

コンクリート診断士試験 過去問選択40問 解説

十河 茂幸

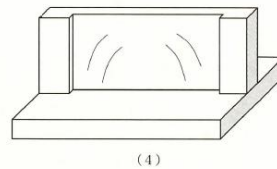
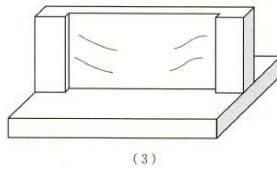
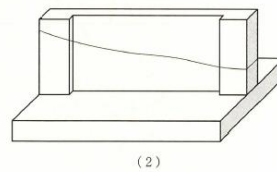
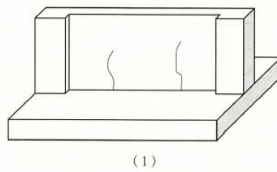
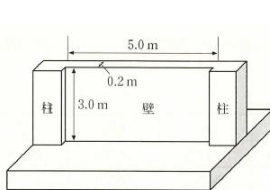
江良 和徳

1

【問題 1】

下図に示す鉄筋コンクリート壁もしくは柱に発生したひび割れの概念図のうち、コンクリートの急速な打込みが原因のひび割れとして、次の(1)～(4)のうち最も適当なものはどれか。

なお、壁と柱は同時に打ち込んだものとする。



2013年度 問題1

問題 1

◆ 急速な打込みが原因のひび割れ

(1) 乾燥収縮ひび割れ

(2) コールドジョイント

⇒ 打ち重ね時間間隔が長い

(3) 沈みひび割れ ⇒ ブリーディングが原因

(4) 斜めひび割れ ⇒ 一般的には生じない

正解は(3)

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

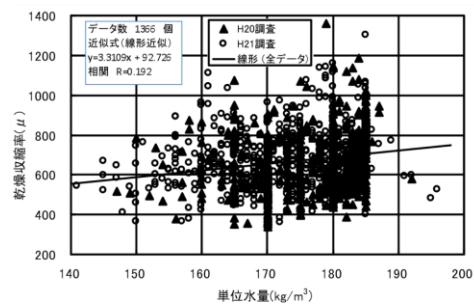
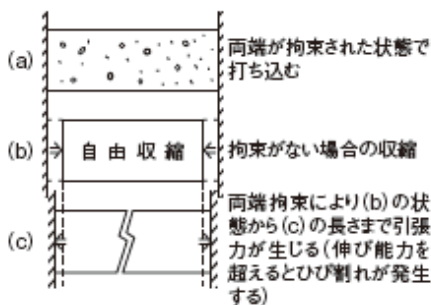


図-3.21 単位水量と乾燥収縮率

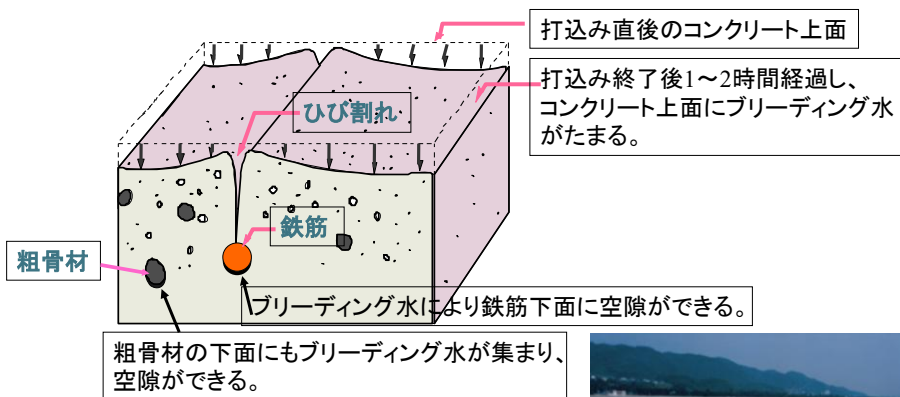
収縮が拘束されるとひび割れが生じる。
完全拘束状態では、約100μの収縮で生じる。

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。

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



2

2]

コンクリートに発生するエフロレッセンスに関する以下の記述中の(A)～(C)にあてはまる次の(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

一般に、一次エフロレッセンスには、可溶性の(A)などと不溶性の(B)などが含まれる。また、一次エフロレッセンスは、相対湿度が(C)、適度な風がある環境で発生しやすくなる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	Na_2SO_4	CaCO_3	低 <
(2)	Na_2SO_4	CaCO_3	高 <
(3)	CaCO_3	Na_2SO_4	高 <
(4)	CaCO_3	Na_2SO_4	低 <

問題 2

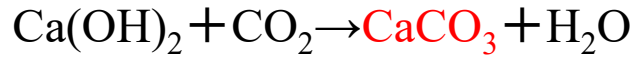
2013年度 問題2

◆ エフロレッセンス

- (A) 可溶性の Na_2SO_4 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- (B) 不溶性の CaCO_3
- (C) 相対湿度が低い方が生じやすい。
⇒ 拡散しやすいことによる。

正解は(1)

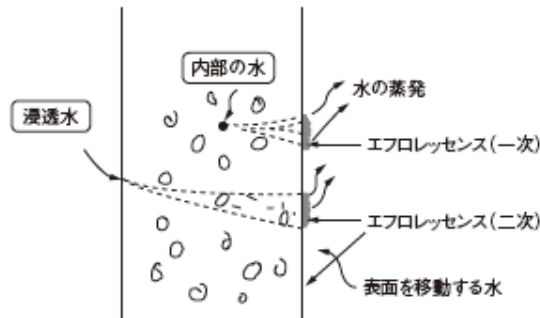
エフロレッセンスとは



この反応により炭酸カルシウムが析出する現象

一次エフロレッセンスと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



3

3]

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および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、より多くの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)	炭酸カルシウム	高温	小さく
(3)	水酸化カルシウム	低温	大きく
(4)	炭酸カルシウム	低温	大きく

3 の解説

2017年度 問題3

正解 (3)

エフロレッセンスとは、コンクリート中の水酸化カルシウムが、空気中の二酸化炭素と反応して、炭酸カルシウムとなり、白い結晶となる現象である。

温度が低いほど、水の溶解度が大きくなり、低温の環境で生じやすい。

早期に脱枠すると、乾燥が進んで水分が蒸発し、エフロレッセンスが生じやすくなる。

4 問題 3]

引張鉄筋比が釣合い鉄筋比以下の鉄筋コンクリート梁に、図1に示すように荷重を載荷した。図2は、その時に得られた荷重(P)と支点間中央部のたわみ(δ)の関係の概略図である。図2中のA～Cにあてはまる次の(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

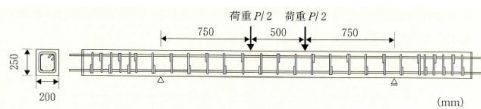


図1 鉄筋コンクリート梁の載荷状況

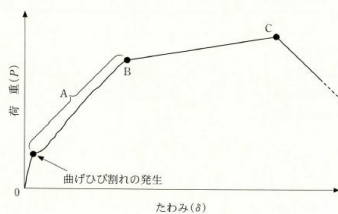


図2 荷重と支点間中央部のたわみの関係の概略図

	A	B	C
(1)	支点間中央部断面での中立軸位置は移動しない	鉄筋の降伏開始	コンクリートのせん断破壊
(2)	支点間中央部断面での中立軸位置は移動しない	コンクリートのせん断ひび割れの発生	コンクリートの圧縮破壊
(3)	支点間中央部断面での中立軸位置が圧縮縁側に移動する	コンクリートのせん断ひび割れの発生	コンクリートのせん断破壊
(4)	支点間中央部断面での中立軸位置が圧縮縁側に移動する	鉄筋の降伏開始	コンクリートの圧縮破壊

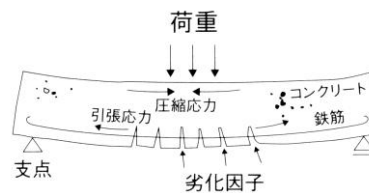
2013年度 問題3

問題 4

◆ 鉄筋コンクリート梁の曲げ応力とひずみ

- (A) 曲げひび割れが生じた段階
- (B) 鉄筋が降伏したとき
- (C) コンクリートの圧縮破壊

正解は(4)



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

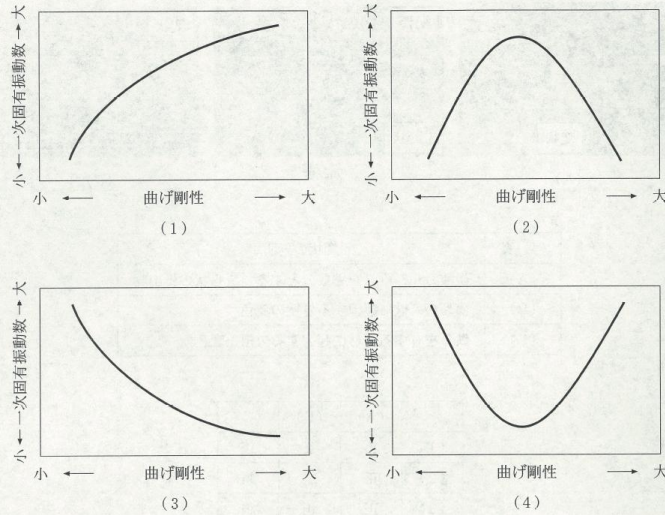
釣り合い鉄筋比以下 ⇒ 引張鉄筋が先に許容応力度に達する

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

5

4]

鉄筋コンクリート梁部材の曲げ剛性と一次固有振動数の関係を表した次の概念図のうち、適当なものはどれか。



問題 5

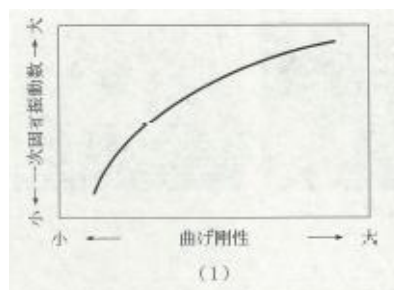
2014年度 問題4

鉄筋コンクリート梁部材の曲げ剛性と一次固有振動数

固有振動数は、質量と剛性で決まる。

梁部材の曲げ剛性が低下すると、一次固有振動数も低下

正解 (1)



6

【6】

表に示す年平均気温および年平均湿度を用いて、A市、B市、C市に建てられた鉄筋コンクリート造建物の外壁における建設から50年後の中性化深さを推定した。それぞれの市における建物外壁の中性化深さの推定値の大小関係として適当なものは、次の(1)～(4)のうちどれか。

ただし、いずれの場合も、コンクリートは普通ポルトランドセメントを使用した水セメント比50%の同一の配(調)合とし、屋外の炭酸ガス濃度は同じとした。また、外壁は仕上材を施しておらず、雨がかりはないものとした。

表 各都市の年平均気温および年平均湿度

	A市	B市	C市
年平均気温(℃)	7.0	16.6	16.7
年平均湿度(%)	74.5	61.2	73.1

- (1) A市>B市>C市
 (2) B市>A市>C市
 (3) B市>C市>A市
 (4) C市>A市>B市

問題 6

2013年度 問題4

◆ 中性化深さに及ぼす環境の影響

- ✓ 中性化は、化学反応である。つまり、温度が高い方が早く進む。
- ✓ 二酸化炭素の浸透の影響であり、相対湿度が50～60%程度が最も早く進行する。

相対湿度が同じ場合、温度が高い $C > A$

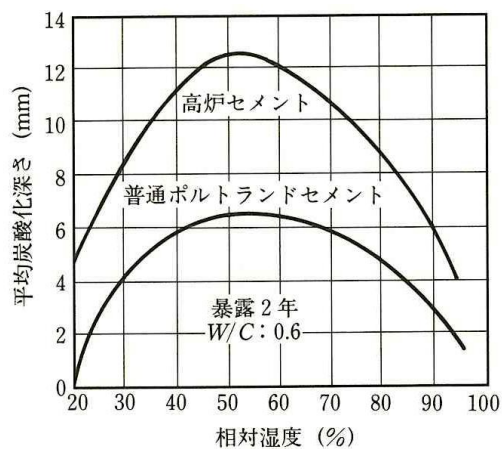
温度が同程度の場合、相対湿度60% $B > C$

よって、 $B > C > A$ 正解(3)

中性化の速さに及ぼす影響

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

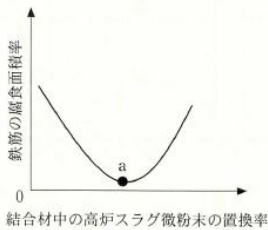
中性化速度に及ぼす相対湿度の影響



7 問題 5]

外部からの塩分浸透による塩害と中性化の複合劣化を模擬した促進試験により、結合材中の高炉スラグ微粉末の置換率の異なるコンクリート中の鉄筋腐食の進行を比較した結果、下に示す概念図のような現象が確認された。この図に関する以下の記述中の(A)～(C)にあてはまる次の(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

結合材中の高炉スラグ微粉末の置換率の増加に伴い、コンクリートの(A)は小さくなり、コンクリート中の(B)は減少する。結果的に、鉄筋位置での(C)が最小となったa点で鉄筋腐食が最も抑制されたと考えられる。



	(A)	(B)	(C)
(1)	塩化物イオンの見掛けの拡散係数	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{OH}^-]}$
(2)	酸素拡散係数	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{HCO}_3^-]}$
(3)	塩化物イオンの見掛けの拡散係数	CaCO_3	$\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{HCO}_3^-]}$
(4)	酸素拡散係数	CaCO_3	$\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{OH}^-]}$

問題 7

2013年度 問題5

◆ 塩化物イオン浸透と中性化の複合劣化

高炉スラグ微粉末の置換率の影響

高炉スラグ微粉末は、鉄筋腐食の防止効果がある。⇒見かけの拡散係数が小さい。

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ が減少

$[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$ が最小のa点で腐食が抑制

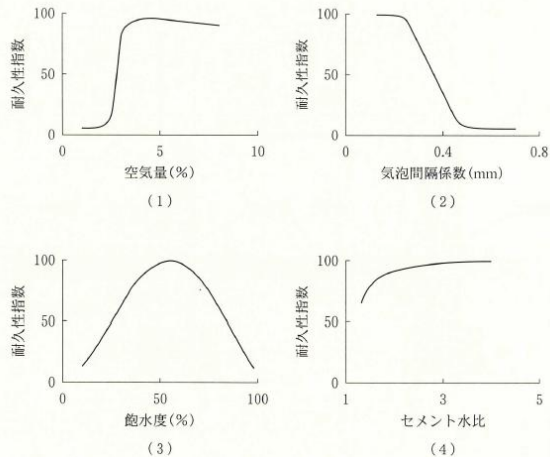
正解(1)

8

【問題 7】

コンクリートの耐凍害性に及ぼす各種要因の影響を示した(1)～(4)の概念図のうち、不適当なものはどれか。

ただし、(1)～(3)のコンクリートの水セメント比は50%、(3)および(4)の空気量は4.5%とする。



問題 8

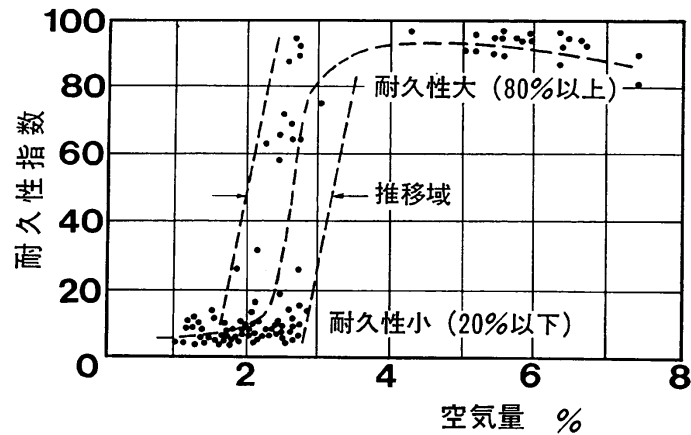
2013年度 問題7

◆ 耐凍害性に及ぼす影響

- (1) 空気量は、3%以上で耐久性指数が大
- (2) 気泡間隔係数が小さいと耐久性指数が大
⇒ 気泡間隔は空気量が多い程小さい
- (3) 飽和度が高いのは、凍害要因の水が多い。
⇒ 飽和度が高いと凍害を受けやすい
- (4) セメント水比が大(強度が高い)と凍害を受けにくい

正解(3)

空気量と耐久性指数



■ 気泡分布

- 硬化コンクリート中の気泡径の分布, 空気量, 気泡間隔係数を測定する。

測定範囲: 10 μ m ~ 数mm

- コンクリート中の気泡部分を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)

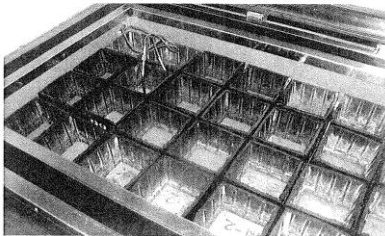
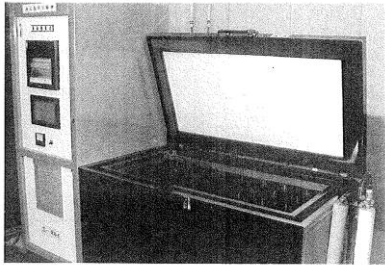


- コンクリート中のエントレンドエアの確認
- コンクリートの凍結融解抵抗性の評価

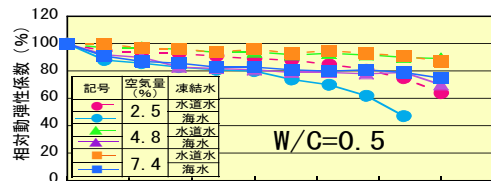
気泡間隔係数 250 μ m以下であれば
凍結融解抵抗性は良好と判定



■ 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



9

【問題 8】

コンクリートのアルカリシリカ反応(ASR)に関する次の記述(1)~(4)のうち、最も不適当なものはどれか。

- (1) プレストレスで拘束された部材では、拘束方向のひび割れが卓越する。
- (2) 細孔溶液中の OH^- イオン濃度が高いほどコンクリートの膨張量が大きくなる。
- (3) モルタルバー法で無害と判定された骨材を用いても、ASR によるひび割れが発生する場合がある。
- (4) 反応性鉱物を含む骨材と含まない骨材を混合使用する場合、反応性鉱物を含む骨材の混合割合とコンクリートの膨張量とは比例関係にある。

問題 9

2014年度 問題8

ASRに関する 不適当なもの

- (1) プレストレスの拘束方向にひび割れ ○
- (2) 細孔溶液中のOH⁻イオン濃度が高い程大きいひび割れ ○
- (3) モルタルバーで無害であってもひび割れが生じる。○
- (4) 有害な骨材と無害な骨材を混合すると比例する、
ペシマムが存在する ×

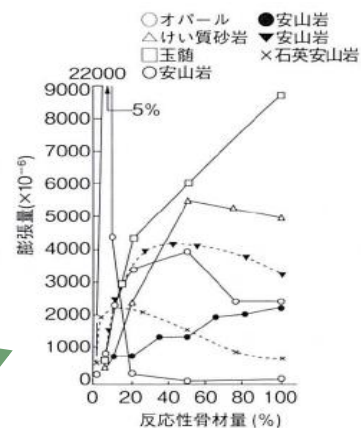
不適当なもの 正解 (4)

ASRに及ぼす影響

- (1) 拘束の強い方向に生じる。



- (2) アルカリ量が高いことになる。
- (3) 現行のモルタルバーで評価できない場合もある。
- (4) 反応性骨材のペシマム



10

9]

コンクリートの化学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。

内在硫酸塩によるコンクリートの膨張劣化は、硫酸塩を多く含むセメントの使用がその一因と考えられている。例えば、プレキャストコンクリート部材では、(A)の影響で(B)が分解し、その後、この部材が(C)環境に置かれた場合に、(B)の遅延生成により著しい膨張が生じ、ひび割れが発生することがある。

	(A)	(B)	(C)
(1)	早期脱型による乾燥	エトリンガイト	乾燥した
(2)	蒸気養生中の高温	C-S-H	乾燥した
(3)	蒸気養生中の高温	エトリンガイト	水分の供給が多い
(4)	早期脱型による乾燥	C-S-H	水分の供給が多い

10 の解説

2017年度 問題9

正解 (3)

化学的腐食に関する問題である。

硫酸塩を多く含むセメントを使用すると、エトリンガイトが生じやすい。特に、蒸気養生を高温で行うと、エトリンガイトが水分を多く含む環境で膨張する場合がある。

DEF (Delayed Ettringite Formation)

と呼ばれる現象である。

◆ エトリングイト遅延生成(DEF)の影響

エトリングイト ⇒ CaO SO_3 Al_2O_3

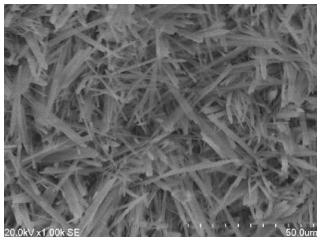
硫酸塩がアルミネート系水和物と反応

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)

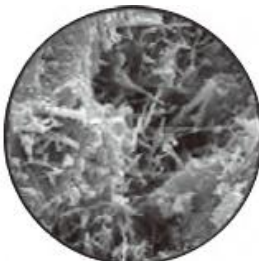


20.0kV x1.00k SE

50.0um

エトリングイトの遅延生成(DEF)

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



エトリングイトの結晶の形状

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

11

【問題 10】

コンクリートの硫酸による化学的侵食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。

コンクリートが硫酸の作用を受けると、まず、セメント水和物の(A)と硫酸が反応してコンクリート表面に(B)が生成される。なお、普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートでは、水セメント比が(C)方が劣化の進行は速い。

	(A)	(B)	(C)
(1)	水酸化カルシウム	炭酸カルシウム	小さい
(2)	C-S-H	炭酸カルシウム	大きい
(3)	水酸化カルシウム	二水せっこう	小さい
(4)	C-S-H	二水せっこう	大きい

問題 11

2014年度 問題10

硫酸による化学的侵食の問題 **組み合わせで適当なもの**

硫酸が作用すると、セメントの水和物 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と反応



さらに、けい酸カルシウムとも反応して

二水石こうとシリカゲルを生成する。

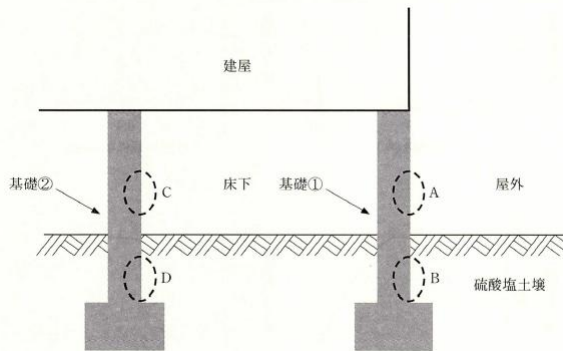
硫酸の作用では、水セメント比が**小さい**程劣化しやすい。

正解 (3)

12 題 8]

下図は、地盤が硫酸塩土壌である敷地に建設された建築構造物の基礎部分を示したものである。この基礎コンクリートで硫酸塩劣化が生じる場合、図中のA～Dのうち、劣化速度が最も大きくなると考えられる位置はどれか。

なお、基礎①の屋外側は雨がかりがあり、屋外および床下の土壌は湿潤状態にある。また、床下は常時換気されている。



- (1) A
- (2) B
- (3) C
- (4) D

問題 12

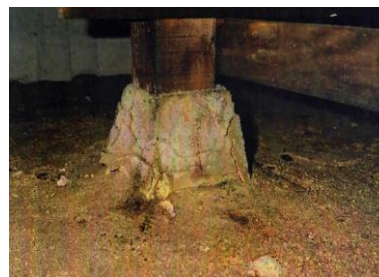
2013年度 問題8

◆ 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。

Cの部位が劣化

正解(3)



13

[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。次の記述のうち、JISA 1152 : 2011 (コンクリートの中性化深さの測定方法) に照らして、不適当なものはどれか。

- (1) コアの側面を水洗いし、表面が濡れている状態でフェノールフタレイン溶液を噴霧し、測定を行った。
- (2) 赤紫色の呈色が不鮮明だったので、フェノールフタレイン溶液を再度噴霧して、発色が鮮明になってから測定を行った。
- (3) 測定箇所にも粗骨材の粒子があったので、粒子の両端の中性化位置を結んだ直線上で測定を行った。
- (4) コンクリート表面から赤紫色に呈色した部分までの距離を 0.5 mm の単位で測定した。

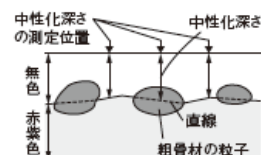
問題 (13)

2013年度 問題12

◆ コア供試体の中性化深さ測定 (JIS A 1152)

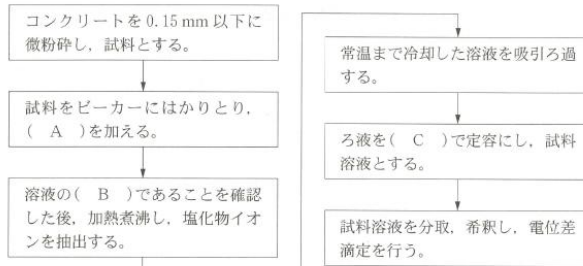
- (1) コアの表面が濡れている状態で測定
⇒ 乾燥させて測定
- (2) 呈色が薄いから、再度溶液を噴霧
- (3) 粗骨材の両端の位置を結んだ直線上で測定
- (4) 赤紫色に抵触した個所を0.5mm単位で測定

不適当な 正解 (1)



14²⁾

図は、硬化コンクリート中の全塩化物イオン濃度を、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 1154:2012(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)に照らして、適当なものはどれか。



	(A)	(B)	(C)
(1)	硝酸	pHが3以下	蒸留水
(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	蒸留水

(14)の解説

2017年度 問題12

正解 (1)

電位差滴定法では、コンクリートを微粉砕した試料を用い、硝酸を加えて溶液のpHを3以下にする。

その後、加熱煮沸して全塩化物イオンを抽出する。

常温まで冷却した溶液をろ過し、蒸留水で定容にし、滴定する。

(A) には硝酸、(B)にはpH3以下、(C)には蒸留水が入る。

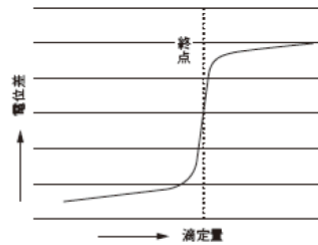
電位差滴定法について

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

●電位差滴定装置の構成



●終点の決定



15 題 15]

JISA 1107:2012(コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法)に従って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。

コア供試体の平均直径(d)が100.0 mm、コア供試体の平均高さ(h)が163.0 mm、試験時最大荷重が 2.67×10^5 Nであったとき、下表に示す補正係数に基づいて計算した圧縮強度のうち、JISA 1107:2012に照らして、適当なものはどれか。

なお、円周率(π)は3.14とする。

JISA 1107:2012による補正係数

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

h/d がこの表に表す値の間にある場合は、補正係数 k を補間して求める。

(1) 35.1 N/mm^2

(2) 33.0 N/mm^2

(3) 32.6 N/mm^2

(4) 32.0 N/mm^2

2013年度 問題15

問題(15)

◆ JIS A 1107 コアの圧縮強度

圧縮強度は、直径の2倍の高さで評価

コア採取で高さが不足した場合は補正が必要

直径100mm 高さは200mm必要

高さ163mmの場合 補正係数 0.97

$$2.67 \times 10^5 \div (50 \times 50 \times 3.14) \times 0.97 = 33.0$$

正解 (2)

強度の補正係数

●圧縮強度への試験方法の影響(各種供試体の強度比)

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

●圧縮試験状況



●補正係数 [JIS A 1107]

高さ直径との比 $\frac{h}{d}$	補正係数	備考
2.00	1.00	
1.75	0.98	$\frac{h}{d}$ がこの表に表す値の間にある場合、補正係数は補間して求める
1.50	0.96	
1.25	0.93	
1.00	0.87	

16

8]

塩害環境に位置するコンクリート構造物の調査に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) 粗骨材の最大寸法の3倍の直径のコアを採取し、粉碎・調製した試料を用いて、塩化物イオン濃度を測定した。
- (2) 採取コアの割裂面に硝酸銀溶液を噴霧し、塩化物イオンの浸透深さを調べた。
- (3) 採取コアを用いて、電子線マイクロアナライザー(EPMA)により塩化物イオン濃度の分布を調べた。
- (4) 採取コアの中性化した領域の塩化物イオン濃度の測定結果を含めて、塩化物イオンの見掛けの拡散係数を計算した。

問題(16)

2013年度 問題18

◆ 塩害環境のコンクリート構造物の調査

- (1)粗骨材の最大寸法の3倍のコア直径
- (2)コアの割裂面に硝酸銀溶液を噴霧し、塩化物イオンの浸透深さを測定
- (3)EPMA(電子マイクロアナライザー)を用いて塩化物イオンの分布を測定
- (4)中性化した領域を含めて拡散係数を算出

不適当は (4)

中性化による塩分濃縮

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

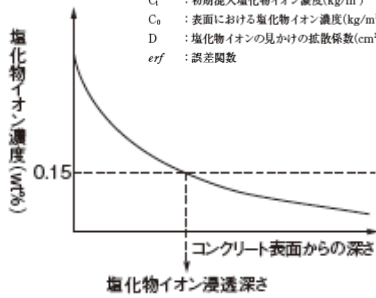
ここに、 $C(x,t)$: 深さ x (cm) 地点の経過時間 t (年) における塩化物イオン濃度 (kg/m³)

C_1 : 初期混入塩化物イオン濃度 (kg/m³)

C_0 : 表面における塩化物イオン濃度 (kg/m³)

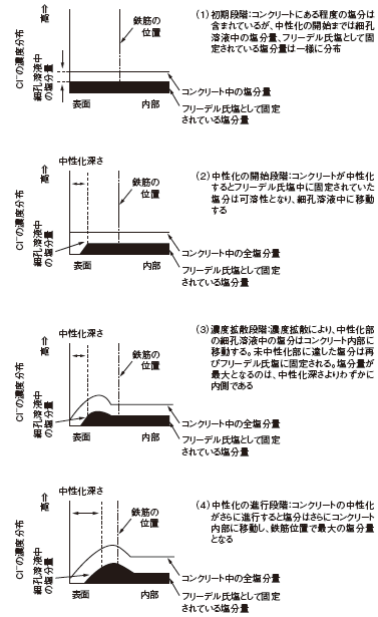
D : 塩化物イオンの見かけの拡散係数 (cm²/年)

erf : 誤差関数



拡散係数は塩分濃縮を考慮

●中性化に伴う塩化物イオンの濃縮現象



17

【問題 16】

コンクリートの反発度の測定に関する次の記述のうち、JIS A 1155 : 2012 (コンクリートの反発度の測定方法) の規定に照らして、誤っているものはどれか。

- (1) 環境温度が 35 °C の条件において、測定を行った。
- (2) 測定面に浮き水があったので、測定に先立ちこれを取り除いた。
- (3) 測定点の間隔を 40 mm とした。
- (4) 測定した値の偏差が平均値の 25 % であったので、測定値として採用した。

問題 17

2014年度 問題16

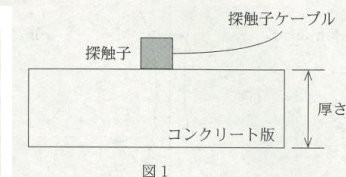
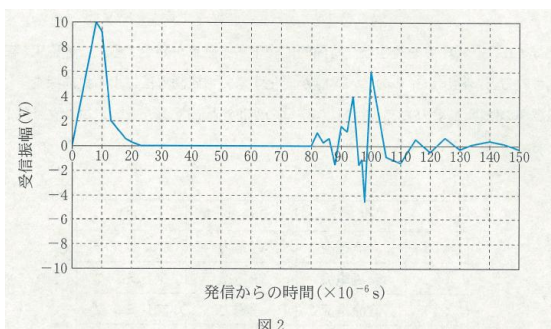
コンクリートの反発度の測定方法(JIS A 1155)

- (1) 環境温度35°Cであった。 ⇒ 0~40°C ○
 (2) 測定面の水分を取り除いた。 ⇒ 付着物はふき取る○
 (3) 測定間隔を 40mmとした。 ⇒ 25~50mm ○
 (4) 測定値の偏差が25%で測定値として採用 ×
 ⇒ 偏差が20%以上あれば代替値を採用

誤っているもの 正解 (4)

18¹⁷⁾

コンクリート版の厚さを推定するために、探触子から発信させた超音波パルス波を用いて、図1のように測定したところ、図2のような波形が得られた。コンクリート版の厚さの推定値として、次の(1)~(4)のうち、適当なものはどれか。ただし、コンクリート中の超音波伝播速度は、4.0 km/sとする。



- (1) 60 mm
 (2) 160 mm
 (3) 200 mm
 (4) 320 mm

問題 18

2014年度 問題17

超音波によるコンクリートの厚さ測定 適当なもの

伝播時間の差から計算

$$80 \times 10^{-6} \text{ 秒}$$

$$\text{超音波伝播速度 } 4000\text{m/s}$$

$$4,000 \times 80 \times 10^{-6} = 0.32(\text{m})$$

$$\text{版の厚さはその半分 } 160\text{mm}$$

正解 (2)

19¹⁷⁾

電磁波レーダ法による鉄筋の位置およびかぶり(厚さ)の推定に関する以下の記述中の(A)～(C)にあてはまる次の(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

コンクリート中に入射する電磁波の周波数が高いほど、水平分解能(配筋ピッチの分解能力)は(A)する。また、電磁波の周波数が高いほど、探査できる深さは(B)なる。なお、かぶり(厚さ)の推定値は、電磁波の伝播速度により決まるため、(C)の比誘電率を適切に設定する必要がある。

	(A)	(B)	(C)
(1)	向 上	浅 く	コンクリート
(2)	低 下	浅 く	鉄 筋
(3)	向 上	深 く	コンクリート
(4)	低 下	深 く	鉄 筋

問題(19)

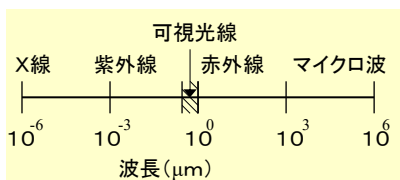
2013年度 問題17

◆ 電磁波レーダー法

電磁波の周波数が高いほど、
分解能は向上する。
探査できる深さは浅くなる。
電磁波の伝搬速度に影響するのは
⇒ コンクリートの比誘電率

正解 (1)

■ 電磁波レーダー法



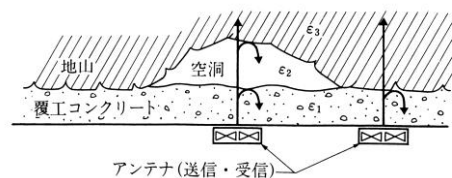
RCLレコーダー測定状況

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)

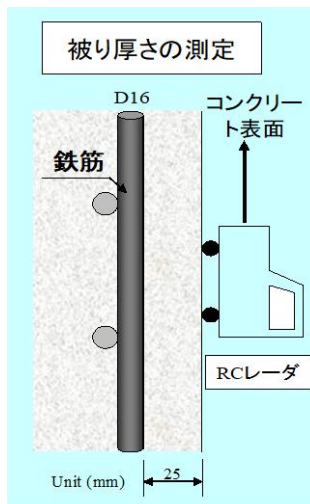
適用例...①トンネル覆工と地山部の空隙の推定
②鉄筋位置, 深さ

トンネル覆工(電磁波法)

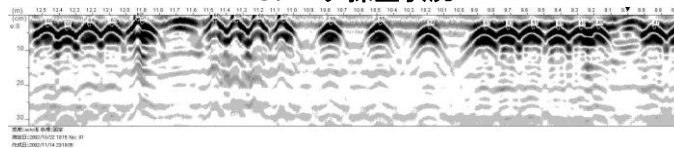


出典: 棚野博之, コンクリートの非破壊検査技術, 内部欠陥, コンクリート工学 Vol.33, No.3, 1995

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

20

【問題 19】

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のうち、不適当なものはどれか。

ただし、コンクリートにはナフタレン系の高性能 AE 減水剤が使用されていたことがわかっている。また、分析には受熱部分から採取したコンクリート片を粉砕後、ふるい分けにより得られた微粉を用いた。

- (1) 微粉を純水中で煮沸し、ろ過したろ液の紫外(UV)吸収スペクトルを測定してナフタレン系混和剤の有無を調べた。
- (2) 粉末 X 線回折(XRD)により、微粉中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の有無を調べた。
- (3) 熱重量分析(TG)により、微粉中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の有無を調べた。
- (4) 蛍光 X 線分析により、微粉の Ca/Si 比を測定した。

問題 20

2014年度 問題19

火災を受けた受熱温度の推定 **不適當なもの**

- (1) UV吸収スペクトル 混和剤の分解温度から推定可 ○
- (2) 粉末X線回折 水酸化カルシウムの存在を確認 ○
- (3) 熱重量分析 水酸化カルシウムの存在から推定可 ○
- (4) 蛍光X線分析 Ca/Si から受熱温度は推定不能 ×

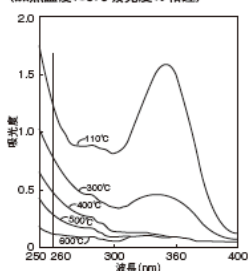
不適當なもの 正解 (4)

UV吸収スペクトル法

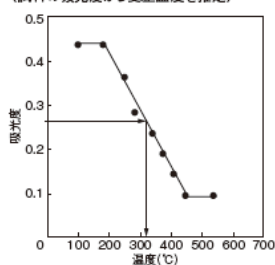


紫外可視近赤外分光光度計

●コンクリートのUVスペクトル測定例
(加熱温度による吸光度の相違)



●吸光度と受熱温度の検量線例
(試料の吸光度から受熱温度を推定)

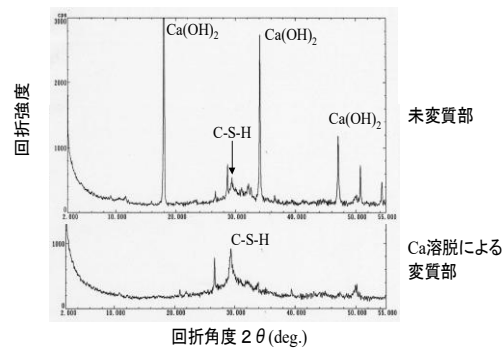


X線回折分析装置 XRD (X-ray Diffractometer)

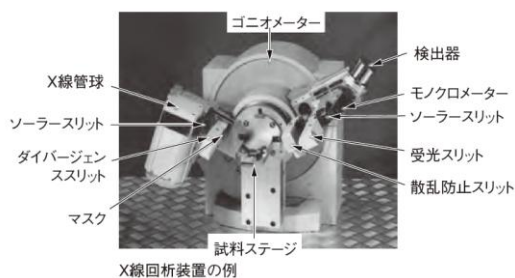
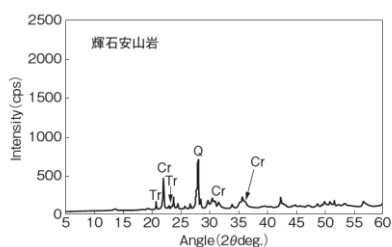
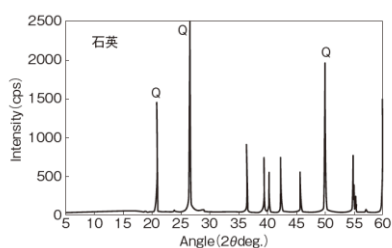
- ・高真空中で金属に熱電子を照射して、特性X線を発生させる。
- ・この特性X線を試料に照射して、試料の格子面で反射したX線の内、干渉によって振幅が大きくなった反射X線を検出する。
- ・回折角(2θ)を連続的に変えて、その時の反射X線の強度を測定することにより、X線回折図を作成する。
- ・得られた回折パターンから結晶物質を同定する。

適用例

- ・セメント水和物、鉱物、粘土鉱物などの表面形態の観察
- ・元素分析による構成鉱物の特定



X線粉末回折 (X-ray Diffraction, XRD)

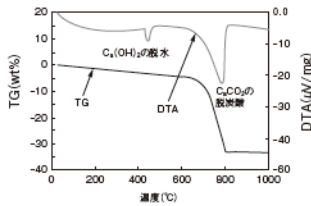


X線回折装置の例

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

示差熱重量分析

●セメントの熱分析結果の例

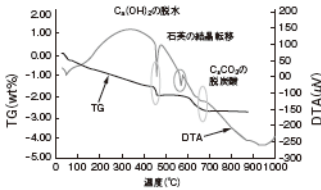


風化した普通ポルトランドセメントの示差熱重量分析結果の例：400℃付近から水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)の脱水による吸熱とわずかな重量減少が認められ、600℃を超えたあたりから炭酸カルシウムの脱炭酸とそれに伴う吸熱と重量減少が認められる。吸熱と重量減少の大きさから風化の程度を類推することができる



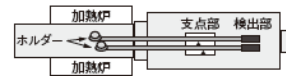
示差熱重量分析装置の例

●コンクリートの熱分析結果の例



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

●示差熱重量分析装置の概略図



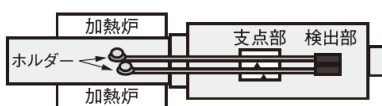
示差熱重量分析 (TG/DTA)

Thermo-Gravimetry/Differential Thermal Analysis

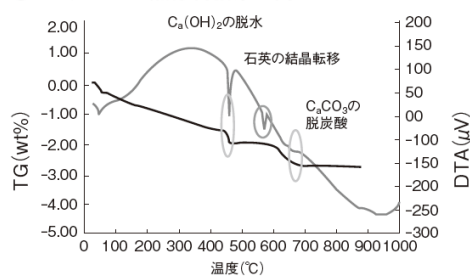


示差熱重量分析装置の例

●示差熱重量分析装置の概略図

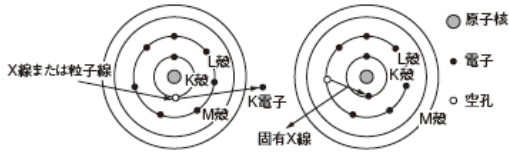


●コンクリートの熱分析結果の例

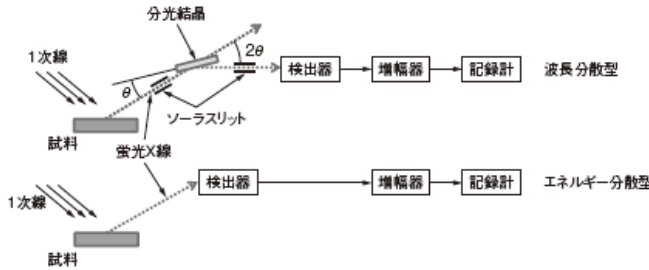


蛍光X線

●電子軌道と蛍光X線



●蛍光X線分析装置の概略図



21 [20]

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

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

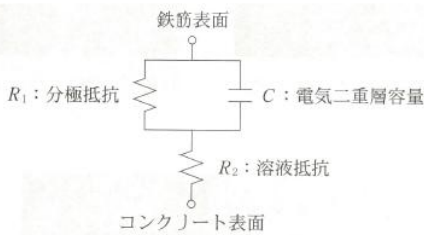


図 電気的等価回路モデル

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

(21) の解説 2020年度に再掲

2017年度 問題20

正解 (4)

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

(A) には、 R_2 、(B) には、 $R_1 + R_2$ が入る。

コンクリート中の鉄筋の腐食速度は、(C) に比例する。

(C) には、 $1/R_1$ が入る。

したがって、(4) が適当である。

問題(20)の解説

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

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

分極抵抗は、腐食電流密度 I_{corr} と反比例する関係にあり、

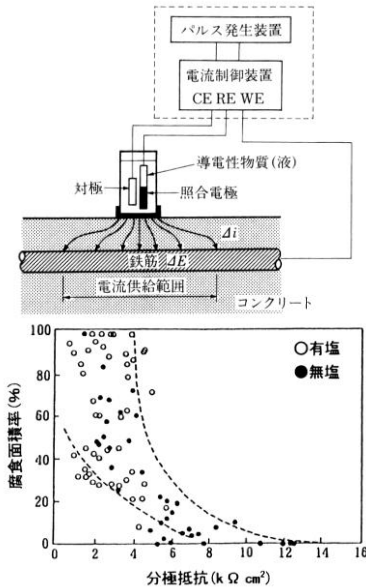
$$I_{\text{corr}} = K \cdot 1/R_p \text{ が成立する。}$$

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

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

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

分極抵抗法



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

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

- 分極抵抗 R_p と腐食電流 I_c の間には以下の関係がある。

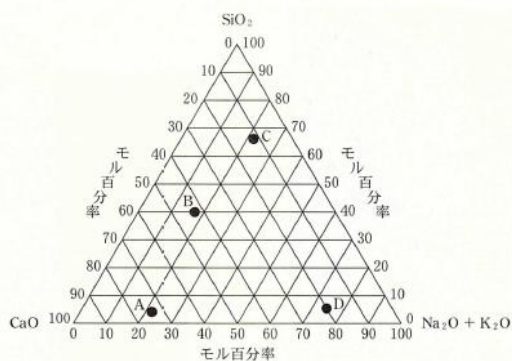
$$I_c = K / R_p \quad K; \text{ 比例定数}$$

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

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

22 19]

コンクリート表面の白色の付着物 A, B, C, D を蛍光 X 線分析装置で分析した結果を基に、下に示す三成分系図を作成した。これらの付着物のうち、アルカリシリカゲルであると推定される付着物の組合せとして、次の(1)~(4)のうち、最も適当なものはどれか。



- (1) AとB
- (2) BとC
- (3) CとD
- (4) AとD

2013年度 問題19

問題(22)

◆ 三成分系の測定結果からASRの可能性

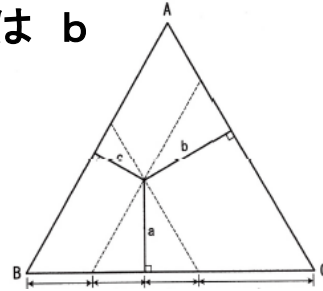
対角線上におろした垂線の長さ

Aの量は a Bの量は b

シリカが多いものを選定

⇒ B(SiO₂ 40%)C(SiO₂ 70%)

正解(2)



23

【問題 19】

アルカリシリカ反応が疑われるコンクリート構造物から、試料を採取して行う調査の項目と方法の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、不適当なものはどれか。

	調査の項目	調査の方法
(1)	白色ゲル状物質の化学成分	蛍光X線分析
(2)	骨材の岩種	偏光顕微鏡による観察
(3)	コンクリート中のアルカリ総量	水酸化ナトリウム水溶液による滴定
(4)	コンクリートの弾性係数	超音波伝播速度の測定

(23)の解説

2017年度 問題19

正解 (3)

ASRが疑われるコンクリート構造物からの試料の調査

- (1) 白色ゲル状の物質を蛍光X線分析や走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察するのは、**適当**。
- (2) 骨材の岩種や反応性珪物を、偏光顕微鏡で観察するのは**適当**。
- (3) コンクリート中のアルカリは、原子吸光光度計やICPで測定できる。 **不適当**
- (4) コンクリートの弾性係数を超音波伝播速度から測定可能である。 **適当**

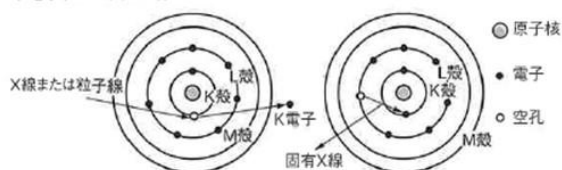
【蛍光X線分析について】

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



蛍光X線分析装置の例

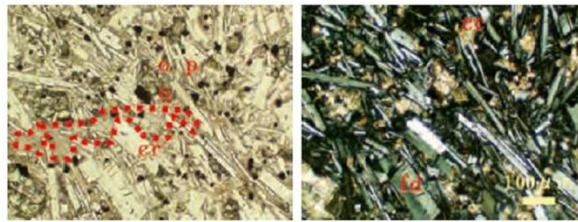
●電子軌道と蛍光X線



【偏光顕微鏡観察について】



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



輝石安山岩の観察結果の例。クロスニコル(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

24

【問題 20】

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する分析機器・装置を示した次の(1)～(4)の組合せのうち、最も適当なものはどれか。

	調 査 項 目		
	骨材中の反応性鉱物の有無	エトリンガイトの生成状況	水酸化カルシウム量
(1)	走査型電子顕微鏡	偏光顕微鏡	示差熱重量分析装置
(2)	偏光顕微鏡	走査型電子顕微鏡	示差熱重量分析装置
(3)	走査型電子顕微鏡	示差熱重量分析装置	偏光顕微鏡
(4)	偏光顕微鏡	示差熱重量分析装置	走査型電子顕微鏡

問題(24)

2013年度 問題20

◆ 試料の調査項目と分析機器

骨材中の反応生成物

⇒ 偏光顕微鏡

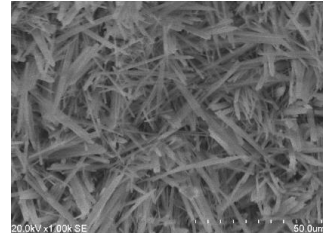
エトリングイトの生成状況

⇒ 走査型電子顕微鏡

水酸化カルシウム量

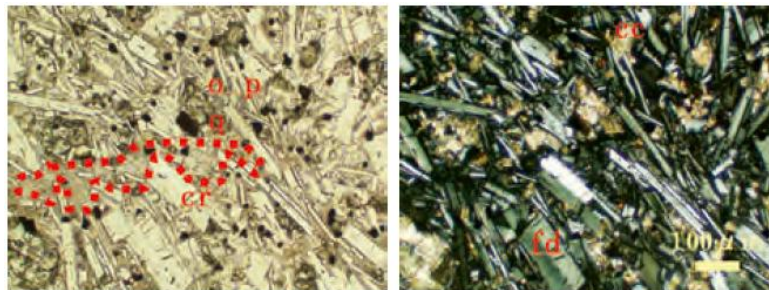
⇒ 示差熱重量分析

正解(2)



走査型電子顕微鏡の例

偏光顕微鏡の画像



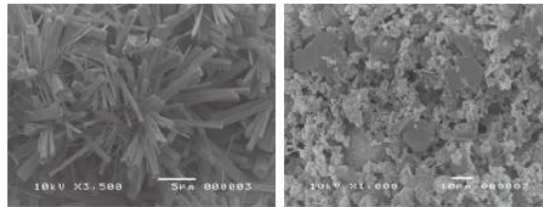
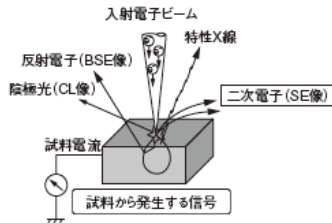
輝石安山岩の観察結果の例。クロスニコル(右)では黒く見える部分、オープンニコル(左)では赤い点線で囲まれた部分がクリストバライト

走査型電子顕微鏡(SEM)



走査型電子顕微鏡の例

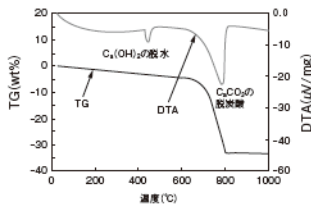
●走査型電子顕微鏡の測定原理



セメント水和物のSEM写真の例。左はエトリンガイト、右はモンサルフェート

示差熱重量分析

●セメントの熱分析結果の例

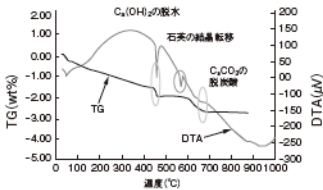


風化した普通ポルトランドセメントの示差熱重量分析結果の例：400℃付近から水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)の脱水による吸熱とわずかな重量減少が認められ、600℃を超えたあたりから炭酸カルシウムの脱炭酸とそれに伴う吸熱と重量減少が認められる。吸熱と重量減少の大きさから風化の程度を類推することができる



示差熱重量分析装置の例

●コンクリートの熱分析結果の例



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

●示差熱重量分析装置の概略図



TG:熱重量測定
DTA:示差熱分析

25

【問題 20】

コンクリート構造物から採取した試料に対する分析項目および分析機器を示した次の(1)～(4)の組合せのうち、適当なものはどれか。

	分析項目	分析機器
(1)	可溶性塩化物イオン量	粉末X線回折装置(XRD)
(2)	エトリンガイトの生成量	ブレーン空気透過装置
(3)	硫黄(S)元素の分布	電子線マイクロアナライザー(EPMA)
(4)	細孔径分布	偏光顕微鏡

問題 25

2014年度 問題20

測定方法として **適当なもの**

- (1)可溶性塩化物イオン量は、粉末X線回折ではない ×
⇒ 電位差滴定法かクロム酸銀吸光光度法による
- (2)エトリンガイトの生成量は、ブレーン空気透過装置ではない。 × ⇒ 粉末X線回折装置による
- (3)イオウ元素は、EPMAで測定可能 ⇒ ○
- (4)細孔径分布は、偏光顕微鏡ではない ×
⇒ 水銀圧入法で測定する
- 適当なもの 正解 (3)**

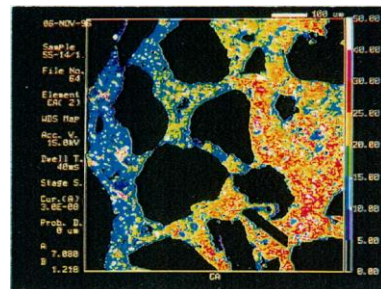
電子線マイクロアナライザー

EPMA (Electron Probe Micro Analyzer)

- ・電子顕微鏡観察を行いながら、微小領域の元素分析を行う。
- ・加速電子が試料に衝突した時に、二次的に放射される特性X線を検出し、試料の元素分析を定性的、定量的に分析する。
- ・面分析による元素濃度分布

応用例

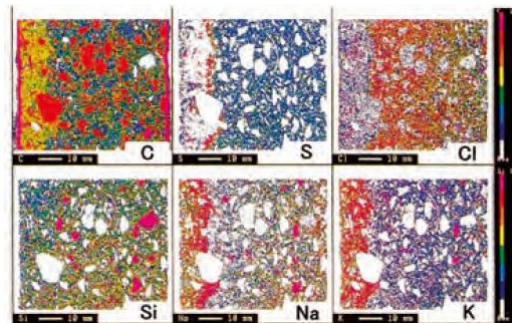
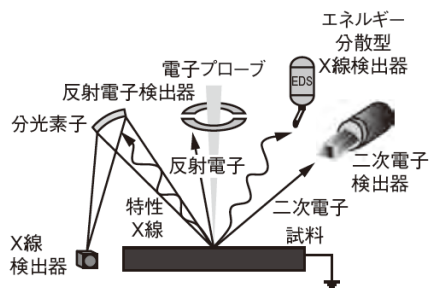
- ・セメント水和組織の元素成分の変化
- ・塩分浸透、カルシウム溶脱などのコンクリート劣化機構の解明



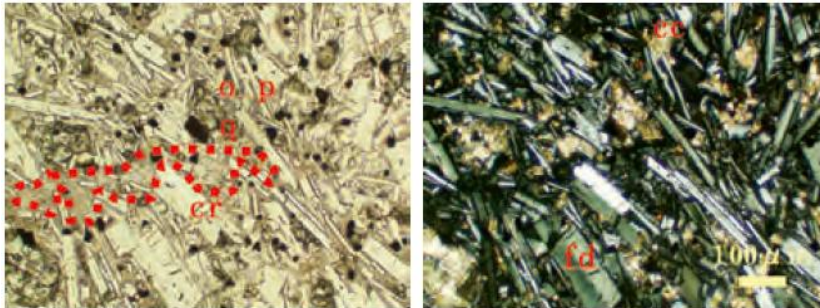
- ・骨材とセメントペースト界面部のCa濃度の低下が認められる。

電子線マイクロアナライザー

(Electron Probe Micro Analyzer, EPMA)



偏光顕微鏡の画像



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

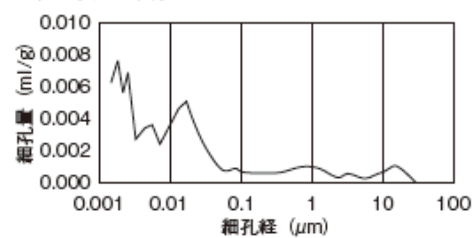
細孔径分布の測定

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



26 題 22]

建設後 20 年を経過したコンクリート打放し仕上げの外壁について、中性化深さを調査したところ、平均値 22 mm、標準偏差 9 mm となった。

この外壁のかぶり(厚さ)は 40 mm であるとして、建設後 40 年経過後に、中性化深さがかぶり(厚さ)を超える確率として、次の(1)～(4)のうち適当なものはどれか。

なお、中性化深さの分布は正規分布と見なしてよい。また、計算に当たっては、以下の標準正規分布表を用いてよい。ただし、中性化の進行は \sqrt{t} 則に従うものとし、今後、環境条件、中性化深さの変動係数は変化しないものとする

- (1) 約 16 %
 (2) 約 24 %
 (3) 約 32 %
 (4) 約 48 %

標準正規分布表

z	面積 S
0.0	0.000
0.1	0.040
0.2	0.079
0.3	0.118
0.4	0.155
0.5	0.191
0.6	0.226
0.7	0.258
0.8	0.288
0.9	0.316
1.0	0.341
1.1	0.364
1.2	0.385
1.3	0.403
1.4	0.419
1.5	0.433
1.6	0.445
1.7	0.455
1.8	0.464
1.9	0.471
2.0	0.477

問題 26

2014年度 問題22

建設後20年経過の中性化深さ **適当なもの**

中性化深さ 22mm 標準偏差 9mm かぶり厚さ 40mm

$$22 = A\sqrt{20} \quad \text{標準偏差 } 9 = B\sqrt{20}$$

$$40\text{年後 } X = A\sqrt{40} \quad X = 22\sqrt{40} / \sqrt{20} = 31.1$$

$$y = B\sqrt{40} \quad y = 9\sqrt{40} / \sqrt{20} = 12.7$$

かぶり厚さを超える確率 z

$$z = (40 - 31.1) \div 12.7 = 0.7 \quad \text{面積 } S = 0.258$$

$$0.5 - 0.258 = 0.242 \quad 40\text{mmを超える確率 } 24\%$$

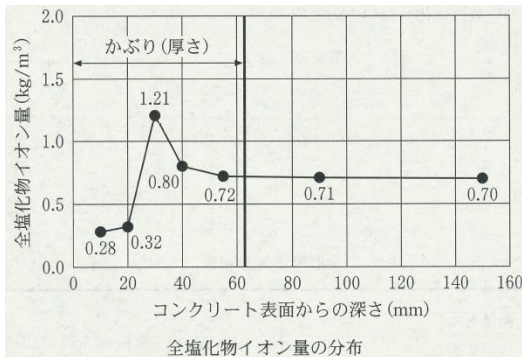
正解 (2)

27

23]

竣工後45年を経過した鉄筋コンクリート製橋脚においてコアを採取し、全塩化物イオン量を測定したところ、下図のような結果が得られた。この図から推定される事項に関する次の(1)～(4)の記述のうち、最も不適当なものはどれか。

なお、使用されたセメントは普通ポルトランドセメントであり、コンクリートの圧縮強度は、設計基準強度 24 N/mm^2 を満足していた。



- (1) 中性化深さはかぶり(厚さ)よりも大きい。
 (2) 除塩不足の海砂が使用されていた。
 (3) 外部からの塩分の供給はない。
 (4) 鋼材腐食は生じていない。

問題 27

2014年度 問題23

竣工後45年経過のRC橋脚 全塩化物イオン量の測定

最も不適当なもの

- (1) 中性化深さはかぶり厚さより大きい ×
 (2) 除塩不足の海砂が使われている。 ○
 (3) 外部からの塩分の供給はない ○
 ⇒ 塩分濃縮が生じて、塩化物イオンの量が移動。
 (4) 鋼材の腐食は生じていない。 ○

不適当なもの 正解 (1)

見掛けの拡散方程式 フィックの第2法則

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

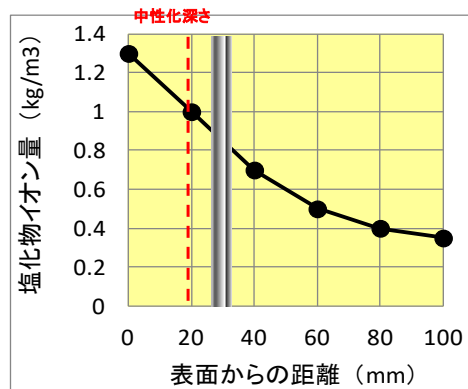
ここに、 $C(x,t)$: 深さ x (cm) 地点の経過時間 t (年)における塩化物イオン濃度(kg/m³)

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

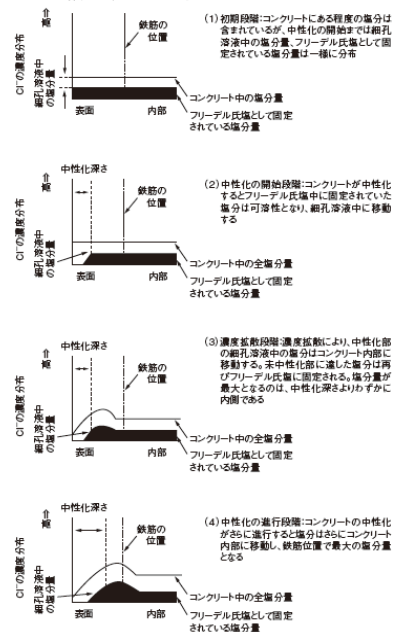


塩分濃縮の現象

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

この現象が塩分濃縮という。

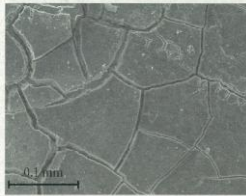
●中性化に伴う塩化物イオンの濃縮現象



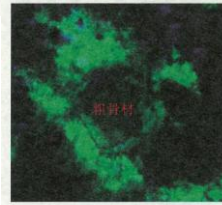
28

24]

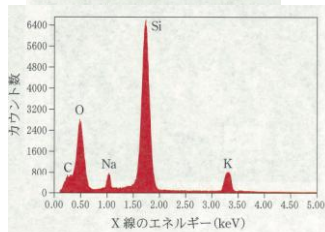
コンクリート構造物のアルカリシリカ反応による劣化の診断においては、アルカリシリカゲルの有無を把握することが有効である。次の(1)～(4)のうちアルカリシリカゲルの観察または分析結果でないものはどれか。



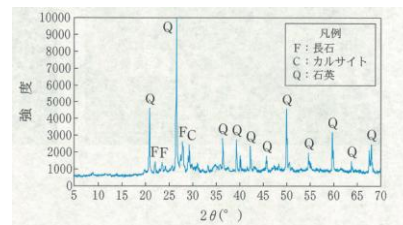
(1) 電子顕微鏡(SEM)による観察結果



(3) 酢酸ウラニル蛍光法による観察結果



(2) エネルギー分散型X線装置(EDS)による組成分析結果



(4) 粉末X線回折(XRD)による分析結果

問題 28

2014年度 問題24

ASRゲルの観察・分析結果として不適當

ASRの観察

- (1) 電子顕微鏡(SEM) アルカリシリカゲルの確認 ○
 (2) 酢酸ウラニル蛍光法 アルカリシリカゲルの確認 ○

ASRの組成分析

- (3) エネルギー分散型X線装置(EDS・EDX)
 シリカのアルカリ(Na, K)の測定をしているので、○
 (4) 粉末X線回折による調査では、石英、長石、カルサイトの
 分析しても判定できない。 ×

正解 (4)

■エネルギー分散型検出装置

EDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)

電子顕微鏡観察を行いながら、微小領域の元素分析を定性的、定量的に分析する。

適用例

- ・元素分析による構成鉱物の特定

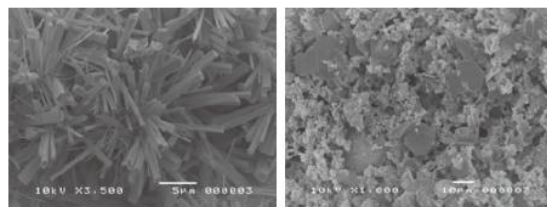
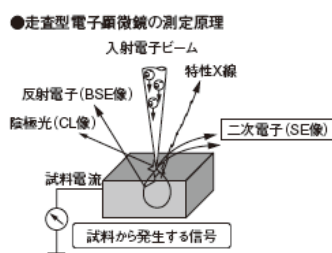


SEM/EDX装置

走査型電子顕微鏡(SEM)



走査型電子顕微鏡の例



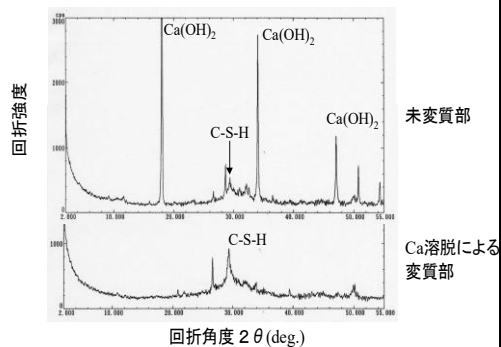
セメント水和物のSEM写真の例。左はエトリンガイトで、右はモノサルフェート

X線回折分析装置 XRD (X-ray Diffractometer)

- ・高真空中で金属に熱電子を照射して、特性X線を発生させる。
- ・この特性X線を試料に照射して、試料の格子面で反射したX線の内、干渉によって振幅が大きくなった反射X線を検出する。
- ・回折角(2θ)を連続的に変えて、その時の反射X線の強度を測定することにより、X線回折図を作成する。
- ・得られた回折パターンから結晶物質を同定する。

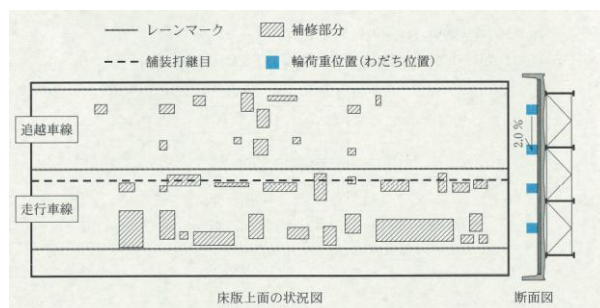
適用例

- ・セメント水和物、鉱物、粘土鉱物などの表面形態の観察
- ・元素分析による構成鉱物の特定



29 28]

以下の図は、片側2車線の道路橋RC床版におけるコンクリート上面に生じた変状に対する補修位置を示したものである。図に示すとおり追越車線に比べて走行車線の劣化の進行が速かった原因に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。なお、当該床版には防水工が施工されていない。



- (1) 雨水の滞水状況の差
- (2) 舗装打継目の有無
- (3) 大型車交通量の差
- (4) 橋軸直角方向の負荷げによる作用応力の差

問題 29

2014年度 問題28

道路橋RC床版の上面の変状 **不適当なもの**

- (1) 雨水の滞水状態の差 ⇒ 可能性あり
- (2) 舗装打継目の有無 ⇒ 可能性あり
- (3) 大型車両交通量の差 ⇒ 可能性あり
- (4) 橋軸直角方向の負曲げによる作用応力の差
⇒ 負曲げで生じる箇所には損傷が少ない。 ×

不適当なもの 正解 (4)

30^{30]}

コンクリート構造物の耐久性に関係する通達・指針類とその年代に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) 1970年代に、建設省住宅局建築指導課長通達「コンクリートに使用される細骨材中に塩分が含まれる場合の取扱いについて」および建設省技術調査室長通達「土木工事に係わるコンクリート細骨材としての海砂の使用について」が通知された。
- (2) 1980年代に、社団法人日本道路協会から「道路橋の塩害対策指針(案)・同解説」が発刊された。
- (3) 1990年代に、JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)附属書に「セメントの選定等によるアルカリ骨材反応の抑制対策の方法」が規定された。
- (4) 2000年代に、国土交通省から「レディーミクストコンクリート単位水量測定要領(案)」が通知された。

2013年度 問題30

問題(30)

◆ 耐久性に関する通達

- (1)1970年代 海砂の塩分規制 ⇒1978年
 (2)1980年代 塩害対策指針 ⇒1984年
 (3)1990年代 生コンのセメントのASR対策
 (4)2000年代 生コンの単位水量検査 ⇒2004年
 セメントの選定を対策にしたのは1886年

不適切な 正解(3)

31 問題 32]

鉄筋コンクリート構造物に写真1～写真4に示す変状が生じていた。それぞれの変状の対策に関する次の(1)～(4)の記述のうち、最も不適当なものはどれか。



写真1 橋台のひび割れ



写真2 擁壁の析出物を伴う幅0.3mmのひび割れ

写真3 橋脚のコールドジョイント
(録切れない)

写真4 桁のひび割れ

- (1) 写真1の変状に対して、電気化学的脱塩工法を実施した。
 (2) 写真2の変状に対して、ひび割れ部を削孔し、エポキシ樹脂を注入した。
 (3) 写真3の変状に対して、ポリマーセメントペーストを塗布した。
 (4) 写真4の変状に対して、断面修復を行い、表面被覆材を塗布した。

問題(31)

2013年度 問題32

◆ 鉄筋コンクリート構造物の変状

(1) 写真1(ASR)に電気化学的脱塩工法

⇒ アルカリイオンが集まり、×

(2) 写真2(漏水)にエポキシ樹脂を注入

(3) 写真3(コールドジョイント)にポリマーセメントペースト

(4) 写真4(鉄筋腐食)に断面修復と表面被覆材

最も不適当なもの 正解(1)

32

【問題 33】

表面被覆によるコンクリートの劣化対策を検討する場合、接触する液体と劣化対策に関する次の(1)～(4)の組合せのうち、最も不適当なものはどれか。

	接触する液体	劣化対策
(1)	pH 2～3の酸性溶液	ビニルエステル樹脂被覆
(2)	海水	不飽和ポリエステル樹脂被覆
(3)	大豆油	ポリマーセメントモルタル被覆
(4)	鉱物油	対策の必要なし

問題(32)

2013年度 問題33

◆接触する液体と表面被覆による劣化対策

- (1) pH2~3に酸性溶液 に ビニルエステル樹脂
 (2) 海水 に 不飽和ポリエステル樹脂
 (3) 大豆油 に ポリマーセメントモルタル ×
 (4) 鉱物油 に 対策なし

大豆油は脂肪酸を含む動植物油で、酸として作用するため、セメント系は不適當

正解(3)

コンクリートを劣化させる物質

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

33

【問題 36】

含浸材中の主成分とその含浸材を用いた塗布工法に期待される効果に関する次の(1)～(4)の組合せのうち、不適当なものはどれか。

	含浸材中の主成分	期待される効果
(1)	亜硝酸リチウム	鉄筋表面の不動態化
(2)	けい酸ナトリウム	コンクリート表層の緻密化
(3)	アルキルアルコキシシラン	二酸化炭素の侵入防止
(4)	けい酸リチウム	中性化したコンクリートのアルカリ性の回復

問題(33)

2013年度 問題36

◆ 含浸材の主成分と期待される効果

(1) 亜硝酸リチウム ⇒ 鉄筋表面の不動態化

(2) けい酸ナトリウム ⇒ コンクリート表面の緻密化

(3) アルキルアルコキシシラン

⇒ 二酸化炭素の侵入抑制

撥水性はあるが、気体の抑制にはならない ⇒ ×

(4) けい酸リチウム ⇒ アルカリ性の回復

正解は(3)

34

【問題 37】

鉄筋コンクリート構造物に適用する電気化学的補修工法に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- (1) 電気防食工法では、通電中の鉄筋電位が通電前と比べて100 mV以上貴(プラス)に分極する。
- (2) 再アルカリ化工法では、コンクリート内部の炭酸カルシウムが水酸化カルシウムに変化する。
- (3) 脱塩工法では、外部に設置した仮設電極に、塩化物イオンとともにアルカリ金属イオンが集積する。
- (4) 電着工法では、電着物質により、ひび割れが閉塞されるとともに、コンクリート表面が緻密化される。

2013年度 問題37

問題(34)

◆ 電気化学的補修工法

- (1) 電気防食工法は、貴ではなく、卑に分極する。
- (2) 再アルカリ化工法は、化学的に変化させない。
- (3) 脱塩工法は、アルカリイオンは外部に集積しない。
- (4) 電着工法は、表面を緻密化し、正しい記述である。

適当なものは(4)

35

【問題 35】

硫酸により劣化した下水処理槽のコンクリート面を超高圧水で除去し、ポリマーセメントモルタルで断面修復することとした。断面修復工事の施工計画に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) 除去する劣化部の深さと範囲は、茶褐色に変色した層(Fe層)を目安として決める。
- (2) 劣化部の除去の確認は、フェノールフタレインによる呈色の有無で行う。
- (3) 断面修復材の厚さ管理は、施工中のモルタル層に検診針を挿入して実施する。
- (4) 断面修復材の圧縮強度の管理は、リバウンドハンマーで行う。

問題 35

2014年度 問題35

下水道処理施設の硫酸による劣化対策

断面修復工法として、**不適当なもの**

- (1) 除去する劣化部は、茶褐色に変色した層を目安 ○
- (2) 劣化部はフェノールフタレイン溶液で判断 ○
- (3) 断面修復層の厚さは検診針により測定 ○
- (4) 断面修復層の圧縮強度はリバウンドハンマーで測定
⇒ 既設コンクリートの状態で変化するので ×

不適当なもの 正解 (4)

36 題 29]

鋼単純合成I桁橋の鉄筋コンクリート床版が疲労で劣化したため、床版を取り替えることになった。取替えに際して留意すべき事項に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の記号および語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

合成桁において、設計荷重作用時の断面の応力分布は、一般的には図の(A)となる。床版撤去後から取替えまでの間に、鋼I桁に作用する上載荷重等により、桁の上フランジと周辺ウェブが(B)しないように、また下フランジと周辺ウェブが(C)しないように施工時の安全性を確保する必要がある。なお、新たに床版を設置しただけでは合成桁として機能しないため、上部工として必要な耐荷力を確保する措置が必要である。

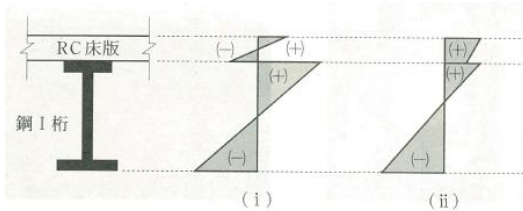


図 合成桁の断面の模式図と応力分布のイメージ

	(A)	(B)	(C)
(1)	(i)	座屈	降伏
(2)	(i)	降伏	座屈
(3)	(ii)	座屈	降伏
(4)	(ii)	降伏	座屈

(36) の解説

2017年度 問題29

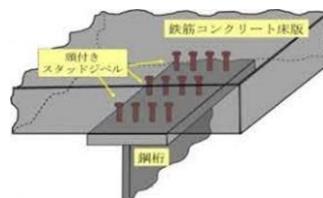
正解 (3)

鋼単純合成I桁橋の疲労劣化で、床版を取り換えるため。

(A) 応力分布は、合成床版であるため II が適当。

(B) 床版取り換え時に、上フランジと周辺ウェブが座屈しない配慮が必要。

(C) 下フランジと周辺ウェブは引張側であり、降伏しないような配慮が必要。



37

30]

写真(A)および写真(B)は、火災を受けた鉄筋コンクリート造建築物の調査時の状況である。写真中の部位 a および部位 b における、常温に戻った直後のコンクリートに関する次の(1)～(4)の判断のうち、最も適当なものはどれか。



写真(A)



写真(B)

- (1) 部位 a では、火災による中性化が進行している。
- (2) 部位 a では、コンクリートの圧縮強度は火災前の 50 % 程度に低下している。
- (3) 部位 b では、コンクリートのヤング係数は火災前の 50 % 程度に低下している。
- (4) 部位 b では、コンクリート表面の受熱温度は 600 °C 以上に達している。

(37) の解説

2017年度 問題30

正解 (4)

火災を受けたRC造建築物の調査

- (1) 部位aは、すすが付着しているため300°C以下。Ca(OH)₂が熱分解するのは500°C程度で、中性化はしないと判断できる。
- (2) 部位aは、受熱温度300°C以下で強度低下は80%程度。
- (3) 部位bは、灰白色で受熱温度600～950°Cと推定できる。コンクリートのヤング係数は、10%程度まで低下する。
- (4) 部位bは、受熱温度は600°C以上に達している。

コンクリート表面の状態と受熱温度

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°C

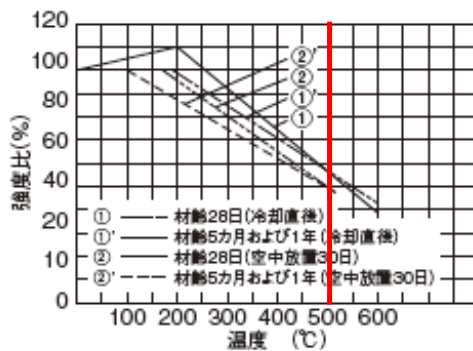
再使用可

再使用不可

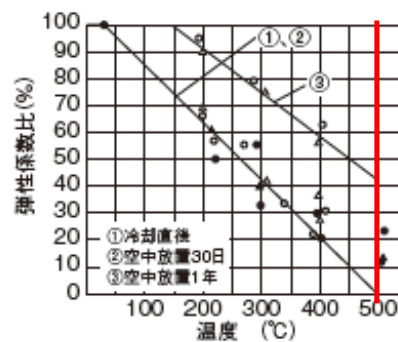
【加熱温度と力学性状低下の度合いについて】

●加熱温度と残存強度、残存弾性係数

[残存圧縮強度]



[残存弾性係数]



(参考文献:日本コンクリート工学会「コンクリート便覧」)

38 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。

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

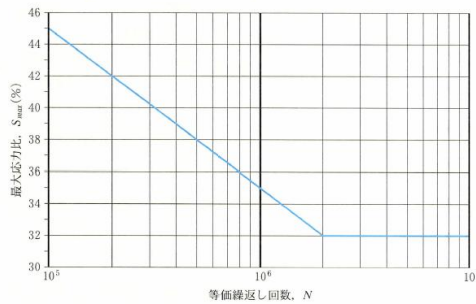


図 鉄筋が破断するまでの等価繰返し回数と最大応力比

- (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 38

2015年度 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

最大応力比 $S_{\max} = (152 \text{ N/mm}^2 / 400 \text{ N/mm}^2) \times 100 = 38\%$

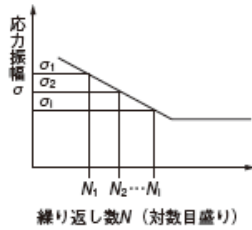
等価繰返し回数 5×10^5 (図から読み取る)

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

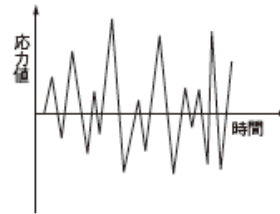
$0.76 \times 104 = 79$ 年 照査時点から25年 正解(3)

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

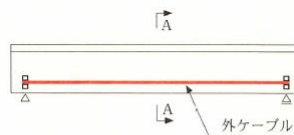
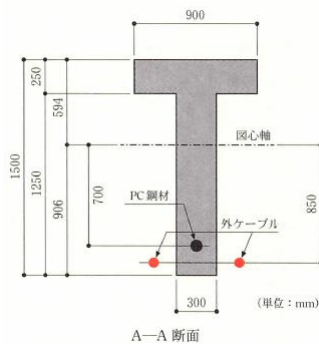
N_j ：作用応力振幅 $\Delta\sigma$ による疲労寿命

39

問題 39]

プレストレストコンクリート桁において、PC鋼材が腐食により破断し、断面下縁のプレストレスの一部が消失した。このため、下図に示すように外ケーブルにより支間中央断面(A-A断面)の下縁に 5.0 N/mm^2 のプレストレスを再導入する場合、外ケーブルの総緊張力として、次の(1)～(4)のうち、最も近いのはどれか。

ただし、断面諸元は以下に示すとおりである。また、外ケーブルの施工に伴うプレストレス量の損失は無視するものとする。



断面諸元

桁の断面積： $A = 6.0 \times 10^5 \text{ mm}^2$

桁上縁の断面係数： $Z_U = 2.17 \times 10^8 \text{ mm}^3$

桁下縁の断面係数： $Z_L = 1.42 \times 10^8 \text{ mm}^3$

(1) 650 kN

(2) 760 kN

(3) 900 kN

(4) 3000 kN

問題(39)

2013年度 問題39

◆ プレストレストコンクリート桁の補強
外ケーブルの緊張力

$$\sigma_L = P/A + P \cdot e/Z_L$$

$$\sigma_L = 5.0 \text{ N/mm}^2 \quad A = 6.0 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$Z_L = 1.42 \times 10^8 \text{ mm}^3 \quad e = 850 \text{ mm}$$

$$P/6 \times 10^5 + P \times 850/1.42 \times 10^8 = 5.0$$

$$P = 6.5 \times 10^5 \text{ N} \quad \text{正解は(1)}$$

40

40]

海岸近くにある鉄筋コンクリート構造物について、現時点で、必要な箇所に対して 25 百万円の費用で、断面修復工法による補修を行った。今後 60 年間の維持管理のシナリオとして、20 年ごとに 60 年後まで、同じ補修を繰り返した場合に、維持管理費用の現在価値として、次の(1)～(4)のうち、最も適当なものはどれか。

なお、維持管理費用の現在価値への算出にあたっては、割引率を 2 %、物価変動を 0 % とし、維持管理費用には現時点での補修費用も含むものとする。現在価値への換算では下表の値を用いてもよい。

現在価値への換算に用いる値

経過年(n)	$(1 + 0.02)^n$ の値
5	1.104
10	1.219
15	1.346
20	1.486
25	1.641
30	1.811
35	2.000
40	2.208
45	2.438
50	2.692
55	2.972
60	3.281

(1) 199.4 百万円

(2) 100.0 百万円

(3) 60.8 百万円

(4) 35.8 百万円

問題(40)

2013年度 問題40

◆ 維持管理計画における現在価値

社会的割引率 2% 物価変動率 0%

60年後に要する費用の現在価値は

$$25 + 25/(1+0.02)^{20} + 25/(1+0.02)^{40} + 25/(1+0.02)^{60}$$

$$= 25(1 + 1/1.486 + 1/2.208 + 1/3.281) = 60.8(\text{百万円})$$

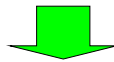
正解は(3)

■ 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%)