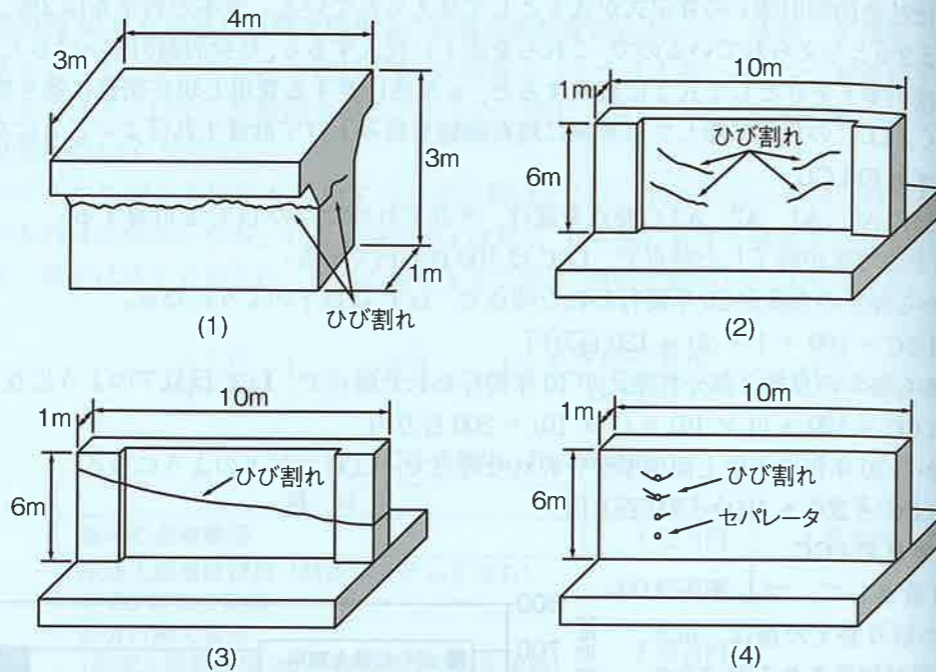


[問題 1]

コンクリートが打ち込まれてから凝結するまでの間に発生する、コンクリートの沈降が主な原因と考えられるひび割れの発生状況の概念図として、次の(1)～(4)のうち不適当なものはどれか。



沈降が主な原因と考えられるひび割れは、ブリーディングの多いコンクリートを使用したり、急速な打込みなどによって発生する。

- (1) 断面の異なる箇所ではコンクリートの沈下量が異なるため、断面の異なる境目付近に沈降が原因のひび割れが入ることがある。
- (2) 部材厚さや鉄筋の拘束度が異なる付近で、壁の端から中央に向けて斜め下方向にひび割れが発生している。これは、柱の方が壁に比べて鉄筋量が多く沈降を妨げやすいこと、また型枠面に沿ってブリーディング水が移動しやすいことから、壁の方が柱に比べて沈下量が大きくなりやすい。
- (3) 柱から壁にかけて連続した斜め水平方向のひび割れのため、不適切な打重ねによるコールドジョイントである。したがって、コンクリートの沈降が主な原因ではない。
- (4) セパレータ近傍に生じた変状は、セパレータの下のコンクリートが沈降した際に生じるひび割れである。

以上より、不適当なものは(3)である。

正解 (3)

[問題 2]

コンクリートにより生じる側圧が大きくなると型枠が変形し、コンクリートに不陸(ハラム)が生じる場合がある。この側圧が大きくなる要因として、次の(1)～(4)のうち最も不適当なものはどれか。

- (1) 打込み時のコンクリート温度が高い。
- (2) 打込み時のスランプフローが大きい。
- (3) 打込み速度が速い。
- (4) 打重ね時間間隔が短い。

一般に、コンクリートの側圧は、一定時間に打ち上げる高さに比例して大きくなる。そのため、(3) および(4) は側圧が大きくなる要因となる。また、気温が低いほど、凝結が遅いほど、スランプあるいはスランプフローが大きいほど、単位質量が大きいほど、側圧は大きくなる。そのため、(2) は側圧が大きくなる要因となり、(1) は側圧が小さくなる要因となる。以上より、最も不適当なものは(1)である。

正解 (1)

[問題 3]

暑中環境ではコンクリートの凝結が早くなり、コールドジョイントが生じやすい。普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートの水和発熱速度と時間の関係には、下図に示すようにC<sub>3</sub>AとC<sub>3</sub>Sの水和反応が主要因となる2つのピークがある。コールドジョイントを抑制するために遅延形の混和剤を用いた場合の水和発熱速度の時間変化の概念図として、次の(1)～(4)のうち適当なものはどれか。

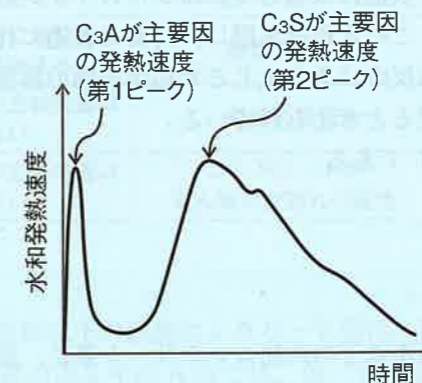
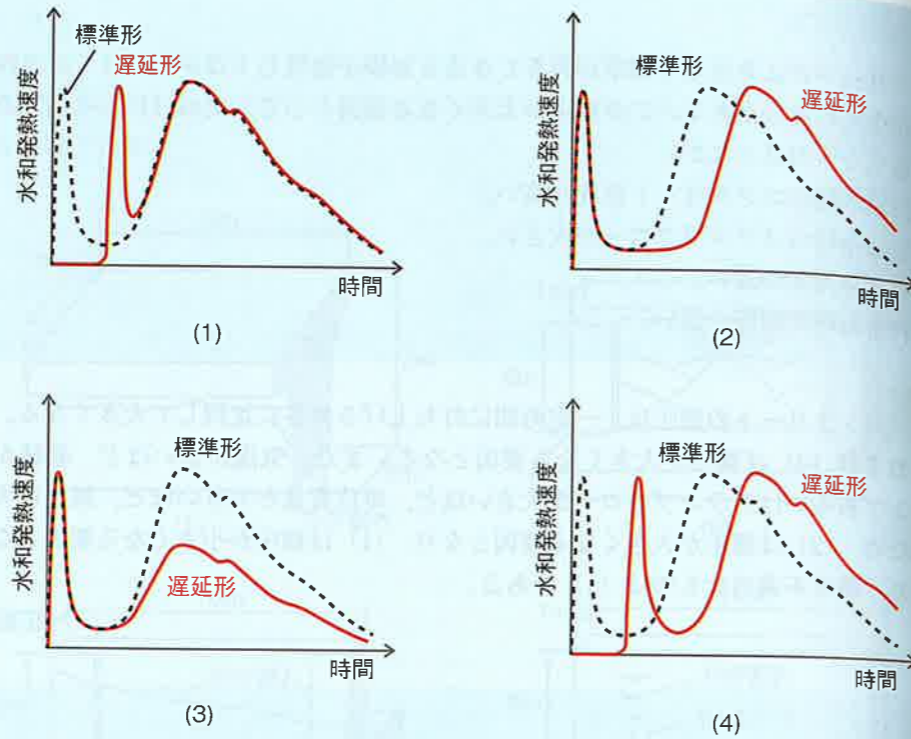


図 水和発熱速度の時間変化  
(標準形の混和剤を用いた場合)



ポルトランドセメントは、注水直後、セメント中の半水石膏の二水石膏化、 $C_3A$ の水和によるエトリンガイトの生成などにより、急速な反応が起こる。そして、ほとんど反応が進行しない潜伏期を経て、 $C_3S$ の水和による活発な反応が行われる。

遅延形の混和剤は、潜伏期の時間を延ばすことによってコンクリートの流動性を保つ。

遅延形の混和剤は、セメント表面に吸着してカルシウムイオンの溶出を抑制し、水和反応を遅延させると考えられている。この水和遅延層は、時間の経過に伴って、水の浸透圧や内部のわずかながら進行している水和反応により生じる水和生成物の膨張圧によって破壊され、水和反応が徐々に加速され凝結に至ると考えられている。

以上より、適当なものは(2)である。

正解 (2)

[問題 4]

引張鉄筋比が釣り合い鉄筋比以下の鉄筋コンクリート梁に、図1に示すように荷重を載荷した。図2は、その時に得られた荷重(P)と中央部のたわみ( $\delta$ )の関係を表した概念図である。図2のA～Cで生じている現象に関する、次の(1)～(4)の記述の組合せのうち、適当なものはどれか。

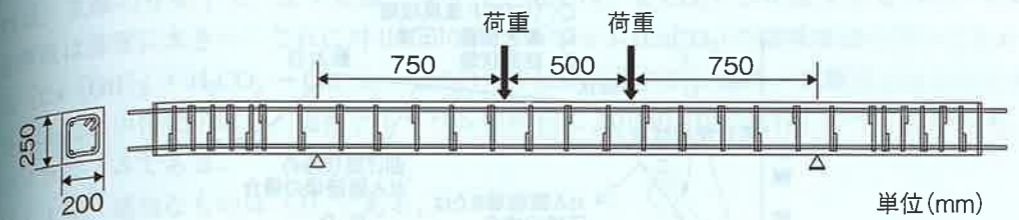


図1 鉄筋コンクリート梁の荷重状況

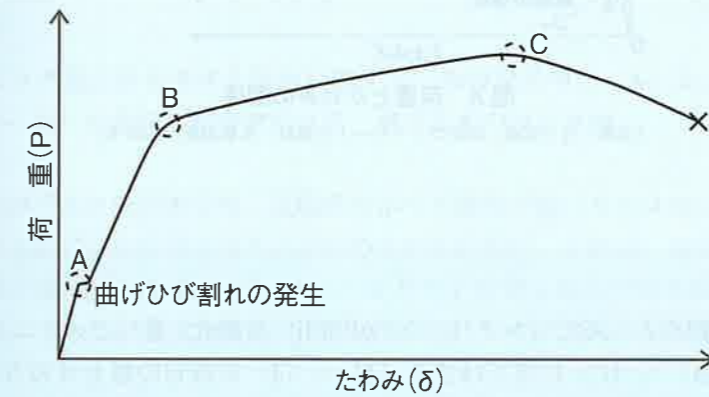


図2 荷重(P)と中央部のたわみ( $\delta$ )の関係(概念図)

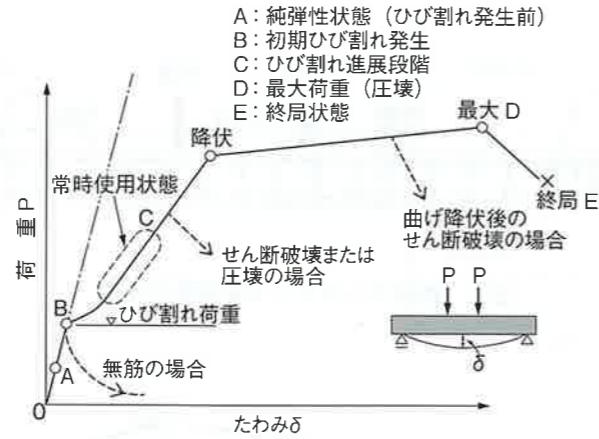
	A	B	C
(1)	中央部断面での中立軸位置は圧縮縁側に移動する	コンクリートのせん断ひび割れの発生	コンクリートのせん断破壊
(2)	中央部断面での中立軸位置は圧縮縁側に移動する	鉄筋の降伏	コンクリートの圧縮破壊
(3)	中央部断面での中立軸位置は移動しない	鉄筋の降伏	コンクリートのせん断破壊
(4)	中央部断面での中立軸位置は移動しない	コンクリートのせん断ひび割れの発生	コンクリートの圧縮破壊

引張鉄筋比が釣り合い鉄筋比以下の鉄筋コンクリート梁は、図A(次ページ)の実線の荷重とたわみの関係を示す。問題の図2中のA点では、曲げひび割れが発生すると引張鉄筋の効果が発揮されるため、中立軸は圧縮縁側に移動する。図2中のB点では、鉄筋が降伏してたわみが増大する。図2中のC点では、最大荷重となり圧縮縁側のコンクリートが圧壊する。

以上より、適当なものは(2)である。

正解 (2)

2018年度試験問題  
と解答・解説



図A 荷重とたわみの関係

(出典：吉川弘道，鉄筋コンクリートの設計，丸善出版，1997年)

[問題 5]

化学平衡論の観点からみたコンクリートの中性化（炭酸化）進行のメカニズムに関する、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。

コンクリートに侵入した二酸化炭素は、細孔溶液中で炭酸イオン（ $\text{CO}_3^{2-}$ ）となり、カルシウムイオン（ $\text{Ca}^{2+}$ ）と反応し、溶解度が小さい炭酸カルシウムとして沈積する。この反応により細孔溶液中のカルシウムイオンが（A）ので、濃度の平衡により固相に存在する水酸化カルシウムが細孔溶液中に溶解する。

ナトリウムイオン（ $\text{Na}^+$ ）やカリウムイオン（ $\text{K}^+$ ）が多い場合は、細孔溶液が高アルカリ性を維持するため、水酸化カルシウムの溶解が（B）、中性化の進行が（C）なる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	増加する	より進み	より速く
(2)	増加する	鈍化し	より遅く
(3)	消費される	より進み	より速く
(4)	消費される	鈍化し	より遅く

(A) は炭酸イオンがカルシウムイオンと反応するため、カルシウムイオンは消費される。  
 (B) および (C) はセメントのアルカリ量が中性化速度に及ぼす影響についてである。細孔溶液中のイオンの大部分は、ナトリウムイオンとカリウムイオン、およびそれらと平衡してい

る水酸化カルシウムイオンであり、セメントのアルカリ量（ $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ）が多いほど、中性化は進行する。これは、炭酸の存在下で、まず炭酸アルカリ（ $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ）が生成するものの、それらの溶解度は非常に大きい。これに対して、炭酸カルシウム（ $\text{CaCO}_3$ ）の溶解度は小さいことから、次式  $[\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}]$  の反応が選択的に進み、水酸化カルシウムが消費されるため中性化が進む。塩化ナトリウムの存在により中性化が進行しやすくなるのも、同様のメカニズムである。  
 以上より、適当なものは（3）である。

正解 (3)

[問題 6]

アルカリシリカ反応性を有する骨材に関する、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。

わが国における火成岩のうち、反応性を示す可能性が高いものは火山岩であり、深成岩や半深成岩では反応性はほとんど認められていない。これは、火山岩ではマグマの冷却速度が深成岩より速く、（A）などの不安定な結晶や非晶質物質が生成されやすいためである。アルカリシリカ反応性を有する代表的な火山岩には、（B）がある。

	(A)	(B)
(1)	カルサイト	安山岩
(2)	トリディマイト	安山岩
(3)	ローモンタイト	チャート
(4)	オパール	チャート

(A) はアルカリシリカ反応を引き起こす鉱物についてである。アルカリシリカ反応を起こす鉱物としては、シリカ鉱物のオパール、カルセドニー、クリストバライト、トリディマイト、隠微晶質石英、微晶質石英、結晶格子のゆがんだ石英や火山ガラスなどがある。

(B) は岩石の種類についてである。火山岩は含まれる鉱物の割合や種類によって、安山岩、流紋岩、玄武岩に分類される。一方、堆積岩は、礫岩、砂岩、泥岩、火砕岩、チャート、石灰石、石炭などに分類される。

(1) (A) のカルサイトは、組成が炭酸カルシウムの鉱物で、アルカリシリカ反応は引き起こさないため、不適當である。

(2) (A) のトリディマイトは、アルカリシリカ反応を引き起こすシリカ鉱物であり、安山岩は火山岩の分類であるため、適當である。

(3) (A) のローモンタイトは沸石の一種で、乾湿の変化に伴って体積変化を起こし、コンクリート表面にポップアウトを生じさせる。アルカリシリカ反応ではないので、不適當である。

- (4) (A) のオパールは、アルカリシリカ反応を引き起こすシリカ鉱物のなかでは非晶質で反応が高く、ポップアウト発生までの時期が短い。しかし、(B) のチャートは、火山岩ではなく堆積岩の一種で、放散虫や海綿動物などの動物の殻や骨片が海底に堆積してできた岩石のため、不適當である。  
以上より、適當なものは (2) である。

正解 (2)

[問題 7]

写真1および写真2は、供用開始後50年が経過した東北地方内陸部の河川内にある鋼橋の張出し床版および橋脚の変状である。両者に共通な変状の発生原因として、次の(1)～(4)のうち、最も適當なものはどれか。



写真1 張出し床版の変状

写真2 橋脚の変状

- (1) 酸性雨による化学的侵食
- (2) 河川の増水時に生じた摩耗
- (3) 凍結融解作用によるスケーリング
- (4) エトリンガイトの遅延生成による膨張

橋梁の設置場所が東北地方内陸部ということで、一般的には凍害と凍結防止剤の散布による塩害が考えられる。

- (1) 国内では、酸性雨による化学的腐食によって、このような劣化は生じない。
- (2) 床版までの河川の増水が、摩耗を引き起こすほど頻繁に生じるとは考えられない。
- (3) 橋梁の設置場所から、塩害と凍害による複合劣化と考えられる。そのため、凍結融解作用によって、スケーリングが生じることは十分考えられる。
- (4) エトリンガイトの遅延生成(DEF)は、コンクリートが硬化後、数か月から数年の時間を経てエトリンガイトが再生成することで、膨張劣化を引き起こす。国内では2000年代後半になって、蒸気養生を行った二次製品について劣化事例が報告されている。そのため、DEFが50年経過した橋梁の劣化の原因とは考えられない。

以上より、最も適當なものは (3) である。

正解 (3)

[問題 8]

コンクリートの化学的侵食に関する、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、適當なものはどれか。

コンクリート用骨材として(A)を用いた場合、そのコンクリートが(B)環境下に長期間曝されると、タウマサイト(Thaumasite)の生成に伴う硫酸塩劣化が発生することがある。タウマサイトは、コンクリート中の(C)が、硫酸イオンおよび骨材の主成分である炭酸カルシウムと反応することで生成され、これにより膨張が生じてコンクリートが劣化する。

	(A)	(B)	(C)
(1)	石灰石	5°C程度の低温	C-S-H
(2)	硬質砂岩	5°C程度の低温	Ca(OH) <sub>2</sub>
(3)	石灰石	35°C程度の高温	Ca(OH) <sub>2</sub>
(4)	硬質砂岩	35°C程度の高温	C-S-H

！タウマサイトは、天然で産出するほか、低温環境においてコンクリートへの硫酸塩の浸透で生成し、組織がマッシュ状に変化しコンクリート構造物を劣化させることが知られている。タウマサイトによる硫酸塩劣化では、まず、硫酸塩の浸透でエトリンガイト生成による膨張破壊で硫酸塩劣化が生じ、次いで石灰石などからの炭酸イオンの供給によって、セメント水和物の主要鉱物であるC-S-Hの分解に伴って、表層付近やひび割れ部からタウマサイトが生成し、組織が脆弱化すると推定されている。

以上より、適當なものは (1) である。

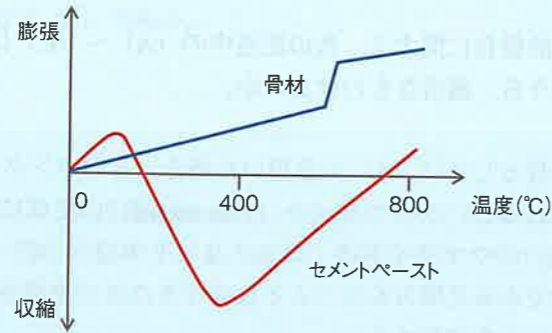
正解 (1)

[問題 9]

下図(次ページ)は火災等の高熱を受けたときのセメントペーストと骨材の体積変化に関する概念図である。この図に関する、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、適當なものはどれか。

コンクリートが加熱されると骨材は膨張する。一方、セメントペーストは100°Cまでは膨張するが、(A)するため収縮に転ずる。さらに400°C以上になるとセメント水和物の変質し、コンクリート中の骨材とセメントペーストの付着界面では微細ひ

ひび割れが誘発され、破壊が進展する。このため、コンクリートの ( B ) が大きく低下する。石英質を含む骨材では約 600℃付近で骨材の ( C ) により急激な膨張を呈する。



	(A)	(B)	(C)
(1)	水和物中の結晶水が脱水	圧縮強度	溶融
(2)	水和物中の結晶水が脱水	弾性係数	結晶形態の変化
(3)	エトリンガイトが生成	圧縮強度	結晶形態の変化
(4)	エトリンガイトが生成	弾性係数	溶融

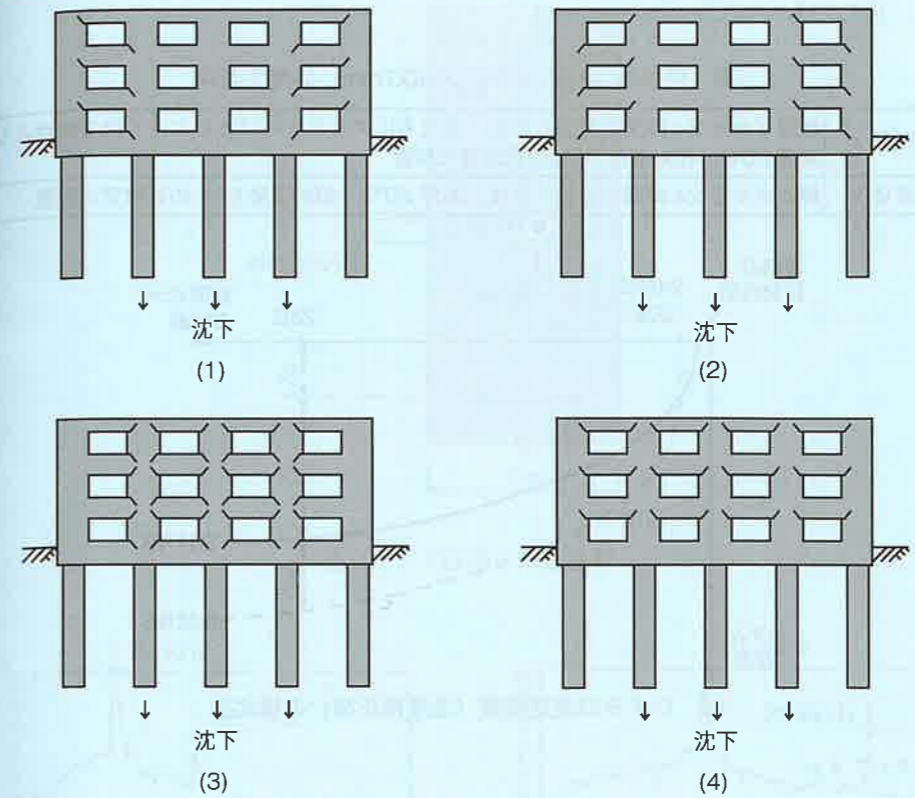
加熱温度の上昇につれてコンクリート中の水和物が化学的に変化して、約 600℃までは水和物の結晶水の脱水によりセメントペースト部は収縮するが、骨材は膨張するという相反する挙動を示す。さらに、コンクリート中の自由水などが水分膨張の結果、内部応力が次第に増大し、内部組織が破壊されていくため、圧縮強度および弾性係数などの力学的性質が低下する。コンクリートの圧縮強度は 600℃で常温の場合のほぼ 30% 程度になり、弾性係数の低下率はさらに大きく常温の場合のほぼ 10% 程度になる。また、石英系骨材は加熱により変態し、体積膨張により崩壊することが知られている。

以上より、適当なものは (2) である。

正解 (2)

[問題 10]

杭の不同沈下 (図中の矢印↓部分が沈下) によって、鉄筋コンクリート造建物に生じるひび割れの概念図として、次の (1) ~ (4) のうち、適当なものはどれか。



中央部 3 本の杭が沈下しているため、真ん中の杭上の躯体に、その両側の杭上の躯体と同じひび割れは発生しづらい。そのため、(3) と (4) は除外できる。ひび割れ方向については、中央部が沈下するため、図 A に示すような方向に引張力が発生して、引張力と直交方向にひび割れが発生する。

以上より、適当なものは (2) である。

正解 (2)

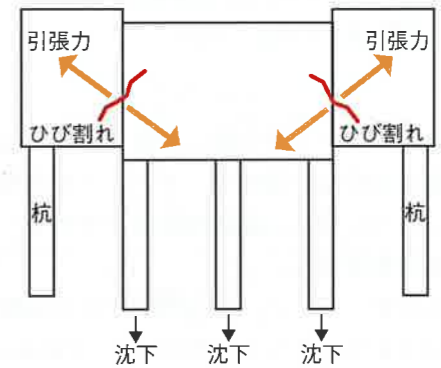


図 A 不同沈下によるひび割れ発生イメージ

[問題 11]

高強度コンクリートを用いた建造物の施工でひび割れが懸念されたため、同じ配 (調) 合のコンクリートを用いて下表 (次ページ) の条件で長さ変化を測定したところ、下図のとおりとなった。このとき、材齢 28 日における自己収縮ひずみとして、次の (1) ~ (4)

のうち、正しいものはどれか。

表 供試体 (100 × 100 × 400 mm) の養生条件

供試体 X	練混ぜから 24 時間で脱型した後、ただちにアルミテープとビニール袋で封かんし、温度 20℃、相対湿度 60% の試験室に静置
供試体 Y	練混ぜから 24 時間で脱型した後、温度 20℃、相対湿度 60% の試験室に静置

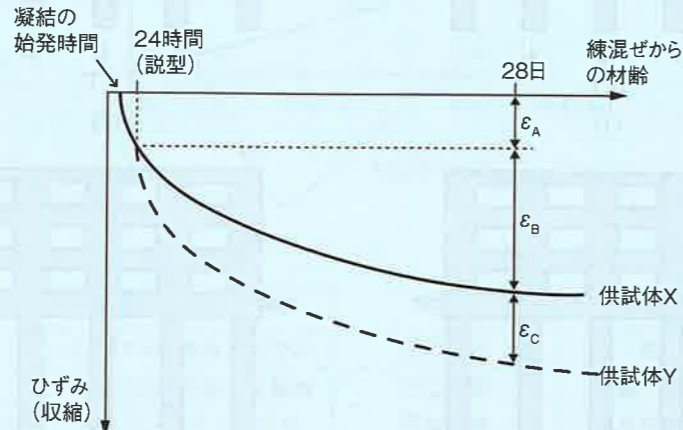


図 ひずみの測定結果 (温度補正後) の模式図

- (1)  $\epsilon_A + \epsilon_B$
- (2)  $\epsilon_B$
- (3)  $\epsilon_B + \epsilon_C$
- (4)  $\epsilon_A + \epsilon_B + \epsilon_C$

コンクリートの収縮には温度収縮のほか自己収縮と乾燥収縮がある。自己収縮は乾燥や温度変化などが無い条件で、セメントの水和によって、凝結直後のごく初期から収縮する現象である。これに対し、乾燥収縮はコンクリート中の水分が蒸発することによりコンクリートが収縮する現象である。

したがって、 $\epsilon_A$  と  $\epsilon_B$  の和が自己収縮であり、 $\epsilon_C$  が乾燥収縮であることが分かる。以上より、正しいものは (1) である。

正解 (1)

[問題 12]

図に示すように、ポストテンション方式 PC 箱桁のウェブ表面から衝撃弾性波法によってグラウト充填状況を調査した。シース内にグラウトが充填されていない場合に得られる周波数スペクトルとして、次の (1) ~ (4) のうち、最も適当なものはどれか。

ただし、コンクリート中の弾性波の伝搬速度は 4000 m/s とする。

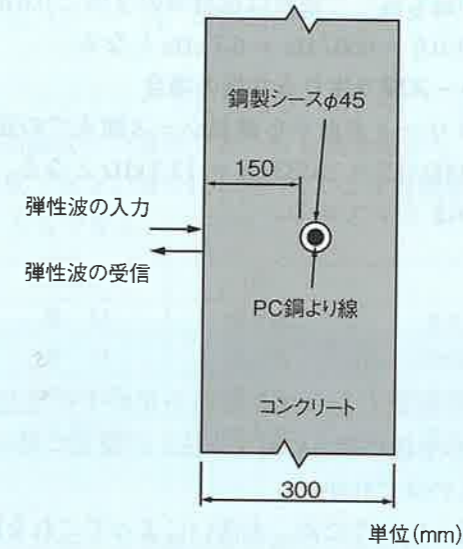
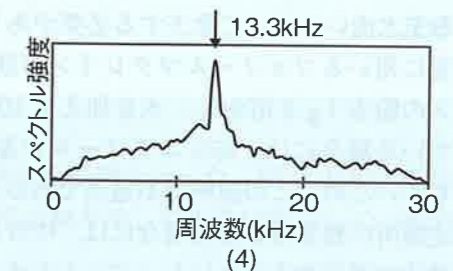
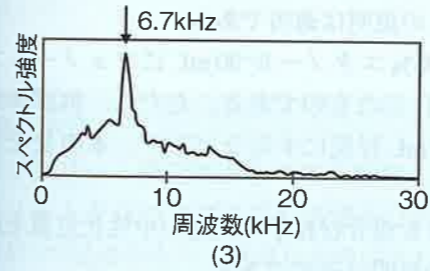
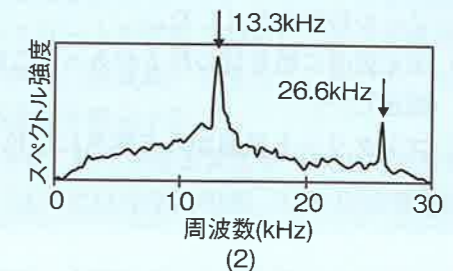
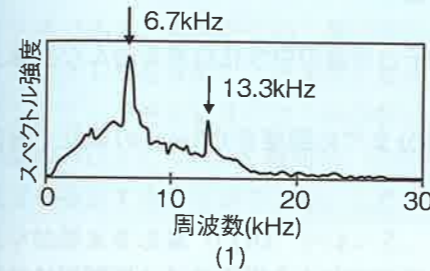


図 ウェブ断面と測定概要



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、コンクリートの厚さ方向に半波長の整数倍の共振が生じる。本問の図中のピークの周波数は共振が生じた周波数(固有振動数)を示している。

本問では部材厚さの全長にわたる共振とコンクリート表面と鋼製シース間で生じる共振があり、それぞれの場合の固有振動数は以下のように求まる。

○全長にわたる共振の場合

固有振動数  $f$  は、弾性波の伝播速度を波長で除した値である。また、スペクトル強度のピーク

クは一次の固有振動の場合が最も高く、波長は部材厚の2倍で0.6mになる。したがって、この場合の固有振動数は、 $4000/0.6 = 6667 \text{ Hz} = 6.7 \text{ kHz}$ となる。

○コンクリート表面と鋼製シース間で生じる共振の場合

この場合の波長は、コンクリート表面から鋼製シース間までの距離の2倍で0.3mになる。したがって、固有振動数は $4000/0.3 = 13333 \text{ Hz} = 13.3 \text{ kHz}$ となる。

以上より、最も適当なものは(1)である。

正解 (1)

[問題 13]

コンクリート構造物から採取したコア供試体を用いて中性化深さを測定した。JIS A 1152:2011 (コンクリートの中性化深さの測定方法)の規定に照らして、次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) 測定面にのろが付着していたため、水洗いによってこれを除去し、濡れた測定面を自然乾燥させた。
  - (2) 測定面が乾燥していたため、フェノールフタレイン溶液を調整する際に加えるエタノールの量を多くした。
  - (3) 測定箇所に粗骨材の粒子があったため、粒子の両端の中性化位置を結んだ直線上で測定した。
  - (4) コンクリート表面から赤紫色に呈色した部分までの距離を0.5mmの単位で測定した。
- (1) コンクリートに散水しながら切断し、切断面を測定面とする場合には、切断面に付着するのろを水洗いによって除去する必要がある、この説明は適当である。
  - (2) 測定に用いるフェノールフタレイン溶液は、95%エタノール90mLにフェノールフタレインの粉末1gを溶かし、水を加えて100mLにしたものである。ただし、供試体が乾燥している場合には、95%エタノールの量を70mL程度にするなどして、水の量を多くしてもよいため、この説明は不適当である。
  - (3) 測定箇所に粗骨材がある場合には、中性化深さを粗骨材粒子の両端の中性化位置を結んだ直線状で測定することになっているため、この説明は適当である。
  - (4) 中性化深さはコンクリート表面から赤紫色に呈色した部分までの距離を0.5mm単位で測定した値とされているため、この説明は適当である。
- 以上より、不適当なものは(2)である。

正解 (2)

[問題 14]

火災を受けたコンクリートの受熱温度を推定するための方法に関する、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。

UVスペクトル法は、コンクリートに使用されている(A)に着目して、分析試料の(B)と加熱温度との関係で表される検量線から、受熱温度を推定する方法である。検量線が作成できない場合は(C)により有機物を定量することにより、受熱温度を推定することもできる。

	(A)	(B)	(C)
(1)	骨材	吸光度	蛍光X線分析
(2)	骨材	光沢度	化学的酸素要求量(COD)
(3)	化学混和剤	吸光度	化学的酸素要求量(COD)
(4)	化学混和剤	光沢度	蛍光X線分析

コンクリートの表面の変色状況から受熱温度を推定できるが、コンクリートを分析することによって、詳細に推定することができる。

UVスペクトル法はコンクリート中の化学混和剤に着目して、コンクリートの受熱温度を推定する方法である。あらかじめ、健全部分のコンクリートを採取・加熱し、分光光度計を用いてUVスペクトルを分析し、吸光度と加熱温度の関係(検量線)を求める。次いで、火災を受けたコンクリートをUVスペクトル分析し、受熱温度を推定する。

この他の方法としては、X線回折、示差熱重量分析、化学的酸素要求量(COD)の分析から、受熱温度を推定することができる。したがって、(A)には化学混和剤、(B)には吸光度、(C)には化学的酸素要求量(COD)がはいる。

以上より、適当なものは(3)である。

正解 (3)

[問題 15]

コンクリート構造物からコアを採取し、圧縮強度試験を行った。JIS A 1107:2012 (コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法)の規定に照らして、次の(1)～(4)の記述のうち、適当なものはどれか。

- (1) 粗骨材の最大寸法が20mmであったので、コア供試体の直径を65mmとした。
- (2) コア供試体高さの中央付近で互いに直交する方向について直径を測定し、その平均値を供試体の平均直径とした。
- (3) コア供試体の端面とコアの軸とのなす角度が90.7°であったので、そのまま圧縮強度試験に供した。
- (4) コア供試体の高さとの比が1.85であったので、圧縮強度の補正は行わなかった。

- (1) コア供試体の直径は、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ため、この説明は適当である。
- (2) 平均直径はコア供試体の上下高さの1/4付近および高さの中央付近で、互いに直交する2方向の直径を0.1mmまで測定し、その平均値とすることが規定されているため、この説明は不適当である。
- (3) コア供試体の端面とコアの軸とのなす角度は $90 \pm 0.5^\circ$ になるように整形することが規定されているため、この説明は不適当である。
- (4) コアの高さが直径の2倍より小さい場合には、試験で得られた圧縮強度の補正が必要であるため、この説明は不適当である。

以上より、適当なものは(1)である。

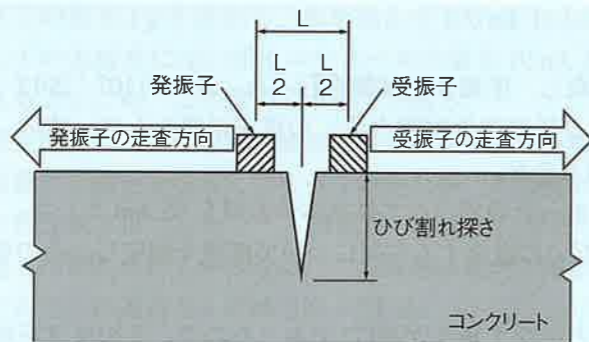
正解 (1)

[問題 16]

コンクリートに生じたひび割れの深さを超音波法により推定する方法に関する、次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句または式の組合せのうち、適当なものはどれか。

コンクリート中を伝搬する弾性波がひび割れ先端部分において(A)する現象を利用することで、ひび割れ深さを推定することができる。ひび割れ深さの推定方法には、弾性波の伝搬時間を利用する方法と受信波の(B)に着目する方法の2種類がある。

後者の方法では、下図に示すように、発振子および受振子を等間隔でひび割れから遠ざけるように走査しながら測定する。(B)が初めて反転する直前の発振子と受振子の間隔をLとすると、ひび割れ深さは(C)として推定される。



	(A)	(B)	(C)
(1)	反 射	振 幅	L
(2)	回 折	位 相	L
(3)	反 射	振 幅	$\frac{L}{2}$
(4)	回 折	位 相	$\frac{L}{2}$

本問のように超音波法を適用すると、ひび割れ先端で回折が生じる。このとき回折角度 $90^\circ$ を境に波の性質が変化し、受振点における到達波の位相が変化する。センサの位置を変化させて、回折角度が $90^\circ$ になるセンサ位置を見つければ、ひび割れ深さを検知するこ

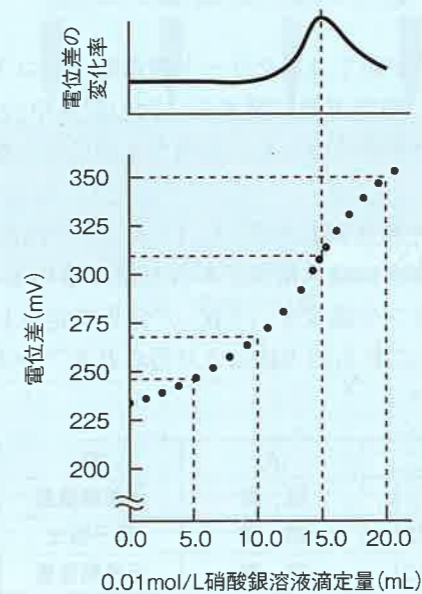
とができる。回折角度が $90^\circ$ になる位置では、幾何学的にひび割れ深さはセンサ間隔の1/2になる。したがって、(A)には回折、(B)には位相、(C)には $L/2$ がはいる。  
以上より、適当なものは(4)である。

正解 (4)

[問題 17]

コンクリート中の塩化物イオン量を、JIS A 1154:2012 (硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法)の電位差滴定法により測定した。下表の条件により滴定を行った結果は、下図のとおりであった。このコンクリート中の塩化物イオン量として、次の(1)～(4)のうち、正しいものはどれか。

コンクリート微粉末試料の量	10.00 g
コンクリートの単位容積質量	$2.30 \text{ g/cm}^3$
0.01 mol/L 硝酸銀溶液 1 mL の塩化物イオン相当量	0.0003545 g
硝酸銀溶液のファクター	1.000
コンクリート微粉末試料を用いない溶液の硝酸銀溶液滴定量 (空試験)	2.0 mL



- (1)  $1.06 \text{ kg/m}^3$
- (2)  $1.39 \text{ kg/m}^3$
- (3)  $4.61 \text{ kg/m}^3$
- (4)  $10.60 \text{ kg/m}^3$

本問の電位差滴定法は、硝酸銀溶液中で塩化物イオンと銀イオンが反応することを利用して、反応の当量点近傍で被測定溶液の特性に大きな変化が生じるのを、電極電位の測定から

把握する。

被測定溶液の特性に大きな変化が生じるのは問題中の図の変曲点（電位量の変化率がピークを示す点）の位置に相当し、硝酸銀溶液滴定量が 15 mL、電位差が 310 mV を示す点である。空試験で行ったコンクリート微粉末試料を用いない溶液の硝酸銀溶液滴定量が 2.0 mL であったので、コンクリート微粉末試料 10.00 g の実際の滴定量は  $15.0 - 2.0 = 13.0$  mL となる。

硝酸銀溶液のファクターが 1.000 と示されている。ファクターとは、ほぼ表示濃度になるように調整された標準液の表示濃度と標準液の真の濃度の比で、（標準液の真の濃度 / 標準液の表示濃度）で表される。本問では硝酸銀溶液のファクターが 1.000 であるので、硝酸銀溶液の真の濃度が 0.01 mol/L となる。

0.01 mol/L 硝酸銀溶液 1 mL の塩化物イオン相当量は 0.0003545 g であり、実際の滴定量 13.0 mL の硝酸銀溶液の塩化物イオン相当量は、 $13.0 \times 0.0003545 = 0.004609$  g となる。この塩化物イオン量 0.004609 g がコンクリート微粉末試料 10.00 g に含有されているので、コンクリート 1 m<sup>3</sup> の 2300 kg 中には 1.06 kg の塩化物イオンが含まれる。

以上より、正しいものは (1) である。

正解 (1)

[問題 18]

アルカリシリカ反応の疑いがあるコンクリート構造物からコアを採取し、コンクリート中のアルカリ量を推定した。推定方法に関する、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。

コアを粉砕して得られた粉末試料を用い、(A) で抽出した場合には全アルカリ量を、温水で抽出した場合には水溶性アルカリ量を求めることができる。抽出後、ろ液中のアルカリ金属イオンの濃度を (B) 分析で定量し、コンクリート中のアルカリ量を求める。なお、これらの方法により得られるアルカリ量は、試料中の骨材量の影響を大きく受ける。

	(A)	(B)
(1)	硫酸	示差熱重量
(2)	硫酸	原子吸光
(3)	塩酸	示差熱重量
(4)	塩酸	原子吸光

硬化コンクリート中のアルカリを分析する方法としては、コンクリートの粉末試料を作製し、これを塩酸や温水で抽出するのが一般的である。塩酸で抽出した場合には全アルカリ量を、温水で抽出した場合には水溶性アルカリ量を、それぞれ求めることができる。

上記の方法で抽出した水溶液を原子吸光光度計あるいは ICP にかけ、コンクリート中のアルカリ量を求める。なお、硬化コンクリート中のアルカリ量を求める試験方法に、正式に規格

化されているものはない。

以上より、適当なものは (4) である。

正解 (4)

[問題 19]

四電極法 (Wenner 法) によるコンクリートの電気抵抗 (比抵抗) の測定に関する、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。

四電極法は、下図のように、等間隔  $L$  で一列に並べた 4 本の電極のうち、電極 (A) の間に直流または 10 ~ 100 Hz 程度の交流電流を印加した状態で、その電流量と電極 (B) の間で計測される電位差から電気抵抗を求めるものである。コンクリートの含水率が一定の場合、塩化物イオンの拡散係数が (C) コンクリートほど、測定される電気抵抗は大きくなる傾向を示す。

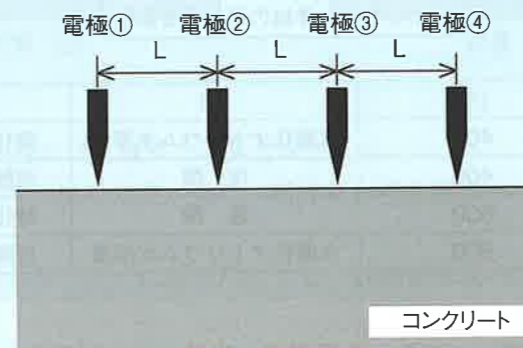


図 電極の配置

	(A)	(B)	(C)
(1)	①と④	②と③	小さい
(2)	①と④	②と③	大きい
(3)	②と③	①と④	大きい
(4)	②と③	①と④	小さい

かぶりコンクリートの電気抵抗の測定法として、本問の四電極法 (Wenner 法) が適用される。本法は土壌抵抗の測定に用いられる方法で、等間隔に一列に並べた 4 本の電極のうち、両端の電極①、④間の電流量と、内側 2 本の電極②、③間の電位差から比抵抗を求めるものである。

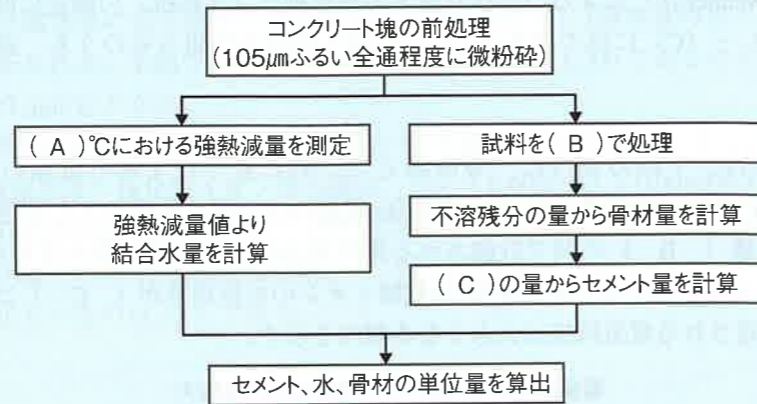
一般に、コンクリートが緻密であるほど塩化物イオンの拡散係数が小さくなり、コンクリートの電気抵抗が大きくなり、流れる電流も小さくなる。

以上より、適当なものは (1) である。

正解 (1)

[問題 20]

下図は、硬化コンクリートの配（調）合をセメント協会法により推定する手順を示したものである。図中の（A）～（C）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。なお、対象のコンクリートには石灰石骨材を用いていないものとする。



	(A)	(B)	(C)
(1)	400	水酸化ナトリウム水溶液	酸化カルシウム
(2)	400	塩酸	炭酸カルシウム
(3)	600	塩酸	酸化カルシウム
(4)	600	水酸化ナトリウム水溶液	炭酸カルシウム

セメント協会法では、105 μmふるい全通程度に微粉碎した試料を塩酸（約0.1 mol/L）で処理した後、不溶残分および酸化カルシウムを定量し、これらの値からそれぞれ骨材量およびセメント量を推定する。

以上が本問で示されているフローチャートの右側で、(B)が塩酸、(C)が酸化カルシウムとなる。

また、微粉碎試料から600°Cにおける強熱減量を測定し、その値から結合水量を求める。以上がフローチャートの左側で、(A)が600になる。

以上より、適当なものは(3)である。

正解 (3)

[問題 21]

写真(1)～(4)に示す鉄筋コンクリート構造物の変状のうち、コンクリートの打込みに起因するものとして、不適当なものはどれか。



写真 (1)

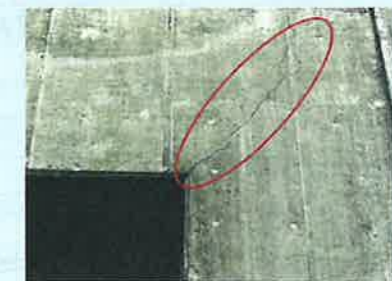


写真 (2)



写真 (3)



写真 (4)

コンクリートの打込み時には、様々な不具合が生じる。

写真(1)は、打込み時に材料分離が生じ、粗骨材が多く集まってできるモルタルの少ない豆板である。

写真(2)は、開口部のコーナーに斜めに生じる、収縮が原因のひび割れであり、打込みが原因ではない。

写真(3)は、水平方向に生じたコールドジョイントと呼ばれる打重ねの不具合であり、連続した打込みができなかったことにより生じる。

写真(4)は、型枠表面に生じた大きな径の気泡であり、打込み時に巻き込まれるエントラップトエアを締め固めにより排除できなかった不具合である。

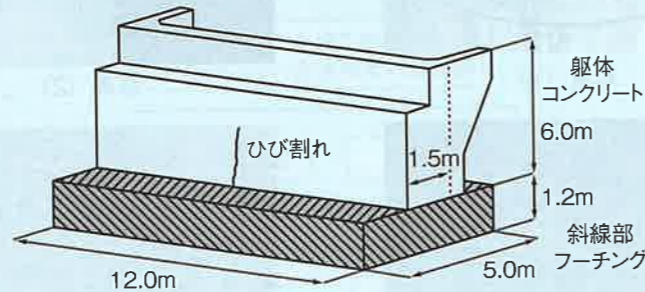
以上より、不適当なものは(2)である。

正解 (2)

[問題 22]

道路橋の鉄筋コンクリート橋台の躯体コンクリートを打ち込んで数日後に、下図に示すひび割れが発生した。ひび割れの発生原因、主となる拘束条件とひび割れを通じた橋台背面からの漏水の可能性に関する、次の(1)～(4)の組合せのうち、適当なものはどれか。

	ひび割れの発生原因	主となる拘束条件と漏水の可能性
(1)	乾燥収縮	内部拘束, 漏水の可能性が高い
(2)	乾燥収縮	外部拘束, 漏水の可能性が低い
(3)	水和熱	外部拘束, 漏水の可能性が高い
(4)	水和熱	内部拘束, 漏水の可能性が低い



比較的部材の厚さが大きい壁状の構造物には、セメントの水和熱が蓄積され、その熱が放散されるときに既設構造物であるフーチングにコンクリートの温度収縮が拘束されてひび割れが生じる場合が多い。打込みの数日後にひび割れが生じるのは、内部に蓄積された水和熱が放熱された時期に引張応力度が引張強度を超えるためである。既設のフーチングに拘束されることから外部拘束条件であり、通常は貫通ひび割れとなり、漏水の可能性が高い。

以上より、適当なものは(3)である。

正解 (3)

[問題 23]

建設後36年が経過した打放し仕上げの鉄筋コンクリート造建築物において、屋外側の壁面の雨掛かりのある部位を調査したところ、中性化深さは30mm、中性化残り(かぶり厚)と中性化深さの差は0mmであった。この調査結果に関する記述(A)～(C)の適不適の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

- (A) 調査部位の中性化速度係数は、 $5\text{mm}/\sqrt{\text{年}}$ と推定した。
- (B) 調査部位の鉄筋は腐食していないものと判断した。
- (C) 調査部位と同一壁面の雨掛かりの無い部位の中性化深さは、30mmより小さいと判断した。

	(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

中性化は、大気中の二酸化炭素がコンクリート内部へ徐々に侵入し、水酸化カルシウムと反応して炭酸カルシウムとなり、アルカリ性が中性化していく現象である。

中性化速度は、以下の式で算定され、建設後36年が経過した時点の中性化深さが30mmであれば、中性化速度係数は $5\text{mm}/\sqrt{\text{年}}$ となり、(A)は適当である。

$$C = A\sqrt{t} \quad A = 30 \div 6 = 5$$

中性化残りが10mm程度になれば内部の鉄筋が腐食を開始する可能性が高く、中性化残りが0mmであれば鉄筋は腐食していないとは言い切れない。したがって(B)は不適当である。

中性化は二酸化炭素の多い箇所で進行が速く、雨掛かりのない部位の方が中性化が早く、中性化深さは大きいと考えられるため、(C)は不適当である。

以上より、適当なものは(1)である。

正解 (1)

[問題 24]

温暖な内陸部にある鉄筋コンクリート構造物において、写真1に示すようなアルカリシリカ反応による変状が発生していた。写真1の部位Ⅲで、はつり調査を行ったところ、写真2に示すように鉄筋の曲げ加工部で破断が認められた。

この調査結果に関する、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。

変状の発生状況が部位Ⅰと部位Ⅱで異なる主な要因は、水分(雨水)の供給量の違いによると考えられ、部位Ⅱから得られるコンクリートコアの残存膨張性は、部位Ⅰより(A)と推定される。また、部位Ⅲで見られた鉄筋破断は、曲げ加工の際の曲げ戻しにより、曲げ加工部(B)に初期亀裂が発生し、アルカリシリカ反応によるコンクリートの膨張により亀裂が進展したためと考えられる。

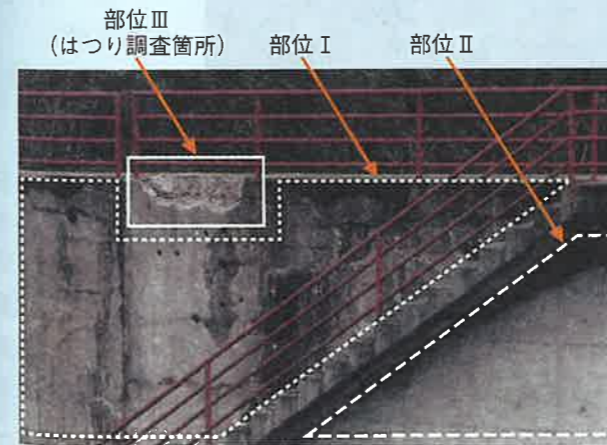


写真1 アルカリシリカ反応による変状の発生状況



写真2 部位Ⅲにおける鉄筋の曲げ加工部の破断

	(A)	(B)
(1)	低い	外側
(2)	低い	内側
(3)	高い	外側
(4)	高い	内側

アルカリシリカ反応により、鉄筋が破断した事例である。

部位Ⅱと部位Ⅰを比較すると、部位Ⅰの方が水分の供給が多く、アルカリシリカ反応による膨張が大きくなっていると考えられ、部位Ⅱの方が残存膨張性は高いと推察される。したがって、(A)は「高い」が適当である。

曲げ加工部の鉄筋は外側の方が加工時に伸ばされているが、亀裂は内側から進展するとの報告がある。したがって、(B)は「内側」が適当である。

以上より、適当なものは(4)である。

正解 (4)

【問題 25】

九州地方の山間部（標高800m）にある建設後約60年を経過した鉄筋コンクリート造建築物において、写真に示すような変状が生じていた。この変状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) コンクリートの乾燥収縮
- (2) 塩害
- (3) 中性化
- (4) 凍結融解作用

九州地方においても、標高の高い山岳部では凍結融解作用を受ける地域がある。写真は、比較的凍結しやすい庇や屋根近くの部位に、不規則なひび割れが多く生じている。

凍結融解作用は水分により顕著になり、水分の供給されやすい部位である点からも凍結融解作用によるひび割れであると推察される。

乾燥収縮によるひび割れは収縮を拘束することにより発生し、開口部などに生じやすい。中性化や塩害によるひび割れは、内部の鉄筋の腐食膨張によるものであり、鉄筋の位置に生じるが、写真からはその状況は見られない。

以上より、適当なものは(4)である。

正解 (4)

【問題 26】

温暖な地域にある鉄道高架橋の鉄筋コンクリート橋脚（中柱）において、写真に示すような白色の析出物が確認された。この析出物を水に混ぜると容易に溶解した。これらの結果から判断した析出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。



写真 鉄道高架橋の鉄筋コンクリート橋脚（中柱）の基部

- (1) 硫酸侵食
- (2) 溶脱
- (3) 硫酸塩侵食
- (4) アルカリシリカ反応

鉄道高架橋の鉄筋コンクリート橋脚（中柱）の下部に生じた白色の析出物の発生原因について、その可能性を検討する。

硫酸による侵食では析出物だけでなく、表面が激しく削り取られる現象が起こるが、写真では確認できない。

溶脱は、セメント水和物が周辺の水に溶解して、表面に移動し、内部の組織が疎になる現象である。表面に移動した水和物は、二酸化炭素と反応して白色の析出物となるが、表面が削られることはない。

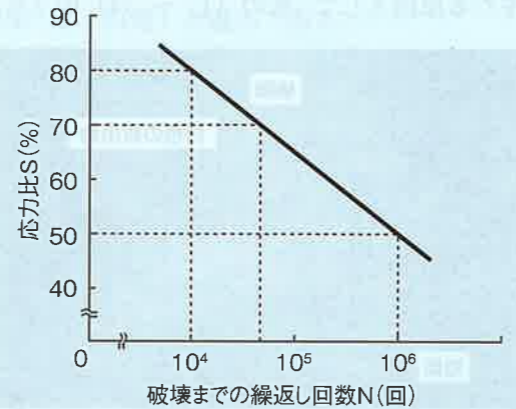
硫酸塩侵食は、土壌や地下水などに含まれる硫酸塩が、コンクリート中に侵入し、表面から劣化させる。柱の下部に生じていることから、これが原因である可能性が高い。

アルカリシリカ反応による劣化は、吸水膨張によるもので、ひび割れを生じさせる場合が多く、表面が削り取られる劣化は生じない。  
以上より、適当なものは(3)である。

正解 (3)

[問題 27]

変動荷重を受ける部材の疲労について評価する際には、線形累積損傷則（マイナー則）を用いることが多い。下図は、コンクリート部材における繰返し応力比  $S$  と破壊までの繰返し回数  $N$  の関係を表している。この部材に条件 (A) または条件 (B) の荷重が作用すると想定した場合の、部材の安全性の評価の組合せとして、次の (1) ~ (4) のうち、適当なものはどれか。



条件 (A) : 応力比 70% に相当する荷重が 100,000 回作用

条件 (B) : 応力比 80% に相当する荷重が 7,000 回作用した後に、応力比 50% に相当する荷重が 700,000 回作用

	条件 (A)	条件 (B)
(1)	破壊する	破壊する
(2)	破壊する	破壊しない
(3)	破壊しない	破壊する
(4)	破壊しない	破壊しない

疲労による劣化の予測としては、線形累積損傷則（マイナー則）により求める方法がある。この方法は、さまざまな振幅の応力が発生している状況を、単独に繰返されたものの和として、劣化を推定するものである。

図に示される  $S-N$  曲線から、応力比 70% に相当する破壊までの繰返し回数は  $10^4$  と  $10^5$  の間にあると読み取れ、作用した荷重の繰返し回数が  $10^5$  であれば、破壊までの繰返し回数を超えているため、条件 (A) は破壊すると考えられる。

条件 (B) は、応力比 80% の繰返し回数が 7,000 回で、破壊までの繰返し回数  $10^4$  に対する損傷度は 0.7 と計算される。応力比 50% の繰返し回数 700,000 回で、破壊までの繰返し回数の  $10^6$  に対する損傷度は 0.7 となる。したがって、累積損傷度は 1.4 となり、1 を超えているため、破壊していると考えられる。  
以上より、適当なものは (1) である。

正解 (1)

[問題 28]

火害を受けた鉄筋コンクリート造建築物の壁を調査したところ、コンクリートの表面は灰白色～淡黄色に変色しており、中性深さは 50mm まで達していた。なお、鉄筋のかぶり（厚さ）は 30mm で、同じ場所で火害を受けていない箇所の中性化深さは 10mm であった。この火害に関する、記述 (A) ~ (C) の適・不適の組合せとして、次の (1) ~ (4) のうち、適当なものはどれか。

(A) コンクリートの表面の受熱温度は 600℃ を超えていたと判断した。

(B) 鉄筋の受熱温度は 300℃ 以下であったと判断した。

(C) 火害によるコンクリートの中性化の原因は水酸化カルシウムの熱分解であると判断した。

	(A)	(B)	(C)
(1)	適	適	適
(2)	適	不適	適
(3)	不適	適	不適
(4)	不適	不適	適

(A) 火害を受けたコンクリートの表面が、灰白色の場合は 600 ~ 950℃ の熱を受けており、淡黄色の場合は 950 ~ 1200℃ の受熱温度とされている。設問では灰白色～淡黄色が観察されており、表面温度は 600℃ 以上であると判断できるため、(A) は適である。

(B) コンクリート表面温度が 600 ~ 1200℃ の範囲であり、鉄筋のかぶり（厚さ）が 30mm であるが、鉄筋位置の受熱温度が 300℃ 以下とは言い切れず、この判断は間違いである。よって、(B) は不適である。

(C) 火害により、コンクリートの温度が 500 ~ 580℃ 程度になると、水酸化カルシウムが熱分解し、アルカリ性を減じる化学的被害を受ける。このコンクリートは 600℃ 以上の熱を受けているため、中性化の原因は熱分解によるものと考えられることができる。よって、(C) は適である。

以上より、適当なものは (2) である。

正解 (2)

[問題 29]

寒冷地のコンクリート構造物の診断にあたって必要となるAEコンクリートの技術の変遷に関して、以下の(A)および(B)の記述の内容が当てはまる年代の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

- (A) AE剤が国産化され、AEコンクリートが製造され始めた。
- (B) JIS A 5308 (レディーミクストコンクリート)において、標準品の普通コンクリートの空気量が4% (寒冷地の場合は4.5%)に規定された。

	1950年代	1960年代	1970年代	1980年代
(1)	(A)	(B)		
(2)	(A)		(B)	
(3)		(A)	(B)	
(4)		(A)		(B)

AE剤が国産化されたのは1950年頃であり、AEコンクリートは、単位水量の低減と気象作用に対する耐久性から、当初はダムコンクリートを中心に使用された。したがって、(A)は1950年代である。

JIS A 5308 (レディーミクストコンクリート)においては、1978年の改正で、レディーミクストコンクリートの標準品の空気量が4%、軽量コンクリートの場合には5%と規定され、AEコンクリートが一般的に使用されるようになった。したがって、(B)は1970年代である。

以上より、適当なものは(2)である。

正解 (2)

[問題 30]

近畿地方の山間部にある竣工後15年が経過した道路橋PC単純箱桁橋(写真1)の伸縮ジョイント近傍に、写真2および写真3に示す変状が見られた。これらの変状の原因に関する、次の(1)～(4)の組合せのうち、適当なものはどれか。



写真1 道路橋PC単純箱桁橋



写真2 橋脚端部の変状

写真3 桁端部の変状

	写真2	写真3
(1)	酸性雨の作用	内在塩分による塩害
(2)	酸性雨の作用	凍結防止剤による塩害
(3)	凍結融解作用	内在塩分による塩害
(4)	凍結融解作用	凍結防止剤による塩害

近畿地方の山間部にある道路橋では、凍結防止剤あるいは融雪剤が使用されている可能性が高い。伸縮継手から塩化物イオンを含む雪解け水が浸入していると考えられる。塩化物イオンを含んだコンクリートは凍害を受けやすく、写真2の変状は凍結融解作用によるスケリングとみられる。

酸性雨によるコンクリート表面の劣化は、雨水の影響を受ける箇所全体に生じるが、写真からは局所的な変状しか見られない。

写真3の変状は、腐食した鉄筋の錆汁とみられるが、端部のみに生じている点から、内在塩分ではなく、凍結防止剤によるものと考えられる。

以上より、適当なものは(4)である。

正解 (4)

[問題 31]

ポストテンション方式PC連続箱桁のウェブに写真(次ページ)に示すような豆板が発生し、調査の結果、図のような不良部分を確認した。プレストレスの導入前に行う不良部分の補修方法に関する、次の(1)～(4)の記述のうち、最も適当なものはどれか。

- (1) 不良部分の表面にポリマーセメントモルタルを塗布
- (2) 不良部分の空洞部にエポキシ樹脂を注入
- (3) 不良部分をはつり取りポリマーセメントモルタルを充填
- (4) 不良部分をはつり取りコンクリートの打込み



写真 豆板の発生状況

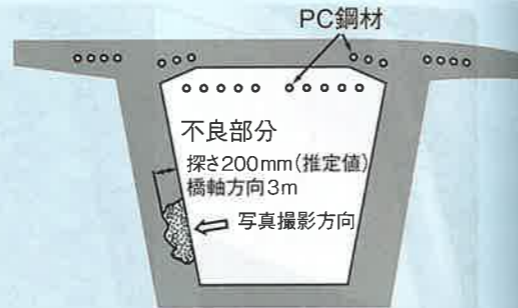


図 豆板の発生位置の断面図

PC連続箱桁のウェブコンクリートは、構造体として強度、弾性係数が均一として設計されている。豆板は広範囲に発生しているため、力学的物性も同一になるよう補修しなければならない。

- (1) 表面にポリマーセメントモルタルを塗布しても、内部までは均一に補修できない。
- (2) 空洞部にエポキシ樹脂を注入しても、コンクリートと弾性係数が異なる。
- (3) ポリマーセメントモルタルは、コンクリートと比較して弾性係数が小さい。
- (4) 新たに同一のコンクリートを打ち込み、全体を均一な力学的物性のコンクリートとすることが良い。

以上より、最も適当なものは(4)である。

正解 (4)

[問題 32]

下図は1975年に建設された道路橋のポストテンション方式PCT桁で、写真に示すような変状が確認された。今後、同種の新設構造物にこのような変状を生じさせないための対策に関する、次の(1)～(4)の記述のうち、不適当なものはどれか。

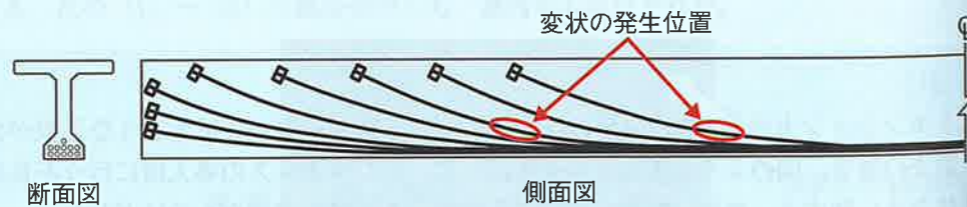


図 ポストテンション方式PCT桁



写真 変状の状況

- (1) シース内の空隙の発生を抑制するため、ノンブリーディングタイプのグラウトを採用する。
- (2) PCグラウトの充填性を向上させるため、シース径を小さくする。
- (3) PCグラウトの注入量を管理するため、グラウト流量計を導入する。
- (4) 床版面からの雨水等の浸入を防止するため、定着位置を桁端部へ変更する。

道路橋ポストテンション方式PCT桁の変状は、シース内へのPCグラウト未充填箇所へ水が浸入し、凍結等によりひび割れが発生したものと見られる。

グラウト未充填を無くし、ひび割れ発生を防ぐためには、

- ・ノンブリーディングタイプのグラウトの採用
- ・グラウト流量計による注入量管理
- ・定着位置を桁端部へ変更

は、それぞれ有効であるが、

- ・シース径を小さくすることは良くない。

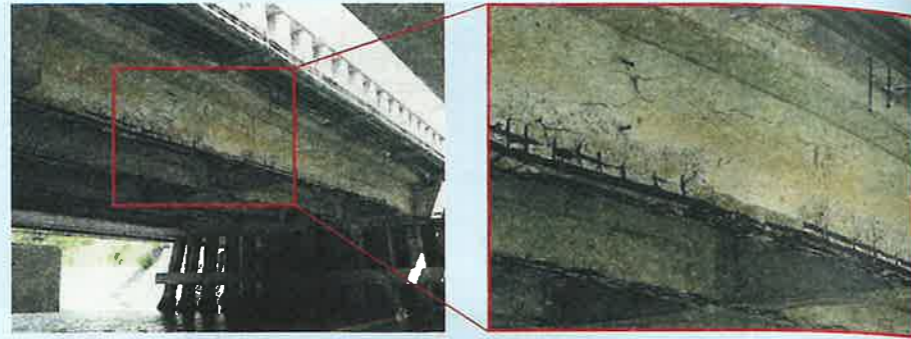
以上より、不適当なものは(2)である。

正解 (2)

[問題 33]

写真(次ページ)は、長期的な供用が予定されている幹線道路の、沿岸部にある鉄筋コンクリートT桁橋の劣化状況である。この橋梁の対策として、次の(1)～(4)のうち、最も適当なものはどれか。

- (1) 外ケーブルの設置
- (2) 鋼板接着
- (3) 電気防食
- (4) 架替え



沿岸部にある鉄筋コンクリートT桁橋の劣化状況は、塩害により全ての鉄筋の腐食が進行しており、外ケーブルの設置、鋼板接着、電気防食の対策では長期的な供用は困難と見られ、架替えが必要である。

以上より、最も適当なものは(4)である。

正解 (4)

**[問題 34]**

北陸地方の内陸部にある工場の鉄筋コンクリート基礎（機械基礎）において、写真1および写真2に示すような変状が発生していた。この基礎は稼働時に高温となる鋼管（キルン）の直下に位置する。この変状の進行を抑制する対策に関する次の(1)～(4)の記述のうち、適当なものはどれか。なお、コンクリート中の鉄筋に腐食はなく、ひび割れについては樹脂注入を行うものとする。



写真2  
撮影方向



写真1 機械基礎の全景

写真2 変状部の詳細

- (1) けい酸ナトリウムを主成分とする表面含浸材による表面改質
- (2) 流電陽極方式による電気防食
- (3) ポリウレア樹脂による表面被覆
- (4) 炭酸カリウムを電解液とする再アルカリ化

コンクリート中の鉄筋に腐食はないので、ひび割れの原因はアルカリ骨材反応と見られる。鉄筋への電気防食は必要ない。アルカリ骨材反応の防止に、けい酸ナトリウム、炭酸カリウムの使用は逆効果となる可能性がある。ポリウレア樹脂による表面被覆で防水を行い、アルカリ骨材反応の低減を行うことが良い。  
以上より、適当なものは(3)である。

正解 (3)

**[問題 35]**

道路橋の鉄筋コンクリート床版の疲労に関する、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。

床版では乾燥収縮によるひび割れが生じ、輪荷重の繰返しや浸透水の影響を受けて(A)ひび割れが発生する。ひび割れの進展に伴い(B)に対する耐力が低下し、最終的には疲労により(B)破壊する。これらの予防対策として床版防水と、剛性向上を目的とした(C)が有効である。

	(A)	(B)	(C)
(1)	曲げ	押抜きせん断	FRP接着
(2)	曲げ	押抜きせん断	床版上面増厚
(3)	鋼材腐食による	曲げ	FRP接着
(4)	鋼材腐食による	曲げ	床版上面増厚

鉄筋コンクリート床版の劣化過程は、潜伏期では乾燥収縮もしくは荷重によるひび割れが発生し、進展期では主鉄筋に沿った曲げひび割れが進展する。加速期では、ひび割れは網細化と角落ちが生じる。





床版上面増厚工法は、主にRC床版の押抜きせん断に対する耐荷性能の向上を目的にしたものであり、中立軸の上昇に伴う曲げ耐力の向上も期待できる。

以上より、適当なものは(2)である。

正解 (2)

**[問題 36]**

写真(A)～(D)に示す鉄筋コンクリート造建築物に発生したひび割れに対して、以下のように対策の目的が設定されている。設定した目的に対して選定する主な対策として、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

	
写真(A)：底のひび割れ (ひび割れ幅 2.0mm)	写真(B)：手摺部のひび割れ (ひび割れ幅 1.0mm)
対策の目的：コンクリート片の剥落防止	対策の目的：コンクリート片の剥落防止
	
写真(C)：壁開口部からのひび割れ (ひび割れ幅 0.5mm)	写真(D)：柱上部のひび割れ (ひび割れ幅 2.0mm)
対策の目的：漏水の防止	対策の目的：構造性能の回復

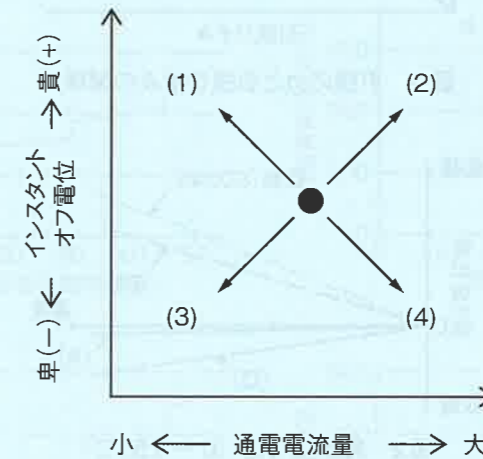
	写 真	対策工法
(1)	(A)	ポリマーセメントモルタルを用いたUカット充填工法
(2)	(B)	セメント系注入材を用いた低圧注入工法
(3)	(C)	エポキシ樹脂系注入材を用いた低圧注入工法
(4)	(D)	可とう性エポキシ樹脂を用いたUカット充填工法

- 写真(A)～(D)の各々のひび割れに対し、
- (1) ポリマーセメントモルタルの充填では、コンクリート片の接着は不十分である。
  - (2) セメント系注入材の注入では、コンクリート片の接着は困難である。
  - (3) 乾燥収縮ひび割れは、エポキシ樹脂注入材で充填接着の補修が出来る。
  - (4) 可とう性エポキシ樹脂では、構造体の応力伝達が出来ない。
- 以上より、適当なものは(3)である。

正解 (3)

【問題 37】

電気防食を適用した鉄筋コンクリート構造物の定期点検を実施したところ、復極量が300mVであった。図中の黒丸(●)は、通電電流量と定期点検時の鉄筋のインスタントオフ電位をプロットしたものである。今後の電気防食の管理として、復極量が100mV近くになるように通電電流量を調整することとした。調整後の通電電流量とインスタントオフ電位の変化を示した概念図における(1)～(4)の矢印のうち、適当なものはどれか。



防食電流を鉄筋コンクリート構造物に供給すると、鋼材の電位がマイナス方向(卑側)へ変化(分極)する。防食電流の供給を停止させると、分極した鋼材の電位はもとの電位に戻ろうとする。

復極量を300mVから100mVに低下させるには、通電電流量を小さくなるよう調整する。インスタントオフ電位は、プラス側(貴側)に変化する。

以上より、適当なものは(1)である。

正解 (1)

【問題 38】

鉄筋コンクリート構造物の補修・補強材料として用いられる高弾性炭素繊維、アラミド繊維およびガラス繊維の材料特性を示した概念図の(A)～(C)に該当する繊維種類の組合せとして、次の(1)～(4)のうち、適当なものはどれか。

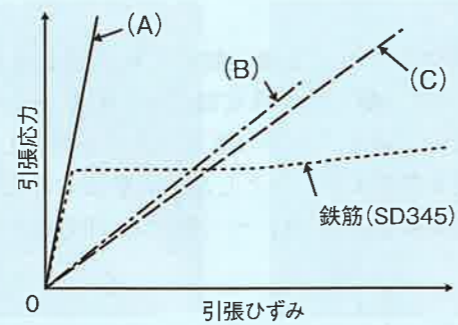


図1 引張応力と引張ひずみの関係

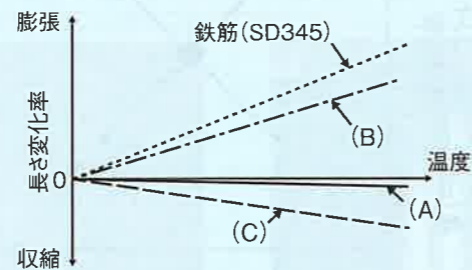


図2 線膨張特性 (0～150°C)

	(A)	(B)	(C)
(1)	高弾性炭素繊維	アラミド繊維	ガラス繊維
(2)	高弾性炭素繊維	ガラス繊維	アラミド繊維
(3)	ガラス繊維	高弾性炭素繊維	アラミド繊維
(4)	アラミド繊維	高弾性炭素繊維	ガラス繊維

弾性係数は、炭素繊維が高く、アラミド繊維とガラス繊維は低い。  
線膨張係数は、炭素繊維は  $-0.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、アラミド繊維は  $-5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、ガラス繊維は  $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、鉄筋は  $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  程度である  
よって、Aは高弾性炭素繊維、Bはガラス繊維、Cはアラミド繊維となる。  
以上より、適当なものは(2)である。

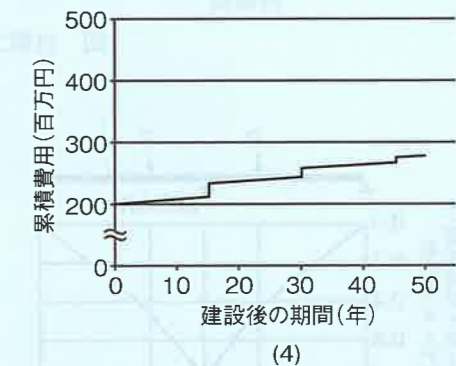
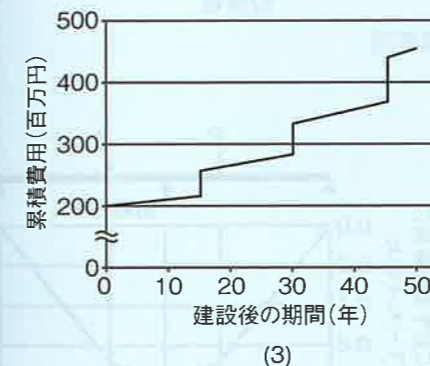
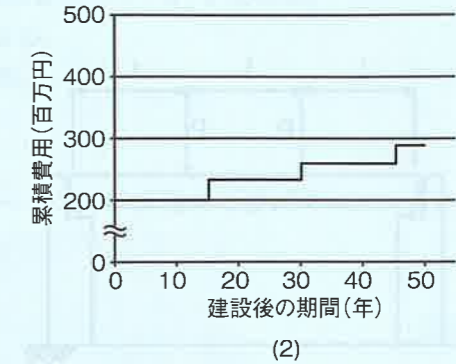
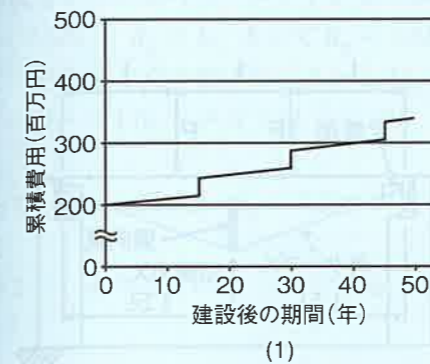
正解 (2)

[問題 39]

塩害環境下にPCT桁橋を建設し、予防保全として表面被覆を施すこととした。下表に維持管理のシナリオを示す。この構造物の建設後50年間の累積費用を示す、次の(1)～(4)の図のうち、適当なものはどれか。なお、社会的割引率は2.0%とする。

表 維持管理のシナリオ

建設・維持管理行為	費目	費用(百万円)
建設	PCT桁橋本体の建設費用	190
	建設時の表面被覆費用	10
点検	1年間の点検費用	1
表面被覆の補修(15年毎)	1回の補修費用	30



$t$ 年後に行われる表面被覆の補修費用は、現在価値で  $[30/(1+0.02)^t]$  百万円となる。したがって、補修の実施時期が遅いほど現在価値に換算した補修費用は30百万円より小さくなる。また、 $t$ 年後行われる点検の費用は、現在価値で  $[1/(1+0.02)^t]$  百万円で、これも実施時期が遅いほど現在価値に換算した点検費用は1百万円より小さくなる。

- (1) は、補修費用に社会的割引率が考慮されていないため、不適当である。
  - (2) は、点検費用が計上されておらず、補修費用に社会的割引率が考慮されていないため、不適当である。
  - (3) は、期間が遅くなるほど、点検費用、補修費用とも増加しており、不適当である。
  - (4) は、社会的割引率が正しく考慮されている。
- 以上より、適当なものは(4)である。

正解 (4)

[問題 40]

支間の3等分点に集中荷重  $P$  がそれぞれ作用する PC 単純桁において、偏心配置した外ケーブルを緊張して支間中央に鉛直力  $X$  を作用させ、集中荷重  $P$  による最大曲げモーメントを 20% 低減することとした。対策後の曲げモーメント図として、次の (1) ~ (4) のうち、適当なものはどれか。

ただし、鉛直力作用後、PC 単純桁はクリープ変形しないものとする。

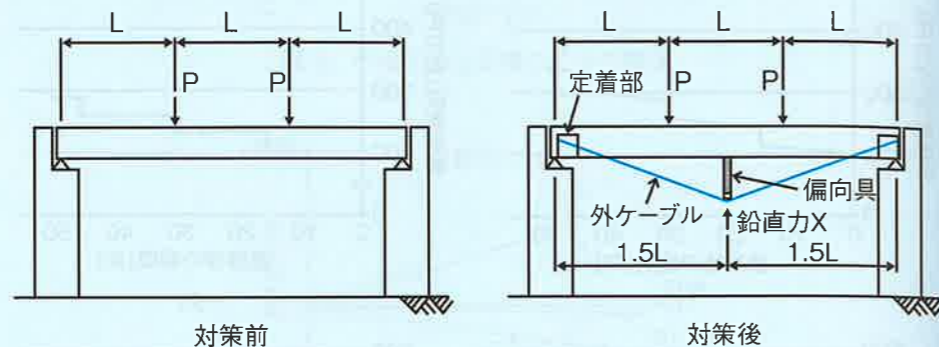
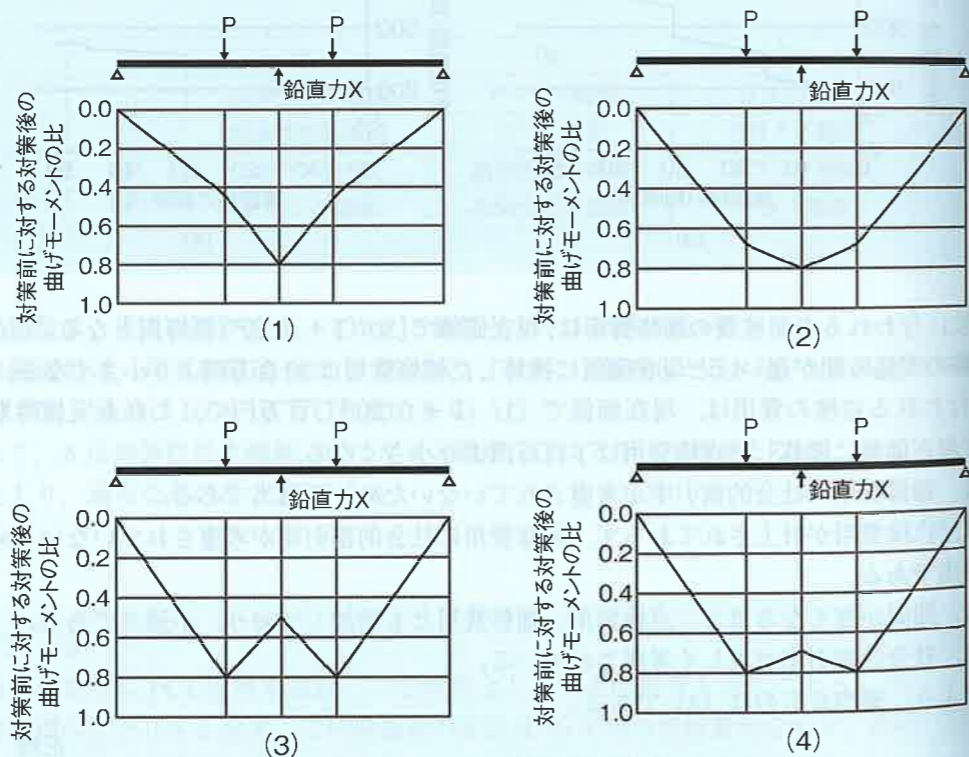


図 対策工の概要図



鉛直力  $X$  の作用前の曲げモーメントを計算する。  
桁の両端支点の反力を  $R_A$  と  $R_B$  とする。  
 $\sum M_B = 0$  より、 $R_A \times 3L - P \times 2L - P \times L = 0$ 、よって  $R_A = P$  となる。  
集中荷重  $P$  点の曲げモーメントは  $M_p = R_A \times L = PL$  となる。

鉛直力  $X$  の作用後の曲げモーメントを計算する。  
集中荷重  $P$  点の曲げモーメントを 20% 減の  $0.8PL$  として、 $R_A$  を求める。  
 $M_p = 0.8PL = R_A \times L$ 、よって  $R_A = 0.8P$  となる。  
次に、鉛直力  $X$  点の曲げモーメント  $M_X$  を求める。  
 $M_X = 0.8P \times 1.5L - P \times 0.5L = 0.7PL$

よって、 $M_p = 0.8PL$ 、 $M_X = 0.7PL$  の曲げモーメントに該当する曲げモーメント図は、(4) となる。  
以上より、適当なものは (4) である。

正解 (4)

2018年度試験問題  
と解答・解説