

解答例と解説

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 (3)

片押し打ちは、投入場所ではコンクリートの高さが急速に高くなり側圧が増加し、またコンクリートの投入場所から他方へコンクリートを移動する際に型枠へは大きな圧力が作用し、はらみやすくなる。

回し打ちを行うには、層を水平にして上層を打ち込むまでに時間がかかることにより、コールドジョイントが生じやすくなる。

片押し打ちは、回し打ちよりも締固めが十分に、均一にそれぞれできないため、コンクリートが硬化するまでの沈下量が大きくなって、沈下ひび割れが生じやすくなる。

[問題 2] … 正解 (2)

写真-Aの褐色の汚れは、骨材に含まれる黄鉄鉱が酸化した赤錆が溶出したものである。

写真-Bの黄土色の変色は、硫酸塩を含む下水などによる侵食を受けたものと、推測される。

写真-Cの白色は、水酸化カルシウムあるいはアルカリ成分が溶出して炭酸化したものである。

写真-Dの黒色は、真菌類の死骸等が付着したままのものである。

[問題 3] … 正解 (4)

フライアッシュは、普通ポルトランドセメントに30%程度まで置換して用い、雨による水分を供給してポゾラン反応を活性化させると、セメント硬化体が緻密になり、中性化速度や中性化深さを減じることができる。しかしながら、置換することによって、中性化速度は速くなり、中性化深さは大きくなる。

[問題 4] … 正解 (1)

コンクリートの炭酸化に及ぼすアルカリ

の影響を述べている。炭酸アルカリ(Na_2CO_3 , K_2CO_3)の溶解度は、炭酸カルシウムに比較してきわめて大きいため、セメント中のアルカリ(Na_2O , K_2O)量が多いほど、水酸化カルシウム($\text{Ca}(\text{OH})_2$)の溶解と炭酸化が進みやすくなって、コンクリートの炭酸化が速くなる。

[問題 5] … 正解 (2)

普通ポルトランドセメントを高炉セメントB種に替えると、セメント硬化体の拡散係数が小さくなるために、表面からの濃度勾配による塩化物イオンの拡散が遅くなる。

[問題 6] … 正解 (2)

塩化物イオンがコンクリートの表面から濃度勾配により拡散する支配方程式は、フィックの拡散方程式と呼ばれており、その①式による計算例である。 x に6.0 cm、 D に $0.2 \text{ cm}^2/\text{年}$ 、 t に45年を用いて誤差関数の z は1.0となるから、誤差関数の値は数値表から0.84を得る。そして、①式に C_0 として 13.0 kg/m^3 を用いると、 $C(x, t)$ としては、 2.08 kg/m^3 が求まる。

[問題 7] … 正解 (1)

深成岩は、マグマが地下深所において高圧下でゆっくりと冷却して固まったもので、そのため岩石全体が結晶質となっており、普通は大規模な塊である。そして、アルカリシリカ反応性が低い傾向にある。また、酸性岩のほうが、シリカ鉱物が多いため、アルカリシリカ反応性は高いとされている。

[問題 8] … 正解 (2)

- (1) ひび割れは、鉄筋に拘束されるために、主鉄筋に沿った方向に生じやすい。
- (2) 雨がかりのある部位のほうが、ない部位よりも水分の補給量が多いため、アルカ

リシリカ反応性は高く、ひび割れが生じやすい。

- (3) 反応性の骨材には、ペシマム量があり、必ずしも量に比例してアルカリシリカ反応性は高くなり、膨張量も大きくならない。
- (4) フライアッシュは、セメントと混合して用いると、その量が多いほうが、アルカリシリカ反応性を抑制する効果がある。

[問題 9] … 正解 (1)

セメントペースト内部の細孔中では、温度が低下すると大きい細孔中の水から凍結していく。小さい細孔中の水が凍結する過程において、大きな細孔中にできた氷晶により未凍結水の移動が拘束されて、水圧が生じて高まる。この氷晶の形成速度が速いと、未凍結水の移動を拘束する程度が大きくなって、水圧が高くなる。

[問題 10] … 正解 (2)

- (1) 凍結融解作用を受けると、コンクリートには微細なひび割れが生じるため、圧縮強度よりもヤング係数の低下割合のほうが大きい。
- (2) ポップアウトは、骨材中の水分が膨張して表面部のコンクリートを押し広げて剥離させるなどの現象である。吸水率の大きい骨材のほうが、ポップアウトが生じやすい。
- (3) 細孔溶液が凍結すると、膨張するため、周辺のセメント硬化体にひび割れを生じさせ、スケーリングを引き起こす。凍結防止剤を散布した箇所は、凍結防止剤の濃度が表面から分布して、スケーリングを引き起こしにくい。
- (4) 気泡間隔係数が大きいとは、大きい気泡が疎に分布したコンクリートであるため、凍害を受けやすい。

[問題 11] … 正解 (3)

硫酸塩などは嫌気性細菌によって還元さ

れて、硫化水素(H_2S)が生成された後に、硫化水素が空气中に放散されると、今度は好気性細菌によって酸化されて硫酸が生成される。この硫酸が、コンクリートを侵食する。

[問題 12] … 正解 (2)

- (1) 浸透した水は、ひび割れ部における磨耗を促進させる。
- (2) 配力鉄筋が多く配置されていると、版としての荷重分担が大きくなるために、疲労に対する耐力が増加する。
- (3) 床版が厚いと、作用する応力が小さくなるため、疲労に対する耐力が増加する。
- (4) 床版の支間長が小さいと、作用する曲げモーメントが小さくなるため、疲労に対する耐力が増加する。

[問題 13] … 正解 (1)

鉄筋コンクリート梁部材が繰返し荷重作用を受ける場合、繰返し応力と静的強度の比の等価応力比 S を縦軸に、破壊までの繰返し載荷回数 N の対数を横軸に採ると、 S と N はほぼ直線状になる。模式図Aに示されるこの直線を一般に、コンクリートの $S-N$ 曲線と称している。

また、たわみやひび割れ幅は、模式図Cに示すように、繰返し載荷回数 N の増加とともに徐々に増加する。

[問題 14] … 正解 (3)

コンクリート部材が火災を受けると、温度の上昇により、セメントペースト部は収縮し、骨材は膨張するという、相反する性状を示す。この性状は、受熱温度が 500°C を超えると著しくなり、冷却後のコンクリートの残存圧縮強度は著しく低下する。鉄筋も、受熱温度が 500°C を超えると、冷却後の鉄筋の降伏点や引張強度は著しく低下して回復しない。

[問題 15] … 正解 (3)

鉄筋コンクリート部材は火災初期において、表面層のコンクリートの剥離を生じて鉄筋を露出してしまう爆裂と呼ばれる特異な破壊現象を生じることがある。

その主な原因は、

- (1) コンクリート表面の急激な温度上昇
- (2) コンクリートの自由水の水蒸気圧の上昇
- (4) 鉄筋の膨張
- (5) コンクリート内部における昇温速度の相違による内部熱応力の増大などがある。

(3) のコンクリートに作用している圧縮応力は、むしろ爆裂防止の効果がある。

[問題 16] … 正解 (3)

JIS A 1154 : 2003におけるコンクリート中の塩化物イオンの定量操作を問うている。0.15 mm以下の微粉末にしたコンクリートを、化学天秤で1~10 gの範囲ではかりとった試料を用いる。試料には硝酸を加えてpH3以下にして、30分間かき混ぜた後、加熱煮沸して塩化物イオンを抽出させる。抽出させた塩化物イオンは、硝酸銀溶液を用いて滴定する。

[問題 17] … 正解 (3)

鉄筋コンクリート道路橋に作用する荷重の実態調査方法としては、①目視やビデオ撮影による交通量、走行速度分布、通過位置分布とともに、②路面に設置した荷重センサーによる軸重分布のような重要調査項目だけでなく、③実荷重を鉄筋やコンクリートの応力度および桁や床版のたわみの計測から推測することも、重要な調査項目である。

[問題 18] … 正解 (3)

鉄筋コンクリート床版の疲労の影響に関する調査・測定として、(1)、(2)、(4)は、適切な項目である。(3)のAE法では、ひび割れの発生状況は測定できるが、ひび割れ

幅を測定することはできない。

[問題 19] … 正解 (1)

- (1) ひび割れの発生状況からは、鉄筋の受熱温度は推定できない。
- (2) コンクリート表面の状態は、300℃まではすすの付着のみ、300~600℃では桃色、600~950℃では灰白色、950~1200℃では淡黄色、1200℃以上は溶解といった変色が生じるとされている。
- (3) フェノールフタレイン溶液で中性化の判定を行うことができる。
- (4) 浮きや脆弱化はハンマーでの打音により確認ができる。

[問題 20] … 正解 (1)

コア強度は採取時のコアドリルのトルクに影響され、切断トルクが大きくなるに従い、コア強度は低下する傾向にあり、軽量コンクリートの方がその影響が大きい。

[問題 21] … 正解 (2)

JIS A 1155によれば「1か所の測定では、互いに25~50 mmの間隔をもった9点について測定する。反響やくほみ具合などから判断して明らかに異常と認められる値、または、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を捨て、これに替わる測定値を補うものとする」

9点の平均値を求める。

$$R = \frac{38+39 \times 2 + 40 \times 3 + 41 + 43 + 48}{9} = 41$$

偏差 = 48 - 41 = 7, 41 × 0.2 = 8.2, 偏差は平均値の20%以内で全て有効。

[問題 22] … 正解 (2)

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、コンクリート部材の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、次式からコンクリート内部欠陥までの距離や剥離深さを推定することができる。本題では、覆工コンクリート

の厚さが推定できる。

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

ここに、L : 欠陥深さ

(本題ではコンクリート厚さ)

V_p : 弾性波伝播速度

n : 共振周波数の次数 (本題では1)

f : 共振周波数

$$(1) L = 4000 / (2 \times 3.5) = 571$$

$$(2) L = 3800 / (2 \times 7.0) = 271$$

$$(3) L = 4000 / (2 \times 7.0) = 286$$

$$(4) L = 4200 / (2 \times 3.5) = 600$$

したがって、(2)が最も小さい。

[問題 23] … 正解 (2)

修正BS法により、ひび割れ深さを求める。

ひび割れと発振子の間隔 a を変化させた場合の伝播距離の比と伝播時間の比が等しいとし、ひび割れ深さ d は次の式から導かれる。

$$\frac{a^2 + d^2}{(2a)^2 + d^2} = \frac{t_1^2}{t_2^2}$$

t_1, t_2 : ひび割れと発振子及びセンサの距離が a 及び $2a$ の場合の弾性波伝播時間

$$d = a \sqrt{\frac{4t_1^2 - t_2^2}{t_2^2 - t_1^2}}$$

$a = 50 \text{ mm}$, $t_1 = 57.0 \times 10^{-6}$, $t_2 = 72 \times 10^{-6}$ を代入する。

$$d = 50 \times 2 = 100 \text{ (mm)}$$

[問題 24] … 正解 (3)

鮮明な赤紫色の部分までを中性化深さとし、骨材のある場合は骨材粒子の抜けたくほみの両端の中性化位置を結んだ直線上で測定する。

[問題 25] … 正解 (3)

セメント協会法では、不溶残分値から骨

材量を、酸化カルシウム値からセメント量を計算する。また、600℃強熱減量値より結合水量を推定する。

[問題 26] … 正解 (3)

コンクリート中に浸透した塩化物イオンは、コンクリート表面から中性化を受けると、中性化に伴い、塩化物イオンは未中性化領域に移動し濃縮されるので、画像Bは塩素が分析対象元素と見られる。

画像Aは、イオウであれば中性化により、未中性化領域への移動が見られるはずであるが、それが無いのでナトリウムが対象元素となる。

[問題 27] … 正解 (1)

1953年にレディーミクストコンクリートのJIS制定。

1964年に鉄筋コンクリート用棒鋼のJIS制定。

1986年に低アルカリ形ポルトランドセメントの規定がJIS R 5210として新設された。

1995年に高炉スラグ微粉末のJIS制定。

厳密に扱えば1985年に該当する事項がないので、解答無しとなる。

[問題 28] … 正解 (2)

コンクリートの沈下によるひび割れは、コンクリートの打設後数時間内に発生する。

水和熱によるひび割れは、コンクリート内外の温度差によるものは早めに、外部拘束によるものは温度降下時に発生する。温度降下には、通常1週間程度かかる。

乾燥収縮は、長期(半年)にわたり収縮するが、最初の1~2ヶ月の収縮量が大きくひび割れ発生応力も大きくなる。

アルカリシリカ反応による膨張ひび割れ発生は、年単位の時間を要する。

[問題 29] … 正解 (1)

- (1) 水酸化カルシウムは、酸あるいは弱酸に対して溶解し易い。流水の硬度が高けれ

- ば、pHが高めであり、溶出はしにくくなる。
- (2) 流水の速度が大きいと、水酸化カルシウムが溶解した水が系外に動かされて溶解し易くなる。
 - (3) 水酸化カルシウムが溶出すると、コンクリートのアルカリ度は低下する。
 - (4) コンクリート表面から水酸化カルシウムが溶出すると、組織が粗となり、硬度は低下する。

[問題 30] … 正解 (2)

コンクリートの中酸化速度は、環境温度が高く、相対湿度が50～60%の条件で最も速くなる。この条件下では、コンクリートの細孔中の水分が空気中の二酸化炭素に接触する可能性が高く、この二酸化炭素を含んだ水分によりセメント硬化体の炭酸化反応が進むことになる。

[問題 31] … 正解 (2)

$C = A\sqrt{t}$ 式において、モルタルの場合のAを求める。

コンクリートの1.25倍の速度でモルタルは中性化するので、コンクリートの中酸化深さの6mmはモルタルに換算すると、 $6\text{mm} \times 1.25 = 7.5\text{mm}$ となる。

全てモルタルとして、 $C = 15 + 7.5$ 、 $t = 36$ を代入すると、次式よりAが求まる。

$$15 + 7.5 = A\sqrt{36} \rightarrow A = 3.75$$

$t = 64$ の場合のモルタルのCを求める。

$$C = 3.75\sqrt{64} = 30 \text{ (mm)}$$

30mmから先に中性化している15mmを差し引き、残りの15mmを次式によりコンクリートに換算する。

$$15\text{mm} \div 1.25 = 12\text{mm}$$

[問題 32] … 正解 (4)

- (A) 塩化物イオン濃度が腐食発生限界の 1.2kg/m^3 に達しているが、鉄筋の錆びに起因するひび割れがないので、鉄筋腐食量は小さい。

- (B) 一般に相対含水率が80～90%程度において、最も腐食速度が大きいと見られている。相対含水率が95%では、腐食速度は遅いものと推測される。
- (C) 主鉄筋の断面欠損率が10%であれば、耐荷力は低下している。

[問題 33] … 正解 (4)

解放膨張とは、採取したコアを標準養生($20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度95%以上)した時に生ずるアルカリシリカ反応による膨張で、また、残存膨張とは解放膨張終了後、コアを促進養生($40 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度95%以上)した時に生ずるアルカリシリカ反応による膨張を指す。

ひび割れが発生していない個所は、アルカリシリカ反応によるコンクリートの膨張過程では潜伏期が進展期初期にあると見られるので解放膨張は小さく、残存膨張が大きいものとなる。ひび割れが発生している個所は、ひび割れが発生していない個所に比較し残存膨張は少なくなる。

[問題 34] … 正解 (4)

写真Aは、凍害によるスケーリングを起こしている状態を示す。

写真Bは、無筋コンクリートブロックのアルカリシリカ反応によるひび割れを示している。

写真Cは、コンクリートの中酸化または塩害によるコンクリート表面に近い鉄筋の錆びによるコンクリートの剥離を示している。

写真Dは、窓開口部のすみから発生するひび割れで、乾燥収縮により起こる。

[問題 35] … 正解 (3)

- (1) フリーデル氏塩は、塩化物イオンの浸透によりセメント水和物中に生成する。
- (2) セッコウは、硫酸あるいは硫酸塩とセメントとの接触により生成する。
- (3) エーライトはセメント鉱物の呼び方であ

- り、環境作用とは関係ない。
- (4) エトリンガイトは、硫酸イオンの多い環境下でセメント水和物中に生成する。

[問題 36] … 正解 (2)

床版下面に主鉄筋に沿って数本のひび割れが発生した段階では、比較的軽微な劣化段階と見られ、床版の耐力も確保されており、押抜きせん断耐力が低下しているとは見られない。

[問題 37] … 正解 (2)

(1)、(3)、(4)は適当である。(2)の反発度法で圧縮強度が設計基準強度より高く推定された場合では、設計基準強度を採用すべきであるので、不適当である。

一般に、非破壊試験で推定した圧縮強度が設計基準強度より高かった場合は、設計基準強度を採用し、設計基準強度より低く推定された場合はコアを採取して圧縮強度を確認する必要がある。また、鋼材についても、採取した鋼材の試験値が建設時のミルシートの数値より高かった場合は、ミルシートの数値を採用するのが望ましい。試験値が得られない場合は、設計図書等の数値を採用するのが望ましい。

[問題 38] … 正解 (3)

コンクリートの乾燥収縮は、湿度の影響を大きく受けるので、一般に湿度の低い冬季(1～2月頃)に収縮量は大きくなり、湿度が高くなる梅雨時期から夏季に収縮量は小さくなる。夏期(8月)に打ち込まれたコンクリートは、型枠をはずした後、ひずみは収縮側に徐々に増加していき、1～2月頃(打込み後6ヶ月程度)に最大になり、その後、湿度が高くなるとひずみは少し膨張側に向かうので、(3)が適当である。

[問題 39] … 正解 (4)

(1) 一般にコンクリート表面に発生するエフロレッセンスは、炭酸カルシウム(CaCO_3)

で、白色の析出物である。褐色を帯びたエフロレッセンスは、内部の鋼材が腐食し、その錆汁を含むことが多いので、鋼材の腐食の有無を調査することは、適当である。

- (2) ひび割れの発生状況を勘案する必要があるが、光沢を有する白色の析出物は、アルカリシリカゲルの可能性があるため、骨材のアルカリシリカ反応性の有無を調査することは、適当である。
- (3) 高炉セメントを用いたコンクリートの内部は、高炉セメント中のスラグ粉末の影響で青緑色を呈するので、高炉セメントを使用したと判断するのは、適当である。
- (4) 火害を受けたコンクリート表面が淡黄色の場合、受熱温度は $950 \sim 1,200^\circ\text{C}$ であるので、不適当である。

[問題 40] … 正解 (4)

(1)～(3)は適当である。(4)のジャンカの変状の程度から判断して、対策としては、ジャンカ(豆板)部分をはつり取り、健全部分を露出させ、無収縮モルタルを充填することが必要であるので、不適当である。

[問題 41] … 正解 (2)

- (1) 0.1mm以下の微細ひび割れの補修方法としては、表面被覆工法が適用できるので、複層仕上塗材で表面を被覆する補修は、適当である。
- (2) 漏水を伴ったひび割れの補修材料にエポキシ樹脂を用いると硬化が阻害されたり、付着力が低下するので、不適当である。漏水を伴ったひび割れの補修では、漏水を止水した後、無機系注入材で補修することが望ましい。
- (3) 錆汁を伴ったひび割れの補修では、内部の鋼材の防錆処理を考える必要がある。そのため、鋼材を露出させ、鉄筋の防錆処理を行った後、ポリマーセメントモルタル等で断面修復することが望ましいの

で、適当である。

- (4) ひび割れ幅が0.2 mm以上1.0 mm以下の変動のあるひび割れの補修では、①軟質形エポキシ樹脂の注入工法あるいは②可とう性エポキシ樹脂を用いたUカットシール充填工法が適用できる。

1.0 mmを超える変動のあるひび割れ補修では、③シーリング用材料を用いたUカットシール充填工法が適用できる。

出題のひび割れ幅が0.3～0.6 mmの場合は、厳密に判断すれば①、②を適用すべきであるが、③を採用しても間違いではないので、適当とする。

[問題 42] … 正解 (4)

電磁波レーダ法で鉄筋のかぶり(厚さ)を測定する原理は、電磁波がコンクリートと電氣的性質(比誘電率、導電率)の異なる鉄筋との境界面で反射する伝搬時間から測定する方法である。そのため、比誘電率の大きい水(水膜)がコンクリート表面に介在すると測定できないので、(A)は不適当である。(B)、(C)は適当である。

[問題 43] … 正解 (4)

- (1) 昨今の環境事情から判断すると小面積でもディスクサンダーによる塗膜の除去は問題があると思われるが、明らかに(4)が不適当であるので、適当とする。
- (2) 適当である。
- (3) (2)の選択肢と同様に、塗膜除去の器具・工具としては、無騒音・無粉じんのものが望まれるので、適当である。
- (4) 塩化メチレンを主成分とする塗膜はく離剤は、有機系の塗膜の除去に適しているため、不適当である。

[問題 44] … 正解 (2)

- (1) ひび割れが認められない潜伏期では、劣化因子を遮断及び除去する補修・補強工法を選定する必要がある。そのため、主として適用できる工法としては、①表面

被覆、②含浸材塗布が挙げられるので、適当である。

- (2) けい酸ナトリウム系の含浸材は、ナトリウム塩がアルカリシリカ反応を促進する可能性があるため、不適当である。
- (3) アルカリシリカ反応による膨張が終了した部材は、耐荷力、変形性能を改善する必要がある。そのため、補強工法を選定することが望ましいので、適当である。
- (4) コンクリートの膨張が継続する加速期では、劣化因子の遮断、劣化速度の抑制、劣化因子の除去する補修・補強工法を選定する必要がある。そのため、主として適用できる工法としては、①表面被覆、②ひび割れ補修、③含浸材塗布が挙げられる。次いで適用できる工法としては、部材を拘束する工法(FRP・鋼板巻立て、PC巻立て)である。(2)が明らかに不適当であるので、本選択肢は適当とする。

[問題 45] … 正解 (3)

- (1) 凍害の予防保全としては、劣化因子の遮断が有効であるため、表面被覆工法は適当である。
- (2) 化学的侵食の予防保全としては、劣化因子の遮断が有効であるため、表面被覆工法は適当である。
- (3) アルカリシリカ反応の予防保全では、劣化因子の遮断が有効であるが、地下室の外壁・土間コンクリートでは、表面からの水分の浸透を表面被覆工法で防止しても、裏面からの水分の浸透を防止できない。そのため、今後のアルカリシリカ反応の進行は抑制できないので、不適当である。
- (4) 風雨による表面劣化の予防保全では、(1)、(2)と同様に、劣化因子の遮断が有効であるため、表面被覆工法は適当である。

[問題 46] … 正解 (4)

写真A、Bから、アルカリシリカ反応による劣化と判断できる。それに対する補修工

法を選定する必要がある。(4)のリチウム系化合物は、アルカリシリカ反応の進行を抑制することができるが、(1)、(2)、(3)のセメントモルタルの表面被覆、水ガラス系含浸材の塗布、エポキシ樹脂の注入では抑制できない。

[問題 47] … 正解 (1)

(A)、(B)、(D)は適当である。(C)の振動障害の除去を目的にするには、桁下面に接着する必要があるため、不適当である。

[問題 48] … 正解 (4)

- (1) 脱塩工法は、電解質であるアルカリ溶液がコンクリート中に電気浸透するので、アルカリシリカ反応を促進する可能性があるため、不適当である。
- (2) 再アルカリ化工法も、脱塩工法と同様に電解質であるアルカリ溶液がコンクリート中に電気浸透するので、アルカリシリカ反応を促進する可能性があるため、不適当である。
- (3) 電着工法は、電気化学的に海水中に溶存

するカルシウムイオンやマグネシウムイオンなどをコンクリート構造物のひび割れ部や表層部に炭酸カルシウムや水酸化マグネシウムの安定な化合物として析出させ、ひび割れ部の充填および表層部の緻密化を図る工法である。しかし、初期内在塩分量が多い場合、内部で鋼材の腐食が進行する可能性があるため、鋼材の腐食に対する効果は期待できないので、不適当である。

- (4) 適当である。

[問題 49] … 正解 (3)

(1)、(2)、(4)は適当であるが、(3)の主要管理項目としては、浸透性吸水防止材のコンクリートへの浸透深さの測定が望ましいので、(3)は不適当である。

[問題 50] … 正解 (3)

(1)、(2)、(4)は適当であるが、(3)の再アルカリ化工法では、コンクリートの中性化深さを調査し、補修効果を確認することが必要であるため、不適当である。