

2017年5月9日 国土技術研究センター 研究開発助成 成果報告会
第 15014 号 重点研究課題 番号 (9)

社会資本の維持管理を担う人材 の育成方法に関する研究

舞鶴工業高等専門学校 建設システム工学科
玉田 和也

研究背景・目的

- 現在の日本では、橋梁の維持管理を行う技術者が不足している。点検技術者を養成するためにも、もととなる**構造力学**や**鋼構造学**の基本を理解することが必要である。
- 本研究では、理解困難となる要因分析を行い、分析結果をもとに問題解決方法を模索する。中でも「**教える技術**」の一つとして考えられる、「**模型教材**」の開発を行い、その効果を検証することを目的とする。
- 検証の対象者は、ある程度学習している学生及び異分野からの参入者を想定する。

理解困難要因のアンケート調査

- 対象：構造力学及び鋼構造学の追試験受験者
- 方法：記述及びヒアリング

構造力学

- ・**構造力学はできないと決めつけ**、他の教科やレポートを優先してしまう
- ・学年が上がるにつれ、習得単位数やレポートが多くなり勉強時間が少なくなってしまう
- ・一度解いた問題は解くことができるが、問題が変わるとわからない
- ・公式が難しい、似ている公式が多い
- ・内容が理解できていないため、**なぜわからないのか自分でもわからない**
- ・数字ではなく記号が多いため、計算がややこしく見えてしまう
- ・講義に興味を湧かすスマートフォンを触る。また眠気が起こり寝てしまう
- ・講義中わからない部分も**皆の手前質問しにくい状況**
- ・数学や物理が得意ではないため、構造力学にも影響する
- ・少し話を聞かなくても試験前に取り返せるであろうという**根拠のない確信**

理解困難要因のアンケート調査

- ・どのような場面で役立つのかわからない
- ・板書することで精一杯となり、話を聞く時間、考える時間が少なくなる
- ・実際に起こりうる**現象が理解できない**
- ・手順に沿った**計算はできるが、梁の変形などを図示することができない**
- ・教科書に示されている表や図が直感的に理解できず、暗記するため忘れてしまう
- ・問題文を理解していないために間違いが生じる
- ・必修を**落としても仮進級ができる**

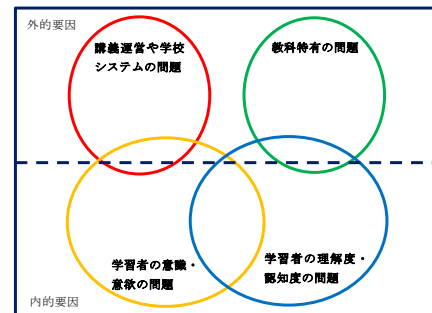
理解困難要因のアンケート調査

鋼構造学

- ・実物を見ることが理解へとつながるが、**写真や図を見ただけでは空間認識が難しく理解できない**
- ・黒板やスライドを見るだけでは頭に入らず、記憶に残らない
- ・**板書することで精一杯**となり、話を聞く時間、考える時間が少なくなる
- ・少し話を聞かなくても試験前に取り返せるであろうという**根拠のない確信**
- ・自分が就職する分野ではないから、出席はするがスマートフォンを触る。また眠気が起こり寝てしまう
- ・**必修科目ではないから**
- ・実際に起こりうる現象が理解できない
- ・**教える側と教わる側でイメージや考えのずれが生じ**、うまく伝わらず間違いを引き起こす
- ・講義中わからない部分も**皆の手前質問しにくい状況**
- ・働いている力がどのように伝わっているかわからない

理解困難の要因分析結果

ヒアリングの結果をもとに**講義運営や学校システムの問題**、**教科特有の問題**、**学習者の理解度・認知度の問題**、**学習者の意識・意欲の問題**の4つに分類した。学習者の理解度・認知度の問題はさらに**空間認識**、**数学能力**、**論理的思考能力**の3つに整理できる。



対策についての考察

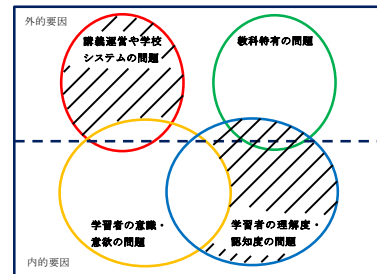
構造力学や鋼構造学における理解度・認知度に関して、大きな課題として板書や教科書における2次元での表現から**3次元的な空間認識に至る能力**の欠如があることが窺われた。一世代前の学生ならば、なんとか理解しようと集中・努力するところであるが、**ゲーム等の疑似3Dに慣れた現世代**の学生にとっては「難解」の先に進む気迫のある学生は稀であると考えられる。

カラーテレビしかない現代において、白黒の映画を見なさい。色は自分のイマジネーションで補うんだよ。と言うようなものであろうと想像できる。白黒映画である「ローマの休日」の良さを伝えるには、観てもらふ必要があるのだが……

一部のエリートではなく、実働部隊で活躍する技術者を育成するには、教える側が今の世代に合わせていく必要があるのではないかと？？**ボトムアップのための方策**が必要。

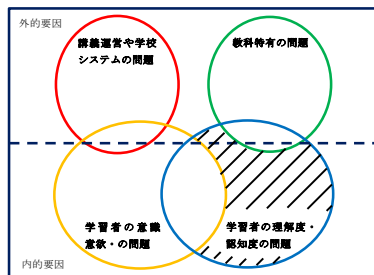
教える技術：eラーニング

スライドを見て学習するだけでなく、音声が入っているため、見て聞いて学習することができる。そして、**時と場所を選ばず何度でも繰り返し勉強できる**という特徴がある。



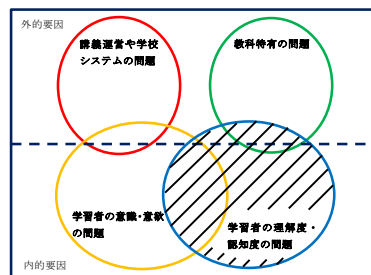
教える技術：ビデオ動画

ビデオには映像、音声が含まれているため、教科書だけの時に比べて多くの情報を得ることができる。また、**臨場感や物体の挙動**等がわかりやすいという特徴がある。



教える技術：模型教材

模型を使用することで空間認識が可能となり実際に起こりうる現象、例えば梁の変形や力の伝わり方の理解への手助けとなるため理解が深まる。さらに模型があることで、講義での教える側と教わる側の**知識・認識の共有が可能**となる。また、これまで話を聞いていなかった学生も模型があることで**興味を持つ可能性**が高くなる等の特徴がある。

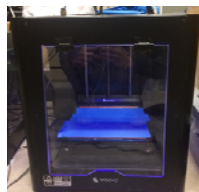


研究内容

構造力学や鋼構造学の**理解度・認知度の向上と意欲・意識についての改善も期待**して、各自が見て触って体験しながら理解を深めることのできる模型教材の開発を行い、効果や問題点を探る。

本研究は次のような流れで行う

1. 理解困難箇所の要因分析
2. 開発する教材の考案
3. 3Dモデルを作製
4. 3Dプリンターで模型を作成
5. 学生を対象に効果の検証
6. 検証のフィードバック



開発教材リスト

模型の種類と作成の動機

構造力学

- ・ **内力・断面力模型**・・・**断面力の正の方向の定義**であり、変形や断面図を考える上での重要項目である
- ・ **ラーメン構造の変形模型**・・・変形図のイメージが**支承条件**によって異なりそれを理解することが難しい

鋼構造学

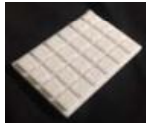
- ・ **高力ボルト摩擦接合模型**・・・**力の流れ**がイメージできない
- ・ **溶接接合模型**・・・溶接方法の種類と**特徴**が理解しづらい

20セット作成(2名に1セット)



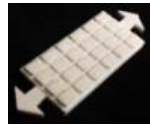
内力・断面力模型

断面力の正の方向が分かる
模型を作成した



原型模型
(無応力状態)

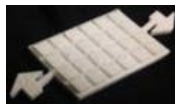
比べることで



軸力模型
たてひずみとよこひずみの比であるポアソン比の理解



曲げモーメント模型
曲げによる軸方向ひずみの理解



せん断力模型
せん断ひずみの理解

内力・断面力模型

内力模型：はりの切断面に発生する内力の解説用



内力・断面力模型

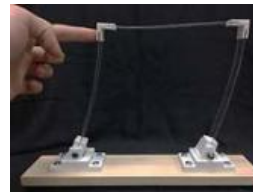
はり内部に働く内力は自分で考えて組み合わせるため、断面力の正の方向の模型と併用し考えることで理解が深まる



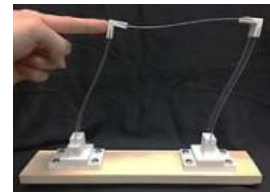
ラーメン構造の変形模型

たわみ角法により変形図を描く際の手助けとなるべく、ラーメン構造の変形模型を作製した。

隅角部がラーメンの変形後においても元の角度を保持するという意味合いの理解にも役立つ。



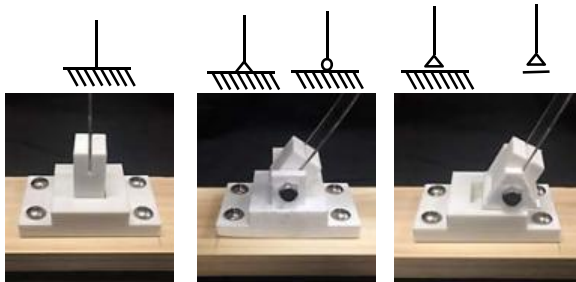
両端ヒンジの場合の変形



両端固定の場合の変形

ラーメン構造の変形模型

ラーメン構造の変形模型は様々な支承条件を組み合わせることが可能である。



固定支点

ヒンジ支点

ローラー支点

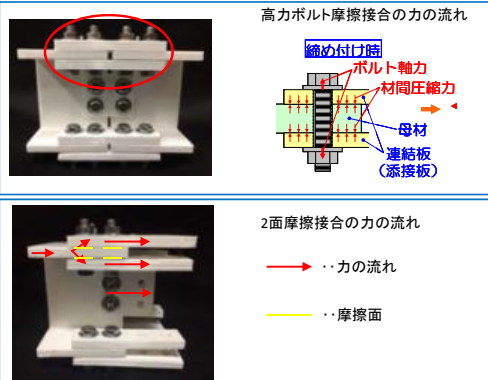
高力ボルト摩擦接合模型

教科書やパワーポイントだけでは、高力ボルト摩擦接合による力の伝達方法、母材や連結板の組み合わせがイメージできない。

そこで、I 桁を用いた2面摩擦接合と題して、高力ボルト摩擦接合についてより深く学習できる模型を作製した。



高力ボルト摩擦接合模型



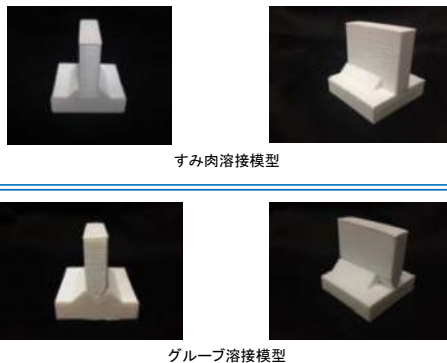
溶接継手模型

パワーポイントや教科書だけではすみ肉溶接、グループ溶接の違いや特徴が分かりにくい。また溶接記号を描く際、立体的なイメージが困難である。

そこで、すみ肉溶接とグループ溶接について違いを理解できる模型を作成した。



溶接継手模型



教材模型による効果の検証

4・5年生 体験学習の参加人数は各10名

使用模型 ・内力、断面力模型 ・ラーメン構造の変形模型
・高力ボルト摩擦接合模型 ・溶接継手模型



検証結果

アンケートではそれぞれの項目で、理解していたか、理解が深まったのかを尋ねた。

特に鋼構造学の分野は理解していた人が少なく、模型を使用することで理解につながることが分かる。

理解が深まった学生の割合

内力	断面力の正の方向	75
	内力の意味合い	65
	切断面内部に働く力の分布	90
ラーメン	固定支点の変形	90
	ヒンジ支点の変形	95
	ローラー支点の変形	90
摩擦接合	ラーメン構造の変形	95
	高力ボルト摩擦接合のしくみ	100
	高力ボルト摩擦接合と普通ボルト接合の違い	80
	ワッシャーの効果について役割	90
	ボルト一群の考え方	80
溶接接合	高力ボルト摩擦接合の設計	80
	すみ肉溶接とグループ溶接の違い	100
	すみ肉溶接	100
	グループ溶接	100

効果の検証 アンケート

- ・変形の形がわかるのがすごくわかりやすかった
- ・模型があることによって手でさわりながら遊び感覚で学習できた
- ・イメージがつかみやすい
- ・内力と変形がよりはっきり分かったこと
- ・目視できるということはわかりやすい
- ・実際にさわって、見て体験できたことだと思う
- ・スライドや板書だけでは全然記憶に残らないが、触れたり動かしたりすると印象的でわかりやすかった
- ・頭で想像することよりも実際に目で見ることができることがよかった
- ・手で実際に変形させることで、感覚的にわかること
- ・具体的な変形の仕方についてみることもできるから
- ・2次元だったものが3次元になったことで、どの力が何なのかわかった
- ・実際に自分で組み立てる、ふれることにより自分の手を動かしながら話を聞けたら
- ・構造力学の変形模型は自分でいろいろなパターンを試せるから便利
- ・イラストや3Dモデルで作られた画像よりも、より立体的であること

効果の検証 アンケート

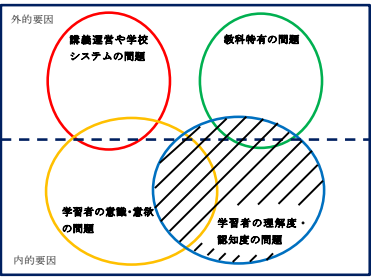
- ・視覚だけではなく触覚などによってより深く理解することができた
- ・模型があると興味がわいて授業に集中できるようになった
- ・2次元だけでなく3次元なので考える手助けになった
- ・実際に手に取り自分で考えて作業できてよかった
- ・自分で組み立てることで一つ一つの部材の仕組みが理解できた
- ・実物を動かしたりするので記憶に残りやすい
- ・模型を使い、立体的に見ることができるのでわかりやすい
- ・実物があるのはすごくよい

まとめ

模型を使用した体験型授業を行った結果、模型があることで空間認識の手助けとなり、理解度・認知度の問題解決につながる。また、模型を使用することで講義に集中できる、遊び感覚で学習できるなど、学習者の意識・意欲の問題も改善できる可能性を示すことができた。

初教育や再教育を行うにあたり、模型教材が強力な学習ツールとなることが明らかとなった。

まとめ



模型があると興味が湧いて講義に集中できた、遊び感覚で学習できたという感想が挙げられた。これらの意見は、学習者の意識・意欲の問題に関わるものである。

その一方、説明や解説を行うパワーポイントの内容についても模型教材を活かすような工夫が必要であり、話をしっかりと聞いてもらえる内容にすることが大切である。

今後の課題

ここでは詳しく報告していないが、新規参入者向けの橋梁専門用語や橋梁工学基礎についてのeラーニング教材の作成もおこなった。

eラーニングのコンテンツ作成において説明のセリフを音声読み上げソフトを用いて作成したが、ソフトの練度が未熟であり、実用に満たない結果となった。

eラーニングについては、時間と場所を選ばず、何回でもチャレンジできるため、用語の習得など内容によっては非常に効果的である。

ご清聴ありがとうございました

模型作製時間

	時間
断面力	原型模型
	せん断力模型
	軸力模型
	曲げモーメント模型
内力	荷重がかかる前の梁の模型
	しなりながらも荷重を支えている梁の模型
	梁を切断し内力が解放された模型
	切断面の内力模型
	切断部内部の分布模型
ラーメン構造の変形と支承条件	支点土台模型
	部材角模型×2個
	ローラー支点模型
	ヒンジ支点模型
	固定支点模型
高力ボルト摩擦接合	1桁模型×2個
	スライズプレート大模型×2個
	スライズプレート小模型×4個
	連結版模型×2個
溶接継手模型	すみ肉溶接模型
	グループ溶接模型

模型使用時による効果の検証

作製した教材模型を用いて体験型学習を行い、効果を検証した

対象者: 建設システム工学科5年生、4年生

体験授業の流れ

1. 普段の講義と同じようにパワーポイントを見る
2. 模型の説明を行う
3. 模型を使用しながら再びパワーポイントを見る
4. アンケート

学習模型を使用する前後での理解度の変化を調べる