

PSⅢ-1 C A Iシステムの土質工学教育への導入 ー圧縮と圧密を中心にしてー

広島大学工学部 正会員 ○吉國 洋
大阪市役所 正会員 梶山 佳晴
佛セコム 正会員 古川 巖
広島大学大学院 学生員 小松 康二

1. はじめに

大学における土木教育において、土質力学に割り振られている授業時間は、他の土木系力学科目、すなわち構造力学や水理学に比較してかなり少ない。これに対する合理的理由があるようにも思えず、多分に土質力学が構造力学から分科して以来、形成された習慣であろう。『土質工学の学校教育に対する要望』や『大学土質工学教育に関するアンケート調査報告書』に見られるところの土質工学教育に対する満足度の低さの理由のひとつとして、授業時間数の不足を上げることができると考えられる。そこで、コンピュータの支援を得てこの授業時間数の不足を補うことを試みた。言ってみれば、C A I『Computer Assisted Instruction』の土質工学教育への適用の試みである。ただ、ここではコンピュータ単独で土質工学教育を成就させようとするのではなく、あくまで授業の補足としてC A Iを考えた。そしてMSXパーソナルコンピュータを用いて圧縮と圧密を対象としたC A Iコースウェアを試作し、学生のモニター結果を参考にしながら現在、コースウェアの改良を行っている。ここではC A Iコースウェアの試作と改良の段階で浮かび上がってきた幾つかの問題を紹介したい。

2. 圧密教育の隘路

C A Iのコースウェアの試作において痛感したことはディスプレイの一画面ごとに単一の目的を持たさねばならないこと、その各画面をコンパイルさせてできたコースウェアは、全体として整合性を得ていなければならないことである。そこで、大学における圧密の平均的教育過程を見ると次のようである。

(1) 有効応力の概念（二相系の問題）

(2) 粘土の圧縮特性

①圧密曲線（ $e \sim \log p$ 曲線） ②攪乱の影響 ③ヒステリシス ④降伏、 P_c の決定法 ⑤圧縮指数

(3) 一次元圧密理論（Terzaghi）

①圧縮特性の近似の問題（線形弾性近似） ②圧密方程式の誘導 ③圧密方程式の解 ④漸増载荷の問題（解析解・Terzaghiの図式解法）

(4) 標準圧密試験法

①試験方法 ②解析法（ $\sqrt{t}$ 法、 $\log t$ 法） ③表示法（ m_v 、 e_v 、 k 、 C_c 、 P_c ）

(5) 三次元圧密

①バロンの圧密理論 ②ビオの圧密理論

(6) 二次圧密

(7) 実地盤の圧密沈下の計算法

①沈下量の計算 ②沈下過程の計算

この教育過程において（1）～（3）は比較的スムーズに進められるが、（4）の標準圧密試験法になると急にトーンが変わり、『今は何故と考えないでほしい。まあこうするもんだと納得して先に進もう。これはパンドラの箱なのだ。』と言わざるを得ない。この時点で詳しく説明をすれば混乱すると考えられるからである。

（5）の三次元圧密ではまた別途な問題がある。つまり、バロンとビオの圧密理論の様子が異なること。両理論の中に含まれる定数が異なることである。このようなものの説明を一般には積み残さねばならないのが現状であり、不透明感を生む原因の一つとも考えられる。

（6）の二次圧密は（2）の粘土の圧縮特性の説明の時、ほとんど触れることなしにすませたこともあってあ

まりに突然で、これまでの教育過程からはみ出した存在で学部教育の段階では無用かも知れない。

最後は(7)の实地盤の圧密沈下計算法の説明の問題である。ここでは、まず最終沈下量を計算し、それを圧密度を仲介にして圧密過程に分配する方法を説明する。その場合、最終沈下量を m_v 法、 C_c 法および e 法のいずれかを採用してもよいとする。しかし m_v 法は土の圧縮特性を線形弾性と見做し、 C_c 法と e 法は非線形弾性と見做している。一方圧密過程を規定する圧密理論は線形弾性に基づいているのだから、圧密沈下の計算はかなり異質なものを組合わせて使っていることになる。このあたりの不整合を初めて圧密を学ぶ学生に説明するのは容易ではないし、CAIのコースウェアにも組み込み難い問題である。

振り返って(1)～(7)の圧密の教育過程を眺めてみると、(4)の標準圧密試験法と(7)の圧密沈下の計算法は工学（設計法）であり、その他は純粋に力学の問題である。言ってみれば、圧密教育では、整然とした力学と経験に基づいて丸みを持たされた工学（設計法）が混然と教育されているため、理論の一貫性を保ち難い。

この点、土のせん断特性から支持力に至る教育過程においては、円形すべり面法のように胸を張って説明し難いものもあるが、全般としてみれば、モール・クーロンの破壊基準とすべり面上の釣合いを基本にした力学が大半であり、工学（設計法）との差がほとんどない。したがって、圧密の教育過程に比較すれば、論理の一貫性が保たれており、学生に納得させ易い。論理の一貫性という点で言えば、飽和透水の教育は完全で、数学的素養さえあれば、まぎれることがないように思える。逆に言えば、透水では力学だけを教育し、工学的部分を教育していないことにもよるのであろう。

図-1は土木学会、土構造物および基礎委員会が行った大学土質工学教育に関するアンケート調査結果の一部であり、設問『土質工学の中で学生が理解しにくい概念（あるいは用語）を難しいと思われる順に挙げてください（最大5つまで）』に対する回答分布である。

これをみると、学生は有効応力や二相系材料の力学の問題について圧密現象を理解し難いものに挙げている。圧密を理解し難いとする主たる理由は、先に指摘したように論理に一貫性がないことによるものと今のところ考えている。ただ、土質力学教育の中で、微分方程式によってメカニズムを表示するものは、透水と圧密であって、安定の問題にそれが少ない。これは土質力学固有の問題ではないが、理由の一つであるかも知れない。この点は、今後CAIによる達成度評価の結果をもとに判断したい。

以上の議論を総合してみると、結論的に、力学理論と設計理論（法）を完全に区別し、力学理論をマスターした後、設計理論

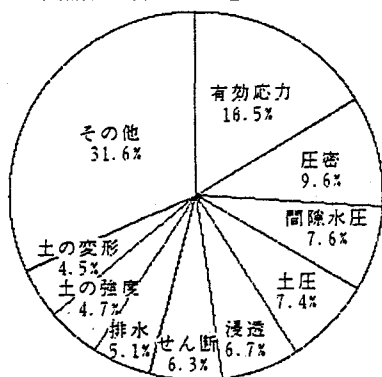


図-1 土質工学の中の難解概念

（法）なりその評価法をマスターするコースウェアにすることが望ましい。ひるがえて、この問題を構造工学や水工学について眺めてみると、学部教育では工学的評価や判断を伴う問題を明確に分離し、構造力学や水理学を先行してマスターさせている。土質工学教育も、やはり構造工学や水工学と同様に判断や評価の基礎的素養としての土質力学をまずマスターさせ、然る後に工学（実用）をマスターさせる姿にしたい。これをCAIに導入する上での基本的姿勢にした。

なおこの度はここで言うところの土質力学に注目して、コースウェアを試作した。作品は紙面で紹介するよりもポスターセッションと言うこともあって現物で紹介したい。

3. あとがき

現在の土質力学教育の補足として比較的軽い気持ちでCAIの導入を考え、とりあえず圧縮と圧密を中心にしてコースウェアの試作に入った。その試作過程で土質力学、特に圧密に関連して、力学の体系に今一つ整合性がなく、コースウェアを構築しにくいことが分った。それはとりも直さず、今日土質力学は難解であると言われる理由の一つであると感じられ、これまでの教育のあり方を強く反省する契機になった。