

2021年度 コンクリート診断士試験解説

十河 茂幸
江良 和徳

【問題 2】

一般的なコンクリートやモルタルのひび割れの原因となる長さ変化に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の数値の組合せのうち、適当なものはどれか。なお、コンクリートの寸法は高さ100 mm、幅100 mm、長さ400 mm、モルタルの寸法は高さ40 mm、幅40 mm、長さ160 mmとし、いずれも鉄筋を含まない角柱とする。

- ・硬化コンクリートの温度が1℃上昇すると、コンクリートの長さは、長さ変化率で約(A)増加する。
- ・製造後7日間水中養生したコンクリートを、温度20℃、相対湿度60%の環境に6箇月間保管すると、コンクリートの長さは、長さ変化率で(B)減少する。
- ・JISA 1146(骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(モルタルバー法))では、26週間促進養生したモルタルの膨張率(C)を目安に骨材の反応性を判定している。

	(A)	(B)	(C)
(1)	10×10^{-6}	$1500 \sim 3000 \times 10^{-6}$	100×10^{-6}
(2)	10×10^{-6}	$400 \sim 1000 \times 10^{-6}$	1000×10^{-6}
(3)	100×10^{-6}	$1500 \sim 3000 \times 10^{-6}$	1000×10^{-6}
(4)	100×10^{-6}	$400 \sim 1000 \times 10^{-6}$	100×10^{-6}

問題(2)の解説

コンクリートの熱膨張係数は $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ である。 1°C 上昇するごとに、 10×10^{-6} の長さ変化が生じる。

したがって、(A)は、(1)または(2)である。

コンクリート製造後、7日間水中養生したコンクリートを、乾燥収縮させると、 $400 \sim 1000 \times 10^{-6}$ の長さ変化が生じ、収縮する。

したがって、(B)は、(2)または(4)である。

ここまでで、答えは(2)となる。

モルタルバー法で26週間促進養生したモルタルの膨張率は、 1000×10^{-6} を超えると反応性があると判断できる。

したがって、(C)は(2)または(3)である。

以上より、適当なものは、(2)である。

生コンの単位水量と乾燥収縮率

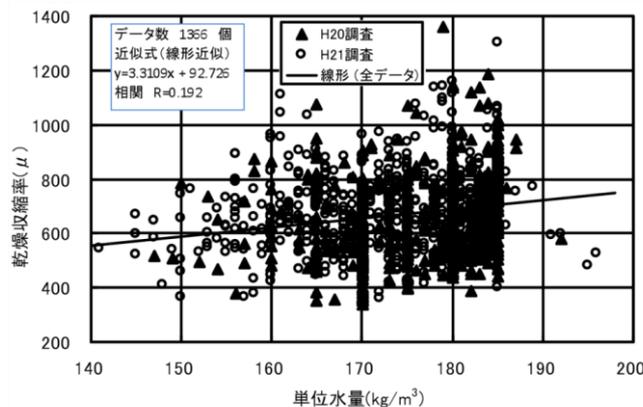
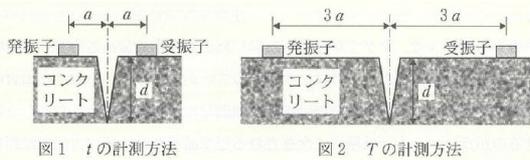


図-3.21 単位水量と乾燥収縮率

【問題 17】

コンクリート構造物に生じているひび割れの深さを超音波法により推定する。以下の図1、2のようにひび割れからの発振子と受振子の距離が a の場合の弾性波伝播時間を t 、距離が $3a$ の場合の弾性波伝播時間を T としたときに、ひび割れ深さ d を推定する式として(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

図1 t の計測方法図2 T の計測方法

$$(1) \quad d = a \sqrt{\frac{t^2 - T^2}{T^2 - t^2}}$$

$$(2) \quad d = a \sqrt{\frac{3t^2 - T^2}{T^2 - t^2}}$$

$$(3) \quad d = a \sqrt{\frac{6t^2 - T^2}{T^2 - t^2}}$$

$$(4) \quad d = a \sqrt{\frac{9t^2 - T^2}{T^2 - t^2}}$$

問題(17)の解説

超音波法により、ひび割れ深さを推定する方法に関する問題

超音波の発振子と受信子の距離が a

弾性波伝播時間を t

距離が $3a$ の場合

伝播時間を T としたときのひび割れ深さ d を推定する式

図1では、 $d^2 + a^2 = (Vt/2)^2$ 図2では、 $d^2 + (3a)^2 = (VT/2)^2$

$$V^2 = 4(d^2 + a^2)/t^2$$

$$V^2 = 4(d^2 + 9a^2)/T^2$$

V を消去すると、

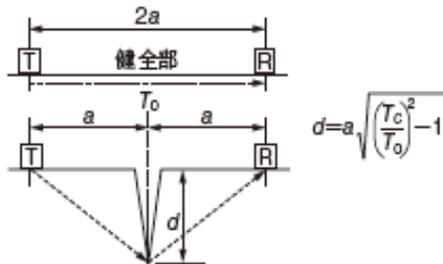
$$(d^2 + a^2)/t^2 = (d^2 + 9a^2)/T^2 \quad \text{より} \quad \text{計算は省略}$$

$$d = a \sqrt{(9t^2 - T^2)/(T^2 - t^2)}$$

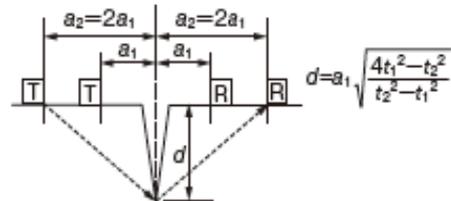
よって、(4)が適当。

ひび割れ深さ測定

● T_c - T_0 法と算定式



●修正BS法と算定式



$V \times t = \text{伝播距離}$

$V \doteq 4000\text{m/s}$

【問題 18】

コンクリートにアルカリシリカ反応を生じさせる可能性のある反応性鉱物の調査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。

骨材中の反応性鉱物の調査は、アルカリシリカ反応が生じているか否かの判定だけでなく、将来の膨張の進行を予測する上でも重要な情報となることから、適当な方法で反応性鉱物を特定する必要がある。

安山岩中の火山ガラスは、マグマが急速に冷却したことで生成したもので、偏光顕微鏡の直交ニコルによる観察では暗黒となり、容易に判定することができる。しかし、安山岩中のクリストパライトは微細な結晶で、偏光顕微鏡では判定が困難な場合もあるため、(A)による分析と組み合わせるのが良い。一方、堆積岩に含有される隠微晶石英は上記の方法では判定が困難なため(B)を用いた分析が適している。

	(A)	(B)
(1)	粉末 X 線回折装置 (XRD)	走査型電子顕微鏡 (SEM) および エネルギー分散型 X 線分光器 (EDS)
(2)	イオンクロマトグラフ (IC)	走査型電子顕微鏡 (SEM) および エネルギー分散型 X 線分光器 (EDS)
(3)	イオンクロマトグラフ (IC)	蛍光 X 線分析装置 (XRF)
(4)	粉末 X 線回折装置 (XRD)	蛍光 X 線分析装置 (XRF)

問題(18)の解説

アルカリシリカ反応を生じさせる可能性のある鉱物の調査の問題

安山岩中のクリストバライトは、(A)による分析と偏光顕微鏡を組み合わせてとよい。

(A)には、粉末X線回折装置(XRD)による分析が入る。

堆積岩に含有される隠微晶石英は(B)を用いた分析が適している。

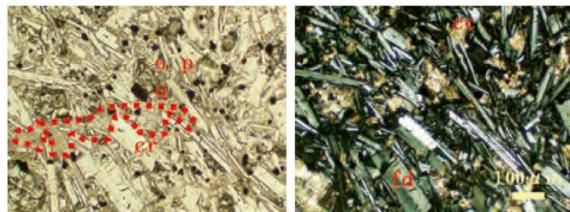
(B)には、走査型電子顕微鏡(SEM)およびエネルギー分散型X線分光器(EDS)を用いた分析が適している。

よって、(1)が適当である。

アルカリシリカ反応について



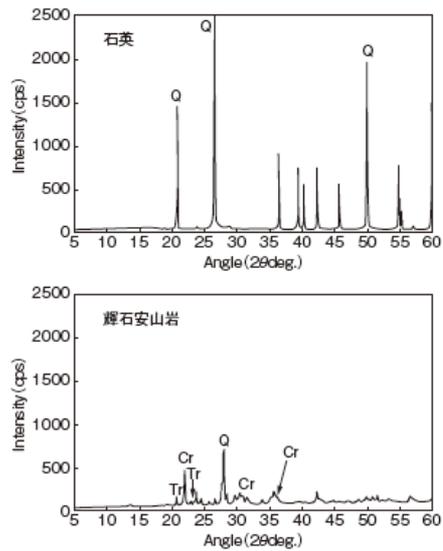
骨材周辺の反応リム



輝石安山岩の観察結果の例。クロスニコル(右)では黒く見える部分、オープンニコル(左)では赤い点線で囲まれた部分がクリストバライト

偏光顕微鏡写真

X線回折について



X線回折結果の一例：ともにSiO₂を主成分とする石英(上図)と輝石安山岩(下図)の回折結果(XRDチャート)。石英では石英(Q)のみが確認されるのに対し、輝石安山岩では石英とともに、アルカリシリカ反応性鉱物であるクリストバライト(Cr)やトリディマイト(Tr)が確認される

■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

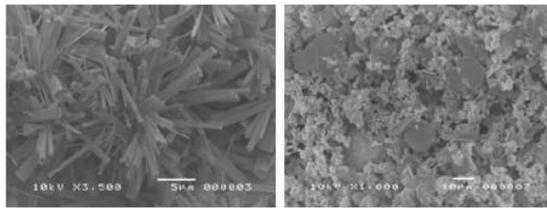
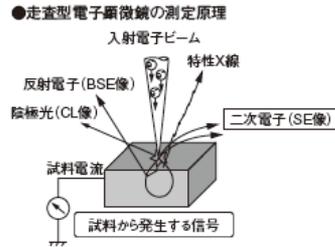


SEM/EDX装置

走査型電子顕微鏡(SEM)



走査型電子顕微鏡の例



セメント水和物のSEM写真の例。左はエトリンガイト、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。

【問題 19】

セメント硬化体中に含まれる化合物の定量方法に関する記述中の(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。

水酸化カルシウムやエトリンガイトなどのセメント水和反応生成物は、TG-DTA(示差熱重量分析)によって定量が可能である。水酸化カルシウムの脱水反応は(A)℃付近の吸熱ピークとして現れるため、その前後の質量減少からセメント硬化体中の水酸化カルシウム量(%)を算出する。また、炭酸カルシウム量(%)は、脱炭酸が生じる(B)℃付近の質量減少から算出する。

下図は、材料および配(調)合が同じ構造物から採取した試料の分析結果である。2つの試料のうち炭酸化が進んでいるのは試料(C)である。

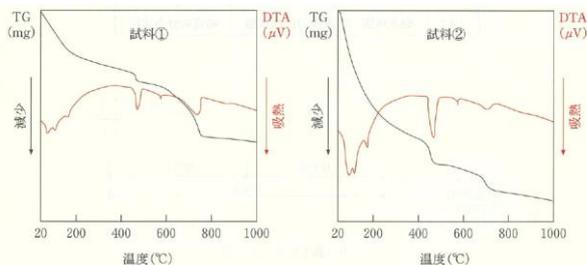


図 TG-DTA 分析結果

	(A)	(B)	(C)
(1)	100	450	①
(2)	100	450	②
(3)	450	700	①
(4)	450	700	②

問題(19)の解説

セメント硬化体中に含まれる化合物の定量方法に関する問題

TG-DTA(示差熱重量分析)により分析する際、水酸化カルシウムの脱水反応は、450°C付近で吸熱ピークが現れる。

(A)には450°Cが入る。

炭酸カルシウム量(%)は、脱炭酸が生じる700°C付近で質量が減少する。図から読み取り、炭酸化が進んでいるのは、①である。

よって、(3)が適当である。

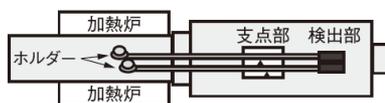
示差熱重量分析(TG/DTA)

Thermo-Gravimetry/Differential Thermal Analysis

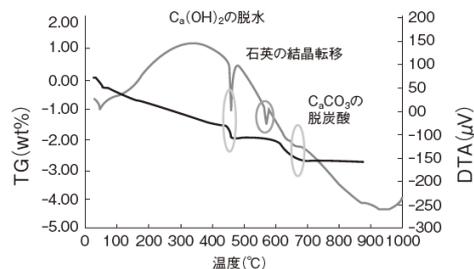


示差熱重量分析装置の例

●示差熱重量分析装置の概略図

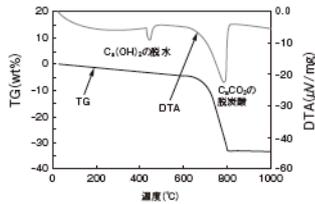


●コンクリートの熱分析結果の例



示差熱重量分析

●セメントの熱分析結果の例

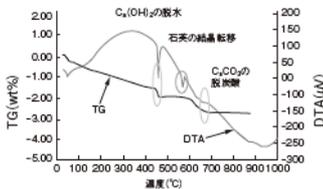


風化した普通ポルトランドセメントの示差熱重量分析結果の例：400℃付近から水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)の脱水による吸熱とわずかな重量減少が認められ、600℃を超えたあたりから炭酸カルシウムの脱炭酸とそれに伴う吸熱と重量減少が認められる。吸熱と重量減少の大きさから風化の程度を類推することができる



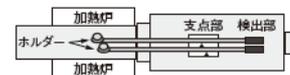
示差熱重量分析装置の例

●コンクリートの熱分析結果の例



コンクリートから採取したモルタル部分の示差熱分析の例：450℃付近および600℃を超えたあたりで、それぞれ水酸化カルシウムの脱水と炭酸カルシウムの脱炭酸に伴う吸熱と重量減少が認められる。水酸化カルシウムが脱水を始める前にだらだらとした重量減少がみられるが、これはCSHゲルの脱水などによる。また、573℃の吸熱ピークは石英の結晶転移によるもので、骨材を含む試料ではよく見られる現象である

●示差熱重量分析装置の概略図



【問題 23】

問文 竣工時に、けい酸塩系表面含浸材を塗布した RC 桁において、16 年後の中性化深さを測定したところ 7 mm であった。また、けい酸塩系表面含浸材の含浸深さは 5 mm であり、その部分の中性化速度係数は、含浸していない部分の 1/2 倍であった。かぶり(厚さ)は 30 mm で、中性化後残りが 8 mm で鋼材腐食が開始すると思った場合、今後、鋼材腐食が開始するまでの年数として、次の(1)～(4)のうち適当なものはどれか。ただし、けい酸塩系表面含浸材が含浸した部分も含浸していない部分も、中性化の進行は \sqrt{t} 則(t は経過年数)に従うものとし、中性化速度係数と含浸深さは経時的に変化しないものとする。

- (1) 20 年
- (2) 33 年
- (3) 48 年
- (4) 65 年

問題(23)の解説

16年で7mm 5mmが二倍の進行が必要なので、12mm相当となる。 $12 = A\sqrt{16}$ 中性化速度 $A = 3$

かぶり30mmで中性化残り8mm であるから、22mmまで中性化が進むと腐食開始となる。

22mmのうち5mmは倍の厚さと考え、27mmが中性化速度3で計算すればよいことになる。

$$27 = 3\sqrt{t} \quad t = 81 \text{年}$$

今後の年数としては、 $81 - 16 = 65$ 年

よって(4)が適当となる。

【問題 38】

電気防食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 構造物に定電流方式の電気防食工法を長期間にわたって適用すると、通電によりコンクリート中の鉄筋表面の(A)が上昇するため、分極量または復極量が経時的に(B)することがある。そのため、電気防食管理においては、定期点検時に復極量を調査し、防食管理指標を満足する範囲内で通電量を(C)させるとよい。

	(A)	(B)	(C)
(1)	水酸化物イオン濃度	増加	減少
(2)	水酸化物イオン濃度	減少	増加
(3)	塩化物イオン濃度	増加	減少
(4)	塩化物イオン濃度	減少	増加

問題(38)の解説

電気防食に関する問題

定電流方式 通電によりコンクリート中の鉄筋表面の(A)が上昇する。

(A)には、水酸化イオン濃度が入る。

電気防食では、分極量または復極量が経時的に(B)増加することがある。

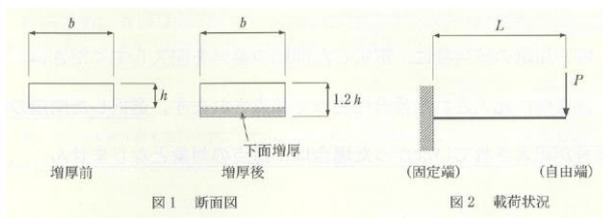
そのため、電気防食管理で定期点検時に復極量を調査し、通電量を(C)減少させるとよい。

よって、(1)が適当である。

【問題 40】

片持ち鉄筋コンクリート床版のたわみを改善するために、下面増厚工法を適用して断面を増厚した。図1に示すように、増厚後の床版厚を増厚前の1.2倍とした場合、図2に示す荷重Pによる増厚後の床版自由端のたわみ量として、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

ただし、既設の床版コンクリートと増厚コンクリートはコンクリート断面のみの弾性体として、完全に一体化しているものとし、両者のヤング係数は同一とする。また、自重、ひび割れ、乾燥収縮およびクリープの影響は全て無視する。



- (1) 増厚前の約 85 %
- (2) 増厚前の約 70 %
- (3) 増厚前の約 60 %
- (4) 増厚前の約 45 %

問題(40)の解説(2015年度の問題)

片持ち鉄筋コンクリート床版のたわみ改善の問題

下面増厚で1.2倍とした場合

荷重Pによるたわみ量は、増厚前の何%となるか？

たわみは厚さの3乗で効果が出る。

剛性が1.2なら、 $1/1.2^3$ となる。

つまり、 $1/1.728=0.579$

よって、(3)が適当である。