

鋼構造のインターフェースストラクチャの
有限要素モデル化に関する調査研究

報告書

令和元年9月

土木学会 鋼構造委員会

鋼構造のインターフェースストラクチャの
有限要素モデル化に関する調査研究小委員会

まえがき

人口減少の時代を迎えようとしている我が国において、社会資本の整備・維持管理は今後ますます合理化が望まれている。橋梁においては、特に構造そのものの合理化に加え、維持管理の合理化に向けた様々な工夫・ブレイクスルーが求められている。既設構造物においても、現地の様々な環境・制約の中で補修・補強を効率よく行うことが求められる。

構造物の合理化・効率化のための技術開発において、数値シミュレーション、とりわけ有限要素法の果たす役割は近年ますます大きくなっている。有限要素法は、20世紀半ばに Courant や Clough らによって提案され、半世紀以上経過した今なお構造解析の主要な方法である。これは、要素と呼ばれる小領域における区分近似を導入したことで、任意形状を取り扱うことができたことが一つの要因である。計算機の能力の向上、CAD データからの解析モデル作成および解析結果の可視化のためのプリポストプロセッサを含む商用・非商用の汎用コードの開発により、有限要素解析は技術開発・設計の現場に広く浸透した。

線形の有限要素解析においては、形状データを準備し境界条件を適切に設定すれば必ず解が得られる。ただし、この解はあくまでも離散化された問題の解、すなわち元の連続体の問題の近似解である。したがって、元の連続体の問題に角点や集中荷重作用点のような特異点を含むような場合でも、有界なひずみや応力が唯一解として得られるために解析者が特異点を見逃す可能性がある。本報告書は鋼構造のインターフェースストラクチャ、すなわち、異なる部材の接合部や異種材料の界面のような、力の伝達の複雑な問題を対象としているため、解析モデルの作成と解析結果の評価にはより一層の注意が必要な場合が多い。さらに、複数部材や異種材料の付着・接触・摩擦といった現象は、基本的に非線形性を有することに加え、標準的な有限要素法では再現できないため、利用している汎用コード特有の機能を用いることになる。接触問題の有限要素解析については技術者向けの平易な成書もなかなかないために、汎用コードのマニュアルを頼りに利用されるのではないかと想像する。

鋼構造物は、非常に多くの材料・材片を接合して作られるものであり、そのような意味では多くのインターフェースを内在する。解析の目的・範囲によって、一体化されたものとしてモデル化してよいインターフェースと、そうでないインターフェースを判断しなくてはならない。さらに、一体化を前提としないインターフェースストラクチャの挙動を正しく解析し理解するためには、モデル化する必要がある現象を正しく選択し、それを正しくモデル化する必要がある。それだけに、解析者の裁量によるところが大きくなるわけであるが、技術者や研究者によってこれまで培われてきたノウハウが大いに参考になると考えた。そこで、土木学会鋼構造委員会の「鋼構造のインターフェースストラクチャの有限要素モデル化に関する調査研究小委員会」で国内外においてインターフェースストラクチャがどのようにモデル化・解析され、どのような結果・知見が得られたかについて文献調査を行った。本書は当該委員会による2年間の調査・議論を通じた活動の成果を取りまとめたものである。

一体化を前提とできないインターフェースストラクチャを扱うことになった技術者・研究者が、モデル化すべき現象を選択し、そのモデル化の方法を検討する際に、本書がその一助となれば幸いである。その結果、鋼構造物の設計・維持管理・補修補強の合理化のための技術革新を後押しすることができれば望外の喜びである。

最後になりましたが、本務にご多忙な中で本小委員会において熱心にご活動いただき、本書の執筆にご尽力いただきました委員の皆様がこの場をお借りして心より御礼申し上げます。さらに、委員会運営および本書のとりまとめに献身的にご協力いただきました石井博典幹事長と荒川淳平氏に重ねて厚く御礼申し上げます。

平成31年2月

土木学会鋼構造委員会

鋼構造のインターフェースストラクチャの有限要素モデル化に関する調査研究小委員会

委員長 齊木 功 (東北大学)

土木学会 鋼構造委員会 鋼構造のインターフェースストラクチャの有限要素モデル化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	斉木 功	東北大学
幹事長	石井 博典	(株) 横河ブリッジホールディングス
委員	荒川 淳平	(株) 横河ブリッジホールディングス
	岩坪 要	熊本高等専門学校
	北村 耕一	(株) IHI インフラシステム
	木下 幸治	岐阜大学
	柴藤 勝也	(一社) 日本建設機械施工協会
	下峠 康宏	(株) 建設技術研究所
	高橋 雅裕	(株) 長大
	田島 文彦	伊藤忠テクノソリューションズ (株)
	田村 洋	横浜国立大学
	藤原 慎二	(株) オリエンタルコンサルタンツ
	八木 和也	(株) 横河技術情報
	山田 真幸	東北工業大学
	旧委員	葛西 昭
北川 慶祐		東京都
内藤 英樹		東北大学
連絡幹事	松本晋太郎	(株) ドーコン
	刑部 清次	(株) 長大

令和元年 9 月時点

目次

1. はじめに.....	1
2. 鋼構造のインターフェースストラクチャの概要.....	2
3. 鋼構造のインターフェースストラクチャの FEM モデル化.....	7
3.1 鋼とコンクリートの接合部.....	7
3.2 高力ボルト継手部.....	47
3.3 支承部, 落橋防止構造.....	58
3.4 接着接合.....	69
事例編 1 : 鋼とコンクリートの接合部.....	80
事例編 2 : 高力ボルト継手部.....	176
事例編 3 : 支承部, 落橋防止構造.....	200
事例編 4 : 接着接合.....	222