

実践的教育方法『教育 3 点セット』：続報 －教育 TOOL/専用 WEB/教科書－

工学部都市工学科 吉川 弘道、栗原 哲彦

1. まえがき：教育用小道具の効用

著者 2 名は、都市工学科にてコンクリート工学系科目（コンクリート工学、鉄筋コンクリート構造）、実験/演習科目（都市工学実験演習、設計製図）を担当し、表題の教育 3 点セットの開発/試行/改善に努め、既に 12 年程度経過した[2],[5]。参考文献にて示したとおり、学内外に報告しており、多くの問い合わせがあり、本文にて‘その後の続報’を報告します。

授業現場では、小道具/飛び道具＋W E bを使って、学生にサービスする時代である。最近では、‘熱血教室’が話題となっているが、そのテレビ放映をよく見ると、教授お手製の教育ツール（小道具のようなもの）が登場している。かなり以前の話だが、米国のあるノーベル賞受賞学者が、彼の授業では、手作りの小道具（教育教材）を持ち込み、嬉々として学生に見せるということを知ったことがある。著者らも、（ノーベル学者に及ばないものの）、教室にて各種の小道具を持ち込み活用しているが、‘一番楽しいのは先生でしょ！’の揶揄も‘わが意を得たり’の心境である。加えて、インターネット全盛時代にて、膨大な情報が WEB を介して発信され、メールによる双方向性も重要な機能である。大容量、即時性、文字情報/動画静止画情報などの多様性が特筆され、これを授業に使わない手はない。

2. 『教育 3 点セット』とは..

それでは、著者らの開発/試行する『教育 3 点セット』とは、再記すると以下のとおり。

1：教室で使える教育ツール/教育教材

2：授業用専用ホームページ

3：わかりやすい教科書と演習書（シラバス連動型）

開発当初（1995 年頃）は、個々に試行し、後に『教育 3 点セット』と呼ぶようになったことを付記する。このうち、特に、# 1：教育ツール/教育教材、# 2：授業用専用 Web について、事例を交えて報告する。

3. 教育 3 点セット # 1：教室で使える教育ツール/教育教材

我々の日常の授業では、黒板、紙媒体資料、ppt、Word（OHP はもはや無用の長物か？）が中心となるが、工学教育の場合、これだけでは自ずと限界がある。手に触れ、目で見える教育ツール（教育教材）の活用が必須である。まさしく、‘見て’、‘触れて’、時に‘叩き’、‘壊す’ことから覚えるのである。再度繰り返しになるが、普段使う、黒板/配布資料/O H P / p p t は、2 次元（平面）であり、講義で扱うモノは、ほとんどが 3 次元（立体）であることを、ゆめゆめ忘れてはならない。

それでは、どのようなものをどうやって作るか？これには、著者の経験から言うと、教員の工夫・熱意・こだわり・資金が、重要な要素である。これまでいろいろな教材を試作し、失敗作・

不興作も多いが、ここでは、披露に耐えるものを3点紹介したい。

まずは、コンクリートがどのような組成であるか。これは、写真1のようなコンクリートの断面を作成している。コンクリートとはペースト結合材（セメント+水+混和材+砂）によって粗骨材（砂利）を固化したものであるが、これが一目瞭然に分かる。さらに、(a)普通骨材（川砂利）と (b)膨張性頁岩（かなり特殊）、との比較から、コンクリートの分類を学習できる。



(a) 普通コンクリート



(b) 膨張性頁岩コンクリート

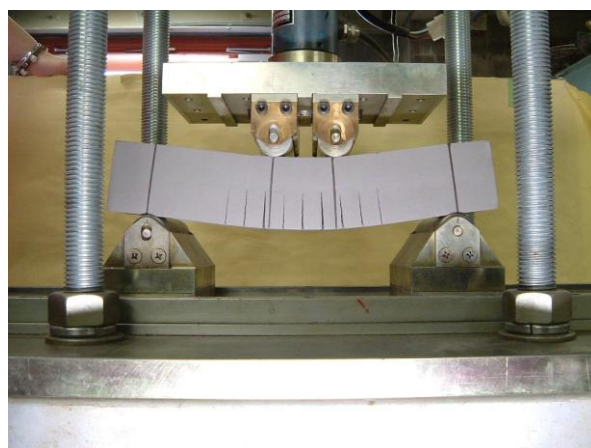
写真1 コンクリートの断面

次に、鉄筋コンクリート製の梁部材（RC 梁と呼ぶ）による力学挙動の理解（どのように荷重を支え、どのように壊れるか）が重要であり、このための教育ツールをお見せしたい。

写真2は、軟質ゴム製の梁部材で、(a) 載荷前（無荷重状態）、(b) 載荷中/曲げひび割れ発生、のように2段階にて見せるところがミソである。このゴム製梁部材は、予めひび割れ（曲げひび割れ）を想定して、カッターナイフにて切り込みを入れてある。(a) 載荷前では、ほとんど目視できないが、荷重の増大に従ってひび割れが顕在化（開口）する。この場合、プラスの曲げモーメントであるので、梁部材の下縁からひび割れが発生し、軟質ゴム製による模型部材ではあるが、実際の RC 梁と同様のメカニズムを再現している。



(a) 載荷前（無荷重状態）



(b) 載荷中/曲げひび割れ

写真2 硬質ゴム製の梁模型部材

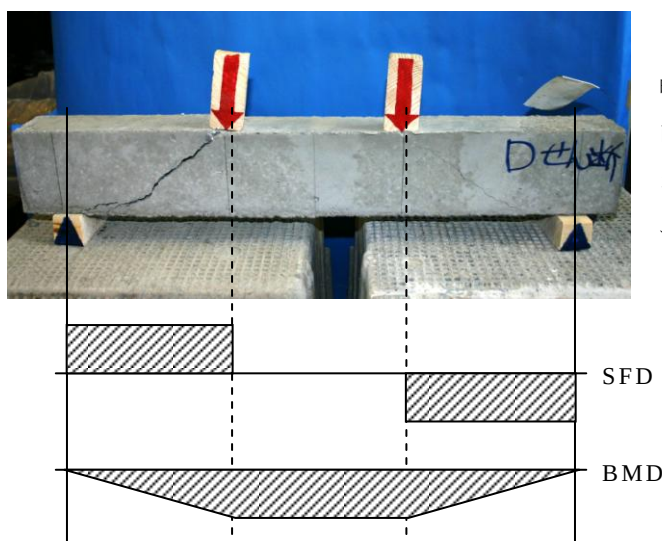
次の写真3は同じく梁部材であるが、小型ながら本物の鉄筋コンクリート製であり、実際に載荷試験にて破壊させている。これは、鉄筋コンクリート製の梁部材の縮尺小型模型（幅7cm、高さ10cm、長さ70cm）で、都市工学実験演習にて、学生が実際に作成/破壊させた供試体である。前年度にて‘上手に破壊させた供試体’を、教室に持ち込んで、実際のひび割れの進展、コンクリートの破壊/剥離を観察することができる。

ここでは、(a)曲げ破壊、(b)せん断破壊、のように特徴的な2つの破壊形式を理解することが重要で、ひび割れを含む破壊状況をスケッチの課題を課している。なお、図中下方にあるのは、断面力図（SFDとBMD）を併記したもので、これは別途Webにて公開し、これにより、他の工学基礎科目である構造力学と連携することを意図している。



(a) 曲げ破壊：

中央支間にて、曲げひび割れが発生し、中立軸にまで及んでいる。やがて、引張鉄筋が降伏し、その後圧縮側のコンクリートが圧縮破壊し、終局に至った。



(b) せん断破壊：

曲げひび割れが発生するが、同時に、両側のせん断スパン腹部にて、微細な斜めひび割れが認められた。左側せん断スパンにて急激に斜め割れが発達し、終局となった。

写真3 RC梁部材の縮尺模型：対称2点載荷

ただし、当然の事ながら、実供試体では中に埋設してある鉄筋の様子は見ることはできず、次の写真4のスケルトン模型が役に立つ。

写真4は、鉄筋コンクリート梁のスケルトン模型で既に先回にも報告した（著者の一番の自慢作にて、再度披露させていただいた）。これは、ステンレスにて組み上げた鉄筋網をアクリル樹脂によって固めたものである（樹脂硬化時に負圧により脱泡して、内部には気泡が残存ないように工夫している）。ここでは、特に、軸方向筋（圧縮、引張）と腹鉄筋（スターラップ、折曲げ鉄筋）の3次元的配筋（ある種芸術的でさえある）が、手に取るように分かる。

さらに、切り欠きを入れ、載荷することによりひび割れを生じさせたが、何とひび割れ交差点のステンレス鉄筋廻りにささくれ立った付着破壊の跡がくっきりと視覚できた（写真4右側写真）。これは、鉄筋に沿った付着すべりを可視化したもので、学術的にも意義が深い。

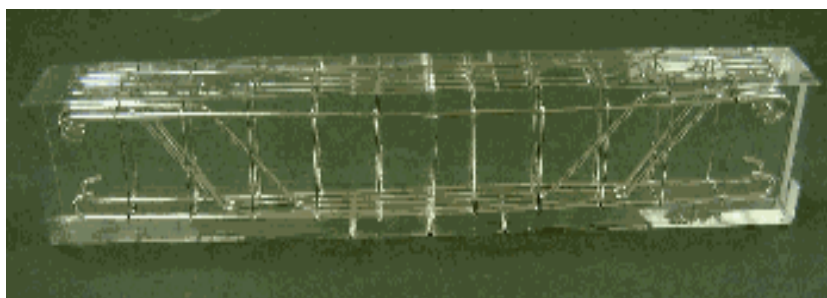


写真4 鉄筋コンクリート梁のスケルトン模型
(左/全体写真、右/ひび割れ面のクローズアップ)

4. 教育セット#2：専用WEBの運用

HP（ホームページ）の普及は止まることを知らない。授業用 Web は、その利便性、開示性、大容量高速処理という点において、極めてすぐれた授業用小道具である。

まず、1999 年に『もっと知りたいコンクリート講座』を開設し、これが授業用の主力 Web として機能している。その後、学内 WEB、企業内 WEB（依頼講座のようなもの）、レンタルサーバー上の Web など、多くのホームページを立上げた（作り過ぎてしまった感もあるが）。主要なものを整理し、タイトル、URL、概要の順に紹介する。

#1: 『地震に負けないエンジニアリング講座：耐震設計と地震リスク』: <http://www.srm-bcp.com/>

耐震設計と地震リスクの2領域に特化したもので、前者の耐震設計は、教育（授業）、後者は研究用と位置付け、一部は外部委員会（土木学会、日本地震工学会）の委員会用にも提供している。このホームページはまた、外部への情報発信としても有用なコンテンツ（技術資料、主要論文）の提供にも努めている。

#2: 『もっと知りたいコンクリート講座』: <http://c-pc8.civil.musashi-tech.ac.jp/RC/>

コンクリート工学、鉄筋コンクリート工学に関するホームページ（通称、‘知りコン’）。電子サイバー講座、授業のページ、教育教材のページ、リンク集から構成されている。当然のことながら、授業用資料はいつでも何処でも閲覧/出力が可能であり、学生は、情報処理センター、自宅、旅先など、どこでも、予習/宿題ができる（コピー配布等の教員の手間も省ける）。また、過去の試験問題（解答付き）を公開しており、試験時にて持込みを許可している。

#3: 『鉄筋コンクリート構造物の耐震設計講座』:

http://www.engineering-eye.com/rpt/w012_yoshikawa/index.html

鉄筋コンクリートの基本特性、非線形挙動から、耐震設計の基本事項と地震リスク解析を分かりやすく解説している（伊藤忠テクノソリューションズ/engineering-eyeにて掲載）。他大学も含め多くの大学生/院生が閲覧し、企業の若手エンジニアにも好評を博しており、広い意味のエンジニアリング教育と考えている。

#4: Digital Archives of Concrete Structures: http://c-pc8.civil.musashi-tech.ac.jp/RC/digital/html/_frame.htm

Archives of Concrete Structures: http://c-pc8.civil.musashi-tech.ac.jp/RC/Review_Con/Index.htm

‘知りコン’にあるお勧めコンテンツ。多くのコンクリート構造物の画像を掲載し、解説している。土木構造物（特にコンクリート構造物）は、3次元的な形態様相を呈し、その出来上がりを実画像で見ることから理解が深まる。

#5: Project: Seeing Is Believing『エンジニアリング系動画/静止画サイト』: <http://www.evo.co.jp/musashi/>
百聞は一見にしかず！種々の実験結果、シミュレーションを動画としてアップロードしている。コンクリート工学の授業関連としては、曲げ/引張/圧縮試験の破壊過程（実速、スローモーション）を観察することができる。

さて、初代 Web『知りコン』を開設時に、学生を惹きつけるため、特徴付けるため（実際は、先生の興味のため）、イメージキャラクターとして、‘ニワトリ親子’を作成した（何故、コンクリートのイメージがニワトリ親子なのか、理由は忘れてしまったが）。これは、専門のクリエイターにデザインしてもらったが、歴代クリエイターの傑作を紹介させていただきたい。



図1 専用 Web『もっと知りたいコンクリート講座』のイメージキャラクター: ‘ニワトリ親子’

このような専用 Web により、毎回の予習復習の効率化はもちろんのこと、種々の配布資料や課題を自宅でも入手でき、受講生の教育効果に役立っている。また、本 Web の開設・運営は、学外の教員・エンジニアへの情報発信とも捉えており、学会、委員会の折りに評判を聞くと励みにもなり、さらなるコンテンツの充実につなげたい。

5. 教育3点セット#3: 最後に、教育体系+教科書演習書

教育3点セットの3番目は、教科書と演習書（シラバス連動型）である。教室での、‘受講生との直接対決’に加えて、書籍を‘読む’ことから学ぶことも多い。従って、授業の予習/復習のためにも、「わかりやすい教科書・演習書」は、学生にとっては必須アイテムとなる。本報告では、紙面の制限もあり、以下に列举し、詳しくは、次回に報告します。

#1: 土木練習帳 -コンクリート工学- 共立出版(2003.5)

2年時前期のコンクリート工学にて使用。単元毎に、Key Points、学習の要点、例題と解説、練習問題、のような構成となり、学生の自学自習用としても活用できる。他大学教員も含め4名との共著。

#2: 鉄筋コンクリートの設計 -限界状態設計法と許容応力度設計法- 丸善出版(1997.12)

2年時後期の鉄筋コンクリート構造にて使用。鉄筋コンクリートの基本学習事項をまとめ、主要項目については、演習例題により実践的な設計演算を体験できる。

#3: 鉄筋コンクリートの解析と設計 -限界状態設計法と性能設計法- 丸善出版(2004.2)

大学院課程（耐震工学特論）の参考図書として使用している。

#4: 鉄筋コンクリート構造物の耐震設計と地震リスク解析、丸善出版(2008.2)

大学院課程（耐震構造プロジェクト）の参考図書として使用している。

6. おわりに：これまでの学内外活動と結語

再度繰返しになるが、講義で取り扱う対象は、ほとんどが3次元（立体構造）であるのに対して、普段の授業用小道具（黒板、パワーポイント、教科書）は2次元（平面資料）である。受講学生は、‘教員が思っている以上に理解していない’、‘想像以上に混乱している’と考えた方がよい。学生の興味を引く必需品、学生がより理解できる教育教材を取り揃え、その日の講義対象を具体的に目の当りに見せる（魅せる）ことが、工学系教員の原点と考えている。

これまでに、工学部有志にて教育教材研究会を主宰し、学内教員の自慢作品（教育教材）を持ち寄って発表会を3回ほど開催した。加えて、Mi-Tech 祭（当時）にも出店したこともあり、関心のある教員にて活動をしていた。このうちの一部は、日本工業教育会の講演会も発表している[3]。

教務委員会、もしくはしかるべき場（必ずしも委員会である必要はないが）にて教育教材研究会の設置を提案したく、切磋琢磨の場、マニュアル作りなど、FD (faculty development)の具体策/特効薬として期待できる。

参考文献：学内発表/教育年報

[1] 栗原哲彦・吉川弘道：既存鉄道施設を題材とした土木構造物のシビックデザイン演習－ランドマーク構造物の代替デザインと3次元CADによるプレゼンテーション－，141-148 教育年報 第20号 2009年版

[2] 吉川弘道：教育現場の必需品『教育3点セット』－教科書・教育ツール・専用WEB－，160-164 教育年報第10号 2003年版

参考文献：学外発表

[3] 斧昭雄・吉川弘道・多留康矩・高田達雄：武蔵工業大学の教育教材開発の報告，日本工学教育協会，第43回工学・工学教育に関する研究講演会－知的創造力を触発する工学教育－，1995

[4] 吉川弘道・栗原哲彦：アートコンクリートを取り入れた大学教育，コンクリート工学，Vol.45 No.1, 2007

[5] 吉川弘道・栗原哲彦：次世代に伝えたいコンクリートの真髄－コンクリート教育3種の神器とアートコンクリート，コンクリート工学，Vol.47, No.5, 2009.