

- [原案]H16.3.11 香月幹事作成
- [修正案 1]H16.3.23 佐藤幹事長の原稿案も参照し私案作成（佐々木）
- [修正案 2]H16.3.25 佐々木修正案と香月案との調整案
- [修正案 3]H16.4. 1 本城先生の指摘を考慮 + 小修正
- [修正案 4]H16.5.21 澤田先生との意見交換

土木構造物の性能設計における作用の指針

第Ⅰ部 一般論

社団法人 土木学会

土木構造物荷重指針連合小委員会

目 次

本編第 部 一般論

1. 目 的
2. 基本方針
 - 2.1 本指針の記述原則
 - 2.2 本指針の記述範囲
 - 2.3 本指針の記述方針
3. 適用範囲および設計コードにおける作用の記述
 - 3.1 適用範囲
 - 3.2 各種設計コード等における作用の記述
4. 作用に関する体系
 - 4.1 設計状況
 - 4.2 作用因子
 - 4.3 作用モデル
 - 4.4 作用効果
5. 作用の分析と組み合わせ
6. 作用の分類
 - 6.1 作用の時間的変動性に基づく分類
 - 6.1.1 永続作用
 - 6.1.2 変動作用
 - 6.1.3 偶発作用
 - 6.2 作用の力学的・化学的性質による分類
 - 6.2.1 力学的作用
 - 6.2.2 化学的作用
 - 6.3 その他の分類
7. 用語の定義

本編第 部 各種作用

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
- 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

1. 目的

- (1) [REQ] 本作用指針は、**包括設計コード（性能設計概念に基づいた構造物設計コード作成のための原則・指針と用語）**に定める性能設計の考え方に基づき、土木構造物の設計における作用を合理的、説明性のある手順に基づいて決定する方法等について示し、各種土木構造物設計コード等における作用に関する記述の体系化および標準化をはかる。もって、土木構造物の性能設計の普及と説明性の向上に寄与する。
- (2) [REQ] 本作用指針は、**環境的影響を含め構造物をその限界状態へ近づける作用**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**作用**を導出するためのいくつかの手順（手法）を集約、解説する。
- (3) [REQ] 本作用指針は、**包括設計コードが示す性能設計の概念と枠組み**において、作用に関する事項を取り扱う。

【解説】

- (1) 本作用指針は、包括設計コードの体系下にあることを示した。ここでの包括設計コードとは土木学会包括設計コード策定基礎調査委員会が策定した「性能設計概念に基づいた構造物設計コード作成のための原則・指針と用語（第1版） Code PLATFORM ver.1」を指す。よって、包括設計コードが無効もしくは変更となった場合には、本指針もその根拠を失う。なお、記述要領は、包括設計コードを準用した。
- (2) 性能設計体系の中では、構造物への要求性能を具体化する各種作用や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。本作用指針は、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、**このデータから作用を設計コードにおいて作用範囲や大きさ、時間依存性などをモデル化する手順（手法）**を集約、解説使用とするものである。
- (3) 「性能設計」とは、設計された構造物が要求性能を満足していれば、どのような構造形式、材料、設計手法、工法などを用いて良いとするものであり、要求性能を具体化した「性能規定」は、「**構造物に対する作用とそれらの組み合わせ**」、「**構造物の限界状態**」、および「**時間**」の、3つの要素の組み合わせによって示されなければならない。本指針は、設計コードの制定者あるいは設計技術者が、この性能規定を記述する際の根拠を与え得るものでなければならないことを示した。

2. 基本方針

2.1 本指針の記述原則

- (1) [REQ] 本指針は、その目的に鑑み、以下の事項を満足するよう記述され、かつ維持管理されなければならない。
- 1) 関連する国際規格に適切に従うとともに、国内の特性を受容し、国際規格へ働きかけられること。
 - 2) 包括設計コードに定める性能規定を表現するために、適切に対応していること。
 - 3) 国内の設計コード制定者（土木構造物ごとの包括設計コード、固有基本設計コード、固有設計コードの制定者あるいは照査アプローチAに従う設計者）が共通に、かつ公平に使用できること。
- (2) [REC] 本指針は、その目的に鑑み、以下の事項を満足するよう、記述され、かつ維持管理されることが望ましい。
- 1) 主観を排し、科学的客観性を有すること
 - 2) データの根拠、サンプリングの手法に関する情報を継続できること
- (3) [POS] 本指針は、上記の要求を完全に満足できない場合には、以下のような記述、または維持管理法を示しても良い。
- 1) 作用を設定する基礎データを得るために、社会通念上信頼性を得られる計測方法
 - 2) 作用を設定する際に、社会通念上信頼性を得られる計算・設定方法
 - 3) 作用として社会通念上、合意を得られる数値

2.2 本指針の記述範囲

- (1) [REQ] 本作用指針は、つぎの内容を含む。
- ・ 作用の定義と分類
 - ・ 作用組み合わせの基本的考え方の整理
 - ・ 種々の作用因子に関する代表的なデータベース
 - ・ 種々の作用の作用因子から、設計に用いるための作用を導出する方法の整理と紹介
 - ・ 統計的手法を含む、一般的な作用に関するデータの整理方法

2.3 本指針の記述方針

- (1) [REQ] 性能設計のコンセプトに立ち、構造物の性能規定における作用に関する部分を扱う。
- (2) [REQ] 本作用指針は、各々の構造物の作用を特定しない。むしろ、作用に関する種々の基本的な情報（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。よって、性能設計では、設計者が耐力の算定で自由度を持つのおなじように、作用の設定についても自由度を持つことを可能にするためである。
- (3) [REQ] 本指針では、作用因子（定義については4.2参照）に関するデータの共有化を旨とす。作用因子（定義については4.2参照）から導出される種々の設計に用いられる作用について、その幾つかの代表的な手順や手法を示す。ただし、特定の手順や手法に限定して、本指針の規定する方法とすることはしない。

- (4) [REQ] 本作用指針は、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。(5) [REQ] 第 部一般論においては、基本的な概念の導入、用語の定義、作用を特徴づけるいくつかの要素について述べる。第 部各論においては、土木構造物における主要な作用について記述する。
- (6) [REQ] 第 部一般論では、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、特定の作用の扱い方を推奨するものではない。第 部各論においては、設計コード制定者が参考とするため、各作用に対して使用可能なデータベース、あるいは権威ある確率分布情報、権威ある作用推定理論などを紹介する。また、これらに基づく設計用特性値や荷重係数の算出方法などの例なども、実用的に有益と思われる範囲で付録に記載する。
- (7) [REQ] 構造物への負荷として重要な位置を占める「環境的影響」も、力学的影響をもつ作用（従来「荷重」と言われていたもの）と同列に扱い、「環境作用」と呼ぶ。

【解説】

包括設計コードでは、その設計コードに従うものに対する目的、要求性能、性能規定を階層化して示すことを求めている。その観点から見て、本編第 部は第 部および本指針に従う構造設計コードに対して達成すべき記述内容のレベルを示す必要がある。その観点から、第 部の構成は、図 - 1 のように

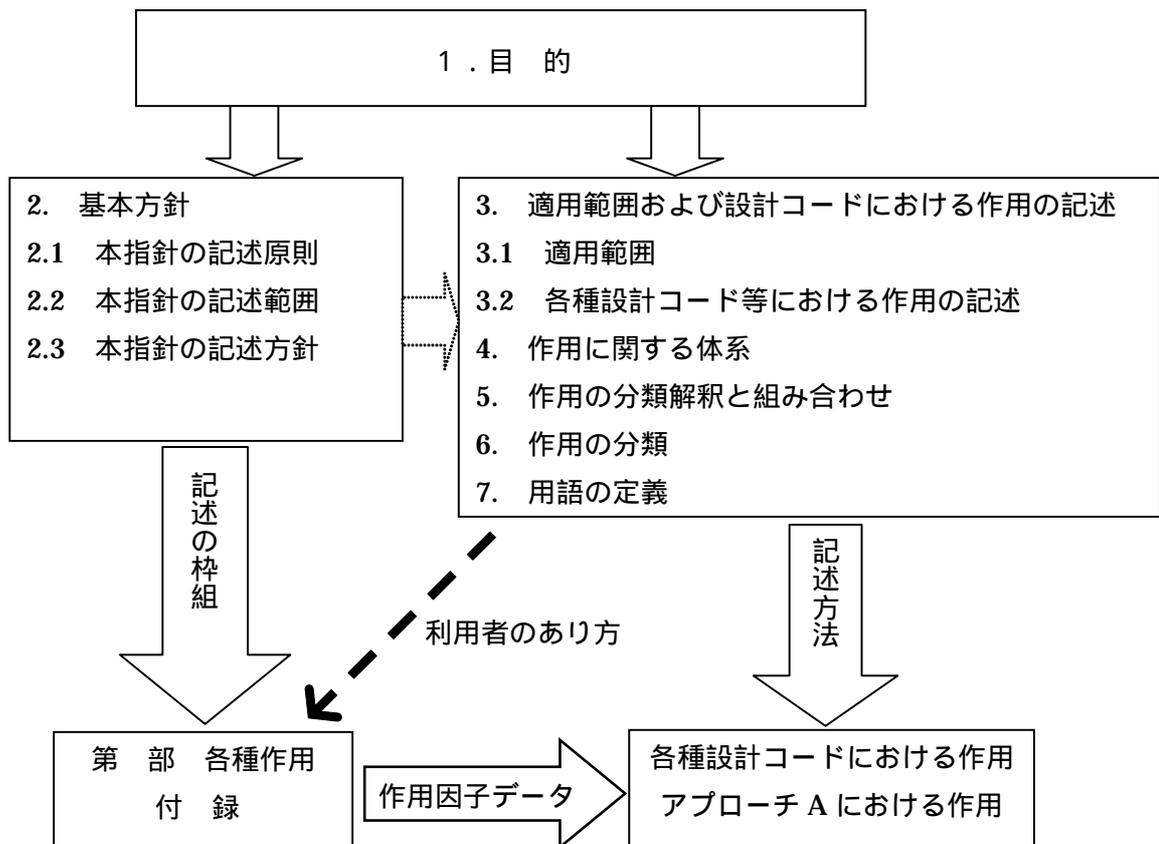


図 1 本指針の目的、要求性能の階層構造

なっている。すなわち本章では、3章以下の記述に対する方針を示すと同時に、第II編の記述内容の方針を示している。一方で、3章以下の記述は、主として本指針に従う設計コード制定者に対する指針を示している。

2.1 本指針の記述原則

包括設計コードの概念で要求性能に相当する本指針の記述原則を列挙した。性能設計の概念に基づけば、ここに列挙した事項が満足されない場合には、以後の記述は無効であり、適切な修正を要する。翻って、ここに列挙した事項がより上位において満足される場合には、以後の記述によらず、その情報は有効となる。

2.2 本指針の記述範囲

本指針の第1部一般論「3」以降に示される記述、および第II編において、記述する事項を示した。

2.3 本指針の記述方針

- (1) ~ (3) 作用因子を記述することは構造物の持つ特性を排除して作用についての記述を可能にするため、共通性・標準化が図られる。一方で、構造設計においては構造物の特性を考慮して作用を規定できる自由度を有する。このような柔軟なコード体系の実現を期している。
- (4) 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する必要がある。
- (5) ~ (7) 本編第II部とIII部および付録の記述枠組みを示した。

3. 適用範囲および設計コードにおける作用の記述

3.1 適用範囲

- (1) [REQ]本指針は、日本国内における土木構造の構造種別ごとの包括設計コード、固有基本設計コード、あるいは固有設計コードを制定する場合の作用を記述する際に適用される。
- (2) [POS]本指針は、日本国内における土木構造の性能設計を照査アプローチ A によって行う場合の、作用に関する記述に対して適用することができる。

3.2 各種設計コード等における作用の記述

- (1) [REQ] 構造物種別ごとの包括設計コード、固有基本設計コード、または固有設計コードでは、設計において指定する作用のモデル化について記述するとともに、本指針に記述された作用因子との関連性（発生頻度、選択の理由など）を、後述する現象や設計状況に対する認識から作用効果に至る体系に沿って、明示しなければならない。
- (2) [REQ] 土木構造の性能設計を照査アプローチ A によって行う場合には、設計者は、設計において指定する作用の時空間的モデル化について記述するとともに、その中で引用する作用因子について、本指針に記述された作用因子との関連性（発生頻度、選択の理由など）を明示しなければならない。

【解説】

3.1

- (1) 本指針と包括設計コードおよび包括設計コードの下位にある設計コードとの関連性は、図 - 2 のようになる。
- (2) 包括設計コードに定めた性能設計の体系に関する枠組みに従いつつ、構造種別ごとの包括設計コードや固有基本設計コードならびに固有設計コードなどの特定の構造特性を鑑みた設計コードからは独立した位置づけにある。

3.2

- (1) ただし、構造種別ごとの包括設計コードや固有基本設計コードならびに固有設計コードは作用因子の引用において、本指針を共有することを義務づけている。構造物への作用は、作用因子の大小だけではなく、構造物に対してどの範囲でどのような分布をもって作用させるべきであるかといった空間的モデル化が重要である。これについては、本指針が関与するものではない。しかし、設計コード間の相互の情報共有の観点から、各種コードは、そのモデル化に関して記述すべきであることを記している。
- (2)-1 また、性能設計体系において許容される最も自由度の高い設計アプローチである設計アプローチ A によって構造物を設計する設計者も、本指針に従うことを義務づけている。

(2)-2 時空間的モデル化

設計コードでは作用について実務上の簡便性をはかるために実現象を作用効果において等価となるような単純化したモデルに置換する。例えば、車両の通行に伴う載荷状態を分布荷重に置き換えることは空間的モデル化であり、衝撃荷重のパルス波形を限定することは時間的モデル化の一例である。

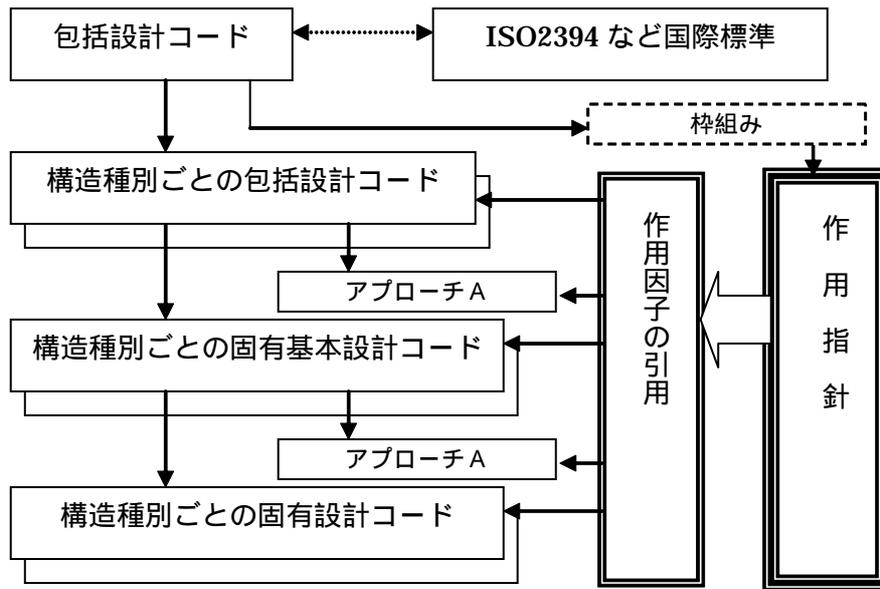


図-2 設計コードの体系と本指針の関係

4. 作用に関する体系

(1) [REQ] 本作用指針は、作用を取り扱うに当たって、「作用因子」 - 「作用」 「作用効果」の用語体系を用いる。

4.1 設計状況

(1) [REQ] 設計コード制定者は、作用の導出にあたって、まず要求性能を分析し、適切な設計状況を設定し、それを記述しなければならない。設計状況とは、ある期間での物理的条件の組み合わせを言い、設計では、これら設計状況について、該当する構造物の要求性能を満足することを確認する。

(2) [REQ] 設計コード制定者は、設計状況に関連する作用因子を選択しなければならない。

4.2 作用因子

(1) [REQ] 作用因子とは、構造物に影響を与える自然現象や人間活動から、代表的な物理量として選択され、かつ定量表現されたものをいう。なお、作用因子の値は、構造物の種類、構造特性などとは無関係に定義されるものである。作用因子の例としては、風速（あるいは最大瞬間風速）、温度、加速度（あるいは最大加速度）などがある。

(2) [REC] 作用因子として選択された物理量は、確率分布が与えられることが望ましい。

4.3 作用

(1) [REQ] 作用とは、作用因子の値に基づき、構造物の用途、種類、構造特性を考え合わせ設定され、構造（解析・設計計算）モデル等に対する入力として用いられる。

(2) [REQ] 作用の設定に当たっては、構造物が供用される期間、作用因子データのばらつき、不確定性、モデル化による不確定性を適切に考慮しなければならない。

(3) [REC] 作用は実用上の便宜を図り、単純化・理想化されることが望ましい。

(4) [POS] 作用は、シナリオベースの設定が適している場合がある。

(5) [POS] 地震動の基盤加速度波形のように、作用因子がそのまま作用として用いられる場合がある。

4.4 作用効果

(1) [REQ] 作用効果とは、構造モデルを設定し、これを作用に入力したときの応答値である。具体的には、応力、ひずみ量、断面力、変位量などがある。

(2) [REQ] 作用効果は、作用因子のばらつきのみならず、構造モデル化時の不確定性や材料のばらつきなどが影響する確率量であることを適切に処理する必要がある。

【解説】

(1) 作用に関する相互の関係は、図 3 のように表される。すなわち、各種設計コードでの作用は以下の手順で設定されることを想定している。

- 1) すなわち、構造物の設計においては、最初に設計の対象とするいくつかの設計状況を抽出する。これは、その構造物の要求性能の列挙と分析、または要求規定の列挙や分析によって行われる。
- 2) 各々の設計状況では、構造物を限界状態に至らしめる主要ないくつかの作用（力学的作用に加えて劣化要因など）が抽出される。

- 3) 要求規定の分析から，どの程度の頻度に対応する作用（特性値）をもとに設計の照査が行われるべきかについて導出される．本指針では，作用因子の特性値の設定を可能にする．
- 4) 引用された作用因子を用いて，構造解析時に，どのような範囲でどのような分布もしくは時間的变化をもって作用を与えるか（モデル）については，その作用モデルを用いた結果得られる作用効果（応力，ひずみ，変形，変位など）が，対象とする限界状態に対して妥当な値となるか，もしくは実計測と整合することなどを総合的に考慮して決定される．
- (2) 具体的な構造物を対象とした作用の設定は，要求性能に基づく限界状態の分析や設計状況の分析具体化が重要である．一方で，これは構造物の固有特性やモデル特性に依存することであるので，本指針ではその考え方を示すことにとどめる．
- (3) 本指針の記述範囲は，一般性を重視するので，構造物ごとの設計コードでは，図 3 に基づいて作用設定に至る考え方を記述することを求めた．

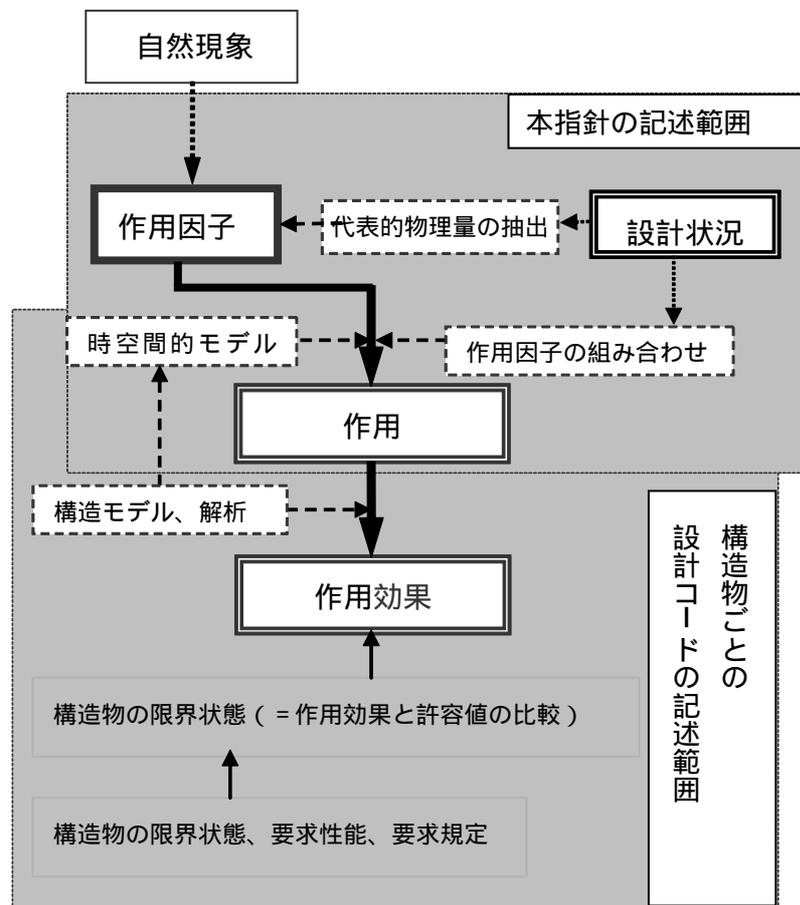


図 - 3 作用に関する用語体系と指針による記述範囲

5. 作用の分析と組み合わせ

- (1)[REQ] 設計コード制定者は、構造を取り巻く環境を分析し、設計に用いる各種作用を後述する時間的変動に基づく分類のいずれに属するか記述しなければならない。
- (2)[REQ] 設計コード制定者は、それぞれの構造物の要求性能と設計状況に応じて、主作用と従作用を分類し、その大きさの組み合わせを指定する。
- (3)[REQ] 作用の時間的変動性に基づく分類において、永続作用は他の作用と常に組み合わせられ、変動荷重は主作用もしくは従作用として組み合わせられる場合があるものである。一方、偶発作用は、他の主作用に対する従作用として組み合わせられることはないものである。

【解説】

- (1) 作用の種類は同じであっても、構造物の種類や用途によって、作用の変動性に関する分類は必ずしも、同じになるとは限らない。例えば、水の静水圧は、その単位体積重量の特性から見て、ばらつきや変動性は無視できるものであるが、水深が確定的である構造と変動もしくは不確定的な構造とでは、その取り扱いが異なる。
- (2) 上記の区分を明確にする根拠は、想定している設計状況に記述される。
- (3) 複数の作用を組み合わせる構造物に組み合わせる作用させる場合には、その組み合わせ作用によって算定される作用効果が、対応する性能規定を適切に判断できるように決定されるものである。よって、それぞれの作用の変動特性に関する区分は、極めて重要である。
- (4) 作用の組み合わせについては、付属書()の考え方または手法を用いることができる。

6. 作用の分類

(1)[POS] 作用の分類は、時間的変動、動的または静的などによるものがある。作用モデルの作成にあたっては、これらの特性を十分に考慮しなければならない。

(2)[REQ] 設計コード制定者は、設計に用いる作用を適切に分類しなければならない。特に、変動特性に基づく分類は、必ず明示しなければならない。

6.1 作用の時間的変動性に基づく分類

6.1.1 永続作用

(1)[REQ]永続作用は、基準期間を通して連続的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である。

(2)[POS]変動があっても、変動する方向が一方で変化せず、その限界値が明らかな場合も永続作用に分類される。

(3) [REQ]永続作用であっても、その作用因子にはばらつきや不確定性がある。よって、設計者は、引用する作用因子の大きさについての解釈を、性能規定における時間等との対応をもって明示する必要がある。

6.1.2 変動作用

(1)[REQ]変動作用は、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り、確率統計的手法による予測が可能なものである。

(2)[REQ]変動作用の作用因子は、基準期間内に対応した確率モデルによって記述される。

(3) [REQ]設計者は、要求性能を適切に分析し、性能規定に示した作用因子の確率モデルに対する解釈を明示しなければならない。

6.1.3 偶発作用

(1)[REQ]偶発作用は、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。

(2)[REQ]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。

(3)[REQ]設計者は、偶発作用の値設定において、設定値の根拠を明示しなければならない。

6.2 作用の力学的・化学的性質による分類

(1)[REQ] 作用には、構造物に力学的影響を及ぼし、変形応答を生起させる力学的作用と、主として化学的影響を及ぼし、材料の劣化を生起させる化学的作用がある。

(2)[POS] 力学的作用を、荷重と呼ぶことがある。

(3) [POS] 化学的作用を、環境的影響と呼ぶことがある。

6.2.1 力学的作用

[REC] 力学的作用には、次のようなものがあり、その作用因子については、第 編で詳述する。

- a) 死荷重
- b) 活荷重
- c) 風作用
- d) 地震作用
- e) 波浪等の作用
- f) 地盤作用
- g) 衝撃作用
- h)

6.2.2 化学的作用

[REC] 化学的作用には、次のようなものがあり、その作用因子については、第 編で詳述する。

- a) 空中塩分
- b) 空中炭酸成分
- c)

6.3 その他の分類

[REC] その他の分類としては、作用の人為性、制御性、直接・間接性などがある。

7. 用語の定義

包括設計コードをコピーするとともに、本指針で定義した用語を別に明示する。

本章では、本指針で述べる用語と本指針に基づき、設計コードに作用に関する記述をする際に引用される用語を定義する。

なお、用語の肩字は以下のように引用したコードを示す。

- 0) 本指針において新たに定義した用語。
- 1) 包括設計コードにおいて定義される用語。
- 2) ISO2394 (第3版,1998) で定義された用語を引用したものであり、ISO2394の定義・変更に従うべき用語。
- 3) 土木鋼構造物の性能設計ガイドライン (2001.10) を参考に本包括設計コードで定義した用語。
- 4) 地盤コード 2 1 (2000.3) を参考に本包括設計コードで定義した用語。
- 5) 土木と建築にかかる設計の基本 (2002.10) を参考に本包括設計コードで定義した用語。
- 6) ISO13822 (第1版,2001) で定義された用語を引用したものであり、ISO13822 の定義・変更に従うべき用語。