

土木構造物荷重指針連合小委員会資料

作用の分類と設計における作用の組合せ(設計状況：design situation)の関係

設計における作用の組合せ(action combinations)を考え、設計状態(design situations)を設定するとき、分類された作用の種類(永続、変動、偶発)により、組み合わせ方の基本的な考え方が異なると考えられる。そうでなければ、作用を分類する積極的な意味は少ない。

このような作用の分類による、作用組合せの考え方の基本的なルールについて、幾つかの設計コードについて、それぞれどのように考えているか、調べてみた。

調査項目は、次の通りである。

- [1] 作用(荷重)分類の種類とその定義
- [2] 作用の特性値、設計値等の決定法に関する原則
- [3] 作用(荷重)組合せと設計状況
- [4] コメント

土木・建築にかかわる設計の基本

[1]. 作用分類

- (1) 永続作用：構造物の設計供用期間を通して絶えず作用するであろう作用で、その時間的変動が平均値に比較して小さいもの。または、その大きさの変動が、一定の限界値に達するまでは、設計供用期間中に一定傾向で単調に増加もしくは減少する傾向のある作用。
- (2) 変動作用：その大きさの設計供用期間内の変動が平均値に比べて無視できず、かつ一方向的な変動をしない作用。
- (3) 偶発作用：確率統計的な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。

[2]. 作用の特性値

- (1) 永続作用：記述なし
- (2) 変動作用：統計的な評価が可能なものは、基準期間を定め再現期間で表す再現期待値として示すか、あるいは非超過確率を明示するように努めるものとする。
- (3) 偶発作用：統計的な評価が行いがないが、作用として理解が容易な方法で明示するように努めるものとする。

[3]. 作用の組合せと設計状況

- (1) 永続荷重に加えて、支配的な荷重(変動荷重あるいは偶発荷重)が、極大設計値(フラクティル値、社会的目標値等)をとるものとして設定し、その他の荷重(変動荷重あるいは偶発荷重)は、支配的な荷重に組合せるのに適正なより発生しそうな値とする。
- (2) 「設計状況」という言葉も、概念も存在しない。

[4]. コメント

- (1) この指針では、荷重を分類しても、その結果荷重組合せ等でその影響が出るような構造になっていない。何のために荷重を分類するのは、この基準では必ずし

も明確ではない。

(2) 「3.4 荷重の組合せ」の項は、「作用」が突然「荷重」という言葉で置き換えられ、突然「荷重」という言葉のみで、記述が始まる。理解が困難である。解説に「多くの国際標準においても、作用に対する荷重の定義が明確にされないまま、「荷重組合せ」について述べられている」とある。本当にそうか？

ISO2394 では、「荷重」という言葉は、単独では決して表れないと思う（日本語訳を読んでも、この点は分からない。この点に関する翻訳は大変混乱している。英語原文で読む必要がある。）。荷重が用いられるのは、「荷重配置」「荷重ケース」「荷重組合せ」の3つに限るように思う。それ以外に、「荷重」の使用はなく、すべて「作用」である。つまりISO2394では、荷重=作用と解して差し支えないと考えられる。「荷重配置」「荷重ケース」「荷重組合せ」は、本当は、「作用配置」「作用ケース」「作用組合せ」としておけば、誤解を招かなかつた。従って、上記解説の「土木・建築・・・」の記述は、ISO2394に限っては、当たらないと思う。（ISO2394のこのことに関する記述に多少の混乱があることは、また明らかである。）

ISO2394

[1]. 作用の定義（6.2）

作用の分類について、幾つかの視点からの分類が紹介されている。

- 直接作用 vs. 間接作用
- 永続作用、変動作用 vs. 偶発作用
- 固定作用 vs. 自由作用
- 動的作用 vs. 静的作用
- 有界作用 vs. 非有界作用
- その他の分類

(注記) 永続・変動・偶発と言うのは、作用の時間に関する分類であり、他にも異なる分類があることに注意する。同様に「作用の組合せ」も時間を考慮した（同時性）ものであり、例えば作用の空間的配列に関する事項（固定作用と自由作用の組合せ）は、「荷重ケース」と呼ぶ(9.5)。

(1) 永続作用：与えられた基準期間を通して、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、又は作用の変動がある限界値に達するまでは、一方向的であるもの。

(2) 変動作用：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。

(3) 偶発作用：与えられた基準期間内には、構造物に対して大きな値では、めったに生じないもの。(注)偶発作用は多くの場合、短期間しか作用しない。

Accidental actions are those that are unlikely to occur with a significant value on a given structure over a given reference period. (Notice) Accidental actions are in most cases of short duration.

[2]. 作用の代表値（9.2）

(1) 永続作用：しばしば唯一の特性値をとる。・・・しかし、永続作用に対して2

つの値、すなわち、上限特性値と下限特性値を定義する方が好ましい場合もある。

- (2) 変動作用： 特性値、組合せ値、頻度値、準永続値がある。
- 特性値：選ばれた基準期間中に好ましくない側に超過する確率が規定された値となるように選ばれる。
 - 組合せ値：組合せにより生じる荷重効果が超過する確率が、単一作用を考えるとほぼ同様となるように選ばれる。(The combination values are chosen so that the probability that the action effect values caused by the combination will be exceeded is approximately the same as when a single action is considered.)
 - 頻度値：以下のように定められる
 - 選ばれた期間中に超過している全時間が、選んだ期間のごく小さい部分である。
 - その超過の頻度がある与えられた小さな値に限定される。
 - 準永続値： 選ばれた期間中に超過している全時間が、その期間の半分程度の長さであるようにさだめられる。
- (3) 偶発作用： 唯一の特性値。

[3]. 作用の組合せと設計状況 (9.5, 付属書 G)

- (1) 作用の組合せは、ある限界状態に対し、いくつかの異なった作用の同時影響の下での構造信頼性の照査に用いる一連の異なる荷重作用の設計値の組合せである。
- (2) 作用の組合せの基本的原則は以下のものである。
- ある作用が支配的と考えられ、極大設計値ととるものとして、組合せに導入される。
 - その他のすべての作用は、より起こりそうな値(more likely values)として導入される。
- (3) 同時に起こらない荷重（たとえば物理的な理由で）は、組合せに考慮しない。
- (4) 付属書 G に、作用の組合せの例がある。
この付属書の特徴は、次の通り。
- 永続作用と変動作用は、それらの特性値に何らかの係数を掛けて、設計値を導くことになっているが、偶発作用については、そのような係数は存在しない。従って偶発荷重は、そのまま設計に用いられる。
 - 永続作用や変動作用が従の作用として用いられるとき、これらの more likely values は、ゼロではないが、偶発作用の more likely values は、ゼロである。
 - 永続作用と変動作用から構成される設計状況(design situation)は、持続的または過渡的(施工時)と分類されるが、偶発作用を含む設計状況は、偶発的と分類される。
 - 持続的設計状況、あるいは偶発的設計状況に分類された場合、それぞれの設計状況に関する照査がどのように異なるかと言うことに関する、具体的な記述は、ISO2394 にはないようである。ただし本文「9 章部分係数による設計法」の 9.1 節に、「The values of the partial factors depend on the design situation and the limit state considered.」という記述がある。なお、付属書 G の荷重組合せの例(表 G.1 と G.2) では、終局限界状態では、偶発的設計状況を考慮しているが、使用限界状態ではこれを考慮していない点に注意 (Eurocode0 には、より具体的な記述あり)。

[4]. コメント

(1) ISO2394 の「作用の組合せ」(ISO2394 では「荷重組合せ」)は、次のような手順で行われることを、原則としていると考えられる。

- 作用の永続(permanent)、変動(variable)及び偶発(accidental)作用への分類。
- 各作用の代表値の設定。
- 持続的(persistent)、過渡的(transient)及び偶発的(accidental)設計状況(design situation)の設定。(このとき、例えば持続設計状況の中に、複数の設計状況が設定されても一向にかまわない)。偶発作用は、偶発的 design situation でのみ考慮されることが原則である。
- それぞれの設計状況が、限界状態と組み合わせられ、照査される。また、照査における安全性余裕導入には、上記3つの設計状況で、異なる考え方を取ることを前提としている。その具体的な考え方は、ISO2394 には示されていない。若干の示唆(付属書 G)としては、次のような点が挙げられる。
 - 作用の組合せで、偶発作用の代表値には部分係数を乗じない。
 - 偶発的 design situation の照査は、終局限界状態についてのみ行い、使用限界状態については、行わない。

より具体的な展開は、おそらく Eurocode0 に示されている。

(2) 以上より理解されるように、「設計状況(design situation)」という言葉が、ISO2394 ではキーになっている。これは「作用組合せ」とほとんど、同じ意味のようにもとれるが、それが持続、過渡及び偶発 design situation に分類されていることにより、照査における安全性余裕の考え方に差をつけようとしている。また照査は、「設計状況」と「限界状態」の組合せに付いて行われ、「持続設計状況における終局限界状態に対する照査」などの呼ぶことになると思われる。

今後の進め方に関する、本資料に基づく、進め方に関するコメント

- 今回の指針においても、作用分類後に、その分類の結果がどのように設計・照査に結びつくかをある程度明確にする ISO2394 の枠組みを取るのがよいと思われる。
- 上記のために、作用分類と設計作業がどのように結びついているかを、他の基準においてもある程度調査しておいた方がよいと思われる。「建築構造物荷重指針」「AASHTO LRFD specifications」「Eurocode 0」などです。

Eurocode 0

ここにまとめた結果は、'Designers' handbook to Eurocode 1 Part:1 Basis of design' by H. Gulvanessian and M. Holicky (1996) Thomas Telford, London による。

[1]. 作用分類

- (1) 永続作用：。
- (2) 変動作用：。
- (3) 偶発作用：。

[2]. 作用の特性値

- (1) 永続作用：
- (2) 変動作用：
- (3) 偶発作用：

[3]. 作用の組合せ

- (1)