

# 技術士第二次試験 選択Ⅲテンプレート

受験番号	
問題番号	Ⅲ-2 (2025)

技術部門	建設部門
選択科目	鋼構造及びコンクリート
専門とする事項	コンクリート構造物の施工

※
---

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。  
○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

Ⅲ-2 日本政府は2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを目指すことを宣言している。そのため、鋼構造及びコンクリートの分野においても、カーボンニュートラルの実現に向けて、CO<sub>2</sub>削減への取り組みを推進する必要がある。このような状況を踏まえ、以下の問いに答えよ。

(1) 鋼構造物又はコンクリート構造物の設計、製作・製造、施工、維持管理、改修、解体において、CO<sub>2</sub>削減を推進するうえでの課題を、技術者として多面的な観点から3つ抽出し、それぞれの観点を明記したうえで、その課題の内容を示せ。(※)

(※) 解答の際には必ず観点を述べてから課題を示せ。

(2) 前問(1)で抽出した課題のうち最も重要と考える課題を1つ挙げ、その課題に対する複数の解決策を、専門技術用語を交えて示せ。

(3) 前問(2)で示した解決策に関連して新たに浮かび上がってくる将来的な懸念事項とそれへの対策について、専門技術を踏まえた考えを示せ。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

## 1. C O 2 削減を推進する上での課題

### (1) コンクリートのC O 2固定化技術の確立

現在、コンクリート構造物は供用期間中にC O 2を吸収・固定する特性が確認（土木学会調査：年間約 $2.0\text{kg}/\text{m}^3$ ）されている。しかし、固定化量の定量評価手法が未確立であるため、C O 2削減に向けた技術開発が停滞している。カーボンニュートラルの実現には、C O 2固定化能力を定量的に評価し、その能力を活用した材料採用が必要である。よって、材料面の観点から、コンクリートのC O 2固定化技術の確立が課題である①。

① コンクリートの技術者らしい課題設定になっています。欲を言うと、固定化量がはっきり分からないからカーボンニュートラルが実現できないといった論調はやや腑に落ちない部分があります（固定化量が分かってもカーボンニュートラル自体は達成できない）。コンクリートの製造において、 $1\text{m}^3$ あたり約 $270\text{kg}$ のC O 2が排出されます。年間約 $2\text{kg}$ の吸収では130年以上かかってしまいますので、ライフサイクルアセスメントで言えば、カーボンニュートラルどころか大幅にマイナスです。ここら辺を問題点として、C O 2の固定化量の大幅に増加させる技術開発を課題としてはいかがでしょうか。

### (2) 低炭素型型施工技術の導入

現在、コンクリート工事ではコストを重視した技術選定が一般的であり、C O 2排出量の少ない施工方法の採用が進んでいない。電動・水素建機の導入率は0.5%未満（日本建設機械工業会2023）で、再生可能エネルギーの使用率も5%以下にとどまる②。そのため、施工段階での省エネ化や再エネ活用により、C O 2

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

排出量の削減が必要である。よって、施工面の観点から、低炭素型施工技術の導入が課題である③。

- ② 施工方法の選定において、CO<sub>2</sub> 排出量の評価プロセスがないことが問題点で、その結果として、導入率が低いという現状を生み出しているのではないのでしょうか。つまり、現状→問題点→必要性→結論という構成にする場合、前後が逆になっているように感じます。→「現在、CO<sub>2</sub> を排出しない電動・水素建機の導入率は 0.5%未満、再生可能エネルギーの使用率も 5%以下にとどまっている。これは施工方法の選定にあたり、安全性や経済性といった項目については評価するものの、CO<sub>2</sub> 排出量という環境評価を一般的に行っていないことが要因である。」
- ③ CO<sub>2</sub> 削減の必要性は題意ですから、言わずもがなです。また、施工段階というより、前述の内容を踏まえると設計段階で CO<sub>2</sub> 排出抑制をしっかりと加味することが主張ではないのでしょうか。→「そのため、施工方法の選定において CO<sub>2</sub> 排出量の抑制を加味した設計が必要である。よって、設計面の観点から、CO<sub>2</sub> 削減効果の客観的・定量的把握と指針・基準の整備が課題である。」

### (3) 予防保全型維持管理の推進

コンクリート建造物の維持管理は、変状の発見後に対策を講じる事後保全が約 65%（インフラ長寿命化計画 2023）で主流となっている。そのため、建造物の早期劣化による供用期間の短縮が生じ、解体・新設に伴う CO<sub>2</sub> 排出量が増えている。そのため、予防保全による長寿命化が不可欠である。よって、維持管理の観点から、予防保全型維持管理の推進が課題④である。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

④ 「そのため」という接続詞が繰り返し用いられています。また、接続詞だけでなく、予防保全が必要と説明して、さらに課題は予防保全では繰り返しの説明になってしまっています。さらに、維持管理の観点から、維持管理の推進も同じことを何度も述べているように見えます。結論が予防保全なら背景は、もっと大まかなものが良いでしょう（対象を結論に向けて絞り込んでいくイメージ）。→「そのため、構造物の劣化が進行し、大量のCO2排出が伴う更新が短いサイクルで発生する。このことから、損傷が軽微な段階で補修を行うことで施設を長寿命化させる必要がある。よって、維持管理の観点から、予防保全への転換が課題である。」

## 2. 重要な課題選定と解決策

「予防保全型維持管理の推進」はCO2削減とLCC低減の両立が可能であるため、最も重要な課題に選定し、以下に解決策を述べる。

### (1) デジタルツイン技術による維持管理の構築

構造物の劣化を早期に発見するため、デジタルツイン技術を活用した維持管理システムを構築する。構造物の3次元モデルと構造物に貼付けたセンサーデータを連携させ、リアルタイムでの状態監視を実現する。例えば橋梁床版において、光ファイバーセンサーによるひずみ分布計測と3次元レーザースキャナーによる変位計測を組み合わせ、微細な変状を通信検知する。これにより、進行性の損傷を早期に発見し、予防保全の実効性を向上させる⑤。

⑤ 具体例にデジタルツインに関する記述がありません。

### (2) 高耐久性予防保全材料の適用

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

構造物の延命化を図るため⑥、長期耐久性に優れた表面保護材を適用する。ナノシリカとポリマーを複合化した浸透性保護材を用いて、コンクリート表層部の緻密化と微細ひび割れの封緘を行う。例えば、シラン系浸透性吸水防止材の適用により、塩害・中性化に対する抵抗性が従来材の2倍となり、予防保全の実施間隔を10年から20年に延長できる。これにより、予防保全の信頼性向上とLCCの低減を実現する。

⑥ 長寿命化は本来目的なので、内容からするに「補修頻度を低下させるため」ではないでしょうか。

### (3) 予防保全技術者の育成

予防保全診断は事後保全より高度な技術が必要である。技術者不足に対応するため⑦、デジタル技術を活用した育成システムを構築する。具体的には、橋梁床版の疲労損傷を例に、メタバース空間での仮想点検（ひび割れ密度測定、たわみ計測等）、AI診断支援による損傷度判定（D1～D4）、③⑧熟練技術者のノウハウDB（補修時期・工法選定）を統合する。これにより、技術習得期間を短縮⑨することができる。

⑦ 解決策に現状は不要なので、目的に溶け込ませちゃいましょう。また、少し冗長的ですので、端的に述べましょう。加えて、診断に限定する必要はないと思いますので、高度な技術の例示にしてしましましょう。→「予防保全は診断をはじめとした高度な技術を必要とするため」

⑧ →不要？

⑨ 多くの人が一斉に学ぶことや、様々な経験ができることなども効果としていれると、よりよくなると思います。

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

### 3. 将来的な懸念事項とその対策

#### (1) システム全体の信頼性低下リスク

デジタルツイン、高耐久材料、AI診断の全てを統合する⑩ことで、一部のシステム不具合が全体の機能不全を引き起こし、予防保全の実効性が損なわれる懸念がある。対策として、各システムの独立性確保（バックアップ体制）する⑪。また、定期的な実構造物との整合性確認⑫（コア採取による強度試験、中性化深さ測定）を実施する。

⑩ なぜ統合するのですか。必要性が分かりません。耐久財量はそもそもシステムではないです。

⑪ 独立性確保とは何でしょうか。括弧書きはバックアップする旨が書いてありますが、同じ意味ですか。同じであるなら、バックアップシステムを導入するでよいではありませんか。分かりづらいです。

⑫ これは、提起したリスクとの関係が分かりません。不具合を未然に防ぐためにシステムのキャリブレーションを行うということですかね。そうであるなら、不具合を防止するためといった具合に目的を書かないと読み手は理解できません。

#### (2) 新技術依存による判断力低下リスク

全ての解決策への過度な依存により、想定外の変状に対する技術者の判断力が低下し、重大な損傷の見逃す懸念がある。対策として、定期的な目視・打音点検の義務付け、実構造物での研修制度確立、熟練技術者による定期的な技術評価を実施する。

以上