

土木学会構造物荷重指針連合小委員会

本城目次構成案に対する具体的記述部分挿入(たたき台)

本城先生 目次案(2003/10/11 11/28 修正)

本論

部 一般論

1. 基本方針 目的
2. 目的と範囲 基本方針
 - 2.1. 目的
 - 2.2. 範囲
 - 2.2.1. 性能設計と作用
 - 2.2.2. 荷重(作用)因子
3. 作用・環境的影響の分類と特性値
 - 3.1. 作用
 - 3.1.1. 永続作用
 - 3.1.1.1. 定義
 - 3.1.1.2. 記述形式
 - 3.1.2. 変動作用
 - 3.1.2.1. 定義(静的、動的作用の議論必要)
 - 3.1.2.2. 記述形式
 - 3.1.3. 偶発作用
 - 3.1.3.1. 定義
 - 3.1.3.2. 記述形式
 - 3.2. 環境的影響 環境作用(?) 用語はこうなりそう。どこに置くか
4. 作用・環境的影響の組み合わせ
5. 用語の定義

部 各論

1. 基本方針
2. 死(固定)作用
3. (活荷重)
4. 風作用
5. 地震作用
6. 雪作用
7. 温度作用
8. 波浪および流体による作用
9. 地盤作用(geotechnical actions)
10. 衝撃作用
11. 環境的影響 環境作用(?)

付録

- 「性能設計における作用・環境的影響指針」補足説明
- 国際設計指針・基準等における荷重・作用の現状

- 国内設計指針・基準等における荷重・作用の現状
- 「荷重（作用）因子」について
 - 荷重（作用）因子の説明
 - 荷重（作用）因子と設計に用いる作用の特性値？
- 統計的手法による作用モデルの構築
- 信頼性理論に基づく作用組み合わせ
- 部分係数法を用いる場合の部分係数の決定方法（具体例を含む）
- 偶発作用の考え方（野津提案）
- 各作用のリンク先、データベース等の紹介
- 各作用別の補足説明（積極的な Recommendation を歓迎）

本論の構成の議論に、各作用の代表者が入り、ある程度の合意が得られてから、各論の作業に入るのがよい。

部 一般論

1. 目的（佐藤案：「目的」が先の方がよい）

本荷重指針作成の目的は、次の通りである。

【佐藤案】

土木構造物の性能設計の実現に向け、荷重ならびに作用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。従来の設計体系で仕様規定として「天降り的に」与えられてきた荷重、限界状態の設計用値や安全係数の中でも、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認めない。

よって、本荷重指針は、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。環境作用（環境の影響）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。基本的に最終的な荷重（本指針で定義するところでは「設計用荷重モデル」）は、当該構造物の事業主体／所有者／所轄行政機関等が定めるものであり、このような一般的な基準でこれらを特定することはできない。

本指針は、同時に、ISO2394をはじめとする、国際標準に示される構造物の信頼性確保の考え方に準拠する設計法の提示も、目標の一部とする。欧州規格 Eurocode との対比でいえば、本指針は Eurocode 1 に当たるものである。Eurocode 0（あるいは ISO2394）に対応する国内指針との整合性も意識されている。

この意味で、本指針の名称は従来の設計基準類との対応性を意識して「荷重」という用語を用いている（注：変わるかもしれない）が、文中ではこれら国際標準での用語に配慮して「作用」も多く用いている。また「荷重主因子」という用語も出てくる。これらについての説明は後の部分をご覧いただきたい。

2. 基本方針（と範囲）

2.1. 基本方針（「範囲」も含んでしまう：佐藤案）

本指針では、土木構造物に対する汎用的な荷重・作用の扱いを与えることを目標としている。扱いの汎用化に際し、従来荷重規定の範疇に含まれる概念が、構造物に作用する内的・外的要因と、構造物に生じる応答の、二段階の範囲に広がりをもっていったことに注意する必要がある。前者の「内的・外的要因」は、構造物とは独立なものと考えてよく、本指針では、これらを「荷重（作用）主因子」と呼ぶことにする。後者の応答は構造物の力学的な特性を強く反映している。

従来から用いられてきた設計「荷重」という概念は、ともすると、前者の「荷重（作用）主因子」であると理解されがちである。しかし、実際の基準策定に際しては、想定する構造物の主要な限界状態に対応する応答を考え、その極大値（あるいは確率的手法を用

いる場合には、上側フラクティル値)がカバーされるように、単純化された力のモデルが設定されてきた。本指針では、これらを「設計用荷重(作用)モデル」と呼ぶことにする。実用面からは、設計用荷重(作用)モデルを設計者に提示する従来の方法は、わかりやすいものである。しかしこれは「特定の形式の構造物」を念頭においてはじめて成立する方法であり、本指針が目指す汎用性の観点とは必ずしも整合していない。

本荷重指針が、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していないことは前章にも述べた通りである。性能設計においては、自ら独自の試験や調査に基づいて「荷重(作用)主因子」を示すことも、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、何らかの権威ある荷重(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。よって、本荷重指針では、これらのうちの特定の方法を前提とすることなく、設計者の多様な必要性に応じて、情報が得られる形のもを目標としている。

より具体的な方針としては、

- (1) 従来混同されがちであった「荷重(作用)主因子」と「設計用荷重(作用)モデル」の概念を区別する。ただし指針としての簡潔性の観点から、これらの概念の詳細な説明は付録にて扱う。
- (2) 第 部一般論においては、基本的な概念の導入、用語の定義、荷重(作用)を特徴づけるいくつかの要素についての、解説を含む導入を行う。詳細な解説は付録に位置づけるのは(1)と同様である。
- (3) 第 部各論においては、土木構造物における主要な荷重・作用について記述する。
- (4) 第 部一般論では、荷重(作用)を特徴づける要素として、供用期間中の変動性、静的・動的の区別などを取上げる。これは性能設計体系における共通の基本を目指すものであり、特定の荷重(作用)の扱い方を推奨するものではない。
- (5) 第 部各論においては、参考に供するため、各荷重(作用)に対して現在使用可能なデータベース、あるいは権威ある(すでに定着している?)確率分布情報、権威ある荷重(作用)推定理論などを紹介していく。また、データ等に基づく設計用値や荷重係数の算出方法などの例、種々の荷重の荷重因子から、代表的な設計用荷重モデルを導出する方法の整理の例も、実用的に有益と思われる範囲で付録に記載する。これらもまた、性能設計体系への対応を意図し、特定の荷重(作用)の扱い方を推奨するものではない。
- (6) 本指針の目的にかかわることであるが、第 部各論におけるデータベースは、各方面の研究成果を反映させて、常時改良することを前提とする。そのため*** (まだ書けず)
- (7) 性能設計体系の中で、構造物への負荷として重要な位置を占める「環境(の影響, 作用)」を力学的影響をもつ荷重(作用)と同列に扱う

香月案の「範囲」の議論の「性能マトリクス」への言及は省略

「ある特定の荷重(作用)に対する構造物の要求性能を考える上で、荷重(作用)の頻度や大きさに応じた、いくつかの段階の限界状態を想定することが望ましい場合がある(被害コントロール等の観点で)。この場合、要求性能を「性能マトリクス」として表現するのがひとつの方法である。」

といった記述を、永続・変動・偶発荷重(作用)の分類のところで論じてはどうか

【佐藤案： ほぼ = 香月案】

2.2.1. 荷重(作用)主因子

本指針では、次の2つの言葉を厳密に使い分けているので、その定義を明確にしておく

【荷重主因子】

土木構造物荷重指針で取り扱う設計荷重算定のための主因子となる物理量であり、~~土木構造物荷重指針では、その確率分布モデルが与えられる。~~たとえば、地震荷重では、最大加速度であり、風荷重では、最大瞬間風速等である。

【設計用荷重モデル】

荷重効果を算定するために構造物に作用させる荷重である。その内容は、安全性照査のための限界状態に適切に対応させるために構造物に作用させる分布形状などのモデル化が行われている。たとえば、橋梁に作用する分布活荷重(L荷重)は、その作用形状は実在しない理想化された分布形状が与えられており、桁に生ずる弾性限界状態の最悪荷重状態を算定するためのモデルである

3. 作用・環境的影響の分類と特性値

3.1. 作用

3.1.1 永続作用

3.1.1.1 定義

永続荷重は、基準期間を通して連続的に作用する傾向のあるものであり、その大きさの経時的変化は、その平均値に比較して無視できるもの、または変動が一方的で限界値となっているものである。

3.1.1.2 記述形式

3.1.2. 変動作用

3.2.2.1 定義(静的、動的作用の議論必要)

変動荷重は、平均値に関してその大きさの経時的変化が無視できないもの、あるいは単調ではないものである。変動荷重は、時間あるいは空間のランダムあるいは非ランダムな関数で記述でき、極値の確率モデルは基準期間に常に対応していなければならない。

3.2.2.2 記述形式

3.1.3. 偶発作用

3.1.3.1. 定義

偶発荷重は、基準期間内には構造物に対して大きな値で、稀な荷重である。

【佐藤案】

「土木建築の基本」の定義に支持があるなら、採用して欲しい。

【佐藤案 031129 本文下書きでなく、参照用のまとめ】

11.28の論議をまとめると、次のようになると思われる。

- ・ 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ど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{出たところ勝負ともいうが}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）
- ・ 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ていて、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>

この「まとめ」の最後の方を、解説的な記述のたたき台に利用することを検討中。

3.1.3.2. 記述形式

【佐藤案】

以下は考慮中です。

- ・ 環境的影響を IS02394 のように上記三分類と独立させるか、永続作用の一種として扱うか。
- ・ 用語も「環境的影響」とするか「環境作用」とするか（ 11/28 議論では「環境作用」が優勢か）
 - 11.28 の議論では、「構造物が環境に対して加害者になる」ニュアンスの誤解を受けないためにも（IS02394 はそういう意味も含むのかも知れない）、「環境作用」（＝環境が構造物に対して加害者になる）とする案への支持が大。
- ・ 荷重（作用）主因子が、構造とは独立といいつつも、基本的に「大きな値をとるほど、構造物への負荷が大きくなり、その影響が無視できない」ものを扱うのが基本線。
- ・ 静的・動的作用の分類整理の項も「3 .」に加える予定だが、動的作用の場合、この上の性質をもつ特性を、どれだけ抽出するのが適切か？（PGA,PGV,エネルギー,継続時間,周波数特性,位相特性...応答スペクトルまでいくと、荷重主因子からは離れるが）

こういったことを、議論を反映させて書いていきたい。

「動的作用」のたたき台を誰に書いていただくか。

【香月案】

3.2. 環境的影響

環境的影響は、力学的、物理的、化学的あるいは生物学的特性があり、構造材料を劣化させる。そして、構造物の安全性や使用性に悪影響を及ぼす。環境的影響は、荷重と多くの点で類似性があり、荷重と同じように、特に時間的変動性に関して、分類される。このように環境的影響においても、永続、変動、偶発といった分類が可能である。

永続的影響の例としては、海水中の塩化物がコンクリートに与える化学的作用がある。湿気が木材耐力に与える作用は変動影響の一例である。環境的影響は材料に強く依存し、個々の材料の種類により定められなければならない。環境的影響は数値的に表現されるべきであり、特定な材料への効果を表わすモデルが設定できる場合もある。そのような場合には、材料の品質低下は、異なる時間経過後、計算により推定できる。たとえば、鉄筋の被りコンクリートの中酸化などがある

以下【白木案】

4 . 作用・環境的影響の組み合わせ

本指針で規定される作用を用いて各種構造物を設計する場合、構造物の要求性能に対して設定される限界状態（通常使用および終局限界状態）に関連した主要な作用を定め、規定された基準期間においてそれらの組み合わせを考えることになる。

使用する設計基準が一定の信頼性レベル（目標信頼性指標あるいは許容破壊確率）を確保するように規定されている場合は、確率論的組み合わせ解析を行う必要がある。しかし、このような解析を個々の構造物を設計するたびに実施するのは困難な作業で実用的ではない。そこで、Eurocodes 等では、予め代表的な構造物を想定して、設定された限界状態ごとに関連する作用の確率論的組み合わせ解析を実施し、関連する作用によって導出される設計用荷重を設計用荷重の基準値に組み合わせを考慮した荷重係数と呼ばれる係数をかける形で規定している。本指針は、このような確率論的組み合わせ解析に対応できるように作用のモデル化を行っている。

この他、経験的・先験的に各限界状態における荷重組み合わせを行う方法がある。この方法は、従来から行われている方法で、対象とする構造物や限界状態において「主作用」

と「従作用」を定め、対象としている限界状態において「主作用」が極値（非常時の値）をとる場合を考えて設計用荷重を設定し、それに「従作用」の任意時点の値（常時の値）を組み合わせる方法である。その主作用状態に付加して他の作用をどのように組み合わせるかについても、荷重効果の確率モデルを用いて荷重組み合わせ解析を確率論的に行う必要がある。例えば、極めて稀な地震荷重に対する限界状態のチェックを行う際に、同時に数百年に一度の積雪荷重が作用している可能性は無視し得るほどに小さいことを表現するための処置である。作用区分に定義される永続作用は、時間変動を伴わないものであるため、「主作用」と同時に作用させる必要があり、その際には、作用低減は考慮しない。しかし、変動作用の「従作用」については、超過確率が大きい低い荷重状態を設定する。

Eurocodes 等で一般的にも用いられる作用組み合わせの手法としては、Borges-Cstanheta 荷重モデルに Turkstra 則を適用する手法がある。その詳細は、付録で示す。

5 . 用語の定義

ここでは、本指針で示す作用主因子のサンプリングおよび使用法の基礎となる性能設計法および【変動作用に対する】統計処理等の分野の関連技術用語について、定義し解説する。

【作用主因子】

本指針で取り扱う設計用荷重算定のための作用の主因子となる物理量であり、~~本指針では、その確率分布モデルが与えられる。~~たとえば、地震荷重では、最大加速度であり、風荷重では、最大瞬間風速等である。

【設計用荷重モデル】

荷重効果を算定するために構造物に作用させる荷重である。その内容は、安全性照査のための限界状態に適切に対応させるために構造物に作用させる分布形状などのモデル化が行われている。たとえば、橋梁に作用する分布活荷重（L 荷重）は、その作用形状は実在しない理想化された分布形状が与えられており、桁に生ずる弾性限界状態の最悪荷重状態を算定するためのモデルである。

【荷重効果】

設計用荷重を構造解析モデルに与えて得られる応答値であり、限界状態の定義に基づいて、応力、ひずみ、断面力、部材変形等がある。

【作用】

作用とは、構造物に作用している集中あるいは分布した力学的な力の集合（直接作用）をいう。

【間接作用】

構造物内に生じる変形や強制変形の原因になるものをいう。現行設計法では、「影響」という用語が用いられている。つまり、クリープの影響、乾燥収縮の影響、地盤変動の影響、支点移動の影響、地震の影響、温度変化の影響などにより構造物に力が作用する場合である。

【環境作用】

力学的、化学的あるいは生化学的に構造材料を劣化させるなど、安全性や使用性に悪影響を及ぼす要因となるものをいう。例えば、湿度、塩分、酸などがある。

【変動作用主因子の確率量基本値】

本指針では、【変動作用と分類された】作用の主因子を確率モデル化する【場合には】~~が~~その確率モデル化する物理量を確率量基本値という。

【主荷重】

構造物の限界状態において支配的となる荷重を主荷重という。

【従荷重】

構造物の限界状態において支配的となる荷重作用に付加して組み合わせられる荷重を従荷重という。