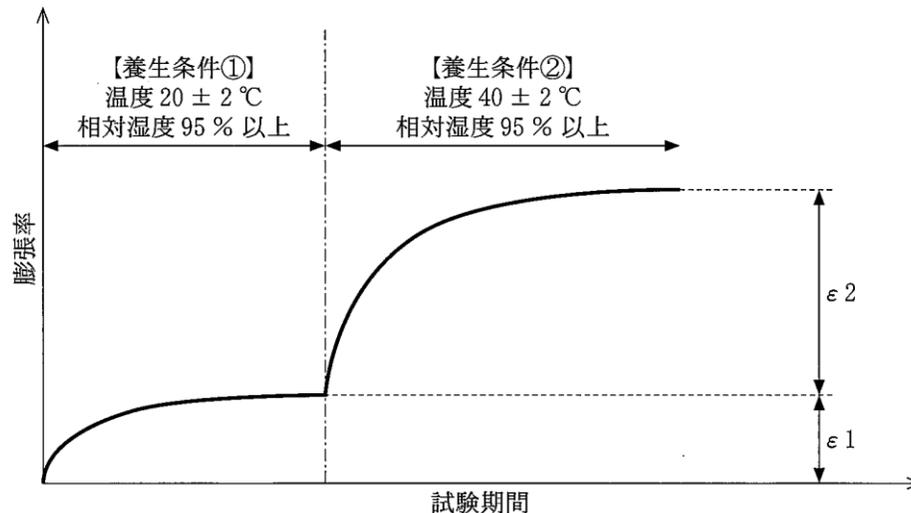


【問題 19】

アルカリシリカ反応の発生が疑われるコンクリート構造物について、JCI-S-011-2017(コンクリート構造物のコア試料による膨張率の測定方法)に従ってコア試料を採取して膨張率を測定したところ、下図のとおりとなった。この測定によって得られた膨張率に関する次の記述中の(A)および(B)に当てはまる(1)~(4)の語句および値の組合せのうち、JCI-S-011-2017の規定に照らして、正しいものはどれか。

養生条件①で膨張率の測定値が一定値に収れんしたので、養生条件②で膨張率の測定値が収れんするまで測定を行った。この結果から、 ϵ_1 の値を(A)として、また、(B)の値を促進膨張率として報告した。



	(A)	(B)
(1)	残存膨張率	$\epsilon_1 + \epsilon_2$
(2)	残存膨張率	ϵ_2
(3)	解放膨張率	$\epsilon_1 + \epsilon_2$
(4)	解放膨張率	ϵ_2

図 構造物から採取したコア試料の膨張率測定結果(模式図)

問題(19)の解説

正解は (4)

コア試料を温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度95%以上で養生した際に生じる膨張率が一定値に収れんしたときの膨張率を解放膨張率とする。

その後、温度 $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度95%以上で養生した際に生ずる膨張率を促進膨張率として規定している。

【促進養生試験について】

試験方法	養生条件	測定期間	コア径
JCI-S-011法 (旧JCI-DD2法)	40°C 湿度95%以上	3ヶ月～6ヶ月	Φ100mm
アルカリ溶液浸漬法 (旧カナダ法)	80°C NaOH溶液	14日～28日	Φ50mm
飽和NaCl溶液浸漬法 (旧デンマーク法)	50°C NaCl溶液	3ヶ月	Φ50mm

【問題 20】

以下の記述は、コンクリート構造物のひび割れに生じたエフロレッセンスと思われる白色析出物に関するものである。下線部の項目を調査分析する上で、使用する試料の形態と分析装置の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、不適当なものはどれか。

エフロレッセンスはセメント水和物である水酸化カルシウムがコンクリート表面に溶出して、空気中の二酸化炭素を取り込んで炭酸カルシウムとして析出したものである。アルカリシリカ反応に起因してエフロレッセンスが発生している場合には、アルカリシリカゲルが混在していることがある。エフロレッセンス中にアルカリ炭酸塩などのアルカリ塩が確認された場合には、コンクリート中の骨材の反応性や水溶性アルカリ量を調べるとよい。

	調査項目	試料の形態	分析装置
(1)	炭酸カルシウム	粉末	X線回折装置
(2)	アルカリシリカゲル	粉末	示差熱天秤
(3)	骨材の反応性	コンクリート薄片	偏光顕微鏡
(4)	水溶性アルカリ量	抽出液	原子吸光光度計

問題(20)の解説

正解は、(2)

炭酸カルシウムの調査には、示差熱重量分析、粉末を用いたX線回折装置を用いるので**適**。

アルカリシリカゲルの調査には、化学成分分析(湿式成分分析、蛍光X線分析)、SEM-EDXA、酢酸ウラニル蛍光法を用いる。示差熱天秤は、セメントの分析やセメント硬化体中の反応生成物の定性・定量分析に使用する。

骨材中の反応性珪物の調査では、コンクリート薄片を偏光顕微鏡で観察するので**適**。

水溶性アルカリ量の調査では、コンクリートからの抽出液に対して原子吸光光度法を用いるので**適**。

示差熱重量分析 (TG/DTA)

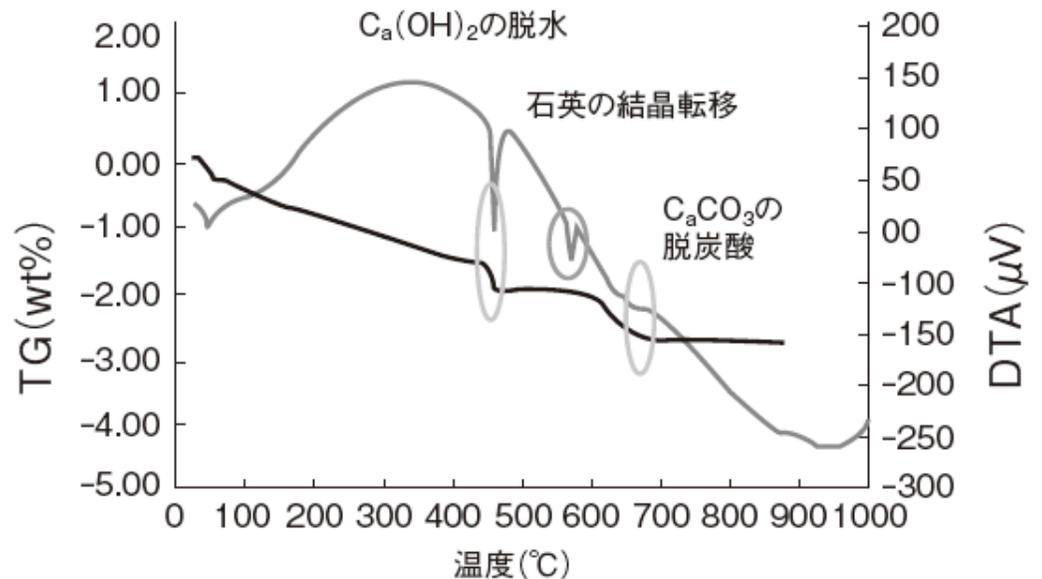
Thermo-Gravimetry/Differential Thermal Analysis

示差熱重量分析とは、加熱や冷却によって生じる重量の変化を連続的に測定し、どの温度で試料にどんな変化が起こっているかを把握することができる熱分析方法。



示差熱重量分析装置の例

●コンクリートの熱分析結果の例

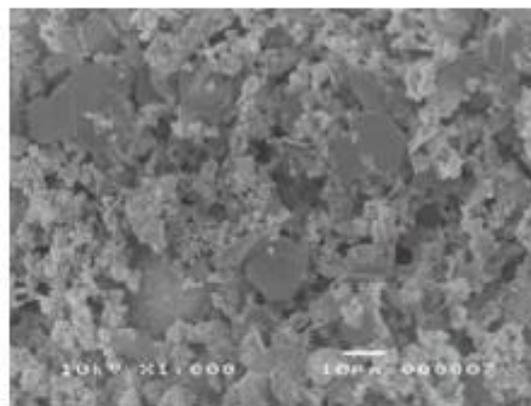
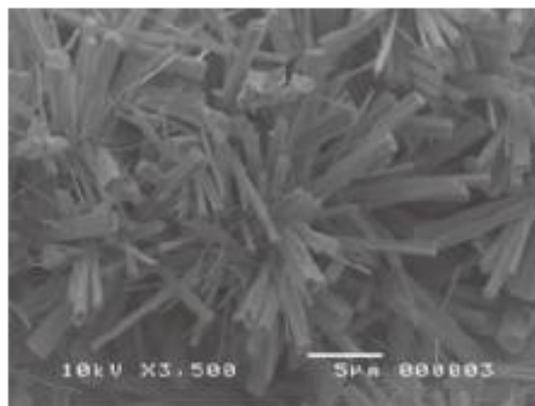
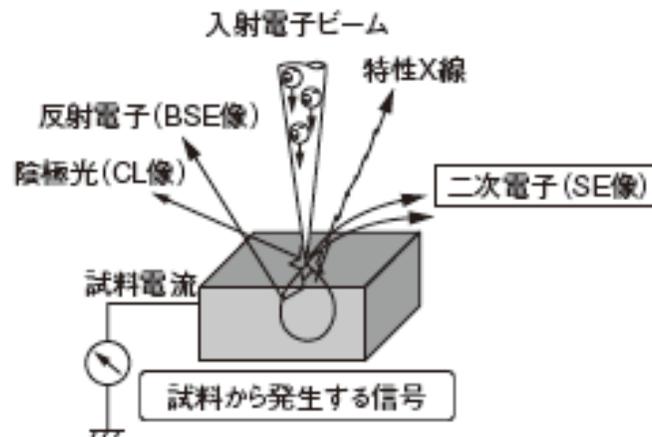


走査型電子顕微鏡 (SEM)



走査型電子顕微鏡の例

●走査型電子顕微鏡の測定原理



セメント水和物のSEM写真の例。左はエトリンガイトで、右はモノサルフェート

SEMは、その分解能を生かして、コンクリート中の空隙の形態や、アルカリシリカゲルの存在状態、セメントの水和物まで観察可能。

■ エネルギー分散型検出装置

EDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)

電子顕微鏡観察を行いながら、微小領域の元素分析を定性的、定量的に分析する。

適用例

- ・ 元素分析による構成鉱物の特定



SEM/EDX装置

原子吸光分析

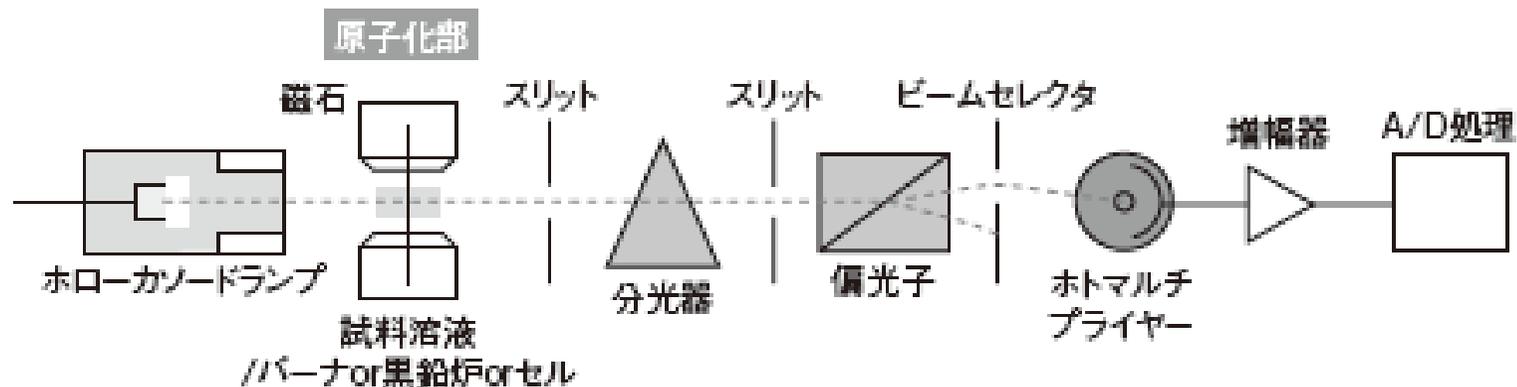


原子吸光光度計

原子吸光分析とは、金属元素類の高感度分析法の一種。

目的元素の濃度を測定することができ、セメント中の微量成分の分析などに使用される。

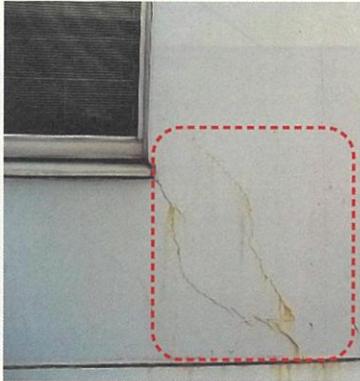
●原子吸光光度計の概略構成図



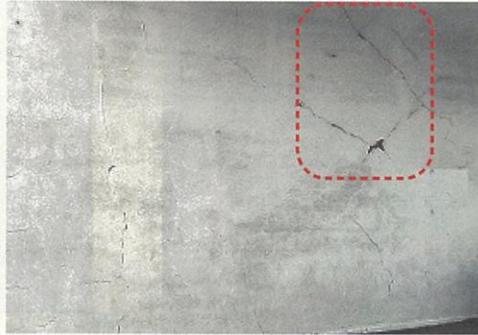
【問題 21】

【99 設問】

写真(A)～(D)に示すRC造建築物のひび割れについて、鉄筋腐食先行型(鉄筋腐食が起因となっているもの)と判断できるものとして、次の(1)～(4)の適・不適の組合せのうち、適当なものはどれか。



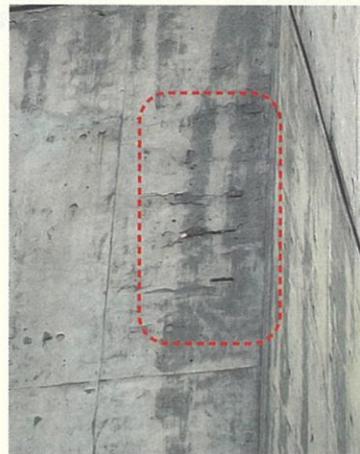
写真(A) 開口角部のひび割れ



写真(B) 壁の斜め方向のひび割れ



写真(C) 開口部周辺のひび割れ



写真(D) 柱の水平方向のひび割れ

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

問題(21)の解説

正解は、(3)

写真(A)は乾燥収縮ひび割れ。

写真(B)はひび割れ幅が大きいものの錆汁は比較的少ない。

写真(C)は仕上げ材が施された開口部周辺のひび割れであるが、仕上げ材にひび割れや剥離が生じており、鉄筋が腐食膨張して剥離したと推定される。

写真(D)は、柱の帯筋に沿ったひび割れであり、鉄筋が腐食してひび割れが生じたものと推定される。

【問題 22】

RC造建築物の外壁において、写真に示すようなひび割れが確認された。このひび割れの原因として、次の(1)～(4)のうち、最も適当なものはどれか。

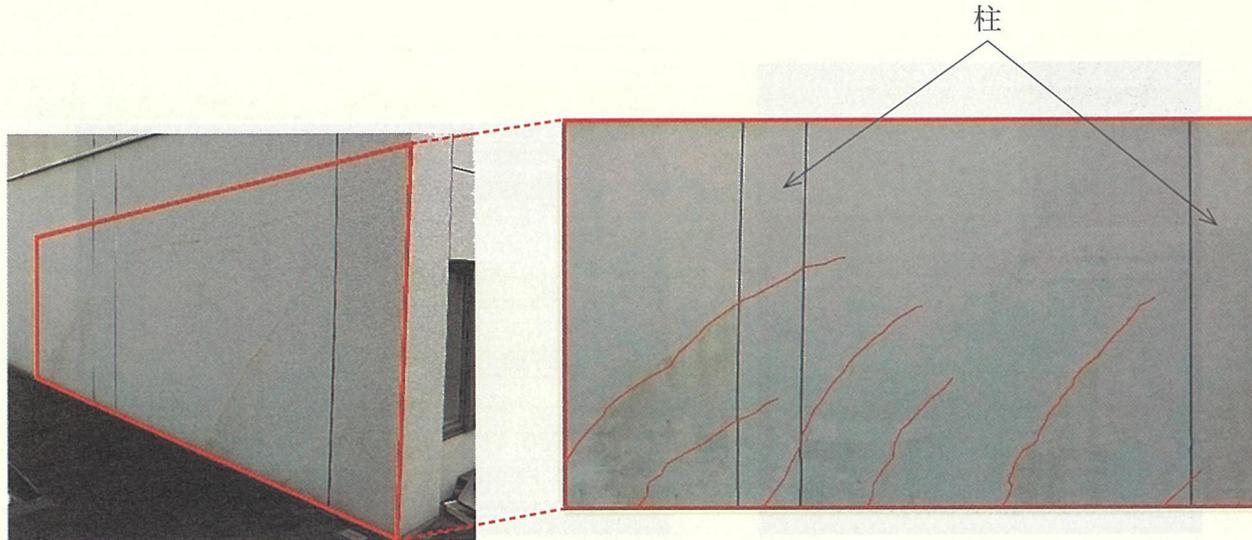


写真 RC造建築物の外壁(1階部分)

- (1) 打込み時のコンクリートの沈降
- (2) 不同沈下
- (3) 打重ね部の締固め不足
- (4) 水和熱による温度応力

問題(22)の解説 (2014年度問題の再掲)

正解は、(2)

外壁の生じるひび割れの原因について

- (1) 打込み時の沈降によるひび割れはほぼ水平となる。
- (2) 不同沈下の可能性は高い。 **適当と考えられる。**
- (3) 打重ね部の締固め不足は、コールドジョイントとなり、形状は類似しているが、複数となる可能性は低い。
- (4) 水和熱による温度ひび割れは、鉛直になる。

外壁に生じた斜めひび割れで、柱の部分にも生じているので、不同沈下と考えられる。

外壁に生じる施工時の変状



← 沈下ひび割れ

コールドジョイント

温度ひび割れ



【問題 23】

下図の断面を有する，西日本の温暖な地域に位置する道路橋の PRC 注)連続ラーメン箱桁の径間中央において，建設後数年で設計の想定以上の曲げひび割れ幅およびたわみの増大が見られた。このような変状が生じた原因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。

なお，変状が確認された当時，上床版に防水層は設置されていなかったが，桁内の排水設備は機能していた。

注) 使用状態での曲げひび割れの発生を限定的なものに制御したプレストレスト鉄筋コンクリート構造

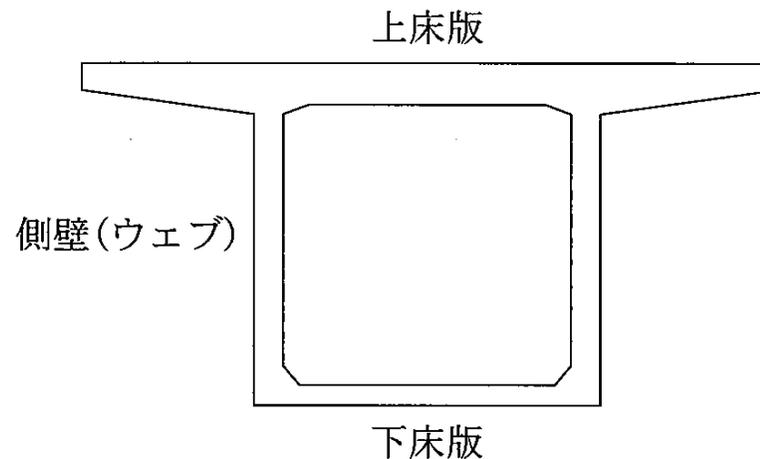


図 箱桁断面の概要

箱桁断面の各部位は、日射や降雨、風などの環境作用の違いにより、乾燥収縮の進行の程度が異なる。例えば、上床版の上面では乾燥収縮が進行(A)、下床版の下面および上床版張出し部の下面では進行(B)傾向がある。

このような状態にある箱桁断面で、(C)床版のプレストレス量が(D)したことにより、曲げひび割れ幅およびたわみが増大したものと考えられる。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	しやすく	しにくい	上	増加
(2)	しやすく	しにくい	下	減少
(3)	しにくく	しやすい	上	増加
(4)	しにくく	しやすい	下	減少

問題(23)の解説

正解は (4)

未舗装のPRC箱桁橋では、降雨の影響を受ける上床版の乾燥収縮ひずみは下床版の乾燥収縮ひずみに比べて小さくなる。

(A)は「**しにくく**」、(B)は「**しやすく**」が入る。

下床版のプレストレス量が**減少**するので、曲げひび割れやたわみが増大する。

【問題 24】

建設後 36 年経過した RC 構造物において、設計かぶり(厚さ)が同一の複数の箇所で調査したところ、鉄筋のかぶり(厚さ)の分布は平均 51 mm、標準偏差 $\sigma = 10$ mm であり、中性化深さは平均 24 mm であった。かぶり(厚さ)の分布が正規分布に従い、その 95% 信頼区間を 2σ としたとき、中性化深さが調査時点から信頼区間の下限値に到達するまでの年数として、次の(1)~(4)のうち、最も適当なものはどれか。

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。また、中性化深さのばらつきは考慮しないものとする。

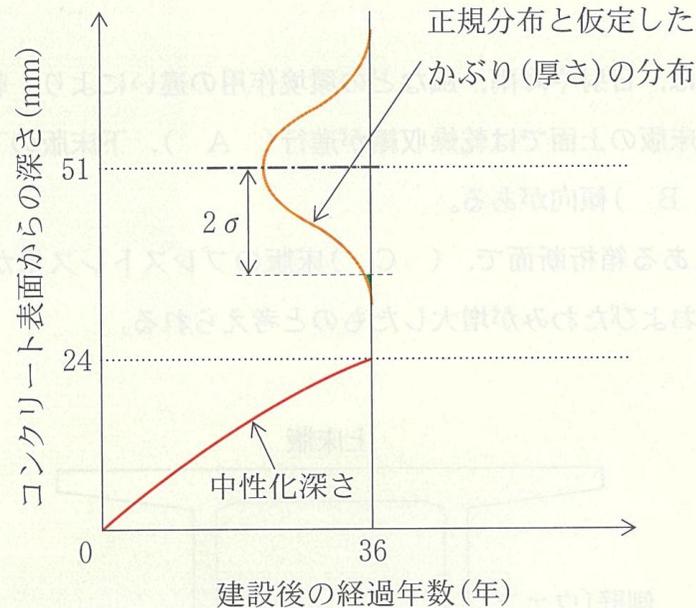


図 中性化深さの経年変化とかぶり(厚さ)分布の概念図

- (1) 24 年
- (2) 36 年
- (3) 60 年
- (4) 127 年

問題(24)の解説

正解は、(1)

中性化深さから中性化速度係数を求めると、

$$24 = A\sqrt{36} \text{ から } A = 4$$

かぶり厚さの下限值は、

$$51 - 2.0 \times 10 = 31 \text{ (mm)}$$

この深さまで中性化が到達する年数 t は、

$$31 = 4\sqrt{t} \text{ から、 } t = 60 \text{ (年)}$$

調査時点からの年数なので、 $60 - 36 = 24$ 年 となる。

【問題 25】

下図に示すような、西日本の温暖な都市部に位置する建設後 50 年が経過した道路橋の RC 中空床版の下面に、写真に示すような変状が見られた。このような変状が生じた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、適切なものはどれか。

なお、調査の結果、海砂が使用されていることが確認されており、建設後 25 年までは上床版に防水層は設置されていなかった。

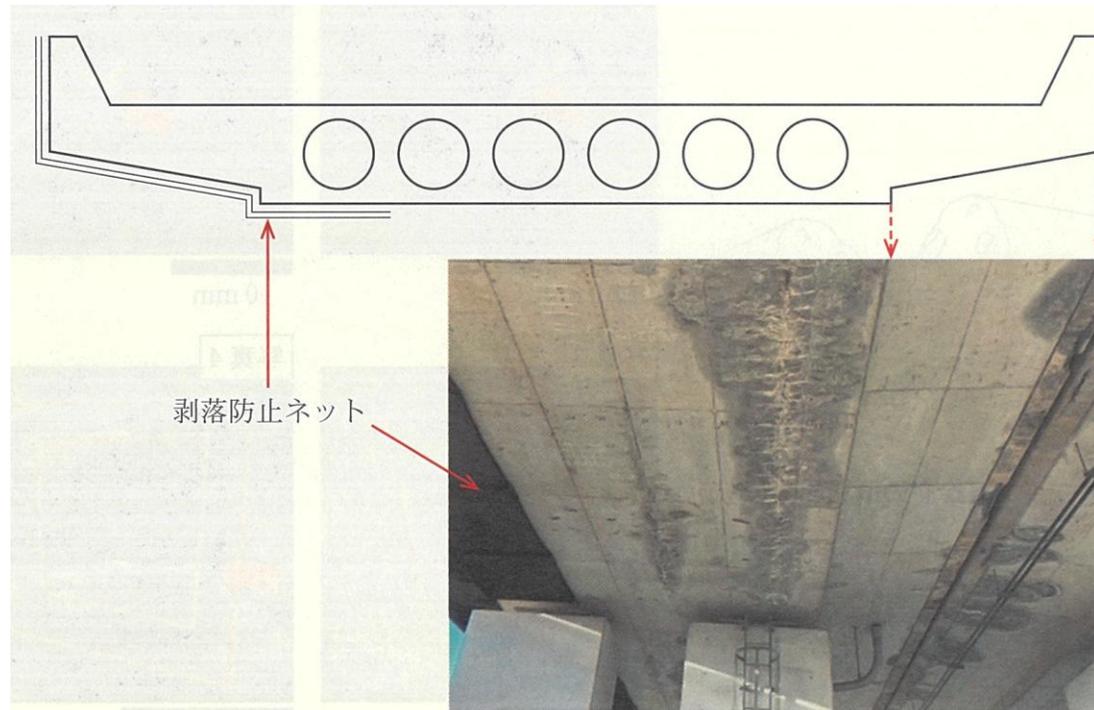


図 RC 中空床版の断面の概要および下床版下面の変状

RC 中空床版の施工時に円筒型枠が(A), これにより中空円筒の直(B)のコンクリート厚さが設計より小さくなった。供用後の重交通による疲労で、中空円筒の直(B)の部分にひび割れが生じ、(C)しやすくなったと考えられる。加えて、除塩不足の海砂を使用したことによる内在塩化物イオンの影響により、円筒型枠下方の部分の鉄筋の腐食が促進されたと考えられる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	浮力により持ち上がり	上	円筒型枠内に水が浸入
(2)	コンクリートの重みにより沈下し	下	円筒型枠の下部から二酸化炭素が浸入
(3)	浮力により持ち上がり	上	円筒型枠の下部から二酸化炭素が浸入
(4)	コンクリートの重みにより沈下し	下	円筒型枠内に水が浸入

問題(25)の解説

正解は、(1)

プレストレスト中空床版橋では、コンクリート打設の際に埋設円筒型枠が浮力の作用で持ち上がり、設置位置に誤差が生じる場合がある。

その結果、埋設円筒型枠の直上のかぶり厚さが小さくなってひび割れが生じ、水が浸入しやすくなったと考えられる。

【問題 26】

アルカリシリカ反応が生じた構造物より採取したコンクリートコアについて、図に示すような破断面を観察したときに見られる析出物の形態の特徴に関する記述(A)～(D)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) 写真1の白色生成物は、空隙に溜まったアルカリシリカゲルである。
- (B) 写真2の白色生成物は、粗骨材のひび割れに充填したアルカリシリカゲルである。
- (C) 写真3の変色部は、細骨材から周囲ににじみ出したアルカリシリカゲルである。
- (D) 写真4の変色部は、粗骨材の周縁部に生じた反応リム(反応環)である。

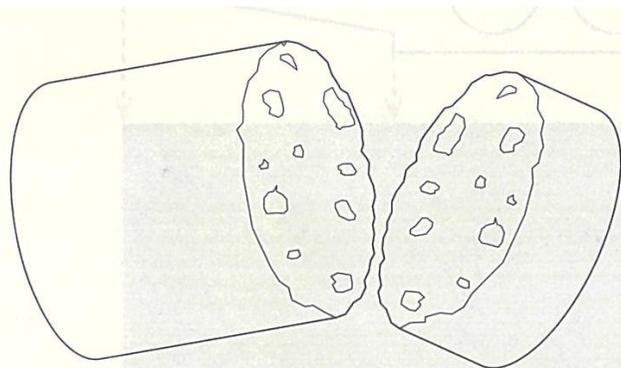


図 コア観察面の概念図

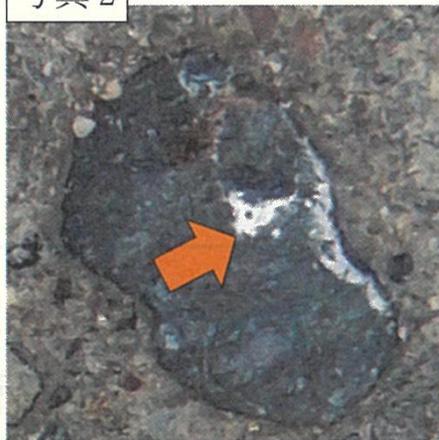
	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	不適	適	不適	適
(2)	適	不適	不適	不適
(3)	適	適	適	適
(4)	不適	不適	適	不適

写真1



10 mm

写真2



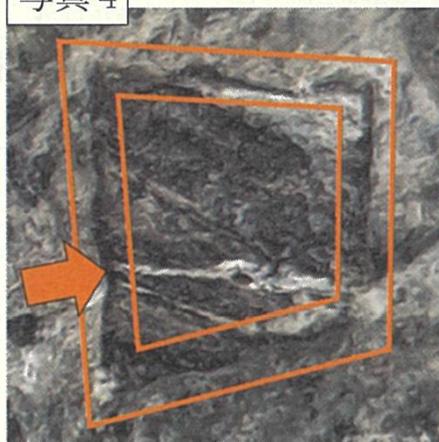
10 mm

写真3



10 mm

写真4



10 mm

写真 コア観察面の様子

問題(26)の解説

正解は、(3)

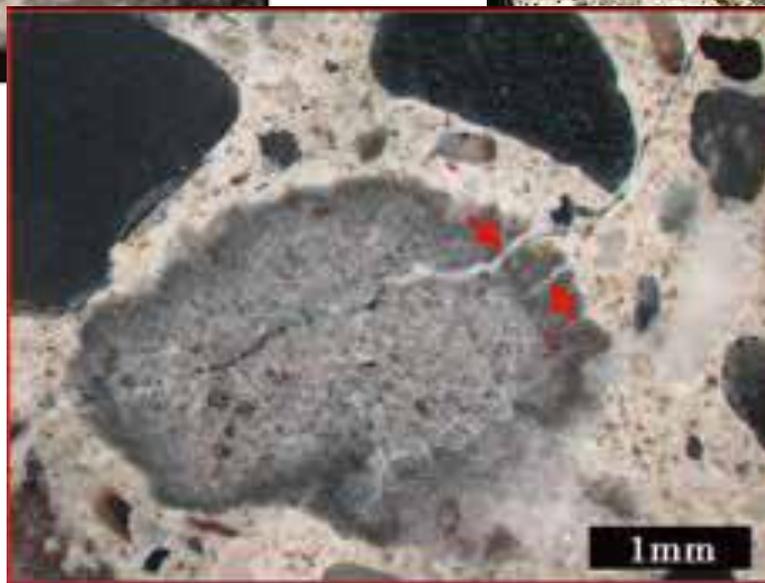
写真1の白色生成物は、粗骨材周囲の遷移帯の空隙にアルカリシリカゲルが溜まったものである。

写真2の白色生成物は、ASRによって発生した粗骨材内部のひび割れに充填したアルカリシリカゲルである。

写真3の変色部は、細骨材から周囲ににじみ出たアルカリシリカゲルである。

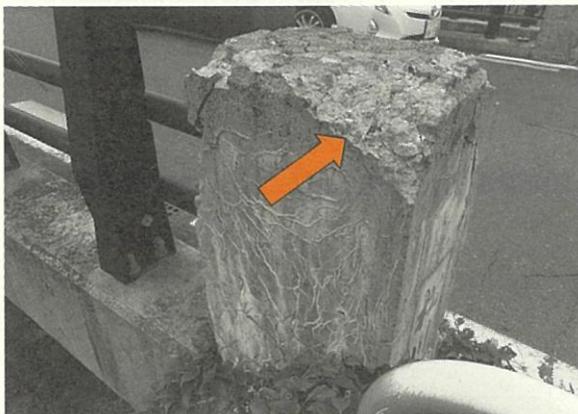
写真4の変色部は、粗骨材の周縁部に発生した反応リムとみなせる。

反応リムと骨材の割れ

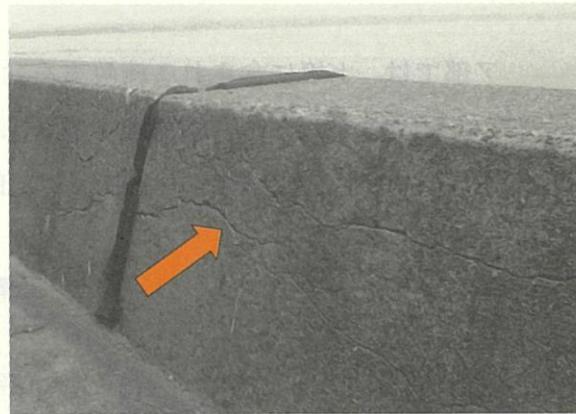


【問題 27】

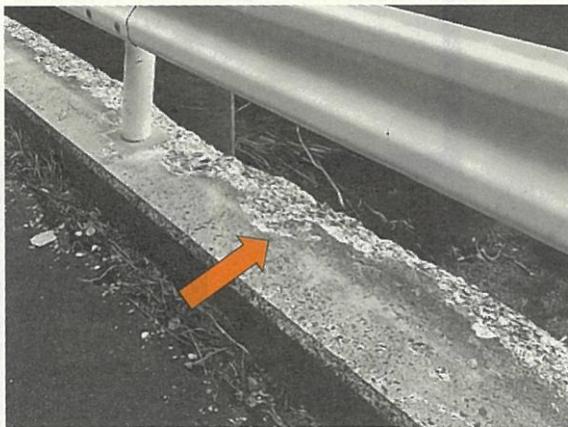
積雪寒冷地に位置するコンクリート構造物に、下の写真に示す変状が確認された。凍害が主な原因で生じた変状と判断できる(A)～(C)の適・不適の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、
適切なものはどれか。



写真(A) 親柱



写真(B) 堤防パラペット部



写真(C) 地覆

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

問題(27)の解説

正解は、(2)

写真(A)および写真(C)は凍害と考えられる。

写真(B)では水平ひび割れが生じ、目地部が押し広げられて膨張している。ASRに起因すると変状と推定される。

【問題 28】

【78 図問】

硫酸塩土壌に建設された戸建て住宅の布基礎の下図に示すア部において、竣工から10年後に白い析出物の生成とスケーリングが確認され、スケーリング部より内部まで中性化が進行していた。これらの変状に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

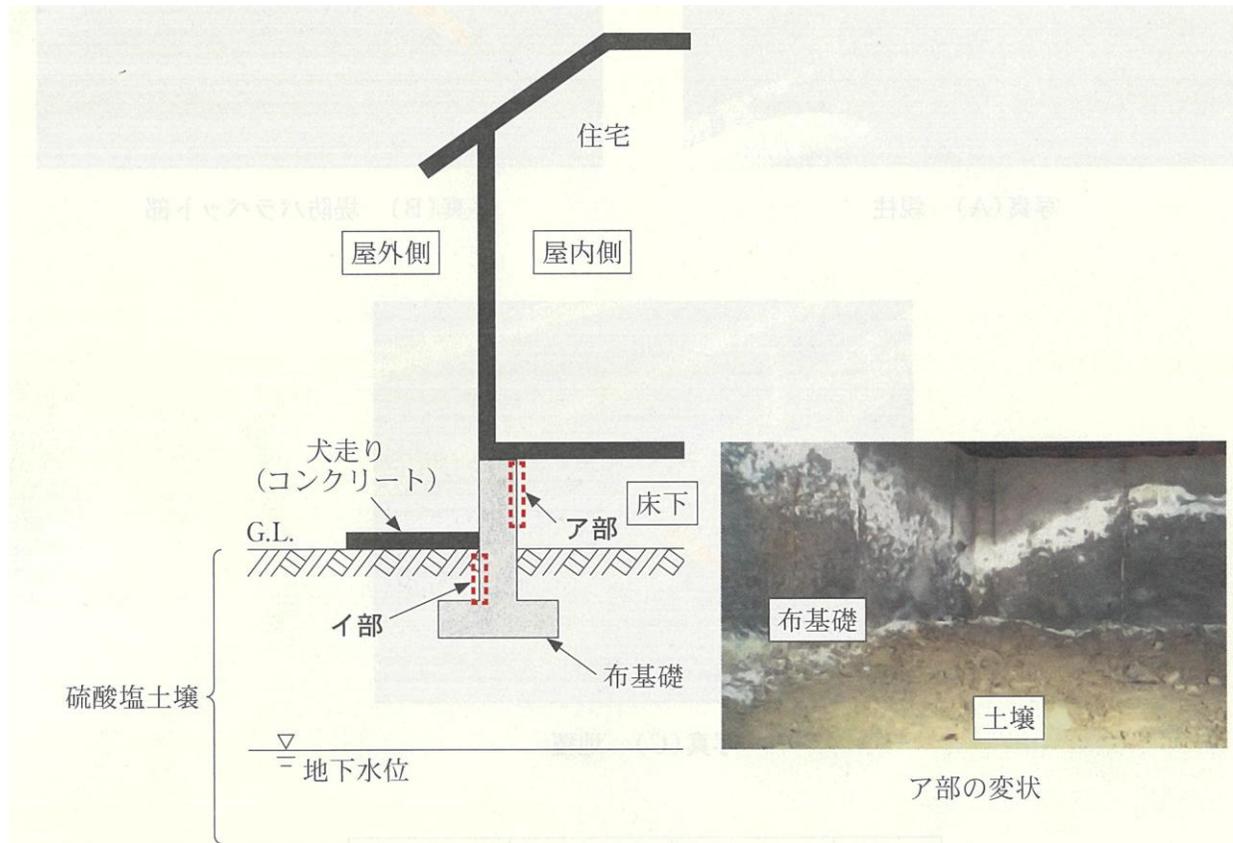


図 戸建て住宅の布基礎の断面図

ア部では、土壤に含まれる硫酸塩を含んだ地下水が毛細管現象によって上昇し、さらに（ A ）状態となることで硫酸塩が濃集し、（ B ）の結晶化に伴う膨張圧によりスケーリングが生じたと判断した。また、イ部では、ア部よりも硫酸塩劣化の速度が（ C ）と判断した。

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

問題(28)の解説

正解は、(4)

析出物の硫酸塩は土壌中の水に含まれる場合が多く、コンクリート内を毛細管現象で上昇する。

雨水が供給されない面で**乾燥状態**になると硫酸塩が凝集し、**硫酸ナトリウム**、硫酸マグネシウムなどの結晶化に伴う膨張圧によってスケーリングが生じる。

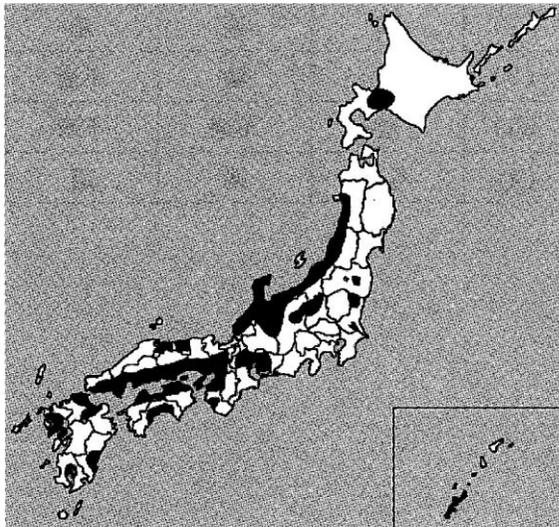
なお、土中部では乾燥状態になりにくいので、気中部よりも劣化速度は**小さく**なる。

【問題 29】

アルカリシリカ反応(ASR)の地域的特性に関する、次の記述中の(A)～(D)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

下図は、ASRによる構造物の劣化が報告されている代表的な地域を表したものである。北陸地方では、(A)を用いた構造物のASRが多く報告されている。東海地方では、(B)や粘板岩により発生したASRが報告されている。瀬戸内地方では安山岩のほか、泥質岩・砂質岩起源のホルンフェルスなどによるASRも見られる。九州地方では全体的に(C)が広く分布しているが、北部では泥質岩などの(D)を含む岩石によるASRも報告されている。

このように、ASRは各地域に存在する岩石や産出される骨材の特性の影響を受ける。また、骨材の産地と使用されている地域が異なる場合など、図に示される地域以外でもASRの発生が報告されている。



	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	川砂・川砂利	チャート	火山岩類	隠微晶質・微晶質石英
(2)	川砂・川砂利	花崗岩	堆積岩類	隠微晶質・微晶質石英
(3)	海砂	チャート	堆積岩類	クリストバライト
(4)	海砂	花崗岩	火山岩類	クリストバライト

図 ASRによる構造物の劣化が報告されている地域(黒塗りされた地域)

問題(29)の解説

正解は、(1)

北陸地方では安山岩などの新第三紀以降の火山岩類から成る後背地の地質の影響を受けた川砂・川砂利

東海地方ではチャート・珪質頁岩・珪質粘板岩を含むジュラ紀付加体を基にする骨材

九州地方では、全体的に新第三紀以降の火山岩類を基にする骨材、北部では砂質岩・泥質岩起源のホルンフェルス、広域変成岩類、断層岩類を基にした骨材の利用が多い。

九州北部では穏微晶質・微晶質石英を含む泥質岩などによるアルカリシリカ反応が報告されている。

【問題 30】

JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)の改正の変遷に関する次の記述中の下線部(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。

JIS A 5308 が制定されたのは1953年であり、1960年代後半からレディーミクストコンクリートの使用が急増した。その後、1968年の改正で(A)コンクリートの品質、検査および試験方法の規定が定められた。1984年には「コンクリートクライシス」問題が持ち上がり、コンクリート構造物の耐久性の確保のため、1986年の改正で(B)塩化物量の検査方法の規定が定められた。1989年以降では、コンクリートの製造や利用にあたっての資源の有効活用、環境への配慮などが注目され、2003年の改正で、エコセメント、シリカフェームおよび電気炉酸化スラグ骨材とともに、(C)高炉スラグ微粉末が規定された。

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

問題(30)の解説

正解は、(2)

(A) 1968年のJIS A 5308の改正では、コンクリートの品質、検査および試験方法を定めた。

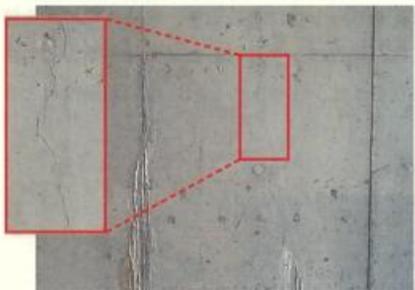
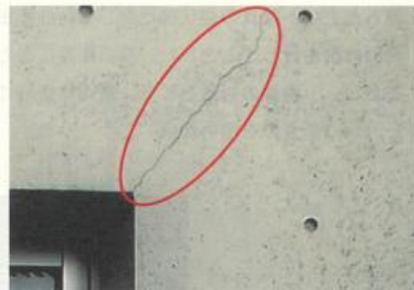
(B) 1986年の改正では、塩化物量の検査方法やコンクリート中の塩化物イオン総量の許容限度を規定した。

(C) 高炉スラグ微粉末の規定は1998年の改正で、2003年ではない。

【問題 31】

【88 感問】

写真(A)～(D)に示すRC造建築物の変状に対して、以下のように対策の目的が設定されている。設定した目的に対して選定する主な対策として、次の(1)～(4)のうち、不適当なものはどれか。

	
<p>写真(A) 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</p>	<p>写真(B) 開口角部のひび割れ (ひび割れ幅 0.5 mm) 対策の目的：漏水の防止</p>

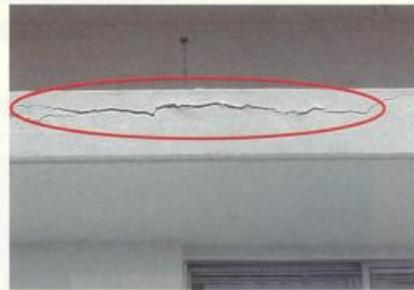
	
<p>写真(C) 開口角部のひび割れ (ひび割れ幅 2.0 mm) 対策の目的：漏水の防止</p>	<p>写真(D) 庇の先端部のひび割れ (ひび割れ幅 3.0 mm) 対策の目的：かぶりの復旧</p>

	写真	対策
(1)	(A)	ポリマーセメントペーストを用いた表面被覆工法
(2)	(B)	エポキシ樹脂系注入材を用いた低圧注入工法
(3)	(C)	シリコン樹脂シーリング材を用いたUカット充填工法
(4)	(D)	ポリマーセメントモルタルを用いた断面修復工法

問題(31)の解説

正解は、(1)が不適當

建築構造物の外壁のひび割れ補修では、ひび割れ部の挙動の有無、ひび割れ幅に応じて適切な工法を選定する。

(A)はひび割れ幅が小さいものの、ポリマーセメントペーストでは漏水を止められない。 **不適**

(B)は開口部のひび割れ幅が小さく、エポキシ樹脂の低圧注入工法が適當。

(C)は開口部のひび割れ幅が大きいのでUカットした上で、シリコン樹脂を用いたシーリングが適當。

(D)の鉄筋の腐食膨張による変状では、断面修復工法が適當。

【問題 32】

【18 点満】

北陸地方の山間部に位置する道路橋の RC 床版下面において、写真に示す変状が図の箇所に見られた。この床版で発生した変状およびその対策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 RC 床版下面の変状

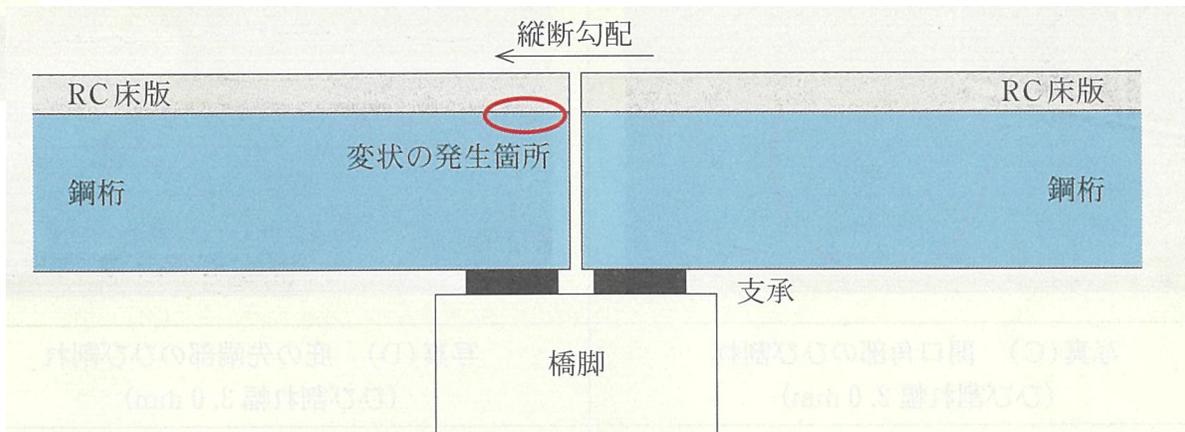


図 変状の発生箇所

RC床版下面の変状は、凍結防止剤に起因する塩害によるもので、伸縮装置からの漏水対策を施した上で、写真の変状部に対して鉄筋裏までコンクリートをはつり取り、鉄筋の取替えを伴う断面修復を行うこととした。断面修復にあたっては、既設コンクリートと断面修復部の間で生じる(A)腐食の対策として、断面修復部に鉄よりもイオン化傾向の(B)犠牲陽極材として(C)のものを用いた。

	(A)	(B)	(C)
(1)	マクロセル	小さい	銅製
(2)	マクロセル	大きい	亜鉛製
(3)	ミクロセル	小さい	亜鉛製
(4)	ミクロセル	大きい	銅製

問題(32)の解説

正解は、(2)が適当

床版下面の鉄筋腐食に対して実施する断面修復の問題である。

断面修復を行った箇所と既設コンクリート部分の**マクロセル**腐食の対策として、電気防食工法の犠牲陽極材を用いる方法がある。

犠牲陽極による電気防食工法では、コンクリート内部の鋼材よりも**イオン化傾向の大きい**金属、例えば**亜鉛製**の陽極材をコンクリート表面に設置することで、両者間に電位差が生じて防食電流が流れるので、電源装置は不要である。

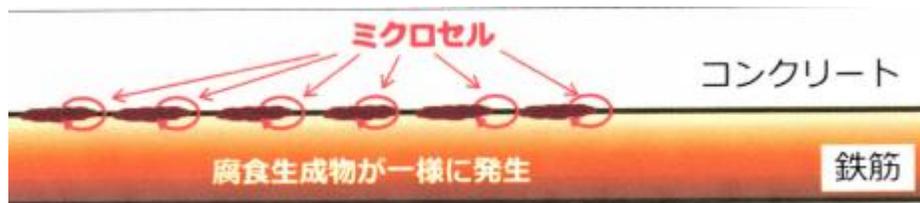
マクロセル腐食とは

マクロセル腐食は、鉄筋の腐食部と健全部、コンクリートで比較的大きな回路が造られ、その中で電子のやり取りが行われて生じる。

マクロセル腐食の原理



腐食しやすい部分がアノード、健全な部分がカソード部となり腐食電流が発生し、アノード部で腐食生成物ができる。



【問題 33】

建設後 5 年の RC 造建築物で火災が発生し、床スラブの下面を調査したところ、図の位置で写真に示す変状が確認された。この床スラブの下面の補修に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の数値および語句の組合せのうち、最も適当なものはどれか。

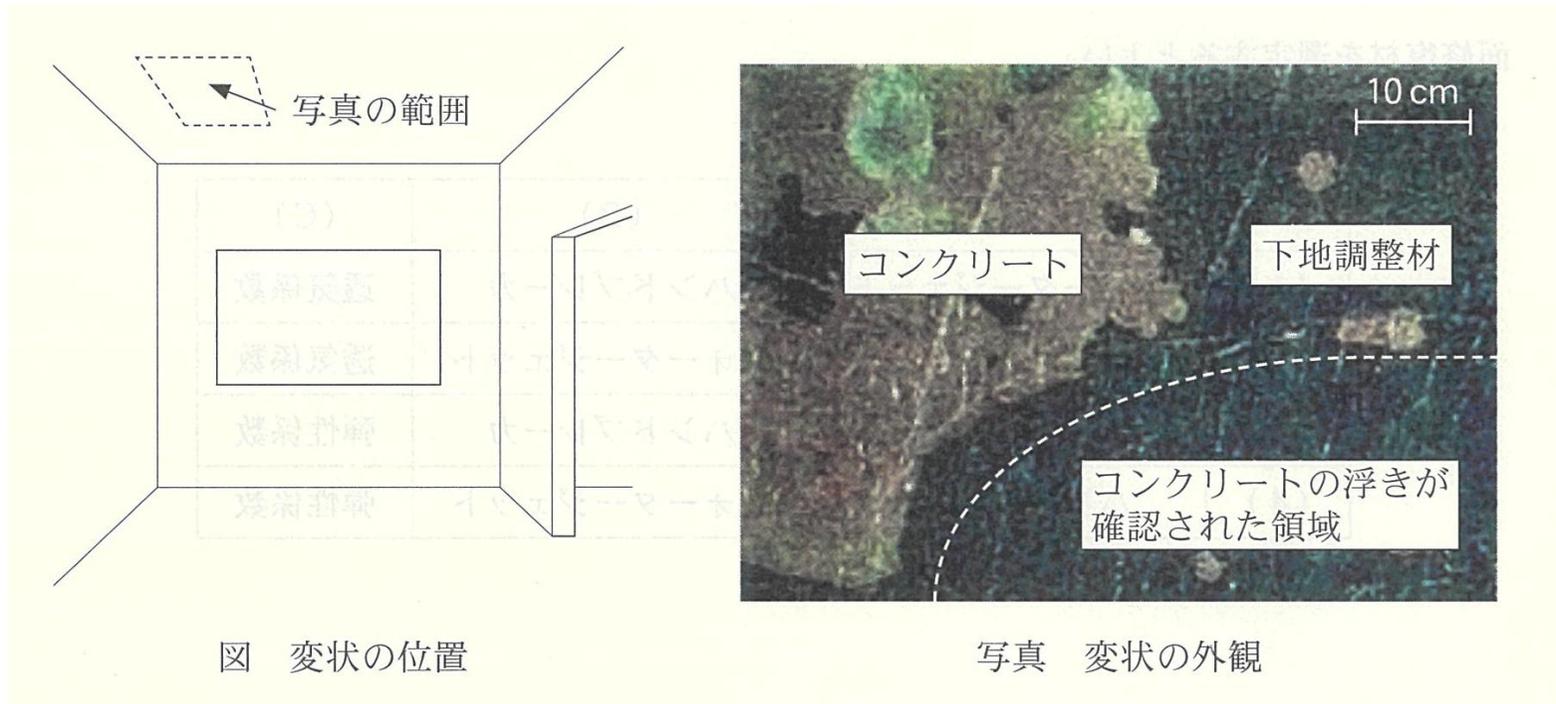


図 変状の位置

写真 変状の外観

煤(すす)が全体的に付着していたが、下地調整材が剥離した部分のコンクリート露出面はピンク色であったため、その部分のコンクリートの受熱温度は高くても(A)℃と推定した。また、コンクリートに浮きが生じている部分は、(B)のコンクリートの除去を要する状態と判断した。さらに、(C)を測定し、健全部と比較して劣化している範囲も併せて除去し、断面を修復することとした。

	(A)	(B)	(C)
(1)	600	鉄筋裏まで	固有振動数
(2)	600	かぶり部分	中性化深さ
(3)	300	かぶり部分	固有振動数
(4)	300	鉄筋裏まで	中性化深さ

問題(33)の解説

正解は、(2)

コンクリートの露出面がピンク色であると、 $300\sim 600^{\circ}\text{C}$ の受熱温度だったと推定できる。

コンクリートに浮きが生じている部分は、 500°C を超えていた可能性があり、かぶり部分を除去して補修する。

さらに中性化試験を行って健全部と比較し、劣化している範囲のコンクリートを除去した上で断面修復する。

【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

【火害による鉄筋コンクリート構造物の性能低下】

- ⇒ 受熱温度が500°Cを超えると水酸化カルシウムが熱分解するため、アルカリ性が低下（中性化が進行）
- ⇒ コンクリートの受熱温度が500°Cを超えると、コンクリートの圧縮強度、静弾性係数が低下
- ⇒ 鉄筋位置での受熱温度が500°Cを超えると、鉄筋の引張強度、降伏強度が低下

【問題 34】

道路橋 RC 床版上面における断面修復工法の留意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。

道路橋の RC 床版上面における断面修復では、(A)により劣化部の除去を行うことがあるが、既設コンクリートにマイクロクラックを発生させ、断面修復材との一体性を低下させる原因となる。一方、マイクロクラックの発生を抑制する対策の一つとして(B)による除去方法がある。

また、交通規制等の時間的制約から超速硬コンクリートを断面修復材に使用した場合、超速硬コンクリートと既設コンクリートとの(C)の違いにより層間剥離が生じ、劣化が顕著となる可能性がある。このような劣化を抑制するために、既設コンクリートと同程度の性能を有する断面修復材を選定するとよい。

	(A)	(B)	(C)
(1)	ウォータージェット	ハンドブレーカ	透気係数
(2)	ハンドブレーカ	ウォータージェット	透気係数
(3)	ウォータージェット	ハンドブレーカ	弾性係数
(4)	ハンドブレーカ	ウォータージェット	弾性係数

問題(34)の解説

正解 (4)

ハンドブレーカによって劣化部を除去すると、既設コンクリートにマイクロクラックを発生させる恐れがあり、断面修復材との一体性を低下させる原因となる。

マイクロクラックの発生を抑制する対策として、ウォータージェットによる除去方法が挙げられる。

交通規制などの時間的制約から超速硬コンクリートを断面修復材に使用した場合、超速硬コンクリートと既設コンクリートの弾性係数の違いから層間剥離を生じ、再劣化が顕著となる場合がある。

【問題 35】

表面含浸材の材料種別，特徴，施工時に求められるコンクリート表面の状態の組合せとして，次の(1)～(4)のうち，適当なものはどれか。

	材料種別	特徴	施工時に求められる コンクリート表面の状態
(1)	けい酸ナトリウム系	材料自体の固化物により コンクリート表層部を緻密化	湿潤状態
(2)	けい酸ナトリウム系	コンクリート中の 水酸化カルシウムとの反応により コンクリート表層部を緻密化	乾燥状態
(3)	けい酸リチウム系	材料自体の固化物により コンクリート表層部を緻密化	乾燥状態
(4)	けい酸リチウム系	コンクリート中の 水酸化カルシウムとの反応により コンクリート表層部を緻密化	湿潤状態

問題(35)の解説

正解は(3)

けい酸塩系表面含浸材はその改質機構によって、固化型と反応型に分類できる。

反応型の代表的な主成分として、けい酸ナトリウム、けい酸カリウムがある。これらの主成分の乾燥固形物は可溶性で、コンクリート中の水酸化カルシウムとの反応でC-H-Sを形成する。

反応型の養生では、湿潤状態に保つことが重要である。

固化型の代表的な主成分としてけい酸リチウムがあり、材料自体が乾燥固化して表面を緻密化する。固化型の養生は乾燥状態で行う。

一般的な表面含浸材の種類

種別		特長
シラン系		<ul style="list-style-type: none">・疎水性のアルキル基によりコンクリート表層部に吸水防止層(撥水層)を形成。・細孔を埋めないため呼吸性を損なわない。
けい酸塩系	反応型 けい酸塩系	<ul style="list-style-type: none">・けい酸ナトリウム系・けい酸カリウム系・水酸化カルシウムと反応し、C-S-Hゲルを生成して空隙を充填する。・固化物は可溶性で水分供給により再度溶解。
	固化型 けい酸塩系	<ul style="list-style-type: none">・けい酸リチウム系・材料自体の乾燥固化により空隙を充填する。・固化物は難溶性。

【問題 36】

コンクリートの剥落防止工法に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

剥落防止工法では、コンクリート片の落下を防止するとともに、変状を容易に発見できるように高い変形性が使用材料に要求される。要求性能を満たす一つの方法として連続繊維シートを樹脂でFRP化し剥落防止を行うものがある。一般に樹脂は(A)系樹脂が採用されるが、寒冷地での低温硬化性やトンネルなどでの速硬化性が要求される場所では、(B)系樹脂が採用されることが多い。

一方、連続繊維シートの加工や施工が煩雑となる複雑な形状の構造物では、(C)系樹脂を吹き付けて厚膜を形成する工法を採用することで、連続繊維シートが不要となる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	アクリル	エポキシ	ポリブタジエン
(2)	エポキシ	アクリル	ポリブタジエン
(3)	アクリル	エポキシ	ポリウレタン
(4)	エポキシ	アクリル	ポリウレタン

問題(36)の解説

正解は、(4)

剥落防止工法には、エポキシ樹脂やアクリル樹脂を用いる。

寒冷地では、硬化速度の影響を踏まえてアクリル樹脂を使う。

複雑な形状の構造物では、ポリウレタン樹脂の吹き付け工法を採用することがある。

【問題 37】

塩害環境にある RC 構造物に適用した外部電源方式の電気防食工法に関する次の記述中の (A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

電気防食適用後の定期点検において、電気防食システムに異常はなかったが、コンクリートに鉄筋軸方向に沿った錆汁を伴うひび割れが確認された。このひび割れは、コンクリート中の鉄筋に供給される電流が(A), 鉄筋表面での(B)が原因で生じたものと考えた。対策としては、ひび割れ補修を実施した上で、設定する(C)する必要がある。

	(A)	(B)	(C)
(1)	大きく	水素発生	復極量を大きく
(2)	大きく	水素発生	通電電流量を小さく
(3)	小さく	陰分極量不足	復極量を大きく
(4)	小さく	陰分極量不足	通電電流量を小さく

問題(37)の解説

正解は、(3)

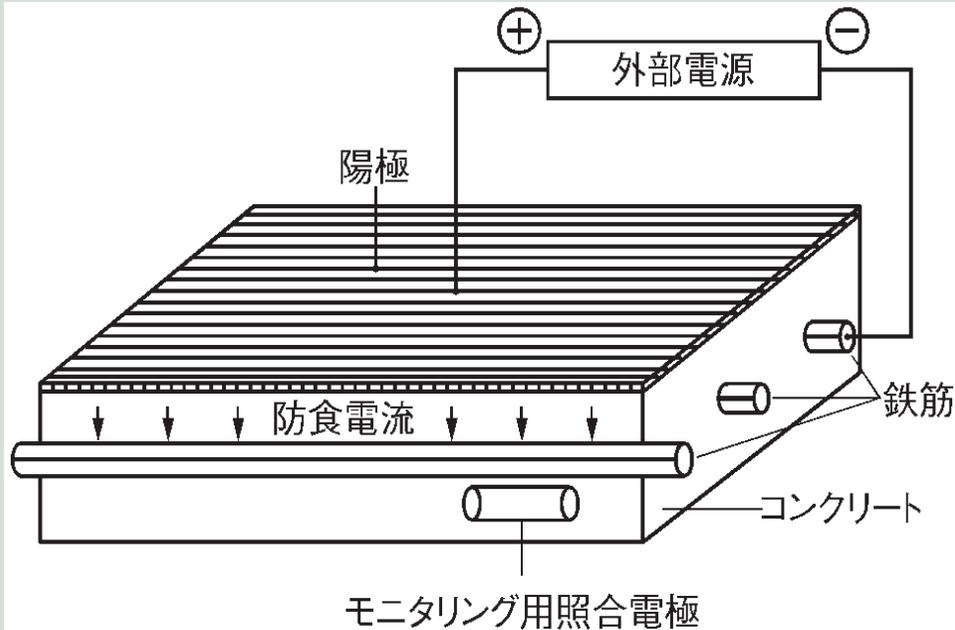
電気防食適用後の定期点検において、電気防食システムには異常はなかったが、コンクリートには鉄筋軸方向に沿った錆汁を伴うひび割れを確認した。

そのため、このひび割れは防食電流が小さく、陰分極量不足が原因と考えられる。

対策としては、ひび割れを補修した上で、復極量を大きくするのがよい。

電気防食工法

外部電源方式



- ・表面に陽極材を設置し、外部電源と接続
- ・強制的に直流電流を供給し、鉄筋腐食を抑制
- ・通電は防食期間中継続
- ・電源設備と定期的な管理が必要

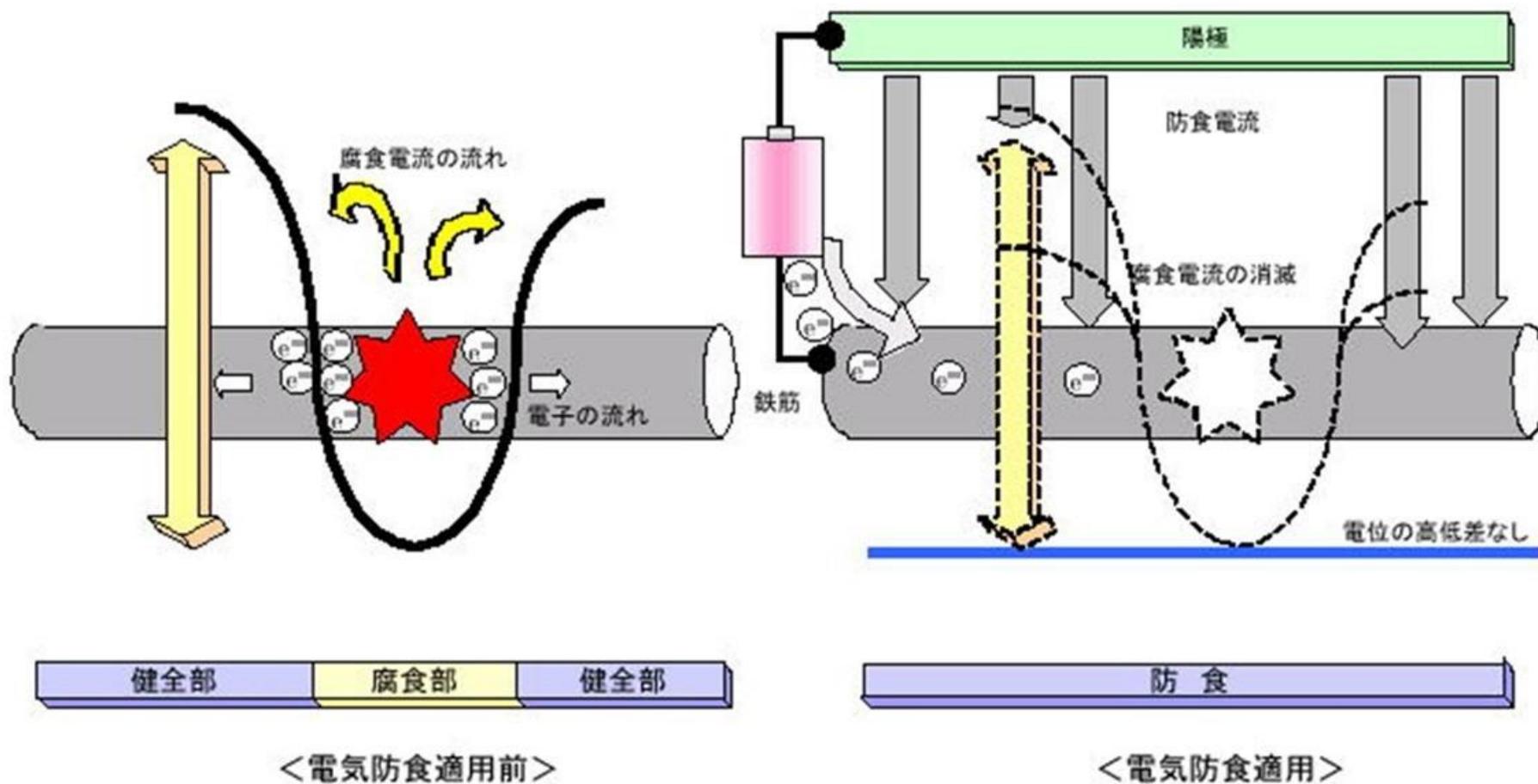
流電陽極方式



- ・亜鉛などの陽極材を鉄筋と接続(表面or埋設)
- ・イオン化傾向の違いにより鉄筋腐食を抑制
- ・外部電源が不要で維持管理が容易
- ・犠牲陽極材が消耗すると交換が必要

外部電源方式電気防食工法

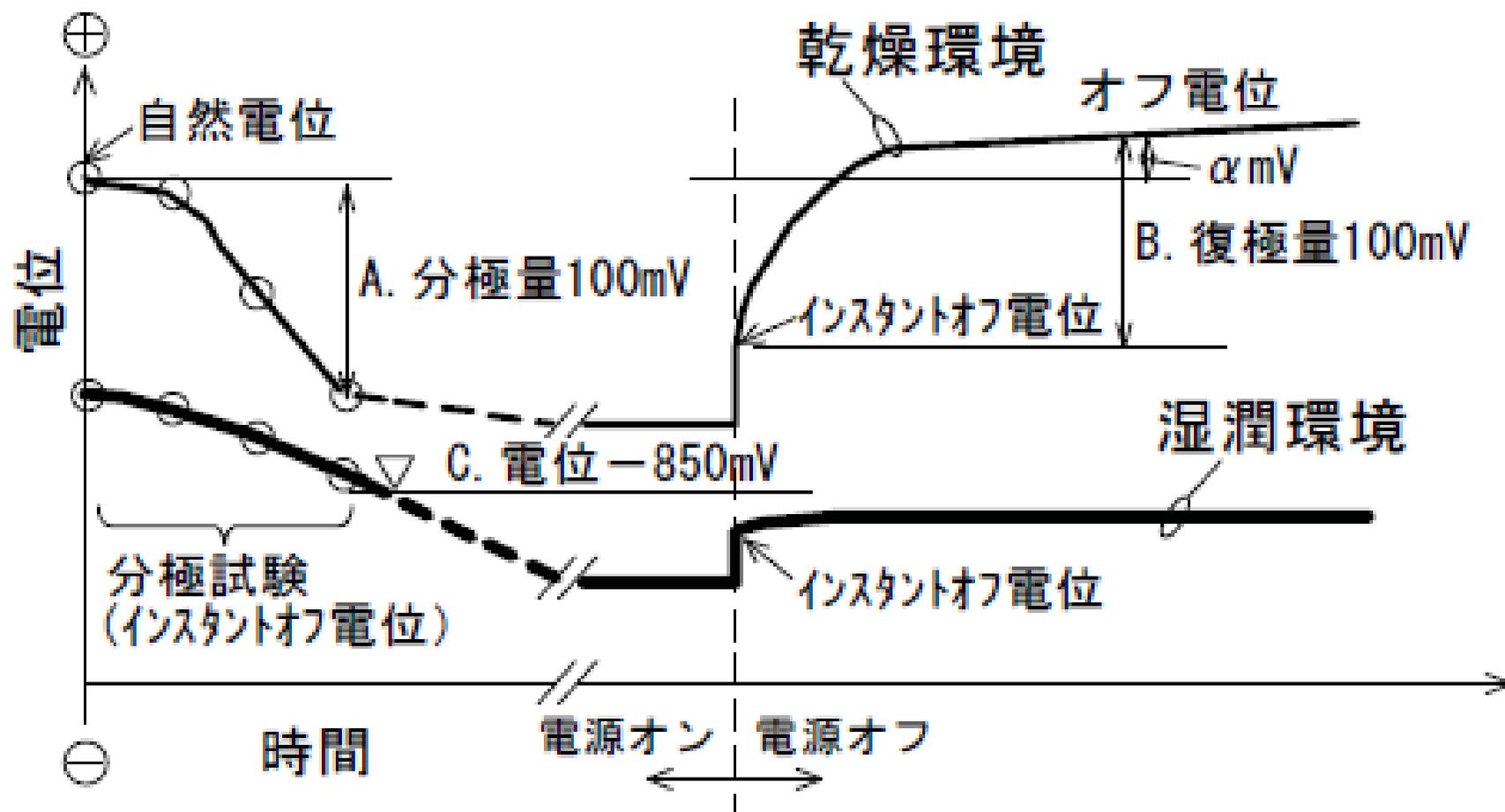
電気防食の原理



外部電源方式電気防食工法



電気防食工法の通電管理方法



【問題 38】

図に示す橋りょうのRC橋脚(P1～P3)に対して巻立て工法による耐震補強を実施することとした。経済性と施工性の観点に基づいて、P1～P3に適用する巻立て工法を選定するときの考え方として、次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

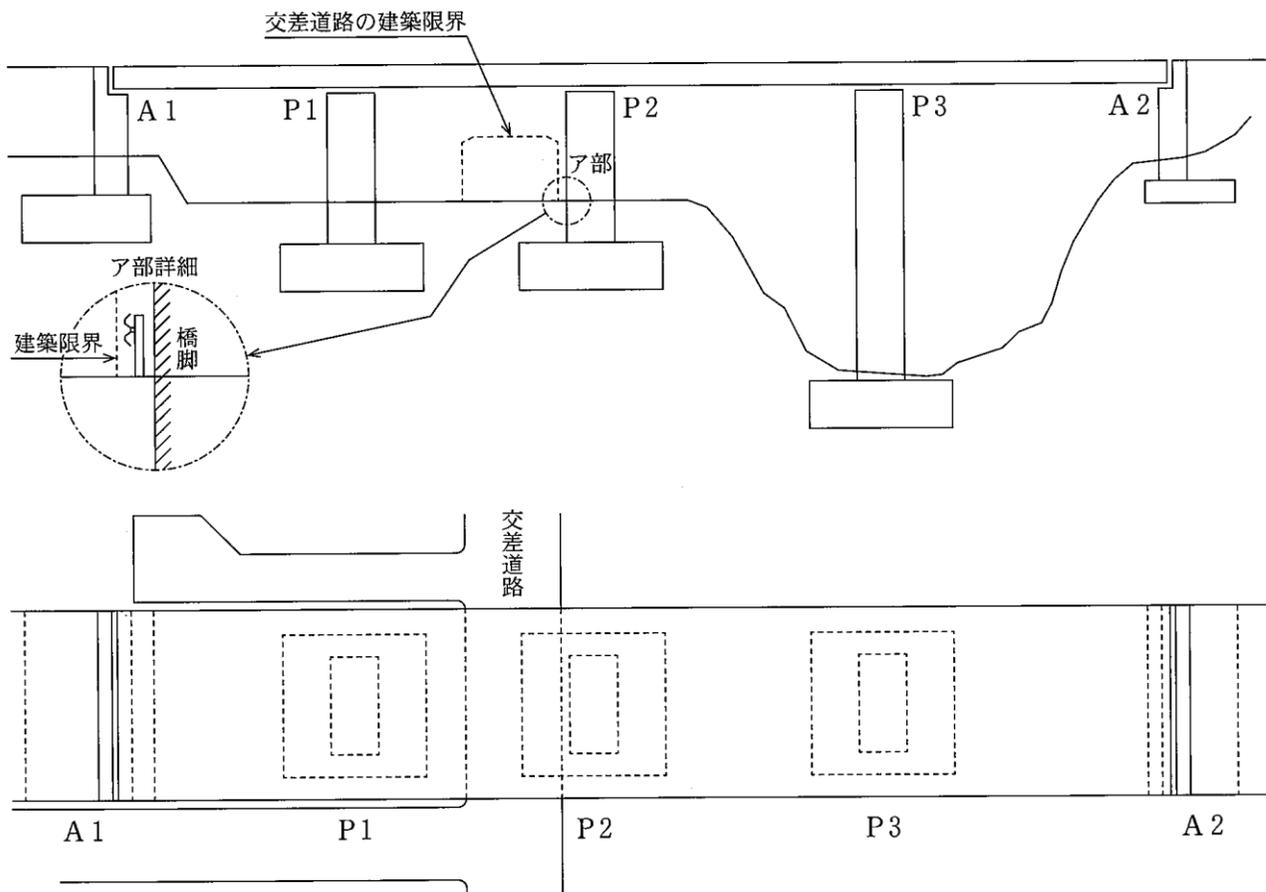


図 橋りょう概要図

P1 橋脚は施工条件に制約がないため、(A)巻立て工法を選定した。P2 橋脚は交差道路の建築限界が近接しているため、(B)巻立て工法を選定した。P3 橋脚は急斜面の沢に位置し、重機の進入が困難なため、(C)巻立て工法を選定した。

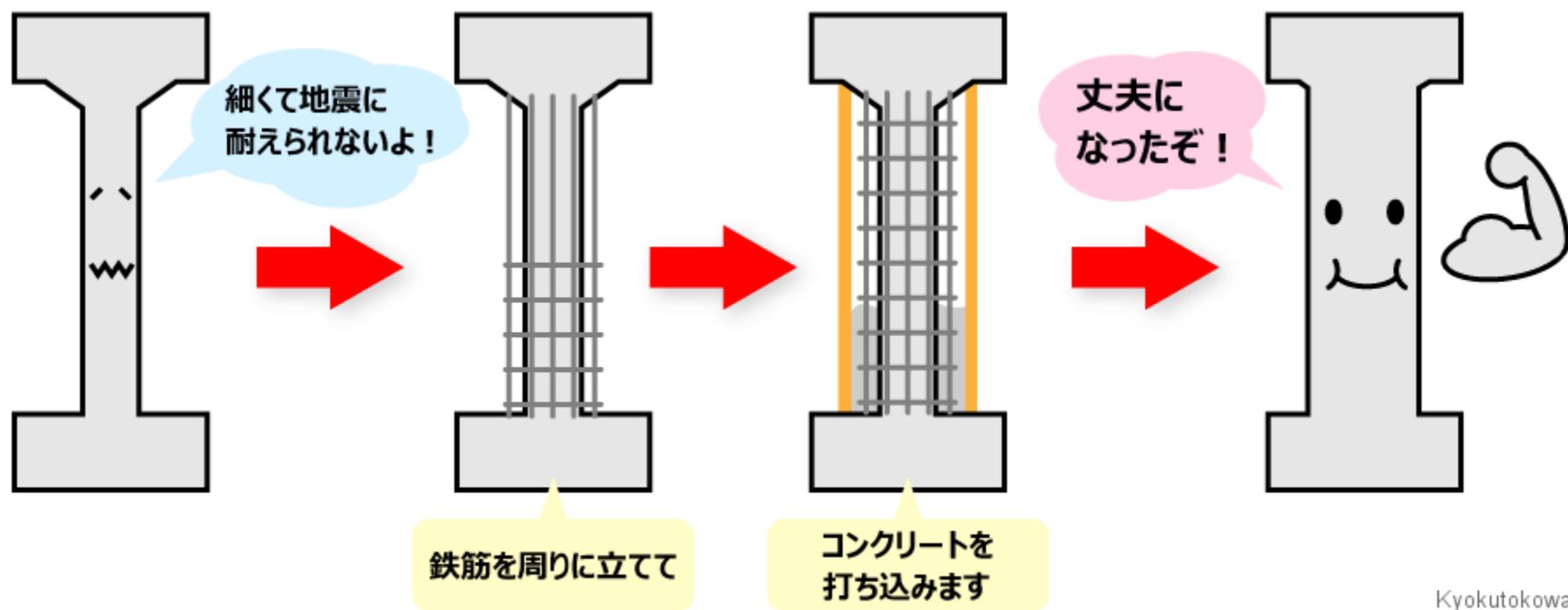
	(A)	(B)	(C)
(1)	RC	鋼板	連続繊維シート
(2)	連続繊維シート	鋼板	RC
(3)	RC	RC	連続繊維シート
(4)	連続繊維シート	RC	RC

問題(38)の解説

正解は、(1)

- (A) 施工条件に制約がなければRC巻立て工法が最も経済的である。
- (B) 交差道路の建築限界が近いなどスペースに制限が出る場合には、鋼板巻立て工法を採用する。
- (C) 急斜面の沢に位置し、重機の進入が困難な場合には、材料の搬入が容易な連続繊維シート巻立て工法が適する。

巻き立て工法による耐震補強



極東興和HPより

【問題 39】

鋼橋の RC 床版の取替え工事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、非合成桁と合成桁の荷重の抵抗機構を表に示す。

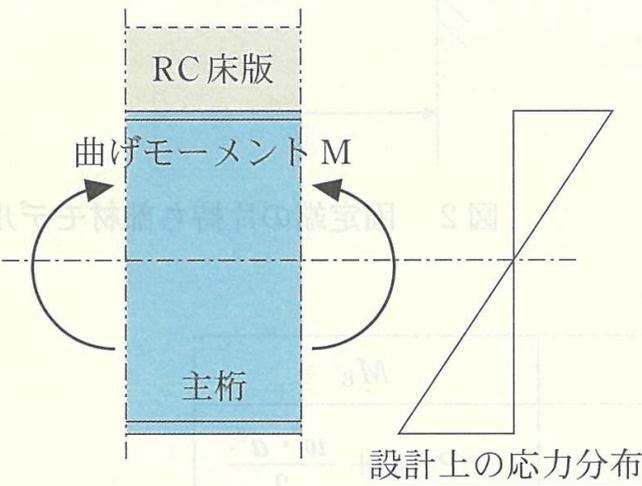
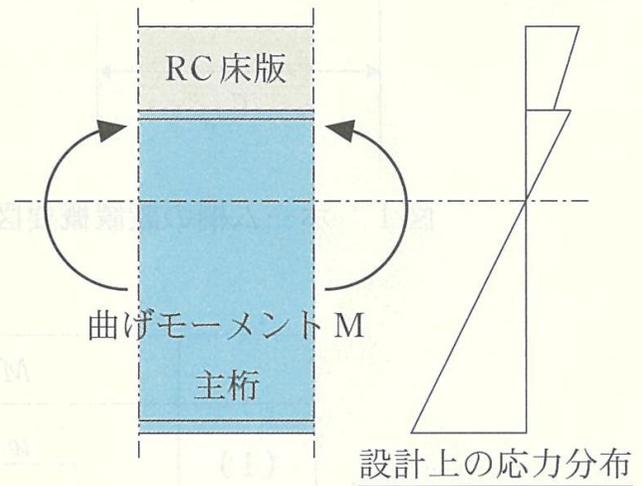
非合成桁は、理論上は荷重に対して主桁が抵抗する。一方、合成桁は、床版と主桁は一体となって荷重に抵抗し、桁の一部として床版が挙動する。そのため、合成桁における主桁の上フランジは一般的に (A) 断面で構成される。

鋼単純合成桁橋の床版取替えを行う際、床版を撤去して主桁単独となった場合、 (B) 効果を失い、主桁が不安定となることが予想される。そのため、施工ステップを考慮した安全性の確認が重要となり、必要に応じて、主桁の横倒れ座屈防止のために (C) を行う。

また、合成桁は、主桁と床版の接合において、主桁の上フランジ上にずれ止めが密に配置されていることから RC 床版との分離が困難となる場合があるなど、工期の長期化が懸念される。

	(A)	(B)	(C)
(1)	小さな	合成	主桁補強
(2)	大きな	合成	加熱矯正
(3)	大きな	寸法	主桁補強
(4)	小さな	寸法	加熱矯正

表 非合成桁と合成桁の特徴

	非合成桁	合成桁
荷重の抵抗機構	 <p>RC床版</p> <p>主桁</p> <p>曲げモーメント M</p> <p>設計上の応力分布</p>	 <p>RC床版</p> <p>主桁</p> <p>曲げモーメント M</p> <p>設計上の応力分布</p>

問題(39)の解説

正解は、(1)

非合成桁と合成桁の荷重の抵抗機構を問う設問である。

合成桁の上フランジは小さい断面で構成される。

合成桁の取り換え時には、合成効果を失って不安定となる。

主桁の横倒れ座屈を防止するために、主桁補強を行う。

合成床版と非合成床版

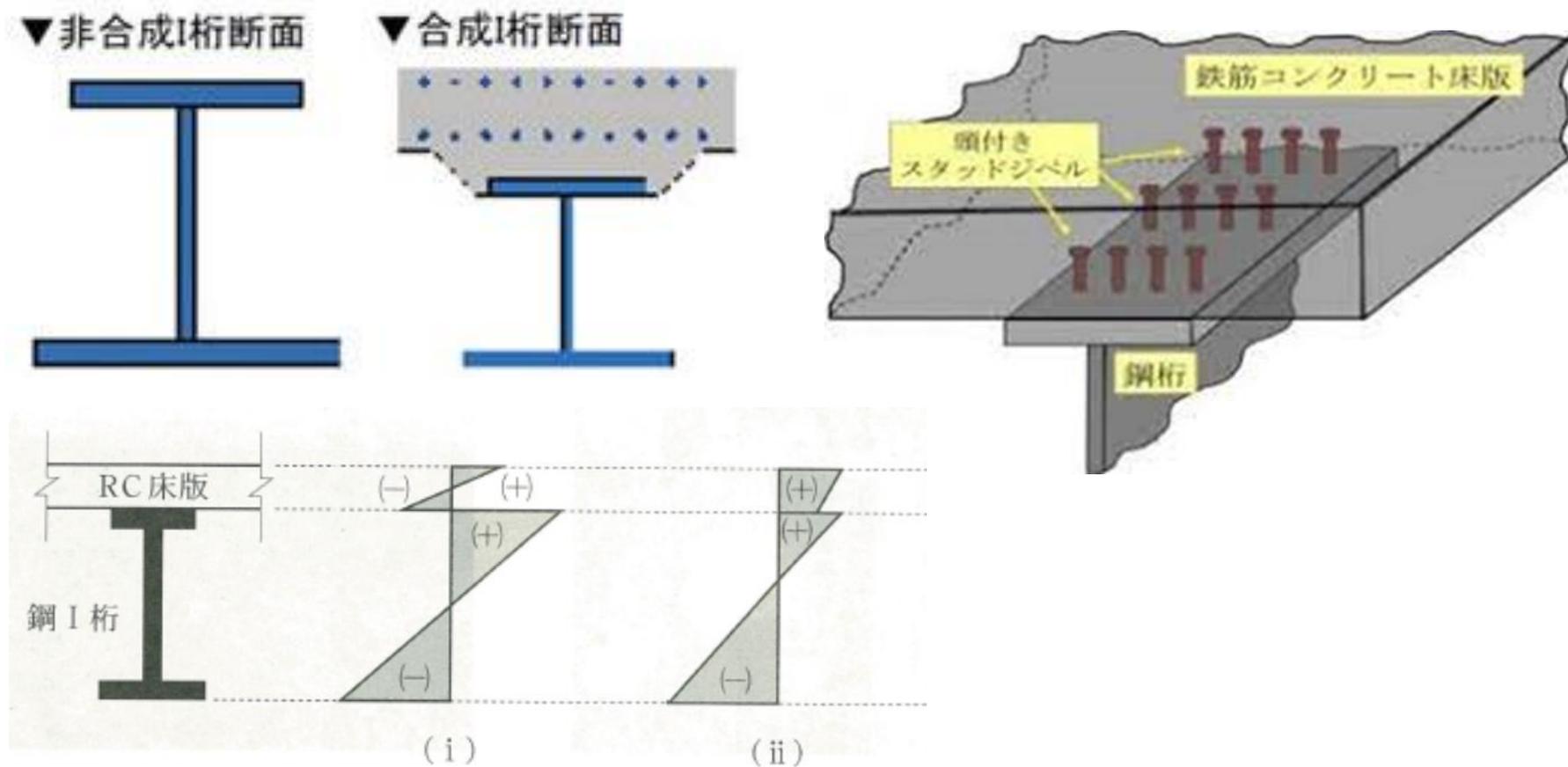


図 合成桁の断面の模式図と応力分布のイメージ

【問題 40】

鉄道のRCホーム桁で、図1に示すように張出し部にホーム柵を設置することとなった。そこで、ホーム柵1mあたりの断面力を検討することとし、図2に示すような固定端の片持ち部材としてモデル化した。ホーム柵の自重による荷重を集中荷重 P (kN)としてA点に作用させ、風荷重を等分布荷重 w (kN/m)としてホーム柵全高(AC間)に作用させる。このとき、A点に発生する曲げモーメント M_A (kN・m)とB点に発生する曲げモーメント M_B (kN・m)の組合せとして、次の(1)~(4)のうち、適当なものはどれか。

なお、算定にあたり、A点とB点の距離は a (m)、ホーム柵高さ(A点とC点の距離)は $\frac{a}{2}$ (m)とする。また、RCホーム桁の自重は無視し、曲げモーメントは反時計回りを正とする。

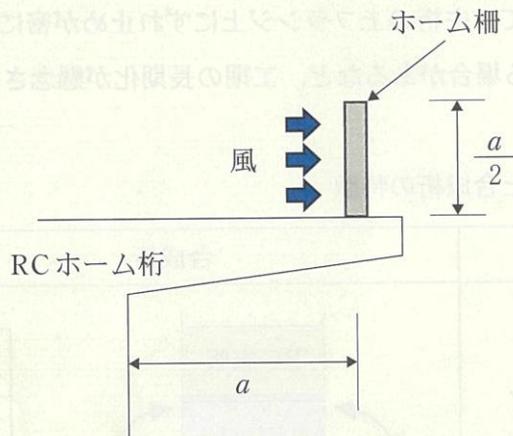


図1 ホーム柵の設置概要図

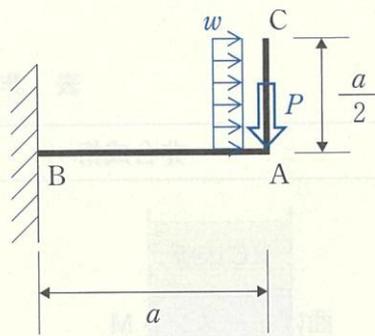


図2 固定端の片持ち部材モデル

	M_A	M_B
(1)	$-\frac{w \cdot a^2}{2}$	$-P \cdot a + \frac{w \cdot a^2}{2}$
(2)	$-\frac{w \cdot a^2}{8}$	$-P \cdot a + \frac{w \cdot a^2}{8}$
(3)	$-\frac{w \cdot a^2}{2}$	$-P \cdot a - \frac{w \cdot a^2}{2}$
(4)	$-\frac{w \cdot a^2}{8}$	$-P \cdot a - \frac{w \cdot a^2}{8}$

問題(40)の解説

正解は、(4)

風による等分布荷重が作用するホーム柵A点の曲げモーメントは、ホーム柵をA点からの片持ち梁と考えると、 $M_A = -w \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{a}{4} = -\frac{w \cdot a^2}{8}$ (kN・m)となる。B点の曲げモーメントは、B点からの片持ち梁に、風荷重による M_A とホーム柵の自重による曲げモーメントを重ね合わせたものとなるので、 $M_B = -P \cdot a - \frac{w \cdot a^2}{8}$ (kN・m)となる。

曲げモーメント ($M=PL$)

A点のに作用する曲げモーメント

$$\begin{aligned}M_A &= -w \times (a/2) \times (a/4) \\ &= -wa^2/8\end{aligned}$$

B点に作用する曲げモーメント

$$M_B = -P \times a - wa^2/8$$