

材料施工教育における建築材料実験のための 教育ツールに関する基礎的研究

坂本 英輔*

(平成30年11月1日受付)

Basic Study on Educational Tool for Building Materials Experiment in Materials Construction Education

Eisuke SAKAMOTO

(Received Nov. 1, 2018)

Abstract

In this study, development of the educational tool that can be used for experimental courses in materials construction education were attempted. And the educational tool was actually used for lecture of building materials experiment, subsequently conducted questionnaire surveys on their usefulness. As results of questionnaire surveys, it was confirmed that the usefulness of the educational tool for experimental courses in materials construction education to some extent. However, the educational tool should continue to be improved to better thing as society changes.

Key Words: educational tool, building materials experiment, materials construction education, questionnaire survey

1. はじめに

近年の驚くほどの科学技術の進歩発展と、高度情報化、国際化、高齢化などにより、建物の多様化・高機能化が求められている。それにもなって、建築系技術者の技術力向上の必要性や建築系技術者としての人材を育成するための大学・高専等の高等教育機関での教育の重要性がますます高まっている。

材料施工教育においては、実際に材料に見て触れて考えさせることのできる、いわゆる教育ツール・ノウハウが必要であると言われている¹⁾。材料施工教育における建築材料分野の座学では、直感的、体験的に理解できるような教育ツール・ノウハウなどの提案・開発が積極的に行われている²⁻⁴⁾。座学と補完的な関係にある実験実習科目では、講義の形式上、体験的に建築材料の特性を理解するとともに、建築材料試験の方法を修得することができる。しかし、

建築材料の種類は多く、その試験方法も多岐にわたるため、実験実習科目の時間内ではそのごく一部しか取り扱うことができないのが実状である。

そこで本研究では、材料施工教育における実験実習科目に活用できる教育ツールの作成を試み、実際に「建築材料実験」の講義に使用し、その有用性についてアンケート調査を行った。なお、本報は、日本建築学会の中国支部材料施工委員会が平成27年度支部研究助成「建築材料実験のための教育ツールに関する研究」として取り組んだ成果と、その後の本学での取り組みを報告するものである。

2. 研究概要

本研究で作成した教育ツールの構成を図1に示す。テキスト資料および動画資料から成る教育補助教材は、実際に試験を行わなくても、その試験手順をビジュアル的に理解できる自学用として作成した。配布資料およびスライド資

* 広島工業大学工学部建築工学科

料から成る講義資料は、教育補助教材のテキスト資料に基づき、講義で取り扱う試験をより分かりやすく解説した講義・予復習用として作成した。また、本研究では、教育補助教材および講義資料の総称を教育ツールとした。

図2に示す研究フローに従って研究を進めた。大きな流れとして、平成27年度に教育補助教材を作成し、それに基づき平成28年度に講義資料を作成した。平成29年度には、材料施工教育における実験実習科目である「建築材料実験」で教育補助教材および講義資料を用いて実際に講義を行い、その有用性についてアンケート調査を行った。以下に研究フローの詳細を時系列に沿って説明する。

(1) 平成27年度

高等教育機関によって、材料施工教育の教員数、科目数、講義内容などに違いがあり、取り扱う建築材料試験はさまざまである。そこで、中国地方の高等教育機関の建築系学科において、材料施工教育の実験実習科目の中でどのような建築材料試験を扱っているのかを調査した。その調査結果に基づき、取り扱う建築材料および試験方法を決定した。次に、試験手順をビジュアル的に理解でき、自学に用いることのできる教育補助教材の作成を試みた。教育補助教材は、テキスト資料と動画資料から成り、それぞれフォーマットおよびルールを作成した。それらに従い、日本工業規格や日本農林規格等の解説に従って実際に試験を行い、その様子を写真やビデオなどで記録した。なお、写真および動画の撮影については中国地方の高等教育機関や建材試験センター西日本試験所にご協力いただいた。

(2) 平成28年度

教育補助教材のテキスト資料について、非破壊試験を追加するとともに、サイドノートを設け、試験のコツなどを記載できるようレイアウトを変更した。次に、本学科の材料施工教育における実験実習科目である「建築材料実験(90分×2=180分)」のコンクリート系実験に使用するための、配布資料およびスライド資料から成る講義資料を作成した。「建築材料実験」では、1クラス約120人を3等分した約40人を一班とし、各班がコンクリート系、鉄系および土質系のそれぞれの材料試験を4週毎に実施する形式をとっている。各系の担当教員は1名で、スチューデント・アシスタントは2名である。コンクリート系実験の内容は、第1週目：コンクリートの調査設計(座学)、第2週目：コンクリートの練混ぜ、第3週目：粗骨材の密度・吸水率試験、骨材のふるい分け試験、第4週目：硬化コンクリートの強度試験の計4回である。

(3) 平成29年度

教育ツール用いて「建築材料実験」のコンクリート系実験を実施した。また、各班の実験シリーズ終了後に、教育ツールが学生の理解度向上へ役立っているかどうかを検証

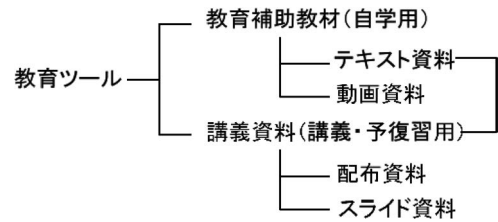


図1 教育ツールの構成

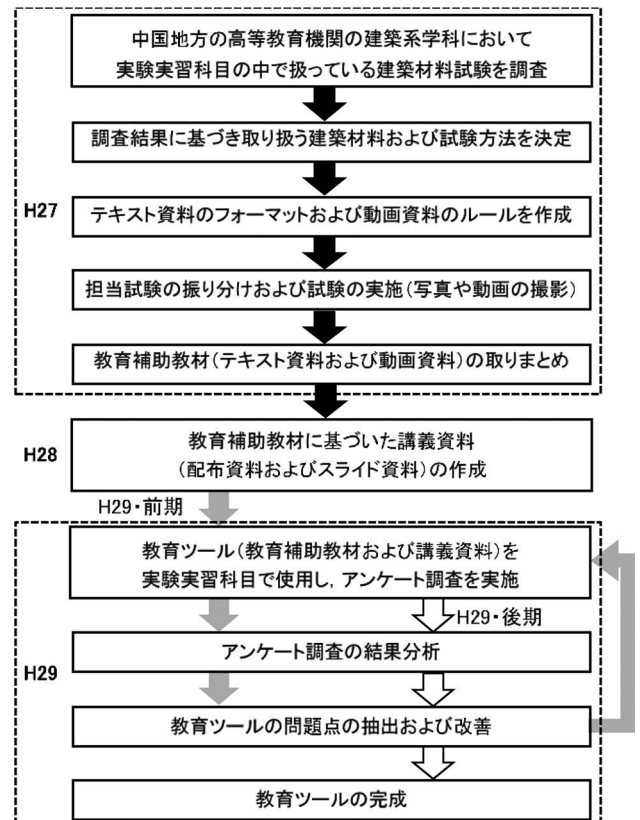


図2 研究フロー

するため、アンケート調査を実施した。

第1週目の座学はスライド資料を用いて演習を行った。併わせて、各試験をひとまとめにした配布資料を配布し、以後は予習・復習に活用してもらうこととした。第2週目以降は、講義冒頭の30分間でスライド資料を使用しながら当日の試験内容を配布資料に沿って説明し、その後、試験に臨むスタイルとした。本年度は、カリキュラム変更に伴い、前期(3年次生対象:135人)と後期(2年次生対象:116人)に開講されたため、それぞれアンケート調査を実施した。そして、前期のアンケート結果を分析し、問題点を抽出し、後期の教育ツールの改善に役立てた。後期の講義においても同様の作業を行い、次年度以降の講義に使用できる教育ツールを最終的に完成させた。

3. 教育ツールの作成

3.1 高等教育機関へのアンケート調査

中国地方の高等教育機関の建築系学科において、実際に

表1 建築材料試験の調査結果

高等教育機関	材料	試験方法
近畿大学	コンクリート	スランブ、圧縮強度
	鋼材	引張、シャルピー衝撃、鋼管圧縮
	木材	含水率、密度、圧縮
呉工業高等専門学校	コンクリート	スランブ、フロー、空気量、圧縮強度、割裂引張強度、曲げ強度
	鋼材	引張
	木材	含水率、密度、圧縮
広島工業大学	コンクリート	骨材の密度・吸水率、骨材のふるい分けスランブ、空気量、圧縮強度、割裂引張強度
	鋼材	引張、シャルピー衝撃、ブリネル硬さ
	土質	含水比率、液性・塑性限界、一軸圧縮強度
広島大学	コンクリート	スランブ、空気量、圧縮強度
	鋼材	引張
	木材	圧縮（繊維方向、半径方向、接線方向）
山口大学	コンクリート	スランブ、空気量、塩化物量、圧縮強度
	鋼材	引張
	木材	圧縮（繊維方向、半径方向）、曲げ

実験実習科目で扱っている建築材料試験の調査結果を表1に示す。調査結果によれば、コンクリート、鋼材および木材に関する建築材料試験を実施している高等教育機関が多いことが分かる。

3.2 教育補助教材

アンケート調査結果に基づき、本研究では代表的な建築材料として、コンクリート、鋼材および木材を中心に扱うこととした。そして、高等教育機関で扱われる建築材料試験を網羅するとともに、今後、建築物を維持管理するうえで重要になるであろう耐久性試験についても取り上げることとした。表2に本研究で取り上げた試験一覧を示す。同表の動画に○印がある試験方法については、テキスト資料でまとめるだけでなく、動画資料も作成することとした。

試験方法の分担を表3に示す。中国地方の高等教育機関や建材試験センター西日本試験所にも協力を依頼し、後述するテキスト資料のフォーマットや動画作成ルールに従って、写真、動画の撮影を行った。写真および動画の編集および補助補助教材への取りまとめは本学が行った。

(1) テキスト資料

テキスト資料のフォーマットは、【1】はじめに（目的・概略）、【2】試験用具、【3】試料の準備方法と供試体の作製方法、【4】試験方法、【5】試験結果の整理、の5項目にまとめることとした。なお、試料や供試体を使用しない試験や作製方法が他の試験と同一である試験では、項目【3】を削除した。項目【1】では、試験目的を示し、試験結果の適応先が分かるようにするとともに、説明文とともに、図3示すようなイラストを使って概略を示すことで、簡単に試験のイメージができるように工夫した。項目【4】では、試験手順をビジュアル的に理解できるよう、手順ごとに写真1に示すような写真を掲載することとし、規格書

表2 本研究で取り上げた試験一覧

分類	動画	試験方法
コンクリート	○	コンクリートのスランブ試験方法 (JIS A 1101: 2005)
		骨材のふるい分け試験方法 (JIS A 1102: 2014)
		骨材の単位容積質量及び実積率試験方法 (JIS A 1104: 2006)
	○	コンクリートの圧縮強度試験方法 (JIS A 1108: 2006)
		細骨材の密度及び吸水率試験方法 (JIS A 1109: 2006)
		粗骨材の密度及び吸水率試験方法 (JIS A 1110: 2006)
		細骨材の表面水率試験方法 (JIS A 1111: 2007)
	○	コンクリートの割裂引張強度試験方法 (JIS A 1113: 2006)
		フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法 - 空気室圧力方法 (JIS A 1128: 2005)
		モルタル及びコンクリートの長さ変化測定方法 - 第1部: コンパレータ方法 (JIS A 1129-1: 2010)
		骨材のアルカリシリカ反応性試験方法 (化学法) (JIS A 1145: 2007)
		骨材のアルカリシリカ反応性試験方法 (モルタルバー法) (JIS A 1146: 2007)
		コンクリートの凍結融解試験方法 (A法) (JIS A 1148: 2010)
		コンクリートの促進中性化試験方法 (JIS A 1153: 2012)
		コンクリートの反発度の測定方法 (JIS A 1155: 2012)
		超音波伝播速度法
		セメントの物理試験方法 - 密度試験 (JIS R 5201: 1997)
		セメントの物理試験方法 - 粉末度試験 (JIS R 5201: 1997)
		セメントの物理試験方法 - 凝結試験 (JIS R 5201: 1997)
		セメントの物理試験方法 - 強さ試験 (JIS R 5201: 1997)
鋼材	○	金属材料引張試験方法 (JIS Z 2241: 2011)
	○	シャルピー衝撃試験方法 (JIS Z 2242: 2005)
木材	○	木材の縦圧縮試験方法 (JIS Z 2101: 2009)
	○	木材の部分圧縮試験方法 (JIS Z 2101: 2009)
	○	木材の曲げ試験方法 (JIS Z 2101: 2009)
劣化		オゾン劣化試験
		促進暴露試験 (サンシャインウエザーマーター)

表3 試験方法の分担

担当	試験名
近畿大学	シャルピー衝撃試験方法
呉工業高等専門学校	木材の縦圧縮試験方法、部分圧縮試験方法、曲げ試験方法
建材試験センター西日本試験所	長さ変化測定方法 (コンパレータ方法)、骨材のアルカリシリカ反応性試験方法 (化学法、モルタルバー法)、コンクリートの凍結融解試験 (A法)、セメントの物理試験方法 (密度試験、粉末度試験、凝結試験、強さ試験)、オゾン劣化試験、促進暴露試験
広島工業大学	スランブ試験方法、ふるい分け試験方法、単位容積質量及び実積率試験方法、圧縮強度試験方法、骨材の密度及び吸水率試験方法、細骨材の表面水率試験方法、割裂引張強度試験方法、空気室圧力方法、促進中性化試験方法、反発度の測定方法
広島大学	超音波伝播速度法
山口大学	金属材料引張試験方法

などに載っていない試験のコツなどはサイドノートに記載することとした (図4参照)。

(2) 動画資料

動画資料は以下のルールに従って作成することとした。

- ・長さは60秒程度 (最長120秒)
- ・撮影ポイント①～⑤を抑える。

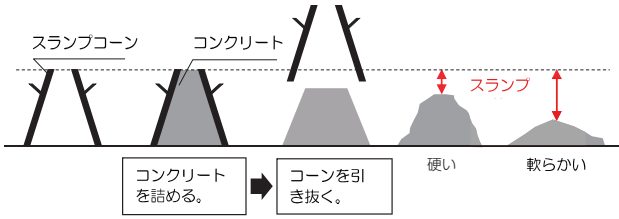


図3 イラストの一例（スランブ試験方法）

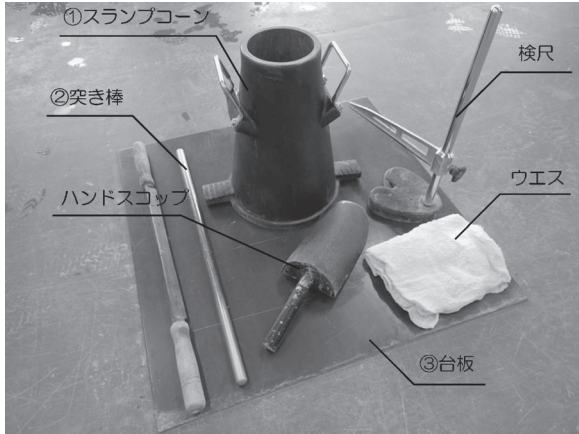


写真1 写真の一例（スランブ試験方法）

【3】試験方法

(1) 台板およびスランブコーンの設置
スランブコーンを台板上に置いて両足で押さえ、底面からの漏水、コーンの浮き上がりを防ぐ。




(2) 試料の詰め込み
試料はほぼ等しい量の3層に分けて詰める。



(3) 試料の突き締め
各層は、突き棒でならした後、25回均等に周辺部から中央部へ突くようにする。最上面を突いたのちに、スランブコーンの上端に合わせて平らになるようにする。




スランブコーン内面と平面の上面は、あらかじめ湿布などでふいておく。

この場合、1層目は底面から約6cm、2層目は約15cmの高さとなる。

こぼれた試料はふきとる。

図4 テキスト資料（スランブ試験方法）

- ①初期状態（試験体の設置状況など）、②載荷や装置稼働時の様子、③試験体に変化が起り始める様子、④最終状態（破断やひび割れ）に至る瞬間、⑤最終状態

2. 細骨材・粗骨材のふるい分け試験

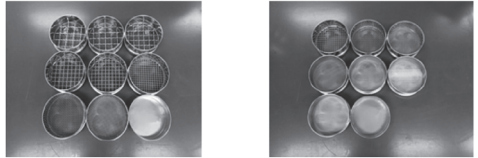
2.1 目的
細骨材および粗骨材のふるい分け試験を理解し、修得する。また、細骨材および粗骨材のふるい分け曲線を求め、JIS A 5308の標準範囲と照合する。さらに、粗骨材の最大寸法および細骨材・粗骨材の粗粒率（FM）を計算する。

- ・粒度（Grading）：
→骨材の大小粒が混合している程度。
- ・粗骨材の最大寸法：
→質量で骨材の90%以上が通るふるいのうち、最小寸法のふるいの呼び寸法で示される粗骨材の寸法。
- ・粗粒率（Fineness modulus, FM）：
→粗粒率とは、ふるい分け試験において、80, 40, 20, 10, 5, 2.5, 1.2, 0.6, 0.3, 0.15mmの各ふるいに残留した質量百分率の和を100で除した値。

2.2 使用材料
細骨材は、砕砂を一回の試験につき約500g、粗骨材は、砕石を一回の試験につき約1000gそれぞれ準備する。骨材はすべて絶乾状態である。

2.3 ふるい分け試験（試験は合計2回行う。）
【実験手順】建築材料実験用教材 pp.13~16

①金属製ふるいを網目の大きいものを上にし、粗骨材（約1000g）では、40mm、30mm、25mm、20mm、15mm、10mm、5mm、2.5mm、受皿の順に、細骨材（約500g）では、10mm、5mm、2.5mm、1.2mm、0.6mm、0.3mm、0.15mm、受皿の順にそれぞれ重ね、上から試料をそれぞれ投入し、上ぶたをする。



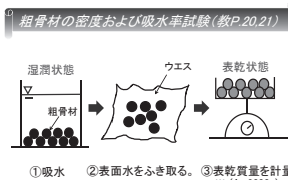
粗骨材の場合

細骨材の場合

②手で3分間振動を与える。
③網目の大きいふるいから順に、各ふるいにとどまった試料の質量を累計しながら計る。
※細骨材および粗骨材それぞれの1回目と2回目の平均値を求める。

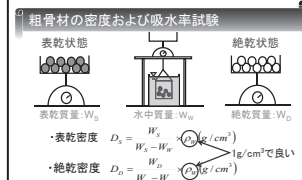
図5 配布資料の一例（ふるい分け試験方法）

粗骨材の密度および吸水率試験（教P.20.21）



①吸水 ②表面水をふき取る。③表乾質量を計量 W_s (≒ 2000g)

粗骨材の密度および吸水率試験



表乾状態 水中質量 W_w 絶乾状態 W_o

表乾質量 W_s

・表乾密度 $D_s = \frac{W_s}{V_s} (\text{g/cm}^3)$

・表乾密度 $D_o = \frac{W_o}{V_o} (\text{g/cm}^3)$

・吸水率 $Q = \frac{W_w - W_o}{W_o} \times 100(\%)$

1g/cm^3 で良い

図6 スライド資料の一例（密度および吸水率試験方法）

3.3 講義資料

本学科の材料施工教育における実験実習科目である「建築材料実験（90分×2＝180分）」のコンクリート系実験に使用するための、配布資料およびスライド資料を作成した。

(1) 配布資料

配布資料の項目は、【1】目的（目的、適用先、用語の説明）、【2】実験概要（使用材料、試験方法、計算方法）、【3】レポートについて、【4】データシートの4つとした。テキスト資料の概略を示すイラストや写真を部分的に使用し、計算式を示すとともに、レポートの評価項目を明示した。図5に配布資料の一例を示す。

(2) スライド資料

スライド資料は、教員が当日の試験内容を説明する際に使用するものであるが、テキスト資料の概略を示すイラストや写真を多用し、試験のイメージができるように工夫し



写真2 「建築材料実験」の様子

た。また、調査設計および実験データ整理の際、計算が必要な箇所があるため、例題を示すことで計算内容を理解しやすくした。図6にスライド資料の一例を示す。

4. アンケート調査

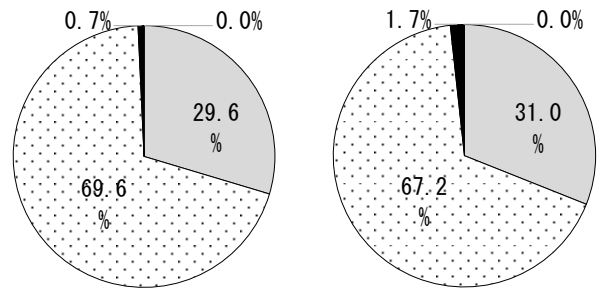
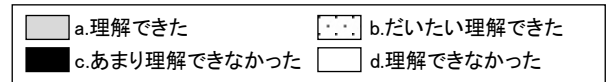
教育ツールを実際に「建築材料実験」のコンクリート系実験で使用し、教育ツールが学生の理解度向上に役立っているかどうかを検証するため、アンケート調査を実施した。本年度は、カリキュラム変更に伴い、前期（3年次生対象：135人）と後期（2年次生対象：116人）に開講されたため、それぞれアンケート調査を実施した。写真2は、教育ツールを実際に使用した「建築材料実験」の様子である。

アンケート調査の質問項目は、【質問1】今回の講義の内容はどのくらい理解できましたか？、【質問2】今回の講義を理解するにあたって、使われたスライド資料はどのくらい役に立ちましたか？、【質問3】今回の講義を理解するにあたって、使われた配布資料はどのくらい役に立ちましたか？、【質問4】資料内容の改善に関して、何か意見や要望、感想があれば自由に書いてくださいの4つとした。なお、【質問1】～【質問3】については、a. から d. の4段階に評価を分け、否定的な評価であるc. およびd. を選んだ場合は、その理由を記述してもらうこととした。

図7 (a)～図9 (a) の前期（3年次生対象）の結果に注目すると、教育ツールに対する評価は、班によらず、おおむね良好であった。しかし、【質問4】の自由記述によれば、配布資料と併せてスライド資料の内容も配布してほしいという意見や教科書の関連ページを付け加えてほしいという意見も寄せられた。そのため、後期の講義では、対象学生が2年次生であることも考慮し、スライド資料の内容を穴抜きにして配布することとした（図10参照）。

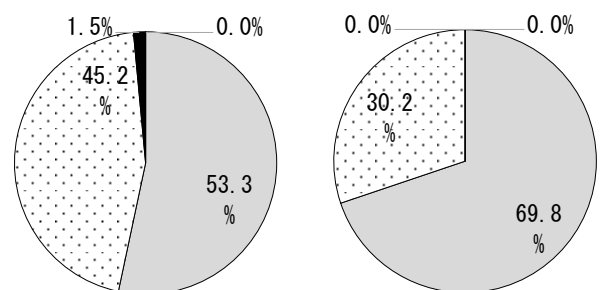
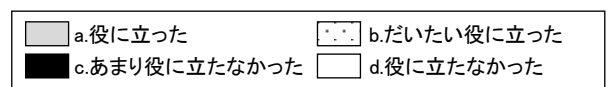
図7 (b)～図9 (b) の後期（2年次生対象）の結果に注目すると、教育ツールに対する評価は、班によらず、おおむね良好であった。前期（3年次生対象）と比較すると、【質問2】および【質問3】のスライド資料および配布資料に対する評価が、前期よりも後期の方が良好であった。その主な理由として、後期では配布資料と併せてスライド資料の穴抜きを配布したことが考えられる。

なお、【質問1】の講義内容の理解度については、【質問



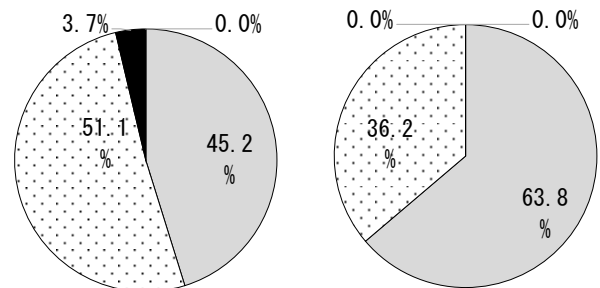
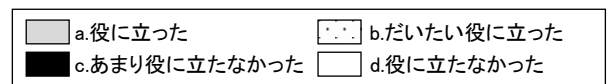
(a) 前期（3年次生対象） (b) 後期（2年次生対象）

図7 【質問1】 今回の講義の内容はどのくらい理解できましたか？



(a) 前期（3年次生対象） (b)後期(2年次生対象)

図8 【質問2】 今回の講義を理解するにあたって、使われたスライド資料はどのくらい役に立ちましたか？



(a) 前期（3年次生対象） (b)後期(2年次生対象)

図9 【質問3】 今回の講義を理解するにあたって、使われた配布資料はどのくらい役に立ちましたか？

2】および【質問3】に比較してa.の比率が低く、前期と後期のアンケート結果にあまり差がなかった。これは、質問内容が講義の理解度という漠然としたものであったため、中庸の評価であるb.を選択する学生が多かったと推測される。このことから、実験実習科目の理解度をチェックするレポートの作成の助けになったかどうかなど、より具体的

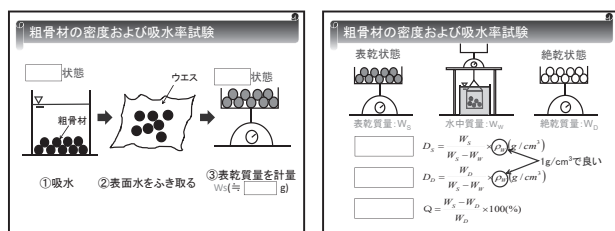


図10 スライド資料の穴抜きの一例
(密度および吸水率試験方法)

な質問内容にすべきであったと思われる。

前期と後期のアンケート調査の結果および講義の気付きから、次年度以降の教育ツール、特に講義資料には、次のような改良を加えることとした。まず、試験中に誤って実験器具を破損しそうになる場面も見受けられたため、配布資料に実験器具の取り扱いの注意事項を加筆した。次に、レポートで計算ミスが多かった粗骨材の最大寸法や粗粒率については、スライド資料に演習問題を追加した。なお、次年度以降も配布資料と併せてスライド資料の内容を穴抜きにして配布することにした。

5. まとめ

本研究では、材料施工教育における実験実習科目に活用できる教育ツールの作成を試み、実際に「建築材料実験」の講義に使用し、その有用性についてアンケート調査を行った。アンケート調査結果によれば、教育ツールの有用性がある程度確認することができたが、まだまだ改良の余地があると思われる。社会の変化に伴い教育の在り方も変化していくため教育ツールには完成形はないが、さらに学生の理解度向上と建築材料試験自体に興味を持ってもらえ

るよう、今後も継続的に改良を加え、より良いものにしていく必要があると考える。

謝 辞

本研究は、日本建築学会平成27年度支部研究助成「建築材料試験のための教育ツールの開発」による助成を受けた。本研究を進めるにあたり、日本建築学会中国支部材料施工委員会の委員各位のご助力を頂いた。また、本研究を卒業研究テーマとして取り組んだ、広島工業大学工学部建築工学科の卒業生である高畑翔君、佐々木佑介君、甲斐切佳奈さん、小林由衣さんの協力を得た。ここに付記して謝意を表する。

文 献

- 1) 中塚侑, 谷川恭雄, 吉川弘道, 森博嗣: 委員会報告「コンクリート工学の教育ツール研究委員会報告」, コンクリート工学年次論文集, Vol. 23, No. 1, pp. 29-34 (2001)
- 2) 立石孝夫, 犬飼利嗣, 平岩陸: コンクリート材料の教育ツールに関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp. 629-630 (2011)
- 3) 小山明男: 大学における建築材料教育について, FINEX, Vol. 24, No. 141, pp. 16-20 (2012)
- 4) 磯川章成, 犬飼利嗣, 平岩陸: 各構造形式において部位ごとに分類した建築材料の教育ツールに関する研究 (その1: 木質構造に関する建築材料資料集の作成), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿), pp. 9-10 (2014)