

鋼構造の未来戦略を探る

— 鋼構造未来戦略小委員会2020年度活動報告(アンケート調査・技術トレンド調査)

中村 一史 一般社団法人日本鋼構造協会 鋼構造未来戦略小委員会

1 はじめに

(一社)日本鋼構造協会(以下、JSSC)の第9次中期3カ年計画(2020~2022年度)では、鋼構造の輝きを将来にわたって持続させるための重点課題として、研究・開発や事業の新しいアイデアを創出する「企画機能の強化」を挙げている。メーカー、エンドユーザー、研究者が一体となったJSSCの組織の強みを生かし、鋼構造のシンクタンクとして、「所与の課題を解決する能力」のみならず、「課題そのものを設定する能力」を磨き、取り組むことが求められている。

このような戦略立案を専門に、かつ継続的に検討するため、2020年度より運営委員会の傘下に「鋼構造未来戦略小委員会」が新たに設置された。我々を取り巻く環境をつぶさに分析しながら、短期的な喫緊の課題だけでなく、中長期的な視座で鋼構造の「あ

るべき姿」を議論し技術戦略を立案するとともに、若手後継者に対して夢のある未来を提示することを目的とした活動を展開している。

本小委員会の初年度となる2020年度は、現状分析から着手した。まず、JSSC会員に対して、鋼構造のニーズ・シーズに関するアンケート調査を実施した。会員から寄せられた回答について、JSSCの研究小委員会での実施・計画状況を踏まえながら分析を行い、当委員会で取り扱うテーマの絞り込みを実施中である。

並行して、鋼構造の技術トレンドを把握するため、学術論文、建設関連企業の中期経営計画、土研・建研・学協会・関連団体等の主要研究テーマ・助成テーマを対象とする文献調査を行い、過去10年程度の研究開発の系譜を整理するとともに残課題を抽出した。

本稿では、現状分析の中間報告の

位置付けで、ニーズ・シーズに関するアンケート調査および技術トレンド調査の概要と分析の進捗について報告する。

2 ニーズ・シーズに関するアンケート調査

2.1 アンケートの依頼先と回答状況

鋼構造未来戦略小委員会では、鋼構造のニーズ・シーズに関してJSSC会員の意見を広くヒアリングし、今後の活動に反映させるため、アンケート調査を2020年7月から8月にかけて実施した。

アンケートの依頼先と回答状況を表1に示す。なお、企業会員(第1種正会員)に対しては、アンケートの調査票を社内の適切な方、あるいは部門への展開を依頼した。1社から複数の回答をいただいた企業もある。

図1にアンケート回答者の属性を示

表1 アンケートの依頼先と回答状況

| 区分1 | 区分2 | 会員数 | | 回答数(件) | | 回答率(%) | |
|--------|-----------------------|----------|----------|--------|-----|--------|------|
| | | 区分1 | 区分2 | 区分1 | 区分2 | 区分1 | 区分2 |
| 第1種正会員 | 第1部会(製鉄、鋼材・建材、防食等) | 119(社) | 30(社) | 43 | 9 | 36.1 | 30.0 |
| | 第2部会(製作・加工、住宅等) | | 30(社) | | 16 | | 53.3 |
| | 第3部会(建設、設計・エンジニアリング等) | | 41(社) | | 16 | | 39.0 |
| | 第4部会(ステンレス関連) | | 18(社) | | 2 | | 11.1 |
| 第2種正会員 | 大学・高専 | 558(名) | 360(名) | 30 | 20 | 5.4 | 5.6 |
| | 個人会員・その他 | 198(名) | 10 | | 5.1 | | |
| 特別会員 | 特別会員 | 52(団体・社) | 52(団体・社) | 3 | 3 | 5.8 | 5.8 |
| | 合計 | 729 | 729 | 76 | 76 | 10.4 | 10.4 |

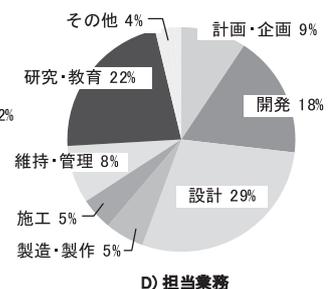
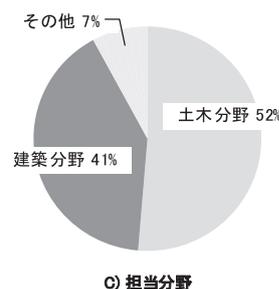
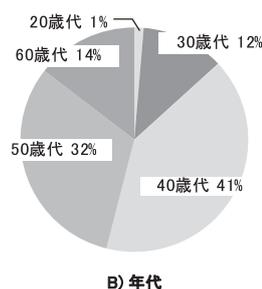
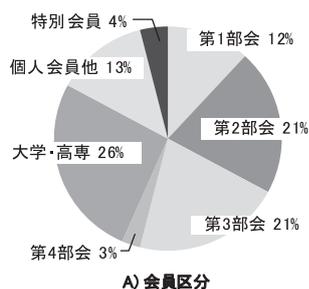


図1 アンケート回答者の属性

す。企業会員では、第2部会と第3部会に所属する技術者からの回答が多く、また、個人会員(第2種正会員)からの回答も多かった。年代別では、40代の回答が一番多く、30代を合わせると過半を超える。鋼構造の未来を担う世代から積極的に回答が寄せられたのは、非常に喜ばしいことである。分野別では、土木分野からの回答が建築分野を上回った。回答者の担当業務については、設計および開発関連の業務に携わる方が多かった。

2.2 アンケートの設問と回答内容

アンケートは、Q1～Q4の4つの設問で構成されている。設問ごとに主な回答を紹介する。

◆ Q1

鋼構造関連のニーズについての質問です。現在、日々の業務で支障となっている技術的課題、あるいは解決すべき業界共通の技術的課題はありますか？

Q1は、68名の方から回答があった(回答率89.5%)。

回答件数は、土木分野が49件、建築分野が46件、その他の分野が2件であった。

土木分野では、傾向が比較的明快である。すなわち、既設の鋼橋や鋼構造物の「腐食」、「疲労」に関するニーズが圧倒的に高く、それと関連の深い「維持管理」、「補修・補強」、「防食」、「検査・点検」に対する課題が多くあげられている。そのほか、「道路橋示方書・同解説(平成29年版)」の設計法に関する要望や「塗装」の耐久性等に関する課題について複数の回答が寄せられた。

建築分野では、土木分野ほど傾向が鮮明ではなく、ニーズは多岐にわたる。その中でも、「ボルト」と「溶接」に関するニーズが際立って多い。前者に関しては建築基準法で、その使用が認められていない高力ボルトやボルトの「拡大孔」、後者では強度が異なる

鋼材を溶接する際の「溶接金属の強度マッチング」や「鋼梁へのデッキプレート取り付け」に関する課題に関して複数の回答があった。そのほか、複数回答があったニーズとして「あと施工アンカー」があった。

土木・建築分野の双方から、「塗装のケレン」に関する課題があげられている。

◆ Q2

鋼構造関連のシーズについての質問です。今後、一般化・普及させたい設計法・施工法・製品・材料・加工法等の新しい技術はありますか？

Q2は、47名の方から回答があった(回答率61.8%)。

回答件数は、土木分野が27件、建築分野が26件、その他の分野が3件であった。

土木分野では、複数回答があったシーズとして、「ピーニング」や「熱加工等を用いた残留応力制御」による「疲労対策技術」、「フェイズドアレイ」を活用した「超音波探傷技術」、「鋼床版」を適用した橋梁の架け替え、「皿型高力ボルト」や「新耐力点法対応型のボルト」等があげられる。

建築分野では、「溶接」に関連するシーズが全体の4割弱を占める。具体的には、「AI」や「ロボット」を活用した溶接施工の合理化、「レーザーハイブリッド」や「高電流埋もれアークを用いた高能率溶接システム」のような新しい溶接技術に関するシーズである。そのほか、「金属系3Dプリンターの建材製品への適用」に関しても複数の回答が寄せられた。

◆ Q3

本協会に整備(新規に制定、あるいは改定)して欲しい鋼構造関連の基準準類はありますか？

Q3は、41名の方から回答があった(回答率53.9%)。

回答件数は、土木分野が30件、建築分野が19件、その他の分野が2件であった。

土木分野では、前述のニーズに呼応して、「維持管理」、「補修・補強」、「防食」、「検査・点検」に関わる基標準整備の要望が多く寄せられた。具体的には、「既設橋の耐力・耐久性の評価手法」、「補修・補強に対する設計法・施工法」、「既設橋の維持管理」等に関する統一的な指針の確立である。そのほか、スタッドやボルトに関する技術(高強度スタッド、ねじスタッド+高ナット、片面施工高力ボルト)の規準化に関して複数の回答があった。

建築分野では、土木分野と同様、前述のニーズに呼応して、高力ボルトやボルトの「拡大孔」、強度が異なる鋼材の「溶接金属の強度マッチング」、「あと施工アンカー」に関する規準化の要望が複数寄せられた。

土木・建築分野共通の要望として、JSSCの「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」に対する定期的な改定と最新の知見の反映を望む回答があった。

◆ Q4

本協会が取り組むべき調査・研究課題について、Q1～Q3でご回答いただいたことを含めて、具体的なイメージをお持ちでしたらご記入下さい。長期的視点で取り組む新しいテーマ(実現は10年以上先)でも結構です。

Q4は、41名の方から回答があった(回答率53.9%)。

回答件数は、土木分野が25件、建築分野が10件、その他の分野が4件であった。

この設問では、JSSCが取り組むべきテーマについて具体的な構想(背景・狙い、内容、予想成果、実現までの目安等)の記述を依頼した。Q1～Q3であげたテーマについて丁寧に回答される方が多かった。一つ一つが貴重な意見であり、これらを慎重に分析

しながら、今後の技術戦略の検討につなげたい。主な回答を整理すると以下のようである。

土木分野では、やはり既設の鋼橋や鋼構造物の「維持管理」に関連するものが最も多く、今後加速するであろう老朽化に備えた「予防・保全手法」あるいは「維持管理手法」に係るテーマが多く提案されている。そのほか、「道路橋示方書・同解説(平成29年版)」の合成桁や立体横断施設の設計に対する改定提案、「AI」や「データベース」を活用した設計や維持管理の合理化、災害時にライフラインを迅速に確保する「急速架橋技術」、「BIM/CIMを活用した生産合理化」に関連するテーマに関して複数の回答があった。そのほか、「高力ボルトと樹脂の併用継手に関する研究」、「高周波誘導加熱による溶接部の残留応力低減と疲労耐久性向上評価」、「超長寿命な鋼構造物の設計施工指針の作成」等の提案もあった。

建築分野では、「柱梁接合部等への半剛接合の適用」、「非構造壁を考慮した鉄骨系住宅の耐震設計法」、「AIを活用した溶接施工・検査の自動化技術」、「梁端ディテールと溶接部の必要靱性」、「鋼材規格の化学成分規定の見直し」等々、様々なテーマの提案があった。

その他の分野からは、「高力ワンサイドボルト」や「ステンレス高力ボルトセット」の規格化、「高力ボルト摩擦接合面の電解式さび出し法」に関する提案があった。

2.3 分析の進捗状況

アンケートの1次集計結果を、直ちにJSSCの技術・標準委員会および傘下の研究小委員会、ステンレス技術・標準委員会と共有し、評価・分析を行った。これらの委員会・小委員会の委員長・副委員長・幹事等に依頼し、まず「現在、取り組み中」のテーマと「今後の研究計画で予定」のテーマを除外した上で、アンケートの回答に対

する評価・コメントをいただいた。

この中で「現在、取り組み中」および「今後の研究計画で予定」のテーマには、「ピーニングによるき裂予防」(鋼橋の構造性能と耐久性研究委員会)、「塗装に対する耐久性の評価」(鋼構造物塗装小委員会)、「高力ボルトの拡大孔」(メカニカルファスニング技術小委員会)、「省合金二相ステンレスに関連する研究」(ステンレス技術・標準委員会)等が該当する。

鋼構造未来戦略小委員会では、現在、上述の委員会・小委員会による評価・コメントを参考に、アンケートで提案されたテーマを重要度、影響力、難易度等の観点から分類する作業を行っている。今後、技術トレンド調査の結果とすり合わせを行い、未来の技術戦略に関する議論を行いながら、JSSCで取り組むべきテーマを検討する予定である。

3 技術トレンド調査

3.1 調査方法

技術トレンド調査は、土木学会全国大会および日本建築学会大会の過去10年程度の投稿論文の分析により、技術トレンドの傾向をつかみ、基規準化や学協会・関連団体等の主要研究テーマ、建設業界の動向等と対比した。以下に、分野別の調査結果の概要を述べる。

3.2 土木分野の概要

主に橋梁や基礎構造に代表される土木分野の鋼構造の技術トレンドとしては、大きく①鋼構造の長寿命化技術(腐食・防食、耐疲労性、補修・補強・更新)、②国土強靱化に向けた耐震・防災・減災技術、③設計や施工の合理化・生産性向上に関する技術に分類され、昨今の国の施策や社会要請を踏まえた研究開発が数多く実施されている。

用途別にみると、上部構造(橋梁)では、まず腐食・防食に関する研究テーマが多く、特に腐食により断面欠

損した既設橋梁の耐荷力評価、および補修・補強技術や耐候性鋼橋梁への飛来塩分量が耐久性に与える影響の評価、近年開発、実用化が進んでいる塗装周期延長鋼の適用と暴露試験結果に関する成果などがある。また、耐疲労性に関する研究も多く、既設橋梁の疲労損傷に関する調査・診断・対策技術に関する研究として、き裂の検知方法やモニタリング方法、溶接部に止端処理を施す方法や形状改善(ストップホール施工、フィレット化など)による応力集中の低減方法、当て板接合による公称応力の低減方法およびその効果に関する報告などがある。さらに、新素材である橋梁用高性能鋼板(SBHS)の普及に向け、引張・圧縮試験、残留応力の評価をはじめ、はり・柱部材の載荷実験が行われ、材料特性、構造物への適用性に関する調査研究が鋭意実施され、その成果は「道路橋示方書・同解説(平成29年版)」に反映され、基規準化につながっている。

一方、基礎構造(鋼管杭、鋼矢板)については、2011年に発生した東日本大震災を契機に道路橋、港湾施設、建築基礎の耐震性の評価および補強技術に関する研究が積極的に行われている。特に巨大地震動に対する鋼管杭の耐荷力や変形性能に関する研究、地盤の液状化や側方流動、津波が基礎構造に与える影響評価とその対策、既設岸壁や既設橋台の耐震補強に関する実験や解析的な検討の研究などが実施され、それらの研究成果が各分野の基規準や指針に反映されている。

また、上部構造、基礎分野共通課題の一つとして部材の「接合」に関する合理化構造の評価、検討に関する研究テーマが見られる。例えば、スタッドボルトを用いた接合技術や高力ボルト接合と接着接合の併用など既設構造の補修・補強における施工制約下での新しい接合技術の研究や、

鋼管杭の機械式継手の適用など現場溶接工の不足や現場工期の大幅短縮技術として報告されている。これらの接合技術は性能面あるいは経済性の観点から適用事例は限られているが、今後のインフラ施設の老朽更新への対応や、少子高齢化時代における生産性向上への対応技術として、さらなる研究開発が期待される分野と考えられる。

3.3 建築分野の概要

建築分野では、柱・梁などの部材性能の他、架構や接合部、防耐火など様々な分野の研究がなされている。

柱部材については、CFTや冷間成形角形鋼管(以下、コラム)に関する研究が多く、建築物の高層化・大型化に対応し、高強度CFT(780N/mm²鋼+FC150N/mm²コンクリート等)や高強度コラム(550N/mm²級など)の構造性能に関する研究が増加傾向にある。また、十勝沖地震や東北地方太平洋沖地震で顕在化した長周期地震動への対応として、2008年ごろから基準整備促進事業等で長周期地震動に対する安全対策に向けた研究が本格化したこともあり、CFT柱等の低サイクル疲労特性に関する研究が多くみられる。

梁部材については、横座屈や局部座屈に関する研究が多く、特に横座屈については、コンクリートスラブ等の補剛効果を考慮することで横補剛材を不要化するなど、鉄骨加工・鉄骨建方の合理化を狙ったテーマが増加傾向にある。また、柱と同様に、梁端接合部の低サイクル疲労特性に関する研究が精力的に実施され、その成果の一部は、建築研究所の「長周期地震動対策に関わる技術資料」やJSSCのテクニカルレポートNo.111「長周期地震動に対する鉄骨造梁端接合部の安全性検証方法」等で公開され、高層建築物の性能評価審査等に活用されている。

柱-梁接合部については、前述の

低サイクル疲労特性のほか、梁端現場溶接部の変形能力向上技術や、外ダイアフラム・ノンダイアフラムなど耐震性能向上と鉄骨加工・施工の合理化を目的とした研究、接合部パネルの塑性化を陽な形で反映した耐震設計法に関する研究等がなされており、いずれも鉄骨造の競争力強化策として、基規準類への反映が期待される。

接合関連では、溶接に関する研究が多く、鋼の高強度化に対応した高強度溶材や大入熱溶接等の研究がなされている。また、溶接ロボットに関する研究が増加傾向にあり、溶接技能者不足への対応が急務であることが伺える。

その他、鉄骨架構の倒壊挙動や損傷探知に関する研究が増加傾向にあり、JSSCでも建築研究所および日本鉄鋼連盟と連携して2016年から「鉄骨造建物の倒壊防止に関する設計・評価技術の研究」を推進している。熊本地震でみられた想定外地震に対しても、事業継続性を確保する安心・安全な鉄骨造の設計・評価技術の早期確立が望まれる。

4 まとめと今後の活動方針

本小委員会は、鋼構造の未来戦略の立案と次世代への将来展望の提示を目的として、2020年4月から活動を開始した。初年度は、現状分析のために、鋼構造のニーズ・シーズに関するアンケート調査、技術トレンド調査を行った。

それらの調査結果を概観すれば、この10年間では、激甚化する災害、経年劣化、生産年齢人口の急速な減少等への対応のために、鋼構造には高度化、長寿命化、合理化が求められていること、それらのニーズに対して、多くの技術開発が精力的に行われ、成果の一部は実構造に適用されつつあることが改めて明らかになった。一方、開発が急速に進む中、その適用範囲が限定的で、開発された技

術の標準化・体系化や、客観的な認証普及が残課題として挙げられ、JSSCとして取り組むべき今後の方向性も明確になった。なお、技術トレンド調査結果の詳細については、紙面の都合で紹介できなかった。後日、JSSCのWebサイトで公開する予定である。

今後は、国土強靱化や設計・施工合理化など、土木・建築共通の課題も多く、両分野の技術者が参画する小委員会において、技術戦略の立案に向けた分析と議論を深めたい。さらに第2ステップとして、注力すべき項目の抽出や異分野とのコラボレーションを検討するとともに、BIM/CIM、人工知能など、ICT関連技術も急速に進んでいることから、それらを包含した鋼構造の将来ビジョンと技術戦略を提示していく予定である。

今回実施したアンケート調査により、今後の技術戦略の立案に資する貴重な意見を多数収集することができた。業務多忙の中、アンケートに回答をいただいた会員諸氏に対し、この場を借りてお礼申し上げる。

鋼構造未来戦略小委員会メンバー

(2020年度～)

委員長：中村 一史(東京立大学)

幹事：窪田 伸(日本製鉄)

委員：吉敷 祥一(東京工業大学)

焦 瑜(東京都市大学)

辰見 ター(JFEスチール)

大森 龍一郎

(三井住友建設鉄構エンジニアリング)

宇佐美 徹(竹中工務店)

中川 英樹(愛知製鋼)

一戸 康生(日本鋼構造協会)



一般社団法人
日本鋼構造協会
鋼構造未来戦略小委員会
委員長
東京立大学
都市環境学部 准教授
中村 一史
(なかむらひとし)

〈略歴〉

1992年 東京立大学卒業

1994年 同大学大学院修了

1994年 同大学 助手

2005年 首都大学東京 助手(組織改編)

2012年 首都大学東京 准教授

2020年 東京立大学 准教授(組織改編)