高等専門学校の構造力学科目の実施状況と学習項目の調査
ー 函館高専，明石高専，松江高専および大分高専を対象として ー

松下 明寿香[1]・名木野 晴暢[2]・足立 忠晴[3]・渡辺 力[4]・石丸 和宏[5]・柴田 俊文[6]

[1]大分臨床検査技師専門学校，[2]本校 都市・環境工学科，[3]豊橋技術科学大学 機械工学系，
[4]函館工業高等専門学校 環境都市工学科，[5]明石工業高等専門学校 都市システム工学科，
[6]岡山大学大学院 環境生命科学研究科

本調査では，全国の土木工学系の学科を配置する高等専門学校の構造力学科目の実施状況と学習項目を把握することを目的としている．本稿では，まず，函館工業高等専門学校，明石工業高等専門学校，松江工業高等専門学校および大分工業高等専門学校を対象として，各機関から公開されているシラバスを基に構造力学科目の実施状況と学習内容を調査・分析した．また，四つの高等専門学校の構造力学科目の授業を受けている本科学生を対象として，構造力学科目に対する意識調査も実施した．

キーワード：構造力学教育，シラバス調査，意識調査，モデルコアカリキュラム (試案)

1. まえがき

高等専門学校 (以下，高専) は，実践的・創造的技術者を養成することを目的とした高等教育機関である．土木工学系の学科を配置する高専の使命の一つは，社会基盤の整備を担う実践的かつ創造的な土木技術者の輩出であり，これは社会が高等教育機関に求めていることであると考えられる．

社会が求める実践的・創造的な土木技術者の輩出には，「三力 (さんりき) 」と呼ばれる基礎科目である「構造力学」，「土質力学」および「水理学」の修得が必要不可欠である．中でも土木工学における「構造力学」は，社会基盤の設計・施工・維持管理の基礎となる極めて重要な科目である．しかし，近年は，数学・物理を苦手とする学生が多く，ハード的な内容からソフト的な内容に興味を向ける傾向にあり，ハード的な内容である「構造力学」に苦手意識を持つ高専学生は少なくないように思われる．このような中，独立行政法人 国立高等専門学校機構は，モデルコアカリキュラム（試案）[1)] を提示した．これは，国立高専の全ての学生に到達させることを目標とする最低限の能力水準・修得内容である「コア (ミニマムスタンダード) 」を示すとともに，より高度な社会的要請に応えて高専教育の一層の高度化を図るための指針となる「モデル」を提示することを意図したものである[1)]．以上のことから，高専における構造力学教育は現状を見直す時期に来ていると思われ，今後の高専における構造力学教育の在り方を議論・計画するためには，まず，現状を把握することが不可欠である．

本調査では，佐藤ら[2)] の取り組みを参考にして，全国の土木工学系の学科を配置する高専の構造力学科目の実施状況や学習内容などの現状を把握することを目的としている．本調査の目的達成の第一歩として，本稿では，まず，函館工業高等専門学校 (以下，函館高専)，明石工業高等専門学校 (以下，明石高専)，松江工業高等専門学校 (以下，松江高専) および大分工業高等専門学校 (以下，大分高専) の四つの高専を対象として，各機関から公開されているシラバスを基に構造力学科目の実施状況と学習内容を調査・分析した．また，四つの高専の構造力学科目の授業を受けている本科学生を対象として，構造力学科目に対する意識調査も実施した．

2. シラバス調査

シラバス調査は，各高専のWebページで公開されている平成24年度のシラバスを基に実施した．調査対象は，「本科」で行われている「構造静力学」の内容に限定し，鋼構造学，橋梁工学やコンクリート構造学などの「構造工学」の内容および「専攻科」で実施されている授業は調査の対象から除外した．調査項目は，「座学・演習の別」，「必修・選択の別」，「授業時間 (単位数)」，「使用教科書」および「学習内容とモデルコアカリキュラム (試案) との対応状況」

表-1　シラバス調査の結果

	座学・演習	必修・選択	単位数
大分高専	座学	必修*	8 単位*
A 高専	座学	必修	7 単位
B 高専	座学	必修	5 単位
C 高専	座学	必修	6 単位

*：1 単位分選択

表-2　各高専の主な使用教科書

	使用教科書
大分高専	嵯峨晃，武田八郎，原隆，勇秀憲 共著：構造力学Ⅰ，コロナ社 嵯峨晃，武田八郎，原隆，勇秀憲 共著：構造力学Ⅱ，コロナ社
A 高専	嵯峨晃，武田八郎，原隆，勇秀憲 共著：構造力学Ⅰ，コロナ社 嵯峨晃，武田八郎，原隆，勇秀憲 共著：構造力学Ⅱ，コロナ社
B 高専	崎元達郎 著：構造力学 上，森北出版 崎元達郎 著：構造力学 下，森北出版
C 高専	米田昌弘 著：構造力学を学ぶ 基礎編，森北出版 米田昌弘 著：構造力学を学ぶ 応用編，森北出版

表-3　各高専の学習内容の調査結果とモデルコアカリキュラム (試案) との対応状況

学習内容	大分高専	A 高専	B 高専	C 高専
力とつり合い	◎	◎	◎	◎
構造物・荷重	◎	◎	◎	◎
断面諸量	◎	◎	◎	◎
静定ばり	○	○	○	○
トラス	◎	◎	◎	◎
影響線	◎	◎	◎	◎
静定ラーメン	◎	◎	◎	◎
応力とひずみ	○	○	○	○
はりのたわみ	◎	◎	◎	◎
柱	◎	◎	◎	◎
仕事，エネルギー法	◎	○	◎	○
不静定構造	◎	◎	○	○

とした．なお，これ以降，四つの高専を大分高専，A高専，B高専およびC高専として表す．

表-1は，シラバス調査の結果を纏めたものである．これより，四つの高専とも座学形式の授業が実施されており，大分高専の「構造力学Ⅲ」を除いて全て必修である．ただし，必修単位数は最大で2単位もの差が見られた．なお，1単位は，週1コマ (90分) の授業を半年間実施した場合に相当する．なお，二高専では構造力学を専門とする一人の教員が全ての授業を担当しており，大分高専と残りの一高専は複数の教員で授業を分担している．

表-2は，各高専の主な使用教科書を纏めたものである．これより，A高専と大分高専はコロナ社の教科書，B高専とC高専では森北出版の教科書を用いているが，教科書の難易度はほぼ同一である．

V-F-3 構造

【準学士課程における教育領域の到達目標】
構造系領域は、力学に関する基礎的な理論などを理解し、構造物に働く応力と変形などの計算方法を習得し、その知識を各種構造物の設計に応用できる能力を養う領域である。
・ 力学分野では、建設・建築構造物に作用する外力に対し、反力や構造物内部に生じる応力および変形を計算できること。
・ 各種構造分野(鋼構造、鉄筋コンクリート構造、木構造など)では、基本的な構造物の仕組み、設計手順を理解していること。

【専攻科における教育領域の到達目標】
構造系領域では、弾性力学などを含む力学理論を系統的に理解し、その知識を構造物の設計に適用できる能力を養う領域である。
・ 弾性力学分野では、2次元弾性体の応力とひずみを理論的に理解できること。
・ 構造解析分野では、エネルギー法を静定・不静定構造物に系統的に応用でき、特に余力法について理解していること。
・ 地震工学分野では、振動解析の基礎知識と構造物の耐震設計法を理解していること。

【一般的な科目名】
・ 本科:構造力学、基礎力学、応用力学
・ 専攻科:弾性力学、連続体力学、構造解析学

学習内容	学習内容の到達目標	専攻科の到達目標
力とつり合い	力の定義、単位、要素について説明できる。	
	力のモーメント、偶力のモーメントについて理解している。	
	力の合成と分解について理解し、計算できる。	
	力のつり合いについて理解している。	
構造物・荷重	構造物の種類やその安定について理解している。	
	構造物に作用する荷重の種類について理解している。	
	静定構造物を支える支点や対応する反力を理解し、それらを力のつり合いより計算できる。	
断面諸量	断面1次モーメントを理解し、図心を計算できる。	
	断面2次モーメント、断面係数や断面2次半径などの断面諸量を理解し、それらを計算できる。	
静定ばり	はりの支点の種類、対応する支点反力を理解し、はりの種類やその安定性について説明できる。	
	はりに作用する外力としての荷重の種類を理解している。	
	はりの断面力と荷重の相互関係を理解している。	
	各種静定ばりの断面に作用する内力としての断面力(軸力、せん断力、曲げモーメント)、断面力図(軸力図、せん断力図、曲げモーメント図)について理解し、説明することができる。	
	はりにおける変形の基本仮定を理解し、断面力と応力(軸応力、せん断応力、曲げ応力)について説明でき、それらを計算できる。	
	はりに生じる応力から、簡単なはりの設計ができる。	

図-1 モデルコアカリキュラム (試案) の学習内容と学習内容の達成目標[1)]

表-4 モデルコアカリキュラム (試案) に記載されていない授業担当教員の専門性を活かした学習項目

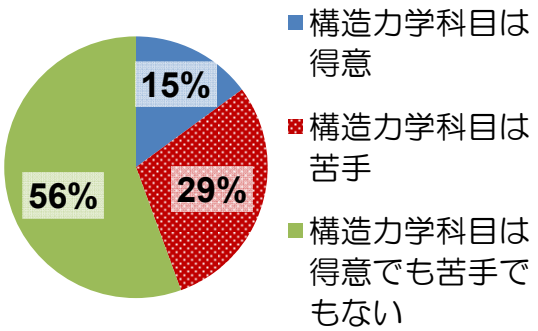
大分高専	棒の圧縮・引張問題，熱応力の問題
A 高専	三次元弾性体の応力とひずみ，マトリックス構造解析法
B 高専	塑性解析
C 高専	マコーレ法

表-3は，各高専の学習内容の調査結果とモデルコアカリキュラム (試案) との対応状況を纏めたものである．モデルコアカリキュラム (試案) には，**図-1**に示すような学習内容に対して幾つかの達成目標が設定されている．本調査では，この達成目標を授業で全て取り扱っていれば「◎」，半分以上取り扱っていれば「○」および半分未満であれば「×」として結果を整理した．

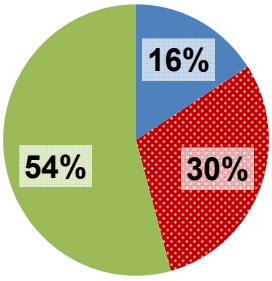
これより，四つの高専で実施している授業内容はほぼ同一であるが，「仕事，エネルギー法」と「不静定構造」には若干の相違がみられた．しかしながら，四つの高専とも現状の授業計画でモデルコアカリキュラム (試案) に十分対応している．なお，各高専において，モデルコアカリキュラム (試案) に記載されていない授業担当教員の専門性を活かした学習項目が最低一つは実施されていた．その結果を**表-4**に示すが，基礎的な内容に加えて，難易度の高い内容も各高専で取り扱われている．

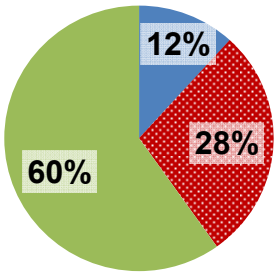
3. 意識調査

意識調査は，函館高専，明石高専，松江高専および大分高専の構造力学科目を受けている本科学生を対象とし，アンケート形式で実施した．アンケートは該当する番号に○を付ける回答方式として行い，質問項目としては，「1. 構造力学科目は得意」，「2. 構造力学科目は苦手」，「3. 構造力学科目は得意でも苦手でもない」の三つとした．また，「3. 構造力学は苦手」と回答した場合のみ，その理由を記述方式 (任意) で行った．



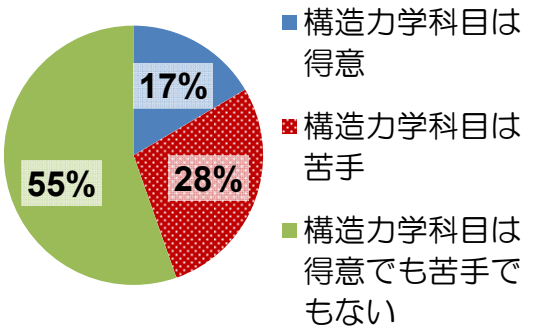
(a)　全体の結果



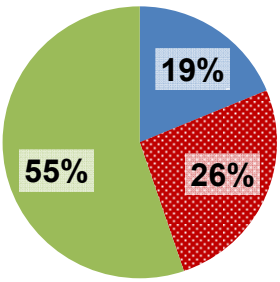


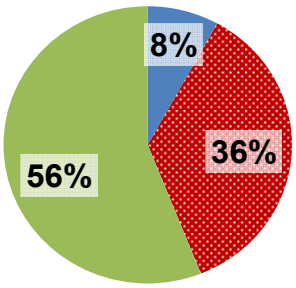
(b)　男子学生の結果　　(c)　女子学生の結果

図-2　四高専の意識調査の結果



(a)　全体の結果





(b)　男子学生の結果　　(c)　女子学生の結果

図-3　大分高専の意識調査の結果

表-5 各高専の調査結果

	構造力学科目は得意 (%)	構造力学科目は苦手 (%)	構造力学科目は得意でも苦手でもない (%)
大分高専	17	28	55
A 高専	10	39	51
B 高専	19	17	64
C 高専	18	24	58

表-6 各高専の男子学生の調査結果

	構造力学科目は得意 (%)	構造力学科目は苦手 (%)	構造力学科目は得意でも苦手でもない (%)
大分高専	19	26	55
A 高専	9	41	50
B 高専	18	17	65
C 高専	24	25	51

表-7 各高専の女子学生の調査結果

	構造力学科目は得意 (%)	構造力学科目は苦手 (%)	構造力学科目は得意でも苦手でもない (%)
大分高専	8	36	56
A 高専	14	32	54
B 高専	20	20	60
C 高専	8	22	70

図-2 には，四つの高専を対象とした意識調査の結果が示してある．ここで，有効な回答者数は 423 人であり，そのうち男子学生が 321 人，女子学生が 102 人である．

これより，全体の30 % 程度の学生が構造力学科目に苦手意識を持っているようである．また，男女別に見ても 30 % 程度の学生が苦手意識を持っている．

図-3は，大分高専の意識調査の結果である．有効な回答者数は121人，そのうち男子学生が96人，女子学生が25人である．これより，大分高専においても全体の30 % 程度の学生が構造力学科目に苦手意識を持っており，四高専の結果と同じ傾向である．しかし，男女別で見ると，大分高専では男子学生よりも女子学生の方が苦手意識を持っている割合が多い．なお，参考までに，**表-5**には各高専の調査結果，**表-6**には各高専の男子学生の調査結果および**表-7**には各高専の女子学生の調査結果を示した．

最後に，大分高専の構造力学科目が苦手な学生の主な理由を**表-8**に，大分高専を除く三つの高専の構造力学科目が苦手な学生の主な理由を**表-9**に示した．

表-8より，大分高専の学生が構造力学科目に苦手意識を持つ理由は，「イメージし辛い (特に，断面力や応力) 」という物理・力学が関係する要因と「計算ミス，計算手順が煩雑・複雑」という数学 (算数) が関係する要因 (表中の太文字の箇所) の二つに大別される．また，**表-9**からもほぼ同様の理由によって，構造力学科目に苦手意識を持っているようであるが，構造力学を学ぶ意義を見失っている学生や公式に頼っている学生が苦手意識を持っている傾向も認められる．さらに，「反力の計算などで一つでも間違ったらその後のすべての計算を間違えてしまうから (表中のゴシック体の太文字の箇所) 」という構造力学を学ぶ過程で最も辛い思いをする点について苦しんでいることが伺える回答も多数見られた．

以上より，構造力学科目に対して苦手意識を持つ学生を少なくするためには，これまで以上に「数学」と「物理 (力学) 」の基礎力を養うことが必要不可欠であり，加えて，学習意欲を高めるために「導入教育」を実施して行く必要があるであろう．

4. あとがき

本稿では，函館高専，明石高専，松江高専および大分高専を対象として，各機関から公開されているシラバスを基に構造力学科目の実施状況と学習内容を調査・分析した．また，四つの高専の構造力学科目の授業を受けている本科

表-8　構造力学科目が苦手な学生の主な理由 (大分高専)

- **計算量が多く，計算ミスをしてしまうから．(複数)**
- **難しく記号が多いから．**
- 土質や水理と違って現実味がなく，実験がないので分かりにくい．
- 応力の計算が苦手．
- 公式や計算が複雑でイメージが出来ない，湧かない．
- 解析手法が沢山あって煩雑な印象がある．
- どういう力が作用しているのかイメージできない．何をしているのか分からなくなる．
- 反力などが頭で想像できない．
- 目に見えないのでイメージしづらいから．

表-9　構造力学科目が苦手な学生の主な理由 (大分高専を除く三つの高専)

- 反力は計算できるが，**トラスなどの $\cos\theta, \sin\theta$ になると無理**．
- 仕組みが理解できない．
- 式をちゃんとたてられない．
- 構造の図が浮かばないから．
- 力が多く，どのような力か理解するのに時間がかかる．
- **自分に計算力がないから．**
- **計算のミスをしてしまうから．**
- 理屈を理解するのが難しい．
- **数学と公式がぐちゃぐちゃになる．**
- **数学があまり得意ではないから．**
- 構造力学で習う式や図などが実際にどこで何にどのように使われているのかということが分からないので，自分が構造力学で何をしているのか曖昧なままなので．
- **反力の計算などで1つでも間違ったらその後のすべての計算を間違えてしまうから．（複数）**
- なにを求めているのかよく分からないから．
- 理解が遅く，公式が覚えれない．
- 式を覚えるのが大変．

学生を対象として，構造力学科目に対する意識調査も実施した．

四つの高専とも実施している授業内容および使用教科書の難易度はほぼ同一で，モデルコアカリキュラム (試案) の学習内容にも対応していた．ただし，必修単位数は最大で2単位もの差が見られた．また，意識調査では，おおよそ 30 %の学生が構造力学科目に苦手意識を持っており，大分高専では男子学生よりも女子学生の方が構造力学科目への苦手意識が強いという現状が明らかとなった．さらに，大分高専の学生が構造力学科目に苦手意識を持つ理由は，「イメージし辛い (特に，断面力や応力) 」という物理・力学が関係する要因と「計算ミス，計算手順が煩雑・複雑」という数学 (算数) が関係する要因の二つに大別されることも明らかとなった．

今後は，対象とする高専の数を拡大し，同様の調査を行うことで，より正確な現状を把握する予定である．

謝辞：本調査は，平成24年度豊橋技術科学大学高専連携教育研究プロジェクト (教育プロジェクト支援) による助成を受けて行われました．ここに記して，関係者各位に謝意を示します．また，意識調査に協力をいただいた函館高専，明石高専，松江高専および大分高専の学生のみなさんに心から感謝いたします．

参考文献

1) 独立行政法人 国立高等専門学校機構：モデルコアカリキュラム (試案), 2012.
2) 佐藤太裕，宮森保紀，三上修一，小室雅人，平沢秀之，渡辺力：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.

(2013.9.30 受付)