

大学・高専の鋼構造関連科目に対する企業ニーズ調査について

Investigation of companies' requirement for the subject of steel mechanics in colleges

函館高専	正 員	○平沢 秀之	(Hideyuki Hirasawa)
北見工大	正 員	宮森 保紀	(Yasunori Miyamori)
北海道大	正 員	佐藤 太裕	(Motohiro Sato)
函館高専	正 員	渡辺 力	(Chikara Watanabe)
室蘭工大	正 員	小室 雅人	(Masato Komuro)
北見工大	正 員	三上 修一	(Shuichi Mikami)
室蘭工大	正 員	栗橋 祐介	(Yusuke Kurihashi)

1. まえがき

土木工学の分野において、構造力学等の構造系科目は社会基盤施設の設計施工の基礎となる極めて重要な科目であるが、これを苦手とする学生が非常に多い。また、過密なカリキュラム編成のため、構造系科目の履修時間数を増加させることは困難な状況である。鋼構造に関する科目は、構造系科目の中では、より実務に近い科目といえるが、大学・高専によっては、開講していなかったり、選択科目となっているところもある。このような状況であるため、企業が求める実践的な構造系技術者を、教育機関は十分に輩出しているとは言い難い。

道内における土木関係学科を有する大学・高専に属する著者らが、構造系科目に関する教育の実態を詳細に把握するため、各学校で学生に配布しているシラバス(科目説明書)を調査した。その結果、構造力学(講義科目)は調査対象校で実施されているが、鋼構造関係科目では、各学校で状況が異なり、重要な科目との位置づけがなされていない実態も見られた。コンクリート関係科目と比較すると、明らかに控えめな扱いとなっている傾向が見られた^{1,2)}。

大学・高専における構造系科目の履修内容をより良いものに改善し、企業が期待する人材とのミスマッチを防ぐ目的のため、本研究では、鉄鋼・鋼構造関連企業に構造系科目に関するアンケート調査を実施した。教育機関が設定する学習項目(履修内容)は、その科目の学問的背景や教員の専門性、使用する教科書に基づいて決定されるが、アンケート結果による社会的ニーズが反映されれば、更によいものになると考える。また、このようなアンケートの実施が、いわゆるJABEE審査³⁾における「学習教育目標の設定」で、社会のニーズを考慮することに役立つことも期待できる。

2. アンケート調査

2.1 鋼構造関連科目の学習項目

アンケートの設問項目を決定するにあたり、著者らが所属する教育機関での構造系科目をピックアップし、それらのシラバス、使用教科書⁴⁾を調査した。その結果、科目名としては、「構造力学」、「構造工学」、「橋梁工学」、「鋼構造工学」、「土木材料学」、「構造解析学」、「構造設計製図」、「耐震工学」、「構造動力学」等が構造系科目に属するものとして検討対象とした。本研究では鋼構造関連科目に限定したため、コンクリート関連科目については対象から除いている。これらの鋼構造関連科目で学習する一つ一つの学習項目を拾い上げた。学習項目は、細かく分類すると膨大な数となり、それらを全てアンケートで調査することは困難となるため、類似のものはまとめるなど整理統合した。

表-1は学習項目を整理してアンケート対象とした全60項目をまとめたものである。大分類として「数学」、「力学基礎・構造力学」、「FEM」、「動的問題」、「設計論・実務」の5つの分野に分けている。「数学」の中に学習項目が8つし

かないが、これは専門科目を学ぶために必要な項目を厳選したためと、回答の便を図るために極力減らしたためである。「力学基礎・構造力学」と「設計論・実務」では、比較的多めの項目を設定している。学習項目名は、アンケート回答者がその項目の学習内容を判別できる名称としている。

表-1 鋼構造関連科目に含まれる学習項目

大分類	学習項目	大分類	学習項目
数学	ベクトル・マトリックス	動的問題	振動方程式
	微分・積分		単振動
	級数展開・Taylor 展開		不規則振動(地震・風・活荷重による振動を含む)
	微分方程式		自由振動
	ラプラス変換		固有振動解析
	フーリエ解析		時刻歴応答解析
	数値計算法		振動データの解析(時系列解析・スペクトル解析)
	確率・統計	設計論・実務	設計荷重(死荷重・活荷重・その他の荷重)
力学基礎・構造力学	応力・ひずみ		鋼材の機械的性能
	フックの法則		許容応力度設計法
	力のつりあい		限界状態設計法
	断面の諸量		性能照査型設計法
	弾性・塑性		鋼桁橋の設計計算
	梁の曲げ・たわみ		溶接接合
	弾性座屈		ボルト接合
	非弾性座屈		鋼床版
	板の解析		腐食
	シェル構造		疲労
	トラス構造		景観設計
	ラーメン構造		外国の設計法
	ケーブル構造		ライフサイクルコスト
	軸力・せん断・曲げ		複合構造・合成構造
	ねじりを受ける部材		震度法
	影響線		地震時保有水平耐力法
FEM	温度ひずみ		CAD による製図
	クリープ		手書きによる製図
	不静定構造物		技術者倫理
	エネルギー原理・カステリヤノの定理		
	弾性解析		
	非弾性解析		
	ソリッド要素		
	シェル要素		
	骨組み要素		

表-2 アンケートの設問

		問1	問2	問3	問4
		それぞれの学習項目(全60項目)について、			
		大学等でどの程度学んできて欲しいですか?	仕事上、どの程度必要となりますか?	社員研修等でどの程度学びますか?	今後、どの程度重要視しますか?
評価点	5	必ず学んできて欲しい	必ず必要となる	詳しく(何度も)学ぶ	非常に重要
	4	学んできて欲しい	かなり必要となる	多少学ぶ	重要
	3	ふつう	多少必要となる	少し学ぶ	ふつう
	2	それほどでもない	あまり必要ではない	触れる程度	重要ではない
	1	ほとんど必要ない	ほとんど必要ない	全く学ばない	全く重要ではない

2.2 アンケートの設問

アンケートでは、大学・高専で学ぶ鋼構造関連科目や企業内での社員研修についてなどの複数の設問を設け、択一式および記述式で回答を求めている。表-2は択一式の設問をまとめて表したものである。全60項目の一つ一つに対して、問1～問4の設問に5段階の評価点を回答することになっている。1～5の評価点の意味は、各問によって表現に違いがあるが、5ほど重要性が高く、1ほど低いことが共通である。

なお、表-2以外にもいくつかの設問を設けているが、本研究では、この4つの設問に対する回答を集計して考察を加えることとする。

2.3 調査対象者

アンケート調査の対象とする企業は、鋼構造関連企業とし、(社)日本鉄鋼連盟土木委員会および(社)日本橋梁建設協会構造技術部会に所属する企業37社とした。各企業の担当者宛に郵送またはEメールでアンケート用紙を配布した。

3. 調査結果

3.1 アンケートの回収

アンケートの回収率は76.9%であった。送付された回答用紙を精査した結果、次のような回答があった。(1)明らかな誤解があり、回答に矛盾が見られる。(2)一部しか回答されていない。

アンケート結果を集計するに当たり、上記の2つのケースは除外することとしたため、有効回答率は66.7%となった。

3.2 「数学」の集計結果

図-1は数学に属する学習項目について、各企業が回答した評価点の平均値を縦軸にとって、問1～問4の結果を表示したグラフである。

問1すなわち「大学等でどの程度学んできて欲しいか」に対し、「ベクトル・マトリックス」、「微分・積分」、「微分方程式」、「確率・統計」の項目を比較的学んできて欲しい要望が強いことが分かる。特に「ベクトル・マトリックス」、「微分・積分」は大学初学年級で学ぶ基本的分野であり、これらを大学等で学ぶことに高い期待が認められる。一方、「ラプラス変換」や「フーリエ解析」といった応用数学の項目では、要望が少ないと言える。

問2すなわち「仕事上、どの程度必要か」に対し、「ベクトル・マトリックス」、「微分・積分」を除いて、3を下回る評価となった。構造技術系の業種であっても直接数学を扱うことは日常的には少ないものと思われる。問1と問2を比較すると、全体的に問2の評価が低い、その傾向は非常に似ている。

問3すなわち「社員研修等でどの程度学ぶか」の設問に対

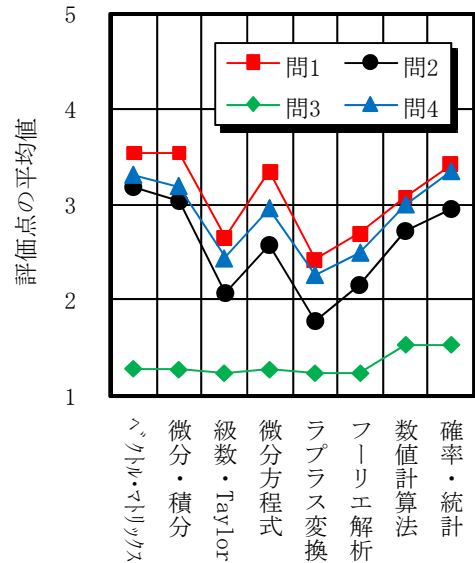


図-1 アンケート結果(数学)

し、ほとんどの企業で「全く学ばない」または「触れる程度」の回答であった。これは仕事における数学の必要性が低いことに加えて、その難解性・特殊性のためと思われる。企業で学ぶ機会が少ないため、大学等において学ぶことの意義は大きいと考えられる。

問4すなわち「今後、どの程度重要視するか」に対し、問1と問2の中間的な評価点となった。学習項目の中では「確率・統計」が最も高く、大学で学ぶことの期待も比較的高い。「確率・統計」は限界状態設計法と密接な関係があり、鋼構造物への性能照査型設計法の適用が今後広がっていくことを反映した結果と考えられる。

3.3 「力学基礎・構造力学」の集計結果

この大分類に含まれる学習項目は、多くの大学等において、「構造力学」、「構造工学」、「橋梁工学」の一部、「構造解析学」の一部等で学ぶことになっている。図-2に問1～問4の回答結果を示す。問1、問2および問4における評価点の平均値は、非常によく一致した傾向を示し、「大学での学習」、「仕事上の必要性」、「今後の重要性」が同程度の評価となっている。

図中の学習項目の左端の「応力・ひずみ」から「弾性座屈」までの7項目と、「軸力・せん断・曲げ」については、問1、2、4の評価点が非常に高く、仕事上の重要性が高く大学での教育にも期待が強いと言える。これらの項目は、全ての鋼構造物の設計、施工、維持管理における基礎知識を与える分野であり、各大学・高専においても重要視している。

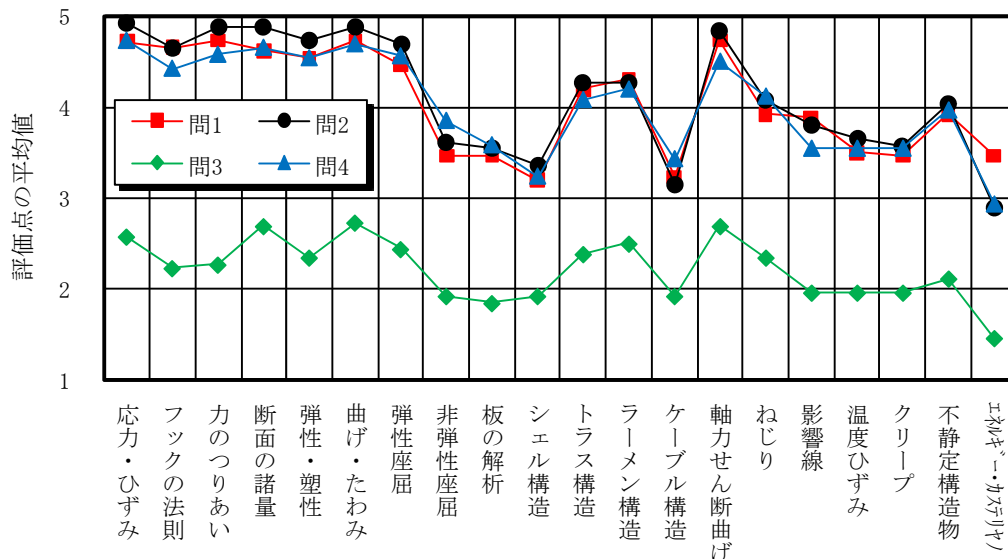


図-2 アンケート結果(力学基礎・構造力学)

しかしながら、問1すなわち大学等への教育のニーズが非常に高いことから、各教育機関においては、これらの学習項目への一層の指導充実を図るべきと考えられる。また、大学等においては、「トラス構造」、「ラーメン構造」は構造力学の科目の中で必修の項目であり、手計算で構造計算もできることから、演習の機会が多くある。これらの項目も図-2より重要であることが再認識できる。

一方、「非弾性座屈」、「板の解析」、「シェル構造」および「ケーブル構造」については、比較的评价が低い結果となった。これは、実務においてよりも高度な知識を要する研究的項目と捉えているためと推測される。「エネルギー原理・カサリヤノの定理」は不静定構造の計算に必要な原理・定理であるが、実務上は重要でないものの、大学では不静定構造を解くために学ぶべきと捉えているようである。

問3の設問に対しては、数学よりも社員研修等で学ぶ機会が多いが、「少し学ぶ」または「触れる程度」が多く、大学等で学ぶべき学習項目であると考えられる。しかしながら、仕事上の必要性・重要性の程度と極めて良く連動した結果となっている。

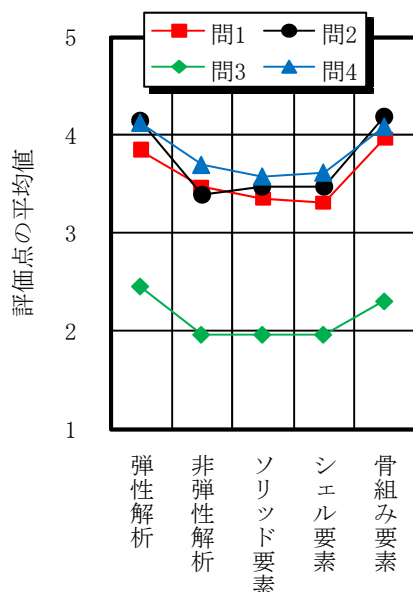


図-3 アンケート結果(FEM)

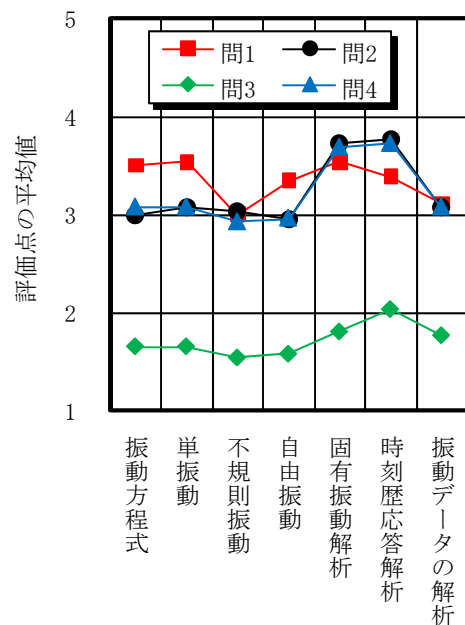


図-4 アンケート結果(動的問題)

3.4 「FEM」・「動的問題」の集計結果

FEMは研究ばかりでなく実務においても重要になってきており、FEMに関するキーワードも数多く存在するが、ここでは「弾性解析」、「非弾性解析」、「ソリッド要素」、「シェル要素」、「骨組み要素」の基本的項目だけに限定して調査を行った。結果を図-3に示す。「弾性解析」と「骨組み要素」において、大学等での教育および企業での必要性・重要性が高いことが示されている。これらは、講義の中で教育することは問題ないであろうが、「非弾性解析」、「ソリッド要素」、「シェル要素」については、卒業論文レベル以上と考えられ、多くの学生に修得させることは困難である。

動的問題のアンケート結果を図-4に示す。「固有振動解析」と「時刻歴応答解析」に高い評価点を与えられている。これは、構造物の耐震設計、免震設計において必要性・重要性が高いことを意味していると考えられる。大学等での教育に対して極端に高い評価点は無いが、「振動方程式」、「単振動」、「固有振動解析」にやや高めの要望がある。前者

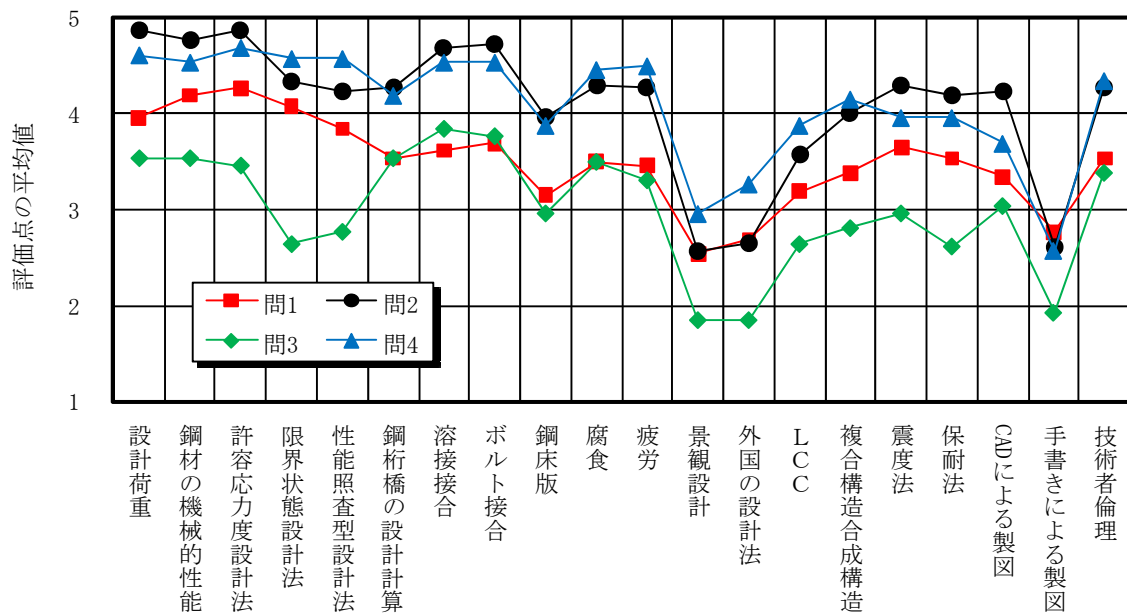


図-5 アンケート結果(設計論・実務)

2つの項目については、講義による教育がなされているが、「固有振動解析」は、単純なモデル以外は卒業論文レベル以上である。

3.5 「設計論・実務」の集計結果

この大分類には、鋼構造関連企業の実務に近い学習項目が多数ある。集計結果を図-5に示す。これまでの集計結果と比較して、問1の評価点が問2、問4より全体的に低いことが特徴的である。「設計荷重」～「ボルト接合」の8項目および「腐食」、「疲労」においては、仕事上の必要性・重要性が高く、鋼構造関連企業の特徴が明確に表れている。特に「設計荷重」、「鋼材の機械的性能」、「許容応力度設計法」の評価点が極めて高く、鋼構造物を設計するための必須項目であることが分かる。これに対し、「鋼材の機械的性能」～「限界状態設計法」の大学等への期待が高いが、他の項目では3.5～4.0程度の評価である。「鋼桁橋の設計計算」については、問1の評価点がそれほど高くはないが、「許容応力度設計法」を学ぶための効果的な項目ではある。

「溶接接合」、「ボルト接合」は鋼構造物に特徴的な項目であり、仕事上の必要性・重要性が高い。これらの問1に対する評価点がそれほど高くはないが、問3すなわち「社員研修等の学び」において、高い評価点となっている。したがって、大学等での教育に不足があれば、就職後でもカバーできる項目であると考えられる。

「景観設計」、「外国の設計法」、「手書きによる製図」の項目では、各問ともに低い評価点となった。前者2つの項目については、大学・高専では、十分に時間をかけた教育を行っているが、企業からのニーズに整合していると言える。「手書きによる製図」については、「CADによる製図」と比較して各問ともに明らかに低い評価点となった。このことから、大学・高専における製図科目については、CADによる製図を充実させる必要性が高いと言える。

「技術者倫理」のアンケート結果によると、企業側から大学教育への期待はそれほど大きくはない。また、問3(社員研修等の学び)の評価点が相対的に高くなっている。これは、技術者倫理には広義には企業倫理、業界倫理なども含まれ、企業へ就職した後に学ぶべきことも多いからであると推測される。

4. あとがき

本研究は、大学・高専で行われている鋼構造関連教育に対する企業ニーズを把握するため、鋼構造関連企業にアンケート調査を実施し、その結果について報告したものである。得られた調査結果をまとめると以下の通りである。

- (1) 評価点の高い、大学・高専で学んできて欲しい学習項目は、「力学基礎・構造力学」の中の基礎的な項目、および「設計論・実務」の中の「鋼材の機械的性能」と「許容応力度設計法」である。
- (2) 仕事上の必要性・重要性においては、数学を除いて概ね高い評価点を得ており、両者の傾向はほぼ一致している。
- (3) 「数学」と「動的問題」において、社員研修等がほとんど実施されていないが、「力学基礎・構造力学」および「FEM」ではわずかに学ぶ機会があり、「設計論・実務」では他分野より学ぶ機会が多くなっている。

以上の結果を踏まえ、大学・高専における今後の鋼構造教育を検討していきたい。

謝辞

本研究は、(社)日本鉄鋼連盟から助成金が交付され、土木鋼構造研究ネットワーク北海道地区の活動の一環として行われたものである。また、アンケート調査では、(社)日本鉄鋼連盟および(社)日本橋梁建設協会にご協力をいただいた。関係各位に厚く御礼を申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 佐藤太裕, 宮森保紀, 小室雅人, 平沢秀之, 渡辺力, 三上修一: 全国主要大学と道内国立大学のシラバス調査による構造系科目開講状況の現状分析, 土木学会北海道支部論文報告集第66号, A-8, 2010.
- 2) 佐藤太裕, 宮森保紀, 栗橋祐介, 小室雅人, 平沢秀之, 渡辺力, 三上修一: 全国国立大学土木系コースのシラバス調査による構造系科目開講状況の現状分析, 土木学会第65回年次学術講演会講演概要集(DVD-ROM), 共通セッション, CS1-022, 2010.
- 3) 日本技術者教育認定機構: 日本技術者教育認定基準, 基準1 学習・教育目標の設定と公開, 2010.
- 4) 一例として, 林川俊郎: 橋梁工学, 朝倉書店, 2000.