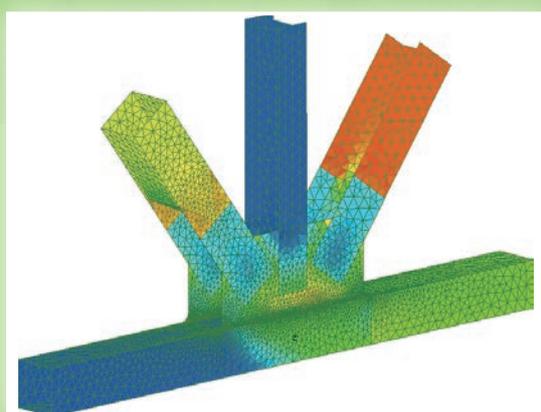
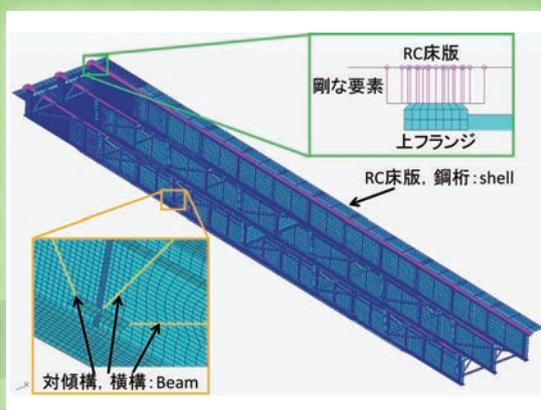


既設鋼構造物の 性能評価・回復のための 構造解析技術



既設鋼構造物の 性能評価・回復のための構造解析技術

Steel Structures Series 32

Structural analysis technology for performance evaluation and recovery of existing steel structures

Edited by

Eiji Iwasaki

Professor

Department of Civil and Environmental Engineering

Nagaoka University of Technology

Published by

Subcommittee of Investigative Research on the Structural analysis technology

for performance evaluation and recovery of existing steel structures

Committee of Steel Structures

Japan Society of Civil Engineers

September, 2019

まえがき

現在、既設鋼構造物の点検・診断における健全度評価や補修・補強方法は、各関係機関の維持管理基準類に基づき判断されている。健全度を評価するための安全性照査方法、補修・補強方法さらには性能回復効果を把握する方法については、個別に検討を実施している場合が多い現状にある。

このとき、既設鋼構造物の状態（作用と抵抗）をできるだけ正確に把握することが重要になる。既設鋼構造物の設計が性能設計体系へ進む場合、部材単位設計から全体構造設計への変更、格子解析による骨組構造解析からより高度な解析手法の適用が求められ、FE解析、幾何学的非線形解析および材料非線形を含めた複合非線形解析の適用など大胆な変化も視野に入れる必要がでてきている。したがって、部材・部位および構造全体系のFEモデル化に関する考え方を示すことも急務である。

そこで、鋼構造物の代表的な劣化損傷である疲労、腐食、変位・変形（地震、火災、洪水、衝突）などに関して、既往の診断・措置事例における健全度評価のための照査方法、さらには補修・補強効果確認方法などの現状を調査し、維持管理の各段階における構造解析技術の活用の実態および問題点を抽出した。また、既設構造物の劣化損傷の性能評価および補修・補強後の回復効果に対する構造解析の適用方法、実測値を利用した解析モデル作成技術および新しい解析技術などをまとめた。

本書にまとめた既設構造物の劣化損傷の性能評価および補修・補強後の回復効果に対する構造解析の適用方法、解析モデル作成技術および新しい解析技術が、既設鋼構造物の点検、診断、補修に携わる技術者の資料として少しでも役立てれば幸いである。

なお、本書の各編各章の執筆担当者は次の通りである。

第Ⅰ編 第1章：谷口 第2章：楊 第3章：谷口 第4章：宮下，穴見，笠野

第5章：谷口，宮下，藤野 第6章：小室，林 第7章：小室，藤野

第Ⅱ編 第1章：三木 第2章：三木 第3章：三木 第4章：笠野 第5章：田井

第6章：穴見 第7章：日向 第8章：加藤，小室 第9章：田巻 第10章：岩崎

第11章：山沢

第Ⅲ編 事例1：谷口，林 事例2：田巻 事例3：岩崎 事例4：林 事例5：加藤

事例6：加藤 事例7：加藤 事例8：加藤 事例9：岩崎

付 録 A：谷口 B：長井 C：紺野

最後に、本小委員会活動に精力的にご支援、ご協力いただいた委員の皆様を始め、関係各位には心よりお礼申し上げます。特に、全体をとりまとめて頂いた山沢哲也 幹事長、谷口 望 幹事には重ねて深く感謝いたします。

2019年9月

土木学会 鋼構造委員会
既設鋼構造物の性能評価と回復のための構造解析技術に関する小委員会
委員長 岩崎英治

土木学会 鋼構造委員会 既設鋼構造物の性能評価と回復のための構造解析技術に関する小委員会

委員構成

委員長	岩崎 英治	長岡技術科学大学
幹事長	山沢 哲也	鹿島建設（株）
幹事	谷口 望	前橋工科大学
委員	青木 康素	阪神高速道路
	穴見 健吾	芝浦工業大学
	笠野 英行	日本大学工学部
	加藤 修	（株）ニューブリッジ
	河合 大輔	（株）ISS
	北野 哲司	名古屋大学
	小室 雅人	室蘭工業大学
	下里 哲弘	琉球大学
	田井 政行	琉球大学
	田巻 嘉彦	川田テクノシステム（株）
	長井 正嗣	長岡技術科学大学
	日向 優裕	川田工業
	藤野 明義	（株）横河技術情報
	三木 英二	（株）横河ブリッジ
	見原 理一	JIP テクノサイエンス（株）
	宮下 剛	長岡技術科学大学
楊 克儉	（株）構造計画研究所	
林 偉偉	早稲田大学	
旧委員	岸本 好弘	（株）ISS
連絡幹事	石井 博典	（株）横河ブリッジホールディングス
執筆協力	北根 安雄	京都大学大学院
	紺野 義仁	（株）ネクスコ東日本エンジニアリング

鋼構造シリーズ 32

既設鋼構造物の性能評価・回復のための構造解析技術

目 次

第 I 編 性能評価のための構造解析技術

1. はじめに	1
2. 調査	3
2.1 設計資料などの調査	3
2.2 目視	10
2.3 寸法調査	10
2.4 簡易な非破壊検査	11
2.5 モニタリングによる調査	12
3. 鋼構造物の損傷事例	13
3.1 鋼構造物の代表的な損傷形式	13
3.2 構造形式ごとの損傷事例	14
4. 損傷状況の評価	26
4.1 残存板厚の測定	26
4.2 疲労き裂の測定	34
5. 解析・検討方法の選択	40
5.1 解析方法のグレーティング	40
5.2 解析方法の選択	40
5.3 解析結果の検証方法	41
5.4 事例の紹介	42
6. モデル化手法	56
6.1 損傷に応じたモデル化	56
6.2 入力値	57
6.3 モデル構築	58
6.4 出力値	62
7. 補修補強方法の検討・評価・確認	64
7.1 補修補強の検討	64
7.2 補修補強の評価・確認	67

第 II 編 FEM による性能評価

1. 腐食損傷した平板, 補剛板の部材性能評価	75
1.1 腐食した引張部材	75
1.2 腐食した板部材(無補剛板)	76
1.3 腐食損傷した補剛板	85

2. 腐食損傷した柱部材の性能評価	90
2.1 海洋環境において腐食した円形鋼管の残存圧縮耐力	90
2.2 腐食した鋼トラス上横構の耐荷力解析	95
2.3 自然腐食した溝形鋼および山形鋼の中心軸圧縮挙動とその強度評価	101
3. 腐食損傷した桁部材の性能評価	107
3.1 腐食減厚を伴う合成 I 桁の残存曲げ耐力	107
3.2 実橋より撤去した鋼桁の曲げ耐力	109
4. 腐食損傷したトラスガセット部の性能評価	117
4.1 格点部の圧縮載荷試験	117
4.2 載荷試験と FEM モデルによる再現解析との整合性の評価	119
5. 腐食損傷した桁端部の性能評価	121
5.1 腐食した腹板のせん断耐荷力評価	121
5.2 腐食した桁端下端部の耐荷力評価	129
6. 疲労損傷の性能評価	135
6.1 疲労耐久性評価のための FEM	135
6.2 発見したき裂の診断に関する FEM	141
6.3 疲労損傷部材の補修・補強効果確認のための FEM	144
7. 変形（衝突）・火災を受けた鋼構造物の性能評価	150
7.1 衝突によって変形した鉄道橋の復旧例	150
7.2 火災によって変形した鋼板桁橋の復旧例	152
8. FEM による全体構造系の性能評価	154
8.1 全体挙動の把握	154
8.2 補修効果の振動形による評価	157
9. 耐震性能の評価	162
9.1 全般	162
9.2 土木鋼構造の不安定現象	162
9.3 脆性的な破壊を防ぐための構造細目	163
9.4 鋼構造物の初期不整の影響	164
9.5 主な耐震解析の解析手法と照査法	165
9.6 部材剛度の設定と部材照査方法	166
9.7 大規模地震時による鋼構造物の被害と今後の課題	169
10. 構造冗長性の評価	171
10.1 はじめに	171
10.2 解析手順と方法	171
10.3 活荷重	172
10.4 部材破断に伴う動的効果	173
10.5 部材照査	176
11. FEM と部材設計	180

11.1 FE 解析を設計に適用する場合に留意すべき事項	180
11.2 公称応力による設計と FEM 応力による設計	181
11.3 3D モデルを起点とした設計法	181

第 III 編 事例集

事例 1. 複合構造化によりリニューアルされた既存鋼鉄道橋に関する構造解析	183
事例 2. トラス橋の耐震計算事例	188
事例 3. 鋼トラス橋の構造冗長性の評価	191
事例 4 鋼 2 主桁橋のリダンダンシー解析	198
事例 5. リダンダンシーの事例 (3 径間連続鋼鈹桁橋)	203
事例 6. 衝突により変形した鈹桁橋の性能評価	205
事例 7. 箱桁支点部の変形・き裂が生じた箱桁橋の性能評価	207
事例 8. ずれ止めのモデル化	209
事例 9. 腐食減肉の生じたトラスガセット部の応力とせん断耐力	211

付録

A. 鉄道における維持管理基準	219
B. アメリカの橋の維持管理設計法—AASHTO LRFR—	222
C. 海外構造物点検 (ドイツの事例)	227