

構造実験を活用した教育法に関する  
アンケート（企業様向け）実施報告書

土木学会 構造実験を活用した教育法に関するブレインストーミング小委員会

2024年5月

構造実験を活用した教育法に関するブレインストーミング小委員会（活動当時）

委員長	林和彦	香川高等専門学校 建設環境工学科
副委員長	田村洋	横浜国立大学 大学院都市イノベーション研究院
委員	松村政秀	熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター
委員	服部雅史	高速道路総合技術研究所 橋梁研究室
委員	角野拓真	阿南工業高等専門学校 創造技術工学科 建築学コース
委員	海田辰将	徳山工業高等専門学校 土木建築工学科
委員	三好崇夫	明石工業高等専門学校 都市システム工学科
オブザーバー	中田裕喜	鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部

## 1. はじめに

土木学会「構造実験のてびき」は2009年に改訂版が発刊されて以降10年以上が経過している。その間、大学や高専等の高等教育機関では授業の中で実験を扱う時間数が減少傾向にあることや、2019年末からの新型コロナウイルス感染拡大に伴う対面実験授業の制限など、実施環境にまつわる大きな時代の変化があった。緊急事態宣言に端を発するオンライン授業では、大学や高専での対面式の実験授業が動画視聴へと代替が余儀なくされたなどマイナスの側面がある一方で、かつては受講者以外にはわからなかった実験授業の動画教材が他者も比較的容易に入手できるようになるなどプラスの側面ももたらした。近年スマートフォンの普及、YouTube等を通じて動画でものごとを理解することが主流になっており、動きのある構造実験に関してこれらのツールの親和性が高いことは明らかである。

構造実験は、比較的難解で学生から敬遠されがちな構造力学という科目に対して理解を助ける内容を含み、物質の破壊現象を体験する場として有益である。一方で、実施のためには載荷装置や計測装置の整備が必要なため、大学や高専での教育機関においても十分な内容の構造実験が実施されているとはいえない。

企業等に務める技術者には、土木系の大学や高専を卒業しているものの構造系の科目を履修していない者も一定数存在することや、昨今の人材不足の観点から土木外からの入職者に対しての専門教育で苦慮する事例が今後増えていくことが予想される。

このような時代背景やニーズを踏まえた中、構造実験を通じた専門教育をどのように行うべきかを検討する時期にきているといえる。本研究小委員会では、どのような教育内容が必要で、そのためにどのような教材や教授法の開発が必要であるかを検討するため、「構造実験を活用した教育法に関するアンケート」を実施することとした。

## 2. アンケート実施状況

アンケートは、(1)土木工学系の部署で働く入社後10年以上の土木技術者で、(2)直接または間接に新人（入社後5年以内）の部下と一緒に仕事をしている、または、新人向けの教育を行っている者を対象に、2023年7月から8月の2か月にわたってオンラインにて行われた。

依頼は、土木学会の構造工学委員会、鋼構造委員会、複合構造委員会、コンクリート委員会に対して、図1のEメール文章および図2の別添資料を用いて行われた。また土木学会メールニュースにおいても図2の別添資料を用いて行われた。

アンケートはMicrosoft Formsを用いて行われた。アンケートの冒頭の画面を図3に示す。その結果、期日である同年8月31までに120件の回答を得た。アンケートの内容については、集計・分析結果と共に次章で述べる。

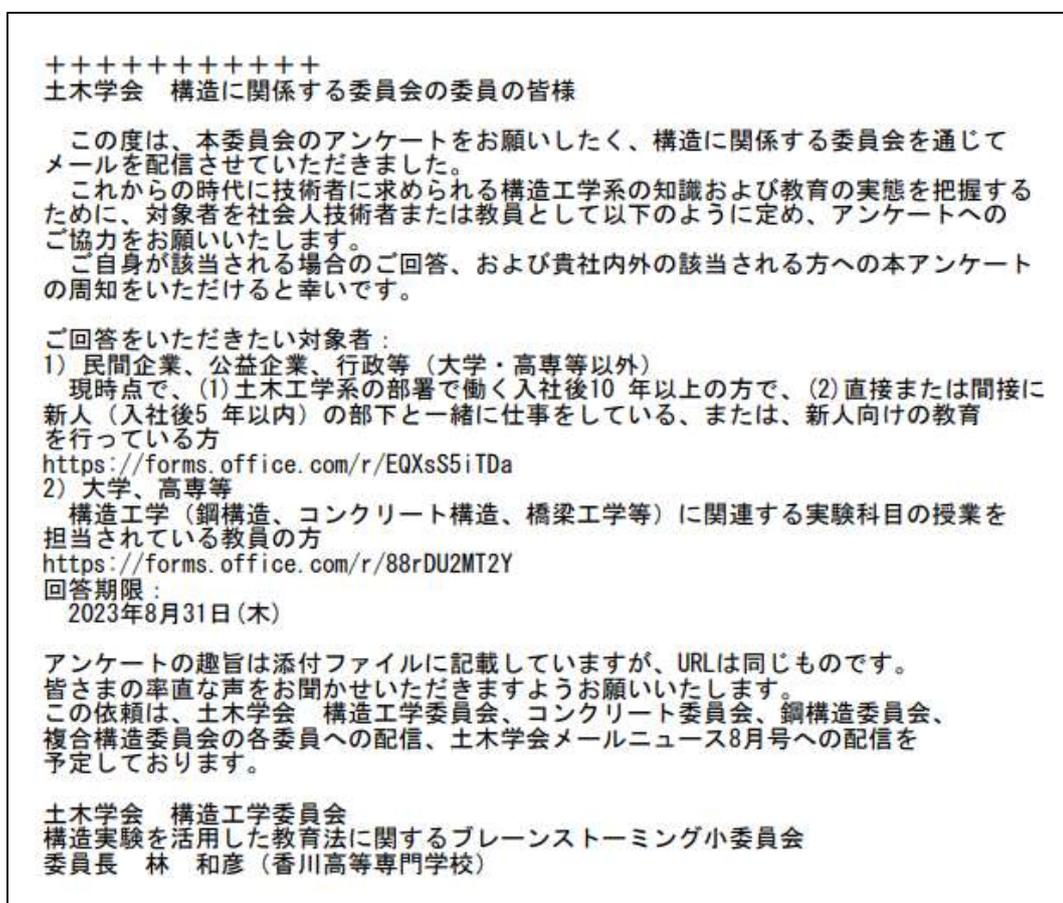


図1 Eメールにおける依頼文

【企業等の皆さまへ】

(アンケート対象者：土木工学系の部署で働く入社後 10 年程度以上の方)

### アンケートへのご協力をお願い

2023 年 7 月

土木学会 構造工学委員会  
構造実験を活用した教育法に関するブレインストーミング小委員会  
委員長 林 和彦 (香川高等専門学校)

皆様におかれましては益々ご健勝のこととお喜び申し上げます。

土木学会で出版している「構造実験のてびき」は 2009 年に改訂されて以降 10 年以上が経過しています。その間、大学や高専等では授業の中で実験を扱う時間数が減少傾向にあることなど実施環境にまつわる大きな時代の変化がありました。コロナ禍ではオンライン授業が本格的に導入され、スマートフォンや YouTube 等のソーシャルメディアの普及にも後押しされて、学習の方法にも変化が起きています。

本小委員会では、今後の構造実験のてびきのあり方に関する議論に役立てることを目的に、構造実験を活用した教育法に関する情報交換を行っています。そのために、現在どのような教育が求められているのかを捉え直すことが重要であり、各所で土木構造工学に関する教育に携わられている方々を対象に、以下の 4 項目についてアンケートを実施する運びとなりました。

1. 現在の構造実験のてびき (2009 年版) の内容の評価
2. 高等学校 (高校) での工学教育・理科 (物理) 教育
3. 高等専門学校 (高専)・大学での構造系教育の実態とあるべき姿
4. 企業等での構造系教育の実態とあるべき姿

企業等の皆さまには「4. 企業等での構造系教育の実態とあるべき姿」についてご見解をお聞かせいただきたく存じます。

ご回答をいただきたい対象者：

- ご所属：民間企業、公益企業、行政等 (大学・高専等以外)
- 現時点で、①土木工学系の部署で働く入社後 10 年以上の方で、②直接または間接に新人 (入社後 5 年以内) の部下と一緒に仕事をしている、または、新人向けの教育を行っている方
- 1 社からの回答人数の制限はございません。

回答は 2023 年 8 月 31 日までに Microsoft Forms からお願いいたします。(リンク先から回答できない場合は下記問合せ先にご連絡ください。)

企業等の方へのアンケート：

<https://forms.office.com/r/EQXsS5iTDa>

お忙しい中とは存じますが、多くの方にご協力を賜れますと幸いです。



連絡先：横浜国立大学 田村洋 (tamura-hiroshi-jg@ynu.ac.jp)

図 2 アンケート依頼文

...

## 構造実験を活用した教育法に関するアンケート（企業様向け）

構造実験を活用した教育法に関するプレーストリーミング小委員会より、企業等で土木工学系の部署で働く入社後10年程度以上で社員教育に関わられておられる方へ、自部署で働く入社後5年以内の新人（以下、新人）について伺います。

\* 必須

1. 御社名または業種名をお答えください。（アンケート結果の報告においては御社名が特定されないように致します） \*

回答を入力してください

2. 近年の新人にどの程度の自己研鑽を期待されていますか？  
（例：社内の講習会に積極的に参加して欲しい） \*

回答を入力してください

3. 近年の新人にどの程度の土木技術者としてのスキルを期待されていますか？

図3 アンケートの回答画面

### 3. アンケート結果

- (1) 問 1「御社名または業種名をお答えください。（アンケート結果の報告においては御社名が特定されないように致します）」への回答

この質問は回答必須であるため 120 件の回答を得た。企業名等を含むこの質問への回答から 8 種類の業種に分類して回答者の属性の内訳を示したのが図 4 である。同図は高速道路会社、鉄道会社、ファブリーケーターの回答者の割合が高いことを示している。

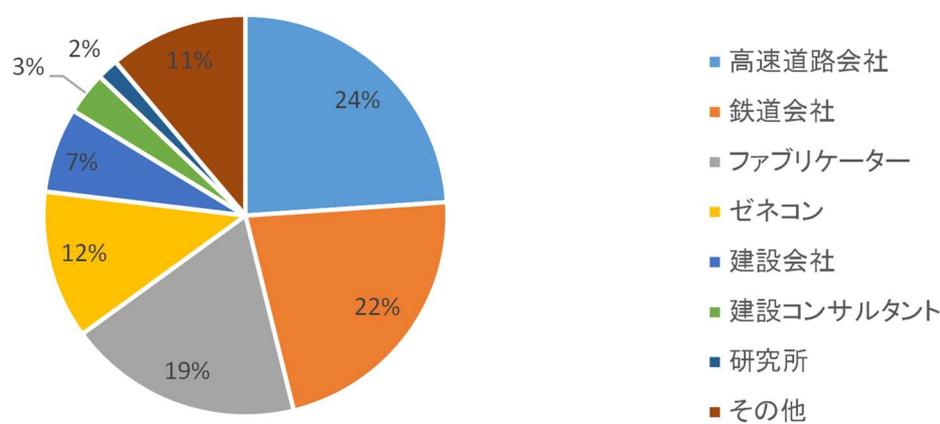


図 4 アンケート回答者の業種

- (2) 問 2「近年の新人にどの程度の自己研鑽を期待されていますか？  
(例：社内の講習会に積極的に参加して欲しい)」への回答

この質問は回答必須であるため 120 件の回答を得た。回答は文章形式である。寄せられた多様な回答を集約し、触れられていた項目で多かった 6 項目への言及数を示した分析結果が図 5 である。1 件の回答の中で複数の項目に触れられていた場合はそれぞれの項目で 1 件としてカウントしている。同図は、「資格試験を目指して」自己研鑽を期待しているという回答者が最も多く、次いで「社外の研修等を通じて」、「社内の研修等を通じて」自己研鑽を期待しているという回答者が多いことを示している。そのほか、「一つ一つの事項でわかったこと、わからなかったことを自覚して、わからないことは今の自分の実力でどの程度理解しているか、理解していないか、自分の立ち位置を周囲にヒアリングして客観的に把握して欲しい。」という回答や、「打合せ等の場で積極的な発言（質問等）をしてほしい」という回答もあった。

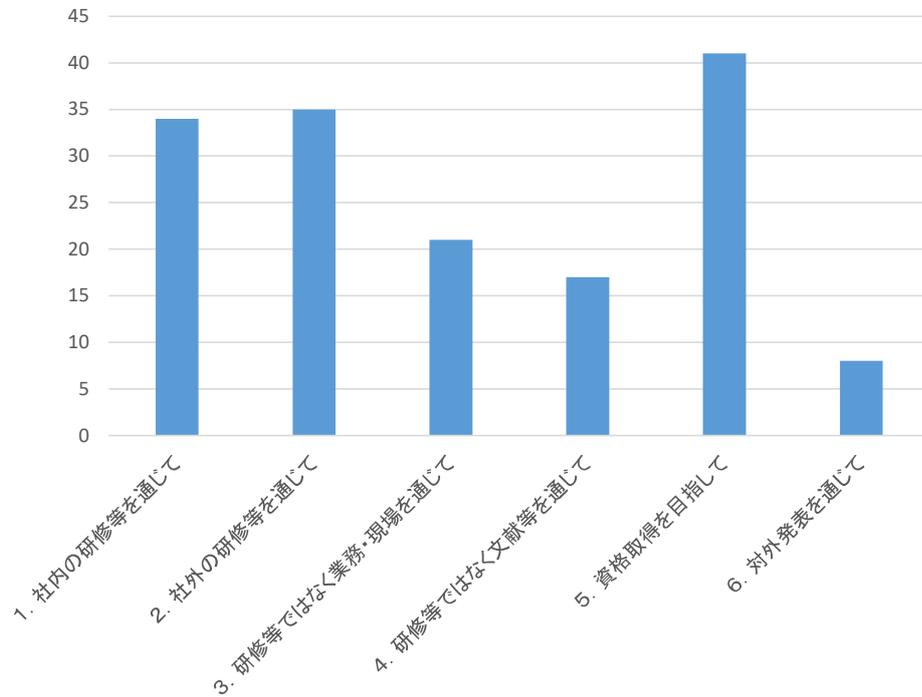


図5 近年の新人に期待する自己研鑽

(3) 問3「近年の新人にどの程度の土木技術者としてのスキルを期待されていますか？」への回答

この質問は回答必須であるため 120 件の回答を得た。回答は文章形式である。寄せられた多様な回答を集約し、触れられていた項目で多かった 6 項目への言及数を示した分析結果が図6である。ここでも1件の回答の中で複数の項目に触れられていた場合はそれぞれの項目で 1 件としてカウントしている。同図は、「図面や文献を理解できる」スキルを期待しているという回答者が最も多く、次いで「大学で学ぶ計算法等」のスキルを期待しているという回答者が多いことを示している。そのほか、「最初からスキルを有している必要はない。業務を通じて吸収する柔軟性が重要」という回答や、「海外で通用する語学スキル」という回答もあった。

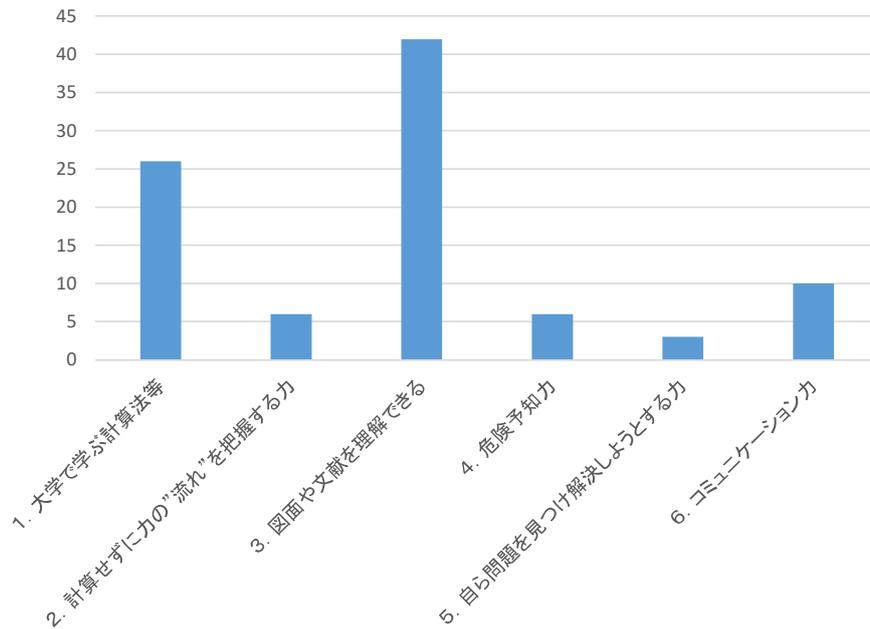


図 6 近年の新人に期待する土木技術者としてのスキル

(4) 問 4 「土木既修新入社員の専門性（構造力学の知識やセンスのレベルに限りません）に対する満足度をお答えください。」への回答

この質問は回答必須であるため 120 件の回答を得た。回答は 4 つの選択肢の中から 1 つを選択する形で成されている。各選択肢の選択率を示したのが図 7 である。同図は、「ある程度満足している」という回答者が 6 割以上を占め最も多く、次いで「あまり満足していない」という回答者が 3 割程度であり、前者の約半数であった。土木既修新入社員の専門性については肯定的にとらえている回答者が比較的多いことが伺える。

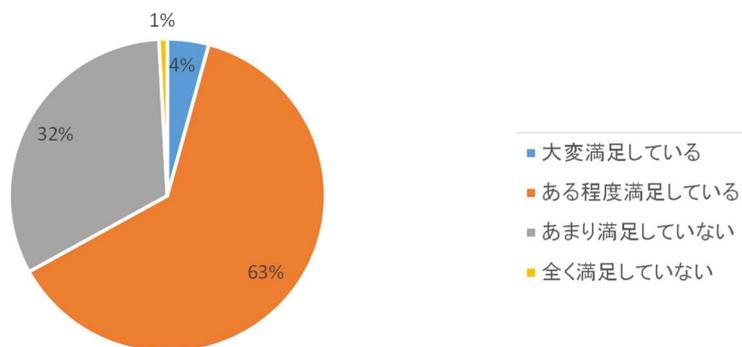


図 7 土木既修新入社員の専門性に対する満足度

(5) 問5「4.のようにお答えになった理由を御記載ください。(任意)」への回答

この質問は任意であり78件の回答を得た。

問4に対して「大変満足している」と答えた回答者からは4件の回答があり、「私が入社した時よりも基礎レベルが高いと感じるから。」などと述べられていた。

問4に対して「ある程度満足している」と答えた回答者からは42件の回答があり、「学生時代の勉強への取り組みを通じて、仕事への取り組み姿勢が培われていると感じる.」、「よく勉強しており、少し専門性に偏りはあるものの、高度な技術を習得していると感じる。」などと述べられていた。

問4に対して「あまり満足していない」と答えた回答者からは31件の回答があり、「都市計画系が多く、計算できない新卒が多い」、「大学院卒は自身の研究内容についての知識は高いレベルであるが、基礎的な土木工学（おそらく大学1、2年目で学ぶようなもの）については十分に身につけていない。」などと述べられていた。

問4に対して「満足していない」と答えた回答者からは1件の回答があり、「(一部の技術系部署を除き)会社で使える専門性と大学で習得した専門性が異なるため。」などと述べられていた。

(6) 問6「土木既修新入社員の構造力学に関する知識のレベルについて、満足度をお聞かせください。」への回答

この質問は回答必須であるため120件の回答を得た。回答は4つの選択肢の中から1つを選択する形で成されている。各選択肢の選択率を示したのが図8である。同図は、「ある程度満足している」という回答者が6割程度を占め最も多く、次いで「あまり満足していない」という回答者が4割程度であった。土木既修新入社員の専門性については肯定的にとらえている回答者が比較的多いことが伺える。構造力学の知識やセンスのレベルに限らず専門性への満足度を問うた問4への回答と比較すると、「あまり満足していない」という回答者の割合がやや多かった。

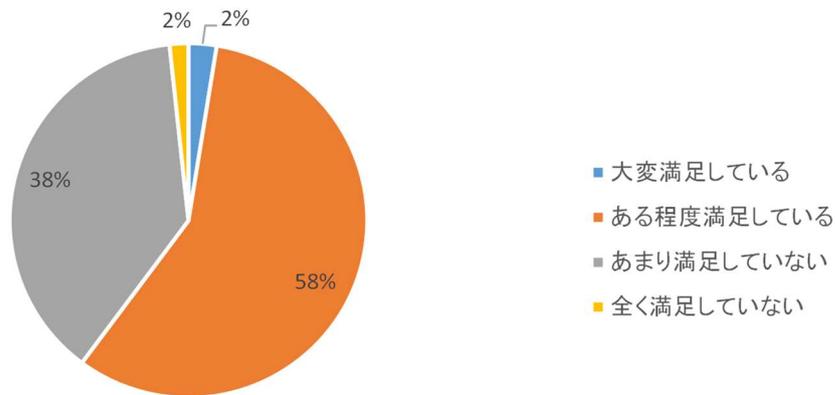


図 8 土木既修新入社員の構造力学に関する知識のレベルに対する満足度

(7) 問 7 「6.のようにお答えになった理由を御記載ください。(任意)」への回答

この質問は任意であり 75 件の回答を得た。

問 4 に対して「大満足している」と答えた回答者からは 3 件の回答があり、「色々なことをよく知っていると思う。」などと述べられていた。

問 4 に対して「ある程度満足している」と答えた回答者からは 34 件の回答があり、「構造計算は出来なくても、理論や理屈は理解している.」、「会話ができる程度の知識を持っているため」などと述べられていた。

問 4 に対して「あまり満足していない」と答えた回答者からは 37 件の回答があり、「学生時代に地震工学やコンクリート構造、疲労を学ぶ学生が減ってきているように思う.」、「断面 2 次モーメントが何かもわからない者もいたため。」などと述べられていた。

問 4 に対して「曲げモーメントの計算や、耐力の算出など基本的なことが出来ない・知らない。」と答えた回答者からは 1 件の回答があり、「(一部の技術系部署を除き) 会社で使える専門性と大学で習得した専門性が異なるため。」などと述べられていた。

(8) 問 8 「土木既修新入社員に求める既習内容として、計算に習熟しておいて欲しい理論として当てはまるものをすべてお答えください。(複数回答可能)」への回答

この質問は回答必須であるため 120 件の回答を得た。回答は 24 の選択肢の中から該当する数だけ選択する形で成されている。選択肢の選択数を示したのが図 9 である (1 件の回答で複数の選択がされていることが多く、合計数は

757に達した)。同図は、「力のつり合い」と「断面1次モーメント・断面2次モーメント」を選択した回答者が最も多く、次いで「中立軸と図心」,「静定・不静定の判別」,「影響線」の回答者が多かった。「有限要素解析」を選択した回答者も比較的多かった。

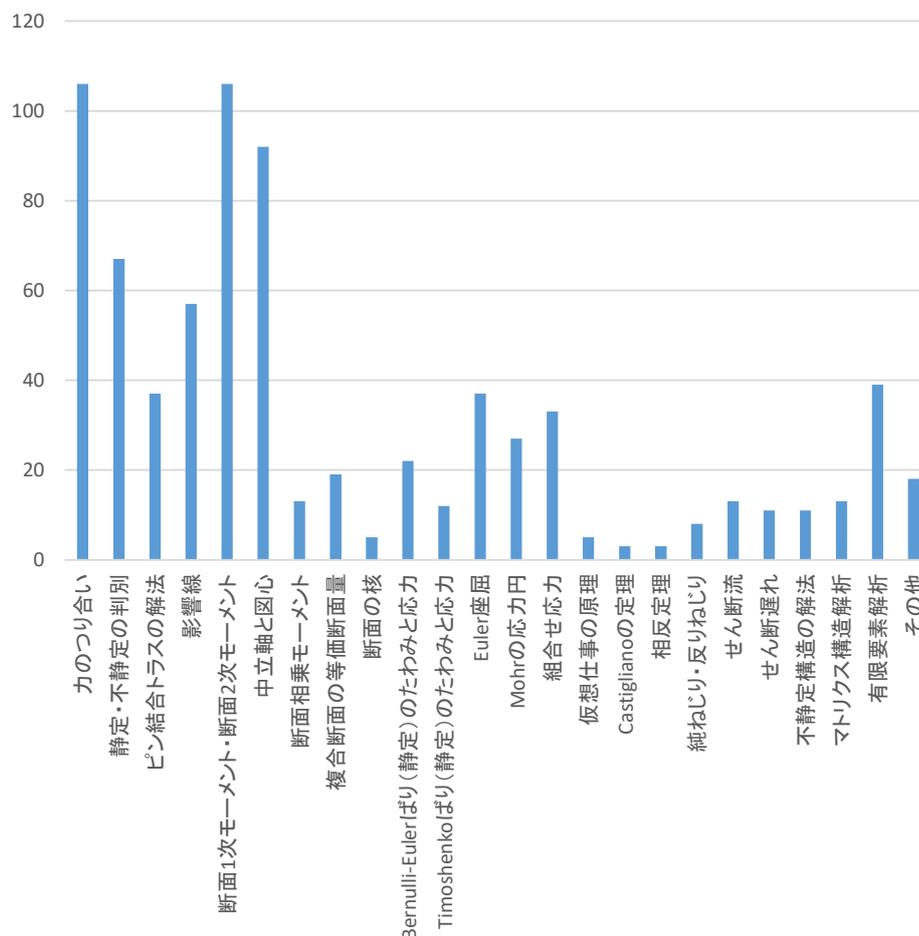


図9 土木既修新入社員に習熟しておいて欲しい計算理論

- (9) 問9「8.で「その他」と答えた方に伺います。その内容を御記述下さい。」への回答

この質問は誤って回答必須の設定となっていたため120件の回答を得たが、大半は「その他を選択していない」との無効な回答であり、「その他」を選んだ回答者からの回答は18件であった。そのうち断面力(あるいは曲げモーメント図,せん断力図など)を挙げる回答が6件あった。ただし,アンケート作成者の意図としては,断面力は問8で「Bernulli-Euler(ばり(静定)のたわみと

応力」および「Timoshenko ばり（静定）のたわみと応力」に含まれており、アンケート作成者の意図に沿って問8を回答した回答者が他に多くいた可能性がある。すなわち断面力の計算に習熟しておいて欲しいと考える回答は6件より多かった可能性がある。他の12件の回答の中には「摩擦」や「疲労」、「鉄筋コンクリート」、「メンテナンス」といった回答、また、「理論も大切だが、各式が表現したい物理的現象をイメージが出来るようになってほしい。」、「正確ではなくてもあたりを付ける能力.」、「計算方法の習熟も重要ですが、どのような場合にその計算方法を用いるべきかという根本的なことへの理解がより重要と思われます.」、「実務を進める中で必要となる理論を習熟して行けばよいと思います」といった問8の選択肢とは別の視点からの意見も多く示されていた。

(10) 問 10 「土木既修新入社員の構造力学に関するセンスのレベルについて、満足度をお聞かせください。」への回答

この質問は回答必須であるため120件の回答を得た。回答は4つの選択肢の中から1つを選択する形で成されている。各選択肢の選択率を示したのが図10である。同図は、「ある程度満足している」という回答者が5割以上を占め最も多く、次いで「あまり満足していない」という回答者が4割程度であった。「全く満足していない」を選んだ回答者はいなかった。構造力学の知のレベルへの満足度を問うた問6への回答と、「ある程度満足している」と「あまり満足していない」の割合を比較すると、「あまり満足していない」という回答の割合が多かった。

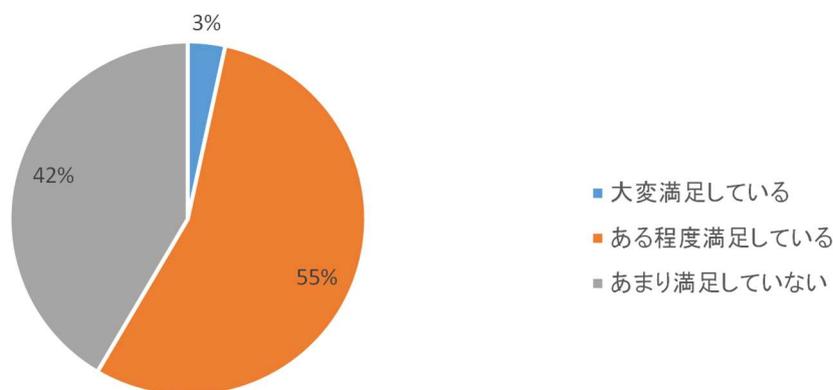


図 10 土木既修新入社員の構造力学に関するセンスのレベルに対する満足度

(11) 問 11 「10.のようにお答えになった理由を御記載ください。（任意）」への回答

この質問は任意であり 58 件の回答を得た。

問 10 に対して「大変満足している」と答えた回答者からは 1 件の回答があり、「最近のコンピュータを用いた解析については自分よりも詳しい。」との回答であった。

問 10 に対して「ある程度満足している」と答えた回答者からは 25 件の回答があり、「知識がない部分に関しても、説明すればある程度は理解できるため.」, 「個人レベルで構造力学の理解度が異なることがあり、全く理解していない部下も配属されてきたこともある」, 「保守部門では構造力学の知識を使う場面は少なく、高いレベルは求めているため。」などと述べられていた。

問 10 に対して「あまり満足していない」と答えた回答者からは 32 件の回答があり、「専門知識はあるものの、その応用が苦手のように感じる」, 「自分で力学現象を考えず、構造解析ソフトに入力すれば答えが出ると勘違いしている.」, 「理屈を理解していないためか応用が利かない.」, 「そもそも計画系が多く、構造系の新入社員が少ない。構造系だとしても、業務に繋がる研究等をしていただけではなく、結局、社内研修や OJT のなかで教えていかなければならない。」などと述べられていた。

(12) 問 12 「土木未修新入社員の専門性（構造力学の知識のレベルに限りません）に対する満足度をお答えください。」への回答

この質問は回答必須であるため 120 件の回答を得た。回答は 5 つの選択肢の中から 1 つを選択する形で成されている。各選択肢の選択率を示したのが図 11 である。同図は、「土木未修新入社員はいない」を選択した回答者が約 4 割であり土木未修新入社員を有する職場の回答者は約 6 割であることが示されている。その中では、「ある程度満足している」という回答者と「あまり満足していない」という回答者が拮抗している。また、わずかに「大変満足している」という回答者と「全く満足していない」という回答者もあり、両者も割合としてほぼ同等である。

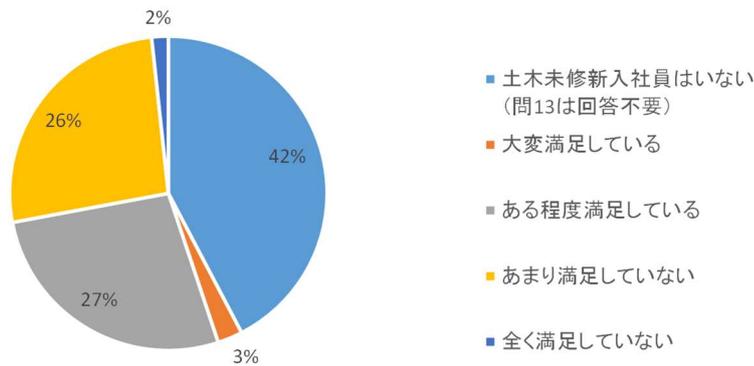


図 11 土木未修新入社員の専門性に対する満足度

(13) 問 13 「12.のようにお答えになった理由を御記載ください。(任意)」への回答

この質問は任意であり 39 件の回答を得た。

問 12 に対して「大変満足している」と答えた回答者からは回答はなかった。

問 12 に対して「ある程度満足している」と答えた回答者からは 17 件の回答があり、「理解力が高い、おそらく自己学習している」、「入社後に得る知識がはるかに多いこと。専門知識の他、業務を遂行するための調整力があることが重要であり、専門的要素は段階的・経験的に高めてもらえば良い。」、「モーメントなど構造力学の基本は理解しているため」などと述べられていた。

問 12 に対して「あまり満足していない」と答えた回答者からは 21 件の回答があり、「仕方が無いことであるが、ウェブ・フランジといった部材名から教えなければならぬから。」、「構造力学が必修でない大学もあり、企業側で教える必要がある」、「教えてもらうのがあたり前の雰囲気がある」、「人手不足もあって理系ですらない新入社員も多くなってきており、中学高校で習うレベルのことから教えていく必要があるため。」などと述べられていた。

問 12 に対して「全く満足していない」と答えた回答者からは 1 件、「分野外なのでそもそも学んでいない。仕方がない。」とのコメントがあった。同じ土木未修新入社員でも、どのような専門分野を学んできたのか、どのような姿勢で現職にあたっているのかで評価が異なるようである。

(14) 問 14 「土木未修新入社員の構造力学に関する知識のレベルについて、満足度をお聞かせください。」への回答

この質問は回答必須であるため 120 件の回答を得た。回答は 4 つの選択肢の

中から 1 つを選択する形で成されている。各選択肢の選択率を示したのが図 12 である。同図は、「あまり満足していない」という回答者が 4 割近くを占め最も多く、次いで「ある程度満足している」という回答者が 3 割程度であった。「全く満足していない」を選んだ回答者も 2 割以上いた。土木既修新入社員の構造力学に関する知識のレベルについて満足できていないと感じている回答者が多かったことが示されている。

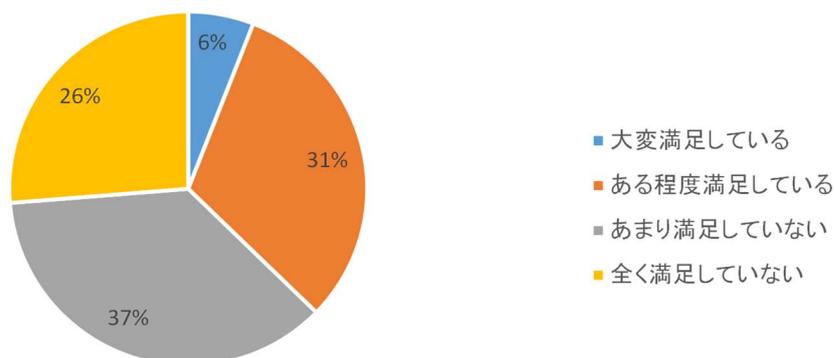


図 12 土木未修新入社員の構造力学に関する知識のレベルに対する満足度

(15) 問 15 「14.のようにお答えになった理由を御記載ください。(任意)」への回答

この質問は任意であり 58 件の回答を得た。

問 14 に対して「大変満足している」と答えた回答者からは 3 件の回答があったが、「土木未修新入社員なら構造力学の知識ゼロでも当然なので。」や「土木未修者での土木分野への新人はいない」とのコメントなど、構造力学に関する知識自体を高く評価するものではなかった。

問 14 に対して「ある程度満足している」と答えた回答者からは 17 件の回答があり、「必要に応じて勉強すればなんとかなるため」、「業務の中で身に着ける事柄もあるため」、「土木未修の新入社員は構造力学に関する知識はゼロ前提で考えているため」などと述べられていた。

問 14 に対して「あまり満足していない」と答えた回答者からは 19 件の回答があり、「Mohr の応力円など、基本事項を再度教育する必要があるから。」、「基本的な単語等の知識はあるが、力学的なイメージが想像できない方が多いと思います。」、「基本から教えてる必要があるが、その時間が確保できない。」などと述べられていた。

問 14 に対して「全く満足していない」と答えた回答者からは 18 件あったが、9 件は土木未修新入社員が職場に存在しないこと伝えようとするコメント

であった。ほか 9 件は土木未修新入社員に対する評価を述べるもので「全く、力学に対する知識が無い、また理解しようと努力もしない。」とのコメントがあった。同じ土木未修新入社員でも、どのような専門分野を学んできたのか、どのような姿勢で現職にあたっているのか、構造工学の基礎を教授できる体制が職場に整備されているかで評価が異なるようである。

(16) 問 16 「新人の構造力学に関する知識等の底上げのため、フォローアップなどの努力・工夫をされていればお聞かせください。」への回答

この質問は回答必須であるため 101 件の回答を得た。回答は文章形式である。寄せられた多様な回答を集約し、触れられていた項目で多かった 5 項目への言及数を示した分析結果が図 13 である。1 件の回答の中で複数の項目に触れられていた場合はそれぞれの項目で 1 件としてカウントしている。同図は、「社内の研修等で」フォローアップをしているという回答者が最も多く、次いで「研修等ではなく業務・現場で」フォローアップをしているという回答者が多く、多くの職場で新人技術者の底上げの手段としてこれらが選ばれていることを示している。

社内の研修等については具体的なメニューが紹介されていた回答も多く、主要なものとしては、構造力学の問題や設計の計算を自ら行わせる場合と座屈等の模型実験に参加させる場合の 2 通りがあることが判明した。図 14 に、社内の研修等の内容として「手計算」、「実験」を答えた回答数を示す。同図は、計算を自ら行わせることで、ソフトウェアの中で処理されている計算過程を把握させたり、数値のオーダー感を養わせたりする研修が多いことを示している。一方で、計算法を教える前に「どのようなモーメント・せん断力図になるかを絵で書いて説明して議論している」といった、センスを養成することを重視しているといった回答や、「細かい計算過程よりも、理論の背景、物理的意味を説明して感覚で理解する教育を最初に行っている。」といった回答もあった。また、構造力学のフォローアップにまで手が回っていないという回答も少なからずあった。

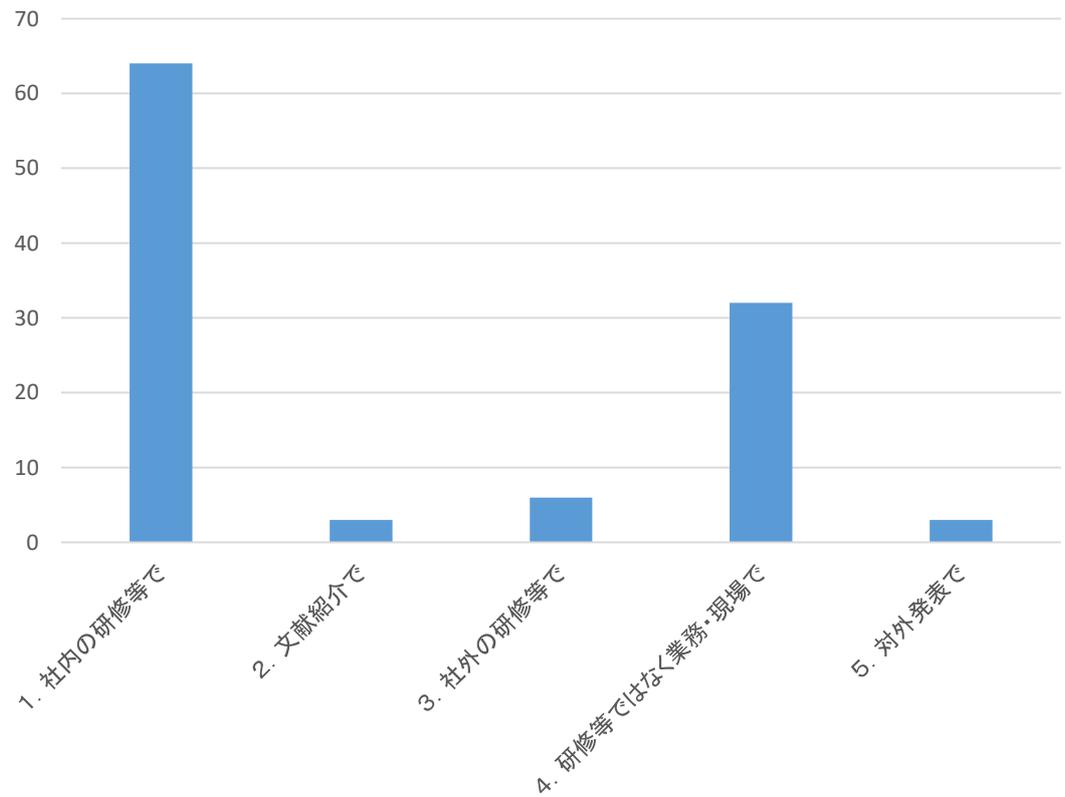


図 13 新人の構造力学に関する知識等の底上げの努力・工夫

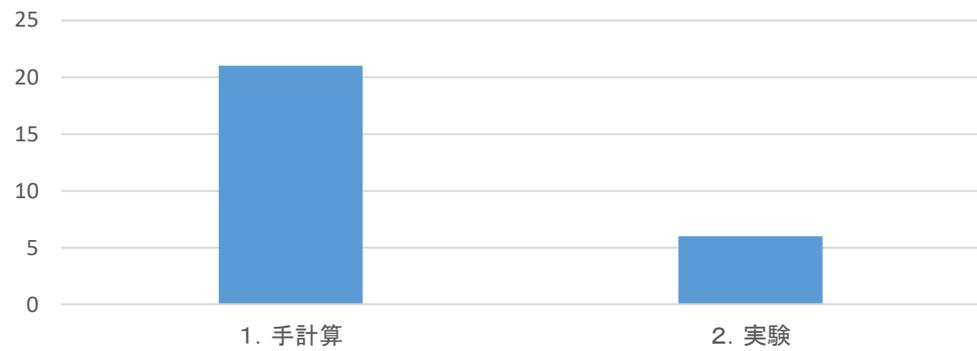


図 14 新人の構造力学に関する知識等の底上げのための社内の研修等の内容

#### 4. おわりに

本アンケートへの回答者は、高速道路会社、鉄道会社、ファブリケーターの方が全体の 6 割以上を占めていた。新人に求めるスキルとして、最も期待されているのは図面や文献を理解する能力で、次いで大学で学ぶ土木工学の計算法であることが示されたが、土木既修新入社員に関しては、専門性全体と比べると構造力学の修得のレベルへの満足度は相対的に低く、とくに構造力学のセンスのレベルへの満足度が低かった。土木未修新入社員に関しては、構造力学に関する知識のレベルに関して、業務を通じて修得すればよいという意見もあったが、満足していない（全く満足していない+あまり満足していない）との回答の割合が満足しているとの回答（大変満足している+ある程度満足している）を大幅に上回っていた。

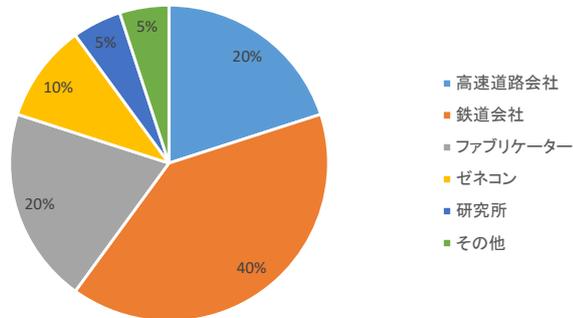
一方で、新人の構造力学に関する知識等の底上げのための努力・工夫としては、計算演習や実験参加などを含む社内研修や、業務や現場での個別指導を行っているという回答が多かったが、そこまで手が回っていないという回答も一定数あった。さらに、新人に期待する自己研鑽としては、資格取得が最も多く挙げられたが、次いで社外の研修等の活用を挙げる回答者が多く、社内の研修等の活用を挙げる回答者を上回った。

最後に、構造力学教育に関してどのような教育内容が必要で、そのためにどういった教材や教授法の開発が必要であるかを考察する。

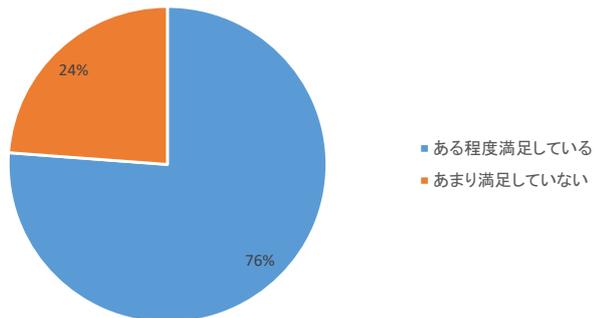
図 15 は、問 15 「新人の構造力学に関する知識等の底上げのため、フォローアップなどの努力・工夫をされていればお聞かせください。」に対して、新人の構造力学に関する知識等の底上げのためのフォローアップができていない、あるいは無回答であった回答者グループの問 1, 6, 14 への回答内容を示している。同図の結果を、図 8, 12 に示した全回答者の回答と比較すると、この回答者グループは、土木既習新入社員に対しても土木未修新入社員に対しても比較的高い満足度を示していることが見てとれる。フォローアップが行われていない一因に、そのような回答者が所属する部署において構造力学が多用されておらずその必要性が比較的低いためである可能性がある。

図 16 は、問 14 「土木未修新入社員の構造力学に関する知識のレベルについて、満足度をお聞かせください。」に対して、「あまり満足してない」あるいは「全く満足していない」と回答した回答者グループの問 1, 6, 14 への回答内容を示している。同図の結果を、図 8, 10 に示した全回答者の回答と比較すると、この回答者グループは、土木既習新入社員の構造力学に関する知識とセンスに対しても満足していないことがわかる。このような回答をされた回答者が構造力学を比較的多く使用する部署の方々であるとする、新入社員全般的に構造力学の習熟度に満

問 1. 御社名または業種名をお答えください。



問 6. 土木既修新入社員の構造力学に関する知識のレベルについて、満足度をお聞かせください。



問 14. 土木未修新入社員の構造力学に関する知識のレベルについて、満足度をお聞かせください。

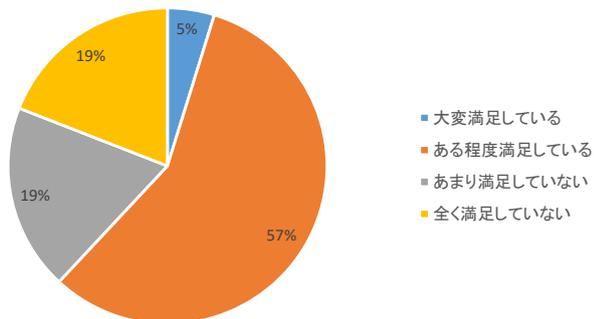
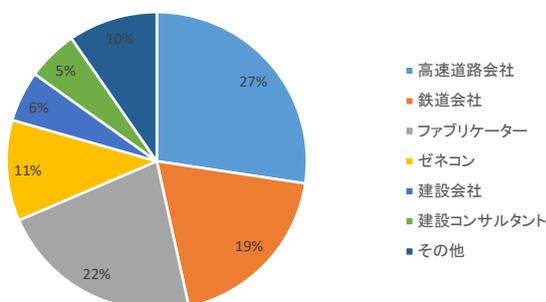


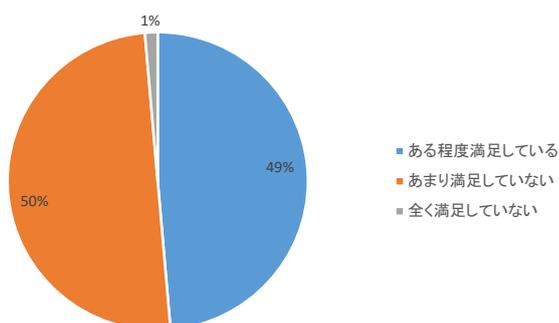
図 15 問 15 にフォローアップできていないと回答した回答者あるいは無回答であった回答者の他の設問への回答状況

図 16 問 14に「あまり満足していない」あるいは「全く満足していない」と答えた回答者の他の設問への回答状況

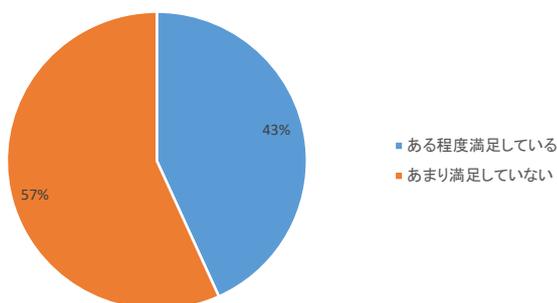
問 1. 御社名または業種名をお答えください。



問 6. 土木既修新入社員の構造力学に関する知識のレベルについて、満足度をお聞かせください。



問10. 土木既修新入社員の構造力学に関するセンスのレベルについて、満足度をお聞かせください。



足できていないということは、入社前の高等教育や入社後のフォローアップにおいて時代に応じた改善の余地を残している可能性が考えられる。土木未修新入社員への対応の観点からは、入社後のフォローアップの重要性が高いといえる。具体的には、現行の社内外の研修会や個別対応の更なる強化、あるいはそれと並行して自己研鑽を行うための教材の整備が考えられる。

謝辞：

本アンケートにご協力いただいた回答者の皆さま，協力を呼びかけてくださった全ての皆さまに，委員一同心よりお礼申し上げます。

構造実験を活用した教育法に関する  
アンケート（高専・大学様向け）実施報告書

2024年5月

土木学会 構造実験を活用した教育法に関するブレインストーミング小委員会

構造実験を活用した教育法に関するブレインストーミング小委員会（活動当時）

委員長	林和彦	香川高等専門学校 建設環境工学科
副委員長	田村洋	横浜国立大学 大学院都市イノベーション研究院
委員	松村政秀	熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター
委員	服部雅史	高速道路総合技術研究所 橋梁研究室
委員	角野拓真	阿南工業高等専門学校 創造技術工学科 建築学コース
委員	海田辰将	徳山工業高等専門学校 土木建築工学科
委員	三好崇夫	明石工業高等専門学校 都市システム工学科
オブザーバー	中田裕喜	鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部

## 1. はじめに

土木学会「構造実験のてびき」は2009年に改訂版が発刊されて以降10年以上が経過している。その間、大学や高専等の高等教育機関では授業の中で実験を扱う時間数が減少傾向にあることや、2019年末からの新型コロナウイルス感染拡大に伴う対面実験授業の制限など、実施環境にまつわる大きな時代の変化があった。コロナ禍におけるオンライン授業では、大学や高専での対面式の実験授業が動画視聴へと代替が余儀なくされたなどマイナスの側面がある一方で、かつては受講者以外にはわからなかった実験授業の動画教材が他者も比較的容易に入手できるようになるなどプラスの側面ももたらした。近年スマートフォンの普及、YouTube等を通じて動画で物事を理解することが主流になっており、動きのある構造実験に関してこれらのツールの親和性が高いことは明らかである。

構造実験は、比較的難解で学生から敬遠されがちな構造力学という科目に対して理解を助ける内容を含み、物質の破壊現象を体験する場として有益である。一方で、実施のためには載荷装置や計測装置の整備が必要なため、大学や高専での教育機関においても十分な内容の構造実験が実施されているとはいえない。

企業等に務める技術者には、土木系の大学や高専を卒業しているものの構造系の科目を履修していない者も一定数存在することや、昨今の人材不足の観点から土木外からの入職者に対しての専門教育で苦慮する事例が今後増えていくことが予想される。

このような時代背景やニーズを踏まえた中、構造実験を通じた専門教育をどのように行うべきかを検討する時期にきているといえる。本研究小委員会では、どのような教育内容が必要で、そのためにどのような教材や教授法の開発が必要であるかを検討するため、「構造実験を活用した教育法に関するアンケート」を実施することとした。

## 2. アンケート実施状況

アンケートは、構造工学（鋼構造、コンクリート構造、橋梁工学等）に関連する実験科目の授業を担当されている教員の方を対象に、2023年7月から8月の2か月にわたってオンラインにて行われた。

依頼は、土木学会の構造工学委員会、鋼構造委員会、複合構造委員会、コンクリート委員会に対して、図1のEメール文章および図2の別添資料を用いて行われた。また土木学会メールニュースにおいても図2の別添資料を用いて行われた。

アンケートは Microsoft Forms を用いて行われた。アンケートの冒頭の画面を図3に示す。その結果、期日である同年8月31までに21件の回答を得た。アンケートの内容については、集計・分析結果と共に次章で述べる。

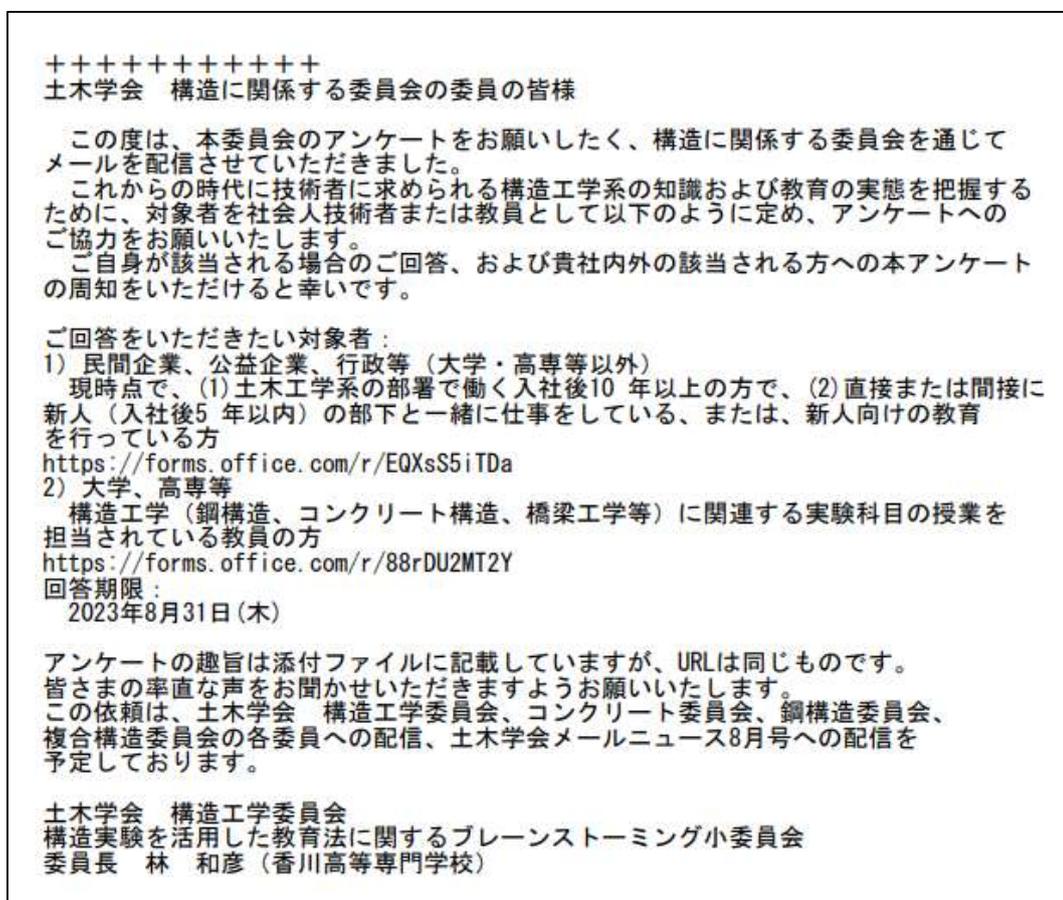


図1 Eメールにおける依頼文

[高等専門学校・大学の教員の皆さまへ]

(アンケート対象者：構造工学に関連する実験科目の授業を担当されている教員の方)

## アンケートへのご協力をお願い

2023年7月

土木学会 構造工学委員会

構造実験を活用した教育法に関するブレインストーミング小委員会

委員長 林 和彦 (香川高等専門学校)

皆様におかれましては益々ご健勝のこととお喜び申し上げます。

土木学会で出版している「構造実験のてびき」は2009年に改訂されて以降10年以上が経過しています。その間、大学や高専等では授業の中で実験を扱う時間数が減少傾向にあることなど実施環境にまつわる大きな時代の変化がありました。コロナ禍ではオンライン授業が本格的に導入され、スマートフォンやYouTube等のソーシャルメディアの普及にも後押しされて、学習の方法にも変化が起きています。

本小委員会では、今後の構造実験のてびきのあり方に関する議論に役立てることを目的に、構造実験を活用した教育法に関する情報交換を行っています。そのために、現在どのような教育が求められているのかを捉え直すことが重要であり、各所で土木構造工学に関する教育に携わられている方々を対象に、以下の4項目についてアンケートを実施する運びとなりました。

1. 現在の構造実験のてびき(2009年版)の内容の評価
2. 高等学校(高校)での工学教育・理科(物理)教育
3. 高等専門学校(高専)・大学での構造系教育の実態とあるべき姿
4. 企業等での構造系教育の実態とあるべき姿

高専・大学の教員の皆さまには「1. 現在の構造実験のてびき(2009年版)の内容の評価」と「3. 高専・大学での構造系教育の実態とあるべき姿」についてご見解をお聞かせいただきたく存じます。

回答は2023年8月31日までにMicrosoft Formsからお願いいたします。(リンク先から回答できない場合は下記問合せ先にご連絡ください。)

ご回答をいただきたい対象者：

ご所属：大学または高等専門学校

構造工学(鋼構造、コンクリート構造、橋梁工学等)に関連する実験科目の授業を担当されている教員の方

高専・大学の教職員の皆さまへのアンケート：

<https://forms.office.com/r/88rDU2MT2Y>

お忙しい中とは存じますが、多くの方にご協力を賜れますと幸いです。

連絡先：

横浜国立大学 田村洋 (tamura-hiroshi-jg@ynu.ac.jp)

構造実験を活用した教育法に関するアンケート(高専・大学様向け)



図2 アンケート依頼文

## 構造実験を活用した教育法に関するアンケート（高専・大学様向け）

構造実験を活用した教育法に関するブレinstoーミング小委員会より、構造工学に関連する実験科目の授業を担当されている教員の方へ伺います。

\* 必須

1. 貴校名をお答えください。（アンケート結果の報告においては貴校名が特定されないように致します） \*

回答を入力してください

2. 構造工学に関連する科目（座学・演習・実験を含む）の全授業数は、全課程（入学から卒業まで）何時間、行われていますか？

高等専門学校で専攻科が開設されている場合は、そこでの時間数も加算して下さい。

必修科目・選択科目を区別せずに合算してお答え下さい。90分を1コマと換算し、コマ数で解答下さい。

学生の予習復習の家庭学習を含めず、学校で授業を行うコマ数を回答して下さい。

例：授業90分×15回＋実験180分×3回＝1890分＝21コマ \*

回答を入力してください

図3 アンケートの回答画面

### 3. アンケート結果

- (1) 問 1「貴校名をお答えください。(アンケート結果の報告においては貴校名が特定されないように致します)」への回答

この質問は回答必須であるため 21 件の回答を得た。回答者が所属する機関の内訳は、高等専門学校が 1 校、国立大学が 13 校、私立大学が 7 校であった。

- (2) 問 2「構造工学に関連する科目（座学・演習・実験を含む）の全授業数は、全課程（入学から卒業まで）何時間、行われていますか？高等専門学校で専攻科が開設されている場合は、そこでの時間数も加算して下さい。必修科目・選択科目を区別せずに合算してお答え下さい。90 分を 1 コマと換算し、コマ数で解答下さい。学生の予習復習の家庭学習を含めず、学校で授業を行うコマ数を回答して下さい。例：授業 90 分×15 回+実験 180 分×3 回=1890 分=21 コマ」への回答

この質問は回答必須であるため 21 件の回答を得た。回答を図 4 に示す。コマ数は高等専門学校、私立大学で多い傾向があり、国立大学では 13 校のうち約半数が 50 コマ（4500 分）以下であった。

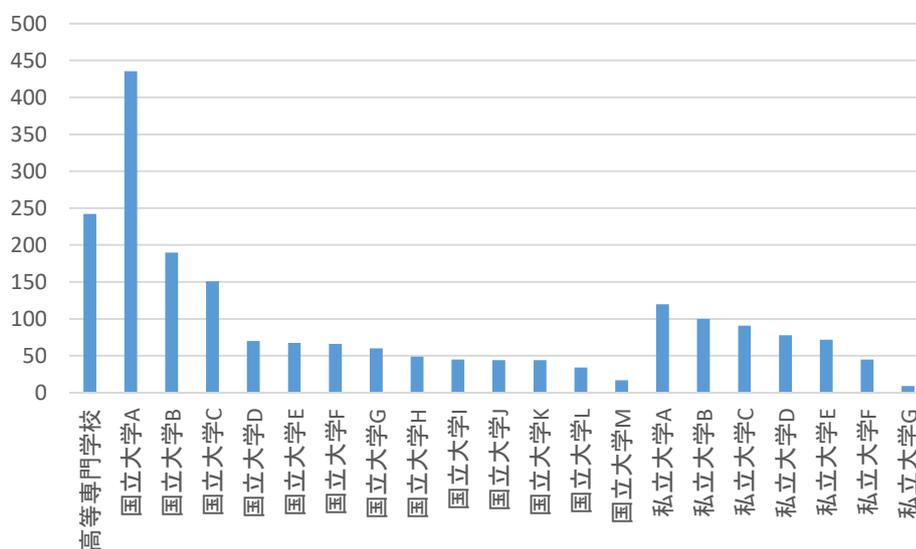


図 4 構造工学に関連する科目の全授業数（コマ数）

- (3) 問 3「上記 2.の実験科目で使用されている教科書名を教えてください。(回答に

応じて異なる後続の質問が表示されます)」への回答

この質問は回答必須であるため 21 件の回答を得た。結果を図 6 に示す。回答全体の約 8 割に相当する 14 件が独自に作成した資料を用いているとの回答であった。出版物を用いているのは 4 校であった。なお、独自に作成した資料を用いている 8 校の中には、土木学会の「構造実験のてびき」を副読本として使用している私立大学が少なくとも 1 校あることが、担当教員からの連絡で判明した。

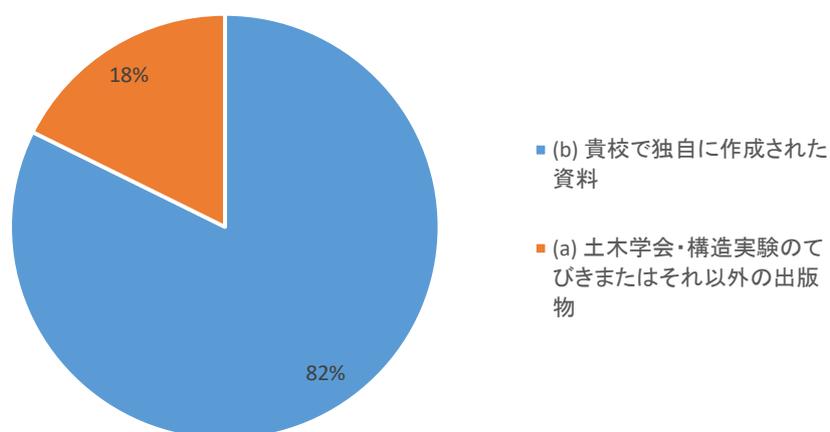


図 5 実験科目で使用されている教科書

- (4) 問 4 「直前の設問で(a)と回答された方に伺います。活用された出版物が土木学会・構造実験のてびきの場合は活用された項目を参考資料の章節番号でお答え下さい。上記以外の出版物の場合は、出版社と書名をお答えください。」への回答

この質問は 4 件の回答を得た。

土木学会の「構造実験のてびき」(2.3, 3.3, 3.5, 5.3 節) が 1 件, 同の「土木材料実験指導書」(第 4 章 鉄筋) が 1 件, 日本材料学会の「建設材料実験」, 丸善出版の「理工系の基礎 土木工学」が 1 件であった。

- (5) 問 5 「土木学会「構造実験のてびき」またはそれ以外の出版物をご活用された感想をお尋ねします。」への回答

この質問には任意であり 4 件の回答を得た。

「構造実験のてびき」の使用校からは「たいへん満足」、それ以外の書籍の使用校からは「満足」という回答が得られた。

- (6) 問 6「直前の設問のご回答理由としてあてはまる事項があれば、それをお選び下さい。(複数回答可能)」への回答

この質問には 4 件の回答を得た。

「構造実験のてびき」の使用校からは、実験項目が十分、個々の実験項目の記述内容がていねいという回答が得られた。

「土木材料実験指導書」の使用校からは、実験項目が十分;実験項目に不必要なものが多い、個々の実験項目の記述内容がていねい、図表を用いた視覚的な説明が十分、受講生の教育目的によく対応できる、その他(次の設問で内容を伺います)という回答が得られた。

「建設材料実験」の使用校と「理工系の基礎 土木工学」の使用校からは、実験項目が十分、受講生の教育目的によく対応できるという回答が得られた。

- (7) 問 7「直前の設問で「その他」と答えた方に伺います。その他の理由を自由に御記述下さい。」への回答

この質問は該当する 1 校から、「教科書と独自配布資料の両方を併用しています」との回答を得た。

- (8) 問 8「直前の設問で(b)と回答された方に、貴校で独自に作成された資料をご活用された理由をお尋ねします。」への回答(ここで直前の設問とは問 5)

この質問は回答必須であるため 14 件の回答を得た。結果を図 6 に示す。

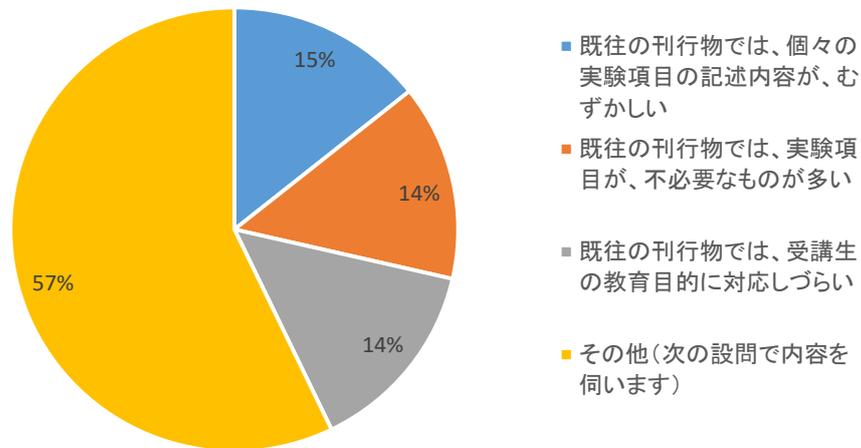


図 6 独自に作成した資料を用いている理由

(9) 問 9「直前の設問で「その他」と答えた方に伺います。その他の理由を自由に御記述下さい。」への回答

この質問には 9 件の回答を得た。得られた回答を表 1 に示す。既往の刊行物で述べられている実験メニューに対し実際に行うのは一部に過ぎないため、受講生の金銭的負担に配慮して刊行物を教科書として用いることはしていないとの回答が多かった。

表 1 独自に作成した資料を用いている理由（「その他」に関する具体的な説明）

180分×5コマ程度であれば、わざわざ教科書を買わせる必要がないため。
大学が全学科に対して独自の実験指導書を刊行するように指示するため
刊行物の実験、すべてを実施しているわけではないので。
できるだけ、無料の資料配布が望ましい。
実験の目的などを明記するため、および足りない情報を参考文献として追記出来るため。
学生の金銭的負担を減らすために、実験用資料を作成・印刷して学生に配布している。
確認していないため
土質実験などのように試験方法を学ばせることをそこまで重視しておらず、実現象に触れさせることを主目的にしているため、適宜簡略化したオリジナルの実験法とそれに対応したオリジナルの説明資料のほうが便利であると感じています。
実験時間数に限りがあるので、独自の内容で行っている。

(10) 問 10「構造力学に関連する実験科目を担当されている方の専門性について伺います。担当教員の主たる研究テーマとして最も当てはまるものをお選び下さい。」への回答

この質問は回答必須であるため 21 件の回答を得た。回答を図 7 に示す。同図は、「鋼構造・橋」という回答者が 3 割以上を占め最も多く、次いで「構造安定・耐荷力・構造一般」という回答者が多かった。「コンクリート構造・橋」、「合成・複合/木構造・橋」、「構造動力学・振動・風工学」との回答も一定数あった。

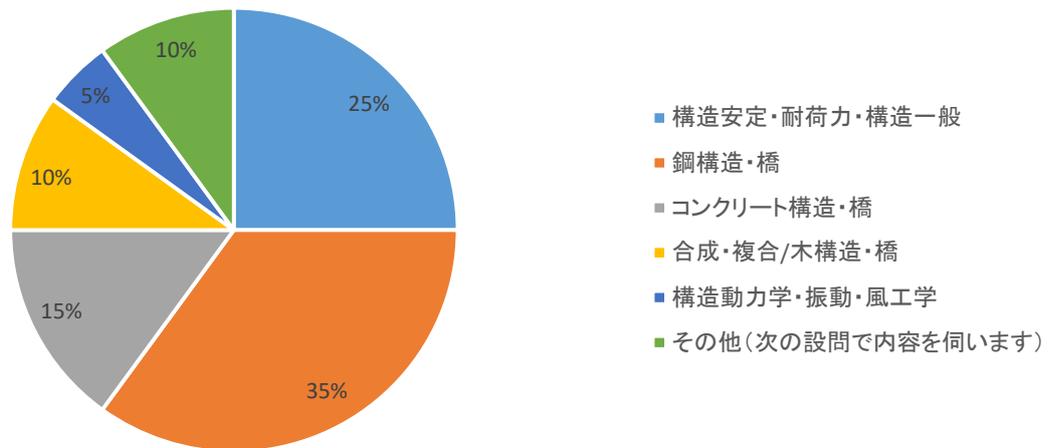


図 7 構造力学に関連する実験科目担当教員の専門性

(11) 問 11 「直前の設問で「その他」と答えた方に伺います。主たる研究テーマの分類を自由に御記述下さい。」への回答

この質問には「地下構造」、「複数の教員で担当するため、それぞれに専門が異なる」という 2 件の回答を得た。

(12) 問 12 「担当教員の専門性と教授内容は合致していると思われませんか？合致していると思われる場合は認識されていればその効果を、合致していないと思われる場合は講じられていればその対応をお答えください。」への回答

この質問には 20 件の回答を得た。18 件は合致しているとの回答であり、その効果に関して、表 2 のコメントを得た。

表 2 担当教員の専門性と教授内容が合致している効果についてのコメント

実務での必要性を説明できる。
よくわからない。
実践的な話題を提供できている
学生へ教えやすい。自身の復習にもなる。
力・変形の感覚的な理解
なぜそのような内容について学習しないといけないかなどを応用例などで示すことができ、理解度に貢献できる部分があると考えられる。
実験の必要性について、実務(実際の構造物)と関連つけながら学生に説明で詳しく説明することができる。関連の研究テーマを紹介できる。
橋梁を専門としているので、ひずみ、ヤング率、応力など、実験で実際に目で見ることができると、学生の理解が深まっているように感じる

- (13) 問 13 「構造実験用機器として、どのようなものを所有されていますか？（複数回答可能）」への回答

この質問には 21 件の回答を得た。

集計した結果を項目ごとに図 8 に示す。ひずみ測定器（データロガー）については回答したすべての機関が所有していることがわかった。

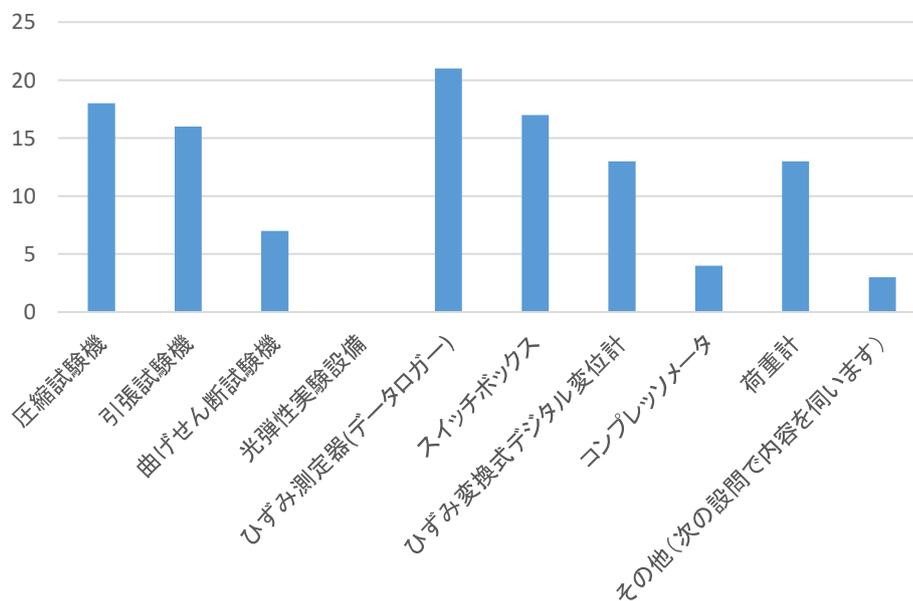


図 8 構造実験用機器として所有している機材

- (14) 問 14 「直前の設問で「その他」と答えた方に伺います。それがどのようなものか自由に御記述下さい。」への回答

この質問は次の 3 件の回答を得た。それらは、「はり構造の力学実験装置、はりの応力度実験装置（丸東製作所製）」、「自前で製作した 4 点曲げ載荷装置」、「レーザ変位計」との回答であった。

(15) 問 15 「構造力学に関連する座学科目と実験科目について、科目設定上の課題・悩みについてもしあれば御記述下さい。」への回答

この質問は任意であり 9 件の回答を得た。得られた回答を表 3 に示す。基礎学力や意欲の低下を指摘するコメントが多くあり、対応に苦慮している状況が伺えた。実験科目を創造性教育の場と位置付ける場合もあり、創造性教育としての実験と一般事項を知るための場としての実験のバランスの難しさを感じているとのコメントもあった。

表3 科目設定上の課題・悩み

<p>座学で習ったことを実験で復習しながら知識を習得することを想定しているが、座学の内容が身につけていない。実験前の予習(事前レポート)等を課しているが、実験レポート(事後レポート)でも苦戦している雰囲気がある。全体として、年々学修意欲、知識習得のレベルの低下が気になっている。</p>
<p>演習のコマ数を多くしている割には理解度の高い学生の割合が低い。</p>
<p>実験科目の授業時間が限られており、本来であれば、柱の連成座屈や桁の横倒れ座屈なども演習に加えたいところであるが、鉄連のビデオで代用している状況である。</p>
<p>コンクリート構造に関しては破壊実験は行っているが、鋼構造に関しては座屈などの実験はビデオで見せるだけになっている。</p>
<p>構造力学に関連する座学科目:昨今の中位以下の学生の基礎学力(低いのではなく偏っている。AO入試的な選抜が一般化しており、高校時に満遍なくは学習していない。必要最低限で大学に入学している)に対応するメソッド等のノウハウが少ない。個人としては認識すらされていないと感じている。あるいは認識しているが多くの教員は学生の質低下に帰すものとしているか(構造的な理解が深いから教員になれたのでしょう)。実験科目:ごく一部の学生にしか役に立たない気がするが、教育としては必要と考える。</p>
<p>創造性育成との兼ね合い、バランスをどう考えるか。知識を確認をするという面と、知識を活かして新しいものを生み出す面、どちらも重要であるが、講義としての魅力を考えた場合、バランスが難しいところもあるように思われる。</p>
<p>交通システム学科(旧・交通土木学科から改称)という特性上、構造工学を学ぶつもりでない学生が多く、必修科目にもかかわらず、履修したくない、自分の将来には必要ない、という学生が多数いて真面目に学習していない。その結果、都市計画作業のみを行うつもりで設計コンサルに就職したが希望通りでなく、構造設計部門に配属されて苦勞している者が多いようである。</p>
<p>破壊までするような実験を見せたい気持ちはあるが、予算の都合でなかなか難しいのが現状。</p>
<p>現在はひずみゲージを取り付けた梁の供試体で、弾性範囲の曲げ載荷実験を実施している。供試体やひずみゲージは毎年同じものを使用している。</p>
<p>改組により、数式や力学を不得意とする(あるいは関心を示さない)学生が増えたこともあってか、従来の内容を理解できない学生が増えてしまっています。改組以外に、全国的ないわゆる理系離れもあるのかも知れません。</p>

(16) 問 16 「構造力学に関連する座学科目と実験科目をどのように差別化していますか？意識しておられることがあれば御記述ください。」への回答

この質問は回答必須であるため 14 件の回答を得た。回答を表 4 に示す。座学科目においても、学習意欲の向上・維持のために一部で実験を取り入れているとのコメントも複数あった。

表 4 構造力学に関連する座学科目と実験科目の差別化

<p>2022年度から座学(構造力学, 1年次)を担当することになったことから、座学でもどのような場面で利用されるのか、実現象がどのようなものなのか、簡単な模型を使って示している。3年次の専門科目(振動関連科目)では、片持はりの強制振動の実験を座学で見せている(以前は、振動台を使った振動実験も行っていたが、廃止した)。現象はYoutubeの動画のサイトを紹介している。座学だけでは、内容の理解は困難であると感じている。構造実験でも以前は、座学に対応した不静定はりの載荷実験なども行っていたが、モチベーションの低下、知識の定着が図れないと判断し、最近では、ブリッジコンテストとして、要求性能に対応した設計・製作、破壊までの載荷実験としている。設計では、たわみ制限(使用性)、重量(経済性)、耐荷力(安全性)の観点で照査させ、解析プログラムを使って評価させている。</p>
<p>座学で理解した内容を実験により確認する流れとしている。</p>
<p>座学では、やはり理論の習得や計算力の養成を重視しています。実験では、現象の観察に力点を置き、理論との関連性について理解を深められればと意識しています。</p>
<p>例に示されているとおりだと思います。</p>
<p>実験結果と計算結果を比較させることにより、構造力学で学んだ力学理論(影響線、曲げ応力、たわみ曲線など)の妥当性を検証させ、理解を深めさせるようにしている。あわせて、横倒れ座屈、屈服などの破壊現象についても、現象のあらましと用語は知識として身に付けておくように求めている。</p>
<p>構造力学に関連する座学科目:基礎的・感覚的な理解+公務員試験対応、実験科目:感覚的な理解の実践と実験による卒業論文作成を意識したレポート作成</p>
<p>例で示されている通りであると考えます。実験科目では加えて、自分なりの考え方、自分なりの計画を入れられるようにしている。</p>
<p>構造部材(梁)に作用する力が応力となって支点部に流れる様子を感覚的に、また図面に主応力図を描くことにより視覚的に理解できるようにしている。</p>
<p>実験では現象を実感させることを重視している。また、班ごとでのグループワークが多いので、チームワークも重視している。</p>
<p>座学では写真や動画等での説明のみであるが、これを具体的に体感してもらおうのが実験と考えている。内容については大きく差別化はしていない。</p>
<p>座学では基礎的な理論を理解してもらうことに重点的に取り組み、実験では、座学で学んだ内容で実現象の挙動(変位、ひずみ)を高精度に予測できることを実際に見せることで、座学の内容が現実にも使えることを実感してもらえるような取り組みをしている。</p>
<p>鋼構造の実験、RCの実験では破壊や耐荷力に関するレポートやプレゼンを行っています。</p>
<p>座学科目では知識の習得を重視し、実験科目では、知識の活用を重視しています。座学科目においても、簡単な実験を行い、感覚的な理解を助けつつ興味を持続できるよう配慮しているつもりです。</p>
<p>座学では基礎的な知識を(物理学的な考えを含める)、実験では、用語が意味しているものが、実際にどうということなのか、を体感してもらおう。</p>

#### 4. おわりに

本アンケートでは、構造力学に対する学習意欲の低下や基礎学力の低下が進行する中、構造実験では担当教員が自身の専門性や経験を活かし、魅力的な実験となるよう心がけていることが伺い知れた。回答数は母集団に対して十分とは言い難いが、本報告では回答をできるだけ多く紹介した。本報告が今後の構造実験に役立てば幸いである。

なお、土木学会の「構造実験のてびき」については、土木技術者として知っておくべき一般的な知識、体験しておくべき実験を幅広く紹介されており、教科書として採用している教員からの評価が高かった。一方で、「てびき」のなかで取り扱う実験の種類が多くなっていくと学生に購入を求めにくくなるとの指摘が多くあった。また、構造実験を創造性涵養の場と位置付けると、本格的な実験方法の修得に適した「てびき」が使いにくくなる側面もあると考えられる。

#### 謝辞：

本アンケートにご協力いただいた回答者の皆さま、協力を呼びかけてくださった全ての皆さまに、委員一同心よりお礼申し上げます。

構造実験を活用した教育法に関する  
アンケート（高校様向け）実施報告書

土木学会 構造実験を活用した教育法に関するブレインストーミング小委員会

2024年5月

構造実験を活用した教育法に関するブレインストーミング小委員会（活動当時）

委員長	林和彦	香川高等専門学校 建設環境工学科
副委員長	田村洋	横浜国立大学 大学院都市イノベーション研究院
委員	松村政秀	熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター
委員	服部雅史	高速道路総合技術研究所 橋梁研究室
委員	角野拓真	阿南工業高等専門学校 創造技術工学科 建築学コース
委員	海田辰将	徳山工業高等専門学校 土木建築工学科
委員	三好崇夫	明石工業高等専門学校 都市システム工学科
オブザーバー	中田裕喜	鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部

## 1. はじめに

土木学会「構造実験のてびき」は2009年に改訂版が発刊されて以降10年以上が経過している。その間、大学や高専等の高等教育機関では授業の中で実験を扱う時間数が減少傾向にあることや、2019年末からの新型コロナウイルス感染拡大に伴う対面実験授業の制限など、実施環境にまつわる大きな時代の変化があった。コロナ禍におけるオンライン授業では、大学や高専での対面式の実験授業が動画視聴へと代替が余儀なくされたなどマイナスの側面がある一方で、かつては受講者以外にはわからなかった実験授業の動画教材が他者も比較的容易に入手できるようになるなどプラスの側面ももたらした。近年スマートフォンの普及、YouTube等を通じて動画で物事を理解することが主流になっており、動きのある構造実験に関してこれらのツールの親和性が高いことは明らかである。

構造実験は、比較的難解で学生から敬遠されがちな構造力学という科目に対して理解を助ける内容を含み、物質の破壊現象を体験する場として有益である。一方で、実施のためには載荷装置や計測装置の整備が必要なため、大学や高専での教育機関においても十分な内容の構造実験が実施されているとはいえない。

企業等に務める技術者には、土木系の大学や高専を卒業しているものの構造系の科目を履修していない者も一定数存在することや、昨今の人材不足の観点から土木外からの入職者に対しての専門教育で苦慮する事例が今後増えていくことが予想される。

一方で、高等学校ではSTEAM教育に力を入れる学校も増えてきている。STEAMとは、Science (科学)、Technology (技術)、Engineering (工学・ものづくり)、Art (芸術・リベラルアーツ)、Mathematics (数学)の5つの単語の頭文字を組み合わせた教育概念で、土木構造力学系のテーマが扱われることで土木構造力学系に関心を寄せる生徒が増える可能性もある。

このような時代背景やニーズを踏まえた中、構造実験を通じた教育をどのように行うべきかを検討する時期にきているといえる。本研究小委員会では、どのような教育内容が必要で、そのためにどのような教材や教授法の開発が必要であるかを検討するため、「構造実験を活用した教育法に関するアンケート」を実施することとした。

## 2. アンケート実施状況

アンケートは、高校において STEAM 教育を担当されている教諭の方を対象に、2023 年 7 月から 8 月の 2 か月にわたってオンラインにて行われた。

依頼は、当委員会の事前調査において SSH（スーパーサイエンスハイスクール）に指定され土木工学系のテーマを取り扱っていると考えられる全国 62 校に対して、図 1 の依頼文を用いて行われた。メールアドレスの公開がなされていない学校が半数程度あり、そのような学校には QR コードを印刷した Fax 送信によるアンケート依頼を行った。

アンケートは Microsoft Forms を用いて行われた。アンケートの冒頭の画面を図 2 に示す。その結果、期日である同年 8 月 31 までに 19 件の回答を得た。アンケートの内容については、集計・分析結果と共に次章で述べる。

スーパーサイエンスハイスクール 授業ご担当の先生方へ

アンケートへのご協力をお願い

2023 年 8 月  
公益社団法人 土木学会 構造工学委員会  
構造実験を活用した教育法に関するプレーストリーミング小委員会  
委員長 林 和彦(香川高等専門学校)

皆様におかれましては益々ご健勝のこととお喜び申し上げます。  
この度は、以下のアンケートにご協力をいただきたく、ご連絡させていただきました。  
私も土木学会小委員会では、全国の SSH 報告書を拝読し土木工学系のテーマを実施されている学校を全国で約 60 校抽出し、メールまたは Fax を送付させていただきました。

STEAM 教育の一環として、例えば橋を用いた模型製作に代表されるように土木工学分野のテーマとが選ばれることがあります。その実態を調査し、貴校でのどのような工夫や実施上の課題が存在するのかを分析したいと考えています。土木工学は橋・防災・都市計画等、世の中との接点は多いものの、高校の先生方と実務や大学等の専門家との接点は少ないため、今後どのような情報発信が必要なのかを明らかにしたいと考えています。アンケートの結果や好事例や総括について、希望される学校へはフィードバックさせていただきますので、是非ご協力をお願いいたします。

近年、大学や高等専等では授業の中で実験を扱う時間が減少傾向にあることなど実施環境にまつわる大きな時代の変化がありました。コロナ禍ではオンライン授業が本格的に導入され、スマートフォンや YouTube 等のソーシャルメディアの普及にも後押しされて、学習の方法にも変化が起きています。今後の構造実験教育の方向性を検討する上で、これまで対象としていなかった高校での STEAM 教育という観点も入れて改めて整理することとしました。是非、貴校での取組について、アンケートを通じてご教授をお願いします。

回答は期限が短くて恐縮ですが、8 月 31 日までに Microsoft Forms からお願いいたします。QR コードやリンク先から回答できない場合は下記問合せ先にご連絡ください。希望される方には本委員会より本アンケートの結果等をとりまとめた成果報告等を共有させていただきますので、アンケート末尾でそうにご記入をお願いします。

高等学校の皆さまへのアンケート URL:  
<https://forms.office.com/r/DCibJh2cgT>

お忙しい中とは存じますが、多くの方にご協力を賜いますと幸いです。

連絡先:熊本大学 松村 政秀  
matsumura-m@kumamoto-u.ac.jp



図 1 依頼文

 ...

## 構造実験を活用した教育法に関するアンケート（高校様向け）

構造実験を活用した教育法に関するブレインストーミング小委員会より、STEAM教育を担当しておられる先生に伺います。

\* 必須

1. 貴校名をお答えください。（アンケート結果の報告においては貴校名が特定されないように致します） \* 

回答を入力してください

2. STEAM（スティーム）教育で橋梁の力学などの土木構造力学のテーマを扱っておられますか？ \* 

例：橋、タワー、耐震、津波、建築構造

はい

いいえ

図2 アンケートの回答画面

### 3. アンケート結果

- (1) 問 1「貴校名をお答えください。(アンケート結果の報告においては貴校名が特定されないように致します)」への回答

この質問は回答必須であるため 19 件の回答を得た。回答者が所属する機関の内訳は、公立高校が 15 校、国立大学の附属高校が 2 校、私立高校が 2 校であった。

- (2) 問 2「STEAM (スティーム) 教育で橋梁の力学などの土木構造力学のテーマを扱っておられますか？」への回答

この質問は回答必須であるため 21 件の回答を得た。回答を図 3 に示す。SSH 指定高校で土木工学関連のテーマを扱っていると判断された高校のうち、回答のあった高校の約 6 割で土木構造力学のテーマを扱っていることがわかった。

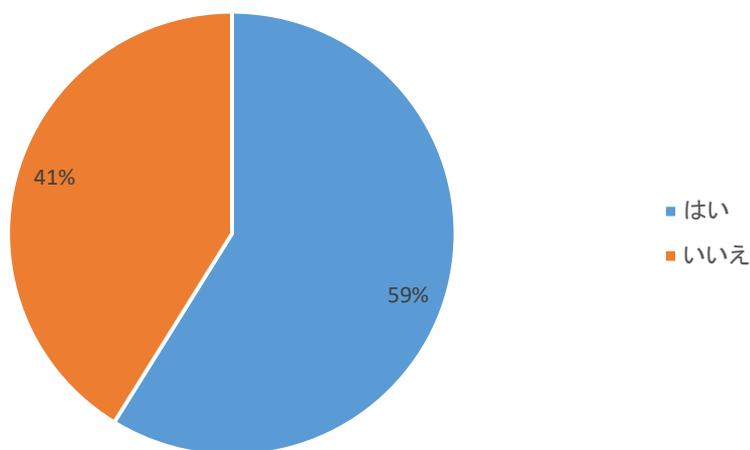


図 3 土木構造力学のテーマを扱っていると回答した高校の割合

- (3) 問 3「問 2 で「はい」と答えられた方に伺います。どのようなテーマを扱っておられますか？」への回答

この質問には 10 件の回答を得た。回答から 10 校では次のような構造力学

系のテーマを取り扱っていることが判明した（1校で複数テーマ該当する場合は個別に記載。建築学系のテーマも含む）。

- 建物の構造や窓位置における室内温度環境変化等
- テトラポッドの消波効果
- 砂山の安息角
- 筋交いの効果
- 伝統建築の構造と美しさについて（特別講義）
- つまようじタワーの強度や美しさ
- 課題探究として橋の構造
- 課題探究として建築物の構造，波の干渉
- 課題探究として波の干渉
- 学校全体の STEAM 教育として，パスタブリッジ（中学生対象）
- 学校全体の STEAM 教育として，厚紙ブリッジ（中学生対象）
- 都市景観の与える印象
- マシュマロチャレンジ
- パスタブリッジ
- ペーパークレーン
- ペーパーローラーコースター（予定）
- トラス橋
- 耐震・免震・制震
- 津波
- 紙で柱を作成して強度試験を行い，形と強さの関係を考察

- (4) 問 4「どのような科目を教える先生がそのテーマを担当されていますか？」への回答

この質問には 10 件の回答を得た。

物理をはじめとする理科の教諭が担当するケースが多いが、工業（建築）の教諭や、人員の問題で数学の教諭が担当したりしている高校も確認された。教科によらず担当者が決まっているという高校もあった。

- (5) 問 5「そのテーマが生徒に良い効果を及ぼした事例があれば御記載ください。」への回答

この質問には任意であり 9 件の回答を得た。得られた回答を表 1 に示す。

表 1 構造力学系のテーマが生徒に良い効果を及ぼした事例

主体的にモデルを用いた実験に取り組んだり、各種校外での研究発表会に参加し経験を積む研究班が出た。
一つのことを徹底的に究明することを通して研究に対する粘り強さが養われた。また、一連の研究活動を通して先行研究の調べ方や、論文のまとめ方などの方法を身に付けることができた。
自身の進路と重ね合わせることで目標を明確化することができた。次年度以降の課題研究のテーマとして考えることができた。
モノづくりに関して学年全体で取り組みをしているので、モノづくりに対する抵抗は非常に低い。高校での課題探究でも、実験器具などを自作して取り組む生徒が多い。
どの粒度でお答えすればよいか掴みかねるのですが、例えば上述の心柱の事例を挙げれば、物理や数学についての当該生徒の理解は大きく深まりました。本事例では、通常高等学校では扱わないFourier解析も(Excelですが)行い、その意味を理解しています。また、いずれも建築・土木についての生徒の関心が大きく高まっており、実際に心柱の生徒は建築系、都市景観の生徒は都市工学系に進学しています。いずれも、必ずしも結果には繋がらなかったのですが、推薦入試等の出願にも研究成果を用いています。(他の生徒で推薦入試の結果に繋がった生徒も多数います)
パスタブリッジを実施した翌年、課題研究のテーマにパスタブリッジを選択し、トラス構造を構成するパスタの長さや強度の関連性について研究した班があった。
構造作成は試行錯誤と作業がメインの時間となり、座学や実験では体験できない時間を生徒に提供することができ、生徒の感想はどれも「またやりたい」というものが中心になる。
動機づけ
高校の内容を自発的に考え、高校範囲を超えたところまで自発的に学習を進めた。
身の回りにある構造物の形の意味について興味を持つようになった。

(6) 問 6 「そのテーマや教授法で悩みなどあれば御記載ください。」への回答

この質問には 9 件の回答を得た。得られた回答を表 2 に示す。

表 2 構造力学系のテーマにおける悩み等

専門分野の内容となり、例えば理科(物理)教員でも対応が難しく、研究の深みが弱い。
水理学や構造力学, 土質力学など, 良質の大学生向けの書籍が既に刊行されているが, 高校生向けにかみ砕いた書籍も刊行していただきたい。 流体力学などの基本的な方程式を現実の現象に当てはめる方法を知りたい。例えば, 数値的にどう解くかなど, 高校の理科室でも可能な方法を事例とともにご教示いただきたい。
専門的な知識分野についての指導力の問題。実際のスケールに近い状態での実験の実施や本物を実際に見るという体験活動の不足。長期的に課題研究を自走させるためのノウハウの確立(年間スケジュール、各種コンテストから逆算した計画等)。
その都度, 必要なものを学ぶ形式であるため工学に対する学びが系統的に行われぬ。
なかなか実験が困難であることが大きな悩みです。上述の心柱の生徒は, 自身で振動装置も作成していたのですが, なかなかそこまでやるのは大変です。
作成される構造は, 試行錯誤の上には成り立っているが, 理論との結びつきが弱いものが多い。ヤング率や応力という概念は高等学校の指導内容にはないため, 普通科の高校生は物理の力学だけで考えることになるが対応ができない。担当者も工学部卒ではないため, 専門知識はなく, 試行錯誤やものづくりの視点で取り組んでいる。構造実験をする上で役に立つ理論や考え方をまとめたサイトや本があると助かる。
専門性の不足
個別最適化されたものでないと研究が進まないため, 指導が分散されて人的リソースが枯渇する。
カリキュラム構成上十分な時間が取れない。取り組む際の関心の強さについて, 生徒による差異が大きい。

- (7) 問 7「問 2 で「いいえ」と答えた方に伺います。将来, STEAM 教育において、橋梁の力学などの土木構造力学のテーマを扱う可能性はありますか？」への回答

この質問は該当する 8 校から回答を得た。回答を図 4 に示す。3 校から、土木構造力学のテーマを扱いたいと考えているとの回答があった。一方で、回答者の半数に相当する 4 校から、土木構造力学のテーマを扱いたいと考えているが課題があるとの回答が寄せられた。

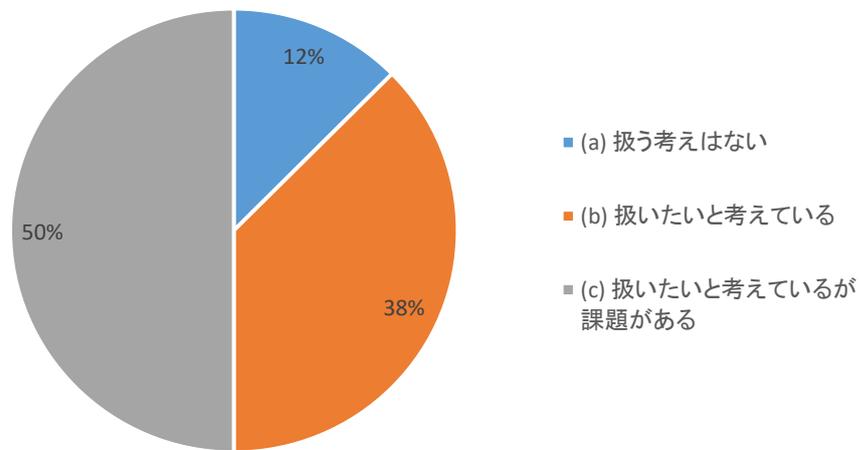


図 4 土木構造力学のテーマを将来扱う可能性

- (8) 問 8 「3.で(c)と答えた方に伺います. それはどのような課題でしょうか？」への回答

この質問には 5 件の回答が寄せられた. テーマ選択は生徒に委ねられているため高校生にとって魅力的なテーマを提示できるかが問題であるという声や, 高校で学ばない弾性変形に関するわかりやすい教材が見当たらないという問題, 実験環境や費用の問題, 防災分野での地域貢献に関して具体的アイデアがないという問題が存在することが明らかとなった.

#### 4. おわりに

本アンケートから、高校の STEAM 教育において土木構造力学系のテーマの実施実績が数多くあること、または導入の可能性があることが明らかとなった。

導入実績のある高校からは、自発的に課題に取り組む姿勢が身に付いた生徒が多かったという報告が寄せられた一方で、高校生が理解しやすいかみ砕いた教材がなかなかないことや、専門性の高い内容に立ち入れないため考察がしにくい問題、実験環境の問題が挙げられた。

新規導入にあたっての課題としては、高校生にとって魅力的なテーマを提示できるかが問題であるという声や、高校で学ばない弾性変形に関するわかりやすい教材が見当たらないという問題等があることが明らかとなった。

本報告が、高校と大学等の高等教育機関、学協会の連携に立脚した土木構造力学教育の発展に役立てば幸いである。

謝辞：

本アンケートにご協力いただいた回答者の皆さま、協力を呼びかけてくださった全ての皆さまに、委員一同心よりお礼申し上げます。