

高精度な数値解析法を用いた  
鋼橋の耐震性能照査に関する調査研究

報告書

2023 年 10 月

土木学会 鋼構造委員会

高精度な数値解析法を用いた鋼橋の耐震性能照査に関する調査研究小委員会

## まえがき

近年、高速道路等の鋼アーチ橋や鋼トラス橋等の耐震補強工事が進んでいる。その中には、レベル 2 地震動による耐震補強設計において、全部材を弾性範囲におさめるために過度な部材の当て板補強を行うことによって、補強後の剛性が高くなりその部材の接合部や周囲の部材さらには支承まで補強範囲が拡大して、結果的に大規模な補強が必要になった事例が見受けられる。全部材を弾性範囲にするためには、当て板補強以外に免振支承や制振ダンパーなどの免振・制振デバイスによる補強方法があるが、構造上そのデバイスの設置が困難な場合やデバイスの使用量を減らすためにも部材の塑性化を許容することは有効である。

このような背景から、構造全体系の耐震性能を十分に評価した上で、主要部材の塑性化を許容させる合理的な耐震性能照査法の確立が望まれている。しかし、現在の耐震補強設計では、その主要部材（例えば、鋼トラス橋の支点部対傾構等）は高架橋の鋼製橋脚のようにエネルギー吸収部材ではないとして塑性化を認めないのが一般的である。2018年に制定された土木学会鋼構造委員会の鋼・合成構造標準示方書〔耐震設計編〕においても、検討が不十分なことから塑性化の許容を見送った。

そこで、その検討をさらに押し進めるために、土木学会鋼構造委員会の中に、高精度な数値解析法を用いた鋼橋の耐震性能照査に関する調査研究小委員会が設置され、2019年11月から2023年6月まで3年半にわたり活動してきた。本委員会では、多くの委員により合計10回の全体委員会開催、そのうち2回は公開実験を伴うなど精力的に委員会活動を行い、実験で検証済みの高精度な数値解析法を用いることによって、鋼アーチ橋や鋼トラス橋の主要部材の塑性化を許容させ、合理的な耐震補強設計が可能であることを提案してきた。さらに、本提案に従った具体的な解析例も提示してきた。本報告書は、本委員会にて検討してきたこれらの成果を取りまとめたものである。

最後に、本委員会において熱心に活動いただいた委員の皆様、さらに、委員長の不手際から委員会活動期間終了後も本報告書を執筆していただいた委員の皆様に対して、この場をお借りして心よりお礼申し上げます。さらに、委員会運営にご協力いただいた佐野幹事長と服部連絡幹事に重ねて厚くお礼申し上げます。

2023年10月

土木学会 鋼構造委員会  
高精度な数値解析法を用いた鋼橋の耐震性能照査に関する調査研究小委員会  
委員長 野中哲也

高精度な数値解析法を用いた鋼橋の耐震性能照査に関する調査研究小委員会  
委員構成（50音順，敬称略）

委員長 野中 哲也（名古屋工業大学）  
幹事長 佐野 泰如（横河ブリッジ）  
連絡幹事 服部 雅史（高速道路総合技術研究所）

委 員

石川 義樹	（八千代エンジニアリング）	石丸 理絵	（パシフィックコンサルタンツ）
岡田 誠司	（IHI インフラシステム）	奥村 徹	（九州産業大学）
小野 潔	（早稲田大学）	金治 英貞	（阪神高速道路）
金田 遥	（中日本高速道路）	川西 直樹	（豊田高専）
岸 祐介	（東京都立大学）	木下 幸治	（岐阜大学）
児嶋 基成	（NEXCO 西日本コンサルタンツ）	佐藤 崇	（JFE エンジニアリング）
佐藤 雄亮	（電力中央研究所）	塩畑 英俊	（東日本高速道路）
清水 優	（名古屋大学）	鈴木 森晶	（愛知工業大学）
鷺見 高典	（名古屋高速道路）	田中 賢太	（長大）
徳橋 亮治	（大日本コンサルタント）	富 健一	（長大）
豊岡 亮洋	（東日本旅客鉄道）	中谷 隆生	（NEXCO 西日本コンサルタンツ）
永谷 秀樹	（宮地エンジニアリング）	中村 真貴	（地震工学研究開発センター）
橋本 国太郎	（神戸大学）	馬越 一也	（地震工学研究開発センター）
松下 裕明	（日立造船）	松村 政秀	（熊本大学）
宮下 剛	（長岡技術科学大学）	宮田 秀太	（大日本コンサルタント）
森下 宣明	（名古屋高速道路）	山口 栄輝	（九州工業大学）
渡邊 学歩	（山口大学）		

旧連絡幹事 後藤 俊吾（高速道路総合技術研究所）

旧委員 舘石 和雄（名古屋大学）

速水 景（川田工業）

オブザーバー 嶋口 儀之（愛知工業大学）

平山 博（大日本コンサルタント）

山田 忠信（IHI インフラシステム）

田嶋 仁志（IHI インフラシステム）

深谷 茂広（長大）

2023年6月時点

## 執筆者一覧

### 第1章 はじめに

野中 哲也

### 第2章 鋼材の材料構成則

野中 哲也

### 第3章 鋼橋の解析モデル

野中 哲也, 馬越 一也

### 第4章 実験およびモデル検証

山田 忠信, 奥村 徹, 野中 哲也, 中村 真貴

### 第5章 耐震性能照査法

奥村 徹, 馬越 一也, 野中 哲也

### 第6章 基本モデル橋の解析例

馬越 一也, 宮田 秀太

### 第7章 実在モデル橋の解析例

塩畑 英俊, 金田 遥, 野中 哲也, 松下 裕明, 石川 義樹, 富 健一, 石丸 理絵,  
中谷 隆生, 児嶋 基成

### 第8章 超過地震作用への対応

徳橋 亮治, 奥村 徹

### 第9章 本委員会の話題提供

橋本 国太郎, 清水 優

## 目次

第1章	はじめに	1
第2章	鋼材の材料構成則	2
第3章	鋼橋の解析モデル	17
第4章	実験およびモデル検証	27
4.1	鋼トラス橋におけるブレース材パネルの実験およびモデル検証	27
4.2	鋼アーチ橋におけるブレース材パネルの実験およびモデル検証	42
4.3	鋼アーチ橋における端柱の地震時崩壊挙動を対象とした振動台実験とその再現解析	60
4.4	鋼アーチ橋における箱形断面支柱の耐震性能および鉛直支持力の実験的検討	66
4.5	下弦材破断による鋼トラス橋崩壊実験および再現解析	72
第5章	耐震性能照査法	86
5.1	現学会示方書の耐震性能照査法の概要	86
5.2	現学会示方書の耐震性能照査法の改良	96
5.3	フルシェルモデルを用いた Pushover 解析による構造全体系の安全性照査	99
第6章	基本モデル橋の解析例	111
6.1	鋼トラス橋	111
6.2	鋼アーチ橋	121
第7章	実在モデル橋の解析例	138
7.1	解析方針と実務詳細モデル	138
7.2	津軽橋（上路式鋼アーチ橋）	145
7.3	皆瀬川橋（上路式鋼アーチ橋）	173
7.4	太田切川橋（上路式鋼アーチ橋）	201
7.5	入沢川橋（上路式鋼トラス橋）	240
7.6	入野橋（上路式鋼トラス橋）	265
7.7	畑沢橋（上路式鋼トラス橋）	287
第8章	超過地震作用への対応	310
8.1	CFT 柱，ゴム支承を有する高架橋の崩壊制御設計	310
8.2	超過地震作用時における鋼製骨組の崩壊性状に関する一考察	323
第9章	本委員会の話題提供	332
9.1	高力ボルト摩擦接合継手の限界状態	332
9.2	鋼構造物の溶接部における低サイクル疲労評価の現状	344