

2015年度 コンクリート診断士試験解説

十河 茂幸
江良 和徳

【問題 1】

写真A～Dに示すコンクリート道路橋の変状に対して、以下に示す判定区分表に従って健全性の診断を行った結果を示した2ページの(1)～(4)の組合せのうち、最も適当なものはどれか。



写真A RC床版下面の変状



写真B RC突出し床版下面の変状



写真C FC桁の変状



写真D RC桁の変状

判定区分表

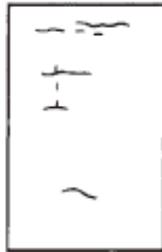
区分	状態
I 健全	構造物の機能に支障が生じていない状態。
II 予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III 早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
IV 緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

出典：道路橋定期点検要領(国土交通省道路局)

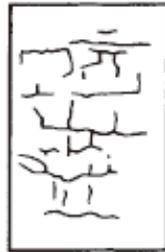
	写真A	写真B	写真C	写真D
(1)	IV	II	III	IV
(2)	III	I	II	III
(3)	IV	III	II	IV
(4)	III	II	III	II

床版の疲労破壊の進展

●鉄筋コンクリート床版の疲労による劣化進行状態



状態I「潜伏期」
1方向ひび割れ



状態II「進展期」
2方向ひび割れ

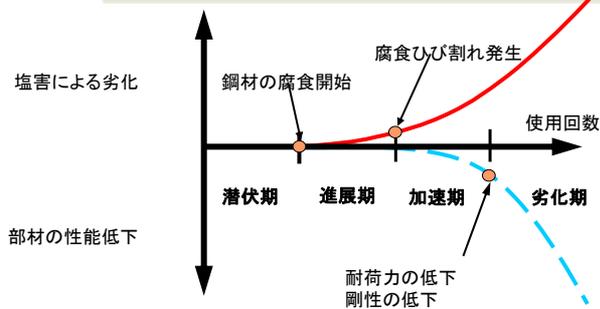


状態III「加速期」
ひび割れ網細化と
角落ち



状態IV「劣化期」
床版の陥没

塩害による劣化進行過程



劣化過程	定義	期間を決定する主要因
潜伏期	鋼材のかぶり位置における塩化物イオン濃度が腐食発生限界濃度に達するまでの期間	塩化物イオンの拡散 初期含有塩化物イオン濃度
進展期	鋼材の腐食発生開始から腐食ひび割れ発生までの期間	鋼材の腐食速度
加速期	腐食ひび割れ発生により腐食速度が増大する期間	ひび割れを有する場合の鋼材の腐食速度
劣化期	腐食量の増加により耐荷力の低下が顕著な期間	

問題 1

写真A RC床版の下面の状態・・・Ⅳ

写真B RC構造物のひび割れは認められる段階
進展期と判断・・・Ⅱ

写真C PC桁の変状は主筋の鉄筋腐食が盛られる状態
加速期と判断・・・Ⅲ

写真D RC桁は、主筋の腐食と剥落が生じている・・・Ⅳ

⇒ 正解は(1)

【問題 2】

ブリーディングの多いコンクリートを使用したことが主な原因と考えられる変状として、次の(1)～(4)のうち最も不適当なものはどれか。



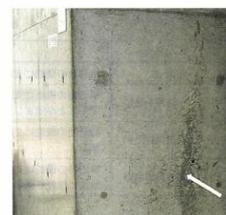
(1) 型枠継目近傍に生じた変状



(2) セパレータ近傍に生じた変状



(3) 柱の側面に生じた変状



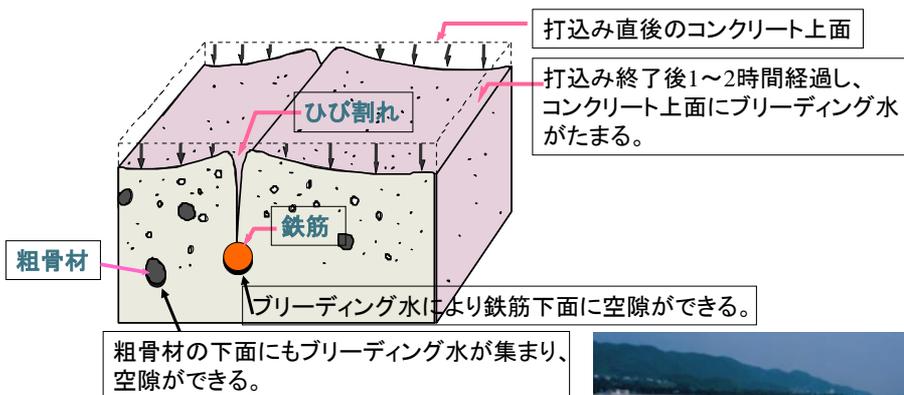
(4) 柱の側面に生じた変状

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

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

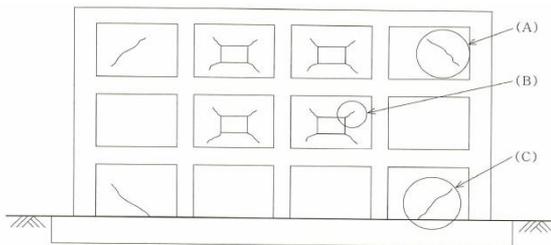
ブリーディングによる変状

- (1) 型枠継目からの漏水に伴う砂筋
- (2) セパレータの拘束による沈みひび割れ
- (3) 柱の側面の収縮ひび割れ ×
- (4) 柱の側面の水走り

不適当なもの 正解 (3)

【問題 3】

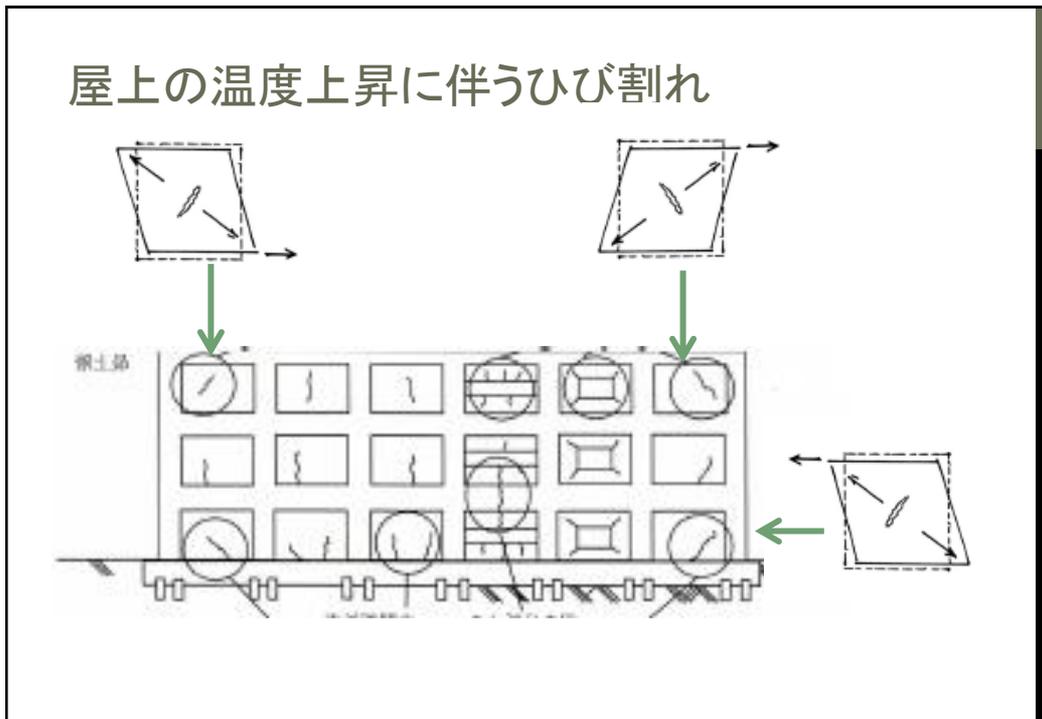
下図は、ラーメン式鉄筋コンクリート造建物の外壁に生じたひび割れの概念図である。(A)～(C)に示すひび割れとその発生原因に関する次の(1)～(4)の正誤の組合せのうち、適当なものはどれか。



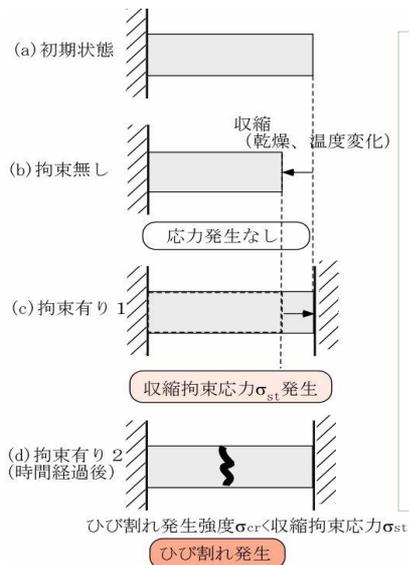
ひび割れ	ひび割れの発生原因
(A)	日射を受ける屋上スラブの膨張
(B)	柱・梁による拘束を受ける外壁の乾燥による収縮
(C)	基礎梁による拘束を受ける外壁の乾燥による収縮

	(A)	(B)	(C)
(1)	正	正	正
(2)	正	誤	正
(3)	正	正	誤
(4)	誤	誤	誤

屋上の温度上昇に伴うひび割れ



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

乾燥収縮ひび割れのメカニズム

●収縮ひび割れの発生メカニズム

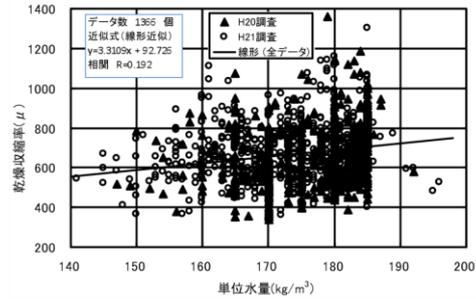
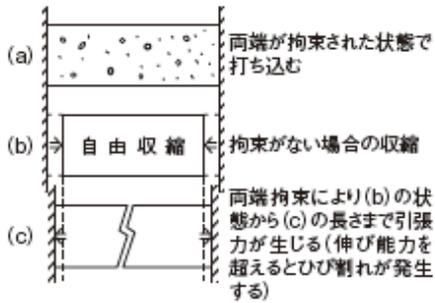


図-3.21 単位水量と乾燥収縮率

収縮が拘束されるとひび割れが生じる。
完全拘束状態では、約100 μ の収縮で生じる。

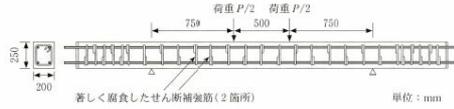
問題 3

- (A) 屋上の日照に伴うひび割れ
- (B) 外壁の乾燥収縮ひび割れ
- (C) 基礎梁の拘束による乾燥収縮ひび割れ

いずれも正しい記述 正解 (1)

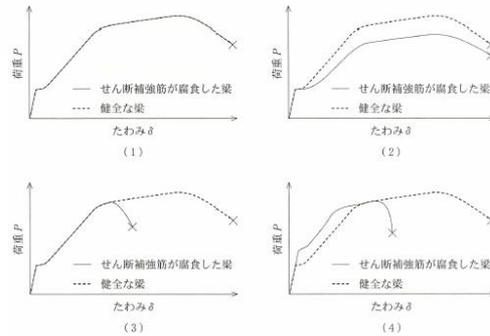
【問題 4】

せん断補強筋の一部(下図に示す2箇所)が著しく腐食した鉄筋コンクリート梁。および健全な鉄筋コンクリート梁の荷重(P)と支点間中央部のたわみ(δ)の関係として、次の(1)~(4)のうち適当なものはどれか。なお、せん断補強筋が腐食した梁はせん断破壊となり、健全な梁は曲げ破壊となった。また、これらの梁の断面諸元および載荷方法は同一であるものとする。



コンクリートの圧縮強度: 30 N/mm^2
鉄筋の種類: SD 345
主鉄筋: D 19, せん断補強筋: D 13

図 断面諸元および載荷方法



問題 4

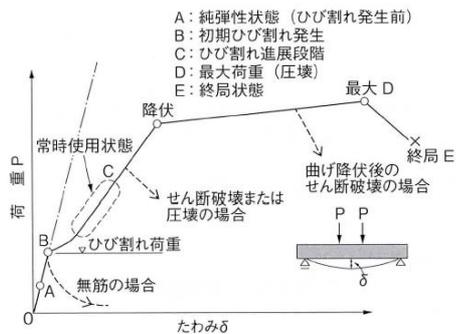


図 A 荷重とたわみの関係

(出典: コンクリート診断技術 15 [基礎編] p.63)

ひび割れ発生荷重は変化せず、せん断破壊は曲げ破壊に先行して生じる。

正解は(3)

【問題 5】

地震波に対する応答スペクトルの特性に関する次の記述中の(A)と(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。

コンクリート構造物の耐震診断においては、地震波に対する応答スペクトルを見ることにより、ある固有周期の構造物がその地震を受けた場合のおおよその最大応答が予測でき、地震による被害推定や緊急点検の必要性を判断する材料となる。応答には、変位、速度、加速度があるが、地震力に関係する(A)応答スペクトルが最も多く利用される。

一般に橋梁では、橋脚高が高くなるほど、また支間長が長くなるほど固有周期が(B)なるため、短周期地震動では応答(A)は小さくなる傾向があるが、長周期地震動では応答(A)は大きくなることがあるため、注意が必要である。

	(A)	(B)
(1)	変位	短く
(2)	変位	長く
(3)	加速度	短く
(4)	加速度	長く

問題 5

変位、速度、加速度のうち、地震力に関係するのは、

「加速度」 地震力 $F=ma$

橋脚の高さが高いほど、支間長が長いほど、固有周期は、

「長く」なる。 固有周期 $T=2\pi\sqrt{m/k}$

橋脚が高くなると k は小さく

支間長が長くなると m は大きくなる

正解は、(4)

【問題 6】

普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートの中性化に関する次の(1)～(4)の記述のうち、適当なものはどれか。

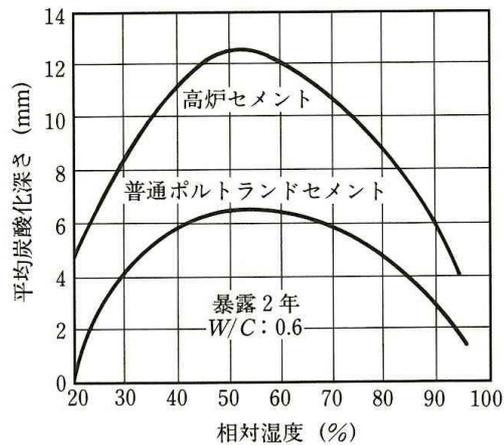
- (1) 中性化深さは、時間の2乗に比例する。
- (2) 空気中の炭酸ガス濃度が2倍になると、中性化速度係数は2倍になる。
- (3) 促進中性化試験では、セメント硬化体中の全細孔量は炭酸化反応の進行により減少する。
- (4) 中性化速度係数は、相対湿度60%のときより相対湿度90%のときの方が大きい。

問題 6

- (1) 中性化速度は時間の平方根に比例する。×
- (2) 炭酸ガスの濃度も平方根に比例する。×
- (3) 水酸化カルシウムが炭酸カルシウムに変化すると、体積は12%増加し、空隙は減少する。○
- (4) 中性化速度係数は湿度50~70%程度が最も大きい。×

正解は、(3)

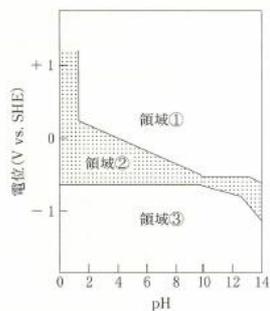
中性化速度に及ぼす相対湿度の影響



【問題 7】

水溶液中の鋼材(鉄)の腐食反応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。

水溶液中の鋼材の腐食反応は鋼材電位と水溶液のpHによって左右され、水溶液中に塩化物イオンを含まない場合、鋼材の腐食傾向は下図(Pourbaix図)で表される。鋼材電位を(A)から(B)へ移動させることで腐食反応を停止させるのが電気防食工法の原理である。



※縦軸はSHE(水素電極電位)に対する鋼材電位

	(A)	(B)
(1)	領域①	領域②
(2)	領域②	領域①
(3)	領域②	領域③
(4)	領域③	領域②

問題 7

領域①は酸化物の安定領域（不動態）

領域②はイオンの安定領域（腐食）

領域③は金属の安定領域（不活性）

電気防食工法は、鋼材の表面にマイナスの直流電流を流入させるため、表面の電位がマイナスになり、鋼材が安定な状態になる。

正解は、(3)

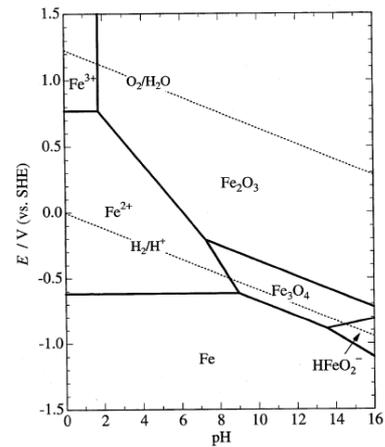


図4 鉄の電位-pH図（温度25°C，イオン種の活量 10^{-6} の場合）。

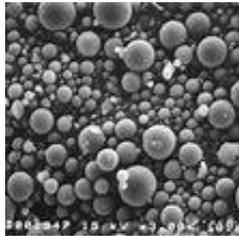
【問題 8】

フライアッシュによるアルカリシリカ反応の抑制効果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。

フライアッシュを混和したコンクリートでは、Ca/Si比の低い(A)が生成される。Ca/Si比が低い(A)ほど、アルカリ金属を(B)しやすく、細孔溶液中のOH⁻濃度は(C)なる。このことがアルカリシリカ反応を抑制する一要因となる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	C-S-H	固定	低く
(2)	C-S-H	解離	高く
(3)	エトリンガイト	解離	高く
(4)	エトリンガイト	固定	低く

フライアッシュとは
石炭を燃焼したときの灰(石炭灰)の一種

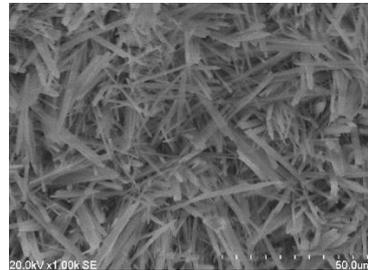


セメントの化合物

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
($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$)



問題 8

フライアッシュのASR抑制効果

ポゾラン反応では、pHが低下し、抑制効果がある。

フライアッシュ中のSi、Alがカルシウムシリケート系水和物(C-S-H)および水酸化カルシウムに取り込まれ、低Ca/Si比となるC-S-Hが生成される。

低カルシウム型のC-S-Hはアルカリイオンが吸着されやすく、水酸化カルシウムが消費され OH^- 濃度は低くなる。

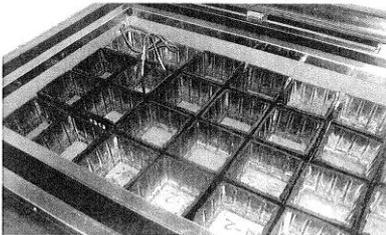
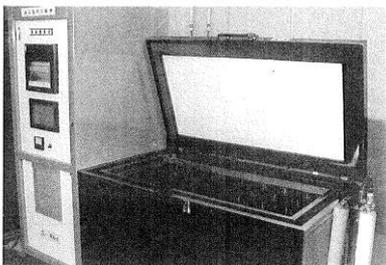
正解は、(1)

【問題 9】

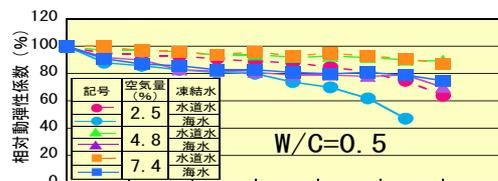
積雪寒冷地におけるコンクリート構造物の凍害に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) コンクリート中の水の凍結温度は、空隙が小さいほど低くなる。
- (2) コンクリート中の細孔における未凍結水の移動に伴う水圧が一要因になり、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、飛沫を受けない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。

凍結融解の繰り返し試験



相対動弾性係数は、試験前に対する動弾性係数に比で評価する方法



問題 9

積雪寒冷地の凍害 不適切な記述は？

- (1) 小さな空隙の水の凍結温度は低い。○
- (2) 未凍結水の移動で水圧が高くなりひび割れの一因となる。○
- (3) 海水の影響でスケーリングは発生しやすくなる。×
- (4) 日射を受ける方が、凍結融解作用に繰返しが多くなり凍害を受けやすい。○

不適切なものの、正解は (3)

【問題 10】

道路橋の鋼橋 RC 床版の診断に関する以下の記述中の(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。

道路橋の鋼橋 RC 床版は、主に床版下面からコンクリートのひび割れ等の発生状況を確認し、健全性の診断を行う。鋼橋 RC 床版では、乾燥収縮や曲げにより橋軸直角方向に一方向のひび割れが発生し、その後、(A)によるひび割れの進展により二方向のひび割れとなり、ひび割れの開閉や、ひび割れ面のすり磨き作用により床版の(B)耐力が低下する。この疲労による劣化の進行は、床版支間長、床版厚、配力鉄筋量、通行車両の軸重、(C)、施工の良否などに依存する。

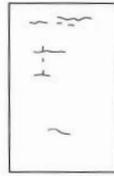
	(A)	(B)	(C)
(1)	乾燥収縮	押抜きせん断	路面の耐摩耗性
(2)	乾燥収縮	曲 げ	水の供給
(3)	曲 げ	曲 げ	路面の耐摩耗性
(4)	曲 げ	押抜きせん断	水の供給

問題 10

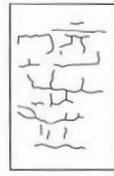
鋼橋のRC床版の診断

RC床版は曲げ応力の作用でひび割れが生じる。
劣化期になると、押抜きせん断耐力が低下する。
疲労劣化には、水の影響も大きい。

正解(4)



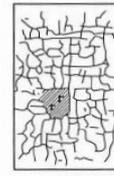
状態Ⅰ(潜伏期)
一方向ひび割れ



状態Ⅱ(進展期)
二方向ひび割れ



状態Ⅲ(加速期)
ひび割れの網細化
と角落ち



状態Ⅳ(劣化期)
床版の陥没

図B 鉄筋コンクリート床版の下面のひび割れと劣化状況

【問題 11】

道路橋鉄筋コンクリート単純桁の構造性能を、試験車両の走行による動的載荷試験により評価するための調査項目として、次のうち不適当なものはどれか。

- (1) コンクリートのクリープ係数
- (2) 桁の固有振動数
- (3) 鉄筋のひずみ
- (4) 支間中央のたわみ

クリープ係数とは

荷重を掛けると弾性変形が生じる。

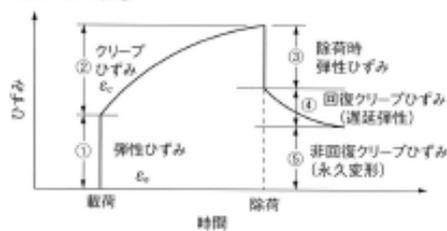
⇒ 静弾性係数 $E = \sigma / \varepsilon$

持続荷重を掛けると、クリープひずみが生じる。

⇒ クリープ係数は弾性歪の対するクリープ歪

$$\Phi = \varepsilon_{cr} / \varepsilon_e$$

●クリープの概念



問題 11

RC単純桁の動的載荷試験

評価するための調査項目 不適当なもの

- (1) コンクリートのクリープ係数
 - (2) 桁の固有振動数 ⇒ 有効
 - (3) 鉄筋のひずみ ⇒ 弾性域の判断で有効
 - (4) 支間中央のたわみ ⇒ たわみ量の判断 有効
- クリープひずみは持続荷重の影響を見るため無関係

正解は(1)

【問題 12】

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

- (1) 測定面にのろが付着していたため、水洗いによってこれを除去し、濡れた測定面を自然乾燥させた。
- (2) 測定面が乾燥していたため、フェノールフタレイン溶液を調整する際に、加えるエタノールの量を多くした。
- (3) フェノールフタレイン溶液を噴霧したところ、時間の経過とともに呈色した部分の面積が拡大したため、水を噴霧して測定した。
- (4) 鮮明な赤紫色に呈色した部分とこれより浅い部分に薄赤紫色の部分が現れたので、薄赤紫色の部分を中心に呈色していないものとして、中性化深さを測定した。

問題 12 （2018年度の再掲された問題）

JIS A 1152 による中性化深さの測定方法について

(1) のろを水洗いして、自然乾燥させて測定 ○

(2) エタノール液を増量して測定 ⇒ ×

⇒ JIS K8001 のフェノールフタレイン溶液の作り方

95%エタノール90mlに1gのフェノールフタレイン粉末を溶かし、水を加えて100mlにしてもものを使用する。供試体が乾燥している場合は、エタノールの量を70ml程度にすることができる。

(3) 呈色部分が拡大したため水を噴霧して測定

⇒ 呈色する部分が安定するまで待つ ×

(4) 薄赤紫色の箇所は中性化していると判断 ×

正解は(1)

【問題 13】

農業用鉄筋コンクリート製開水路の側壁表面に、写真に示すように、流水による摩耗が原因と思われる変状が発生している。この変状の範囲や深さを調査するために使用する機器として、次の(1)～(4)のうち、最も不適当なものはどれか。



写真 農業用鉄筋コンクリート製開水路の側壁の状況



(1) ノギス



(2) 型取りゲージ

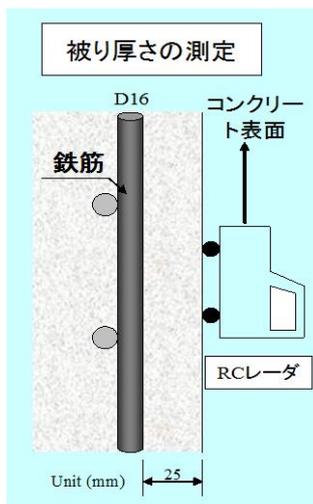


(3) 電磁波レーダ探査装置

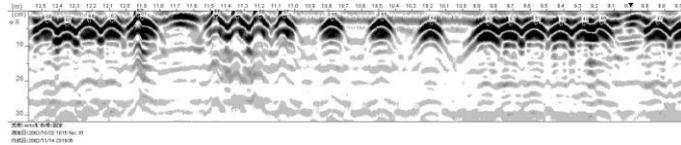


(4) デジタルカメラ

電磁波レーダ法：鉄筋位置および被り厚さ測定



RCLレーダ探査状況



測定データの例

問題 13

水路の側面に摩耗の変状 調査方法として不適当なもの

- (1)ノギス .. 不陸の測定
- (2)面取りゲージ .. 不陸の測定
- (3)電磁波レーダ探査装置 内部の調査用 ×
- (4)デジタルカメラ .. 目視観察用

正解は (3)

【問題 14】

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。このとき実施し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40 mmなので、直径130 mmのコアを採取した。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 直径100 mmのコア供試体の高さが185 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 14

JIS A 1107 によるコアの圧縮試験出不適当なもの

- (1)粗骨材の最大寸法 $40\text{mm} \times 3 = 120\text{mm}$ より大 ○
 (2)コアの高さの中央の2方向で測定 ×
 (3)コアの高さを4か所で測定して平均とする ○
 (4)直径100mmの高さが185mmであったので補正した。
 ⇒ 190~210mm は補正無し ○

正解は、(2)

(4)の補正方法 ⇒

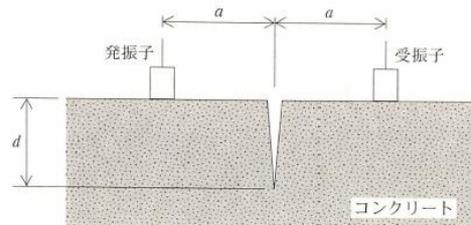
表 A 補正係数

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

(出典：JIS A 1107：2012)

【問題 15】

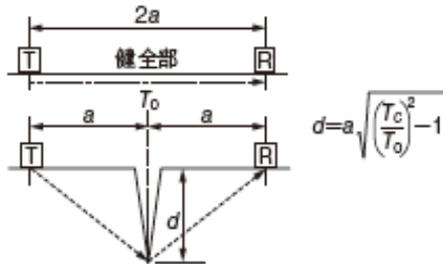
下図のようにコンクリートのひび割れ深さを超音波法により推定する。発振子および受振子からひび割れまでの距離 a と、測定された超音波の伝播時間 t の(1)~(4)の組合せのうち、ひび割れ深さ d の推定値が最も大きいものはどれか。ただし、コンクリート中の超音波伝播速度は 4000 m/s とする。



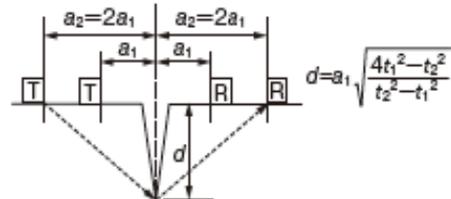
	発振子および受振子から ひび割れまでの距離 a (mm)	測定された超音波の伝播時間 t (μs)
(1)	150	100
(2)	100	100
(3)	150	80
(4)	100	80

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 (計算して解く方法)

超音波によるひび割れ深さの測定

発振子と受振子のひび割れまでの距離 a

ひび割れ深さ d 超音波伝播速度 $4,000\text{m/s}$

$$d^2 = (V \cdot t / 2)^2 - a^2$$

(1) $a=150$ 、 $t=100$ の場合

$$d^2 = (4 \times 10^6 \times 100 \times 10^{-6} \div 2)^2 - 150^2 = 17500 \quad d = 132$$

(2) 同様の計算で $d=173$

(3) 同上 $d=56$

(4) 同上 $d=125$

計算しないで解く方法

(1)と(2)を比較・・・(2)の方が深い

(2)と(4)を比較・・・(2)の方が深い

(1)と(3)を比較・・・(1)の方が深い

最大となるのは、(2)

問題(15) 別の解答方法

◆ 超音波によるひび割れ深さの測定

ひび割れ深さが最も大きいもの

ひび割れ深さが大きいものは時間が掛かる

同時間であれば、aの距離が短い方が深い

正解は(2)

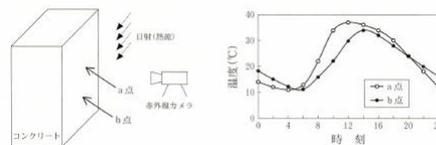
ちなみに

$$V=4000\text{m/s} \quad t=100\mu\text{s} \Rightarrow 400\text{mm}$$

$$d^2+100^2=200^2 \quad d=173\text{mm}$$

【問題 16】

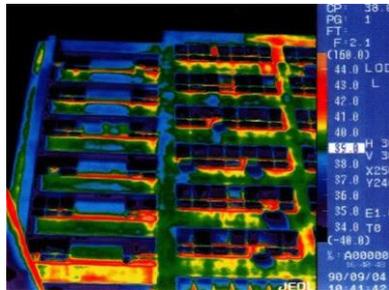
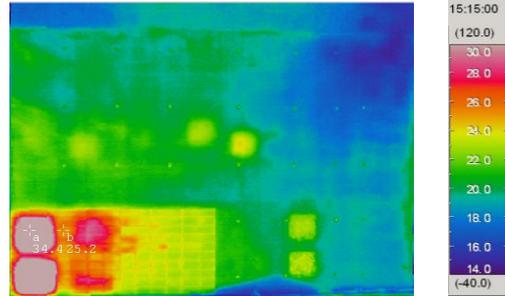
図1のように、日射を受けるコンクリートの表面温度を赤外線サーモグラフィにより測定することで、コンクリート内部の空隙探査を行うこととした。得られた表面温度の推移(図2)に関する次の記述中の(A)および(B)に当てはまる語句の(1)~(4)の組合せのうち、適当なものはどれか。



日中は、a点の温度がb点の温度より高いことから、空隙は(A)の位置に存在すると考えられる。空隙の検出に最も適している時間帯は、(B)である。

	(A)	(B)
(1)	a点	10時前後
(2)	b点	10時前後
(3)	a点	12時前後
(4)	b点	14時前後

赤外線サーモグラフィ法



問題 16

赤外線サーモグラフィで空洞測定

a点の温度がb点より高い ⇒ 空隙はa点の位置

空隙の検出に適している時間帯 ⇒ 10時前後

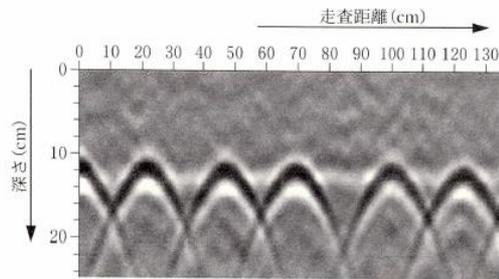
空隙の断熱効果のより表面温度が上昇する。

正解は、(1)

【問題 17】

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

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



問題 17

鉄筋位置の推定方法 適当なもの

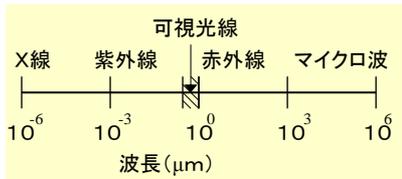
画像は電磁波レーダ法

- (1) 電磁波の伝播速度で求める原理 ×
- (2) 周波数を小さくすると、深い位置が精度よく測定 ○
- (3) 比誘電率は影響しない ×
- (4) 測定面の粗さも影響しない ×

* 周波数の高さとの関係を理解しておく

正解は(2)

■電磁波レーダー法



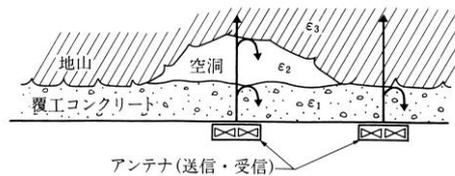
RCLレーダー測定状況

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

トンネル覆工(電磁波法)



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

【問題 18】

図に示すコンクリート表面からの深さと全塩化物イオン量の関係から、コンクリート中における塩化物イオンの見掛けの拡散係数を算出する。見掛けの拡散係数を算出するための回帰分析に使用する測定値として、次の(1)~(4)のうち、最も適当なものはどれか。

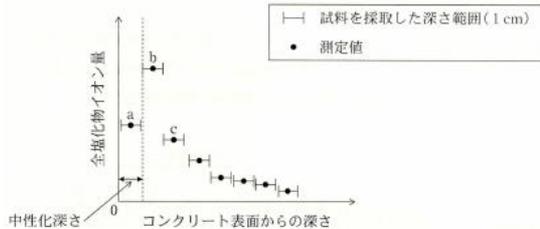


図 コンクリート表面からの深さと全塩化物イオン量の関係

	回帰分析に使用する測定値
(1)	全ての測定値
(2)	a点を除いた全ての測定値
(3)	a点, b点を除いた全ての測定値
(4)	a点, b点, c点を除いた全ての測定値

見掛けの拡散方程式 フィックの第2法則

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

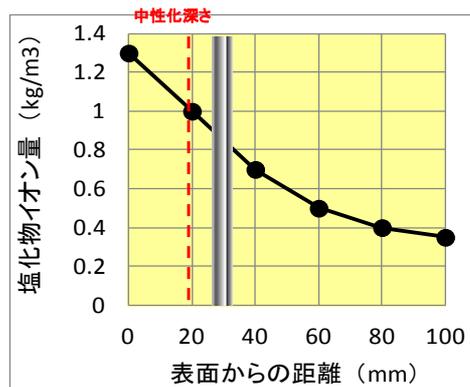
ここに、 $C(x,t)$: 深さ x (cm) 地点の経過時間 t (年) における塩化物イオン濃度(kg/m³)

C_i : 初期混入塩化物イオン濃度(kg/m³)

C_0 : 表面における塩化物イオン濃度(kg/m³)

D : 塩化物イオンの見かけの拡散係数(cm²/年)

erf : 誤差関数



中性化による塩分濃縮

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

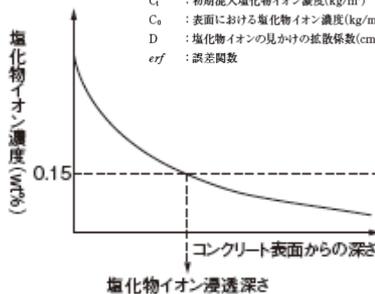
ここに、 $C(x,t)$: 深さ x (cm) 地点の経過時間 t (年) における塩化物イオン濃度(kg/m³)

C_i : 初期混入塩化物イオン濃度(kg/m³)

C_0 : 表面における塩化物イオン濃度(kg/m³)

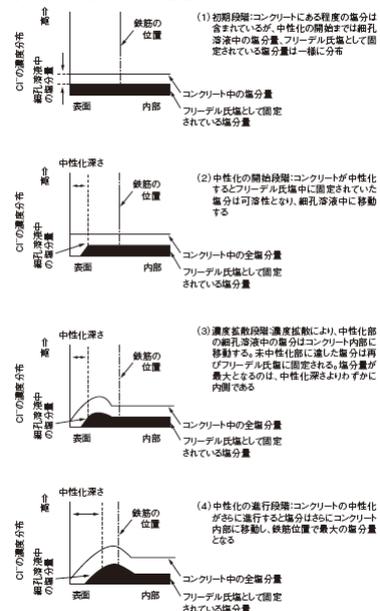
D : 塩化物イオンの見かけの拡散係数(cm²/年)

erf : 誤差関数



拡散係数は塩分濃縮を考慮

●中性化に伴う塩化物イオンの濃縮現象



問題 18

塩化物イオンの拡散係数の算出方法

a点は、中性化による影響で小さくなっている

b点は、中性化の影響で塩分量が大きくなっている。

(塩分濃縮の影響)

拡散係数を求めるには、a点とb点を除く必要がある。

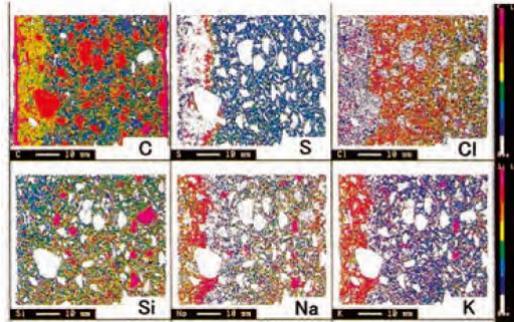
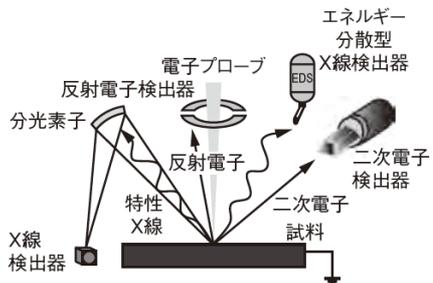
最も適当なもの 正解は、(3)

【問題 19】

コンクリート構造物から採取した試料に対する調査項目と使用機器の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、不適当なものはどれか。

	調査項目	使用機器
(1)	塩素の分布	電子線マイクロアナライザ(EPMA)
(2)	水酸化カルシウム量	示差熱重量分析装置(TG-DTA)
(3)	水和生成物の種類	粉末 X 線回折装置(XRD)
(4)	気泡間隔係数	水銀圧入式ポロシメータ(MIP)

電子線マイクロアナライザー (Electron Probe Micro Analyzer, EPMA)



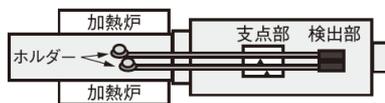
示差熱重量分析 (TG/DTA)

Thermo-Gravimetry/Differential Thermal Analysis

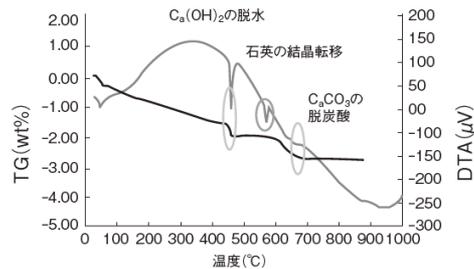


示差熱重量分析装置の例

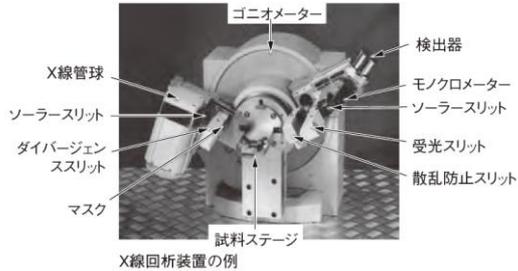
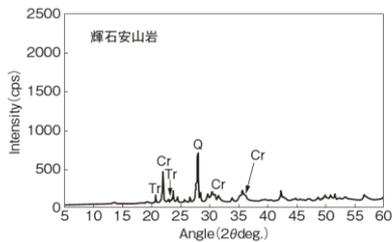
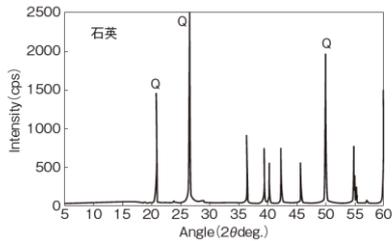
●示差熱重量分析装置の概略図



●コンクリートの熱分析結果の例



X線粉末回折 (X-ray Diffraction, XRD)



X線回折結果の一例：ともに SiO_2 を主成分とする石英(上図)と輝石安山岩(下図)の回折結果(XRDチャート)。石英では石英(Q)のみが確認されるのに対し、輝石安山岩では石英とともに、アルカリシリカ反応性鉱物であるクリスタライト(Cr)やトリディマイト(Tr)が確認される

■ 気泡分布

- 硬化コンクリート中の気泡径の分布, 空気量, 気泡間隔係数を測定する。

測定範囲: 10 μm ~ 数mm

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



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

気泡間隔係数 250 μm 以下であれば
凍結融解抵抗性は良好と判定



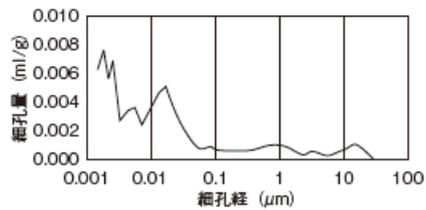
水銀圧入式ポロシメーター

多孔体に水銀を圧入させることにより、その内部の空隙の大きさの分布や量を測定する装置。水銀の表面張力が大きいことを利用して細孔に水銀を浸入させるために圧力を加え、圧力と圧入された水銀量から比表面積や細孔径分布を求めることができる。



水銀圧入式ポロシメーター

●細孔径分布曲線の例



問題 19

コンクリート構造物から採取した試料の調査項目と方法

- (1) 塩素の分析 …… 電子マイクロアナライザ
- (2) 水酸化カルシウム…示差熱重量分析装置
- (3) 水和生成物の種類…粉末X線回折装置
- (4) 気泡間隔係数 …… 水銀圧入式ポロシメータ

水銀圧入式ポロシメータは微細な空隙の測定用

不適當なもの 正解(4)

【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、電子銃と試料との間は(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。

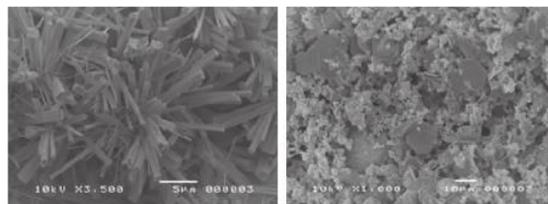
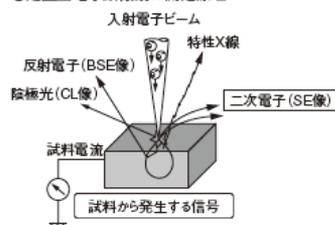
	(A)	(B)	(C)
(1)	真空状態	表面の凹凸状態	物質の分布状況
(2)	真空状態	物質の分布状況	表面の凹凸状態
(3)	飽水状態	物質の分布状況	表面の凹凸状態
(4)	飽水状態	表面の凹凸状態	物質の分布状況

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で、右はモノサルフェート

問題 20

走査型電子顕微鏡(SEM)の原理

電子銃と試料の間は 真空状態

二次電子とは反射電子(後方散乱電子)の量を検出

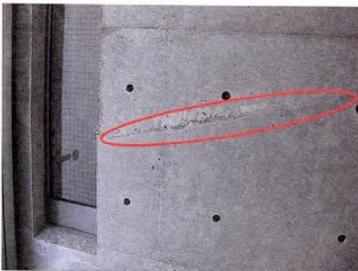
二次電子の量から 表面の凹凸状態

反射電子の量から 物質の分布状態

正解 (1)

【問題 21】

写真は、鉄筋コンクリート造建築物の壁面の打重ね部に生じた変状(楕円部分)である。この変状の原因に関する次の(1)～(4)の記述のうち、最も適当なものはどれか。



- (1) 打重ね部のコンクリートの締固め時間が短かった。
- (2) コンクリートの打重ね時間間隔が短かった。
- (3) コンクリートの凝結開始が遅かった。
- (4) 型枠の脱型時期が早かった。

問題 21

打ち重ね部の変状 最も適当なもの

- (1) 締固め時間が短い ⇒ 適当
- (2) 打ち重ね時間間隔が短い ⇒ 出来難い
- (3) 凝結時間の開始が遅い ⇒ 出来難い
- (4) 型枠の脱型時間が早い ⇒ 関係がない

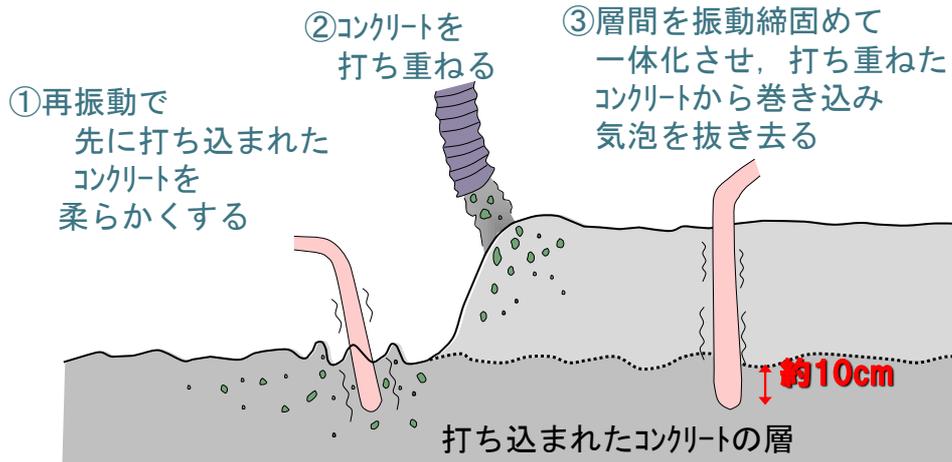
正解は (1)

コールドジョイントの発生事例



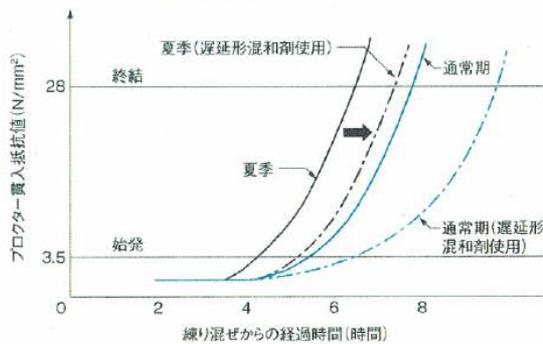
連続的な打込みができない場合に生じる。

打ち重ね時には前の層に振動機挿入



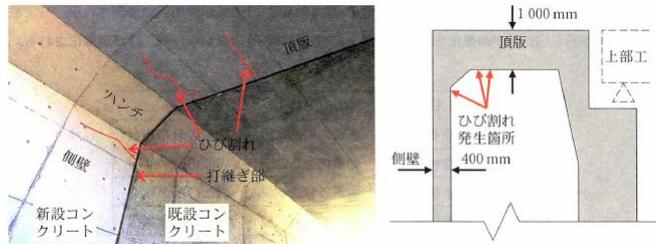
プロクター貫入試験

●プロクター貫入抵抗値の経時変化



【問題 22】

ラーメン式橋台の拡幅工事において、既設コンクリートに打ち継がれた新設コンクリートの頂版および側壁に、型枠の脱型後、写真に示すようなひび割れが見られた。このひび割れの主な原因として、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。



- (1) 型枠の変形
- (2) 施工中の過大な上載荷重
- (3) 急速な打込み
- (4) セメントの水和熱

水和熱に起因する温度ひび割れ

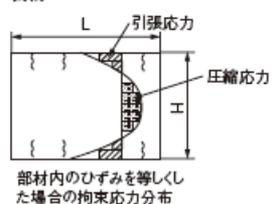
マスコンクリートの温度ひび割れ

内部拘束温度ひび割れ（下図の左）

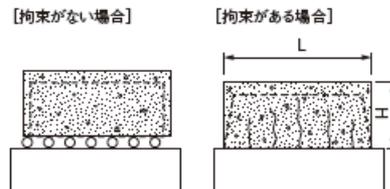
外部拘束温度ひび割れ（下図の右）

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ひび割れが生じる

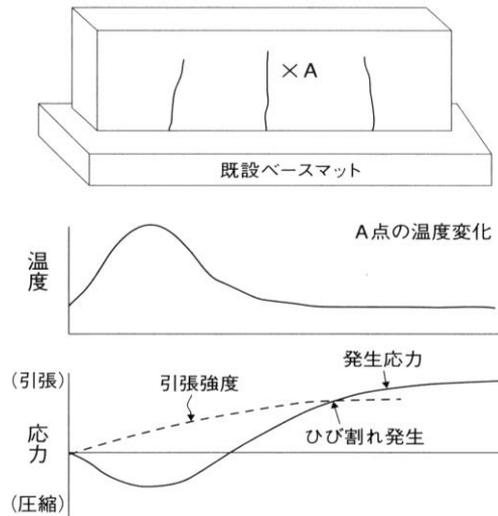
●内部拘束によるひび割れの発生機構



●外部拘束によるひび割れの発生機構



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 22

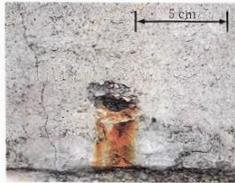
拡幅工事でできたひび割れの原因

新設コンクリートの水和熱に起因する温度ひび割れ
型枠の変形、過大な上載荷重、急速な打込みではない。

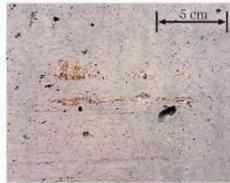
正解 (4)

【問題 23】

写真A～Dに示すように、コンクリート壁面に変色が生じている。これらの写真と変色の発生原因に関する次の(1)～(4)に示す組合せのうち、不適当なものはどれか。



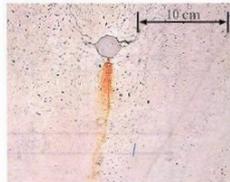
写真A



写真B



写真C



写真D

	写 真	変色の発生原因
(1)	A	粗骨材の鉄成分の腐食
(2)	B	鋼製型枠の腐食からのもらい錆
(3)	C	木製型枠に使用された釘の腐食
(4)	D	配力鉄筋の腐食

問題 23

コンクリート壁面に変色 不適当なもの

- (1) A 粗骨材の鉄成分の腐食
 (2) B 鋼製型枠の腐食からのもらい錆
 (3) C 木製型枠に使用された釘の錆び
 (4) D 配力鉄筋の腐食 ⇒ セパレータの錆び？

考えられないもの (4)

【問題 24】

竣工後1年が経過した鉄筋コンクリート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。不陸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として、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、不陸は床仕上げ精度の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。

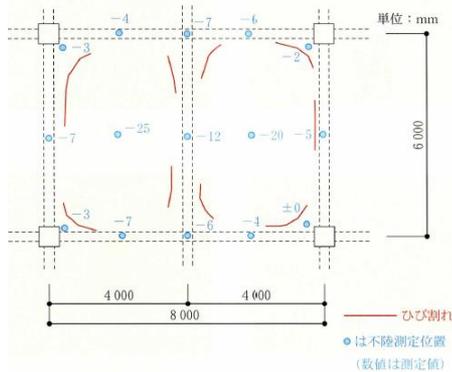


図 床スラブ上面の状況

- (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 24

竣工後1年経過のRC造建築 不適当なもの

- (1) 床スラブの厚さが小さいとたわみは増加する。
- (2) 上端筋が設計位置より下がっていると、たわみは増加
- (3) 下端筋のかぶり厚さが小さいと、中立軸より遠くなり、
たわみが減少する。 ⇒ 不適当
- (4) コンクリート強度が小さいと、弾性係数も小さくなり、
たわみは増加する。

不適当なもの 正解(3)

【問題 25】

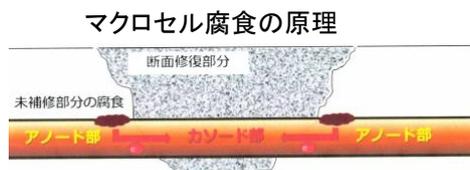
補修後5年が経過した鉄筋コンクリート梁の断面修復部に写真に示すような変状が認められた。この変状が生じた原因に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) 断面修復材のかぶり(厚さ)が小さかった。
- (2) 断面修復材の中性化の進行が速かった。
- (3) 鉄筋の防錆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。



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。



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

補修後5年経過した断面修復部の変状 不適當なもの

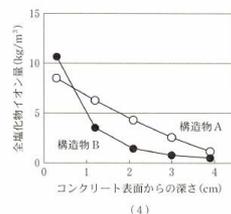
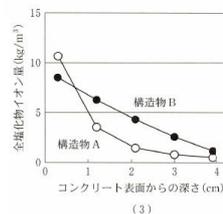
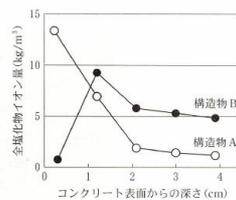
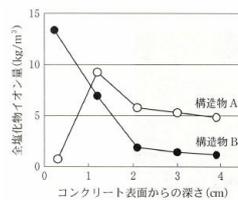
- (1) 断面修復材のかぶり厚さが小さい。
- (2) 断面修復材の中性化進行が速い。
- (3) 鉄筋の防錆処理が不十分
- (4) 既存部分のマクロセル ⇒ 既存部分に変状がない。

不適當なもの 正解 (4)

【問題 26】

同一環境条件下にある海洋コンクリート構造物 A および B から採取したコア供試体を用いて、全塩化物イオン量を測定した。コンクリートに使用されたセメントは、構造物 A では普通ポルトランドセメントであり、構造物 B では高炉セメント B 種であった。コンクリート中の全塩化物イオン量の分布を示した図として、次の(1)～(4)のうち、適當なものはどれか。

なお、竣工は同一年であり、圧縮強度試験結果はいずれも 30 N/mm^2 程度であった。また、中性化の進行はほとんど認められなかった。



問題 26

海洋コンクリートから採取したAとBの試料

A: 普通ポルトランドセメント

B: 高炉セメントB種

中性化していないので、塩分濃縮は生じない。

高炉セメントの方が塩化物イオンの浸透は遅い。

正解 (4)

【問題 27】

図に示すコンクリート製下水道管きょにおいて、供用開始から5年経過した時点で写真のような変状が確認された。この変状に関する以下の記述中の(A)～(C)に当てはまる語句または数値の(1)～(4)の組合せのうち、適当なものはどれか。

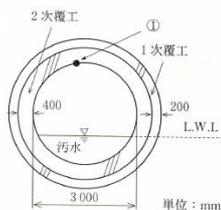


図 下水道管きょの断面図



写真

	(A)	(B)	(C)
(1)	硫酸	二水石こう	35
(2)	硫酸	エフロレッセンス	315
(3)	炭酸	二水石こう	35
(4)	炭酸	エフロレッセンス	315

下水道管きょ内の気中部で硫化水素ガス濃度を定期的に測定したところ 10～40 ppm であったことから、①に生成された白色の物質は(A)の作用によって生じた(B)である。白色物質をFe層まで除去したところ、残りの2次覆工の厚さは350 mm であった。2次覆工のコンクリートが全て(A)によって侵食されるまでの年数は、あと(C)年と推測される。ただし、ここでは、侵食量と経過時間は線形関係にあるものとする。

問題 27

供用から5年経過の下水道管きよ 適当なもの

硫化水素の影響で「硫酸」の作用により生じた「二水石こう」

残り350mmとすれば、 $400 - 350 = 50\text{mm}$

5年で50mmなので、350mmは7倍の後35年間

正解 (1)

【問題 28】

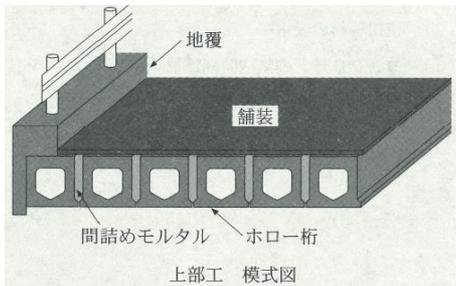
建設後15年が経過したプレテンションPCホロー桁橋において、下面につらら状の変状が認められた。この原因を特定し対策を講じるために必要な情報に関する次の(1)～(4)の記述のうち、優先順位が最も高いものはどれか。



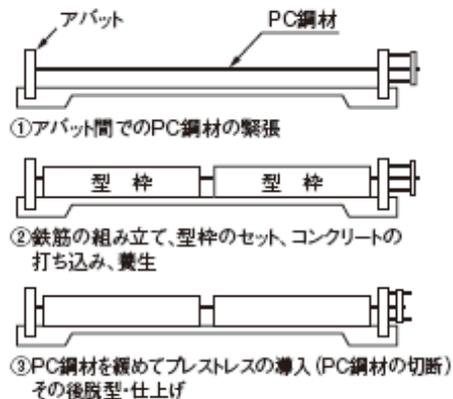
桁下面の変状

- (1) 桁のコンクリートに使用された骨材のアルカリシリカ反応性の有無
- (2) 橋面防水の有無
- (3) 桁のコンクリート中の全塩化物イオン量
- (4) 年平均気温

プレテンションPCのホロー桁橋



●プレテンション方式



問題 28

建設後15年経過のプレテンションPCホロー桁橋

つらら状の変状の原因と対策

(1) 骨材のASR反応性の可能性は小さい ×

(2) 橋面防水の有無 ○

⇒ コンクリートから水に溶けた水酸化カルシウムが溶出し、空気中の二酸化炭素と反応し、炭酸カルシウムの結晶を生成。つららの正体は炭酸カルシウム。

(3) 全塩化物イオン量 鉄筋位置のひび割れがない。×

(4) 年平均気温 の変化の影響はない。×

【問題 29】

道路トンネルにおける覆工コンクリートの定期点検を、「道路トンネル定期点検要領(国土交通省道路局)」に従って実施した。実施した内容に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) コンクリート表面の近接目視を行うほか、打音検査を併用した。
- (2) 覆工コンクリートの一部に、モルタルを用いた断面修復による補修が実施されていたので、その断面修復された範囲を除外して打音検査を行った。
- (3) 覆工コンクリートに、第三者被害を与えるような浮きが発見されたので、直ちにハンマにより浮き部分を撤去した。
- (4) 変状の発生箇所や種類・程度を記録するとともに、前回点検時の状態との差異についても記録した。

問題 29

道路トンネルの点検要領

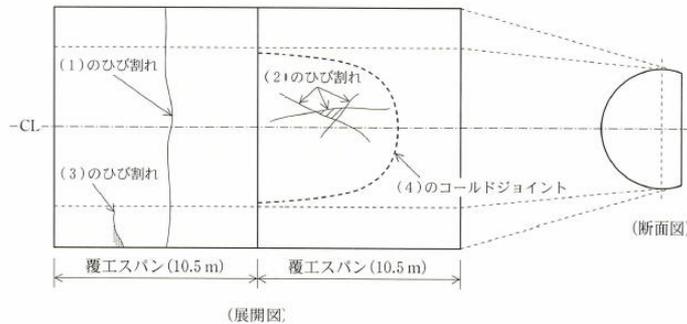
- (1) 表面の近接目視と打音検査
- (2) 断面修復をしたか所を除いて打音検査を行った。
⇒断面修復部の再劣化の可能性もある。 ×
- (3) 浮きが発見されたので、直ちに撤去した。
- (4) 前回の点検時の状態との差を記録した。

不適切なもの 正解(2)

【問題 30】

図のような変状の生じた道路トンネル覆工コンクリートの健全性診断において、次の(1)～(4)の変状のうち、対策を講じる緊急性が最も高いと判定すべきものはどれか。

- (1) 覆工スパンの中央付近の横断面方向に生じた、進行性のない幅 0.5 mm のひび割れ。
- (2) 覆工天端部に生じ、複数のひび割れが閉合してブロック化した、打音異常の認められる幅 1 mm のひび割れ。
- (3) 覆工側壁部に生じた、水の滲み出しを伴う幅 0.5 mm のひび割れ。
- (4) 覆工側面部から覆工天端部に生じた、縁切れないコールドジョイント。



問題 30

道路トンネルの覆工コンクリートの健全性評価

- (1) 横断面に進行性のない0.5mmのひび割れ
- (2) 天端部に複数のひび割れが併合、打音異常
- (3) 側壁部に漏水を伴う0.5mmのひび割れ
- (4) 側面から天井にかけてコールドジョイント

緊急性が高いのは (2)

【問題 31】

劣化が生じたコンクリート道路橋の健全性の診断結果に基づき、施すべき対策についての基本的な考え方に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、最も不適当なものはどれか。

劣化による現時点での性能の低下が小さく、残存供用期間が短い場合には、補修不要である。また、現時点での性能低下が小さくても、残存供用期間が長い場合は、(A)が考えられる。

現時点で性能の低下が著しい場合、残存供用期間が短ければ(B)が考えられる。また、今後の供用期間が長期にわたり、恒久的な対策が必要な場合は、(C)も選択可能である。

	(A)	(B)	(C)
(1)	補 修	点検強化	補 強
(2)	補 強	無対策	供用制限
(3)	定期的な点検	供用制限	撤去・更新
(4)	モニタリング	補 修	撤去・更新

問題 31

道路橋の健全性の診断結果 最も不適当なもの

(変な問題の代表例)

「現時点で、性能低下が著しい場合、残存供用年数が短ければ、(B)が考えられる。」で、

(B)に入るのは、点検強化、供用制限、補修は入るが、無対策は考えられない。

不適当なもの 正解は(2)

【問題 32】

写真A～Dに示すコンクリート構造物の変状について、表に示すように、それぞれ対策の目的が設定されている。目的を達成するために実施した対策として(1)～(4)のうち、不適当なものはどれか。



写真A 換壁の縁切れているコールドジョイント



写真B 換壁の幅0.3mmのひび割れ



写真C PC桁下面の塩害による鋼材腐食

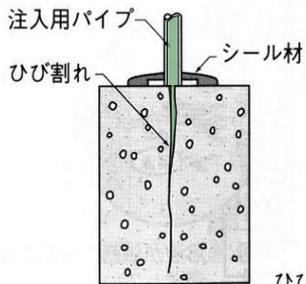


写真D 建物外壁の砂すじ

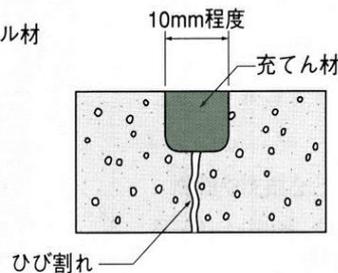
	写 真	対策の目的	実施した対策
(1)	A	劣化因子の遮断	縁切れ部をリカットし、ポリマーセメントモルタルを充填した。
(2)	B	劣化因子の遮断	ひび割れに可とう性エポキシ樹脂系注入材を注入した。
(3)	C	耐荷力の回復	鋼材に防錆材を塗布し、ポリマーセメントモルタルで断面修復した。
(4)	D	美観の向上	砂すじとその近傍をケレンし、ポリマーセメントペーストを塗布した。

ひび割れの補修工法

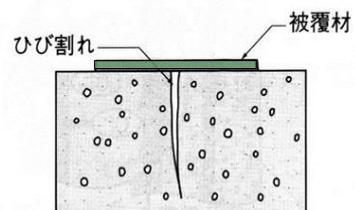
【注入工法】



【充てん工法】



【表面処理工法】



問題 32

コンクリート構造物の変状の対策 不適當なもの

- (1) コールドジョイントをUカット、ポリマーセメントモルタルで充てん
- (2) 壁の0.3mmのひび割れを可撓性エポキシ樹脂注入
- (3) PC桁の塩害補修 鋼材の防錆剤、ポリマーセメントモルタルで断面修復
- (4) 砂筋をケレンしてポリマーセメントペーストを塗布

不適當なもの 正解(3) 補強が必要なため

【問題 33】

火害を受けた鉄筋コンクリート部材の調査結果と、実施する主な対策に関する次の(1)～(4)の組合せのうち、不適當なものはどれか。

	調査結果				実施する主な対策
	部 材	コンクリート表面の色	コンクリートの状態	鉄筋の状況	
(1)	天井スラブ	黒	すすの付着	健全	すすと臭いの除去
(2)	梁	灰白	幅1.5mm程度の網目状ひび割れの発生	一部が露出	ひび割れ注入および鉄筋露出部の断面修復
(3)	壁	ピンク	幅0.1mm以下の微細なひび割れの発生	健全	表面被覆
(4)	柱	淡黄	広範囲の爆裂	一部が座屈	断面修復および鋼板巻立て

問題 33

火害を受けた鉄筋コンクリート部材 不適當なもの

(1) 天井のすす 300℃未満で健全

(2) 梁が灰白色 600~950℃

⇒ ひび割れ注入と断面修復では不十分

(3) 壁がピンク色 300~600℃ 壁の表面被覆

(4) 柱が淡黄色 950~1200℃ 鋼板巻き立て

不適當な対策

(2)

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

500℃

再使用可

再使用不可

【問題 34】

断面修復材に混和される材料とその効果に関する次の(1)~(4)の組合せのうち、不適當なもののはどれか。

	混和される材料	効果
(1)	合成樹脂(エマルジョン型)	母材との付着性能の向上
(2)	減水剤	ワーカビリティの向上
(3)	有機系短繊維	有害なひび割れの発生の抑制
(4)	増粘剤	圧縮強度の増大

問題 34

断面修復材の混和する材料と効果 不適當なもの

- (1) 合成樹脂 母材との付着性能の向上
- (2) 減水剤 ワークビリティの改善
- (3) 有機系短繊維 有害なひび割れ発生抑制
- (4) 増粘剤 圧縮強度は増大しない。

不適當なもの 正解 (4)

【問題 35】

コンクリート用含浸材の主成分とその効果に関する次の(1)～(4)の組合せのうち、不適當なものはどれか。

	含浸材の主成分	効果
(1)	シラン	水分浸透の抑制
(2)	亜硝酸カルシウム	アルカリシリカ反応の抑制
(3)	けい酸カリウム	中性化の抑制
(4)	シラン・シロキサソ	塩分浸透の抑制

問題 35

コンクリート用含浸材の主成分と効果

- (1) シラン ……水分浸透の抑制
- (2) 亜硝酸カルシウム ……アルカリシリカ反応の抑制
ASRにはリチウムが効果的 ⇒ ×
- (3) けい酸カリウム ……中性化の抑制
- (4) シラン・シロキサン ……塩分浸透の抑制

不適當のもの 正解 (2)

【問題 36】

材料・配(調)合・含水状態のいずれかが異なるコンクリートの、火災による爆裂のリスクの大小を比較した(A)～(C)の正誤について、次の(1)～(4)の組合せのうち、適当なものはどれか。

	爆裂のリスクが小さい	↔	爆裂のリスクが大きい
(A)	ポリプロピレン短繊維混入	↔	ポリプロピレン短繊維無混入
(B)	水セメント比が35%	↔	水セメント比が55%
(C)	コンクリートの含水率が1%	↔	コンクリートの含水率が6%

	(A)	(B)	(C)
(1)	正	正	正
(2)	正	誤	正
(3)	誤	正	誤
(4)	誤	誤	誤

ポリプロピレン短繊維



融点が小さく、
爆裂の対して抵抗する。

ハルチップJKの物性等			
素 材	ポリプロピレン	色	グレー
密 度	0.91g/cm ³	形 状	矩形断面
厚さ×幅	0.5×0.9mm	繊維長	48.0mm
公称断面積	0.385mm ²	織 度	3500dtex
引張強度※	530.3N/mm ²	耐薬品性	酸・アルカリに強い
融 点	160~170℃	洗い試験	機械により採取
繊維供給	投入機を使用		

※記載の数値・結果例は保証値ではありません。

問題 36

火災による爆裂のリスクの大小 適当なもの

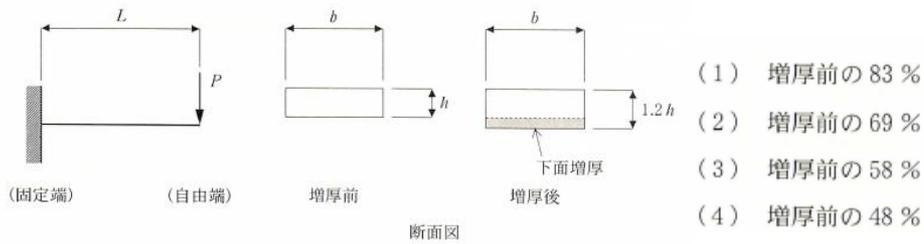
- (A) ポリプロピレン短繊維 爆裂リスクが小 ○
- (B) 水セメント比が35% 爆裂リスクは大
⇒高強度コンクリート爆裂しやすい ×
- (C) コンクリートの含水比1% 爆裂リスクは小 ○
高強度ほど、水分が多いほど爆裂しやすい。

適 不適 適 の選択 正解は、 (2)

【問題 37】

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。下図に示すように、増厚後の床版厚を増厚前の1.2倍とした場合、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。



問題 37

片持ち床版のたわみを下面増厚工法で補強

たわみは3乗で効果が出る。

$$1/1.2^3 = 0.58$$

断面二次モーメント $I = [\text{幅} \times (\text{高さ})^3 / 12]$

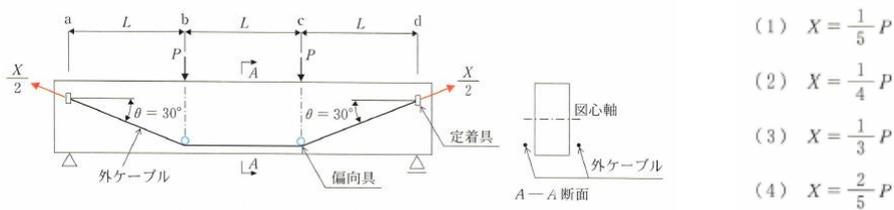
$$\text{たわみ } \delta = PL^3 / 3EI$$

正解 (3)

【問題 38】

支間の3等分点に荷重 P がそれぞれ作用するプレストレストコンクリート単純桁において、
下図のように外ケーブルを桁両側面に配置し、a-b間およびc-d間の桁断面に作用するせん断力を
20%減少させることとした。外ケーブル2本の総緊張力 X (1本当たり $\frac{X}{2}$) として、次の
(1)~(4)のうち、適当なものはどれか。

ただし、自重および外ケーブルの施工に伴うプレストレスの損失は無視する。



問題 38

3等分点载荷の単純桁に外ケーブルを配置

もともとのせん断力は、 P

これを20%減少させる $0.2P$

緊張力 $X/2$ の分力で、 $X/4$

ケーブル2本なので、 $X/2$

$$X/2 = 0.2P \quad X = 0.4P$$

正解 (4)

【問題 39】

鉄筋コンクリート鉄道橋において、線形累積損傷則(マイナー則)により疲労の照査を行った。その結果、引張鉄筋の累積疲労度 M が 0.76 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、 152 N/mm^2 の最大引張応力度に等価な応力が毎月 400 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 N/mm^2 で、最大応力比 S_{\max} は次式で表されるものとする。

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

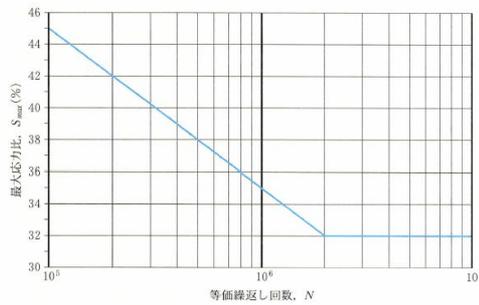


図 鉄筋が破断するまでの等価繰返し回数と最大応力比

- (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 39

線形累積損傷則(マイナー則)による疲労の照査

引張鉄筋の線形疲労度 $0.76 \Rightarrow 1.0$ までの時間

引張応力度 152 N/mm^2 が毎月 400 回作用

鉄筋の引張強度 400 N/mm^2

$$\text{最大応力比 } S_{\max} = (152 / 400) \times 100 = 38\%$$

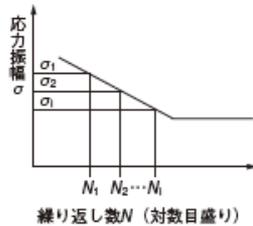
等価繰返し回数 5×10^5 (図から読み取る)

$$400 \text{ 回/月} \times 12 \times T_1 = 5 \times 10^5 \text{ が破壊までで } T_1 \doteq 104 \text{ 年}$$

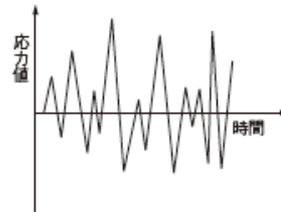
$$0.76 \times 104 = 79 \text{ 年} \quad \text{照査時点から 25 年 正解 (3)}$$

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 40】

鉄筋コンクリート道路橋を対象として、ライフサイクルコストを考慮した適切な維持管理を行うこととした。この道路橋の建設から撤去、廃棄までの性能と費用の経時変化の概念図を以下に示す。ライフサイクルコストとして、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

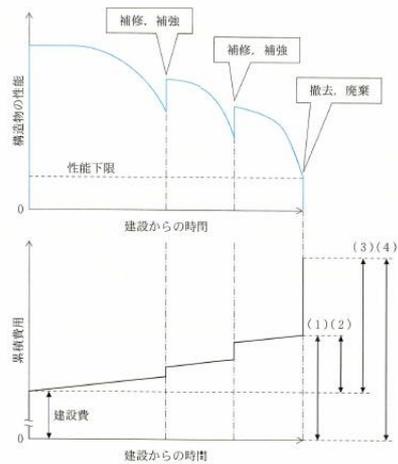


図 構造物の性能と累積費用の経時変化

問題 40

RC道路橋のLCC

ライフサイクルコストの計算

建設費から撤去の費用までを含む

正解 (4)

ライフサイクルコスト(LCC)の評価

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

ライフサイクルコスト
初期建設費 補修費 更新費

