

【令和3年度 技術士 建設部門 鋼構造及びコンクリート 復元論文】

『技術士第二次試験実施大綱（令和2年12月）』に基づく筆記試験については、必須科目（Ⅰ）及び選択科目（ⅡとⅢの合計得点）の各々の得点が60%以上で合格となります。

令和3年度の筆記試験の受験に関して、開示請求で判明した得点（公益社団法人 日本技術士会より）と当該・復元論文を公表しますので、今後の受験に向けた参考としてご活用下さい。

1. 開示請求の結果（筆記試験の結果を抜粋）

技術士試験に関わる個人情報の開示請求について（回答）

この度、請求のありました貴殿の令和3年度技術士第二次試験に関わる個人情報については、下記のとおりです。

記

受験番号 0902 ——
 技術部門 建設部門
 選択科目 鋼構造及びコンクリート

○ 技術士第二次試験筆記試験の成績及び結果

科目	必須科目	選択科目	
	Ⅰ (40点満点)	Ⅱ (30点満点)	Ⅲ (30点満点)
成績	26.00 (A)	16.00 (B)	22.50 (A)
		38.50 (A)	
結果	合格		

A：60%以上 B：60%未満40%以上 C：40%未満

注）必須科目及び選択科目（ⅡとⅢの合計得点）の各々の得点が60%以上で合格です。

2. 筆記試験の得点

◆必須科目Ⅰについては26.0点と40点満点に対し65%（A評価）でした。

「社会資本の老朽化」や「自然災害の増加」、「少子高齢化」や「建設産業の就業者数の減少」など建設部門・共通のテーマを勉強することで比較的高い点数が期待できると思います。

◆一方、選択科目については、Ⅱが16.0点と30点満点に対し53%（B評価）でしたが、Ⅲが22.5点と30点満点に対し75%であり、A評価の中で高めの得点だったことが伺えます。

◆選択科目ⅡにおけるⅡ-1（1枚論文）は、鋼構造及びコンクリートに関する専門的な知識を問う問題4つの内、一つを選択して回答します。

自分が得意とする問題でなくても、Ⅲとの合計で合格ラインに十分到達するので、受験生の皆さまは最後まで諦めずに取り組んで下さい。

2. 筆記試験の得点

◆次頁より試験問題と復元論文（Ⅱ-1は試験後に勉強・作成した論文を含む）を掲載します。

（環境グループ担当；平野利明）

令和3年度 建設部門 問題I-2

近年、災害が激甚化・頻発化し、特に、梅雨や台風時期の風水害（降雨、強風、高潮・波浪による災害）が毎年のように発生しており、全国各地の陸海域で、土木施設、交通施設や住民の生活基盤に甚大な被害をもたらしている。こうした状況の下、国民の命と暮らし、経済活動を守るためには、これまで以上に、新たな取組を加えた幅広い対策を行うことが急務となっている。

- (1) 災害が激甚化・頻発化する中で風水害による被害を新たな取組を加えた幅広い対策により防止又は軽減するため、技術者としての立場で多面的な観点から3つ課題を抽出し、それぞれの観点を明記した上で課題の内容を示せ。
- (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るリスクとそれへの対応策について、専門技術を踏まえた考えを示せ。
- (4) 前問(1)～(3)を業務として遂行するに当たり、技術者としての倫理、社会の持続性の観点から必要となる要件・留意点を述べよ。

(1) 激甚化・頻発化する自然災害に関する課題

近年の風水害について、時間降水量50mm以上の年間発生回数は30年間で1.3倍、また同100mm以上は2.4倍に増加する等、激甚化・頻発化が顕著である。

今後も予測できない自然災害の激甚化に対し、堤防などハードのみで国民の命や経済活動を守るのは困難であり、ソフトと一体となった対策が急務である。

以上より、大規模自然災害等への総合的な取組みを示す「国土強靱化計画」の方針も踏まえた中で、課題の観点と内容を以下に示す。

観点①：誰もが参加する流域治水対策

過去の降雨実績等を踏まえた従来の治水計画に対し、気候変動による降雨増加と潮位上昇を考慮した流域治水対策について、集水域から氾濫域における河川や道路・下水道等の施設の全ての流域管理者と地域住民の誰もが主体的かつ一体的に進めることが重要である。

観点②：避難路など幹線道路ネットワークの強化

災害時に道路などアクセス不可で孤立・可能性のある集落は全体の約3割も占める。また緊急輸送道路上の橋梁の耐震補強率は、市町村管理が70%を下回る等、十分では無い。速やかな復旧・復興に向けて、災害に強い幹線道路ネットワークを構築する必要がある。

観点③：ハザードマップなど災害情報の高度化

全国の自治体でハザードマップの作成率が90%を超えているにもかかわらず、毎年、自然災害により多く

の人命と財産が失われている。XRAINによる雨量情報の迅速化・高精度化と共に、より地域の実情に即したマップ作成と地域住民への周知・徹底が必要である。

(2) 最も重要な課題と複数の解決策

観点①の「誰もが参加する流域治水対策」が最も重要と考え、複数の解決策を以下に示す。

①河川氾濫を防ぐ取組みの推進

堤防の強化や河床掘削等、河川の流れを円滑に処理するハード整備と、雨水調整池や下水・道路等の貯留・浸透機能の向上等、まち側の施策を一体的に進める。

近年では保水機能を生かした田んぼダムや樹林地の保全等、氾濫防止に向けた地域住民による自主的な取組みがみられ、当該施策の促進・支援が必要である。

②被害最小化に向けた防災まちづくり

水害リスクの低い安全な高台への住宅地の移動や、ピロティなど浸水対策に優れた建築物を誘導する等、まちづくりと一体となった規制・誘導を推進する。

防災まちづくりの検討では、住民への理解・協力に向けて説明会やワークショップを開催する等、きめ細かな対応と意見・反映に留意することが重要である。

③ICTを活用した防災対策の推進

地域住民による自主的かつ迅速・適正な避難行動を促進するよう、災害情報の入手・発信に有利なSNS防災アプリ等の利用が可能な受送信環境の整備を進める。

上記ICTの環境整備に関連して、排水ポンプの遠隔

操作やドローンによる自動監視等、リアルタイムでの予測と対応が可能な防災機器の充実が必要と考える。

(3) 新たに生じるリスクと対応策

我が国の総人口は 2060 年には 8,674 万人と 2010 年との対比で約 30% も減少する一方、高齢化率は 23% から 40% と増加することが予測される。住民など誰もが参加する解決策は、地域防災の重要な役割を担う技術者や中小建設業への負担増大等のリスクが高い。

対応策としては、人材育成を目的とした建設キャリアアップシステムの活用や、中小建設業の経営基盤の安定化を図る地域維持型契約方式を導入し、利益が見込めない災害支援など小ロット業務の発注を改める。

(4) 必要となる要件・留意点

(4) -1. 技術者としての倫理

予測困難な自然災害に対し、技術者には技術士倫理要綱に基づく相互の協力と継続研鑽による専門的学識の向上が求められる。また今回の熱海土砂災害の要因となった民間業者による不法な盛土が発生することの無いよう、常に公衆の利益を優先する必要がある。

(4) -2. 社会持続性の観点

国勢調査で 2 期連続の人口減少が続く中、全ての地域において河川氾濫の防止等のハード施策を進めるのは財政的にも困難である。コンパクトプラスネットワークの国の方針に基づき、地域そのものの集約化とストック効果の高い事業に選択・集中すべきである。

株式会社ホクスイ設計コンサル

〒060-0806

札幌市北区北 6 条西 9 丁目 2 番地

☎ 011-737-6232 (本社/営業部)

FAX 011-708-5286

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。

復元論文

1. 脆性破壊

鋼部材に地震等の繰り返し応力といった外力が加わった場合に、塑性変形をすることなく亀裂や破断する現象で、落橋等の甚大な被害に繋がる可能性が高い。

破壊防止に向けては、構造物の内外に鉄骨ブレースを設ける等、不足する耐力を付加するのが有効で、当該耐震ブレースにより構造物全体の水平剛性が向上し、地震時の変形やたわみの縮小が期待できる。

設計時の留意点は、固有周期について、地震動と共振することの無いよう照査・確認が必要なこと。また、本手法は建物全体の剛性耐力を高めるものであり、地震時の加速度応答には必ずしも対応できない。当該対応としては、免震装置を組み込むことが有効である。

2. 疲労破壊

疲労破壊とは、大型車両の通行など時間的に変動する荷重によって発生した亀裂が、応力など繰り返しを重ねるごとに徐々に進行して破壊に至る現象である。

疲労破壊の要因となる亀裂など初期発見に向けては、残存応力状態の調査と共に、塗膜検査による腐食等の劣化状態の把握、及び断面欠損の評価が有効である。

対策としては当て板補強や部材の全面交換等がある。

大掛かりな重機や足場を使用する上記対策のコスト縮減等を目的とした炭素繊維シートの活用も考えられる。当該新技術等は、効果など未知数の部分があることに留意し、PDCA サイクルによる性能管理を要す。

試験後に作成した論文

1. 脆性破壊

塑性変形を伴わずにわずかな弾性変形からそのまま破壊する現象をいう。要因としては、低温環境の他、引張り応力が高いこと、並びに応力が一点に集中することが挙げられる。阪神淡路大震災では、当該要因より、多くの鋼構造建築物における柱・梁接合部付近の脆性破壊がみられた。

破壊防止の留意点は、上記接合部の保有変形性能に対し、柱・橋脚の地震時最大変形量が上回ることをないよう、必要なアンカーボルト本数を設置すること。

また炭素成分が多く引張強さに優れた効果を発揮する建設構造用鋼材として、SN材 B種・C種を採用することが考えられる。

2. 疲労破壊

降伏耐力より小さいも応力が繰り返し作用することによって亀裂が発生し、さらにそれが伝搬し最終的に破断する現象である。鋼材系の疲労限度を示す繰り返し回数は $10^6 \sim 10^7$ であり、それ以下だと耐久性（S-N曲線）はほぼ横ばいで破断に至らない。

建築ではクレーン走行梁等で多くみられることから、たわみ許容値として手動クレーン 1/500、電動クレーン 1/800～1/1200 が鋼構造設計基準で定められている。疲労破壊の要因となる亀裂など初期発見に向けては、塗膜検査による剥がれや腐食等の劣化状態の把握、並びに断面欠損を評価することが有効である。

令和3年度 建設部門 鋼構造及びコンクリート 問題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)-1. 対象とする既設構造物と老朽化状況の設定

漁獲物の陸揚げ岸壁で使用する柱スパン 20mの鋼構造の屋根建築物を対象とする(建設後30年である)。

- ・計画地は避難用の岸壁にも指定され、前面が海で背後が港湾道路との間に挟まれた場所である。
- ・鋼材の特性を変化させる熱履歴要因(火災)はない。
- ・海からの塩害防止としては、防食下地に加えて、下塗りにエポキシ樹脂、上塗りにふっ素樹脂塗装と重防食塗装の仕様が施されている。
- ・近年は塗膜の剥離や腐食の発生、及び進行がみられることから、将来的な亀裂・破断が懸念される。

(1)-2. 調査、検討すべき事項と内容

①腐食など劣化状態の調査

塗膜試験を実施し、腐食無し→腐食発生→腐食進行による断面欠損等のレベル分けを行う。更に FEM 解析の結果と照合し、耐腐食性能に関する重み付けを付加することで計画的な補強に向けた優先順位を定める。

②利用など制約条件に関する調査

計画地は比較的狭小で施工範囲等が限られる。陸揚げ利用時期や時間の他、避難ルート確保など制約条件に関する調査を行い、設計や施工計画に反映する。

(2)業務を進める手順

上述した①劣化状態と②制約条件の調査、③構造解析、④補強対策の検討、⑤図面・数量の作成、⑥施工計画、⑦概算事業費、⑧維持管理計画の流れとなる。

③構造解析について、既存建築物は昭和55年の新耐震基準以降の建設であり、建築基準法・構造適合性判定の仕様を満足する一方、その後の積雪荷重の変更等に関する総合的な検証を要することに留意する。

④補強対策の検討では、耐震ブレースの敷設や当て板補強の他、材片の取り替え・追加等が考えられる。

計画地では、施工範囲や時期が限定されることから、再塗装や加熱矯正(熱間加工)など比較的簡易な手法も含めて、コスト・施工面から比較・検証する。

⑧維持管理計画では、設計供用期間100年を標準目標に、コスト縮減と平準化を視野に入れたアセットマネジメントを導入する。また鋼材表面を保護する酸化膜が破壊されないよう、塩化物イオンを定期的に洗浄するといったソフト施策を提案する等、工夫を要す。

(3)業務を効率的、効果的に進める調整方策

発注者と設計者・施工者の他、地元利用者が完成イメージを共有できるよう、二次元情報を3次元モデルで立体的に示すと共に、データクラウド上で問題点も含めて共有する等、BIM/CIMによる管理を進める。

また地元利用者に対し、具体的な効果を理解して頂くよう、アンケートによる点数・数値化やコンジョイント分析で貨幣換算した結果を示す等、工夫を要す。

更に構想など早い段階から関係者が集まり、諸問題を協議しながら進めるコンカレントエンジニアリングを実施することが、工期短縮に向けて有効である。

令和3年度 建設部門 鋼構造及びコンクリート 問題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、鋼構造及びコンクリート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。

(1) 予防保全型メンテナンスの課題

全国約72万の道路橋梁では、建設後50年の施設・割合が2019年の27%から2029年で52%に急増する等、一斉の老朽化と維持・補修費の上昇が見込まれる。

上記問題に対し、計画的な維持管理とコスト縮減・平準化を目的とした予防保全型メンテナンスの推進に向けては、人材と技術不足、そして国土交通省等の有効な情報を活用できていないことが課題と考える。

①人材不足～技能労働者の育成と確保

維持管理に携わる技能労働者数はピーク時の約7割であり、その約35%は60歳以上に対し、30歳未満は10%以下と少なく、担い手の育成・確保は必須である。

また全国橋梁の約70%を管理する市区町村では、ここ13年で土木職員が14%も減少している等、発注者側における人材不足も深刻な状況である。

②技術不足～専門知識と技術の体系化の推進

社会インフラの維持管理・更新に関する取組みについて、我が国ではインフラ長寿命化基本計画(2013)から約10年程度と、欧米等に対し比較的歴史が浅い。

筐子トンネルの天井板落下事故では、目視が困難で打音検査を怠るといった問題が明らかとなる等、当該対策に向けた専門知識と技術の体系化が必要である。

③インフラデータプラットフォームの活用・推進

効率的な維持管理の実現に向けて、全国の代表的な道路橋梁の建設年度や鋼材・構造特性といった諸元の

他、地盤等の地域特性が把握・可能な「国土交通インフラデータプラットフォーム」の活用は欠かせない。

道路河川空間の光ファイバーを生かし、100Gbpsによる5G受送信環境を整備する等、民間データとの共有と検索機能の強化など高度化・高精度化を実現する。

(2) 最も重要と考える課題

①人材不足～技能労働者の育成と確保が重要な課題と考え、複数の解決策を述べる。

①建設キャリアアップシステム (CCUS) の活用

優秀な担い手と人材の確保・育成を目的としたCCUSの導入を促進する。技能者の知識・経験等を適正に評価・登録し、IoTで幅広く可視化することで、個々の資質向上とそれに見合った賃金の支払い等、処遇改善と建設業のイメージアップが期待できる。

②地域維持型契約方式の導入

地方の社会インフラの維持管理など重要な役割を担う中小建設業では、1/4が非正規雇用者である等、安定的な人材確保が困難である。維持管理など利益が見込めない小ロットでの発注を改め、経営基盤の安定化と地域の実情を見込んだロットの大型化を検討する。

③発注者支援型CM方式の積極的な導入

上記CM方式を導入し、要求水準書の作成や工程計画の立案といった発注者業務の一部を支援する。また入札時の契約条件として、鋼材非破壊試験における専門家の同行を明示する等の発注者支援策を検討する。

④高度な点検・診断技術など情報技術の活用

人材・技術不足の解消の他、プラットフォームの構築に向けても UAV・無人調査ロボットや IC タグ・センサーなど ICT を活用した技術の開発は欠かせない。

ウェアラブルカメラによる鉄筋検査・監督など遠隔臨場の実施は、移動時間の削減の他、多様な人材によるコミュニケーションのツールとしても期待できる。

(3) 新たに生じるリスクと対策

(3)-1. 新たに生じるリスク

発注者支援、並びに地域優先型の契約は、発注者と地元中小建設業との馴れ合い、癒着が生じやすく、転職に有利な CCUS は優秀な人材が都会に流出する等のリスクがある。更に情報技術に過度に依存した建設業務の推進は、現場を知らない未熟な技術者を育ててしまう可能性が無いとは言えない。

(3)-2. リスクへの対策

鋼構造の補修設計では、未熟な技術者の失敗として、新たな材片の追加が既設構造物と干渉する等、手戻り発生事例が多い。工期の初期において後工程も含めた集中的な検討・照査を関係者一同で実施する等、フロントローディングの考えを実行する必要がある。

癒着等の防止では、専門技術の役割分担と照査機能を担う地域維持型 JV 制度を活用すること。人材の流出防止では、長時間労働の解消など働き方改革の他、教育や福祉等と連携した支援の充実が必要と考える。

株式会社ホクスイ設計コンサル

〒060-0806

札幌市北区北6条西9丁目2番地

☎ 011-737-6232 (本社／営業部)

FAX 011-708-5286