

H29

Ⅱ-1-5 プレストレストコンクリート構造物特有の初期欠陥を 1 つ挙げ、その発生原因と構造物に与える影響及び設計・施工両面からの防止策を述べよ。

解答

○PC ポステン桁を想定し回答する。

1. PC グラウト充填不良

(ア)原因：ブリージング、グラウト確認不足、コンクリート打設時のシースの変形

(イ)影響：シース内への水浸入による PC 鋼材の腐食、破断、桁耐荷力低下

(ウ)防止策：良質なグラウト材使用、シース小口の防水化、水が浸入しやすい桁上面に定着部を設けない、中間排出口などグラウトが確認できる構造の採用

2. シース下面の空洞、豆板

(ア)原因：かぶり不足、シース・鉄筋の空き不足、過密配筋、不適切なスランプ選定、充填・締固め不足

(イ)影響：耐久性の著しい低下、鋼材の腐食

(ウ)防止策：かぶり・あきの確保、適切なスランプ選定（あるいは流動化）、入念な締固めの実施、桁断面形状の単純化

3. プレストレス不足

(ア)原因：シース屈曲部等でのプレストレスのロス、クリープによるロス、乾燥収縮によるロス

(イ)影響：応力線に直交するひび割れの発生、ひび割れからの水・酸素浸入と鋼材腐食

(ウ)防止策：プレストレス低下を見込んだ設計、確実な定着の実施

4. 定着部の有害ひび割れ

(ア)原因：局部応力の発生、縁端距離・定着間隔の不足、補強鉄筋不足

(イ)影響：鋼材の腐食、プレストレス低下

(ウ)防止策：詳細な応力度解析の実施、適切な補強、適切な定着具間隔と縁端距離の確保

II-1-6 コンクリート構造物又はコンクリート部材に短繊維を使用することによって得られる効果を2つ説明せよ。また、どちらか1つの効果について、その効果を得るために使用される短繊維の種類と特徴、並びにその短繊維を用いた繊維補強コンクリートの製造上の留意点を述べよ。

解答

1. 得られる効果

- (ア) 力学特性の改善：引張強度、曲げ強度、靱性、耐衝撃性、ひび割れに対する抵抗性の改善
- (イ) ひび割れ・剥落の防止：かぶりコンクリートのひび割れや浮きの進展による剥落を防止する
- (ウ) 爆裂の抑制：合成樹脂系短繊維を混入すると、火災時の熱で繊維が熔融し空洞を形成、かぶりコンクリート爆裂を防止する効果がある

2. 使用される短繊維の種類と特徴

- (ア) 鋼繊維：鋼材を短く線状に加工したもの、長さ20～60mm、アスペクト比30～80が多い、合成繊維に比べて力学補強効果が大きい、強度を必要とするUFC等に使用される、長いほど補強効果に優れる、腐食するためコンクリート表面が赤褐色に着色する
- (イ) 合成繊維：PP, PVA, PEなどの合成繊維を加工したもの、鋼繊維に比べて力学的補強効果は落ちる、さびない、寸法や表面形状の加工が自由にできる、軽く変形性が大きいため練り混ぜ・施工が容易

3. コンクリート製造上の留意点

(ア) 鋼繊維

- ① 使用する鋼繊維の形状寸法、混入率を明示する
- ② 鋼繊維使用により単位水量増加量も増えるため、AE減水剤や高性能AE減水剤を使用し、単位水量をできるだけ少なくする
- ③ 細骨材率を大きくしワーカビリティを確保する
- ④ 練り混ぜ負荷が大きいため強制練りバッチミキサー使用を原則とする
- ⑤ 練り混ぜ時間は試験により定める

(イ) 合成繊維

- ① 繊維の種類、混入率、形状寸法を明示する
- ② 単位水量の増加をできるだけ少なくするため、AE減水剤や高性能AE減水剤を使用する
- ③ 変形特性を期待する場合は、繊維長さを骨材最大寸法の1.5倍以上とする
- ④ ミキサーへの投入は短繊維がコンクリート中に均一に分散するような方法をとる
- ⑤ アジテータ車ドラム内に直接投入する場合は、高速攪拌時に空気量が増加することがある

II-1-7 コンクリートのワーカビリティの向上を目的に、スランプを設計図書に示される値よりも大きくする場合(ただし、スランプで管理する範囲とする。)を想定し、コンクリートの配(調)合設計と製造・施工の観点から、それぞれの留意点について説明せよ。

解答

1. スランプを増加させる方法

- (ア) AE 減水剤、高性能 AE 減水材を使用する
- (イ) 単位セメント量を増加する
- (ウ) フライアッシュなど、セメント以外の粉体量を増加する

2. 製造施工の観点からの留意点

(ア) AE 減水剤、高性能 AE 減水材の使用

- ① 配合設計：他の使用材料（セメント、骨材、他の混和剤）条件により、スランプやワーカビリティに影響を生じやすいので事前に十分な検討を行うこと
- ② 製造：練り混ぜ時の温度により空気が連行されにくい場合があり、スランプが低下するため注意が必要
- ③ 施工：複数の生コン会社からコンクリートを購入する場合は、会社により混和剤の種類が異なると打設時に所定の性能が得られない場合がある

(イ) 単位セメント量の増加

- ① 配合設計：単位セメント量の上限が定められている場合は、その条件を満たすこと
- ② 製造：水和熱による温度ひび割れを防ぐ必要がある場合は、低熱型セメント（低熱、中庸熱）を使用する
- ③ 施工：水和熱や自己収縮に注意し、湿潤養生を十分に行う、仕上げがしづらくなる場合がある

(ウ) フライアッシュ等、セメント以外の粉体量を増加

- ① 配合設計：目標とするスランプに応じた適切な単位粉体量を確保する、フライアッシュの品質・性能を事前に確認する
- ② 製造：長時間の練り混ぜ（所定時間の3倍以上）を行わない
- ③ 圧送にあたっては、輸送管の径・経路・ポンプ機種を適切に選定する

※その他、スランプを大きくする方法

- 1) 粗骨材の粗粒率を大きくする  
→材料分離しやすくなる
- 2) 細骨材率を小さくする  
→材料分離しすくなる

Ⅱ-1-8 コンクリート構造物を1つ想定し、その構造物に要求される性能を3つ挙げ、その概要を述べよ。また、それぞれの要求性能について、性能照査の考え方を説明せよ。

解答

1. 想定した構造物：RC単純床版橋 道路橋
2. 要求される性能（耐久性、安全性、使用性、復旧性、環境性 の5つから）
  - (ア)耐久性
    - ① 設計耐用期間内において、構造物の材料の劣化などにより生じる性能の経時的な低下に対して構造物が有する抵抗性
    - ② RC床版橋の場合：コンクリートの中性化、それに伴う鉄筋腐食に対する抵抗性
  - (イ)安全性
    - ① 構造物が使用者や周辺の人々の生命や財産を脅かさないための性能
    - ② RC床版橋の場合：自重、作用荷重（活荷重、衝撃）、地震力に対して破壊しない耐荷力を有すること
  - (ウ)使用性
    - ① 構造物の使用者が快適に構造物を使用できる、若しくは周辺の人々が構造物によって不快となることがないようにするための性能
    - ② RC床版橋の場合：使用中のたわみ、ゆれ、振動、音などで使用者や周辺の人々が不快・不安にならないこと
  - (エ)復旧性：偶発作用（地震の影響等）により低下した構造物の性能を回復させ、継続的な使用を可能とする性能
  - (オ)環境性：地球環境、地域環境、作業環境等に対する適合性、景観等の社会環境に対する適合性
3. 性能照査の考え方
  - (ア)性能照査は、構造物あるいは構造部材が限界状態に至らないことを確認する
    - ①  $\gamma_i \cdot S_d / R_d \leq 1.0$   $S_d$ : 設計応答値、 $R_d$ : 設計限界値、 $\gamma_i$ : 構造物係数
  - (イ)耐久性：耐久性は設計耐用期間にわたり、安全性・使用性・復旧性の要求性能を満足するようにしなければならない。中性化および塩害による鋼材腐食、凍害あるいは化学的侵食によるコンクリートの劣化により構造物の所要の性能が損なわれないことを照査する。
  - (ウ)安全性：安全性には構造物の構造体としての安全性と、機能上の安全性がありそれぞれを満足しなければならない。構造物の物理的特性に基づく照査は、設計作用のもとで構造物が破壊の限界状態に至らないことを確認することにより行う。機能上の安全性に対する照査は、構造物の機能に応じた限界状態を設定し行う。
  - (エ)使用性：所要の使用性を設計耐用期間にわたり保持することを照査する。使用性は設計作用のもとですべての構成部材や構造物が使用性に対する限界状態に至らないことを確認する。外観、振動等使用上の快適性、過度な変形、有害なひび割れを防ぐ応力度の制限。
  - (オ)復旧性：構造物が所要の復旧性を設計耐用期間にわたり保有することを照査する。照査においては構造物の置かれる環境や復旧体制に応じて定めた修復性を照査する。
  - (カ)環境性：計画、設計、施工、維持管理のライフサイクル全体において、環境性を照査する。

II-2-3 温暖地域の内陸部にある新設コンクリート構造物において、コンクリートの表層品質の確保に関する業務を進める場合、以下の問いに答えよ。

- (1) 設計及び施工の各段階で表層品質を確保するための方策をそれぞれ1つずつ挙げ、適用に当たっての留意点を説明せよ。
- (2) 表層品質を確認するための方法を1つ提案し、その方法の概要と留意点を説明せよ。
- (3) 当初の目標に対して表層品質が不足した新設構造物を仮定し、コンクリートの中性化による劣化を想定した維持管理計画を立てるに当たり、その手順と留意点を説明せよ。

#### 解答

#### 1. 表層品質を確保するための方策と留意点

##### (ア) 設計段階：

- ① 鉄筋のかぶり・あきの確保：コンクリート打設時にかぶり部分にコンクリートがいきわたりやすくし、空洞や豆板の発生を防ぐ
- ② 表面保護工：コンクリート表面に表面保護工（有機系・無機系含浸工）を計画する。完成後の劣化状況確認が容易なように、含浸系を基本とする。

##### (イ) 施工段階：

- ① 入念な施工：鉄筋のあき、かぶりを適正に確保した上、表層部が密実に仕上がるよう充填と締固めを確実に行う。ブリージングや過度な締固めによる分離に注意する。
- ② 余剰水分の排除：型枠への吸水材設置・吸水型枠の使用により、打設後の余剰水分を排出する。吸水材を設置した型枠には直接コンクリートを当てたり、近傍でバイブレーターを使用したりしないようにする、メーカーの施工要領書に沿った作業を行う。薄い部材の場合は十分に湿潤養生を行い、初期乾燥を避ける。

#### 2. 品質確認方法の概要と留意点

##### (ア) 表面吸水試験：

- ① 概要：コンクリート表面に吸水カップ他からなる吸水試験機を設置し、コンクリート表面からの吸水速度を測定しコンクリート表面の品質（緻密さ）を確認するもの。非破壊試験であり、比較的簡単に計測可能である。
- ② 留意点：点データのため、正確に評価を行うには多くのデータを必要とする。表面の含水率や材齢が吸水速度に影響を与える。表層でなく表面の評価。

#### 3. 構造物の仮定と中性化に対する維持管理計画手順と留意点

##### (ア) 仮定した新設構造物：RC 単純床版橋 道路橋

##### (イ) 手順

- ① 調査：想定品質との差の調査、発生原因の調査
- ② 分析/評価：劣化予測と現有性能の評価、対策の要不要、対策方法の比較検討
- ③ 計画策定：維持管理計画の策定

##### (ウ) 留意点

- ① 劣化予測の際には表層品質が劣ることを考慮する
- ② 周辺環境条件（気象、立地、使用状況）により劣化が複合化し進行が早い場合があるため、これらの条件も考慮する。
- ③ 排水不良や伸縮継手からの漏水で水がかりが変化する場合は劣化が早まる場合があるので注意する。
- ④ 劣化初期段階（潜伏期、進展期）での対策に努める。

Ⅱ-2-4 今後の大地震の発生に備えて、コンクリート建造物の耐震補強が進められている。今回あなたは、1969年に竣工された設計図と設計計算が無いコンクリート建造物の耐震補強対策業務を行うことになった。基礎構造は対象外として、下記の内容について記述せよ。

- (1) 想定したコンクリート建造物、注意すべき部材の破壊形態、目標とする耐震性能と照査方法
- (2) 建造物の復元方法、復元設計に必要な調査項目
- (3) 業務を進める手順、業務で提案する補強工法について設計・施工上留意すべき事項

解答

1. 建造物、注意すべき破壊形態、目標耐震性能と照査方法
  - (ア) 道路橋 2径間単純PC T桁橋の橋脚 (RC柱式橋脚 高さ15m)
  - (イ) 注意すべき部材の破壊形態
    - ① 橋脚壁体基部付近での破壊形態 (曲げ破壊/せん断破壊)
    - ② 鉄筋段落とし部でのせん断破壊
  - (ウ) 目標耐震性能と照査方法
    - ① 目標 道示 H29 耐震設計編 A種 レベル2地震動で限界状態3 (落橋しない)
    - ② 照査方法
      1. 曲げ破壊型の場合は、生じる水平変位が制限値を超えないこと
      2. せん断破壊型の場合は、生じるせん断力が制限値を超えないこと
      3. 地震時保有水平耐力と塑性変形能を確保する
2. 復元方法、復元設計に必要な調査項目
  - (ア) 復元方法：建設年、道路幅員、周辺状況から適用示方書および設計条件を推測、当時の設計手法に基づき復元設計を行う。
  - (イ) 調査項目
    - ① 現地建造物調査 (建設年、各所寸法、材料、細部構造、附帯設備、劣化状況)
    - ② 非破壊検査、微破壊検査 (配筋状況、鋼材径、コンクリート強度、中性化、腐食)
    - ③ 地盤調査 (現地地形および周辺での地質データ等から推測、困難な場合は地質調査の実施)
3. 業務を進める手順、設計施工上の留意事項
  - (ア) 手順
    - ① 調査：上記調査の実施
    - ② 分析/評価：調査結果の分析、復元設計の実施と現有性能の評価
    - ③ 計画：目標性能との対比、補強工法の比較検討と選定
    - ④ 設計：詳細設計の実施、施工計画の策定、数量計算と概算工事費の算出
    - ⑤ 施工：補強工事の実施
  - (イ) 設計施工上の留意点
    - ① 補強工法により河積阻害率や占用面積が増加するため、関係機関と協議を行う。
    - ② 橋脚耐力の向上により基礎への伝達荷重も増加するため、塑性変形能の確保に主眼を置き過度な耐力増強にならないよう注意する。
    - ③ 曲げ破壊 (引張破壊) 先行とし、せん断破壊先行とならないようせん断補強を行う。
    - ④ 巻立工法を採用する場合は、破壊形態・施工性・仮設工の規模等を考慮し選定を行う。
    - ⑤ 建造物単体での耐震性能向上が困難な場合は、系全体での性能向上 (水平力分散化、長周期化) を検討する。

Ⅲ-3 近年、建設業界においては、就労者の高齢化や若手入職者の減少等が課題となっている。また、社会資本の大規模更新や震災復興事業が増加しており、生産性向上が求められている。一方で、生産性向上と同時に構造物の品質確保が重要となる。このような観点から以下の各設問に答えよ。

(1) コンクリート構造物の建設において、建設現場の生産性を向上させるために検討すべき項目を多様な観点から記述せよ。

(2) (1)の検討すべき項目のうち、あなたが重要であるとする技術的課題を1つ挙げ、実現可能な解決策を2つ提示し、それぞれの具体的効果を記述せよ。

(3) (2)で提示した2つの解決策について、構造物の品質確保・向上の観点からメリットとデメリットを記述せよ。

#### 解答

#### 1. コンクリート構造物建設現場の生産性を向上させるために検討すべき項目

##### (ア)生産性が低い原因

- ① 労働集約的作業が多い（仮設工、鉄筋工、打設工）
- ② 従事者の経験・技量に左右される（経験、技能、理解度）
- ③ 生産システムの部分最適化、他現場への直接転用が困難

##### (イ)検討項目

- ① 労働集約的作業からの脱却
- ② 経験や技量の乏しい者でも対応可能な作業への転換
- ③ 部分最適からの転換

#### 2. 重要な技術的課題（1つ）、実現可能な解決策（2つ）、効果

##### (ア)部分最適からの転換

- ① 設計・施工の汎用化
- ② Pca化、モジュール化
- ③ ICTの活用（BIM/CIM、AR/MR）

##### (イ)効果

- ① 現場作業の削減による生産性向上
- ② パターン化による手間の削減
- ③ 作業手順の見える化による生産性向上

#### 3. 構造物の品質確保・向上の観点からメリットとデメリット

##### (ア)メリット

- ① 工場製作による初期欠陥の予防
- ② 現地の気象条件に左右されにくい
- ③ 現場での品質管理対象の削減、集中化が可能

##### (イ)デメリット

- ① 新たな管理技術が必要
- ② 品質管理・確保に新たな機材が必要

#### 4. デメリット対策

##### (ア)教育の推進

##### (イ)機材費用の適切な計上

Ⅲ-4 社会インフラの高齢化・老朽化に伴い、その維持管理のための予算や人材の不足が深刻化している。その中で、確実かつ効率的なインフラの維持管理を行うためには、技術開発等のハード面及び仕組み作り等のソフト面の双方での対策が求められている。このような状況を背景に、多様な観点から以下の各設問に答えよ。

(1) コンクリート構造物の維持管理を確実かつ効率的に行うため、あなたが重要と考えるハード面の技術的課題を2つ挙げ、それぞれについて実現可能な解決策を1つずつ提示せよ。

(2) コンクリート構造物の維持管理を確実かつ効率的に行うため、あなたが重要と考えるソフト面の技術的課題を2つ挙げ、それぞれについて実現可能な解決策を1つずつ提示せよ。

(3) 上記(1)であなたが提示した解決策から1つ、(2)であなたが提示した解決策から1つを選び、それぞれをコンクリート構造物の維持管理に適用した場合の効果及び想定されるリスクやデメリットについて記述せよ。

#### 解答

#### 1. 重要なハード面の技術的課題（2つ）実現可能な解決策（各1つ）

(ア)点検・診断の省力化：現状は直接目視原則、人の能力に頼る作業

##### ① 点検診断の機械化、自動化

1. 点検への UAV, ロボットの利用
2. 画像診断技術、AI の活用
3. 診断技術の使い分け

(イ)修繕工事の省力化：現状は狭小空間での人力作業、小範囲・小規模

##### ① 修繕工事のユニット化、機械化

1. 鋼橋 RC 床版修繕の Pca 化、機械施工化

#### 2. 重要なソフト面の技術的課題（2つ）実現可能な解決策（各1つ）

(ア)点検診断データの利活用

##### ① 点検診断データの電子化と管理者間での情報共有

1. インフラメンテナンス 2.0 の推進
2. インフラデータプラットフォームの構築

(イ)維持修繕対象の削減

##### ① インフラの統廃合、絶対数の削減

1. 機能が重複するインフラの統合、廃止、管理対象数の削減

#### 3. 各解決策（1つ）を維持管理に適用した場合の効果、リスクやデメリット

(ア)ハード対策：点検診断の機械化、自動化

##### ① 効果：点検費用・時間の削減、点検者の知識技術経験差による診断差異の解消

##### ② リスク・デメリット：初期費用の増加、機械誤作動や不具合による事故発生、直接目視診断技術の喪失（ブラックボックス化）

(イ)ソフト対策：点検診断データの電子化と管理者間での情報共有

##### ① 効果：知識経験の乏しい管理者での対策促進、特殊事例等での情報共有

##### ② リスク・デメリット：データの誤った解釈と適用、システム構築・維持費用の発生、他者への依存