R04

Ⅱ　次の 2 問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1　次の 4 設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち 1 設問を選び解答せよ。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙 1 枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1　鋼構造物の腐食を防止する方法の代表例として塗装，溶融亜鉛めっき，金属溶射を用いた鋼材表面の被覆や，耐候性鋼材の使用が挙げられる。これらの方法から 2 つを選択し，その防食機構を概説するとともに，その防食機能が劣化した場合の対処方法とその留意点を説明せよ。ただし，鋼素材に有害な断面減少は生じていない段階を対象とする。

～省略～

Ⅱ-1-2　鋼部材の座屈は，部材の限界状態を決定する重要な項目の 1 つである。鋼部材の座屈の種類を 2 つ挙げ，そのメカニズムについて説明せよ。また，それぞれの座屈を防止するために配慮すべき点を述べよ。

～省略～

Ⅱ-1-3　JISに規定される高炉セメントB種あるいはフライアッシュセメントB種を使用したコンクリートについて，共通する特徴と異なる特徴をそれぞれ2つ挙げて説明せよ。

解答

1.　高炉セメントB種

高炉セメントは混合セメントの1種であり、高炉スラグ（製鉄所の高炉から排出された溶融スラグを急冷・微粉化したもの）を混合したもの。B種は混合材（高炉スラグ）の質量割合が30%超60%以下であり、最も多く用いられている。

(ア)高炉セメントの特徴

①　高炉スラグの潜在水硬性があり、Ca(OH)2や硫酸塩の刺激により次第に硬化する。

②　初期強度は小さいが、長期強度は大きい。水和速度が遅いため長期養生が必要。

③　化学抵抗性、耐熱性、水密性、ASR抑制の向上効果がある。

④　中性化は一般のコンクリートより大きくなる。かぶりが小さい構造物には適さない。

⑤　養生温度が高くなると、水和熱が普通ポルトランドセメントより大きくなる場合がある。

⑥　高流動コンクリートや高強度コンクリートにも用いられる（混和材としての高炉スラグ）

2.　フライアッシュセメントB種

フライアッシュセメントは、フライアッシュ（石炭火力発電所で微粉炭を燃焼させた際に発生する球状の副産物）を混合したもの。B種は混合材（フライアッシュ）の質量割合が10%超20%以下である。

(ア)フライアッシュセメントの特徴

①　単位水量を減らすことができる。

②　長期強度の増進がある。

③　水和熱が小さいため、マスコンクリートに適する。

④　乾燥収縮が小さい。

⑤　ポゾラン反応でセメント中のCa(OH)2を消費するため、中性化の進行が速い。

⑥　ポゾラン反応による生成物の効果で、水密性が向上する。化学的作用や海水に対する抵抗性が大きい。

⑦　ASRの抑制効果がある。

⑧　フライアッシュの未燃炭素含有量（強熱減量）が大きいと、AE剤による空気連行性が低下する。

3.　共通する特徴

(ア)長期強度の増進がある。

(イ)水密性の向上、化学抵抗性、海水に対する抵抗性、ASR抑制効果が大（物理的、化学的抵抗性が大)。

(ウ)中性化速度が大きい。

4.　異なる特徴

（ア）単位水量の削減効果：混合材粒子形状の違い（高炉スラグ-角張った形状、フライアッシュ-球状）により、単位水量削減効果がフライアッシュセメントは大きいが、高炉セメントは少ない。

（イ）水和熱の低減効果：フライアッシュセメントには水和熱低減効果があるが、高炉セメントは場合により発熱量が大きくなる。

（ウ）長期強度増進の原理が異なる：高炉セメントは高炉スラグの潜在水硬性によるもの、フライアッシュセメントはフライアッシュのポゾラン反応によるもの。

参考資料：　　コンクリート技術の要点 ’20　日本コンクリート工学会
鉄鋼スラグ協会資料

Ⅱ-1-4　スランプ値で管理し締固めを要するコンクリートを使用した鉄筋コンクリート構造物の打込み，締固めの段階での充填不良の発生原因について１つ示し詳述せよ。その発生を防ぐために，設計・配（調）合・施工で留意すべき事項を複数示し，それぞれに対し留意する理由と対策を述べよ。

解答

1. RC 構造物の打込み、締固め段階での充填不良発生原因

構造物：現場打ち逆 T 型擁壁を想定

(ア)原因：フレッシュコンクリートのコンシステンシー低下

① スランプの低下：練り混ぜから打設完了までに時間がかかり、コンクリートのスランプが低下したことで流動性が失われて充填不良が発生する。

② 材料分離：縦壁部の打設時に高所からコンクリートを落下させてしまい、鉄筋と接触しモルタル分と骨材が分離し、空洞・豆板など充填不良が発生する。

③ 吸水による流動性低下：コンクリートの水分が型枠から吸水逸散し、流動性が低下することで充填不良が発生する。木製型枠使用時に起こりやすい。

2. 留意事項、理由と対策

(ア)設計

① 打設しやすい構造の確保：ホース筒先やバイブレーターの挿入がしやすくなるよう、鉄筋のあきやかぶり、継手の位置や構造を考慮する（鉄筋の大径化による本数削減、機械式継手の採用、かぶり厚さの増加）

(イ)配合

① 配合での配慮：打設完了までに時間がかかる場合は、スランプ低下・流動性低下を見込んだ、スランプ・空気量・水セメント比・細骨材率を設定し、コンシステンシーを確保する。

② 必要に応じて、混和材・混和剤を使用し流動性を確保する。

(ウ)施工

① 適切な打設計画の策定:打設時の作業時間や手待ち時間を少なくするような打設計画を策定し、コンシステンシー低下を防ぐ。

② 材料分離の防止：打設中の材料分離を避けるため、コンクリートの自由落下高さが 1.5m 以内になるように作業を行う。作業性を確保するため、必要に応じて鉄筋の取り外しも行う。

③ 型枠への吸水：型枠からの水分逸散を避けるため、吸水が考えられる部分では型枠への事前吸水を十分に行う。

④ 確認孔（窓）の設置：充填不良が考えられる箇所（断面変化部、隅角部）には確認孔（窓）を設けて、充填状況を目視確認する。

Ⅱ-2　次の２設問（Ⅱ-2-1, Ⅱ-2-2）のうち１設問を選び解答せよ。(青色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。)

Ⅱ-2-1　構造物の供用時期が決定している場合に，計画，設計，製作，施工等の各段階における技術的工夫による工期短縮が強く求められることがある。技術的工夫とは，工期短縮を目的として既に設計された構造物の構造変更による工夫，製作・施工における工夫あるいはそれらの組合せによる工夫などである。このような状況において，あなたが既に設計された構造物に対して工期短縮を検討する技術者として業務を行うに当たり，下記の内容について記述せよ。ただし，技術的工夫がなく人的資源の追加のみによる方法は除く。

(1)対象とする構造物と工期短縮方法を設定し，工期短縮を実現するために調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。

(2) 業務の手順を列挙して，それぞれの項目ごとに留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。

(3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

解答

構造物管理者の立場で解答する。

1. 対象構造物と工期短縮方法、調査検討事項

(ア)対象構造物

① 道路を横断する排水用 RC ボックスカルバート。B3.0×H2.0、L=20m

② 供用中の道路において、既存施設の老朽化対策と能力不足の解消のため、既存排水施設を撤去再構築する。設計完了後に周辺環境の変化に伴う通行量の増加があり、道路管理者から通行規制期間の大幅な短縮を求められた。

(イ)工期短縮方法

① RC ボックスカルバート本体のプレキャスト化による工期短縮

(ウ)調査検討事項

① 道路交通量の調査：道路の交通量、混雑する時間帯、大型車混入率等を調査する。

② 作業ヤード、仮設ヤードの調査：Pca 化した構造物の施工や仮置に必要な作業ヤード・仮設ヤードの確保の可否、広さ、周辺状況などを調査する。

③ 搬入出経路の調査：Pca 化した部材の寸法形状や重量の検討に必要なため、部材の搬入や施工機械の進入をどのように行うか経路について検討する。

④ 周辺土地利用状況の調査：昼間以外の施工作業の可否について、現場周辺や搬入経路での土地利用状況調査を行う。

2. 業務の手順と留意事項

(ア)調査：

① Pca 化の計画、設計に先立ち、前項で挙げた事項の調査を行う。

② 特に搬入経路の幅員や線形、仮設ヤードの広さは部材寸法決定に影響するため、入念に調査する。

(イ)計画・設計：

① 調査結果と必要な工期短縮期間を元に、Pca 化部材寸法や施工方法を決定し、構造計算を行う。

② 分割部材の接合部分が弱点にならないよう、なるべく曲げモーメントやせん断力が小さい位置で分割を行う。

③ 接合方法については、確実で耐久性の高い手法を選定する。

（ウ）施工：

① 分割作成した部材が確実に一体化するよう、手順書や仕様書に基づき確実な施工を行う。

3. 関係者との調整方策

（ア）関係者

① 道路管理者、交通管理者、公共用水域管理者、道路利用者や周辺住民、設計受託者、工事請負者

（イ）方策

① 上流工程からの協議や調整の実施：調査、計画設計段階から関係者と十分な協議を行い、手戻りの発生を防止する。

② 技術理解度に応じた説明方法の選定：関係者の技術理解度に応じて、数値、2D 図や 3D・4D モデルなどを使い分けてわかりやすい説明を行う。

③ リスクコミュニケーションの実施：ネガティブ情報（負のリスク：通行規制、騒音振動、濁水発生など）を含めた協議を行う。

④ 不測事態への対応：事前に想定していない不測の事態が発生した場合は、速やかに関係者に連絡し協議と対策を行う。

Ⅱ-2-2　鋼又はコンクリート構造物の調査は，突発的な作用に対して行う場合があり，火災や車両の衝突等が挙げられる。このような突発的な作用による変状を受けた構造物について，部材の再利用を想定した調査を行うことになった。この業務を担当責任者として進めるに当たり，下記の内容について記述せよ。

(1) 対象とする構造物とそこに起こる突発的な作用（設計で考慮している地震等は除く）を挙げ，調査，検討すべき事項とその内容について説明せよ。

(2) 業務を進める手順を列挙して，それぞれの項目ごとに留意すべき点，工夫を要する点を述べよ。

(3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方策について述べよ。

解答

構造物の管理者の立場で解答する。

1. 対象とする構造物と突発的な作用

(ア)対象とする構造物

① 国道上空を横断する跨道橋（市道道路橋）の橋脚

② 5径間単純PC T桁橋、壁式橋脚、橋脚の高さ10m

(イ)突発的な作用

① 国道を走行していた大型貨物車が路外へ逸脱、壁式橋脚の縦壁部分に衝突した

(ウ)調査検討すべき事項

① 構造物の諸元他既存情報の調査：橋梁の諸元、設計条件、適用示方書、使用材料、施工年次を調査し、評価検討に用いる数値基準を明らかにする。

② 構造物の損傷状況調査：構造物に生じた変位、変形、損傷の程度を調査する。衝突車両の重量や速度、衝突した角度等も調査し、構造物に作用した荷重やエネルギーの大きさを検討する。

③ 周辺状況の調査：構造物周辺の状況を調査し、類似事象が再発する可能性を検討する。必要に応じて防護措置等の検討を行う。

2. 業務の手順と留意事項

(ア)調査：上記の調査を行う。構造物調査においては直接目視が主となるが、内部に損傷が生じている場合もあるので、打音やサーモグラフィーなどの調査も併用する。既存設計図書等の調査では損傷補修履歴についても確認する。

(イ)診断評価：損傷状況と作用荷重やエネルギーの大きさを元に、構造物の機能診断と評価を行う。診断評価に当たっては、類似事故事例での評価診断方法を参考にするとともに、活用可能な最新の知見があればそれらの適用の可否についても検討する。

(ウ)補修補強対策の検討：診断評価を元に、補修補強設計と施工計画立案を行う。構造物周辺の土地利用状況に応じた、仮設工や交通規制方法についても検討する。必要であれば防護施設の設置も計画する。

3. 業務を効率的効果的に進めるための関係者との調整方策

(ア)関係者

① 国道管理者、交通管理者、調査設計受託者、道路利用者、周辺住民

(イ)調整方策

① 上流工程からの協議調整実施：調査段階から関係者との協議を行い、手戻りの発生を防止する。

② 理解度に応じた説明方法の選択：関係者の技術理解度に応じて、数値、2D 図面、3D・4D モデルなどを使い分けて理解しやすい説明を行うよう配慮する。

③ リスクコミュニケーションの実施：ネガティブ情報（負のリスク：通行規制、騒音振動発生の程度と頻度、期間、対応策など）を含めた協議調整を行う。

Ⅲ　次の 2 問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち 1 問題を選び解答せよ。(赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し，答案用紙 3 枚を用いてまとめよ。)

Ⅲ-1　我が国は，老朽化する社会インフラが急速に増えていく時代に直面している。これらの社会インフラに対し効果的に老朽化対策を進めるためには，限られた財源を有効に活用できる方策が重要である。このような状況を踏まえ，以下の問いに答えよ。

(1) 社会インフラに対する老朽化対策を立案する場合，膨大な数の構造物に対策の優先順位をつけることが必要となるが，鋼構造及びコンクリートの技術者として，順位を決定するために解決すべき課題を多面的な観点から 3 つ抽出し，それぞれの観点を明記したうえで，その内容を示せ。

(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) で示したすべての解決策を実行しても新たに生じうるリスク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

自治体が管理する道路橋を想定し、道路管理者の立場で解答する。

1.　老朽化対策の優先順位を決定するために解決すべき課題

(ア)点検診断の質の確保

①　順位付けは的確な点検診断結果に基づき行う必要がある。

②　点検診断結果は、業務担当者の技量、経験により左右される場合がある。

③　マニュアル化されていないところで質低下が顕著に起こる。

(イ)対策優先順位付け手法の明確化

①　劣化度がⅡからⅢの橋が多い。

②　似たような劣化状況にある橋が多い。

③　劣化度が同じ場合の優先順位付け手法が明確でない。

(ウ)施設管理手法の転換

①　管理対象橋梁数が多い。(道路橋約 70 万橋の 9 割が自治体管理)

②　人口減少等で利用状況も変化している。

③　代替施設がある場合も見直しがされていない。

(エ)人員、財源の確保

①　地方自治体の技術者不足

②　技術力不足

③　財政難

2.　最も重要と考える課題と複数の解決策

(ア)点検診断の質の確保

①　ICT の活用：AI 画像診断、点検ロボット、各事業者 DB の利用

②　最新知見に基づく点検診断マニュアルの整備

(イ)対策優先順位付け手法の明確化

① データの利活用：各管理者、自治体間のメンテナンスデータ共有、インフラデータプラットフォームの構築

② 各種バックデータの数値化：社会的重要度、劣化要因、再構築の難易度、予定供用期間などを数値化し評価する

(ウ)施設管理手法の転換

① インフラの集約、再編

② 地域インフラ群再生戦略マネジメントの推進：管理者や自治体間の連携、点から群へのインフラ管理への転換

(エ)人員、財源の確保

① 国による自治体への財政的支援、人的支援

② PFI の活用

3. 新たに生じるリスクとその対策

(ア)点検診断の質の確保

① リスク：技術のブラックボックス化、機器への依存、新たなマニュアル依存の発生

② 対策：技術教育、理論教育の実施

(イ)対策優先順位付け手法の明確化

① リスク：データ消失、改ざん、データ鮮度の低下、データの誤った理解、データ資産の埋没

② 対策：セキュリティの確保、確実なデータ更新の実施、データ利活用手法事例の提供

(ウ)施設管理手法の転換

① リスク：インフラシステムの冗長性・多重性や靭性（レジリエンス）が確保できなくなる

② 対策：段階的なインフラ集約、マスタープランや地域戦略に応じた対策の実施

(エ)人員、財源の確保

① リスク：過度な依存の発生、当事者意識・感覚の喪失

② 対策：インフラ管理者内部での意識教育の実施

Ⅲ-2　建設分野では，原材料の調達，製造，施工までを行う多様な工種があり複雑を極める。そこで，i-construction 推進の方策の 1 つである最先端のサプライチェーンマネジメントの導入を掲げ，生産性向上を目指している。このことに関して次の問いに答えよ。

(1) 建設分野において，サプライチェーンマネジメントをより積極的に推進するために，鋼構造及びコンクリートの技術者としての立場で多面的な観点から 3 つの課題を抽出し，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。

(2) 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) で示したすべての解決策を実行して生じる波及効果と専門技術を踏まえた懸念事項への対応策を示せ。

解答

サプライチェーンとは、製品の原材料や部品の調達から製造、在庫管理、配送、販売までの全体の一連の流れのこと。建設分野においては、目的物の製造のための原材料などの調達から納品までの一連の流れになる。

サプライチェーンマネジメントとは、サプライチェーン全体で物と金、情報の流れを共有し連携して全体の最適化を図る手法のこと。

建設業においては、サプライチェーンの最適化が進んでいない。

1. サプライチェーンマネジメントを推進するための課題

(ア)工事情報の早期共有

① 単品受注生産のため、必要な資材の発注から入荷までの待ち時間ロスが発生する。

② 事業者間、発注者と受注者の間での工事情報共有が進んでいない。

③ 受注先読みによる製造や作り置きが困難、デッドストックが発生する恐れがある。

(イ)関連情報の電子化

① 事業者間、発注者と受注者の間での工事情報共有が進んでいない。

② 情報共有のリアルタイムかが進んでいない。

③ やりとりされる情報の電子化が進んでいない。

(ウ)製作の合理化

① 必要なモノが現場により異なる。

② 単品受注生産のため、必要な資材の発注から入荷までの待ち時間ロスが発生する。

③ 受注先読みによる製造や作り置きが困難、デッドストックが発生する恐れがある。

(エ)業務変革を担う人の確保

① 情報共有によるサプライチェーン高度化などの業務変革に対応できる人材が少ない。

② ノウハウが少ない。

2. 最も重要と考える課題と、課題に対する複数の解決策

(ア)工事情報の早期共有

① 発注見通しの早期共有

② 情報鮮度の確保

(イ)関連情報の電子化

① 施工関連情報の電子化（生コン伝票など）

② 受発注者間での情報共有（クラウド、共有サーバー等の活用）

③ 原材料製造者との情報共有

(ウ)製作の合理化

① Pca 化、ユニット化、規格標準化の推進

② 部分最適から全体最適への転換

③ 関係者間での情報共有推進

(エ)業務変革を担う人の確保

① 建設業界の就労環境改善

② 教育の実施

3. 波及効果、懸念事項とその対応策

(ア)工事情報の早期共有

① 波及効果：工事計画に沿った受注計画、生産計画策定が可能となる。時間ロスが縮減できる。

② 懸念事項：共有情報の鮮度が確保されない、受注への影響発生。

③ 対応策：定期的な情報更新による情報鮮度の確保。ECI や DB の活用による必要資材情報の早期共有。

(イ)関連情報の電子化

① 波及効果：工事情報共有による効率化、各種管理の自動化、時間や材料ロスの縮減。

② 懸念事項：機器故障やシステム不具合によるトラブルの発生。

③ 対応策：機器メンテナンスの確実な実施、バックアップの実施、情報通信経路の冗長化。

(ウ)製作の合理化

① 波及効果：規格標準化によるデッドストック防止、製作待ち時間の短縮。

② 懸念事項：類似意匠の増加、没個性化。

③ 対応策：場所や対象物による使い分け、表面処理の工夫。

(エ)業務変革を担う人の確保

① 波及効果：サプライチェーンの持続、業界のイメージアップ、より高度な技術への対応が可能となる。

② 懸念事項：雇用や人材育成に関する費用の増加。

③ 対応策：サプライチェーン高度化を踏まえた予定価格の設定、事業者の人材育成に対する助成、国や都道府県等による各種研修の実施。