

# 序

我が国の社会基盤施設は、戦後復興から高度経済成長期を経て今日まで大量に建設され、膨大なストック量となっている。また、社会基盤施設のストックは、建設後50年を超える施設の割合が増加し、高齢化が顕著となってきている。これら社会基盤施設を取り巻く環境は、海外においても例のない急速な少子高齢化社会の到来によって財政面や使用面などで大きく変化し、供用している施設を如何に適切に効率的に管理・運営し、更新するかが求められている。しかし、国内外の社会基盤施設においては近年、維持管理が問題視される重大な事故が多発し、社会的にも大きな問題となっている。例えば、米国・ミネアポリスの高速道路橋の崩落事故、木曾川大橋鋼斜材破断事故や中央自動車道・笹子トンネル天井版落下事故などである。国内外の社会基盤施設に関する重大事故発生を受け、国は2014年4月に「社会資本整備審議会・道路分科会」を設置、『最後の警告—今すぐ本格的なメンテナンスに舵を切れ』と、今後のメンテナンスのあり方について厳しい提言を受けた。厳しい提言を受け、国は「社会基盤施設の老朽化が進む中で、国民の命を守る観点から、社会資本の戦略的な維持管理・更新を推進することが必要である。」とし、維持管理の重要性を示した。その後、国や地方公共団体等が一丸となってインフラの戦略的な維持管理・更新等を推進するために必要な『インフラ長寿命化基本計画』を策定、社会基盤施設の維持管理・更新等を着実に推進するための中長期的な取組の方向性を明らかにする『インフラ長寿命化行動計画』を策定、適切なメンテナンスサイクル確立に向けて取り組む姿勢を打ち出した。

一般社団法人日本鋼構造協会は、国内外の社会基盤施設に関する維持管理の重要性が認識される社会の流れに対応するべく、2003年に大学、官庁、民間の有識者からなる委員会を組織し、社会基盤施設、特に鋼構造物に関する点検・診断、補修・補強技術などの専門技術を取り纏める本書の編集作業を行うとともに、専門技術者の育成を目的に行う講習会及び専門技術者の認定を目的とした資格試験の実施などを統括する“土木鋼構造診断士・診断士補資格制度”を2005年に発足させた。

土木鋼構造診断士とは、土木構造物の点検・健全度診断・補修・補強技術など維持管理全般に係る広い知見を有し、鋼及びコンクリート構造物に発生する様々な変状に対し適切判断と措置ができる専門技術者である。また、土木鋼構造診断士補とは、土木構造物に関する知見は土木鋼構造診断士には及ばないものの、発生する変状に対する想像力と判断力に優れ、点検する技量を備え、緊急時の判断を適切に行うことができる専門技術者である。土木鋼構造診断士と土木鋼構造診断士補が車の両輪のように機能することは、構造物の点検・診断および補修・補強、更新業務の信頼性を高め、国民に安全・安心を提供し、専門技術者の社会的認知度が上昇することにもなる。時代は、ICT技術によって大きな転換期を迎えている。無人飛行機（UAV、ドローン）やロボット、高機能撮影機などの機械的な点検機器、構造物の変状を数値等で捉える種々なセンサーやシステム、多くのデータを分析するデータマイニング技術やAI技術など最先端の技術を使いこなし、適切な判断を下すのは、やはり専門技術者である。当協会は、“土木鋼構造診断士・診断士補資格制度”によって、ICT技術や土木技術以外の種々分野が持つ有益な技術とのコラボレーションを進めることによって新たな時代に対応し、それらを使いこなすことを求められている専門技術者に技術を習得する研鑽の場を提供し、適切に対応する専門技術者の育成、継続教育体制を確立することを目指している。また、このような活動を通じて、貴重な社会基盤施設の健全性が保たれるばかりでなく、土木鋼構造診断士・診断士補の存在が社会から強く認知されるものと確信している。

本書は、土木鋼構造診断士・診断士補が激動する社会において十分機能し、役割を全うするために先に示した必要不可欠な知識と専門技術を取りまとめたものである。各章には、維持管理の基本、点検及び調査、健全性診断や維持管理、補修・補強、更新に関する技術だけでなく、構造物に使われる材料、構造、設計・施工やマネジメント等に関する基礎的な技術や ICT を含めた最新の知見、国内外の情報も紹介し、解説している。

また、本書は、土木鋼構造診断士・診断士補資格の取得を目指す技術者だけでなく、当該分野に興味があり、種々な専門技術を身につけたい、知りたいと思われる方々にも十分役立つ最新の専門技術書であると確信している。

本書は 2005 年に取りまとめて発刊して以来、4 度の改定を経て今回が 5 度目となる。今回改訂の趣旨は、最新の知見や技術を取り込むだけでなく、本書を使われる方々がより多くの技術を習得しやすいように、章立てから全面的に見直し、最新の知見を加えるだけでなく、従来の鋼構造物に加え、コンクリート構造物においても点検・診断を適切に行えるように大改訂を行った。本書が、社会基盤施設に関連する技術者に有意義な知識と最新の情報を提供するとともに、社会基盤施設の構造物を効率的・効果的に保全し、更新する技術の発展に寄与することを期待するものである。

最後になったが、本書の作成、改定にご尽力いただいた執筆者の皆様、特別委員会、専門委員会の方々、事務局の方々に厚く御礼申し上げます。

2017 年 4 月

一般社団法人 日本鋼構造協会  
土木鋼構造診断士専門委員会  
委員長 高木 千太郎

## はじめに

社会基盤施設の安全性や使用性を考えると供用開始後の維持管理に求められる役割は非常に高い。社会基盤施設が供用期間中に受ける様々な環境条件の中においては、地震などの想定を超えるような作用荷重や、潜在的に僅かではあるが微細に損傷が広がるような荷重条件や材料強度の劣化などがあり、これらが施設の安全性や使用性に大きな影響を与えることになる。このような厳しい環境下に置かれている社会基盤施設に対し現状では、変状が発生する前にそれを確実に予測することは困難と言える。供用している社会基盤施設に適切な点検や診断を行わないと、時として悲惨な重大事故を招く結果となる。例えば、2012年（平成24年）12月に発生した中央道・笹子トンネル天井板落下事故や2007年（平成19年）8月の米国・ミネアポリス I-39W 高速道路橋崩落事故などがある。しかし、近年の維持管理に関する技術開発や関連する研究開発を行ってきた成果が活かされれば、供用開始後に行われる点検において損傷の兆候を見つけることは、近い将来かなりの精度で可能な状況となると期待している。社会基盤施設の事故によって維持管理の必要性が社会に認識された近年、国は社会基盤施設に対する定期的な点検を法によって規定したが、点検・診断の重要性を真に理解している技術者は多くはいない。これまでに発生した供用している社会基盤施設に関連するこのような事故の多くは、点検・診断を含む維持管理行為の中でその兆候を見出すことが

でき、適切に措置を行っていたならば、未然に防ぐことができたに違いない。供用を開始した社会基盤施設の安全性及び使用性については、構造物の大型化、構造形式や使用材料の多様化によって、行われる維持管理の内容も複雑化、高度化している。しかし、維持管理の「要」となる点検・診断に関して如何に機械化やICT化が進もうと、最終的には人間の判断や評価が不可欠と言える。ところが重要なキーポイントである人間の判断には、ヒューマンエラーが常について回る。これまで行われた点検・診断の過程や結果を調べると、これら業務が物を造る業務と異なっていることや、専門技術者としての社会的な評価が低いことなどから、担当技術者の取り組み意欲が低く、真剣さが感じられない場面が多く見られた。その結果、損傷の見落とし・見逃しが起こっているようである。これら人間の錯誤や緩慢を起因とするヒューマンエラー発生を抑えるためには、意識フェーズの低下を抑える必要がある。そのためには維持管理の重要性を点検・診断を行う専門技術者が十分認識すると共に、社会が専門技術者を信頼し、評価することが必要である。本書は、社会基盤施設の維持管理に必要な種々な技術のエキスをコンパクトに、また、分かり易く取り纏めた技術書である。多くの方々が、本書に記述されている内容や示唆している本旨を理解され、安全・安心を実感できる環境の構築に役立つことを期待して止まない。

## 土木鋼構造診断士、診断士補の役割

供用している社会基盤施設の多くは、材料、構造、設計、施工などが異なり、オーダーメイドの製品と言っても過言ではない。さらに、社会基盤施設建設後の供用は、北は北海道、南は沖縄まで温度、湿度、飛来塩分や凍結防止剤散布、作用荷重など異なった環境下となっている。また、建設年次も違うことから、社会基盤施設を適切に維持管理、補修・補強、更新することは容易ではない。ここに示した多種多様な社会基盤施設が持てる機

能や性能を十分に発揮し、変化する環境に対応できるような施設の現況を点検・診断し、必要な措置を選別、決定するのが土木鋼構造診断士である。土木鋼構造診断士は、名称こそ鋼構造に特化した専門技術者と捉えがちであるが、鋼構造を基盤として他の材料、例えば、コンクリートなどにも十分対応できる専門技術者であることを忘れてはならない。

次に土木鋼構造診断士補は、先に示した土木鋼

構造診断士の補助的な立場の専門技術者ではなく、社会基盤施設の健全性や損傷程度を適切に点検（検査）することが求められる技術者である。点検は、その後行う診断や措置決定に大きな影響を与えることから、点検が十分でなければその後の診断や措置も誤ったものとなる可能性が大である。また、社会基盤施設の点検を行うことは、点検時

に対象施設に変状が発見された場合、咄嗟の判断で供用の規制や中止、第三者被害防止措置の決定を行わなくてはならない。ここに示す重要な対応も土木鋼構造診断士補に求められている。以上が、土木鋼構造診断士及び土木鋼構造診断士補の役割である。

## 本文の構成

本書は、2005年の発刊以来、4度の改定を経て、今回、内容と構成の大幅な見直しを行い、鋼構造物の点検・診断を行う上での基本的な事項、点検・診断と補修・補強の概要、および鋼構造物の形式ごとの点検・診断と補修・補強の実際を解説した以下の3部から構成される。

- 土木鋼構造物の基本（第1章から第5章）
- 土木鋼構造物の点検・診断と補修・補強の概要（第6章から第11章）
- 土木鋼構造物の点検・診断と補修・補強の実際（第12章から第15章）

「土木鋼構造物の基本」は5章で構成され、土木鋼構造物の点検・診断を行う上で必要な基礎知識として、鋼構造の歴史、鋼材・コンクリートその他の材料を解説している。また、鋼構造物の耐久性に影響を与える腐食と疲労に関する健全度を理解する上で基礎となる防食法と接合方法を解説している。

「土木鋼構造物の点検・診断と補修・補強の概要」は6章で構成され、土木鋼構造物全般に共通する点検・診断と補修・補強の概要を解説し、鋼構造物の主要な損傷原因である腐食、疲労、変位・変形の発生要因、点検・診断と補修・補強の考え方の解説、損傷の点検・診断のための各種の測定と計測方法の紹介を行っている。また、土木鋼構造診断士・診断士補として必要なコンクリート構造に関する知識として、コンクリート構造および床版の劣化、損傷原因とその点検・診断、補修・補強の基本を解説している。

「土木鋼構造物の点検・診断と補修・補強の実際」は4章で構成され、鋼道路橋、鋼鉄道橋、港湾鋼構造物および水力鋼構造物の個々の鋼構造物の点検・診断を行う上での基礎知識、維持管理方針、点検・診断と補修・補強の事例を紹介している。

なお、本書は経年に伴う腐食、疲労などの劣化の他に地震などの自然災害による被災と復旧の考え方も紹介している。

## 用語の定義

土木鋼構造物の点検・診断に関連した重要な用語、および構造物や分野により使い方の異なる用語について、本書内での定義を以下に示す。

### 【機能・性能】

- 機能：構造物の役割や定量化されない性質。
- 性能：構造物の能力や定量化可能な性質。

### 【調査・点検】

- 調査：状態や保有性能を明確にするために調べること。

- 踏査：実際に構造物のある場所へ行って調べること。
- 点検：構造物の損傷の有無やその程度および原因に関する情報を得ること。
- 検査：鉄道構造物を調査し、健全度を評価すること。狭義には点検、診断と同義。
- 測定：ある量を決められた基準と比較して数値化すること。
- 計測：ある目的を達成するために量を把握すること。

- モニタリング：構造物の性能評価を行うために、構造の状態や構造への作用を、観察もしくは測定することであり、得られたデータの分析・評価も含む。なお、載荷実験なども含む。

#### 【診断・評価】

- 診断：点検により得られた構造物の状態に基づき、その構造物の要求性能に対して、現時点および将来の状態を予測、判断すること。
- 損傷：時間の経過を伴って進行した劣化、地震などの自然災害や車両衝突、火災などのアクシデントにより生じた被災による機能低下や性能低下の総称。
- 劣化：狭義には腐食のような外力の作用なしに、時間の経過と共に進行する変状。広義には外力の有無に関係なく、時間の経過と共に進行する変状も含まれる。
- 被災：地震などの自然災害や、車両衝突、火災などのアクシデントにより生じた変状。
- 変状：健全な状態とは異なる状態。
- 健全度：構造物に定められた要求性能に対し、

当該鋼構造物が保有する健全さの程度。

- 被災度：応急復旧の要否の判定、および本復旧までの短期間の耐荷力、走行安全性などを判定する指標。

#### 【対応・対策】

- 補修：当初の性能に状態を戻すこと。
- 補強：当初の性能よりも高い状態とすること。
- 応急復旧：地震などの自然災害やアクシデントにより生じた構造物の機能や性能低下を、応急的に復旧するために行う対策。
- 本復旧：地震などの自然災害やアクシデントにより生じた構造物の機能や性能低下を、恒久的に本来の機能・性能に回復するために行う対策。

#### 【その他】

- 供用：構造物を使用に供すること。
- アルカリ骨材反応：コンクリート中の骨材に含まれるシリカ成分がアルカリ性の水溶液と反応して膨張し、コンクリートにひび割れを生じさせる反応。狭義にはアルカリシリカ反応（ASR）と同義。