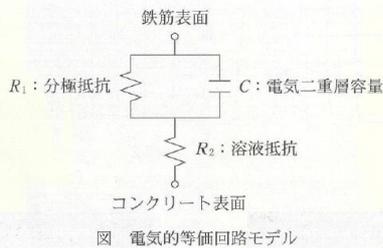
あおり(煽り)とは、垂直であり、かつ中心が一致しているカメラの光軸とフィルムや撮影素子の感光面を意識的にずらして傾けることをいう。

したがって、(2)が適当である。

【問題 16】

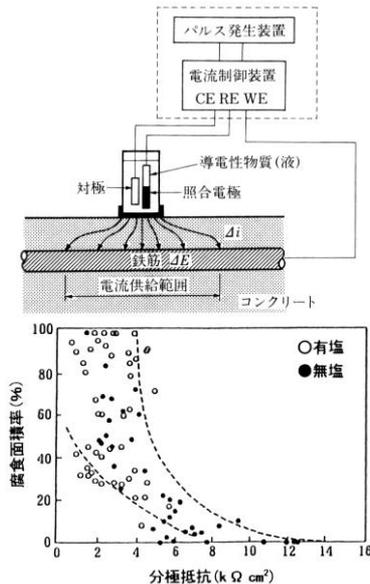
コンクリート中の鉄筋の腐食速度の推定に用いる、分極抵抗法(交流インピーダンス法)の測定原理に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の式および記号の組合せのうち、適当なものはどれか。

分極抵抗法(交流インピーダンス法)では、コンクリート表面と鉄筋表面との間において、下図に示す電気的等価回路モデルが成立すると仮定する。この場合、コンクリート表面に設置した対極と鉄筋との間に、高周波数の交流電流を印加したときに測定される(A)と、低周波数の交流電流を印加したときに測定される(B)の差分から分極抵抗を求める。コンクリート中の鉄筋の腐食速度は、(C)に比例するものとして推定する。



	(A)	(B)	(C)
(1)	$R_1 + R_2$	R_2	R_1
(2)	$R_1 + R_2$	R_2	$\frac{1}{R_1}$
(3)	R_2	$R_1 + R_2$	R_1
(4)	R_2	$R_1 + R_2$	$\frac{1}{R_1}$

分極抵抗法



- コンクリート表面に対極と照合電極を設置し、対極から鉄筋に微小電流(ΔI)を与えた時鉄筋の電位が ΔE だけ変化する。以下の式の R_p を分極抵抗という。

$$\Delta E = R_p \cdot \Delta I$$

- 分極抵抗 R_p と腐食電流 I_c の間には以下の関係がある。

$$I_c = K / R_p \quad K; \text{比例定数}$$

したがって、 R_p を測定することにより、腐食速度を評価することができる。

出典：土木学会，鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向，コンクリート技術シリーズ26

問題(16)の解説

分極抵抗法の測定原理に関する問題

分極抵抗と反比例の関係にある腐食電流密度を求めることにより腐食速が推定できる。

分極抵抗は、外部電極の電位が ΔE 変化すると、 ΔI の電流が流れ、オームの法則で、 $\Delta E = R_p \cdot \Delta I$ と分極抵抗 R_p が求まる。

分極抵抗は、腐食電流密度 I_{corr} と反比例する関係にあり、

$$I_{corr} = K \cdot 1/R_p \text{ が成立する。}$$

ここで、 K は比例定数で、環境条件等により変化するが、コンクリート中の鉄筋では、0.026がよく用いられる。

外部から流す電流は、直流と交流の両方が考えられるが、交流インピーダンス法では、図のような回路になり、高周波数の場合は、電気容量 C はほとんど充電されず、低周波数の場合は、 C が十分に充電される。

よって、高周波数の場合に電流は、 $R_2 \sim C$ の経路を流れ、回路全体の抵抗は R_2 となり、低周波数の場合は、 $R_2 \sim R_1$ を流れるため、回路全体の抵抗は $R_2 + R_1$ となる。

問題(16)の解答

分極抵抗法は、コンクリート表面と鉄筋の表面に高周波の交流電流を印加した時に測定される(A)と低周波の交流電流を印加した時に測定される(B)の差分から分極抵抗を求める。

(A)には、 R_2 、(B)には、 $R_1 + R_2$ が入る。

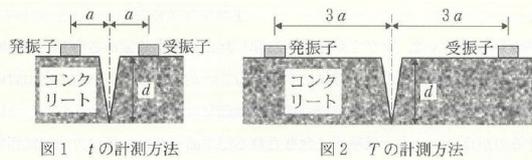
コンクリート中の鉄筋の腐食速度は、(C)に比例する。

(C)には、 $1/R_1$ が入る。

したがって、(4)が適当である。

【問題 17】

コンクリート構造物に生じているひび割れの深さを超音波法により推定する。以下の図1、2のようにひび割れからの発振子と受振子の距離が a の場合の弾性波伝播時間を t 、距離が $3a$ の場合の弾性波伝播時間を T としたときに、ひび割れ深さ d を推定する式として(1)~(4)のうち、適当なものはどれか。

図1 t の計測方法図2 T の計測方法

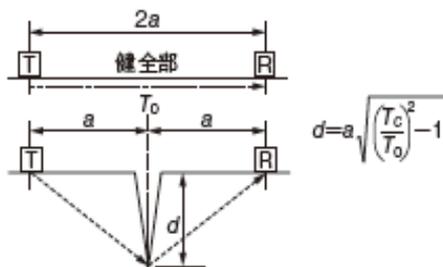
$$(1) \quad d = a \sqrt{\frac{t^2 - T^2}{T^2 - t^2}}$$

$$(2) \quad d = a \sqrt{\frac{3t^2 - T^2}{T^2 - t^2}}$$

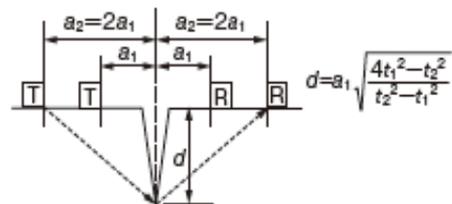
$$(3) \quad d = a \sqrt{\frac{6t^2 - T^2}{T^2 - t^2}}$$

$$(4) \quad d = a \sqrt{\frac{9t^2 - T^2}{T^2 - t^2}}$$

ひび割れ深さ測定

● T_c - T_0 法と算定式

●修正BS法と算定式



$V \times t = \text{伝播距離}$

$V \doteq 4000\text{m/s}$

問題(17)の解説

超音波法により、ひび割れ深さを推定する方法に関する問題

超音波の発振子と受信子の距離が a

弾性波伝搬時間を t

距離が $3a$ の場合

伝搬時間を T としたときのひび割れ深さ d を推定する式

図1では、 $d^2+a^2=(Vt/2)^2$ 図2では、 $d^2+(3a)^2=(VT/2)^2$

$$V^2=4(d^2+a^2)/t^2$$

$$V^2=4(d^2+9a^2)/T^2$$

V を消去すると、

$$(d^2+a^2)/t^2 = (d^2+9a^2)/T^2 \quad \text{より} \quad \text{計算は省略}$$

$$d=a\sqrt{(9t^2-T^2)/(T^2-t^2)}$$

よって、(4)が適当。

【問題 18】

コンクリートにアルカリシリカ反応を生じさせる可能性のある反応性鉱物の調査に関する次の記述中の(A)および(B)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

骨材中の反応性鉱物の調査は、アルカリシリカ反応が生じているか否かの判定だけでなく、将来の膨張の進行を予測する上でも重要な情報となることから、適当な方法で反応性鉱物を特定する必要がある。

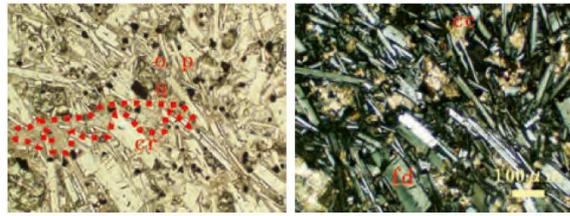
安山岩中の火山ガラスは、マグマが急速に冷却したことで生成したもので、偏光顕微鏡の直交ニコルによる観察では暗黒となり、容易に判定することができる。しかし、安山岩中のクリストパライトは微細な結晶で、偏光顕微鏡では判定が困難な場合もあるため、(A)による分析と組み合わせるのが良い。一方、堆積岩に含有される隠微晶石英は上記の方法では判定が困難なため(B)を用いた分析が適している。

	(A)	(B)
(1)	粉末 X 線回折装置 (XRD)	走査型電子顕微鏡 (SEM) および エネルギー分散型 X 線分光器 (EDS)
(2)	イオンクロマトグラフ (IC)	走査型電子顕微鏡 (SEM) および エネルギー分散型 X 線分光器 (EDS)
(3)	イオンクロマトグラフ (IC)	蛍光 X 線分析装置 (XRF)
(4)	粉末 X 線回折装置 (XRD)	蛍光 X 線分析装置 (XRF)

アルカリシリカ反応について



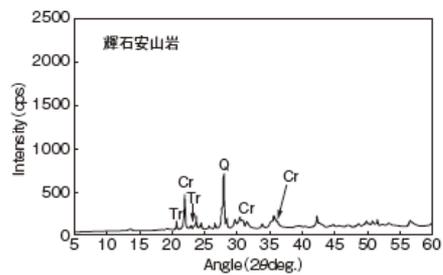
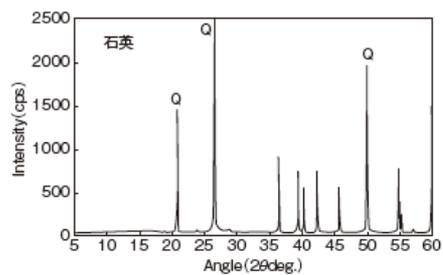
骨材周辺の反応リム



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

X線回折について



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(Q)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

■エネルギー分散型検出装置

EDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)

電子顕微鏡観察を行いながら、微小領域の元素分析を定性的、定量的に分析する。

適用例

- ・元素分析による構成鉱物の特定



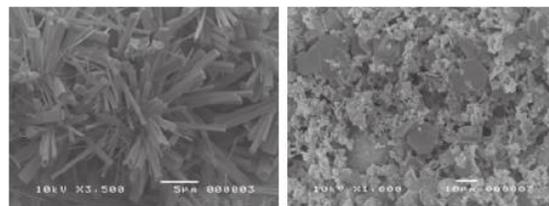
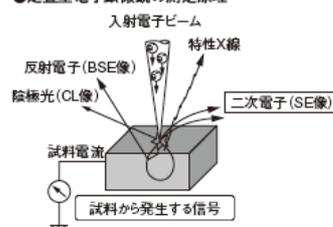
SEM/EDX装置

走査型電子顕微鏡 (SEM)



走査型電子顕微鏡の例

●走査型電子顕微鏡の測定原理



セメント水和物のSEM写真の例。左はエトリンガイト、右はモノサルフェート

SEMは、その分解能を生かして、コンクリート中の空隙の形態や、アルカリシリカゲルの存在状態、セメントの水和物まで観察可能。

問題(18)の解説

アルカリシリカ反応を生じさせる可能性のある鉱物の調査の問題

安山岩中のクリストパライトは、(A)による分析と偏光顕微鏡を組み合わせるとよい。

(A)には、粉末X線回折装置(XRD)による分析が入る。

堆積岩に含有される隠微晶石英は(B)を用いた分析が適している。

(B)には、走査型電子顕微鏡(SEM)およびエネルギー分散型X線分光器(EDS)を用いた分析が適している。

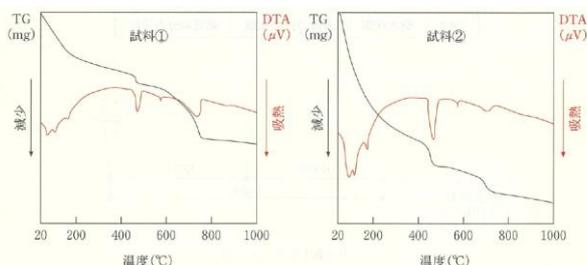
よって、(1)が適当である。

【問題 19】

セメント硬化体中に含まれる化合物の定量方法に関する記述中の(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。

水酸化カルシウムやエトリンガイトなどのセメント水和反応生成物は、TG-DTA(示差熱重量分析)によって定量が可能である。水酸化カルシウムの脱水反応は(A)℃付近の吸熱ピークとして現れるため、その前後の質量減少からセメント硬化体中の水酸化カルシウム量(%)を算出する。また、炭酸カルシウム量(%)は、脱炭酸が生じる(B)℃付近の質量減少から算出する。

下図は、材料および配(調)合が同じ構造物から採取した試料の分析結果である。2つの試料のうち炭酸化が進んでいるのは試料(C)である。



(注) 両図の縦軸のスケールは同じである

図 TG-DTA 分析結果

	(A)	(B)	(C)
(1)	100	450	①
(2)	100	450	②
(3)	450	700	①
(4)	450	700	②

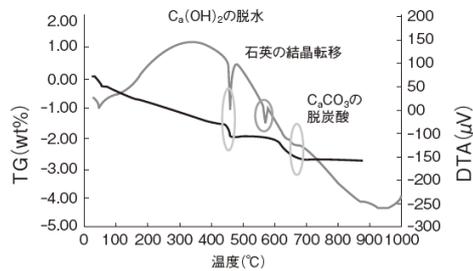
示差熱重量分析 (TG/DTA)

Thermo-Gravimetry/Differential Thermal Analysis

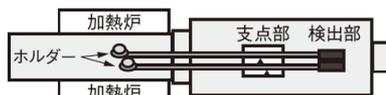


示差熱重量分析装置の例

●コンクリートの熱分析結果の例

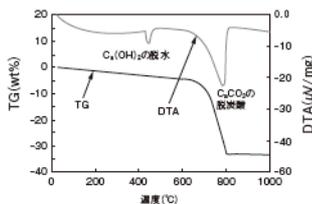


●示差熱重量分析装置の概略図



示差熱重量分析

●セメントの熱分析結果の例

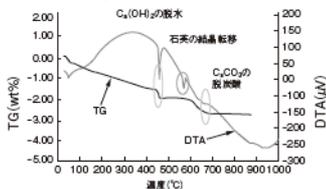


風化した普通ポルトランドセメントの示差熱重量分析結果の例：400℃付近から水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)の脱水による吸熱とわずかな重量減少が認められ、600℃を超えたあたりから炭酸カルシウムの脱炭酸とそれに伴う吸熱と重量減少が認められる。吸熱と重量減少の大きさから風化の程度を類推することができる



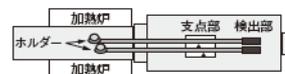
示差熱重量分析装置の例

●コンクリートの熱分析結果の例



コンクリートから採取したモルタル部分の示差熱分析の例：450℃付近および600℃を超えたあたりで、それぞれ水酸化カルシウムの脱水と炭酸カルシウムの脱炭酸に伴う吸熱と重量減少が認められる。水酸化カルシウムが脱水を始める前にだけならした重量減少がみられるが、これはCSHゲルの脱水などによる。また、573℃の吸熱ピークは石英の結晶転移によるもので、骨材を含む試料ではよく見られる現象である

●示差熱重量分析装置の概略図



問題(19)の解説

セメント硬化体中に含まれる化合物の定量方法に関する問題

TG-DTA(示差熱熱重量分析)により分析する際、水酸化カルシウムの脱水反応は、450°C付近で吸熱ピークが現れる。

(A)には450°Cが入る。

炭酸カルシウム量(%)は、脱炭酸が生じる700°C付近で質量が減少する。図から読み取り、炭酸化が進んでいるのは、①である。

よって、(3)が適当である。

【問題 20】

走査型電子顕微鏡(SEM)の原理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。

電子銃から照射された入射電子線が効率的に試料に到達できるように、電子銃と試料の間は(A)となっており、二次電子と反射電子(後方散乱電子)の量が検出器で計測される。二次電子の量から(B)が画像化され、反射電子(後方散乱電子)の量から(C)が画像化される。

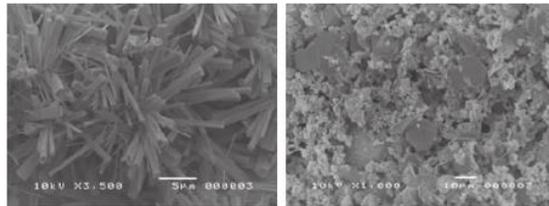
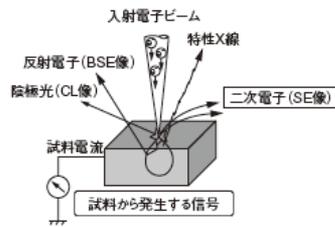
	(A)	(B)	(C)
(1)	真空状態	表面の凹凸状態	物質の分布状況
(2)	真空状態	物質の分布状況	表面の凹凸状態
(3)	飽水状態	物質の分布状況	表面の凹凸状態
(4)	飽水状態	表面の凹凸状態	物質の分布状況

走査型電子顕微鏡(SEM)



走査型電子顕微鏡の例

●走査型電子顕微鏡の測定原理



セメント水和物のSEM写真の例。左はエトリンガイト、右はモノサルフェート

問題(20)の解説

走査型電子顕微鏡(SEM)の原理に関する問題。

電子銃と試料の間は、真空状態であり、(A)のは真空状態が入る。二次電子と反射電子(後方散乱電子)の量が計測されるが、二次電子の量から、表面の凹凸状態が画像化され、反射電子の量から物質の分布状態が画像化される。

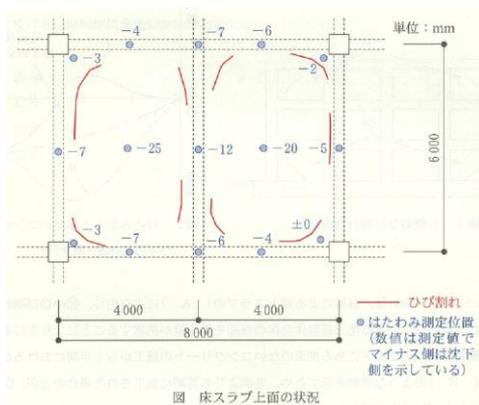
(B)には表面の凹凸、(C)には、物質の分布状態が入る。

よって、(1)が適当である。

【問題 21】

[21 国語]

図1は竣工後1年が経過したRC造建築物の床スラブ上面に下図に示すひび割れが生じていた。たわみ測定を行ったところ、図中に示す数値のとおりであった。このひび割れが発生し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、竣工時には、ひび割れは発生しておらず、床仕上げ精度は許容範囲内であった。また、この建物は設計積載荷重の範囲内で使用されている。



- (1) 床スラブの厚さが設計値より小さい。
- (2) 上端筋が設計位置より下がっている。
- (3) 下端筋のかぶり厚さが設計値より小さい。
- (4) コンクリート強度が設計基準強度より低い。

問題(21)の解説 (2015年度の問題)

竣工後1年でRC造床スラブに生じたひび割れに関する問題
床スラブの上面に生じるのは、上端筋の耐力不足によるものと考えられる。上端筋の曲げ耐力が不足するのは、以下の場合となる。

- (1) 床スラブの厚さが設計値より小さい。
- (2) 上端筋が設計位置より下がっている。
- (4) コンクリートの強度が設計基準強度より小さい。

(3) 下端筋のかぶり厚さが設計値より小さい場合は、中性化は早いですが、床スラブの上にはひび割れが生じるとは考えられない。よって、(3)が不適当である。

【問題 22】

夏期に施工されたRC造の倉庫建築物の外壁において、図1に示す箇所①および②のひび割れを確認した。これらの変状に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。なお、当該建築物は空調されておらず、屋内外の温度差はほとんどない。

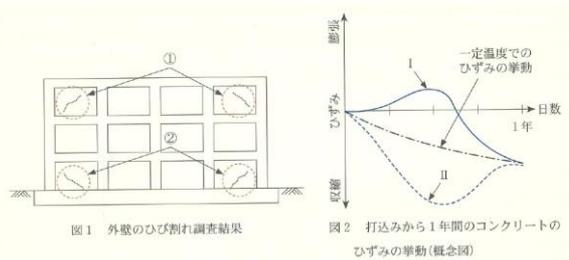


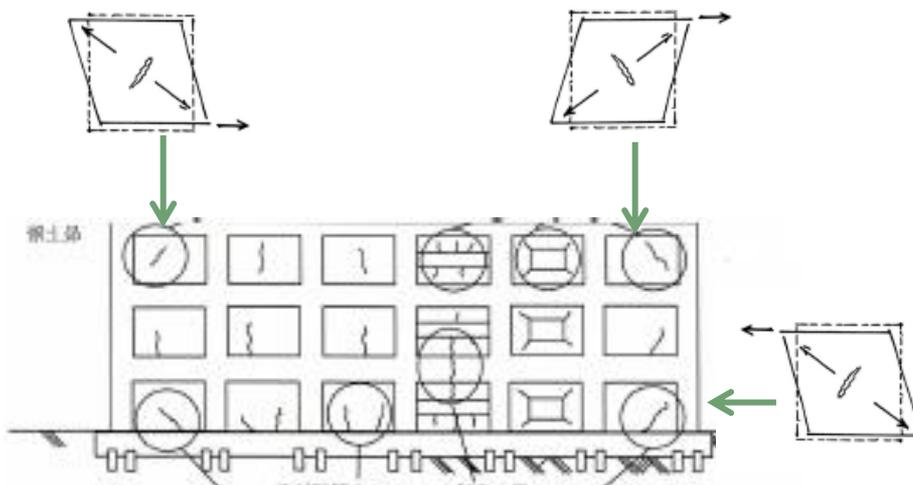
図1 外壁のひび割れ調査結果

図2 打込みから1年間のコンクリートのひずみの挙動(概念図)

	(A)	(B)	(C)
(1)	収縮	I	易い
(2)	膨張	II	易い
(3)	膨張	I	難しい
(4)	収縮	II	難しい

図1の①のひび割れは、日射による屋上スラブの(A)により生じ、②のひび割れは、乾燥および外気温の低下による地上部躯体全体の収縮を地中梁が拘束することにより生じる。また、当該建築物と同一の環境下にある拘束のないコンクリートの施工から1年間におけるひずみは、図2の(B)のような挙動を示すため、冬期よりも夏期に施工された場合の方が、②のひび割れが発生し(C)と判断した。

屋上の温度上昇に伴うひび割れ



問題(22)の解説

夏季に施工されたRC造の倉庫建築物のひび割れに関する問題
図1の屋上に生じたハの字のひび割れは、屋上の膨張により生じる。

(A)のは膨張が入る。

1階の逆ハの字のひび割れは、収縮が地中梁の拘束で生じる。
拘束がない状態のひずみは、温度変化に応じて、冬期に収縮が大きく、夏期に膨張に転じるので、(B)にはⅡが入る。

また、冬期のひずみⅠより夏期の施工のひずみⅡ方が②のひび割れは生じやすいので、(C)には、「易い」が入る。

よって、(2)が適当である。

【問題 23】

【問題 23】 竣工時に、けい酸塩系表面含浸材を塗布した RC 桁において、16 年後の中性化深さを測定したところ 7 mm であった。また、けい酸塩系表面含浸材の含浸深さは 5 mm であり、その部分の中性化速度係数は、含浸していない部分の 1/2 倍であった。かぶり(厚さ)は 30 mm で、中性化材の残りが 8 mm で鋼材腐食が開始すると考えた場合、今後、鋼材腐食が開始するまでの年数として、次の(1)～(4)のうち適当なものはどれか。ただし、けい酸塩系表面含浸材が含浸した部分も含浸していない部分も、中性化の進行は \sqrt{t} 則(t は経過年数)に従うものとし、中性化速度係数と含浸深さは経時的に変化しないものとする。

- (1) 20 年
- (2) 33 年
- (3) 48 年
- (4) 65 年

問題(23)の解説

16年で7mm 5mmが二倍の進行が必要なので、12mm相当となる。
 $12 = A\sqrt{16}$ 中性化速度 $A = 3$

かぶり30mmで中性化残り8mm であるから、22mmまで中性化が進むと腐食開始となる。

22mmのうち5mmは倍の厚さと考え、27mmが中性化速度3で計算すればよいことになる。

$$27 = 3\sqrt{t} \quad t = 81 \text{年}$$

今後の年数としては、 $81 - 16 = 65$ 年

よって(4)が適当となる。

【問題 24】

寒冷地の河川上に架設された竣工後45年が経過した、PC単純版桁橋(支間長24m, 床版支間長6m)の下面側に、写真に示すひび割れが生じていた。このひび割れの主な原因に関する次の記述中の(A)および(B)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

なお、橋面防水は行われているが、写真の桁付近上部の橋面は中央分離帯となっており防水層がない。



写真 PC版桁橋のひび割れ



図 支間中央部の断面の概要

	(A)	(B)
(1)	凍結融解	活荷重
(2)	アルカリシリカ反応	プレストレス
(3)	凍結融解	プレストレス
(4)	アルカリシリカ反応	活荷重

①の支間中央部の上部や②の床版の桁付近にも、橋軸方向のひび割れが発生していることから、周辺環境や表面からの水分の供給により、コンクリートに(A)が生じていると判断した。なお、ひび割れが橋軸方向に卓越しているのは(B)の影響によると判断した。

問題(24)の解説

寒冷地に架設された竣工後45年経過のPC単純桁橋に関する問題
桁の水平方向に無数に生じたひび割れは、膨張ひび割れと判断できる。

水が浸透しにくい箇所であり、吸水膨張と凍害も生じにくいと考えられるが、内部に含まれる水分だけでも膨張するASRと判断するのが適当である。

ASRによるひび割れが軸方向なのは、プレストレスの影響である。

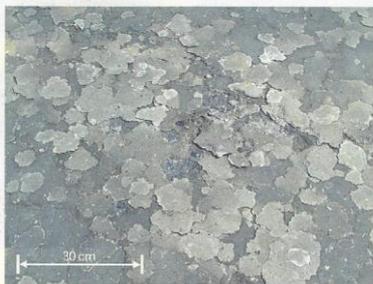
(A)には、アルカリシリカ反応 (B)にはプレストレスが入る。

よって、(2)が適当である。

【問題 25】

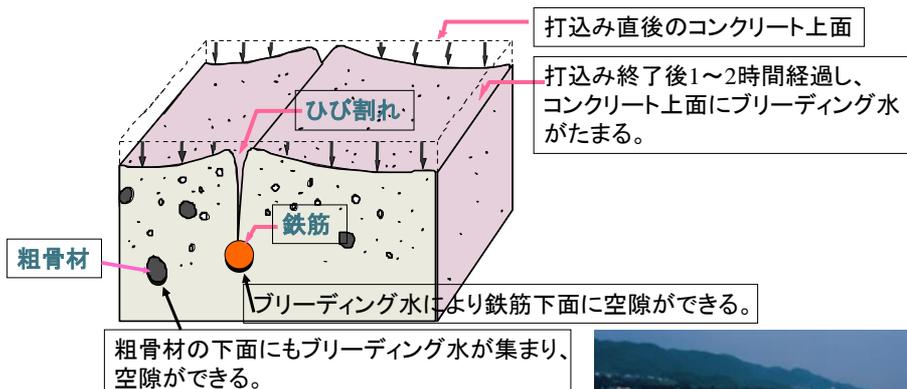
左下の写真は、寒冷地において竣工後3年経過した建築物の屋外コンクリートポーチに生じた変状である。コンクリートの厚さは100 mmであり、適切に水勾配が付けられている。コンクリートの打込みは、夏期に露天で行われた。この変状の原因を推定した以下の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

夏期に露天で施工する床面のコンクリート表面は、打込み直後から日射や高い気温により表面の乾燥が進みやすく、水和反応の進行が(A)ため、金ごて仕上げが困難になることが多い。このことを懸念して、(B)に金ごて仕上げ行くと、表層直下に存在する水分が(C)なる。このコンクリートが冬期に凍結融解作用を受けることにより、表層が剥離したものと推定される。



	(A)	(B)	(C)
(1)	早い	ブリーディングが収束する前	多く
(2)	遅い	ブリーディングが収束する前	少なく
(3)	遅い	コンクリートの凝結の終結直後	多く
(4)	早い	コンクリートの凝結の終結直後	少なく

型枠面の沈みひび割れは生コンで対応



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



問題(25)の解説

寒冷地で竣工後3年に、建築物の屋上に生じた変状に関する問題
施工は夏期でコンクリート厚さ100mm、適切な水勾配が付けられていた。

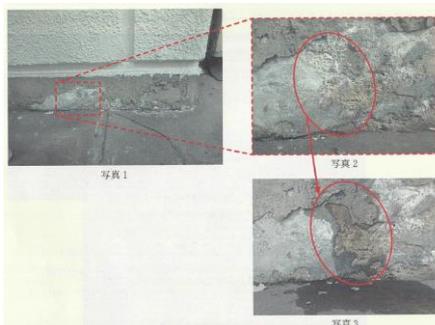
ひび割れの原因は、水和反応の進行で、凝結が(A)早いため、
(B)ブリーディング収束する前に金ゴテ仕上げをすると、表層直下に存在する水分が(C)多くなる。

その水が、冬期に凍結して表層が剥離したものと推定される。

よって、(1)が適当である。

【問題 26】

RC 造建築物の雨掛かりのない外壁の立上り部分において、写真1に示すような仕上げモルタルの部分的な剥離を伴うコンクリートからの白色析出物が見られた(写真2)。この白色析出物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、適当なものほどれか。



	(A)	(B)	(C)
(1)	水酸化カルシウム	硫酸カルシウム	無水エタノール
(2)	炭酸カルシウム	硫酸カルシウム	無水エタノール
(3)	炭酸カルシウム	硫酸ナトリウム	水
(4)	水酸化カルシウム	硫酸ナトリウム	水

写真2の白色析出物の主成分は、コンクリート中のカルシウムが空気と触れて生成される(A), もしくは土壌中の硫酸塩が水分とともに吸い上げられコンクリート表面で蒸発する際に析出される(B)のいずれかと推測された。この白色析出物を特定するため、(C)をかけてみたところ、写真3のように白色析出物は容易に溶けて消失した。このため、この白色析出物は(B)であると判断した。

**硫酸ナトリウムとは、化学式は Na_2SO_4
比重2.698, 融点 884°C
無色の結晶, 水に可溶**

**硫酸カルシウムは、化学式 CaSO_4 で表されるカルシウムの硫酸塩であり、固体はカルシウムイオンと硫酸イオンからなるイオン結晶である。
石膏の主成分でもある。**

問題(26)の解説

雨掛かりのないRC造建築物の外壁の変状に関する問題。

写真2の白色析出物の主成分は、(A)炭酸カルシウム、もしくは
(B)硫酸ナトリウムと推測される。

この白色析出物を特定するため、硫酸ナトリウムは水に溶解し、
水をかけると消失し、水をかけても無水エタノールをかけても消失
しないのは、炭酸カルシウムである。

よって、(3)が適当である。

【問題 27】

鋼単純I桁橋のRC床版において、写真の白線で示す位置にひび割れが見られた。このひび割れの発生原因を推定した次の記述中の(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 鋼単純I桁橋のRC床版下面のひび割れ

	(A)	(B)	(C)
(1)	合成桁	乾燥収縮や温度変化	橋 軸
(2)	非合成桁	乾燥収縮や温度変化	面 外
(3)	合成桁	曲 げ	橋 軸
(4)	非合成桁	曲 げ	面 外

(A)で設計された鋼単純I桁では、ジベルにより床版コンクリートの変形が拘束される。これにより、(B)に伴う(C)方向の変形が拘束され、写真に示すひび割れが発生したと考えられる。疲労による劣化が進行し、RC床版の取替えを検討するにあたっては、(A)の場合、ジベルの切断が必要であるとともに、床版撤去時の安全性を確認し、鋼桁の補強などを検討しなければならない。

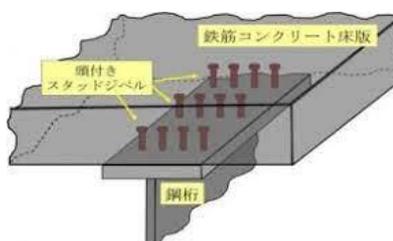
問題(27)の解説

鋼単純 I 桁橋のRC床版のひび割れ原因に関する問題

鋼単純 I 桁橋が自ベルで剛結されるのは、(A)合成桁である。

写真に示されるひび割れが入るのは、拘束の方向は(C)橋軸と考えられ、(B)には、乾燥収縮や温度変化が原因と考えられる。

よって、(1)が適当である。



【問題 28】

アルカリシリカ反応に関連した a～d の JIS と、その制定または改正が行われた年代に関する次の(1)～(4)の組合せのうち、適当なものはどれか。

- a. JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)が改正され、アルカリ骨材反応の抑制対策の方法が附属書に盛り込まれた。
- b. JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)の附属書が改正され、ポルトランドセメント(低アルカリ形)がアルカリ骨材反応の抑制対策の方法から削除された。
- c. JIS A 1804(コンクリート生産工程管理用試験方法—骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(迅速法))が制定された。
- d. JIS A 6204(コンクリート用化学混和剤)が改正され、全アルカリ量の規定が追加された。

	1980年代	1990年代	2000年代
(1)	d	a	b, c
(2)	c	a, d	b
(3)	a, d	c	b
(4)	b	a, d	c

問題(28)の解説

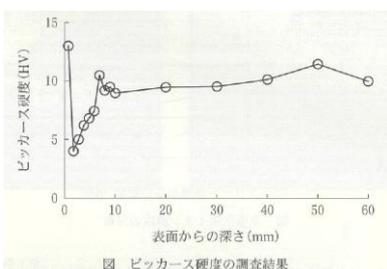
アルカリシリカ反応に関連して制定された年代に関する問題

- a アルカリ骨材反応の抑制対策がJIS A 5308に盛り込まれたのは、1980年代(1986年、昭和61年)である。
- b ポルトランドセメント(低アルカリ形)が追加されたのは1986年で、削除されたのは、2000年代(2003年、平成15年)になって、アルカリシリカ反応に対して総量規制をなったためである。
- c JIS A 1804に骨材の迅速法が制定されたのは、1990年代(1992年)である。
- d JIS A 6204(コンクリート用化学混和剤)に全アルカリ量の規定が追加されたのは、1980年代(1986年)である。

よって、(3)が適当である。

【問題 29】

- 建設後 60 年が経過した重力式コンクリートダムにおいて、常に水と接していた箇所からコア
 - 供試体を採取し、セメントペースト部分のビッカース硬度の調査を行った。下図の調査結果に関する、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、ダムの貯留水は一般的な河川水に類似した水質であった。



	(A)	(B)	(C)
(1)	C-S-H が溶脱	増加	Ca(OH) ₂ が溶出
(2)	Ca(OH) ₂ が溶出	低下	C-S-H が溶脱
(3)	C-S-H が溶脱	低下	Ca(OH) ₂ が溶出
(4)	Ca(OH) ₂ が溶出	増加	C-S-H が溶脱

水と接しているコンクリート表面から(A)し、その部分で pH の低下が生じる。また、細孔溶液中の Ca^{2+} の濃度が(B)することにより、(C)することで脆弱化が生じる。このことが、表面から深さ 10 mm 程度までのビッカース硬度の低下の原因になったと判断した。一方、表面の硬度が高い原因は、 CaCO_3 の析出によると考えられている。

問題(29)の解説

建設後60年経過のダムコンクリートのビッカース硬度に関する問題

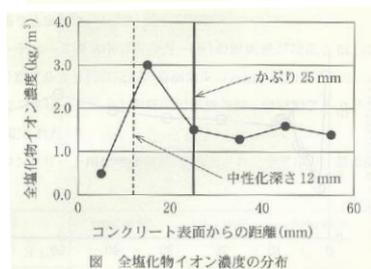
水に接触している表面から溶出するのは、(A) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ である。
溶出することで、細孔溶液中の濃度が(B) 低下することにより、脆
弱化するのは、(C) C-S-Hが溶脱するからである。

よって、(2)が適当である。

ビッカース硬さ (Vickers hardness、単位:HV) は、硬さを表す尺度の一つであり、押し込み硬さの一種である。ダイヤモンドでできた剛体(圧子)を被試験物に対して押し込み、そのときにできるくぼみ(圧痕)の面積の大小で硬いか柔らかいかを判断する。

【問題 30】

建設後36年経過した道路橋のRC床版に対して、かぶり、中性化深さおよび全塩化物イオン濃度を調査したところ、下図のような結果が得られた。次の記述中の(A)～(D)に当てはまる(1)～(4)の組合せのうち、適当なものはどれか。



	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	凍結防止剤	フリーデル氏塩	水酸化カルシウム	21
(2)	内在塩分	フリーデル氏塩	C_3A	16
(3)	内在塩分	エトリンガイト	C_3A	16
(4)	凍結防止剤	エトリンガイト	水酸化カルシウム	21

調査結果から、この部材では、(A)による塩害と中性化が複合していると判断できる。これは、中性化領域では、(B)の分解に伴い塩化物イオンが遊離し、細孔溶液中の塩化物イオンの濃度拡散により未中性化領域側に移動することによる。未中性化領域では、移動した塩化物イオンの一部が(C)と反応して(B)が生成するとともに、全塩化物イオン濃度が高くなる。

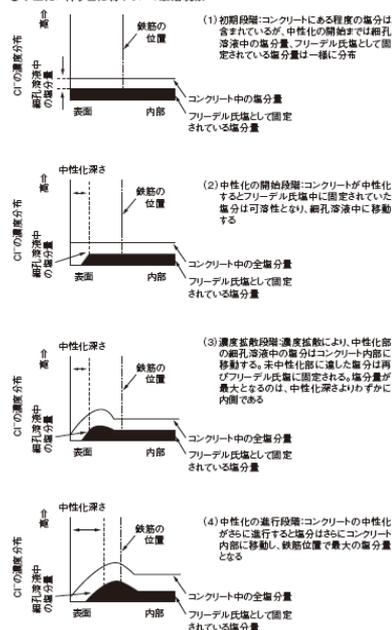
環境が今後も変わらず、中性化の進行とともに塩化物イオンが内部に移動するとすれば、28年後には中性化深さが(D)mmとなり、鋼材位置の塩化物イオン濃度は現状より大きくなると予測される。

塩分濃縮の現象

- ① 塩化物イオンが、フリーデル氏塩として固定化される。
- ② 中性化すると固定化されていた塩分が可溶性となり、細孔溶液中に移動する。
- ③ 未中性化域で、フリーデル氏塩は再度固定化される。
- ④ 中性化が進むと、塩分は内部に移動する。

この現象が塩分濃縮という。

●中性化に伴う塩化物イオンの濃縮現象



問題(30)の解説

建設後36年経過の道路橋のRC床版に塩化物イオン濃度に関する問題

図の内部の塩化物イオン量が多いので、内在塩分と判断できる。

中性化した箇所のフリーデル氏塩が溶け出して、内部に拡散する「塩分濃縮」により、表面の塩化物イオン量が減少し、内部に移動して増加している。

(A)は、内在塩分

(B)はフリーデル氏塩(アルミン酸三石灰 C_3A と反応して生成される塩)

(C)移動した塩化物イオンの一部は、 C_3A と反応してフリーデル氏塩が生成される。

建設後36年で、中性化深さが10mm程度であるため、 $12 = A\sqrt{36}$ $A = 2.0$

28年後つまり建設後64年経過すると、 $2.0\sqrt{64} = 16\text{mm}$ (D)

よって、(2)が適当である。

【問題 31】

【20 級問題】

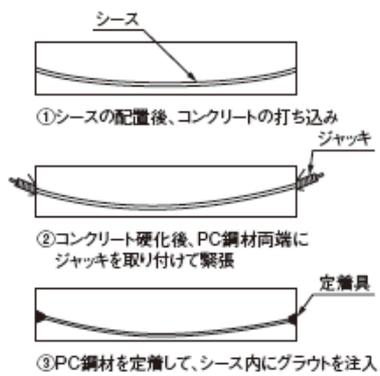
中国地方の内陸部に位置するポストテンション方式PC単純T桁形式の鉄道橋(1974年完成)の主桁に写真の矢印に示す変状が生じていた。今後のこの変状の進行を抑制するための対策工法として、次の(1)~(4)のうち、適当なものはどれか。



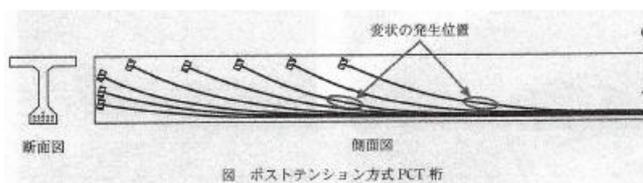
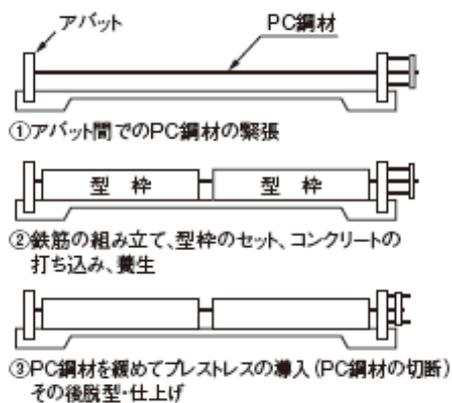
写真 PC 桁の変状

- (1) 表面含浸工法
- (2) 電気防食工法
- (3) 剥落防止工法
- (4) PC グラウト再注入工法

●ポストテンション方式



●プレテンション方式



問題(31)の解説

1974年完成の鉄道橋の変状の進行を抑制する対策に関する問題
中国地方の内陸部に位置するポストテンション方式の単純桁である。
変状は、グラウトの未充填部分に生じているとみられる。

1974年完成であれば、確実なPSグラウト工法が開発されていない。
さらに、上面定着を行っている可能性が高い。

グラウトの未充填により、PCケーブルが腐食している可能性がある。

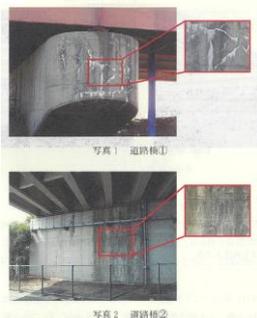
進行を抑制する対策としては、確実に腐食を止めるなら

(2)の電気防食工法であるが、現状を鑑みるに、PCグラウトの再注入
をして、さらなる腐食を抑制する方法(4)が望ましい。

よって、(4)が適当である。

【問題 32】

山間部に位置する道路橋の下部工の水掛かり部において、写真1および写真2に示すようなアルカリシリカ反応に起因する変状が発生していた。それぞれの橋梁で発生した変状の進行抑制対策に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。



	(A)	(B)	(C)
(1)	ひび割れ追従性	ポリウレタ樹脂	けい酸塩系表面含浸材
(2)	ひび割れ追従性	ポリウレタ樹脂	シラン系表面含浸材
(3)	引張強度	エポキシ樹脂	けい酸塩系表面含浸材
(4)	引張強度	エポキシ樹脂	シラン系表面含浸材

写真1は、橋脚張出し部に生じたひび割れであり、劣化の進行を抑制する対策として、水分の供給を遮断する必要がある。今後の劣化の進行を考慮すると遮水性能に加え、(A)に優れる(B)を基材とする表面被覆工法を選定した。一方、写真2は、橋台前面に生じたひび割れであり、伸縮装置からの漏水のコンクリート中への浸透を防止すると共に、背面からの水分供給に対して透湿性を有する(C)を用いた工法を選定した。いずれも劣化の進行を完全には止められないので、対策後の定期的な点検が必要である。

問題(32)の解説

山間部の道路橋の下部工に水掛かりでアルカリシリカ反応による変状が生じた。

この変状の抑制対策として適切なもの。

写真1に対して、劣化の進行を抑制する対策として、遮水対策に加え、

(A)のひび割れ追従性に優れる材料の選択。

(B)ポリウエア樹脂を基材とした表面被覆工法。

写真2に対して、背面からの水分供給に対して

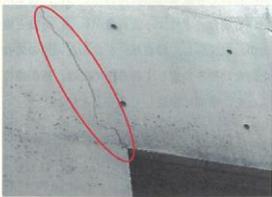
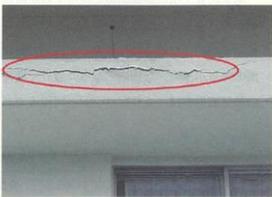
(C)シラン系表面含浸材を用いた工法

よって、(2)が適当である。

【問題 33】

【配 点】

写真(A)および(B)に示すRC造建築物の変状に対して、以下のように対策の目的が設定されている。設定した目的に対する(1)～(4)の対策の組合せのうち、適切なものはどれか。

	
写真(A)：外壁のひび割れ (原因：乾燥収縮、ひび割れ幅：1.2 mm)	写真(B)：庇のひび割れ (原因：塩害、ひび割れ幅：3.0 mm)
対策の目的：漏水の防止	対策の目的：コンクリート片の剥落防止

	写真(A)	写真(B)
(1)	可とう性エポキシ樹脂を用いたシール工法	ポリマーセメントモルタルを用いた断面修復工法
(2)	シリコーン樹脂シーリング材を用いたUカット充填工法	ウレタン樹脂シーリング材を用いたUカット充填工法
(3)	可とう性エポキシ樹脂を用いたシール工法	ウレタン樹脂シーリング材を用いたUカット充填工法
(4)	シリコーン樹脂シーリング材を用いたUカット充填工法	ポリマーセメントモルタルを用いた断面修復工法

問題(33)の解説

RC造建築物の変状の対策として適当なものを問う問題

写真(A)は乾燥収縮であるが、1.2mmのひび割れ幅で漏水対策

ひび割れ幅も大きくUカットし、伸縮性のある材料を選択

シリコン樹脂のシーリング材をUカット充填工法が適当

(2)または(4)

写真(B)は、庇の塩害による腐食ひび割れ3.0mm

鉄筋の腐食によるひび割れは、腐食を止める必要がある。

剥落しそうな部分をはつり取り、断面修復工法とし、

ポリマーセメントモルタルで補修を行うことが必要。

(1)または(4)が適当

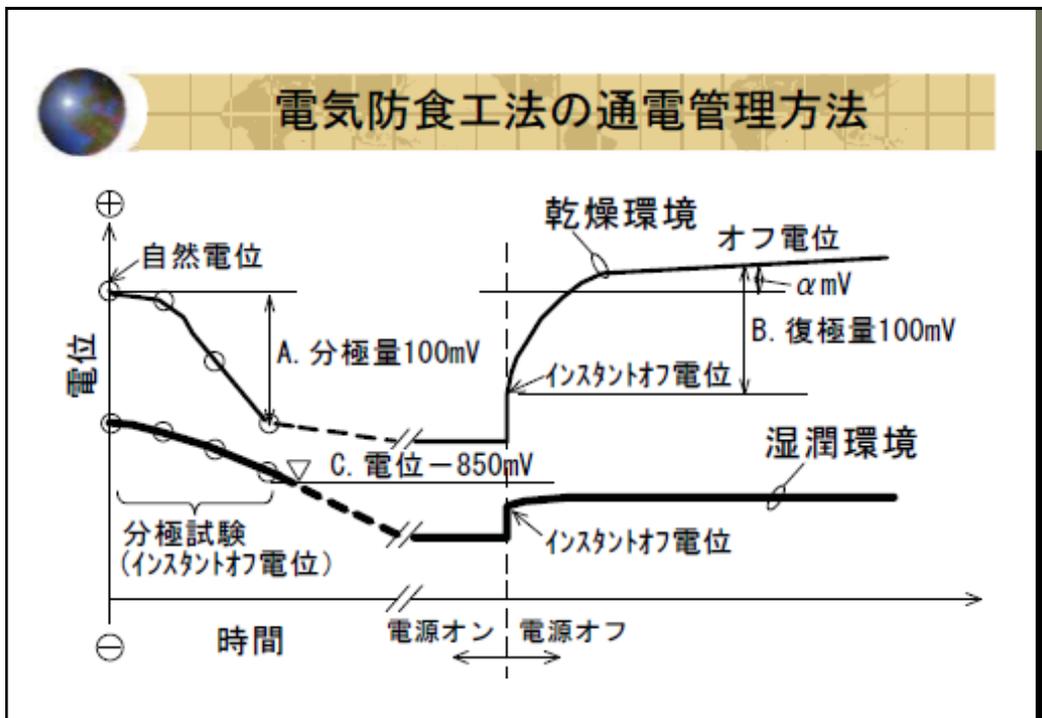
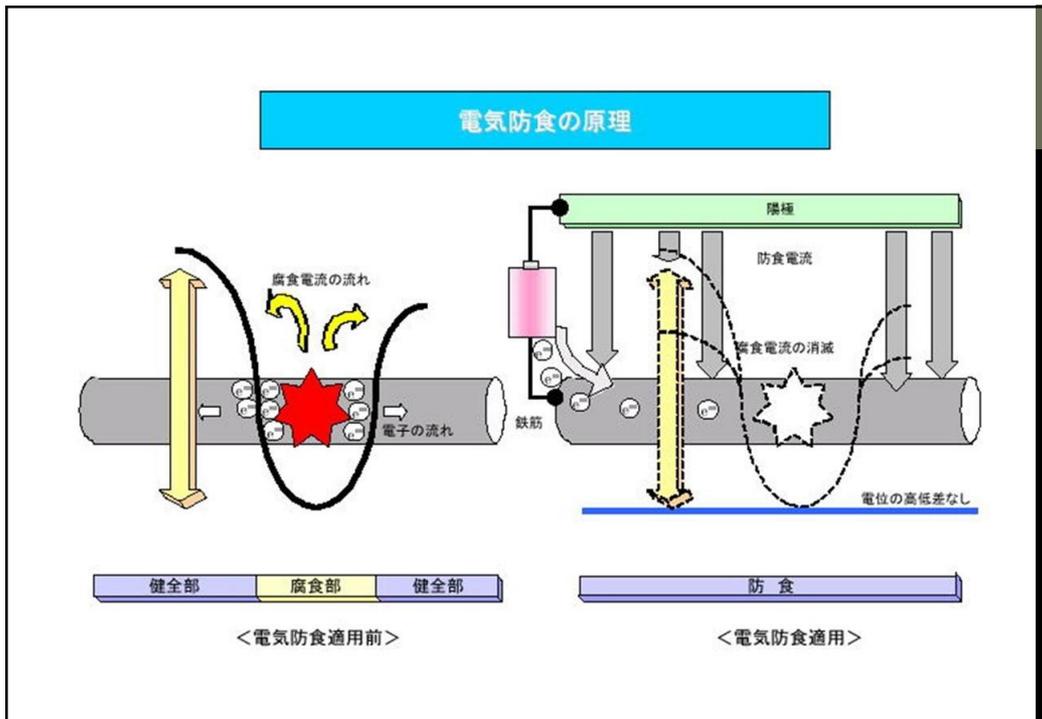
よって、(4)が適当である。

【問題 34】

電気防食工法の前処理に用いる断面修復材に関する次の記述中の(A)および(B)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

電気防食工法の対象範囲に使用する断面修復材において考慮すべき物性のひとつに、電気抵抗率が挙げられる。ポリマーセメントモルタルを用いる場合、ポリマー含有量が(A)ほど電気抵抗率が高くなるため、修復した部分で防食電流が(B)し、修復部分を含んだ周辺の防食電流の分布が不均一な状態となる。設計で期待した防食効果を安定して得るためには、断面修復材の電気抵抗率は、コンクリートと同程度であることを、事前に確認しておくことよ。

	(A)	(B)
(1)	少ない	集中
(2)	少ない	減少
(3)	多い	減少
(4)	多い	集中



問題(34)の解説

電気防食工法の前処理に用いる断面修復材に関する問題
断面修復材には、電気抵抗率が必要な物性として挙げられる。

電気抵抗率が高くなるのは、ポリマー含有量が多い(A)

電気抵抗率が高くなると、防食電流が減少する(B)

断面修復材の電気抵抗率は、コンクリートと同等が望ましい。

よって、(3)が適当である。

【問題 35】

けい酸塩系表面含浸材の種類と施工後の含浸面の養生方法に関する記述中の(A)～(D)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。

けい酸塩系表面含浸材は、固化型と反応型に分類される。固化型の改質効果を発現させるためには、含浸面の養生期間中はコンクリートを(A)状態に保つ必要がある。固化型の主成分として、(B)などがある。反応型の改質効果を発現させるためには、含浸面の養生期間中はコンクリートを(C)状態にしておく必要がある。反応型の主成分として、(D)などがある。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	乾燥	けい酸リチウム	湿潤	けい酸ナトリウム
(2)	乾燥	けい酸ナトリウム	湿潤	けい酸リチウム
(3)	湿潤	けい酸リチウム	乾燥	けい酸ナトリウム
(4)	湿潤	けい酸ナトリウム	乾燥	けい酸リチウム

問題(35)の解説

けい酸塩系表面含浸材の種類と施工後の養生方法に関する問題

けい酸塩系表面含浸材のは固化型と反応型がある。

固化型 けい酸リチウム

反応型 けい酸ナトリウム

固化型の場合は、含浸面の養生期間中は乾燥状態とし、乾燥固化させる。

反応型の場合は、含浸面の養生期間中は湿潤状態とする。

よって、(1)が適当である。

【問題 36】

エポキシ樹脂とウレタン樹脂の性質について、一般的な大小関係に関する次の(A)～(C)の適・不適の組合せとして、(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

	性 質	性質の大小関係
(A)	圧縮弾性率 (JIS K 7181 プラスチック—圧縮特性の求め方)	エポキシ樹脂 > ウレタン樹脂
(B)	ひび割れ追従性 (JSCE-K 532 表面被覆材のひび割れ追従性試験方法)	エポキシ樹脂 < ウレタン樹脂
(C)	耐候性 (JSCE-K 511 表面被覆材の耐候性試験方法(案))	エポキシ樹脂 > ウレタン樹脂

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

問題(36)の解説

表面被覆材としてのエポキシ樹脂とウレタン樹脂の比較

- (A) 圧縮弾性率 エポキシ樹脂 > ウレタン樹脂 適
 (B) ひび割れ追随性 エポキシ樹脂 < ウレタン樹脂 適
 (C) 耐候性 エポキシ樹脂 > ウレタン樹脂 不適

よって、(3)が適当である。

【問題 37】

山間部に位置する道路トンネル(1968年完成)の覆工で、写真に示すようなひび割れを伴うエポキシ樹脂のフロレッセンスが発生していた。この変状の対策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。



写真 トンネル覆工の変状

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	矢板	鋼アーチ支保工 や矢板	覆工コンクリート 以上の強度	高強度型の 無収縮性モルタル
(2)	矢板	鋼アーチ支保工 や矢板	材料分離抵抗性	エアモルタルに可塑性を 添加した可塑性注入材
(3)	吹付けロックボルト (NATM)	ロックボルト	覆工コンクリート 以上の強度	高強度型の 無収縮性モルタル
(4)	吹付けロックボルト (NATM)	ロックボルト	材料分離抵抗性	エアモルタルに可塑性を 添加した可塑性注入材

このトンネルは、完成年度から(A)工法で施工されたと判断される。この場合、(B)が支障となって覆工と背面の地山との間に空洞が残ることが多い。このために、覆工の背面を調査し、空洞が確認された場合は、深刻な変状への進展を避けるため、地盤と覆工が注入材によって密着できるよう裏込め注入を実施することが重要である。背面空洞に湧水が存在し、写真のように施工規模が数 m^2 以上に及ぶ場合には、裏込め注入材として(C)を有する(D)を選定するとよい。これに加えて、覆工巻厚、ひび割れ状況、強度の調査結果から、適切な補修、補強工法を選定して実施するとよい。

問題(37)の解説

1968年完成の道路トンネルの覆工に関する問題

写真ではひび割れからエフロレッセンスが発生

完成年から、(A)矢板工法

矢板工法は、(B)鋼アーチ支保工と矢板で施工

背面に空洞ができるため、裏込め注入材として

(C)材料分離抵抗性を有する

(D)エアモルタルに可塑剤を添加した注入材を選択

よって、(2)が適当である。

【問題 38】

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

RC 構造物に定電流方式の電気防食工法を長期間にわたって適用すると、通電によりコンクリート中の鉄筋表面の(A)が上昇するため、分極量または復極量が経時的に(B)することがある。そのため、電気防食管理においては、定期点検時に復極量を調査し、防食管理指標を満足する範囲内で通電量を(C)させるとよい。

	(A)	(B)	(C)
(1)	水酸化物イオン濃度	増加	減少
(2)	水酸化物イオン濃度	減少	増加
(3)	塩化物イオン濃度	増加	減少
(4)	塩化物イオン濃度	減少	増加

問題(38)の解説

電気防食に関する問題

定電流方式 通電によりコンクリート中の鉄筋表面の(A)が上昇する。

(A)には、水酸化イオン濃度が入る。

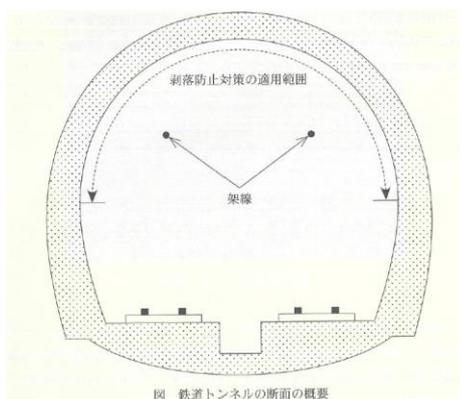
電気防食では、分極量または復極量が経時的に(B)増加することがある。

そのため、電気防食管理で定期点検時に復極量を調査し、通電量を(C)減少させるとよい。

よって、(1)が適当である。

【問題 39】

鉄道トンネルにおける覆工コンクリートの剥落防止対策として、下図に示すような範囲のコンクリート表面に繊維シート接着工法を適用することとした。繊維シートに用いる繊維の種類として、次の(1)～(4)のうち、最も不適当なものはどれか。



- (1) アラミド繊維
- (2) ナイロン繊維
- (3) ポリエチレン繊維
- (4) 炭素繊維

問題(39)の解説

鉄道トンネルの覆工コンクリートの剥落防止対策の問題

繊維シート接着工法として、不適当なもの

鉄道トンネルでは、架線が近いので、電気伝導率が高いものは不適当

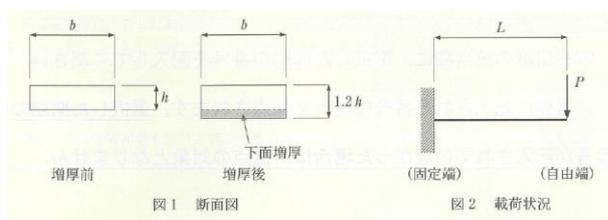
炭素繊維は電気伝導率が大きいため、不適当と考えられる。

よって、(4)が最も不適当である。

【問題 40】

片持ち鉄筋コンクリート床版のたわみを改善するために、下面増厚工法を適用して断面を増厚した。図1に示すように、増厚後の床版厚を増厚前の1.2倍とした場合、図2に示す荷重Pによる増厚後の床版自由端のたわみ量として、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

ただし、既設の床版コンクリートと増厚コンクリートはコンクリート断面のみの弾性体として、完全に一体化しているものとし、両者のヤング係数は同一とする。また、自重、ひび割れ、乾燥収縮およびクリープの影響は全て無視する。



- (1) 増厚前の約 85 %
- (2) 増厚前の約 70 %
- (3) 増厚前の約 60 %
- (4) 増厚前の約 45 %

問題(40)の解説(2015年度の問題)

片持ち鉄筋コンクリート床版のたわみ改善の問題

下面増厚で1.2倍とした場合

荷重Pによるたわみ量は、増厚前の何%となるか？

たわみは厚さの3乗で効果が出る。

剛性が1.2なら、 $1/1.2^3$ となる。

つまり、 $1/1.728=0.579$

よって、(3)が適当である。