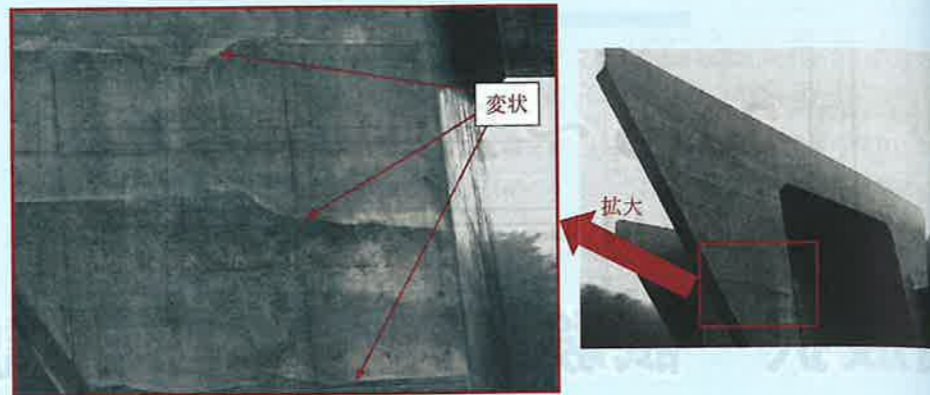


【問題 1】

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、適当なものはどれか。



- (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

脱型直後に変状が認められているため、経年劣化ではなく、コンクリートの打込み中に生じた変状である。変状は連続したひび割れで3層に渡っており、不適切な打重ねによるコールドジョイントである。そのため、次のように「適」と「不適」に判断される。

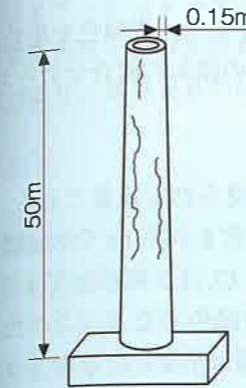
- (A) 打重ね時間間隔が長くなると、コールドジョイントは発生しやすくなるため、「適」である。
- (B) 自由落下高さが低いと、材料分離が生じにくく打重ね時間間隔も短くなると考えられるため、「不適」である。
- (C) 内部振動機の挿入深さが浅いと、下層コンクリートと上層コンクリートが一体化しにくくなるため、「適」である。

以上より、適当なものは(1)である。

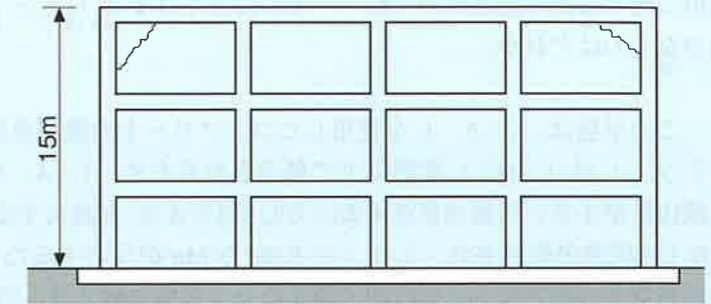
正解 (1)

【問題 2】

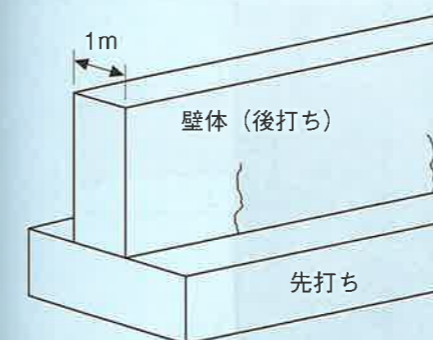
次の(1)～(4)の図に示すRC構造物に発生したひび割れのうち、温度変化を主因として発生したものは考えられないものはどれか



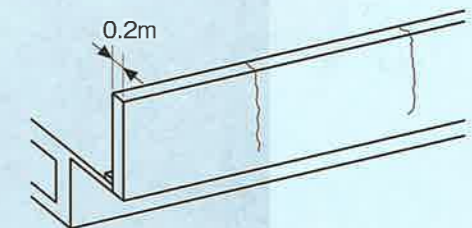
(1) 煙突の筒体



(2) 無開口の倉庫外壁



(3) 擁壁の壁体



(4) 橋梁の高欄

- (1) 煙突の内部は高温になるが外部は外気にさらされているため、煙突内部と外部に大きな温度差が生じるので、温度変化が主因のひび割れである。
- (2) 最上階のハの字形のひび割れは、日射により屋上スラブが膨張したことによるものであり、温度変化が主因のひび割れである。
- (3) 壁体の厚さが1mあるため、マスコンのひび割れとして代表的な水和熱が主因のひび割れである。後打ちのコンクリートが先打ちのコンクリートに拘束されているため、後打ちコンクリートの温度の低下に伴い体積が収縮する際に、ひび割れが発生する外部拘束ひび割れである。すなわち、温度変化が主因のひび割れである。
- (4) 高欄の厚さが0.2mと薄いため、水和熱に起因するひび割れではない。また、高欄に日照などによる大きな温度差が生じることは考えにくいいため、乾燥収縮が主因のひび割れと考えられる。

以上より、考えられないものは(4)である。

正解(4)

[問題 3]

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、適当なものはどれか。

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は酸化鉄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。この色は空气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 脱色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

銑鉄製造工程において鉄鉱石が還元されて溶銑および溶融スラグとなり、比重差によって高炉スラグは分離回収される。高炉スラグを微粉化した高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートが、脱型直後に青緑色に発色する原因は高炉スラグに含有されている硫化物にあり、高炉

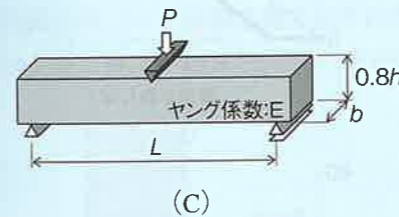
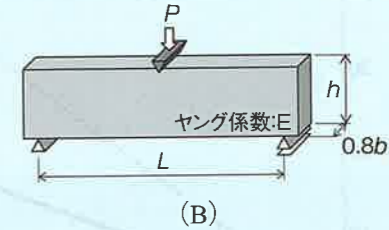
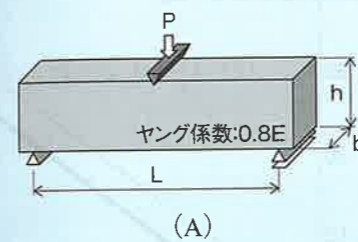
スラグの水和によって生じた HS^- や S^{2-} によって反応領域が還元性雰囲気となることで、FeやMnなど酸化数が低い状態で他の水和物に固溶することによる。水セメント比が小さい場合やコンクリートが湿潤状態である場合に濃くなる傾向にあるが、大気中に曝露されるとFeやMnの酸化数が増加するため、次第に消えていく。

フライアッシュを多量に使用すると炭素により少しコンクリートが黒色を呈するが、暴露条件により大きく色調が変わることはない。以上より、適当なものは(1)である。

正解(1)

[問題 4]

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。



- (1) (A) < (B) < (C)
- (2) (A) < (B) = (C)
- (3) (A) = (B) < (C)
- (4) (A) = (B) = (C)

単純梁の中央集中荷重の最大たわみは、式①と式②から求められる

断面二次モーメント $I = bh^3 / 12$ ……式①

最大たわみ $\delta = PL^3 / 48EI$ ……式②

(B)は幅が小さく(C)は高さが小さくなっている。断面二次モーメントには式①より高さ

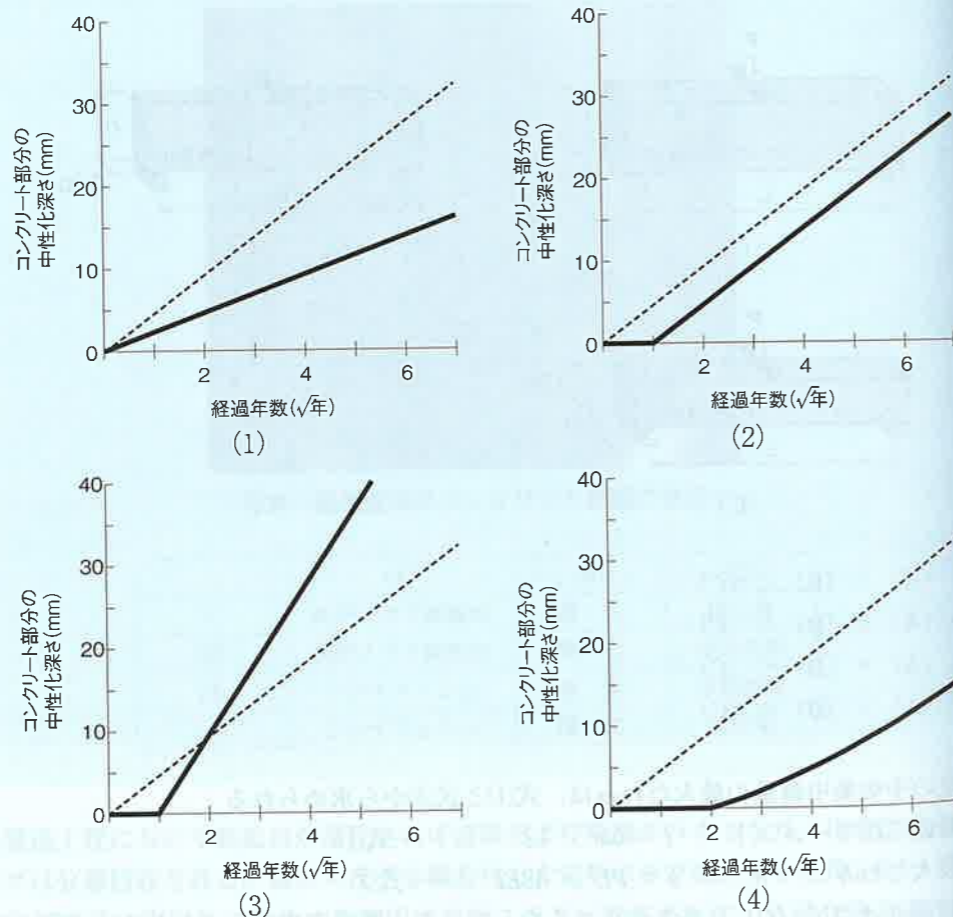
の方が3乗で効くため、断面二次モーメントは(B)の方が大きくなる。断面二次モーメントが大きいほど最大たわみは小さくなるため、最大たわみは(B)の方が(C)より小さい。また、式①を式②に代入すると、ヤング係数 E と幅 b が最大たわみに及ぼす影響は同等であるため、(A)と(B)の最大たわみは同じとなる。

以上より、適当なものは(3)である。

正解 (3)

[問題 5]

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5mm)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。



図中の点線から、コンクリートが10mm中性化するのに4年かかる。仕上材のポリマーセメントモルタルの中性化速度係数はコンクリートの0.5倍のため、仕上げ厚さ5mmが中性化するのに4年かかる。コンクリートが中性化し始めるのは、ポリマーセメントモルタルが中性化してからのため、経過年数は4年からになる。選択肢(4)のみ4年からコンクリートの中性化が始まっている。

参考のために、日本建築学会の「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針(案)・同解説」の中性化の模式図を示す。

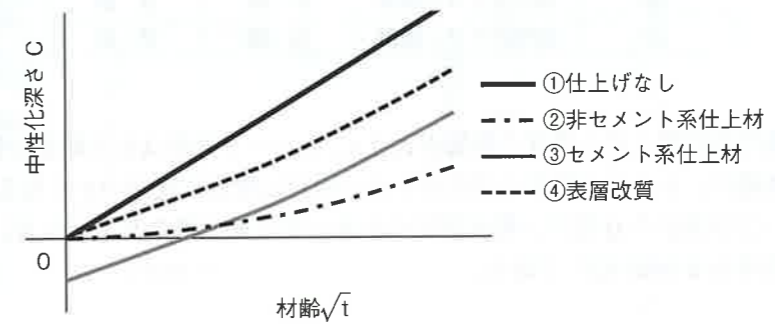


図 表面仕上層の種類別のコンクリート中性化傾向

以上より、適当なものは(4)である。

正解 (4)

[問題 6]

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(1)~(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

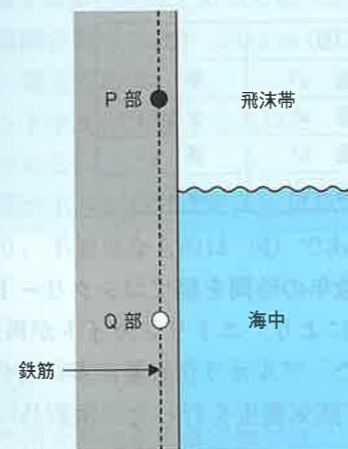


図1 海洋コンクリート構造物

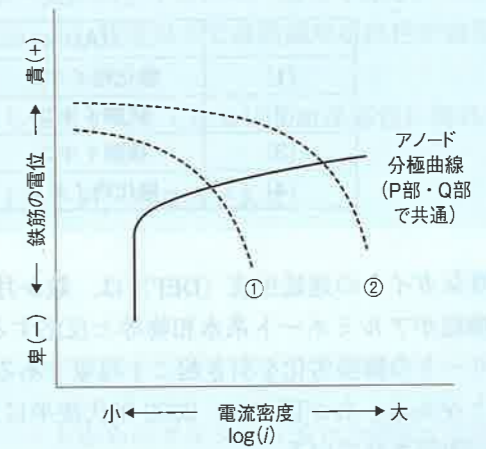


図2 鉄筋の分極曲線

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

アノード分極は塩化物イオン濃度の影響が大きく、カソード分極は水と酸素の影響が大きい。カソード分極曲線は、水中など酸素の供給が少ない場合は電流密度が小さくなる。よって、電流密度の小さい①は海中の Q 部で、電流密度の大きい②は飛沫帯の P 部となる。以上より、適当なものは (2) である。

正解 (2)

[問題 7]

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 (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。

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

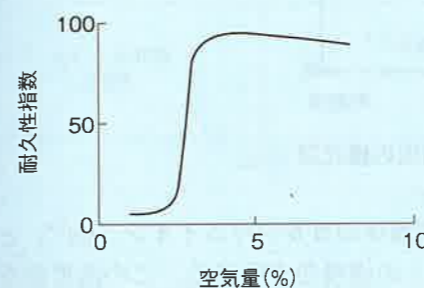
エトリンガイトの遅延生成 (DEF) は、数か月から数年の時間を経てコンクリート中に内在する硫酸塩がアルミネート系水和物等と反応することにより、エトリンガイトが再生成され、コンクリートの膨張劣化を引き起こす現象である。また、アルカリ含有量が多い場合に促進されることがある。わが国では、2000年代後半になって蒸気養生を行った二次製品において劣化事例が報告されている。

以上より、適当なものは (3) である。

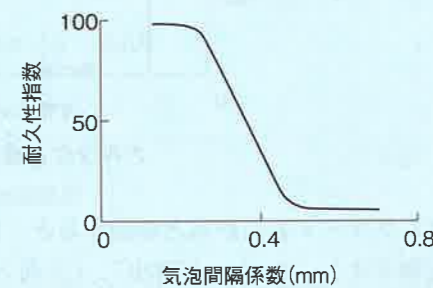
正解 (3)

[問題 8]

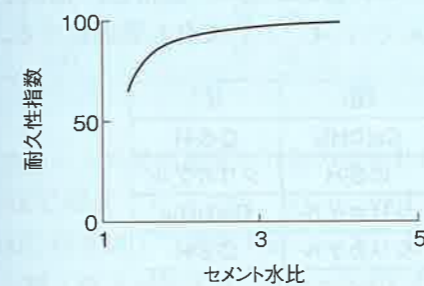
コンクリートの耐凍害性に及ぼす各種要因の影響を示した次の (1) ~ (4) の概念図のうち、不適当なものはどれか。ただし、(1), (2), (4) のコンクリートの水セメント比は 50%, (3) および (4) の空気量は 4.5% とする。



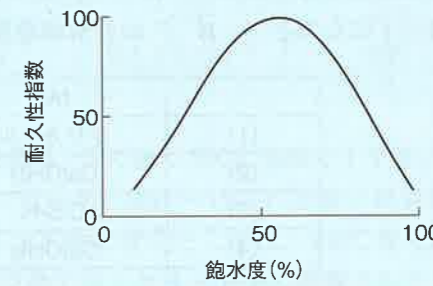
(1)



(2)



(3)



(4)

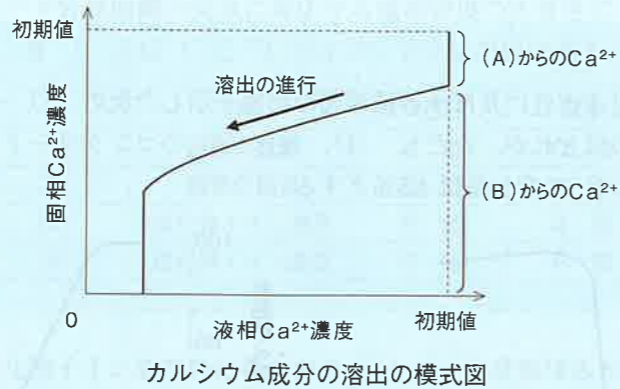
- (1) 空気量が 3% 程度以上あると耐久性指数は一気に向上するため、適当である。
 - (2) 気泡間隔係数が 200 ~ 250 μm (0.2 ~ 0.25 mm) 程度以下で凍結融解抵抗性が確保できるため、適当である。
 - (3) セメント水比が大きくなるほど、すなわち強度が大きくなるほど耐凍害性に優れるため、適当である。
 - (4) 飽水度が小さくなれば耐久性指数は向上するため、不適当である。
- 以上より、不適当なものは (4) である。

正解 (4)

[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。



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 (Ca^{2+}) 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 Ca^{2+} 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 Ca^{2+} 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。

	(A)	(B)	(C)
(1)	シリカゲル	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	C-S-H
(2)	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	C-S-H	シリカゲル
(3)	C-S-H	シリカゲル	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
(4)	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	シリカゲル	C-S-H

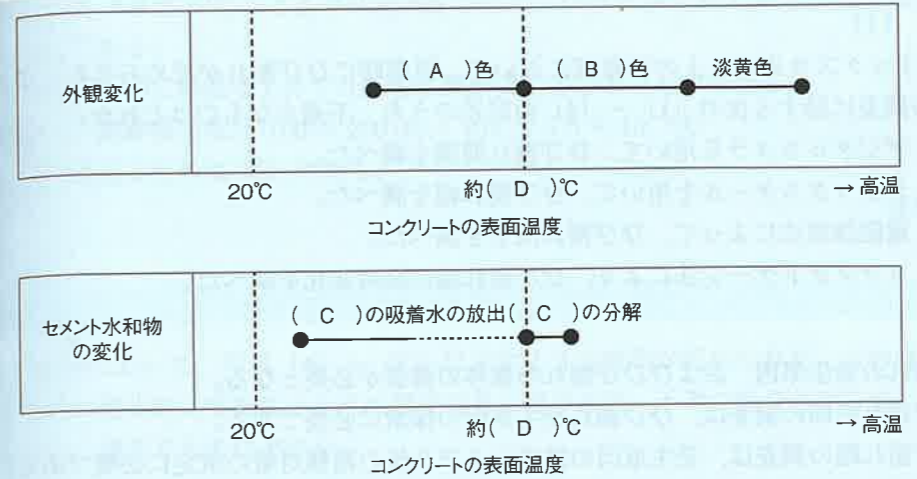
カルシウムイオン (Ca^{2+}) の溶出初期段階においては、水酸化カルシウム ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) が優先的に溶解し、細孔溶液中の Ca^{2+} 濃度は初期値に保たれる。次に、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の消失後に C-S-H の溶解が開始するが、細孔溶液濃度は低下していく。さらに溶解が進行して固相の Ca^{2+} 濃度がある値以下になると、C-S-H の分解が急激に進んでシリカゲルとなり、液相の Ca^{2+} 濃度は一定の値に保たれる。

以上より、適当なものは (2) である。

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

コンクリートの受熱温度と外観の変色状況の関係は、表の通り 300℃未満ですす等が付着し、300～600℃程度でピンク色、600～950℃程度で灰白色、950～1200℃程度で淡黄色に変色し、1200℃程度以上で融解する。一方、セメント水和物の変化としては、100℃程度以上で結晶水の分離・消失が始まり、500～580℃程度の受熱でコンクリート中の遊離アルカリ分である水酸化カルシウム ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) が熱分解して、アルカリ度が低下する。600℃程度を超えると、C-S-H が分解し $\beta\text{C}_2\text{S}$ が生成する。

表 コンクリートの変色状況と受熱温度の関係

変色状況	受熱温度
表面にすす等が付着している	300℃未満
ピンク色	300℃～600℃
灰白色	600℃～950℃
淡黄色	950℃～1200℃
溶融	1200℃以上

(鹿島建設技術研究所編「既存建物の耐力診断と対策」p/90、鹿島出版会刊、1978.6を基に作成)

以上より、適当なものは (1) である。

正解 (1)

[問題 11]

RCボックスカルバ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) 電磁誘導法によって、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。

ひび割れの発生原因、およびひび割れの推移の調査が必要となる。

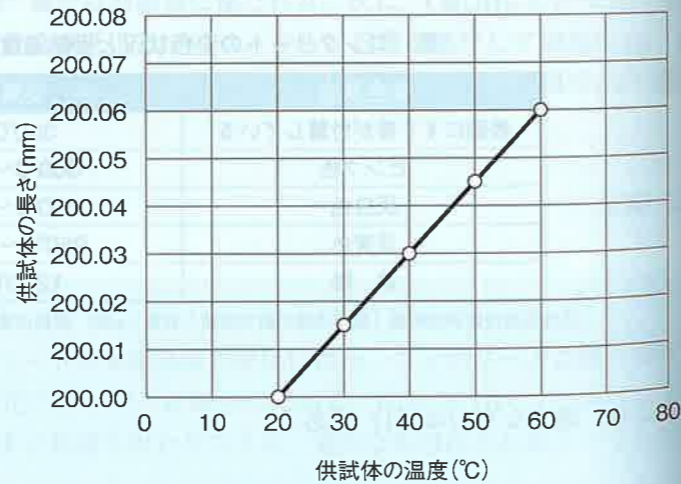
- (1) ひび割れ間隔の調査は、ひび割れ発生原因の探索に必要である。
- (2) ひび割れ幅の調査は、発生原因の探索および今後の補修対策の策定に必要である。
- (3) 電磁誘導法は、鉄筋のかぶり(厚さ)の推定に用いられるもので、ひび割れ深さは調べられない。
- (4) ひび割れ幅の経時変化の調査は、ひび割れ発生原因の特定および今後の補修対策の策定に必要である。

以上より、不適当なものは(3)である。

正解 (3)

[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、供試体の基調は温度20℃のとき200.00mmであった。



- (1) $7.5 \times 10^{-5}/\text{°C}$
- (2) $7.5 \times 10^{-6}/\text{°C}$
- (3) $15 \times 10^{-5}/\text{°C}$
- (4) $15 \times 10^{-6}/\text{°C}$



供試体の長さは温度20℃のとき200.00mmであり、グラフから60℃のときの供試体の長さは200.06mmである。


このことから、40℃の温度上昇で0.06mm熱膨張していることが分かる。したがって、熱膨張係数は $0.06 \div 200.00 \div 40\text{°C} = 7.5 \times 10^{-6}/\text{°C}$ 以上より、適当なものは(2)である。

正解 (2)

[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。

	
写真(A)：橋脚張出し部に生じた網目状のひび割れ	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)
調査項目：地震の履歴	調査項目：背面空洞の有無

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

- 写真 (A) 橋脚張出し部の網目状のひび割れは、地震による外力では起こらないため、「不適」である。
- 写真 (B) トンネル外側から浸入する漏水により白色析出物が生じているので背面空洞の有無を調査する必要があるため、「適」である。
- 写真 (C) 硫酸ナトリウムの析出は、コンクリート外部からの硫酸塩の侵入が考えられるので、土壌中の化学成分の分析が必要であるため、「適」である。
- 以上より、適当なものは (2) である。

正解 (2)

【問題 14】

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

- (1) 施工記録により防水層の有無は調査できる。
- (2) アコースティックエミッション法は、コンクリートのひび割れ発生に伴って発生し伝播する弾性波を検出する検査法であり、塩化物イオン量の測定はできない。
- (3) 電磁波レーダー法は、コンクリート中の鉄筋の位置やかぶり(厚さ)、内部空隙や異物の存在とその位置を把握する方法であり、ひび割れの有無も調査できる。
- (4) レーザードップラー法により、振動、たわみが測定できる。
- 以上より、不適当なものは (2) である。

正解 (2)

【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

- (A) 鉄筋の腐食が進まないように乾燥保存するのは、適当である。
- (B) 腐食生成物の除去法であり、適当である。
- (C) 水洗い後、鉄筋の腐食が始まらないように温風乾燥させるのは、適当である。
- 以上より、適当なものは (2) である。

正解 (2)

【問題 16】

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

- (A) 四電極法は、鉄筋を保護するかぶり部分のコンクリートの比抵抗を測定し、鉄筋の腐食進行のしやすさを判断する方法であり、残存するかぶり(厚さ)を計測する方法ではない。
- (B) 分極抵抗により鉄筋の腐食速度が調査できる。
- (C) フェノールフタレイン溶液により、赤紫色に変色した部分は、pH8 ~ pH10 以上のアルカリ性で、中性化していない部分である。
- 以上より、適当なものは (4) である。

正解 (4)

[問題 17]

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。

JIS A 1155 によれば、「互いに 25～50 mm の間隔を持った 9 点について測定する。その偏差が平均値の 20% 以上になる値があれば、その反発度の測定値は採用せず、これに替わる測定値を補うものとする。」と規定されている。

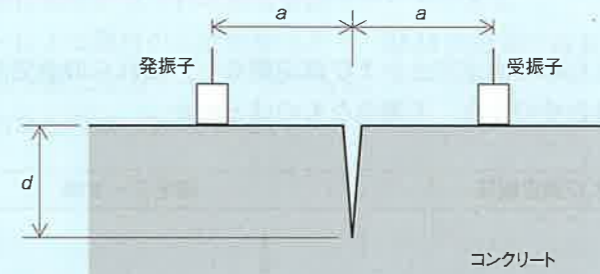
9 個の測定結果の平均値は 35 である。35 の 20% は 7 となる。
 $35 + 7 = 42$, $35 - 7 = 28$, よって 28 以下および 42 以上は採用できない。
 43 と 26 は採用せず、これらに替わる測定値を補うことになる。
 以上より、適当なものは (1) である。

正解 (1)

[問題 18]

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

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



発振子から発せられた弾性波は、ひび割れを迂回して受振子に到達するのでひび割れ深さが大きいほど伝播時間が長くなる。よって、伝播時間は 100μ s となる。次に伝播時間が同じであれば、発振子および受振子からひび割れまでの距離が短い方 (100 mm) が、ひび割れの深さは深くなる。

以上より、 d が最も大きいのは (3) である。

正解 (3)

[問題 19]

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

- (1) グルコン酸ナトリウム溶液による溶解は適当である。
 - (2) 希塩酸による溶解は石灰岩も溶解させ、セメント水和物中のカルシウムと石灰岩骨材中のカルシウムを区別できない。
 - (3) フライアッシュセメント B 種の中のフライアッシュ量が不明であり、単位セメント量が推定できない。
 - (4) フライアッシュセメント B 種のセメント水和物中のカルシウムは区別できるが、フライアッシュ量が不明であり、単位セメント量が推定できない。
- 以上より、最も適当なものは (1) である。

正解 (1)

[問題 20]

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(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)	

(1) 打撃から 3～400 μsec に変位が現れた衝撃弾性波法のデータである。

- (2) 発信から短時間に振幅が見られる超音波法のデータである。
 (3) 電磁波レーダーによる鋼材の反射映像であり、SEM の映像ではない。
 (4) 鉱物の X 線回折分析によるチャート図である。
 以上より、不適当なものは (3) である。

正解 (3)

[問題 21]

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

コンクリート中の気泡は、エントラップドエア（巻き込み気泡）とエントレインドエア（AE 剤により連行された気泡）に区分される。

- (1) 一般に、フレッシュコンクリート中の気泡は、時間の経過に伴い低下する。
 (2) コンクリートポンプにより圧送する場合は、圧送距離に応じて若干減少するのが一般的である。
 (3) 内部振動機による締固め時間が長いと気泡が追い出され、空気量は減少する。
 (4) 型枠中への打込み速度が速いと気泡を巻き込む可能性があるため、減少の原因にはならない。

以上より、最も不適当なものは (4) である。

正解 (4)

[問題 22]

北陸地方にあるコンクリート製堤防のパラペット部（高さ約 1m）において、次ページの写真に示すようなひび割れ（幅約 1cm）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



ひび割れは水平方向に発生していることから、膨張性のひび割れであると考えられる。膨張性のひび割れとしては、アルカリシリカ反応（ASR）に起因する場合、鉄筋の腐食による場合、凍害の影響などが考えられるが、伸縮継目のエラストイトがはみ出している状況から躯体の膨張とみられ、ASRが原因である可能性が高い。

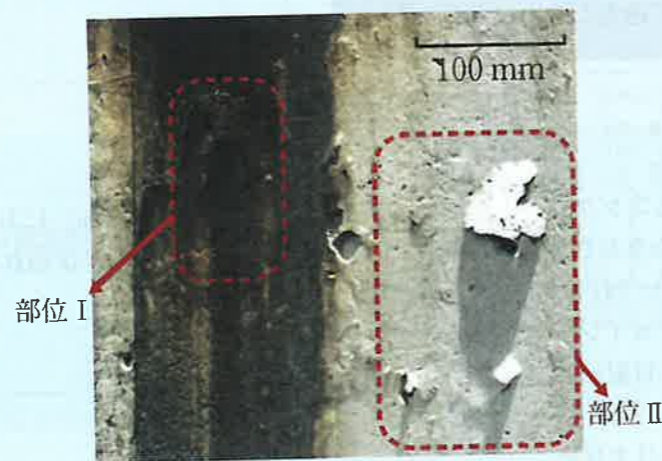
水平に近いひび割れであることからコールドジョイントの状況に類似しているが、打込み時のコンクリートの流動している状況とは異なるので、コールドジョイントが原因の可能性は低い。気温の変化や日照による温度応力がマスコンクリートに生じることは考えられず、一般に重力式で構築される防波堤には鉄筋が配置されないため、塩害の可能性も低い。

以上より、適当なものは(4)である。

正解 (4)

[問題 23]

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。



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。

	(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

部位Ⅰの変状では錆汁が見られることから、反応性シリカ鉱物の可能性より硫化物による劣化の可能性が高い。つまり、ポップアウトの原因は骨材中に含まれる硫化物に起因する腐食生成物であると考えられ、水分の供給により変状が顕在化したものと考えられる。

ちなみに、アルカリシリカ反応生成物による劣化の場合は、アルカリの付与により吸水膨張し、ひび割れが生じるが、設問では外観にひび割れが見られないため、アルカリシリカ反応の可能性は低い。

以上より、適当なものは(2)である。

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要原因として次の(1)～(4)のうち、最も適当なものはどれか。

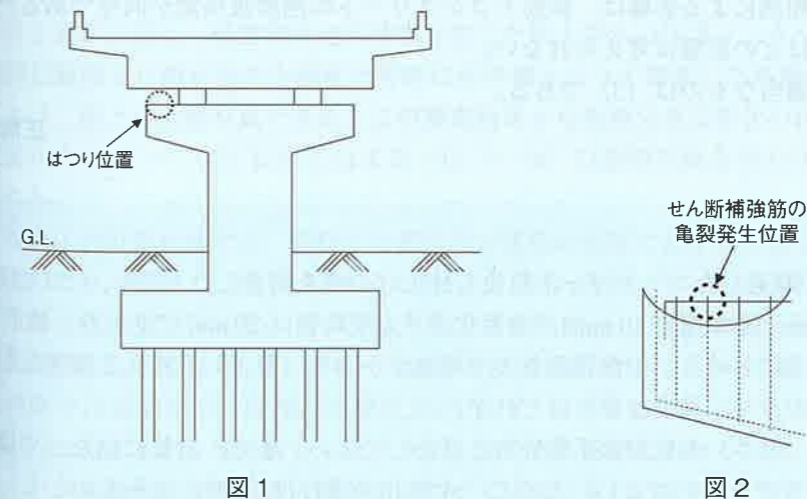


図1

図2

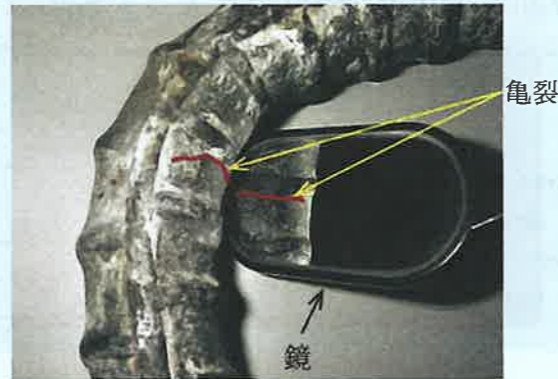


写真 曲げ加工部の亀裂

- (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

2013年度試験問題からの再出題である。

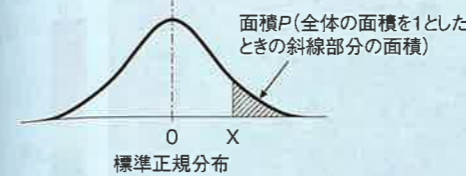
- (1) 疲労による劣化は、繰り返し応力が作用する床版では生じやすいが、RC橋脚には疲労はほとんど影響しない。
 - (2) コンクリートのクリープは応力が緩和することになり、せん断補強筋を破断することはない。
 - (3) アルカリシリカ反応は、躯体内部の膨張が生じるため、隅角部に内部からの膨張圧力が作用する可能性は高く、急激な外力による亀裂ではなく、継続的な力により曲げ加工されたせん断補強筋に亀裂を生じさせたものと考えられる。
 - (4) セメントの水和熱による影響は、鉄筋とコンクリートの熱膨張係数が同等であるため、鉄筋を破断するほどの影響は考えられない。
- 以上より、最も適当なものは(3)である。

正解 (3)

【問題 25】

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



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

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%

建設後16年経過時点での中性化深さの平均値が20mmであるので、中性化速度係数Aは以下となる。

$$20 = A\sqrt{16} \quad \text{より} \quad A = 5.0$$

建設後25年における中性化深さの平均値は、以下となる。

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

かぶり(厚さ)の平均値が40mmで、標準偏差が10mmであり、正規偏差をXとすると、
 $40 - 10X = 25$

正規偏差Xは、1.5となり、中性化深さの平均がかぶり(厚さ)を超える確率は、面積Pの値で示され、その確率は6.7%となる。

以上より、適当なものは(2)である。

正解 (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。



写真1 可視画像

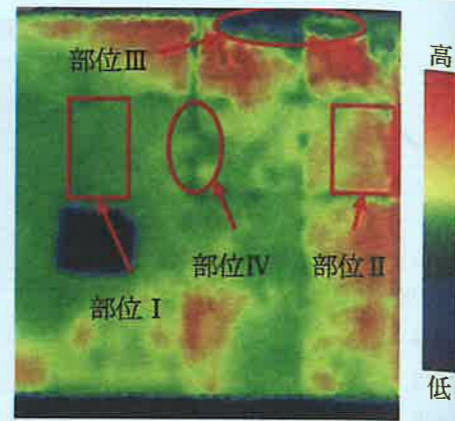


図 熱画像



写真2 近接写真

	(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

赤外線カメラで撮影した熱画像は、コンクリート表面の温度を感知して、不具合を検出することができる。

温度上昇時には浮きが生じている箇所は、温度が内部に伝導しにくいので温度が上昇して高温になりやすく、周辺より高い温度となる。部位Iより部位IIが高温であることから、(A)はIIが適当である。

コンクリートより水の方が比熱が大きく、(B)には「大きい」が入る。熱画像では砂利化は検出できないので、部位IVは周囲との温度差が小さく、(C)には「小さく」が入る。

以上より、適当なものは(1)である。

正解(1)

[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

1960年～1970年頃は道路橋に合成桁が多く採用されたが、交通量の増加や車両の大型化に伴いRC床版が相次いで損傷するようになり、1980年代には床版の取換えが容易な非合成桁が多く採用されるようになった。

RC床版と鋼桁が一体として挙動すると曲げ応力を両者で負担することになり、合成桁の桁高は一般非合成桁と比べて低くできる。また、上フランジ幅は下フランジ幅より小さくできる。以上より、適当なものは(1)である。

正解(1)

[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、不適当なものはどれか。

	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

火害調査による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の関係を問う問題である。

- (1) コンクリート表面に煤が付着している状況は、受熱温度が300℃未満である。
 - (2) コンクリート表面が淡黄色に変色する状況は、受熱温度が950～1200℃程度で、950℃以上とする評価が妥当である。
 - (3) コンクリートが火災で500℃以上になると、遊離アルカリ分である水酸化カルシウムが熱分解して中性化するが、200～300℃では中性化しないと判断できる。
 - (4) 石灰石骨材は火災に対する抵抗性が低く、600℃では脆弱化している可能性が高い。
- 以上より、不適当なものは(3)である。

正解 (3)

[問題 29]

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

JIS A 5308 に関する規定の改正時期を尋ねる設問である。

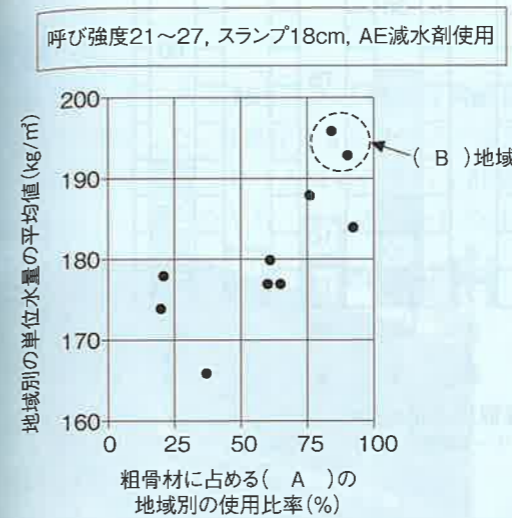
- (A) コンクリート中の塩化物イオンに関する規定は、海砂の塩化物イオン量の規定が行われ、その後1986年に塩化物イオンの総量規制が行われた。
 - (B) アルカリシリカ反応に関して、「無害と判定されない骨材を使用する条件」が規定されたのは1986年であり、ポルトランドセメントに低アルカリ形が追加された。
 - (C) 生コンクリートへの加水が問題視され、単位水量の上限値が規定されたのは1993年であり、生産者と協議して購入者が指定できる事項に加えられた。
- 以上より、正しいものは(4)である。

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の地域別使用比率」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。



1990年代に実施された地域別の単位水量の平均値を図1に示す。レディーミクストコンクリートに使用される粗骨材の種類の地域別使用実態を図2に示す。

一般に、川砂利を用いるより、砕石を用いる方が単位水量を多く必要とするので、(A)に入るのは「砕石」が妥当である。砕石を多く使用する地域は関東・東海地方と中国・四国地方であるが、同一のスランプを得るための単位水量が多いのは中国・四国地方である。これは、使用する細骨材の違いである。したがって、(B)に入るのは、「中国・四国」が妥当である。

以上より、適当なものは(4)である。

正解 (4)

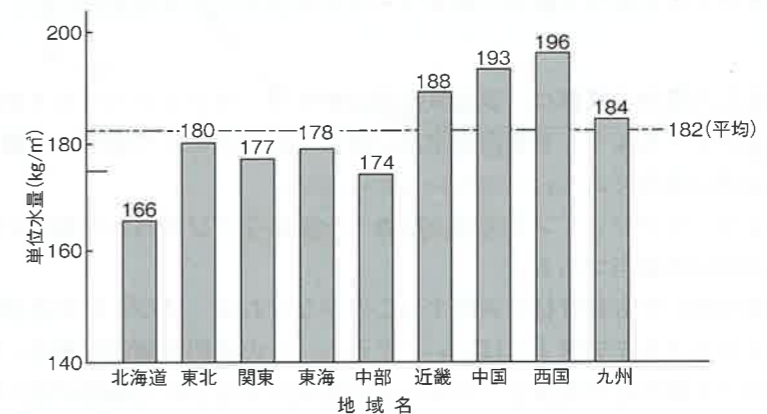


図1 1990年調査時の地域別単位水量 (日本コンクリート工学会, コンクリート診断技術 '19 応用編, p.116)

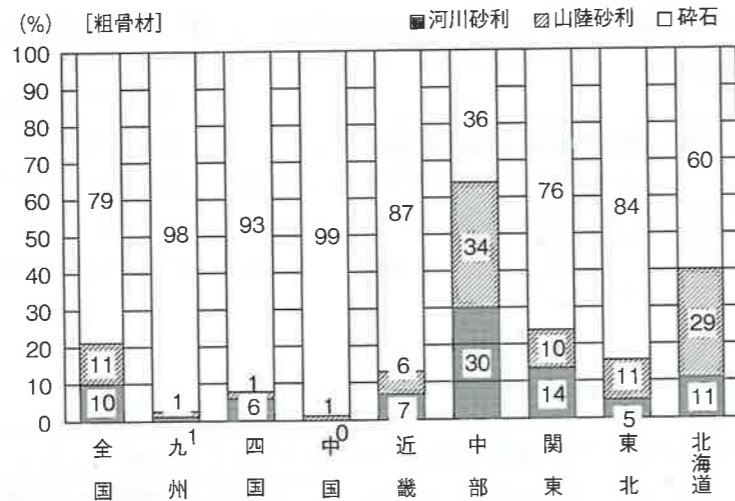


図2 骨材採取地の地域性
(日本コンクリート工学会, コンクリート診断技術 '19 応用編, p.115)

[問題 31]

ボックスカルバートの側壁(厚さ60cm)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。

- (1) 表面気泡が生じた場合の補修は, 表面気泡部にポリマーセメントペーストを塗布し, 直ちにポリマーセメントモルタルを表面気泡部に押し込むようにして密実に充填して行うことから, この説明は適当である。
- (2) 縁切れのあるコールドジョイントでは, Uカット工法などひび割れの補修に準じる場合があり, この説明は不適当である。
- (3) 豆板部分を強く叩いても粗骨材が剥落することがなければ, はつり取る必要はなく, ポリマーセメントモルタルを充填すればよいことから, この説明は適当である。
- (4) 豆板部分を叩くと粗骨材が剥落し, こぶし大の空洞が発見された場合には, 不良部分をはつり取り, 健全部分を露出させる。その後, ポリマーセメントモルタルを充填すればよいことから, この説明は適当である。

以上より, 最も不適当なものは(2)である。

正解(2)

[問題 32]

積雪寒冷地にある高速道路のPC3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

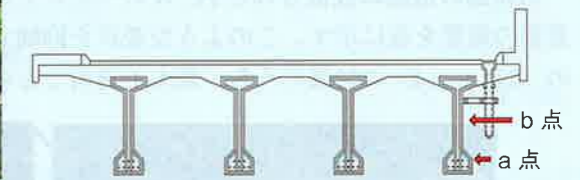


図1 断面図

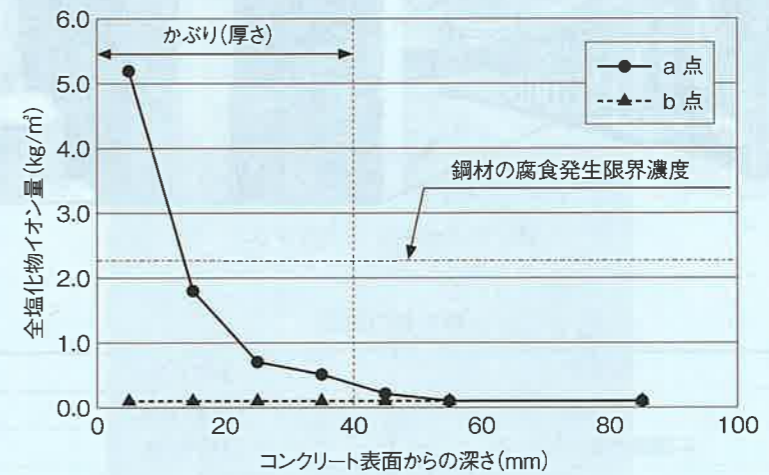


図2 塩分調査結果

- (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

本問は積雪寒冷地にある高速道路の合成桁の塩害に関するもので、凍結防止剤中に存在する塩化物イオンが原因と推定される。一般的に高速道路面に散布された凍結防止剤は、融雪水とともに排水される。

本問では排水設備からの排水の滴下等が推測される a 点で、コンクリート表面付近の塩化物イオン量が大きく、滴下等の影響がないと推測される b 点での塩化物イオン量は小さい。このことから、本問の塩害には排水設備の不良が大きく影響していると推定できる。

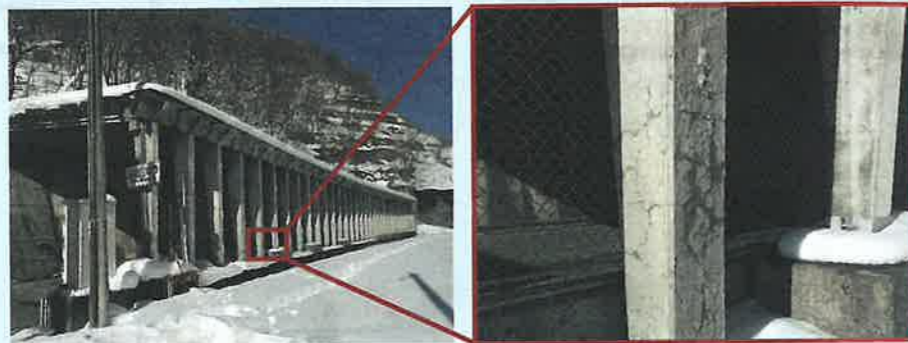
また、a 点でのかぶり位置における塩化物イオン量は鋼材の腐食発生限界濃度よりも相当に小さく、電気化学的脱塩や断面修復を必要とする段階には至っていないと考えられる。

以上より、最も適当なものは (2) である。

正解 (2)

[問題 33]

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°C 日最低 -11.8°C
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

PC スノーシェッドの変状写真のひび割れパターンからは、凍害、アルカリシリカ反応の影響が推測される。また、構造物の概要に示された気温条件から凍害が、凍結防止剤の散布があることから塩害が、それぞれ推測される。

しかし、塩害で鋼材腐食が生じた場合のひび割れパターンは鋼材に沿ったものとなるため、本問の場合の変状原因として塩害は除外できる。したがって、本問で問われている建設時の対策としては凍害とアルカリシリカ反応を考慮すればよい。

- (1) コンクリート表面の被覆は、コンクリートへの水分供給を抑制でき、凍害とアルカリシリカ反応のいずれに対しても対策として適当である。
- (2) 混合セメントの使用は、コンクリート中の水酸化物イオン濃度を抑えることが可能なため、アルカリシリカ反応の対策として適当である。
- (3) エポキシ樹脂被覆鋼材の使用は、鋼材腐食を防止する塩害対策であり、本問の対策として不適当である。
- (4) 高炉スラグ骨材の使用は、溶解シリカ量を少なくできるため、アルカリシリカ反応の対策として適当である。

以上より、最も不適当なものは (3) である。

正解 (3)

[問題 34]

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。



- (1) エチレン酢酸ビニル系エマルション
- (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

本問では積雪寒冷地の農業水利施設における変状写真が示されている。気象条件から凍結融解作用が生じること、変状写真からコンクリート端部におけるひび割れと剥落が認められることから、変状原因として凍害が推測される。この凍害による変状を抑制する観点から、コンクリート表面に塗布する(1)～(4)の材料について検討する。

- (1) エチレン酢酸ビニル系エマルションは、表面被覆工法の中塗り材に用いる材料の一種である。表面被覆工法によりコンクリート中への水分の浸入を阻止できれば、凍害の抑制に繋がる。しかし、本問のような農業水利施設においては、コンクリートの全表面を被覆することが困難であり、凍害対策として適当とは言えない。
 - (2) アルキルアルコキシシランは、シラン系表面含浸材の主成分である。シラン系表面含浸材はコンクリート表面に保護層を形成して、外部からの劣化因子（塩化物イオン、炭酸ガス、水など）の侵入を抑制できるため、凍害対策として適当である。
 - (3) 低級アルコールアルキレンオキサイドは、有機系収縮低減剤に用いる材料で、凍害対策として不適当である。
 - (4) 亜硝酸リチウムの亜硝酸イオンは鉄筋腐食の抑制に、リチウムイオンはアルカリシリカ反応の抑制に効果があるが、凍害対策としては不適当である。
- 以上より、適当なものは(2)である。

正解 (2)

[問題 35]

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にした。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

2014年度試験問題からの再出題である。

写真により示された鉄筋コンクリート橋脚には、雪や雨水により水分が供給されている。これにより、アルカリシリカ反応に起因すると考えられる網目状のひび割れが進展しているように見受けられる。このような観点から、(1)～(4)の対策について検討する。

- (1) ポリウレア樹脂系被覆材により表面を被覆し、コンクリート中への水分の浸入を抑制するのは、アルカリシリカ反応の抑制に効果があると判断されるため、適当である。
 - (2) けい酸ナトリウムを主成分とする含浸材は、中性化や塩害、スケーリング等の抑止に効果があるとされている。けい酸ナトリウムはコンクリート中の水酸化カルシウムと反応してC-S-Hゲルを生成させるので、塗布後はコンクリートを湿潤状態とするのが良いが、このような状態はアルカリシリカ反応を進展させるため、不適当である。
 - (3)・(4) 写真からは塩害や中性化によって鉄筋腐食が生じているように見受けられない。したがって、不適当である。
- 以上より、最も適当なものは(1)である。

正解 (1)

[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、適当なものはどれか。



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

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。

下水道施設では、下水中に含まれる硫酸塩や含硫アミノ酸から硫化水素が生成され、この硫化水素が気相中に放散されると、硫黄酸化細菌によって酸化され、硫酸が生成される。この硫酸によって、コンクリートが劣化する。

本問のような酸性劣化の場合、最も簡易に劣化の程度を測定する方法は、フェノールフタレイン溶液による中性化深さの測定である。したがって、(A) にはフェノールフタレインが入る。

補修に際しては脆弱部を除去した後、ポリマーセメントモルタルで断面修復を行い、表面被覆を施すのがよい。表面被覆材には硫酸に対する耐久性および浸透阻止性が求められる。したがって、シラン系含浸材のようにコンクリート表面に被膜を形成せず、表面から内部に浸透して表層部の組織を改質する表面含浸材は不相当であり、(B) にはエポキシ樹脂系被覆材が入る。

以上より、適当なものは (2) である。

正解 (2)

【問題 37】

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。

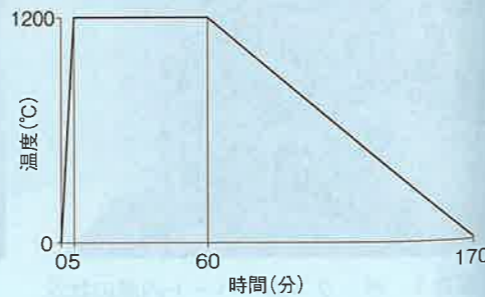
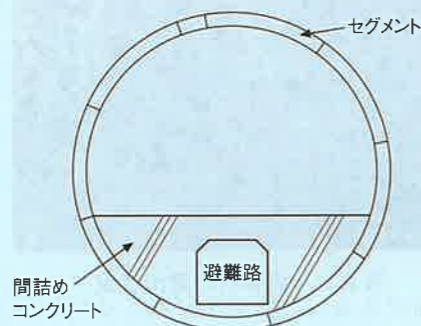


図2 RABT ※加熱曲線
※ドイツ交通省、道路トンネルの設備と運用に関する指針

図1 シールドトンネル断面の概念図

(1) セグメントをフルサンドイッチの鋼殻構造とした

(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

(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

(4) セグメントをけい酸カルシウムボードで被覆した

地盤が強固な場所に建設される山岳トンネルでは、掘削後は地山自体の応力再配分によって内空断面が保持され、覆工に作用する土圧は比較的軽微である。これに対して、シールドトンネルでは覆工自体で土圧や水圧に抵抗する構造になっており、火災時の覆工の強度低下はトンネルの崩壊に繋がる可能性がある。シールドトンネルには、上記の点を踏まえた適切な耐火対策が要求されている。

- (1) 鋼殻構造では、火災時に鋼材が高温になる。一般に高断面力を負担する鋼部材が加熱により強度低下した場合、鋼板は熱クリープ・熱座屈を生じ、構造性能の低下に繋がる。また、鋼殻内部のコンクリートでは爆裂現象や熱劣化が予想されるが、その劣化状況の確認も容易でない。したがって、(1) は建設時の対策として不相当である。
 - (2) 高強度コンクリートにポリプロピレン短繊維を混入すると、火災時の熱でポリプロピレン短繊維が溶解し、コンクリート内部の水蒸気圧の上昇を緩和し爆裂を防止することができる。したがって、(2) は対策として適当である。
 - (3) 吹付け被覆では、剥落防止のためステンレスメッシュが埋設されており、層厚は30mmで管理される事例が多く、対策として適当である。
 - (4) ボード被覆も一般に適用されており、対策として適当である。
- 以上より、最も不適当なものは (1) である。

正解 (1)

[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

- (A), (B) 断面修復補修を施した場合、未補修部分と補修部分における劣化因子の濃度差が大きくなり、未補修部分がアノード、補修部分がカソードになる。アノードとカソード間にはマクロセルが形成され、腐食が進行する。この腐食をマクロセル腐食という。したがって、(A) にはアノード、(B) にはマクロセルが入る。
- (C) 一般に、ポリマーセメントモルタルのポリマー含有量が増加するに伴い、比抵抗が大きくなる。
- (D) 電気防食において確実な防食効果を得るためには、防食電流を均一に流すことが必要である。そのためには、断面修復材の比抵抗は小さく、コンクリートと同程度であることが望まれる。

以上より、適当なものは (4) である。

正解 (4)

[問題 39]

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。

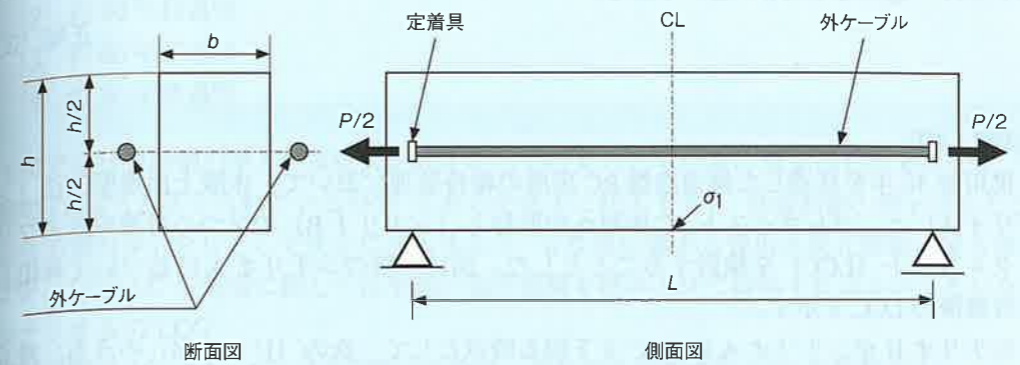


図1 外ケーブル(桁高中央)の配置方法

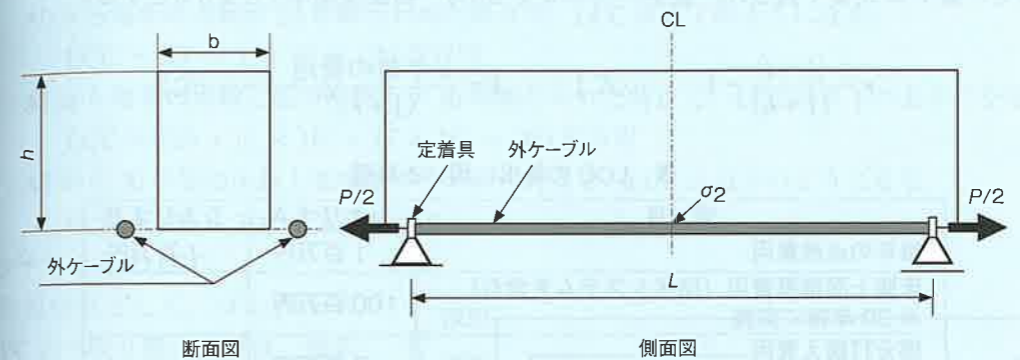


図2 外ケーブル(桁下縁)の配置方法

- (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1では、外ケーブルが断面中央に配置されているので、桁下縁に導入される圧縮応力 σ_1 は全断面で均一で以下のように求まる。

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

ここに、 A : 断面積 (bh)

図2では、外ケーブルが桁下縁に配置されているので、プレストレスによる軸圧縮力 P と曲げモーメント M が作用する。曲げモーメント M は軸圧縮力 P に偏心距離 $h/2$ を乗じた $Ph/2$ である。これより、桁下縁に導入される圧縮応力 σ_2 は以下のように求まる。

$$\sigma_2 = (P/A) + (My/I) = (P/bh) + (Ph/2)(h/2)(12/bh^3) = 4P/bh$$

ここに、 y : 中立軸からの距離 ($h/2$)

I : 断面二次モーメント ($bh^3/12$)

したがって、 $\sigma_1 : \sigma_2 = (P/bh) : (4P/bh) = 1 : 4$ となる。
 以上より、適当なものは(3)である。

正解 (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。

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

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

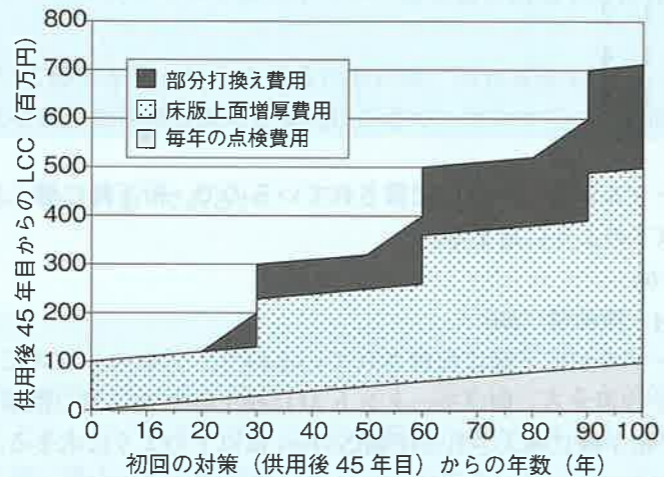


図 シナリオAのLCC

- (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

本問では社会的割引率 r の算定式が式1として与えられている。資本の利率 h は2%、物価変動率 i は2%と与えられているので、これらを式1に代入すると、社会的割引率 r は0となる。社会的割引率 r を0として式2に代入すると、 n 年後に要する費用と現在価値に置き換えた V は等しく、LCCの算定に際しては単純に現在価値を積み上げて計算すればよいことになる。

○シナリオAのLCC

問題の図にA0, A1, A2, A3の時点を設け、それぞれの時点のLCCを計算する。

A0: 床版上面増厚が終了した時点で、LCCは100百万円である。

A1: A0から毎年の点検が20年間行われた時点で、LCCは以下ようになる。

$$LCC = 100 + 1 \times 20 = 120 \text{ 百万円}$$

A2: A1から毎年の点検と部分打換えが10年間行われた時点で、LCCは以下ようになる。

$$LCC = 120 + (1 \times 10) + (7 \times 10) = 200 \text{ 百万円}$$

A3: A2から30年毎の床版上面増厚が行われた時点で、LCCは以下ようになる。

$$LCC = 200 + 100 = 300 \text{ 百万円}$$

○シナリオBのLCC

初回対策として、プレキャストPC版へ取り替えた後は、毎年の点検費用が加算されるだけなので、シナリオBの t 年後のLCCは $(230 + 1 \times t)$ 百万円で、図中の直線になる。図中にB0, B1の時点を設定し、LCCを計算する。

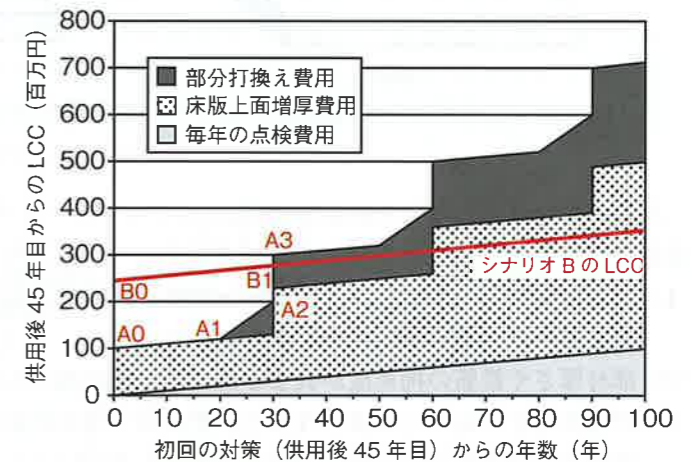
B0: プレキャストPC版へ取替えが終了した時点で、LCCは230百万円である。
 B1: B0から毎年の点検が30年間行われた時点で、LCCは以下ようになる。

$$LCC = 230 + 1 \times 30 = 260 \text{ 百万円}$$

したがって、シナリオBがシナリオAのLCCを下回る時点は30年経過時であることがわかる。

以上より、最も近いものは(1)である。

正解 (1)



2019年度試験問題と解答・解説