住居系短期大学を対象とした建築構造の教育方法に関する一提案

A Suggestion on Education Method of Buildings Structures in Department of Dwelling System of Junior Colleges

服部　宏己
Hiroki　HATTORI

Abstract

Recently, the ideal way of an architectural and structural education poses a problem. The field of the theory of structures is making the basis of structural education. On the other side there are many students with consciousness weak. Up to now, many discussions have been performed.

This research aims to propose the education method to improve basic knowledge concerning structural design intended for the student at a dwelling system junior college. This paper proposes the new education method of building structures and shows the effectivity.

Keywords：　建築構造、教育、住居系短期大学、構造設計

１．　はじめに

近年、大学全入時代を前に学生の質的低下の懸念や建築士法の改正による受験資格の見直しなど、建築環境が大きく変わりつつある中で、今後の建築教育のあり方が問われている。

建築士法の改正に伴い、一級建築士の受験資格がいくつかの短期大学においても取得可能となった。建築士の資質・能力の向上を図るためには、短期間に効率よく専門性の高い知識を修得できる学習法が求められる。

建築構造教育の改善については、これまで多くの議論がなされてきた。その背景として、これまでの調査研究からも明らかなように、建築構造に関する教育は、工学・理工学系の学生にとっても困難であることが挙げられ、住居系の学生にとっては、更に困難さが増すものと思われる。

本研究は、住居系短期大学（就学期間：2 年間）の学生を対象として、既に構造力学を修得した学生に対し、建築構造に関する専門性の高い効果的な教育方法を提示することを目的としている。

前報 [1)]では、建築構造に関するこれまでの研究を概括するとともに本学の学生を対象としてアンケート調査を実施した。その結果から、住居系短期大学の学生を対象として、専門性の高い知識を効率よく修得するために重要と思われる要点を以下に列挙する。

1) 構造設計（特に断面算定）をキーワードとした講義を設定する。
2) 視覚的に理解し易いツールを利用する。
3) 構造設計の理論的な知識の修得を目的としたソフトウェアを利用する。
4) 理論的な知識の検証およびさらに理解を深めるための模擬実験ツールを利用する。

本報では、これらのことを踏まえた建築構造の新たな教育方法を提案し、その有効性を示す。

２．　建築構造教育の提案

本研究で提案する教育支援ツールは、視覚的・理論的な理解を目的とした CAI システムと体感的な理解および知識の検証を目的とした模擬実験ツールに分け、その概念図を**図１**に

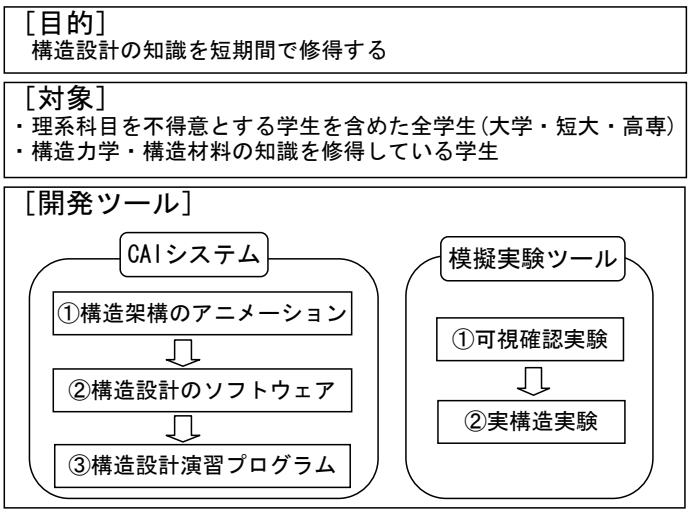


図１　教育支援ツールの概念図

示す。

2.1 CAI システムの開発

開発するCAIシステムの概要を以下に記述する。

(1) 構造架構のアニメーション

単純梁・ラーメン架構などの基本的な構造架構に対して、各種の外力によって生じる変形をアニメーションで表し、構造架構の挙動を感覚的に理解できるツールとする。

(2) 構造設計のソフトウェア

感覚的に得た架構の挙動を理論的な理解にまで高めるためのソフトウェアを開発する。例えば、RC 梁の荷重－変形関係は**図２**のように表され[2)]、このときの梁断面に生じるひずみ分布および応力分布は**図３**のように表わされる[2)]。このような複雑な状態を理解することは、板書等の授業では困難であるが、画像で視覚的に理解することは比較的容易である。本プログラムは、理系科目が不得意な学生においても理解し易いように、各々の応力状態の変化を視覚的に認識できるものとする。

(3) 構造設計演習プログラム

上記(1)および(2)で得た感覚的･理論的知識を基本として、学生が自ら構造設計ができる力を養うために演習プログラムを作成する。効率よく繰り返し演習問題を解くことにより、構造設計に対する能力を高めることができる。

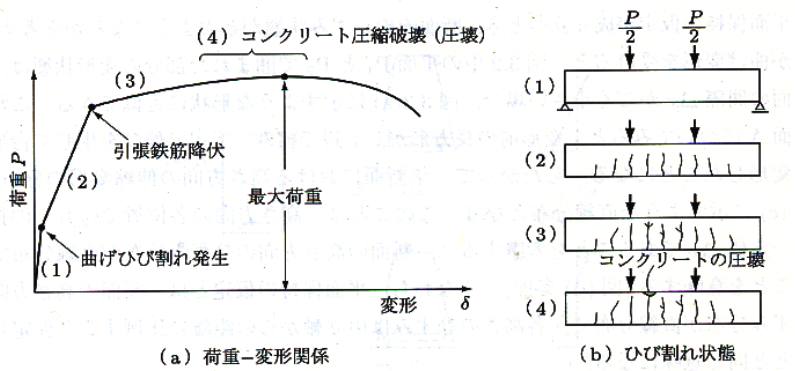


図２　RC 梁の荷重－変形関係[2)]

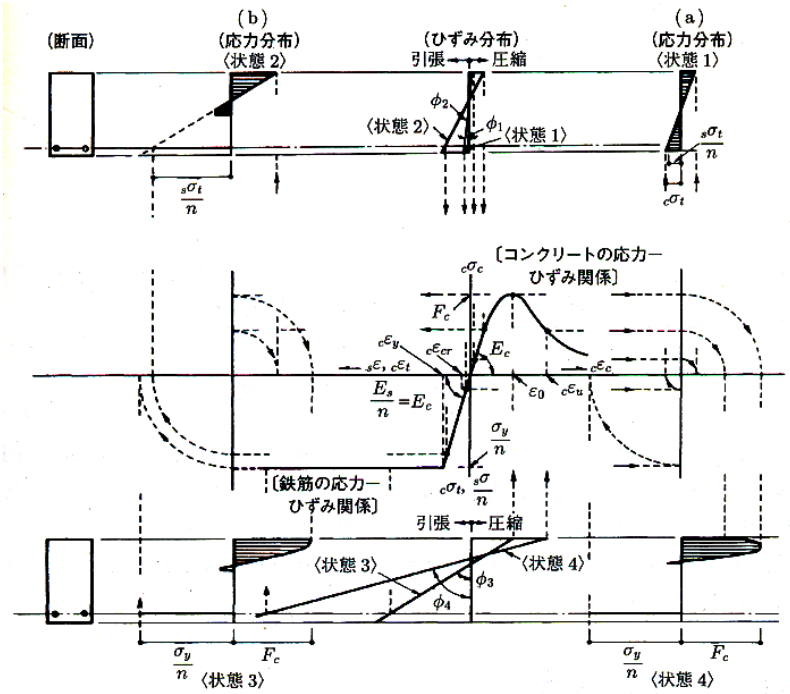


図３　梁断面のひずみ分布と応力分布[2)]

2.2 模擬実験ツールの開発

製作する模擬実験ツールは、**図１**に示すように、可視確認実験と実構造実験の２種類に分け、その詳細を以下に示す。なお、本実験ツールは、実験施設が整っていない教育機関にも対応できることを考慮している。

(1) 可視確認実験

架構の曲げおよびせん断による変形・応力状態を体感的・視覚的に理解することを目的とした実験ツールを開発する。単純梁の曲げ実験およびせん断実験の概要をそれぞれ**図４**(a)および(b)に示す。

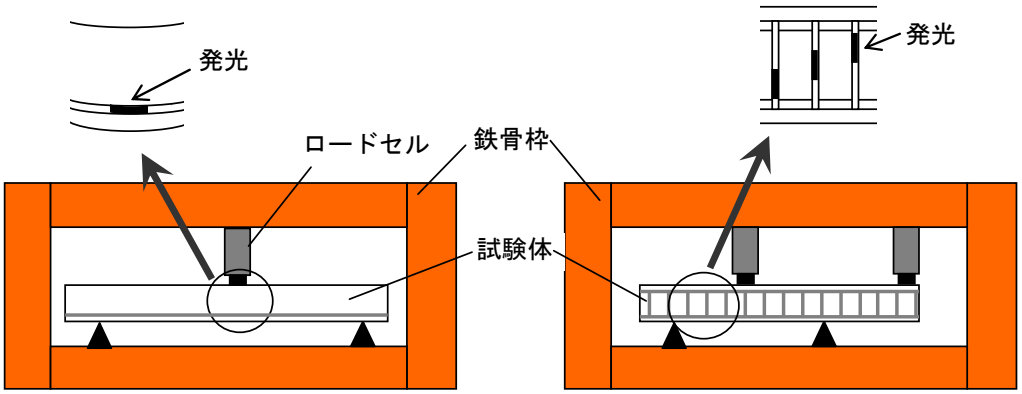
実験は講義室で可能な比較的小規模なものとし、試験体製作および実験は学生自らが行い感得することにより理解を深める。試験体形状は簡易な形状として単純梁とし、構造形式はRC 造およびS 造を模擬したものとする。

RC 造を模擬した試験体は、曲げによって生じる主筋の応力分布状況やせん断によって生じるせん断補強筋およびコンクリートの応力分布状況が視覚化できるものとする。このため、試験体の製作は、コンクリートに対応する材料として透明なアクリル板を使用する。また、鉄筋に対応するものは、延性材料としてポリエチレン等を使用する。特筆すべきこととして、各種の応力の可視化は、応力が生じる箇所が発光する材料（応力発光材料[3)]：大光炉材（株））を塗布することによって可能となる（**図４**中の拡大図参照）。

S 造を模擬した試験体は、断面形状の種類をH 型、ロ型、C 型などとし、圧縮・引張・せん断のそれぞれの応力を視覚化できるものとする。このため、試験体の製作は、鉄骨に対応する材料としてアクリル板を使用し、RC 造と同様に、応力が発生する箇所に応力発光材料を塗布することによって視覚化が可能となる。

(2) 実構造実験

従来の単純梁の構造実験であり、実際の構造材料を用いた



(a) 曲げ実験　　(b) せん断実験

図４　可視確認実験の例

RC 造および S 造の試験体によって、曲げおよびせん断によるコンクリート・鉄筋・鉄骨の変形や破壊状況を検証することを目的とした実験ツールを開発する。

実験室で行う比較的大掛かりな実験とし、実験状況をビデオで撮影し、動画での説明により理解を深める。

３．　応力発光材料の適用性

応力発光材料は、独立行政法人産業技術総合研究所により開発され、現在実用化に向けた研究が進められている。粉末および焼結体のものがあり、樹脂およびゴムとの混合や金属および紙への塗布など様々な形態が考えられつつある[3]。

ここでは、２章で提案した構造模型に応力発光材料が適用できるかを確認するため、応力発生時の発光する状況を把握するための検証実験を試みた。

3.1　実験概要

(1) 実験要因

表１に使用材料を示し、**表２**に実験要因を示す。

試験体は、厚さ 2㎜ のアクリル板の表面（片面）に応力発光材料の粉末を一様に撒いた後、アクリル板専用の接着剤を塗布し固着して作成した。

実験要因は、試験体サイズ、アクリル板の表面処理および応力状態としている。試験体サイズは、1㎝×5㎝ および 1㎝×10㎝ の２水準としている。アクリル板の表面の処理は、無処理および溝入りの２種類とし、溝（間隔 2.5㎜）は、応力発光材料の粉末を溝の中に詰めることにより局部的な応力が発生することを考慮し、カッターで切り欠いて処理している。応力状態は、圧縮および引張の２種類とし、応力発光材料を固着した面を上側および下側として荷重を掛けることにより応力状態を変化させている。なお、応力発光材料の使用量は、どの試験体も 0.0167g/cm^2 とした。

表１　使用材料

アクリル板	厚さ：2㎜
応力発光材料（粉体）	使用量：0.0167g/cm^2 中心粒系：5～10μm 応力発光スペクトル：520nm付近 発光色：緑色 最大輝度：約10cd/m^2 （樹脂混合ペレット使用、圧縮荷重1kN時）
接着剤	品名：溶剤型合成樹脂用接着材 成分：二硫化メチレン

表２　実験要因

試験体No.	試験体サイズ	表面処理	応力状態
5-N-C	1cm×5cm	無処理	圧縮
5-N-T			引張
5-G-C		溝入り	圧縮
5-G-T			引張
10-N-C	1cm×10cm	無処理	圧縮
10-N-T			引張
10-G-C		溝入り	圧縮
10-G-T			引張

(2) 実験方法

図５に実験方法の概要を示し、**図６**に試験体例を示す。支点の間隔を5㎝および10㎝とした単純梁形式の架構の中央に 200g の重りを長さ 20㎝ のテグスに結び、高さ 10㎝ の位置から落下させ、発光の状況を試験体の上側からビデオで撮影し確認した。

3.2　実験結果と考察

図７に発光状況の画像を示す。各種要因による発光状況は、

ビデオで撮影された中で最も発光している画像を目視により抽出した。

(1) スパンの影響

10cm 試験体（試験体 No. の左側：10）は、どの試験体も 5cm 試験体（試験体 No. の左側：5）と比較し明るく発光する傾向が見られる。これは、10cm 試験体の方が変形量が大きいことが影響しているものと思われる。したがって、ある程度の変形が可能な断面およびスパンの寸法とすることにより、応力発光材料を使用した可視確認実験が可能であると考えられる。

(2) 表面処理の影響

表面に溝を入れた試験体（試験体 No. の中央：G）と無処理の試験体（試験体 No. の中央：N）を比較した場合、両者には大きな差が見られない。この原因として、応力発光材料の粒子の大きさと溝の幅に影響するものと思われるが、本実験では溝の幅が大きくその影響が顕著に現れなかったことが考えられる。また、無処理の試験体においても応力が発生する位置を視覚的に確認することができたことより、試験体には溝を設ける必要がないものと思われる。

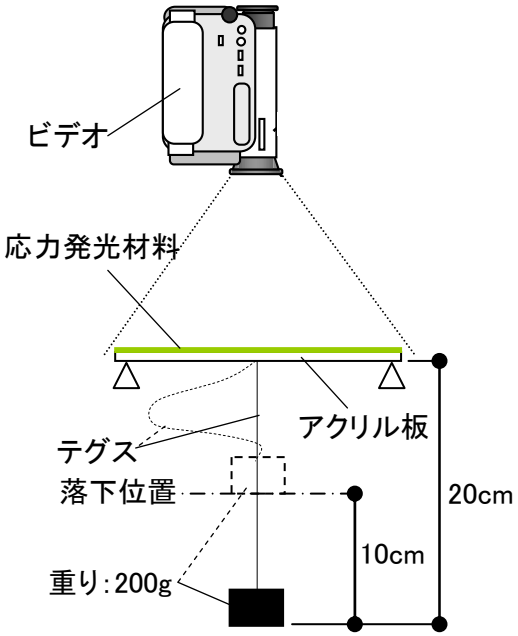


図５　実験方法

(a)　5cm 試験体

(b)　10cm 試験体

図６　試験体例

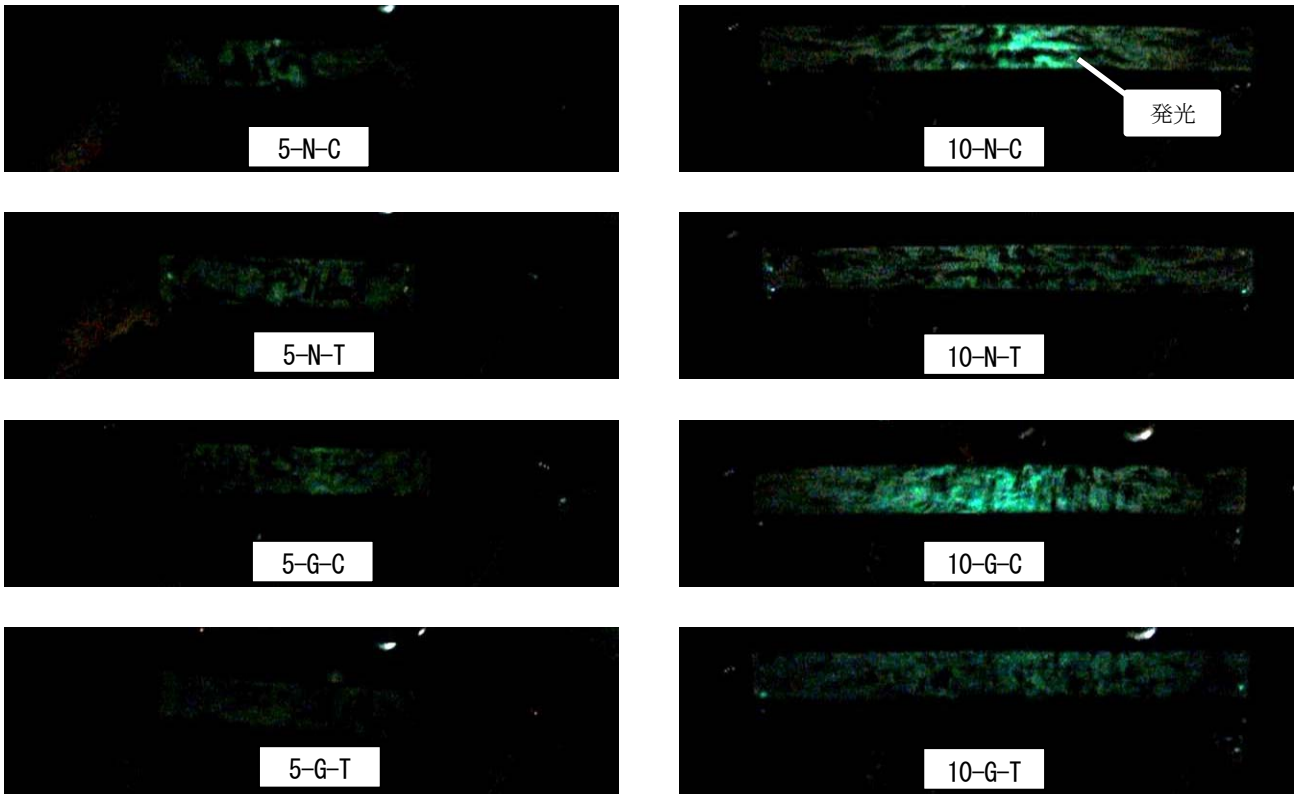


図７　発光状況の画像

(3) 応力状態の影響

圧縮側試験体（試験体No.の右側:C）は、引張側試験体（試験体No.の右側:T）と比較し明るく発光する傾向が見られる。これは、応力発光材料の性質によるものと考えられる。ただし、同じ試験体において応力を繰り返し発生させることにより、発光量が減少する傾向が見られ、全ての試験体において圧縮側の実験を行った後に上下を反転させて引張側の実験を行ったことから､繰り返しによる発光量の減少も考えられる。また、10cm試験体は5cm試験体に比べ、圧縮側と引張側の明るさの差が大きいが、色の違いは見られない。可視確認実験では、圧縮側と引張側の応力の違いを視覚的に理解する必要があり、着色して色を変えるなどの工夫が必要であるものと思われる。

4. まとめ

本報によって得られた知見を以下にまとめる。

1)住居系短期大学の学生を対象とした構造設計の教育方法として、CAI システムおよび模擬実験ツールを活用した効果的な方法を提案した。

2)応力発光材料の適用性について検証実験を行い、応力発光材料を使用することにより可視確認実験が可能であることを示した。

今後は、応力発光材料の性質をより詳細に調べることにより、効果的な模擬実験ツールを作成する予定である。

［謝辞］

本実験に際し、野田隆弘教授（岐阜市立女子短期大学）のご助力を得た。付記して、謝意を表する。

［参考文献］

1) 服部宏己:住居系短期大学を対象とした建築構造教育に関する一考察、岐阜市立女子短期大学紀要、第 58 輯、pp.129-134、2009.3

2) 谷川恭雄ら：鉄筋コンクリート構造－理論と設計－第 3 版、森北出版株式会社、2009 年

3) http://www.taiko-ref.com/ouryoku2.htm

（提出期日　平成 21 年 11 月 30 日）