

信州大学工学部 正 員 〇 小 山 健

信州大学工学部 正 員 長 尚

信州大学工学部 学生員 川北司郎

1. まえがき.

構造物の設計に際して、安全性の確保の合理化がどのようになされるべきかが研究の興味の対象となつてから、かなりの時間的経過があつた。初期においては、信頼性理論に基づいて、構造物の破壊の確率を難しい計算を処理して求め、それを安全性の確保のための尺度としようとするものが主流を占めていた。それは現在においても、種々のその方面での研究対象の基本をなしている。しかしながら、最近における研究では過去にもまして、難しい計算から求めた破壊の確率あるいは安全性指標といったいわば単一の評価尺度を持つ量のみでは、構造物全体の安全性は論じられ得ないのではないかと考えられるようになってきている。¹⁾それは主として設計において内在する、確率論・統計論で処理可能な不確実さ及びそのみでは処理が困難な、人間が介在するあいまいさが混在する点にあるとされている。従つてこれらの取り扱いが今後の重要な研究テーマになってきているが、このような不確実さとあいまいさの処理について、何が本当に不確実なものでありまたあいまいなものであるかを、明確にしておく必要があるように思われる。漠然と、これは不確実、これはあいまいと考えられているものの中には、実はそうでないものがあるかも知れない。そこで本文では、設計に関係する不確実さとあいまいさの分類を試みることにする。そうすることで、ここでの分類の中にも不確実さとあいまいさが誤つて分類されているものまたは、不足のものがあるかも知れないことを指摘して貰ふと考えた。それが、今後の分類のための助力となることが期待されるからである。なお当然のことではあるが、時と共に、現在では不確実なものと考えられているものでも、確実なものへと変化する可能性はあると思われる。

2. 設計に際して不確実さ、不確実現象として考慮すべき代表的なもの.

ここでは、設計に際して不確実さ、不確実現象として考慮すべき代表的と思われる諸量を以下のよう分類することにする。

(1) 荷重 (イ) 死荷重：舗装厚の変化等の自然増加（減少）, (ロ) 活荷重（群衆荷重を除く）：自然増加、再現期間, (ハ) 群衆荷重：自然増加、集中度、箇所, (ニ) 地震：規模、発生地域、継続時間、性質、それに伴う諸現象（津波等）、頻度（再現期間）, (ホ) 風：最大風速、継続時間、方向、頻度, (ヘ) 雪：最大積雪深、地域、継続期間、頻度, (ト) 衝撃、衝突：対象構造物、箇所, (チ) 土圧：土質、地域、規模, (リ) 水圧：発生地域（地震に伴う）、日最大雨量, (ヌ) 以上の荷重組合せ：強さ、頻度、継続時間, (ル) 未知な荷重の発生（突発的荷重）, (ヲ) モデル化および荷重影響の算定。

(2) 強度 (イ) 強度推定モデルの妥当性, (ロ) 強度算定式の適応性, (ハ) 要素から構成される構造物全体の強さ, (ニ) 使用材料のばらつき, (ホ) 寸法、配筋、溶接等の製作誤差, (ヘ) 品質管理の精度, (ト) 施工管理状態、精度, (チ) クリープ、疲労等の強度減少要因の生起の有無, (リ) 過誤等。

(3) その他 (イ) クラック等の不良現象の発生箇所、程度、(ロ) 局部座屈等の不安定現象の発生箇所、程度、(ハ) 観測機器等の精度、信頼度、(ニ) 人事管理、教育レベルの程度、(ホ) 火災等の発生場所、等が不確実さ或いは不確実現象として考えられるものである。

3. あいまいさ或いはあいまいな現象として考慮すべき代表的なもの。

設計においてあいまいさの殆どは、人間の判断に起因すると考えても良いように思える。あいまいさの代表的なものを、以下のように大まかに分類して列挙する。

(1) 基準策定者 (団体) に関して: (イ) 例えば許容応力度、設計荷重の決め方、(ロ) 安全性、使用性等への認識程度、(ニ) 示方書の文章表現力、冗長性等、(ホ) 経済性への配慮程度

(2) 設計者又は施工者に関して: (イ) 経験、直感、好み、美観等、(ロ) 精度; どの程度であれば「精度が良い」と判断するのか? (ハ) 人事管理、教育レベル; 行き届いていたと誰が、どのように判断するのか? (ニ) 示方書の内容の読解力、(ホ) 安全性等への認識程度

(3) その他: (イ) 利用者のニーズに対する供給、適合度合等、(ロ) 投資効果、その満足度合等、(ニ) 設計者、施工者の名声あるいは不評等。

4. 処理に対する一考察。

設計において、不確実さあるいは不確実現象が問題となるのは、その生起が予測困難のみならず一度生起すると、個人の生命、財産または社会的・経済的に多大な損失をもたらす可能性が大きいかつ、あらゆるその生起の可能性に対して、機能を十分に果し得るような土木構造物を建造することは一般に不可能 (技術的面でなく) に近いと思われるからである。従って、限られた制約の中で「安全」あるいは「経済的」といったあいまいな判断で物を作らざるを得ない。このあいまいさの程度を減ずるためには、処理としては比較的単純なつまり、データさえ集まれば確率・統計論的に処理し易い (1) の荷重についての不確実さを明確にする他に、(2) の強度で挙げた、不確実さの中で特に人間のからむものをより明確にする必要がある。そのためには、筆者らのうちの一人が行おうとしている、過去における事故調査例における人間が絡んだ不確実さに起因すると思われる広範なデータ収集およびその分析をすること等が有力な一方法論と思われる。その分析結果を、例えばベイズ流にフィードバック・システムに取り込むこと等が考えられる。設計とはしよせん一般に言われるように、不確実下の決定をしなければならないものであり、工学とは応用力学ではなくマネジメントであるという点も納得できる。この決定のためには、種々の情報が利用されることになるが、この情報の処理に対して、あいまいな判断が入り込むのを防ぐことはできない。このようなあいまいさを、定性的に捉えることは可能ではあっても、定量的に捉えることは、甚だ困難であるように思える。勿論、方法論として全く無い訳ではない。例えば本質的にあいまいなものに対しては、ファジィ推論を利用出来るであろうし、不確実下のあいまいな決定に対しては、ファジィ・ベイズを利用し、ゆるい複数の決定方式を提示できれば可能かも知れない。また獲得情報量の意味でファジィ・エントロピー理論が利用出来るかも知れない。しかしながら、このような方法論の使用の妥当性についての判断もまた、意志決定者 (設計者、基準策定者、団体等) の確信の度合にかかっているのかも知れない。

【参考文献】 1) Blockly, D.: The nature of Structural Design and Safety, Elliswood, 1979.

2) Blockly, D.: Probability, Fuzziness and How Good is a Theory?, Univ. of Bristol, 18th, 1981.