

平成 21 年 5 月 12 日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19860075
 研究課題名（和文） 実験と体感による防災リスクコミュニケーションの手法の開発
 研究課題名（英文） Risk Communication Method for Disaster Mitigation
 by Means of Physical Sensing.

研究代表者
 福本 早苗（FUKUMOTO SANAE）
 武庫川女子大学・生活環境学部・教授
 研究者番号：20434938

研究成果の概要：

建設業の将来を担い、且つ将来親として子供を教育する可能性がある女子学生をターゲットとして建築構造、耐震安全、地震防災に関わる国内外の教材群を収集、分析した上で、構造力学と分類される講義科目をできるだけ直感、実感、力感によって理解させるための半期学習プログラムを試作し、その支援ツールとして、一連のゴム模型シリーズを製作した。3年生の女子学生 42 名を対象とした半期授業を適用し、課題の理解度に教材模型による体感学習がどれだけ寄与したかを計った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,360,000	0	1,360,000
2008年度	1,350,000	405,000	1,755,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,710,000	405,000	3,115,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学 建築構造・材料

キーワード：地震防災 リスクコミュニケーション 体感教育 建築構造 構造模型 女子学生

1. 研究開始当初の背景

今世紀中盤までに東海、東南海、南海などの巨大地震がわが国を襲うことは必至とされ、加えて東京を始めとした主要都市における直下地震の可能性も指摘されるなど、21世紀においてもなお地震防災は、わが国の安寧と繁栄にかかわる国家的命題である。地震防災の現状を踏まえつつ、特に建物の安全に関わる向こう 20 年の取り組みを考えると、次の 3 点の問題が顕在化してきた。

- (1) 建物の発注者と供給者との間に本来あるべき耐震・安全・地震防災に関する共通言語が欠落している。
- (2) 少子化や団塊世代のリタイアによる労働人口の減少は建設業界にも及び、然るべき能力を有する若手技術者の確保と育成が困難になっている。
- (3) 近年、建設系学科への女性の進出は目覚しいものの、建築界の多様なフィールドやポジションにおいて、女性が男性と互角に活躍し

ているとはなお言い難い。

上記の問題の背景は下記のように要約できる。まず(1)については、建築分野においても、兵庫県南部地震後、耐震改修促進法の制定、改正、建築基準法の改正など、国土交通省による対応策が次々と講じられているが、兵庫県南部地震で甚大な被害を受け、地震の恐怖と地震防災の重要性を痛感したはずの京阪神地域においてすら、既存不適格住宅の耐震診断、改修は遅々として進んでいない。あくまでも「自助努力による地震防災」という前提が、耐震化への道を阻む最大の要因となっている。研究代表者は、建設会社の設計部門において30余年建築構造設計に従事してきたが、実際の建築の設計現場において、建物の耐震と安全に関する本質的な論議がクライアント（社会）との間でなされることが極めて少ない現実と、その元凶が、建物の供給者（技術者）とクライアント（社会）との間に横たわる、建物の耐震と安全に関する共通認識と共通言語の欠如であることを思い知った。設計者あるいは専門家は、わかりやすい言葉を用いた社会への情報開示と啓発を怠ったり、一方で、クライアント（社会）は、建物の耐震や安全にあまりにも無関心（安全はただでついてくると思っている）であり続けている状況では、「自助努力による地震防災」がいかに机上の空論であるかは論を待たない。

(2)については、建設業界においても、団塊世代の大量リタイア対策として定年退職者の再雇用、シニア活用制度などによって、技術者の確保と技術の伝承を図ろうとする動きが定着しつつあるが、いずれは若年層がシニアにとって変わらなければならない。ところが、最近の若い世代を見ると、幼少時からコンピューターソフトの普及とともに成長してきたこともあって、「現物」との付き合いが極めて希薄になっている。またバーチャルな世界にすっかり慣れ親しんでしまって、「ものづくり」の原点とも言える建設現場への興味は著しく薄い状況にも陥っている。その一方で、建築設計を見ると、そこではコンピュータープログラムによる構造計算が一般的となり、力の流れを考えずとも構造設計が可能となってしまった。必至である世代交代、引き継ぐべき若年層の資質、そして建築設計の現状を考えると、誰がどのようにして次世代の建築を担うべきか（担えるか）、建設業界は今岐路に立っている。

(3)については、建設業界においても、男女と言う性差によって活躍の場が限られることはなく、能力を発揮するためのチャンスが等しく提供される傾向は強まり、研究代表者がかつて所属した建設会社においても、女性技術者はその実績とプレゼンスを確かなものにしてきている。とは言え、女性は多くの場

合、意匠設計の道を選択することを望む傾向にあって、ものづくりの現場におけるプレゼンスはなお低い。また「デザイナー」といっても、建物の耐震技術に関する基本的な理解とセンスをもったうえで豊かで快適な空間の創出をめざさずして、安全と安心は確保されようもない。構造や生産や施工に関わる建築技術に対して女性がいつまでも疎遠である状況を打破しなければ、真の意味での男女平等は訪れない。

2. 研究の目的

上に示した3つの問題点を克服するために、本研究では下記に示す視点を考えてみた。

- ①国民自らが地震被害の怖さを把握することによってこそ「地震防災リスクコミュニケーション」が成就する。
- ②少子化が進行する21世紀のわが国において、建築に従事する人材を育成することは急務であるが、そのためにはバーチャルではなく実の材料や寸法や力感を理解しうる実感・体感教育が不可欠である。
- ③建築界における女性の社会進出を確かなものにするためには、女性に対しても②で示す教育を促進しなければならない。

「言うは易し行うは難し」の典型である①については、幼児期から始まる長く継続的な教育がこの難題を解決するための処方箋となる。そのためには子供にとっての最高の教育者である親（父親、母親）自らが、地震被害の怖さを理解しておくことが肝要である。②と③については、昨今の大学建築系学科の入学状況を考えれば、少子化が著しいわが国において、将来建設業を背負う主力の一翼を女性に委ねる以外に方策はない。一方で高校における数学、物理離れが加速する状況下において、建設系とりわけ女子大住居系の学生の建築構造への興味や理解度は著しく低い。ここにおいて、耐震、安全、防災等の技術に関わる問題を女子学生にどう学習させるか、さらにコンピュータやバーチャルに慣れ親しむ若年層、とりわけ従来男の職場とされてきた建設生産や施工からは縁遠い存在と見なされてきた女子学生に、「ものづくり」をどう実感させるかは、建設業の将来の成否を分かつことになる。これらの視点にのっとり、本研究では、建設業の将来を担うそして将来親として子供を教育する可能性がある女子学生をターゲットとして、下記を具体的な研究目的とする。

- (I)女子大生が理解できる構造・耐震・防災学習ツールを造る
- (II)女子学生が体感・実感できる学習方法を考案する

3. 研究の方法

本研究では、下記の3ステップからなる研究

を設定した。

(A)学習教材の試作

(B)体感・実感を促進する学習模型の試作

(C)学習効果の評価

(A)では、高校において数物系科目を多く履修したとは限らない女子学生に対して、構造物がかたち造られる様子、力のバランスと力が地面に伝わる仕組み、剛さと強さを確保するための材料と部材の種類、部材の接合方法等、建築構造、耐震安全、地震防災に関わる内容を学習させる教材を試作する。試作にあたっては、著名な建築構造研究者や構造設計者が初心者向けに著した内外の教材群を収集し、その構成、内容、記述方法を詳細に分析する。(B)は、(A)の一環と位置づくもので、特に女子学生が自ら手にとって、「強さ」、「かたさ」、「重さ」、「曲げ」、「ねじれ」等の本質を実感できる学習模型を試作する。(C)では、(A)の教材と(B)の模型を教育現場に持ち込んで、授業のなかで(A)と(B)がもつ効用を検証する。

4. 研究成果

研究の方法で示した(A)～(C)の3ステップのうち、2007年度は、(A)に取り組みつつ(B)に着手し、2008年度は、(B)を改良発展させるとともに(C)を実行した。(A)については、塑性力学の泰斗である英国人 Hyman が建物や橋がどう造られるかを平易に解説した古典的名著「The Science of Structural Engineering」を始めとする教科書を多数収集し、それぞれの章立てと力点を分析した。その結果、安定、重心、剛心を直感として認識することの必要性、構造物の最終形を静的に見せるだけではなく、それを構成する部材や部品に分解した姿とそれらを組み立てる過程を理解させる必要性、紙媒体の記述では二次元として表現されることが多い構造物が、実は三次元に拡がりをもっていることを意識させる必要性、等が浮かび上がった。これらの分析をもとに、従来構造力学と分類される講義科目を、できるだけ直感、実感、力感によって理解させるための半期学習プログラムを試作した。上記の試作に合わせて(B)では、女子学生が手にとれる、重量感と寸法感がそれなりに実感できる、力を加えることによって手応えがある模型の製作に取り組んだ。重量と寸法と手応えが、女子学生が許容できる程度に大きく、さらに部材や部品がたわむ姿を目の当たりにできる素材として、義歯等に用いるプラスチック系材料、発泡スチロール等をあつた結果、たわみが明確に可視化できるほどに柔らかくしかも復元性(力を除けば元の状態に戻る)が高いクロロプレン系ゴムを採用することとし、この材料の実効性を「大きさ」や「模型の造りやすさ」という観点から検討した。まず手始めに、構造や力学を最初に学ぶ学生にとって、

引張や圧縮に比べて理解しづらい「曲げ」を対象に、これを実感させるとともに平面保持の仮定や応力度分布状況が学習できる梁模型を、矩形断面、H形断面、円形断面、角形断面等に対して製作した。この過程で中実断面ではゴム材料とは言え相当重く、長さが1mを超す梁模型になると女子学生の手に残ること、薄い板から構成される中空断面やH形断面は、中実断面をもつゴム材を彫り込んだりくり抜いたりするよりは、板状のゴム要素を接着した方が製作上はるかに有利であること等が明らかになった。次に、建物に地震などの水平力が作用した場合の骨組の挙動を知るための骨組模型(階高4500mm、総高13500mm、スパン長さ5000mm)を製作した。製作にあたっては、それらを女子学生が組み立て解体できるように、柱と梁の接合部を工夫した他、壁を取り付けることによる建物の水平剛性の変化や剛心の移動を体感できるように、壁がいろいろな構面に自由に脱着できる取り付け方法を採用した。

上記の試行を経て、(A)で考案した半期学習プログラムの支援ツールとして、下記に示す一連のゴム模型シリーズを製作した。

(1)フックの法則を理解するための前提となる「応力度」と「ひずみ」の概念、および「ヤング係数」の意味を可視化し体感できる模型

(2)「部材断面の重心」の意味を実感できる模型

(3)「曲げモーメント」が作用した場合の平面保持の仮定を可視化できる模型

(4)断面2次モーメントが部材の曲げにくさ(曲げ剛性)にどうかかわるかを体感できる模型

(5)梁のたわみに関わる諸要因(スパン長さ、断面2次モーメント、荷重)の影響を体感できる模型

(6)鉄筋コンクリートの基本原理の理解を助ける模型(鉄筋の効用を体感できる模型)

(7)部材の断面形状、部材長さなどによってオイラー座屈荷重が変わることを体感できる模型

(8)H形鋼梁で見られる横座屈現象が生じる過程を自らの力で再現し、断面形状の違いによって横座屈の生じやすさを体感できる模型

(9)角型鋼管柱で見られる局部座屈現象が生じる過程を自らの力で再現し、断面形状の違いによって局部座屈の生じやすさを体感できる模型

(10)不安定構造から静定構造、さらに不静定構造へ移行する過程を、部材の追加、支持条件の変更、接合条件の変更等によって再現することにより、不静定の意味と不静定構造がもつ利点を理解することを助ける模型

(11)鉄骨部材が高力ボルトによってどのように接合されているかを体験できる模型

(A)と(B)の効力を計るために、3年生の女子学生43名を対象とした半期授業に(A)と(B)を適用した。この授業では、特に教材模型が実感や体感や力感や直感にどれだけ寄与したかを計るために、各週授業の最初の10分間で、つまりその週で学習する課題の詳細を説明する前に、関連する簡単な問題(Warm Up)を解かせ、当該課題に対する理解度(不理解度)の基準を確かめることにした。その後学習模型を用いて講義を進め、最後の10分間には再びWarm Upと同種の問題(Quiz)を解かせることによって、講義による理解の深まりをチェックするとともに、特に学習模型が果たした役割を自由記述させた。このような授業を毎週繰り返すことから、本研究で試作した学習プログラムとそれを支援する学習模型の効用の定量化に務めた。Warm Upとして出題した問題とQuizとして出題した問題の正答率の平均値を比較したところ、週によって学習内容が異なるためばらつきがあるものの、1.5倍以上になっていることが確認できた。学習模型の果たした役割に関する自由記述の主なものをあげる。

- (1)部材を引張ると伸びると同時に、断面が細くなることがわかった。
- (2)曲げを受ける部材の断面内には、引張応力度と圧縮応力度が生じていることがわかった。
- (3)断面形状によって、曲げやすさが変わることがよくわかった。
- (4)H形鋼が曲げに強いことを実感した。
- (5)板書、口頭説明だけではその現象を理解できなかった横座屈や局部座屈を自分で生じさせることによって、驚きとともに理解することができた。
- (6)鉄筋コンクリートにおける鉄筋の働きがよくわかった。
- (7)静定構造と不静定構造の違いが理解できた。

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 2件)

- 1.福本早苗, 長江拓也: 人力加力による体感型構造部材実験にむけて, 建築教育研究論文報告集, No.9, pp.25-30, 2009.1 査読有
- 2.福本早苗, 長江拓也: 体感型授業を目的とした人力加力による鉄筋コンクリート梁の複数同時実験, 日本建築学会技術報告集, 第30号, pp.585-590, 2009.6 査読有

[学会発表] (計 1件)

- 1.発表者: 福本早苗
発表標題: 人力加力による体感型構造部材実験に向けて

学会名: 日本建築学会

第9回建築教育シンポジウム

発表年月日: 2009年1月24日

発表場所: 日本建築学会

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福本 早苗 (FUKUMOTO SANAE)

武庫川女子大学・生活環境学部・教授

研究者番号: 20434938

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者