

道内大学の鋼構造科目の学習内容と実務者ニーズの比較

Comparison of Engineer's Actual Work Requirements and the Education Contents of Steel Structure Subjects in University in Hokkaido

苫小牧高専	正員	松尾 優子(Yuko Matsuo)	室蘭工大	正員	小室 雅人(Masato Komuro)
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	平沢 秀之(Hideyuki Hirasawa)	北見工大	正員	齊藤 剛彦(Takehiko Saito)
北見工大	正員	三上 修一(Shuichi Mikami)	函館高専	正員	渡辺 力(Chikara Watanabe)
室蘭工大	正員	栗橋 祐介(Yusuke Kurihashi)	北海道大	正員	松本 高志(Takashi Matsumoto)
北海学園大	正員	小幡 卓司(Takashi Obata)			

1. はじめに

北海道内の大学・高専で土木系学科における構造系の教育・研究に携わる著者らは、次世代の構造系技術者の資質向上を図るため、2009年度より大学・高専における鋼構造教育について調査・検討を行ってきた。これまで、全国の大学カリキュラム実態調査、企業や行政など人材受け入れ側のニーズ調査、大学生・高専生の鋼構造に関する関心度・理解度等に関する調査などを継続的に行っており^{1)~7)}、昨年度は、新たな教育法として着目されている「アクティブラーニング (AL)」を構造系科目に取り入れた講義内容およびその効果について調査した。また、近年、教育現場においては、時代背景にあわせて、改組やカリキュラム改正などにより、講義数などの見直しが行われている。構造系科目（構造力学、鋼構造、橋梁工学等）においても講義時間数は減少傾向にあり、かつ授業形態もICTの活用、ALの導入など多様化しているのが現状である。そのため、構造系科目においては、講義内容、シラバスなどの見直しが迫られているが、これらを検討するにあたり、学生がどのような知識を身に付けるかを学習項目およびその到達目標を定めることが重要である。

そこで本研究では北海道内にある国立大学4校および高専2校の学習内容の実施状況を調査し、平成22年~23年度に行った鋼構造科目の学習項目に関する実務者ニーズの調査結果⁸⁾との比較によって、鋼構造科目における必要最小限のモデルシラバスを構築するための基礎資料を作成することを目的とする。

また、鋼構造科目の内容は道路工学やコンクリート工学など異なり、実際に目にする機会が少ないことから、学生にとってはイメージしにくく、理解し難い部分がある。これらの学生の理解度を高めるために、講義において動画コンテンツ等を使用しているものの、橋梁・鋼構造に関する動画は少ないのが現状である。そのため、講義において、特に動画コンテンツの活用が望ましい分野についても調査を行った。本稿ではこれらの調査結果を報告する。

2. 企業・行政機関へのアンケート調査の概要

平成22年~23年度にわたり、鋼構造関連企業、コンサルタント、行政機関等に対して、大学・高専（以下、学校）で学ぶ鋼構造関連科目に関するアンケート調査を行った²⁾。アンケートでは、「数学」、「力学基礎・構造力学」、「FEM」、「動的問題」、「設計論・実務」の5つの大分類に属する合計60の学習項目を提示し、「大学等でどの程度学んできてほしいか」について、5段階（5=必要性・重要性が高い、1=必要性・重要性が低い）で評価した。本研究では、実務に結び付きの強い「設計論・実務」に属する20項目に着目し、実際の講義内容と照らし合わせることで、講義で扱う程度および企業側ニーズとの比較を行うこととした。

3. 道内国立大学・高専への調査内容

北海道内にある国立大学4校および高専2校の土木系学科において構造系科目を担当している教員に、以下の2点について調査を行った。

- 1) 「講義で扱う程度」: 講義内で、どの分野をどの程度教えているか
 - 2) 「動画ニーズ」: 学生の理解度を高めるために特に講義で動画の活用が望ましい項目
- これらの調査結果について次項に述べる。

4. 調査結果と考察

4.1 到達目標に対する「講義で扱う程度」

1) 「講義で扱う程度」の調査にあたり、各項目に対する学校間の授業科目や授業時間数が異なることから、科目は限定せずに学習項目を調査対象とした。学習項目の選定は、国立高等専門学校機構のモデルコアカリキュラム（試案）⁹⁾を基本に、橋梁工学、鋼構造学の担当教員らで議論し、計32項目の要素とそれに対する学習内容の到達目標を決定した。「講義で扱う程度」は、4段階評価とし以下のように数値化し、計6校の平均を算出した。

- 3: 十分に教えている
- 2: 教えている
- 1: 少し触る程度に教えている
- 0: 教えていない

また、各学習内容の到達目標に該当する科目の種類（必修科目、選択科目、該当なし）についても調査した。これらの結果を表-1に示す。該当する科目は、主に「橋梁工学」、「鋼構造工学」であり、A大学、D大学では両科目が開講されているが、それ以外の学校はどちらか一方であった。また、表中の「企業ニーズ」とは、前述した2項の調査結果より、設計・実務に関する学習項目の重要度を表している。ここで、◎は必ず扱うべき重要度が高い学習項目、○は◎の次にニーズが高く扱うべき学習項目、△はニーズが低い。ため状況に応じて扱いを判断して良い学習項目である。斜線欄は当時の調査項目になかった項目である。

表より、各学習項目の要素において、企業ニーズと講義で扱う程度を比較すると、企業ニーズが高い要素の「鋼材の機械的性能」、「設計荷重（橋梁）」、「許容応力度設計法」については、平均値が2.5から3.0と高く、さらに必修科目としている学校が多い。一方で企業ニーズの高い「性能照査型設計法」に関しては、十分に教えていると回答した学校は2校のみであり、全体平均は1.7と低い結果であった。

「部材の設計」の各項目は、企業調査を実施していないが「構造部材の設計法」と関連するものであり、同様に企業ニーズが高いと思われる。これについても、ねじれを受ける部材以外は、講義で扱う程度が高く必修科目として設定している学校は4校であった。同様に、「鋼材の接合」についても、全ての大学・高専で取り扱われており、ほとんどが十分に教えられている。次にニーズが高い「プレート

表-1 企業ニーズと大学・高専における講義内容の状況

学 習 項 目	要 素	学 習 内 容 の 到 達 目 標	企 業 ニーズ	講義で扱う程度							科目の種類		
				平均	A大学	B大学	C大学	D大学	E高専	F高専	必修	選択	なし
鋼材の性質	鋼材の機械的性能	鋼材の製造方法、機械的性能について理解している。	◎	2.7	3	2	3	2	3	3	4	2	0
	腐 食	腐食の原因、防食方法について説明できる。	○	1.7	3	1	2	2	1	1	4	2	0
	疲 勞	疲労の概念、疲労限度などの考え方を理解している	○	1.8	3	1	2	1	2	2	4	2	0
鋼構造・橋梁工学概論	鋼構造	鋼構造物の種類、特徴を理解している。	／	2.2	3	2	2	3	1	2	4	2	0
	橋梁	橋の構成、分類を説明できる。	／	2.7	3	1	3	3	3	3	3	3	0
	鋼床版	鋼床版の種類、部材の名称（デッキプレート、横リブ、縦リブ等）について理解している。	△	2.0	3	0	2	1	3	3	3	2	1
荷重	荷重の種類	橋梁に作用する荷重の分類（死荷重、活荷重、その他の荷重）について理解している。	／	2.8	3	2	3	3	3	3	4	2	0
	設計荷重（橋梁）	橋梁に作用する荷重（死荷重、活荷重、その他の荷重）の簡単な例に対して計算できる。	◎	2.5	3	0	3	3	3	3	3	2	1
構造部材の設計法	許容応力度設計法	各種示方書に基づく設計法（許容応力度、限界状態等）の概要を理解し、安全率、許容応力度などについて説明できる。	◎	3.0	3	3	3	3	3	3	4	2	0
	限界状態設計法	限界状態設計法の概要を理解し、終局限界状態、使用限界状態、疲労限界状態などについて説明できる。	◎	2.3	3	3	1	1	3	3	4	2	0
	性能照査型設計法	性能照査型設計法の概要を理解し、要求性能、保有性能などについて説明できる。	◎	1.7	3	2	1	0	3	1	4	2	0
	景観設計	景観設計の概念を説明できる	△	1.0	3	0	2	0	0	1	2	1	3
	外国の設計法	代表的な国の橋梁設計基準を説明できる。	△	0.7	1	0	0	1	1	1	2	2	2
部材の設計	基本的な部材	軸力を受ける部材、圧縮力を受ける部材、曲げを受ける部材や圧縮と曲げを受ける部材などについて、その設計法を理解し、簡単な例に対し計算できる。	／	2.8	3	3	2	3	3	3	4	2	0
	引張部材	引張力を受ける部材について、その設計法を理解し簡単な例に対して計算できる。	／	2.8	3	3	2	3	3	3	4	2	0
	圧縮部材	圧縮力を受ける部材について、その設計法を理解し簡単な例に対して計算できる。	／	2.8	3	3	2	3	3	3	4	2	0
	曲げ部材	曲げを受ける部材について、その設計法を理解し簡単な例に対して計算できる。	／	3.0	3	3	3	3	3	3	4	2	0
	ねじれを受ける部材	ねじれを受ける部材について、その設計法を理解し簡単な例に対して計算できる。	／	1.2	3	0	0	1	2	1	3	2	1
鋼材の接合	接合	接合の定義・機能・種類を説明でき、特に溶接と高力ボルト接合について理解している。	／	3.0	3	3	3	3	3	3	4	2	0
	溶接接合	溶接接合の種類、溶接の欠陥について説明でき、簡単な溶接継手の計算ができる。	○	2.8	3	3	2	3	3	3	4	2	0
	ボルト接合	高力ボルト接合の種類を説明でき、簡単な例に対し計算できる。	○	3.0	3	3	3	3	3	3	4	2	0
プレートガーダー橋	複合構造合成構造	鋼桁橋（プレートガーダー橋）の設計の概要、特徴、手順を理解している。	○	2.5	3	0	3	3	3	3	3	2	1
	鋼桁橋の設計計算	主桁、継ぎ手の設計を理解し、それらを計算できる。	◎	2.5	3	0	3	3	3	3	3	2	1
技術者倫理	橋梁史	社会的背景を視野に入れ古代から、近世の橋の歴史を説明できる。	／	1.0	2	0	2	1	0	1	4	0	2
	技術者倫理	技術者倫理、法令遵守に関して理解し、説明ができる。	◎	1.8	3	3	1	3	0	1	5	0	1
耐震設計	震度法	震度法に関する基本的な考え方について説明でき、簡単な計算ができる。	○	2.7	3	2	3	3	2	3	3	3	0
	保耐法	保耐法に関する基本的な考え方について説明でき、簡単な計算ができる。	○	1.8	3	0	3	3	0	2	1	3	2
製図	手書きによる製図	与えられた条件（構造物）を基に手書きで描くことができる。	△	0.3	0	0	0	2	0	0	0	1	5
	CADによる製図	与えられた条件（構造物）を基にCADソフトで描くことができる。	○	1.8	0	0	3	2	3	3	3	1	2
維持管理	橋梁点検	橋梁点検の種類、目的を説明できる。	／	1.8	3	0	1	3	2	2	3	2	1
	LCC	LCCの概念を説明できる	○	2.3	3	1	2	2	3	3	4	2	0
	予防保全	予防保全の考え方を説明できる。	／	1.5	3	0	1	2	1	2	3	2	1

※ 斜線は調査項目になかったものを表す。

ガーダー橋」は関連科目がある学校は全て、十分に教えていると回答した。「技術者倫理」は、講義で触る程度に教えている学校もあり、平均値は低くなっているが、これに関連する科目がある学校は5校と最も多かった。全体を通してみると、いずれの学校も講義では設計法や設計計算に関わる要素を重点的に行っており、またそれに対する企業ニーズも高いことがわかる。

以上より、企業ニーズが高い項目と、大学・高専の講義で扱う程度はほぼ一致しており、特に設計計算に関連する要素は重要度が高いといえる。

4.2 講義内で動画を活用したい項目

3項の2)に記述した、鋼構造系科目内の講義で、学生の理解度を高めるために特に講義で動画の活用が望ましい項目(動画ニーズ)について、自由記述で記載してもらった。なお、ここで動画とは、講義の内容を補うものであるため、数分～10分程度の短時間のものとしている。自由記述の回答にも関わらず、回答内容はほぼ同じものに分類され、大別して11項目あった。回答をまとめた結果を表-2に示す。以下に各項目に詳細について述べる。

- ・「橋の分類」：橋梁形式は様々な種類があるが、地域で見ることができる橋梁形式は限定されており、教科書内の図のみでは理解しにくい。現状では写真のスライドなどを利用し、橋梁形式、支間長などの基礎的事項や橋梁の側面や下からの写真などで部材の名称などを説明している。
- ・「橋梁施工」：各架設工法は架設の状況を段階的に見ることで、その工法の特徴をイメージすることができるが、講義に取り入れるにあたり各工法ごとの段階的な写真を入手するのは困難である。そのため、施工記録などの早送りした動画の希望が多かった。
- ・「橋梁維持管理」：表-1の「維持管理」の要素に示されるように、橋梁点検の種類、目的については5校が教えている。活用したい動画内容では、実際の橋梁点検の手法(様子)、よくある損傷の事例紹介、また長大橋のケーブルなどの維持管理などがあげられた。
- ・「鋼橋の製作・架設」：鋼橋の製作は工場に行かなければ見ることができない。しかし、実際に架けられている橋梁には工場製作のものも多いことから、学生らが将来、構造系技術者や公務員などの発注者の立場になった場合にも、一連の知識を身に付けることは重要である。教科書等の説明・写真のみではわかりにくい。そのため、原寸、けがき、NCけがき、組立溶接、仮組立などの一連の製作工程がわかるものを授業で活用するのが望ましいという意見が、3校からあった。
- ・「ボルト接合」：授業ではトルシア型ボルトの実物を見せている学校もあったが、1)実際に絞めつけピンテールの破断までの現象、さらに2)トルシア型ボルトと高力ボルトを比較したものもあれば、より理解を深めることができる。
- ・「溶接」：鋼材やコンクリートの性質は材料学で学ぶ機会があるが、溶接に関しては橋梁工学や、鋼構造学で初めて触れる場合も多い。また、機械工学系と異なり土木系では溶接の実習もないため、溶接は学生たちにとっては極めてイメージし難いものである。そのため、溶接種類、手溶接と自動溶接作業の様子、アンダーカット、オーバーラップ、ブローホールなどの溶接の欠陥などがあげられた。
- ・「座屈」・「鋼材の各種試験」：表-1に示す座屈および鋼材の試験を行うために、事前の準備と一部の試験は特殊な設備が必要であり、実験の時間も限られていることから、これらの実験を行うのは現実的ではない。しかし、各現

表-2 講義で活用したい動画ニーズ

項目	内 容	回答数
橋の分類	橋の構造、橋の種類、橋梁形式	2
橋梁の施工	各種架設工法の解説	2
橋梁維持管理	橋梁点検、メンテナンス	2
鋼橋の製作・架設	原寸、けがき、NCけがき、などの一連の工程	3
ボルト接合	トルシア型ボルトと他の高力ボルトの施工比較	3
溶 接	溶接種類、手溶接と自動溶接の作業様子 溶接の欠陥 (アンダーカットなど)	3
座 屈	柱の座屈、梁の座屈、鋼板(腹板、フラッシュ)の座屈、 鋼管の局部座屈、横倒れ座屈	3
鋼材の各種試験	引張、圧縮、曲げ、ねじれにおける載荷試験による部材の変形と破壊、シャルピー衝撃試験など	2
落 橋	歴史に残る落橋事故の解説	3
鋼材の疲労	疲労による亀裂進展の様子	1
景観設計	橋梁の景観、デザインのプロセス	1

象ごとに材料がどのように変形して破壊するかを学ぶことは非常に重要であることから、各試験の破壊に至る経緯を解説したものの要望が多かった。

- ・「落橋」：最も有名なタコマナロー橋の自励振動による落橋シーンはWebサイトなどの動画から授業に取り入れているところは、既に3校あった。落橋事例が後の設計に活かされていることも多いことから、歴史に残る落橋およびその原因とそれ以降の橋梁設計及ぼした影響などを解説するもの、という意見があった。
- ・「疲労」：北海道では疲労破壊する事例が少ないことから、疲労による亀裂進展がわかる動画のニーズがあった。
- ・「景観設計」：景観設計に該当する科目がある学校は半数の3校のみであった。しかし、橋梁設計のプロセスや、その工程で景観デザインを取り入れた動画は活用度が高いと思われる。

5. おわりに

本稿では平成22年～23年度に行った実務者ニーズと講義で扱われている程度の比較を32項目の要素(到達目標)に分けて行った。その結果、講義で重点を置いている要素と企業ニーズとほぼ一致しており、特に設計計算の科目はニーズが高く、講義でも十分に教えていることが分かった。また、構造系科目の講義において、特に動画の活用が望ましい項目については、11項目があげられ、写真だけでは補えないもの、通常の実験では見せられないもの、工場や現場でなければ見られないもの、などのニーズが高かった。

謝辞

本研究は、(社)日本鉄鋼連盟から研究助成により、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す。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 佐藤太裕、外5名：全国主要大学と道内国利打つ大学のシラバス調査による構造系科目開講状況の現象分析、土木学会北海道支部論文報告集第66号、A-8、2010。
- 2) 平沢秀之、外6名：大学・高専の鋼構造関連科目に対する企業ニーズについて、土木学会北海道支部論文報告集第67号、A-31、2013
- 3) 宮森保紀、外8名：大学・高専における鋼構造関連の学習項目に対する技術者ニーズ調査、土木学会北海道支部論文報告集第68号、A-18、2012。

- 4) 小室雅人、外9名：シラバスによる構造系科目の開講状況による実態調査、土木学会北海道支部論文報告集大67号、A-31、2013
- 5) 松本高志、外9名：鋼構造教育における見学会と学習の関係性に関するアンケート分析、土木学会北海道支部論文報告集第70号、A-08、2014.
- 6) 平沢秀之、外9名：土木系学科の鋼構造教育と実務者ニーズについて、土木学会北海道支部論文報告集第71号、A-7、2015
- 7) 齊藤剛彦、外10名：構造系教育におけるアクティブラーニングと評価法に関する検討、土木学会北海道支部論文報告集第72号、A-49、2016
- 8) 国立高等専門学校機構：モデルコアカリキュラム（試案）、2012. <http://www.kosen-k.go.jp/pdf/mcc20120323.pdf>