

東北工業大学 正会員 ○ 秋田 宏

〃 〃 松山 正将

〃 〃 小島 三男

[1] まえがき

近年、教育の分野においてもコンピュータの進出は目覚ましいものがある。中でもCAIやCMIが代表的なものとして良く知られている。著者らは、それらと若干異なる用法を試み、47年以來実際の授業に用いてきた。すなわち、東北工業大学、土木工学科2年の構造力学演習において350人までの学生を対象とし、学生個々に全て異なる数値の計算問題を与えるものである。

全く単純な方法ではあるが、多数の学生を対象とし、しかもある程度個別的な指導が行なえるため、極めて効果的な演習となることが判った。その内容については、土木学会誌を始めとし何度か発表しているが、改めて概要を述べたい。

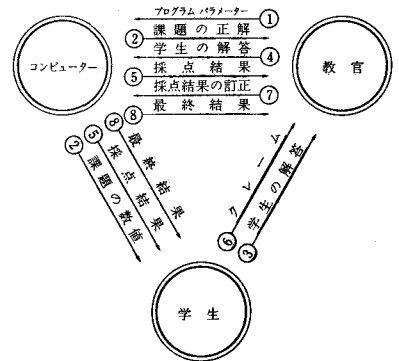


図-1 授業の流れ

[2] 演習の手順

この演習における、教官、学生、コンピュータの相互関係および授業の流れを図-1に示す。具体的な手順は以下のようである。

① 当該授業の1週間前

から、図-2のような数値をはり出し、あらかじめ学生達にひかえさせる。

② 当日は図-3のよう

な課題図を示し、各数

値が何を表わすか、答として何を求めるべきかを説明する。

③ 授業中には、学生同士の相談、参考書類の参照は全く自由とする。

④ 課題で要求した図面については教官が採点し、さらに学生達の答をカードにパンケしてコンピュータに採点させる。

⑤ 図-4のような採点結果をはり出すと同時に学生達の答案を返却し、クレームを受けつける。

⑥ クレームにより訂正したものを成績データとして収録する。

以上のサイクルを毎週実行し、前期、後期それぞれ10回の通算結果をそのまま科目の成績とする、テスト方式の演習である。

DAI 7 KAI 036 *** ENORYOKU ***								
MANTEN= 10TEN	ZU= 0TEN	DM= 6TEN	W= 3TEN	BM= 3TEN	SGM1= 3TEN	SGM2= 3TEN		
GAKUSEKI	CASE	D	H	T	R	C	P	
504101	7.0	35.0	40.0	4.0	0.	1.0	10.0	
504102	4.0	35.0	40.0	4.0	12.0	10.0	5.0	
504103	6.0	40.0	60.0	2.0	10.0	10.0	5.0	
504104	2.0	40.0	60.0	2.0	11.0	11.0	10.0	
504105	8.0	35.0	50.0	2.0	11.0	10.0	10.0	
504106	5.0	35.0	50.0	2.0	2.0	1.0	5.0	
504107	1.0	35.0	50.0	3.0	1.0	0.	10.0	
504108	7.0	30.0	40.0	3.0	0.	1.0	10.0	
504109	4.0	30.0	40.0	3.0	12.0	10.0	5.0	
504110	6.0	35.0	55.0	4.0	10.0	10.0	5.0	

図-2 あらかじめ掲示する数値

[3]長所および短所

この演習方法は、当初演習とかレポートで他人の解答をそのまま写したと思われるものがあまりにも多いことから、その対策として考えられたものである。ところが実際の授業に用いてみて、単に丸写しを防ぐという消極的な面よりも、自由に相談させながら解かせる、グループ学習による演習効果の向上という積極的な面を改めて認識することができた。すなわち、本法の長所は以下の点である。

- ① 学生達は他人の解答を意味も解らないままに写すことはできなくなり、解法を友人に聞いたとしても最小限自分で計算せざるを得ない。
- ② 自由に相談させることにより、学生達は互いに教えたり教えられたりしながら理解を深めることができる。
- ③ 友人の答を見ても、そのままでは自分の答が正しいかどうか判らないので、必然的に答の妥当性を判断することになる。
- ④ 具体的な数値が与えられるため、物理量の常識的な大きさあるいは単位の換算などを理解することができる。

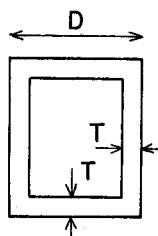
また、採点結果の整理、成績の分類などは全てコンピュータに処理させ、教官はその分の時間をより高度な教育のための準備にまわすことができる。

反面、短所としては、出題が数値計算に限られるため代数計算や概念としての理解度の評価がおろそかになることがあげられる。しかし、これらについては講義で重点を置くことにより、また演習においても課題の内容を工夫することにより十分補えるものと考えられる。

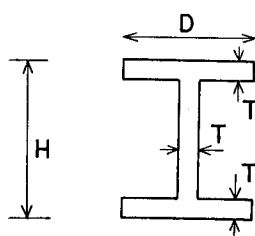
さらに、答だけにより機械的に採点するため、単なる計算間違いをした者と、解法を理解していない者との区別がつかない欠点がある。これについては、1つの課題中に設向を数個設けることと、図を描かせることにより補っている。ただし、機械的であっても採点した答案を毎週返却することは演習の効果を極めて大にし、また数100人の学生にも対処できるのはまさに本法なればこそである。

また、コンピュータによる採点という、いかにも機

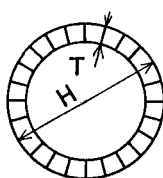
CASE 1.2



CASE 3.4



CASE 5.6



CASE 7.8

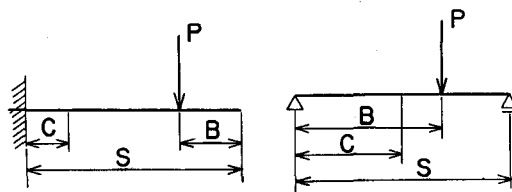
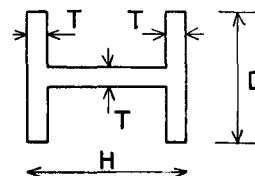


図-3 当日示す課題図

課題-036 図のような断面をした単純梁($S=20\text{m}$)と片持梁($S=5\text{m}$)がある。CASEの奇数番号は片持梁、偶数番号は単純梁である。次の値を求めよ。

- ① 断面2次モーメント
- ② 断面係数
- ③ C点の曲げモーメント
- ④ C点の縁応力(上縁)
- ⑤ C点の縁応力(下縁)

機械的印象を緩和するために、採点結果に対するフレームを受けつけている。フレームで多い例は「名前を書き忘れたらしく欠席扱いになっている。」とか、「もう1度検算してみたが私の答は合っている。コンピュータの答が間違っているのではないか。」というものである。後者の場合その原因は、

- ① 学生が最初に数値を写し違えたもの。

DAI 7 KAI HANTEN= 18 GOKEI= 150 036 *** ENDORYOKU ***														
CARD	GAKUSEKI	TEN	DM	TEN	H	TEN	BM	TEN	SGM1	TEN	SGM2	TEN	KFI	GOKEI KAI
187		0 58912,000	6	2945,600	3	-20,000	3	678,979	2	-478,979	2	18	145	7
107		0 14325,667	6	818,610	3	-15,000	3	1832,375	3	-1832,375	3	18	149	7
163		0 171529,750	6	6237,445	3	-40,000	3	641,288	3	-641,288	3	18	114	6
0		0 87728,115	0	3899,027	0	24,750	0	-634,774	0	634,774	0	18	119	7
184		0 134948,667	6	5997,719	3	50,000	3	-833,650	3	833,650	3	18	112	6
171		0 21559,000	6	1231,943	3	22,000	3	-1785,797	3	1785,797	3	17	123	7
175		0 266762,667	6	8892,089	3	45,000	3	-506,068	2	506,068	3	3	90	7
178		0 313632,000	0	10454,400	0	-10,000	3	95,654	0	-95,654	0	2	97	6
98		0 18224,000	0	1214,933	0	-15,000	2	1234,634	0	-1234,634	0	18	146	7
131		0 106418,500	6	3869,764	3	-40,000	3	1033,655	3	-1033,655	3			

図-4 コンピュータによる採点結果

CARD 欄がカードの位置、最初の TEN 欄は図面の得点、以下各設問の正解と得点を列記、KEI 欄がこの回の合計点、GOKEI 欄はこの回までの通算合計点、KAI 欄は出席回数。

- ② 学生が誤った理解をしていながら正しいと信じて入っているもの。
- ③ プログラム・ミスによるコンピュータの答の間違い。

などがある。この②の場合のように、クレームを通じて学生の理解の誤りを発見できることは教育上重要である。また教官と学生の接触が少ない大学においては、クレームそのものが貴重なコミュニケーションの場ともなる。

[4] 学生達の反応

教育に関する種々の評価を定量的に行なおうとする試みも少なからずなされているが、未だ困難な点も多い。著者らは以下のような学生達の反応から、定性的ではあるが本法の教育効果は大であると判断している。

まず、1週間前から課題の概要と各自の数値を掲示してあるために、学生達もそれぞれに課題を予想し準備して来るのが認められる。当日公表した内容が予想通りであると「バッチリ」とか、予想外であると「キタネー」などと騒ぐこともある。中には課題の内容が完全には予測できないので、数種類の課題を想定し全部計算した上で出席する者もいる。

次に授業中の議論は非常に活発で、教えたり教えられたり、「お前の場合はこの計算ではだめなんだ」などと比較したり、グループ学習の効果を十分発揮して

いるものと判断される。各自の答が全部異なるため、一般に学生達は自分の解答に自信が持てないようであり、特殊なケースに当たった者が周囲と比較するだけでは安心できず、条件の似た者を探しまわるといった光景も見受けられる。

[5] 技術上の諸点

図-3の課題について、各数値を変化させる範囲は表-1の通りである。すなわち、学生数350名を対象としながらも数値の組は総数で4320あり、この中からなるべく似た数値の課題にならないように選ぶ訳である。そのために独自の算式による疑似乱数を用いたが詳細は省略する。さらに課題の内容が現実的であるように、また計算の難易が極端に不公平にならないよ

表-1 数値の範囲

変数	変化する範囲	個数
CASE	1, 2, 3, ..., 8	8
D	30, 35, 40	3
H	40, 45, 50, 55, 60	5
T	2, 3, 4	3
B	1, 2, 3	3
C	1, 2	2
P	5, 10	2

$$\text{組合せ総数} = 8 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 2^2 = 4320$$

うに、不適当な数値の組を除く必要がある。

表-2 に現在までに製作、使用した課題を掲げる。実際に使用してみて、004のような1種類の梁、1種類の断面形で単に梁の寸法や荷重の位置を変えただけのものよりも、026のように2種類の梁、2種類の断面形を1つの課題に取り入れた方が良く、036のように4種類の断面であればさらに良い。学生達にとって多少不公平な面もあるが、全員が全く同じ考え方、同じ公式で解けてしまうよりも、少し条件の違うものを混せて比較、検討させる方がより演習効果が上がると考えられるのである。例えば前記クレームのように、単に友人の解法を真似ただけでは間違いとなるように課題を工夫しておいた方が、学生達の理解の不備を明らかに際だたせることができる。

[6] 将来計画

ここで述べた演習方法は、奥のところ目標としている教育システムの一部分に過ぎない。著者らは、マーク・カード・リーダーを導入して学生達の答をその場で読み込ませ、次の機能

① 採点結果を即時呈示する。

② 一度に複数の出題を行って能力別の指導をする。を加えることを計画している。その場合、いわゆるKR⁴⁾を速く手えることによる演習効果の能率的な向上が期待されることは明らかであろう。そのようなコンピュータの利用はCAIの機能を一部低下させたものとも考えられるが、逆にCAIにはない優れた特色を持っている。

オ1に本法は1台の端末装置で多数の学生を指導するために、コストの面からは圧倒的に有利であり、また学生1人当りの指導密度が小さい反面独特のグループ学習を取り入れている。オ2にプログラム学習を基としたCAIに対し、本法では発見学習⁵⁾を行なわせており、大学生に対しては後者の方が適当と判断されるからである。

[7] あとがき

著者らは、教育学とか教育工学を専門とする者では

ないが、教育の現場に籍を置く者として身近な問題を取り上げ、新しい教育方法の可能性を追求してみた。特に私学における多数の学生を対象とした演習には、コンピュータの適切な導入が極めて有効であることを実例をもって示し、合わせてその将来をも論ずることができた。大方の御諸賢の御批判、御意見をまわって、さらに優れた教育方法を追求したいと念願する次第である。

[8] 参考文献

- 1) 秋田他 多数の学生を対象とする演習の処理にコンピュータを活用した例 土木学会誌 59 6 1974 PP. 72-76
- 2) 秋田他 コンピュータによる構造力学演習の処理についての一手法 東北工業大学紀要 E5 1976
- 3) 秋田他 コンピュータ処理による多数の学生の演習 電子通信学会技術研究報告 ET75-11 1976
- 4) 藤田広一 教育情報工学概論 昭晃堂 コンピュータ基礎講座10 1975

表-2 課題一覧

製作番号	出 題 内 容	カード枚数
001	I, L, を用い張出梁の B, M, と S, F, を求める	124
002	ゲルバー梁で B, M, と S, F, を求める	153
003	単純梁で B, M, max とその位置を求める	135
004	I 型断面片持梁の繰応力を求める	118
005	間接荷重による B, M, と S, F, を求める (集中)	124
006	移動荷重による B, M, max とその荷重位置を求める	149
007	I, L, を用い単純梁の B, M, と S, F, を求める	130
008	箱型断面単純梁のたわみを求める	134
009	単純梁又は片持梁のたわみ曲線を求める	119
010	非対称な I 型又は箱型断面梁の繰応力を求める	127
011	箱型断面単純梁のたわみを求める	131
012	I, L, を用い片持梁の B, M, と S, F, を求める	125
013	箱型断面片持梁のたわみを求める	162
014	3 径間連続梁を解く	211
015	支点沈下のある 3 径間連続梁を解く (金支点)	215
016	〃 (1 支点)	184
017	箱型、又は I 型断面棒の座屈応力を求める	162
018	対称な 4 径間連続梁を解く	206
019	I 型又は箱型断面の繰を求める	149
020	単純トラスの部材力を求める	165
021	I, L, を用いて単純トラスの部材力を求める	378
022	単純トラスのたわみを求める	372
023	1 次不静定梁を解く	153
024	単純梁又は片持梁の B, M, と S, F, を求める	197
025	間接荷重による B, M, と S, F, を求める (合形)	233
026	I 型又は箱型断面、単純梁又は片持梁の繰応力を求める	127
027	円環断面片持梁のたわみを求める	120
028	仮想仕事法により種々の梁のたわみを求める	166
029	I, L, を用い種々の梁の B, M, と S, F, を求める	183
030	種々のトラスの部材力を求める	324
031	種々のトラスのたわみを求める	338
032	I, L, を用い張出梁の B, M, と S, F, を求める (改)	137
033	種々の断面、単純梁のたわみを求める	129
034	種々の断面、片持梁のたわみを求める	122
035	片持トラスの部材力を求める	199