

# 2020年度 コンクリート診断士試験解説

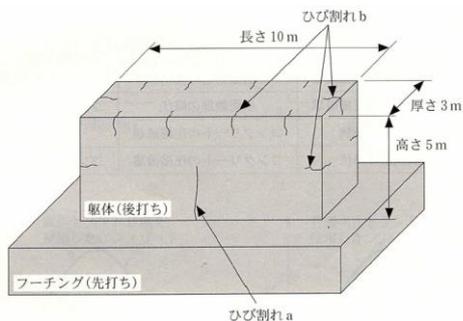
十河 茂幸(1~3、6~11、13~18、21~24、26)

江良 和徳(4、5、12、19、20、25、27~40)

## 【問題 1】

温度ひび割れ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RC橋脚に生じたひび割れを示す。図中のひび割れaは、躯体の温度の( A )に伴ってフォーミングによる拘束を受けることによって発生し、躯体を( B )ひび割れとなることが多い。また、図中のひび割れbは、躯体の( C )によって発生し、コンクリートの温度が( D )する際に発生しやすい。



	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	上昇	貫通しない	中心と表面の温度差	降下
(2)	降下	貫通しない	表面と外気の温度差	上昇
(3)	上昇	貫通する	表面と外気の温度差	降下
(4)	降下	貫通する	中心と表面の温度差	上昇

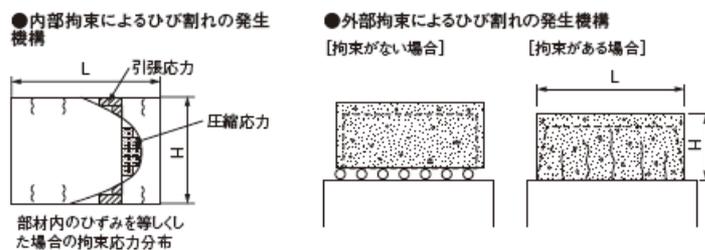
## 水和熱に起因する温度ひび割れ

### 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。



### 問題1 の解説

温度ひび割れは、内部拘束のより発生するひび割れと外部拘束により発生するひび割れがある。

**内部拘束温度ひび割れ**は、温度上昇時に生じ、内部温度が最大になったときに部材の表面との温度差により表面部の引張応力が最大となることで、表面に発生する。

**外部拘束温度ひび割れ**は、部材の内部温度が低下するに伴い、既設構造物の拘束を受けて次第に引張応力が大きくなり、温度が低下した時期に最大となり生じる。外部拘束ひび割れは、部材を貫通するひび割れである。

(A)には「降下」、(B)には「貫通」(C)には「中心と表面の温度差」、(D)には「上昇」が入る。

以上のことから、(4)が適当である。

## 【問題 2】

梁部材の耐荷性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。

曲げを受ける鉄筋コンクリート梁部材で、コンクリートが先に圧縮破壊するか引張鉄筋が先に降伏応力に達するかは、部材の鉄筋比による。一般的に、(A)よりも先に(B)が生じるように設計すると脆性的な破壊を防ぐことができる。ただし、技術基準等で定められる最小鉄筋比より極端に小さい鉄筋比の場合には、曲げひび割れの発生とほぼ同時に(C)が生じ、最終的に脆性的な破壊に至るため注意が必要である。

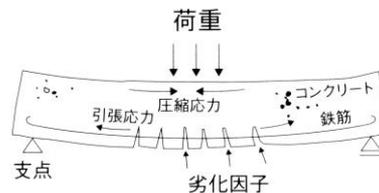
	(A)	(B)	(C)
(1)	コンクリートの圧縮破壊	引張鉄筋の降伏	引張鉄筋の降伏
(2)	コンクリートの圧縮破壊	引張鉄筋の降伏	コンクリートの圧縮破壊
(3)	引張鉄筋の降伏	コンクリートの圧縮破壊	引張鉄筋の降伏
(4)	引張鉄筋の降伏	コンクリートの圧縮破壊	コンクリートの圧縮破壊

## 問題(2)の解答

曲げを受ける梁部材では、曲げ応力の発生により引張鉄筋が降伏するように設計されると、圧縮側のコンクリートが圧縮破壊を生じる脆性破壊を防ぐことができる。つり合い鉄筋比より極端に小さい鉄筋比にすると曲げひび割れと同時に引張鉄筋の降伏が生じ、脆性的な破壊となる。

(A)には「コンクリートの圧縮破壊」、(B)には引張鉄筋の降伏」、(C)には「引張鉄筋の降伏」が入る。

以上のことから、(1)が適当である。



## 釣り合い鉄筋比とは

引張側の鉄筋と、圧縮側のコンクリートが同時に  
許容応力度に達するときの引張鉄筋比

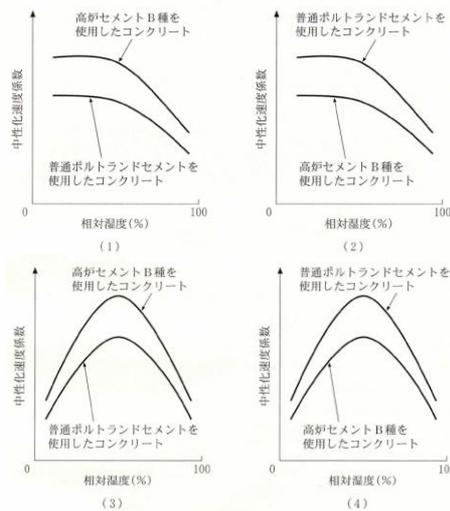
釣り合い鉄筋比と同等 ⇒ 引張鉄筋と圧縮側コンクリートが同時に  
許容応力度に達する

釣り合い鉄筋比以下 ⇒ 引張鉄筋が先に許容応力度に達する

釣り合い鉄筋比以上 ⇒ 圧縮側コンクリートが先に許容応力度  
に達する

### 【問題 3】

相対湿度とコンクリートの中性化速度係数の関係を表す次の(1)～(4)の概念図のうち、適当なものはどれか。ただし、セメント種類によらず各コンクリートの水セメント比は同じとする。

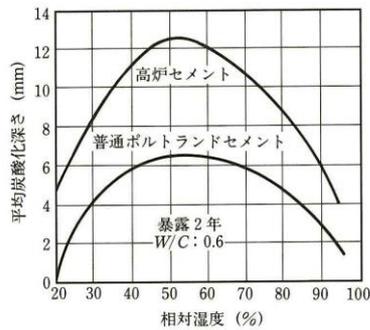


### 問題(3)の解答

中性化速度係数は、図に示すように相対湿度が50～60%くらいで最大となり、相対湿度が大きくても小さくてもそれより小さくなる。

また、普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートより、高炉セメントB種を用いたコンクリートの方が中性化速度は大きくなる。

以上のことから、(3)が適当である。



#### 【問題 4】

コンクリート中における鋼材の腐食生成物の形成プロセスに関して、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。

コンクリート中の鋼材は溶解して $\text{Fe}^{2+}$ となり、加水分解により(A)が生じる。塩化物イオンが存在すると、(A)が酸化して、いわゆる緑錆が生じる。緑錆は、酸化速度が大きい環境下では(B)に変化し、酸化速度が小さい環境下では(C)に変化する。このように腐食環境に応じて腐食生成物に変化し、異なる体積膨張率を示す。

	(A)	(B)	(C)
(1)	$\gamma\text{-FeOOH}$ (橙色)	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$
(2)	$\text{Fe}_3\text{O}_4$ (黒色)	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\gamma\text{-FeOOH}$
(3)	$\text{Fe}(\text{OH})_2$ (白色)	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	$\gamma\text{-FeOOH}$
(4)	$\text{Fe}(\text{OH})_2$ (白色)	$\gamma\text{-FeOOH}$	$\text{Fe}_3\text{O}_4$

## 問題(4)の解答

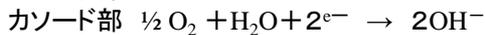
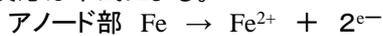
鉄の腐食に関する問題である。

鉄は、鉄鉱石を精錬(酸素を失う:還元)して使用される。鉄を放置すると水と酸素に接して腐食(酸化)し、最も安定した状態(酸化鉄)に戻ろうとする。

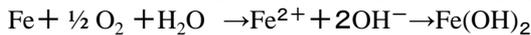
加水分解により、 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ となり、常温の大気環境でオキシ水酸化鉄( $\text{FeOOH}$ )となり、酸化速度が小さい環境では $\text{Fe}_3\text{O}_4$ (マグネタイト)に変化する。(A)には「 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ (白色)」、(B)には「 $\gamma\text{-FeOOH}$ 」、(C)には「 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 」が入る。

以上のことから、(4)が適当である。

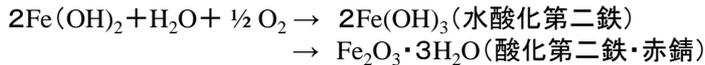
腐食反応は下式による。



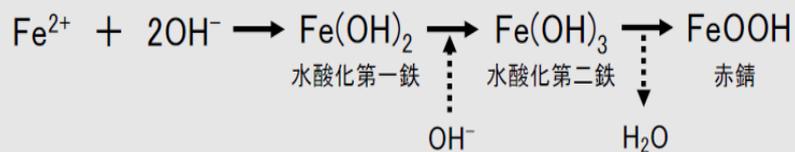
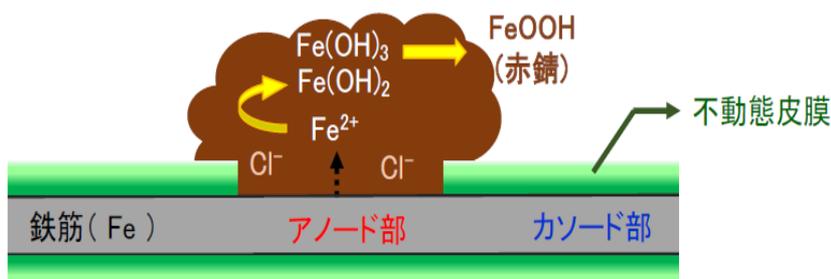
鉄の反応は、アノード反応とカソード反応の和で、水酸化第一鉄( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ )が生成。



水酸化第一鉄は不安定で、さらに酸化し水酸化第二鉄、酸化第二鉄(赤錆)になる。



## 鉄筋腐食について



## 【問題 5】

コンクリートのアルカリシリカ反応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。

我が国における火成岩のうち、反応性を示す可能性が高い岩種の区分は( A )である。この理由は、マグマの冷却速度が( B ), 結晶が( C )し、反応性の高い鉱物が生成されやすいためである。また、堆積岩の一種である( D )の中には、アルカリシリカ反応の遅延膨張性を示すものがあるので注意が必要である。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	深成岩	小さく	細粒化	石灰岩
(2)	深成岩	小さく	粗粒化	砂岩
(3)	火山岩	大きく	粗粒化	石灰岩
(4)	火山岩	大きく	細粒化	砂岩

## 問題(5)の解答

アルカリシリカ反応を生じる可能性が高い岩種は火山岩で、これはマグマの冷却速度が大きいために細粒の結晶となり、反応性の高い鉱物が生成されやすくなると考えられる。

また、堆積岩の中でも砂岩はアルカリシリカ反応の遅延膨張性を示すものがある。

(A)には「火山岩」、(B)には「大きく」、(C)には「細粒化」、

(D)には「砂岩」が入る。

以上のことから、(4)が適当である。

**火成岩** 火山岩と深成岩に分類

火山岩: 玄武岩、安山岩、流紋岩など

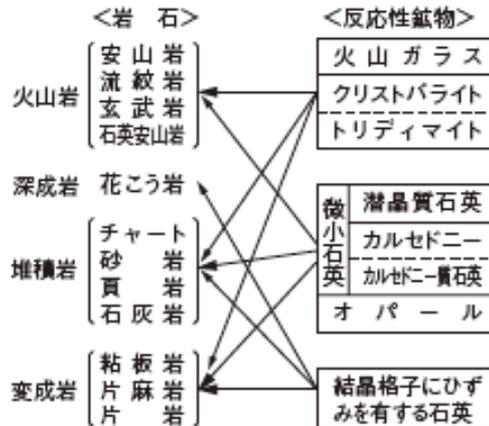
深成岩: 花崗岩、閃緑岩、斑れい岩、かんらん岩など

**堆積岩** 大きさによる分類 泥岩、砂岩、礫岩

成分による分類 チャート、石灰岩、凝灰岩

## 反応性鉱物について

### ●反応性鉱物とそれを含む岩石



### 【問題 6】

フライアッシュを用いたコンクリートの耐凍害性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。

フライアッシュを用いることでコンクリートの細孔構造の緻密化を図ることができ、一般にコンクリートの物質移動抵抗性が向上する。

一方、フライアッシュに含有される未燃カーボンはAE剤を吸着する性質があるため、フライアッシュを用いたコンクリートではAE剤を用いても気泡は連行されにくく、気泡間隔係数が(A)なる。また、フライアッシュを用いることでコンクリートの凝結が(B)傾向があり、(C)が多くなると、気泡の粗大化や消失等が生じる。このため、フライアッシュを用いたコンクリートでは、特殊なAE剤を使用し、耐凍害性を確保する対応が一般に行われる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	大きく	促進される	セメントの水和発熱量
(2)	小さく	促進される	セメントの水和発熱量
(3)	大きく	遅延する	ブリーディング量
(4)	小さく	遅延する	ブリーディング量

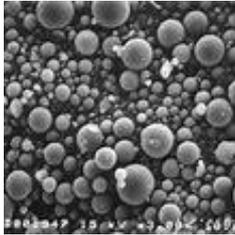
## 問題(6)の解答

フライアッシュを用いたコンクリートの耐凍害性に関する問題。

フライアッシュは未燃カーボンを含むため、気泡が連行されにくく、気泡間隔係数は大きくなる。また凝結は遅延し、そのためにブリーディングが増加する傾向にある。

(A)には「大きく」、(B)には「遅延する」、(C)には「ブリーディング量」が入る。

以上のことから、(3)が適当である。



FAの未燃カーボン:

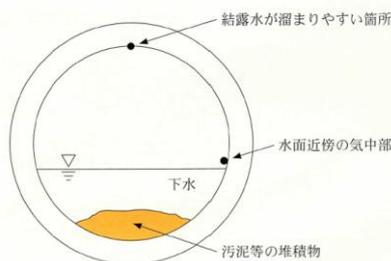
火力発電時の燃焼温度が低いと多くなる。  
AE剤成分を吸着し、混和剤の量が多く必要。  
未燃カーボンの量は強熱減量で測定できる。

フライアッシュ: 石炭を燃焼したときの灰(石炭灰)の一種

### 【問題 7】

下水道施設における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。

下水中の硫酸塩は、硫酸塩還元細菌の働きにより(A)に変化する。その後、(A)ガス濃度が高まり、気相部のコンクリート表面における硫黄酸化細菌の働きにより硫酸が生成する。硫酸とコンクリート中の(B)が反応すると、(C)などが生成されて顕著な体積膨張が生じる。硫酸による化学的侵食は、図中に示した結露水が溜まりやすい箇所や水面近傍の気中部で著しく進行しやすい。



	(A)	(B)	(C)
(1)	硫化水素	C-S-H	硫酸ナトリウム
(2)	硫化水素	Ca(OH) <sub>2</sub>	二水石こう
(3)	二酸化硫黄	Ca(OH) <sub>2</sub>	無水石こう
(4)	二酸化硫黄	C-S-H	二水石こう

## 問題(7)の解答

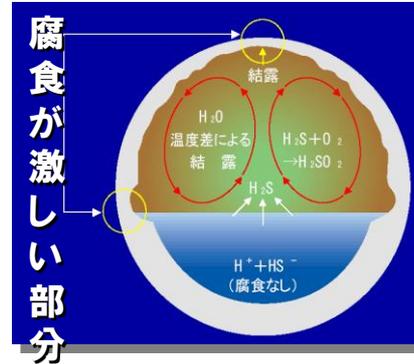
下水道施設の化学的侵食に関する問題。  
下水中の硫酸塩還元細菌の働きにより、硫化水素ガスが発生する。気相部で硫酸となりコンクリート中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と反応し、二水石こうとなって体積膨張を生じる。

(A)には「硫化水素」、(B)には「 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 」、

(C)には「二水石こう」が入る。

以上のことから、(2)が適当。

- ① 下水中の硫酸塩還元細菌で、硫化ガスが発生
- ② 気相部で硫酸に変化し、C-Hと反応
- ③ 二水石こうとなり、体積膨張



### 【問題 8】

鋼道路橋 RC 床版の疲労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。

劣化初期において、床版の乾燥収縮が主桁に拘束されると、( A )方向に一方向ひび割れが発生する。その後、繰返し荷重を受けるとひび割れ( B )は大きくなる。さらに押抜きせん断耐力の低下が顕著となる段階では、ひび割れ( B )の変化は小さいものの、ひび割れ( C )が徐々に大きくなる。なお、( D )状態にある RC 床版は、上述のような疲労による劣化の進行は非常に速くなる。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	橋 軸	幅	密 度	滞 水
(2)	橋 軸	密 度	幅	乾 燥
(3)	橋軸直角	密 度	幅	滞 水
(4)	橋軸直角	幅	密 度	乾 燥

## 問題(8)の解答

RC床版の疲労に関する問題。

初期に橋軸直角方向にひび割れが生じ、その後橋軸方向にひび割れが生じて、次第にひび割れ密度が増加する。

疲労は進むとひび割れ幅が大きくなり、剥落につながる。

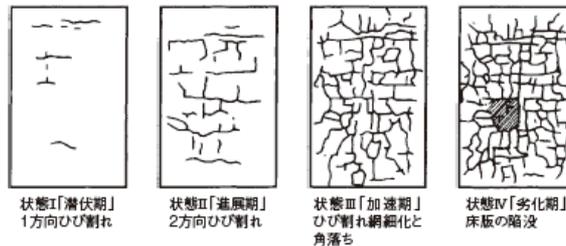
また、疲労は滞水状態にあると劣化の進行が早くなる。

(A)には「橋軸直角」、(B)には「密度」、(C)には「幅」、

(D)には「滞水」が入る。

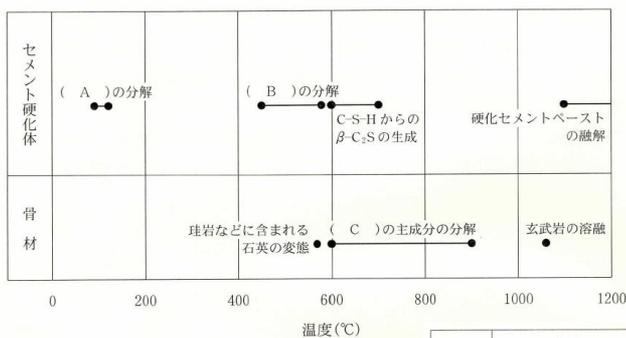
以上のことから、(3)が適当である。

●鉄筋コンクリート床版の疲労による劣化進行状態



### 【問題 9】

下図は、火災などによって加熱されたコンクリートの各温度域において、セメント硬化体と骨材の化学的変化を模式的に示したものである。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。



	(A)	(B)	(C)
(1)	水酸化カルシウム	エトリンガイト	安山岩
(2)	エトリンガイト	水酸化カルシウム	安山岩
(3)	水酸化カルシウム	エトリンガイト	石灰岩
(4)	エトリンガイト	水酸化カルシウム	石灰岩

## 問題(9)

### 火災で加熱されたコンクリートの変化

受熱温度が100°C程度でエトリンガイトが分解

受熱温度が450°Cを超えると、水酸化カルシウム(C-H)が分解

600°Cを超えるとC-S-Hが分解を始める。

骨材で溶融温度が低いのは石灰岩

(A)には「エトリンガイト」、(B)には「水酸化カルシウム」、

(C)には「石灰石」が入る。

⇒ (4)が正解

#### 【問題 10】

コンクリートの複合劣化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。

凍結融解環境下では、コンクリートに( A )が供給されると、毛細管内における水の( B )の影響等により未凍結水量が増加し、さらに浸透圧の増加によって凍害による劣化の進行が促進されることがある。また、凍害で劣化したコンクリートには( A )が浸入しやすくなり、細孔内の( C )にともなってアルカリシリカ反応が促進されることがある。

	(A)	(B)	(C)
(1)	NaCl	昇華	表面張力の低下
(2)	NaCl	凝固点降下	pHの上昇
(3)	CaCl <sub>2</sub>	凝固点降下	表面張力の低下
(4)	CaCl <sub>2</sub>	昇華	pHの上昇

## 問題(10)の解答

### コンクリートの複合劣化に関する問題。

凍結融解環境下でNaClが供給されると、毛細管内の水の凝固点温度が低下し、浸透圧による劣化の進行が早くなる。

また、NaClが供給されると、細孔溶液中のpHが上昇し、アルカリシリカ反応が促進されることがある。

(A)には「NaCl」、(B)には「凝固点降下」、

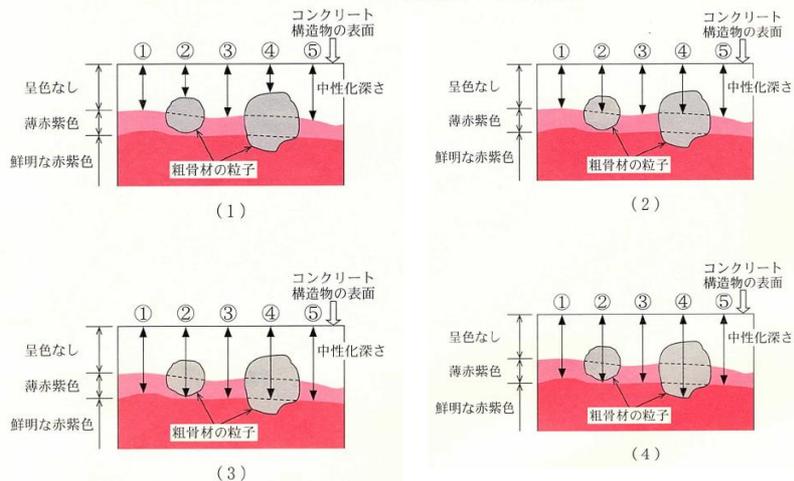
(C)には「pHの上昇」が入る。

以上のことから、(2)が適当である。

凍結防止剤: NaCl      融雪剤: CaCl<sub>2</sub>  
この内、ASRを促進するのは、Na<sup>+</sup>を持つ、凍結防止剤

### 【問題 11】

コンクリート構造物から採取したコア供試体の割裂面において、JIS A 1152:2018(コンクリートの中性化深さの測定方法)により中性化深さを測定した。図中の①～⑤の測定位置における中性化深さとして、次の(1)～(4)のうち適当なものはどれか。



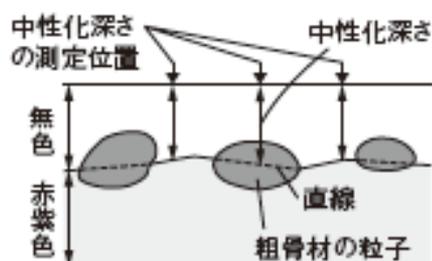
## 問題(11)の解答

コアの中性化深さの測定方法の問題。

鮮明な赤紫色に抵触した部分を中性化していると判定する。

骨材のある箇所は、骨材の前後の中性化位置を直線で結んだ箇所を測定するとされている。

以上のことから、(3)が適当である。



### 【問題 12】

アルカリシリカ反応が疑われるコンクリート構造物から試料を採取して行う調査に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) 目視により、反応リム(骨材周縁部の変色)の有無を調べた。
- (2) 偏光顕微鏡により、骨材中の反応性鉱物の種類を調べた。
- (3) 蛍光顕微鏡により、骨材の  $\text{SiO}_2$  量を調べた。
- (4) SEM(走査型電子顕微鏡)に付属のEDS(エネルギー分散型X線分光器)により、白色ゲル状物質の化学成分を調べた。

## 問題(12)の解答

アルカリシリカ反応性の評価方法に関する問題。

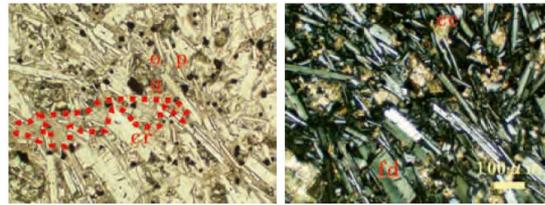
蛍光顕微鏡は、生体または非生体試料からの蛍光・燐光現象を観察することにより、対象を観察する顕微鏡である。蛍光顕微鏡では骨材の $\text{SiO}_2$ は測定できない。

(1)、(2)、(4)は正しい記述。

以上のことから、(3)が不適當である。



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

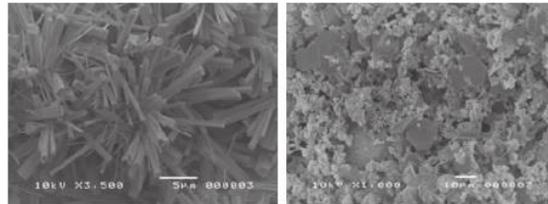
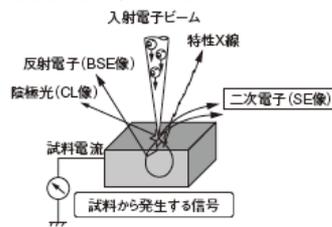
偏光顕微鏡写真

## 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。

## ■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

#### 【問題 13】

戸建て住宅の布基礎部のコンクリートに白色析出物が観察された。この物質の特定方法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。

簡易的に調べる方法として、白色析出物が( A )に溶解した場合、エフロレッセンスやアルカリシリカゲルの可能性は低くなり、硫酸塩劣化に伴う生成物である可能性が高くなる。さらに、硫酸塩劣化に伴う生成物であることを特定するためには、( B )を用いて鉱物を同定するとよい。

	(A)	(B)
(1)	蒸留水	粉末X線回折装置(XRD)
(2)	蒸留水	原子吸光度計
(3)	希塩酸	粉末X線回折装置(XRD)
(4)	希塩酸	原子吸光度計

## 問題(13)の解答

住宅の布基礎部コンクリートで観察される白色の析出物に関する問題。

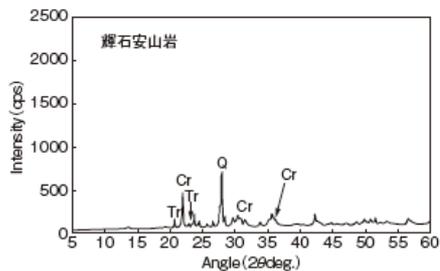
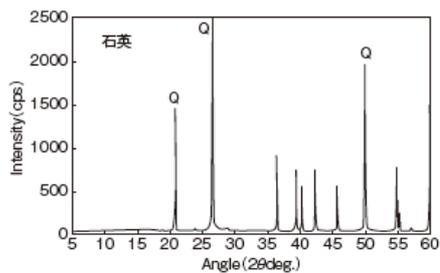
エフロレッセンスは炭酸カルシウムで不溶な結晶であるため、蒸留水には溶けない。

硫酸塩劣化に伴う生成物は、粉末X線回折でその鉱物を同定できる。

(A)には「蒸留水」、(B)には「粉末X線回折装置(XRD)」が入る。

以上のことから、(1)が適当である。

## X線回折について



X線回折結果の一例：ともにSiO<sub>2</sub>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

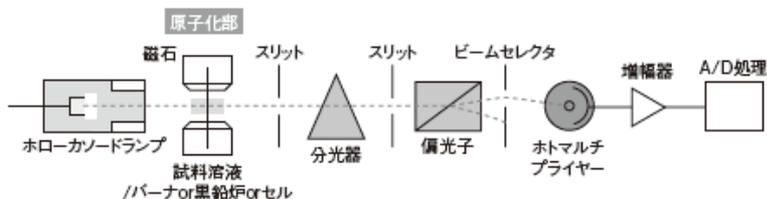
## 原子吸光光度計について



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



### 【問題 14】

疲労により劣化が進行した道路橋 RC 床版において、床版内部の水平ひび割れの有無を調べる方法として次の(1)～(4)のうち、最も不適当なものはどれか。

- (1) 電磁誘導法
- (2) 超音波法
- (3) 電磁波レーダ法
- (4) コア削孔内壁面の観察

## 問題(14)の解答

床版内部のひび割れの有無を調べる方法に関する問題。

電磁誘導法は、磁界を帯びる物質の探査に用いるため、ひび割れの測定はできない。

(2)～(4)は可能である。

以上のことから、(1)が最も不適當である。

電磁誘導法とは

コンクリート表面に接触させるプローブに、交流を流し、磁界を作り、プローブを移動させることによる、磁界の変化により、鉄筋位置、径、かぶりを推定する。



## ■ 電磁波レーダー法



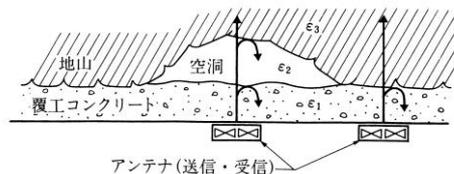
RCLレーダー測定状況

コンクリート表面からレーダー波を入力させ、その反射波をとらえて、コンクリート内部状態を推定する。

・波長長い...測定深さ大、分解能低下

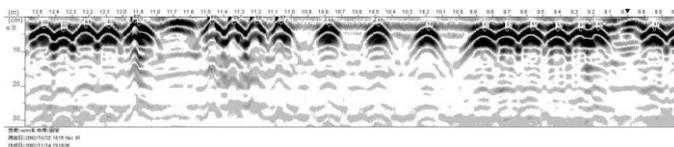
・波長短い...測定深さ小、分解能良好(減衰大)

適用例...①トンネル覆工と地山部の空隙の推定  
②鉄筋位置、深さ



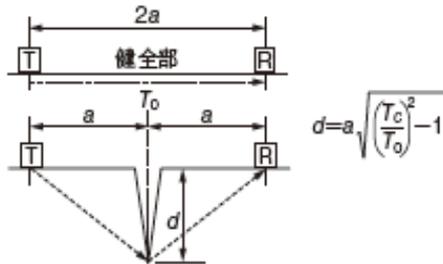
アンテナ(送信・受信)

出典: 棚野博之, コンクリートの非破壊検査技術, 内部欠陥, コンクリート工学 Vol.33, No.3, 1995

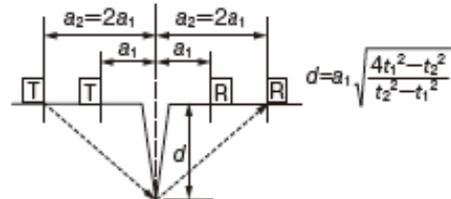


## ひび割れ深さ測定

### ● $T_c-T_0$ 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 15】

火災を受けたコンクリートの受熱温度を推定するための方法に関する次の記述中の(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。

コンクリートの受熱温度を推定する方法には、UVスペクトル法と、(A)による酸素消費量の定量分析の2種類がある。いずれの方法も、コンクリートが600℃付近まで加熱されるとコンクリート中の化学混和剤の濃度が(B)することに着目したものである。

UVスペクトル法は、分光光度計を用いて波長260nmにおけるUV光を分析し、吸光度と加熱温度との関係(検量線)から、受熱温度を推定する方法であるが、(C)系の化学混和剤を用いたコンクリートには適用することはできない。これは、(C)系の化学混和剤の分子構造にはベンゼン環が含まれておらず、波長260nmにおけるUV光が吸光されないためである。

	(A)	(B)	(C)
(1)	過マンガン酸カリウム	増加	リグニンスルホン酸
(2)	過マンガン酸カリウム	減少	ポリカルボン酸
(3)	グルコン酸ナトリウム	増加	ポリカルボン酸
(4)	グルコン酸ナトリウム	減少	リグニンスルホン酸

## 問題(15)の解答

火災を受けたコンクリートの受熱温度を推定する方法に関する問題。

コンクリート中の混和剤に着目した受熱温度を推定する方法がある。  
600℃付近まで受熱すると化学混和剤の濃度が減少することに着目。

コンクリート中の化学混和剤濃度を分析して受熱温度を推定する方法には、UVスペクトル法と過マンガン酸カリウム法である。

**UVスペクトル法**は、吸光度と加熱温度の検量線から求める方法。

**過マンガン酸カリウム法**は、酸素消費量の定量分析をする方法。

ポリカルボン酸系混和剤はベンゼン環を含まないから、これを用いたコンクリートの場合には過マンガン酸カリウム法は適用できない。

**リグニンスルホン酸**は、リグニン分解物の一部がスルホン化された化合物。  
亜硫酸法によるパルプ製造工程で下記の反応により木材中のリグニン(R-O-R')から生成し、廃液である黒液に多量に含まれる。

$$\text{R-O-R}' + \text{H}^+ \rightarrow \text{R}^+ + \text{R}'\text{OH}$$

$$\text{R}^+ + \text{HSO}_3^- \rightarrow \text{R-SO}_3\text{H}$$

### 【問題 16】

コンクリート構造物から採取したコアを用いて圧縮強度試験を行った。このとき用いた試験方法に関する次の記述のうち、JIS A 1107：2012(コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法)の規定に照らして、不適当なものはどれか。

- (1) 粗骨材の最大寸法が 20 mm であったため、直径 70 mm のコアを採取した。
- (2) コア供試体の高さを 4 か所において測定し、最大値と最小値の平均値を供試体の平均高さとした。
- (3) コア供試体の直径を、供試体高さの中央付近で互いに直交する 2 方向について測定し、その平均値を供試体の平均直径とした。
- (4) 直径 100 mm のコア供試体の高さが 150 mm であったため、試験で得られた圧縮強度に補正係数を乗じて補正した。

## 問題(16)の解答

採取したコアの圧縮強度試験方法に関する問題。

コア供試体の直径を測定する方法は、高さ方向に3か所(1/4、3/4と中央)必要で、中央だけ測定すればよいわけではない。

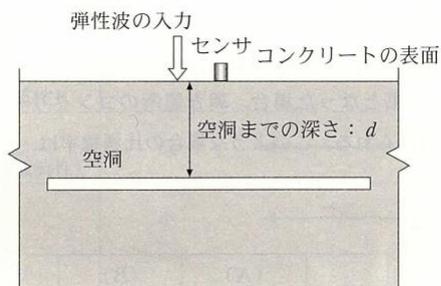
なお、コアの直径は、粗骨材の最大寸法の3倍あればよいので、70mmは正しい寸法である。

(1)、(2)、(4)は正しい記述。 正解 (3)

### 【問題 17】

図に示すように、コンクリート表面から空洞までの深さを衝撃弾性波法によって推定する。

コンクリート中の縦波による一次の共振周波数  $f$  と弾性波伝播速度  $V_p$  から、空洞までの深さ  $d$  を推定する式として(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。



$$(1) \quad d = \frac{V_p}{f}$$

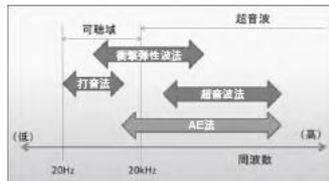
$$(2) \quad d = \frac{V_p}{2f}$$

$$(3) \quad d = \frac{f}{V_p}$$

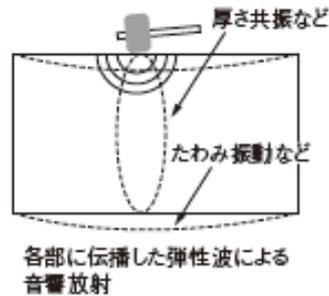
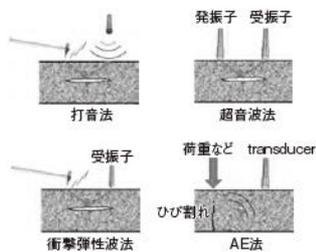
$$(4) \quad d = \frac{2f}{V_p}$$

## 各種弾性波による測定概念

●各弾性波法と利用する周波数帯



●各弾性波法の概念図



## 問題(17)の解答

衝撃弾性波法により内部空洞の位置を推定する方法に関する問題。

深さ $d$ は、弾性波伝搬速度周波数で除して伝播距離を求め、その半分とする。

適当な式は、(2)。

$$2d = V_p / f$$

弾性波伝播速度 $V_p$ ：  
一次共振周波数  $f$ ：

## 【問題 18】

コンクリート構造物の鉄筋探査に電磁波レーダ法を用いる場合のキャリブレーションに関して、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。

鉄筋のかぶり(厚さ)を精度良く推定するためには、コンクリートの比誘電率の設定が重要である。例えば、比誘電率の初期値  $\epsilon_0$  を用いて測定したかぶり(厚さ)の推定値が、実測されたかぶり(厚さ)よりも小さい結果となった場合、調査箇所のコンクリートの含水率が想定よりも ( A ) ことが原因と考えられる。このような場合の比誘電率は、初期値  $\epsilon_0$  よりも ( B ) 値に変更するとよい。

	(A)	(B)
(1)	高かった	低い
(2)	高かった	高い
(3)	低かった	高い
(4)	低かった	低い

## 問題(18)の解答

鉄筋の探査に電磁波レーダーを用いる時のキャリブレーションに関する問題。

コンクリートの比誘電率により測定結果の補正が必要で、コンクリートの含水率により変化する。含水率が低い(A)と比誘電率は小さくなり、かぶり厚さは小さく推定される。

正解 (4)

含水率が高いほど、誘電率が高い。

比誘電率 空気 1

水 81

コンクリート(乾燥状態) 4～10

コンクリート(湿潤状態) 10～20

## 【問題 19】

RC 構造物から採取したコアの全塩化物イオン濃度を JISA 1154 : 2012 (硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法) に従って電位差滴定法で測定することとした。試料の処理方法に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) 乾式コンクリートカッターを用いてコアからコンクリート切片を切り出した。
- (2) 分析試料は、コンクリート切片を 0.15 mm 以下に微粉碎したものをを用いた。
- (3) 直ちに測定ができなかったため、分析試料をデシケーター内で保存した。
- (4) 微粉碎した分析試料を蒸留水に入れて加熱煮沸した後、採取したろ液を試料溶液とした。

## 問題(19)の解答

コアの全塩化物イオン濃度の電位差滴定法による測定に関する問題。

微粉碎した分析試料に硝酸を加えた溶液のpHを3以下にした後、加熱煮沸して塩化物イオンを抽出する。

蒸留水では抽出ができないことから(4)は不適当。

(1)、(2)、(3)は適当。 正解 (4)

## 【問題 20】

アルカリシリカ反応の疑いがあるコンクリート構造物からコア試料を採取し、コンクリートの残存膨張性を推定することとした。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)の規定に照らして、次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) コア試料は、直径を100 mmとし、長さを構造物の表面から50 mmの部分を除く250 mmとした。
- (2) 解放膨張率を測定するため、基長を測定したコア試料を密閉容器に入れ、速やかに温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、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、密閉容器に入れ、温度 $30 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 5\%$ で貯蔵した。
- (4) 促進膨張率を測定する際には、各貯蔵容器保管環境から24時間前に、コア試料を貯蔵容器ごと取り出し、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ に保った測定室で保管した。

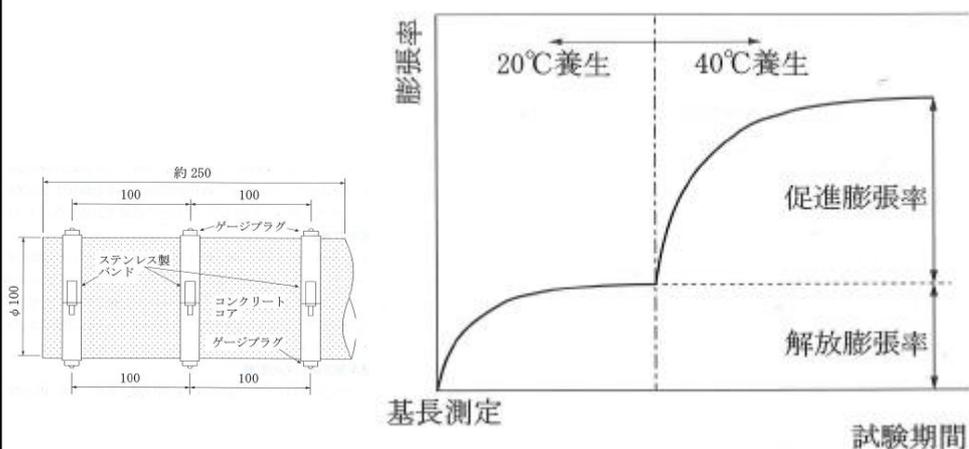
## 問題(20)の解答

アルカリシリカ反応の疑いがあるコアの膨張率試験に関する問題。

解放膨張率の測定が終わったコア試料は、 $40 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度95%以上の密閉容器に入れて貯蔵する。

(1)、(2)、(4)は正しい記述。 正解 (3)

## JCI-S-011法について



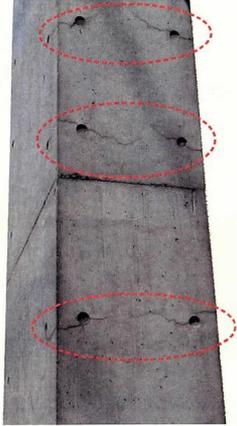
## 促進養生試験について

試験方法	養生条件	測定期間	コア径
JCI-S-011法 (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 (カナダ法)	80°C NaOH溶液	14日～28日	
飽和NaCl溶液浸漬法 (デンマーク法)	50°C NaCl溶液	3ヶ月	Φ50mm

## 【問題 21】

RC造建築物の独立した柱において、型枠を取り外した1週間後に、写真に示すようにセパレータ位置に水平方向のひび割れを確認した。柱の断面寸法は、600 mm × 600 mm である。

このひび割れが生じた主たる原因として、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。



- (1) 帯(鉄)筋のかぶり(厚さ)が不足していた。
- (2) コンクリートの打込み速度が速かった。
- (3) コンクリートの打重ね時間間隔が長かった。
- (4) 型枠の存置期間が短かった。

## 問題(21)の解答

RC造の柱に生じた水平ひび割れの原因に関する問題。

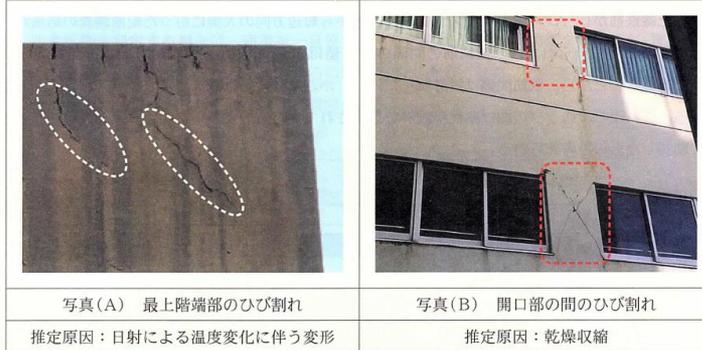
ひび割れの原因は沈みひび割れと見られる。

沈みひび割れは、ブリーディングが多いことが原因で、打込み速度が速いと、打込み後にブリーディングが内部に残り、型枠際に水平のひび割れが生じやすくなる。

正解 (2)

## 【問題 22】

写真(A)および(B)に示す RC 造建築物の壁部材に生じた斜め方向のひび割れの発生原因を次のように推定した。それぞれの写真の推定結果に関する次の(1)～(4)の適・不適の組合せのうち、適当なものはどれか。



	写真(A)に対する推定	写真(B)に対する推定
(1)	適	不適
(2)	不適	適
(3)	適	適
(4)	不適	不適

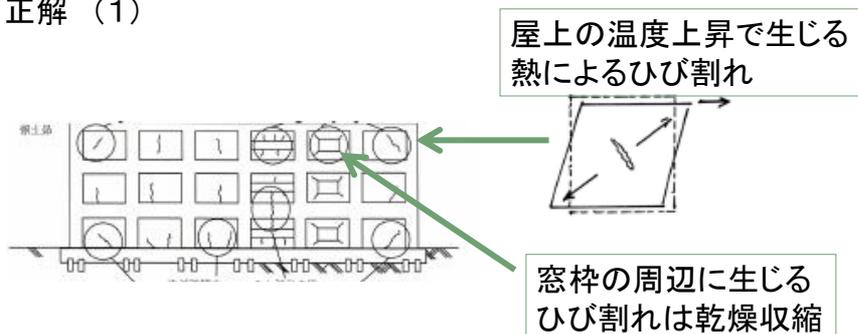
## 問題(22)の解答

RC造建築物に生じた斜めひび割れの原因推定に関する問題。

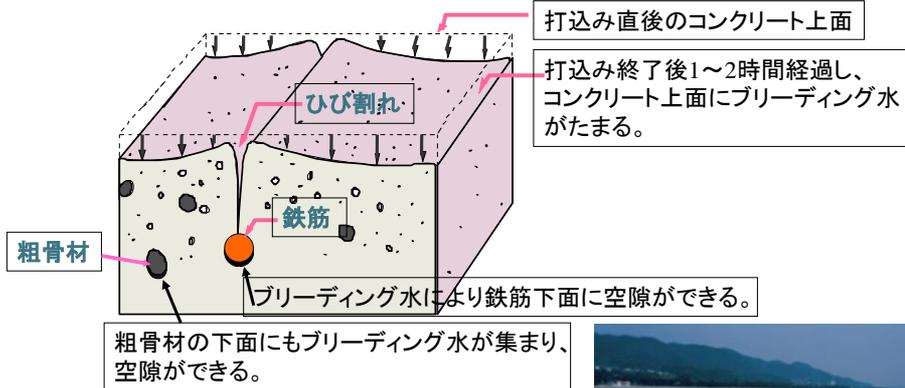
屋上に日射が当たると、屋上の温度膨張に下層階が拘束して、斜めひび割れが生じることがある。写真(A)は可能性がある。

開口部の間に生じた斜めひび割れは、地震によるせん断ひび割れと見られる。写真(B)の原因は不適。

正解 (1)



## 型枠面の沈みひび割れは生コンで対応



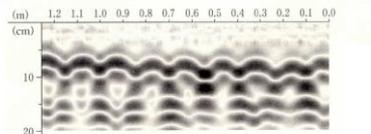
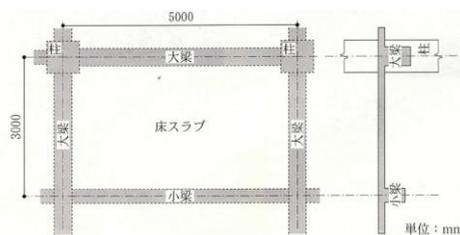
日経コンストラクション  
「コンクリート名人養成講座」より



### 【問題 23】

図1に示す、竣工後30年経過したRC造建築物の床スラブで、過大なたわみが認められた。スラブ端部の床面からの電磁波レーダ法を用いた配筋調査の結果による、たわみの原因の推定に関する以下の記述中の(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。

上端鉄筋が(A)側となるスラブ端部の柱から短辺方向の大梁に沿った配筋調査の結果が、図2のように得られた。上端鉄筋の間隔の設計値は150 mm、かぶり(厚さ)の設計値は30 mmであったことから、鉄筋間隔は設計値(B)、かぶり(厚さ)は設計値より(C)ことがわかる。これより、スラブの曲げ剛性が設計で想定されていたものより小さくなり、過大なたわみを助長したものと考えられる。



	(A)	(B)	(C)
(1)	引張	より大きく	小さい
(2)	引張	と同等	大きい
(3)	圧縮	より大きく	小さい
(4)	圧縮	と同等	大きい

## 問題(23)の解答

電磁波レーダーによる配筋調査を行った結果から床スラブの過大なたわみの原因を推定する問題。

柱から短辺方向に大梁に沿って生じるひび割れは、上端鉄筋が引張側となり、鉄筋間隔が設計通りでも、かぶり大きいと曲げ剛性が小さくなり過大なひび割れが生じる可能性がある。

正解 (2)

### 【問題 24】

建設後 64 年が経過した RC 造建築物の打放し仕上げの外壁をはつり、中性化深さおよび鉄筋の状態に関する調査を行ったところ、下表の調査結果を得た。この調査結果に関する記述 (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、鉄筋のかぶり(厚さ)は 35 mm であり、CO<sub>2</sub> 濃度と温度は時間の経過および場所によらず一定とする。

はつり部の調査結果			(A)	(B)	(C)
調査箇所	雨掛かりなし	雨掛かりあり	(1) 適	適	不適
中性化深さ	48 mm	24 mm	(2) 不適	適	適
鉄筋の状態	錆は生じていない	錆は生じていない	(3) 適	不適	適
			(4) 不適	不適	不適

- (A) 雨掛かりのない箇所の中性化速度係数は、6.0 mm/√年 と判断した。  
 (B) 雨掛かりのある箇所での中性化は、建設後 100 年には鉄筋位置に到達すると評価した。  
 (C) 雨掛かりのない箇所では、中性化は鉄筋位置に達しているものの、腐食が進行するのに必要な水分が供給されなかったと判断した。

## 問題(24)の解答

建設後64年経過したRC造建築物の中性化に関する問題。

(A) 雨掛かりのない個所の中性化速度係数は、 $48 = A\sqrt{64}$  で、 $A = 6$  で正しい。

(B) 雨掛かりのない個所の中性化速度は、 $24 = A\sqrt{64}$  で  $A = 3$  となり、建設後100年では、 $3\sqrt{100} = 30\text{mm}$  でかぶり35mmに達していないので、不適。

(C) 雨掛かりのない個所で錆が生じていないのは、中性化していても水が供給されていないため腐食が進行していないと推定できるので適。

正解 (3)

### 【問題 25】

図に示す港湾の直杭式横棧橋のRC上部工について、将来的な塩化物イオン濃度を予測するために、床版と梁の14箇所からコア試料を採取して分析した表面塩化物イオン濃度の調査結果を表に示す。この構造物の表面塩化物イオン濃度の設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。

表 表面塩化物イオン濃度の調査結果

	表面塩化物イオン濃度(kg/m <sup>3</sup> )		調査箇所数
	平均値	標準偏差	
部材1	18.97	10.22	8
部材2	8.25	4.34	6

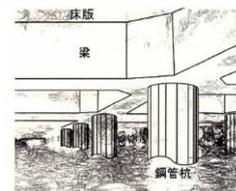


図 直杭式横棧橋

表に示す調査結果のうち、部材1は( A )、部材2は( B )の結果である。このように部材毎に環境が異なると想定される場合、部材の違いを考慮せずに調査箇所全体の平均値を用いて塩化物イオンの浸透予測を行うと、例えば、部材1では塩化物イオンの浸透を( C )に評価してしまう。このため、このような構造物の塩化物イオンの浸透予測は、部材ごとに分けて行う必要がある。

また、同一の部材であっても、調査箇所数が少なく、調査箇所間の表面塩化物イオン濃度のばらつきが( D )場合、評価精度を上げるために、調査箇所数を増やして平均値や標準偏差を求め、例えば、正規分布とみなして標準偏差に応じて表面塩化物イオン濃度を補正し予測を行う考え方もある。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	梁	床版	過小	大きい
(2)	梁	床版	過小	小さい
(3)	床版	梁	過大	大きい
(4)	床版	梁	過大	小さい

## 問題(25)の解答

港湾の直杭式棧橋のRC上部工の表面塩化物イオン濃度から将来予測をする問題。

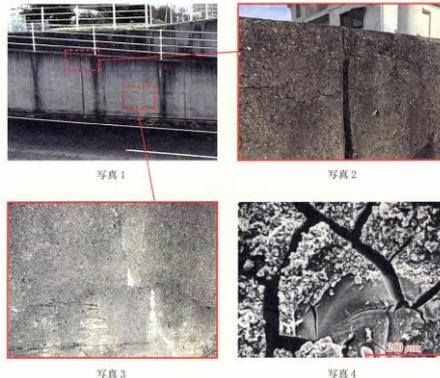
上部の床版より下部に位置する梁の方が表面塩化物イオン濃度は高いと考えられる。

測定値の標準偏差が大きいと平均値を用いると過小評価することになる。測定箇所が少なくばらつきが大きい場合、測定箇所を増やして正規分布とみなして補正する方法もある。

正解 (1)

### 【問題 26】

写真1に示す、建設後30年が経過した現場打ち擁壁の側面において、写真2および写真3に示すような変状が見られた。写真3の箇所のコンクリート片を採取し、電子顕微鏡(SEM)で観察したところ、写真4の画像が得られた。これらの変状の主な発生原因として(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。



- (1) 日射による熱膨張
- (2) 凍結融解
- (3) エトリンガイトの遅延生成(Delayed Ettringite Formation : DEF)
- (4) アルカリシリカ反応

## 問題(26)の解答

現場打ちの擁壁に生じた変状の原因を推定する問題。

写真2は水平ひび割れ、写真3は水平ひび割れと鉛直方向のひび割れにエフロレッセンスが見られる。

また、SEMで得られた画像から、アルカリシリカ反応によるものと推定できる。

日射による熱膨張の可能性は低く、凍結融解作用によるものとも異なる。

エトリンガイトの遅延生成は場所打ちで部材厚さが小さいため、高温履歴でないとみられ、可能性が低い。

正解 (4)

### ◆ エトリンガイト遅延生成(DEF)の影響

エトリンガイト ⇒  $\text{CaO}$   $\text{SO}_3$   $\text{Al}_2\text{O}_3$

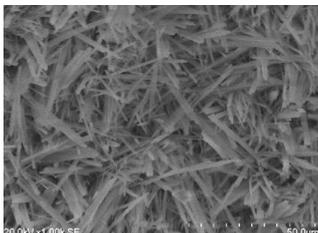
硫酸塩がアルミネート系水和物と反応

遅延生成の条件

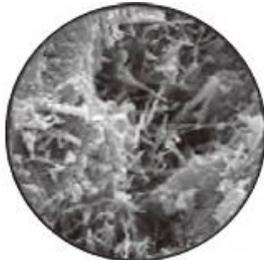
温度が高い養生条件(蒸気養生)

水分が十分に存在する条件

正解(3)



## エトリンガイトの遅延生成(DEF)



エトリンガイトの結晶の形状

### ●エトリンガイトの遅れ生成(DEF)とアルカリシリカ反応(ASR)の発生条件の違い

条件	DEF	ASR
反応性骨材	—	◎
アルカリ量	○	◎
硫酸塩	◎	—
蒸気養生	◎	—
反応温度	20℃程度	高いほど進行
水分の供給	◎	◎
膨張量の目安	1%	0.1%

◎:主要因 ○:どちらかといえば関係する

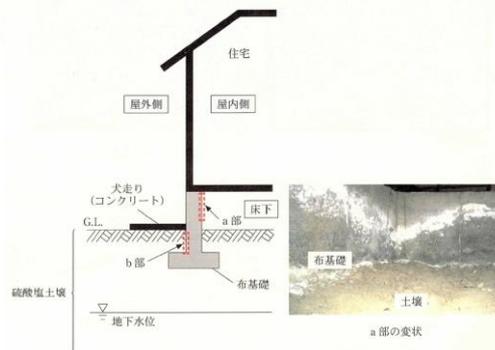
—:あまり関係しない

### 【問題 27】

硫酸塩土壌に施工された戸建て住宅のRC造布基礎のa部において、竣工から10年後に写真に示す白い析出物の生成とスケーリングが確認され、スケーリング部より内部まで中性化が進行していた。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。

a部では、土壌に含まれる硫酸塩を含んだ地下水が毛細管現象によって上昇し、さらに(A)状態となることで硫酸塩が濃集し、(B)の結晶化に伴う膨張圧によりスケーリングが生じたと判断した。b部では、a部よりも硫酸塩劣化の速度が(C)なることを考慮すれば、詳細調査箇所の優先順位の判断材料にできる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	乾燥	エトリンガイト	大きく
(2)	湿潤	エトリンガイト	小さく
(3)	乾燥	硫酸ナトリウム	小さく
(4)	湿潤	硫酸ナトリウム	大きく



## 問題(27)の解答

硫酸塩土壌に施工された住宅の布基礎の変状に関する問題。

床下の部分では、乾燥状態であることから硫酸塩が凝集し、硫酸ナトリウムの結晶化に伴う膨張圧でスケーリングが生じたものと見られる。

なお、土中部位は硫酸塩劣化の速度は遅くなる。

正解 (3)

### 【問題 28】

火災を受けたRC構造物の調査結果に対する(A)～(C)の判断の適・不適に関する次の(1)～(4)の組合せのうち、適当なものはどれか。なお、火災前に中性化はほとんど進行していなかったものとする。

- (A) コンクリートがピンク色に変色していたため、表面の受熱温度は300～600℃程度であると判断した。
- (B) 火災により中性化が進行していた箇所については、受熱温度が500℃以上であると判断した。
- (C) 鉄筋位置までは中性化していなかったため、鉄筋の強度は低下していないと判断した。

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

## 問題(28)の解答

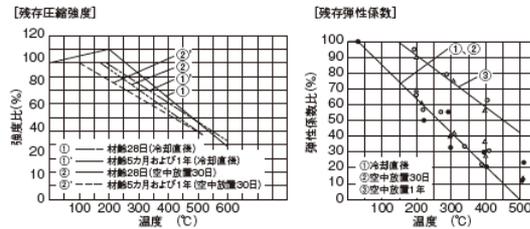
火災を受けたRC構造物の中性化の進行に関する問題。

- (A)ピンク色に変色した個所は300~600℃程度で正しい。
- (B)受熱温度が500℃以上では中性化が進むので正しい。
- (C)鉄筋位置までは中性化していないと、受熱温度は500℃以下であり、鉄筋の強度は回復するので、適当。

正解 (1)

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

●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】

劣化機構の推定が難しい場合等の劣化予測方法の一つに、蓄積された点検結果を用いて外観上のグレード等の経時変化を統計学的に分析するマルコフ連鎖モデルを用いる方法がある。

下図の点検結果が得られている場合、0年時点で健全度aにある標本数100のうち、標本数20が10年時点で健全度bに遷移しているため、健全度aから健全度bへの遷移確率は20%となる。同様に、健全度aから健全度cへの遷移確率は10%となる。10年時点から20年時点への各健全度間の遷移確率も0年時点から10年時点の遷移確率と同じとし、健全度cから健全度cへの遷移確率は100%とする。このとき、健全度bから健全度cへの遷移確率として次の(1)~(4)のうち、適当なものはどれか。

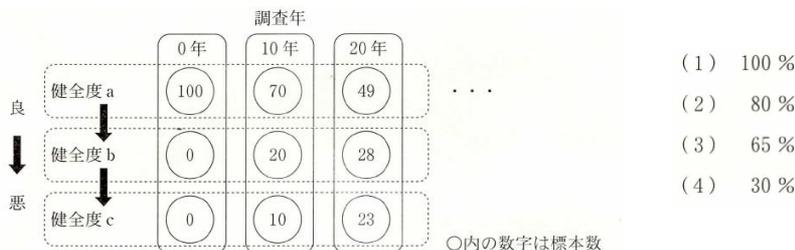


図 調査年毎の点検結果(健全度毎の標本数)

## 問題(29)の解答

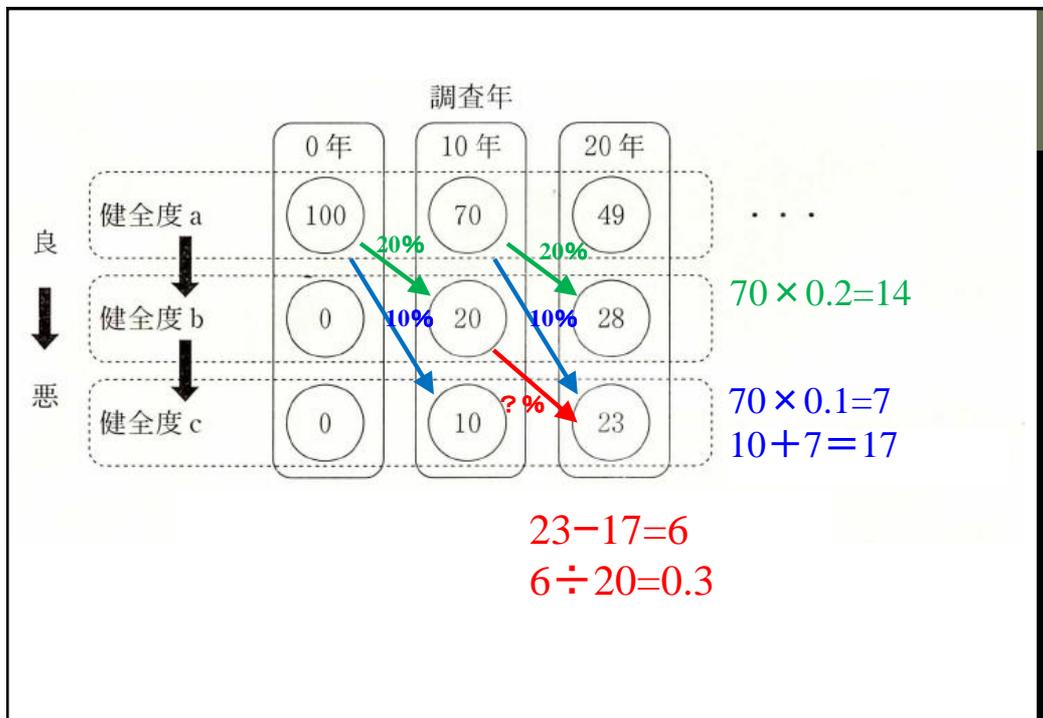
マルコフ連鎖モデルによる経年劣化の統計学的推定に関する問題。

10年後から20年後の間で、aからcに遷移するものは  
 $70 \times 0.1 = 7$

10年目にaからcに遷移したものは10であったので、  
 20年目のcのうち、bからcに10年間で遷移したものは、  
 $23 - 10 - 7 = 6$

よって、健全度bから健全度cへの遷移確率は、  
 $6 \div 20 = 0.3$  つまり 30%となる。

正解 (4)



## 【問題 30】

次の(A)～(D)に示すJISの改正に関する記述を年代の古い順に並べた(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

- (A) JIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」に、塩化物イオン量の規定が設けられた。
- (B) JIS R 5210「ポルトランドセメント」に規定される普通ポルトランドセメントの塩化物イオン量が「0.035 % 以下」と改正された。
- (C) JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」に、細骨材の絶乾質量に対する塩分量の許容限度が設けられた。
- (D) JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」に、コンクリート中の塩化物イオン総量の規制が設けられた。

	古 い		→	新 しい	
(1)	(C)	→	(D)	→	(B) → (A)
(2)	(D)	→	(A)	→	(C) → (B)
(3)	(C)	→	(D)	→	(A) → (B)
(4)	(B)	→	(C)	→	(A) → (D)

## 問題(30)の解答

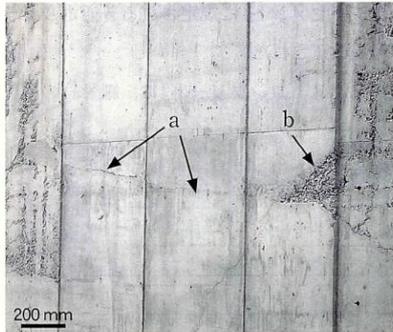
JIS改正の年度を問う問題。

- (A)は1987年
- (B)は2003年
- (C)は1978年
- (D)は1986年

年代順は、C → D → A → B      正解 (3)

## 【問題 31】

RC造建築物の壁で写真に示す初期欠陥が発生した。今後、同様の壁を構築する場合、それぞれの初期欠陥の抑制に有効な方法に関する記述(A)および(B)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)
(1)	適	適
(2)	適	不適
(3)	不適	適
(4)	不適	不適

(A) aの初期欠陥を抑制するために、コンクリートにポリプロピレン繊維を混入する。

(B) bの初期欠陥を抑制するために、コンクリートの自由落下高さを小さくする。

## 問題(31)の解答

RC造建築物の壁の初期欠陥の抑制方法に関する問題。

aは、コールドジョイントと見られ、ポリプロピレン繊維を混入しても抑制できないので不適。

bは、粗骨材分離による豆板と見られ、自由落下高さを小さくすると効果的で適。

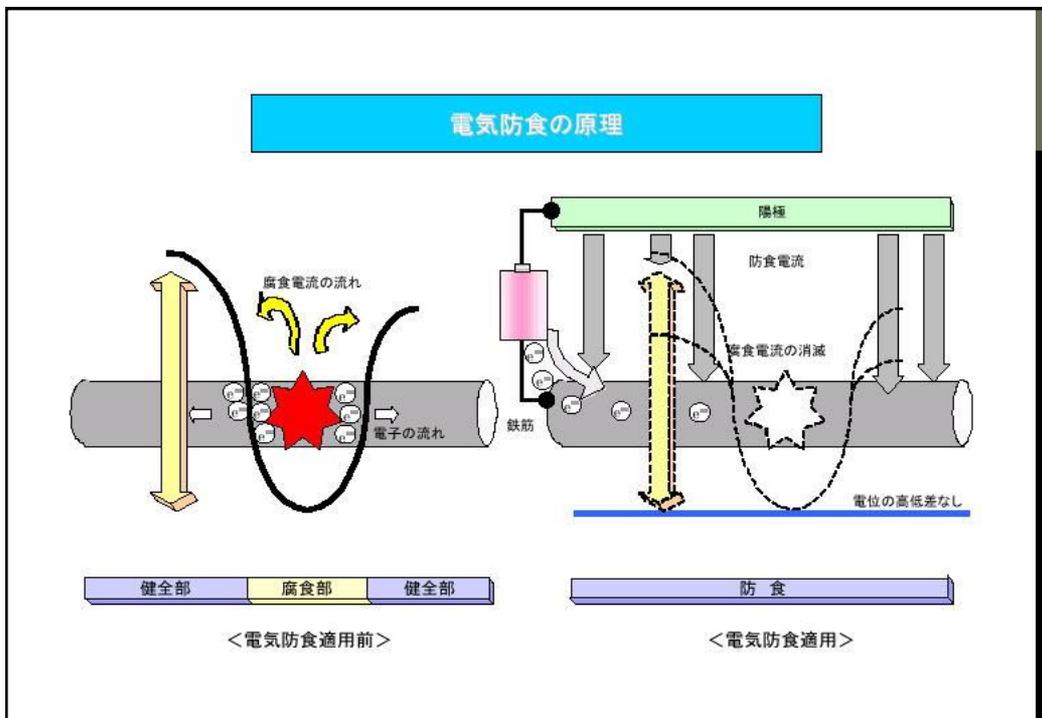
正解 (3)

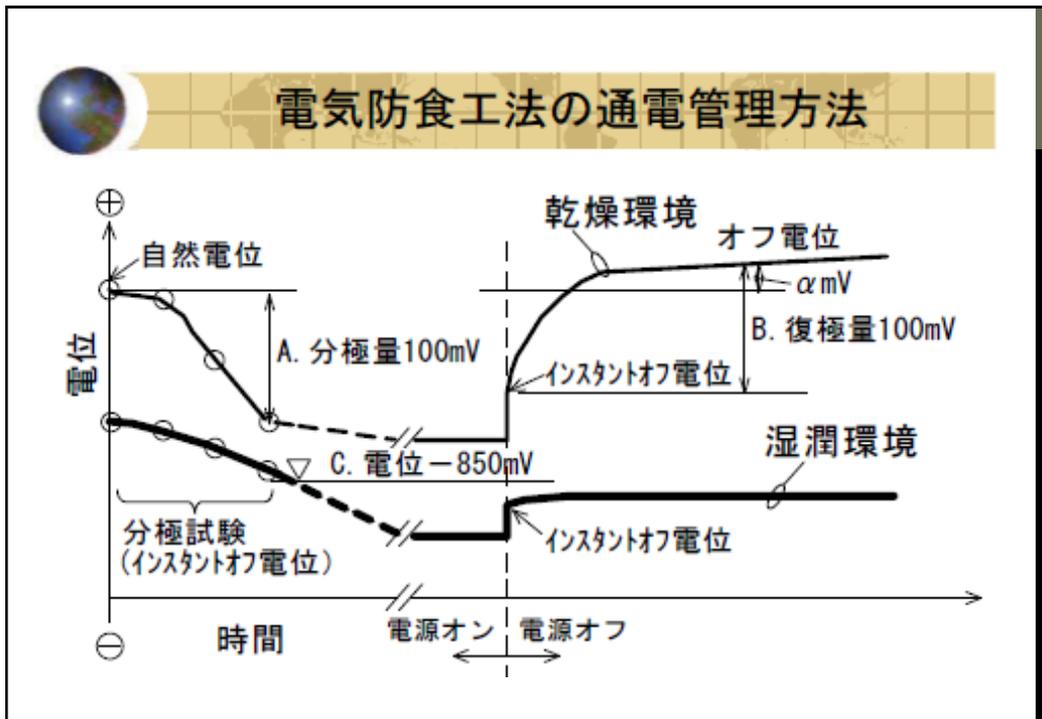
## 【問題 32】

電気防食工法に関する記述中の(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。

電気防食工法は、コンクリート表面に陽極材を設置し、かぶりコンクリートを介してコンクリート中の鋼材に直流電流を流すことにより、鋼材を( A )分極させて防食する工法である。防食状態を判定する場合は、通電を一旦停止し、その直後から24時間後までに、( B )方向に100 mV以上復極することを確認するのが一般的である。なお、干満帯などの湿潤な環境では、24時間後の復極量は( C )なる傾向がある。

	(A)	(B)	(C)
(1)	アノード	卑(-)	小さく
(2)	アノード	貴(+)	大きく
(3)	カソード	貴(+)	小さく
(4)	カソード	卑(-)	大きく





### 問題(32)の解答

電気防食に関する問題。

電気防食は鋼材をカソード分極させて防食する工法。  
防食状態の確認では、通電を一旦停止し、  
その後、貴の方向に復極することを確認する。  
なお、湿潤状態では復極量は小さくなる。

正解 (3)

## 【問題 33】

内陸部に位置する道路橋プレテンション方式PC中空床版橋の下面に写真に示すような橋軸方向のひび割れが確認された。ひび割れの発生状況としては、歩道側の床版が著しく、中央付近は軽微であった。ひび割れ幅は最大で0.8 mmである。このひび割れの進行を抑制する対策(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)	(B)	(C)
(1)	適	適	不適
(2)	適	不適	不適
(3)	不適	適	適
(4)	不適	不適	適

(A) 床版上面に橋面防水を実施  
 (B) 床版下面にけい酸ナトリウム系表面含浸材を塗布  
 (C) 床版下面から電気防食を実施

## 問題(33)の解答

内陸部のプレテンション方式PC中空床版の道路橋のひび割れ対策の問題。

- (A) 床版上面に橋面防水を実施するのは効果的で、適。  
 (B) 床版下面にけい酸ナトリウム系表面含浸材を塗布するのは、腐食因子の水を閉じ込めてしまうので、不適。  
 (C) 床版下面に電気防食を実施するのは困難であり、不適。

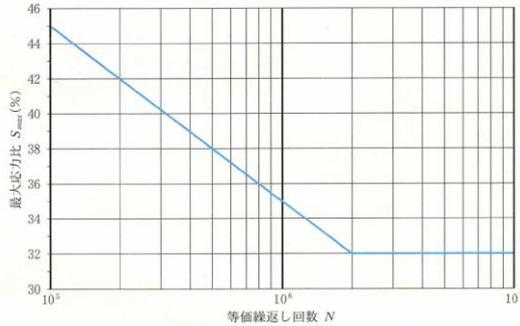
正解 (2)

## 【問題 34】

RC 鉄道橋において、線形累積損傷則(マイナー則)により疲労の照査を行い対策時期を検討することとした。その結果、引張鉄筋の累積疲労度  $M^*$  が 0.73 に達していることが判明した。累積疲労度  $M$  が 1.0 に達する時点として、次の(1)~(4)のうち、正しいものはどれか。

ただし、引張鉄筋には、 $168 \text{ N/mm}^2$  の最大引張応力度に等価な応力が毎月 300 回作用する。また、引張鉄筋の最大応力比と等価繰返し回数  $N$  の関係は下図で表されるものとし、鉄筋の引張強度は  $400 \text{ N/mm}^2$  で、最大応力比  $S_{max}$  は次式で表されるものとする。

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



※累積疲労度  $M = (\text{最大引張応力度に等価な応力の累積繰返し回数}) / (\text{最大引張応力度に等価な応力で疲労破壊に至る等価繰返し回数})$

- (1) 照査時点から 15 年後
- (2) 照査時点から 20 年後
- (3) 照査時点から 25 年後
- (4) 照査時点から 30 年後

## 問題(34)の解答

RC道路橋のマイナー則に関する計算問題。

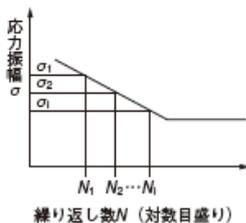
累積疲労度  $M$  が 0.73 に達している。

$M$  が 1.0 に達するまでには、 $M = 1 - 0.73 = 0.27$  が不足している。

引張鉄筋(引張強度  $400 \text{ N/mm}^2$ )に最大引張応力度  $168 \text{ N/mm}^2$  に等価な応力が作用すると、 $168 \div 400 = 0.42$  で、等価繰返し回数 20 万回で疲労する。

20 万回の 0.27 は、5 万 4 千回で毎月 300 回とすると  $300 \times 12 = 3600$  回となり、これで除すと、 $54,000 \div 3,600 = 15$  年となる。 正解 (1)

●S-N曲線の例



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

ここに、 $M$ : 累積疲労損傷度

$n_j$ : 作用応力振幅  $\Delta\sigma$  の繰返し回数

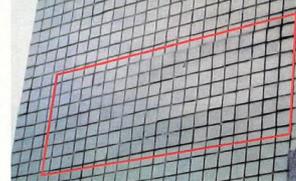
$N_j$ : 作用応力振幅  $\Delta\sigma$  による疲労寿命

## 【問題 35】

写真(A)および(B)に示す RC 構造物に発生した変状に対して、以下のように対策の目的が設定されている。設定した目的に対して選定する対策として、次の(1)～(4)の組合せのうち、最も適当なものはどれか。



写真(A)：橋脚上部工のひび割れ  
(ひび割れ幅 2 mm)



写真(B)：外壁タイルの局所的な浮き  
(浮き面積約 1.5 m<sup>2</sup>, 浮き代 0.5 mm)

対策の目的：鉄筋の腐食防止

対策の目的：タイルの剥落防止

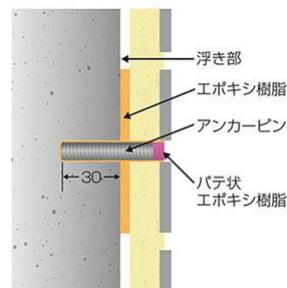
	写真(A)	写真(B)
(1)	ポリマーセメントモルタルによる断面修復工法	目地部Uカットによるアクリル樹脂注入工法
(2)	ポリマーセメントモルタルによる断面修復工法	アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法
(3)	エポキシ樹脂系注入材による低圧注入工法	目地部Uカットによるアクリル樹脂注入工法
(4)	エポキシ樹脂系注入材による低圧注入工法	アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法

## 問題(35)の解答

RC構造物の変状に対する対応の問題。

(A)は鉄筋の腐食が原因とみられ、断面修復工が適当。  
(B)はタイルの浮きに対する剥落防止が必要で、  
アンカーピンによる全面エポキシ樹脂注入工法が適当。

正解 (2)



## 【問題 36】

断面修復材として用いられるポリマーモルタル系、ポリマーセメントモルタル系およびセメントモルタル系の補修材料の特性の比較に関する次の(1)～(4)のうち、不適当なものはどれか。

	特 性	ポリマー モルタル系	ポリマーセメントモルタル系 大 ← ポリマーセメント比 → 小	セメント モルタル系
(1)	耐薬品性 (酸に対する抵抗性)	高	←————→	低
(2)	耐候性 (紫外線に対する抵抗性)	低	←————→	高
(3)	熱膨張係数	小	←————→	大
(4)	電気抵抗率	大	←————→	小

## 問題(36)の解答

断面修復材としてポリマーとセメントを用いたモルタルの特性を問う問題。

ポリマーが多いほど、耐薬品性が向上し、熱膨張係数は大きくなり、電気抵抗率も高くなるが、耐候性は低くなる。

正解 (3)

## 【問題 37】

脱塩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、適当なものはどれか。

脱塩工法は、コンクリート中の鋼材を( A )とすることで、コンクリート中の塩化物イオンを電気泳動させコンクリート外に抽出する。ただし、過大な電流を供給すると鋼材表面から( B )が発生して、ひび割れやPC鋼材の脆化が起こる。このため、施工実績では、鋼材表面積あたりの電流密度を( C )A/m<sup>2</sup>以下とし、8週を標準的な通電期間としている。このように、電流密度の管理はコンクリート中の鋼材表面積に対して行うべきであるが、施工面積で換算しやすいコンクリート表面積あたりの電流密度で管理することが多い。なお、PC構造物に適用する場合には、間欠通電を行うなどの措置も取られる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	陽 極	水 素	0.5
(2)	陽 極	酸 素	5.0
(3)	陰 極	水 素	5.0
(4)	陰 極	酸 素	0.5

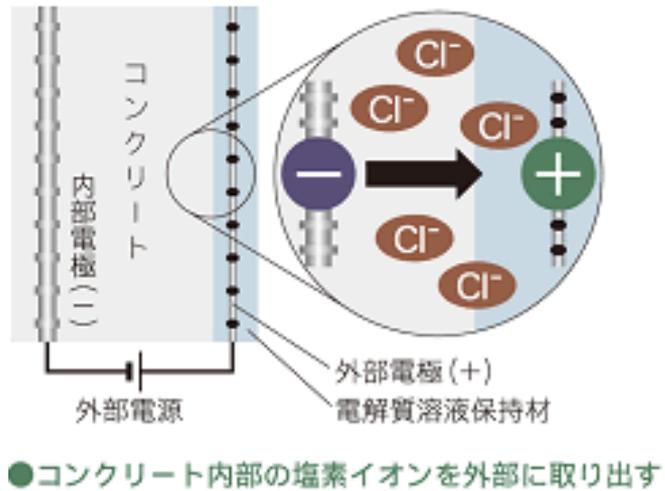
## 問題(37)の解答

脱塩工法に関する問題。

脱塩工法は鋼材を陰極にする。  
 過大な電流を供給すると水素が発生し、  
 PC鋼材が水素脆性を生じる場合がある。  
 鋼材表面積あたりの電流密度は1.0A/m<sup>2</sup>を標準としている。  
 電流密度が0.5A/m<sup>2</sup>以下では不足している。

正解 (3)

## 脱塩工法について



### 【問題 38】

RC 構造物の補修・補強材料として用いられる PAN 系炭素繊維とパラ型アラミド繊維の特性とその大小関係に関する次の(1)～(4)のうち、不適当なものはどれか。

	特 性	大小関係
(1)	導電性	PAN 系炭素繊維 > パラ型アラミド繊維
(2)	耐摩耗性	PAN 系炭素繊維 < パラ型アラミド繊維
(3)	ヤング係数	PAN 系炭素繊維 > パラ型アラミド繊維
(4)	耐アルカリ性	PAN 系炭素繊維 < パラ型アラミド繊維

## 問題(38)の解答

RC構造物の補修材料として、PAN系炭素繊維とパラ型アラミド繊維の特性の大小を問う問題。

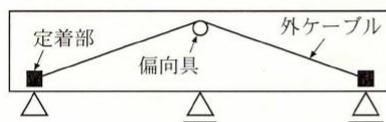
PAN系炭素繊維が大きいのは、導電率、ヤング係数、耐アルカリ性で、小さいのは耐摩耗性である。

### 正解 (4)

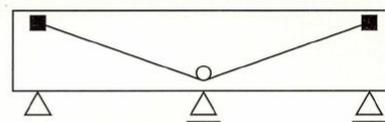
物 性		炭素 (CFRP)	アラミド (AFRP)	ガラス (GFRP)	鉄筋
密度	—	1.5	1.3	1.7~1.9	7.85
引張強度	N/mm <sup>2</sup>	1,900~2,300	1,400~1,800	600~900	490
ヤング係数	kN/mm <sup>2</sup>	130~150	50~70	30	210
線膨張係数	10 <sup>-6</sup> /°C	0.6	-2~-5	9	12

### 【問題 39】

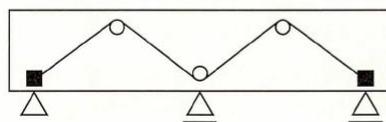
車両の大型化に対する耐荷力向上を目的として、連続桁の外ケーブル工法による補強を計画した。外ケーブルの配置の概念図として次の(1)~(4)のうち、各支間中央部における断面の曲げ耐力の補強効果が高い配置として適当なものはどれか。



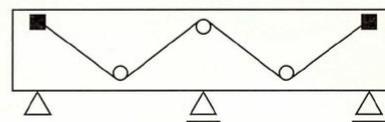
(1)



(2)



(3)



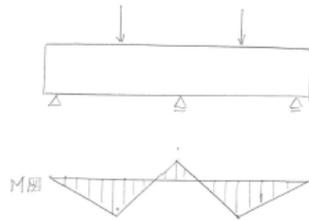
(4)

## 問題(39)の解答

梁の耐荷性の向上のために外ケーブルの配置として  
 適当なものは、(4)。

曲げモーメントが大きくなる箇所から上向きに補強する。

正解 (4)



### 【問題 40】

海岸近くにある RC 構造物について、表 1 に示す維持管理計画を策定した。現時点における再構築費用との比較を行うため、本計画における今後 70 年間の維持管理費用の現在価値を求めることとした。この現在価値として次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

表 1 維持管理計画

維持管理方針	今年の工事で断面修復工と表面被覆工を行い、その後、15年ごとに表面被覆工を行うこととする。	
	最初の断面修復工と表面被覆工の費用	50百万円
	15年ごとに実施する表面被覆工の費用	30百万円

表 2 現在価値への換算に用いる値

経過年 ( $n$ )	$(1+r)^n$ の値
15	1.159
30	1.344
45	1.558
60	1.806

ここで、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る式は式 2 で表され、

$(1+r)^n$  の値は、表 2 の値を用いてもよい。

$$r = \frac{(1+i)}{(1+h)} - 1 \dots\dots\dots \text{式 1}$$

$$\text{現在価値} = \frac{n \text{ 年後の費用}}{(1+r)^n} \dots\dots\dots \text{式 2}$$

$r$ : 割引率,  $h$ : 資本の利率(0.01),  $i$ : 物価変動率(0.02)とする。

(1) 226 百万円

(2) 170 百万円

(3) 134 百万円

(4) 94 百万円

## 問題(40)の解答

維持管理費の現在価値を問う問題。

今後70年間の維持管理費用の現在価値は

$$50 + 30 / 1.159 + 30 / 1.344 + 30 / 1.558 + 30 / 1.806 \\ = 50 + 25.9 + 22.3 + 19.3 + 16.6 = 134.1 \text{ (百万円)}$$

正解 (3)

## ■ 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)

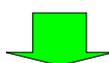
$$LCC = I + \sum_{i=1}^n Mi / (1+r)^t + \sum_{i=1}^m Ri / (1+r)^t$$

**■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%)