

解答案と解説

正解については、(社)日本コンクリート工学協会では公表していないため、著者らが作成した。

[問題 1] … 正解 (1)

豆板(ジャンカ)は、①コンクリート打設時の材料分離、②締固め不足、③型枠下端からのセメントペーストの漏れなどが発生要因として挙げられ、コンクリートを打ち込みにくい箇所(配管や埋込み金物の下部、開口部下部、過密配筋部など)に生じやすい。防止対策としては、コンクリートをワーカビリティが良好な配(調)合とし、バイブレータで十分に締固めを行うことである。

コンクリートの荷卸しまでに時間がかかるとコンクリートのワーカビリティが失われ、豆板(ジャンカ)が発生しやすくなる。スランプが大きいコンクリートの使用や過度の締固めだけでは、豆板(ジャンカ)は生じにくい。空気量の多いコンクリートは、ワーカビリティが良好であるので、豆板(ジャンカ)は生じにくい。

[問題 2] … 正解 (3)

セメントの水和熱によってコンクリート内部に蓄積された温度が低下するとき、拘束を受けると、収縮する部位を拘束するために温度低下する部位には引張応力が生じ、ひび割れが発生する。温度ひび割れには、内部拘束によるひび割れと外部拘束によるひび割れがある。

温度上昇したコンクリートが外気温に近づくと、温度低下を生じて収縮するところを、ベースマットなど温度変化の小さい既設構造物が拘束すると、拘束部位と直角方向に、ほぼ等間隔にひび割れが発生する。

[問題 3] … 正解 (4)

セメントの水和物である水酸化カルシウムが水の移動に伴い表面に集まり、空気中の二酸化炭素と反応して炭酸カルシウムに

なり、白色の析出物となる。その析出物が茶色に変色している場合は、内部の鉄筋が腐食して発生する錆汁が溶け出している可能性が高い。

[問題 4] … 正解 (1)

コンクリートの摩耗による損傷を問う設問で、液体のみによる損傷はキャビテーション、液体と固体粒子が作用する損傷はエロージョンと呼ばれる。キャビテーションは、高速の水流が作用する急激に屈曲した水路や段差のある水路などに発生する気泡の消滅時の負圧の繰り返しによって、コンクリートが損傷する現象である。エロージョンは、ダム水路などで水流と砂礫などの作用でコンクリートが損傷する現象である。

[問題 5] … 正解 (2)

鉄筋コンクリート梁部材に集中荷重が作用すると、載荷下面に曲げひび割れ(ひび割れ②)が、載荷点と支持点を結ぶ斜め方向にせん断ひび割れ(ひび割れ①)が発生する。さらに、荷重が増加すると定着部の鉄筋の付着力が減少し、鉄筋に沿ったひび割れ(ひび割れ③)が発生する。

[問題 6] … 正解 (3)

中性化残りが小さいほど、中性化が進行しており、鉄筋が腐食しやすい環境にあるので、腐食電流密度が大きくなる。また、雨がかりありの方がなしに比較して、乾湿の繰り返し作用があり、鉄筋が腐食しやすくなるので、腐食電流密度が大きくなる。

[問題 7] … 正解 (1)

(1) セメント中のアルカリ量(Na₂O, K₂O)が多いほど中性化速度は大きくなるので、不適当である。

(2) 高炉セメントを用いたコンクリートと普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートを比較すると、高炉セメントを用いたコンクリートの方が中性化速度は大きくなるので、適当である。

(3) 透気性の大きいポーラスな骨材を用いるほど中性化速度は大きくなるので、適当である。

(4) 水セメント比が大きいほど中性化速度は大きくなるので、適当である。

[問題 8] … 正解 (2)

(1) 同一水セメント比であれば、高炉セメントB種の方が拡散係数は小さくなるので、適当である。

(2) 海中部の方が干満部に比較して、塩化物イオンの供給は多いが、鉄筋の腐食に不可欠な酸素の供給は少ないので、干満部の方が鉄筋の腐食の進行が早くなり、不適当である。

(3), (4) は適当である。

[問題 9] … 正解 (4)

塩化物イオンを含む場合、アノード(陽極)で腐食が進行するので、アノード分極曲線は、塩化物イオンを含まない場合に比較して、自然電位が卑の方向に移行する。カソード分極曲線は、酸素量の影響を大きく受け、酸素の供給量が少ない場合は、電流密度が小さくなる。

アノード分極曲線A1, A2を比較すると、同一電流密度では、A2の方が自然電位が卑であるので、A2が塩化物イオンを含むアノード分極曲線である。カソード分極曲線C1, C2を比較すると、同一自然電位では、C2の方が電流密度が小さいので、C2が酸素量が少ない場合のカソード分極曲線である。

[問題 10] … 正解 (4)

アルカリシリカ反応は、同一配(調)合のコンクリートで建造された構造物であれば、環境条件によって、劣化症状は異なってくる。

すなわち、水分やアルカリ分の供給の有無や日当たりの度合いによって劣化症状は異なる。写真から、調査箇所Bは、水分やアルカリ分(凍結防止剤の散布)の供給があり、日当たりがよいので、調査箇所Aに比較して劣化が進み、ひび割れおよび白色の析出物が認められる。(1)～(3)は適当である。

(4) アルカリシリカ反応の潜在膨張量は、調査箇所A, Bとも同じであるので、残存膨張量は、劣化が進行していない調査箇所Aの方がBより大きくなり、不適当である。

[問題 11] … 正解 (1)

写真Aは、コンクリート表面に現れたポップアウトと言えるが、かなり症状が密になっており、写真Aのようなポップアウトが生じるのは珍しいと言える。ポップアウトの原因としては、軟石等の混入、有害骨材の混入、海岸地域で塩類の影響などが挙げられる。写真Bは、擁壁天端に発生したスケーリングである。スケーリングの主な原因は、凍結融解作用である。凍結防止剤の飛散により、凍結融解が繰り返されると、スケーリングが助長される。

[問題 12] … 正解 (3)

(3) フリーデル氏塩(3CaO·Al₂O₃·CaCl₂·10H₂O)は、塩化物イオンとセメント中の未水和のアルミン酸三石灰(C₃A)と反応して生成されるので、不適当である。(1), (2), (4) は適当である。

[問題 13] … 正解 (3)

(1) 500～580℃の加熱温度でコンクリート中の水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)が熱分解するので、適当である。(2) ヤング係数は、500℃の加熱温度に達すると、ほぼ半減するので、適当である。(3) 圧縮強度は、300℃までの加熱温度ではそれ程の低下はなく、500℃を超えると50%以下になるので、不適当である。

(4) 加熱温度100℃以上では、セメント硬化体中の遊離水および結晶水が分離・消失して収縮するので、適当である。

[問題 14] … 正解 (4)

アルカリシリカ反応の疑いのある構造物から採取したコアの各種試験としては、①骨材の岩種および反応性鉱物の種類、②骨材のアルカリシリカ反応性、③アルカリシリカゲルの判定、④アルカリ量、⑤力学的性質、⑥残存膨張量、などがある。(1)～(3)は適当である。

(4) 骨材の反応性の有無を調べるには、化学法およびモルタルバー法および促進モルタルバー法が用いられ、圧縮強度では調べられないので、不適当である。

[問題 15] … 正解 (4)

(1) 赤外線サーモグラフィは、赤外線映像装置を用いて物体の表面温度分布を測定し、熱画像上に現れる表面温度の異常部から、内部欠陥を推定する方法であり、ひび割れ深さの調査はできないので、不適当である。

(2) 超音波法は、内部欠陥やひび割れ深さを調査する方法であり、ひび割れ幅の調査はできないので、不適当である。

(3) 炭素繊維シートなどのレーザを透さない表面被覆材がある場合は、レーザ計測はできないので、不適当である。

(4) は適当である。

[問題 16] … 正解 (4)

鉄筋のかぶり(厚さ) c は、次式により求めることができる。

$$c = \frac{vt}{2} = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \frac{t}{2}$$

ここに、 v ：コンクリート中の電磁波の速度

t ：入射波と反射波の往復伝播時間

C ：真空中での電磁波の速度

ϵ_r ：コンクリートの比誘電率

従って、かぶり(厚さ)の推定に必要と

しない物理量は、(4)の鉄筋の比誘電率である。

[問題 17] … 正解 (4)

(A) のコンクリートと鉄筋の境界面で電磁波が反射することを利用した測定法は、電磁波レーダ法である。

(B) のコイルと鉄筋の距離が変化すると、磁束の変化に伴い起電力が変化することを利用した測定法は、電磁誘導法である。

(C) の密度が大きい物質を電磁波が通過すると顕著に減衰することを利用した測定法は、X線法である。

従って、適当な組合せは(4)である。

[問題 18] … 正解 (2)

火災を受けたコンクリートの受熱温度を推定する方法として、①目視によるコンクリート表面の変色状況、②X線回折により結晶型の変化、③示差熱重量分析による質量変化、④分光光度計によるUV(紫外)スペクトルを調べる方法等が挙げられる。

リバウンドハンマーによる反発度試験では、表面的な火害状況を把握できるが、受熱温度を推定することは困難である。

従って、最も不適当なものは(2)である。

[問題 19] … 正解 (3)

(A) のエトリンガイトの生成状況は走査型電子顕微鏡(SEM)により、(B)の塩素(Cl)の濃度分布は電子線マイクロアナライザ(EPMA)により把握できる。

(C)の細孔径分布は水銀圧入法、(D)の気泡間隔係数はリニアトラバース法によって測定できる。

従って、適当な組合せは(3)である。

[問題 20] … 正解 (1)

JIS A 1155:2003(コンクリートの反発度の測定方法)においては、1測定箇所当たり9点について測定し、各測定値の偏差が

平均値の20%以上になる場合は、その測定反発度を捨て、これに代わる測定値を補うこととされている。

本問の測定結果の平均値は47.4で、その±20%の値は37.9と56.9になる。問題で与えられた測定値はすべてこの範囲内にある。従って、(1)が正しい。

[問題 21] … 正解 (3)

(1) に関しては、コアの採取はコンクリートの打込み方向に対して垂直になるように行うのがよいとされている。

(2) に関しては、コア供試体を20±2℃の水中に40時間以上漬けておくと、供試体の乾湿の条件をほぼ一定にできることが示されている。

(3) に関しては、コア供試体の高さ直径との比は1.90～2.10とし、どのような場合にも1.0以下としてはならないと規定されている。

(4) に関しては、コア供試体の直径は一般に粗骨材の最大寸法の3倍以下としてはならないと規定されている。従って、最も不適当なものは(3)である。

[問題 22] … 正解 (1)

ひずみゲージは薄い電気絶縁物のベースの上に電気抵抗線を配した計測センサーで、測定原理にはひずみゲージの長さ方向の形状変化により電気抵抗が変化することが利用されている。測定に際しては、温度変化やリード線の長さの影響を避けるためにブリッジ回路を形成する必要がある。また、コンクリートのひずみを測定する場合には、粗骨材の最大寸法に応じて適切なゲージ長のものを選定する必要がある。

従って、適当な組合せは(1)である。

[問題 23] … 正解 (1)

コンクリート表面から打撃等により弾性波を生じさせると、厚さ方向に半波長の整数倍の共振が生じる。これを利用して、内

部欠陥までの距離 L を次式により求めることができる。

$$L = \frac{nV_p}{2f}$$

ここに、 n ：共振周波数の次数

V_p ：弾性波伝播速度

f ：共振周波数

スペクトル図から次数は1と判断されるので、 $L = 1 \times 4200 \times 10^3 / (2 \times 12 \times 10^3) = 175$ mmとなる。従って、適当なものは(1)である。

[問題 24] … 正解 (3)

通常のコンクリートの超音波伝播速度は4000～4500 m/sec程度であるが、その値はコンクリートの密度や粗骨材容積が大きく、空隙等が少ないほど大きくなる。

従って、最も適当なものは(3)である。

[問題 25] … 正解 (1)

鉄筋の電位を自然電位から ΔE (10 mV程度)変化させると、微小電流 ΔI が生じる。 ΔE と ΔI には直線性があり、その勾配($\Delta E / \Delta I$)を分極抵抗 R_p という。腐食速度に比例する腐食電流密度 I_p は K / R_p (K :比例定数)で表される。

従って、適当な組合せは(1)である。

[問題 26] … 正解 (2)

(1) コールドジョイント部ではコンクリートが一体化していないため、中性化が進行しやすい。

(2) 砂すじは、せき板に接するコンクリート表面に、コンクリート中の水分が分離して外部に流れ出す場合に生じ、コンクリート表面に細骨材が縞状に露出したものである。内部コンクリートに材料分離がなければ、耐荷力には影響がない。

(3) 耐凍害性の確保には、微細なエントレインドエアが必要である。大きな気泡が表面に認められても、耐凍害性を有しているとは言えない。

- (4) 豆板が生じた部分は炭酸ガスや水を透過しやすく、塩化物イオンの浸透に対する抵抗性も低い。
従って、適当なものは(2)である。

[問題 27] … 正解(1)
構造物の経過年数を t とすると、

$$15 = a\sqrt{t}$$

$$9 = a\sqrt{t-16}$$

がなりたつ。この方程式を解くと、 $t=25$ 年が得られる。従って、適当なものは(1)である。

[問題 28] … 正解(3)

- (1) ASTM C 876では、自然電位が -350 mV (vs CSE) よりも卑であれば、90%以上の確率で腐食ありと判定されるため、誤りである。
(2) かぶり等の条件にもよるが、海岸沿いの橋梁でひび割れ幅が 0.3 mm程度で、鉄筋腐食の可能性が小さいとは言い難いため、誤りである。
(3) 鉄筋腐食が生じた場合、鉄筋の軸方向にひび割れが生じやすいため、正しい。
従って、適当な組合せは(3)である。

[問題 29] … 正解(3)

- (1) 凍結防止剤からナトリウムイオンが供給されるため、アルカリシリカ反応が発生する可能性は高い。
(2) 高炉セメントB種には高炉スラグが30~60%含まれており、総アルカリ量が低減されるため、アルカリシリカ反応が発生する可能性は低い。
(3) 鉄筋やPC鋼材により拘束されている場合には、軸方向に直交するひび割れは生じにくく、鉄筋やPC鋼材に沿ったひび割れが亀甲状ひび割れとともに発生することが多い。
(4) アルカリシリカ反応によりコンクリートの圧縮強度やヤング係数が低下するが、ヤング係数の方がより大きく低下する傾

向にある。
従って、不適当なものは(3)である。

[問題 30] … 正解(2)

これまでの促進膨張試験の実績からは、膨張量が0.1%以上のコンクリートは将来的に有害な膨張を生じ、0.05%以下の場合には有害な膨張を生じる可能性は低いと評価されている場合が多い。

従って、AとBの構造物は劣化が問題となると予測されることから、適当なものは(2)である。

[問題 31] … 正解(2)

中性化、塩害から起こる鉄筋腐食に起因するひび割れの発生はなく、アルカリシリカ反応による膨張ひび割れも見られない。しかしながら、コンクリート表面から凍結融解作用による劣化が進んでいると思われる。

[問題 32] … 正解(2)

酸性雨で侵食された場合は、上から下への変状が見られるケースが多く、地面近傍部分だけの変状ではない。土壌中の硫酸塩がセメント中のカルシウム成分と反応し、二水セッコウとして析出したものと見られる。

[問題 33] … 正解(1)

- (A) ピンク色に変色するのは $300\sim 600^{\circ}\text{C}$ である。
(B) 500°C 以上で、水酸化カルシウムの中性化が進行する。
(C) 中性化の起きていない 500°C 以下では、鉄筋の強度低下はない。
よって、全ての項目は正しい。

[問題 34] … 正解(4)

アルカリシリカ反応による膨張ひび割れ、仕上げモルタルの乾燥収縮ひび割れ、あるいは凍結融解作用によるひび割れは、亀甲

状のひび割れとなる場合がある。しかしながら、コンクリートの水和熱によるひび割れは、亀甲状にはならない。

[問題 35] … 正解(1)

下水道施設の化学的腐食は、液相から気中に硫化水素が放出され、気中部の湿潤なコンクリート表面で細菌により硫酸化され、コンクリート中の水酸化カルシウムと硫酸が反応し、二水セッコウとなる。したがって、下水中での腐食は少ない。

[問題 36] … 正解(4)

冬期のコンクリートの打込みであり、コンクリートの凝結はやや遅いにもかかわらず、仕上げ時期が早かったため、ブリーディングおよび孔の発生があったと見られる。初期凍害の劣化では、小さな孔の発生は見られない。

[問題 37] … 正解(3)

- (1) エフロレッセンスを伴うひび割れは、屋外からの水分の浸入が考えられるので、屋外側からの防水補修が必要である。
(2) 0.4 mmのひび割れの補修は、浸透性吸水防止材の塗布だけでは不十分である。
(3) 鉄筋の腐食処理として適切である。
(4) かぶりコンクリートの浮きの補修は、浮きコンクリートを除去し鉄筋の防錆処理後、断面修復する。

[問題 38] … 正解(4)

- (1) 表面気泡の補修であれば、ポリマーセメントペーストの充填が良い。
(2) 縁切れのないコールドジョイントなので、ポリマーセメントペーストによる補修が良い。
(3) 表面の砂すじの処理は、ポリマーセメントペースト塗布による補修が適当である。
(4) 主鉄筋まで達する豆板は、不良部分を除去して、断面修復しなければならない。

[問題 39] … 正解(2)

- (A) コンクリート構造物の化学的腐食の変状対策としては、劣化部の除去、鉄筋防錆処理、断面修復、表面被覆が良いと考えられる。ただし、温泉腐食対策として、JCIの「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2009-」の参考事例では、コンクリートの増厚工法を行うこととなっているので、断面修復では不十分とする考え方もある。よって、「正」および「誤」の双方とも正解とする。
(B) 鉄筋腐食によるひび割れに対し、表面被覆では劣化防止は出来ない。
(C) 沓座面の 0.3 mmのひび割れであれば、ひび割れの注入と表面被覆による補修は適当である。

[問題 40] … 正解(1)

表面被覆材の要求特性としては、中性化防止にはガス透過阻止性が、凍害防止には水の浸入を防ぐための防水性が要求される。アルカリシリカ反応の抑制には、防水性とコンクリート内部の水分が抜けるような透湿性が必要となる。

[問題 41] … 正解(2)

火災によるコンクリートの変状において、コンクリートの溶融が起こる時は、その部分が $1200\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 以上の高温になっていたと考えられる。また、溶融箇所の周辺も 500°C 以上になり劣化が進んでいるので、劣化部分の除去は、溶融したコンクリートだけでなくその周辺のコンクリートも除去する必要がある。よって(2)は不適当である。

[問題 42] … 正解(3)

劣化しているコンクリートをはつり取る際には、健全なコンクリートに出来るだけ影響を与えない工法の選択が必要である。鉄筋位置まで塩化物イオンが浸透している場合は、鉄筋の裏側までコンクリートをは

つり取り、断面修復をしなければならない。

[問題 43] … 正解 (4)

電気防食工法と脱塩工法では、コンクリート中の鉄筋はカソードとなる。通電電流密度は、脱塩工法の方が大きく、PC鋼材の水素脆化が生じやすいので、プレストレストコンクリートの脱塩工法では電流の断続運転が行われる。

[問題 44] … 正解 (3)

PC鋼材の緊張力の定着セットロス、ねじ式の方がくさび式に比較が少ない。ウォータージェット工法、ショットブラスト工法は、加工箇所限定が出来るので良い。

[問題 45] … 正解 (2)

- (1) 耐力力の向上のためには、増厚工法あるいは鉄筋量の増加等が必要となる。
- (2) コンクリート片の落下等による第三者影響度の低減には、繊維シート接着を適用することが出来る。
- (3) 鉄筋腐食の防止には、コンクリートの表面処理ではなく、その原因（塩化物イオン、中性化）を取り除く工法が選択される。
- (4) 塩化物イオンの侵入は、電気防食工法では防ぎ切れない。

[問題 46] … 正解 (3)

環境の厳しい港の鉄筋コンクリートの栈橋は、塩害の被害が著しくなる構造物である。その上部工の鉄筋コンクリート部材には、表面含浸材塗布工法、表面被覆工法、断面修復工法、脱塩工法などが、被害の原因と程度、耐用年数などにより、経済性や維持管理の容易さなども考慮して実施されている。そして、補修工法の効果は、外観目視や塩化物イオン濃度の測定に加えて、本設題の点検項目などにより評価している。

(1)、(2)、(4)の補修工法に対応する点検項目は、適切である。(3)の脱塩工法に

対しては、コンクリートの含有塩化物量を調査することが適切で、鉄筋の復極量は電気防食工法で用いる点検項目である。

[問題 47] … 正解 (4)

片持ちはり構造の(1)と(2)および2径間連続はり構造の(3)と(4)のそれぞれに、荷重が作用したときの曲げモーメントに対して、軽減するように外ケーブルを配置しなければならない。

片持ちはり構造では上側に正の曲げモーメントが生じるために、これを打ち消すためには外ケーブルを上側に配置するのが適切である。2径間連続はり構造の集中荷重が図のように2箇所作用した場合の下側の曲げモーメントは、両端の支点をゼロとして、荷重の作用点まで正の曲げモーメントが増加し、荷重の作用点を過ぎると減少し、ゼロとなる反曲点を過ぎて中間支点まで負の曲げモーメントが増加する。この曲げモーメントを打ち消すためには、(4)のように外ケーブルを配置して補強するのが適切である。

[問題 48] … 正解 (3)

片持ちはり構造の鉄筋コンクリート(RC)床版の補強として下面にコンクリートを増厚する工法が採られることがある。その場合に、増厚コンクリートが乾燥収縮などで収縮するため、どのような応力状態になるかを理解していることは、この種の補強工法を採用する場合に重要である。

既設のRC床版と増厚コンクリートは境界面で一体になっているため、増厚コンクリートが収縮すると既設のRC床版は、その収縮を拘束するように働き、そのため圧縮力が作用する。増厚コンクリートには、収縮が拘束されるために引張力が作用する。

[問題 49] … 正解 (3)

(A)では、軸方向の鉄筋に沿ってひび割れが発生しており、この鉄筋の腐食が原

因である。(B)でも鉛直方向にひび割れが発生しているが、横方向にも発生している。横方向は柱に作用する鉛直方向の荷重により、そのひび割れの発達が妨げられたと解釈できる。このような拘束がない場合はひび割れには方向性がなく、そのひび割れの原因はアルカリシリカ反応によると推測できる。

[問題 50] … 正解 (1)

ライフサイクルコストを表示する場合、横軸には構造物の供用期間をとる。そして、縦軸には、Aの初期の建設費に加えて、その構造物が供用されている間に使われる通常の維持管理の費用のB、D、F、定期的な補修や補強の費用のC、E、そして最終的に破壊される時の費用までを合計した費用を示す。