

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
 - 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
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

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「天下一りの」を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。

【香月案・目的】

2.1 目的

本「荷重指針」は、土木構造物の荷重を設定するための基礎データと、荷重データから設計用荷重モデルを導出するためのいくつかの手順（手法）を集約、解説したものである。

本指針では、特定の設計用荷重モデルを特に指定しない。この理由は次の通りである

- (1) 本指針が、「性能設計」の考え方に基いているからである。性能設計では、設計にける相当程度の自由度が許されるので、設計者が荷重データの共有化を計り、当面の目的に応じた荷重の設定を行うことができるようにすることが、求められている。
- (2) 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。

そもそも設計において、構造物の耐力と、これに作用する外力は、一対のものであって、の両者に十分な情報がなければ、合理的な設計を行うことはできない。土木構造物に関する我が国の状況は、構造物の耐力に関しては多くの詳細な研究やデータが存在し研究も活発であるのに対し、荷重側の情報の整備や、その適切な処理方法については、その成果が十分に一般設計者に周知されていない。この反省にたつて、本荷重指針は企画された。

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・基本方針】

- (1) 性能設計のコンセプトに立ち、性能マトリックスの荷重に関する部分を扱う。性能設計の全体の枠組みの設定は、別に定めた包括設計コードに示す。(本コードは、Eurocode 1に当たる。Eurocode 0は、他のコードで補う)。
- (2) 本荷重指針は、特定の設計用荷重モデルを想定しない。むしろ、荷重に関する種々の情報(データとその処理方法を含む)を集約、共有化することをめざす。これは、性能設計では、設計者が耐力の算定で自由度を持つのとおなじように、荷重の設定についても自由度を持つという基本コンセプトによる。
- (3) 本指針では、荷重因子に関するデータの共有化を目的とする。荷重因子から導出される種々の設計用荷重モデルについては、その幾つかの代表的な手順や手法は示すものの、それらのある特定のものを本指針の推奨法とするようなことはしない。
- (4) 本荷重指針は、つぎの内容を含む：
 - ・ 荷重の定義と分類
 - ・ 荷重組み合わせの基本的考え方の整理
 - ・ 種々の荷重因子に関する、代表的なデータベースの提供
 - ・ 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と紹介
 - ・ 統計的手法を含む、一般的な荷重データの整理方法
- (5) 種々の荷重因子に関する、データベースの構築は、本指針の大きな部分を占め、将来的には、柔軟なデータ更新システムを構築し、研究や関連機関により得られたデータが指針の中に継続的に蓄積、集約できるように工夫したい。

【佐藤案】

香月案 の「範囲」の議論の「性能マトリックス」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「性能マトリックス」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)の分類のところでも論じてはどうか

【香月案】

2.2. 範囲

2.2.1. 性能設計と作用

本荷重指針は、性能設計の立場に立つ。従って、構造物に対する最終的な要求性能は、性能マトリックスの形で与えられることを想定している。性能マトリックスでは、構造物に対する要求性能は、荷重の発生頻度に対応して指定される大きさを示す縦軸と、構造物の限界状態を横軸として、構造物の重要度に応じてその要求性能を指定する。この場合、要求性能の達成度を、信頼度で表記する場合もある。例えば、「この構造物は、500年再現期間を持つ地震動に対して、修復限界状態を(1- α)%の確率で満足するように設計する」と記述される。

本荷重指針は、この性能マトリックスの縦軸にあたる、「荷重の大きさと頻度(想定できる最大荷重の推定を含む)」に関わる情報の集約と共有を目指している。

【佐藤案： ほぼ = 香月案】

2.2.2. 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。

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
- ・ 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。

【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

4. 作用・環境的影響の組み合わせ

設計においては、評価すべき限界状態の主荷重状態が定義されているので、その主荷重状態に付加して他の荷重をどのように組み合わせるのかについては、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。

荷重区分に定義される永久荷重は、時間変動を伴わないものであるため、主荷重と同時に作用させる必要があり、その際には、荷重低減は考慮しない。しかし、変動荷重の従荷重については、超過確率が大きい低い荷重状態を設定する。一般的にも用いられる手法としては、Turkstra 則が有名である。その詳細は、付録で示す。

5. 用語の定義

ここでは、本指針で示す荷重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。

【荷重主因子(Independent value of design load)】

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。

【荷重効果】

設計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。

【荷重作用】

荷重作用とは、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。ここでは、荷重作用を単に荷重と表現する場合もある。

【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。3章で示したように現行設計法では、「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り、荷重という表記が適切ではないケースに用いる。

【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。

【荷重因子の確率量基本値】

本指針では、設計荷重の代表的荷重因子を確率モデル化するが、その確率モデル化する物理量を確率量基本値という。地震荷重においては、最大加速度、加速度応答スペクトル、風荷重では、年最大瞬間風速等である。

【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主荷重に付加して組み合わせられる荷重を従荷重という。