

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 8 月 28 日現在

機関番号：13701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011 ～ 2012

課題番号：23656295

研究課題名（和文）地盤工学を対象とした初級エンジニアリング・デザイン教育科目の開発

研究課題名（英文）Development of a first course in geotechnical engineering design

研究代表者

本城 勇介 (HONJO Yusuke)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：10251852

研究成果の概要（和文）：

地盤工学を中心とし、学部3年生を対象とした、初級デザイン教育を実施する科目(A first course in engineering design)の内容を開発した。特に、デザイン教育のカリキュラムの中の位置づけ、学生に達成させるべき目標の明確化した。地盤工学の重要な構成要素である、工学的判断力を養い、解が唯一ではなく、複数の知識の総合化が必要であり、時間やコストの制約を考慮し、倫理的な判断も必要とされ、またチームワーク力やコミュニケーション力が養われデザイン科目にふさわしい課題を作成した。開発された課題は①上下流関係を考慮した堤防整備計画、②長大水路の液状化武士対策の立案 の 2 課題の開発を行った。その他、諸外国のデザイン教育について、機会を捉えて調査した。

研究成果の概要（英文）：

A first course in geotechnical engineering contents have been developed, which is expected to be given to the third year students in department of civil engineering. Care was taken to the position of the subject in the whole curriculum and leaning objectives and outcomes of the students. The subject is aiming at teach importance of engineering judgment in geotechnical engineering, and resolve complex engineering problem that does not have any unique solution. Also constraints from time and budget should be taken into account. The developed two subjects are (1) Renovation of river dyke considering interactions between up and down stream, and (2) Mitigation of liquefaction risk for 12km long water channel. Some investigation results on the engineering design education in oversea universities are also attached.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：地盤工学、デザイン教育、技術者倫理、河川堤防、液状化

1. 研究開始当初の背景

諸外国と比較して日本の工学教育におけるエンジニアリング・デザイン教育の不備と、その必要性が強く認識されつつある。(大中、

2009 等)。

図 1 は、デザイン教育の必要性を説明した図であり、米国の教育学者 Bloom により提唱された。(Bloom's taxonomy of educational objectives として知られている)。工学教育は、

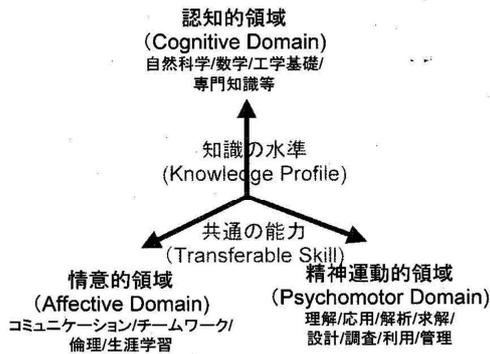


図1 技術者教育の諸元

知識に基礎をおく認知的領域をその中心とするのが伝統的な理解であろう。しかし、実際に工学を実践して行く上では、コミュニケーション等の情意的領域、解析と統合による求解等の精神運動的領域を合わせて持つことが必要である。この認識に立てば、伝統的な工学教育は、認知的領域に偏りすぎていることになる。情意的領域、精神運動的領域を育てるデザイン教育の必要性が理解される。一方図2は、工学における「設計」と言う行為を、総合的—分析的、象徴的—現実的という2つの軸の間で、位置づけたものである。科学や芸術に比べ、設計は医学と並んでより現実的であり、また後者よりもより総合的

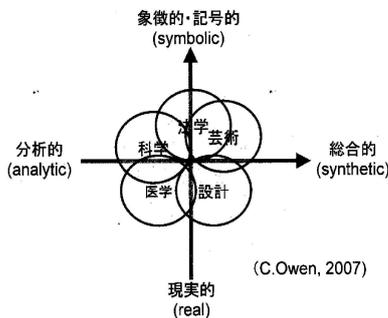


図2 「設計」の諸学の中の位置付け

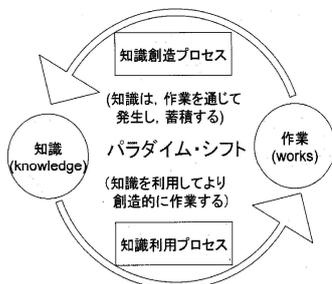


図3 知識の創造と利用 (C.Owen,2007に加筆)

ある。このような分野の生きた知識の蓄積は、図3にあるように、作業を通じての知識の創造と利用により、蓄積される。PBL(project based learning, problem based learning)の重要性が指摘されるのもこの分野である。

2. 研究の目的

ここで提案する、地盤工学を中心とする、デザイン科目の課題の創出のための研究の目的は、次の通りである。

- (1) 学部3年生を対象とする、初級のデザイン科目 (First course in engineering design の意) の内容を、地盤工学を中心として関連分野も考慮しながら具体的に提案する。
- (2) 上記に当たり、カリキュラム設計に当たっての、デザイン教育プログラムの役割や位置づけの明確化、学生の達成目標や達成度評価の方法も合わせて検討・提案する。
- (3) 学生の達成度を評価する方法を開発する。
- (4) 諸外国のデザイン教育の現状を機会を捉えて調査する。

3. 研究の方法

研究は、本研究参加者達が具体的に実施している3年生前期開講の「社会基盤デザイン」という科目を場として実施した。成果について次章で述べる。

4. 研究成果

研究成果を、講義の目的の説明と成績評価、上下流関係を考慮した堤防整備計画、長大水路の液状化防止対策の立案、及び諸外国大学のデザイン教育調査の4つの項に分けて成果を説明する。

(1) 講義の目的説明と成績評価

演習は、3年生前期の後半に集中的に行っている。火曜日の午前中3時間の講義時間を確保して、8週間で行う。

第1回目は全体の説明、テーマによるグループ分けと、グループ内におけるチーム分けを行う。また講義の狙いや、どのようなことを身に付けることを目的としているかを十分に説明する。一つのチームは6-8名程度で構成される。その後6週間は各グループで課題を進め、最終週に成果発表会を行う。このとき相互の評価も行う。

設計大学 デザイン演習のねらい

- ・ 分野毎に4グループに分かれ、さらに各グループで少人数のサブグループ(班)に分かれて、実際に土木構造物や都市などをデザイン(計画・設計)し、最終回では全体で各班の成果発表会を行い、全体討議を実施する。
- ・ 与えられた課題について、自ら問題点を発見し、修得した技術を応用してそれを解決するための方法を考え、実際にデザイン(計画・設計)するという一連の作業を通して、総合的な問題解決能力を身に付けることをねらいとする。

【学科の学習・教育目標との関連】

- (F) 社会基盤施設を評価・計画、設計・施工および維持管理するための根幹的な理論と技術を身に付ける。
- (G) 課題探求過程を通じて、科学技術の論理的側面、方法論的側面、及び直感的側面を体験し、思考能力と知的行動様式を身に付ける。



ここに示すのは、デザイン演習の狙いについて説明する田茂の資料のトップページである。ここで、デザイン教育が多面的な唯一の解が存在しない問題を対象にしていることを述べる。

成績評価方法についても説明する。以下に示すのはこの説明資料である。成果評価については、機会に応じて学生に評価シートを配布し、この説明に沿った評価を行っている。

岐阜大学 **成績評価の基準及び方法**

演習の取り組み状況と姿勢 (配点:30点)	
グループ評価	演習の進め方
個人評価	リーダーシップ、チームワーク、課題探求力、実務能力、達成能力 ※学生同士による相互評価も実施
成果発表会 (配点:40点)	
グループ評価	デザイン(計画・設計)案の論理性・適合性・正確性・熟考度、発表資料のわかり易さ、発表のわかり易さ、時間配分、質疑応答の的確さ ※学生同士による相互評価も実施
個人評価	質問の的確さ
最終レポート (配点:30点)	
グループ評価	デザイン(計画・設計)案の論理性・適合性・正確性・熟考度、図表のわかり易さ、文章のわかり易さ
個人評価	考察

岐阜大学 **演習の取り組み状況と姿勢に対する学生同士の個人評価方法**

評価項目	評価内容
リーダーシップ	意欲度と力量の観点から評価する。意欲度はリーダーになろうとしている積極性で判定し、力量は発揮されているリーダー才能を判定する。
課題探求力	発想能力であり、課題の分析力と問題点の発見力から評価する。分析力は的確に理解した課題内容を論理的に解析できる能力で判定し、発見力は課題に隠れている問題点を見える回数で判定する。
チームワーク	責任感と使命感の欠如した不真面目な学生に反省を促すための評価項目である。チームワークが低下したときに厳しく判定する。
実務能力	忍耐力と実行力で評価する。なすべきことを忍耐強く実行すること。リーダーシップは取れないが、隊の下の力持ちのような存在には、高く判定する。
達成能力	提案したアイデアの回数・独創力・実現力で判定する。独創力は新しい概念を含んでいる程度で判定し、実現力はアイデアがどの程度実現されたかで判定する。

(2) 上下流関係を考慮した堤防整備計画

課題の概要

堤防は、河川に沿って設置される線上の構造物であり、最弱部分で破堤する。しかしそこには、洪水の生起、堤防の抵抗力などに関する多くの不確実性があり、洪水時に実際に生起する現象を予測することを困難にしている。さらに、どこかで破堤が起こった場合、その下流では洪水流量が低減し、破堤しにくくなるという、上下流の相互作用も存在する。

この課題は、ある仮想的な河川と、その上下流に存在する複数の氾濫原を想定し、それぞれの氾濫原の洪水発生時の被害額、堤防の強度などを勘案して、全体的な堤防の整備計画を立案するものである。このとき、被害額を低減できる可能性の高い箇所から着手する必要がある、この優先順位を決定することが課題である。

この課題では、いろいろな解析の道具を利用して、最終的に堤防整備の優先順位の決定を行う。

講義・演習・宿題スケジュール

回	講義・演習内容	宿題
1	課題提示とグループ分け	
2	課題の詳細説明。班分け。破堤と氾濫原ブロックへの浸水シナリオの作成。演習問題による全体像の理解	演習問題のイベント図の完成
3	堤防の浸透破壊の計算方法の理解(浸透解析・円弧滑り法プログラム GUSLOPE)。整備の代替案(堤防の嵩上げ、ドレーンの設置の効果の評価)	課題について、GUSLOPEによる浸透・破壊解析
4	統計解析用言語 R の説明。応答曲面法とモンテカルトシミュレーション(MCS)による堤防は確率の算定	課題について、応答曲面を求め、破壊確率を計算する。
5	洪水流量観測データからの、予測洪水量の推定。河道と氾濫原の情報を整理する。河道形状と水位と流量算定(マニング式) 氾濫流量と、ハイドログラフの変化	R 言語による、洪水流解析。水位の計算
6	各氾濫原の被害額の算定シナリオに基づく各事象の生起確率の評価と、期待被害額の算定。整備の優先順位の選択 優先順位選択の方法の提案	各班の課題についての解答準備。
7	まとめ、プレゼンの予行。	発表会プレゼン準備
8	成果発表会	

(3) 長大水路の液状化防止対策の立案

課題の概要

既設の長大水路の STA80 から STA120 の 4km の区間を取り上げ、この区間の液状化危険度解析と、その結果に基づく対策工の立案を、その目的とする。その手順は、次の通りである。

- ボーリング調査のある地点における、液状化指数 PL の評価
- ボーリング調査のある地点における、地震動の評価
- PL の不確実性評価
- PL の水路に沿っての内挿(統計的推定誤差を含む)
- モンテカルロシミュレーションによる液状化危険度評価
- 対策工、その費用と被害額の算定
- 対策計画の作成

講義・演習・宿題スケジュール

回	講義内容	宿題
1	課題提示とグループ	

	分け.	
2	課題の詳細な説明. 道路橋示方書における液状化の判定の方法. (各班異なる地盤調査数を与える)	幾つかの地点における液状化危険度の評価
3	入力地震動とSHAKEの説明	幾つかの地点における地震動伝播を考慮した液状化危険度の解析
4	R言語による統計解析. 液状化判定の不確実性解析. 液状化危険度のMCSによる評価.	全区間の液状化危険度の内挿と不確実性予測.
5	液状化危険度の内挿方法(Kriging). 被害額, 液状化対策工と費用	被害額と対策費用を考慮した, 対策計画の立案.
6	最適化手法の検討. 全体を通しての質問, レポート作成とプレゼンについての注意事項復習.	全体の取りまとめと, プレゼンテーション準備.
7	各班による予行プレゼンテーション. 相互の評価と意見交換. アドバイス.	プレゼンテーションの改善とレポートの作成.
8	発表会と相互評価. レポート提出.	

(4) 成果と問題点

2つの地盤工学デザイン科目を開発し、実際に実施した成果と反省点は以下の通りである。

成果

- 適度に複雑で工学におけるデザインの最初の経験ができる, 2つの科目のコンテンツを作成できた.
- 個人的なバラツキはあるが, 学生の反応も好ましいものが多かった. この延長線上で, 卒業研究・修士論文研究に入った学生もいる.
- デザイン科目の一つの成績評価方法を提案できた. 学生間の相互評価についても, 特に大きな問題はなかった. 学生はかなりしっかりと適切な判断をするという印象である.

問題点

- 今日の設計に専用のソフトは欠かせない. R言語はオープンソースなので問題ないが, その他の地盤楕物の設計ソフトはライセンスで保護され, 学生に自由に使用させるのに苦労する.

- 学生の裁量の範囲をどのように設定するかが, この種の科目では極めて難しい. 多くの知識も教えなければならず, 決められたこと(例えば設計法)と自由な創意工夫をどのように混合するかも依然迷いがある. この点で, 堤防の課題が, 液状化対策の課題よりも意思決定が複雑で, 良い問題だと感じた.
- 諸外国では, 設計を概念に留める, 入札から受注, 納品という社会の一連のプロセスを模擬し, これを体験させるような工夫も見られ参考にしたい.

(5) 諸外国大学のデザイン教育調査

アメリカ合衆国とシンガポールで, デザイン教育について調査する機会があったので, その結果を簡単に述べる.

アメリカ合衆国

マサチューセッツ州立大学ローウェル分校土木工学科で調査した. この大学は標準的な州立大学であり, MITのような研究に特化した大学院大学ではない等の理由で調査対象とした.

アメリカの他の多くの大学と同様, 大学学部教育の最後を締めくくる科目として, デザイン科目がある. 多くの場合実務者を講師に招き, 実際の構造物に近い構造物のトータルな設計を行う. 非常にプラクティカルな科目である. 講師達も, リクルート活動の一面として講義を行っている傾向もある.

卒業研究中心の日本の大学教育とはかなり異なる.

シンガポール

シンガポール国立大学(NUS)の調査例である. 当該学科の各科目でも, 理論や実験の意味が, 実務の流れを説明する中で, しっかりと位置付けられていることを感じた.

特に土木工学科の中では, 3つのデザイン関連科目が用意され, 設計を意識した教育が成されていた.

CE3101 総合社会基盤デザイン(Integrated Infrastructure Design)

3年の前期と後期に開講され, 学生はどちらかの学期に専門選択科目の枠で履修する. プロジェクト(たとえば, 新しくシンガポールで造成された地域の交通システムの提案)を与え, まず交通システムとして, どのようなものが世界で開発されているかを調べさせる. 学生は5名程度のチームとなり, 最初の段階ではそれぞれのチームが, 一つの交通手段について調べ, これを発表する. 次に教員

が、このプロジェクト提案の入札のオファーを出す。それぞれのチームは架空のコンサルタント会社であると想定され、これを受けて入札の提案書を作り、発注者である教員の前でプレゼンテーションをする。

講義の後半は提案に基づき、それぞれのチームが最終の成果物を作成し、全体で発表会を行い、順位を決めたいりする。

感心したのは、このような学習を通じて、自分達のキャリアパスや、技術者資格、学歴の大切さに付いて自覚させたり、自分達でいろいろなことについて調べさせることである。この科目では、設計は概念設計に留まっており、詳細な計算をしたりすることは求めない。

CE4103 設計プロジェクト (Design Project)

これは4年生の前期に行われる設計の科目である。この科目は、学期が始まる前の4週間に、集中的に開講される。一つの施設の完全な設計をチームで行う科目で、4週間の間、学生達はほとんど全時間、この科目に取り組む。成果物を見たが、立派な設計図書と言ってよいものも多くあった。

CE4104 卒業研究 (B. Eng. Dissertation)

日本の卒業研究のやり方とあまり変わらない。しかし、日本ほどこれに重要度を置いているとは思えなかった。実務的な設計の問題を与えている教員も多い。

この他当大学では、デザイン教育に関して多くの試みがなされており、日本の大学より先進的であると感じた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- (1) 大竹雄・本城勇介(2012)：応答曲面を用いた実用的な地盤構造物の信頼性設計法-液状化地盤上水路の耐震設計への適用-, 土木学会論文集C, Vol. 68, NO. 1, pp. 68-83(査読あり)。
- (2) 大竹雄, 本城勇介, 小池健介(2012)：調査地点を考慮した線状地盤構造物の液状化危険度解析, 地盤工学ジャーナル, Vol. 7, No. 1, pp. 283-293. (平成24年度 地盤工学会 論文賞) (査読あり)
- (3) 高木朗義・本城勇介・倉内文孝・浅野憲雄・原隆史・沢田和秀・森口周二・北浦康嗣・八嶋厚 (2012)：岐阜県飛騨圏域

を対象とした道路斜面のリスクマネジメント, 土木学会論文報告集(F), Vol. 68, No. 2, 109-122, (査読あり)。

[学会発表] (計2件)

- (1) 2013年5月12日(土木学会講堂) 本城勇介, 土木学会技術者教育プログラム認定審査講習会: JABEE に関わる国際動向(特にデザイン教育について)。
- (2) 2013年1月18日(芝浦工業大学・豊洲キャンパス) 本城勇介, JABEE ワークショップ: シンガポール国立大学の認定審査とデザイン教育。

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

工学教育におけるデザイン教育について、次の機会に講演を行っている。

2013年3月14日(岐阜大学・工学部) 工学部第4回FD研修会: 本城勇介, 工学教育の質の保証: JABEE とデザイン教育。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

本城 勇介 (HONJO Yusuke)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号: 10251852

(2)研究分担者

高木 義朗 (TAKAGI Yoshiaki)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：30322134

倉内 文孝 (KURAUCHI Fumitaka)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：10263104

六郷 恵哲 (ROKUGO Keitetsu)

岐阜大学・工学部・教授, 工学部長

研究者番号：40127155