

土木鋼構造診断士・診断士補講習会

第1章 点検・診断の概要

首都高速道路株式会社
若林 登

はじめに

社会基盤施設を取り巻く状況

(橋梁、水門、鉄塔、…)

高度経済成長期の大量建設から40～50年経過

- ・ストックの増大
- ・供用期間の長い施設の増加(高齢化)
- ・要求性能の変化(車両大型化、耐震)

劣化損傷の危険性が高まっている…

国内、海外の重大損傷・事故

木曾川大橋(国道23号)のトラス斜材の破断
(2007年)

山添橋(国道25号)の主桁ウェブの疲労き裂
(2006年)

米国ミネソタ州の鋼トラス橋の崩壊
(2007年)

道路橋の予防保全に向けた有識者会議 (2007～2008年)

道路橋保全の現状

- ・見ない (技術力・財源・技術者の不足)
- ・見過ごし(確認しにくい、発見しにくい)
- ・先送り (補修補強が遅れがち)

↓ 放置すると…

重大事故につながる危険な橋の増大

→人命の危険、社会的損失(通行規制)、膨大な費用

⇒ 早急な対応が必要

道路橋の予防保全に向けた有識者会議

早期発見・早期対策の予防保全システム

↓ 5つの方策を提言

1. 点検の制度化
(すべての道路橋で点検を実施)
2. 点検及び診断の信頼性確保
(技術基準、資格制度、人材育成を充実)
3. 技術開発の推進
4. 技術拠点の整備
5. データベースの構築と活用

(鋼構造物の)点検・診断の重要性

これまでの維持管理

…対症療法型管理(壊れたら直す)

↓ 予防保全型へ(早期発見・早期対策)

点検・診断がますます重要に

- ◆ 維持管理の出発点
点検→診断→措置(補修・補強)→…
- ◆ 安全性、使用性、耐久性を確保する上で必要不可欠

1.1.2 点検とは？

2ページ

点検: 必要な項目について一つ一つ検査すること



目視、必要な機材により調査して対象構造物の変状の有無や規模を把握すること

(医者が人を診察)

1.1.2 診断とは？

2ページ

診断: 診断士(専門家)が鋼構造物を点検、調査し健全度を判断すること



その構造物が求められている性能に対し、現時点から次の点検時期までの状態を予測、判断すること
【詳細については、第8章～第11章参照】

(医者が症状、疾患を判断)

1.1.2 診断の一例

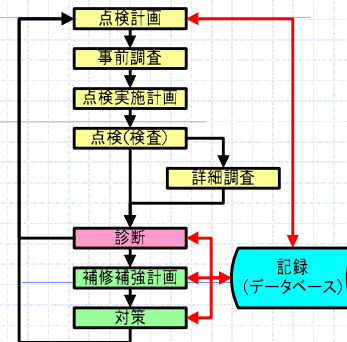
参考

- ・損傷がない。
- ・損傷が軽微で記録のみか、追跡調査にとどめる程度。
- ・軽微な損傷であるが対策が必要である。
- ・重大な損傷があり、対策が必要である。
- ・損傷が大きく、緊急な対策が必要である。

(治療が必要か、手術が必要か…)

1.2 点検・診断の流れ

2ページ



1.3 診断士とは？

3ページ

診断士: 鋼構造物を維持するため、**高度な専門能力**によって点検・診断の実施、指導を行う。

↓ 診断士に必要な技術や経験

- ・鋼構造物の設計、施工に関する知識
- ・損傷の種類や原因に対する知識
- ・各調査方法に関する知識、現地で実施、指導する技術
- ・補修・補強に関する知識
- ・現地での点検および調査経験
- ・維持管理技術全般の知識

1.3 診断士補とは？

3ページ

診断士補: 診断士となるための能力や技術を習得する。

⊕ 診断士の補助を行う。

1.3 診断士・診断士補の責任

3ページ

- ① 公共の安全性と信頼の確保
- ② 公共投資の保護
- ③ 鋼構造物の点検・診断への支援
- ④ 鋼構造物の正しい点検診断記録の提供

1.4 点検・診断の注意事項

3ページ

正しく効率的に点検・診断を行うために

- ① 十分な事前調査の実施
- ② 適切な点検計画の立案
- ③ 客観的、定量的評価
- ④ 最新技術に基づく適切な記録

1.5 用語の定義

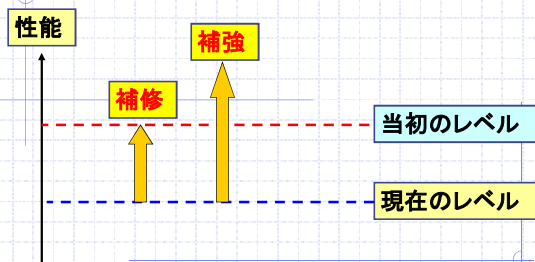
3ページ

補修・補強とは？

- 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

補修・補強の違い

4ページ



耐久性・耐荷性

4ページ

- 耐久性** : 鋼構造物が長く持ちこたえる性能
→ 腐食、疲労
- 耐荷性** : 作用する荷重作用を支える性能
→ 活荷重、地震(耐震性)

1.6 事前調査

4ページ

1.6.1 机上調査

机上調査とは・・・

既存資料に基づいて、点検対象構造物の概要を把握すること

4ページ

机上調査の目的

現地踏査をより効果的かつ効率的に実施

a: 対象構造物の概要を事前把握

b: 点検計画策定の資料収集

c: 診断及び維持管理計画策定のための基礎資料

4ページ

机上調査の対象

竣工図書
(竣工図面、設計計算書及び工事記録等)

管理台帳等

過去の点検結果及び補修補強履歴

4ページ

机上調査の項目

① 構造物の一般事項や構造一般等
(名称、竣工年月、構造形式等)

② 材料、接合方法、防食材料等

③ 周辺環境条件(荷重、腐食環境)

④ 過去の点検、補修補強履歴等

5ページ

1.6.2 現地踏査

現地踏査とは

机上調査では把握しにくい現地の状態を目視等で調査すること

5ページ

現地踏査の目的

a: 点検実施計画策定の資料収集

b: 実際の構造物の状況(損傷劣化、構造形式等)を現地で再確認

6ページ

現地踏査の項目

構造諸元を現地で確認

周辺環境条件の確認(点検方法の選定)

損傷状態の確認(追加調査の必要性)

支障物件の確認

↓

P6 表1.6-2参照

7ページ

1.7点検計画

1.7.1点検の種類


- 初期点検
- 日常点検
- 定期点検
- 臨時(異常時)点検
- 詳細点検

7ページ

点検の種類(その1)

初期点検：供用開始前または供用開始から一定期間後に実施する点検


日常点検：短い間隔で実施する比較的簡易な点検



7ページ

点検の種類(その2)

定期点検：数年に1回程度の頻度で、全ての部材について近接目視、簡易な器具を用いて調査する点検



7ページ

点検の種類(その3)

臨時点検：地震、台風、事故等の直後に、その影響で損傷が発生していないか確認する目的で実施する点検

詳細点検：特別な器具や試験方法を用いて、損傷原因の特定や損傷規模を把握するために実施する点検

8ページ

点検の種類と時期

各管理機関で点検の種類や点検を実施する間隔は異なる。

↓

P8 表1.7-2参照

↓

対象としている構造物の構造、環境条件及び求められる性能により異なる。

8ページ

道路橋(国交省)の場合

初期点検	⇒	供用後2年以内
定期点検	⇒	1回/5年
日常点検	⇒	毎日(巡回車により管理路線を走行しながら実施)

8ページ

臨時点検(異常時点検)

対象となる地震や大雨等が発生した場合で、各管理機関で点検を実施する基準が異なる。

↓

P8 表1.7-3参照

9ページ

詳細点検

定期点検等で発見された損傷の原因や損傷の程度が把握できない場合など

↓

本書5.1、5.2に示すような、

- ・非破壊検査(磁粉探傷試験、超音波板厚測定等)
- ・ひずみ測定や変形測定等

追加で調査される場合が多く、どのような調査を、どのような場所を実施するかは、**鋼構造診断士としての能力を示す機会**

9ページ

1.7.2 点検実施計画

整理する主な項目

- ① 点検方法(梯子、足場、高所作業車等)
- ② 点検項目(点検部位、損傷の種類等)
- ③ 実施体制(有資格者、安全管理等)
- ④ 点検工程
- ⑤ 関係機関協議
- ⑥ 緊急連絡体制

12ページ

1.8.1 点検の姿勢と安全対策

点検の姿勢(心構え)

正確で確実な点検を行うよう心がける

- ① 損傷の見落としがないようにすることや、その程度を正確に把握、記録、報告する
- ② 点検結果に基づいた確かな診断(緊急報告)
- ③ 安全管理

12ページ

点検の安全対策

→対象構造物の供用下での安全確保

- ① 点検者の安全確保
- ② 利用者、第三者に対する安全確保
- ③ 事故発生時の適切な対応

15ページ

1.9 点検・診断の記録

記録する主な項目

- ① 損傷図
- ② 各部材の損傷の種類と損傷程度
- ③ 損傷写真

↓

維持管理計画を策定する上での基礎資料

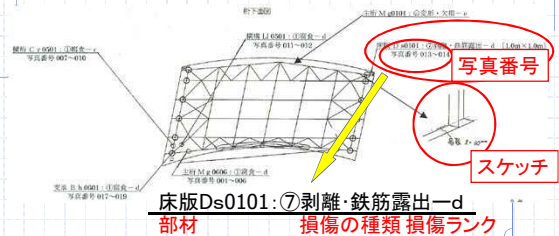
損傷図記録時の留意点

15ページ

- ① 損傷図で対象構造物の損傷状態が把握できるようにする。
- ② 損傷位置、損傷種類、損傷写真を関連付けて示す。
- ③ 必要によりスケッチを追加する。

損傷図の一例(道路橋)

16ページ



損傷写真の一例

17ページ

写真番号	1	密閉番号	1
部材名	橋脚	要素番号	0001
損傷の種類	剥離	損傷程度	中



損傷写真記録時の留意点

17ページ

- ① 損傷内容が把握できるようにする。
- ② 必要に応じ全体的な損傷位置がわかるように撮影距離を変えた2種類の写真(遠景・近景)を示す。
- ③ 必要に応じ説明を追加する。

診断結果の記録

19ページ

- ① 判定結果
- ② 判定の根拠
- ③ 対策に対する方向付け(方針)

あとで第三者が診てもその診断過程や根拠がわかるようにすることが重要

1.10 診断と性能照査

20ページ

診断は、本来は構造物の要求性能と保有性能の差を判断すること。



現在の診断は経験的に判断される場合が多い。



今後、診断においても性能照査に基づく、合理的で総合的な判断が求められる。

診断の基準

20ページ

- ① 損傷が構造物、利用者、第三者の安全性に与える影響
- ② 損傷が構造物の耐荷力に与える影響
- ③ 損傷が構造物の耐久性に与える影響
- ④ 損傷の進行性
 - ・確認された損傷の特性
 - ・前回点検結果、しゅん功時からの進行状況
 - ・周辺環境条件
 - ・追跡点検結果、応力計測等の詳細調査結果

診断結果の代表的な分類

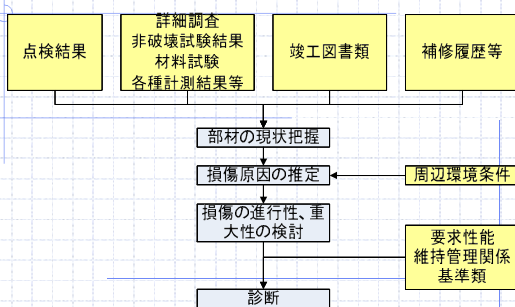
21ページ

表 1.10-1

診断結果	損傷状態	その後の対応
OK	特に損傷がなく、健全な状態にある。	—
I	構造物の耐荷力や耐久性にそれほど影響しないような軽微な損傷である。	記録のみ、追跡調査
II	耐荷力にはほとんど影響はなく、耐久性にも重大な影響を及ぼさない程度の損傷である。	追跡調査、補修・補強
III	耐荷力または耐久性に影響するような損傷が発生している。	補修・補強
IV	緊急に対応しないと構造物の安全性や利用者等の安全に影響を及ぼすような損傷が発生している。	緊急対応、施設利用制限等

診断方法

21ページ



1.10.2 性能設計

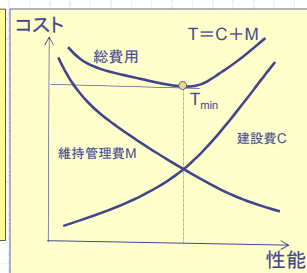
22ページ

- ◆ 公共構造物は、利用者(国民)へのサービスの向上、資源の有効活用を目的
- ◆ それに適合する機能を満足するために必要とされる要求性能を確保する設計

(1) 性能照査型設計の基本

22ページ

- ◆ 構造物が設計供用期間において、LCC(計画、設計、施工、維持管理、更新・再利用の総費用)を最小化し、要求性能を満足する性能を保有することを目的に構造部材、構造物を決定



既設構造物の性能評価

22ページ

- ◆ 本来その構造物の設計段階と同じ性能評価で行うべきものと考えられるが、それまでの作用の履歴や時間経過による種々の劣化・損傷によって抵抗形態が本来と異なる、また作用も設計時と異なる特徴がある。
- ◆ 設定した予測供用期間において、部材・構造物に求められる性能を下回らないように、現在の構造物が保有する抵抗を推定するとともに、実体作用および今後予想される作用を推定し、作用と抵抗を比較することで、補修・補強、更新などの必要性を判定する。

(2) 要求性能

- ◆ 安全性:
想定した作用に対して構造物内外の人命の安全性などを確保する
- ◆ 使用性:
想定した作用に対して構造物の機能を適切に確保する
- ◆ 修復性:
想定した作用に対して適用可能な技術でかつ妥当な経費および期間の範囲で修復を行うことで継続的な使用を可能にする

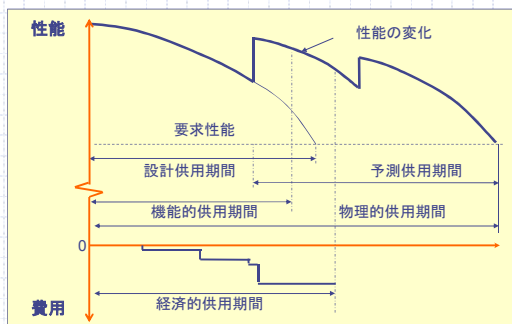
維持管理上はさらに・・・

- ◆ 耐久性
- ◆ 社会・環境適合性

(4) 供用期間

- ◆ 設計供用期間:
 - 構造物および構成部材がその目的とする機能を十分に果たさなければならない期間
 - 当初計画した維持管理の範囲内で、特別な補修をすることなしに構造物が当初の目的のために使用されると設計時に想定される期間
- ◆ 予測供用期間:
 - 現時点における構造物の保有する性能および作用や環境に対して要求性能を確保し、今後さらに寿命を延ばすために、ある信頼性のもとに推定された期間
 - 工学的な手法に基づき、疲労、腐食および材料劣化などの影響により構造物の性能が低下し、限界状態に至ると想定される期間

性能水準と供用期間



橋梁の供用期間

道路橋	本州四国連絡橋	鉄道橋	財務省
100年	100年	60年(在来線) 70年(新幹線)	50年

(5) 要求性能と限界状態

基本性能	要求性能(性能項目例)	限界状態
安全性	構造安全性(耐力、安定性他) 公衆安全性(落下物第三者被害) 耐震性(耐力、安定性)	終局限界
使用性	供用性(走行性、歩行性) 耐久性(疲労、劣化、腐食)	使用限界
修復性	耐震復旧性(地震後の修復性)	修復限界

(6) 照査式

安全性照査

$$\gamma_i \frac{S_d}{R_d} \leq 1 \quad (1.10-1)$$

γ_i : 構造物係数
 S_d : 現有断面力
 R_d : 残存断面耐力

$$S_d = \sum \gamma_a S(F_d) \quad (1.10-2)$$

$$F_d = \gamma_f F_k$$

γ_a : 構造解析係数
 γ_f : 荷重係数
 F_k : 作用の特性値

$$R_d = \frac{R(f_k)}{\gamma_b} \quad (1.10-3)$$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

f_k : 抵抗の特性値
 γ_m : 材料係数
 γ_b : 部材係数

使用性照査

25ページ

$$S_d \leq C$$

(1.10-4)

S_d : 耐久性

- ◆ ひびわれ、腐食、疲労、品質の劣化、施工上の欠陥
- ◆ 使用性
- ◆ 平面、縦横断線形の適否
- ◆ 交通量の適否
- ◆ 有害なたわみ
- ◆ 走行時の衝撃、振動および揺れ、それに伴う騒音、地盤振動
- ◆ 車両走行性の低下(床版の抜け落ちなど)
- ◆ 部材移動、空隙、外観など

C : 使用限界値

1.10.3 性能評価の現状

26ページ

性能評価の困難要因

- ◆ 判断の基礎となる損傷に関する正確な情報を得ることが極めて困難
- ◆ 作用の評価が構造物によって異なる
- ◆ 新材料、新工法を利用する場合、その耐久性評価に未知の要素が多い
- ◆ 新旧の構造部材が混在する
- ◆ 設計・建設の過去の基準の根拠が不明

現状の性能評価

26ページ

- ▶ 部材の性能評価は、点検・診断から得られた部位ごとの評価結果を基に、技術者の経験・主観によって行われている。
- ▶ 構造物本体の破壊に対する安全性の保持が中心となっている。
- ▶ 構造物の立地条件によっては、公衆安全性の確保も重要。

現行での安全性評価方法

26ページ

- ◆ 構造物の調査結果から経験的に(ひび割れの発生位置や方向等)耐力の有無を判断
- ◆ 損傷を考慮した応力解析値と許容応力度の比較により評価する応力度法
- ◆ 荷重載荷試験により測定したたわみ、応力度および固有振動数などから、部材の剛性、荷重分担などを求め、計算値と比較して評価する剛性法

性能評価の今後の課題

27ページ

- ◆ 正確な保有性能の評価方法
- ◆ 構造物全体のリダンダンシーの評価方法
- ◆ 劣化予測の精度向上
- ◆ 新材料、新工法の耐久性評価方法
- ◆ 将来的には、使用性、耐久性、社会・環境適合性などに関しても技術的に評価・検証する方法が必要