

# 土質実験実習におけるe-Learning活用の試み

吉本 憲正<sup>1</sup>・牧原 貴之<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 山口大学助教 大学院理工学研究科 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1)

E-mail: nyoshi@yamaguchi-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 山口大学技術職員 工学部技術部 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1)

E-mail: makihara@yamaguchi-u.ac.jp

実験実習は、技術者として重要な知識・技術を学ぶ重要な機会である。しかしながら、面的・時間的制約のため、十分な学習システムが構築されていない。本稿は、それを補うためのe-Learningを活用した効率的な学習システムの構築の試みについて報告する。

クイズ形式の予習を導入したことにより、学生の予習への取り組み姿勢が改善された。実験結果の整理に関して、データシートのセルフチェックシートを導入することでレポート作成の効率化が図られ、効率の良い学習につながっていることが明らかとなった。それにより、結果の考察に時間を費やせており、理解の促進につながっているといえる。また、せん断試験をよく理解するためには、掲示板を利用したディスカッションが効果的である。

**Key Words :** e-learning, moodle, soil experiment practice, questionnaire, soil mechanics education

## 1. はじめに

土質力学は、建設系の専門科目の中でも“三力”と呼ばれ、構造力学、水理学などと並んで最も基本的な科目であり、かつ最も現場の工事に直結しているものでもある。それだけに、土木建設工事に携わる多くの人達が、設計や施工において、土質力学に関する知識の必要性を訴えている。

建設工事では、我々は人々の生活や産業・経済活動のために、道路や鉄道、空港、港湾を造り、その建設のために山を切り、盛土し、トンネルを掘る。また、日本の大都市のほとんどは軟弱地盤上に展開していることから、様々な構造物が様々な技術を用いて建設されている。これらの構造物の設計や施工において、土質力学の知識が駆使され、それぞれの目的や機能を果たすように、施工中や施工後の沈下や変形を予測し、安全性が判定されている。

土質力学の講義や演習では、その予測や判定のための理論や計算方法を学ぶ。計算を行うために必要な土の性質を示す様々な定数は、現地や室内の試験によって求められる。土質実験実習では、その試験方法を学び、講義や演習で学んだ計算に必要な定数がどのように得られるのかを理解する。高度な理論に基づいた精密な計算が行われたとしても、用いる土の定数が現場を反映した正しいものでなければ意味がないため、どのように実験を行

うことで精度の高い結果が得られるかについても学ぶこととなる。

このように実験で得られる結果を正しく認識できる能力を身につけることは、将来、技術者として設計や施工を行うにあたり重要なことといえる。しかしながら、筆者の所属する学校では、実験実習の講義の中で土質試験を行う回数は、わずか7回であり、多数の土質試験がある中で8種類の試験を実習中に行うにすぎない。しかも8種類の試験を1回行うのみである。これは、学生数に対して高価な試験機器を揃えることの困難さや、少人数で実験を経験させることへの対応によるスタッフの人数の確保の問題などから、現状では、この程度の数の実習に限定せざるをえないという状況にあると思われる。

理想的には、複数の種類の試験を経験する機会や同じ試験を繰り返して経験する機会を増やすことにより、試験結果を解釈する能力を身につけることが望ましいが、先に述べたように現状の環境では難しい。そこで、より効率よく正確に土質試験に関することを理解し、試験方法を技術として習得することへつなげることをねらいとして、e-Learningを活用することとした。e-Learningを活用した工学教育のいくつかの報告にあるように<sup>1)4)</sup>、それを活用することで、スタッフや試験機器の数の不足、すなわち面的、時間的制約の中で、より効果的に学生に土質試験の理解の場を提供することが可能になると考えられる。

本稿では、従来の実験実習における問題点を整理し、

その改善のためにe-Learningを活用した土質実験実習の試みについて報告する。また、その取り組みについての学生への調査結果についても報告する。

## 2. 従来の実験実習

山口大学の実験実習は、建設基礎実験IとIIがそれぞれ半期ずつ開講されており、2年後期に建設基礎実験Iを、3年前期に建設基礎実験IIを週当たり3時間、受講するようになっている。一方で土質力学Iは、2年前期、土質力学IIは2年後期に受講する。したがって、建設基礎実験IIは、すべての学生が土質力学の履修を済ませていることとなる。

実験の建設基礎実験IとIIの一般目標は、建設材料、土質工学、水理学、構造工学および衛生工学の各分野において、用いられる材料のパラメータの決定あるいは対象物の挙動を把握するための試験法および調査法に関する基礎力を取得するとともに、実験を通じて各分野の理解度を深めることである。授業の到達目標は、知識・理解の観点では、実験に用いる試験器具類を適切に取り扱うことができること、実験方法等をきちんと文書で説明できること、実験データを適切に整理できることとしている。思考・判断の観点では、実験結果に、充分な考察を加えることができることとしている。また、関心・意欲の観点では、実験実習に積極的に参加し、共同作業を行うことができること、各試験法の目的・手段を理解し、計画的に実行できることとしている。なお、本検討は、建設基礎実験IIの土質実験の土の一面せん断試験を対象に行った。

建設基礎実験IIでは、実験テーマが10個用意されており、学生は10班にわかれ、各班(4~5名)各週1テーマの実験を10週かけてローテーションで取り組む。学生は、実験日に合わせて実験目的、実験器具、実験方法などを、教科書の該当試験の章の1.はじめに、2.試験器具、3.供試体の作製、4.試験方法を参考に、実験を行う上で知っておくべきことの予習を行い、実験に取り組む。実験開始前に、予習した部分を予習レポートとして、実験前に提出する。実験では、担当スタッフに実験の概要や手順の詳細などを教わりながら、実験を進め実験データを取得する。実験終了後、実験結果の整理方法などを教わり、各自が実験データを持ち帰りデータ整理を行う。得られた結果に対し、考察を行い、翌週の実験日にそれらをまとめ、レポートとして提出する。提出は、直接担当スタッフに手渡しで行い、その時、担当スタッフから、妥当な実験結果が得られているか、考察などが記載されているかなどの簡単なチェックを受け、結果の整理の間違いや考察不足がある場合、再提出となり、再度、翌週に修

正したレポートを提出することとなる。これが従来の実験実習に関する一連の流れである。

土質試験は、ほとんどの試験方法が日本工業規格(JIS)や地盤工学会基準(JGS)で基準化されているため、使う器具や試験方法が明確に定められている。そのため、土質試験を初めて行う学生でも理解しやすいように、土質試験に関する書籍もいくつか存在<sup>2)3)</sup>し、その内の一つを教科書<sup>4)</sup>として採用している。したがって、予習においてはその教科書を熟読し準備をすれば良いということになる。しかしながら、十分丁寧に書かれている書籍であるが故に、目的や方法を理解せずに、ただ教科書を写して予習レポートを作成し提出する学生も少なからず存在した。実験の開始前に、予習レポートに書かれたことを中心に、担当スタッフから質問を投げかけ、理解の程度を確認するが、写すだけの学生は適切な回答ができないという状況であった。また、土のせん断試験などでは、試験条件を細かく設定できるが、事前にどの条件で実験を行うかということ伝えていなかったため、学生はすべての試験条件の実験方法などを予習するという状況であった。すべての方法を学習しておくということは、好ましいことではあるが、ただ写すだけということであれば、あまり意味がない。学生実験では、限られた講義時間の中で実施できるように計画しているので、基準に従った方法を少しアレンジして行う場合もある。その場合、予習してきた学生は、実際に実験をする際に少しとまどうこととなる。もちろん、実験の際には、その部分を担当スタッフが説明するが、短時間で理解することが難しい場合もある。予習が十分出来ていない学生が多い場合、実験の理解が十分でなく、実験時間が通常の時間を大幅に超えることもある。

実験のレポートは、目的、試験器具、試験方法、結果の整理(データシート)、考察、感想、参考文献からなる。予習レポートとして、作成した部分は適切であれば修正せずにそのままレポートの前半部分として利用する。結果の整理は、教科書を見ながら計算を行う。加えて、実験後に取得したデータの整理に関して説明を加える。特に、学生が間違いやすいところなどを重点的に説明する。これらにより、概ね正確に計算できるが、土質力学を十分に理解していない場合には、+-を逆に考えて計算し結果が間違っていたり、単位の換算を間違えたりということが多い。間違えていることに学生が気付くのは、レポートを提出した際に、担当スタッフがチェックした時点である。考察においても、同様のことが言える。学生は、そのような結果に至った理由を考え、結果に対する考察を加えて提出する。しかし、中には論点がずれている考察を書いている場合もあり、レポート提出者は、十分な考察が出来たと考え提出するが、スタッフによる指摘で提出日によりやく論点がずれていることに気づく

表-1 従来の実験実習における問題点

|     | 考えられる問題点                 | 生じる時間       |
|-----|--------------------------|-------------|
| (A) | 実験条件が周知できていないことによる混乱     | (予習時および実験時) |
| (B) | 学生実験のための試験方法などのアレンジによる混乱 | (予習時および実験時) |
| (C) | 教科書の丸写しによる理解不足           | (予習時および実験時) |
| (D) | 予習不十分者への説明のための実験時間の超過    | (実験時)       |
| (E) | 結果の整理ミスに気付くまでのタイムラグ      | (レポート作成時)   |
| (F) | 考察の論点のずれに気付くまでのタイムラグ     | (レポート作成時)   |

ことになる。わからないという場合には、オフィスアワーを利用して質問をすることも可能であるが、間違っていることに気づかず、間違いを正しいと認識している場合には、提出時にスタッフに指摘されるまで、間違いに気づけないこととなる。

これらから、実験実習とその作成レポートについて表-1に示すような、いくつかの問題点があると考えられる。そこで、このような問題をe-Learningを利用しながら改善し、より効果的な実験実習を行える仕組みを作ることとした。次章では、その仕組みについて説明する。

### 3. e-Learningを利用した実験実習の仕組み

実験実習は、実際に試験機を用いて実験を行うことや、学生に直接教えたり、議論できることから、e-Learningの利用は、予習時と実験後のレポート作成時に利用することとした。以下では、e-Learningに利用したシステムの紹介、予習時の取り組み、レポート作成時の取り組みなどにわけて説明する。

#### (1) Moodle

Moodleは、Web上にソースコードが公開されたオープンソースのLMS (Learning Management System) である。そのため、管理者側 (Moodleを活用してコンテンツを提供する側) にとっては、コンテンツの変更・改良が迅速に行え、Moodleの機能面は、市販のソフトウェアと比べ引けをとらない<sup>8)</sup>。さらに、Moodleは、学習を管理および促進するための機能を提供するツールとして開発されているため、大学機関の講義のような対面式授業の補足ツールとして使用するには向いている。

Moodleの標準的な機能には、授業用資料の掲示、学習者の管理 (アクセス制御)、小テストやアンケートなどの課題管理、フォーラムなどのコミュニケーション機能などがある。また、モジュールについては、Moodleの機能を活用してコンテンツを提供する管理者側が、既成のものを利用するだけでなく、独自性をもつものも作成して追加・利用できる環境が整備されている<sup>9)</sup>。

これらのe-Learningに適した機能を有していることと、本学において、すでに、Moodleサービスの運用が開始さ

図-3の写真の順番(この写真の順番は、正しい供試体の作製方法の順番で並んでいます)を参考に供試体の作成手順A)~F)を適切に並び換えましょう。

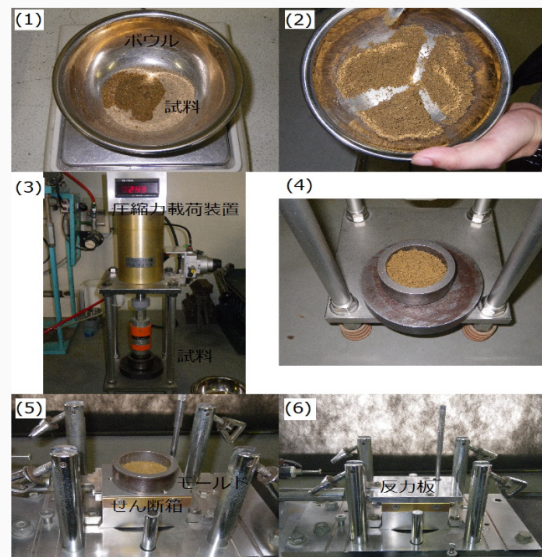


図3 供試体作製手順

- A) 乾燥試料をボウルに入れ、100g準備し、含水比wが10%となるように、水を注入する。その後、試料全体の含水比が均等になるように、よく混ぜる。
- B) 圧縮された試料の表面を乱し(次に入れる試料となじむように表面を乱す。)、試料を入れ(二層目)、先と同様に締め固める。三層目も同様の作業を行う。
- C) 圧縮力載荷装置にセットし、締め固め用円板を試料の上に載せ、所定の荷重で試料を締め固める。
- D) 含水比調整された試料をボウルの中で、おおよそ三等分し、その内の一つをモールド内に、おおよそ高さ4均一になるように入れる。
- E) 試料の上部の紙を置き、反力板を取り付け、供試体の設置を完了する。
- F) せん断箱の底に紙を入れる。その後、締め固められた試料を、モールドからせん断箱に乱さないように注意しながら移す。

図-1 クイズ画面の例

れていることから、これを利用して授業改善の取り組みを実行した。

#### (2) 予習のためのクイズ

先の従来の実験実習で述べた予習時の問題点である表-1中の(A)~(C)を改善するために、Moodleの小テスト機能をクイズとして利用した。(A)の実験条件の周知に関しては、実験に用いる試料の情報などの少しのヒントを与えることで、実験条件が特定出来る様なクイズとし、また、そのクイズに答えることで実験の目的が認識出来るようにした。そうすることで、実際に行う実験の条件は一つであっても、他の実験条件のことも学習することを期待している。(B)の学生実験のための試験方法などのアレンジによる混乱については、教科書に掲載されていない内容となるため、それについて事前に知らせる必要がある。そこで、アレンジした部分の手順がわかる形で写真を撮影し、図-1に示すように、その画像をMoodle

|    | B                                 | C                                  | D       | E                                 | F | G | H                  | I |
|----|-----------------------------------|------------------------------------|---------|-----------------------------------|---|---|--------------------|---|
| 5  |                                   |                                    |         | 0560                              |   |   |                    |   |
| 6  | J                                 | G                                  | S       |                                   |   |   |                    |   |
| 7  |                                   |                                    |         | 0561                              |   |   |                    |   |
| 8  |                                   |                                    |         |                                   |   |   | 土の圧密[定体積, 定圧] 一面せん |   |
| 10 | 調査件名                              |                                    |         |                                   |   |   | -                  |   |
| 13 | 試料番号(深さ)                          |                                    |         |                                   |   |   | -                  |   |
| 15 | 試料                                | 土質名称                               | まさ土     | 土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup> |   |   |                    |   |
| 16 |                                   | 最大粒径 mm                            | 0.840   | 水の密度 $\rho_w$ g/cm <sup>3</sup>   |   |   |                    |   |
| 17 |                                   | 状態                                 | 塊一状・非塊状 |                                   |   |   |                    |   |
| 18 | 供試体                               | 直径 $D$ cm                          | 6.0     | 断面積 $A$ cm <sup>2</sup>           |   |   |                    |   |
| 19 |                                   | 作製方法                               |         | 締固め                               |   |   |                    |   |
| 20 | 供試体 No.                           |                                    |         |                                   |   |   |                    |   |
| 21 | 圧密応力 $\sigma_c$ kN/m <sup>2</sup> |                                    |         |                                   |   |   |                    |   |
| 22 | 初期                                | 高さ $H_0$ cm                        |         |                                   |   |   |                    |   |
| 23 |                                   | 湿潤質量 $m_0$ g                       |         |                                   |   |   |                    |   |
| 24 |                                   | 炉乾燥質量 $m_s$ g                      |         |                                   |   |   |                    |   |
| 25 | 期                                 | 含水比 $w_0$ %                        | 10      | 10                                |   |   |                    |   |
| 26 | 状                                 | 実質高さ $H_s$ cm                      |         |                                   |   |   |                    |   |
| 27 |                                   | 湿潤密度 $\rho_{t0}$ g/cm <sup>3</sup> |         |                                   |   |   |                    |   |
| 28 |                                   | 乾燥密度 $\rho_{d0}$ g/cm <sup>3</sup> |         |                                   |   |   |                    |   |
| 29 | 態                                 | 間隙比 $e_0$                          |         |                                   |   |   |                    |   |
| 30 |                                   | 飽和度 $S_{r0}$ %                     |         |                                   |   |   |                    |   |
| 31 | 圧                                 | 圧密時間 $t_c$ min                     | 8       | 8                                 |   |   |                    |   |
| 32 | 密                                 | 最終圧密量 $\Delta H_c$ cm              |         |                                   |   |   |                    |   |
| 33 |                                   | 高さ $H_c$ cm                        |         |                                   |   |   |                    |   |
| 34 | 後                                 | 乾燥密度 $\rho_{dc}$ g/cm <sup>3</sup> |         |                                   |   |   |                    |   |
| 35 |                                   | 間隙比 $e_c$                          |         |                                   |   |   |                    |   |

(a) 入力前の状態

|    | B                                 | C                                  | D       | E                                 | F | G | H                  | I |
|----|-----------------------------------|------------------------------------|---------|-----------------------------------|---|---|--------------------|---|
| 5  |                                   |                                    |         | 0560                              |   |   |                    |   |
| 6  | J                                 | G                                  | S       |                                   |   |   |                    |   |
| 7  |                                   |                                    |         | 0561                              |   |   |                    |   |
| 8  |                                   |                                    |         |                                   |   |   | 土の圧密[定体積, 定圧] 一面せん |   |
| 10 | 調査件名                              |                                    |         |                                   |   |   | -                  |   |
| 13 | 試料番号(深さ)                          |                                    |         |                                   |   |   | -                  |   |
| 15 | 試料                                | 土質名称                               | まさ土     | 土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup> |   |   |                    |   |
| 16 |                                   | 最大粒径 mm                            | 0.840   | 水の密度 $\rho_w$ g/cm <sup>3</sup>   |   |   |                    |   |
| 17 |                                   | 状態                                 | 塊一状・非塊状 |                                   |   |   |                    |   |
| 18 | 供試体                               | 直径 $D$ cm                          | 6.0     | 断面積 $A$ cm <sup>2</sup>           |   |   |                    |   |
| 19 |                                   | 作製方法                               |         | 締固め                               |   |   |                    |   |
| 20 | 供試体 No.                           |                                    | 1       | 2                                 |   |   |                    |   |
| 21 | 圧密応力 $\sigma_c$ kN/m <sup>2</sup> |                                    | 50      | 100                               |   |   |                    |   |
| 22 | 初期                                | 高さ $H_0$ cm                        | 2.0841  | 1.9974                            |   |   |                    |   |
| 23 |                                   | 湿潤質量 $m_0$ g                       | 98.43   | 98.43                             |   |   |                    |   |
| 24 |                                   | 炉乾燥質量 $m_s$ g                      | 89.48   | 89.48                             |   |   |                    |   |
| 25 | 期                                 | 含水比 $w_0$ %                        | 10      | 10                                |   |   |                    |   |
| 26 | 状                                 | 実質高さ $H_s$ cm                      | 1.194   | 1.194                             |   |   |                    |   |
| 27 |                                   | 湿潤密度 $\rho_{t0}$ g/cm <sup>3</sup> | 1.671   | 1.743                             |   |   |                    |   |
| 28 |                                   | 乾燥密度 $\rho_{d0}$ g/cm <sup>3</sup> | 1.519   | 1.585                             |   |   |                    |   |
| 29 | 態                                 | 間隙比 $e_0$                          | 0.745   | 0.672                             |   |   |                    |   |
| 30 |                                   | 飽和度 $S_{r0}$ %                     | 35.58   | 39.42                             |   |   |                    |   |
| 31 | 圧                                 | 圧密時間 $t_c$ min                     | 8       | 8                                 |   |   |                    |   |
| 32 | 密                                 | 最終圧密量 $\Delta H_c$ cm              | 0.0042  | 0.0034                            |   |   |                    |   |
| 33 |                                   | 高さ $H_c$ cm                        | 2.0799  | 1.9940                            |   |   |                    |   |
| 34 | 後                                 | 乾燥密度 $\rho_{dc}$ g/cm <sup>3</sup> | 1.522   | 1.587                             |   |   |                    |   |
| 35 |                                   | 間隙比 $e_c$                          | 0.741   | 0.669                             |   |   |                    |   |

(b) 入力後, 正解の場合の例

図-2 セルフチェックシート

に掲載し、写真で示された手順と説明文を正しい順序に並べ替えるというクイズで、正しい手順を事前に理解できるようにした。(C)の教科書の丸写しによる理解不足への対策については、次のような仕組みとした。使用している教科書には、丁寧に試験装置の仕組みや試験手順が書かれている。そのため、仕組みや手順を予習レポートとして書かせても、丸写しするようになる。そこで、少しでも考える必要が生じるように、試験機の仕組みの理解では、試験機の図を与え各パーツの名称との組み合わせで、正しい組み合わせになるように選択するクイズをさせることとした。ここでは、実験で初めて装置を見ることになるため、あまり難しい問題は解けないと考え、教科書の図面を利用し、教科書と組み合わせを変えることで、教科書を見ながら正しいものを選択するという方式にした。試験方法についても同様であり、教科書を見ながら正しい順序に並べ替えるという簡単なものとしている。簡単ではあるが、クイズ形式とすることで、少しでも読んで考えるということを期待している。クイズの解答は、Moodleで各自が行い結果は正解か不正解かが表示される。不正解がある場合、正解になるまでクイズに回答し、理解が深まることを期待している。そして、このクイズでの取り組みが、先に示した(D)の問題点の改善にもつながることも期待している。

### (3) セルフチェックシート

結果の整理は、測定したデータを各自が持ち帰り、各自が行う。使用している教科書は、初学者でも理解できるように丁寧にその整理方法が書かれている。したがって、正確に理解し、講義で学習した土質力学の十分な知識があれば概ね正確に結果の整理が行えると思われる。しかし、先述したように、多数の学生がミスを含んだ試験結果(データシート)を提出する。そのため、(E)の結果の整理ミスに気付くまでのタイムラグが問題となってくる。この間違いに気付くまでのタイムラグや修正に取り掛かるまでの空白の時間は、正確な計算方法の理解には、極めて非効率であり、理解を妨げるものと考えられる。そこで、Excel ファイルを利用してセルフチェックシートの作成を行った。地盤材料の試験・調査入門<sup>9)</sup>に付属している Excel で作成されたデータシートを利用し、その中に Excel の機能として付属している VBA (Visual Basic for Applications) を使用し、自動計算をさせる方法である。学生は各自に割り当てられたマクロを含んだ Excel ファイルを Moodle からダウンロードし、それに各自で計算した値を入力する。計算は、電卓で計算した結果を入力しても良いし、Excel 内で数式を入力して計算しても良い。マクロで自動計算された結果と学生が入力した結果が正しいか間違っているかどうかを VBA によるマクロで自動チェックを行う。今回の場合は、図-2に示すように、入力セルは最初赤色に設定しておき、



(a) 学生同士のディスカッションの例

(b) スタッフも含めたディスカッションの例

図3 掲示板によるディスカッションの例

入力された値が正解であれば、クリーム色に変わり、不正解であれば赤色で保持されるプログラムである。このシステムを使用することにより、学生は自分の解答が正解か不正解かが即時に判定でき、不正解の場合、計算をやり直しその間違いがどういう間違いであったのかがすぐに理解できる。このように、再計算に至るまでの不要な時間がないことが、学習の効果の向上に繋がると思われる。

(4) 考察に関するディスカッション

先に述べたようにMoodleには、フォーラムという掲示板の機能が備わっている。ここでは、その機能を利用し、班員による自由なディスカッションをさせることとした。なお、フォーラム機能の利用は、実験後からレポート提出までの間としている。主には考察に対するディスカッションを自分の意見を述べるという形で行うようにと促している。それ以外にもデータシートの計算で計算方法がわからない場合などに、その方法を尋ねるなどで利用しても良いこととしている。ただし、その場合には、計算結果を教えるのではなく、計算方法を伝え計算自体は各自が自分でするようにということを伝えている。図3に示すように、この掲示板は、班毎のグループで閲覧できるようにしており、班員+実験担当スタッフのみが閲覧および書き込みが出来るようになっている。考察を各自でレポートに書かすだけでなく、掲示板を利用してディスカッションを経由して、最終的にレポートへまとめるような仕組みとした理由には大きく2点ある。一つは、先に述べた(F)の考察の論点がずれないようにさせる、論

点がずれていることに気付く機会を与えるということである。レポートの考察を一人で考えて書くのは良いことであるが、一旦、異なる方向で調べてしまうと論点が大きくずれた考察になる場合がある。例えば、砂を試料として実験を実施しているにもかかわらず、実験結果で粘着力が生じてしまうために、粘着力と言えは粘土と考え、粘土に関する考察をするなどである。このようなことを未然に防ぐために、自分の意見を掲示板に書いて人の意見も参考にするように伝えている。実験担当スタッフもこの掲示板をチェックできるため、班員の多くが論点のずれた議論を行っている場合や議論に行き詰っている場合などには、考え方のヒントになるようなアドバイスを送ることも可能である。もう一つは、自分の意見を伝え、人の意見を聞き、それを再構築して意見を伝えるというディスカッションの中での成長を期待している。掲示板への参加者には、スタッフも含まれることから友人同士のみのディスカッションとは少し異なる緊張感のようなものもあり、それを経験することも重要と考えている。

4. e-Learningを利用した実験実習の結果と考察

ここでは、e-Learningのシステムの利用者である学生を対象にアンケート調査を行い、アンケート調査の結果と先述したe-Learningを利用することによる改善効果との関連について考察をすることとする。アンケート調査の対象となった学生は45名であり、回答のあった学生数は42名で、回答率は約93%であった。

表-2 アンケート調査項目

|      |  |
|------|--|
| I.   | Webサイトを利用したクイズ形式の「実験の目的」、「試験用具」、「供試体の作製方法」、「試験方法」は、理解しやすく、実験のイメージがしやすかったでしょうか？     |
| II.  | 計算結果をセルフチェックするためのファイルを使うことで、すぐに間違いがわかり、再計算が可能になるため、間違えた箇所が見つけやすく、計算方法の理解がスムーズに行えた。 |
| III. | 掲示板を使用することで、結果の整理方法や、考察する内容の理解が深まり、土のせん断に関する理解が深まったと思う。                            |
| IV.  | 土のせん断に関する基本事項である、強度定数（粘着力 $c$ 、せん断抵抗角 $\phi$ ）やダイレイタンシーに関する理解が深まったと思う。             |
| V.   | Webサイトを利用した方法は、レポート作成に費やす時間が多くなった。   |

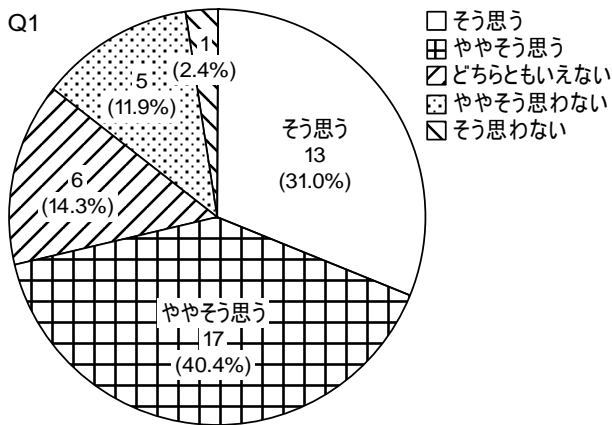


図-4 アンケート結果 (I)

(1) アンケートについて

利用者である学生が、e-Learningを体験してみてどう感じたのか、また、継続して利用する上で改善すべき点はどのようなところかということを整理するためにこのアンケート調査を実施している。表-2はアンケート調査項目の一覧である。

ここでIに対する質問の意図は、実験実習の問題点として挙げた(A)~(C)の改善に繋がっているかを確認することを念頭においている。クイズでは、教科書の中で明確にされていない実験の目的を明確にしたり、実際に使用する装置の写真や手順を教科書よりビジュアル化したりしているので、教科書だけの場合と比較して利用者がどう感じているのかを把握することを目的としている。

IIは、実験実習の問題点(E)に関する質問である。すぐに正解・不正解がわかることが利用者にはどう感じられるのか、それが理解の手助けになるのかを知ることにしている。IIIは、実験実習の問題点(F)に関する質問である。

利用者にとっては、一人で悩むという機会が減り、やる気につながる可能性がある。人に教えるということによって理解が深まる。また、悩みを共有出来ることから、孤立感をもつことが少なくできる。これらを利用者が感じているかどうかを把握することを目的としている。IVは、実験実習の問題点を個々に改善することで、学生の実験実習の総合的な改善効果を把握することを目的としている。

掲示板の利用では、毎日のアクセスやコメントの閲覧・書き込みが継続される。また、予習クイズや掲示板の利用の時間を鑑みて、レポート作成にかけ時間が利用者にとってどう影響しているかをVで調査している。

(2) 予習のクイズ

図-4のアンケート結果を見ると、約70%の学生は理解しやすく、実験のイメージがしやすかったと感じており、e-Learningを行う効果が期待できると考えられる。自由記述欄への記載では、「クイズ形式であったため意欲的に取り組めた」などがあり、クイズにすることで、ただ教科書を読むより学習への取り組み方に良い意味での変化が表れていることがうかがえる。学生実験のためのアレンジの部分も「写真や図などがあり、理解しやすかった」というコメントに見られるように、こちらが期待していた成果が表れていると言える。一方で、「写真の数を増やした方が良い」や「動画の方が良い」などの意見もあり、この取り組みが理解を妨げるものではないが、すべての利用者にとって理解が促進されるレベルではないということもわかる。動画の利用も含め、手順などがより明確にわかる画像に変更するなどの工夫を行い、改善していくことが今後の課題である。

(3) セルフチェックシート

Excelファイルを用いたセルフチェックシートの利用に関するアンケート結果を図-5に示す。結果より大多数の利用者にとって利便性の高いものであることがうかがえる。自由記述欄に、「計算結果に自信がないままレポートを提出して再提出ということが他の実験でもよくあったので自分の間違いがすぐわかるのでいいと思う」という記述があり、この回答は、こちらのねらいと一致しており、これに関しては、有益なシステムであると言える。しかし、バージョンの違いのために発生するのの原因が特定できないが、正常に機能しないセルが発生する場合は報告され、それに関して不満のコメントも自由記述欄に書かれていた。この問題の解決策は、未だわかっていないが考察用に用意した掲示板で班員が誤作動であるかどうかを書き込むなどして、解決した事例もあり、

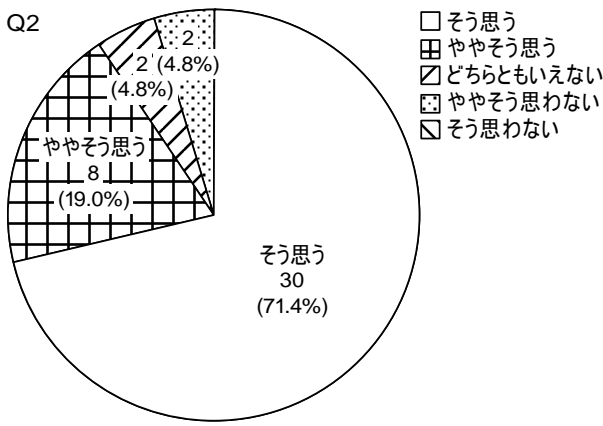


図-5 アンケート結果 (II)

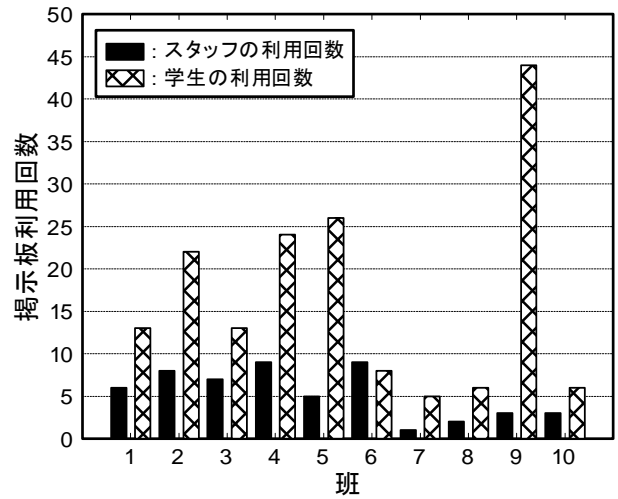


図-7 各班の掲示板利用状況

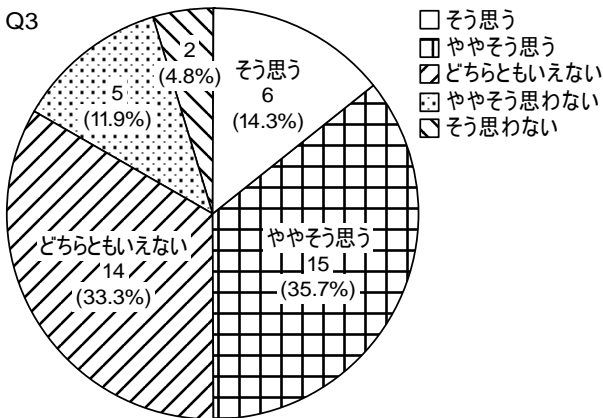


図-6 アンケート結果 (III)

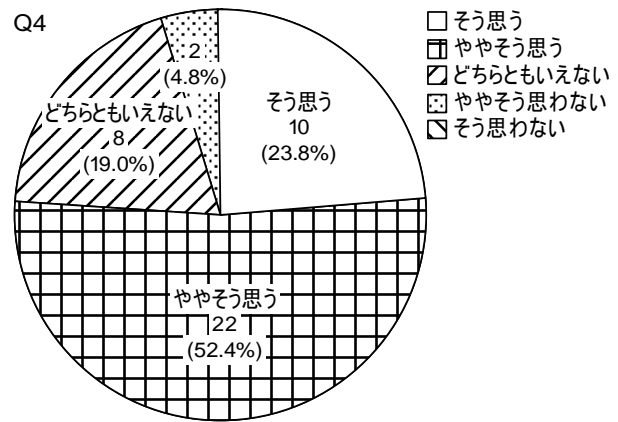


図-8 アンケート結果 (IV)

掲示板との併用で問題が軽減されることもあきらかとなった。このようなこちらが想定している利用以外の拡張的な利用があることもわかり、利用の可能性の広がり期待できるとも考えられる。

#### (4) 掲示板によるディスカッション

掲示板の利用がせん断に関する理解の促進につながったかという質問に対しては、50%がそう思うと感じているのに対し、どちらとも言えない、を含めた残りの50%は、そう思わないと感じていることがわかった(図-6参照)。掲示板の利用回数を掲示板への書き込みとそれに対する返信の数の合計と定義し、各班の利用状況を図-7に示す。ディスカッションの内容には、考察に関するものや計算の仕方を尋ねるものなど様々であるが、班によって大きくばらつきがある。個人で利用しようとしても、他の班員からの反応がなければ、掲示板を利用したディスカッションには発展せず、結果としてディスカッションすることが出来ず、掲示板の利用が土のせん断に関する理解のためにあまり機能しなかったものと判断出来る。したがって、班として掲示板を利用するという意識を構築する必要があると感じられた。また、学生の間では、

LINEなどのSNSによってネットワークを構築して相談している状況もある。それらのSNSと比較して、Moodleの掲示板は閲覧や書き込みまでの作業が煩雑であり、そのことによるMoodleの利用の煩わしさも利用者のばらつきに繋がり、上述の結果を招いた要因の一つと考えられる。しかしながら、学生だけのネットワーク上での議論ではなく、スタッフも参加しているネットワーク上でのディスカッションは、良い意味での緊張感が生まれ、その中でディスカッションには、それなりの意味があるのではないかと考える。このことを踏まえ、掲示板の利用の促進方法が今後の検討課題の一つである。

#### (5) 土のせん断に関する基本事項の理解

ここでは、実際にe-Learningの取り組みを適用した実験に対して、その実験で理解すべき項目の理解度について調査を行った結果を図-8に示している。約75%の学生が、理解が深まったと答えており、今回の取り組みは概ね良い効果が期待できるものと考えられる。自由記述欄への記載では、「文献などで調べることでさらに理解が深まった」、「自ら調べ学習をする事で、関心や理解が深ま

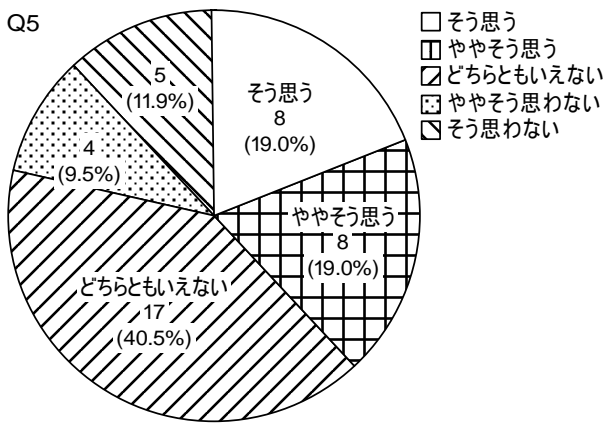


図-9 アンケート結果 (V)

った」「粘着力は改めて実験を行って疑問に思い考察で解決することができた」など、前向きな記述が多く、充実した実験実習とレポート作成が行われた様子が見える。

#### (6) Web利用とそれにかかる時間

今回のe-Learningシステムでは、予習レポート時のクイズや掲示板の利用による班員間でのディスカッションなどを実施するようにした。そのため、レポート作成に至るまでの日々の少しの時間の学習などにより学習時間が変化する可能性を考え、予習からレポートの完成に至るのに要した時間について、e-Learningを利用していない他の実験と比較してどう感じたかを調査した。その結果を図-9に示す。約40%の学生がレポート作成に費やす時間が多くなったと感じており、約20%の学生がそう思っていないことと比較すると、全体的には費やす時間が多いと感じているのではないと思われる。自由記述欄への記載では、Excelを利用することでデータ整理に費やす時間が少なくなるが、掲示板を利用したディスカッションに費やす時間が増えるため、総合的にはレポートに費やす時間に変化はないとの内容の回答がいくつか存在していた。土質試験では、決められたフォーマットのデータシートが存在し、通常はそのデータシートへ記載したものを報告書として添付することとなる。学生実験においても、従来は教科書に添付しているそのデータシートを利用することとしている。したがって、多くの学生が手書きでのグラフ作成となり、それに時間を費やしていたが、Excelのデータシートを利用させることで、その部分の効率化が図られたと思われる。そして、余裕の出来た時間を考察のディスカッション等に利用していることから、理解を深めるための効率的なレポート作成が行われたのではないかと想像できる。

## 5. まとめ

本論文では、従来の土質実験実習における問題点を整理し、その改善のためにe-Learningを活用した試みについて紹介した。加えて、その取組みに関して学生にアンケート調査を行った。実施した取組みとアンケート結果から得られた効果を以下に示す。

e-Learningシステムの予習クイズを実施することで、約70%の学生は理解しやすく、実験のイメージがしやすかったと感じており、e-Learningの導入の効果が見られた。今回の予習クイズが理解を妨げるものではないが、動画の利用も含め、手順などがより明確にわかる画像に変更するなどの工夫を行うことで、より学習効果が高まる可能性が指摘された。

Excelファイルを用いたセルフチェックシートの利用については、大多数の利用者にとって利便性が高く、効率的の良い学習を可能としていることが明らかとなった。利用した学生の意見がこちらのねらいと一致していることから、有用性の高いものであるといえる。

土のせん断に関する基本事項の理解については、約半数の学生が掲示板を利用し、ディスカッションすることで理解の促進につながったと感じていた。ただし、ディスカッションは、一人で取り組むことが出来ないため、掲示板を有効に活用するためには、多数が参加する環境を整えることが重要である。

レポート作成に費やす時間については、全体的にやや費やす時間が増した傾向がうかがえた。Excelのシートを使用することで、データの整理が効率的になったことを踏まえると、結果の考察に時間を費やしており、理解を深めることにつながっていることが示唆された。

**謝辞：**Excelを利用したセルフチェックシートの作成にあたり、地盤材料の試験・調査入門<sup>9)</sup>に付随しているExcelのデータシートを利用させていただいた。利用に関して、石田哲朗教授より快諾していただいた。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 穂屋下茂：学部教育におけるeラーニングの利用と評価，メディア教育研究，Vol. 1, No. 1, pp. 31-43, 2004.
- 2) 穂屋下茂，田代雅美，藤井俊子，米満潔，梅崎卓哉：eラーニングを活用した工学教育環境の構築，メディア教育研究，Vol. 3, No. 2, pp. 95-103, 2007.
- 3) 池本有里，山本耕司：Ruby 入門教育におけるMoodle利用の効果，四国大学紀要，(B) 34, pp. 1-11, 2012.
- 4) 三上市藏，本郷奈保：e-Learning を用いた構造力学学習システムの構築，平成17年度土木学会全国大会第60回年次学術講演会講演概要集，CS1-001, 2005.
- 5) 地盤工学会：土質試験 基本と手引き，地盤工学会，251p., 2010.



- 6) 土木学会地盤工学委員会土質試験の手引き編集小委員会：土質試験のてびき，土木学会，167p., 2003.
- 7) 高専土質実験教育研究会：新土質実験法，鹿島出版会，189p., 2007.
- 8) 龍昌治：LMSを活用した授業実践-Moodle利用法マニュアル(3)－出欠と課題管理編，愛知大学情報メディアセンター紀要，Vol. 20, No. 1, pp. 40-51, 2010.
- 9) 石田哲朗，辰井俊美，中川幸洋，谷中仁志，肥田野正秀：地盤材料の試験・調査入門 エンジニアのための Excel ナビシリーズ，インデックス出版，269p., 2011.

(2013. 12. 24 受付)

## TRIAL OF USING E-LEARNING FOR SOIL EXPERIMENT PRACTICE

Norimasa YOSHIMOTO and Takayuki MAKIHARA

Learning how to perform experiments is an important aspect for engineers. However, due to space and time restrictions, a sufficient learning system has not been created. In this paper, the creation of an efficient learning system supplemented by e-Learning is discussed.

Student's approaches to preparation have been improved through the introduction of a quiz based system. For calculation the test results, the introduction of a self-check sheet into the data sheets leads to improvement in efficiency of learning and report making. Additionally, it increases the time that students spend considering the test results, which leads to an increase in understanding of the test. Finally, the use of a discussion board is effective in helping the understanding of shear tests.