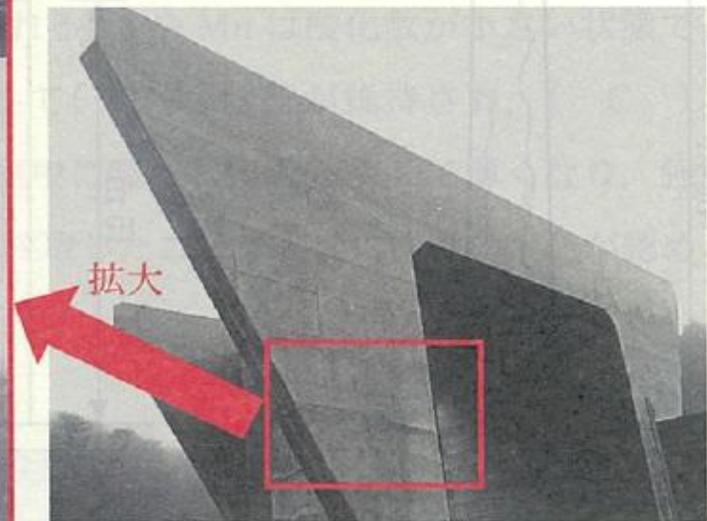
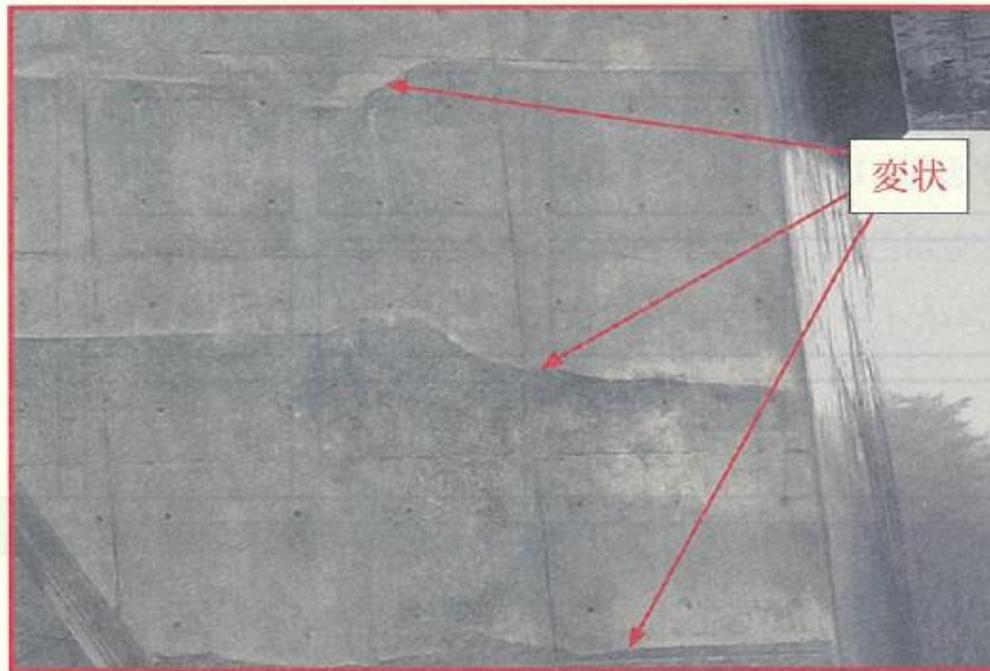


2019年度 コンクリート診断士試験解説

【問題 1】

【5 時間】

脱型直後の RC ボックスカルバートのウイングに、写真に示すような変状が認められた。変状の発生要因に関する次の記述(A)～(C)の適・不適の組合せとして、(1)～(4)のうち、適切なものはどれか。



- (A) 打重ね時間間隔が長い
- (B) コンクリート打込み時の自由落下高さが低い
- (C) 内部振動機の挿入深さが浅い

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

問題(1)

◆ コールドジョイントの発生に影響する要因

変状の原因 ⇒ コールドジョイント

コールドジョイントの発生原因

⇒ 打ち重ね時間間隔が長い

⇒ 内部振動機の挿入不足

自由落下高さの影響 ⇒ 材料分離で豆板

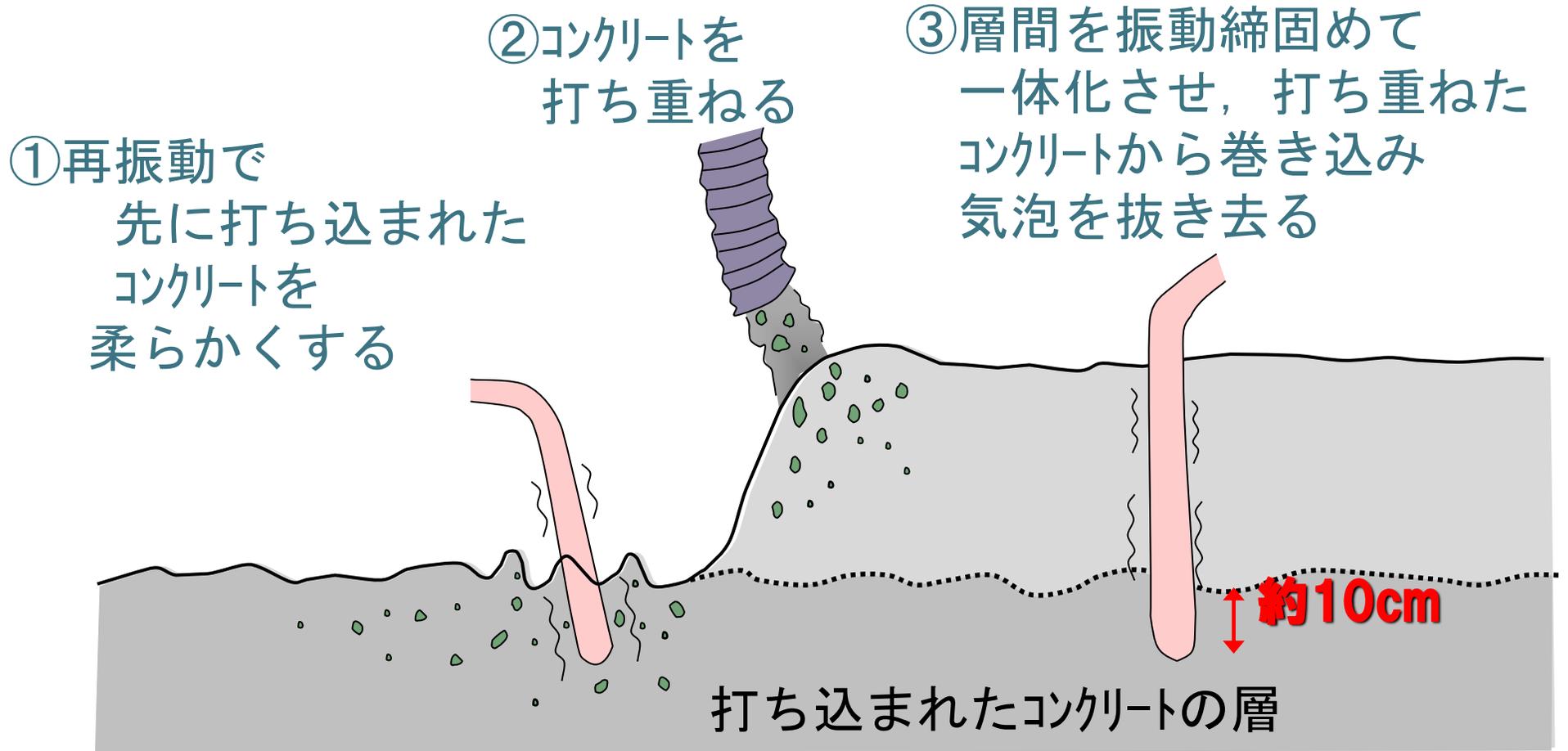
正解は(1)

コールドジョイントの発生事例



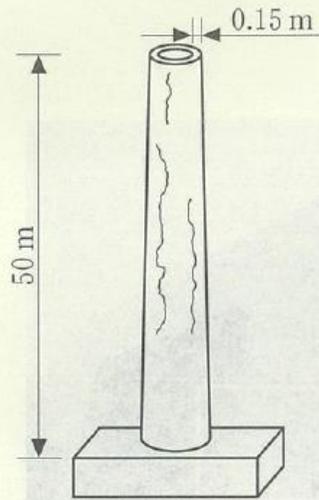
連続的な打込みができない場合は、
先行コンクリートを締め固めておく。

打ち重ね時には前の層に振動機挿入

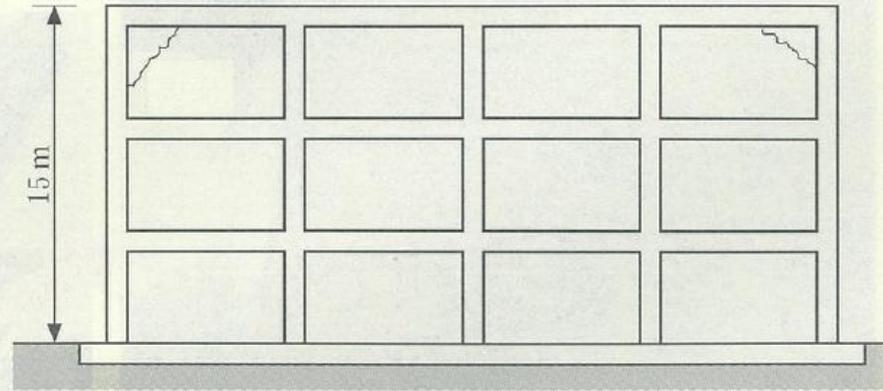


【問題 2】

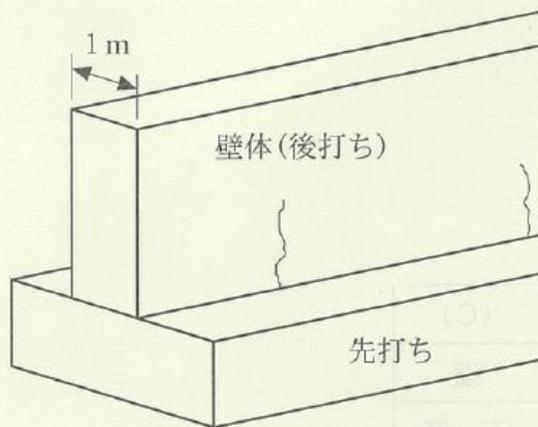
次の(1)～(4)の図に示すRC構造物に発生したひび割れのうち、温度変化を主因として発生したものとは考えられないものはどれか。



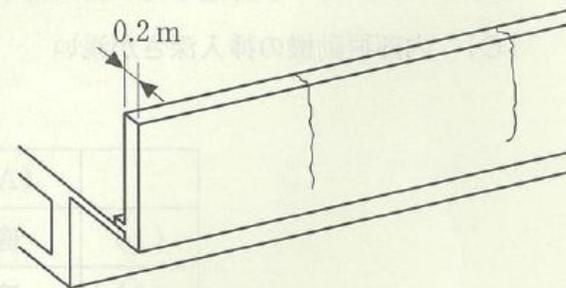
(1) 煙突の筒体



(2) 無開口の倉庫外壁



(3) 擁壁の壁体



(4) 橋梁の高欄

問題(2)

◆ 温度変化が原因のひび割れ

煙突の場合 ⇒ 内部の**熱**で外部にひび割れ

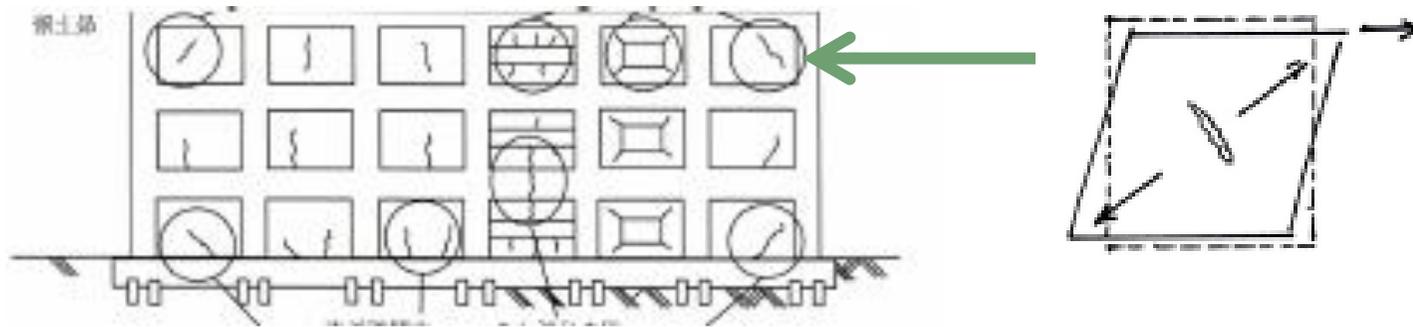
屋上の**熱**膨張 ⇒ 斜めせん断ひび割れ

マスコンの場合 ⇒ セメントの水和**熱**

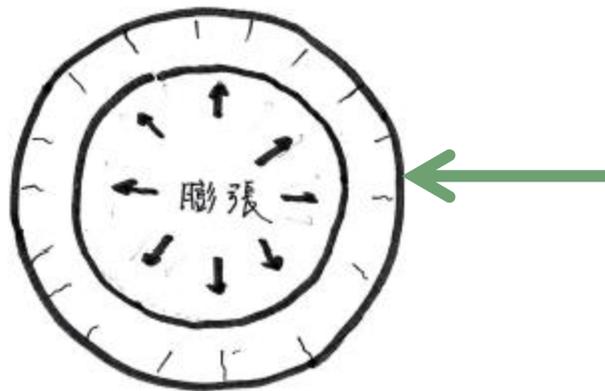
薄い壁の場合 ⇒ 乾燥収縮の影響

正解は(4)

屋上の温度上昇に伴うひび割れ

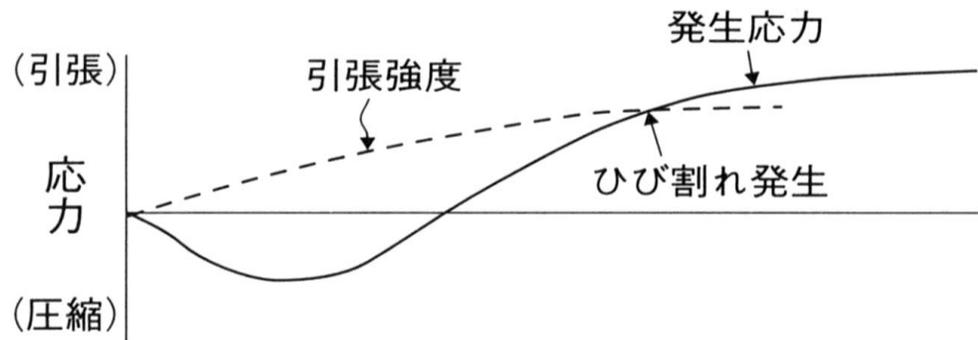
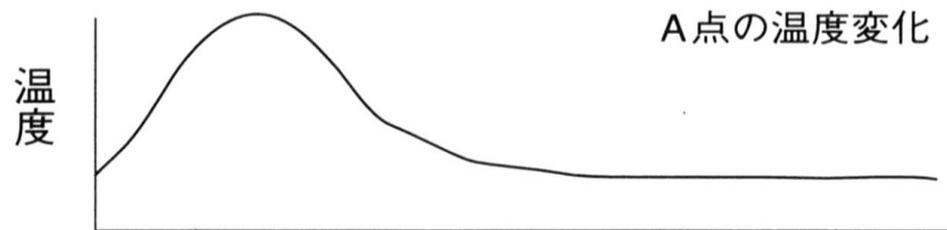
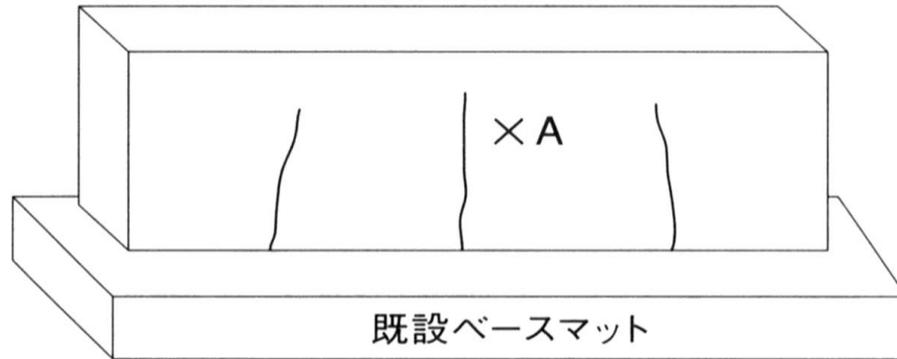


煙突の内部温度上昇に伴うひび割れ



内部温度による膨張で
外部にひび割れが生じる

温度ひび割れの発生メカニズム



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

セメントの水和熱による温度上昇

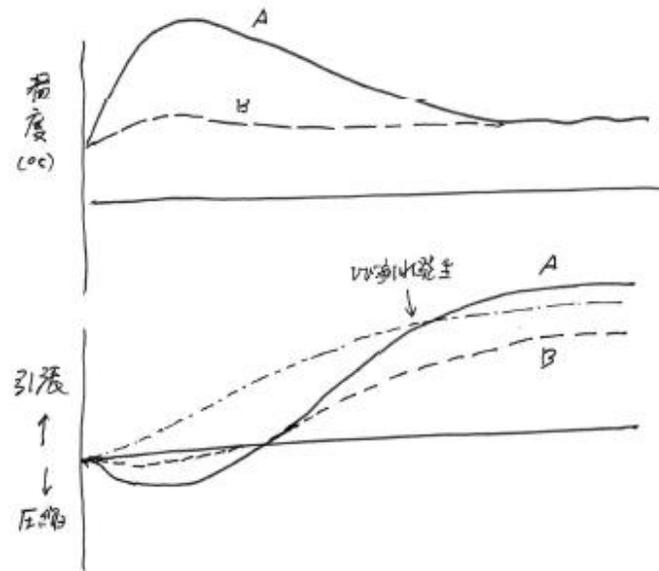
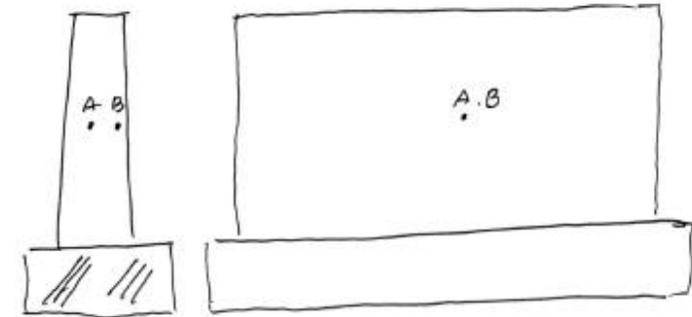
外部拘束卓越型と内部拘束卓越型



壁状構造物に生じる温度ひび割れ

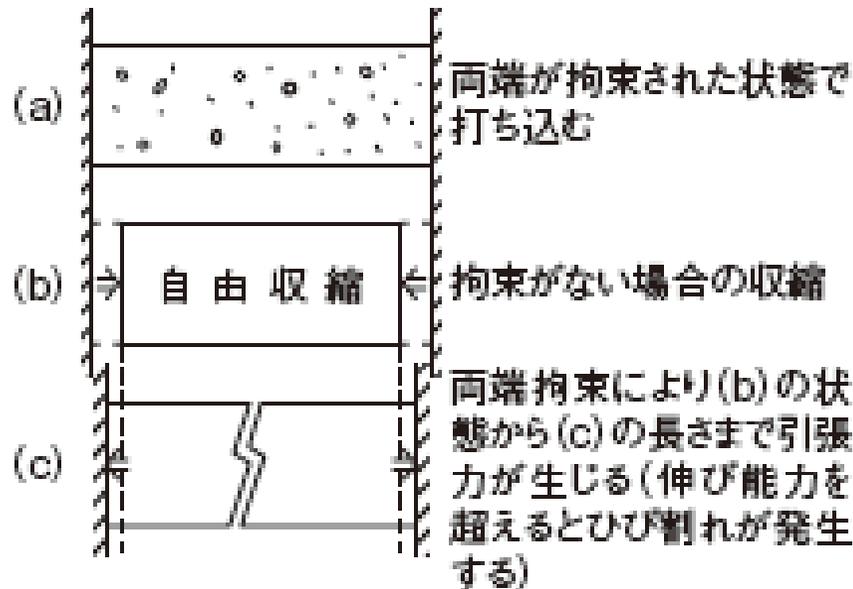
外部拘束と内部拘束が同時に作用すると、部材の内部の引張応力が増大する

保温養生は、最高温度を上昇しかし、温度差を小さくすると内外の温度差が小さくなり、むしろ、最大引張応力は小さくなる。

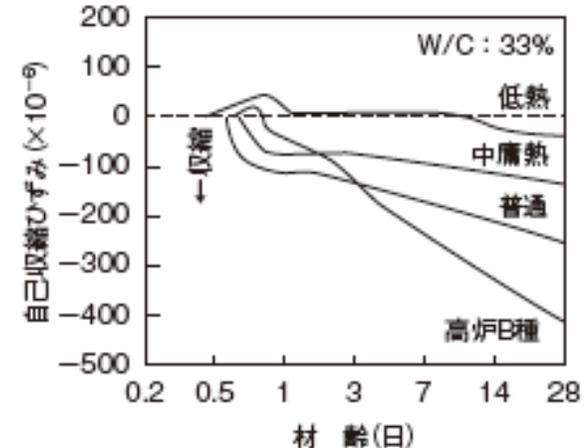


乾燥収縮ひび割れのメカニズム

●収縮ひび割れの発生メカニズム



●セメントの種類と自己収縮



コンクリートは硬化初期から収縮が始まり、収縮の大きさはセメントの種類によっても異なる

乾燥しないでも収縮する
(自己収縮)
ただし、自己収縮だけでは
ひび割れは生じない

【問題 3】

【 設問】

脱型直後のコンクリート表面が写真に示すように青緑色を呈していた。青緑色を生じた理由に
 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、
 適切なものはどれか。

この呈色は、(A)を使用したコンクリートの脱型直後に見られる現象である。(A)は
 (B)雰囲気下で製造されるため、(A)に含まれるFeやMnは酸化数が小さい状態で存
 在する。そして(A)が含有する(C)に起因して(B)状態が維持され、(C)と
 FeやMnが反応するため青緑色となる。この色は空気中に曝されると短時間で薄くなり、強度
 や耐久性への影響は小さい。なお、コンクリートから採取したコアの表面に同様の呈色が認めら
 れることもある。

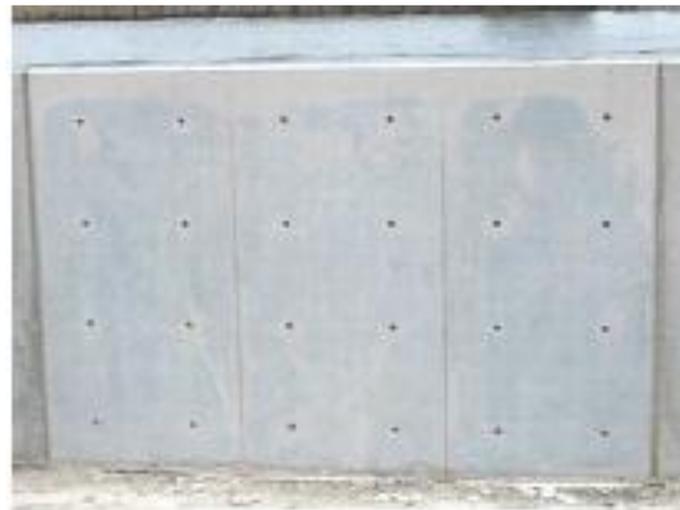


写真 脱型直後のコンクリート表面の状況

	(A)	(B)	(C)
(1)	高炉スラグ微粉末	還元	硫化物
(2)	高炉スラグ微粉末	酸化	未燃炭素
(3)	フライアッシュ	還元	未燃炭素
(4)	フライアッシュ	酸化	硫化物

問題(3)

◆ 脱型直後の高炉セメント 使用コンクリートの色



色の原因 ⇒ 高炉セメントの含まれる硫化物

HS⁻やS²⁻によって反応領域が還元性雰囲気となり、FeやMnなどの酸化数が低い状態で他の水和物の固溶するため発色

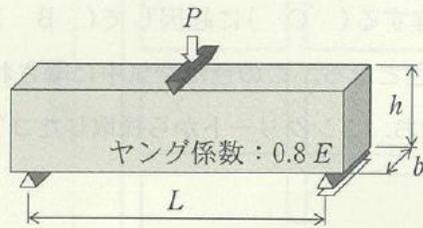
大気中に曝されるとFeやMnの酸化数が増加して消色する。また、強度には影響しない。

正解は(1)

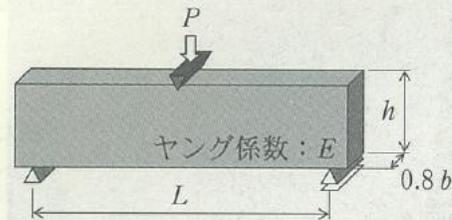
【問題 4】

(8 設問)

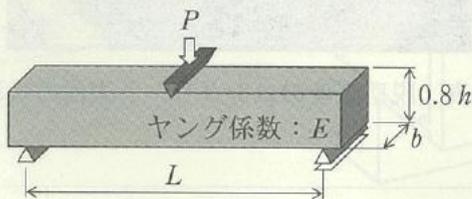
単純支持された(A)～(C)の梁に集中荷重(P)が作用した際の、スパン中央のたわみの大小関係を示した次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。ただし、梁はいずれも矩形断面(高さ $0.8h$ または h 、幅 $0.8b$ または b)とし、せん断変形を考慮しない弾性体(ヤング係数 $0.8E$ または E)とする。なお、荷重はスパン(L)の中央に作用し、自重によるたわみは無視することとする。



(A)



(B)



(C)

(1) $(A) < (B) < (C)$

(2) $(A) < (B) = (C)$

(3) $(A) = (B) < (C)$

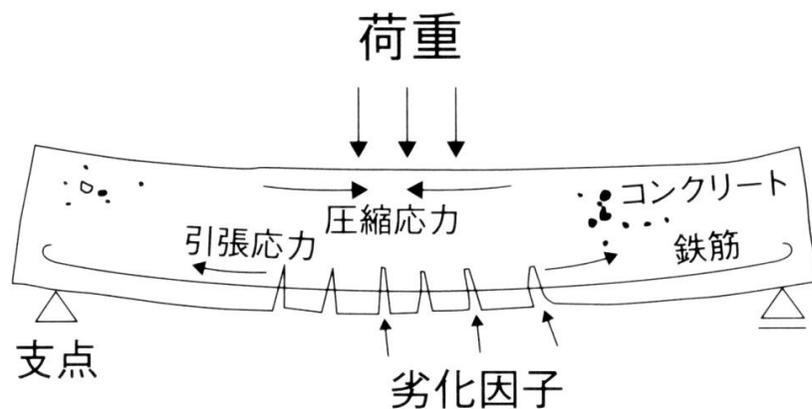
(4) $(A) = (B) = (C)$

問題(4)

◆ 梁のたわみに影響する供試体の形状

最大たわみ $\delta = PL^3 / 48EI$

断面二次モーメント $I = bh^3 / 12$



支点間距離 L

梁の高さ h

梁の幅 b

$0.8E$ と $0.8b$ は同等、 $(0.8h)^3$ はたわみ大

たわみの計算

$$(A) \quad \delta = PL^3 / (48 \times (0.8E) \times bh^3 / 12)$$

$$(B) \quad \delta = PL^3 / (48 \times E \times 0.8bh^3 / 12)$$

$$(C) \quad \delta = PL^3 / (48 \times E \times b(0.8h)^3 / 12)$$

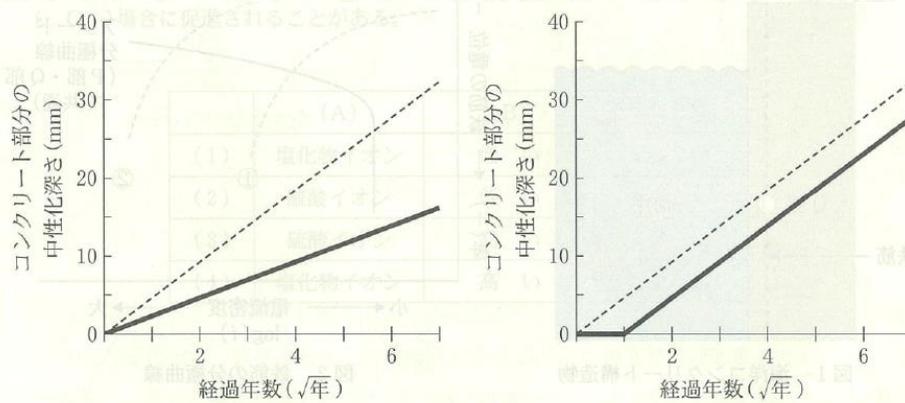
よって、たわみは

$$(A) = (B) < (C) \quad \text{正解(3)}$$

【問題 5】

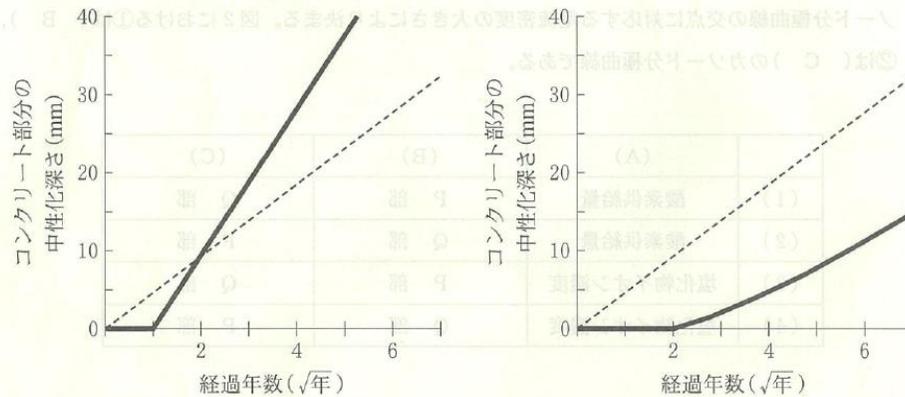
【8 図例】

水セメント比が 50 % のコンクリートに、中性化速度係数がコンクリートの 0.5 倍のポリマーセメントモルタルによる仕上げ(塗厚さ 5 mm)を施した。このときの仕上げ下部のコンクリート部分の中性化深さの進行予測(図中の実線)として、次の(1)~(4)のうち、適当なものはどれか。なお、ポリマーセメントモルタルの剥離はないものとし、コンクリートとポリマーセメントモルタルの中性化の進行は \sqrt{t} 則にしたがうものとする。また、仕上げの無いコンクリートの中性化進行予測(図中の破線)を比較として示している。



(1)

(2)



(3)

(4)

表面仕上げがある場合の中性化の傾向

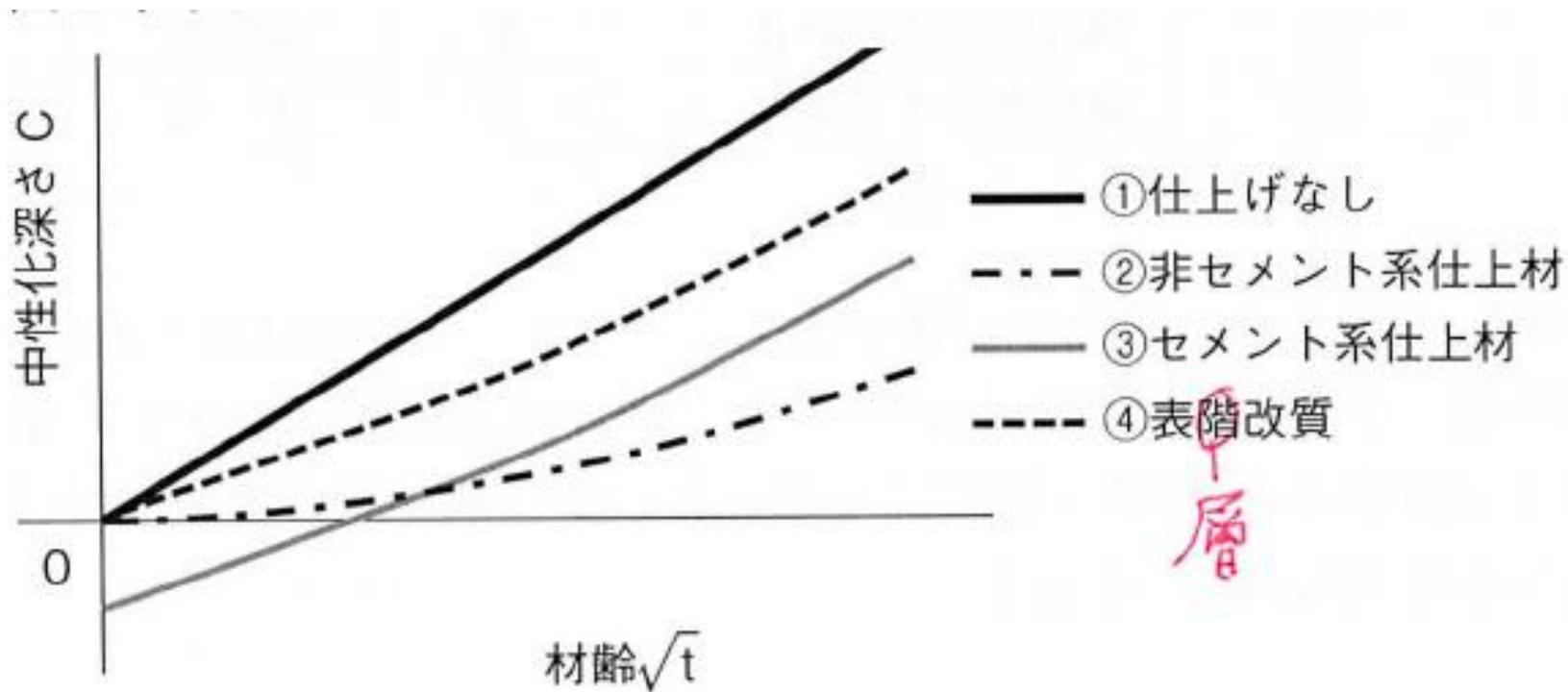


図 表面仕上層の種類別のコンクリート中性化傾向

問題(5)

◆ 仕上げ材がある部材の中性化速度

中性化速度係数 モルタルは0.5倍

コンクリートの中性化速度係数を算定

$$\sqrt{16\text{年}}=4 \text{ で } 20\text{mm} \quad 20=A\sqrt{16} \quad A=5$$

モルタルの中性化速度係数 2.5

$$\text{モルタルの厚さが } 5\text{mm} \quad 5=2.5\sqrt{t} \quad \sqrt{t}=2$$

つまり、コンクリートは4年間には中性化しない。

正解(4)

図1に示す海洋コンクリート構造物のP部(●)とQ部(○)における鉄筋のアノード分極曲線①とカソード分極曲線を図2に示す。これらの図に関する次の記述中の(A)~(C)に当てはまるべき(1)~(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

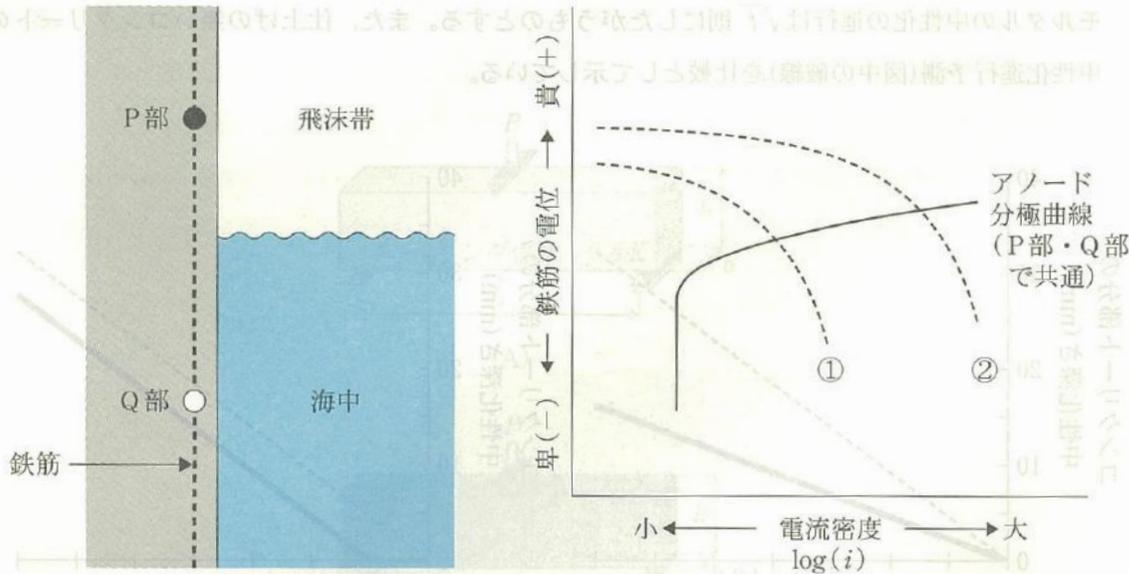


図1 海洋コンクリート構造物

図2 鉄筋の分極曲線

コンクリート中の鉄筋の腐食速度は、一般に(A)の影響が大きいカソード分極曲線と、アノード分極曲線の交点に対応する電流密度の大きさにより決まる。図2における①は(B), ②は(C)のカソード分極曲線である。

	(A)	(B)	(C)
(1)	酸素供給量	P 部	Q 部
(2)	酸素供給量	Q 部	P 部
(3)	塩化物イオン濃度	P 部	Q 部
(4)	塩化物イオン濃度	Q 部	P 部

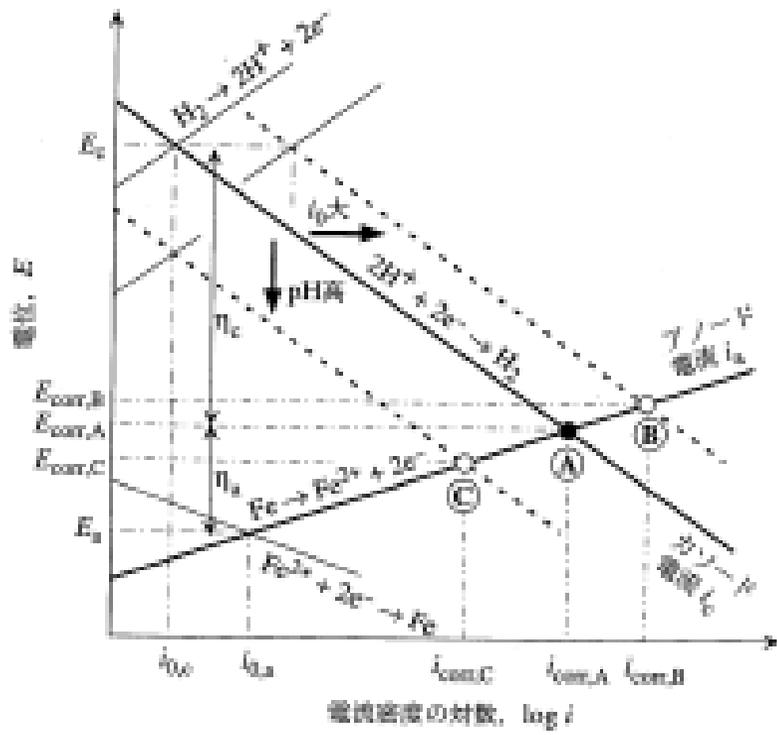


図5 非酸化性の酸性溶液中で鉄が腐食する際のアノードおよびカソード分極曲線.

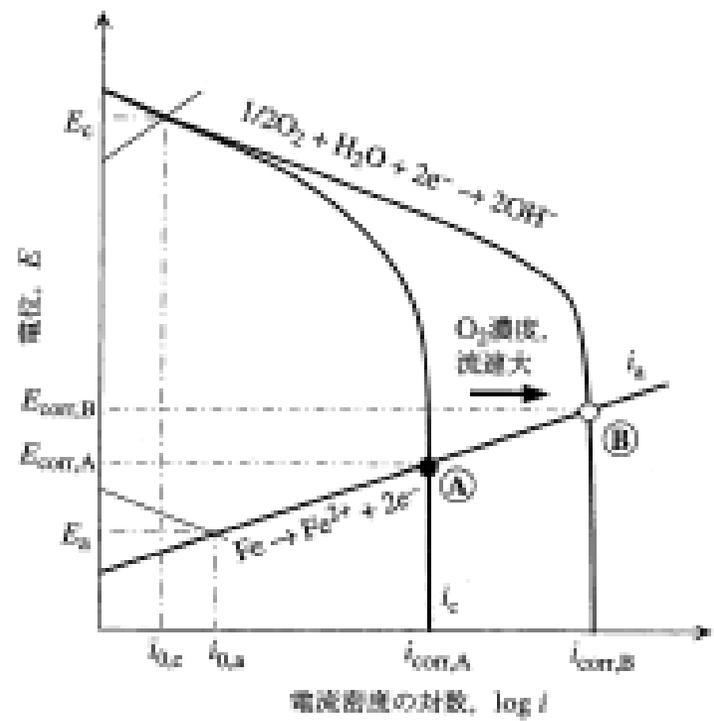


図6 中性溶液中で鉄が腐食する際のアノードおよびカソード分極曲線.

(参考文献)原 信義:金属の腐食の基礎概念、J. Vac. Soc. Jpn(真空)
Vol. 44, No. 10、2001

問題(6)

◆ 海洋環境の部位による鉄筋の分極抵抗

アノード分極 ⇒ 塩化物イオンの影響が大

カソード分極 ⇒ 水と酸素の影響が大

カソード分極は水と酸素の少ない環境で電流密度が小さくなる。

よって、①はQ部、②はP部 正解(2)

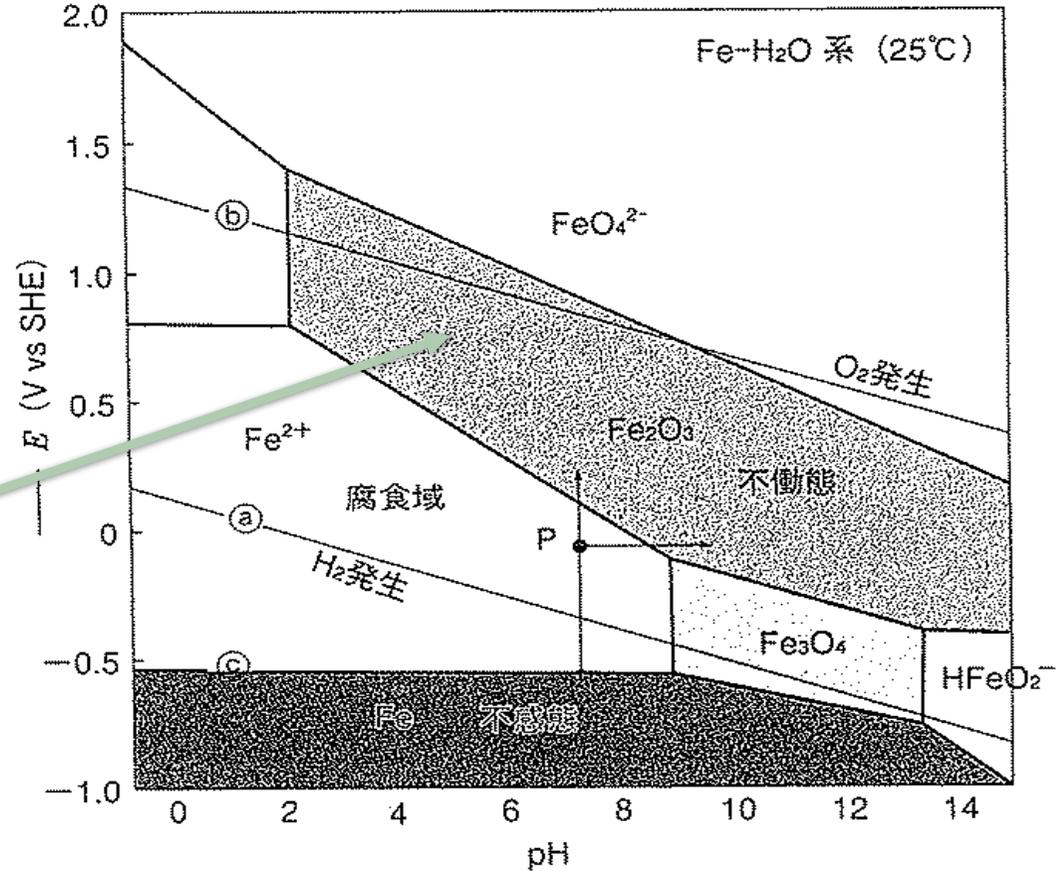
問題 (6) 補足

鉄の電位-pH図 (Pourbaix Diagram)

鉄の電位-pH図

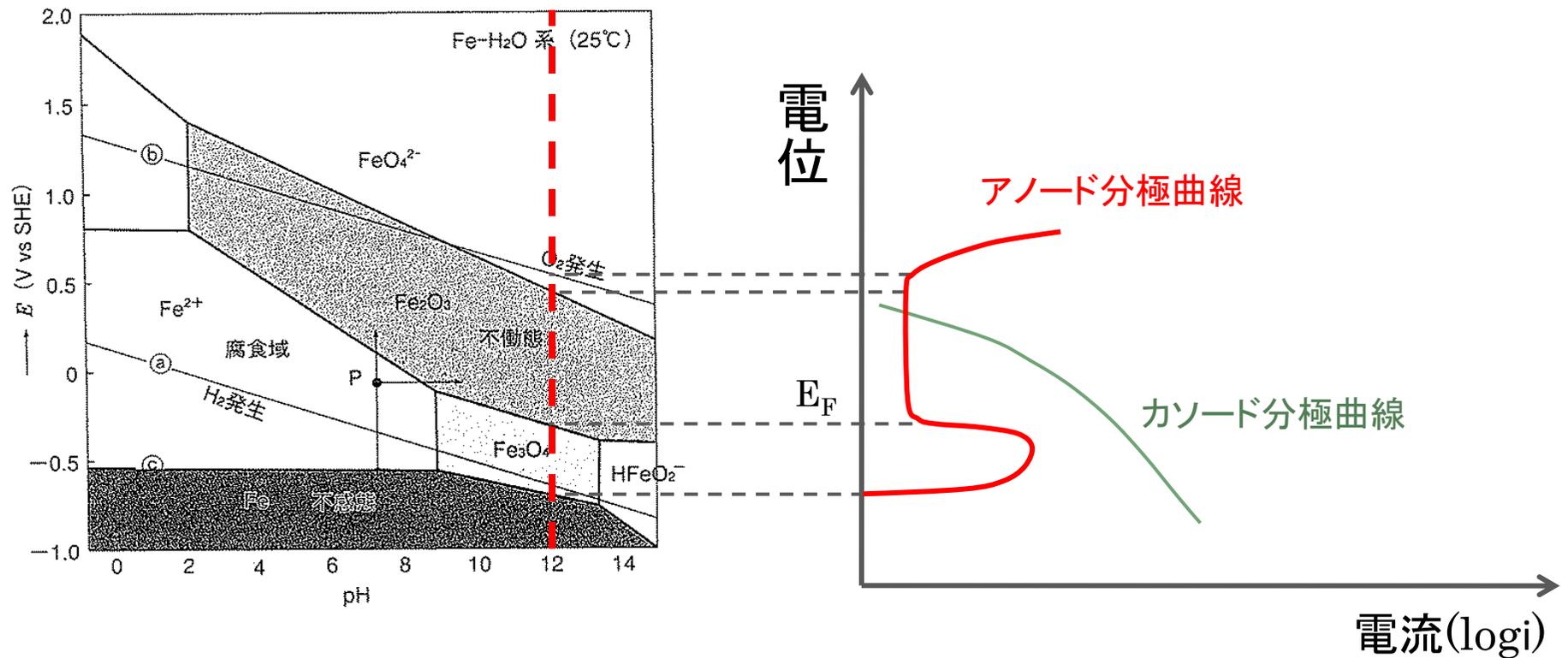
どのような状態が熱力学的に安定であるか、を示した図。腐食域や不動態域を予測することができる。

図中のグレー着色部は鉄が安定している(不動態化している)範囲を示す。



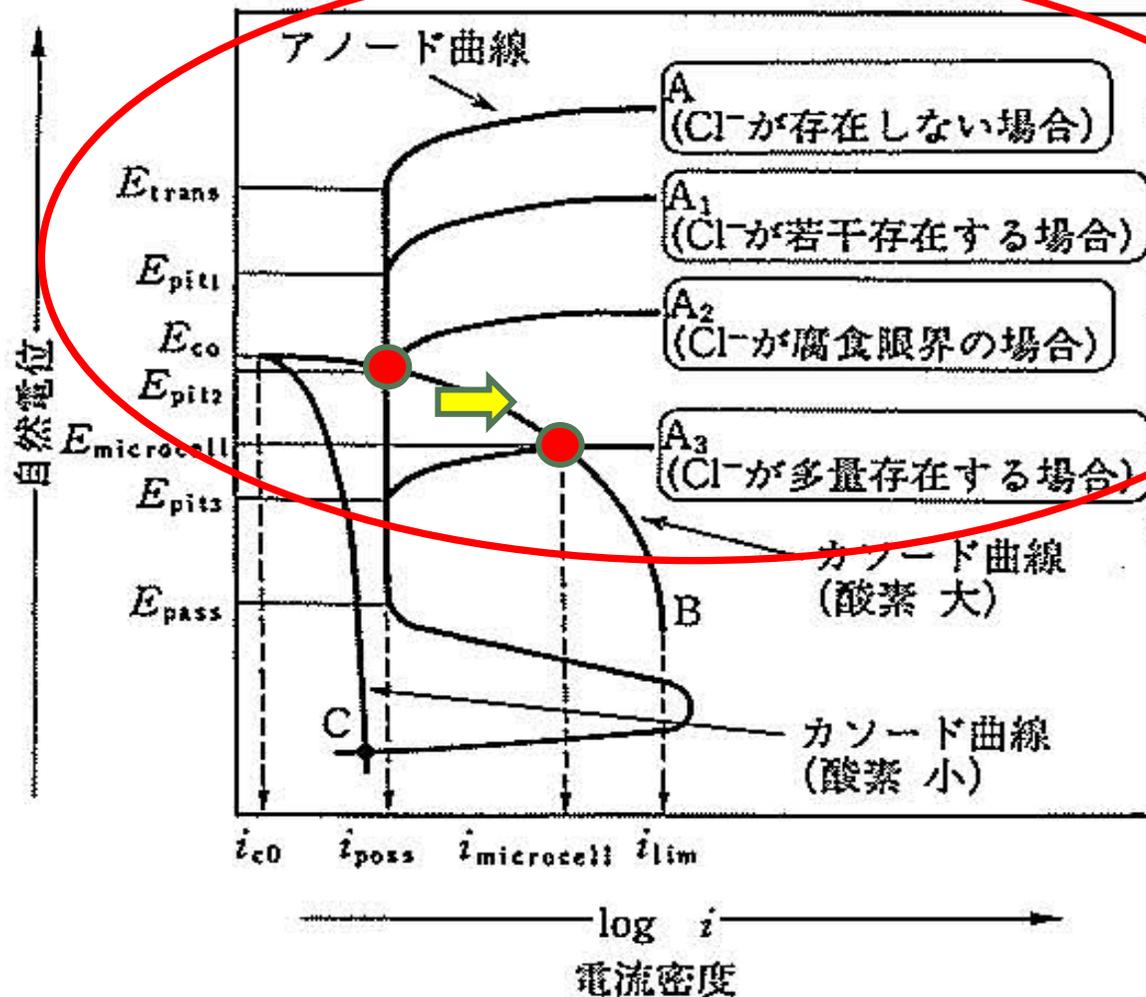
この図を用いてアノード分極曲線を考えると、次ページのようになる

コンクリート中の腐食反応



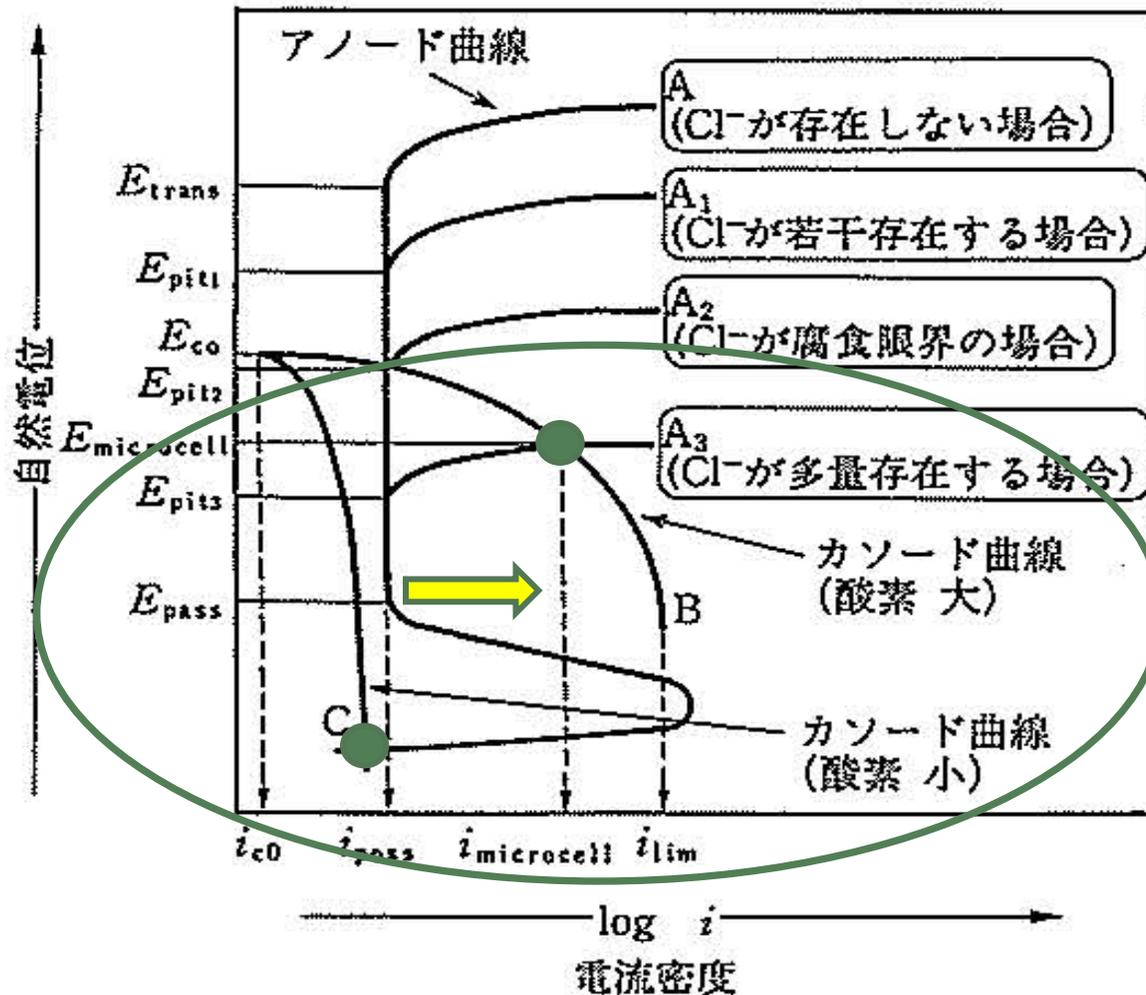
【アノード分極曲線】

- ・アノード反応 ($\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$) の電流密度と電位の関係
- ・鉄の安定度合い(腐食のしやすさ)と電位との関係を示す



【アノード分極曲線に対して】

塩化物イオンの大小がアノード分極曲線に影響を与える
 ⇒塩化物イオンが多いほど腐食速度が大きくなる
 (交点が右にシフト)



【カソード分極曲線に対して】

酸素の大小がカソード分極曲線に影響を与える
 ⇒酸素が多いほど腐食速度が大きくなる
 (交点が右にシフト)

【問題 7】

(8 設問)

不純物エトリンガイトの遅延生成(Delayed Ettringite Formation : DEF)に関する次の記述中の(1)～(4)の語句のうち、適切なものはどれか。

アルカリシリカ反応とひび割れの形態が似ているコンクリートの変状として、DEFによるひび割れがあり、海外で多くの事例が報告されている。また国内では、コンクリート中に内在する(A)が多く、プレキャストコンクリートなどの養生温度が(B)場合で、コンクリートに水分の供給が十分にある場合に発生の危険性があるとされている。また、アルカリ含有量の(C)場合に促進されることがある。

	(A)	(B)	(C)
(1)	塩化物イオン	低い	多い
(2)	硫酸イオン	低い	少ない
(3)	硫酸イオン	高い	多い
(4)	塩化物イオン	高い	少ない

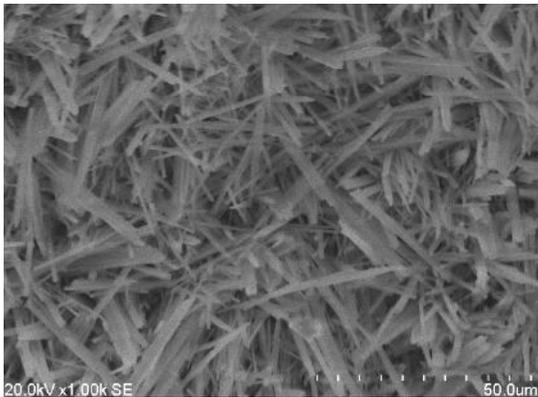
問題(7)

◆ エトリンガイト遅延生成(DEF)の影響



硫酸塩がアルミネート系水和物と反応

遅延生成の条件



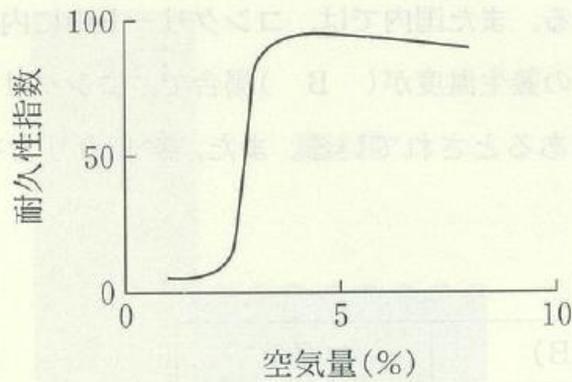
温度が高い養生条件(蒸気養生等)

水分が十分に存在する条件

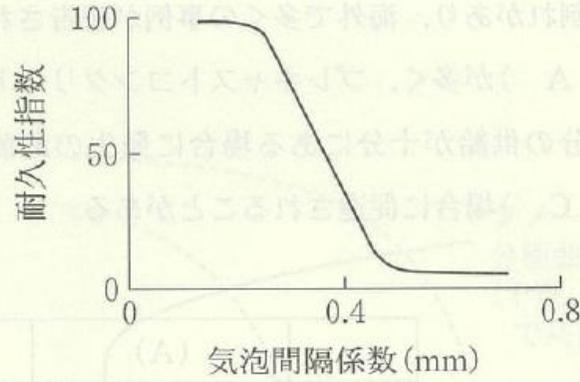
正解(3)

【問題 8】

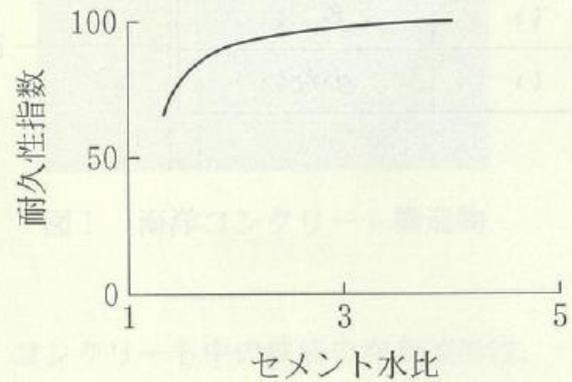
コンクリートの耐凍害性に及ぼす各種要因の影響を示した次の(1)～(4)の概念図のうち、不適当なものはどれか。ただし、(1)、(2)、(4)のコンクリートの水セメント比は50%、(3)および(4)の空気量は4.5%とする。



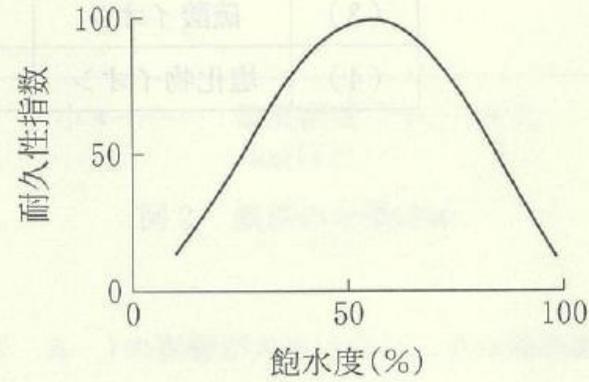
(1)



(2)



(3)



(4)

問題(8)

◆ 耐凍害性に及ぼすコンクリートの品質

凍害を受けるコンクリートは気泡が少ない

凍害(凍結融解抵抗性が小さい)のは

⇒ 気泡間隔係数が大きい(気泡が少)

強度が小さい(抵抗性が小)

凍結する水が多い(外力が大)

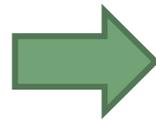
正解(4)

凍結融解作用による劣化事例

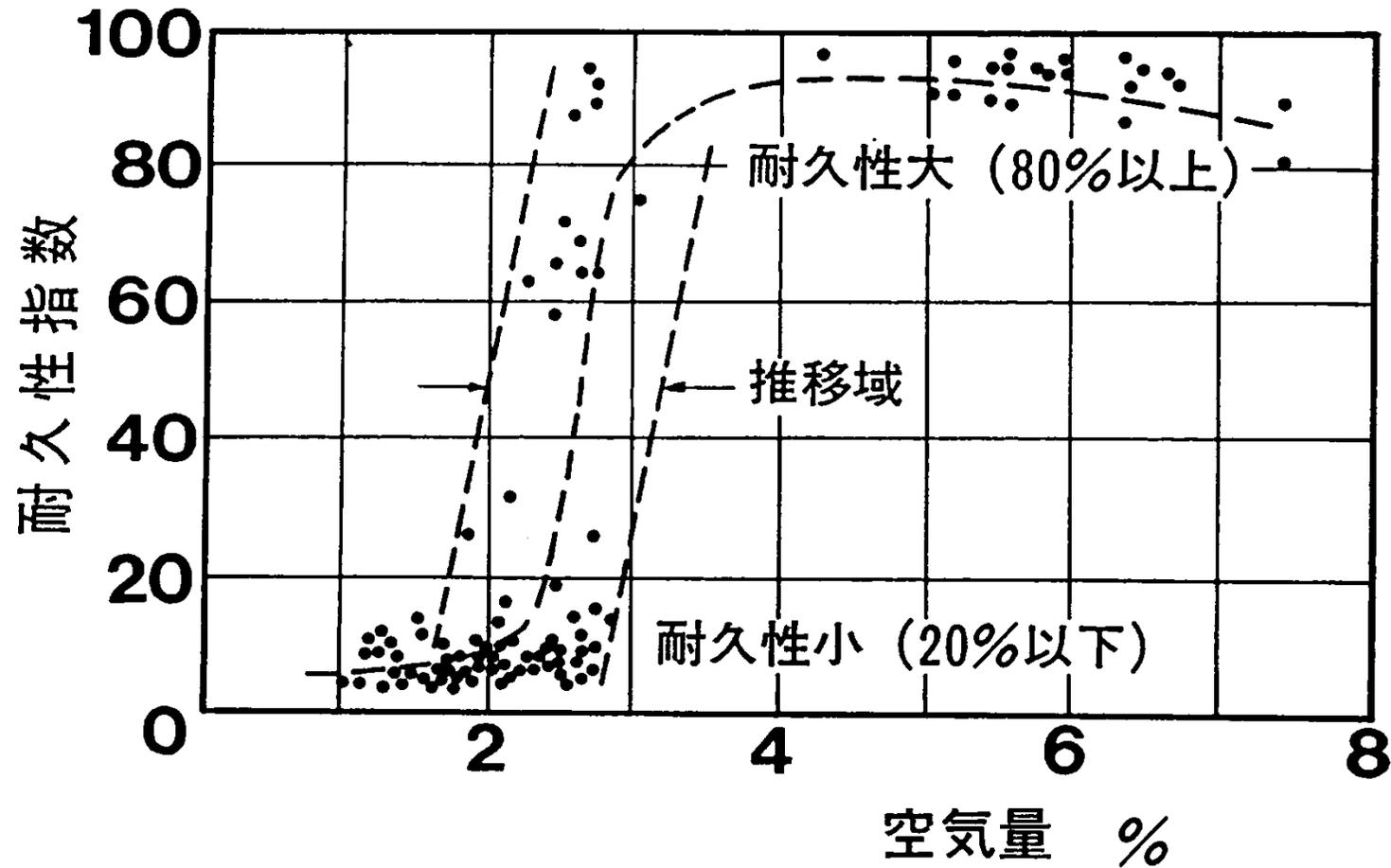


← 橋梁アバットの凍害
凍結融解の繰り返し作用
により劣化が進展

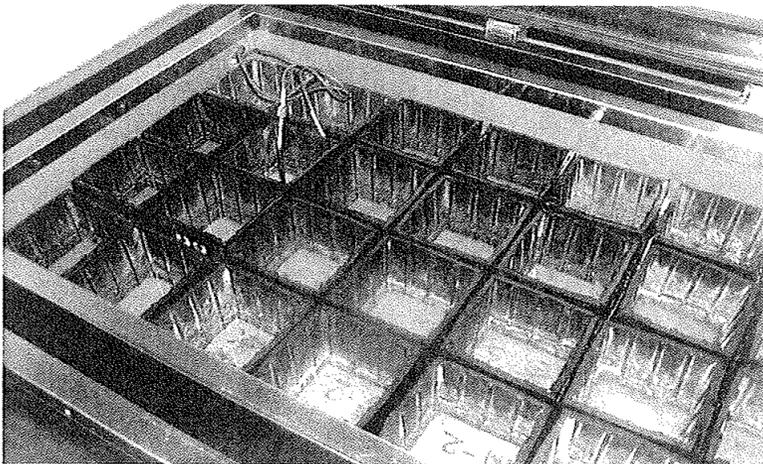
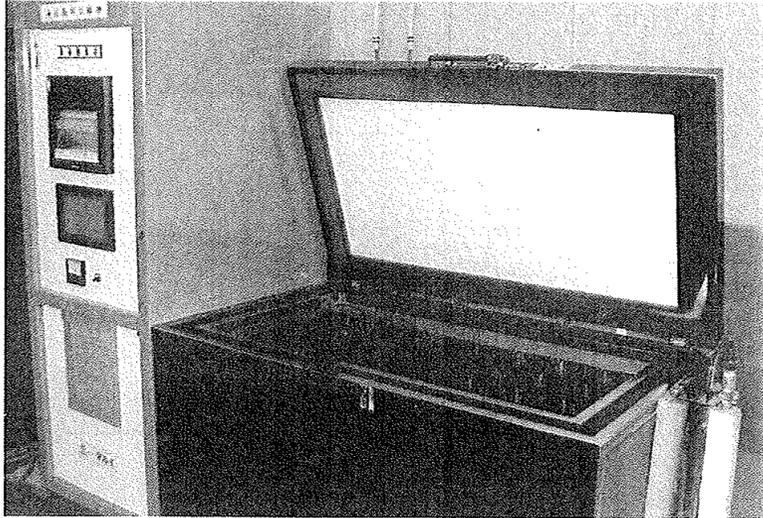
二次製品は気泡を減じる
ことが多く、要注意



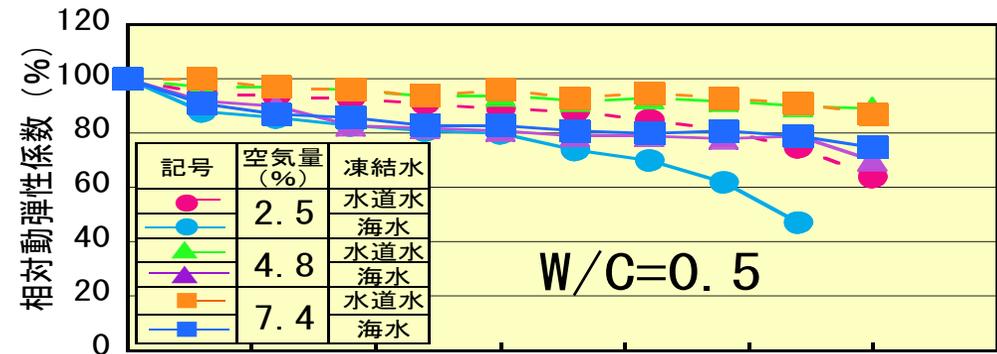
コンクリートの凍害と空気量の関係



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



■ 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。

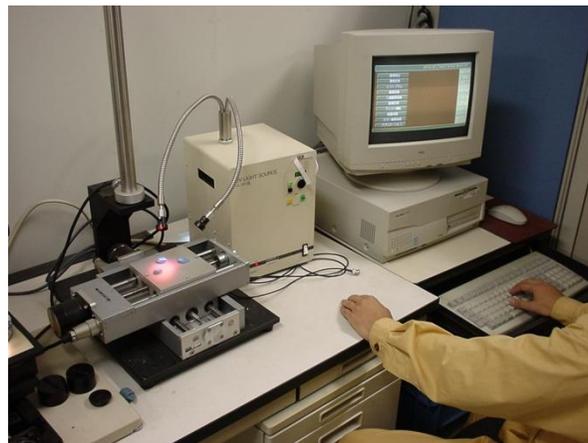
測定範囲; 10 μ m ~ 数mm

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



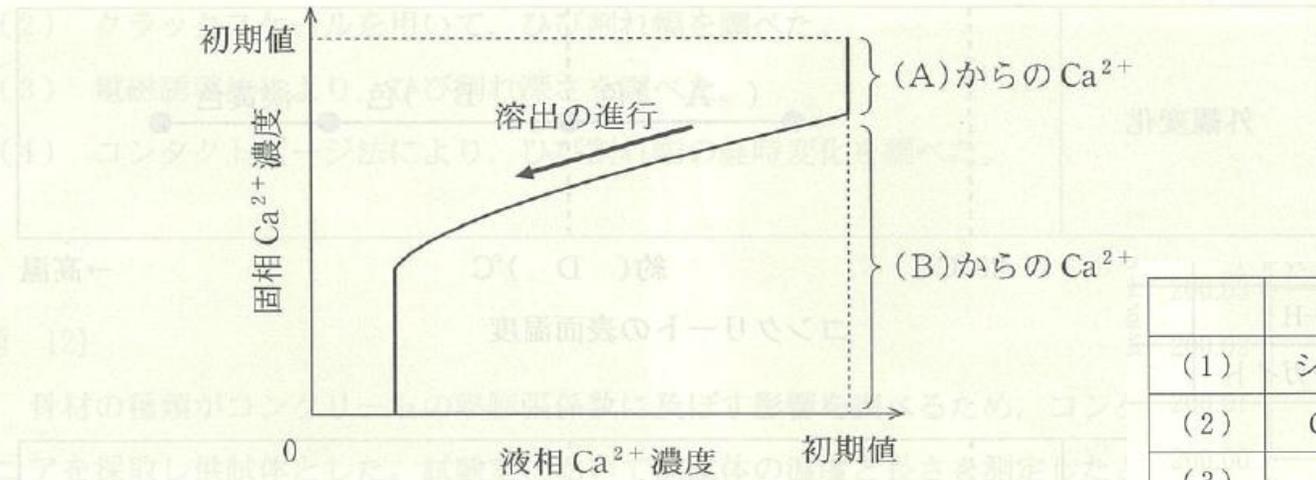
- コンクリート中のエントレンドエアの確認
- コンクリートの凍結融解抵抗性の評価

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



【問題 9】

ダムや用水路の水利構造物では、コンクリートからのカルシウム成分の溶出が問題になる。カルシウム成分の溶出に関する次の模式図および記述中の(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。



カルシウム成分の溶出の模式図

	(A)	(B)	(C)
(1)	シリカゲル	Ca(OH) ₂	C-S-H
(2)	Ca(OH) ₂	C-S-H	シリカゲル
(3)	C-S-H	シリカゲル	Ca(OH) ₂
(4)	Ca(OH) ₂	シリカゲル	C-S-H

コンクリート表面が水と接触すると、細孔溶液中のカルシウムイオン(Ca²⁺)と水酸化物イオン(OH⁻)が溶出し、表面と内部との濃度差が生じる。この濃度差を緩和するために、(A)が溶解して生じた細孔溶液中のCa²⁺とOH⁻がコンクリート表面に移動する。次に(B)からのカルシウムの溶脱が進み、固相Ca²⁺濃度がある値以下になると(B)の分解が急激に進んで(C)に変化し脆弱化する。

問題(9)

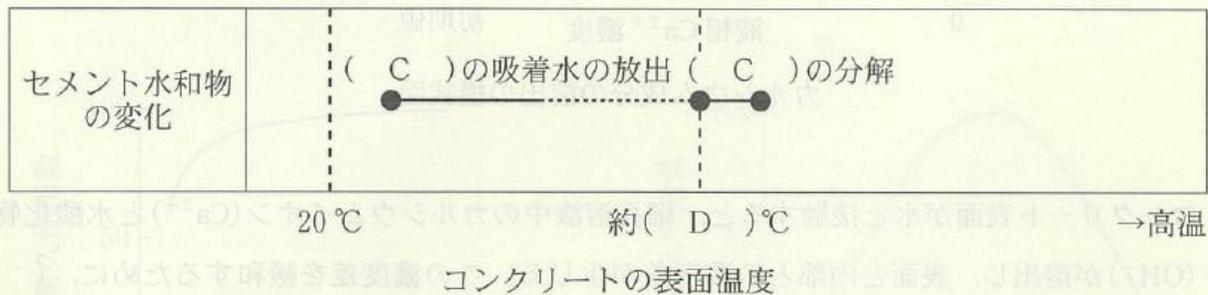
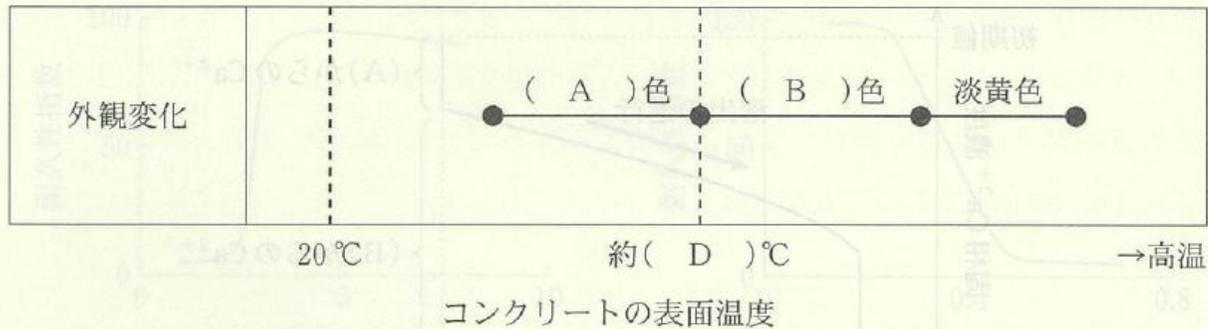
◆ 水利構造物のカルシウム成分の溶出

水と接触すると Ca^{2+} と OH^- が溶出する。
コンクリート表面と内部で濃度勾配が付く
この濃度差を緩和するために $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が溶解
さらに C-H-SからCaが溶脱
ついにはシリカゲルになり脆弱化する。

正解(2)

【問題 10】

下図は火害を受けたコンクリートの表面温度の変化に伴う、コンクリート表層の外観変化およびセメント水和物の変化の例を示した概念図である。図中の(A)～(D)に当てはまる(1)～(4)の語句および数値の組合せのうち、適当なものはどれか。



	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	ピンク	灰 白	C-S-H	600
(2)	ピンク	灰 白	エトリンガイト	400
(3)	灰 白	ピンク	C-S-H	400
(4)	灰 白	ピンク	エトリンガイト	600

問題(10)

◆ 火害を受けたコンクリートの色

300~600°Cでピンク色 ⇒ (1)が正解

受熱温度が450°Cを超えると、C-Hが分解

600°Cを超えるとC- S-Hが分解を始める。

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

【問題 11】

【21 選択】

RCボックスカルパートの側壁部において、脱型時にひび割れが認められた。このひび割れの調査に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) デジタルカメラを用いて、ひび割れ間隔を調べた。
- (2) クラックスケールを用いて、ひび割れ幅を調べた。
- (3) 電磁誘導法により、ひび割れ深さを調べた。
- (4) コンタクトゲージ法により、ひび割れ幅の経時変化を調べた。

問題(11)

◆ ひび割れの調査方法

デジタルカメラ ⇒ 分布

クラックスケール ⇒ ひび割れ幅

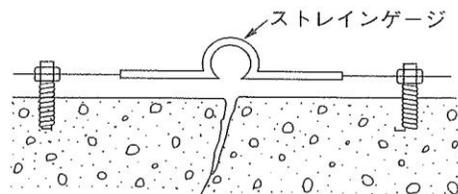
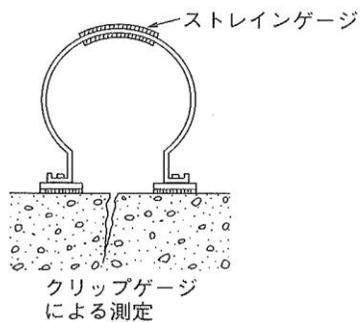
電磁誘導法 ⇒ **かぶりの調査**

コンタクトゲージ法 ⇒ ひび割れ幅の進行

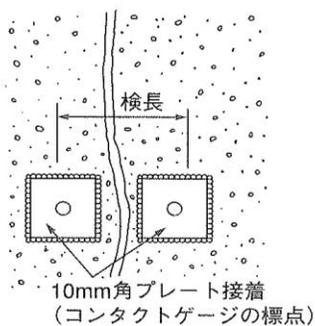
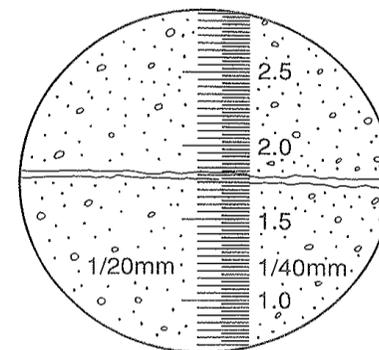
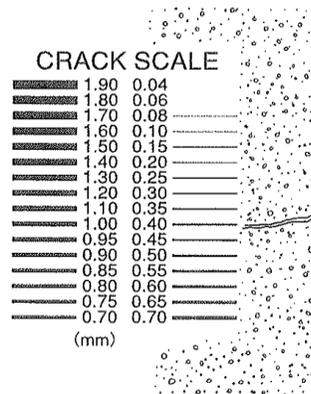
超音波法 ⇒ ひび割れ深さ

正解(3)

ひび割れ幅とその変化の測定方法



(a) ストレインゲージによる測定

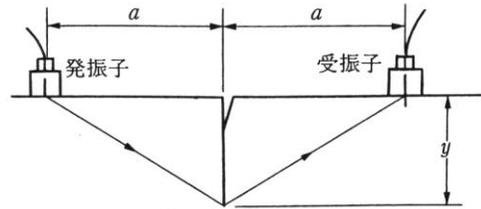


コンタクトゲージ

(b) コンタクトゲージによる測定

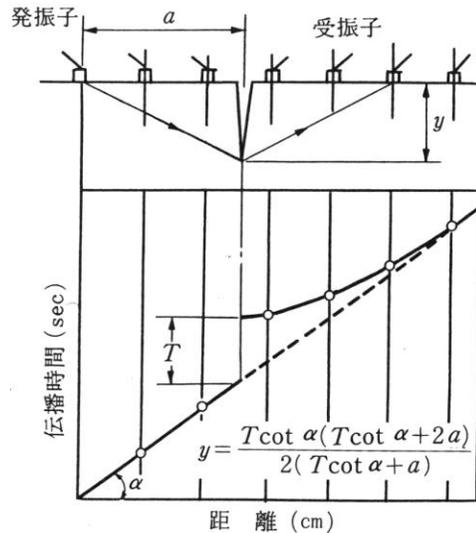


ひび割れ深さの測定方法

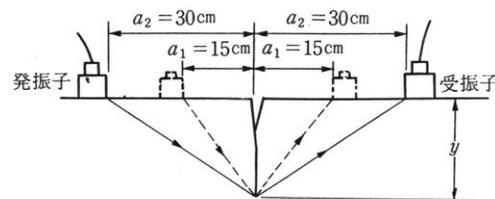


① $T_c - T_0$ 法

ひび割れをはさんで、超音波の伝搬時間により、ひび割れ深さを測定する。センサーを移動させて計測する場合もある。



② T 法



③ BS法

・ $T_c - T_0$ 法 $y = a \{ (T_c / T_0)^2 - 1 \}^{1/2}$

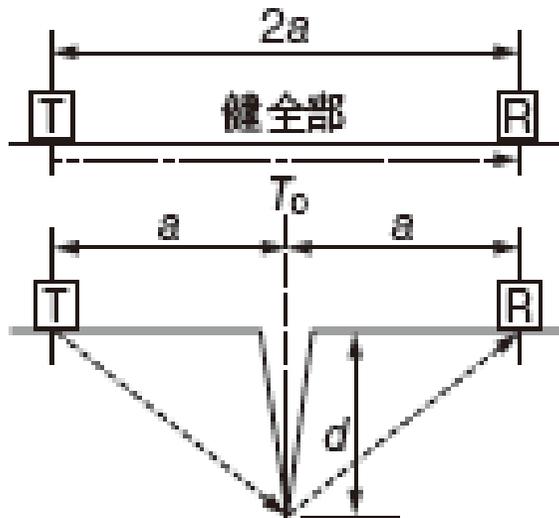
・ T 法 $y = \frac{T \cot \alpha (T \cot \alpha + 2a)}{2(T \cot \alpha + a)}$

・BS法 $y = 15 \{ (4T_1^2 - T_2^2) / (T_2^2 - T_1^2) \}^{1/2}$

出典: コンクリートの非破壊試験法研究委員会報告書, コンクリート工学協会, 1992

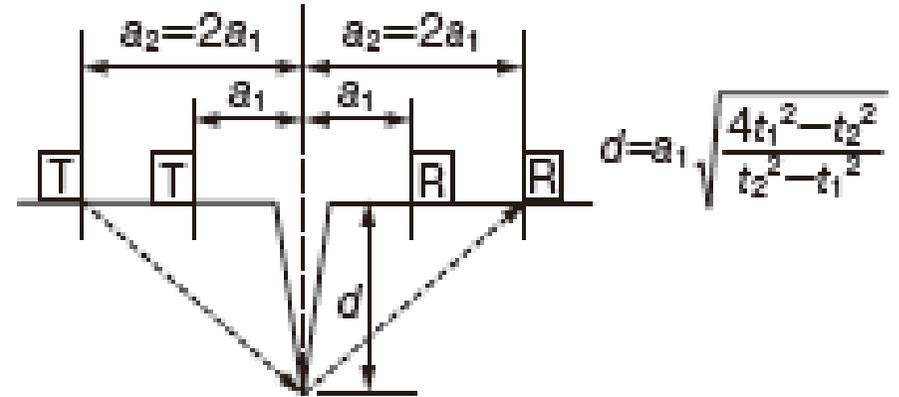
ひび割れ深さの測定方法

●Tc-To法と算定式



$$d = a \sqrt{\left(\frac{T_c}{T_0}\right)^2 - 1}$$

●修正EBS法と算定式



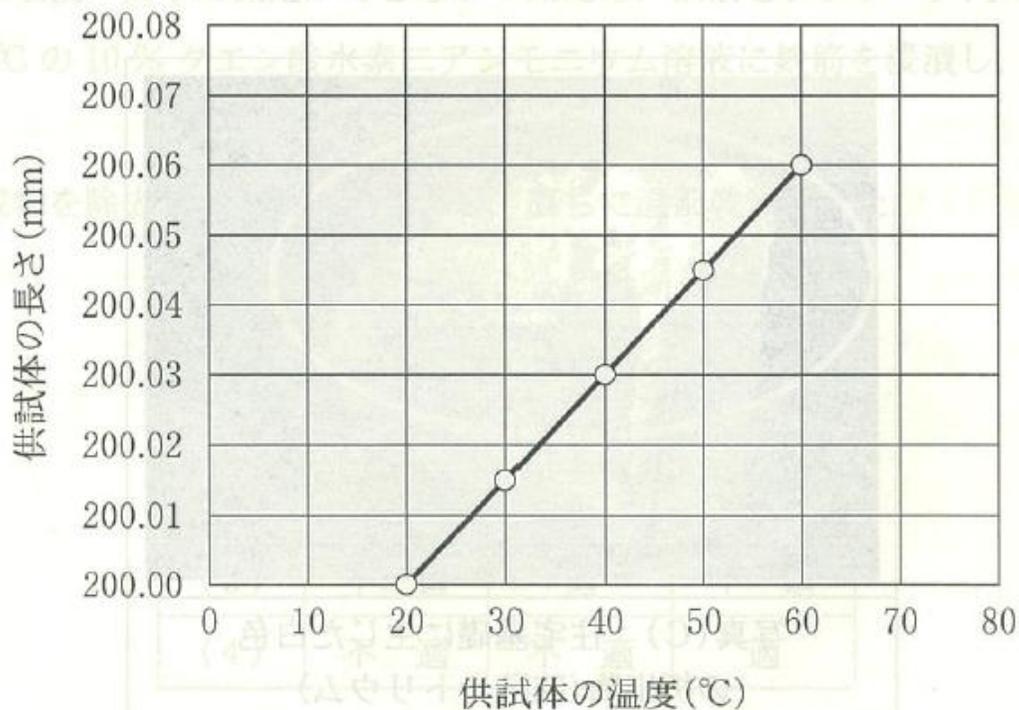
$$d = a_1 \sqrt{\frac{4t_1^2 - t_2^2}{t_2^2 - t_1^2}}$$

$V \times t = \text{伝播距離}$

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

【問題 12】

骨材の種類がコンクリートの熱膨張係数に及ぼす影響を調べるため、コンクリート構造物からコアを採取し供試体とした。試験室において供試体の温度と長さを測定したところ、下図の結果が得られた。このコンクリートの熱膨張係数として、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。なお、供試体の基長は温度 20 °C のとき 200.00 mm であった。



(1) $7.5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

(2) $7.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

(3) $15 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

(4) $15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

問題(12)

◆ 骨材の種類とコンクリートの熱膨張係数

熱膨張係数とは、 1°C の変化で膨張する率

骨材の熱膨張係数は容積の7割を占める

コンクリートの熱膨張係数に近い

$$10 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} (7 \sim 13 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C})$$

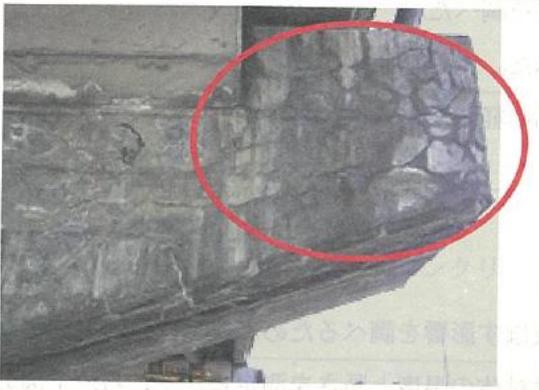
解答 10°C 当りの変化率 正解(2)

$$0.015\text{mm} / 200\text{mm} = 7.5 \times 10^{-5}$$

$$7.5 \times 10^{-5} \div 10 = 7.5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$$

【問題 13】

RC 構造物において、写真(A)～(C)に示すような変状が認められた。この原因を推定するために優先的に実施すべき次の調査項目に関する適・不適の組合せとして、(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

	
<p>写真(A)：橋脚張出し部に生じた網目状のひび割れ</p>	<p>写真(B)：トンネル内面に生じた白色の析出物(炭酸カルシウム)</p>
<p>調査項目：地震の履歴</p>	<p>調査項目：背面空洞の有無</p>


<p>写真(C)：住宅基礎に生じた白色の析出物(硫酸ナトリウム)</p>
<p>調査項目：土壌中の化学成分</p>

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

問題(13)

◆ RC構造物の変状の調査方法

写真A:ASR

地震とは無関係

写真B:エフロ(炭酸カルシウム)

トンネル背面の浸水(漏水)

写真C:硫酸塩劣化

土壌の硫酸塩の侵食

正解(2)

【問題 14】

【01 設問】

健全性の低下が懸念される、寒冷地の鋼道路橋 RC 床版の調査項目に対して適用する調査・測定方法として、次の(1)～(4)のうち、不適当なものはどれか。

	調査項目	調査・測定方法
(1)	防水層の有無	施工記録の調査
(2)	塩化物イオン量	アコースティックエミッション(AE)法による測定
(3)	水平ひび割れの有無	電磁波レーダー法による調査
(4)	たわみ	レーザードップラーによる測定

問題(14)

◆ 寒冷地のRC床版の健全性の調査

防水層有無 ⇒ 施工記録調査

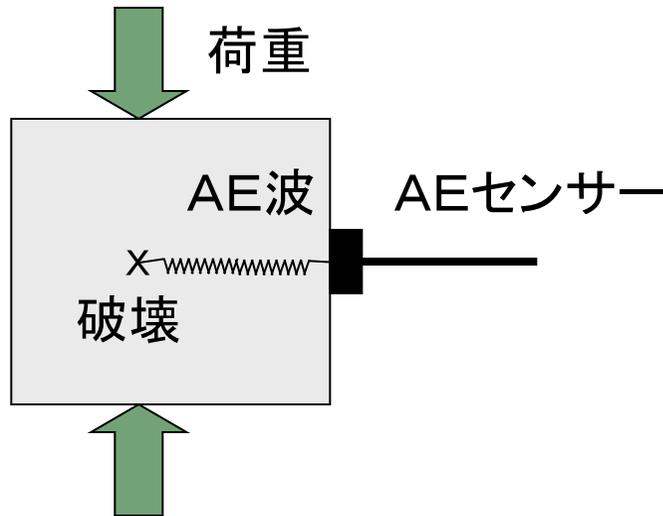
塩化物イオン ⇒ AE法はひび割れ発生時の弾性波を測定する方法

水平ひび割れ ⇒ 電磁波レーダー

たわみ ⇒ レーザードップラー

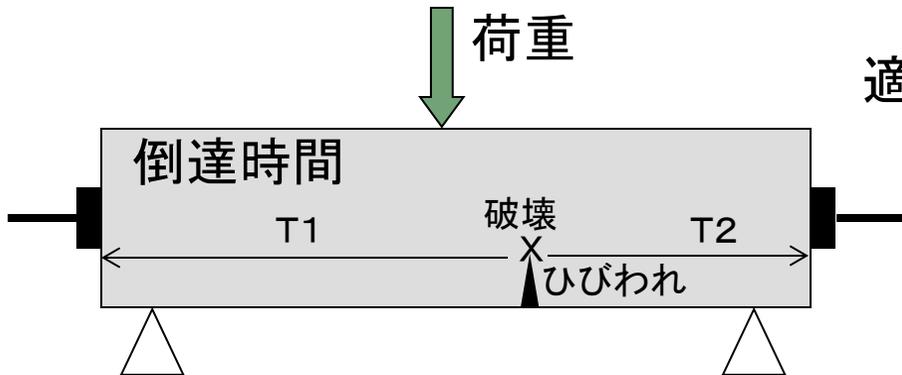
正解(2)

■ AE法 (アコースティックエミッション法)



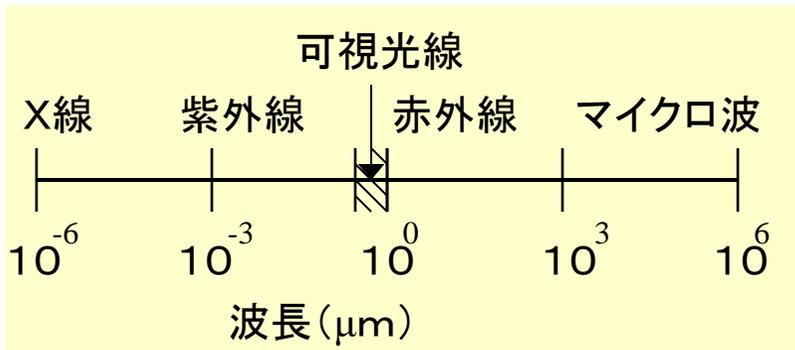
方法.....外から与えた力に対して、材料中に発生する微小破壊音(高周波弾性波, AE)を受信しひび割れ, 空隙等の内部欠陥の進展を推定する。

複数のセンサに到達する音の到達時間差により, 破壊位置を推定



- 適用例... ①実構造物での適用は未確認
②ひび割れ位置推定のモニタリングに可能性あり

■電磁波レーダー法

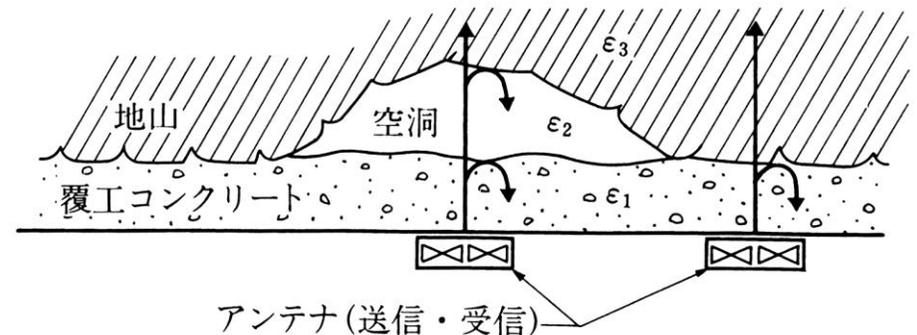


コンクリート表面からレーダー波を入力させ、その反射波をとらえて、コンクリート内部状態を推定する。

- ・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)

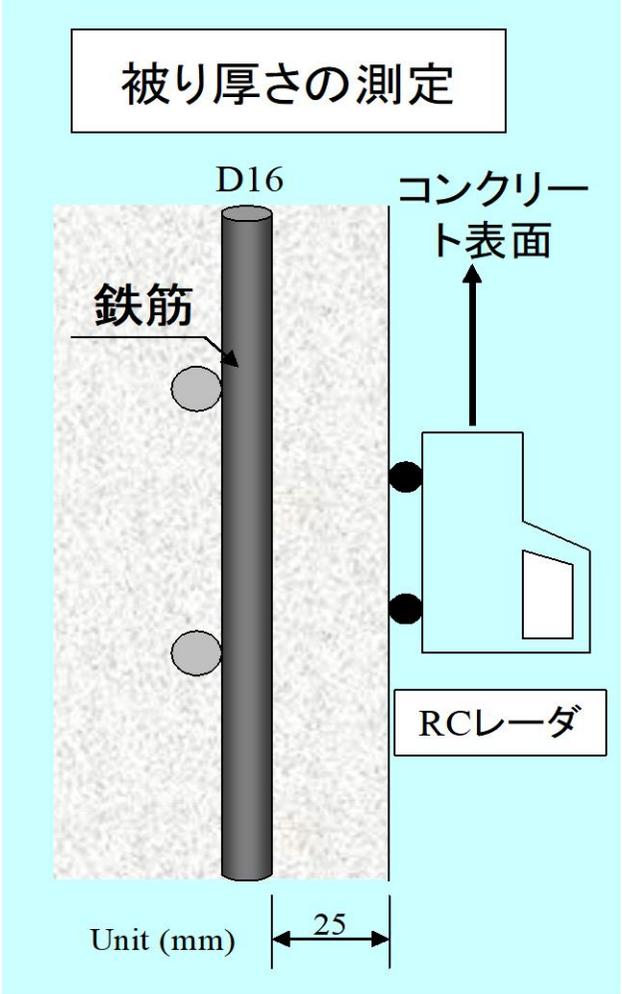


出典: 棚野博之, コンクリートの非破壊検査技術, 内部欠陥, コンクリート工学 Vol.33, No.3, 1995

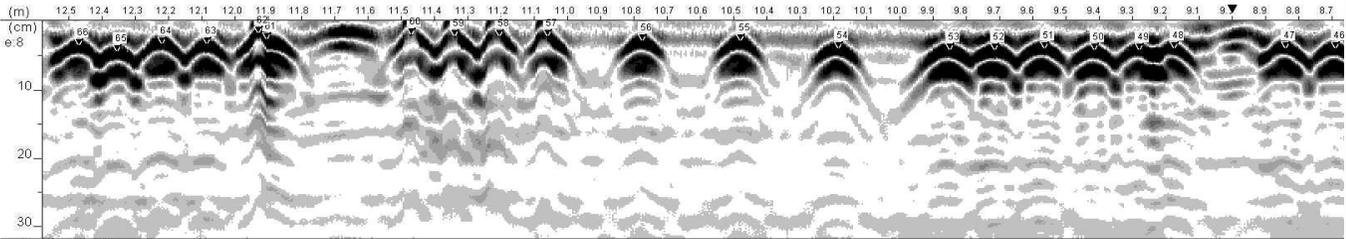


RCLレーダー測定状況

電磁波レーダ法：鉄筋位置および被り厚さ測定



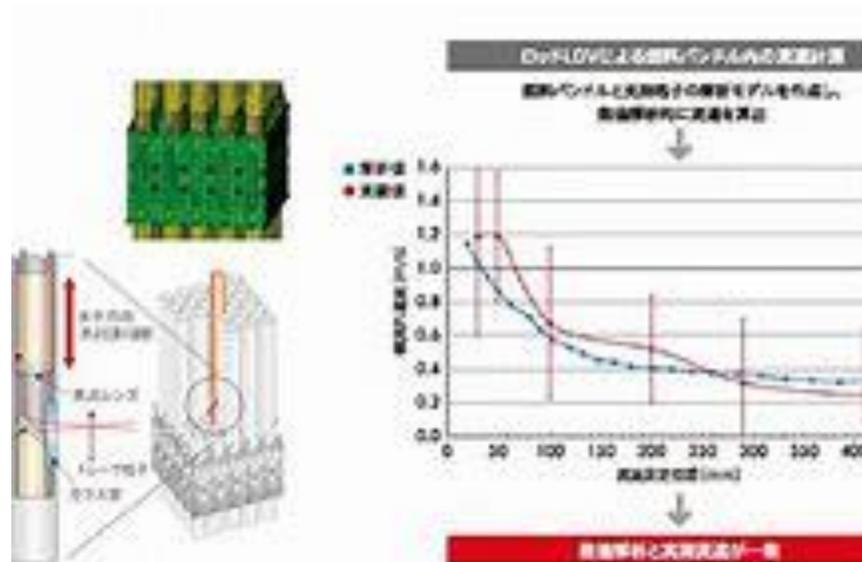
RCLレーダ探査状況



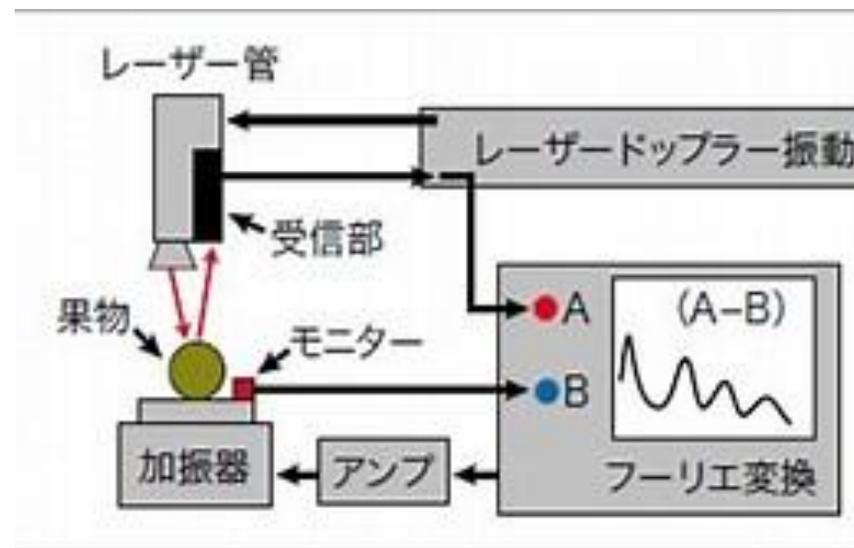
測定データの例

レーザードップラーによる測定

レーザーによる光のドップラー効果を利用した非接触式の振動計。
サンプルに反射したレーザー光の、周波数の変化を検知し、
サンプルの振動の速度と変位を算出する。



科学技術 (技術) 賞 (S&T Technology Award 2007)



【問題 15】

RC 構造物から採取した鉄筋の腐食量を測定するための処理方法に関する次の記述(A)～(C)の適・不適の組合せとして、(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

(A) 鉄筋の採取後、直ちに測定ができなかったため、鉄筋をデシケータ内で乾燥保存した。

(B) 温度 60℃ の 10% クエン酸水素二アンモニウム溶液に鉄筋を浸漬し、腐食生成物を除去した。

(C) 腐食生成物を除去した鉄筋を水洗いし、直ちに温風乾燥させた。

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

問題(15)

◆ RC構造物の鉄筋の腐食量の測定

(A) デシケーターで保存すると腐食は停止

(B) 腐食生成物の除去方法は適当

(C) 除去した鉄筋を水洗いし、温風乾燥

いずれも適当

正解(2)

【問題 16】

【41 設問】

RC 橋脚の健全性評価を行うための調査方法に関する次の記述(A)～(C)の適・不適の組合せとして、(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

(A) 残存するかぶり(厚さ)を計測するため、四電極法を用いた。

(B) コンクリート中の鋼材の腐食速度を推定するため、分極抵抗法を用いた。

(C) 中性化深さを測定するため、採取したコアの割裂面にフェノールフタレイン溶液を噴霧した。

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

問題(16)

◆ RC構造物の健全性の調査方法

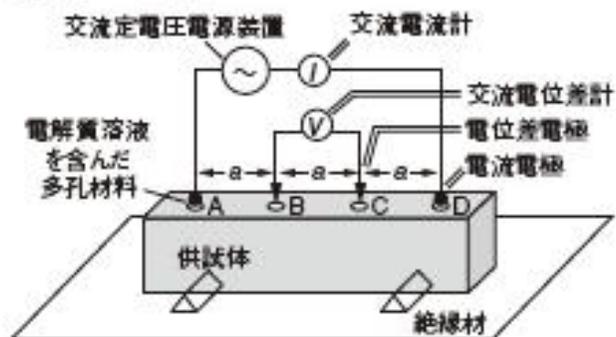
- (A) かぶり厚さの測定 ≠ 四電極法
- (B) 鋼材の腐食速度 ⇒ 分極抵抗法
- (C) 中性化測定 ⇒ フェノールフタレイン

四電極法: かぶり部分の比抵抗を測定し、腐食進行のしやすさを把握する方法

正解(4)

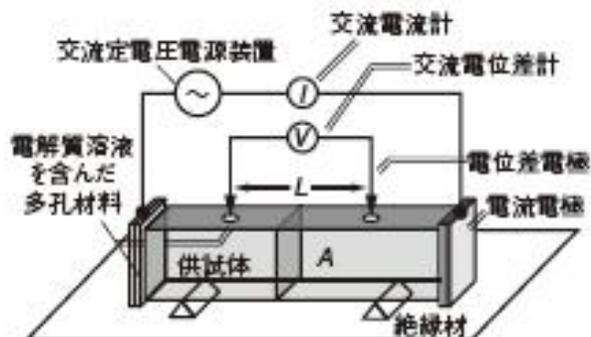
■ 四電極法（比抵抗の測定）

● 四プローブ法



四プローブ法の測定装置

● 四電極法



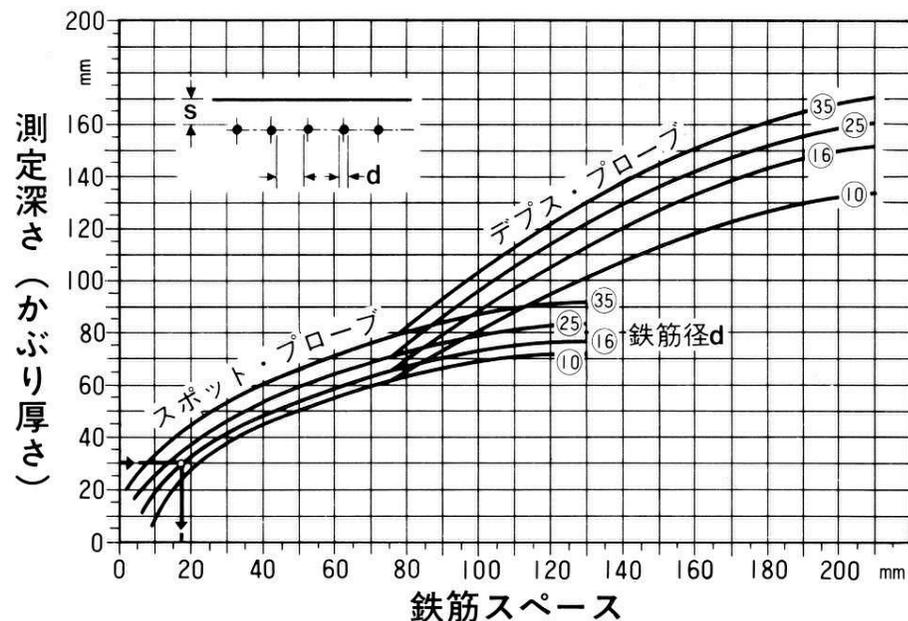
四電極法の測定装置

■ 電磁誘導法

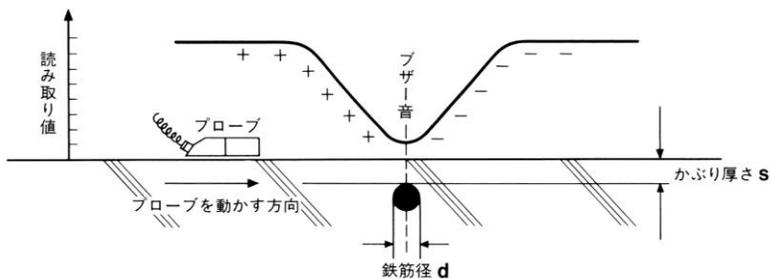
コンクリート表面に接触させるプローブに、交流を流し、磁界を作り、プローブを移動させることによる、磁界の変化により、鉄筋位置、径、かぶりを推定する。



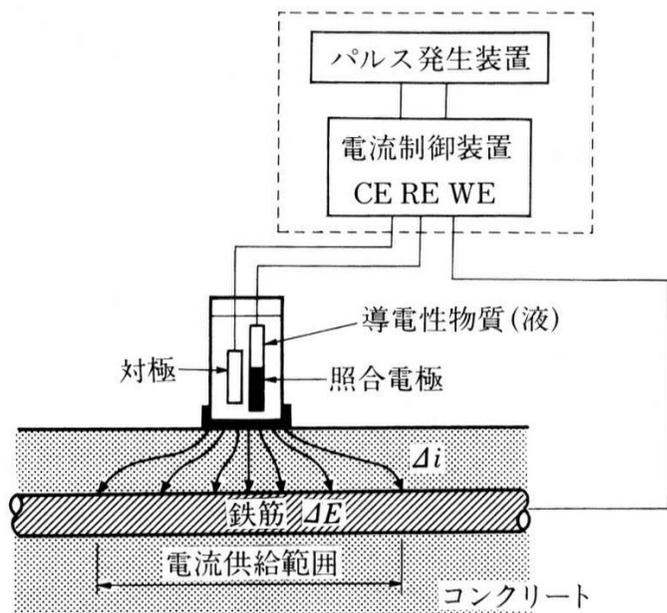
測定可能最小鉄筋スペース



例：鉄筋径 d が 16mm で、かぶり厚さ s が 30mm の場合、測定可能な最小鉄筋スペースは 17mm です。



分極抵抗法



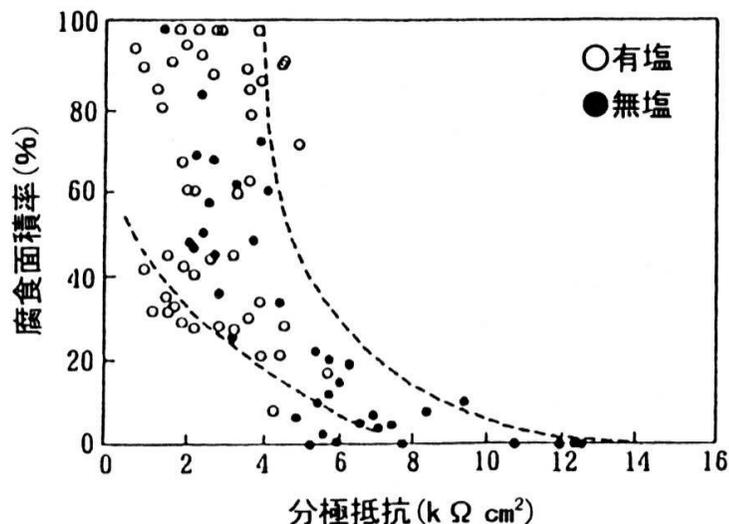
- コンクリート表面に対極と照合電極を設置し、対極から鉄筋に微小電流 (ΔI) を与えた時鉄筋の電位が ΔE だけ変化する。以下の式の R_p を分極抵抗という。

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

- 分極抵抗 R_p と腐食電流 I_c の間には以下の関係がある。

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

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



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

【問題 17】 土質調査、JIS A 1155:2012(コンクリートの反発度の測定方法)に従ってコンクリートの反発度を測定したところ、当初の9個の反発度の測定結果は下表のとおりであった。この結果の採否に関する次の(1)～(4)の記述のうち、適当なものはどれか。ただし、コンクリートの乾燥状態や打撃方向等による反発度の補正については考慮しなくてよい。

JIS A 1155:2012(コンクリートの反発度の測定方法)に従ってコンクリートの反発度を測定したところ、当初の9個の反発度の測定結果は下表のとおりであった。この結果の採否に関する次の(1)～(4)の記述のうち、適当なものはどれか。ただし、コンクリートの乾燥状態や打撃方向等による反発度の補正については考慮しなくてよい。

表 当初の反発度の測定結果

37	43	34
34	36	33
35	37	26

- (1) 測定値 43 と 26 を採用せず、これらに替わる測定値を補うこととした。
- (2) 測定値 43 のみを採用せず、これに替わる測定値を補うこととした。
- (3) 測定値 26 のみを採用せず、これに替わる測定値を補うこととした。
- (4) 全ての測定値を有効として採用した。

問題(17)

◆ リバウンドハンマーの測定方法

JIS A 1155 による方法

9点の測定値の平均

偏差20%以上の値を採用せず、補足

当初の9点の平均値 = $315 \div 9 = 35$

偏差20% 28以下、42以上は不採用

26と43を不採用、これに替わる測定値を採る

正解(1)

リバウンドハンマー

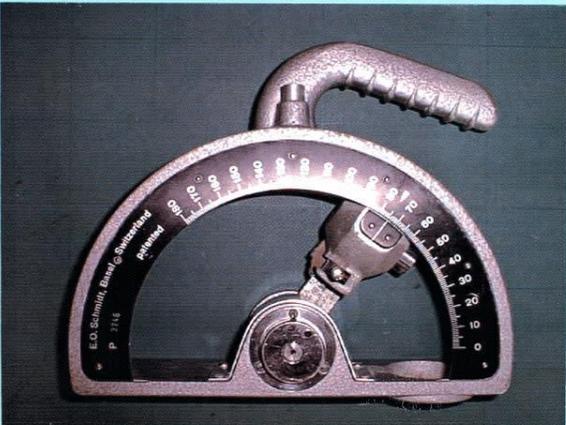
N型
(15~60
N/mm²)



NR型
(記録式)
(15~60
N/mm²)



P型
(低強度型)
(5~15
N/mm²)



方法.....ハンマー内にある重錘をコンクリート表面に打撃し、その反発力により、コンクリートの表面強度を推定する

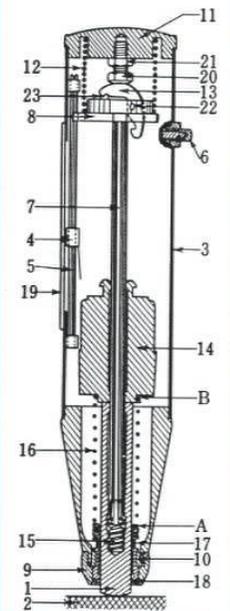
評価..... $f' = 13R_o - 184$
 f' ; 圧縮強度 (kgf/cm²)
 R_o ; 反発硬度
(日本材料学会)

$F_c = -18.0 + 1.27R_o$
 F_c : ハンマー強度 (N/mm²)
 R_o : 基準反発度

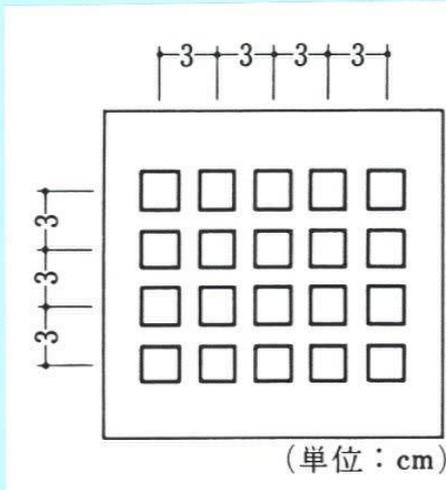
注意点...打撃方向の補正が必要
超音波法と併用すると精度向上



測定状況

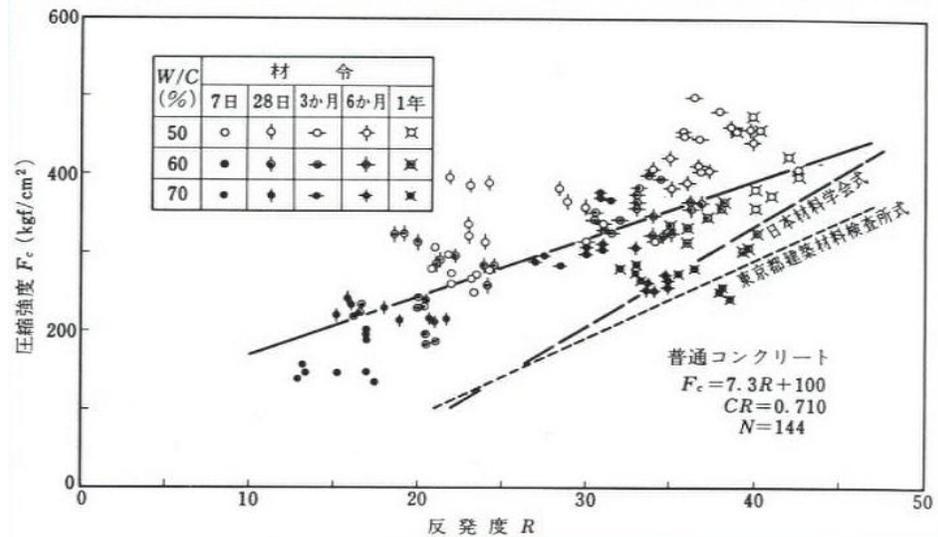


内部機構



マーカー

測定点; 20点
 偏差±20%以上は破棄

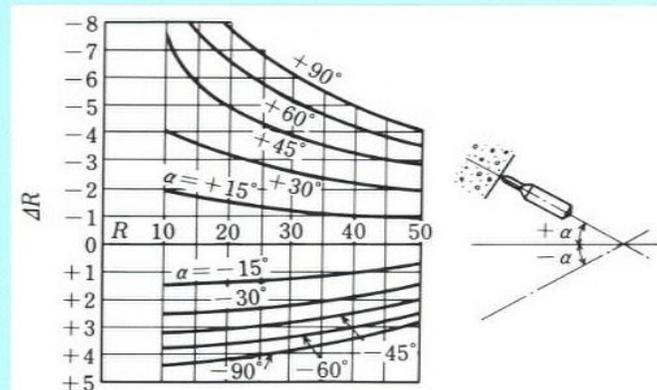


反発度と圧縮強度の関係

[日本材料学会]

$$F(\text{kgf/cm}^2) = -184 + 13 \cdot R_0$$

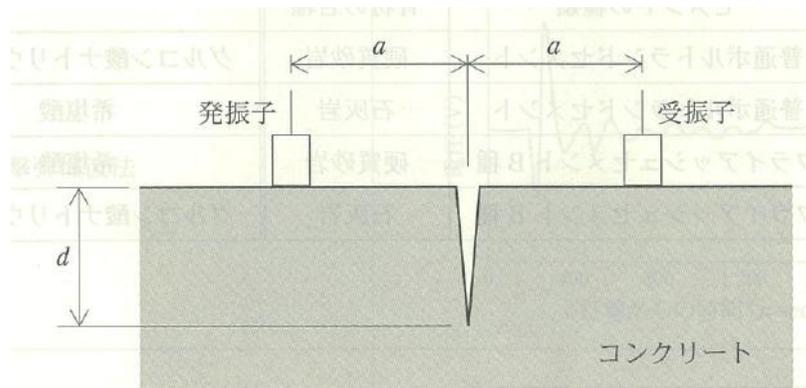
$$R_0 = R + \Delta R(\text{補正值})$$



【問題 18】

(21 時間)

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 $a(\text{mm})$	測定された超音波の伝播時間 $t(\mu\text{s})$
(1)	150	100
(2)	150	80
(3)	100	100
(4)	100	80

問題(18) 2015年度の再掲

◆ 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(3)

ちなみに

$$V=4000\text{m/s} \quad t=100\mu\text{s} \Rightarrow 0.4\text{m}$$

$$d^2 + 10^2 = 20^2 \quad d=17.3\text{mm}$$

【問題 19】

【81 級問】

硬化コンクリートの単位セメント量の推定にあたって、コンクリートの使用材料と溶解液の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、最も適当なものはどれか。

	コンクリートの使用材料		溶解液
	セメントの種類	骨材の岩種	
(1)	普通ポルトランドセメント	硬質砂岩	グルコン酸ナトリウム溶液
(2)	普通ポルトランドセメント	石灰岩	希塩酸
(3)	フライアッシュセメント B 種	硬質砂岩	希塩酸
(4)	フライアッシュセメント B 種	石灰岩	グルコン酸ナトリウム溶液

問題(19)

◆ 硬化コンクリートの単位セメント量の推定

(1) グルコン酸ナトリウム溶液で溶解

NDIS3422法 普通ポルトに適用

(2) 石灰石骨材があると希塩酸では測定不能

(3) フライアッシュは、希塩酸では測定不能

(4) FAをすべて溶解しないため測定不能

正解(1)

配合分析方法

セメント協会法

600°Cの強熱減量から**単位水量**を推定

塩酸で溶解させたろ液の滴定よりCaOから

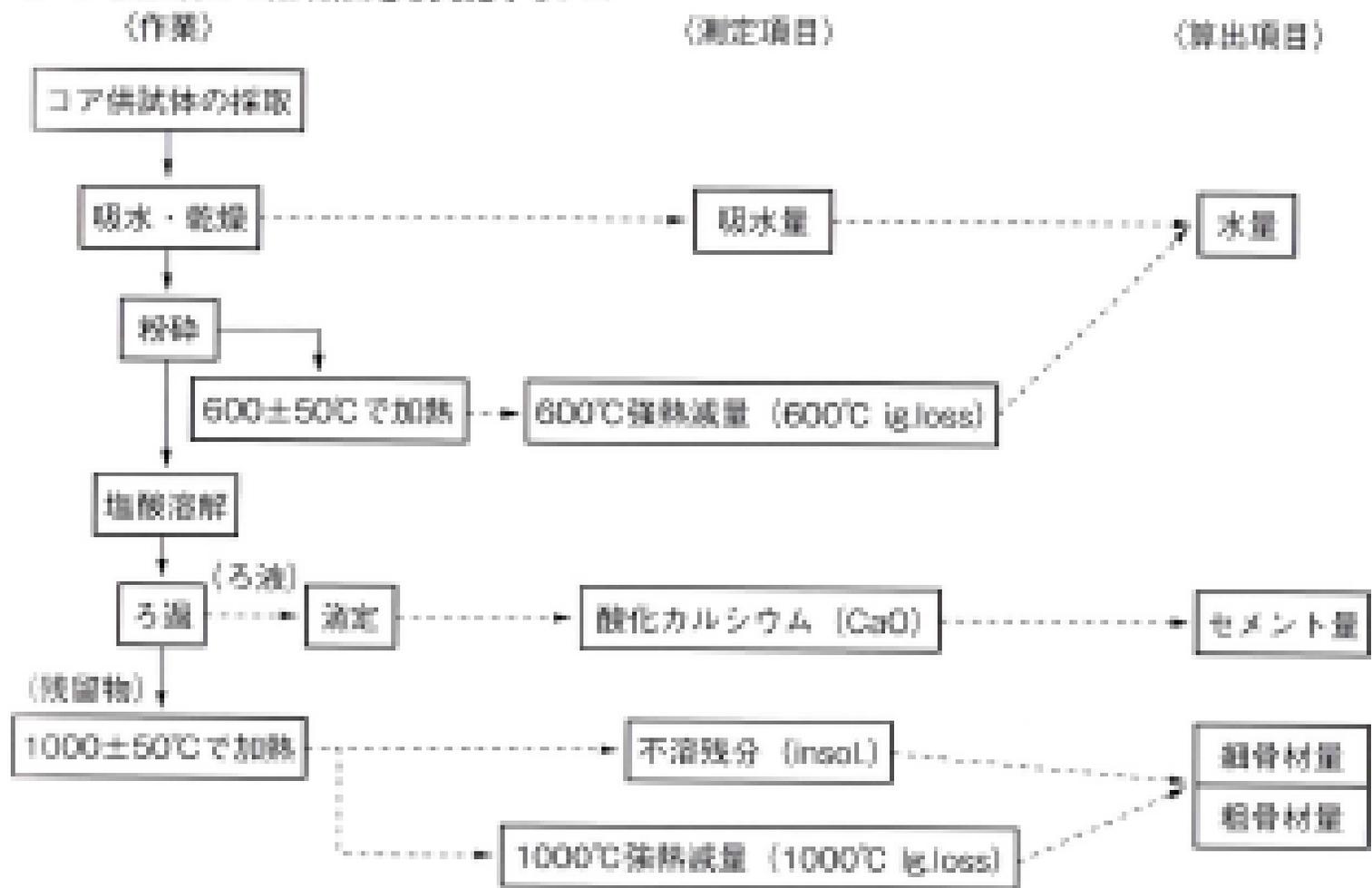
セメント量を推定

ろ液残留物の不溶残分と

1000°Cの強熱減量から**骨材量**を算出

コア供試体からの配合分析

●コア供試体から配合推定を実施するフロー



【問題 20】

【18 級問】

劣化原因を推定するための測定方法および測定機器と、これらの測定データ例を示した次の図(1)～(4)の組合せのうち、不適当なものはどれか。

	測定方法および測定機器	測定データ例
(1)	衝撃弾性波法	
(2)	超音波法	
(3)	走査型電子顕微鏡 (SEM)	
(4)	粉末 X 線回折法 (XRD)	

問題(20)

◆ 劣化原因の推定方法と機器とデータ

(1) 衝撃弾性波

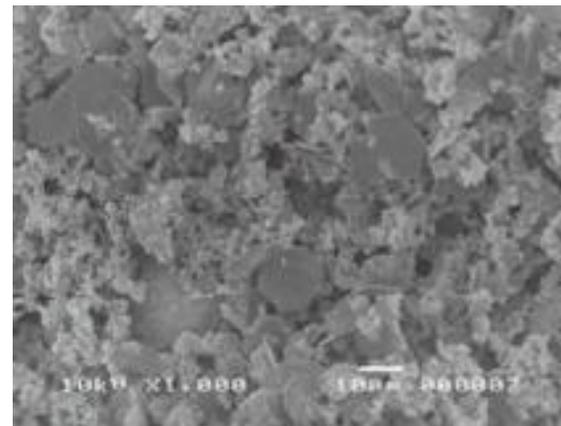
(2) 超音波法

(3) 走査型電子顕微鏡

写真は、電磁波レーダー法

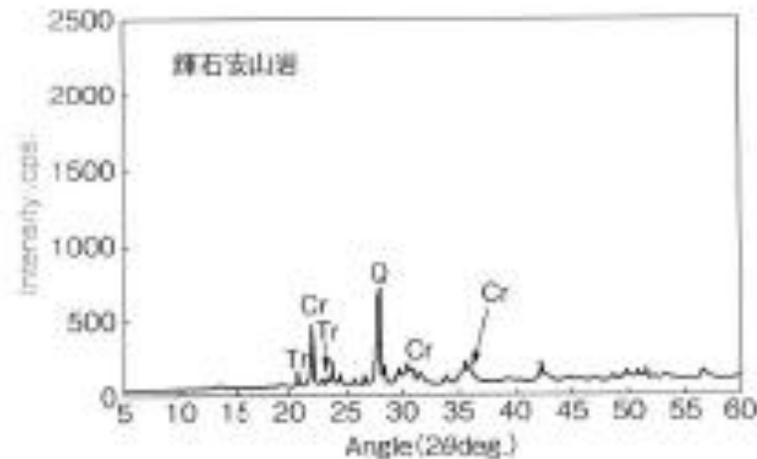
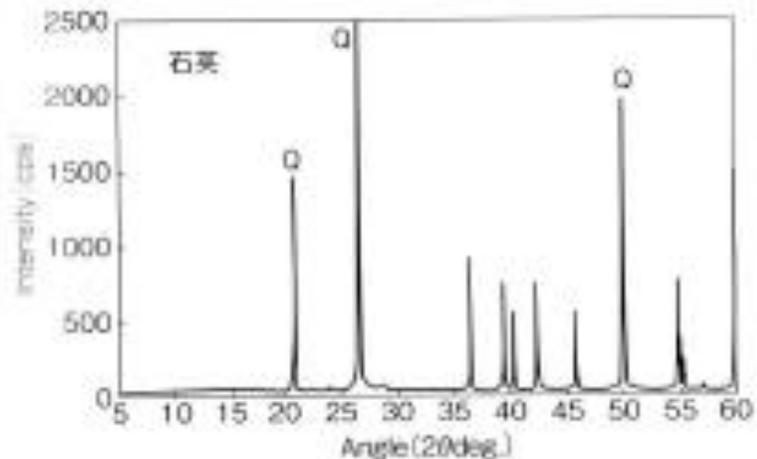
(4) 粉末X線回折分法

正解(3)



走査型電子顕微鏡の例

X線粉末回折



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トバライト(Cr)やトリディマイト(Tr)が確認される。

【問題 21】

【03 設問】

①式 竣工後10年を経過したRC造建築物の外壁に顕著な凍害が見られた。コンクリートの耐凍害性を把握するため、コアを採取してリニアトラバース法により空気量を推定したところ2.0%であった。施工記録から、このコンクリートの受入検査時の空気量は4.5%以上であったことが確認されている。硬化後のコンクリートの空気量が少ないことに関し、考えられる施工上の要因として、次の(1)~(4)のうち、最も不適当なものはどれか。

- (1) 出荷から打込み終了までの時間
- (2) ポンプ圧送距離
- (3) 内部振動機による締固め時間
- (4) 型枠中への打込み速度

問題(21)

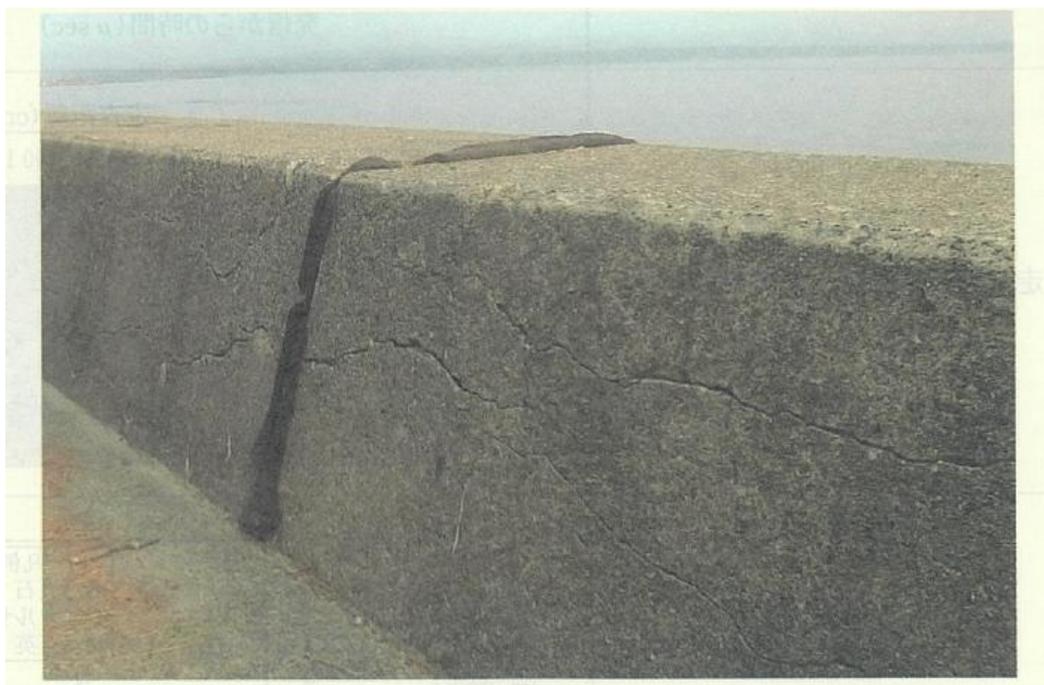
- ◆ **コンクリートの空気量への施工の影響**
施工記録では4.5%、コアで2.0%

空気量が減少する可能性

- (1) 出荷から打込み終了までの減少 ○
- (2) ポンプの圧送距離が長い ○
- (3) 内部振動機の振動時間が長い ○
- (4) 型枠内への打込み速度は増加の傾向で ×

【問題 22】

北陸地方にあるコンクリート製堤防の parapet 部(高さ約 1 m)において、写真に示すようなひび割れ(幅約 1 cm)が生じていた。このひび割れの主たる原因として、次の(1)~(4)のうち、適当なものはどれか。



- (1) コールドジョイント
- (2) 気温変化・日射による温度応力
- (3) 塩害
- (4) アルカリシリカ反応

問題(22)

◆ 防波堤のひび割れ原因

ひび割れ幅は1cmと大きい。

コールドジョイント: 水平に生じるが、幅が小。

気温の変化: 温度変化で水平には生じない。

塩害は、水平に生じるが、鉄筋に沿う。

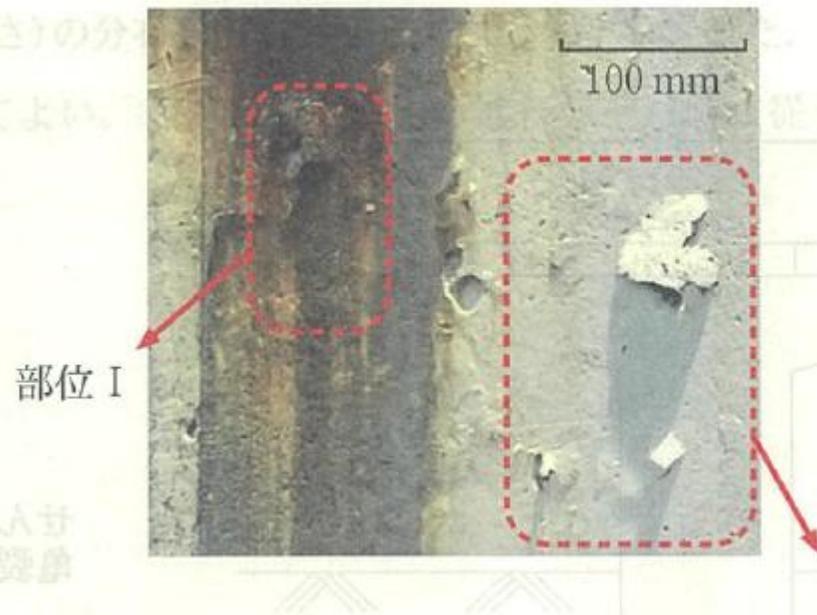
アルカリシリカ反応の可能性大 ⇒ 正解(4)

エラストイトのはみ出しが認められる。

【問題 23】

【15 時間】

RC造建築物の外壁に、写真に示すような変状(ポップアウト)が生じていた。特に部位Iは部位IIと異なり、錆汁を伴うポップアウトであった。こ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)	(B)	(C)
(1)	反応性シリカ鉱物	アルカリシリカ反応生成物	水分
(2)	硫化鉄	腐食生成物	水分
(3)	反応性シリカ鉱物	腐食生成物	アルカリ分
(4)	硫化鉄	アルカリシリカ反応生成物	アルカリ分

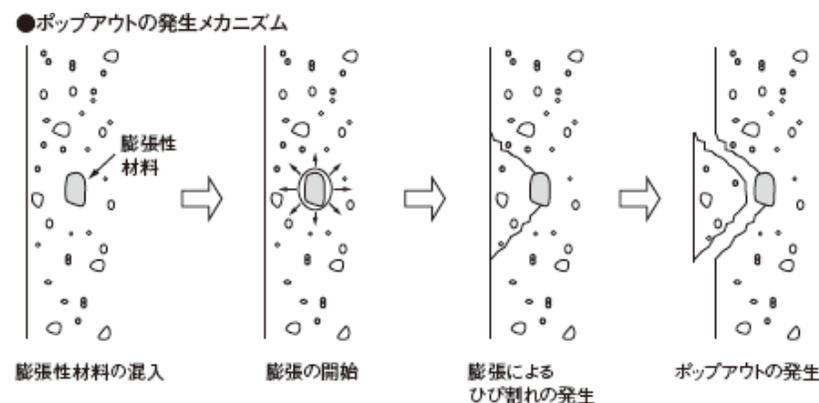
これらの変状の原因は、骨材中に含まれる(A)に起因して生成した(B)であると考えられる。部位Iの変状は、(C)の供給が多かったため、(B)がコンクリート表面に滲出したものであると判断した。

問題(23)

◆ RC建築物のポップアウトの原因

変状Ⅰは錆汁

変状Ⅱはポップアウト



局所的な原因は、硫化鉄による腐食生成物

ASRでは、水分が多い個所で錆汁は出ない。

正解(2)

【問題 24】

図1に示す1980年に施工されたRC橋脚の張出し部のコンクリートに、ひび割れが発生していた。この部分のコンクリートをはつったところ、図2に示す位置のせん断補強筋の曲げ加工部に写真に示すような亀裂が見られた。この亀裂が生じた主原因として次の(1)～(4)のうち、最も適当なものはどれか。

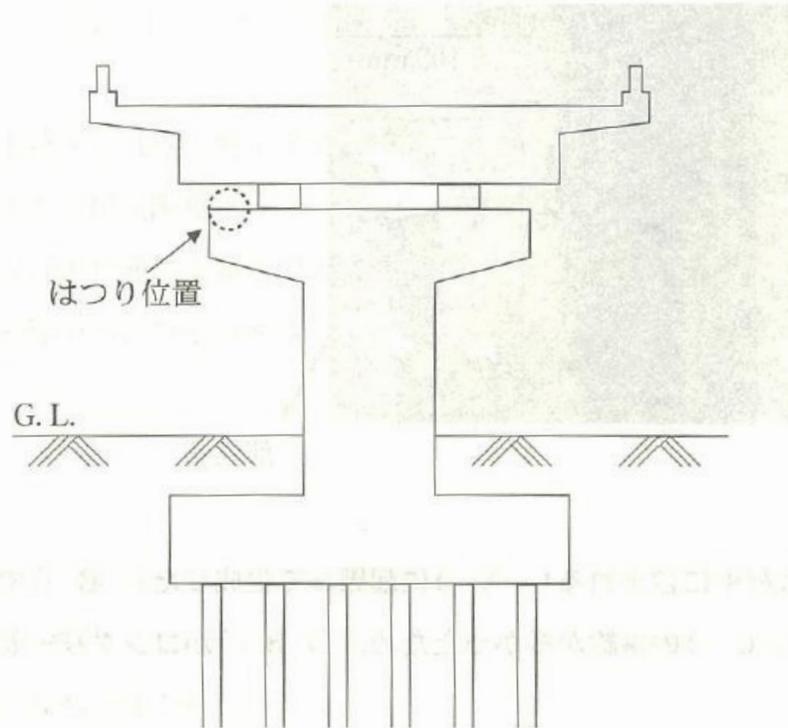


図1

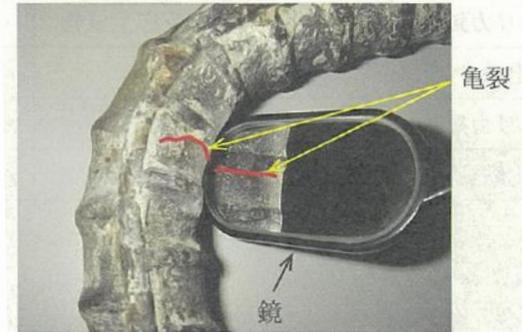


写真 曲げ加工部の亀裂

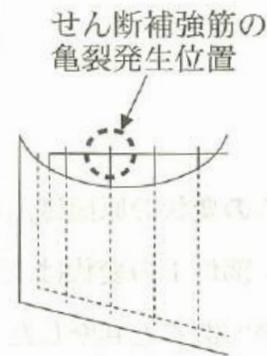


図2

- (1) 活荷重による鉄筋の疲労
- (2) コンクリートのクリープ
- (3) コンクリートのアルカリシリカ反応
- (4) セメントの水和熱

問題(24)

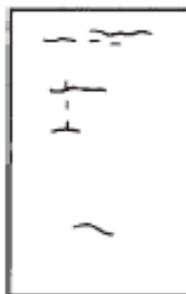
◆ RC橋脚の鉄筋の亀裂原因

2013年度問題の再掲載 ⇒ 正解(3)

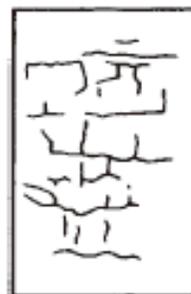
アルカリシリカ反応による膨張で亀裂

疲労劣化 ⇒

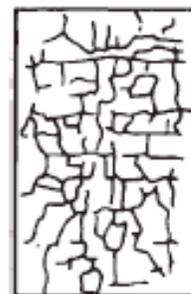
●鉄筋コンクリート床版の疲労による劣化進行状態



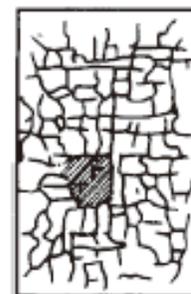
状態Ⅰ「潜伏期」
1方向ひび割れ



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



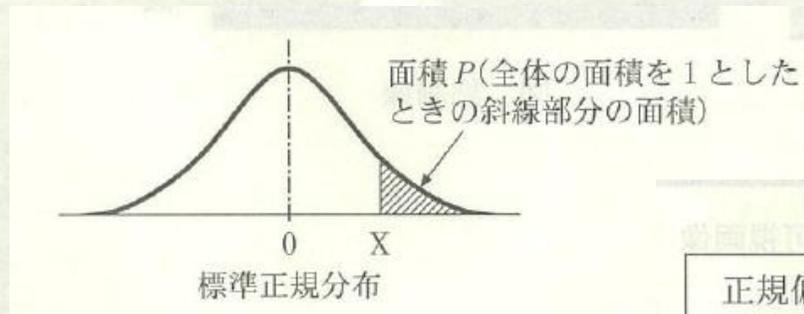
状態Ⅳ「劣化期」
床版の陥没

【問題 25】 1の可視部では、部位Ⅰと部位Ⅱで劣化の状態に差が見られないが、図の隠蔽部

建設後16年が経過したコンクリート打放し仕上げの壁を調査したところ、かぶり(厚さ)の平均値は40mm(標準偏差10mm)、中性化深さの平均値は20mmであった。建設後25年が経過した時点における、中性化深さの平均値がかぶり(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、かぶり(厚さ)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、環境条件は変化しないものとする。

- (1) 15.9%
- (2) 6.7%
- (3) 2.3%
- (4) 0.6%



標準正規分布表

正規偏差 X	面積 P
1.0	0.159
1.5	0.067
2.0	0.023
2.5	0.006

問題(25)

◆ コンクリートの中性化深さの正規確率

建設後16年経過の中性化深さ20mm

$$20 = A\sqrt{16} \quad A = 5 \text{ (中性化速度係数)}$$

建設後25年経過すると

$$5\sqrt{25} = 25\text{mm}$$

かぶり厚さ40mmの標準偏差 $\sigma = 10\text{mm}$

$$40 - X\sigma = 25 \quad X = 1.5 \text{ とすれば、}$$

確率は6.7%で、正解は(2)

【問題 26】

写真1および図は、積雪寒冷地の凍害を生じた屋上防水の保護コンクリートの可視画像と、同じ範囲を日射が当たる温度上昇時に赤外線カメラで撮影した熱画像である。また、写真2は、屋上の近接写真である。この調査結果から判断できる劣化の状態に関する、次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。



写真1 可視画像

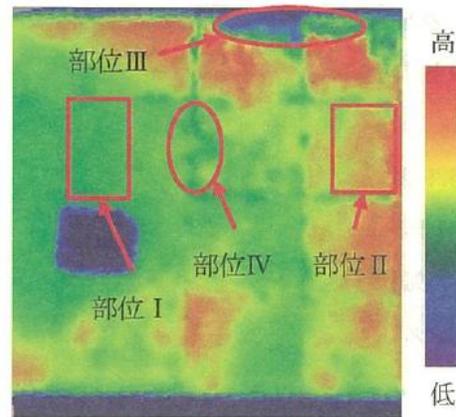


図 熱画像

	(A)	(B)	(C)
(1)	II	大きい	小さく
(2)	II	小さい	大きく
(3)	I	大きい	小さく
(4)	I	小さい	大きく



写真2 近接写真

写真1の可視画像では、部位Iと部位IIで劣化の状態に差が見られないが、図の熱画像により、部位(A)のコンクリートに浮きが生じていると判断できる。また、排水路付近の部位IIIでは、コンクリートより比熱の(B)水の影響により熱画像が低温域となっており、コンクリートの浮き部分に滞水していると判断できる。一方、熱画像では部位IVは、周囲との温度差が(C)、砂利化していることが検出できない。このように、赤外線サーモグラフィ法による診断にあたっては、熱画像だけでなく可視画像や、目視調査の結果を合わせて評価するのがよい。

問題(26)

◆ 積雪寒冷地のサーモグラフィによる劣化推定

屋上の赤外線カメラの映像

部位Ⅰと部位Ⅱの比較

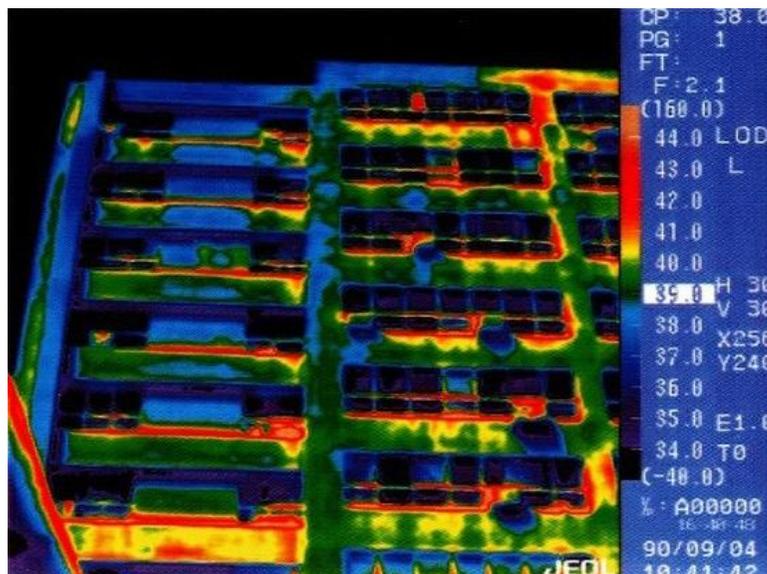
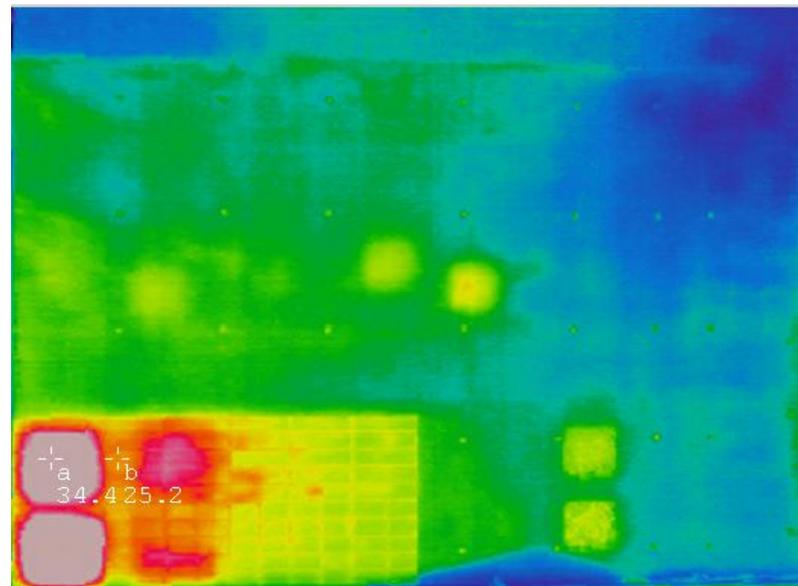
浮き部分は熱伝導しにくく高温度になる⇒Ⅱ

水は比熱の大きい ⇒大きい

砂利化しても温度変化は不明 ⇒ 小さい

正解は(1)

赤外線サーモグラフィ法



【問題 27】

鋼単純 I 桁橋の RC 床版の取替えに際して、留意すべき点に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

RC 床版の撤去にあたっては、事前に桁高やフランジの形状に着目して桁の種別を特定する必要がある。(A)桁は、曲げモーメントの作用に対して、RC 床版と鋼桁が一体で挙動することから、一般に、スパン長に対して桁高が比較的(B)。また、(A)桁の上フランジ幅は、下フランジ幅よりも(C)。したがって、(A)桁では、床版取替え時には桁の横倒れ座屈なども懸念されるため、補強や仮設桁による支持も検討する。

	(A)	(B)	(C)
(1)	合成	低い	小さい
(2)	非合成	低い	大きい
(3)	合成	高い	小さい
(4)	非合成	高い	大きい

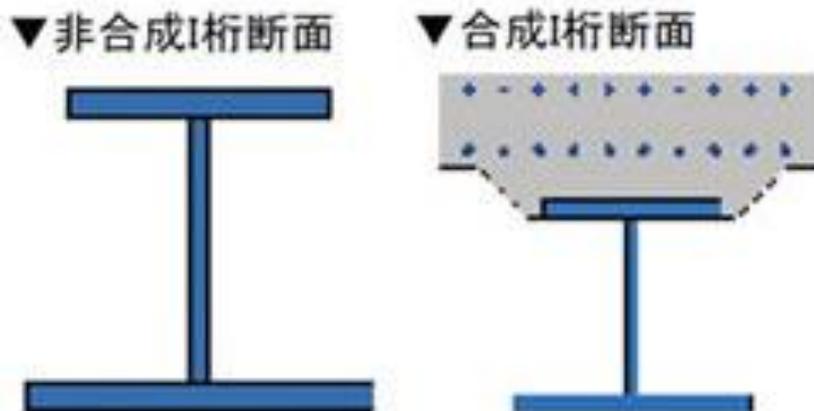
問題(27)

◆ RC床版の取り換え時の留意点

合成桁の取替え時の課題⇒非合成桁が増加

(A) 合成桁は、曲げモーメントに有利で桁は低い
合成桁の上フランジ幅は下フランジ幅より小さく
できる。

正解(1)



合成床版と非合成床版

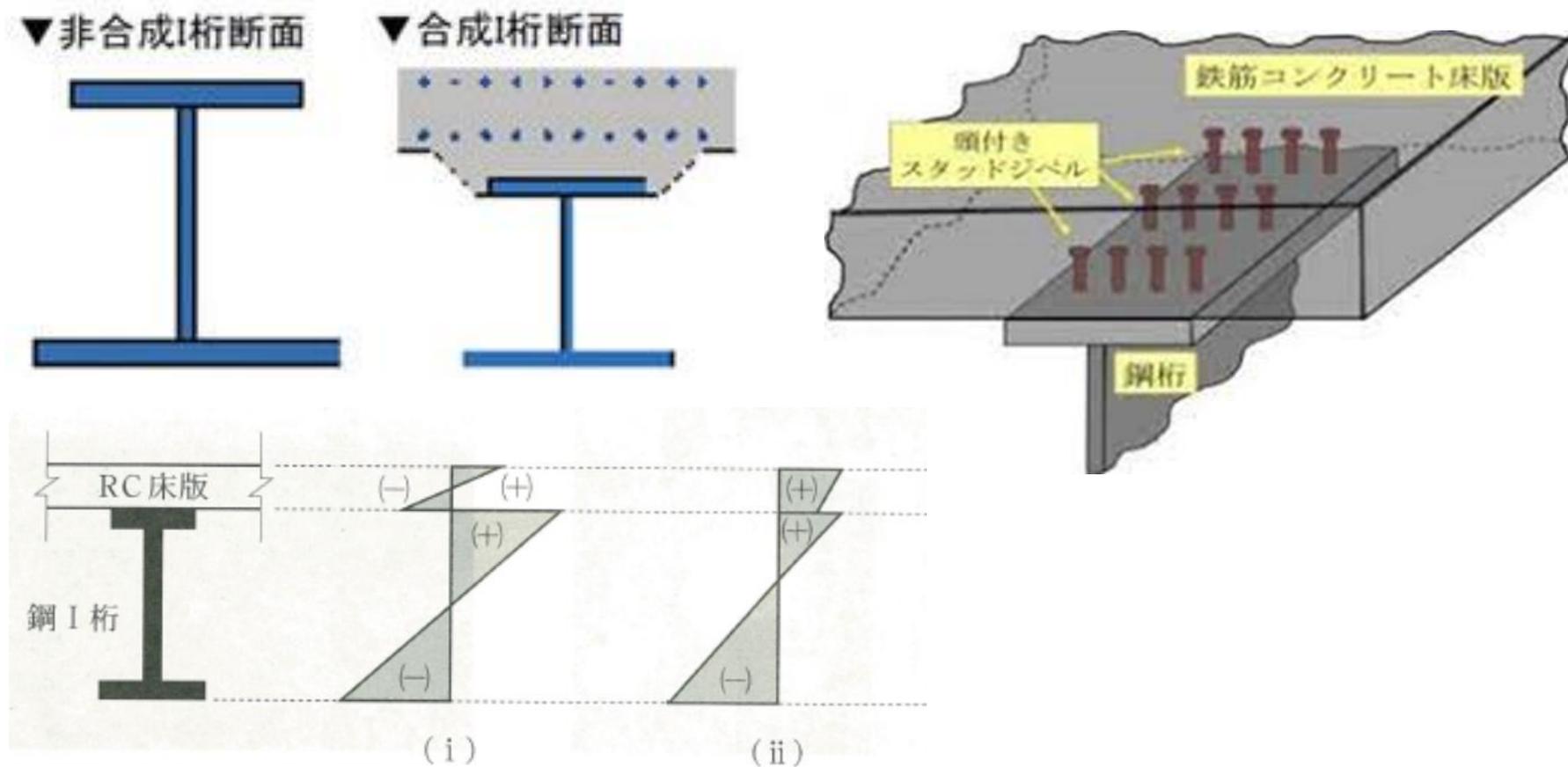


図 合成桁の断面の模式図と応力分布のイメージ

【問題 28】

石灰石骨材を使用した RC 造建築物の火害調査を、火災から 2 週間後に行った。この調査において確認されたコンクリートの変状と、コンクリート表面の受熱温度の評価に関する次の(1)～(4)の組合せのうち、不適當なものはどれか。

	コンクリートの変状	表面の受熱温度の評価
(1)	煤(すす)が全面に付着している	300℃以下
(2)	コンクリート表面が淡黄色に変色している	950℃以上
(3)	火災によって中性化が進行している	200～400℃
(4)	石灰石骨材が脆弱化して露出している	600℃以上

問題(28)

◆ 石灰石骨材使用コンクリートの火害と温度

500°C以上になると、水酸化カルシウムが分解して、中性化するが、200~400 °Cでは中性化しない。

石灰石骨材は、600°C以上で脆弱化する。

正解(3)

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

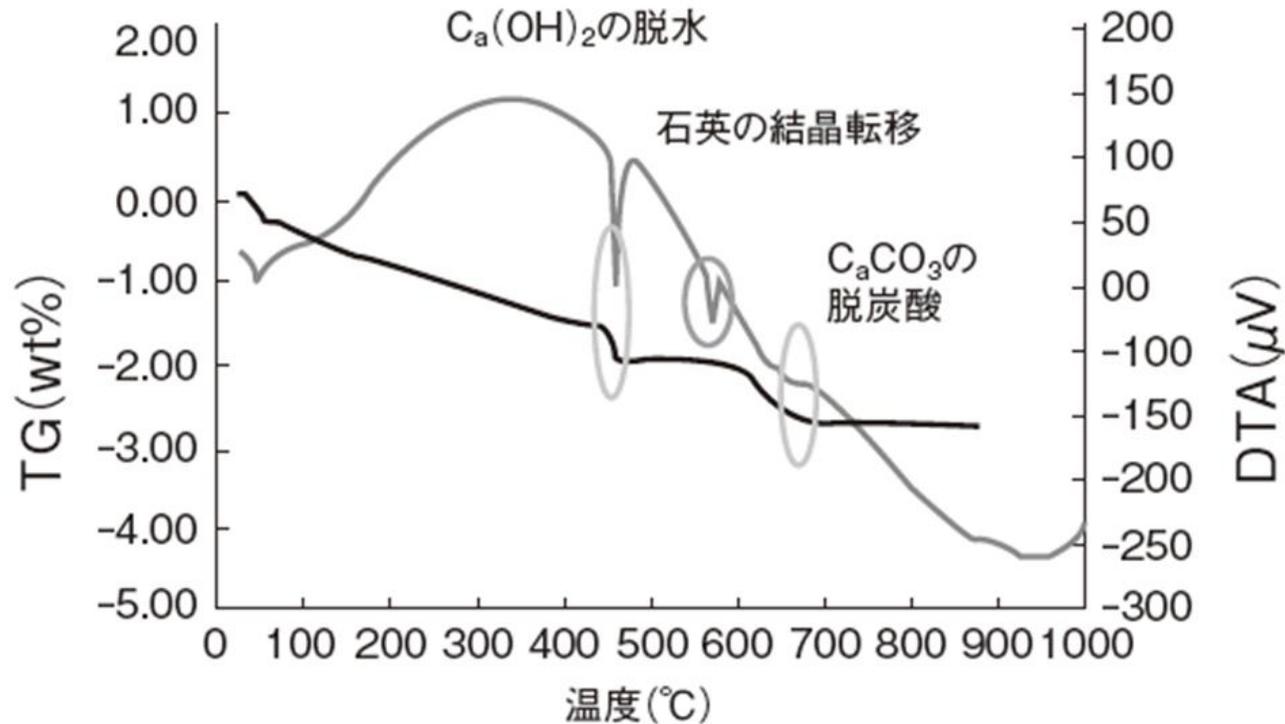
再使用可

再使用不可



熱分析結果（受熱温度と中性化）

●コンクリートの熱分析結果の例



【問題 29】

【08 設問】

JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)の改正に関して、次の(A)～(C)の記述の内容が
 当てはまる年代の組合せとして、(1)～(4)のうち、正しいものはどれか。

- (A) コンクリート中の「塩化物イオン総量」が規定された。
- (B) アルカリシリカ反応に関して「無害と判定されない骨材を使用する条件」が規定された。
- (C) 生産者と協議して購入者が指定できる事項に「単位水量の上限値」が規定された。

	(A)	(B)	(C)
(1)	1990年代	1990年代	2000年代
(2)	1990年代	1980年代	2000年代
(3)	1980年代	1990年代	1990年代
(4)	1980年代	1980年代	1990年代

問題(29)

◆ JIS A 5308の規準化の時期

塩化物イオン量の総量規制 1986年

ASRの抑制対策 1986年

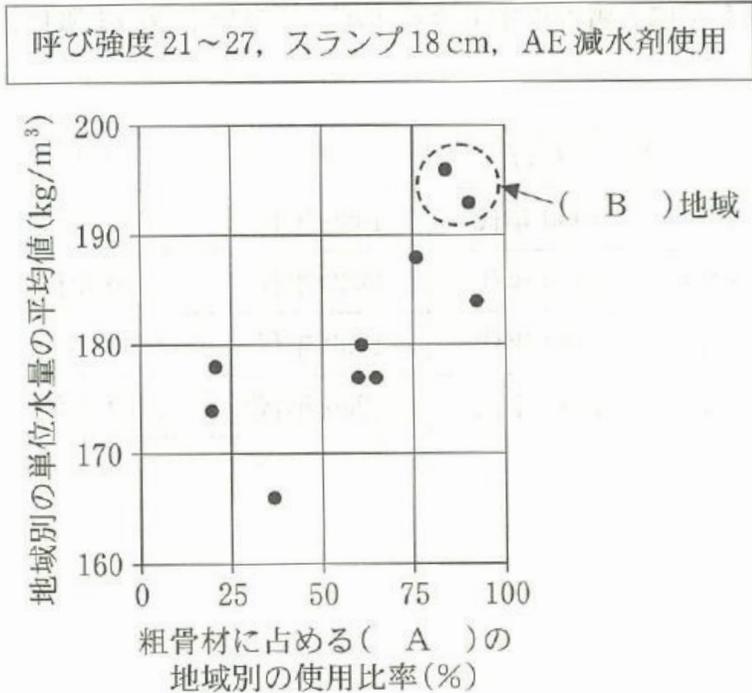
単位水量の上限規定 1993年

(単位水量の上限は生産者との協議事項)

正解(4)

【問題 30】

下図は、1990年代前半に実施された「地域別の単位水量の平均値」と「レディーミクストコンクリートに使用された粗骨材の種類別の地域別の使用比率」の調査結果に基づき、地域別の両者の関係として整理したものである。図中の粗骨材の種類(A)と、点線で囲まれているデータの地域(B)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)
(1)	川砂利	関東・東海
(2)	川砂利	中国・四国
(3)	砕石	関東・東海
(4)	砕石	中国・四国

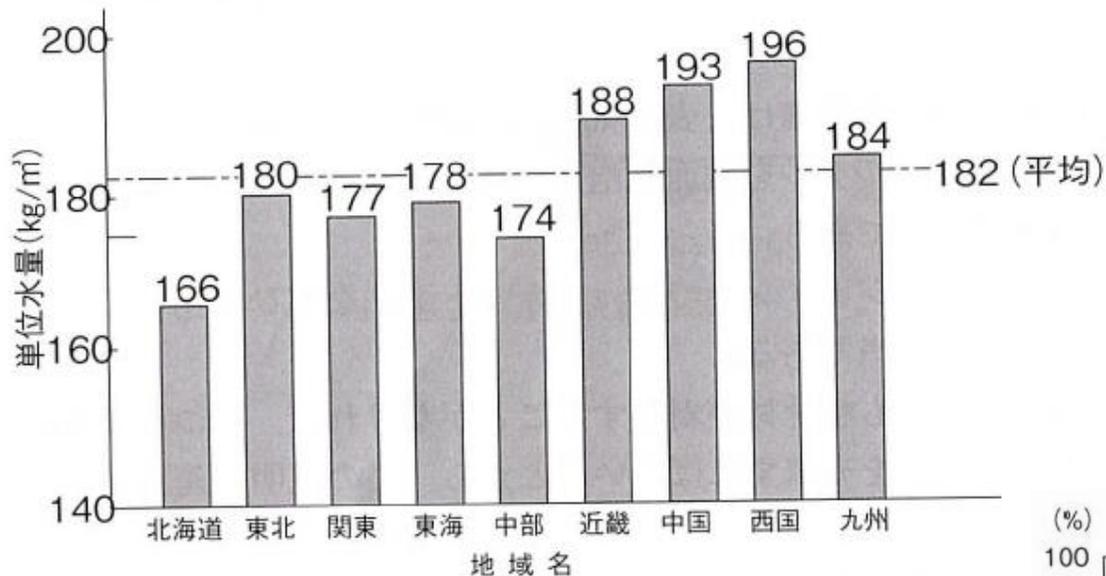


図1 1990年調査時の地域別単位水量

(日本コンクリート工学会, コンクリート診断技術 '19 応用編, p.116)

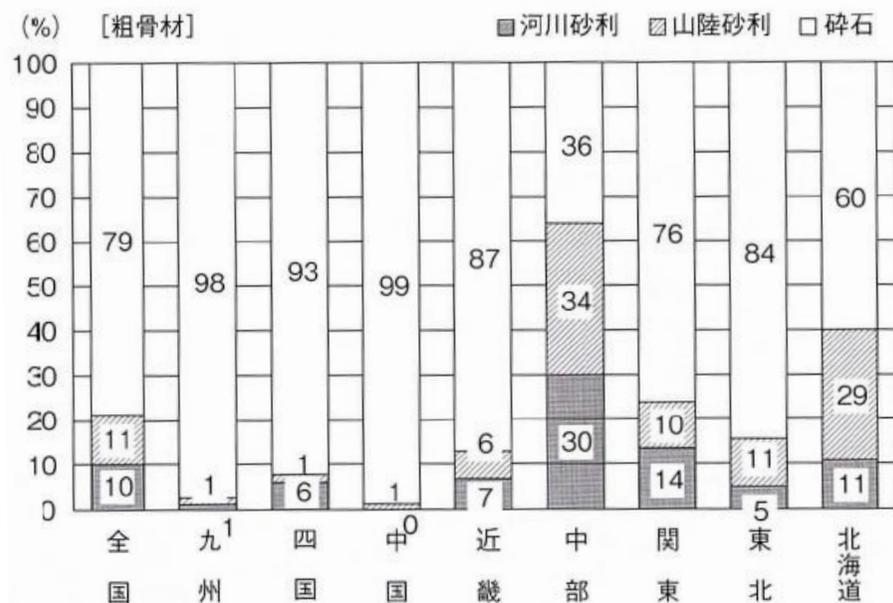


図2 骨材採取地の地域性

(日本コンクリート工学会, コンクリート診断技術 '19 応用編, p.115)

問題(30)

◆ 地域と使用骨材と単位水量の関係

単位水量の多いのは碎石

⇒ (A)には碎石

使用地域は、近畿、中国、四国、九州が多い

⇒ (B)には 中国・四国地方

正解(4)

➤ 生コンの事情も知っておきたい。

【問題 31】

【28 設問】

ボックスカルバートの側壁(厚さ 60 cm)のコンクリート表面に発生した各種変状の補修方法に関する、次の(1)～(4)の記述のうち、最も不適当なものはどれか。

- (1) 表面気泡が発生していたので、ポリマーセメントペーストを刷毛塗りし、ポリマーセメントモルタルを充填した。
- (2) 色違いと縁切れのあるコールドジョイントが発生していたので、ポリマーセメントペーストを刷毛塗りした。
- (3) 豆板部分を強く叩いても粗骨材が剥落することが無かったので、ポリマーセメントモルタルを充填した。
- (4) 豆板部分を叩くと粗骨材が剥落して、こぶし大の空洞が発見されたので、その周辺のコンクリートをはつり取り、ポリマーセメントモルタルを充填した。

問題(31)

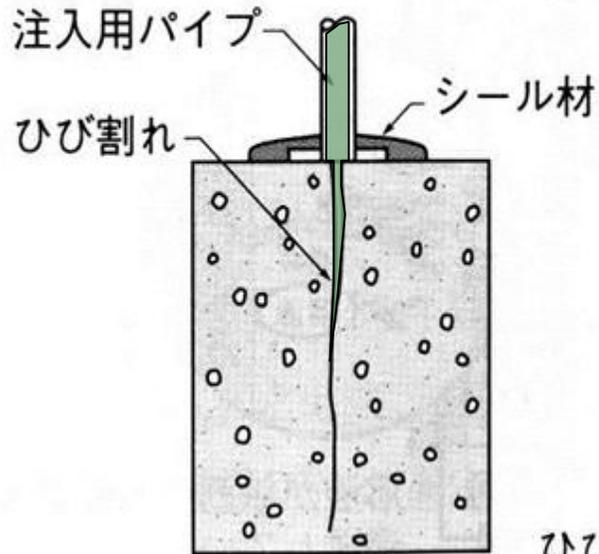
◆ 側壁(60cm厚)に生じた初期欠陥の補修対策

- (1) 表面気泡に、ポリマーセメントペースト
- (2) コールドジョイントにポリマーセメントペースト ⇒縁切れしているので、Uカットが**適当**
- (3) 豆板にポリマーセメントモルタル
- (4) 豆板の骨材を除いて、ポリマーセメントモルタルを充填

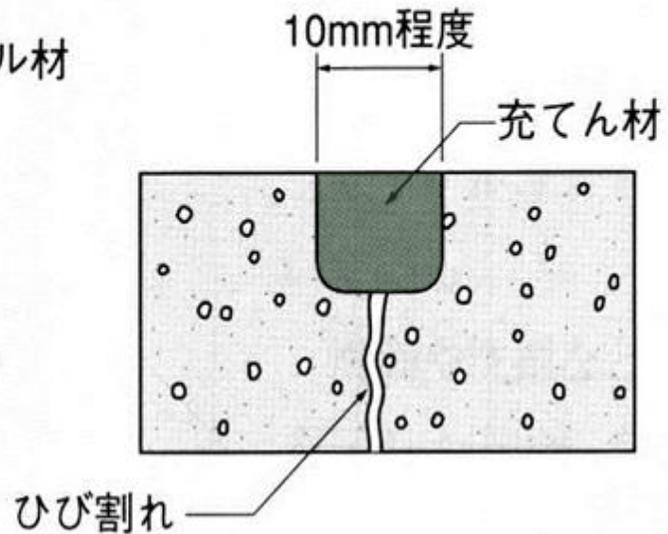
正解(2)

初期ひび割れの補修工法

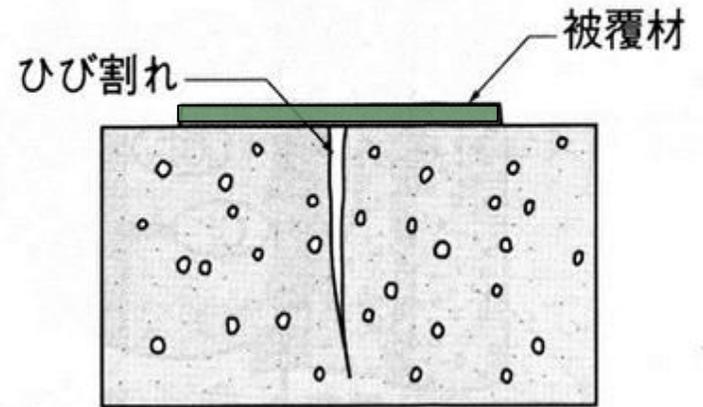
[注入工法]



[充てん工法]



[表面 [表面処理工法]



【問題 32】

積雪寒冷地にある高速道路のPC 3径間連続合成桁(1993年供用)で、写真の赤丸に示す変状が発生した。写真中のa点とb点で塩分調査を行ったところ、図2に示す結果であった。この変状箇所における塩害の進行を抑制するために優先的に実施すべき対策として、次の(1)~(4)のうち、最も適当なものはどれか。



写真 桁の変状

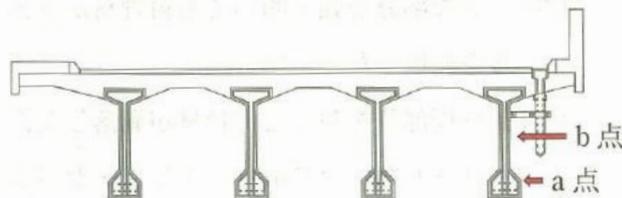


図1 断面図

- (1) 汚れの清掃, 除去
- (2) 排水設備の取替え
- (3) 電気化学的脱塩
- (4) 断面修復

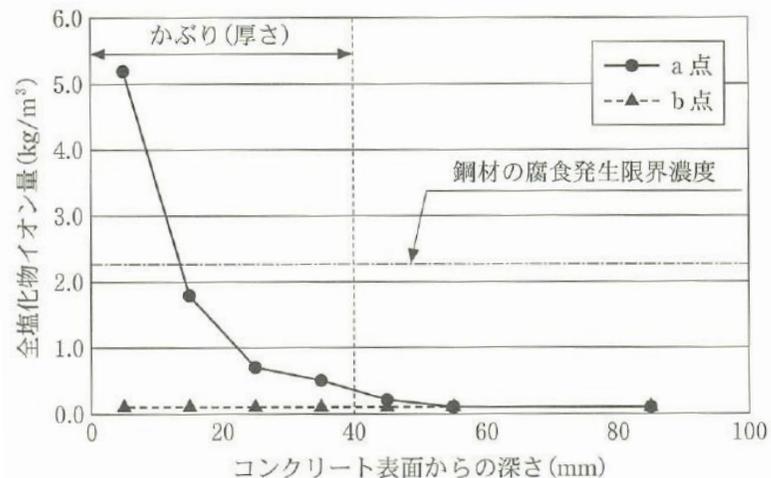


図2 塩分調査結果

問題(32)

◆ 積雪寒冷地の桁の塩害の進行抑制

b点の塩化物イオン量は少 ⇒初期塩分量

a点の塩化物イオン量は表面で多い

排水升からの漏水が影響している！

これは局所的な塩化物イオン量の増加

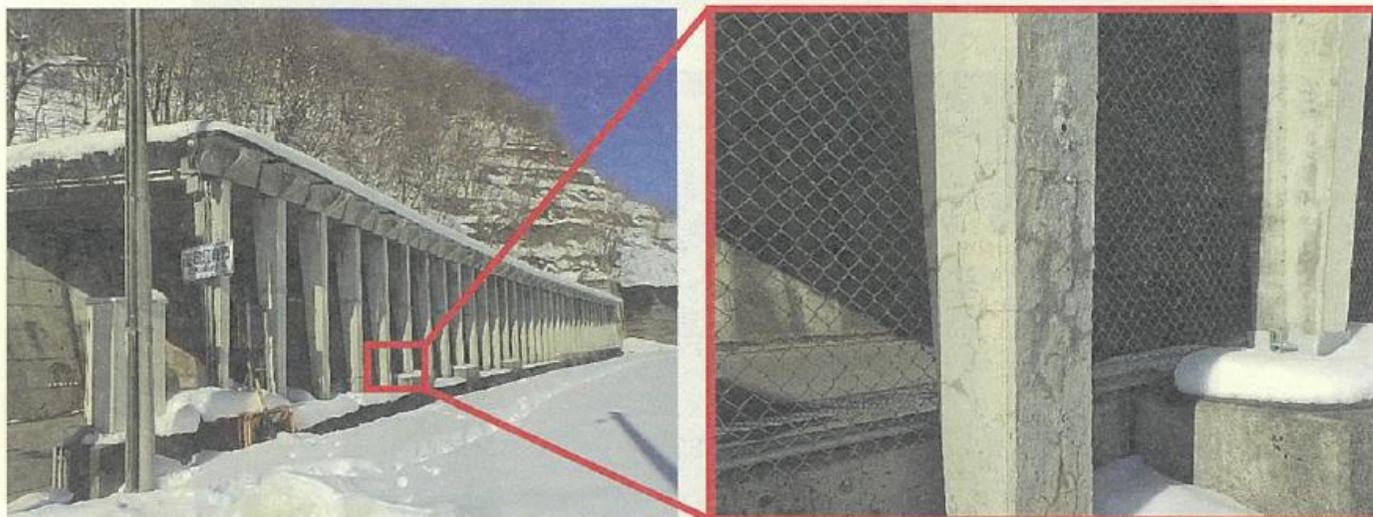
鉄筋位置は腐食限界に達していない。

⇒ まずは、排水設備の取替え 正解(2)

【問題 33】

【1-C 設問】

山間部の道路に設置された PC スノーシェッドに写真に示すような変状が発生した。構造物の概要を表に示す。このような変状を抑制するために建設時(製作時)に実施する次の(1)~(4)の対策のうち、最も不適当なものはどれか。



PC スノーシェッドの変状

構造物の概要

建設年	2014 年
標 高	約 770 m
年間降水量の平年値	2440 mm
気温の平年値(2月)	日最高 0.7℃ 日最低 -11.8℃
凍結防止剤の散布	あ り

- (1) コンクリート表面の被覆
- (2) 混合セメントの使用
- (3) エポキシ樹脂被覆鋼材の使用
- (4) 高炉スラグ骨材の使用

問題(33)

◆ スノーシェッドの変状の抑制策

寒冷地で凍結防止剤を散布 ⇒凍害

ひび割れパターンから塩害は除外

2014年建設だが、ASRは考えられる。

⇒ 対策として、エポキシ樹脂被膜鋼材は不要

あまり良い問題ではない！ 正解(3)

【問題 34】

【33 疑問】

積雪寒冷地にある農業水利施設の頭首工の堰柱において、写真の赤枠に示すような変状が発生していた。このような変状を抑制するため、建設時のコンクリートの配(調)合上の対策に加えて、コンクリート表面に塗布する材料の主成分として、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。最も適当なものもどれか。



- (1) エチレン酢酸ビニル系エマルジョン
- (2) アルキルアルコキシシラン
- (3) 低級アルコールアルキレンオキサイド
- (4) 亜硝酸リチウム

問題(34)

◆ 積雪寒冷地の頭首工堰柱の変状の抑制対策

変状の原因 ⇒ 凍害

対策工

- (1) エチレン酢酸ビニル系エマルジョン
- (2) アルキルアルコキシシラン ○
- (3) 低級アルコールアルキレンオキサイド
- (4) 亜硝酸リチウム

問題34の解説

(1) エチレン酢酸ビニル系エマルジョン

表面被覆工法の中塗り材に用いる材料の一種。

効果はあるが、全面を覆うようなことは無駄である。

(2) アルキルアルコキシシランは表面保護工法として適当。

外部からの劣化因子(塩化物イオン、二酸化炭素、水)の侵入を抑制

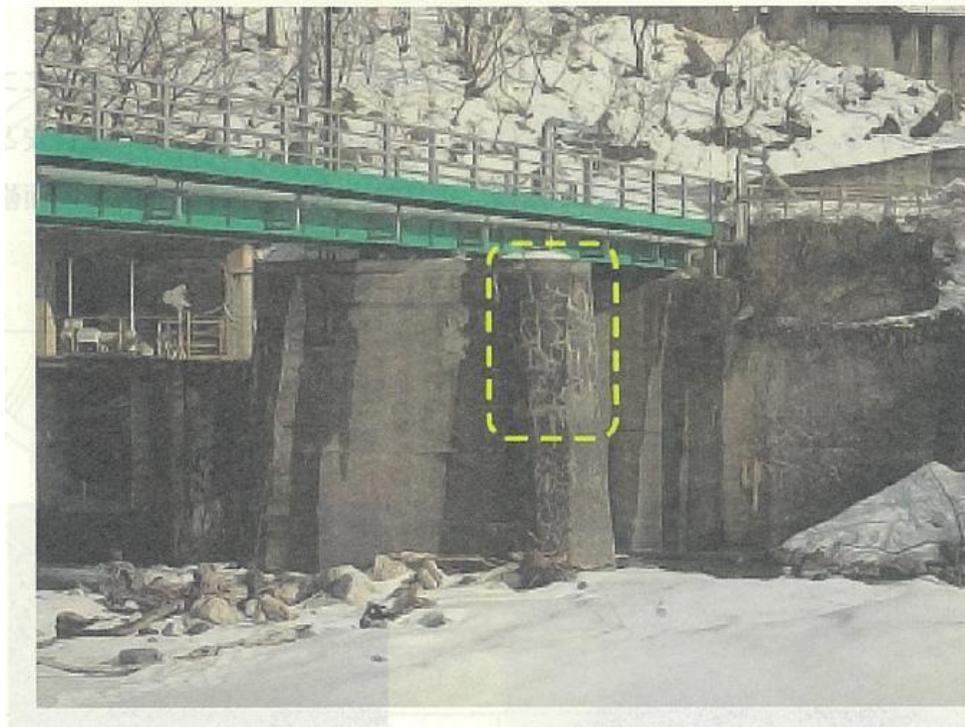
(3) 低級アルコールアルキレンオキサイド

有機系収縮低減剤で、凍害対策にはならない。

(4) 亜硝酸リチウム

鉄筋の腐食抑制とASR対策用。凍害の対策としては不適當。

北陸地方にある道路橋の RC 橋脚において、下の写真の破線で示す変状の進行を抑制する対策を行うこととした。次の(1)～(4)に示す対策のうち、最も適当なものはどれか。



- (1) ポリウレア樹脂系被覆材による表面の被覆
- (2) けい酸ナトリウムを主成分とする含浸材による表面への含浸
- (3) 流電陽極方式による電気防食
- (4) 炭酸カリウム溶液を電解液とする再アルカリ化

問題(35)

◆ RC橋脚の変状の抑制対策

北陸地方の道路橋 RC橋脚にASR
対策工

- (1) ポリウレア樹脂系被膜 防水効果
- (2) 珪酸ナトリウム アルカリ付与 ×
- (3) 電気防食 塩害ではない ×
- (4) 再アルカリ化 中性化ではない ×

【問題 36】

写真1は、長期的な供用が予定されている下水道のRCボックスカルバートである。頂版部と側壁では、写真2のように硫酸浸食により粗骨材が一部露出している。補修対策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、適切なものはどれか。

コンクリート中に浸透した硫酸イオンにより、二水せっこうが生成されると共にコンクリート表層部が脆弱化する。硫酸イオンの浸入深さは(A)溶液で確認し、それを目安として脆弱部をウォータージェット工法で確実に除去した後、ポリマーセメントモルタルで断面修復を行い、(B)を塗布する対策工法を採用した。



写真1 ボックスカルバート内部の状況 写真2 粗骨材の露出状況

	(A)	(B)
(1)	硝酸銀	シラン系表面含浸材
(2)	フェノールフタレイン	エポキシ樹脂系被覆材
(3)	フェノールフタレイン	シラン系表面含浸材
(4)	硝酸銀	エポキシ樹脂系被覆材

問題(36)

◆ 下水道の硫酸浸食の補修対策

硫酸イオンの浸入深さ

⇒ 酸性劣化なので、フェノールフタレイン

対策工

⇒ 断面修復工の上に、エポキシ樹脂

シラン系表面含浸材では抑制不能

正解は(2)

下水道施設における劣化

① バクテリアの作用(1)

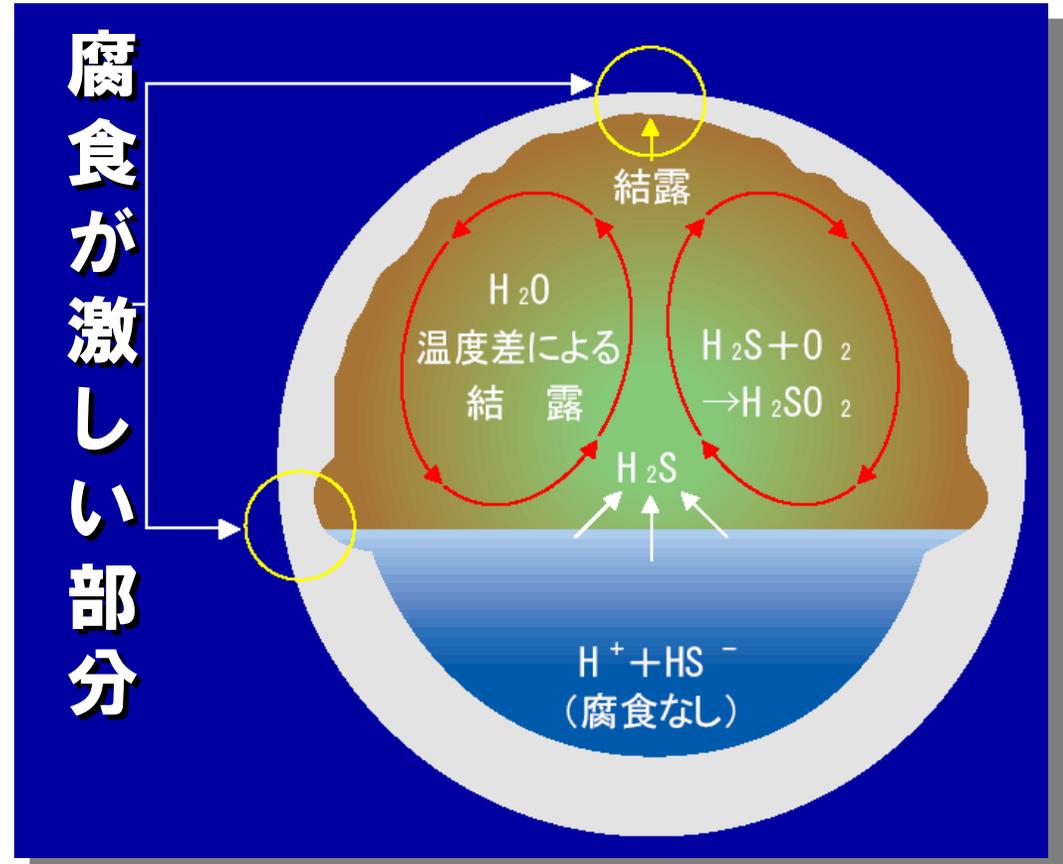
硫黄塩還元菌: 硫酸イオンから硫化水素を生成

② バクテリアの作用(2)

硫黄酸化菌: 硫化水素から硫酸 (PH2程度) を生成

③ エトリンガイト、二水石膏の生成

④ 膨張・破壊



【問題 37】

[88 設問]

(4) 図1の高速道路のシールドトンネルで、火災時のトンネルの覆工コンクリート剥落抑制と復旧工事の短縮のため、セグメントへの対策を建設時(製作時)に実施することとした。図2に示す加熱曲線を想定した場合の対策として、次の(1)~(4)のうち最も不適当なものはどれか。

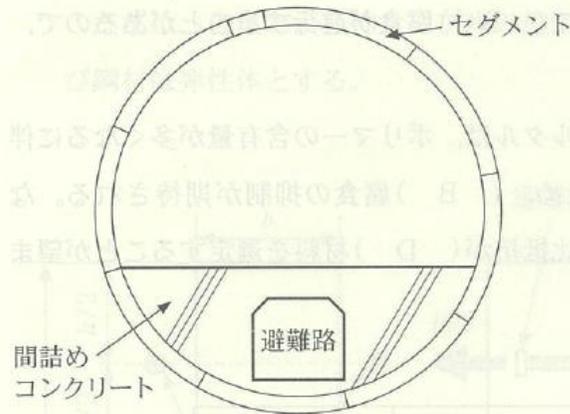


図1 シールドトンネル断面の概念図

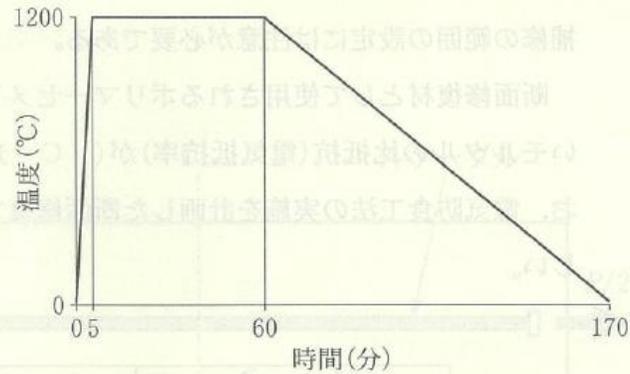


図2 RABT[※]加熱曲線

※ドイツ交通省、道路トンネルの設備と運用に関する指針

<p>(1) セグメントをフルサンドイッチの鋼殻構造とした</p>	<p>(2) セグメントの高強度コンクリートにポリプロピレン短繊維を混入した</p>	<p>(3) セグメントにパーミキュライトセメントモルタルを吹付けて被覆した</p>	<p>(4) セグメントをけい酸カルシウムボードで被覆した</p>
-----------------------------------	--	--	-----------------------------------

問題(37)

◆ 道路用シールドトンネルの火災対策

耐火性能のあるセグメントを使用

(1) 火災時に高温になり、鋼材の強度が低下

(2) PP短繊維が爆裂防止として機能

(3) セグメントの吹付け被覆

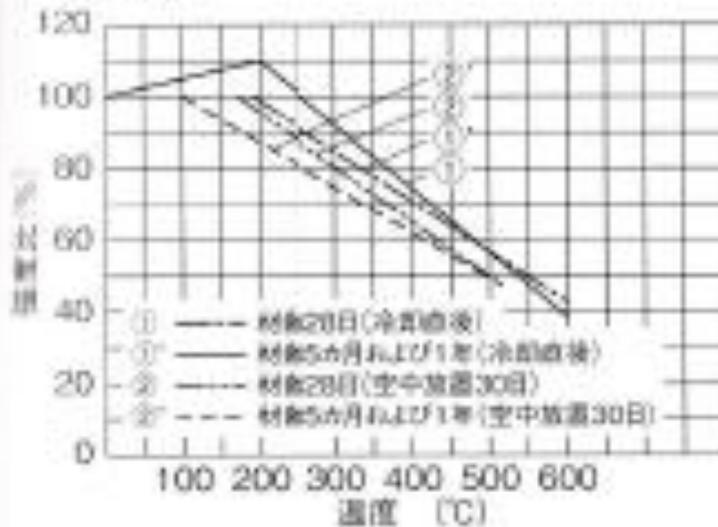
(4) 耐火ボード被覆

最も不適当は(1)

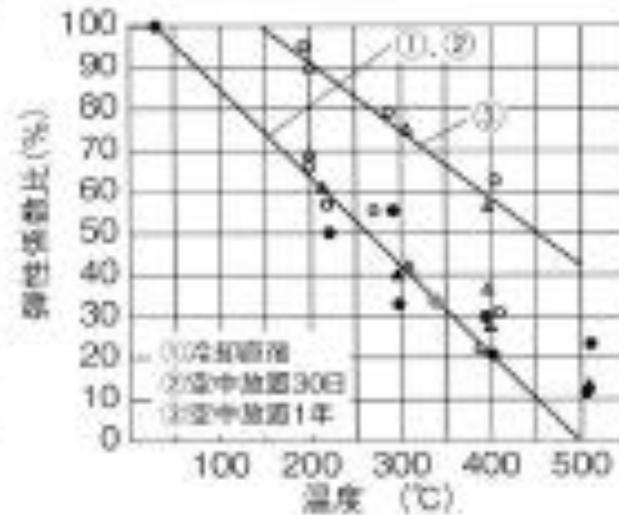
火害を受けたコンクリートの強度・静弾性係数

●加熱温度と残存圧縮強度、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])

圧縮強度の低下より、静弾性係数が低下が大

【問題 38】

RC 構造物に適用する断面修復工法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。

劣化因子を含むコンクリートを残したまま断面修復を行った場合、未補修部と補修部で電位差が生じ、未補修部の鉄筋が(A)となり、境界部で(B)腐食が進行することがあるので、補修の範囲の設定には注意が必要である。

断面修復材として使用されるポリマーセメントモルタルは、ポリマーの含有量が多くなるに伴いモルタルの比抵抗(電気抵抗率)が(C)なるため、(B)腐食の抑制が期待される。なお、電気防食工法の実施を計画した断面修復では、比抵抗が(D)材料を選定することが望ましい。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	カソード	マクロセル	小さく	大きい
(2)	カソード	ミクロセル	大きく	小さい
(3)	アノード	マクロセル	小さく	大きい
(4)	アノード	マクロセル	大きく	小さい

問題(38)

◆ RC構造物の断面修復工法

マクロセルの問題

未補修部分の鉄筋が**アノード**となる。

境界部で**マクロセル**腐食が進行。

ポリマー含有量が多いと、比抵抗は**大きく**

電気防食実施の際には、比抵抗は小さい方が望ましい。 正解は(4)

【問題 39】

【06 設問】

コンクリート桁の耐荷力向上を目的として、図1、図2に示すように外ケーブルを桁両側面に配置することとした。外ケーブル2本の総緊張力を P (1本あたり $P/2$)とした場合、スパン中央の桁下縁に導入される圧縮応力 σ_1 と σ_2 の比として、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し、コンクリートおよび鋼材は弾性体とする。

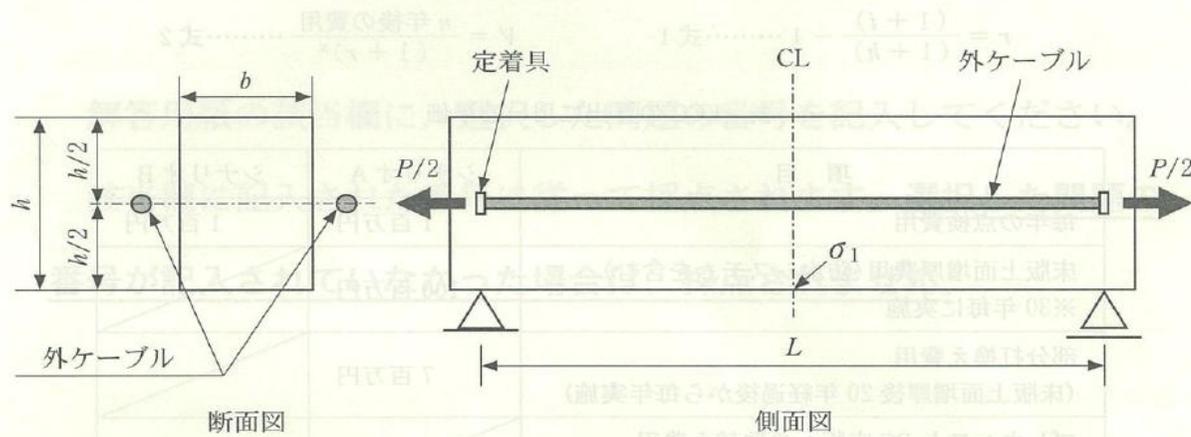


図1 外ケーブル(桁高中央)の配置方法

(1) $\sigma_1 : \sigma_2 = 1 : 1$

(2) $\sigma_1 : \sigma_2 = 1 : 2$

(3) $\sigma_1 : \sigma_2 = 1 : 4$

(4) $\sigma_1 : \sigma_2 = 1 : 8$

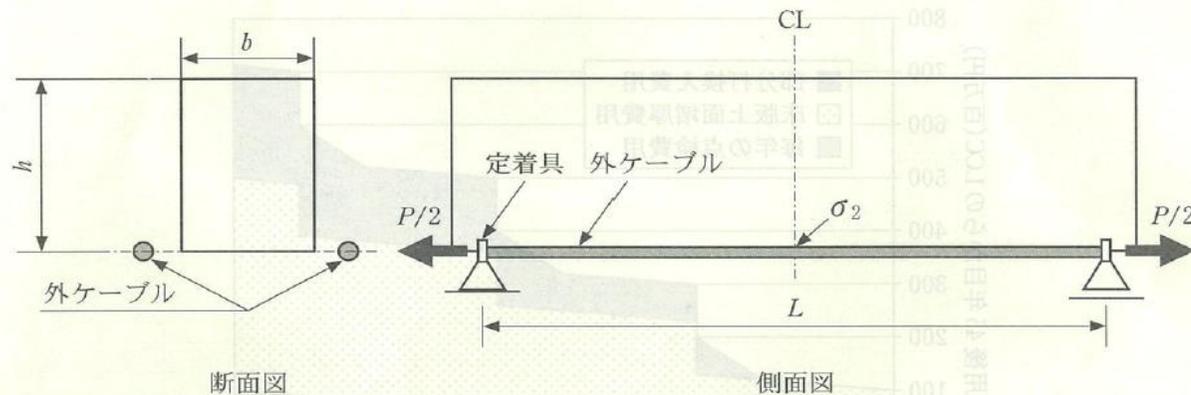


図2 外ケーブル(桁下縁)の配置方法

問題(39)

◆ コンクリート桁の耐荷性能向上

外ケーブルの緊張力を P ($1/2P + 1/2P$)

$$\sigma_1 = P/A = P/bh$$

σ_2 では、軸力と曲げモーメントが作用

$$M = Ph/2 \quad I = bh^3/12 \quad \text{偏心距離 } y = h/2$$

$$\sigma_2 = P/A + yM/I$$

$$= P/bh + (h/2) (Ph/2) (12/bh^3)$$

$$= P/bh + 3P/bh = 4P/bh$$

1:4となり、正解は(3)

【問題 40】

供用後 45 年を経過した鋼道路橋 RC 床版の維持管理において、床版上面増厚工法(シナリオ A)と、プレキャスト PC 床版への取替え(シナリオ B)の 2 つの対策のライフサイクルコスト (LCC) を検討することとした。図に、表のシナリオ A に基づいて算出した対策後の LCC を示す。

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

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

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

表 LCC の算出に用いる単価

項目	シナリオ A	シナリオ B
毎年の点検費用	1 百万円	1 百万円
床版上面増厚費用(防水システムを含む) ※30 年毎に実施	100 百万円	
部分打換え費用 (床版上面増厚後 20 年経過後から毎年実施)	7 百万円	
プレキャスト PC 床版への取替え費用 (防水システムを含む)(耐用期間 100 年)		230 百万円

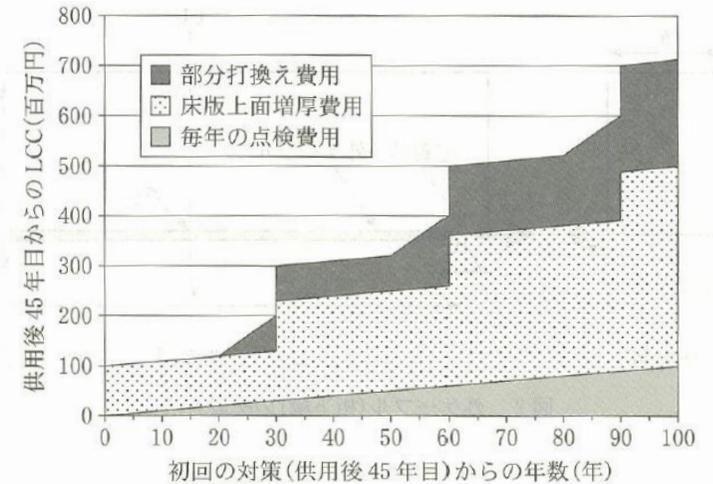


図 シナリオ A の LCC

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

問題(40)

◆ RC床版の維持管理計画

社会的割引率(式1) $h=2\%$ $i=2\%$ $r=0$ となる

n 年後の要する費用の現在価値(式2)は同等

シナリオA 図の通り

シナリオB 30年後のLCC $230 + 1 \times 30 = 260$

正解は(1)

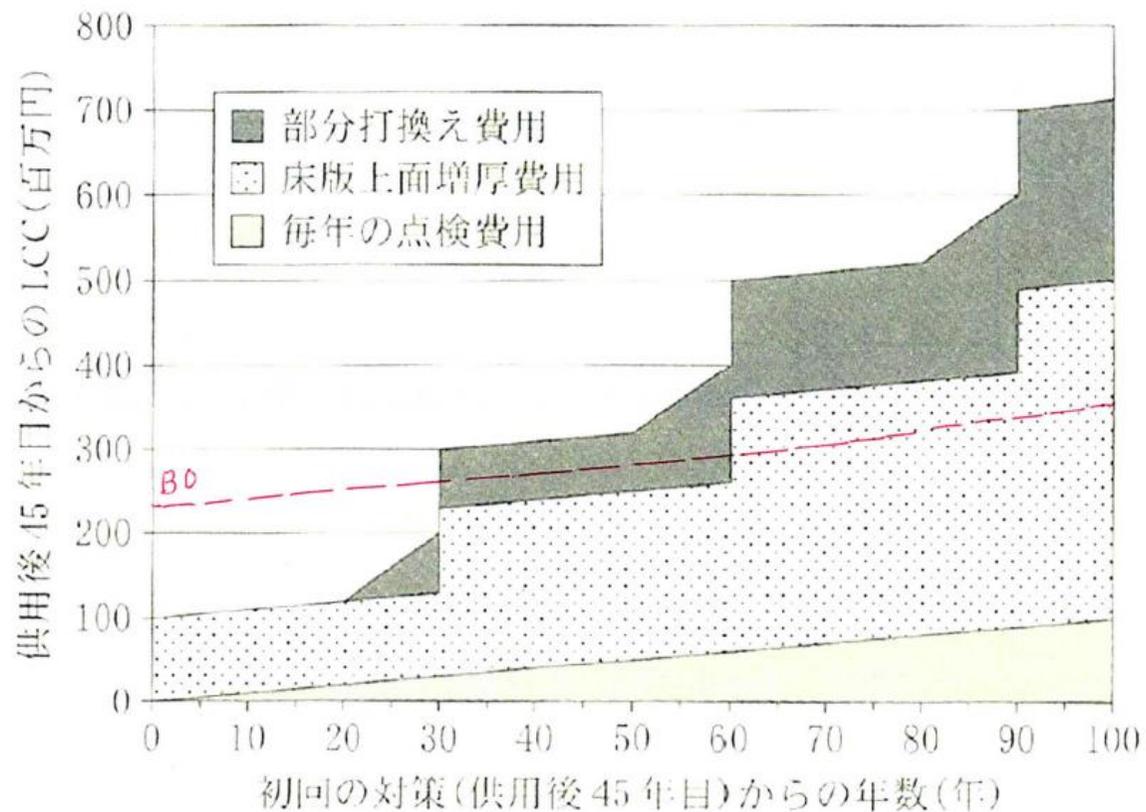
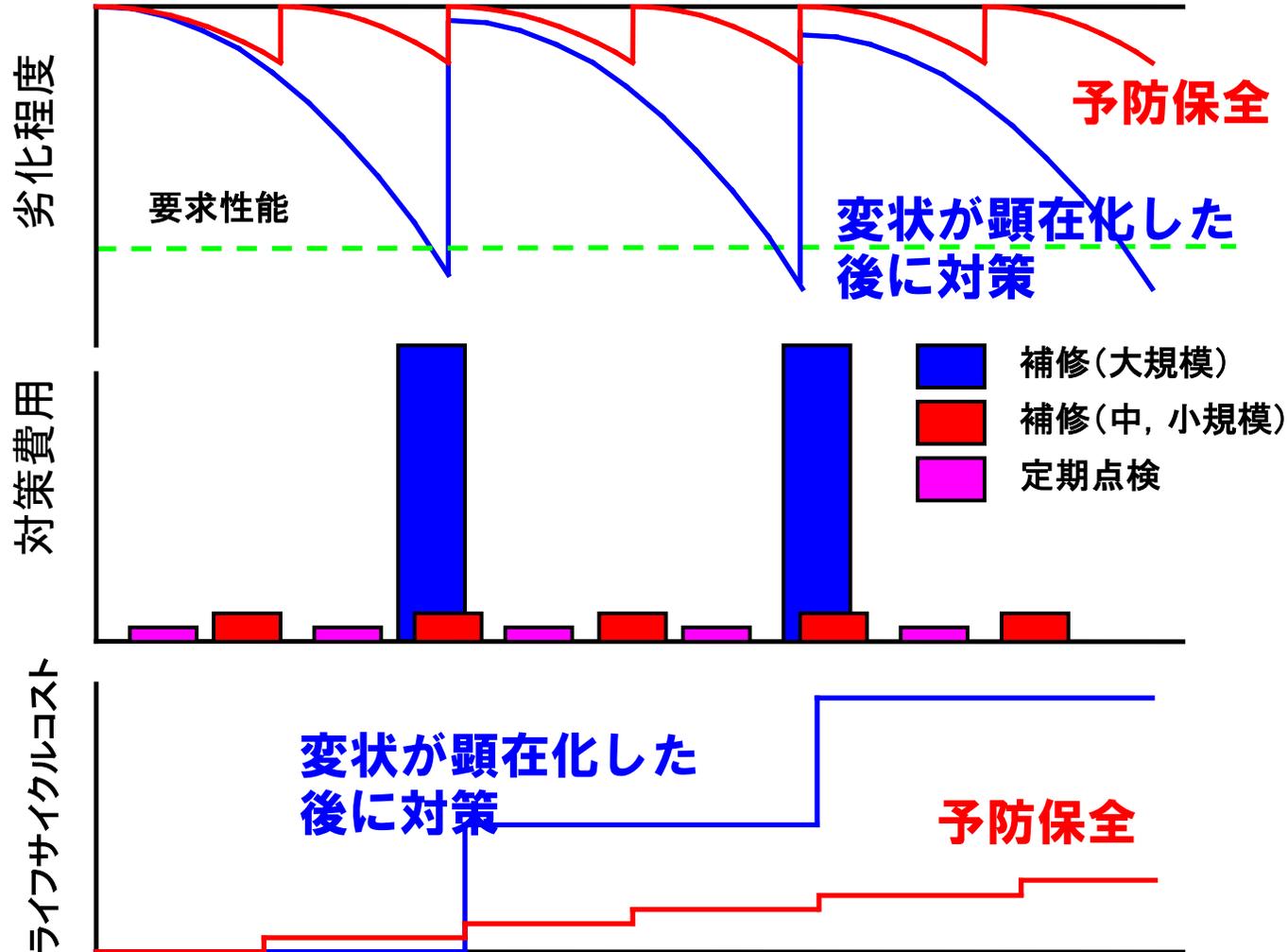


図 シナリオ A の LCC

$B_0 = 230$
 毎年の点検費
 1百万円/年
 100年後に
 100百万円

維持管理方法の違いによる ライフサイクルコストの比較

供用時間

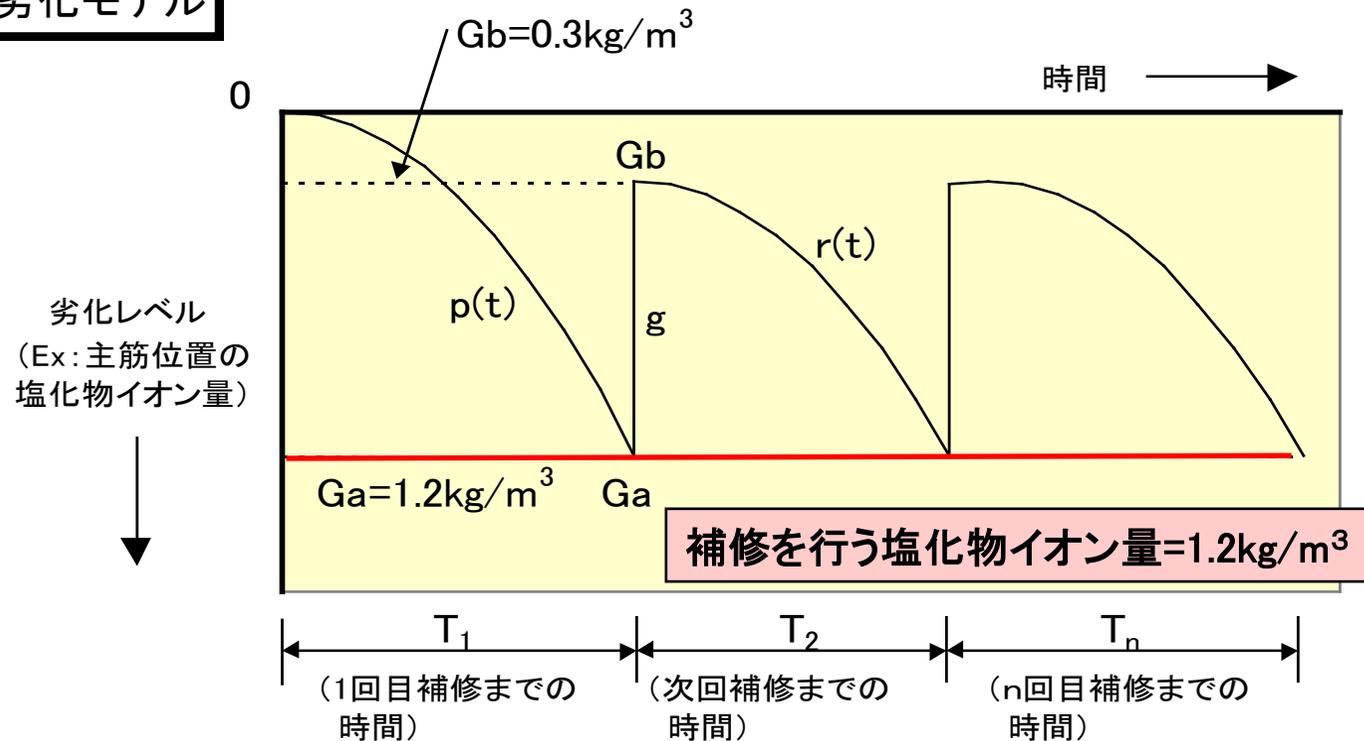


ライフサイクルコスト(LCC)の評価

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

ライフサイクルコスト
初期建設費 補修費 更新費

劣化モデル



■ 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%

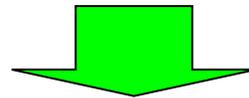
ライフサイクルコスト

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

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)

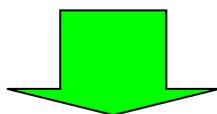
$$LCC = I + \sum_{i=1}^n Mi / (1 + r)^t + \sum_{i=1}^m Ri / (1 + r)^t$$

■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%)