2023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】

アースドリル工法により施工した場所打ちコンクリート杭（杭径 ϕ1500 mm）の杭頭部を，コンクリート打込みから 28 日後に掘り出し，余盛り土を除去したところ，杭頭上部の側面に写真に示すような充填不良が認められた。充填不良の発生要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。

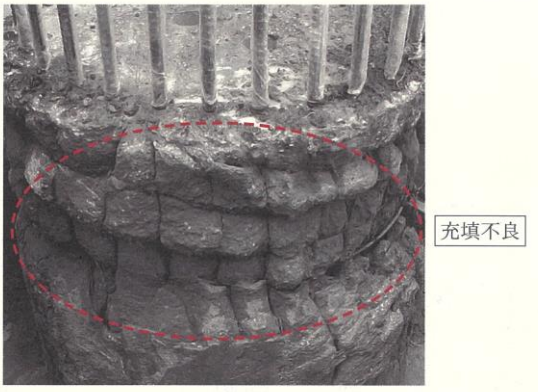


写真　杭頭上部のコンクリートの充填不良

杭頭上部では，配筋が密であることや，コンクリートの打込みの落差が小さくなることから，鉄筋かごの外側へのコンクリートの充填がされにくい。写真に示す充填不良の主要因としては，コンクリートの（　A　）が（　B　）ことや，安定液（孔壁崩壊やスライム沈降を防ぐ目的で使うベントナイト溶液）の粘度が（　C　）ことが考えられる。安定液を用いた場所打ちコンクリートの施工では，棒状バイブレータによる締固めを行うことが困難なため，（　A　）の管理や，安定液の管理等が重要である。

	(A)	(B)	(C)
(1)	スランプ	小さかった	高かった
(2)	スランプ	小さかった	低かった
(3)	ブリーディング	多かった	高かった
(4)	ブリーディング	多かった	低かった

問題（1）の解説

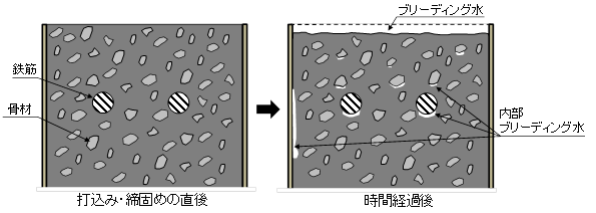
場所打ちコンクリート杭の施工では、締固めができないため、流動性の良いコンクリートの打込みが必至条件となる。そのため、スランプに小さいコンクリートでは充填不良が生じやすくなる。

また、孔壁安定液の粘度が高いことにより、さらに流動性が損なわれる可能性が生じる。

正解は、（1）

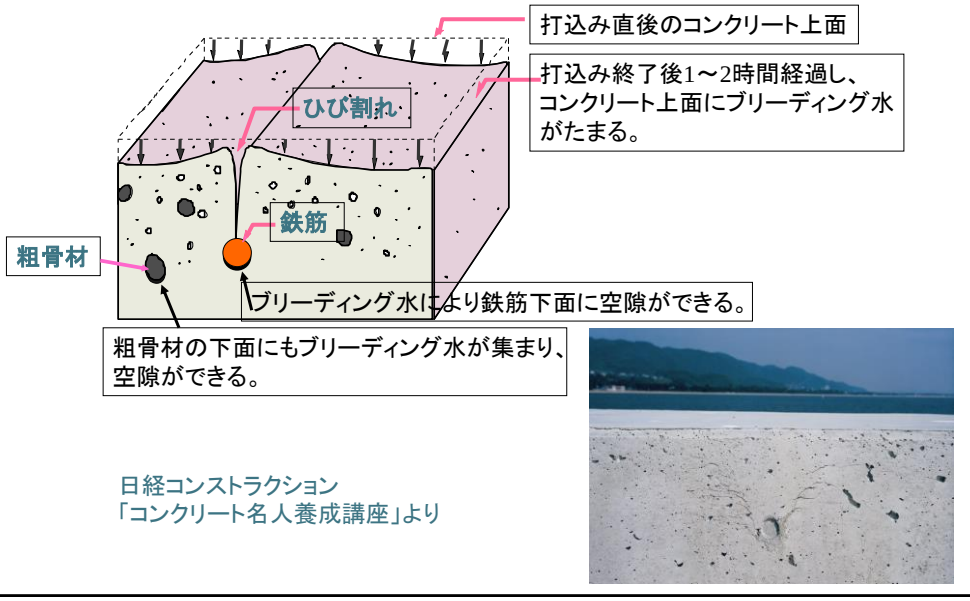
ブリーディングとは

フレッシュコンクリート及びフレッシュモルタルにおいて，固体材料の沈降又は分離によって，練混ぜ水の一部が遊離して上昇する現象



ブリーディングの上昇に伴い沈下(沈降)が生じる。

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　2】

フーチング表面に図１のような内外温度差に起因する温度ひび割れが発生した。図２はコンクリートの温度の経時変化を，図３はコンクリートの主応力の経時変化をそれぞれ示す。点Ａにおけるコンクリートの温度と主応力に関する次の（１）～（４）の記号（ア～エ）の組合せのうち，適当なものはどれか。なお，図２と３の材齢は同じ期間を表している。

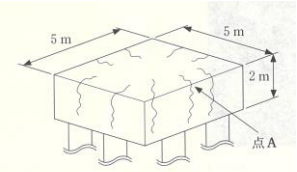


図１　フーチング表面の温度ひび割れ発生状況

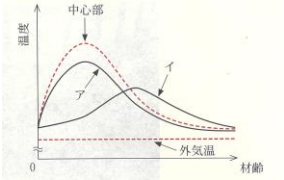


図２　コンクリートの温度の経時変化

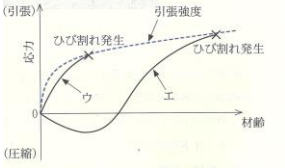


図３　コンクリートの主応力の経時変化

	コンクリートの温度	コンクリートの主応力
（1）	ア	ウ
（2）	ア	エ
（3）	イ	ウ
（4）	イ	エ

問題（２）の解説

内部拘束の温度ひび割れは、温度上昇時に表面の部分の温度が低いことで、表面に引張応力が生じ、ひび割れが発生する原理である。

温度変化の傾向は（ア）が適切であるが、表面の温度と内部の差が小さく、温度差が小さいので、内部拘束の温度ひび割れは生じにくいと考えられる。発生応力としては、内部温度が最大となる時期に、表面の引張応力が引張強度を超えてひび割れ生じる（ウ）となる。図のようなひび割れが生じる可能性があるのは、正解（１）となる。

正解は、（１）

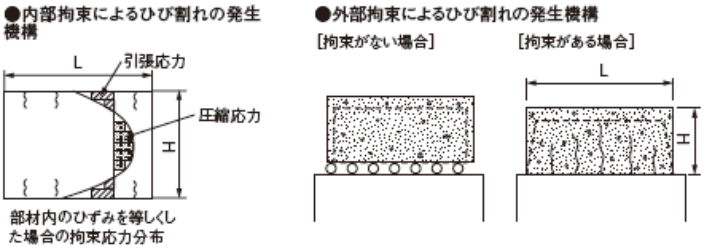
水和熱に起因する温度ひび割れ

マスコンクリートの温度ひび割れ

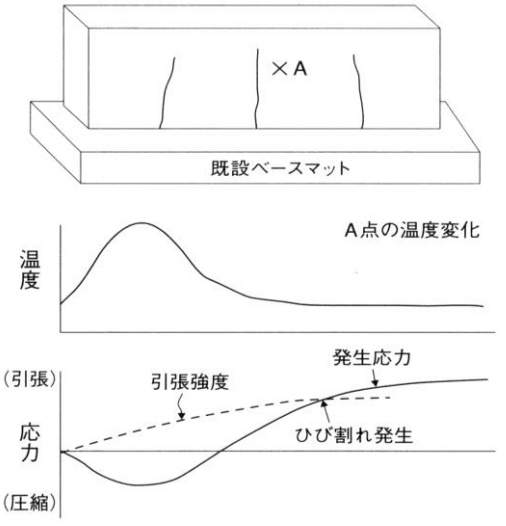
内部拘束温度ひび割れ （下図の左）

外部拘束温度ひび割れ （下図の右）

外部拘束によるひび割れは既設コンクリートの拘束を受けて貫通するひび割れが生じる。



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

【問題　3】

高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートの表面の色調に関する，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。

高炉スラグ微粉末を使用した場合，脱型直後のコンクリート表面が(　A　)に呈色することがある。これは高炉スラグ微粉末に含まれる(　B　)によるものであり，コンクリート中の鉄やマンガン等が還元状態になると生じる。この色はコンクリート表面が空気にさらされると徐々に(　C　)なる。なお，呈色現象による強度や耐久性への影響は小さい。

	(A)	(B)	(C)
(1)	青緑色	未燃炭素	濃く
(2)	青緑色	硫化物	淡く
(3)	黒色	硫化物	濃く
(4)	黒色	未燃炭素	淡く

問題(3)の解説

◆ 脱型直後の高炉セメント

コンクリートの表面が青緑色

色の原因　⇒　高炉セメントの含まれる硫化物

HS^-やS^{2-}によって反応領域が還元性雰囲気となり、FeやMnなどの酸化数が低い状態で他の水和物の固溶するため発色

大気中に曝されるとFeやMnの酸化数が増加して消色する。また、強度には影響しない。

正解は(2)

【問題　4】

RC造建築物の最上階に生じた，写真および図に示すようなひび割れ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。

写真は，この建築物の西側の外壁面を撮影したものである。この建築物は長大な矩形の平面形状であり，東側の外壁面にも同様のひび割れが発生している。このひび割れは，(　A　)が原因であり，(　B　)の外壁面に発生しやすい。

写真　西側の外壁面におけるひび割れ発生状況

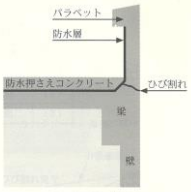


図　外壁面の断面図

	(A)	(B)
(1)	壁の乾燥収縮	短辺
(2)	壁の乾燥収縮	長辺
(3)	防水押さえコンクリートの日射による膨張	短辺
(4)	防水押さえコンクリートの日射による膨張	長辺

問題(4)の解説

押さえコンクリートの温度膨張によるひび割れ

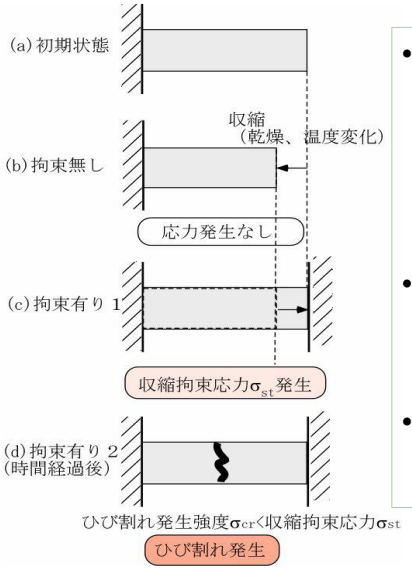
最上階は、日射による温度膨張で、外壁面にひび割れを生じさせる可能性がある。

この場合、長辺の方が膨張量が大きくなるため、短編側に外壁にひび割れが入る可能性が高い。

なお、乾燥収縮では押さえコンクリートにひび割れが生じても外壁には生じない。

正解は、(3)

収縮を拘束された場合のひび割れ発生メカニズム



- コンクリートは収縮する。
  - セメントの硬化収縮
  - 乾燥して収縮
  - 水和発熱が放熱して収縮
- 既設物などが収縮を拘束
  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

【問題　5】

コンクリートの中性化速度係数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，コンクリートの品質や二酸化炭素濃度は変化しないものとする。

中性化深さは時間の平方根にほぼ比例することが知られており，JIS A 1153(コンクリートの促進中性化試験方法)に従って促進試験を行った場合，促進期間によらず中性化速度係数は一定となることが多い。

一方，降雨の影響を受ける屋外気中環境下においては，数年以上の長期にわたって評価すると，経年とともに中性化速度係数が小さくなることがしばしば見られる。このような部分では構造物の表層から深さ1 cm程度の部分と比較して，より内部のコンクリート中の含水率が(　A　)状態が継続することにより，二酸化炭素のコンクリート内部への侵入が(　B　)され，中性化速度係数が小さくなる。

	(A)	(B)
(1)	低い	促進
(2)	低い	抑制
(3)	高い	促進
(4)	高い	抑制

問題（5）の解説

中性化速度係数の関する問題

降雨の影響を受けると、中性化速度係数は、小さくなる可能性がある。

表層から1cm程度の部分と比較して、内部の含水比が高くなり、中性化の進行は抑制されると考えられる。

正解は、（4）

中性化とは

セメント：CaO （石灰石$CaCO_3$を焼成してできる）

この時、CO_2を排出

コンクリートは水と反応してできる。

$CaO + H_2O \Rightarrow Ca(OH)_2$ （高アルカリ性）

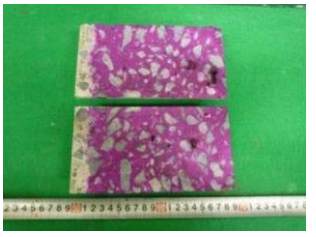
二酸化炭素（CO_2）の作用で炭酸化（中性化と呼ぶ）

$Ca(OH)_2 + CO_2 \Rightarrow CaCO_3 + H_2O$

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

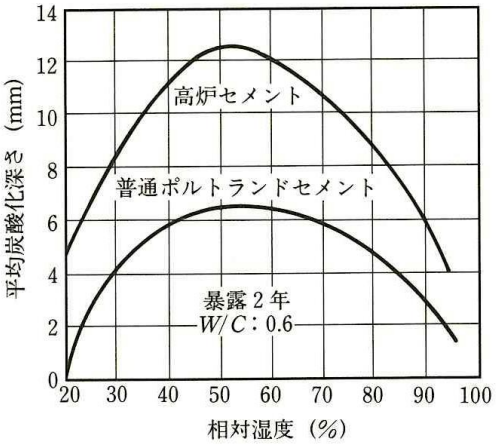
・中性化の進行は水の影響を大きく受ける。
・同一部材、同一コンクリートであっても中性化深さに差が生じる。
・水の影響を受ける場所、受けない場所で中性化深さが異なる。
・湿潤環境では中性化残り10mm以上であっても腐食開始

中性化速度係数について

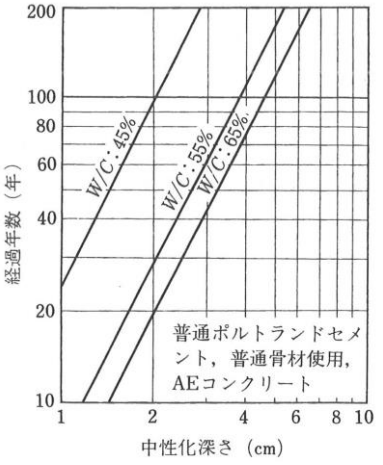
中性化深さ＝中性化速度係数×√年

- ◆ 中性化速度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。

中性化速度に及ぼす相対湿度の影響



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＝A√100

中性化まで100年必要
中性化速度係数A：4.0

【問題　6】

図１は塩化物イオンが存在するコンクリート中の鉄筋の腐食を説明する概念図であり，図２は腐食が生じている部位で測定した分極曲線の概念図である。コンクリート中の鉄筋の腐食速度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。

E_A：アノード部の鋼材の電位
E_C：カソード部の鋼材の電位
R_c：コンクリートの電気抵抗
R_{pA}：アノード部の鋼材表面の分極抵抗
R_{pC}：カソード部の鋼材表面の分極抵抗

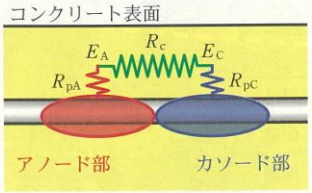


図１　鉄筋の腐食の概念図

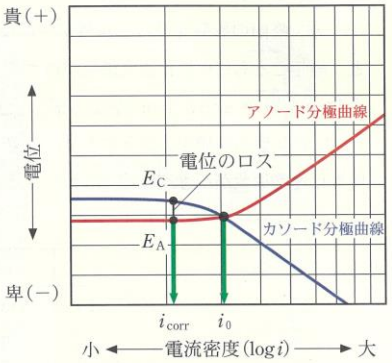


図２　分極曲線の概念図

コンクリート中の鉄筋の腐食速度は，一般に(　A　)の影響が大きいアノード分極曲線と，(　B　)の影響が大きいカソード分極曲線の交点に対応する電流密度 i_0 の大きさにより制御される。しかし，実際のコンクリート中の鉄筋の腐食速度は，アノード部とカソード部間のコンクリートの電気抵抗(R_c)と，アノード部とカソード部の分極抵抗(R_{pA} と R_{pC}) の影響を受けるため，コンクリート中を流れる腐食電流 i_{corr} に相当する電位のロス($= E_C - E_A$)が生じる。この電位のロスは，アノード部とカソード部の距離が離れている場合，(　C　)の影響を大きく受ける。

	(A)	(B)	(C)
(1)	酸素供給量	塩化物イオン濃度	コンクリートの電気抵抗
(2)	塩化物イオン濃度	酸素供給量	分極抵抗
(3)	塩化物イオン濃度	酸素供給量	コンクリートの電気抵抗
(4)	酸素供給量	塩化物イオン濃度	分極抵抗

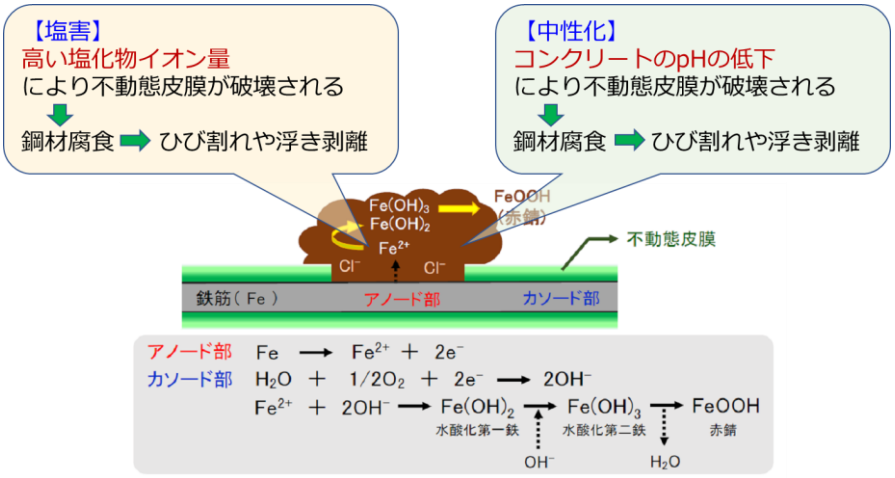
問題(6)の解説

■ アノード反応は塩化物イオン、
カソード反応は水と酸素の供給量の
影響が大きい。

■ アノード部とカソード部が離れている場合
＝　マクロセル腐食の問題。
マクロセル腐食の進行性に影響を与える要素は、
アノード部とカソード部との間の
「コンクリート抵抗」。

正解は、（３）

問題(6)の解説



鉄筋腐食の概念図

【問題　7】

コンクリートのアルカリシリカ反応におけるペシマム現象に関する，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。

コンクリートのアルカリシリカ反応では，アルカリシリカ反応性を有する骨材を単独で使用した場合よりも，反応性を有する骨材と有しない骨材を混合して使用した場合に膨張量が大きくなることがある。このような現象はペシマム現象と呼ばれている。

ペシマム現象が生じやすい骨材は，JIS A 1145(骨材のアルカリシリカ反応性試験(化学法))で試験した際に，溶解シリカ量が多く，アルカリ濃度減少量が(　A　)。このような骨材の岩種としては，(　B　)のような火山岩などがある。

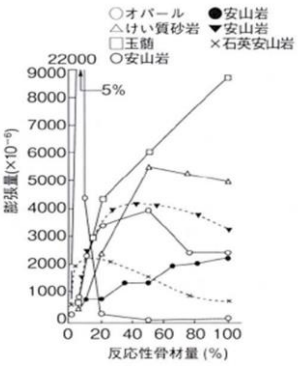
ペシマム現象が生じる骨材を単独で用いると，反応性骨材の反応によって空隙水中の水酸化物イオンの濃度が減少し，反応が進みにくくなる。一方で，反応性を有しない骨材と混合して使用した場合は，空隙水中の水酸化物イオン濃度が保たれ，反応が進みやすくなることがペシマム現象の原因と考えられている。

ペシマム現象が生じる骨材では，JIS A 1145 で(　C　)となり，JIS A 1146(骨材のアルカリシリカ反応性試験(モルタルバー法))で(　D　)となり，判定が異なる場合がある。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	多い	安山岩	無害でない	無害
(2)	多い	チャート	無害	無害でない
(3)	少ない	安山岩	無害	無害でない
(4)	少ない	チャート	無害でない	無害

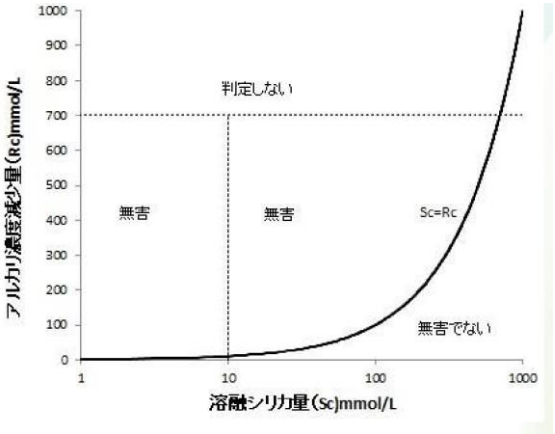
問題(7)の解説

■反応性骨材のペシマム現象が多くみられるのは火山岩系。
■（B）の選択肢「安山岩」と「チャート」のうち、火山岩系なのは「安山岩」
■ペシマム現象を生じやすい安山岩を化学法で試験した場合、有害判定となる「溶融シリカ量：大」「アルカリ濃度減少量：大」となりやすい。
■そんな化学法で有害判定となる骨材でも、試験体の骨材比率によってはペシマムの影響によってモルタルバー法で膨張しない「無害」と判定されるケースがある。



問題(7)の解説

骨材のアルカリシリカ反応性試験



化学法

脱型後のモルタルバー供試体

長さ変化測定状況

モルタルバー法

【問題　8】

浸透圧説によるコンクリートの凍害のメカニズム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。

コンクリートの温度降下によって(　A　)に氷晶が形成されると，未凍結水の電解質濃度が(　B　)し，周囲の(　C　)に存在する未凍結水は，氷晶が形成された(　A　)に移動する。未凍結水が(　A　)に到達すると，氷の成長を促して(　A　)周辺が損傷する。一方で，(　C　)に内在していた未凍結水が消失し，コンクリートの(　D　)を引き起こす。

これらの現象が凍害の原因になるため，凍結防止剤の使用によって未凍結水の電解質濃度がさらに(　B　)すると，凍害が促進されることがある。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	毛細管空隙	低下	ゲル空隙	膨張
(2)	ゲル空隙	上昇	毛細管空隙	収縮
(3)	ゲル空隙	低下	毛細管空隙	膨張
(4)	毛細管空隙	上昇	ゲル空隙	収縮

問題(8)の解説

凍害における水の凍結順。
大きい空隙が先に凍結し、小さい空隙が後に凍結する。

■ 空隙のサイズは
　　毛細管空隙＞ゲル空隙
なので、（A）には「毛細管空隙」。

■ ４行目の「一方で、（C）ゲル空隙に内在していた未氷結水が消失」すると、
コンクリートは「（D)収縮」する。
消失して膨張はいので、

正解は、（４）

問題(8)の解説

凍害の劣化メカニズム

水圧説	浸透圧説
・コンクリート中では、径の大きい細孔から水が凍結する。 ・この体積膨張により未凍結水がより微細な細孔に移動することによって圧力が生じる	・コンクリート中の水は強アルカリ溶液であり、溶液が冷却すると残留する未凍結水のアルカリ濃度が高まる。 ・すると濃度が高まっていない周囲の溶液が引き寄せられることで圧力が高まる

【問題　9】

エフロレッセンス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。

エフロレッセンスの発生には，その主成分である炭酸カルシウムを生成する水酸化カルシウムの水に対する溶解度と温度の関係が影響する。(　A　)は，(　B　)になるほど水に対する溶解度が(　C　)なる。このため，(　B　)環境において，早期の脱型などによりコンクリート中の水分が蒸発すると，エフロレッセンスが発生しやすくなる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	水酸化カルシウム	高温	小さく
(2)	水酸化カルシウム	低温	大きく
(3)	炭酸カルシウム	高温	小さく
(4)	炭酸カルシウム	低温	大きく

問題(9)の解説

エフロレッセンスに関する問題

水酸化カルシウムは、低温になるほど水の溶解度が大きくなる。また、高温になるほど水の溶解度は小さくなる。（1）または（2）が選択できる。

早期脱型により、コンクリート中の水分が蒸発しやすくなるのは、低温環境である。

正解は、（2）

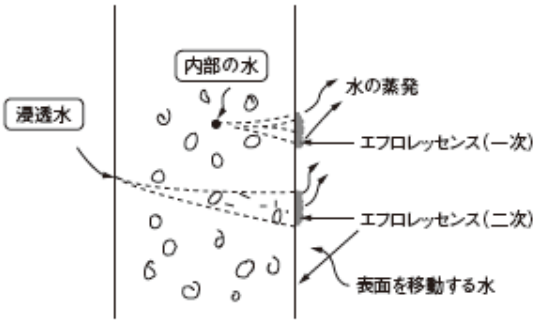
エフロレッセンスとは

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

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2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　10】

下水道施設等に生じる化学的侵食に関する次の記述中の(A)～(D)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち，適当なものはどれか。

下水中に含まれる(　A　)は，硫酸塩還元細菌の働きにより硫化水素に変化する。この硫化水素が放散されて気相中の濃度が高まると，気相部のコンクリート表面の硫黄酸化細菌の働きにより硫化水素が(　B　)に変化する。この(　B　)とコンクリート中の水酸化カルシウムが反応すると(　C　)が生成されることによりコンクリートが膨張し，劣化が進行する。これに加えて，(　C　)が(　D　)等と反応してエトリンガイトを生成し，さらに体積膨張を生じる。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	硫酸塩	硫酸	モノサルフェート水和物	二水石こう
(2)	硫酸	硫酸塩	二水石こう	モノサルフェート水和物
(3)	硫酸塩	硫酸	二水石こう	モノサルフェート水和物
(4)	硫酸	硫酸塩	モノサルフェート水和物	二水石こう

問題（10）の解説

下水道施設に生じる化学的侵食に関数する問題

下水中に含まれる硫酸塩は、硫化水素に変化し、気層部で、硫化水素が硫酸に変化するとコンクリートが激しく劣化する。

硫酸とコンクリート中の水酸化カルシウムが反応し、二水石こうが生成され、コンクリートは膨張して劣化する。

加えて、二水石こうがモノサルフェート水和物と反応し、エトリンガイトを生成し、さらに膨張する。

正解は、（3）

問題（10）の解説

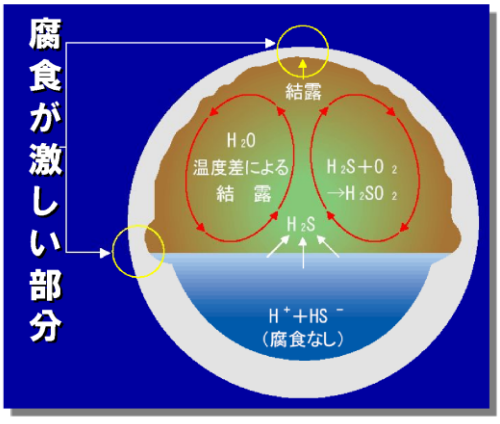
下水道施設における劣化

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　11】

ごみ焼却施設のごみピットに打ち込むコンクリートには，ごみ汚水の土壌中への流出や地下水の浸入を防止するために，水密性が求められる。このコンクリートの調合を計画する際，コンクリートのブリーディング量を測定した。ブリーディング量と採用する調合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。

ブリーディングは，コンクリート中の水みちやセパレータ下部の沈みひび割れを生じさせるおそれがあり，ブリーディング量が(　A　)ほどコンクリートの水密性の低下をもたらす。

下図は，ブリーディング量を簡易に評価できるJCI-S-015-2018(小型容器によるコンクリートのブリーディング試験方法)に従い，内径150 mm × 内高300 mmの容器を用いて2種類の調合Xおよび調合Yのブリーディング試験を行った結果である。この結果から，JASS 5(日本建築学会　建築工事標準仕様書・同解説　鉄筋コンクリート工事2022)の水密コンクリートのブリーディング量の規定値である0.3 cm^3/cm^2と照らし合わせて，(　B　)と判断した。

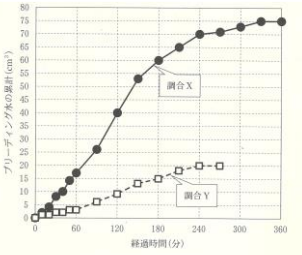


図　ブリーディング試験結果

	(A)	(B)
(1)	少ない	調合Xのみが規定値を満足する
(2)	多い	両方の調合が規定値を満足しない
(3)	多い	両方の調合が規定値を満足する
(4)	多い	調合Yのみが規定値を満足する

問題(11)の解説

ブリーディングに関する問題

ブリーディング量が多いほどコンクリートの水密性が低下する。

JCI-S-015-2018では、ブリーディング量の測定に、Φ150mmの容器が使われるので、断面積は、

7.5×7.5×π＝176.7cm2

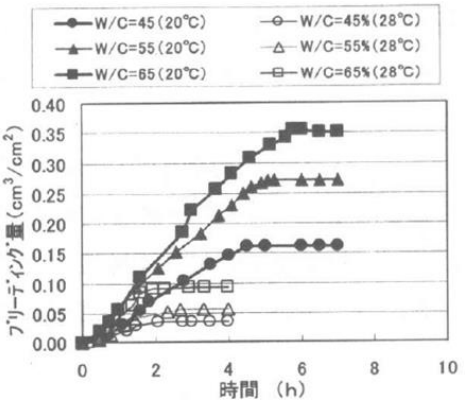
ブリーディング量に規定は、0.3cm3/cm2

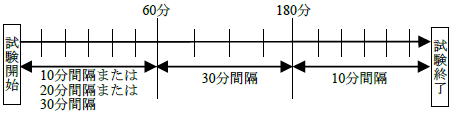
ブリーディング量は、53cm3が限度

X調合は規定外、Y調合は規定内。

正解は、(4)

JIS A 1123 による測定

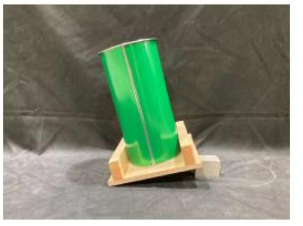




JCI法による簡易ブリーディング測定方法

JCI法、JIS 附属書A法、JASS 5T法
Φ150mm×300mm容器を使用

写真－1　小型容器の例



写真－3　試験容器の傾斜方法の例

【問題　12】

マンションのエントランス付近において外壁タイル仕上げの剥落が確認されたため，サーモグラフィ法により外壁の調査を実施することになった。サーモグラフィ法による調査の原理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。

外壁のタイル仕上げに浮き・剥離が生じた部分では，コンクリート躯体とタイル仕上げの隙間に空気層が存在するため，その部分の断熱性が(　A　)なる。その結果，タイル仕上げの浮き・剥離部ではタイル仕上げとコンクリート躯体との間の熱伝達が(　B　)なる。一般的に，外壁に日射が当たって外壁表面の温度が上昇する際には，タイル仕上げの浮き・剥離部の方が健全部よりも(　C　)になるので，取得した熱画像においてこの温度差を判別することで，タイル仕上げの浮き・剥離を検出することができる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	高く	速く	低温
(2)	低く	遅く	低温
(3)	高く	遅く	高温
(4)	低く	速く	高温

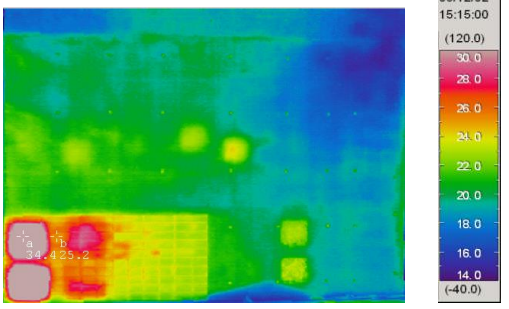
問題（12）の解説

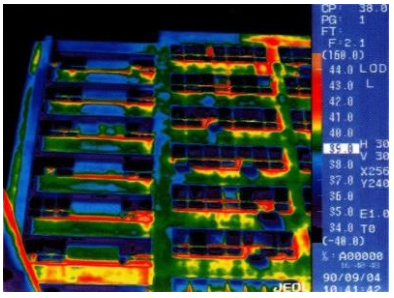
サーモグラフィー法の原理に関する問題

サーモグラフィーは、熱を検出する装置で、タイル仕上げの隙間に空気層が存在すると断熱性が高まり、その箇所が高温になる。熱伝達が遅くなるためである。剥離部は、健全部より高温になることで剥離が検出できる。

正解は、（3）

赤外線サーモグラフィ法





【問題　13】

下図は，硬化コンクリート中の全塩化物イオンの含有量を，塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法で求める手順を示したものである。図中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち，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，適当なものはどれか。

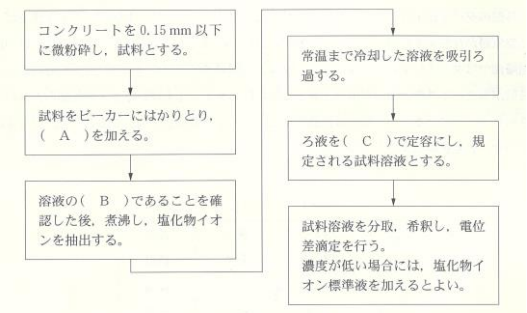


図　電位差滴定法の手順

	(A)	(B)	(C)
(1)	硝酸	pH が 3 以下	水
(2)	硝酸	色が無色	硝酸銀溶液
(3)	塩酸	pH が 3 以下	硝酸銀溶液
(4)	塩酸	色が無色	水

問題（13）の解説

塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法の手順に関する問題

JIS A 1154に照らして適当なものを選ぶ。

この方法は、硝酸を用い、溶液がpH3以下であることを確認後、煮沸して塩化物イオンを抽出する。

ろ液を水で定容にして、試料溶液とし、分取、希釈して滴定を行う。

正解は、（1）

【問題　14】

アルカリシリカ反応の可能性を調べるために，普通ポルトランドセメントの化学分析を行ったところ，成分の一部については表のとおりとなった。このセメントの全アルカリ量(等価 Na_2O 換算量)として，次の(1)～(4)のうち最も適当なものはどれか。

ただし，Na，Mg，Al，S，K および O の原子量は，それぞれ 23，24，27，32，39 および 16 とする。

表　化学成分　　(単位：mass %)

Al_2O_3	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O
6.10	1.50	2.00	0.59	0.67

(1)　0.59 %

(2)　1.03 %

(3)　1.26 %

(4)　3.23 %

問題（14）の解説

全アルカリ量（等価Na_2O換算量）の計算

全アルカリ量＝Na_2O＋0．658K_2O

＝0．59＋0．658×0．67＝1．03

Na_2O＝23×2＋16＝62

K_2O＝39×2＋16＝94

62÷94＝0．6596 （0．658）

正解は、（2）

【問題　15】

凍害の疑いがあるコンクリート構造物の異なる２箇所から採取した。このコアを用いた超音波透過法による凍害深さの測定に関する，次の記述中の（A）～（D）に当てはまる（1）～（4）の語句の組合せのうち，適当なものはどれか。

凍害深さの測定方法の一つに，図１に示すように採取コアの直径方向に超音波を透過させ，深さ方向の速度変化から凍害深さを求める方法がある。

図２は採取したコアを湿潤および乾燥状態で超音波伝播速度を測定した結果である。コアの内部に微細ひび割れが生じていると超音波伝播速度は（　A　）なるため，図２の（　B　）のコアは（　C　）のコアよりも凍害による劣化が進行していると評価する。

また，超音波伝播速度はコンクリートの含水率の影響も受ける。これは，水中の超音波伝播速度の方が空気中よりも（　D　）ためであり，超音波伝播速度を用いて凍害深さをより的確に評価しようとする場合には，乾燥状態のコアを用いることが望ましい。

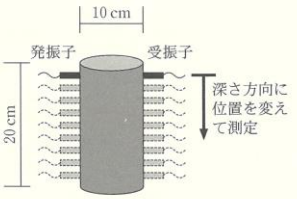


図１　超音波伝播速度の測定状況

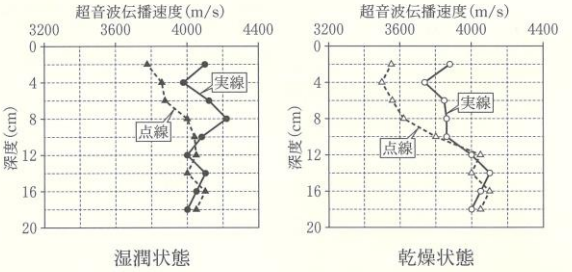


図２　コアの超音波伝播速度の測定結果

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	速く	実線	点線	速い
(2)	遅く	点線	実線	遅い
(3)	遅く	実線	点線	速い
(4)	遅く	点線	実線	速い

問題(15)の解説

凍害を受けた深さを超音波で測定する方法

凍害を受けると、その箇所が脆弱になり、超音波速度が遅くなる。

図2で、点線のコアが、実線のコアより劣化が進んでいると判断できる。

超音波速度は含水比の影響を受け、水中の方が空気中より速いことが、図2の比較でわかる。

正解は、(4)

【問題　16】

疲労による砂利化(土砂化)が懸念されるRC床版内部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，適当なものはどれか。

砂利化部分の推定は，近年では下図に示すような，非接触の(　A　)法による車両搭載型の測定機器が用いられている。

この方法では，砂利化して滞水している箇所の(　B　)が健全なコンクリート部よりも(　C　)ことを利用して，(　A　)による波の反射に関する測定結果を画像化したものから砂利化の箇所を非破壊で推定する。

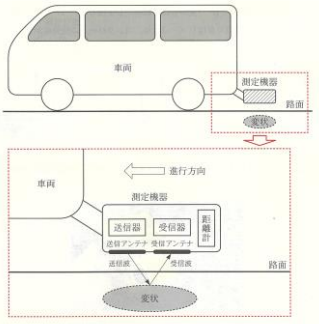


図　測定機器の構成の例

	(A)	(B)	(C)
(1)	電磁波レーダ	比誘電率	大きい
(2)	電磁波レーダ	比誘電率	小さい
(3)	弾性波レーダ	ヤング率	大きい
(4)	弾性波レーダ	ヤング率	小さい

問題(16)の解説

非破壊で土砂化を調査する方法に関する問題
非破壊なので、電磁波レーダーによる方法である。
土砂化している箇所が滞水していると考えられ、その箇所は、比誘電率が健全部より大きいことを利用して反射波の測定結果を画像化して調査することができる。

正解は、(1)

【問題　17】

コンクリートの反発度の測定原理に関する次の記述中の(A)～(D)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち，適当なものはどれか。

下図は，リバウンドハンマー先端のインパクトプランジャー(打撃棒)とコンクリートの接触位置(写真の赤線で囲んだ部分)でのコンクリートの変形の概念図を示したものである。

一定のエネルギーでコンクリート表面を打撃したとき，図中(b)の①に示すインパクトプランジャーの打撃による最大貫入量は，(　A　)と(　B　)の変形量の和で表される。打撃による(　A　)変形が回復することによりインパクトプランジャーが押し戻される。反発度は，この押し戻される跳返り量を測定することで得られる値である。

打撃後，図中(c)の②の(　B　)変形分はくぼみとして残る。(　B　)変形に消費される打撃エネルギーが小さければ跳返り量は(　C　)なり，コンクリートの反発度が(　D　)なる。

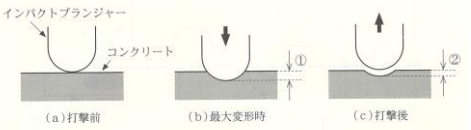


図　インパクトプランジャーの打撃によるコンクリートの変形の概念図

写真　リバウンドハンマーによる測定状況

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	塑性	弾性	大きく	小さく
(2)	塑性	弾性	小さく	大きく
(3)	弾性	塑性	大きく	大きく
(4)	弾性	塑性	小さく	小さく

問題(17)の解説

リバウンドハンマーによる反発度に関する問題

リバウンドハンマーを用いた測定では、先端にくぼみができる。そのくぼみが、大きいと強度は小さく、くぼみが小さいと強度が高いと判断できる。

くぼみができるのは、(B)塑性変形で、弾性変形はくぼみを造らないで反発することで、反発度が測定できる。

くぼみが小さければ、跳返り量は大きくなり、反発度が大きくなる。

正解は、(3)

【問題　18】

漏洩磁束法による鉄筋破断の検出原理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。

コンクリート表面において永久磁石を走査し(図1)，コンクリート中の強磁性体である鉄筋を着磁すると，鉄筋が分極して磁石となる。続いて，磁気を帯びた鉄筋からの漏れ磁束を，コンクリート表面と(　A　)方向成分の(　B　)として，磁気センサの走査により計測する(図2)。鉄筋が破断していると，破断箇所が分極(図3)するため，漏れ磁束と測定位置の関係の模式図は，図4に示す(　C　)の形状となる。このようにして，漏洩磁束法では，磁気センサの走査により測定された漏れ磁束の形状の違いに着目して，鉄筋破断の有無やその位置を判定する。

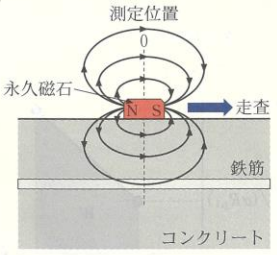


図1　鉄筋の着磁

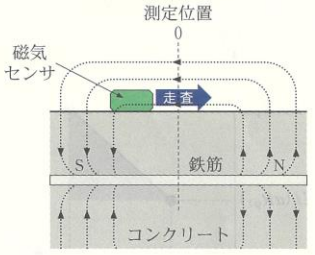


図2　鉄筋が破断していない場合

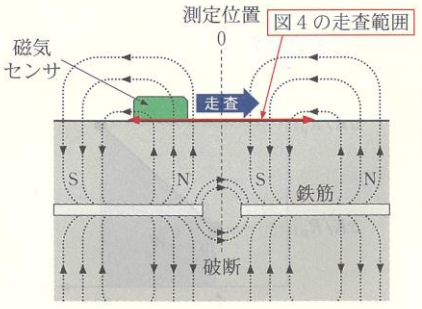


図3　鉄筋が破断している場合

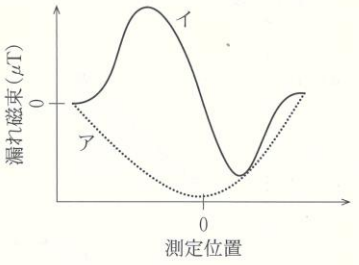


図4　漏れ磁束と測定位置の関係の模式図

	(A)	(B)	(C)
(1)	平行	透磁率	ア
(2)	平行	磁束密度	イ
(3)	垂直	磁束密度	イ
(4)	垂直	透磁率	ア

問題（18）の解説

漏洩磁束法による鉄筋破断の調査に関する問題

永久磁石を走査すると、鉄筋が着磁する。磁気センサを走査して、漏れ磁束を検出する方法である。

コンクリート表面を走査する方向と垂直方向の磁束密度が、破断していると、磁束密度が急に低下することから破断が検出できると考えられる。

正解は、（3）

問題（18）の解説

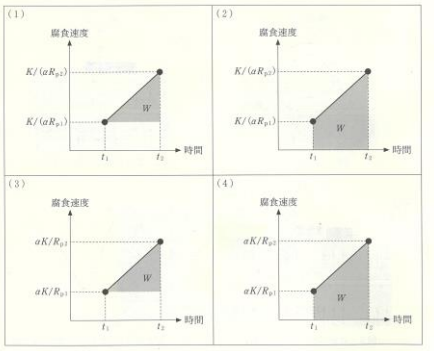
漏洩磁束法による測定状況の例

【問題　19】

RC構造物の鉄筋腐食の進行をモニタリングするため，腐食速度の経年変化から鉄筋の単位表面積当たりの腐食量を推定することとした。腐食速度は分極抵抗 R_p を測定することにより求めた。t_1 年の分極抵抗は R_{p1}[Ω・cm²]であったが，その後の t_2 年の測定では R_{p2}[Ω・cm²]となった。この間の鉄筋の腐食速度が一定の割合で増加したと仮定した場合，この間の腐食量 W[kg/cm²]を表す図中の面積(着色部)として，次の(1)～(4)のうち，適当なものはどれか。

なお，腐食電流密度 i_{corr} は下式で表され，腐食電流密度 1.0 A/cm² あたりの鉄の腐食速度は α[kg/(cm²・年)]であるとする。

$i_{corr} = K \cdot (1/R_p)$　　ここで，K[V]は定数である。



問題(19)の解説

■ 腐食速度は電流密度に比例する

→　腐食速度＝電流密度×α

＝K/（1/Rp）×α

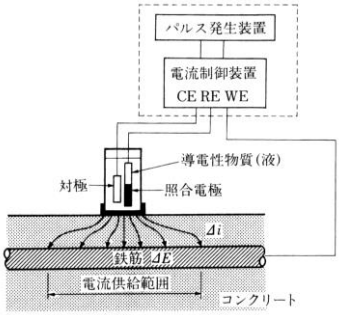
＝αK/Rp

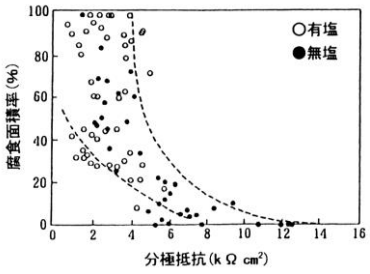
というわけで、（3）か（4）に絞られます。

■ あとは腐食量Wを示す面積が三角形か台形か、であるが、縦軸が腐食速度、横軸が時間なので、求める腐食量Wは時間t1からt2までを積分したもの。

正解は（4）

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Rpを分極抵抗という。

$$\Delta E = Rp \cdot \Delta I$$

- 分極抵抗Rpと腐食電流Icの間には以下の関係がある。

$$Ic = K / Rp$$

K；比例定数

したがって、Rp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　20】

走査型電子顕微鏡(SEM)を用いたコンクリート組織の観察に関する記述(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)　反射電子像を取得するために，試料を鏡面研磨した。

(B)　分析中のチャージアップを抑制するために，サンプル表面に炭素を蒸着した。

(C)　水和物の形態を観察するために，低真空型の SEM を用いた。

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

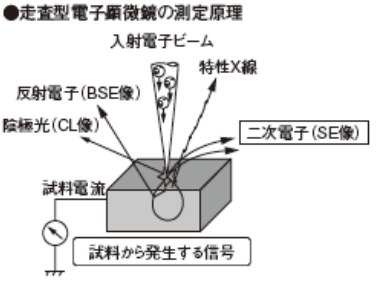
問題（20）の解説

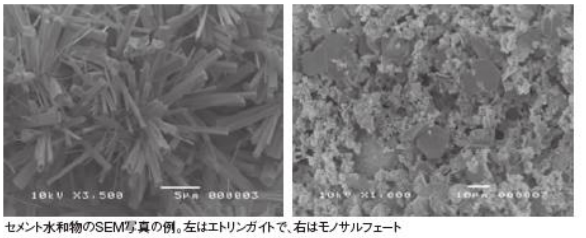
走査電子顕微鏡（SEM)の試料に関する問題
（A）反射電子像を取得するため、試料を鏡面研磨する。（適）
（B）サンプル表面に炭素を蒸着する。（適）
（C)低真空型のSEMを用いる。（適）

正解は、（2）

問題（20）の解説

走査型電子顕微鏡の例



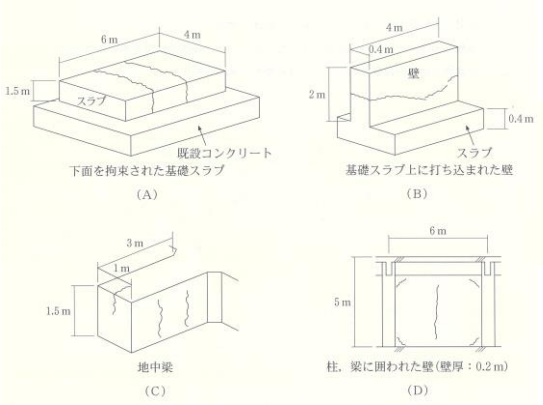


セメント水和物のSEM写真の例。左はエトリンガイトで、右はモノサルフェート

走査型電子顕微鏡（SEM）

【問題　21】

セメントの水和熱が主な原因と判断できるひび割れに関する図（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。



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

問題（21）の解説

水和熱に起因するひび割れを見分ける問題

（A）　底版に拘束された外部拘束温度ひび割れ
（B）　コールドジョイント（不適）
（C）　内部拘束温度ひび割れ
（D）　壁厚さが小さいから乾燥収縮ひび割れ（不適）

正解は、（1）

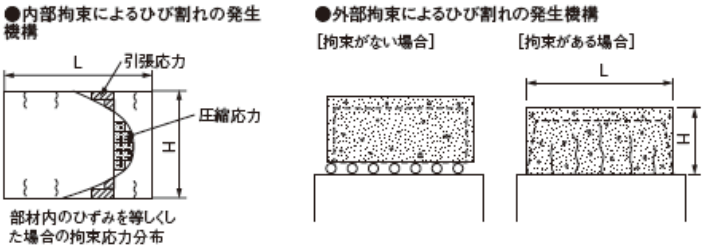
水和熱に起因する温度ひび割れ

マスコンクリートの温度ひび割れ

内部拘束温度ひび割れ （下図の左）

外部拘束温度ひび割れ （下図の右）

外部拘束によるひび割れは既設コンクリートの拘束を受けて貫通するひび割れが生じる。



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。

【問題　22】

下図に示すPC有ヒンジラーメン橋において，供用期間の経過とともに，中央ヒンジ部の異常なたわみを伴う変状(垂れ下がり)が認められた。このような変状が生じた原因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。

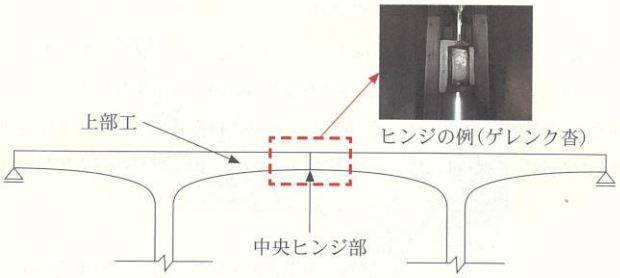


図　PC有ヒンジラーメン橋

過去に多く採用されたPC有ヒンジラーメン橋は，支間中央にヒンジを設けて不静定次数を(　A　)構造となっている。この中央ヒンジ部で供用期間の経過に伴いたわみが生じるため，設計時に想定されるたわみ量に対して，(　B　)を与える対策がとられる。しかし，設計での想定よりも上部工コンクリートの(　C　)が大きかったことや(　D　)が進行したことなどにより，異常なたわみを伴う変状が生じたと判断できる。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	上げる	主桁の図心位置に追加の軸力	クリープ係数	水和反応
(2)	上げる	主桁に上げ越し(むくり)	ヤング係数	水和反応
(3)	下げる	主桁の図心位置に追加の軸力	ヤング係数	乾燥収縮
(4)	下げる	主桁に上げ越し(むくり)	クリープ係数	乾燥収縮

問題（22）の解説

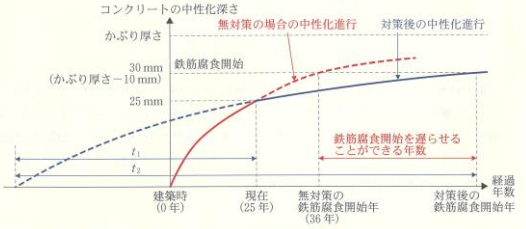
PC有ヒンジラーメン橋の異常に関する問題
中央ヒンジ部の異常なたわみで適当なものを選択
PC有ヒンジラーメン橋は、不静定次数を下げる目的で採用された。供用期間にたわみが大きくなるため、主桁に上げ越しを与える対策がとられている。
異常なたわみは、設計時に想定されていた値よりクリープ係数が大きかったり、乾燥収縮が進行するとたわみの異常が生じることになる。

正解は、（4）

【問題　23】

建築後 25 年経過した RC 造建築物の打放しコンクリートの外壁面において，中性化深さを測定したところ 25 mm であった。かぶり厚さは 40 mm である。$\sqrt{t}$ 則に従い中性化が進行すると仮定すると，図の赤破線で示すように，建築後 36 年経過時に鉄筋腐食が開始するおそれがあると判定された。そのため，中性化速度係数が 0.5 倍となる中性化抑制効果を有する仕上げを施すこととした。

この対策によって，鉄筋腐食開始時期を遅らせることを期待できる年数として，次の（1）～（4）のうち適当なものはどれか。なお，中性化深さが 30 mm（かぶり厚さ － 10 mm）に達した時点で，鉄筋腐食が開始するものとし，仕上げ材は適切に維持管理され，中性化速度係数が 0.5 倍となる中性化抑制効果を保持していると仮定する。また，仕上げ材の厚さは無視する。



t_1：当初から対策していた場合に，現在の中性化深さに至る期間
t_2：当初から対策していた場合に，鉄筋腐食開始に至る期間

図　中性化進行の概念図

（1）　23 年
（2）　28 年
（3）　33 年
（4）　38 年

問題（23）の解説

中性化深さの予測に関する問題
建築後25年で25mmの中性化速度係数
　25＝A√25　　A＝5.0
25年後に0．5倍になる仕上げを施すと、
　25＝2.5√t1　　t1＝100
　30＝2.5√t2　　t2＝144
25mmから30mmになるまでに期間は、
　144ー100＝44
無対策では、11年（36-25）年なので、
鉄筋の腐食開始時期を遅らせる効果は
　44－11＝33
　　正解は （3）

【問題　24】

補修後５年が経過した鉄筋コンクリート梁の断面修復部に写真に示すような変状が認められた。この変状が生じ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。

写真　鉄筋コンクリート梁の断面修復部の変状

（1）　断面修復部のかぶり厚さが小さかった。
（2）　断面修復部の中性化の進行が速かった。
（3）　既存コンクリートと断面修復材の界面部分における下地処理が不十分だった。
（4）　既存コンクリートと断面修復材の界面部分にマクロセル腐食が生じた。

問題（24）の解説 （**2015**年度問題とほぼ同じ）

補修後5年経過した断面修復部の変状　　不適当なもの

（1）断面修復材のかぶり厚さが小さい。

（2）断面修復材の中性化進行が速い。

（3）鉄筋の防錆処理が不十分

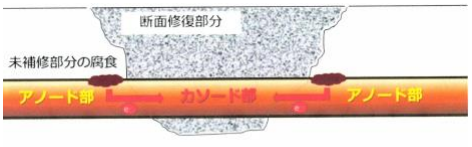
（4）既存部分のマクロセル　　⇒　既存部分に変状がない。

不適当なもの　正解　（4）

マクロセル腐食とは

マクロセル腐食は、鉄筋の腐食部と健全部、コンクリートで比較的大きな回路が造られ、その中で電子のやり取りが行われて生じる。

マクロセル腐食の原理



腐食しやすい部分がアノード、健全な部分がカソード部となり腐食電流が発生し、アノード部で腐食生成物ができる。

【問題　25】

下図は建築後 25 年を経過した積雪寒冷地の鉄道駅のプラットホームである。写真 1 はア部分，写真 2 はイ部分の床面で，いずれもコンクリート打放し金コテ均し仕上げである。プラットホーム床面の施工は屋根が設置される前に行われており，施工時の条件は両者に違いはない。

ア部分とイ部分に生じた変状の違い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。

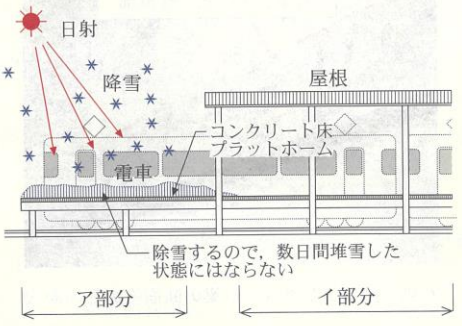


図　プラットホームの概要

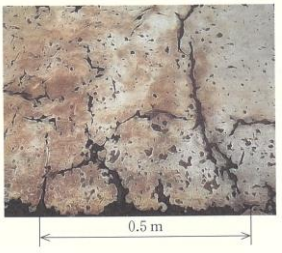


写真 1　ア部分の床面

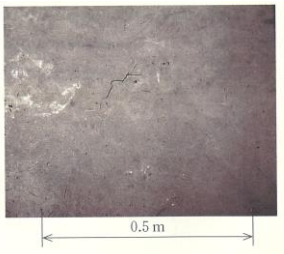


写真 2　イ部分の床面

冬季における床面の凍結融解回数は(　A　)。夏季の乾燥収縮や(　B　)によるひび割れはア部分でより生じやすく，冬季に融雪水がひび割れに浸入することで，ひび割れに沿った(　C　)やスケーリングが生じやすくなったと判断した。

	(A)	(B)	(C)
(1)	ア部分がイ部分より多い	乾湿繰返し	剥離
(2)	ア部分とイ部分で差はない	温度変動による伸縮	ポップアウト
(3)	ア部分がイ部分より多い	自己収縮	ポップアウト
(4)	イ部分がア部分より多い	乾湿繰返し	剥離

問題（25）の解説

積雪寒冷地の凍害の問題

積雪があり、日射を受けると凍結融解の繰り返しが多くなり、凍害を受けやすくなる。

（A） アの箇所が（イ）の箇所より多い。

コンクリートのコテ仕上げ部の初期ひび割れの原因となるのは、乾燥収縮や乾湿の繰り返しである。

そのため、スケーリングや剥落が生じやすくなる。

正解は、（1）

【問題　26】

温暖地域にある高架橋の雨掛かりのないRC橋脚の基部に，下の写真に示すような白色の析出物を伴った変状が見られた。これと同じ原因で生じたと判断できる（A）～（D）の変状の適・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。

写真　RC橋脚基部の変状

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

（A）　温暖地域にある住宅のRC基礎

（B）　寒冷地域にあるRC壁（地上から約1m）

（C）　温暖地域にあるトンネル内面

（D）　寒冷地域にあるRC橋脚張出し部

問題（26）の解説

RC橋脚の基部の生じた白色の析出物

雨掛かりがないので、漏水に伴うエフロレッセンスではない可能性が高い。

（A） 硫酸塩土壌からの硫酸イオンによりエトリンガイトが生成されたものと考えられる。（適）

（B） 施工時にできた豆板（不適）

（C） トンネルの湧水によるエフロレッセンス（不適）

（D） アルカリシリカ反応と推定（不適）

正解は、（1）

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。

水酸化カルシウムと反応して二水石こうを生成し、セメントのCAと反応してエトリンガイトを生成する。

海水由来の土壌などで生じ易い

【問題　27】

寒冷地に位置する鋼単純桁橋のRC床版上面に，下図に示すような砂利化(土砂化)が見られた。砂利化が生じた原因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。

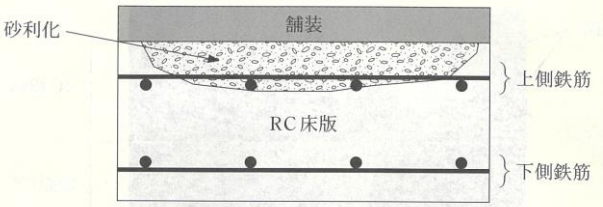


図　砂利化したRC床版断面の概念図

舗装下に防水層が無い場合，路面からの水分がRC床版のコンクリート上面に作用する。このため，(　A　)作用による(　B　)が生じるとともに，使用されている骨材によっては，凍結防止剤に含まれる(　C　)によってアルカリシリカ反応が促進されることもある。また，凍結防止剤に含まれる(　D　)の作用で上側鉄筋が腐食することにより，上側鉄筋付近のコンクリートに水平方向のひび割れが生じる場合もある。さらに，このようなひび割れ発生部位に，水が浸入し，疲労の作用を受けたことにより砂利化が生じたと考えられる。砂利化は放置すると，舗装のポットホールの発生や床版の抜落ちなどにつながるおそれがある。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	流水の	すり減り	亜硝酸イオン	アルカリ金属イオン
(2)	流水の	すり減り	アルカリ金属イオン	塩化物イオン
(3)	凍結融解	微細ひび割れ	亜硝酸イオン	アルカリ金属イオン
(4)	凍結融解	微細ひび割れ	アルカリ金属イオン	塩化物イオン

問題（27）の解説

RC床版上面の凍害による砂利化に関する問題

防水層がない場合に、凍結融解作用を受け、微細ひび割れが生じる。

凍結防止剤に含まれるアルカリ金属イオンにより、アルカリシリカ反応が促進される場合もある。

また、塩化物イオンにより、鉄筋が腐食し、疲労の作用で砂利化が生じた可能性もある。

正解は、（4）

【問題　28】

築 20 年の RC 造の集合住宅で火災が発生した。火害による構造物の劣化（損傷）状況の調査を約 10 日後に実施した。表 1 は外観目視調査の結果，表 2 は鉄筋のかぶり厚さおよび中性化深さの測定結果である。

調査結果よりコンクリートに対する火害の影響を評価した次の記述中の（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。

表 1　外観目視調査の結果

調査箇所	状況
柱	煤（すす）が残留
天井	ピンク色に変色　火災が原因の亀甲状のひび割れ発生
梁	ピンク色に変色

表 2　鉄筋のかぶり厚さおよび中性化深さの測定結果

調査箇所	鉄筋のかぶり厚さ (mm)	中性化深さ (mm)
柱	40	6
天井	32	18
梁	35	25

外観目視調査の結果より，柱では煤(すす)が残留していることから，火害による推定受熱温度は(　A　)以下と考えられる。また，天井および梁ではコンクリート表面がピンク色に変色していることや，ひび割れの発生が認められるため受熱温度は(　B　)と推定される。なお，中性化深さの結果より火災による内部の鉄筋への影響は(　C　)といえる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	500 ℃	300～600 ℃	大きい
(2)	300 ℃	300～600 ℃	小さい
(3)	500 ℃	600～950 ℃	大きい
(4)	300 ℃	600～950 ℃	小さい

問題(28)の解説

火害に受けたコンクリート関する問題
煤が付着している状況から、受熱温度は、300℃未満。天井はピンク色で300～600℃。
この程度では、鉄筋への影響は小さい。
正解は、(2)

変色状況	温度範囲（℃）
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

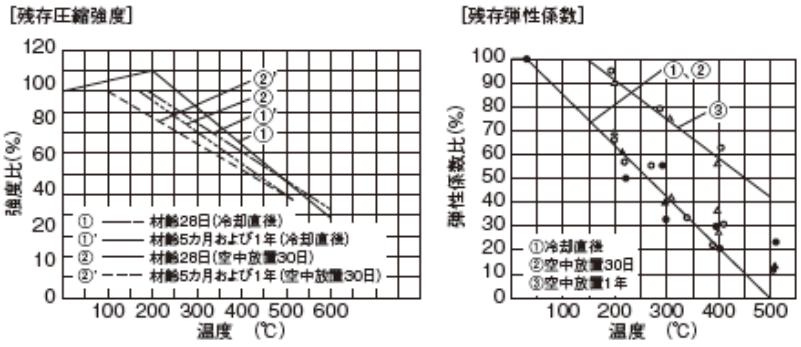
500℃

再使用可

再使用不可

火害による強度・弾性係数の変化

●加熱温度と残存強度、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　29】

RC造建築物の外壁について，竣工後25年経過時に点検を行った。この点検結果を，過去に行った竣工後1年および10年経過時点の点検結果とあわせて図に示す。10年経過時と25年経過時には中性化深さ測定も行っている。外壁はコンクリート打放しで，設計かぶり厚さは30 mmである。

25年経過時までの点検結果から判断されるこの建築物の劣化状況に関する記述(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。

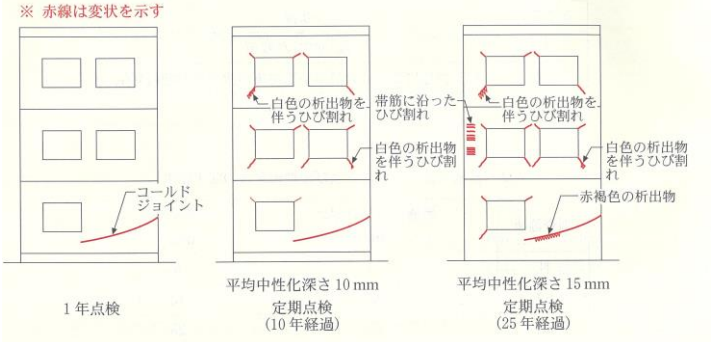


図　点検結果

（A） 乾燥収縮により生じたひび割れに，雨水が浸入している箇所がある。

（B） コールドジョイント部分で鉄筋腐食が進行しているおそれがある。

（C） かぶり厚さ不足による鉄筋腐食が柱において顕在化してきた。

（D） コンクリート表層部の中性化速度係数が時間の経過に伴い大きくなっている。

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

問題（29）の解説

RC造建築物の外壁の不具合

（A)乾燥収縮のひび割れから雨水の浸透は（適）
　１０年以降で白色の析出物がみられる。

（B)コールドジョイント部分で鉄筋の腐食（適）
　２５年経過で、赤褐色の析出物

（C)柱の鉄筋腐食（適）
　２５年経過で帯筋のひび割れ

（D)中性化速度係数は変化しない。（不適）

正解は、（４）

【問題　30】

コンクリート中の塩化物は鋼材の腐食を誘発することから，塩化物イオン量が規格または規準で規定されている。下表は，この件に関する規格または規準を年代順に示したものである。表中の(A)～(C)に当てはまる次の(1)～(4)の数値の組合せのうち，正しいものはどれか。

表　塩化物イオン量の規定

年代	規定の内容
1986 年	土木学会コンクリート標準示方書において，コンクリート中の全塩素イオン重量を（　A　）以下とすることが規定された。
1987 年	JIS A 6204(コンクリート用化学混和剤)において，塩化物イオン量による三つの種類の規定が設けられた。
1991 年	土木学会コンクリート標準示方書において，練りまぜ時におけるコンクリート中の全塩化物イオン量は，原則として，（　B　）以下とすることが規定された。
2003 年	JIS R 5210(ポルトランドセメント)において，普通ポルトランドセメントの塩化物イオン量の規定値が 0.02 % 以下から（　C　）以下となった。

	(A)	(B)	(C)
(1)	0.30 kg/m^3	0.20 kg/m^3	0.035 %
(2)	0.60 kg/m^3	0.30 kg/m^3	0.035 %
(3)	0.60 kg/m^3	0.30 kg/m^3	0.015 %
(4)	0.30 kg/m^3	0.20 kg/m^3	0.015 %

問題（30）の解説

塩化物イオン量の規定に関する問題

１９８６年土木学会標準示方書　0.6kg/m3以下と規定。

レディーミクストコンクリートは建築に合わせて、0.3kg/m3と規定されているため、実質は0.3kg/m3以下となっていることから、1991年の標準示方書では、0.3kg/m3以下と規定され、購入者が認めれば0.6kg/m3も可能としている。

JIS A 5210 でポルトランドセメントの塩化物イオン量の規定値は、0.02%から0.035%に緩和された。

これは、廃棄物を燃料や原料に使用しやすくするための緩和として許容されることになった。

正解は、（２）

【問題　31】

写真１に示す積雪寒冷地にある高速道路の掛違い橋脚で変状が発生していた。掛違い橋脚の概念図は図のとおりである。橋脚の変状部をはつり取って鉄筋の状態を確認すると写真２のようであった。また，調査の結果を表に示す。この橋脚の対策として，次の（1）～（4）のうち，不適当なものはどれか。

写真１　変状が生じた橋脚

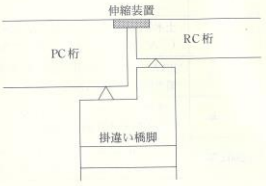


図　掛違い橋脚の概念図

写真２　鉄筋の状態

表　調査結果

調査項目		調査結果
かぶり		60～80 mm
中性化深さ		8.0 mm
全塩化物イオン量	帯鉄筋位置	2.8 kg/m^3
	主鉄筋位置	1.9 kg/m^3
圧縮強度		32 N/mm^2

（1）　電気防食工法
（2）　脱塩工法
（3）　再アルカリ化工法
（4）　断面修復工法

問題（31）の解説

高速道路の掛違い橋脚の不具合
写真2から、塩害とみられる不具合が認められる。
表から、中性化深さは中性化残りを考えても、鉄筋まで未達と考えられる。また、塩化物イオン量は、1.9～2.8kg/m3と多い。
電気防食、脱塩工法、断面修復工法は妥当。
再アルカリ化工法は、不適当

正解は、（3）が不適当

【問題　32】

夏期に普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートで施工した逆Ｔ式擁壁に，図に示すような幅 0.3～0.5 mm の貫通ひび割れが発生した。このようなひび割れを抑制するための対策として，次の（1）～（4）のうち，不適当なものはどれか。

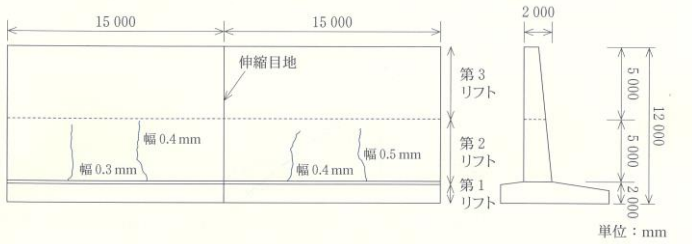


図　逆Ｔ式擁壁に生じたひび割れ

（1）　セメントをフライアッシュセメントに変更
（2）　配力筋方向の鉄筋を追加
（3）　液体窒素による骨材のプレクーリング
（4）　型枠の存置期間を短縮

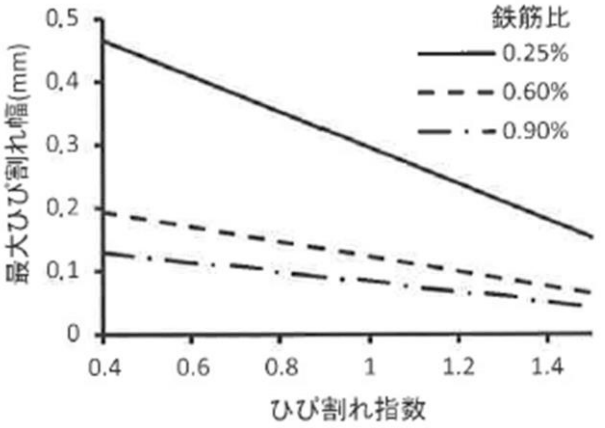
問題（32）の解説

逆T式擁壁に生じた温度ひび割れに関する問題
ひび割れ抑制のための対策として不適当なもの

（1）セメントを低発熱性にするのは適当
（2）配力筋を増やすのは、ひび割れ幅を減じるので適当
（3）液体窒素で骨材をプレクーリングすると、温度上昇を抑えることができるので、適当
（4）型枠の存置期間を短縮すると、温度降下が早まり、温度応力が引張強度の上昇を上回り、ひび割れは入りやすくなるので、不適当

正解は、（4）が不適当

配力鉄筋によるひび割れ幅の低減



液体窒素によるプレクーリング

噴射する液体窒素は－196℃

直接噴射方式

戸田建設HPより

細骨材に噴射して冷却する方式

【問題　33】

塩害により劣化したコンクリート構造物の断面修復における鉄筋防錆処理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。

アノード型インヒビターである亜硝酸塩系の鉄筋防錆剤は鉄筋を(　A　)させることができるため有効である。一方，亜硝酸塩系防錆剤を塗布すると鉄筋の電位は(　B　)化するが，既設部に塩分が残留すると補修後に断面修復部近傍の既設部で発生する(　C　)腐食を抑制できないことがある。このため，断面修復の範囲は，鉄筋周辺に残存する塩化物イオンの影響を考慮して決定する必要がある。

	(A)	(B)	(C)
(1)	不動態化	卑	ミクロセル
(2)	不動態化	貴	マクロセル
(3)	活性化	貴	ミクロセル
(4)	活性化	卑	マクロセル

問題(33)の解説

塩害を受けた構造物の断面修復に関する問題
亜硝酸塩系の鉄筋防錆剤は鉄筋を不動態化させる。
亜硝酸系防錆剤を塗布すると、電位は貴化する。
既設部に塩分が残留すると、マクロセル腐食が発生する可能性が残る。

正解は、(2)

【問題　34】

変動荷重を受ける部材の疲労に対する安全性を評価する際には，線形累積損傷則（マイナー則）を用いることが多い。下図は，コンクリート部材の破壊に対する作用の応力比 S と破壊までの繰返し回数 N の関係を表している。この部材に条件（A）～（C）の荷重が作用すると想定した場合の，部材の安全性の評価の組合せとして，次の（1）～（4）のうち，適当なものはどれか。

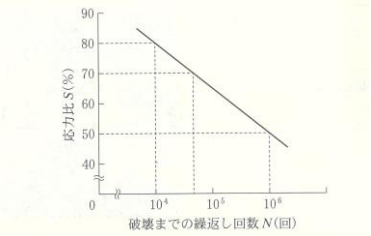


図　応力比 S と破壊までの繰返し回数 N の関係

条件（A）：応力比 70 % に相当する荷重が 100 000 回作用

条件（B）：応力比 80 % に相当する荷重が 7 000 回作用した後に，
応力比 50 % に相当する荷重が 700 000 回作用

条件（C）：応力比 50 % に相当する荷重が 900 000 回作用

	条件（A）	条件（B）	条件（C）
（1）	破壊する	破壊する	破壊する
（2）	破壊する	破壊する	破壊しない
（3）	破壊しない	破壊しない	破壊する
（4）	破壊しない	破壊しない	破壊しない

問題（34）の解説
（2018年度の問題の条件を変えた設問）

線形累積損傷則（マイナー則）

（A）応力比　70%の荷重10万回　⇒破壊する

（B）応力比　80%の荷重7千回

7千回／1万回　⇒　損傷度0.7

応力比　50%の荷重70万回

70万回／100万回　⇒　損傷度0.7

合計1.4なので破壊

（C）応力比　50%の荷重90万回

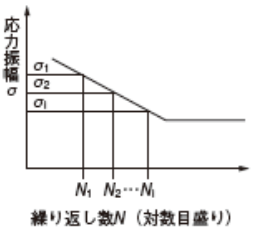
90万回／100万回　⇒　損傷度0.9

⇒破壊しない

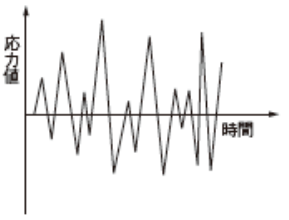
正解　（2）

疲労強度（累積疲労損傷度）

●S-N曲線の例



●実働状態の応力波形の例



$$M = \sum_j \frac{n_j}{N_j}$$

ここに、M：累積疲労損傷度

n_j：作用応力振幅$\Delta\sigma$の繰り返し回数

N_j：作用応力振幅$\Delta\sigma$による疲労寿命

【問題　35】

供用後 45 年を経過した鋼道路橋 RC 床版の維持管理において，床版上面増厚工法（シナリオ A）と，プレキャスト PC 床版への取替え（シナリオ B）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，表のシナリオ A に基づいて算出した対策後の LCC を示す。

シナリオ B がシナリオ A の LCC を下回る時点として，次の（1）～（4）のうち，最も近いものはどれか。なお，社会的割引率 r は式 1，n 年後に要する費用を現在価値に置き換えた値 V は式 2 で表され，資本の利率 h を 2.0 %，物価変動率 i を 2.0 % とする。

$$r = \frac{(1+i)}{(1+h)} - 1 \quad \cdots\cdots\text{式 1} \qquad V = \frac{n\text{ 年後の費用}}{(1+r)^n} \quad \cdots\cdots\text{式 2}$$

表　LCC の算出に用いる単価

項目	シナリオ A	シナリオ B
点検費用 （毎年継続的に実施）	1 百万円	1 百万円
床版上面増厚費用（防水システムを含む） （30 年毎に実施）	100 百万円	
部分打換え費用 （床版上面増厚毎に 20 年経過後から毎年実施）	7 百万円	
プレキャスト PC 床版への取替え費用 （防水システムを含む）（耐用期間 100 年）		340 百万円

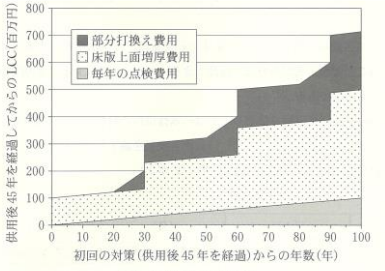


図　シナリオ A の LCC

（1）　約 30 年経過時
（2）　約 50 年経過時
（3）　約 60 年経過時
（4）　約 90 年経過時

問題（35）の解説
（**2019**年度の数値を変えた問題）

社会的割引率（式1）　h2%　i 2%　r=0 となる
n年後に要する費用と現在価値（式2）は同等
シナリオA　図の通り
30年後　　1×30＋100×2＋7×10＝300
50年後　　300＋1×20＝320
60年後　　320＋1×10＋100＋7×10＝500
シナリオB　50、60年後のLCC
340＋1×50＝390
340＋1×60＝400
正解は（3）

問題（35）の解説
（**2019**年度の数値を変えた問題）

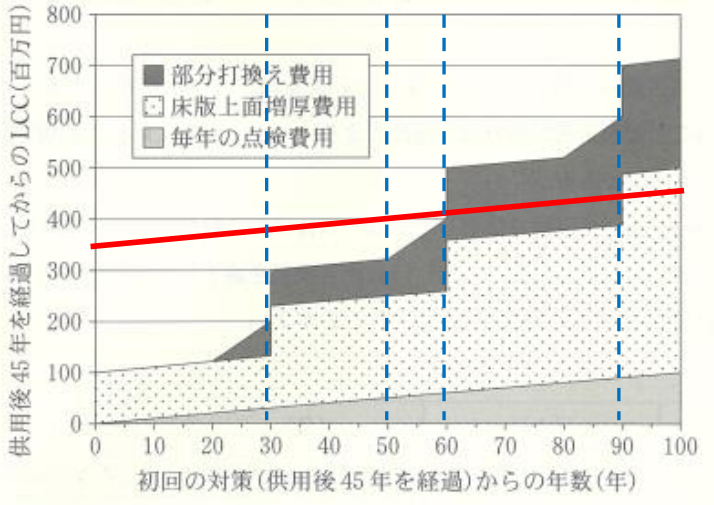


図　シナリオAのLCC

【問題　36】

RC造建築物の乾燥収縮により発生したひび割れの補修工法および使用材料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。

幅が0.2 mmのひび割れに適用する注入工法で，乾燥している箇所は(　A　)の材料を使用したが，ひび割れ幅の小さい部分への充填性も考慮して粘性の(　B　)材料を使用した。

幅が1.0 mm以上のひび割れに適用する充填工法で，挙動の小さい部位の材料は可とう性エポキシ樹脂を使用したが，挙動の大きい部位の材料は(　C　)を使用した。

	(A)	(B)	(C)
(1)	エポキシ樹脂	小さい	シリコーン樹脂
(2)	エポキシ樹脂	大きい	ポリマーセメントモルタル
(3)	ウレタン樹脂	大きい	シリコーン樹脂
(4)	ウレタン樹脂	小さい	ポリマーセメントモルタル

問題(36)の解説

乾燥収縮により生じたひび割れの補修

ひび割れ幅0．2mmの初期ひび割れの補修は、エポキシ樹脂が適当。

浸透性を考慮して、粘性が小さい方が望ましい。

ひび割れ幅が大きく、挙動の大きい場合は、シリコーン樹脂が望ましい。

正解は、(1)

【問題　37】

表面含浸工法の施工完了時に出来形検査を行うこととした。その検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。

（　A　）表面含浸材を塗布したコンクリート表面は，はっ水性を有するためこの性質を利用し，散水することで施工範囲を目視で確認できる。なお，必要に応じて微破壊試験で含浸深さを特定することも可能である。

一方，（　B　）表面含浸材を塗布してもはっ水性は得られないため，散水により施工範囲を確認することは難しい。そのため，（　B　）表面含浸材を施工した箇所で（　C　）することを利用して，透水試験等により施工範囲の確認を行うのがよい。

	(A)	(B)	(C)
(1)	シラン系	反応型けい酸塩系	アルキル基が付着
(2)	シラン系	反応型けい酸塩系	細孔構造が緻密化
(3)	反応型けい酸塩系	シラン系	アルキル基が付着
(4)	反応型けい酸塩系	シラン系	細孔構造が緻密化

問題(37)の解説

表面含浸工法の検査に関する問題
撥水性を有するのは。シラン系表面含浸材
反応型珪酸塩系表面含浸材は撥水性がない。
この材料は、細孔構造が緻密化するため、
透水試験で、その効果を確認できる。

正解は、(2)

問題(37)の解説

種別		特長	備考
シラン系		・疎水性のアルキル基によりコンクリート表層部に吸水防止層（撥水層）を形成。 ・細孔を埋めないため呼吸性を損なわない。	・水分、塩化物イオンの遮断性は優れるものの、中性化を促進することもある。 ・ただし、材料選定次第では中性化へも適用可能。 ・滞水する部位では適用困難。
けい酸塩系	反応型 けい酸塩系	・けい酸ナトリウム系 ・けい酸カリウム系 ・水酸化カルシウムと反応し、C-S-Hゲルを生成して空隙を充填する。 ・水分供給により再度溶解。	・微細ひび割れであれば閉塞。 ・中性化が進行した領域ではカルシウム分が減少しており、緻密化の反応が困難。 ・ただし、カルシウム補助剤を併用するタイプもある。
	固化型 けい酸塩系	・けい酸リチウム系 ・材料自体の乾燥固化により空隙を充填する。 ・固化物は難溶性。	・微細ひび割れを閉塞。 ・表面硬度の向上。 ・劣化因子遮断性はやや低い。

【問題　38】

塩害とアルカリシリカ反応(ASR)による複合劣化が懸念されるRC構造物に，脱塩工法を適用する場合の留意点に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち，適当なものはどれか。

脱塩工法を適用することで，コンクリート中に泳動する(　A　)の影響でASRが助長される可能性がある。そのため，あらかじめコンクリートのASRの反応性を評価する必要がある。評価方法としては，脱塩工法の影響を考慮した(　B　)での促進膨張試験が望ましい。試験の結果，ASRの進行が懸念される場合には，脱塩工法の電解質溶液に(　C　)を用いるとASRを抑制できる。

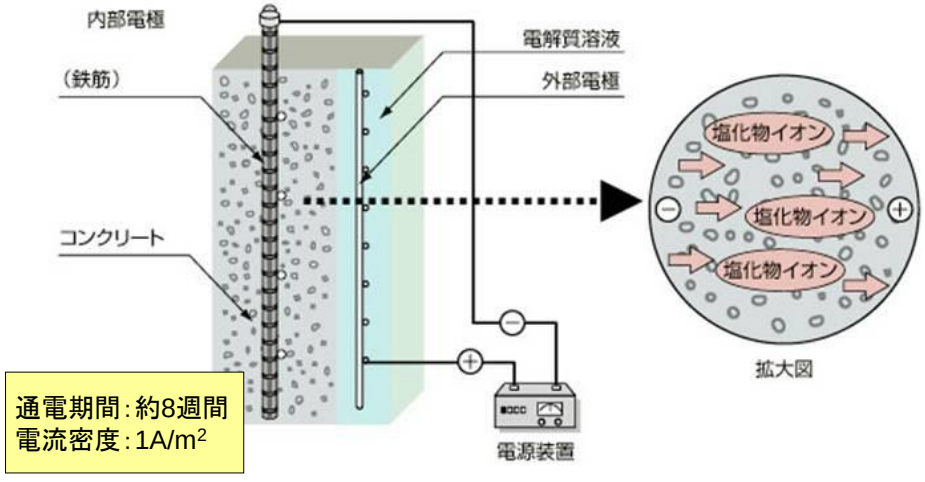
	(A)	(B)	(C)
(1)	ナトリウムイオン	塩化カルシウム溶液中	水酸化カルシウム水溶液
(2)	ナトリウムイオン	高アルカリ環境	ホウ酸リチウム水溶液
(3)	塩化物イオン	塩化カルシウム溶液中	ホウ酸リチウム水溶液
(4)	塩化物イオン	高アルカリ環境	水酸化カルシウム水溶液

問題（38）の解説

塩害とアルカリシリカ反応の複合劣化の問題
脱塩工法を用いた場合、ASRが助長されるのは、ナトリウムイオンの影響。
評価方法として、高アルカリ環境下で促進試験をすることが望ましい。
脱塩工法の電解質溶液には、ホウ酸リチウム水溶液を用いるとASRを抑制できる。

正解は、（2）

問題（38）の解説



脱塩工法の概念図

【問題　39】

鋼橋 RC 床版のプレキャスト PC 床版への取替工事(写真 1)において，プレキャスト PC 床版の継手構造にループ継手(写真 2)を用いることとした。ループ継手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。

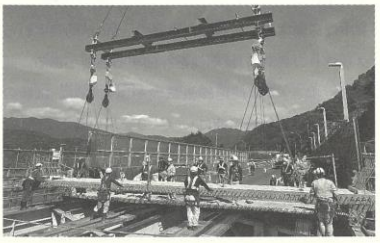


写真 1　プレキャスト PC 床版の設置状況

写真 2　ループ継手の例

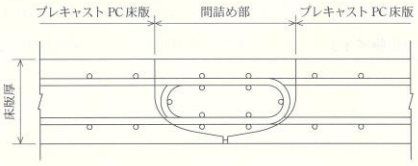


図　ループ継手の模式図

ループ継手は，写真 2 や図に示すようにループ型に加工した鉄筋を重ね合わせて配置し，ループ内のコンクリートに対する鉄筋の拘束効果により，短い継手長で高い耐荷力を有する継手構造である。このため，ループ継手の採用により，重ね継手に比べて間詰め部を小さくできるが，床版支間長が(　A　)場合，床版厚が最小床版厚では決まらず，鉄筋の曲げ半径により決まることがある。

また，連続桁の間詰材は，(　B　)に打ち込むことで，負曲げ範囲に生じるひび割れの発生を抑制できる。間詰材は，収縮防止を目的に(　C　)が用いられる。また，打継目からの雨水等の浸入による鋼材の腐食の進行を抑制するため，エポキシ樹脂塗装鉄筋が用いられることが多い。

	(A)	(B)	(C)
(1)	大きい	すべての PC 床版を設置完了後	無収縮モルタル
(2)	大きい	PC 床版を 1 枚設置ごと	膨張コンクリート
(3)	小さい	すべての PC 床版を設置完了後	膨張コンクリート
(4)	小さい	PC 床版を 1 枚設置ごと	無収縮モルタル

問題（39）の解説

ループ継手に関する問題

プレキャストPC床版の支間長が小さい場合は、最小床版厚さより、曲げ半径により決まることがある。

連続桁の間詰材は、すべてのPC床版を設置後に打ち込むと負の曲げにより生じるひび割れを抑制できる。

間詰材は、収縮防止を目的に、膨張コンクリートが用いられる。

正解は、（3）

【問題　40】

PC ゲルバー桁における掛違い部の劣化対策として，掛違い部の連続化を計画する。死荷重による支点反力 V_B に関する連続化前（図 1）および連続化後（図 2）の組合せとして，次の（1）～（4）のうち，適当なものはどれか。

ここで，死荷重は単位桁長さあたり q とし，図に示すように等分布荷重として作用する。なお，連続化によるコンクリートの収縮やクリープ，温度変化の影響は考慮しないものとする。また，部材の曲げ剛性は桁全長にわたり一定とする。

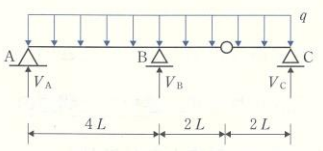


図 1　連続化前

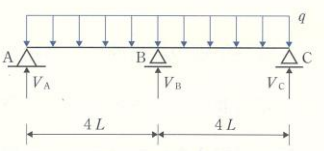


図 2　連続化後

○：中間ヒンジ　△：固定支承　△：可動支承

	連続化前の V_B	連続化後の V_B
（1）	$4\,qL$	連続化前の V_B より大きくなる
（2）	$4\,qL$	連続化前の V_B より小さくなる
（3）	$6\,qL$	連続化前の V_B より大きくなる
（4）	$6\,qL$	連続化前の V_B より小さくなる

問題（40）の解説

PCゲルバー桁の桁違い部の劣化対策の問題
連続化前の支点反力VB　6qL
連続化後のVBは、連続化前より小さくなる。

正解は、（4）