

コラム 1 作用(Action)について

構造物、設備、機器が不調に至る原因にはいろいろなものがある。ここでは、土木学会構造物荷重指針連合小委員会¹⁾での議論を背景にして、「作用」に関する用語を説明する。

構造物荷重指針連合小委員会は、その名前が示すように、当初は「荷重」について指針を示すために設置されたものである。その背景には、構造物が壊れる原因は、「荷重が大きい」ことにある、といった漠然たる認識を背景とした名前付けであった。

しかし、荷重という用語では、表現しづらい構造物を破壊に至らしめる原因が存在することが認識されて、「作用」を中心とした指針とすることが合意された。たとえば、塩分による劣化や錆のような現象で、塩分の多寡を荷重と呼ぶにはふさわしくない。また、風圧は空気の圧力であるが、仮に構造物が存在しない場合に生ずる圧力は、明らかに構造物に与える風圧と異なるものである。つまり、構造物との相互作用に依存する。地震では、構造物に振動が生ずるが、外力が働いているわけではないので、地震荷重の「荷重」は存在しない、といったことである。このような議論の末、性能設計における土木構造物に対する作用の指針では、作用因子、作用、作用効果という区分を用いて性能設計体系を構築することを提案した²⁾。以下に、それらの用語の定義を述べる。

作用因子：構造物を破壊に至らしめる作用モデルの中で、構造物に依存しない主たる因子をいう。

たとえば、風作用における風速である。作用因子には、その大きさに関する確率モデルが与えられ、発生頻度が定義可能であるものとした。

作用：作用モデルともいうが、構造物に対する空間的な広がり等についてのモデルを有し、作用因子から適当な関数を用いてその強さを与える。

作用効果：構造物の応答解析などを通じて、構造物内のある点や断面における作用に応じた応答値をいう。この応答値は、限界状態の定義に使用される物理次元を有する。

以上のような定義に基づくと、津波についても、津波の作用、作用因子、作用効果が存在することになる。まず、作用因子は、設備や構造に依存しないものであるため、津波の深さや流速などが考えられる。続いて、津波作用の効果について定義する必要がある。これは、機器の種類によって異なるものである。基本的な電気機器のように、浸水すると故障するようなものは、機器と水面との距離が作用効果となるだろう。この場合、作用モデルでは、流速ではなく、深さ（高さ）が作用とされる。

一方、浸水ではなく、そこに含まれる砂などによって不調を来す回転する機械なども考えられるが、この場合の作用効果は、濁度みたいなものである。するとこの為の津波作用は、津波の深さだけでなく、砂を巻き上げるための流速や渦といったものを含めて、定義することになる。

- 1) 土木学会：性能設計における土木構造物に対する作用の指針，構造工学シリーズ 18，土木構造物荷重指針連合小委員会，2008.
- 2) 古田均・白木渡・本城勇介・佐藤尚次：技術展望-性能設計における作用指針-，土木学会論文集 F，Vol.65, No.4, 473-484, 2009.11.

コラム 2 : 設計と安全性照査

設計という用語は、安全性の確認行為をも含めて使用されることが多い。しかし、リスクに基づく安全性確認を鑑みると、これらの用語間の差異が不明確になり混乱を招く可能性が高く、リスク概念に不慣れた技術者や一般の国民から誤解を招くことがある。

そこで、これら関連用語の定義を行っておく。

1. 設計：ある目的を具体化する作業、制作・工事などに当たり、工費・敷地・材料および構造上の諸点などの計画を立て、図面その他の方式で明示することである¹⁾。
2. 照査：幾種類かの荷重、もしくはそれらの組み合わせ状態を構造物に与え、その応答を推定する。そのうえで、推定値が許容値に達していないことを確認することである。この際、照査のための応答推定は、確定論に基づいて行われる。

なお、照査を満足しない場合には、設計を修正する。

3. リスク算定：施設・構造・機器が、好ましくない状態（破壊状態、もしくは機能喪失状態などと呼ぶ）に陥る確率を算定し、その破壊状態によって生ずる損失価値と乗じた量、すなわちリスクを求めることである。ここで、好ましくない状態と好ましい状態（安全状態）との境界を限界状態と呼ぶ。よって、破壊確率もしくは機能喪失確率とは、限界状態を超える確率のことである。限界状態には、要素（構造物の部材や一連の電源設備の機器）の限界状態と要素の集合体であるシステム（構造物や一連の電源設備）の限界状態があり、後者に関連するものを、システム破壊確率、もしくはシステム機能喪失確率などと呼ぶ。

要素の限界状態は、照査に用いる許容値の根源となるものであるが、限界状態には安全係数に相当するものが含まれない。

一方、システム破壊確率は、照査の概念とは異なるものである。なぜならば、システムを構成する一部分の要素は限界状態を超えて破壊状態にあることを前提とするからである。

4. リスク評価：求められたリスクが、許される値（許容リスク）以下であることを確認することである。リスクには、損失価値が乗じられているが、許容リスクも許容破壊確率に損失価値を乗じたものとなるので、一般にリスク評価は、破壊確率が許容破壊確率より小さいことを確認することによって代用される。

ところで、シビアアクシデントマネジメントには、電源系統の切り替えなど、人為的なマネジメントを含んだリスク評価となる場合がある。よって、リスク評価が満足されない場合には、設計修正だけでなく、リスクマネジメントの修正によって対応することもある。

5. 参考までに、照査やリスク評価が正しく行われていることを確認する行為を審査と呼び、審査を行う機関を審査機関と呼ぶ。

1) 広辞苑