

2017年度 コンクリート診断士試験解説

十河 茂幸
江良 和徳

【問題 1】

こて仕上げを行ったスラブコンクリートに、硬化後に写真に示すような表層の剥離が発生した。この剥離の原因に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。なお、使用されたコンクリートの呼び強度は30、スランプは15 cmである。

コンクリートのブリーディングが生じている途中で、過剰なこてがけやタンピングにより表面を仕上げると、(A)が生じ、(B)ことにより、表層が剥離する。コンクリートの(C)量が多くなると、この現象が顕著になることがある。例えば、スラブコンクリート表面の押さえ仕上げに用いられる騎乗式機械こて等による過剰なこてがけが、表層剥離の発生原因となる場合がある。

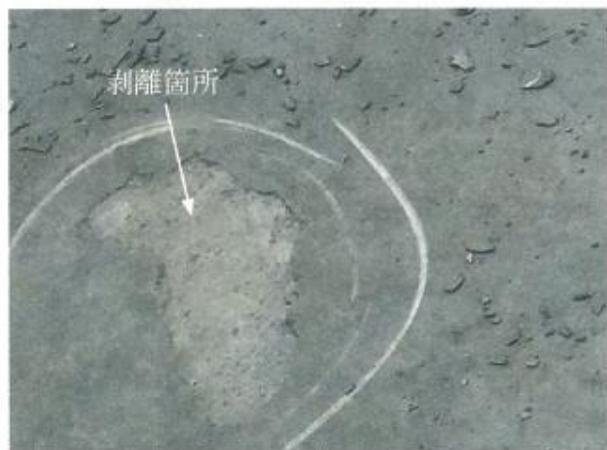


写真 コンクリート表層の剥離

	(A)	(B)	(C)
(1)	材料分離	脆弱層が形成される	ブリーディング
(2)	急激な水和反応	脆弱層が形成される	単位セメント
(3)	材料分離	自己収縮ひずみが大きくなる	単位セメント
(4)	急激な水和反応	自己収縮ひずみが大きくなる	ブリーディング

(1)の解説

正解 (1)

ブリーディングは材料分離の一種で、水が浮いてくる現象である。ブリーディングの上昇でコンクリートの表面は沈下し、沈下量の違いが生じると、沈下ひび割れが発生する。その沈下ひび割れは、凝結前にタンピングをするとコンクリートは柔らかさを取り戻して、沈下ひび割れが消すことができる。

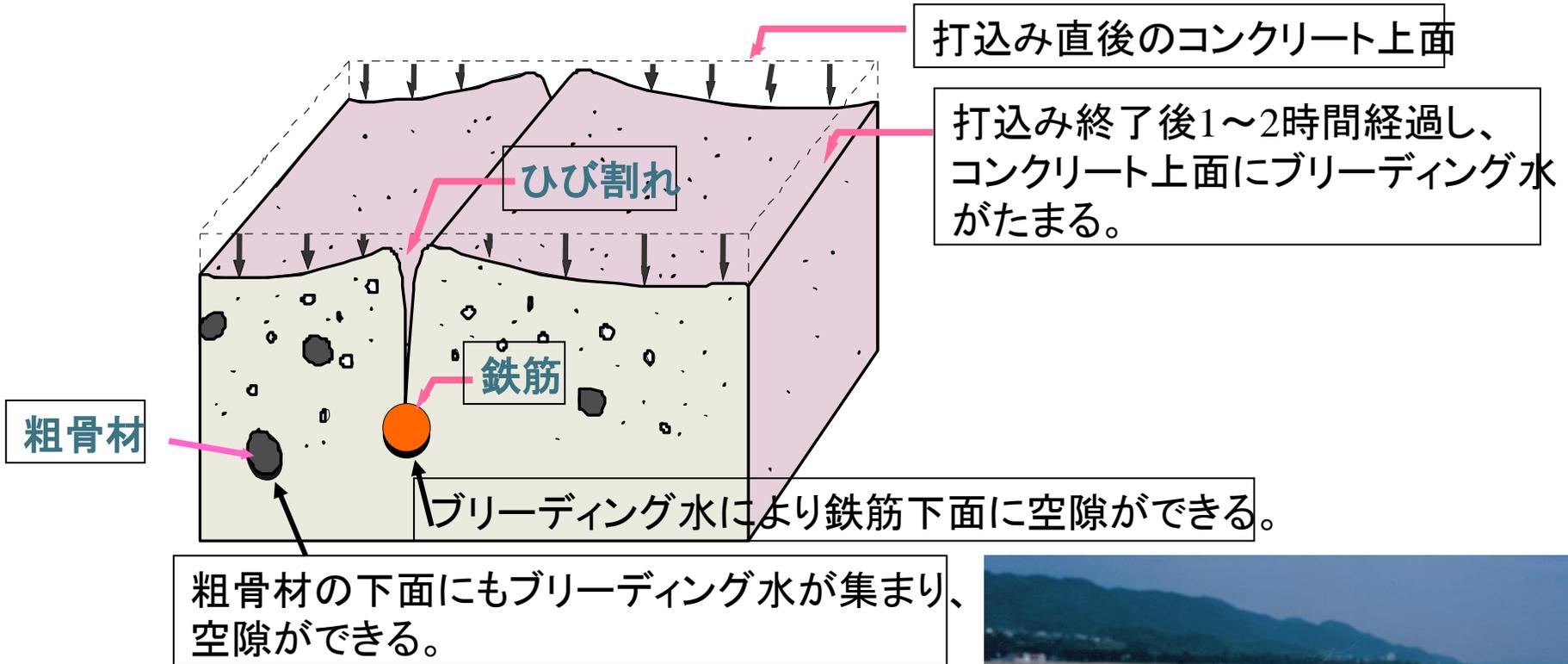
コテ押えをする場合に、ブリーディングがまだ生じている段階でコテ押えをすると、仕上げ面の下にブリーディング水がたまり、時間経過に伴い、剥落することがある。

また、過度はコテ押えをすると、脆弱部ができ、時間経過に伴い、剥落することがある。

仕上げの不備で生じた表面剥離



型枠面の沈みひび割れは生コンで対応



日経コンストラクション
「コンクリート名人養成講座」より

【問題 2】

道路トンネルの覆工コンクリートにおいて、脱型直後、図中に示す箇所に変状が認められた。
この変状の発生原因に関する次の(1)～(4)の記述のうち、適当なものはどれか。

- (1) 地山の塑性圧によってコンクリートが変形した。
- (2) 打込み時に型枠が変形した。
- (3) 打込み時に過剰な締固めを行った。
- (4) コンクリートの打重ね時間間隔が長くなった。

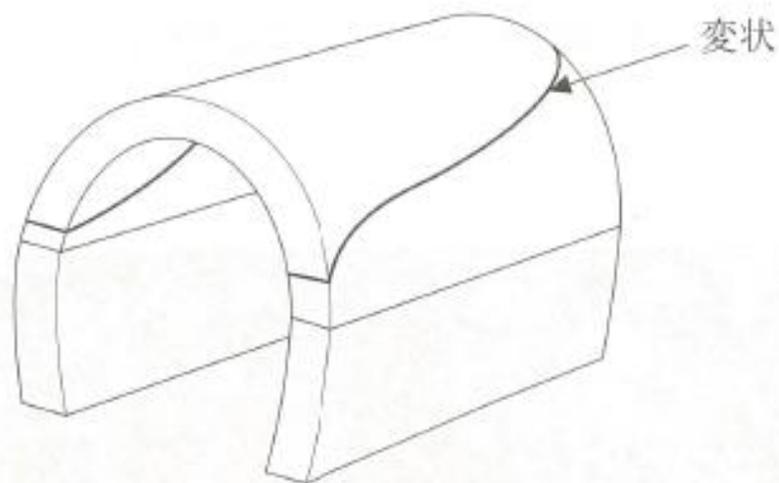


図 覆工コンクリートの概要

(2)の解説

正解 (4)

脱型直後に見られる斜めの線は、コールドジョイントである。

コールドジョイントは、先に打ち込まれたコンクリートと、後から打ち込まれるコンクリートの時間の間隔があきすぎると生じる。締固めで一体化できないためである。

地山の变形や、型枠の变形では斜めのひび割れは生じない。また、過度な締固めでも生じることはない。

【問題 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

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。

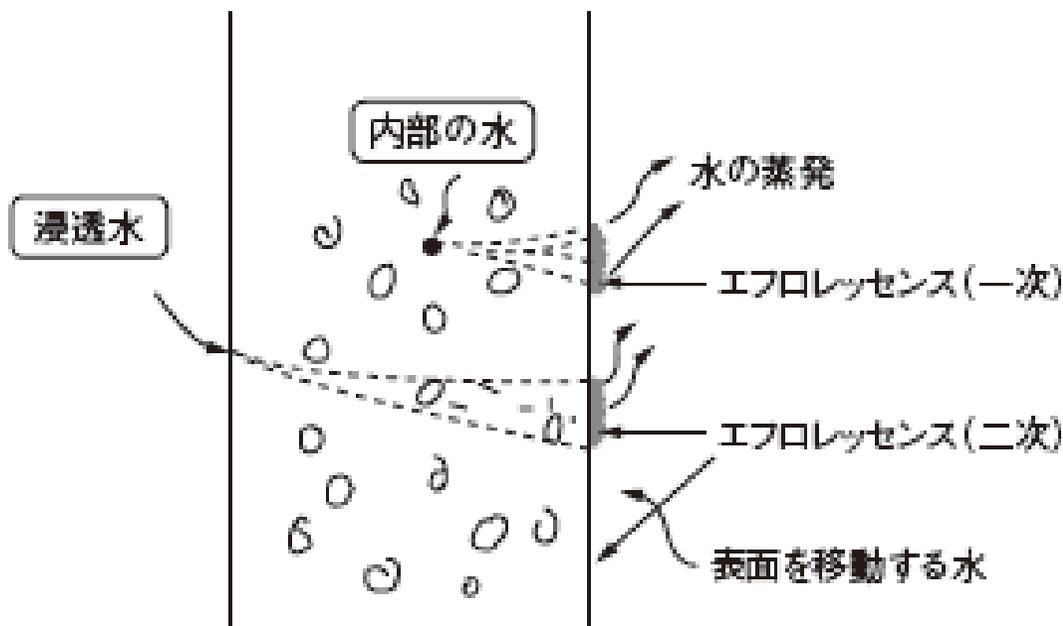
エフロレッセンスとは



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



【問題 4】

下図に示す PC 3 径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋を建設から 20 年後に点検したところ、中央ヒンジ部において、異常なたわみを伴う変状(垂れ下がり)が認められた。この変状の発生原因に関する次の(1)～(4)の記述のうち、最も不適当なものはどれか。

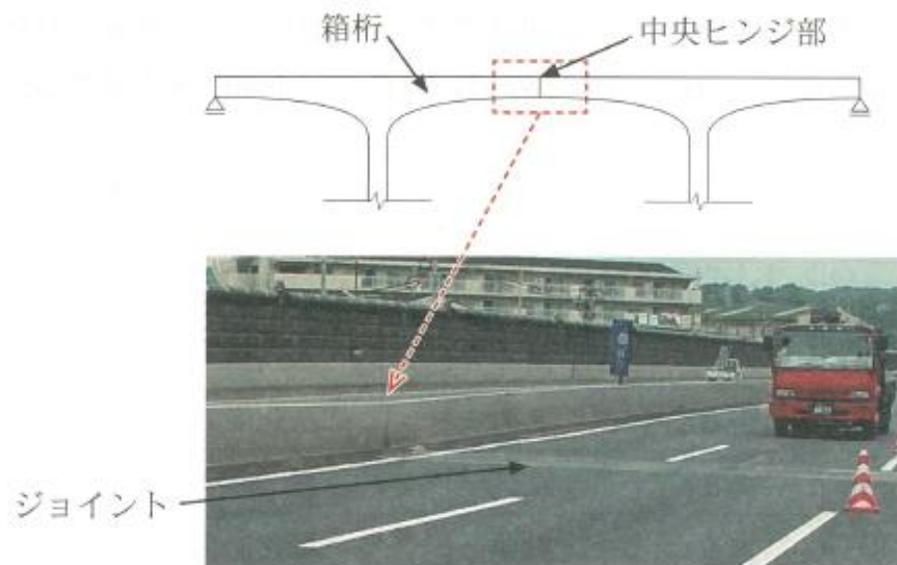


図 中央ヒンジ部周辺の状況

- (1) 上部工(箱桁)コンクリートのクリープの進行
- (2) 上部工(箱桁)コンクリートの乾燥収縮の進行
- (3) 上部工(箱桁)コンクリート中の PC 鋼材の破断
- (4) 上部工(箱桁)コンクリート中のせん断補強筋の腐食

(4)の解説

正解 (4)

不適当な記述を選択する問題。

中央ヒンジ部の異常なたわみの原因は、箱桁の耐力不足によるものと考えられる。

最も考えられるのは、PC鋼材の破断と考えられるが、クリープが生じて、緊張力が減少したり、乾燥収縮の進行が進行して、緊張力が減少することも一因とみなすことができる。

たわみの原因は、曲げ強度の低下であり、せん断補強筋が原因となる可能性は低い。

【問題 5】

コンクリートの中性化速度に関する次の(1)～(4)の記述のうち、適当なものはどれか。

- (1) 普通ポルトランドセメントを用いた場合、アルカリ含有量(R_2O 量)が多い方が、中性化速度は大きい。
- (2) 普通ポルトランドセメントの30%を混和材で置換する場合、高炉スラグ微粉末を用いた場合の方が、フライアッシュを用いた場合より、中性化速度は大きい。
- (3) コンクリートが乾燥状態にあるとき、連続した空隙を有する軽量骨材を用いたコンクリートの中性化速度は、普通骨材を用いたコンクリートと同程度である。
- (4) 相対湿度が60%の場合、温度20℃程度で中性化速度は最も大きくなる。

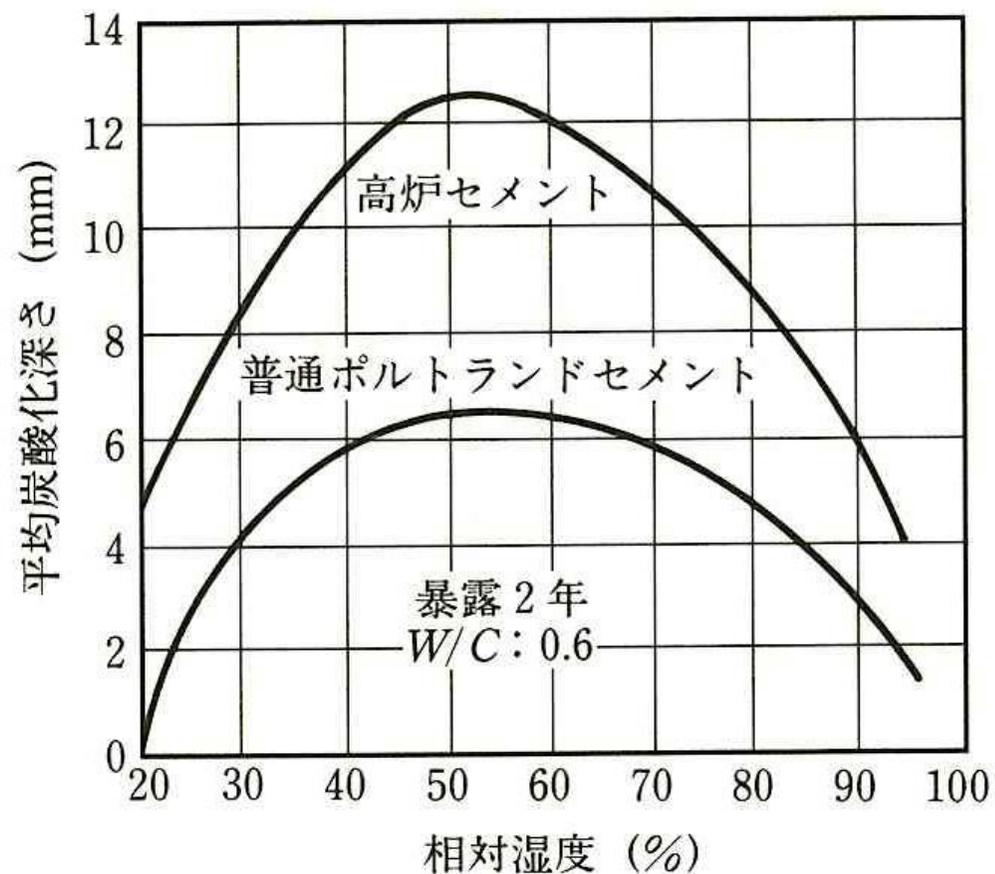
(5)の解説

正解 (1)

コンクリートの中性化速度に関する問題である。

- (1) 普通ポルトランドセメントのアルカリ度が高いほど、中性化速度は大きくなる。○
- (2) 混和材を30%混入する場合、高炉スラグの方がフライアッシュより中性化速度は小さくなる。
- (3) 軽量骨材コンクリートと普通骨材コンクリートの中性化速度は異なると考えられる。
- (4) 湿度60%の時、温度20℃が最も中性化速度が大きくなり、温度が高いほど中性化速度は大きくなる。

中性化速度に及ぼす相対湿度の影響



【問題 6】

コンクリート中の鋼材腐食に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

一般に、乾燥状態から含水率が増加するとコンクリートの電気抵抗は徐々に(A)なり、鋼材の腐食速度は大きくなる。しかしながら、含水率がさらに増加し、水中にあるコンクリートのように飽水状態に近くなると、(B)反応に必要な(C)の供給が少なくなるため、腐食速度は小さくなる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	大きく	アノード	酸素
(2)	小さく	アノード	二酸化炭素
(3)	小さく	カソード	酸素
(4)	大きく	カソード	二酸化炭素

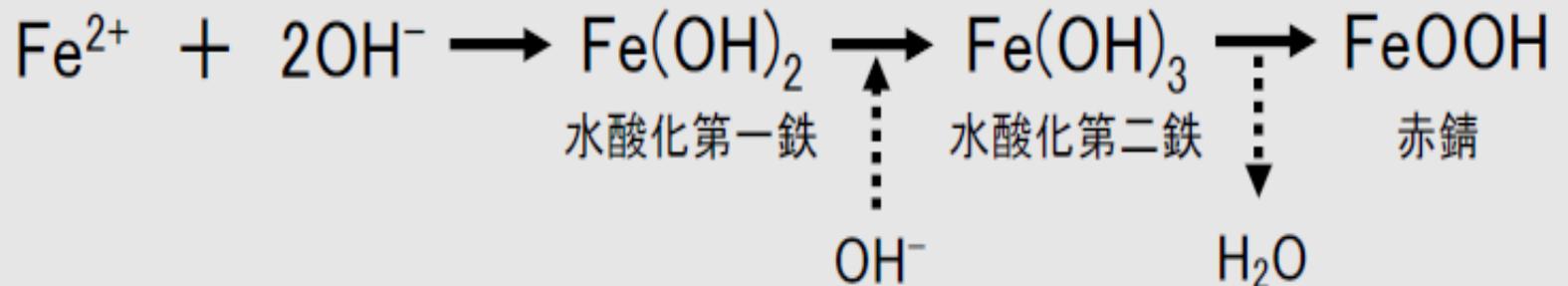
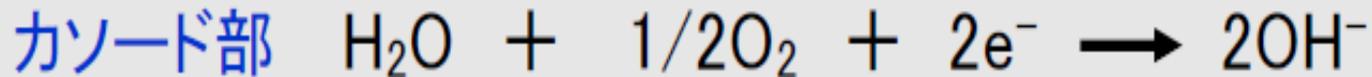
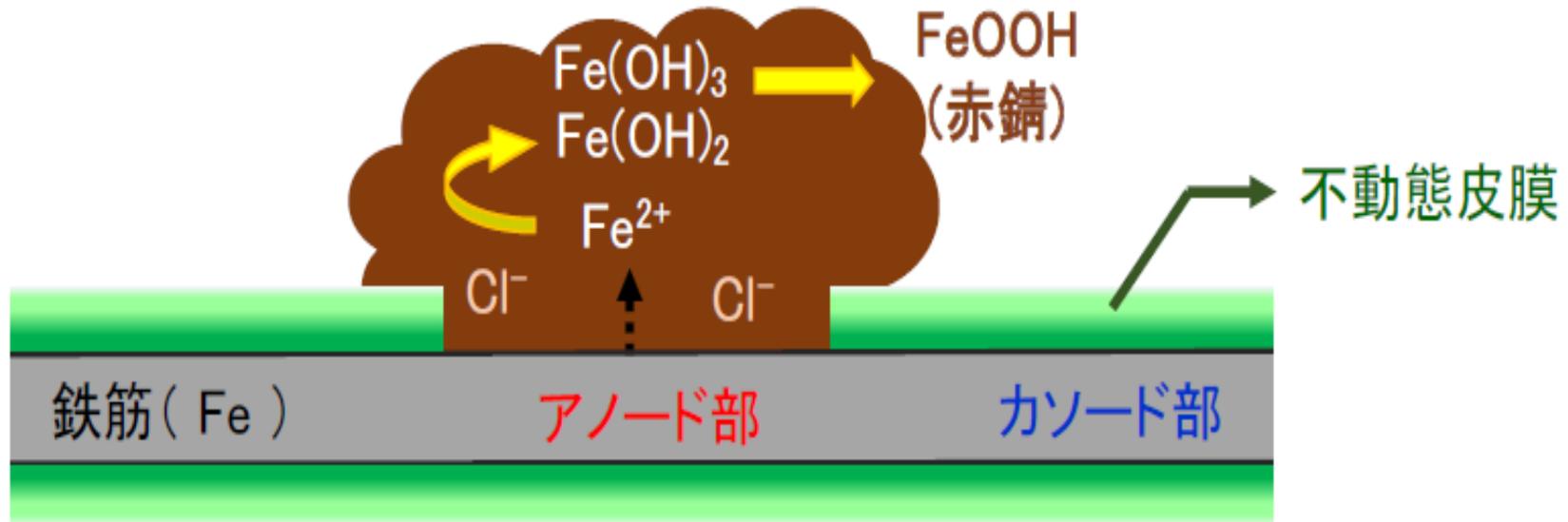
(6)の解説

正解 (3)

コンクリート中の含水比が大きくなると、電位抵抗は徐々に小さくなり、鋼材の腐食速度は大きくなる。

コンクリートが水中のあると、カソード反応に必要な酸素の量が少なくなり、鋼材の腐食速度は小さくなる。

鉄筋腐食について



【問題 7】

アルカリシリカ反応によるコンクリートの膨張に関する次の(1)～(4)の記述のうち、最も適当なものはどれか。

- (1) アルカリシリカ反応によるコンクリートの膨張量は、コンクリート中に含まれる反応性骨材の量が多いほど大きくなる。
- (2) アルカリ金属イオンの一種であるリチウムイオンには、アルカリシリカ反応によるコンクリートの膨張を抑制する効果がある。
- (3) アルカリシリカ反応によるコンクリートの膨張量は、時間の平方根に比例する。
- (4) コンクリートの中性化が進行すると、アルカリシリカ反応によるコンクリートの膨張速度は大きくなる。

(7)の解説

正解 (2)

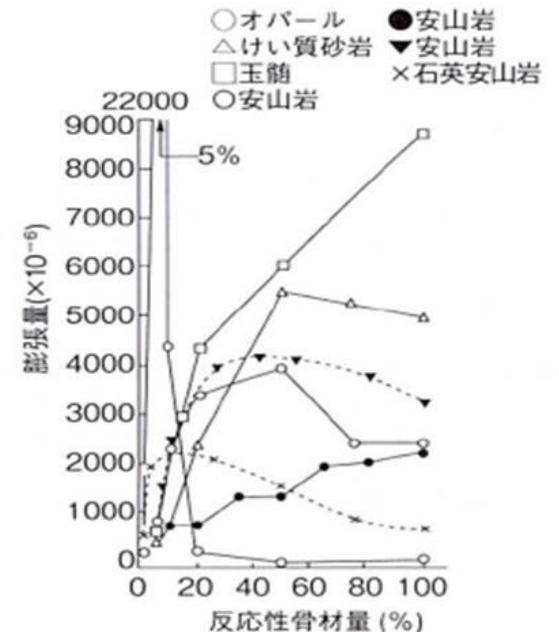
アルカリシリカ反応で、適当なものを選択する問題である。

(1) アルカリシリカ反応を生じる骨材が多いほど反応が進むとは限らない。ペシマムが存在する。 右図参照

(2) リチウムイオンには、アルカリ反応を抑制する効果がある。 ○

(3) アルカリシリカ反応は、
 \sqrt{t} 則には乗らない。

(4) 中性化が進んでも、
アルカリシリカ反応性は高くなるらない。



【問題 8】

コンクリートの凍害に関する次の(1)～(4)の記述のうち、適当なものはどれか。

- (1) 気温の降下に伴って、コンクリート中では径の小さい細孔中の水から凍結しはじめる。
- (2) 同一空気量のコンクリートの耐凍害性は、気泡径の分布によらず同程度である。
- (3) 海岸際に立地するコンクリート構造物において、海水の飛沫を受ける部分は、飛沫を受けない部分よりもスケーリングが発生しにくい。
- (4) 積雪寒冷地に立地するコンクリート構造物において、常に雪で覆われている部分は、南面などの雪が解けやすい部分よりもスケーリングが発生しにくい。

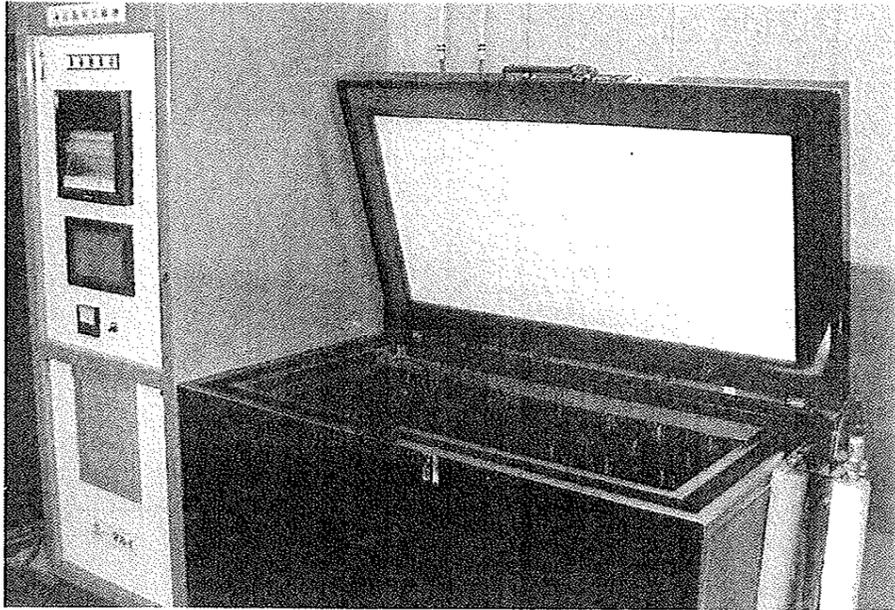
(8)の解説

正解 (4)

凍害に関する適当なものを選ぶ問題である。

- (1) 凍結は大きな気泡の中の水から始まる。
- (2) 気泡の分布により凍害が生じる程度が異なる。
- (3) 海水の飛沫を受ける方がスケーリングは生じやすい。
- (4) 南面の昼間に融解する箇所の方が、スケーリングを生じやすい。凍害は凍結融解の繰り返しで生じやすくなる。

凍結融解試験の試験機器



300サイクル経過後 の凍結融解試験供試体

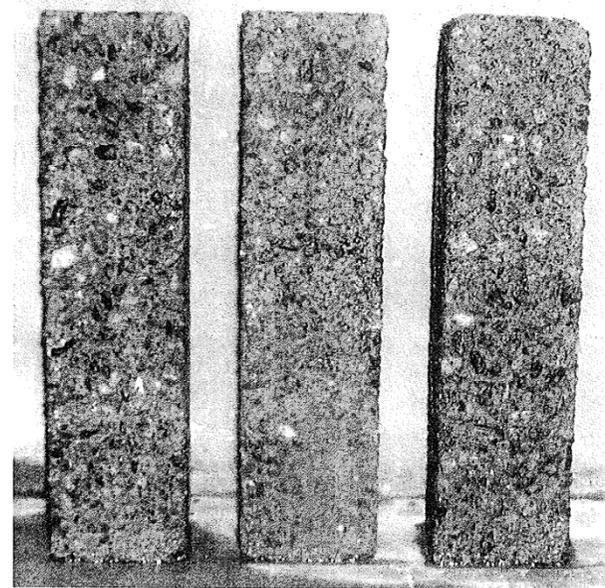
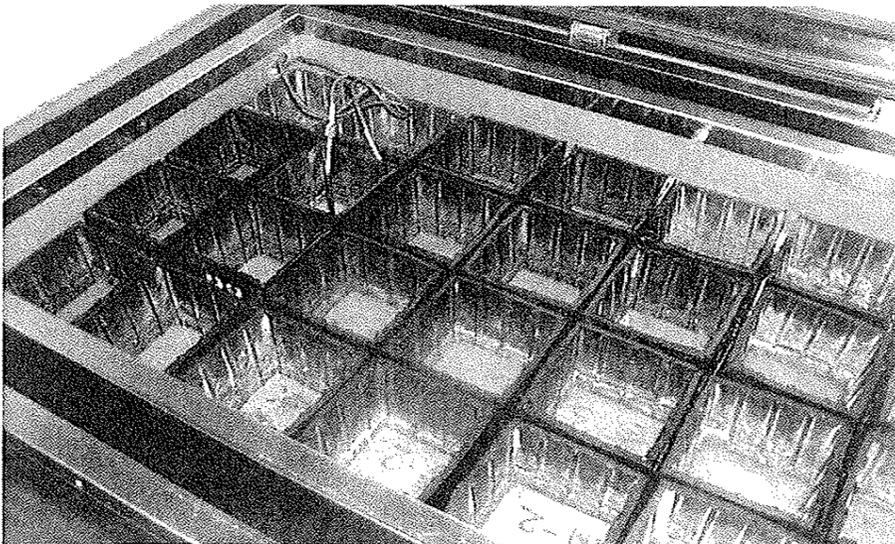


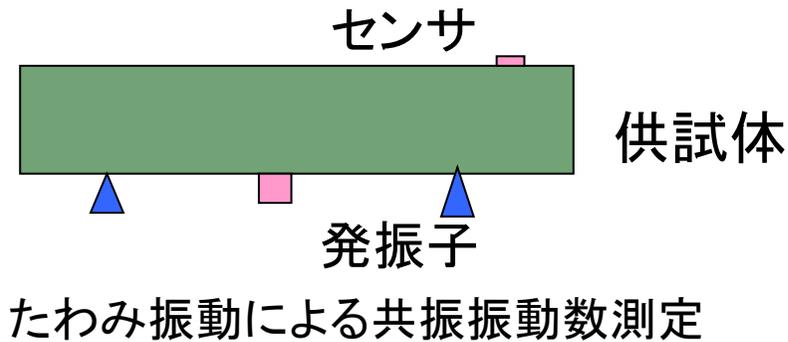
写真-3・2 300サイクル経過後の
凍結融解試験供試体（表面層にスケー
リングが見られる）



表面層にスケーリング
が見られる

●耐凍害性の判定方法(相対動弾性係数で評価)

- 骨材: 吸水率3%以下, 安定性試験における損失率12%以下を確かめる.
- コンクリート: 凍結融解試験300サイクル終了後の相対動弾性係数80%以上を確かめる.

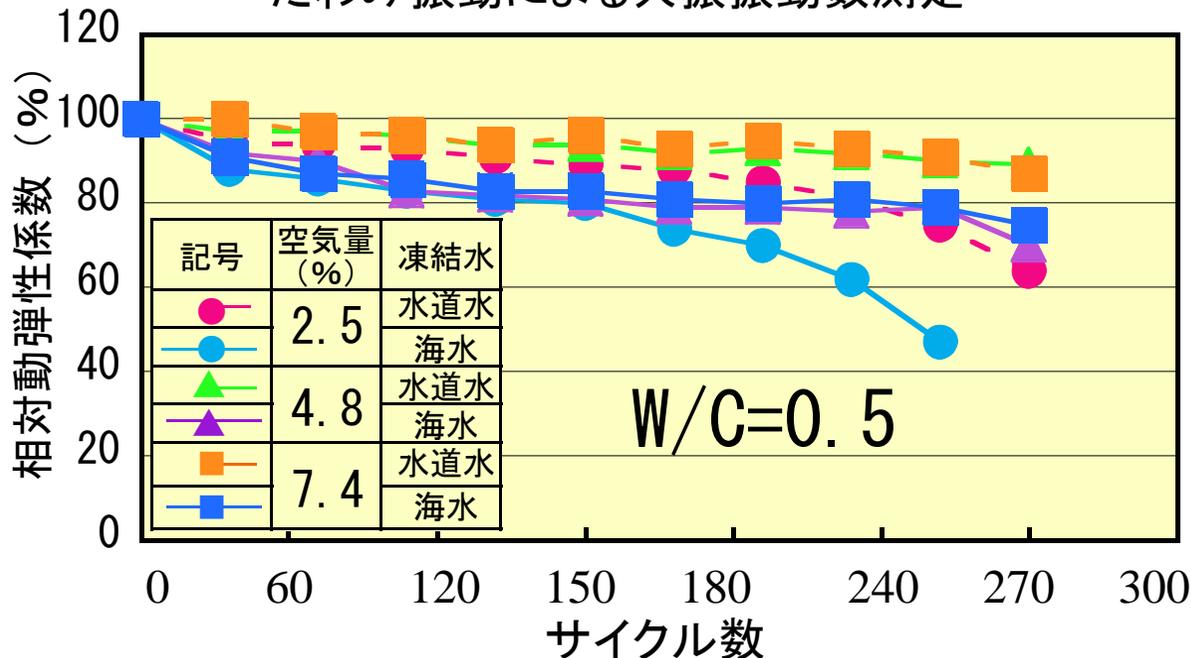


・動弾性係数

$$E_d = 4.08 \times 10^{-6} \cdot L / A \cdot m \cdot f^2$$

m: 質量

f: 1次共鳴振動数(Hz)



【問題 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、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、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

(9)の解説

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。

◆ エトリンガイト遅延生成(DEF)の影響

エトリンガイト \Rightarrow CaO SO_3 Al_2O_3

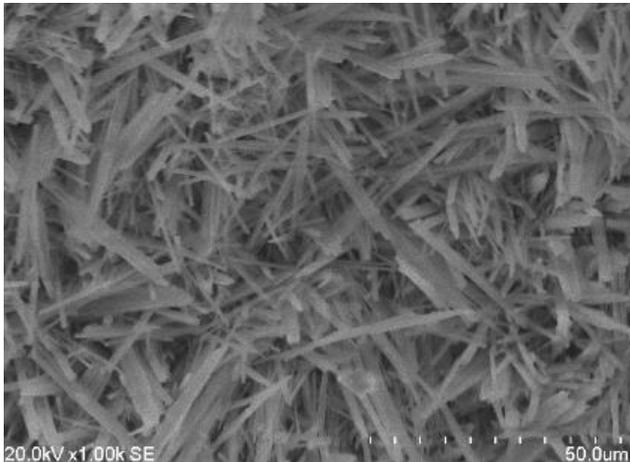
硫酸塩がアルミネート系水和物と反応

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)



エトリングタイトの遅延生成(DEF)



エトリングタイトの結晶の形状

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

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

◎:主要因 ○:どちらかといえば関係する

—:あまり関係しない

【問題 10】

コンクリートの複合劣化に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、最も適当なものはどれか。

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

	(A)	(B)	(C)
(1)	NaCl	昇華	浸透圧の増加
(2)	NaCl	凝固点降下	pHの上昇
(3)	CaCl ₂	凝固点降下	pHの上昇
(4)	CaCl ₂	昇華	浸透圧の増加

(10)の解説

正解 (2)

複合劣化に関する問題である。

凍結融解環境下で、塩化ナトリウムが存在すると毛細管内の凝固点温度が低下し、未凍結水量が増加する。

さらに劣化したコンクリート内には塩化ナトリウムが浸入しやすくなり、ナトリウムの影響でpHが上昇し、アルカリシリカ反応が進むことが懸念される。

【問題 11】

鉄筋コンクリート橋脚の健全性の評価方法に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

衝撃振動試験は、躯体を打撃することで振動を励起させ、これにより構造物の(A)を測定するものである。加振によって発生する(B)変形量はわずかで、(C)変形量が支配的である。このため、この試験によれば、(A)から推定できる橋脚の(C)剛性や地盤バネの変化に着目した健全性の評価が可能なことから、河川中にある橋脚基礎の洗掘調査に用いられる場合が多い。

	(A)	(B)	(C)
(1)	衝撃係数	曲 げ	せん断
(2)	固有振動数	せん断	曲 げ
(3)	衝撃係数	せん断	曲 げ
(4)	固有振動数	曲 げ	せん断

(11)の解説

正解 (2)

衝撃振動試験は、重錘を構造物に打撃して、その応答から固有振動数を求め、構造物の健全性を診断する試験である。

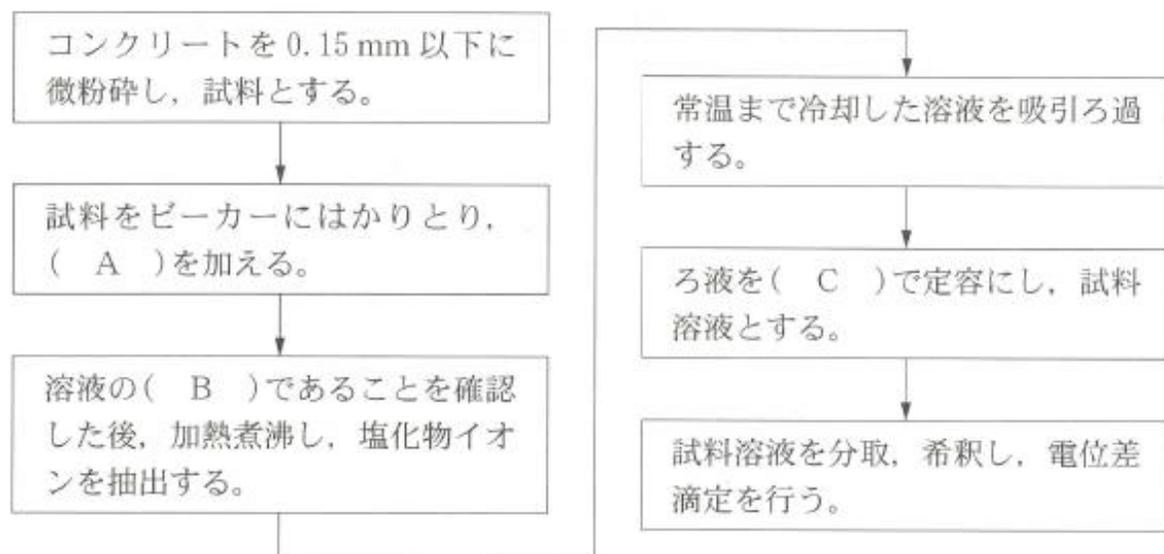
加振することで、せん断による変形はわずかであるが、曲げによる変形は大きくなる。

(A) には、固有振動数、(B) にはせん断、(C) には曲げが入る。

つまり、加振により得られる固有振動数で、曲げ剛性などが、わかる。

【問題 12】

下図は、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、JISA 1154：2012(硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法)に照らして、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

(12)の解説

正解 (1)

電位差滴定法では、コンクリートを微粉碎した試料を用い、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。

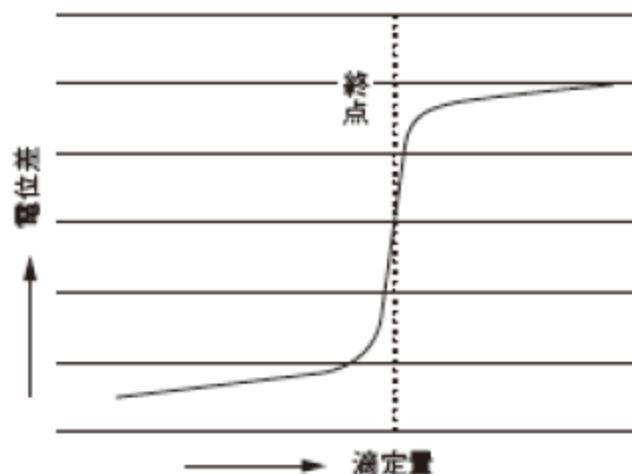
電位差滴定法について

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



【問題 13】

凍害が生じたコンクリート構造物に対して現場で行う調査方法に関する以下の記述(A)～(C)の適・不適の組合せとして、次の(1)～(4)のうち適当なものはどれか。

- (A) レーザ変位計を用いて、基準面からのスケーリング深さを測定した。
- (B) 赤外線サーモグラフィ法により、浮きの範囲を推定した。
- (C) X線透過撮影法により、気泡間隔係数を測定した。

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

(13)の解説

正解 (4)

(A)は、現場で測定できる段階には至っていないので、
不適

(B)赤外線サーボグラフィ法での浮きの調査は、一般的に行われているので、 適

(C)X線透過撮影法で気泡間隔係数を測定することは、
現場では困難と考えられ、 不適

不適 適 不適 で、正解は (4)

【問題 14】

疲労による劣化が懸念される鋼道路橋 RC 床版の調査に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適當なものはどれか。

- (1) 床版下面のひび割れ密度を、デジタルカメラで取得した画像を用いて求めた。
- (2) 床版下面のひび割れ幅を、衝撃弾性波法により測定した。
- (3) 床版コンクリートの土砂化の範囲を、電磁波レーダ法により推定した。
- (4) 床版支間中央のたわみを、レーザー距離計により測定した。

(14)の解説

正解 (2)

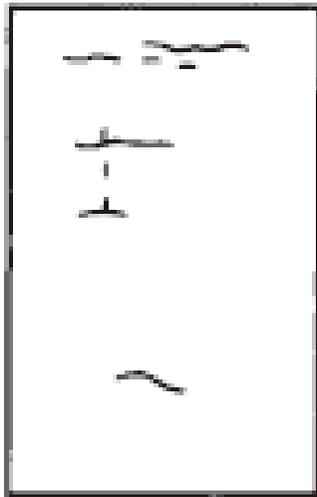
疲労による劣化が懸念される鋼道路橋RC床版の調査

- (1) 下面のひび割れを密度をデジタルカメラで測定可能。
- (2) 下面のひび割れ幅を衝撃弾性波法で測定不能 ×
- (3) 土砂化を電磁波レーダ法で測定は可能。
- (4) 支間中央のたわみをレーダ距離計で測定可能。

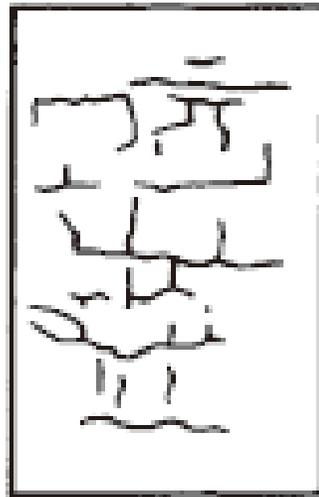
不適当なものは、 (2)

床版の疲労破壊の進展

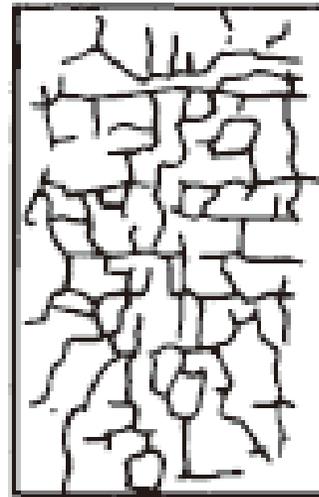
●鉄筋コンクリート床版の疲労による劣化進行状態



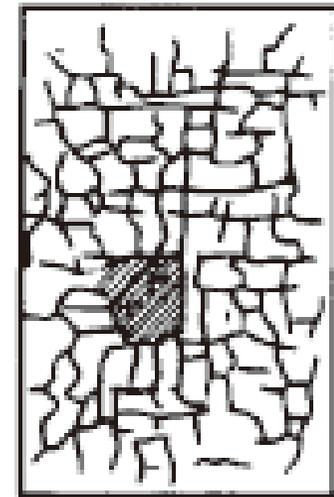
状態Ⅰ「潜伏期」
1方向ひび割れ



状態Ⅱ「進展期」
2方向ひび割れ



状態Ⅲ「加速期」
ひび割れ網細化と
角落ち



状態Ⅳ「劣化期」
床版の陥没

【問題 15】

火害を受けたコンクリート構造物の調査・測定に関する次の(1)～(4)の記述のうち、最も不適当なものはどれか。

- (1) コンクリート表面の変色状況を、目視により観察した。
- (2) コンクリート表面の受熱温度を測定するために、赤外線サーモグラフィ法を用いた。
- (3) コンクリートの中酸化深さを測定するために、フェノールフタレインを用いた。
- (4) コンクリート中の水和生成物を同定するために、粉末X線回折法を用いた。

(15)の解説

正解 (2)

火害を受けたコンクリート建造物の調査・測定。

(1) 火災時の受熱温度は、コンクリート表面の変色状況で判別できる。

(2) 受熱温度は、赤外線サーモグラフィ法では測定不能。

(3) 中性化深さの測定には、フェノールフタレインを用いるのが一般的。

(4) 水和生成物を同定するには、粉末X線回折法が可能。

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

※問題30にて詳細に解説

【問題 16】

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	40	34
34	36	33
35	37	29

- (1) 測定値 40 と 29 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 40 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 29 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。

(16)の解説

正解 (4)

リバウンドハンマーによる測定では、平均値から偏差20%を超えると打ち直すとされている。

9点の合計から平均値を求める。 $315 \div 9 = 35$

偏差20%で、28～42の範囲は含まれる。

すべての測定値が有効であり、(4)が正解。

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

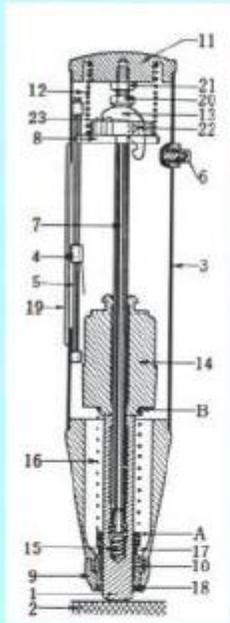
評価..... $f' = 13R_o - 184$
 f' ; 圧縮強度 (kgf/cm²)
 R_o ; 反発硬度
(日本材料学会)

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

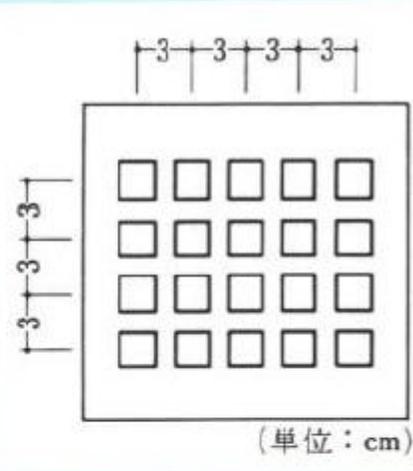
注意点...打撃方向の補正が必要
超音波法と併用すると精度向上



測定状況

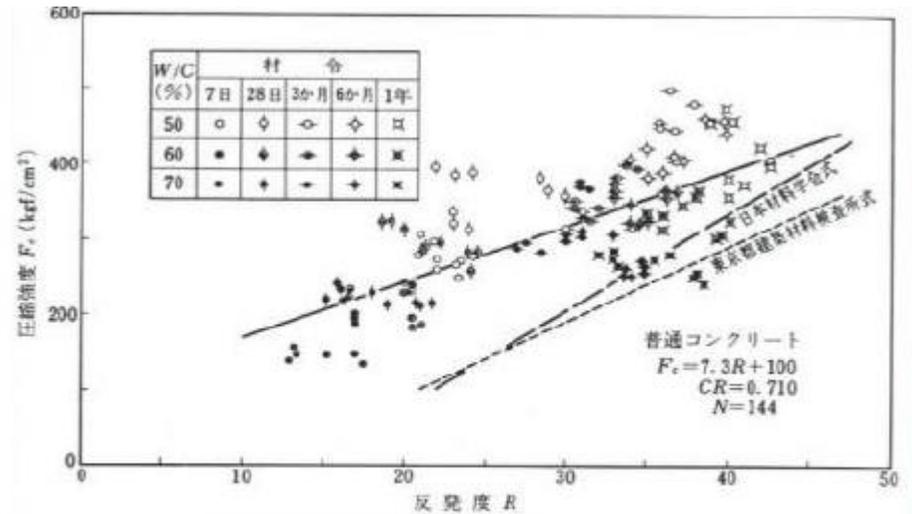


内部機構



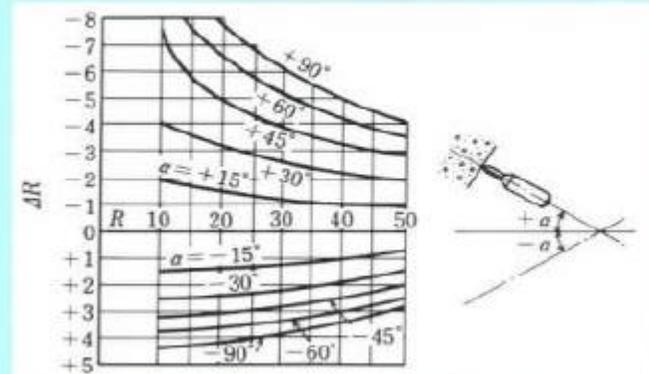
マーカー

測定点; 9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]
 $F(\text{kgf/cm}^2) = -184 + 13 \cdot R_0$
 $R_0 = R + \Delta R$ (補正值)



【問題 17】

電磁波レーダ法による鉄筋のかぶり(厚さ)の推定方法に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の式および語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

真空中での電磁波速度を C とすると、コンクリート中での電磁波速度 V とコンクリートの比誘電率 ϵ との間には、(A)の関係式が成り立つ。また、アンテナと鉄筋との間の電磁波の往復伝播時間を T とすると、かぶり(厚さ) D は(B)で表される。したがって、例えば比誘電率を固定して同じ位置の鉄筋を測定した場合、コンクリートが湿潤状態よりも乾燥状態の方が、かぶり(厚さ)は(C)推定されることになる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon}}$	$D = \frac{V \cdot T}{2}$	小さく
(2)	$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon}}$	$D = V \cdot T$	大きく
(3)	$V = C\sqrt{\epsilon}$	$D = V \cdot T$	小さく
(4)	$V = C\sqrt{\epsilon}$	$D = \frac{V \cdot T}{2}$	大きく

(17)の解説

正解 (1)

真空中の電磁波速度：C、コンクリート中の電磁波速度：V

電磁波速度Vは、 $V=C/\sqrt{\varepsilon}$ ε ：コンクリートの比誘電率

電磁波の往復伝播時間を T とすれば、

かぶり厚さDは、 $D=VT/2$ となる。

コンクリートの比誘電率は、乾燥状態で4～12

湿潤状態で8～20

比誘電率を固定して測定すれば、乾燥状態にあると、

電磁波速度を小さく見積もるため、かぶり厚さを小さく推定することになる。

【電磁波レーダ法について】

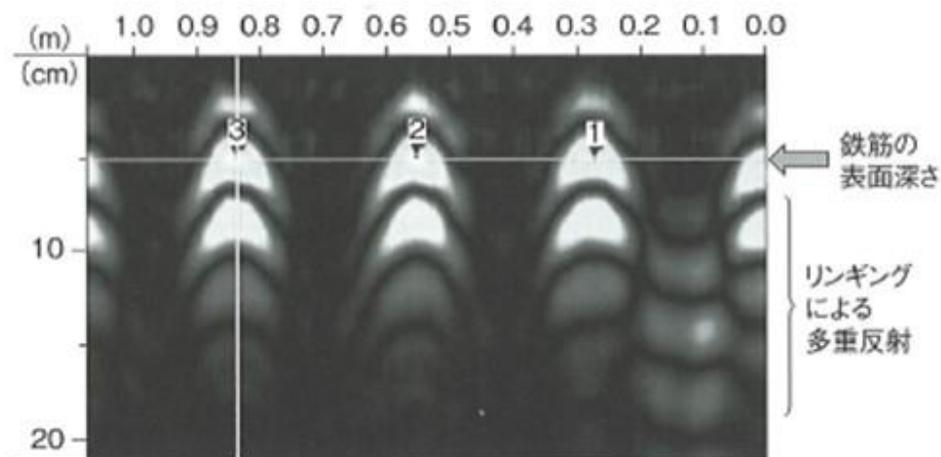


電磁波レーダ法は鉄筋探査法のひとつで、コンクリート内部の探査を目的とする非破壊検査法。

コンクリート中の鉄筋位置やかぶりの他に、内部空隙や異物の有無とその位置、コンクリート背面の空洞などを探査することが可能。



電磁波レーダ法の測定に用いる装置の例



電磁波レーダ法の測定結果の例(4ページ参照)

【問題 18】

コンクリート構造物から採取したコア供試体を用いて中性化深さを測定した。このとき実施した方法に関する次の(1)～(4)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、誤っているものはどれか。

- (1) 測定面の準備として、測定面が水でぬれていたのをドライヤで乾燥させた。
- (2) 測定面の準備が終了した後、直ちに測定ができなかったのをラッピングフィルムで測定面を密封した。
- (3) フェノールフタレイン溶液を噴霧した後、呈色した部分が安定してから測定した。
- (4) 鮮明な赤紫色に呈色した部分と、これより浅い部分に薄赤紫色の部分が現れたので、コンクリート表面から薄赤紫色の部分までの距離(非呈色部分の長さ)を中性化深さとした。

(18)の解説

正解 (4)

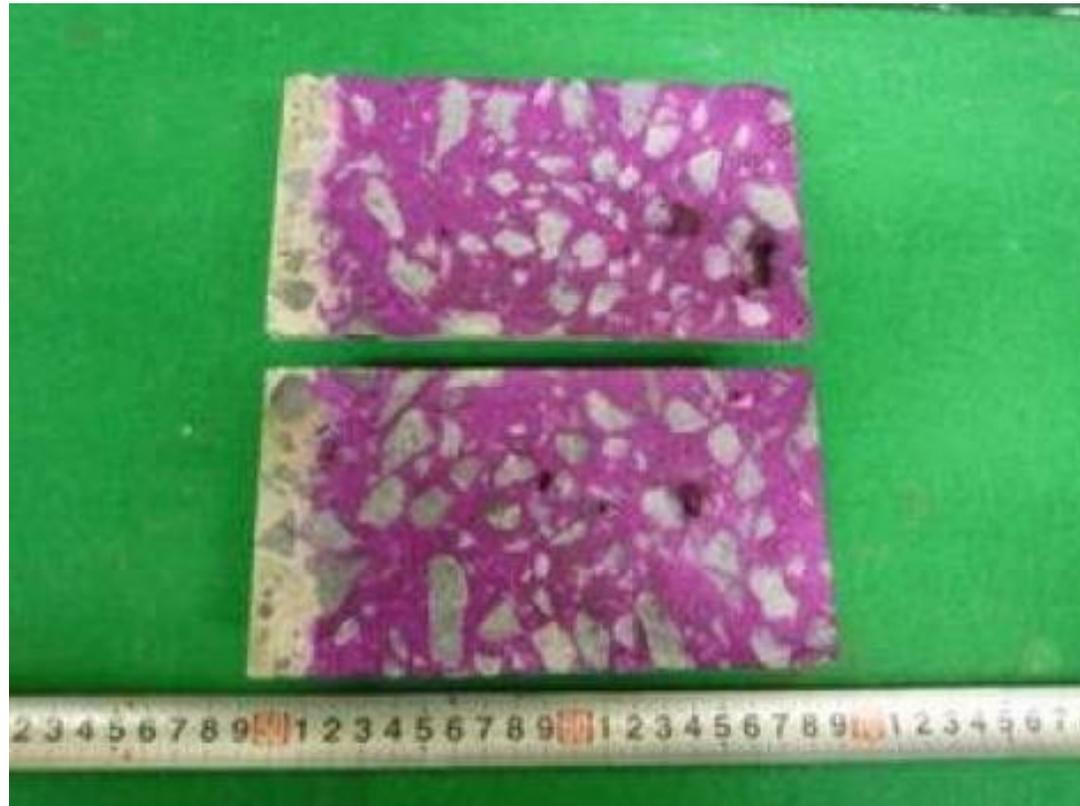
中性化深さの測定方法のJIS A 1152について

- (1) 測定面が濡れていると乾燥させるのは正しい、
- (2) 直ちに測定できないので、ラッピングフィルムで密封するのは、正しい。
- (3) フェノールフタレイン溶液を噴霧し、呈色が安定したのちの測定するのは正しい。
- (4) 鮮明な赤紫色に呈色した箇所を中性化深さとするべき。

不適当なもの (4)

中性化深さ試験

- ・フェノールフタレイン溶液を吹き付けたときの**非発色部分**
- ・コア試料、はつり箇所、**ドリル削孔による粉末**等により試験を実施
- ・一般的に鋼材腐食発生限界は**中性化残り10mm**



【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

(19)の解説

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鋁物を、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。 不適當
- (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

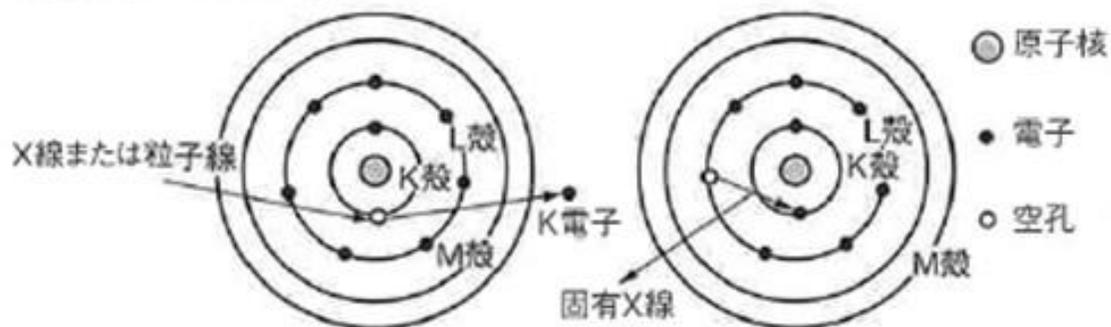
【蛍光X線分析について】

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。



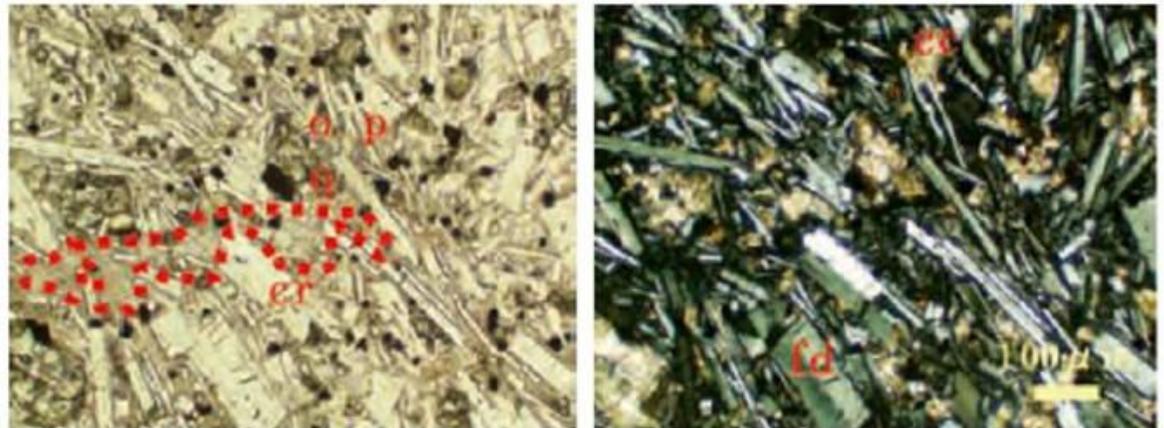
蛍光X線分析装置の例

●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

【問題 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氣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。

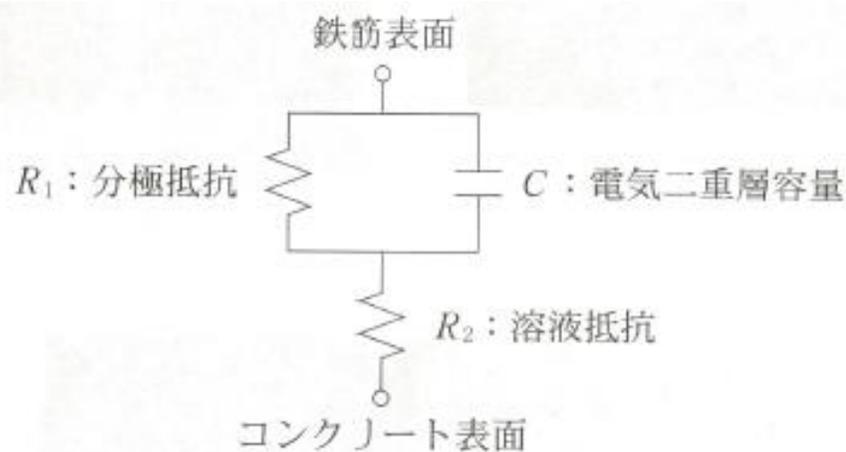


図 電氣的等価回路モデル

	(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	$R_1 + R_2$	$\frac{1}{R_1}$

(20)の解説

2020年度に再掲

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、

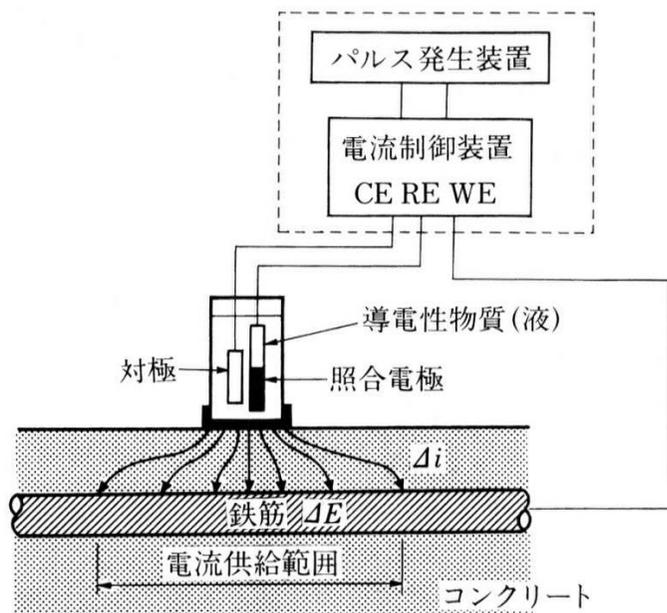
$$I_{\text{corr}} = K \cdot 1 / R_p \quad \text{が成立する。}$$

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



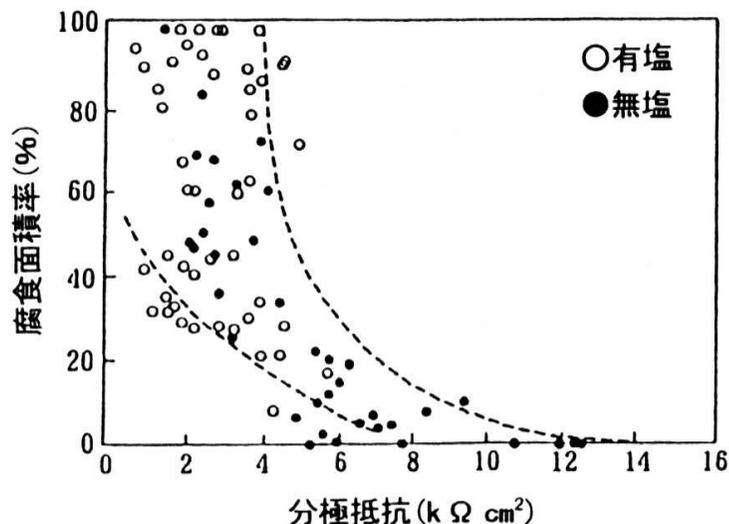
- コンクリート表面に対極と照合電極を設置し、対極から鉄筋に微小電流(ΔI)を与えた時鉄筋の電位が ΔE だけ変化する。以下の式の R_p を分極抵抗という。

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

- 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。



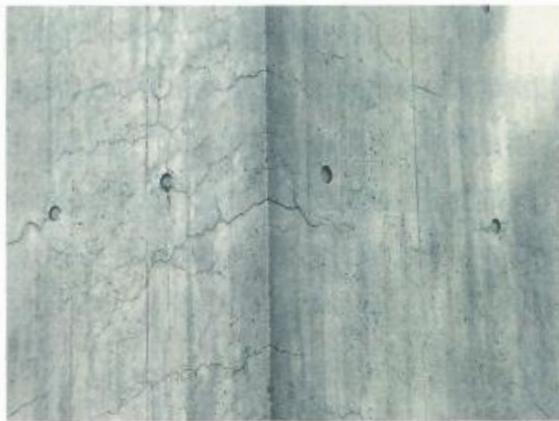
出典:土木学会, 鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向, コンクリート技術シリーズ26

【問題 21】

鉄筋コンクリート造建築物の柱において、写真(A)～(C)に示すような変状が認められた。これらの変状に対する判断に関する記述(a)～(c)の適・不適の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。



写真(A)：豆板部をハンマーで叩いても脱落しなかった。



写真(B)：ひび割れは鉄筋に到達していなかった。



写真(C)：表面に砂すじが認められた。

- (a) 写真(A)の変状によって、鉄筋腐食は促進されにくいと判断した。
- (b) 写真(B)の変状によって、中性化は促進されにくいと判断した。
- (c) 写真(C)の変状によって、耐荷力の低下は生じにくいと判断した。

	(a)	(b)	(c)
(1)	適	適	不適
(2)	不適	適	適
(3)	不適	不適	適
(4)	適	不適	不適

(21)の解説

正解 (3)

RC造建築物の柱の変状に関する問題である。

写真Aは、豆板ができており、かぶり厚さの減少から鉄筋の腐食は早まると考えられる。⇒不適

写真Bは、沈下ひび割れ（沈みひび割れ）とみなされ、中性化は早まると考えられる。⇒不適

写真Cは、ブリーディングに伴うコンクリート表面の砂すじとみられ、耐力への影響は小さいと考えられる。

⇒ 適

不適、不適、適 の組み合わせで正解は (3)

【問題 22】

写真1 および図に示す道路橋のPC中空床版橋(場所打ち)の竣工後10年の定期点検において、床版下面に写真2に示すひび割れ補修跡が確認された。補修時点での、このひび割れの主な原因を示した次の(1)~(4)の記述のうち、適当なものはどれか。



写真1 外観



写真2 床版下面の状況

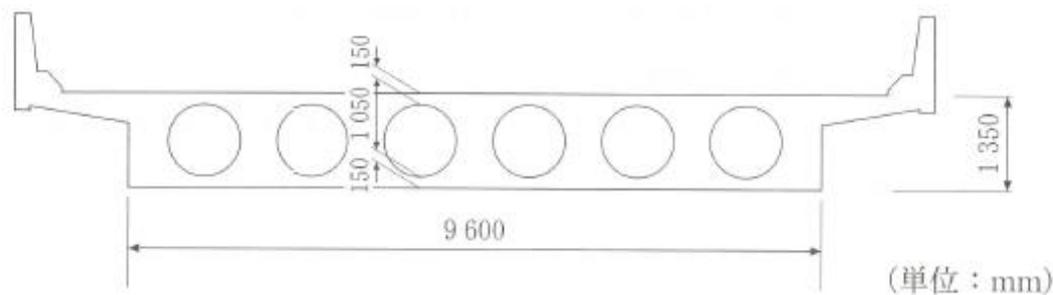


図 PC中空床版橋の断面

- (1) 活荷重の作用による疲労
- (2) 中性化による鉄筋腐食
- (3) ポイド管(円筒型枠)の腐食
- (4) セメントの水和熱による温度応力

(22)の解説

正解 (4)

- (1) 活荷重による疲労であれば、橋軸直角方向にひび割れが生じる。 不適當
- (2) 竣工後10年で鉄筋の腐食によるひび割れが補修された跡がみられることはない。 不適當
- (3) 竣工後10年で、ボイド管の腐食が補修されるた跡がみられるとは考えにくい。 不適當
- (4) 使用セメントは早強あるいは普通ポルトランドセメントと考えられ、水和熱による温度応力の可能性があり、初期ひび割れの補修跡と考えられる。 適當

【問題 23】

鉄筋コンクリート造建築物の屋上スラブの下面に、写真に示す変状が生じていた。この変状に対する判断に関する次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。



- (1) ひび割れの原因は、セメントの水和熱による温度応力である。
- (2) コンクリート内部の鉄筋が腐食している。
- (3) つらら状の析出物は、主としてコンクリートの成分が溶出してできたものである。
- (4) 屋上防水が劣化している。

(23)の解説

正解 (1)

RC造建築物の屋上スラブ下面に生じた変状について

- (1) 水和熱による温度ひび割れはスラブ厚さから考えにくい。 不適當
- (2) 白色のエフロレッセンスは茶褐色のなっているので、鉄筋の腐食の可能性はある。 適
- (3) つらら状の析出物は、コンクリートの成分の溶出である。 適
- (4) 屋上防水が劣化しているからつららができている。 適

【問題 24】

建設後 25 年を経過した鉄筋コンクリート造建築物において、屋外側壁面の中性化深さが 10 mm であった。この壁の建設後 50 年における屋外側、屋内側の中性化深さの予測値について、次の(1)～(4)の組合せのうち、最も適当なものはどれか。

ただし、炭酸ガス濃度は屋外で 0.04 %、屋内は 0.08 % で一定と仮定し、中性化速度は炭酸ガス濃度の平方根に比例するものとする。また、屋内側、屋外側とも、打放し仕上げとし、温度および相対湿度は同一と仮定する。

	屋外側	屋内側
(1)	約 14 mm	約 20 mm
(2)	約 14 mm	約 28 mm
(3)	約 20 mm	約 28 mm
(4)	約 20 mm	約 40 mm

(24)の解説

正解 (1)

25年経過した後の屋外側の中性化深さが10mmであり、

$$10 = A\sqrt{25} \quad \text{中性化速度係数} \quad A = 2 \text{ mm}/\sqrt{\text{年}}$$

屋外側の50年後の中性化深さは、

$$X = 2\sqrt{50} \quad X \doteq 14 \text{ mm}$$

屋外に比べて屋内の炭酸ガス濃度は2倍

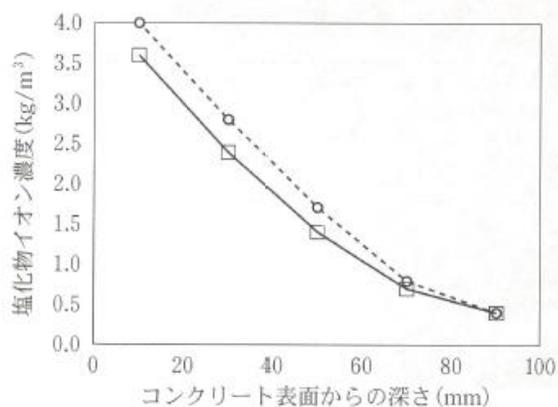
中性化速度は、炭酸ガス濃度の平方根に比例するので、

$$Y = 14 \div \sqrt{2} \doteq 10 \text{ mm}$$

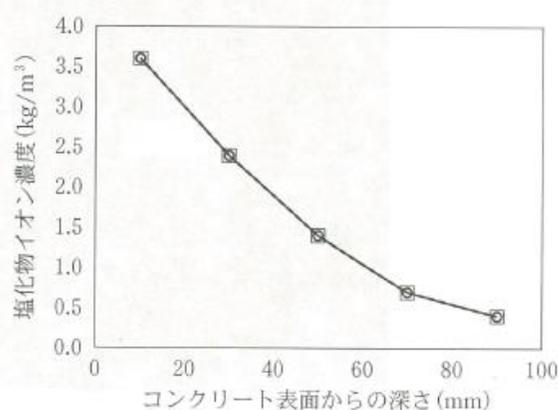
【問題 25】

海岸地域にある竣工後 30 年経過した鉄筋コンクリート打放し外壁(普通ポルトランドセメント, W/C = 55%)からコアを採取し, コンクリート表面からの塩化物イオン濃度分布を測定した。その直後に, この外壁に非透気性の防水型塗装を行った場合, 塗装後 25 年経過したときに予測される塩化物イオン濃度分布として, 次の(1)~(4)のうち, 最も適当なものはどれか。

なお, 塗装仕上げ材の劣化は考慮しないものとする。



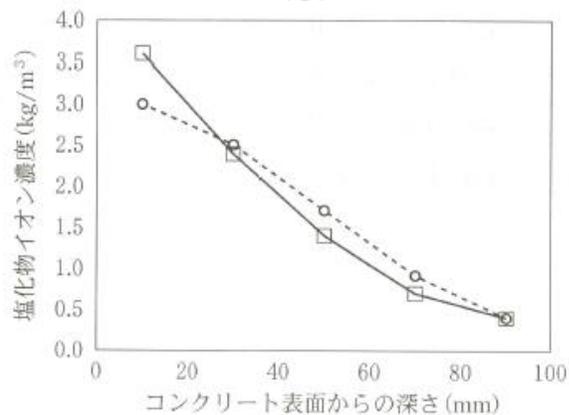
(1)



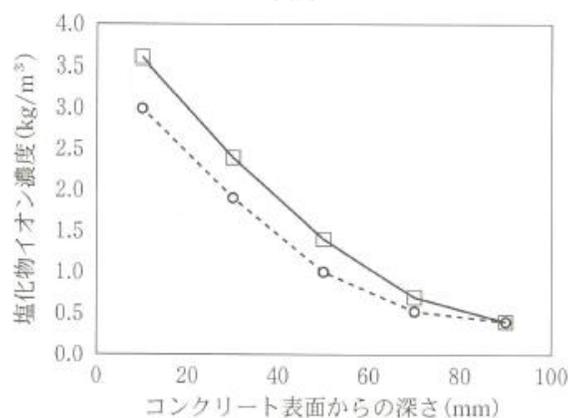
(2)

凡例

□—□ 測定値(塗装前)
○- - -○ 予測値(塗装後 25 年経過)



(3)



(4)

(25)の解説

正解 (3)

海岸地域のRC外壁からの塩化物イオン濃度分布を測定後
非透気性の防水型塗装を施して、25年経過したときの
塩化物イオン濃度分布

塩化物イオン濃度は、表面は拡散により減少し、深さ方向
に拡散して内部の濃度が高くなる。

【問題 26】

下の写真は寒冷地域の内陸部に位置する道路橋の鉄筋コンクリート橋台(普通ポルトランドセメント, W/C = 55 %)である。この橋台の部位 A および部位 B において予想される, コンクリート表面近傍の塩化物イオン濃度および中性化深さの大小関係を示す次の(1)~(4)の組合せのうち, 適当なものはどれか。



	塩化物イオン濃度	中性化深さ
(1)	部位 A > 部位 B	部位 A > 部位 B
(2)	部位 A > 部位 B	部位 B > 部位 A
(3)	部位 B > 部位 A	部位 A > 部位 B
(4)	部位 B > 部位 A	部位 B > 部位 A

(26)の解説

正解 (2)

部位Aと部位Bの違いは、湿っていること。つまり、凍結防止剤の漏水が部位Aには掛かっている。

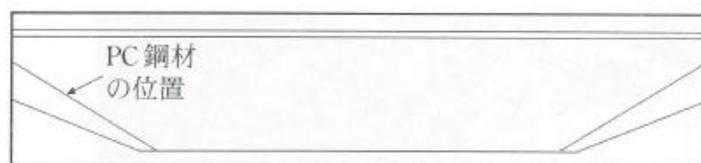
乾燥状態の方が、湿潤状態より中性化が早いと考えられ、

塩化物イオン濃度は、 部位A > 部位B

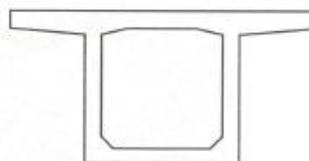
中性化深さは、 部位B > 部位A

【問題 27】

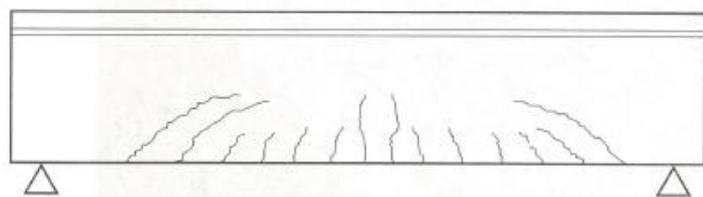
道路橋のポストテンション方式 PC 単純箱桁に、アルカリシリカ反応によって側面に発生する可能性があるひび割れのパターンを示した概念図として、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。ただし、PC 鋼材の配置および箱桁の断面は下図のとおりとする。



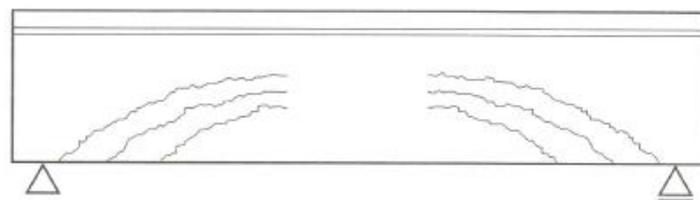
PC 鋼材の配置図



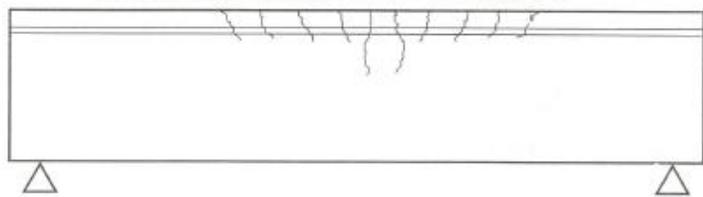
断面図



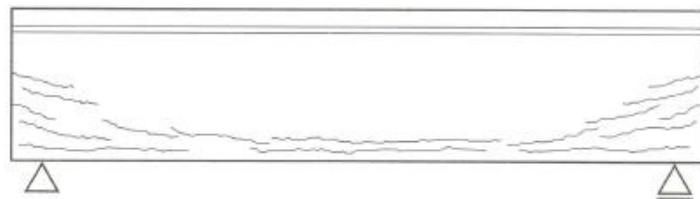
(1)



(3)



(2)



(4)

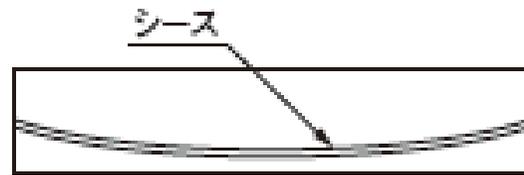
(27)の解説 2011年度問題の再掲

正解 (4)

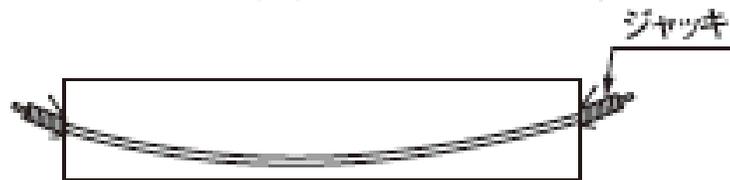
ポストテンション方式のPC単純箱桁にASRのひび割れ。

ASRは膨張するので、拘束が大きいと拘束方向には圧縮応力が作用する。したがって、拘束方向に直行する方向に生じる。つまり、PC鋼材に沿った方向にひび割れが生じる。

●ポストテンション方式



①シースの配置後、コンクリートの打ち込み

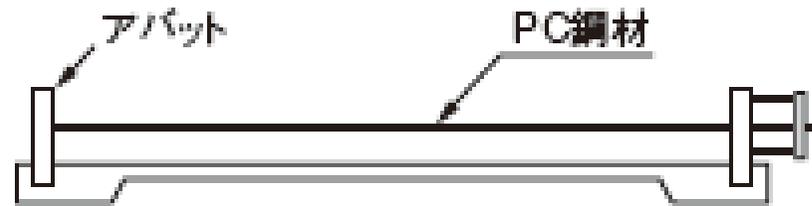


②コンクリート硬化後、PC鋼材両端にジャッキを取り付けて緊張

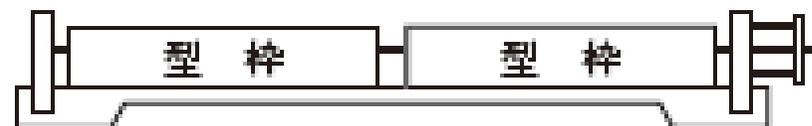


③PC鋼材を定着して、シース内にグラウトを注入

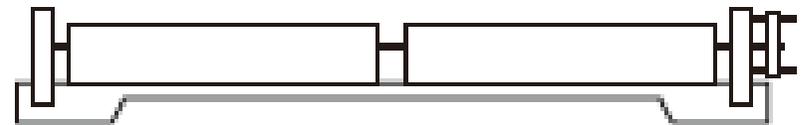
●プレテンション方式



①アバット間でのPC鋼材の緊張



②鉄筋の組み立て、型枠のセット、コンクリートの打ち込み、養生



③PC鋼材を緩めてプレストレスの導入(PC鋼材の切断)その後脱型・仕上げ

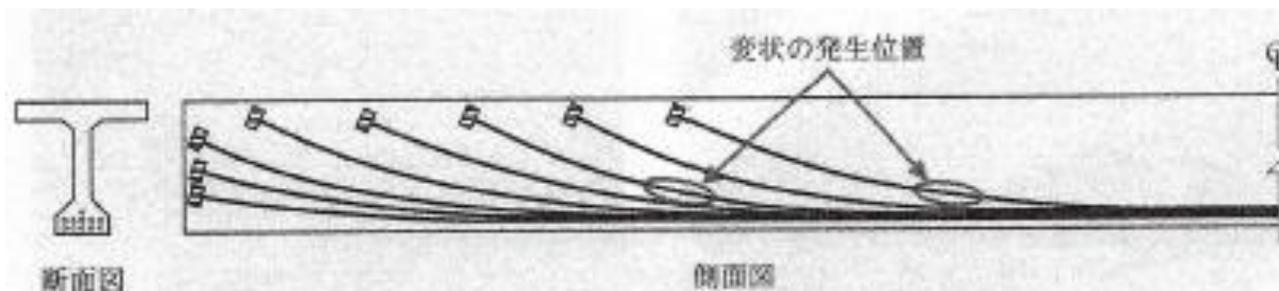


図 ポストテンション方式 PCT 桁

【問題 28】

火山ガスが活発に噴気している火口付近にある鉄筋コンクリート製高欄の全面に、写真のような変状が確認された。この変状の主たる原因として、次の(1)～(4)のうち、最も適当なものはどれか。



- (1) 火山ガス中の二酸化炭素による炭酸化
- (2) 火山ガス中の二酸化硫黄による化学的侵食
- (3) 土壌中の硫酸塩による化学的侵食
- (4) 火山礫による摩耗(すり減り)

(28)の解説

正解 (2)

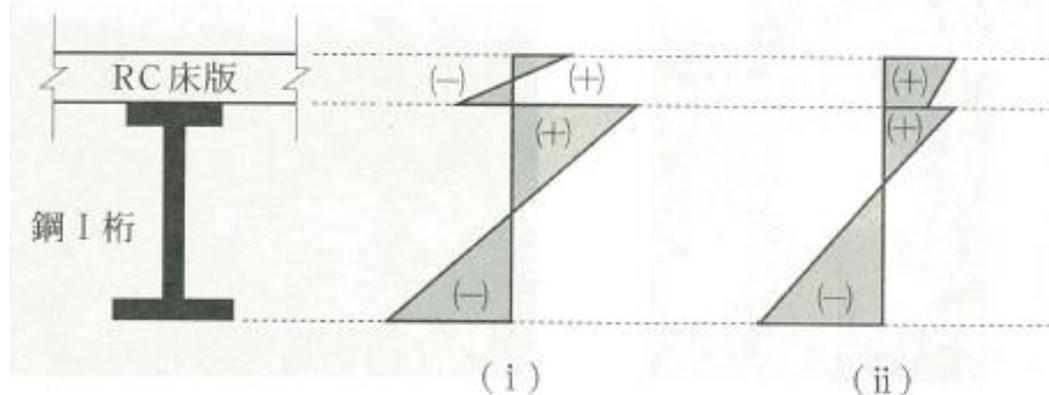
火山ガスの発生している付近のRC壁高欄の変状

- (1) 火山ガス中の二酸化炭素では、表面は荒れない。
- (2) 火山ガス中の二酸化硫黄で侵食した可能性は高い。
- (3) 土壌中の硫酸塩による化学的侵食は、高欄上部に影響しないとみてよい。
- (4) 火山礫による摩耗では、表面のペーストだけが侵食されないと考えられる。

【問題 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。



	(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

図 合成桁の断面の模式図と応力分布のイメージ

(29)の解説

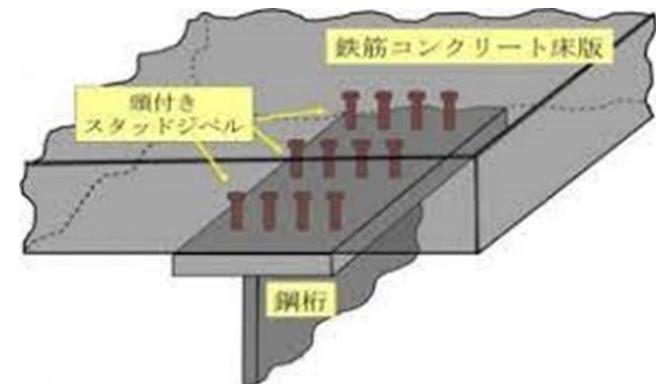
正解 (3)

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、降伏し内容は配慮が必要。



【問題 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、最も適切なものはどれか。



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。

(30)の解説

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ので 300°C 以下。 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 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 $600\sim 950^{\circ}\text{C}$ 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。

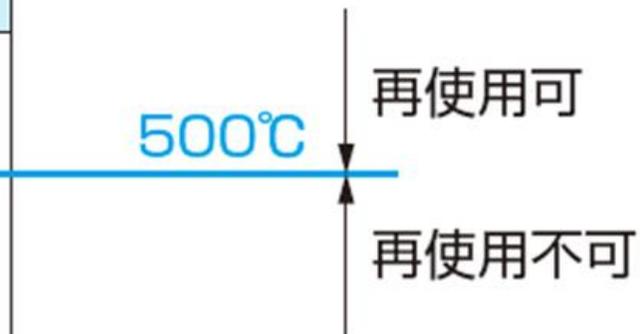
コンクリート表面の状態と受熱温度

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

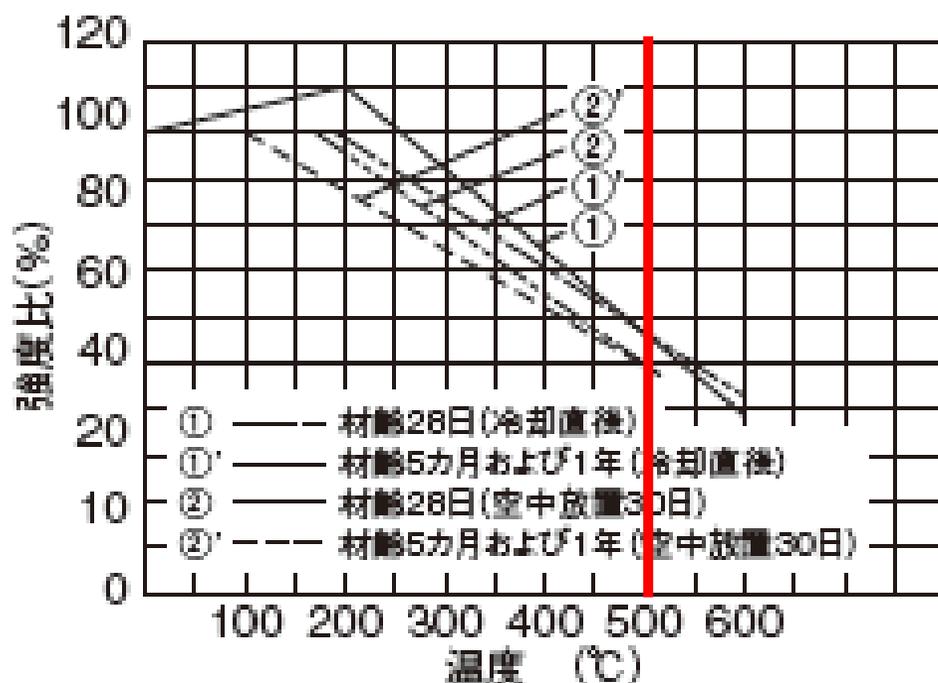
再使用不可



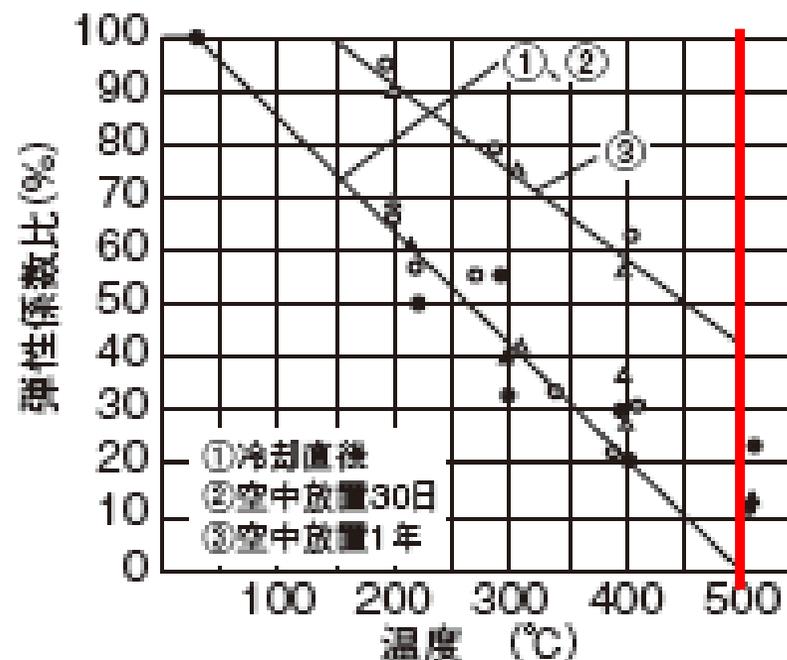
【加熱温度と力学性状低下の度合いについて】

●加熱温度と残存強度、残存弾性係数

[残存圧縮強度]



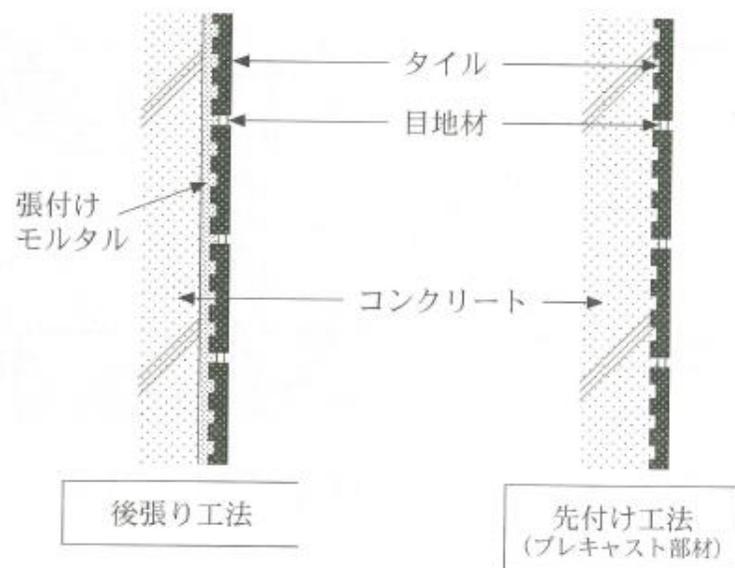
[残存弾性係数]



(参考文献:日本コンクリート工学会「コンクリート便覧」)

【問題 31】

鉄筋コンクリート造建築物のタイル外装仕上げにおいて、躯体との界面でタイルの剥離が発生した。タイル張り工法が、下図に示す後張り工法と先付け工法であった場合に適用する剥落防止対策として、(1)～(4)の組合せのうち、不適当なものはどれか。



	対象とする タイル張り工法	剥落防止対策
(1)	後張り工法	対策 A
(2)	後張り工法	対策 B
(3)	先付け工法	対策 A
(4)	先付け工法	対策 B

図 タイル張り工法の概念

剥落防止対策

対策A：目地部を削孔して注入口付アンカーピンを設置し、エポキシ樹脂を注入

対策B：アンカーピンで躯体に固定した補強メッシュとポリマーセメントモルタルでタイル面を被覆

(31)の解説

正解 (3)

タイル外装仕上げの剥離が生じたため、剥落防止対策を選定。

対策A：目地部を削孔し、アンカーピンを設置、エポキシ樹脂を注入

対策B：アンカーピンで補強メッシュを固定し、ポリマーセメントモルタルでタイル面を被覆

対策Bは、タイル面が補修材で被覆されるので、先付け工法でも後張り工法でも有効

対策Aは、先付け工法の場合、目地部に注入したエポキシ樹脂が剥離しているタイルまで充填されるか不明。

【問題 32】

夏期に施工されたボックスカルバートの側壁に、図に示すような幅0.3~0.5 mmの貫通ひび割れが発生した。使用したセメントは普通ポルトランドセメントである。このようなひび割れを抑制するための対策として、次の(1)~(4)のうち、不適当なものはどれか。

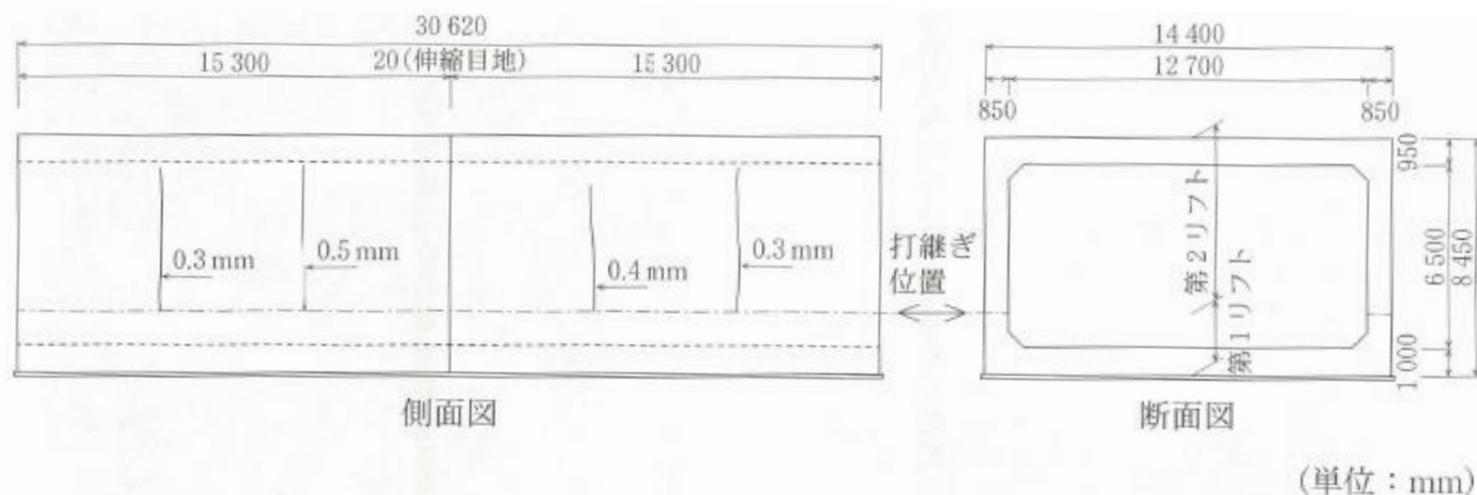


図 ボックスカルバートの概要とひび割れの発生状況

- (1) セメントを中庸熱ポルトランドセメントに変更する。
- (2) 側壁の主筋(鉛直方向)の鉄筋量を増やす。
- (3) コンクリート製造時に、冷却した粗骨材を使用する。
- (4) 伸縮目地を追加する。

(32)の解説

正解 (2)

壁厚850mmのコンクリートの温度ひび割れ

- (1) セメントを中庸熱セメントの変更すると水和熱は低下する。 適
- (2) 主筋（鉛直方向）の鉄筋量を増やしても有効にならない。 不適當
- (3) 製造時に冷却した粗骨材を用いると温度が低下する。 適當
- (4) 伸縮目地を追加すると温度応力は低減される。 適當

【問題 33】

鉄筋コンクリート構造物における劣化機構および対策の目的に対して適用する表面保護工法として、次の(1)～(4)の組合せのうち、不適当なものはどれか。

	劣化機構および対策の目的		表面保護工法
(1)	硫酸による化学的侵食	劣化因子の遮断	けい酸塩系表面含浸材を用いた 表面含浸工法
(2)	中性化	劣化因子の遮断	エポキシ樹脂を用いた 表面被覆工法
(3)	アルカリシリカ反応	劣化速度の抑制	シラン系表面含浸材を用いた 表面含浸工法
(4)	凍害	劣化速度の抑制	ポリマーセメントモルタルを用いた 表面被覆工法

(33)の解説

正解 (1)

RCの劣化機構、対策、表面保護工法の組み合わせ

- (1) けい酸塩系表面含浸材では、硫酸による化学的腐食が完全に保護できない。 ×
- (2) エポキシ樹脂で表面被覆をすれば、中性化は抑制される。 ○
- (3) シラン系表面含浸材は撥水効果があり、ASRの吸水膨張を抑制できる。 ○
- (4) ポリマーセメントモルタルで表面被覆をすれば、防水効果から凍害を抑制できる。 ○

【問題 34】

写真(A)～(D)に示す鉄筋コンクリート造建築物に発生したひび割れに対して、以下のように対策の目的が設定されている。設定した目的に対して選定する主な対策として、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。



写真(A)：片持ち梁側面のせん断ひび割れ
(ひび割れ幅 0.5 mm)

対策の目的：耐荷力の回復



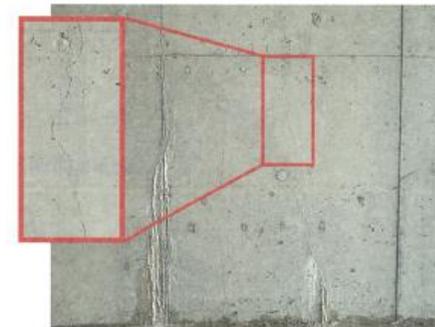
写真(B)：外壁のひび割れ
(ひび割れ幅 0.3 mm)

対策の目的：水の浸入防止



写真(C)：垂れ壁底面のひび割れ
(ひび割れ幅 1.5 mm)

対策の目的：鉄筋腐食の進行抑制



写真(D)：地下外壁内面のひび割れ
(ひび割れ幅 0.1 mm)

対策の目的：漏水の防止

	写 真	対 策
(1)	(A)	セメント系注入材を用いた低圧注入工法
(2)	(B)	可とう性エポキシ樹脂を用いたUカット充てん工法
(3)	(C)	ウレタン系注入材を用いた低圧注入工法
(4)	(D)	ポリマーセメントペーストを用いた表面被覆工法

(34)の解説

正解 (2)

RC造建築物のひび割れと対策について、適当なもの。

- (1) セメント注入材では、耐荷力の回復はできない。不適當
- (2) 可とう性エポキシ樹脂はひび割れ幅の動きに追隨でき、水の浸入を防止できる。
- (3) ウレタン系注入材で、鉄筋の防食はできない。不適當
- (4) 外壁の漏水対策で、ポリマーセメントペーストの表面被覆工法は効果が期待できない。不適當

適当なものは、(2)

【問題 35】

コンクリート構造物の断面修復工法に用いられるポリマーセメントモルタルのポリマーセメント比(P/C)と、ポリマーセメントモルタルの性能の一般的な大小関係の組合せを示す表中の(1)～(4)のうち、不適当なものはどれか。なお、P/Cは5%～10%の範囲とし、P/Cが変化してもポリマーセメントモルタルの水セメント比は変化しないものとする。

	性 能	小 ← ポリマーセメント比(P/C) → 大
(1)	圧縮強度	小 ←————→ 大
(2)	既設コンクリートとの付着性	小 ←————→ 大
(3)	透水係数	大 ←————→ 小
(4)	中性化速度係数	大 ←————→ 小

(35)の解説

正解 (1)

ポリマーセメントモルタル中のポリマー分の影響

ポリマー分が多くなると、

圧縮強度は、低下する。

付着性は、増加する。

透水係数は、小さくなる。 緻密になり・・・

中性化速度係数は、小さくなる。

不適当なものは、 (1)

【問題 36】

鉄道トンネルにおける覆工コンクリートの剥落防止対策として、下図に示すような範囲のコンクリート表面に繊維シート接着工法を適用することとした。繊維シートに用いる繊維の種類として、次の(1)～(4)のうち、最も不適當なものはどれか。

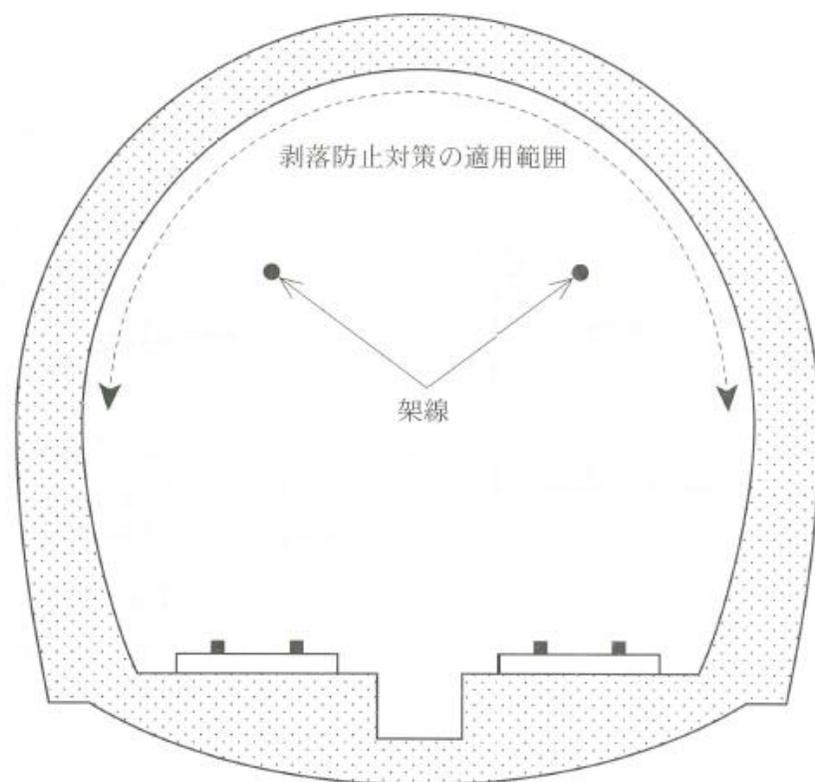


図 鉄道トンネルの断面の概要

- (1) アラミド繊維
- (2) ナイロン繊維
- (3) ポリエチレン繊維
- (4) 炭素繊維

(36)の解説 2020年度に再掲

正解 (4)

鉄道トンネルの覆工コンクリートの剥落防止対策の問題

繊維シート接着工法として、不適當なもの

鉄道トンネルでは、架線が近いので、電気伝導率が高いものは不適當

炭素繊維は電気伝導率が大きいため、不適當と考えられる。

よって、(4)が最も不適當である。

【問題 37】

塩害環境下にある鉄筋コンクリート構造物に対して、図1に示すような外部電源方式の電気防食(カソード防食)を適用することとした。事前に、コンクリート構造物に埋設された鉄筋の分極特性を求めたところ、図2に示す結果を得た。通電時の電位変化量を100 mVとして電気防食を行うために必要な電流密度と、図1に示す電流の向き(1)~(4)の組合せのうち、適当なものはどれか。

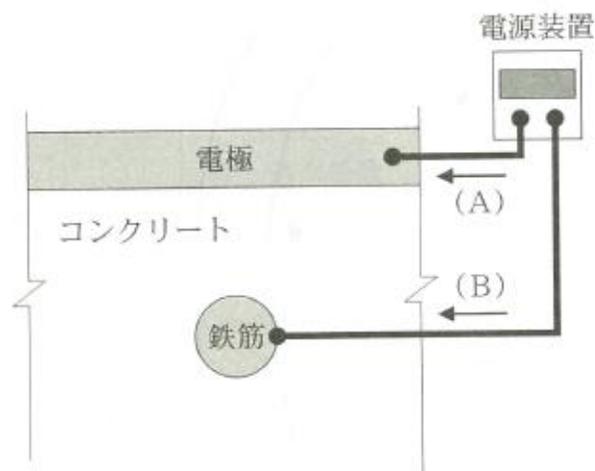


図1 電気防食の概念

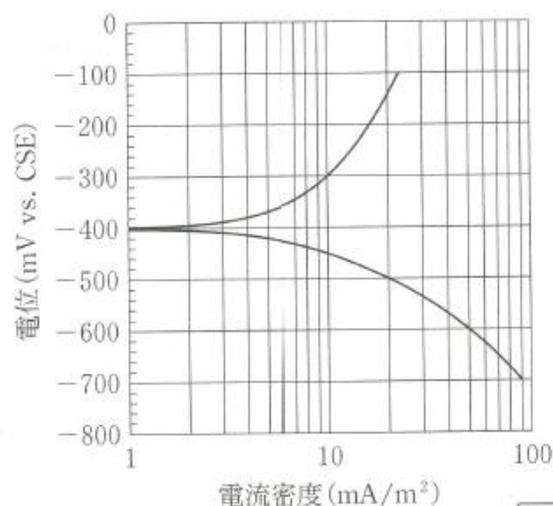


図2 鉄筋の分極曲線

	電流密度	電流の向き
(1)	10 mA/m ²	(A)
(2)	10 mA/m ²	(B)
(3)	20 mA/m ²	(A)
(4)	20 mA/m ²	(B)

(37)の解説

正解 (3)

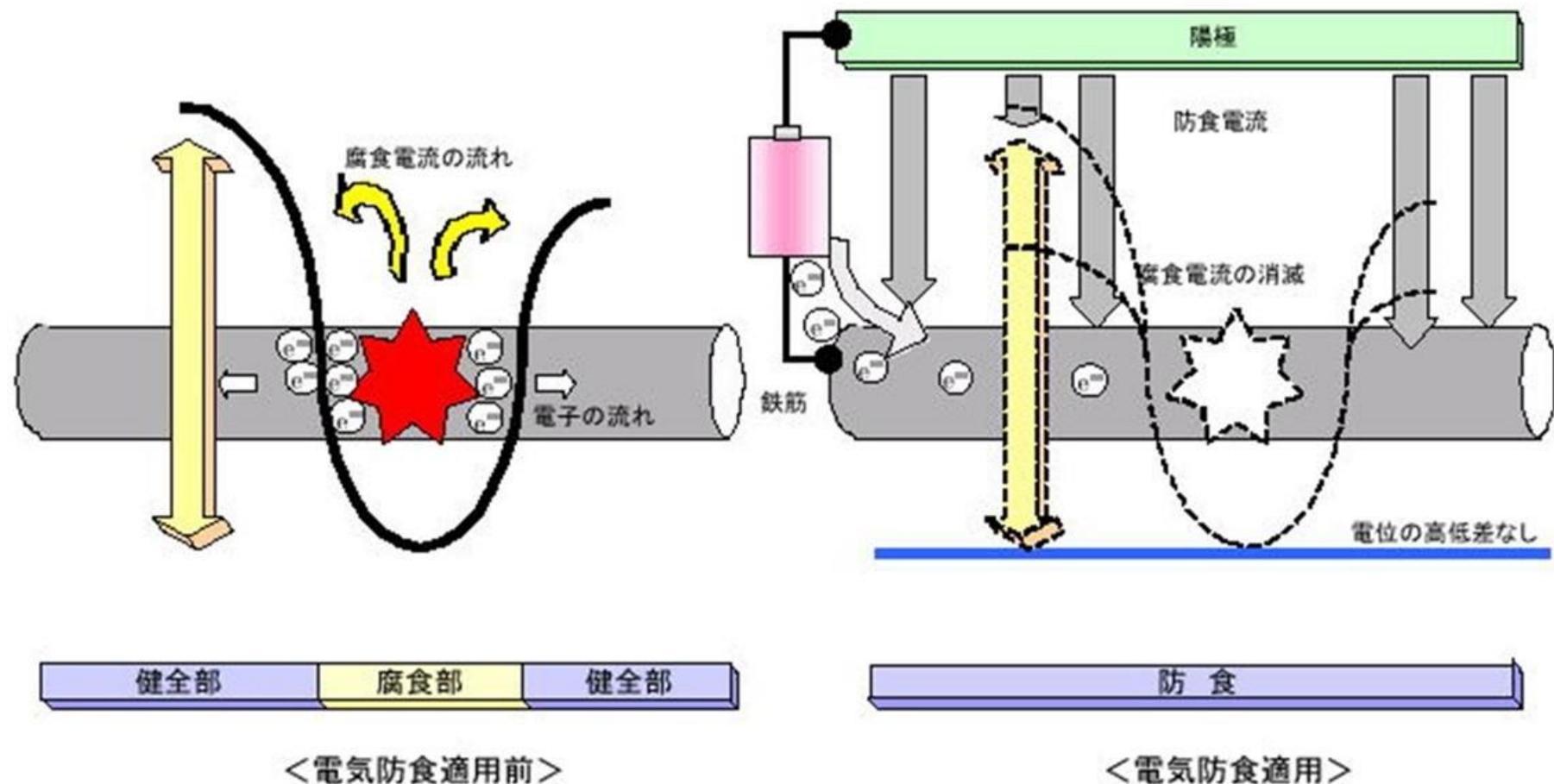
電気防食工法は、直流電流を外部から鋼材に連続的に流し込むことにより、鋼材がイオン化（腐食）することを防ぐ工法である。

通電時の電位変化量を100 mV卑（一側）にするためには、20 mA/m²の電流密度が必要である。

電極をプラス極、鉄筋をマイナス極とするので、電流の流れる向きは、(A)となる。

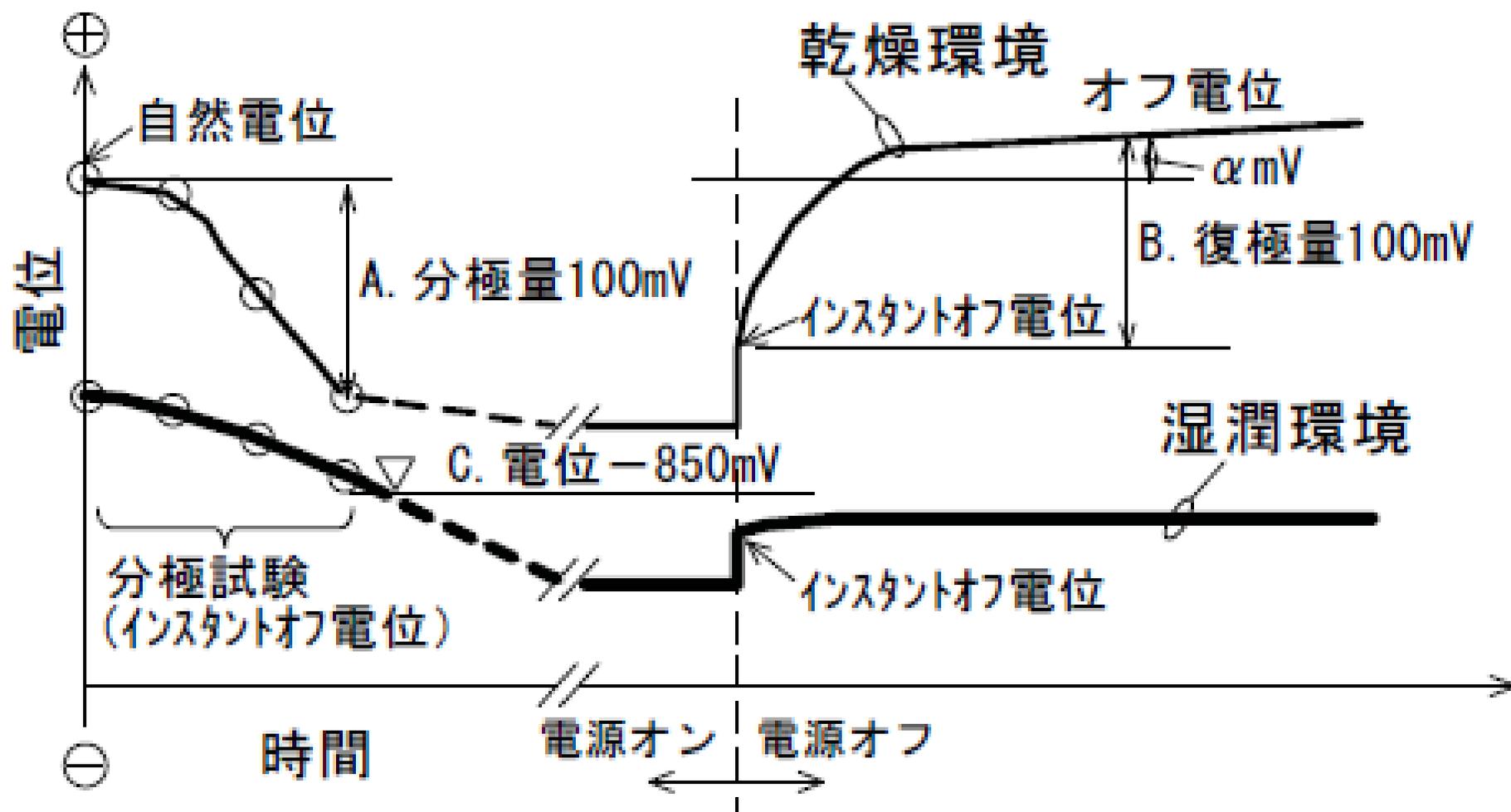
適当なもの (3)

電気防食の原理





電気防食工法の通電管理方法



【問題 38】

輪荷重が繰返し作用する道路橋鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断耐力の算定式に関する、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。

輪荷重が繰返し作用する鉄筋コンクリート床版は、床版が梁状化した後、図1に示すように載荷面端部から45°以下でせん断ひび割れが発生し、床版を貫通して疲労破壊に至ると考えられる。このような破壊モデルに基づけば、床版の押抜きせん断耐力は、(A)領域のコンクリートのせん断抵抗力と(B)鉄筋のダウエル効果による抵抗力の和として下式で表される。このことから、(C)側を高強度のコンクリートで増厚することにより、押抜きせん断耐力を向上させる工法が用いられている。

	(A)	(B)	(C)
(1)	圧縮	圧縮	引張
(2)	圧縮	引張	圧縮
(3)	引張	圧縮	引張
(4)	引張	引張	圧縮

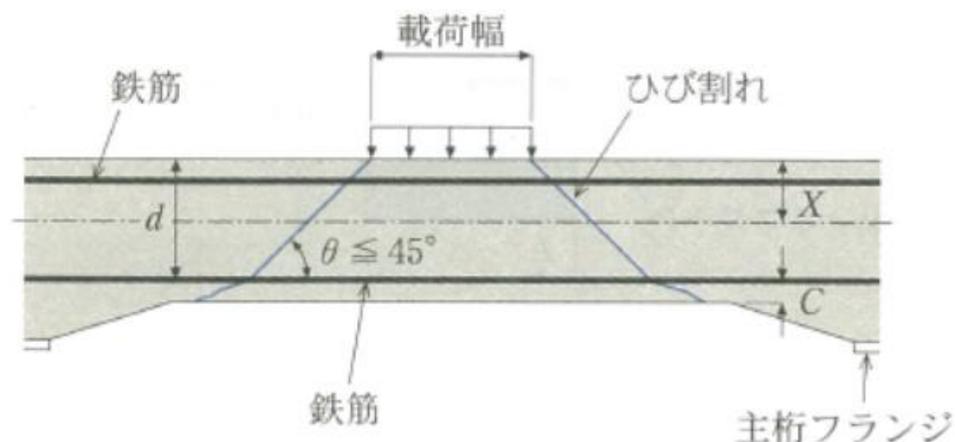


図1 鉄筋コンクリート床版の概要

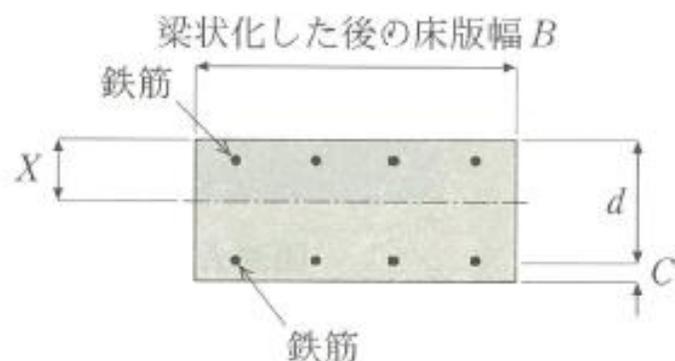


図2 梁状化の断面モデル

鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断耐力 P

$$P = 2B \cdot \tau_s \cdot X + 2B \cdot \sigma_t \cdot C$$

ここに、 B ：梁状化した後の床版幅(図2参照)

τ_s ：コンクリートのせん断強度

X ：コンクリートの圧縮縁から中立軸までの距離

σ_t ：コンクリートの引張強度

C ：コンクリートの引張縁から鉄筋中心までの距離

(38)の解説

正解 (2)

床版が梁状化した鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断耐力は、圧縮域のコンクリートのせん断抵抗力と、引張鉄筋のせん断抵抗するダウエル効果による抵抗力が合わさったものとなる。

(A) は圧縮 (B) は引張 (C) は圧縮

正解は、(2)

ダウエル効果とは、コンクリート梁部材の作用するせん断力に対し主筋が抵抗する効果をいう。

【問題 39】

ライフサイクルコストを算出する場合、将来に要する費用を現在価値に置き換える必要がある。X年後に実施を予定している補修工事の費用を、複利法によって現在価値に換算する式として、次の(1)~(4)のうち、適当なものはどれか。ここで、 γ は社会的割引率とし、物価の変動は無いものとする。

(1) $(X \text{ 年後の補修工事の費用}) \times (1 + \gamma)^X$

(2) $(X \text{ 年後の補修工事の費用}) \times (1 + X \cdot \gamma)$

(3) $\frac{X \text{ 年後の補修工事の費用}}{(1 + \gamma)^X}$

(4) $\frac{X \text{ 年後の補修工事の費用}}{(1 + X \cdot \gamma)}$

(39)の解説

正解 (3)

現在の資産を利率 γ で複利で運用すると、 X 年後には、
 $(1 + \gamma)$ の X 乗に資産が増える。

逆に、 X 年後の資産を $(1 + \gamma)$ の X 乗で割れば、現在の資産になる。

γ を社会的割引率に置き換えると X 年後の補修費用を、
 $(1 + \gamma)$ の X 乗で割れば現在価値となる。

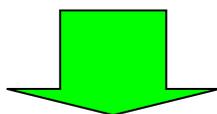
適当なものは、 (3)

■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

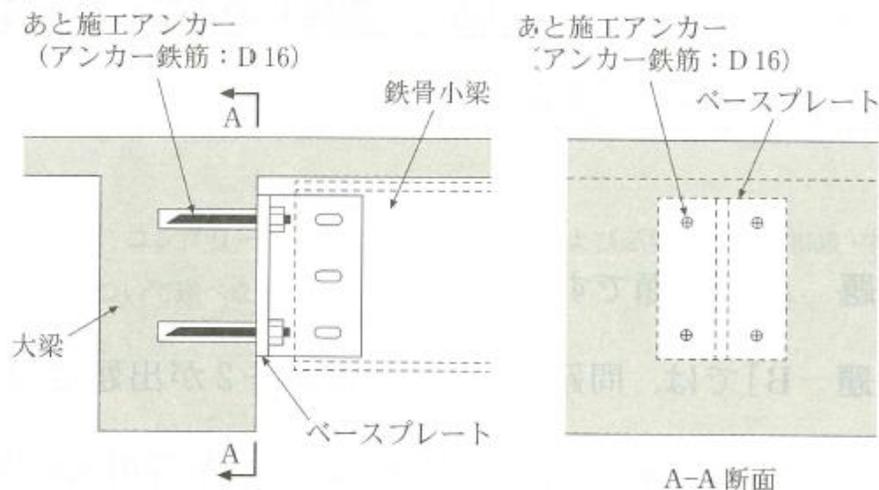


- 現在の100万円 → 10年後は148万円(利率4%)
- 10年後の100万円 → 現在の67.6万円(割引率4%)

【問題 40】

鉄筋コンクリート床スラブの振動対策として、あと施工アンカーを用いて鉄骨小梁を大梁に取り付ける場合、梁接合部(A-A断面)のせん断耐力として、次の(1)～(4)のうち、最も適当なものはどれか。

ただし、あと施工アンカー1本当りへのせん断耐力には、以下に示す算定値を用いる。



(1) 95.6 kN

(2) 107 kN

(3) 191 kN

(4) 215 kN

アンカー鉄筋の強度から決まる、あと施工アンカー1本当りへのせん断耐力 Q_{a1}

$$Q_{a1} = 0.7 \sigma_y \cdot s a_e = 47.8 \text{ kN}$$

コンクリートの支圧強度から決まる、あと施工アンカー1本当りへのせん断耐力 Q_{a2}

$$Q_{a2} = 0.4 \sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \cdot s a_e = 53.7 \text{ kN}$$

ここに、 σ_y : アンカー鉄筋の降伏点

σ_B : 大梁コンクリートの圧縮強度

E_c : 大梁コンクリートのヤング係数

$s a_e$: アンカー鉄筋の1本当りへの断面積

(40)の解説

正解 (3)

あと施工アンカーを用いた接合部のせん断耐力は、鋼材の降伏で決まるせん断耐力とコンクリートの支圧で決まるせん断耐力の小さい方で算定する。

小さい方のせん断耐力は1本あたり、47.8 kN

4本のあと施工アンカーが用いられているので、

$$47.8 \times 4 = 191.2 \quad \text{kN}$$

適当なもの (3)