

4. 系統的教育に対する現状の反省と提案

--鉄筋コンクリートの系統的教育--

最後にコンクリート構造工学そのものの教育内容とその系統的な体系について考察し、具体的な教育シラバスを提示したい。

鉄筋コンクリートの教育上の問題としてよく話題になるのは、耐荷メカニズムの解明や部材解析の理解に重きを置くか、それとも、具体的な設計手法を優先させるか、ということがある。しかし、これらは全く相反するものではなく、表裏一体のものであることをまず認識すべきではないか。

そこで、これら両者の関連性を含めて体系的な教育体系の図化を試み、これを図 - 5 に示した。この体系図は、**序論** **部材解析** のブロックがコンクリート構造のメカニズムの把握やその解析・算定手法の記述などで構成されているのに対して、**設計概論** **設計手法** では設計理論と限界状態設計法の適用について触れる。ここで特に大切なことは、**部材解析** と **設計手法** が相互に関連を持ち、図中に示した破線のような関係にあるということである。

また、先の 2.2 で指摘した大型のハイテック構造については、図中 - 5 に示した先端構造にてその基本概念を学び、**構造設計例**において具体的な構造物(例えば、LNG タンク)を取り扱うものとする。この場合、弾性問題に限定しても相当高度なものになり、教授法や時間配分について容易ならざるものがあり、並行科目群との連携プレーが必要不可欠となる。

同図はまた、これだけのボリュームを例えば学部 3 年生の一年間 2 コマで消化し得るかどうかは別問題と考えている。また、各ブロックに割り当てる時間はもちろん同一ではなく、おそらく、**部材解析**のうち 1. 断面解析、2. 変形解析・ひび割れ挙動 で全体の 50%を費やしてしまうであろう。

ここで最も重要かつ授業の大半を占めるであろう、**部材解析** - 1,2 およびこれに対応する **設計手法** - 1,2 についてさらに考えてみたい。

- 1 は、曲げモーメントやせん断力などが作用したときの梁部材の耐荷機構や耐荷力の算定式を学ぶところである。鉄筋コンクリートと言えばまず思いつく代表的な領域である。この中で最大耐荷力に着目して、これを安全係数というフィルターを通して考えると、これは **部材解析** - 1 の終局限界状態での設計に該当する。終局限界状態では、材料強度 f_c 最大耐荷力 P_u という図式であり、設計断面力 M_u 材料の応答応力 f_t のような逆方向を辿ると今度は許容応力度設計法となる。このようなことも、**部材解析** - 1 と **設計手法** - 1 の関係から読み取ることができる。

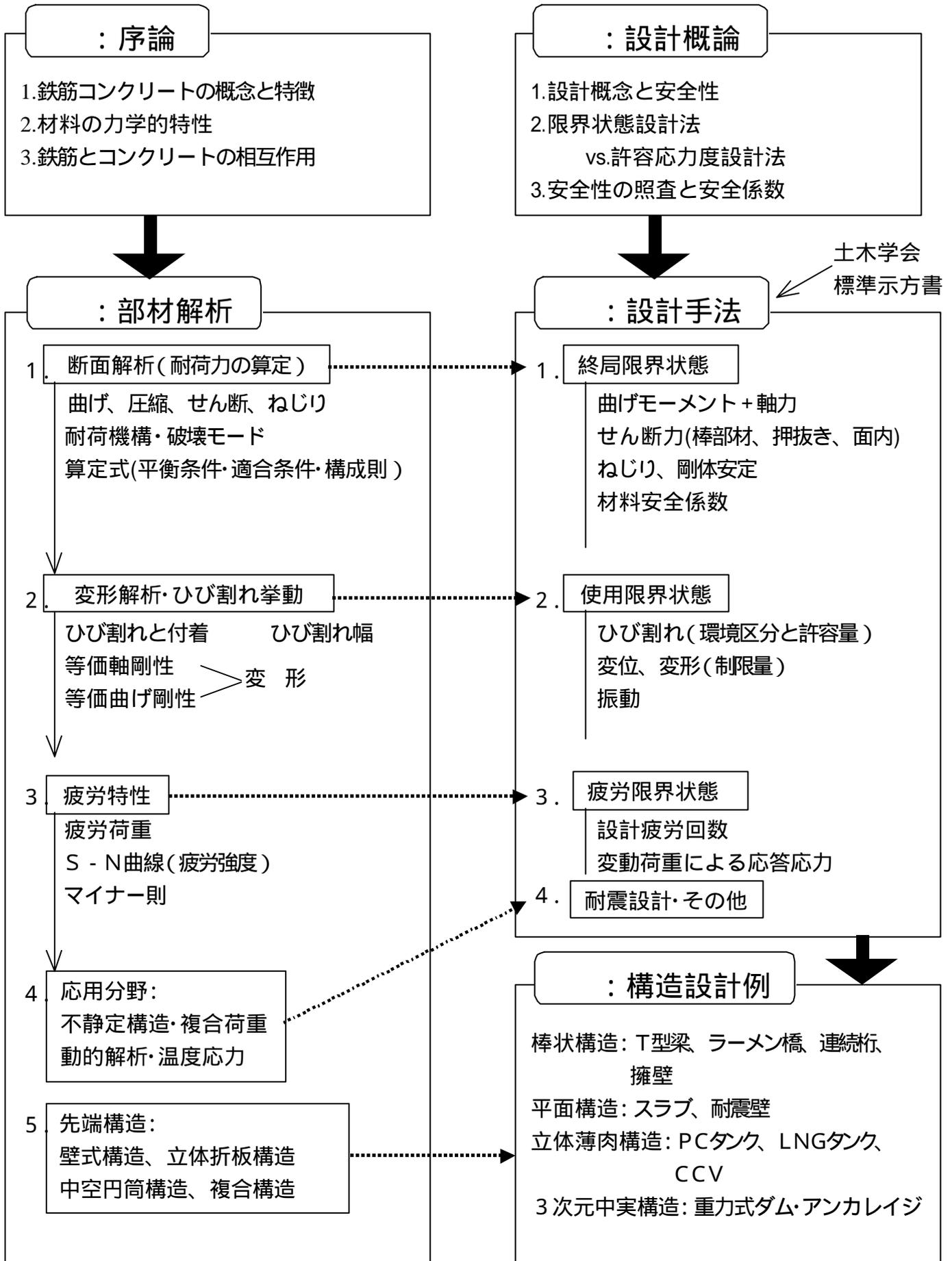


図 - 5 コンクリート構造の系統的教育に関する全体像

また、付け加えるのであれば、曲げ耐力の算定については、断面内のひずみの直線仮定や等価応力ブロックの採用により、きわめて整然と導出されるのに対して、せん断耐力のそれについては、何かはっきりせず、どうも教えにくいというのは多くの教員が感じていることであろう。

同じく、 - 2 では、変形とひび割れを対象とし、その具体的な量を解析モデルにて算定することを目的とする。一方、これらを制限値(許容値)という観点からみると、これは - 2 の使用限界状態の設計照査となる。

ここでは、終局限界状態と使用限界状態での仮定上の違いをきちんと説明することが大切であり、曲げ部材を例にとると、両限界状態が $M \sim$ 関係図のどこに位置するかを理解させることが肝要である。すなわち、終局限界状態では、圧縮コンクリートと鉄筋は極限状態(圧壊と降伏)を考え、引張コンクリートは全く無視される。これに対して、使用限界状態では、材料応力は線形領域でよいが、引張側コンクリートはひび割れ発生後を考え、適切な残存応力状態(ここでは、軟化と除荷が混在している)を考慮しなければならないことが最も難しいところである。すなわち、使用限界状態では、non-tension 仮定が、設計上必ずしも安全側にならないということである。

このような、いわゆる状態 と状態 の中間に位置する中途半端なところを考えなければならないのは、最もコンクリート構造らしい一面ではあるが、付着機構を含めた引張硬化(tension -stiffening) の概念とメカニズムをわかりやすく伝えるのは容易でない。ひび割れと付着機構を理論的に取扱いにくいことは、ひび割れ幅や等価剛性(Branson の曲げ剛性など)が、ほとんど実験式で記述されている事実から伺い知ることができ、曲げ理論やせん断理論に比べて見劣りがすると言わざるを得ない。使用限界状態や変形解析の重要性が見直されている昨今、教育現場からのニーズとしても早急に改善したいところである。

一方、疲労問題(- 3)および疲労限界状態(- 3)は、上記の終局強度、変形解析とは趣を異にし、その教え方に工夫が必要であることが、これまでの体験的実感である。すなわち、疲労限界状態の照査を、断面力(振幅)または疲労強度(応力振幅)で行うのか、繰り返し回数で行うのか、受講学生にはなかなか理解し難い。ここでは、適切な例題の出題が不可欠である(疲労だけに限らないが)。