



研究背景

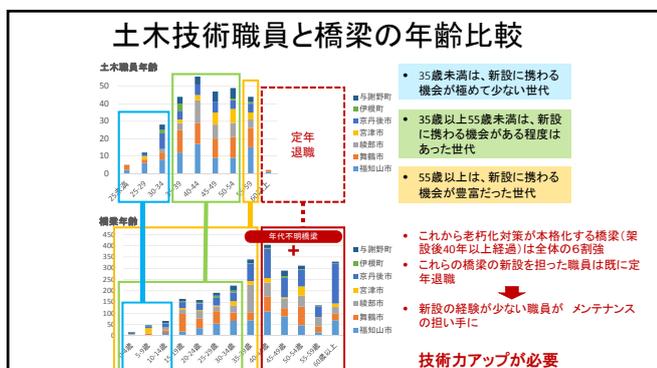
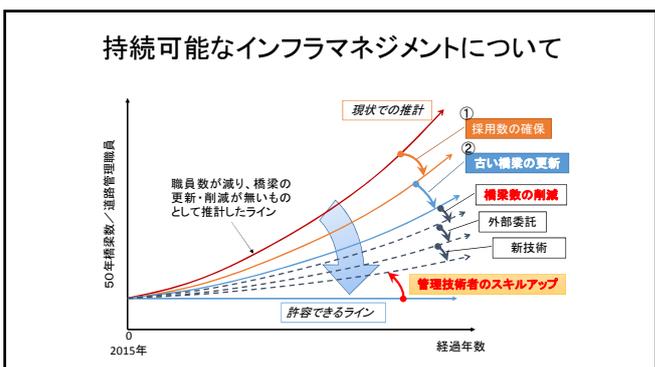
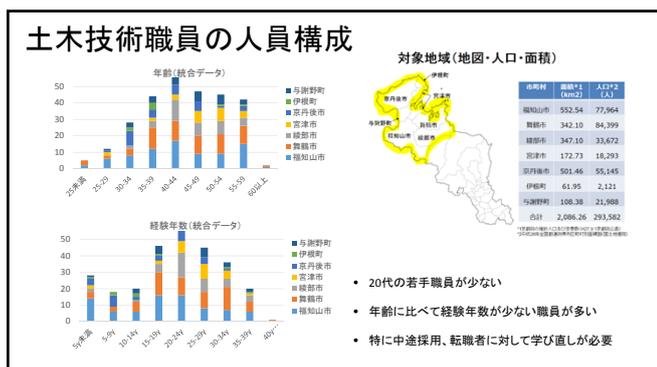
日本には70万橋もの道路橋が存在し、5年に1度の頻度で定期点検を行うことが義務付けられている。

しかし現在の日本では維持管理を行う**技術者が不足**している。

↓

維持管理を行う技術者を養成するためにも、維持管理の基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。

かつて土木を学んだ者**はもとより、異分野からの参入は必須**



維持管理のための再教育・初学者用の教育

記憶型学習
通常の教科書と座学
写真・動画
模型(手で触れて...)
⇒他者との協働により
⇒eラーニングの活用

思考型学習
経験や実体験に裏打ち
実物を見る
模型、実験
⇒他者への教授により

維持管理技術者が最も具備すべき能力である、**推理力**や**洞察力**を教えることは可能か？

研究目的

本研究では、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。

維持管理技術者に必要である素養である構造力学、鋼構造学、コンクリート構造学の理解を助け・深めることが可能な**模型教材**の開発を行う。

説明用Power Point
模型教材

効果の検証



研究方法

橋梁の維持管理を考える上で必要な構造力学及び鋼構造学、コンクリート構造学において学習の喚起と理解の促進が図れる模型教材を大量生産可能な3Dプリンタを利用して開発する。

効果の検証のため模擬授業の実施と確認試験を実施し、その得点とアンケートによって検証を行う。

舞鶴高専建設システム工学科の3年生20名(未学習)と4・5年生20名(既学習)をAグループ(パワボのみ)とBグループ(パワボ+模型教材)に分けて模擬授業を実施した。

模型教材 断面力とひずみ

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

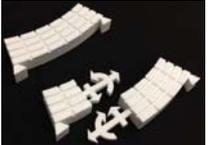


せん断力模型
せん断ひずみの理解



模型教材 はりの内力

内力模型: はりの切断面に発生する内力の解説用

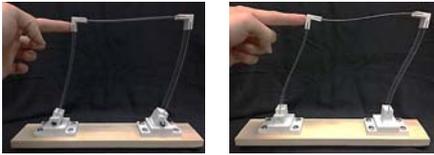
模型教材 はりの内力

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




模型教材 構造物の変形・境界条件

構造物の変形図を描く際の境界条件による影響の理解を促すため、門形ラーメン構造の変形模型を作製した。
変形の凹凸が曲げモーメントの正負につながり、コンクリート構造のひび割れ発生箇所に帰結することを理解してもらう。

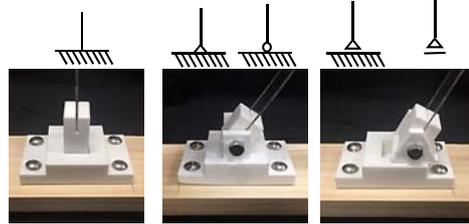


両端ヒンジの場合の変形

両端固定の場合の変形

模型教材 構造物の変形・境界条件

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



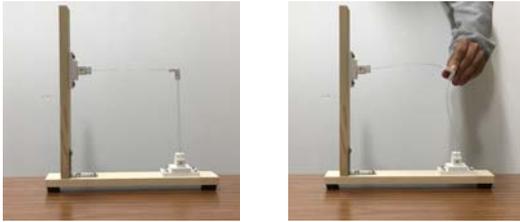
固定支点

ヒンジ支点

ローラー支点

模型教材 構造物の変形・境界条件

L形ラーメン構造の模型 固定支点

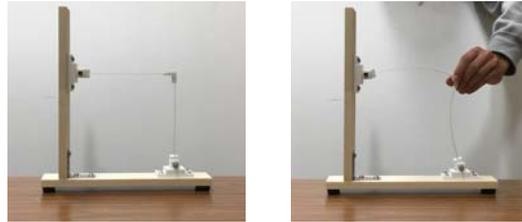


変形前

変形後

模型教材 構造物の変形・境界条件

L形ラーメン構造の模型 ヒンジ支点

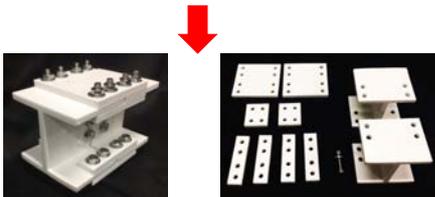


変形前

変形後

模型教材 高力ボルト摩擦接合

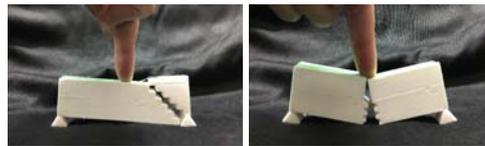
教科書やパワーポイントだけでは、高力ボルト摩擦接合による力の伝達方法、母材や連結板の組み合わせがイメージできない。
そこで、I桁を用いた2面摩擦接合と題して、高力ボルト摩擦接合についてより深く学習できる模型を作製した。



模型教材 RCはりのせん断破壊・曲げ破壊

RC梁のせん断破壊と曲げ破壊

体験的に理解できるようせん断破壊と曲げ破壊の状態を表す模型を作成した。



せん断破壊

曲げ破壊

模擬授業の様子

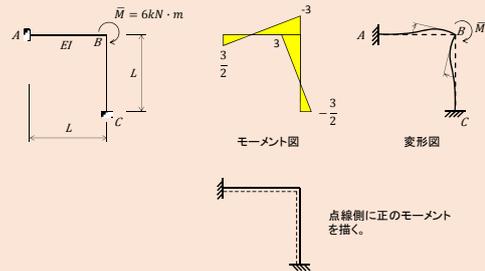


模擬授業の様子

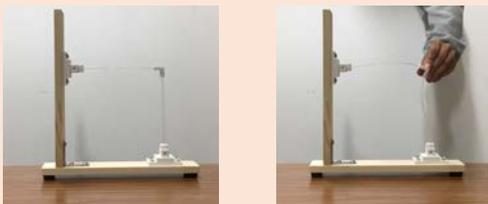


模擬授業に用いたパウポの一例

- 「構造力学」
- ・断面力とひずみ
- ・はりの内力と曲げモーメントによる応力分布
- ・構造物の変形と境界条件
- 「鋼構造学」
- ・高力ボルト摩擦接合
- ・一面摩擦接合と二面摩擦接合の相違
- ・溶接継手模型
- 「コンクリート構造学」
- ・RC 梁のせん断破壊と曲げ破壊



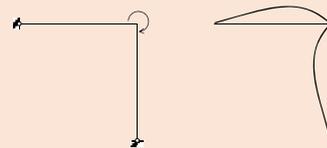
固定支点の場合



変形前

変形後

ヒンジ支点の場合の変形図



- 変形図のポイント
- ①ヒンジ支点には回転角が発生する。
 - ②固定支点では回転角が0
 - ③節点の元の角度(90°)は保持される。

ヒンジ支点の場合



変形前



変形後

確認試験問題の一例

確認試験

①断面力の正の方向を図示せよ。

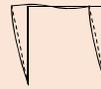
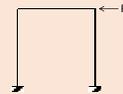
_____ 曲げモーメント

_____ せん断力

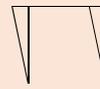
_____ 軸力

確認試験

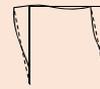
④下の問図に対して正しい変形をしている図をア～ウの中から選べ。



ア



イ



ウ

確認試験

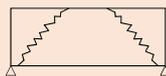
②せん断ひび割れ図として正しいのはどれか選べ。



ア



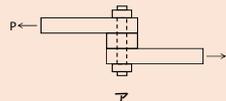
イ



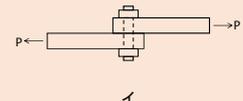
ウ

確認試験

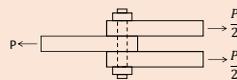
②高力ボルト摩擦接合において最も大きな力を伝えることができるのはどれか選べ。



ア



イ



ウ

アンケートの一例

構造力学アンケート
学年 _____ 氏名 _____

断面力の正の方向とひずみの定義の理解について

1、断面力(軸力、せん断力、曲げモーメント)の正の方向の定義について理解できましたか？

はい いいえ

はい いいえ

この単元に模型は役に立ちましたか？

2、軸力、せん断力、曲げモーメントが作用した時のひずみの定義について理解できましたか？

はい いいえ

はい いいえ

この単元に模型は役に立ちましたか？

ラーメン構造の境界条件と変形

3、境界条件(ローラー支点、ヒンジ支点、固定支点、中間ヒンジ)について理解できましたか？

はい いいえ

はい いいえ

この単元に模型は役に立ちましたか？

模型教材について

①パワーポイントや板書だけの授業より今回のように模型を加えた授業の方が効果的だと思いますか？ はい いいえ

②どの模型が一番役に立ちましたか？

③こんな模型があれば嬉しいと思う単元があれば記入してください。

④今回の授業の感想を記入してください。

模型教材の効果の検証

模擬授業の実施状況

A グループ2018年1月23日火曜日, 3C 13名
 Bグループ2018年1月24日水曜日, 3C 9名
 A グループ2018年1月16日火曜日, 4C, 5C 10名(4C:8名, 5C:2名)
 B グループ2018年1月18日木曜日, 4C, 5C 10名(4C:8名, 5C:2名)




確認試験結果

3年生では模型を使ったグループの方が正答率が**17ポイント**向上
 4.5年も**18ポイント**向上

⇒未学習者・既学習者にかかわらず模型教材の効果があることが確認できた。

3A



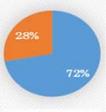
■ 正解 ■ 不正解

3B



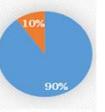
■ 正解 ■ 不正解

4,5A



■ 正解 ■ 不正解

4,5B



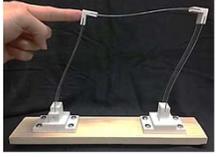
■ 正解 ■ 不正解

アンケート結果

3年生のアンケート集計によると、学習内容を理解していると自身で認識している学生のうち、確認試験の結果と整合が取れている学生は**Bグループ**に多い結果となった。

↓

- ・どの模型が一番役に立ちましたか？
- ・ラーメン構造の変形模型(18)
- ・1面せん断継手と2面せん断継手の違いの体験模型(1)
- ・RCはりの破壊形態模型(1)



アンケート結果

・今回の授業の感想を記入してください

- ・これまで受けてきた授業より模型を使った授業の方が分かりやすかった(6)
- ・模型で実際にイメージが湧き、今まで謎だったことが分かった(1)
- ・実際の変形が見れて分かりやすかった(4)
- ・破壊の仕方が目に見えて分かりやすかった(1)
- ・境界条件が模型のおかげでとてもイメージしやすくなった(1)
- ・柱の座屈についての模型を作ってほしい(1)
- ・溶接の模型は溶接部分に色がついてるともっとわかりやすいと感じた(1)
- ・模型を自分で動かすため授業中に寝る人が減ると思う(1)

結論

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し、その効果を確認した。

一方、**授業時間が延びており(約1.5倍)**、授業時間あたりの学習効果については検討が必要である。

社会基盤の維持管理に係る技術者を育成するための方法として、従来から学校で実施されてきた手法に加え、**記憶型学習**に対しては**時間と場所の制約を受けないeラーニング**による学習が効果的である。また、**思考型学習**についてはそれを育むために必要な**素養**を教えるための**模型教材**の有効性が検証された。

教授側として:対象者への緻密なヒアリング、学習の動機付け、繰り返し学習できる環境

ご清聴ありがとうございました

単元ごとの上昇ポイント

3年生	平均上昇	4,5年生	平均上昇	全体	平均上昇
断面力	1.99	断面力	23.33	断面力	11.75
ラーメン	19.37	ラーメン	20.00	ラーメン	19.53
RC	13.68	RC	20.00	RC	16.93
溶接	27.35	溶接	10.00	溶接	20.82
高力	30.77	高力	5.00	高力	16.36
平均	17.03	平均	17.86	平均	17.13