R03

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

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　鋼部材の破壊現象の代表例として、脆性破壊、疲労破壊、遅れ破壊が挙げられる。この中から２つの破壊現象を挙げ、その特徴と破壊防止のための留意点を述べよ。

～省略～

Ⅱ-1-2　鋼部材を高力ボルトにより連結する方法において、応力伝達機構から分類される接合方法を２つ挙げ、接合方法ごとに特徴と設計及び施工上の留意点について述べよ。ただし、高力ボルトと溶接を併用する接合方法は含めないものとする。

～省略～

Ⅱ-1-3　技術の進歩に伴い、構造材料の高強度化が普及しつつある。鉄筋又はコンクリートいずれかの高強度材料について特徴的な性質を説明し、設計や施工における留意点について述べよ。

1.　高強度コンクリートの特徴と性質

高強度コンクリートとは、土木学会コンクリート標準示方書では設計基準強度が 50N/mm2～100N/mm2 のものと区分されている

(ア)単位セメント量が多い：単位セメント量が多いため水和反応による発熱量も多く、対策として低熱／中庸熱セメントが使用される。単位水量が少ないためブリージングがほとんど発生しない。

(イ)断面の縮小と軽量化が可能：強度が高いため、断面の縮小や軽量化が可能である。補強繊維材を使用すると超高強度化も可能である。

(ウ)コンクリートが緻密である：セメントペーストの組織が緻密化するため、中性化の進行速度は遅くなる

2.　設計施工の留意点

(ア)水和熱対策：水和熱が多いため、ひび割れ防止鉄筋や誘発目地などの温度ひび割れ対策が必要である。

(イ)価格が高い：使用セメント量が多いことや、中庸熱／低熱セメントを使うため価格が高く、費用を抑えるためには適用部位や適用部材を十分に検討する。

(ウ)流動性が悪い：粘性が高く流動性やワーカビリティーが悪いため、フライアッシュや高流動化剤を使用し流動性を高めると共に、過密配筋を避ける。

(エ)打設時の圧力損失が大きい：粘性が高いためポンプ打設時の圧送圧力損失が通常より 2～4 倍大きくなる。圧送管径やポンプ能力の十分な検討が必要である。

(オ)火災への配慮：緻密なため火災時に爆裂する危険があり、PP 短繊維の混入を行う等の対策が必要である。

Ⅱ-1-4　既設コンクリート構造物において、浮きやエフロレッセンスを伴うひび割れが局所的にみられた。当該コンクリート構造物を長期間供用していくために詳細調査計画を策定すべく、非破壊検査を適用したい。そこで、生じている現象から推測される構造物内部の変状を想定したうえで、求める情報と適用すべき非破壊検査手法の組み合わせを 2 つ提案し、それぞれの計測原理及び実施に対する留意点を述べよ。ただし、微破壊により構造物内部を直接調査する方法を含まないものとする。

1.　推測される内部変状

(ア)コンクリートの中性化や塩害により、内部鉄筋の腐食が進行し劣化段階は加速期にある。

(イ)ひび割れへの水や酸素などの劣化因子の浸透により、鋼材の腐食膨張が進行しかぶりコンクリートの浮きが発生する。

(ウ)ひび割れへの浸透水によりセメント内のカルシウム分が表面に析出する。

2.　求める情報と非破壊検査の組み合わせ、及び計測原理と留意点

(ア)求める情報：鋼材の腐食度

①　検査方法：自然電位法

②　計測原理：自然電位法は、鉄筋が腐食することにより変化する鉄筋表面の電位を測定することで腐食程度を評価する電気化学的方法である。鉄筋腐食が進行中であればアノード部は負に帯電し電位は卑の方向に変化する。電位の変化を指標として鉄筋腐食の程度を評価する。

③　留意点：コンクリートが非常に乾燥していたり、コンクリート表面が塗膜保護などで絶縁されていたりする場合は適用できない。コンクリートが常時水に覆われているところでは適用できない。鋼材表面がエポキシ樹脂や亜鉛メッキなど被覆されている場合は適用できない。

(イ)求める情報：浮きの範囲

①　検査方法：赤外線サーモグラフィー法

②　計測原理：サーモグラフィー法は、物体表面から放射される表面温度に対応した赤外線エネルギーを計測し、温度分布に変換・画像化し表層部の変状を検出する方法である。日射などでコンクリート表面に熱が与えられた場合、内部空洞があると断熱層となるため健全部との間に温度差が生じる。この温度分布状況を把握し内部欠陥の検出を行う。

③　留意点：対象物の表面状態（汚れなど）の違いにより生じる温度差を欠陥によるものと誤認する場合がある。検出できる欠陥の深さは表面から 10cm 程度が限界である。

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　建設中に耐久性や精度に関わる不具合が接合部又は打継ぎ部（以下、接合部）で見つかり、この原因を検討し繰り返さないための方策を講じることになった。あなたが再発防止の担当責任者として業務を進めるに当たり、下記の内容について記述せよ。
(1)対象とする構造物と接合部の具体的不具合を設定し、調査、検討すべき事項とその内容について説明せよ。ただし、測量・寸法ミス、図面の誤記、設計と異なった材料の使用による不具合は認めないものとする。
(2)不具合を繰り返さないための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)上記業務を効率的、効果的に進めるための関係者との調整方法について述べよ。

1. 対象とする構造物と具体的不具合
   (ア)構造物：道路橋の RC 壁式橋脚、柱部の高さ 20m
   (イ)打継ぎ部の不具合：橋脚柱部の最下段打継ぎ部において、新コンクリート部分に豆板が発生した。中性化に対する耐久性に影響が生じる恐れがある。
   (ウ)立場：施設管理者（発注者）

2. 調査検討すべき事項とその内容
   (ア)豆板の範囲と深さ：豆板が発生した範囲とその深さを調査し、等級判定を行い等級に応じた補修方法とその範囲を検討する。
   (イ)豆板発生箇所のかぶり厚さ：豆板の等級判定により、はつり取り作業が必要になった場合は鉄筋のかぶり厚さを設計図面や写真などで調査し、はつり方法と充填補修方法を検討する。
   (ウ)豆板発生箇所の鉄筋径とピッチ：豆板の等級判定により、鉄筋裏側まではつり取りを行う必要がある場合は、かぶりと合わせて鉄筋径とピッチを調査し、はつり方法と充填補修方法を検討する。

3. 不具合を繰り返さないための業務手順および留意点
   (ア)鉄筋あきとかぶりの確認：鉄筋のあきやかぶりが小さい場合は、かぶり部分での充填不良を起こしやすく豆板発生の原因となるため、適切なあきやかぶりが確保できるよう、鉄筋と型枠の組立精度に留意する。特に重ね継手部分では注意が必要である。
   (イ)過密配筋対策の検討：鉄筋が過密配筋であり、充填が困難となることが予想される場合は、スランプや粗骨材寸法の大きさを再検討する。可能であれば継手構造の変更を検討する。
   (ウ)コンクリートが材料分離しない打設方法の選定：コンクリートの落下高さが大きいと、鉄筋に衝突し材料分離を起こすため、筒先にフレキシブルホースを用い落下高さは 1.5m 以内

とする。またポンプ圧送距離が長いと材料分離の原因となるため、配管途中でベンド管などの抵抗部を設ける。

(エ)コンクリート締固め作業手順の確認：内部振動機（バイブレーター）を適切に使用し締固めを行う。バイブレーターでコンクリートを横方向に移動させない。かぶり部分の締固めが困難な場合は型枠振動機を併用する。中間帯鉄筋などが邪魔で作業が難しい場合は、一時的に鉄筋の取り外しを行う。

4. 関係者との調整方策

(ア)関係者：事業主体、設計者、施工者、交通管理者（警察）などを想定する。

(イ)調整方策

① 不具合発生の原因と対策について、関係者の技術的理解度に応じた説明を行う。

② 対策工法や作業方法の説明時には、図表・写真・3D（4D）施工イメージ等を使用し、視覚的に把握が容易な方法を用いる。

③ 事前に対策実施に伴う起こりうる負の影響（リスク）について、洗い出しと対応策を説明するリスクコミュニケーションを実施する。対策後に残る影響や新たに生じるリスクについても説明する。

④ 協議調整を行った内容については、文書化し双方が確認を行う。

⑤ 予期せぬ事態が発生し、協議調整事項を変更する必要が生じた場合は、直ちに再協議を行う。

Ⅱ-2-2　建設から30年以上が経過し、老朽化が進んだ構造物に対する耐震補強を実施することとなった。既設構造物の性能を評価し、現行の基準類を満たすように耐震性能を向上させる目的で、あなたが担当責任者として業務を進めるに当たり、下記の内容について記述せよ。

(1) 対象とする既設構造物と老朽化の状況を設定し、老朽化の状況を踏まえた耐震補強を行ううえで、調査、検討すべき事項とその内容について説明せよ。

(2)留意すべき点、工夫を要する点を含めて業務を進める手順について述べよ。

(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。

1.　対象とする構造物と老朽化の現状

(ア)構造物：道路橋のRC壁式橋脚、河川内へ設置

(イ)老朽化の現状：中性化が進行し、劣化ステージは進展期から加速期へ移行する段階。水衝部にはかぶりコンクリートの摩耗も発生している。

(ウ)立場：施設管理者（発注者）

2.　調査検討すべき事項とその内容

(ア)既存設計図書の調査：建設年、適用示方書、詳細構造、使用材料、施工状況、点検補修履歴を調査する。

(イ)現地調査（構造物調査）：設計図書等で不明な部分や、直近点検後の劣化進行状況、水がかり、共架物・附属施設の状況を調査し設計に反映する。

(ウ)現地調査（周辺調査）：河川状況（水位、流量）、気象、通行量・車種・時間帯、周辺の土地利用状況を調査し設計施工に反映する。

3.　業務手順

(ア)調査：上記調査の実施。劣化状況を入念に調査する。

(イ)分析評価：劣化状況を含む調査結果を踏まえ、現有保有耐力の評価を行う。鉄筋に大きな腐食がある場合は腐食影響（断面減少）を考慮する。

(ウ)計画：現有保有耐力と要求耐力から、補強必要耐力を算定する。補強工法の比較検討（RC巻立、鋼板巻立、繊維補強シート張付等）を行う。想定破壊形態（曲げ破壊、せん断破壊）により、適用可能な工法が異なるので注意が必要である。

(エ)設計：詳細設計、施工計画策定、数量算出、工事費算定を行う。部分的な耐震補強を行うのではなく、構造系全体でバランスの取れた補強となるように留意する。

(オ)施工：設計図書に基づく補強工事の実施。関係者との調整事項を踏まえた施工方法、仮設、交通規制等を計画し実施する。

4.　関係者との調整方策

(ア)関係者：事業主体、調査設計者、施工者、河川管理者、交通管理者、共架施設管理者、利用者などを想定する。

(イ)調整方策

① 耐震補強の必要性について、関係者の技術的理解度に応じた説明を行う。
② 補強工法や作業方法の説明時には、図表・写真・3D（4D）施工イメージ等を使用し、視覚的に把握が容易な方法を用いる。
③ 事前に業務実施に伴う起こりうる負の影響（リスク）について、洗い出しと対応策を説明するリスクコミュニケーションを実施する。対策後に残る影響や新たに生じるリスクについても説明する。
④ 協議調整を行った内容については、文書化し双方が確認を行う。
⑤ 予期せぬ事態が発生し、協議調整事項を変更する必要が生じた場合は、直ちに再協議を行う。

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　建設分野において、BIM/CIM モデルや ICT 技術の活用が求められる一方で、建設・維持管理の現場では、より一層、新材料・新工法が適用され、品質の向上や作業の効率化が図られることに期待が持たれている。このような状況を踏まえ、鋼構造及びコンクリートに関わる技術者として以下の問いに答えよ。

(1)建設・維持管理の現場において、新材料・新工法を活用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、課題の内容を示せ。ただし、BIM/CIM モデルの活用は含めないものとする。

(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

1.　新材料、新工法を活用するために解決すべき課題

（ア）　地方自治体での技術力不足への対応：地方自治体での新技術・新工法への対応に遅れがある、技術者数や技術力が不足し、対応ができない。→体制強化や外部技術の活用

（イ）　新材料・新工法の性能評価手法の明確化：新技術や新工法は性能評価が難しく、評価方法も明確でない場合が多い。→事例数の確保と検証手法の確立

（ウ）　新技術に明るい人材の確保・育成：新技術や新材料に通じた人材がいない、技術者の絶対数が減少していて育成が困難。→教育、他業種からの誘導

2.　最も重要と考える課題と、複数の課題解決策

(ア)新材料・新工法の性能評価手法の明確化

①　活用事例が参照できる基盤の整備と活用：インフラデータプラットフォームの活用

②　実験的検証と数値解析的手法での評価方法確立：実験による性能評価手法確立、数値解析（理論）による裏付け

③　みなし適合仕様の制定：従来基準での仕様規定の見なし適合仕様化。

④　研究の推進：土研、国総研、大学での研究の推進と知見の蓄積による評価手法の確立。

3.　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の対策

(ア)リスク：設計者や発注者の理解不足による採用の停滞

対策：ECI や DB の活用による、新技術・新材料の設計への反映

(イ)リスク：技術提案者等への責任の増加

対策：責任区分（リスク分担）の明確化

Ⅲ-2　我が国では、大量の鋼構造物やコンクリート構造物の維持管理が社会問題となっている。特に、従来からの事後保全型メンテナンスには限界が叫ばれ、持続可能なメンテナンスサイクルの実現に向けて、新しいメンテナンス手法の導入やシナリオの転換が求められている。このような状況を考慮して以下の問いに答えよ。

(1)近年、予防保全型メンテナンスが期待されているものの、未だその推進は十分とは言い難いのが現状である。このような現状に対し、鋼構造物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、その内容を示せ。

(2)抽出した課題のうち、あなたが最も重要と考える課題を1つ選択し、その課題に対する複数の解決策を示せ。

(3)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

1.　予防保全型メンテナンス推進のための課題

(ア)大量の老朽化インフラへの対応：劣化に修繕が追いつかない、大量のインフラストックを抱えるため、点検に時間と費用を奪われて修繕に回せない。→管理対象の削減

(イ)メンテナンスの効率化と高度化：メンテナンス費用と人員が足りない、人口減少による技術者の減少、人手に頼る作業が多く効率が悪い、点検・修繕工事の作業条件が悪い。→点検作業の効率化、自動化、修繕の機械化

(ウ)長寿命化修繕計画の見直し：劣化予測が正確でない、マニュアル依存となり健全度評価が適切でない→劣化予測手法の見直し、健全度の高い橋の点検簡易化

2.　最も重要と考える課題と、複数の課題解決策

(ア)メンテナンスの効率化と高度化

①　点検作業の効率化：新技術（ロボット、UAV、ICT、AI、画像診断）の活用、BIM/CIMの活用による劣化情報等の属性情報化

②　インフラメンテナンス2.0の推進：インフラデータプラットフォームの活用による、点検・修繕情報の相互活用

③　修繕、更新時の高耐久化：高強度コンクリートや埋設型枠の使用、表面保護工の実施による高耐久化とメンテナンスサイクルの延長

3.　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の対策

(ア)リスク：管理対象物の数は変わらない（減らない）

対策：インフラの撤去と集約

(イ)リスク：新たな技術の習得が必要

対策：教育（ICT活用、VR・AR・MR環境活用）の実施、理論の学習