

## A-I. 7「性能設計における作用・環境的影響指針」補足

【もともとは I 部 一般論に、「佐藤案」として書いたものを下敷きに、包括設計コード書式の本文に馴染まない部分をここに。】

本文解説に対する補足として、以下を記することとする。本指針は、土木構造物の性能設計の実現に向け、荷重ならびに作用ならびに環境的影響についての設計上の取扱いについて、設計者が自ら判断し、かつその判断の内容を説明性のある記述で示すための助けとなる材料を提示することである。

性能設計体系の中では、構造物への要求性能、それを脅かす各種の作用、荷重等の要因と、対応する限界状態等の設定全般にわたり、設計の意思決定主体に広範な自由度が許されている。これらは本来、一体として総合評価されるべきものであり、作用あるいは荷重のみについて、意思決定が「閉じた」形でできるのは、特殊な場合である。

しかし同時に、次の事実も踏まえる必要がある。「示方書」等の名のもとで技術者が慣れ親しんできた、従来の設計体系では、仕様規定として荷重、限界状態の設計用値や安全係数の多くが「天下りの」を与えられてきた。その中で、限界状態に関する部分は、多くの研究が学会等の場でも広くなされ、公表された成果を、独自の判断のための材料とすることが可能になっている。これは概ね 1980 年代以降、着実に成果が積み重ねられてきたものである。それに対し、荷重規定に関する部分は、基本的な考え方、準拠するデータともに、情報が不足してきたことを否めない。

よって、本指針は、このギャップを埋めるための「方向性」を明確にすることに、主たる意味合いがあるといえる。決して、従来の基準類に含まれる仕様規定的な荷重値提示の、代替物となることを目的とはしていない。環境的影響を含めた、構造物の目的・機能に対して負荷となる要因の代表的なものに対し、設計上の意思決定のために必要な基礎データと、このデータから設計用荷重（等）モデルを導出するためのいくつかの手順（手法）を集約、解説することが主たる目的である。この指針を受け皿として、さらにデータと安全性確保の考え方の網羅が進んではじめて、限界状態と対になる意思決定の体系が生まれるとご理解いただきたい。

本文の I-4、「作用に関する体系」は、従来の「荷重」という概念とはかなり隔たりがあると感じられる読者も多いかも知れない。そこで、あらためて、この概念を整理して、本指針の体系と比較してみることにしよう。

荷重 load あるいは負荷 burden への一般的な理解としては、

- ・ 設計のための力学計算における「負荷項」である。
- ・ そのため、「力」（あるいは単位長さ、単位面積当りの力）で表現される。
- ・ 多くは、重力に起因する力であって、鉛直下向きにかかるのが基本である。

というようなものである。温度変化、あるいは構造物内部における温度差の影響などは、本来力ではないのだが、不静定力や反力などの力の表現に置き換えて利用されることが多い。「温度荷重」という呼び方をされることは稀であるが、上記の一般理解のバリエーションとして、荷重の一部に位置づけられる。これらをまとめて本文 I. 2. 3 の (7) では「従来『荷重』といわれていたもの」を「力学的影響をもつ作用」と定義付けているのである。

また荷重効果 load effect, stress resultant あるいは応答 response は、

- ・ 断面力、応力のような力を含んだ次元のバリエーションの他、たわみ、振動、ひび割れなどの、様々な形態があるが、基本的には前記荷重を原因として引き起こされるものである。
- ・ 限界状態に対応する「抵抗」との比較(設計照査)はこの量において行うと理解される。

しばしば、荷重とは、構造物の特性とは関係なく発生、作用するものを、力学モデルに置換して負荷させ、それが構造解析によって、構造物の特性を反映させた形の荷重効果に変換される、という理解を受ける。橋の上を人や車が通るようなイメージである。これは自然な理解なのだが、従来型の枠組みにおいても、実際には一般性をもたない。地震・風・温度変化などを「設計荷重」にモデル化する際には、それによる荷重効果を想定し、それが「再現期間のような論理的裏付けで説明出来るような」あるいは「エンジニアリング・ジャッジメントで十分と判断されるような」大きな値になるように配慮し、それに対応するような荷重モデルを逆算して与えてきている。風荷重におけるガスト応答の係数や、最も古典的な耐震設計の方法である設計震度なども、この考え方である。震度法が修正震度法に進化した歴史の中で、この関係性は明確になってきている。構造物に作用する地震の性質が違うのではなく、構造物によって応答が異なる。それを静的な解析で表現できるように荷重のレベルにおいて差がつくようにしてあるだけなのである。道路橋活荷重においては、T荷重は車輛モデルとその輪重をそのまま力に置き換えたものであるが、L荷重は桁設計のために、支配的な要求性能と関係の深い曲げモーメントに着目して、このレベルで十分大きなフラクティルが確保できるように荷重モデルが作られている。曲げモーメントとせん断力で一部扱いが異なることも、荷重効果着目の現れである。ただ一般に、こうした処理のプロセスは、code writerの責任範囲となっていて、一般の設計技術者は、特に意識する必要がなかった。一方で、こうした操作は「特定の形式の構造物」を念頭において始めて成立する方法である。本指針が目指す汎用性の観点とは整合していないし、設計者の自主性を重んじる性能設計にふさわしいともいえない。性能設計への移行を意識するなら、こうした設計荷重と荷重効果の関係性についての正しい認識をもつことが、まず第一歩である。

こうした設計荷重と荷重効果の関係性は、例えば自動車の活荷重と、地震の作用ではまったく異なるし、風もまた異なる。それらを出来るだけ幅広く包括し、これまでの設計荷重を適切に位置づけて整理できるような体系を準備したものが、I. 4の枠組みなのである。

詳しくはII編の各論をご覧くださいこととなるが、例えば上記道路橋L活荷重は、「作用モデル」のところに位置づけてよいであろう。これに対し、近年の耐震設計では、伝統的な「作用モデル」(静的解析を前提とした震度法、修正震度法など)から、作用因子のレベルでの設計作用設定に移行しているといえる。本指針の枠組を理解することで、こうした対比が可能となると思われる。

性能設計においては、自ら独自の試験や調査に基づいて「作用因子」あるいはストレートに「作用効果」を示すことも出来る。さらに、既存のデータを準用することも、何らかの権威ある確率分布情報を活用することも、何らかの権威ある作用推定理論を用いることも、何らかの権威ある設計用荷重(作用)モデルを活用することも、あるいはこれら以外の方法に拠ることも、説明性の許す限りにおいて、すべて自由である。本指針では、これらのうちの特定の方法を前提とすることなく、設計者がおそれぞれの(多様な)必要性に応じた行った処理を適正に位置づけ、対して必要な情報が得られる形のもを目標としている。

#### A-I. 4 偶発作用の考え方(野津提案+本城メモ)

## 1.1. 基本方針（「範囲」も含んでしまう：佐藤案）

本城メモ(別紙・本日資料)へのコメント。

- ・ 既存国際標準の尊重ということもあり、基本的には Vrouwenvelder の整理に沿って論じるのがよいと考える。
- ・ 「低い生起確率」供用期間中に  $10^{-4}$  以下というのは、あまりこだわる必要はないと思われる。基本的には、「生起確率はよくわからない」「もしかしたら大きいかもしれない」ものであろう。後半の「影響が大きく、また持続時間が短い作用」というのは妥当なくくり」
- ・ 「特定されたもの(identified)と、特定されないもの(unidentified)」の議論はしてこなかった。基本的には、「信頼性の枠組みにのせず」「構造ロバストネスを要求する」ことを念頭においてきたから、我々の認識は後者。衝突作用を前者に挙げていることをどう考えるか。
- ・ (聞きかじり)波力は信頼性解析に乗りやすい…はずであったが、伊勢湾台風のデータを入れるか入れないかで、スペクトルが全く違ったものになる由。函館で防波堤の転倒あり。「変動作用的分布」+「偶発作用的分布」の合算による確率分布評価？(何でもそれやると「高くつく」)

また、「土木・建築にかかる設計の基本」では、「確率統計的手法による予測は困難であるが社会的に無視できない作用」としている。これは「行政規格として責任をちゃんともちなさいよ」というニュアンスを込めたつもりだが、この指針でも馴染むという受取り方をされている。解説文にこのニュアンスをいれていただいてもよい。

【参考；おさらい 031129までの論議のまとめ】

- ・ 偶発作用は、もともと「よくわからないもの」というニュアンスをもって導入された。
- ・ しかし、文献を調べると、米国における構造物の破壊事例の約60%は、橋脚への船の衝突など、「偶発作用」に分類せざるを得ない原因で起こっている(松島説)。
- ・ 文字通り、accidental actions=事故的作用 と考えることも出来る。ロックシェッドへの落石、砂防ダムへの土石流、上記衝突、飛来物、爆発など、この分類にあてはまる。
- ・ 「稀」であるかどうかも含め、頻度についての議論は成り立ちそうにない(大数の法則で出来るものもあるかも知れないというコメントあり) <佐藤・蘆蓄の後注：保険の対象として評価する必要がある場合もある、火災など、大数の法則が適用出来るような場合もあるが、そうもいかない場合もある。過去保険料率算定会の方から伺った話では、例えば「人工衛星に事故保険をかける」ような場合でも、とにかく理屈をくっつけて料率を出すようであるが、発注・受注双方が「主観的に」納得するような数字をひねり出す必要があるようである。「気合の世界」の部分もあるとか。人工衛星の話聞いたときには、30%とか50%とか言っておられましたね=98年第5回信頼性設計技術WS。統計数字で論理的に数字が決まるところばかりで勝負するのを「ゲルマン型保険」体系といい、未経験なことへの「気合の」チャレンジ{出たとこ勝負ともいうが}の料率決めを含むものを「地中海・ラテン型保険」体系というそうである。保険業の成立は大航海時代に端を発するのであり、原型は後者。火災保険と生命保険に前者が用いられるようになり、総取引量としては、後者はマイナーとなった。>
- ・ 落石や爆発などは、「確率」や「頻度」は抜きにして、現地の状況を勘案して「シナリオ」を提示して決めることになる。そのシナリオが説得力がある(極端に非現実的でない)ことだけが求められる。
- ・ 地震作用の「シナリオ化」も、それと同様のニュアンスでとらえることも、そう不自然ではない。
- ・ <佐藤・後注：要するに「説明性」「説得力」であり、前記「料率=供用期間中の保険金支払い事案の期待発生確率」を「説得力をもたせつつ」「気合で」決める(通す)ことにも通じる文脈>
- ・ ただ、地震については、「データがない」だけで、本質的にはランダム事象であるとも考えられる。その部分を割切って、単純に偶発作用と分類していいかという疑問である(古田・本城説)。
- ・ 「データがない」ことは、かなり本質的(澤田・野津説)。
- ・ 内陸地震は偶発とせざるを得ないとしても、海洋型、特に東海地震などについては、「発生確率1に近い」変動作用と整理すべきではないか(本城説)

- ・ この分類の議論は、荷重組合せのところで意味をもってくるが、仮に変動作用と認識していたとしても、長い再現期間のものには、実質的には偶発作用的扱いをせざるを得ないから、実務的には割切って扱うのでいいのでは（長尾説、金説もこれに近いか）
- ・ 双方の主張に大きな隔たりがあるわけではない。偶発作用の中に「純然たる事故、シナリオ的に扱わざるを得ない」グループと、「隠された変動性、確率モデルを有する」グループ（地震）があって、後者をどういう扱いにするか、というところで分かれていると理解される。
- ・ 「実質的には偶発作用的扱いをせざるを得ない」ことには、ほぼ一致をみていると思われるが、最初に「偶発」と解釈を固定してしまっただけで、その理解が一人歩きすることは、学問体系として適切ではないのではないか。「本質的には『変動』だが、当面偶発としての扱いをする」というスタート地点がいいのではないかと佐藤・後注：本城説をこう表現してよいかと考えました。そのため会議では「偶発」の中に二つの小分類を設けるような整理をしましたが、本城説にニュアンスを近づけるなら、「変動」の中に「当面偶発の扱いをするグループ」の小分類を設けて、そちらに入れる整理もあったかも知れません

## II. 1 基本方針

別紙（各種作用の整理）に、I. 4で示した作用に関する体系を、個々の作用ごとに整理したものを示す。

次章以降の各論では、可能な限りにおいて、I編の編集方針；Code PLATFORM ver.1への整合化を考慮した記述とすることとした。しかし、分野によっては[REQ]と[REC]の区別が明確にはつけ難いものがあるなどの事情があり、必ずしもこの方針を徹底出来てはいない。

【I. 4に説明されてしまっているのですが、ここに書くことは多くない。作用ごとの整理をまとめた表だけで十分では？この表は、最後に総括として示す方法もある。】

## II. 2 固定(死)作用

(作業中です)

### A-I. 5 国際設計指針・基準等における荷重・作用の現状

ISO/TC98の各WGのことに触れる。Eurocode 1も。

- ・ 他はいい？
- ・ 荷重・作用以外の、ISO2394（となればEurocode 0も）、その他TC98の枠組みなども説明が必要？（※code for codewritersと、一般の設計者用荷重・作用指針の違いの説明は？）
- ・ どこまで詳しく？

(以下作業中です)