

本小委員会の活動に関するいくつかの私案

港湾空港技術研究所 野津 厚

本委員会の活動方針に関する議論を活性化させるため私案を提案いたします。議論のたたき台として活用していただければ幸いです。

1. 発生確率を評価できない、もしくは、しずらい作用（荷重）が現に存在することも残念ながら事実なので、このことを認めた上で議論を進める。

構造物を設計する上で考慮すべきすべての作用の発生確率が把握できているという状態は理想であるが、現実には発生確率を評価できない、もしくは、しずらい荷重も存在すると考えられる。したがって、「すべての作用の発生確率が把握できている」ことを前提とする設計体系は、脆弱なものにならざるを得ない。象徴的なのは、航空機の衝突による荷重である。最近の世界情勢の変化によって、構造物によっては、こうした異常な荷重を考慮せざるを得ない場合が出てくると思われるが、そのとき、「すべての作用の発生確率が把握できている」ことを前提に設計しようとするれば、この新しい荷重の確率モデルが提案されるまで、新規構造物の建設は停止せざるを得ないが、それは不合理である。

地震作用に関して最もわかりやすい例は、過去の活動履歴に関する情報が十分でない内陸活断層の活動による地震作用がある。最近、政府の地震調査研究推進本部（www.jishin.go.jp/main/）では我が国の主要な98活断層の評価を順次進めている。平成15年4月9日に発表された「猪之鼻断層帯」の長期評価は次のような文面になっている。

「猪之鼻断層帯では、マグニチュード7.2程度の地震が発生すると推定され、その時の右横ずれ量は2m程度となる可能性がある。過去の活動履歴が明らかではないため、将来このような地震が発生する長期確率を求めることはできない」

従って、猪之鼻断層帯が万一活動した場合にその周辺で想定される強い地震作用は、その発生確率が不明であるということになる。

考慮すべきあらゆる作用を発生確率付きで評価できるようにすることは、究極の目標としては正しいと思われるが、それは、地震作用の分野で言えば、活断層のトレンチ調査等を含む息の長い作業である。実際の設計体系は、確率評価は困難であるが社会的に無視できない作用にも対応できる、ロバストな設計体系である必要がある。設計体系としてのロバスト性が失われれば、次の図-1に示すような状況になりうる。



図-1 設計体系のロバスト性が失われた場合の例

2. 「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」を偶発作用と定義する。

実はこの定義は、平成 14 年 10 月に国土交通省から刊行された『土木・建築にかかる設計の基本』（www.mlit.go.jp/kisha/kisha02/13/131021_.html）の定義そのままである。ISO2394 と『土木・建築にかかる設計の基本』における永続作用・変動作用・偶発作用の定義は表-1 に示すとおりである。ISO2349 の偶発作用の定義はあいまいなところがあるのに対して、『設計の基本』の定義は明快である。

『設計の基本』では、偶発作用の例として落石、衝突、最大級地震動、断層変位などを挙げている。

表-1 作用の分類

	ISO2394（日本規格協会訳）	『土木・建築にかかる設計の基本』
永続作用	1) 与えられた基準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 2) その変動がわずかであり、かつ限界値をもつ作用	構造物の設計共用期間を通じ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、設計共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にある作用
変動作用	その大きさの時間的変動が平均値に比べ無視できず、かつ単調変化をしない作用	その大きさの設計共用期間内の変動が平均値に比べて無視できず点かつ一方向的な変化をしない作用
偶発作用	当該構造物が、その基準期間中に、大きな値はおそらく経験しないであろうと思われる作用	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

なお、偶発作用の定義は、『設計の基本』と ISO2394 とで大きく異なっているようであるが、次のように考えれば、これら二つの定義は定性的には互いに矛盾しないことがわかる。あらゆる作用を、発生頻度が高いか低いかと、発生確率が把握できているかいないかという二つの角度から分類してみると表-2 のようになる。一般には、表-2 に示すマトリクスの中の項目にも該当する作用は存在しうるが、大数の法則があるので、発生頻度の高い作用はその発生確率が明らかになっている場合が多いと思われ、逆に、発生頻度の低い作用は、発生確率が把握できていない場合が多いと思われる。したがって、実際には表-2 に示すマトリクスの対角項に該当する作用が多い。このことから、ISO2394 で言うところの「当該構造物が、その基準期間中に、大きな値はおそらく経験しないであろうと思われる作用」と『設計の基本』で言うところの「確率統計的手法による予測は困難」である作用は、定性的には同じものを指すと思われる。

表-2 作用の分類（その2）

	発生確率は把握できている	発生確率は把握できていない
発生頻度高い		×
発生頻度低い	×	

3．偶発作用の特性値の決め方は本小委員会の重要な検討事項とする．

偶発作用の特性値をどのように決めるかについては、これまでほとんど系統だって議論されていないので、本小委員会で議論することは有意義ではないと思われる．

ISO2394 では特性値を「主要な代表値 注：基準期間中に望ましくない方向への所定の非超過確率を保つように統計的に定められるか、過去の経験、あるいは物理的制限によって選ばれる値」と定義している（日本規格協会訳）．この定義の後半部分の「過去の経験、あるいは物理的制限によって選ばれる値」というところが偶発作用に対応しているものと思われる．

一方『設計の基本』には次のような記述がある．

「土石流対応施設、避難所施設等は『発生頻度が小さな作用に対して安全であるかを検証する』という設計ではなく『社会的に備えなければならないと考えられている例外的な作用（偶発作用）に対して機能する』設計がなされる．すなわち偶発作用は社会的に対応するリスクといった概念で考える」

また、次のような記述もある．

「地震動を偶発作用として扱う場合は、構造物の使用目的、設計共用期間および他の作用等の設計条件も含めて、その信頼性水準に関して説明性を有するものとするのが望ましい」

要は、それを考慮することについて社会的コンセンサスの得られるような作用を考慮するということであると思われるが、社会的コンセンサスを得るためのプロセスとしてどのようなものが相応しいかについてはこれまであまり系統だって議論なされていないように思われる．

4．地震動を変動作用として扱うべきか偶発作用として扱うべきかは時と場合にもよるので、本小委員会としては判断しない．

公的資金を投入して建設される施設の場合（その多くは土木施設）、設計で想定する地震動については、元来、納税者間の合意が得られていることが理想である．社会的コンセンサスに基づく地震動設定の流れ

を図-2 および図-3 に示す。図-2 では地震動を変動作用として、図-3 では偶発作用として扱っていることになるが、いずれの場合も、意志決定のプロセスとしては健全であると思われる（ただし図-2 の場合にはそのような確率評価が可能な場合に限られる）。我々技術者の果たすべき役割は図の A さん B さんの役割であって、図-2 と図-3 のいずれの方法で合意形成をはかるか、その最終的な決定は納税者にゆだねてはいいかがであろうか。



図-2 社会的コンセンサスに基づき設計用入力地震動を決める流れ（その1）



図-3 社会的コンセンサスに基づき設計用入力地震動を決める流れ（その2）

もっとも、実際の社会における意志決定のプロセスはこのように単純ではない。どのようなプロセスで意志決定をしていけばよいかということについての議論が必要である。

5. 弾性限界状態の照査のみならず終局限界状態の照査も対象としてはいかがでしょうか。

阪神・淡路大震災の甚大な被害に鑑み、土木学会では『耐震基準等に関する提言集』をとりまとめたが、その中では、レベル2地震動（用語は原文のまま）に対しては、構造物が損傷を受けることを考慮して、その損傷過程にまで立ち入って、構造物の耐震性能を照査することとしている。このような背景からも終局限界状態の照査のために考慮する作用についても議論しておくことが重要であると思われる。

6. こと地震作用に関して言えば、終局限界状態を照査するのに相応しい解析手法として、地震工学委員会では動的解析を推奨してきた経緯がある。動的解析の枠組みにおいても地震作用と他の作用との組み合わせは重要な課題なので、これを本小委員会の検討項目の一つとする。

地震動が構造物に及ぼす影響は複雑である。来るべき東海・東南海・南海のような M8 クラスの巨大地震では、振幅のみならず、地震動の継続時間の長さが構造物に影響を及ぼすことが懸念される。例えばこのような地震動に対して、構造物の安全性を照査するためには、地震動の最大振幅のみならず、継続時間の影響が反映されるような解析法が選択されることが必要である。

そのような条件を満たす解析法として具体的には動的解析がある。動的解析の枠組みの中で、地震荷重とそれ以外の荷重をどのように組み合わせるかについては系統だった議論がされていないと考えられるので、本省委員会のテーマとして適当ではないだろうか。