

※本解説は、改訂版の電気防食 Q&A に準拠してその解説を行っています。詳細は改訂版電気防食 Q&A を御参照下さい。

No.	設 問 - I	解答欄
2)	<p>強アルカリのコンクリート中に設置された鋼材の表面には、厚さ数 μm 程度の薄い不動態皮膜と呼ばれる鉄の酸化皮膜が存在し、一般的な環境におけるコンクリート中での鋼材の腐食の進行を抑制する。</p> <p>解説；基礎 Q03 (pp.29) ⇒アルカリ中(pH9.5～)の鋼材に形成される「不動態皮膜は、厚さわずかに数 nm(ナノメートル, $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$) の酸化皮膜です」とあります。</p> <p>また、「不動態皮膜は、コンクリート中に溶けている、あるいは外部から浸入する水や酸素などから鋼材を腐食から守るバリアの役割をします」とあります。よって、本解説の前段の記載から、本設問は×です。 正解率；80% (誤答ランク；3位)</p>	×
3)	<p>不動態皮膜が破壊された鋼材表面は、不動態皮膜が健全な鋼材表面に比べて、電位は一般に低くなる。</p> <p>解説；基礎 Q08 (pp.37-38) ⇒基礎 Q08 には、「塩化物イオンで不動態皮膜が破壊された部分(腐食部)では、鉄が陽イオンになるときに電子が失われ、不動態皮膜で保護された部分(健全部)に比べ、電位が低くなります」とあり、本設問は○です。</p> <p>正解率；80% (誤答ランク；3位)</p>	○
7)	<p>電気防食においてコンクリート中の鋼材に通電を開始すると、コンクリート中のナトリウムイオンやカリウムイオンは陽極側に移動する。そのためアルカリシリカ反応を助長する恐れがあるので注意する必要がある。</p> <p>解説；基礎 Q15 (p.47) ⇒基礎 Q15 には、「塩化物イオン (Cl^-) は、マイナスに荷電したイオン(陰イオン)ですから防食電流を流すことで、徐々にコンクリート表面の陽極側に移動します」とあります。一方、ナトリウムイオンやカリウムイオンは、陽イオンであるため、電気防食の陰極である鋼材側に移動します。</p> <p>すなわち、陽極側に移動するのは塩化物イオンなどの陰イオンであるため、本設問は×です。 正解率；60% (誤答ランク；1位)</p>	×
11)	<p>港湾の栈橋において、防食面積が 300m^2 程度であったので、直流電源装置の容量は十分であり、また鋼材は繋がっていたため、飛沫帯に位置する床版と干満帯に位置する梁を一つの回路として設計した。</p> <p>解説；基礎 Q17 (p.50), 設計 Q06 (pp.106-107) ⇒基礎 Q17 には、「大気中部、飛沫退部、干満帯部、海中部のいずれの環境でも、電気防食を適用することは可能です。ただし、これらの環境が同じ構造物にある場合は、環境ごとに防食回路を分割する必要があります」とあり、また、設計 Q06 では、「1回路あたりの最大防食面積は 500m^2 を目安とした回路に分けて設計を行います」とあり、その適用の説明として「特に、水掛かりや結露を生じる部位、潮位の干満により海水に浸漬される部位は、適切な分割が必要です」とあります。すなわち、本設問の飛沫帯の床版と干満帯の梁を一つの回路として設計するのは×です。</p> <p>正解率；80% (誤答ランク；3位)</p>	×

14)	<p>照合電極を設置する際には、陽極材と鋼材の間に照合電極ができるだけ配置されないように留意する。</p> <p>施工 Q10 (p.136) ⇒施工 Q10 には、「埋設する照合電極本体が防食電流の分布を阻害することをできるだけ避けるために、照合電極が陽極材と防食対象鋼材の間に入らないように設置する必要があります」とあり、本設問は○です。</p> <p>正解率；67%（誤答ランク；2位）</p>	○
16)	<p>陽極材の被覆モルタルを施工するときは、下地コンクリートとモルタルとの良好な接着を確保するために、下地コンクリート表面のゴミを除去し、十分に乾燥させて施工する。</p> <p>解説；施工 Q13 (p.143) ⇒施工 Q13 の (3) に「モルタル硬化時のドライアウトを防ぐため、コンクリート表面（溝内）に水打ち、またはプライマー（電気防食に影響のない製品）を塗布する」とあり、本設問は×です。</p> <p>正解率；80%（誤答ランク；3位）</p>	×

No.	設 問－Ⅱ	解答欄
4)	<p>外部電源方式の電気防食が適用できない施設や立地条件はどれか。</p> <p>① 石油等の危険物取扱施設（防爆区域） ② 電力会社の電柱など送電網がない地域 ③ 山間地や離島などの地域 ④ 基本的に適用できない施設や立地条件は無い</p> <p>解説；入門 Q07 (p.64) ⇒入門 Q07 の Q は「外部電源方式の電気防食を適用できない施設や立地条件はありますか？」で本設問の問題そのものです。その Answer は、第 1 行目に「基本的にはありません」とあり、本設問の正解は④です。</p> <p>但し、①～③においても状況に応じた対応が必要で、①の場合には、電気設備に防爆対策を講じる必要があり、防爆地域内に設置する直流電源装置や中継用接続箱などを防爆対応型の電気設備とすることや、防爆地域外に電源を設置することなどがあります。また、②や③においては、ソーラー発電や風力発電などの利用が挙げられ、このような再生可能エネルギーを使用する場合には、得られる電力量と防食対象部位の防食に必要な防食電流量の関係を考慮することや発電装置の維持管理などに留意する必要があります。</p> <p>正解率；67%（誤答ランク；3位）</p>	④
5)	<p>電気防食設計における各設計値の目安として不適当なものはどれか。</p> <p>① 照合電極の数量：2 個／回路以上 ② 排流端子(点)の数量：2 個／回路以上 ③ 測定端子(点)の数量：照合電極＋通電点の数以上 ④ 設計上の最大電流密度：30mA/m²(コンクリート表面積当たり)</p> <p>解説；設計 Q05 (p.64) ⇒③の測定端子は、照合電極の対極として鋼材に設置する端子であり、照合電極と対で設置するため照合電極の数量であるため、③は間違いです。よって、本設問の正解は③です。</p> <p>正解率；40%（誤答ランク；2位）</p>	③

コンクリート中の鋼材の自然電位は， [A] の方が [B] よりも [C] になる。そのため，電気防食において防食効果を確認する [D] は， [A] の方が [B] よりも大きくなるため，防食効果の確実性を考慮して通電電流量を決定する通電試験や [D] 試験は， [B] に実施した通電量を適用して [D] 試験を実施する方が良い。

- ① (A) ; 夏季, (B) ; 冬季, (C) ; 卑 (-), (D) ; 復極量,
- ② (A) ; 冬季, (B) ; 夏季, (C) ; 卑 (-), (D) ; 分極量,
- ③ (A) ; 夏季, (B) ; 冬季, (C) ; 貴 (+), (D) ; 分極量,
- ④ (A) ; 冬季, (B) ; 夏季, (C) ; 貴 (+), (D) ; 復極量,

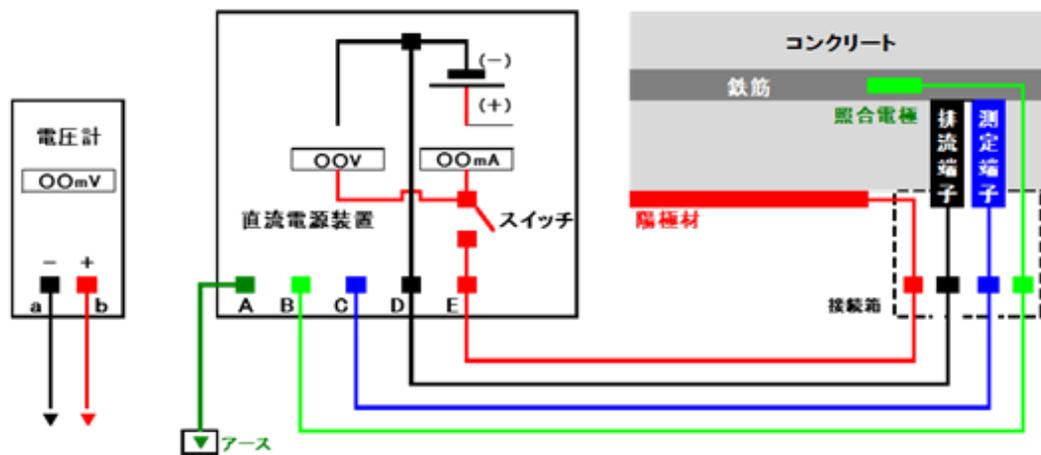
7)

解説 ; 入門 Q18 (pp.84) ⇒ 入門 Q18 (p.84) の 10 行目に「鋼材の電位がマイナス方向 (卑側) に 100mV 以上変化していることを復極試験で確認します。」とあり， [D] は， [復極量] です。復極量は，腐食反応の大小で変化し，腐食反応が激しい場合に小さく，穏やかな場合に大きくなります。腐食反応は化学反応であるため，温度の影響を受け，温度が高い場合に激しく，低い場合に小さくなります。即ち，問題文の 2 行目は，「 [D ; 復極量] は， [A ; 冬季] の方が [B ; 夏季] よりも大きくなるため， 」となります。また， 1 行目は，「コンクリート中の鋼材の自然電位は， [A ; 冬季] の方が [B ; 夏季] よりも [C ; 貴 (+)] になる。」となり， ④が正解です。

正解率 ; 43% (誤答ランク ; 2 位)

④

復極量試験時，下図に示す電位計で鋼材電位を計測する際，電圧計のマイナス端子 : a は [A] に接続し，プラス端子 : b は [B] に接続して計測する。



8)

- ① B,
- ② C,
- ③ D,
- ④ E

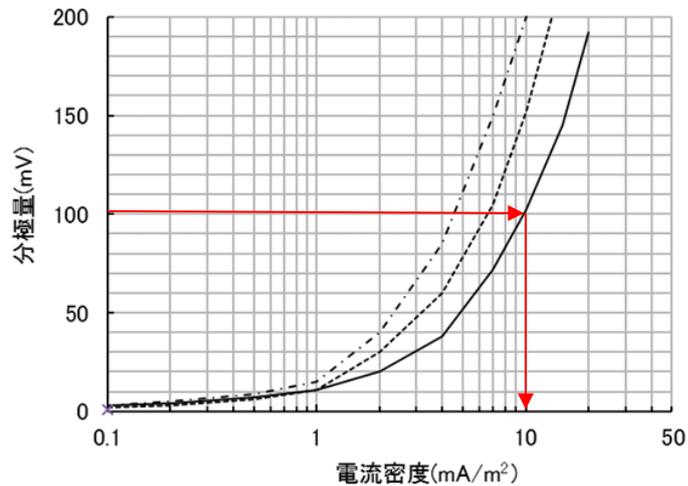
解説 ; 施工 Q17 (pp.168-170) ・ 設計 Q16 (pp.128-129) ⇒ 施工 Q17 p.170 の (5) 仮通電試験の図を参照すると，直流電圧計のマイナス端子は照合電極に接続しています。また，直流電圧計のプラス端子は鉄筋に接続しています。一方，設計 Q16 p.129 の下から 7 行目には「測定端子は，照合電極の対極として用いる鋼材からの端子です。この端子の形状は，排流端子と同一ですが，使用目的の違いから呼称を区別します。また，排流端子に接続した電線には電流を流しますが，測定端子に接続する電線には電流を流さないようにするため，配線は分ける必要があります」とあります。よって， [A] は①， [B] は②です

正解率 ; [A] 80%, [B] 87% (誤答ランク ; 4 位)

A ; ①

B ; ②

300 m²/回路の電気防食回路に設置した 3 個の照合電極を用いた分極試験を実施し、下図の試験結果が得られた。通電電流量として最も適当なものはどれか。



9)

- ① 10mA, ② 100mA, ③ 2.1A, ④ 3A

④

解説；施工 Q18 (pp.171-174) ・実習

⇒防食基準 100mV を満足する最も大きな電流密度 10mA/m²で考えます。

必要通電電流量；10mA/m²×300 m²=3,000mA=3A

同一回路に存在する複数の照合電極を対象とした電気防食における通電電流量の設定は、分極試験 (E-log I 試験) によって得られたそれぞれの分極曲線のうち、防食基準を満足するために必要となる最も大きな通電電流密度を対象として決定します。他の照合電極の設置個所では、必ず防食基準を満足できます (本問題では、10mA/m²の通電で 150mV, 200 mV の分極が得られている)。設問は通電電流量を聞いている為、通電電流密度と防食対象面積との積で通電電流量を求めます

正解率；80% (誤答ランク；4位)

10)

電気防食の維持管理の手順は、初期点検→[A]→記録である。[A]に当てはまる手順を次の①～④から選定せよ。

- ① 評価・判定→対策・改善→モニタリング
 ② 点検→対策・改善→評価・判定
 ③ 評価・判定→モニタリング→対策・改善
 ④ 点検→評価・判定→対策・改善

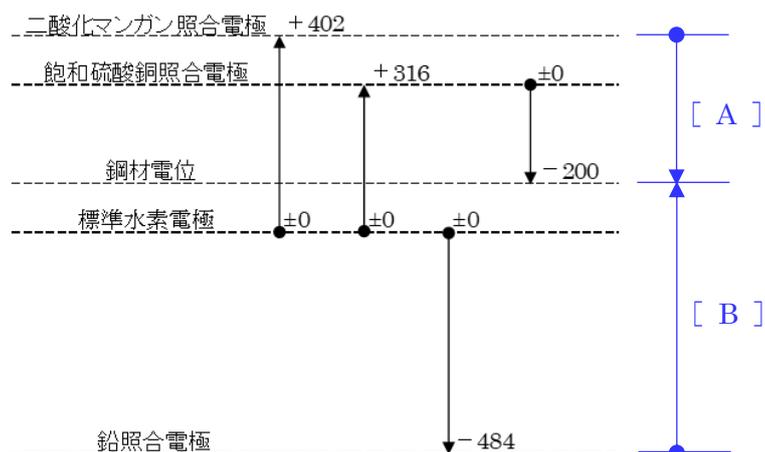
④

解説；維持 Q01 (p.178-179) ⇒維持 Q01 の維持管理の手順の図において、「点検→評価・判定→対策・改善」とあり、④です。

正解率；80% (誤答ランク；4位)

No.	設 問－Ⅲ
2)	<p>コンクリート構造物の耐久性を低下させる劣化要因には、塩害、[A], [B], 化学的浸食、疲労、凍害などがあり、電気防食は、塩害や [A] の対策に適用されている。</p> <p>解答 [A ; 中性化], [B ; アルカリシリカ反応]</p> <p>解説 ; 基礎 Q07 (p.35-36) ⇒基礎 Q07 の p.36 の本文 1 行目には、「塩害や中性化のほかにコンクリート構造物の耐久性を低下させる原因には、・アルカリシリカ反応、・化学的侵食、・疲労、・凍害などがあります」とあり、また、設問には、「電気防食は、塩害や [A] の対策に適用されている」とあるため、[A] は中性化となります。従って、[B] は、アルカリシリカ反応です。</p> <p>正解率 ; [A] 73% (誤答ランク ; 4 位), [B] 80% (誤答ランク ; 8 位)</p>
3)	<p>防食効果の確認は、下記 2 点が達成されているか否かを測定する。</p> <p>① 防食電流を流した後の鋼材の電位が、通電前より [A] mV 以上マイナス方向 (卑側) に変化していること。</p> <p>② 防食対象が PC 鋼材の場合は、飽和硫酸銅電極 (CSE) 基準で、[B] mV よりもプラス方向 (貴側) の電位に設定しなければならない。</p> <p>解答 [A ; 100], [B ; -1000]</p> <p>解説 ; 入門 Q14 (pp.74-76) ⇒入門 Q14 には、下記(1)~(3)の防食管理指標が挙げられています。</p> <p>(1) 設計防食期間にわたって防食効果が発揮されるように防食管理指標を設定する。防食管理指標は、その項目を鋼材の分極量あるいは復極量とすること。およびその水準を 100mV 以上とすることを標準とする。</p> <p>(2) 分極量または復極量で適正に防食効果を判定できないことが想定される場合は、鋼材の分極量あるいは復極量とは異なる防食管理指標を設定してもよい。</p> <p>(3) PC 鋼材ではインスタントオフ電位も防食管理指標の項目とし、その水準は飽和硫酸銅電極 (CSE) 基準で -1000mV (-1000mV vs CSE と書きます) よりもプラス方向 (貴) 側の電位を保つこととする。</p> <p>設問の①は(1)、設問の②は(3)であるため、[A ; 100], [B ; -1000] です。</p> <p>正解率 ; [A] 93%, [B] 73% (誤答ランク ; 4 位)</p>
5)	<p>電気防食における設計成果品のうち、電気配線関係の図書としては、配線図、配線 [A] 図、配線 [B] 表があるが、回路構成が簡単な場合には、配線 [A] 図に配線 [B] 表を記載する場合もある。</p> <p>解答 [A ; 系統], [B ; 整端]</p> <p>解説 ; 設計 Q02 (p.95-96), 設計 Q17 (p.131-133) ⇒設計成果品の表中には、配線図、配線系統図、配線整端表が明記されています。また、設計 Q17, p.133 には、「配線経路や配線位置などは配線整端表に記載し、施工における結線ミスを防ぐとともに、この系統図と整端表は記録として保存し、施工後の維持管理に適用することが重要です。」と記載されています。</p> <p>正解率 ; [A] 73% (誤答ランク ; 4 位), [B] 73% (誤答ランク 4 位)</p>

鋼材の電位が飽和硫酸銅照合電極基準で-200mVより貴（プラス方向）にあれば、鋼材の不動態皮膜は健全で腐食していないとされている。この健全な鋼材電位は下図を参考に換算すると、二酸化マンガン照合電極基準では [A] mV、鉛照合電極では [B] mVに相当する。なお、温度条件は全て 25℃とする。



8)

解答 [A ; -286], [B ; +600]

解説 ; 設計 Q13 (pp.122-123) ⇒設問の図中に設問の求める電位 [A] と [B] を記載します。求める電位を設問の図に準じて算定すると、下記ようになります。

$$[A] = [(+316) - (+402)] - 200 = -286 \quad [A] = -286 \text{ (mV)}$$

$$[B] = [(+316) - (-484)] - 200 = +600 \quad [B] = +600 \text{ (mV)}$$

正解率 ; [A] 60% (誤答ランク ; 2位), [B] 53% (誤答ランク ; 1位)

200m²/回路の電気防食を4回路実施し、いずれの回路も 10mA/m², 5V で通電することになった。この4回路の変換効率を考慮しない消費電力は [A] Wである。また、通電を50年間継続して実施した場合の全期間での電源装置の変換効率を考慮した電気料金は、約 [B] 円である。なお、この直流電源装置の交流から直流への変換効率は 50%であり、電気料金の基本料金は 400円/月、20円/kWhで、燃料費調整額は、電気料金に含むものとし、閏(うるう)年は考慮しないものとする。

解答 [A : 40], [B : 940,800]

9)

解説 ; 基礎 Q11, p.42 ⇒消費電力 [A]

$$10\text{mA} (0.010\text{A}) \times 5\text{V} \times 200 \text{ m}^2 \times 4 \text{ 回路} = 40\text{W}$$

基礎 Q12, p.043 ⇒電力料金 [B]

$$40\text{W} \text{ での変換効率 } 50\% \text{ は, } 40\text{W} \div 0.5 = 80\text{W} (0.08 \text{ kw}) ; \text{変換効率を考慮した消費電力}$$

$$0.08 \text{ kwh} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times 50 \text{ 年} \times 20 \text{ 円/kWh} = 700,800 \text{ 円}$$

$$700,800 \text{ 円} + (12 \text{ ヶ月} \times 50 \text{ 年} \times 400 \text{ 円/月}) = 940,800 \text{ 円}$$

正解率 ; [A] 80% (誤答ランク ; 8位), [B] 67% (誤答ランク ; 3位)