

自作テキスト教材の開発と実践

「経験と体験」を取り入れた教材構成

島根県立出雲高等技術校 倉橋 輝夫

1. はじめに

古いことわざに、「百聞は一見にしかず」という言葉がある。

例えば、ギター、バイオリンなどの楽器を説明するのに、物を見せないで説明しようと思ったら大変である。しかし、物を見せてこれがギター、バイオリンと目の前で弾いてみせ説明するとすぐに納得できる。私は百回言うよりも、ひと目でわかり、覚えられる授業方式がないだろうかと考えてきた。

土木には難しい科目が多く、土木の土の字も知らない生徒諸君に、1年間である程度の知識・技術を身につけさせるには、いかに、生徒の興味をあるいは好奇心を高めるかであると思う。

このような中で、平成5年度研修「自作テキスト教材の作成（教育工学による授業のシステム化）」（担当者、島田昌幸教授，中村謹也助教授）を受講する機会に恵まれ、生徒たちが敬遠しがちな力学に関する自作テキスト教材（一斉授業プログラム）の作成に取り組んだ。タイトルは『単純ばりの反力の計算』である。

翌年に『単鉄筋長方形ばりの計算』についてのテキスト教材を作成した。

研修後、作成したテキスト教材の内容が学習者にとって有効かどうかを調べるため、これらのテキスト教材を使用して授業を行い、その成果を検討した。その後もこのテキスト教材を使った授業を行ってきた。いずれについても良い結果が得ら

れている。これまでの実践についてまとめてみた。

2. 自作テキスト教材について

2.1 学習内容について

橋梁の設計を大別すると、上部構造と下部構造に分けることができる。

上部構造とは、桁・梁（車両等が通る部分）のことであり、下部構造とは橋台・橋脚（桁・梁を受け持つ台）である。

まず、『単純ばりの反力の計算』については、橋梁などを設計するとき、車両や桁・梁の荷重に対してそれぞれの橋台がどれだけの反力（支える力）で作用しているか必ず求めなければならない数値である。この反力の意味が理解でき、計算ができるようになるための初歩的な計算方法を扱った。

また、『単鉄筋長方形ばりの計算（中立軸の計算）＜引張力と圧縮力＞＜鉄筋の必要性＞』は、『単純ばりの反力の計算』で求めた反力数値を使って桁・梁の設計を行う。桁・梁の設計では（中立軸の計算・応力度の計算・抵抗モーメントの計算・断面の計算・剪断応力度などなど）いろいろな計算をしなければならないが、テキストで取り上げたのは、中立軸の計算の中で考えなければならない1つとして、鉄筋コンクリートの理解と引張力と圧縮力の理解、そして鉄筋の必要性についてである。

2.2 自作テキスト教材の特徴

この自作テキストは、目で直接見たり、今までの

自分の体験，想像など，あるいは模型などを使い一人でも多くの訓練生が，力学に対して，楽しく興味深く学習に取り組むことを目的として作成した。

作成方法は，研修で得た学習意欲を引き出すために問題を中心に授業構成を行う方法，あるいはスモールステップの原理等々をもとにして作成した。また，テキスト作成に当たっては，私たちが直接ありのままの学習者と接してつかんだものを基盤にして，学習者に合ったものとなるように努めた。いずれのテキスト教材も，所要時間は100分を予定している。

2つの自作テキストには，学習内容の展開法に違いを持たせた。

『単純ばりの反力の計算』は，生徒が今まで自分で体験したこと，あるいは想像できる事柄を取り入れたものにした。これに対して，もう1つの『単鉄筋長方形ばりの計算（中立軸の計算）』は，模型（自作）を取り入れ，直接見たり体験したりするものにした。模型を作るに当たっては，大がかりな模型でなく手近な材料でできるものをと考えた。（テキスト問題例1，およびテキスト問題例2，写真1を参照。なお，学習の発展・確認として，発泡スチロールに鉄筋を入れ下面にテープを貼った大型の模型を作成して利用している。それを写真2～4に示した）

『単鉄筋長方形ばりの計算（中立軸の計算）』を，考え方を変えた方法で作成したのは，今後のテキスト教材の作成や指導方法について，1つのスタンス



写真1

を得たいと考えたからである。また，すべての授業についてこのようなテキスト教材を作成するうえでの方向づけを得たいと考えた。

[テキスト問題例1]：

『単純ばりの反力の計算』の問題1

Aさんが，積雪50cmの雪の上を，歩こうとしています。Aさんは沈まずに歩くことができますでしょうか。

- 1．歩くことができる
- 2．歩くことができない
- 3．その他

『単純ばりの反力の計算』の問題4

問題1・2において，雪・豆腐の上を，Aりが歩いたら沈まずに歩くことができますでしょうか。

- 1．歩くことができる
- 2．歩くことができない
- 3．その他

人がコンクリートの上を，Aりが雪・豆腐の上を，沈まずに歩くことができるのは，上からの荷重に対して，下から支える力（反力）とが釣り合っているから沈まずに歩くことができます。

「テキスト問題例2」：

『単鉄筋長方形ばりの計算』の問題2

今から定規にテープをはったものを曲げてみますので，どのように変化するのか見ていてください。

(1)「しわ」の寄っている所はどこですか。

- 1．上側
- 2．下側
- 3．その他

(2)「しわ」の寄っていない所はどこですか。

- 1．上側
- 2．下側
- 3．その他

(1)は上側，(2)は下側になりましたね。以上のことから，上側には「しわ」ができて，下側には「しわ」がありません。つまり，「しわ」のない所は張っているから「しわ」ができなくて，逆に「しわ」のあ



写真2

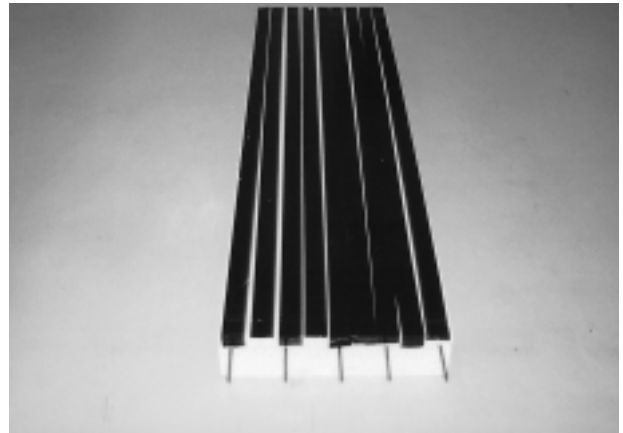


写真3

る所は縮んでいるからです。よって、張っているところは、引っ張っているからです。

つまり、力を加えて引っ張ることは、引張力が働いていることになります。

『単鉄筋長方形ばりの計算』の問題3

今から発泡スチロールを出して、曲げて折ってみますので、どこから折れるか見ていてください。

1. 上側から
2. 下側から
3. その他

そうですね。下側から折れましたね。

なぜ、下側から折れたと考えられますか。

1. 縮んだから
2. 伸びたから
3. その他

そうですね。伸びたからです。

以上のことから考えられることは、ある物(部材)に力を加えて折れるということは引張の作用が働いたからだと考えればよいのです。

以上の3つの問題で、実際に皆さん方の目の前でやって見てどう思われましたか。

このような働きを力学的に考えると、引張力(引力)です。

『単鉄筋長方形ばりの計算』の問題6

それでは発泡スチロールが折れないようにするにはどうしたらよいと思いますか。

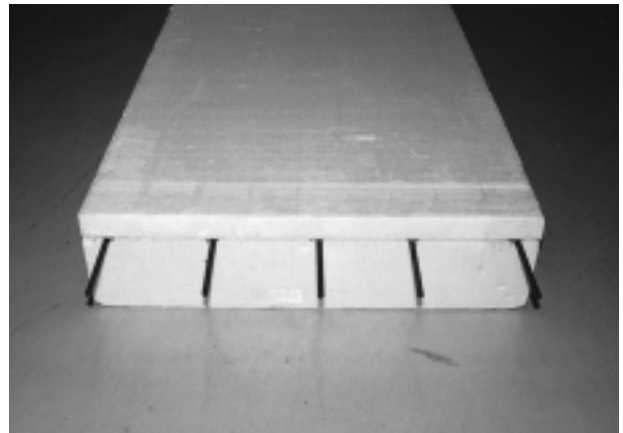


写真4

いろいろと考え方はあると思いますが、1つの考えとして、次のどれがよいと思いますか。

1. 下側にテープを貼る
2. 上側にテープを貼る
3. その他

そうですね。下側にテープを貼るです。

3. 実践方法

3.1 実施期間および対象者

「単鉄筋ばりの反力の計算」

第1回	平成5年8月27日(金)	測量土木科	15名
第2回	平成6年8月29日(月)	測量土木科	26名
第3回	平成7年8月28日(月)	測量土木科	24名
第4回	平成8年8月26日(月)	測量土木科	23名
第5回	平成9年8月25日(月)	測量土木科	21名

第6回 平成10年8月24日(月)測量土木科 18名

「単鉄筋長方形ばりの計算(中立軸の計算) <引張力と圧縮力> <鉄筋の必要性>」

第1回 平成6年11月15日(火)測量土木科 26名

第2回 平成7年11月14日(火)測量土木科 24名

第3回 平成8年11月12日(水)測量土木科 23名

第4回 平成9年11月26日(水)測量土木科 21名

第5回 平成11年1月18日(月)測量土木科 18名

3.2 授業方法

『単純ばりの反力の計算』については、上記のようにこれまで計6回、『単鉄筋長方形ばりの計算(中立軸の計算)』については計5回行っているが、いずれも同じテキスト教材を使用した。

『単純ばりの反力の計算』については、指導者が学習者全員にテキスト教材の目的と使用方法を説明した後、プログラムに従い一斉授業方式で学習内容を実施した。また、『単鉄筋長方形ばりの計算(中立軸の計算)』については、指導者が学習者全員にテキスト教材の目的と使用方法を説明した後、プログラムに従い、模型を使って実演を含めながら、一斉授業方式で学習内容を実施した。

学習後、すべての年度においてアンケート調査を行った。

4. 学習内容の理解度について

学習内容の理解度を見るための評価問題によるテストは行っていないが、テキストの演習問題とか、授業中の質問に対する解答から考えると、また次のアンケート調査結果を参照してみても、生徒の理解度はかなり高いといってよいと思う。21年間の指導の経験からもそういえることでもある。

5. アンケート結果の分析

アンケート調査表(表1参照)の調査結果について項目ごとに見てみよう。

まず、『単純ばりの反力の計算』について検討す

る。

項目『(1)学習内容は一般的に』(難易)については、延べ学習者127名中「4. やさしかった」57.5%、「5. たいへんやさしかった」12.6%であり、合計すると70.0%であるのに対して、「1. すごく難しかった」(0.0%)、「1. 少し難しかった」(7.9%)と答えた学習者は、2つの細目をみても、わずか7.9%であった。学習内容についての学習者の難易感については、今までの参考資料での学習方法よりも、明らかによい結果がでたように思える。

項目『(6)学習内容は』(理解度)は、延べ学習者127名中「4. だいたい理解できた」58.3%、「5. たいへん理解できた」13.4%、合計すると71.7%の学習者が学習書の内容を理解したことになる。これに対して「1. まったく理解できなかった」0.0%、「2. 大部分理解できなかった」5.5%であった。学習者は学習内容を良く理解したといってよい。

また、上記2つの項目の中の「1. すごく難しかった」「1. まったく理解できなかった」の0.0%という結果も見逃すことができない。

項目『(2)学習意欲が』は、「1. まったく引き起こされなかった」と「2. あまり引き起こされなかった」と解答した学習者の合計は、延べ127名中7.1%、「3. ふうふう」は18.9%、であったのに対して、「4. だいぶん引き起こされた」と「5. すごく引き起こされた」と解答した学習者の合計は、延べ127名中76.4%という高い結果となっている。上で検討した項目(1)と(6)の結果の背景にこの学習意欲の高さがあることが重要だと思う。

この学習意欲の高さは、学習者自身が体験したことや想像できる範囲のことなどを題材にして展開したテキスト教材であったから、学習者自身も授業に対して参加がしやすい状況ができたのではないかと思える。自分の体験したこと、そして、あれはどうだろうか、これはどうだろうかと思えることができる。学習者自ら100分という授業の中に溶け込むことができ、学習意欲が出たのではないだろうか。

次に、項目『(3)学習していて(楽しかったか)』については、「1. まったく楽しくなかった」と「2. あまり楽しくなかった」と解答した学習者の合計は、

延べ127名中7.1%であったのに対して、「4. わりあい楽しかった」と「5. たいへん楽しかった」と解答した学習者の合計は、延べ127名中67.7%という結果であった。これは、項目『(2) 学習意欲が』と同じように、学習者自身が体験したことや想像でき

る範囲などを題材として取り上げたので、次へ次へと学習者側から体験話しが出たり、想像を大きく膨らますことができ、楽しく授業を受けることができたのではないかと分析している。

項目『(4) 疲労は』は、「1. たいへん大きかった」

表1 アンケート調査結果

一斉授業プログラム		単純ばりの反力の計算(127人)		単鉄筋長方形ばりの計算(112人)	
項目	内容	回答数	比率	回答数	比率
(1) 学習内容は一般的に	1. すごく難しかった	0	0%	0	0%
	2. 少し難しかった	10	7.9%	7	6.3%
	3. ふう	28	22.0%	23	20.5%
	4. やさしかった	73	57.5%	55	49.1%
	5. たいへんやさしかった	16	12.6%	17	15.2%
(2) 学習意欲が	1. まったく引き起こされなかった	2	1.6%	1	0.9%
	2. あまり引き起こされなかった	7	5.5%	9	8.0%
	3. ふう	24	18.9%	27	24.1%
	4. だいぶ引き起こされた	75	59.1%	64	57.1%
	5. すごく引き起こされた	22	17.3%	11	9.8%
(3) 学習していて	1. まったく楽しくなかった	1	0.8%	0	0%
	2. あまり楽しくなかった	8	6.3%	9	8.0%
	3. ふう	32	25.2%	37	33.0%
	4. わりあい楽しかった	64	50.4%	48	42.9%
	5. たいへん楽しかった	22	17.3%	18	16.1%
(4) 疲労は	1. たいへん大きかった	0	0%	0	0%
	2. やや大きかった	5	3.9%	6	5.4%
	3. ふう	60	47.2%	57	50.9%
	4. あまりなかった	44	34.6%	36	32.1%
	5. まったくなかった	16	12.6%	13	11.6%
(5) 学習の進み方のテンポは	1. たいへん速かった	5	3.9%	3	2.7%
	2. かなり速かった	9	7.1%	4	3.6%
	3. ふう	54	42.5%	55	49.1%
	4. 少し遅かった	48	37.8%	35	31.3%
	5. たいへん遅かった	11	8.7%	15	13.4%
(6) 学習内容は	1. まったく理解できなかった	0	0%	1	0.9%
	2. 大部分理解できなかった	7	5.5%	5	4.5%
	3. ふう	28	22.2%	32	28.6%
	4. だいたい理解できた	74	58.3%	57	50.1%
	5. たいへんよく理解できた	17	13.4%	17	15.2%
(7) このような形式の授業を今後やることについて	1. 大反対	0	0%	0	0%
	2. 反対	3	2.4%	1	0.9%
	3. どちらともいえない	21	16.5%	21	18.8%
	4. 賛成	74	58.3%	58	51.8%
	5. 大賛成	29	22.8%	32	28.6%

と「2. やや大きかった」と解答した学習者の合計は、延べ127名中3.9%にすぎない。この疲労度の少なさは、先の項目で述べたように、学習意欲を引き出され、また楽しく授業に取り組むことができたことによって時間の経つのも忘れ夢中になってしまったためと考えられる。

項目『(5) 学習の進み方テンポは』は、第1回から第6回まで同じようなテンポで行ったつもりであったが少々バラツキがでた。しかし、「3. ぶつう」と「4. 少し遅い」と解答した学習者の合計は、延べ127名中80.3%の結果が出ている。力学の学習に関しては、この程度で良いのではないかと考えている。少しでも速いと感じたら、学習意欲が薄れる可能性が大きいからである。

項目『(7) このような形式の授業を今後やることについて』は、学習者全体の81.1%が賛成である。しかし、「1. 大反対」0.0%とまったくなく「2. 反対」はわずか2.4%だが、「3. どちらともいえない」は16.5%と、少し高いように思える。これは、毎年、高学歴者が3～5名程度おり、その数字が出たのではないだろうか。どちらにしても、このような一斉授業プログラムによる学習は、学習者にとって良い結果をもたらしたようだ。

次に『単鉄筋長方形ばりの計算(中立軸の計算) <引張力と圧縮力> <鉄筋の必要性>』のアンケート調査結果については、すべての項目において、多少上下はあるが、『単鉄筋ばりの反力の計算』とほぼ同じ結果といえる。

以上のように、アンケート結果を見るかぎり、学習効果が上がったのではないかと思っている。そして、2つの自作テキスト教材を使った実践の検討から、経験を取り上げた学習書にせよ、想像を取り上げた学習書にせよ、模型を使った学習書にせよ、いずれにしても学習者自ら授業に溶け込むことができたからこそ、良い結果が出たと言える。学習者が自らその授業に溶け込むことが学習意欲につながり、その学習意欲を引き出すことが今後の課題であることを考えると、テキスト教材作成が大きなポイントであると感ずる。

6. おわりに

自作テキスト教材(一斉授業プログラム)を使用した6年間の実践とその成果について報告してきたが、『単鉄筋ばりの反力の計算』も『単鉄筋長方形ばりの計算(中立軸の計算) <引張力と圧縮力> <鉄筋の必要性>』も思ったより生徒の反応が良かったのは、私にとって心強い結果になった。

はじめにも述べたように、私の思いのとおり、古いことわざの「百聞は一見にしかず」というのは学習者一人ひとりに興味と好奇心を高めるものであったと考えてよいだろう。そして、テキスト教材の内容・方法については、学習者自ら進んで参加しいろいろと提案をするようなものでなければならないと考えている。

また、技術校という現場で学習指導をしているわれわれが、学習者に即した学習書を作成することが、より良い学習効果をもたらすことは間違いないと分析する。良い一般的テキストはたくさんあるが、技術校という現場から見たテキストは、やはりわれわれ自ら作成することが、良い結果をもたらすということは確実にいえる。

今後、自作テキスト教材を作成するにあたっては、この6年間のデータと21年間の指導経験をもとにしたいと思っている。

問題点は、学習意欲を引き出すテキスト教材の作成である。経験とか想像とか模型などを使ったテキスト教材は、そう、ざらに降って湧くものではない。そのようなテキスト教材の作成は、困難が予想されるであろう。

授業のすべてにおいてこのようなテキスト教材を作成するにあたっては、手のつけられるところから、あるいは良いアイデアが浮かんだところからメモ等を取り、少しずつ作成しなければならないのが現状であるため、多大なる時間と多大なる人々の協力が必要である。

最後に、『学習者に合ったテキスト教材を』