

# 最低基準に関する WG 報告書

2007 年 3 月

日本建築学会 構造委員会 荷重運営委員会

## 目 次

はじめに	神田 順	1
建物の構造安全性に対する最低基準について	石川 孝重	2
建築構造物の最低基準の意味と役割	神田 順	13
構造安全性に係わる最低基準の在り方を考える	大熊 武司	19
社会の納得する最低水準	高橋 徹	24
最低基準に関するいくつかの論点について	井戸田秀樹	28
法の定めるべき最低基準		
一個々の建物の供用期間は設計用再現期間の算定根拠となるか？	田村 幸雄	33

## はじめに

最低基準に関するWGが荷重運営委員会において設置され、2005年7月から2007年11月にわたり、計9回の会合をもち、建築構造物の最低基準のあり方についての審議を行った。当初の目的としては、本会の刊行する建築物荷重指針においては、最低基準に関する具体的な記述がないことから、各荷重に対しての最低基準の案を作成することの可能性を検討したが、現実には建築基準法に最低基準が規定されている一方で、構造的な安全性の意味が、一般市民に十分に理解されていないことにより大きな課題があることを確認し、本WGとしては、今後の議論に供するための最低基準に関する資料作成を行うこととした。

法的に最低基準が明示されているとはいえ、自然災害の調査報告などからもわかるように、現実には、建築構造物の安全性は大きな幅を有している。法的に最低基準が定められていて、最低基準を満たす中でなるべく低コストを求める要求が多いことは現実であるが、その場合でも構造技術者の判断が構造性能としての役割の認識に応じて、設計に反映される安全性のグレードに差を生じていることも明らかである。また、法的に最低というレベルが必ずしも安全性として同等とは限らないという指摘も可能である。

一般市民はどのような安全水準を求めているか、またその求める安全性水準を専門家がどのように理解すべきか、法規定にとらわれないで最低基準というものが決められるか、法規定はいかにあるべきかなど、最低基準に関する議論は、幅の広い視点をもち、短期間に議論を収束させることは容易でない。WGとしての統一見解を作成することよりは多様な考えを明らかにすることに、より意義があると判断した。WGの委員は、それぞれの視点で最低基準を捉え、そのあるべき姿を論ずることにより、今後の本会の基準のあり方を議論する上でも有用な資料となりうると判断し、特に委員間の見解の調整をすることなく、とりまとめることとした。しかしながら、各委員の記述には、その前提として2年弱にわたる、議論があるので、全体として何を論ずべきかについては、ある程度「最低基準のあり方」における共通認識が浮かび上がっているものと判断している。本報告の今後の活用を期待する。

2007年3月

WG主査 神田 順

## 建物の構造安全性に対する最低基準について

石川 孝重（日本女子大学）

### 1. はじめに—社会の要求安全性レベルの下限の見極めについて

これまでの日本社会では、国が国民の安全を保障してくれるものと信じられてきた。しかしこうしたいわゆる安全神話は、1995年の阪神・淡路大震災によって顕在化した。国民は現実の状況を認識するようになる。国、行政が自己責任論をもちだすようになった頃から、国民は不用意に国や行政他を信じられないようになった。国民の信頼を得られなくなった今、構造安全性に限っても、建築主自身がレベル設定に関わらざるを得ない状況にある。消費者にも、様々な局面で自分の知識と判断力で意思決定することが求められる。建築における性能レベルの選択も例外にはなり得ない。だが、消費者自身は、普段は建築性能について関心が薄く、特に構造安全性レベルに対しては異議や不満を唱えることはほとんどない。いわゆる沈黙のユーザーである。ではどのような時に社会の最低基準（安全性レベルの下限）の総意（コンセンサス）が垣間見られるかと言えば、大地震の発生からしばらくの期間である。

安全性レベルについての社会の反応（世論）は、大地震で被害を受けた個々人の価値観と判断があり、その被害（人的・物的被害）に対する反応となって表出される。出力された個々人の反応は、被災地だけでなくそれがマジョリティーを形成できるか、少数の個人の反応として社会に吸収されてしまうか、この分岐点が社会の要求安全性レベルの下限値であり、最低基準と見なすべきものではないかと考えている。この考え方を図解すると以下のように表現できる。

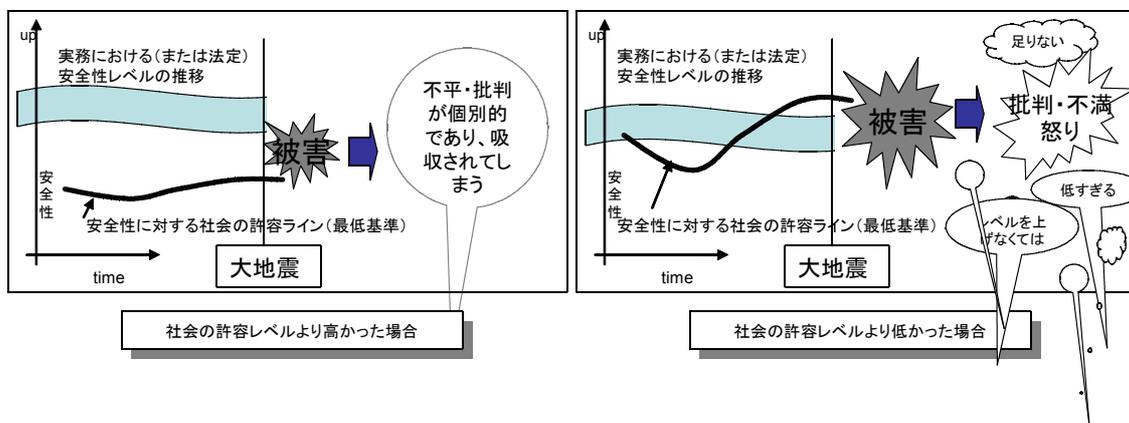


図1 社会の要求安全性レベルの下限の見極め

たとえば阪神・淡路大震災の後、基準（規準）レベルが不足との声もあったが、最終的にはマジョリティーを形成できずに、現行を大きく変更する流れにはならなかった。これはすなわち、現行レベルが社会（国民の総意）の最低基準を少なからず上回っていて、社会にとって充足されていることを意味していると解釈できる。もし不足していれば、それは社会からの糾弾や批判となって表出するはずである。もちろん、この推移の過程でマスコミやメディアの影響も大きく、ばらつくことも多々あるが、大枠はこのセオリーで説明できるものと考えている。

## 2. 社会的要求から求められる最低基準について

### 1) 設定手法

最低水準の設定手法には、図2に示す4つの手法があり、これらを統合して最低基準が決められることが望ましい。このうち「Ⅰ キャリブレーション」は現行規定との整合性をとるための役割を担うため、連続性から不可欠ということが出来る。本稿では、特に「Ⅲ 社会的要求（社会の意識）」について着目し、論述する。

Ⅰ	現行規定とのキャリブレーションに基づく方法
Ⅱ	建築の事故統計・他の災害危険性との比較に基づく方法
Ⅲ	社会的要求（社会の意識）に基づく方法
Ⅳ	経済換算による方法 eg. 期待総費用最小化

図2 既往の安全性設定手法

表1 構造安全性レベル設定方法の概要<sup>1)</sup>

設定法	現行設計基準に基づく		人間を測定				人間以外を測定
	事故統計に基づく	キャリブレーションに基づく	他の災害危険性	費用と便益評価	人的損失の費用化	期待総費用最小化	
特徴	統計資料より事故損傷建物の1年間発生確率を算定	現行規準類による建物の安全度を算定し設定	建物崩壊原因死亡危険性を他の危険性と比較しある水準以下に設定	ある危険性による死亡確率と利益を算出しある水準以下に設定	人命を絶対的価値とし人命損失の確率のみを評価し期待値を算出	初期費用とそれによって得られる損失の確率とその評価値から総損失の期待値を算出	人的・物的損失の確率 物的損失の確率
目標	(不確実)	現行安全率	他の危険性との比較		期待値の最小化		
社会性	(特になし)	(特になし)	死亡	死亡・経済	死亡・経済	死亡・経済	経済

## 2) 判断基準

今や日本、特に東京は世界経済の重要な位置を占めるまでになっており、地震で多くの建物がダメージを受ければ、国内の政治・経済・社会の混乱を引き起こし、世界に多大な影響を与えることになる。同様の例は、ハリケーン・カトリーナである。

したがってわが国は先進国として、災害で建物を損失することの重要性を念頭に置く必要がある。仮に破損することがあったとしても、迅速な生活復興、ビジネス機能の24時間以内の復旧が求められる。建物の物理的な評価に対する議論だけでなく、リスクの巨大さにみあった最低基準（人命と機能・財産の保全を同時に考慮した）の議論がなされなければならない。

最低基準の設定判断において、異なる2つの観点が考えられ、どちらの立場に立つか、あるいは2つの観点のバランスをどう考えるかで、最低水準のあり様が大きく異なる。

①建物単体としての価値を追求して最低水準を考える（経済でいうマイクロ経済学）

②建物を群として、集合体としての価値にもとづいて最低水準を考える

（経済でいうマクロ経済学）

以降では、建物を主に個人資産としてとらえ、上記の①建物単体としての判断基準とした場合で述べる。

## 3) 判断要因のリストアップ

建築主は対価を支払って建築物を建設するのであるから、その品質を自由に選ぶ権利がある。そのため品質を自ら深く理解して、選ぶ責任（自己責任）を有するのが本来である。

構造安全性能を選ぶ、あるいは意思決定することについては、市民がもつ現在の知識量では十分でないため、設計者・コンサルなどの専門家の支援により意思決定されることが望ましい。できあがった建築物の品質・性能についても建築主自身が専門家と同等に確認することは難しい。そのため、専門家の責任で確認が行われることが多いが、出資者であり所有者である建築主の自己責任をまぬがれることはできない。

現実には社会への情報開示も乏しく、自己責任がとれるような体制が確立されていないために、設計者、建築主とも責任を曖昧にしている事態が多い。

このような前提条件の下で、建築主（消費者）自身に直接関わる安心の要素を「1次要素」、自分以外の他社に頼って（託して）確保する要素を「2次要素」として分類したのが図3である。安心とは信頼の結果生まれるものでもある。なお、必ずしも品質が高なくても、建築主がその建物に満足していたり、災害がすぐには起こらないと思っていれば、それも安心している状態になってしまう。このあたりの切り分けが必要になる。

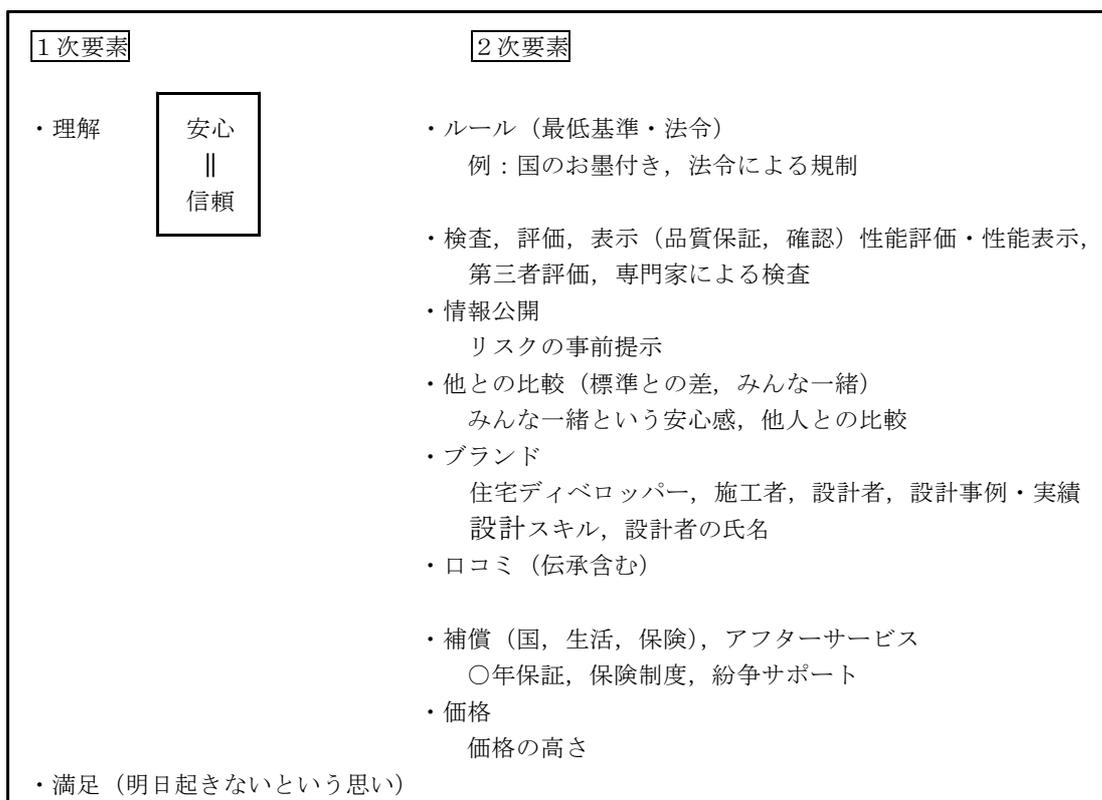


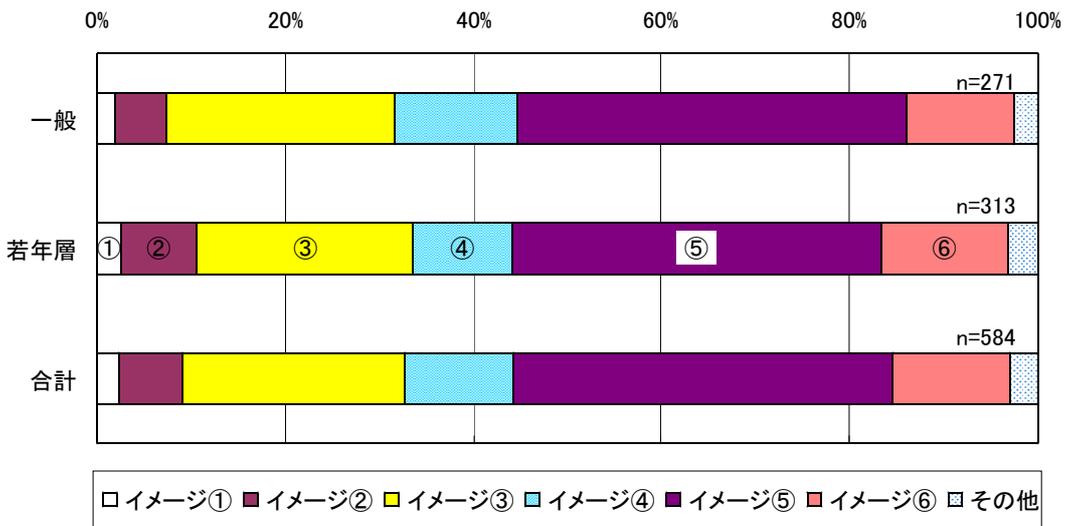
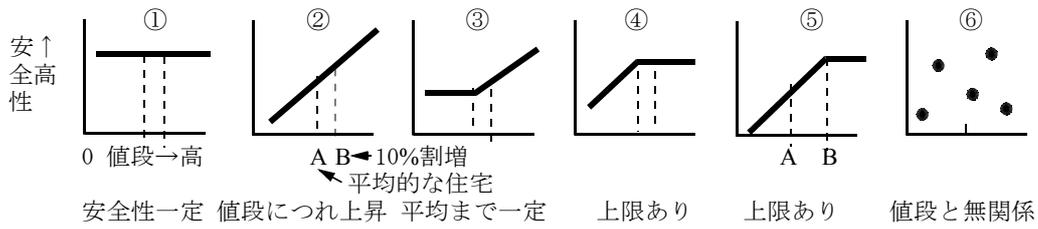
図3 安心・信頼の要素

### 3. 市民向けアンケート調査にみる最低基準について

#### 1) 最低水準と標準との関係に対する市民の意識

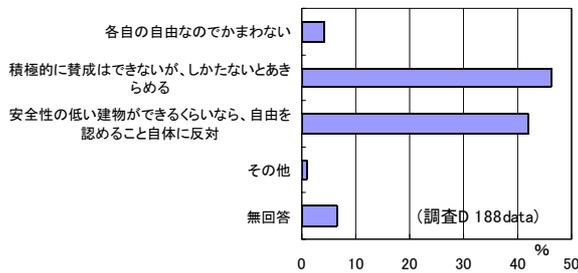
図4は、市民のもっている耐震安全性レベルと住宅価格との関係イメージである<sup>2)</sup>。多くの市民は年齢（性別の影響はあまりない）を問わず、金額をかけるほど安全性が上がり、上限があるとイメージしている（イメージ⑤）。2番目に多いイメージ③に着目すると、住宅の標準価格まで安全性レベルは不変、すなわち住宅の安全性が標準的な価格でも安くても変わらないだろうとイメージしている。つまり20%程度の回答者は標準と最低基準が同レベルと考えていることになる。これは市民の安全意識の典型的な傾向である、「安全水準には生命がかかわるので差をつけてはならない」という要望とも整合する。

それゆえ最低基準は、実際につくられている標準的な建物あるいは最低限度と社会的にみなされる実際の建物レベルから大幅に低めると、社会の意識から乖離してしまう恐れがある。これは図5のアンケート結果でもみられるように、安全性の低い建物が近隣にできるくらいなら、レベルの自由そのものを認めないという意識や、図6のように安全性に差をつけなくてよいという市民の要望にも表れている<sup>3)</sup>。



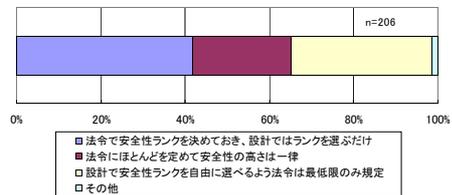
調査33：全国の一般女性 585名対象 1999年

図4 耐震安全性レベルと価格の関係に関する市民のイメージ



調査29：仙台市民 188名対象 1997年

図5 安全性レベルの選択に伴うレベル差への許容意識

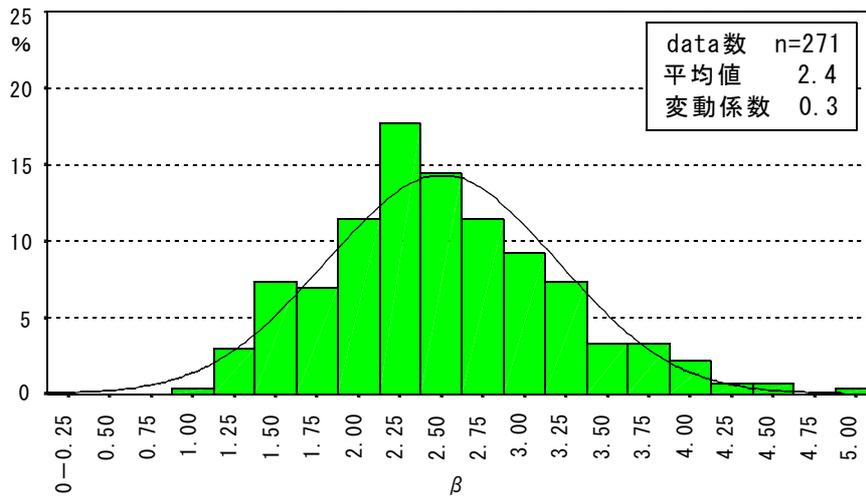


調査31/32：女子大学生 208名対象 1999年

図6 法令と設計の自由度についての意識

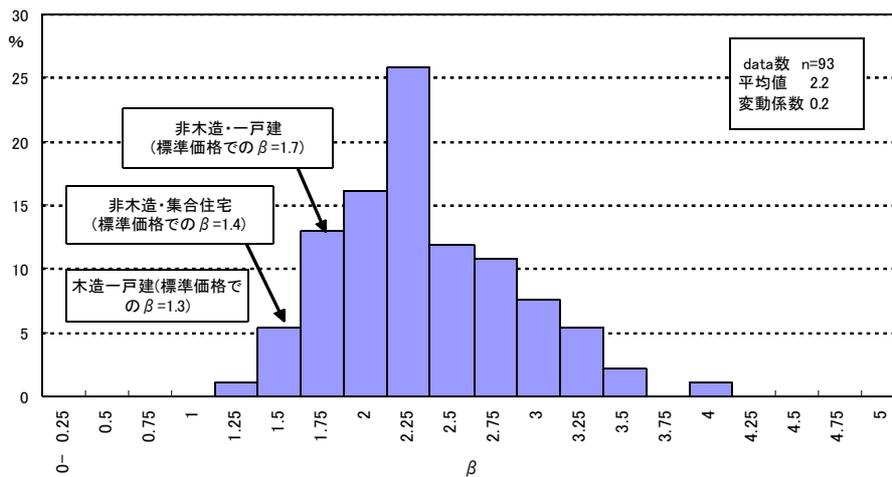
## 2) 最低水準をどこに定めるか

最低基準を下げると、社会的要求と乖離していく場合があることを述べた。その意味では、あまり低めることは社会の理解を得られなくなる。図7、8に示すように、市民の要望するレベル、あるいはやむを得ないと納得できる水準は、現行基準よりも高いレベルにある<sup>2)</sup>。



調査31-33：女子大学生、全国の女性 585名対象 1999年

図7 市民が住宅に要求する安全性レベル（信頼性指標で表現）

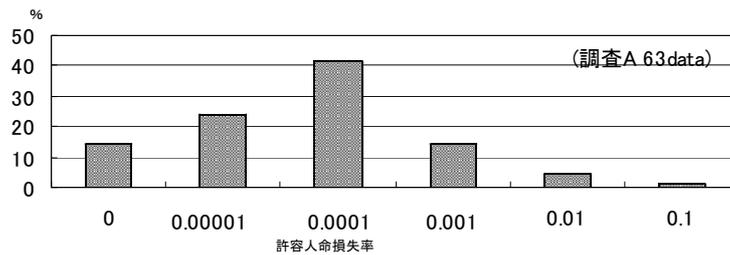


調査31：女子大学生 154名対象 1999年

図8 東京に建てる回答者の希望する安全性と標準レベルの関係

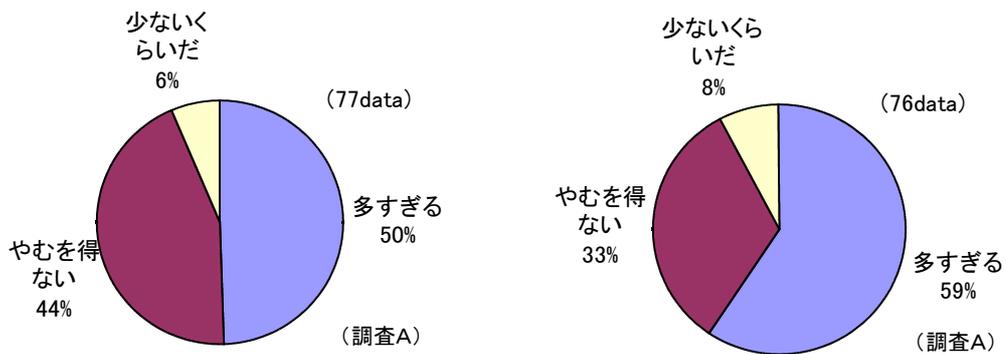
### 3) 最低基準の記述

これまで建築基準法のレベル目標の記述は、新築についてのみであり、専門家向けで、設計用耐用年数の設定や機能を守れるかについてなど記述がなかった。しかし市民の要望は、定めてほしい安全要素について専門家とは異なる要望をもっている。こうした市民の要望をできるだけ反映した形で基準が定められる必要がある。



調査A：日本女子大学3年次学生 77名対象 1997年

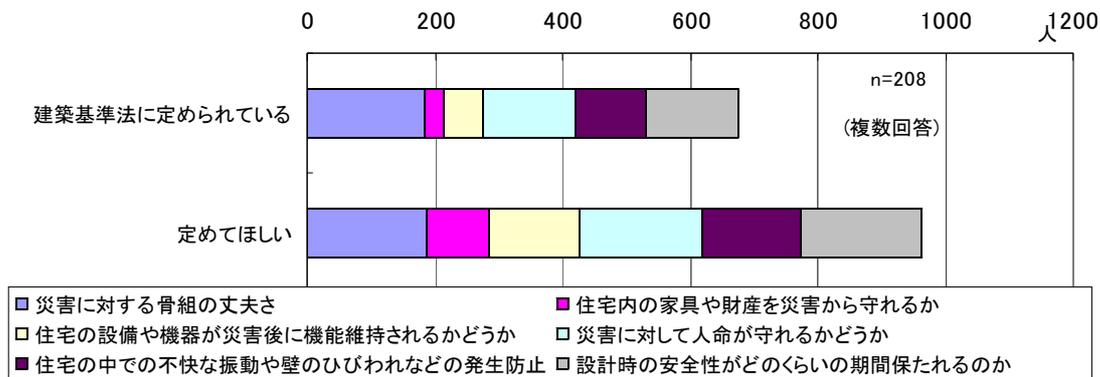
図9 やむを得ないと思う人命損失率<sup>4)</sup>



調査A：日本女子大学3年次学生 77名対象 1997年

図10 阪神大震災での住宅倒壊率の評価<sup>5)</sup>

図11 阪神大震災での人命損失率の評価<sup>5)</sup>



調査31/32：女子大学生 208名対象 1999年

図12 定めてほしい安全要素<sup>6)</sup>

#### 4. リスク・コミュニケーションの重要性

耐震安全性能に対する意思決定において、まずは当事者を明確にしておく必要がある。建築の場合、情報の受け手すなわち利害関係者である発注側は重層的に存在している。この発注者という群を細分化すると、ディベロッパー、物件購入者に分かれるが、マンション、戸建て住宅、オフィスビルなどの各用途で違いがある。

##### 1) 設計者と戸建て住宅建築主

設計者と戸建て建築主とのコミュニケーション・ギャップは極めて大きい。これまで安心できる住まい作りに向けて一般書籍が多く出版されているが、それらは欠陥防止や品質確保には役立つが、なかには専門家のもつ知識の一方的な伝達にとどまるものもある。こうした知識伝達だけでは、リスク・コミュニケーションの目的である適切なレベル選択についての意思決定サポートが達成されるわけではないことに注意を要する。

ギャップの内容としては、まず基準法のレベル周知が十分でない、または最低基準という認識が不足していることがあげられる<sup>7)</sup>。一方で住民は大地震時に軽微、小さな被害までしか許容していない<sup>7)</sup>。こうした各建築主の安全性要求、特にグレードやレベルの研究事例が少なく、個別ニーズの標準像が明らかでない。特に長く住宅で過ごす女性や高齢者といった多様な人とコミュニケーションをとることが必要になる。

ここでコミュニケーション・ギャップとは、言語が分からない、意図が分からないことである。建築物のもつ性能のなかで、目的項目が混在した形で、かつ対話が不十分な状態で設計が行われてきた。設計者は対話相手をパートナーとして受け入れ、意図を明確に整理し、分かりやすく説明するべきである。

## 2) 設計者とディベロッパー

設計者とディベロッパーは、専門知識の量・質において、ほぼ対等なコミュニケーション関係を結べる可能性がある。またマンション・ディベロッパーの場合、マンション建設主体として購入者に対して性能についてのアカウンタビリティを有し、ディベロッパー・購入者間でのリスク・コミュニケーションを行うことがきわめて重要である。

## 3) 設計者間

設計者と一口に言っても、構造・意匠・設備などの専門設計者が関与する。それら内部相互間でも円滑なコミュニケーションが必要になる。構造設計者が意匠設計者と対等な立場で明確に責任をもつ体制すら確立されていない現状がある。またリスクの選択結果が設計条件として確立すると、現場もこれに関与し、コミュニケーション・ネットワークの1つとして機能する。

## 4) コミュニケーション・ギャップを埋める第三者

住宅が完成すれば性能修正はスムーズにはできない。建て直しは無駄に環境に負担をかける。しかし戸建て住宅あるいはマンション購入者は、購入経験や大きな意思決定経験がほとんどないなかで失敗の許されない選択を迫られる。こうした面からも、リスクに関する意思決定を何らかの形でサポートする体制が企画段階から必要になる。

したがって、適切なリスクを選び取る建築主を一人でも多く育成するには、設計者と（消費者）との間をサポートする第三者、つまりコンサルタントという設計者と購入者を

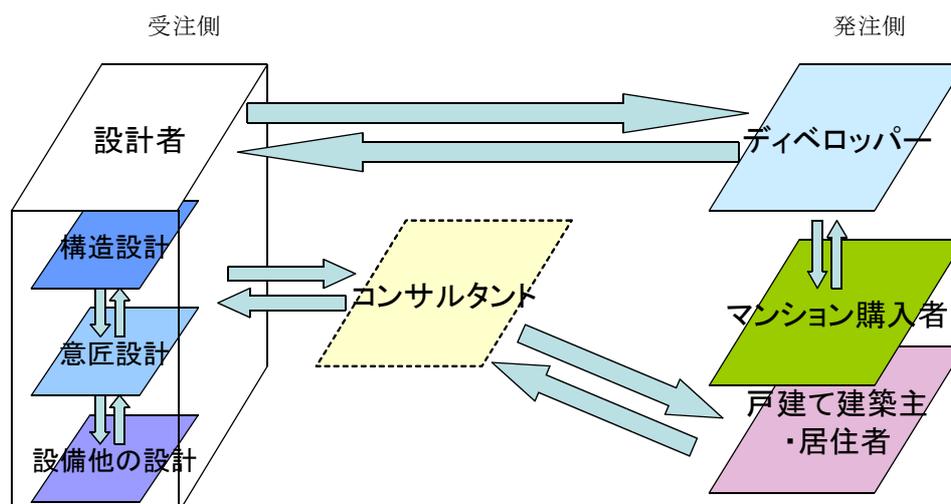


図13 耐震安全性に関わるリスク・コミュニケーション<sup>8)</sup>

つなぐ人が必要になってくる。マンション購入者にはディベロッパーがコンサルとしてサポートできる可能性があるが、戸建て建築主にはそれがない。そこでこれまでの立場を整理し、戸建てをサポートする第三者の位置づけを入れたものを図13に示す。これが意思決定のサポートとして機能する。

## 5. おわりに

これまでに最低基準について述べてきたが、耐震偽装の社会問題でも明らかになったように、構造安全性とその水準について、建築主や居住者・執務者が構造設計や実現された性能を自らの力で確認することはできない。そのため構造エンジニアは、アカウンタビリティを十分に果たし、ユーザーと合意の上で適切な水準設定を行うことが重要になる。

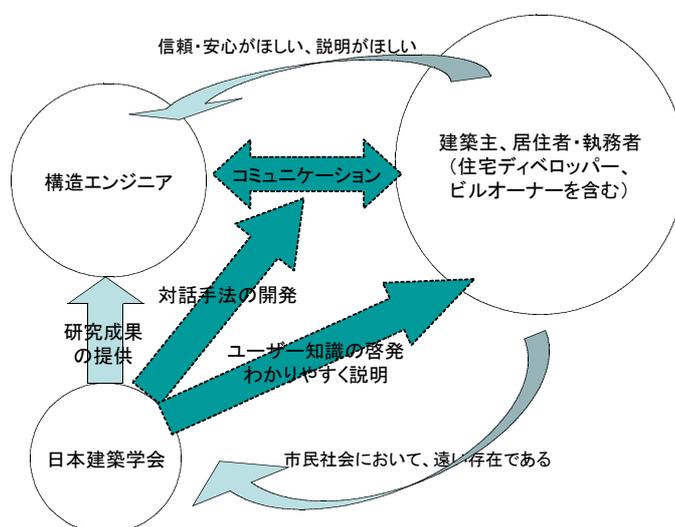


図14 日本建築学会を核とした設計者、ディベロッパー、ユーザーとの対話

アカウンタビリティを果たすためには、住宅のエンドユーザー、集合住宅の作り手、ディベロッパー、ビルオーナー等にどのように説明すればよいのか、対話方法の確立が求められる。しかし、設計者とディベロッパー、ユーザーとの対話は個々に行われてはいるものの、その意識のギャップは大きく、また手法も系統だって研究されていないのが実情である。

構造設計への信頼を取り戻すため建築学会としても、エンジニアを支援することがまず必要であるが、特にユーザーにとっては本会が中立的で頼りになる存在であるはずのものが、現実には市民から遠い存在になっていることが問題であり、みずからが広く社会に開き、直接ユーザー保護のための方策を打ち出し確立することが急務であると考えている。その概念を図14に示す。

## ◆引用文献

- 1) 星谷勝, 石井清: 構造物の信頼性設計法, 鹿島出版会, 昭和61年5月30日. などを基に作成
- 2) 平田京子, 石川孝重: 社会的に要求される耐震安全性レベルの確率論的評価—ユーザーの要望をふまえた性能設計の構築に向けて—, 日本建築学会構造系論文集, 第543号, pp. 23~29, 2001年5月.
- 3) 平田京子: 社会的要求を反映した目標耐震安全性レベルの評価に関する研究, 博士論文, 日本女子大学, 2002年3月.
- 4) 坂田智子, 石川孝重, 平田京子: 社会意識が求める構造安全性とそのレベル評価—その2 要求安全性レベルを表す指標とそのイメージ分析—, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州)(構造I), 20015, pp. 29~30, 1998年9月.
- 5) 平田京子: 一般居住者に対する構造安全性に関する意識調査—基礎調査にみる安全意識の特徴—, 尚絅女学院短期大学 研究報告, 第44集, pp. 177~183, 1997年12月.
- 6) 平田京子, 石川孝重: ユーザーに分かりやすい性能表示のあり方—構造安全性能に対するユーザーの意識変化と合意形成—, 日本建築学会関東支部研究報告集(構造), 2057, pp. 311~314, 2002年度.
- 7) 青木義次他14名: 建設省総合技術開発プロジェクト「新建築構造体系の開発」要求性能調査SWG報告書アンケートによる意識調査, 建設省建築研究所・建築研究振興協会, 平成10年3月.
- 8) 平田京子, 石川孝重: 耐震安全性におけるリスク・コミュニケーションの確立に向けて—コミュニケーション・パートナーとしての建築主・設計者—, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)(構造I), 20025, pp. 49~50, 2006年9月.

## 建築構造物の最低基準の意味と役割

神田 順（東京大学）

### 1. 国民の認識について

わが国の耐震工学の進展はめざましく、その成果は十分に国の基準にも取り入れられており、建設実務にも反映したことを確認できるとしてよかろう。1995年兵庫県南部地震においても、倒壊しないという意味では、実証することができ、建築基準法を満足していれば、多くの場合、倒壊するようなことはないと考えられている。

このこと自体に誤りはないが、一方で、1981年以前に建設されたことにより基準を満足していない建築物、老朽化などにより基準を満足しなくなった建築物も少なくなく、耐震補強が叫ばれているものの、その整備はまだ不十分であり、兵庫県南部地震と類似のレベルの地震が都市を襲うことを考えるとそれ以上の被害も生じうることを指摘する声は大きい。このことは急を要するにもかかわらず、個人のレベルにおける危機感はずいぶん高いとはいえず、政策展開も十分とはいえない状況にある。

また、「工学的に倒壊しないこと」と「個人が安全であると考えること」の間には、認識において差があることを個人のレベルで確認する必要がある。少なくとも被害を生じないという視点からは、建築基準法の水準は極めて低いものであり、兵庫県南部地震やその後の福岡県西方沖地震、新潟県中越地震などでも、さまざまな程度の被害が発生し、建築基準法の最低基準は不十分ではないかという意識を持つ人も増えている。

国民が安全をどのように考えているかを、一般論で決めつけるわけにはいかない。個人個人に幅があり、経済的立場、生命や生活に対する意識など、考え方はさまざまであることを否定できない。安全に関しては、社会的な状況、文化的な状況の中で、個々のケースに対しては、まったく異なる判断が生まれる。「地震は自分が生きているうちには来ない」と信じているという状況もひとつあろう。「地震ですべて失っても、命を失うことはないなら、それほど怖くない」という判断もある。兵庫県南部地震の被害発生以後の実態をどの程度知っているかによっても、考え方はさまざまであろう。「建築物をより安全にすることによる安心が価値である」として認識できるという人は、今日の耐震工学の成果をうまく取り入れることの出来る人であるが、社会の仕組みが必ずしもそのような価値観を實踐できるようにしていない。

いずれの場合も、それら個人の価値観の国民的分布を見て最低基準を設定するかというと、それは必ずしもあたらない。現在の建築基準法における最低基準の根拠は、国民の財産権を侵さない範囲において、公共の福祉の観点から最低限の規制を科すところであり、他の人間が使っているときに生命の危険を生じないことや、救助活動の妨げになる、あるいは都市規模の被害が国民の生活全体への影響を生ずるなど、被害が他に及ぶことを防止するという視点で決められたものである。

## 2. 現状認識について

建築物の安全性は、法令規定によっている。そして、社会の現状は法令による最低基準が、基本のグレードを設定するものになっているという意味で、法規定が支配しているといふことができる。その現状が、どの程度の安全性であるかについて考察する。

もっとも、計算から求める耐力にくらべて、実際の被害が少ないという報告もあり、法令規定がそのまま実際の新築建築物の安全性を表しているわけではない。特に、信頼性指標  $\beta$  による現行耐震規定の水準は 50 年で、 $\beta=2.0$  程度と考えられるが<sup>注1)</sup>、兵庫県南部地震の被害をもとに推定すると設計荷重の 1.5 倍に対して、倒壊は 0.5 % 程度という統計情報を得ており、それをもとに推定すると  $\beta=2.7$  くらいになっている。

1990 年 6 月の構造専門家に対するアンケート結果<sup>1)</sup> によると、設計荷重が最低基準として適当かの質問にたいして、「大きすぎる」との回答が少なからずあった。その比率は、各種荷重に対して、次のとおりである。

積載：10%、積雪：18%、風：33%、地震：33%

兵庫県南部地震以後、意識の変化が生じていることは考えられるが、専門家の間にはこのような基本的認識が存在するとして捉えられる。2000 年の施行令・告示の改正により、積雪は一部荷重が大きくなったところがあり、風は逆に小さくなったところが多い。地震は大きさとしては同等という公式的な説明があるが、限界耐力計算によると、保有耐力レベルでの荷重は 2 分の 1 程度と小さくなる場合がある。しかし、これはもともとの地震荷重評価が特に地盤特性による増幅を過大に見ていた要素もあり、計算精度が向上したと認識すべきこととも言える。

耐震安全性を定量的に捉えようとするときに、確率的な指標が、一般社会はもちろん、建築構造学にあっても十分に認知されているとは言えない。安全性を確定的に論じようすると、最低基準を概念的に捉えようとしても、社会通念としての調和点と判断することで終始し、地震に関する情報の蓄積や品質情報が活用されない。すなわち定量的な議論ができない。安全性としては信頼性指標あるいは破壊確率、荷重の大きさとしては、再現期間あるいは年超過確率をもって定量的尺度と考え、その最低水準といった議論を進めることで、初めて最低として適切かどうかの議論が可能となる。このことが議論の内容としての幅を広げることに役立つと考える。このような工学的な指標の導入は、その理解をもたない者を議論から排除することにならないような配慮が必要であることも指摘しておきたい。確率的な表現をより一般的な表現に翻訳したり、議論の結果を、さまざまな形での表現の工夫をするなど意識すべきであるが、これは本報告の枠外であり、別の形で努力は進められている。<sup>注2)</sup>

## 3. 最低基準のあるべき考え方に向けて

構造設計にあっては、その土地のその建築物にとって最適な安全水準を目標とすべきものであり、最適な水準を工学的に設定可能と考える。しかし、現状認識にもあったように、

法的な最低基準の存在が社会に大きな影響をもっている。そこで、なぜ最低か、あるいは最低を考えることの意味を考察する。

すでに述べたように、建築主、使用者として、安心を持ちうるという意味において、最低水準が想定できる。それを国民の平均的認識としての最低とみなすことも可能のように見えるが、それは結果であって、少なくとも規制する対象としての最低基準ではない。それに対して、社会が、建築主に対して規制する場合の最低基準がある。市場経済の中で、安全性が犠牲にされ、低下することのないように規制する。その場合、個人の生活が継続しうるようにという視点での水準とまちや都市として存続しうるという視点での水準の2つの視点があり、それを踏まえて、国や自治体が政策的に決定するという構図が考えられる。1950年時点での建築基準法の最低基準は基本的に前者の視点であったと考えられる。

安全の問題は、科学的に専門家間で議論される内容は進化していく。法や規制は、少なくとも建前としてはその成果を取り入れることにより、国民に対して、国としての役割を果たしていることを示すものである。現実には安全についての問題が発生すると、必ず何らかの形で法や規制を強化するといったことが行われる。兵庫県南部地震の後には、中間検査の導入で施工不良を排除することが意図された。2005年11月に端を発した構造計算書偽装事件では、構造計算適合判定機関を新設し、確認業務の強化をねらった法改正がされた。しかし、安全かどうかは、社会状況、文化的価値観、工学的技術的状况などによって変わるものである。われわれの社会において建築物の安全性をどのような形で達成していくことが望ましいかを論じた上で、最低基準をどのように位置づけるべきか考えるべきであろう。そのような議論は、1998年の法改正に先立つ建設省総合技術開発プロジェクト「新建築構造体系の開発」目標水準分科会にてある程度なされたものの、未消化のまま、国民的議論の場に登場することなく、法改正には反映されなかった。

国民が今以上に、建築物の安全あるいは耐震といった技術的内容について、もっと認識を深めることを方向性として持つことが重要と考える。その上で、国にどこまでの責任を委ね、専門家にどこまでの責任を持たせるかを考えると、現状はあまりにも見かけ上すべて「法律にお任せ」のようになっている。

さらに、建築物が小規模な場合は個人財産としての意味が多いとしても、常に社会資産としての意味があることを考えるだけで、最低基準の位置づけは大きく変わってくる。この視点は極めて重要である。現在の建築基準法は、憲法で保証される財産権に対する侵害を公共の福祉の観点で最低限の規制とするという位置づけになっているが、このことを根本から問い直す必要があるのではないかということである。例えば、高層集合住宅の耐震基準の最低水準をどのように決めるかという問いに対する答えは、そのときの社会的要請を優先すべきで、予め一律の最低基準を定めることで建築主の建てる権利が保証されるという考えを問い直そうということである。1000人ときには10000人を超える人の活動の場となるような超高層を初めとする巨大建築の最低基準をどのようにすべきか、という課題について、これからは、1950年建築基準法の規制のあり方そのものを見直してしるべき

と考える。

#### 4. 法令規定の根拠

現状としての法令規定は、すでに述べたように、憲法に保証された財産権に対して、社会福祉の観点から、最低の規制を行うものとして、1950年の建築基準法が定めたと説明されている。そのときの水平震度0.2の短期許容応力度設計という水準は、関東地震クラスの東京での揺れが生じて倒壊しないことをひとつの目安としていたと考えてよい。

その後、70年代、80年代と改正が繰り返され、当初水平震度0.2の許容応力度設計の目指す水準を、許容応力度としての安全率に頼るのでなく、実際に想定される荷重をより直接的に評価するというので、必要保有水平耐力のためのせん断力係数としての1.0が設定された。それによって許容応力度レベルは財産保護、保有水平耐力レベルは人命保護という説明がされるが、財産保護にどれだけの根拠をもった設定になっているかは、明解と言えない。単に、説明としての方便にすぎず、どの程度の頻度であれば財産保護が確保されないことを許容するかについて、国民の間で認識されたとはとても考えられない。

法令規定の数字や制限の簡易さと、一方で膨大に膨らんだ条項による実態の複雑さは、科学的整合性や運用上の不合理性などを産み、現行法規定が最低基準としての拘束力を持たせることについて、だんだん根拠を失うものになりつつあるとも言えるので、改めて、法令により、何をどこまで規定すべきか検討すべきであろう。ある範囲の建築物に対しては、専門家の関与を規制として取り込んで、法における最低基準の技術的規定による規制は行わないという法規制のあり方もありうる。そのような状況でわが国としてのどのような最低基準が構築できるかを考えて見る必要もある。

また、建築学会でまとめた構造計算書偽装事件に対する報告書・提言<sup>3)</sup>においても、建築物を社会資産として位置づけることが強く指摘されているが、それは建築物を単に個人財産とみなすことを前提とする建築基準法の目的が、大きく見直されるべきことを意味する。そのような場合、アメリカ、オーストラリアなどのように建築基準が、法律とは異なるものとして別途整備された上で、地方自治体が必要に応じて、社会資産に対しての条例規定とするようなあり方も十分検討に値するのではないか。

#### 5. 目標水準設定における最低の解釈

総期待費用最小化の原理から、安全の目標水準の最適値を求めることが提案されている<sup>2)</sup>が、そのとき、倒壊による損失費用の設定をどの程度にするかによって、社会的に許容すべき最低水準を議論することが可能と考える。

概念図を示す。これは、1993年版建築物荷重指針の安全性に関する解説(42-43ページ)にも示しているが、安全性を増加すると初期建設費がほぼ線形的に増加し、一方、損失費の期待値は、破壊確率が指数関数的に減少するので、その総和としての総費用は最小点が見つかるといえるものである。設計荷重値は、荷重の基本値に荷重係数を乗じて得られ、そ

の荷重係数は安全性指標  $\beta$  と比例的なので、横軸は荷重係数と考えても、 $\beta$  と考えてもよい。論文2) では、損失費を初期建設費の代表値で除した規準化破壊時費用  $g$  をパラメータとして、目標信頼性指標を求めている。

表：異なる荷重に対する目標信頼性指標  $\beta$  の値

	$g=1.0$	$g=2.0$	$g=6.0$
雪荷重	2.4	2.7	3.0
風荷重	2.2	2.5	2.8
地震荷重	1.7	2.0	2.4

表中で  $g=1.0$  を最低要求条件と定めてもよいと考えられる。すなわち、倒壊のみを対象とし、かつその損失費として、初期建設費程度のみを見込むという場合である。現実的には、倒壊よりも高い確率での破損は生じるし、倒壊した場合には、建物以外にも内容物や人命、波及効果などを考えると、 $g=2.0$  程度は見ておくことが望まれる。

もっとも 3 節冒頭で述べたように、個々の建築物にはそれぞれに見合う適切な安全水準の目標値が存在するので、規準化破壊時費用  $g$  の想定は、設計者と建築主が十分に検討したうえで安全目標を定めることが望ましい。すなわち、 $g$  の値をどのように設定するかが、安全水準を決めるので、個々の建築物のさまざまな状況を想定した上で、最低としてはいくつにすべきかという議論をして、法規制としてどの程度の水準に定めるか決定することが望まれる。

$g$  の値の設定に際しては、すでに述べたように、さまざまなシナリオを想定して、工学的に判断をすることが必要であるが、その場合でも、超高層ビルのように大規模な場合には、建築主個人の判断のみで決められるべきでないと考えられるし、また、最低基準という視点から、個々の建築の倒壊や破損が都市に及ぼす影響をも考慮して設定される必要もある。

総費用最小化の原理の応用は、確率の概念を費用という貨幣価値に換算して考えることができるという利点をもっているが、すべてを貨幣価値に換算できるわけではないことに注意する必要もある。重要な点は、構造安全性を定量的な概念として解釈し、それに対してさまざまな視点から設計時点においても検討すべきものであるという認識である。これは法規定を基本にして考えるものではなく、地震や強風といった自然現象を理解し、その中で建築物にどのような性能を求めるかということから安全水準の目標を設定すべきものということである。そのためのひとつのツールとして、総費用最小化の原理を利用することは、具体的な判断の助けとなることが期待される。

## 6. まとめ

法規定が、整合性に欠けていたり、歪んだものになったりしては、政策的意図も適切に反映されないので、学会として整理することは必要で、またその意味があると考えられる。現

在の法の定める最低基準が、1950年当時の経験的な荷重設定をもとにされており、改めて、さまざまな情報や技術が整備された今日、個々の建築物の最適な水準を踏まえた上で、最低基準を議論し、法規制の範囲を定めることが望まれる。

#### 参考文献

- 1) : 神田他：荷重・構造安全性についてのアンケート調査、日本建築学会構造系論文報告集、433、1992年3月
- 2) : 神田、平川：限界状態設計における設計荷重のための最適目標信頼性指標、日本建築学会構造系論文集、523、1999年9月
- 3) : 健全な設計・生産システム構築のための提言・解説、2006年度建築学会大会（関東）総合部門研究協議会資料、2006年9月

注1)

建築物の限界状態設計指針（2002）pp.25-37

東京のPGA基本値（100年再現期待値）180Galに対して、 $\beta = 2$ に相当する、Dsのばらつきも含めたときの荷重係数は1.7が求められている。2000年告示における基盤（あるいは1種地盤相当）の安全限界に対する地震動PGAは320Galであり、ちょうど対応しているといえる。もともと、荷重・耐力係数設計法試案（1986）のときから基準期間50年に対する終局限界状態に対して地震荷重については、信頼性指標として1.5ないし2.0程度と見なされていた。

注2)

「事例に学ぶ建築リスク入門」（仮称）の刊行、その普及促進のためのセミナーなどが2007年度から確率・統計手法の工学利用小委員会（高田毅士主査）で検討されている。

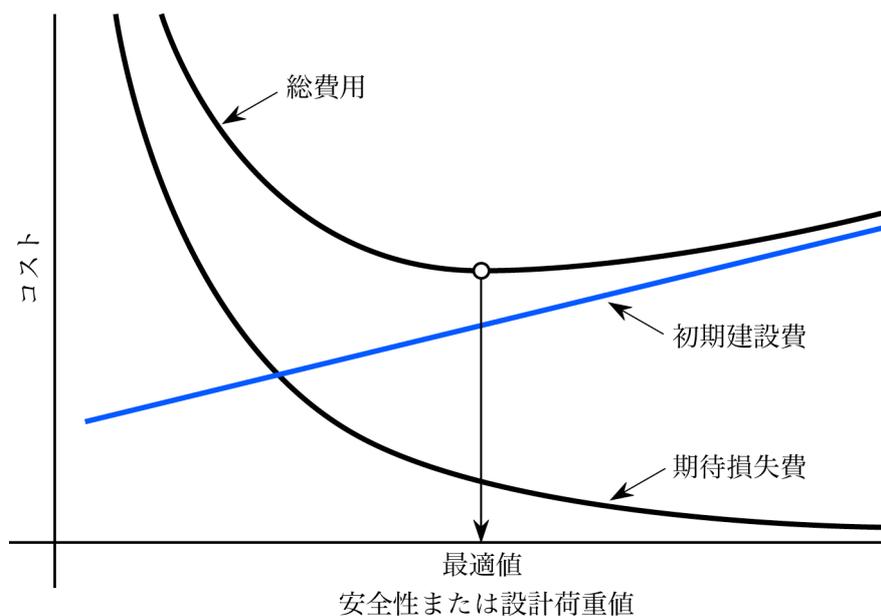


図 総費用最小化の概念図

## 構造安全性に係わる最低基準の在り方を考える

大熊武司（神奈川大学）

### 1. はじめに

「安全・安心な建築物」への社会的関心が高まるとともに、「当該建築物の性能」についての説明責任が求められつつある。他方、周知のように、建築基準法第1条には「この法律は、建築物の敷地、構造、設備および用途に関する最低の基準を定めて、国民の生命、健康及び財産の保護を図り、もって公共の福祉の増進に資することを目的とする」とある。

したがって、「当該建築物の性能」の現実値は建築基準法が要求する最低基準を下回らない範囲で付与されていることになる。別の言い方をすれば、「最低基準」の根拠が極めて重要になるわけであるが、建築物の被災は社会的被災という側面も強くもっているため、その根拠の全てを学術的に説明できるものでもない。

本旨は、「学術的立場から構造安全性に係わる最低基準を考える」という課題に対して、幾つかの基標準・指針における考え方を復習しながら考えたものである。

### 2. 建築物荷重指針-1981と設計用再現期間

1975年に建築学会念願の荷重規準案が制定された。その序には作成の経緯について次のように記述されている。「（前略）、また、現在既に荷重の大部分については建築基準法およびその関係法令に規定されており、本会が新たに荷重規準案を作成する意義があるかどうかについても問題があった。しかしながら、地震・風・雪などの外力に関する研究とともに建築構造自体に関する研究も、最近大きく進歩してきており、建築構造技術の進展も著しい。これらの発展に伴って荷重に対する規定が改められるべきであるのは当然であり、また本会としても荷重に対する方針をしめすべきであると思われた。（後略）」。

この規準案の風荷重の項が全面改訂され、1981年、「荷重規準案」の名称も「荷重指針」に変えて改訂版が刊行された。「名称変更」の理由については「学会の学術的立場にたった設計用荷重の考え方をより明確にするため」と記されている。改訂された風荷重の算定式の大きな特徴のうち、本稿に係わる点は、「基準風速」（1993年版からは基準とする再現期間を50年から100年に変えて、呼称も「基本風速」に改めている）と「設計用再現期間」という概念の導入である。

「設計用再現期間」は、設計風速を設定するために導入された「風速の再現期間換算係数」を算定するための変数であるが、この「設計用再現期間」について、改定論議において「学会として、推奨値を示すべきである」という意見があった。しかし、詳細は「解説」を

参照して頂くことにして、最終的には次のように、解説中に「設計用再現期間の目安」を示すこととなった。「(前略)。以上のようなことを考慮して設計用再現期間を決めるべきであるが、判断の基準となる理論は前述のように現在確立されていない。そこで、本指針では、従来日本で用いられてきた基・規準や外国基準を参考にして設計用再現期間の目安を示した。(後略)」。

因に、「従来日本で用いられてきた基・規準に規定された設計風荷重から風速値を逆算してその再現期間を大まかに求めてみると、関東・中部から九州にかけての太平洋沿岸では30～100年程度、関東・中部の内陸部で1000～2000年程度、中国・東北などでは200～700年程度、南九州や沖縄では10～30年程度となっている」とある。

なお、「設計用再現期間」の考え方は、1993年版からは雪荷重、地震荷重についても導入されたが、風荷重の場合と同じく、その「推奨値の問題」は今なお、未解決問題として残っている。

### 3. 性能設計の時代を迎えて

1998年の建築基準法の改正に基づき構造関係基準は性能規定化に踏み出し、「性能規定型設計法」の時代に入った。構造性能については、施行令第3章第8節(構造計算)に「荷重および外力に対する性能」が規定されているが、例えば、地震力、風圧力に対する要求性能のコンセプトは凡そ次の通りである<sup>1)</sup>。ただし、細部規定により、必ずしもコンセプトを満足しない結果を与えるところもあることに注意が必要である。因に、「損傷を生じない」は「許容応力度を超えない状態」、「倒壊しない」は「保有耐力を超えない状態」に対応している。また、地震力については、地域によって異なる震害の程度、地震の活動度等を係数Zの導入によって地方単位で考慮している。ここに示していない積雪荷重については、垂直積雪量について、50年再現期待値、500年再現期待値が相当するとしている。

#### 1) 対地震性能

- ・ 稀に発生する地震(震度5強程度)に対して損傷を生じない。
- ・ 極めて稀に発生する地震(震度6強～7程度)に対して倒壊しない。

#### 2) 対風性能

- ・ 稀に発生する強風(再現期間約50年)に対して損傷を生じない。
- ・ 極めて稀に発生する強風(再現期間約500年)に対して倒壊しない。

因に、稀に発生する地震・強風に対する要求性能は昭和25年(1950年)に制定された建築基準法に係わる施行令の要求(震度 $k=0.2$ 、速度圧 $q=60\sqrt{h}$ に対して許容応力度設計)とほとんど変わっていない。なお、文献[2]には1998年の建築基準法改正に至るまでの

建築物の構造基準の変遷が詳細に述べられている。

これらの規定により、「建築物単体に許容される被災状態」はイメージし易くなり、個々の建築物が所定の構造性能を有するかぎり、「その集合体である地域の被災状態」も推定できることになる。しかし、実際は、「許容応力度等計算法」によってパスした建築物あるいは「仕様規定に適合」のみでパスした建築物もあることから、「たとえ合法的な建築物の集合体であっても、その被災状態」の推定は不明確なものにならざるを得ない。もっとも、現実の集合体の被災となると、更に、既存不適格あるいは老朽化した建築物、建築物その他の構築物の密集、火災等々、被害を大きくする様々な要因が多く存在する。しかし、それらへの対応は、まずは「防災対策」の問題として別に整理するのがよい。

#### 4. 日本建築規格 3001「建築物の構造計算」解説

規格 3001 号は、上述の 1950 年に制定された我が国初の建築基準法に係わる「構造計算」についての施行令の下敷き役を果たしたもので、1948 年に公示された<sup>3)</sup>。

この規格の最大のポイントは、従来の「荷重と材料の安全率が錯雑している、即ち、長期・短期の仕分けがない許容応力度のもと、材料安全率を大きく設定してそれを根拠に荷重・外力を小さめに設定する」という不合理な計算体系を根本的に改めたことである。

竹山論文「構造物の安全性と荷重及び許容応力度の取扱いに就いて」において指摘されていた改善策の一つ「荷重と材料・継手の安全率を分離し、構造物強度計算の対象とすべき荷重を明確にしなければならない」<sup>4)</sup> <sup>5)</sup>が反映されたわけであるが、同論文にはこの他、「構造物の強さを破壊強さと弾性強さの 2 種に分けて考える。破壊強さを考える場合は粘り強さを増すことも考える」、「2 種の強さと対象とすべき荷重の大きさは、弾性強さに対しては通常度々起きる程度の最大荷重、破壊強さに対しては想定し得る最大の荷重に更に若干の余裕をとったものとするのが理想である」などなど、それまでの計算体系の改善について興味ある提言が示されている。しかし、第 3 節に示したように、この「荷重の取扱い特に、2 種の荷重レベルを考える」という提言が地震荷重以外の荷重に対しても活かされたのは、2000 年の建築基準法施行令の改訂においてである。因に、竹山は弾性強さ計算の意義についても、「通常の弾性計算で応力ならびに応力度がほぼ明確に把握できることその他に、弾性強さが『それ以内において荷重が繰返されても変形はそれ以上増加しない』という重要な意味を持っていることである」と強調している。

#### 5. 最低基準の在り方を考える

周知の通り、我が国建築物の耐震設計および耐風設計の設計荷重設定の基本となっているのは、20 世紀における最大級の地震・台風である 1923 年の関東地震および 1934 年の室

戸台風における被災経験である。以来、いろいろな被災経験および学術・技術の発展により、上述のように、計算体系は変化し、設計荷重の考え方もその表現において変化をしているが、関東地震、室戸台風の震度、風速が基本になっていることに変わりはない。他方、構造強度側については、構造規定が被災の教訓を反映して適宜強化されると共に、終局的な安全性を確保するための各種設計手法の開発、免震・制振建築物の実用化等々、対応技術が着実に発展している。

因に、設計風荷重について、「耐震設計の場合と同様に 2 つのレベルの荷重値を設定する」という考え方が導入されたのは、横浜ランドマークタワーの設計を契機として定められた日本建築センターの指針「高層建築物の構造評定用風荷重について」<sup>6) 7)</sup>が最初である。その場合も当然、当時の施行令に定められていた速度圧値の分析から始まったわけであるが、速度圧  $q = 60\sqrt{h}$  のもとになった室戸台風時の室戸崎測候所における最大瞬間風速 63m/s（地上高さ 15m）の採用について竹山は、「この案を審議した当時この台風が我が国未曾有の台風だったので、この程度の値を取っておけば、将来の台風に対して一応安全な設計が得られるのではないかという見通しがあったのと、台風は地震と違って予知ができるので、建設費の経済性を含めて多少甘くしたのである。」と述べている<sup>8)</sup>。実際、その後、最大瞬間風速 63m/s（地上高さ 15m）を超える値は本州およびその周辺においても何度か記録されている。

いずれにせよ、最低基準とくに法律として規定される最低基準は国民の納得が得られるものであることが望ましい。とは言え、個別建築物だけでなく経済的損失を含めて社会的な安全保障の役割も果たさなければならない構造安全性の最低基準が時々の国民感情で簡単に揺れるようなことはできる限り避けなくてはならない。

ではどうすれば良いか。先導性、普遍性という観点から「学術的理論の帰結」も大切であるが、仮に、第 3 節で示した対地震性能、対風性能を過去の被災経験とは無関係であるとして紹介したとしたら、果たして国民の納得が得られるであろうか。要求性能についての表現を専門家以外の者にも判るものとしても、「社会的被災・損失の許容状態」という視点を含めて、過去の被災の規模、被災から得た学術的知見や教訓との対応および将来予想される懸念事象に対する認識が示されていないと、リアリティーを欠き判断に困るであろう。地域によって受け取り方が異なることも十分考えられる。この認識を改めて確認することであろう。

## 6. まとめ

最低基準の在り方について幾つかの側面を考察したが、筆者の考えを纏めると次の通り

である。

- 1) 基準のコンセプトにおいて、個別建築物の安全性確保についての理念のみならず、その集団である地域の安全性確保についての理念も明確にする。
- 2) 基準の内容は、国民の理解が得られる荷重レベルの表現、構造的損傷・破壊状態の表現を用いて説明ができること。
- 3) 具体的内容は、学術的理論によって出来る限りの普遍性を備えるとともに、過去の被災の規模、被災から得た学術的知見や教訓との対応および将来予想される懸念事象に対する見解が示されていること。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省住宅局建築指導課：（2001年版）建築物の構造関係技術基準解説書、2001年3月
- 2) 大橋雄二：日本建築構造基準変遷史、日本建築センター、1993年12月
- 3) 日本建築学会：日本建築規格3001「建築物の構造計算」解説、1948年12月
- 4) 竹山謙三郎：構造物の安全性と荷重及び許容応力度の取扱いについて、建築雑誌、No.699、1943
- 5) 大熊武司：限界状態設計法とは、限界状態設計法・その可能性を求めて、No.1、建築技術、1991年4月
- 6) 日本建築センター：高層建築物の構造評定用風荷重について、ビルディングレター、'96.3
- 7) 渡部 丹、大熊武司、藤堂正喜：高層建築物設計用の地震・風荷重、JCOSSAR '91
- 8) 竹山謙三郎：建築防災通論、オーム社、1977年2月

## 社会の納得する最低水準

高橋 徹 (千葉大学)

### 1. 健全な構造設計

理想的な構造設計のあり方とはどのようなものか、ということをもとに確認しておきたい。建築構造物が存在する期間中に起こりうる自然現象・人為現象を、できる限り確率的に把握し、構造物としての所定の信頼性を確保するように設計荷重と構造耐力を定めることができれば良い<sup>1)</sup>。図1、図2は筆者の17年前の論考による設計荷重と構造設計を取り巻く環境だが、図2はいまだに理想形として掲げて良いであろう。これに対して、現状は、建築基準法施行令などで定められた荷重値に対してぎりぎりの設計を行うことが最適設計であるかのような確信犯的な誤解に基づく設計が通常的行為として行われている。

構造物の耐力・応答評価という側面は1990年頃までに非常に進歩し、外力さえ規定されればほぼ狙いどおりの耐力を発揮させるように設計することは不可能ではなくなってきている。(施工不良の問題は別途考慮する必要がある。)それが、阪神淡路大震災後に大幅な構造規定の見直しをする必要はない、との結論に至った前提になっていると考えている。

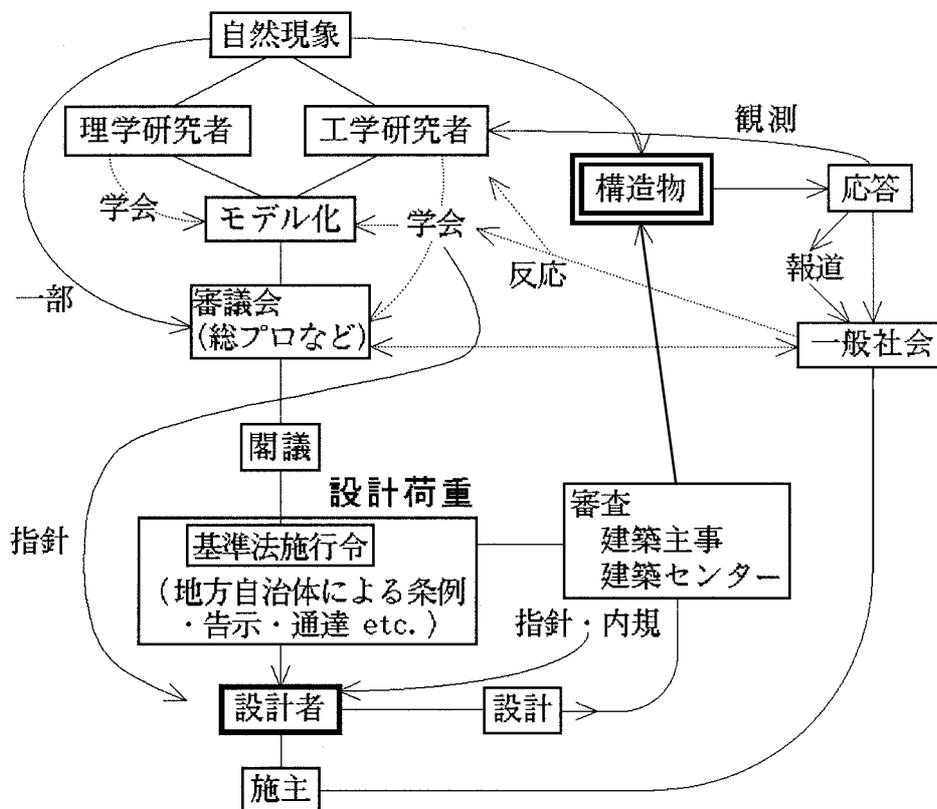


図1 設計者にとっての設計荷重・構造設計の現状<sup>1)</sup>

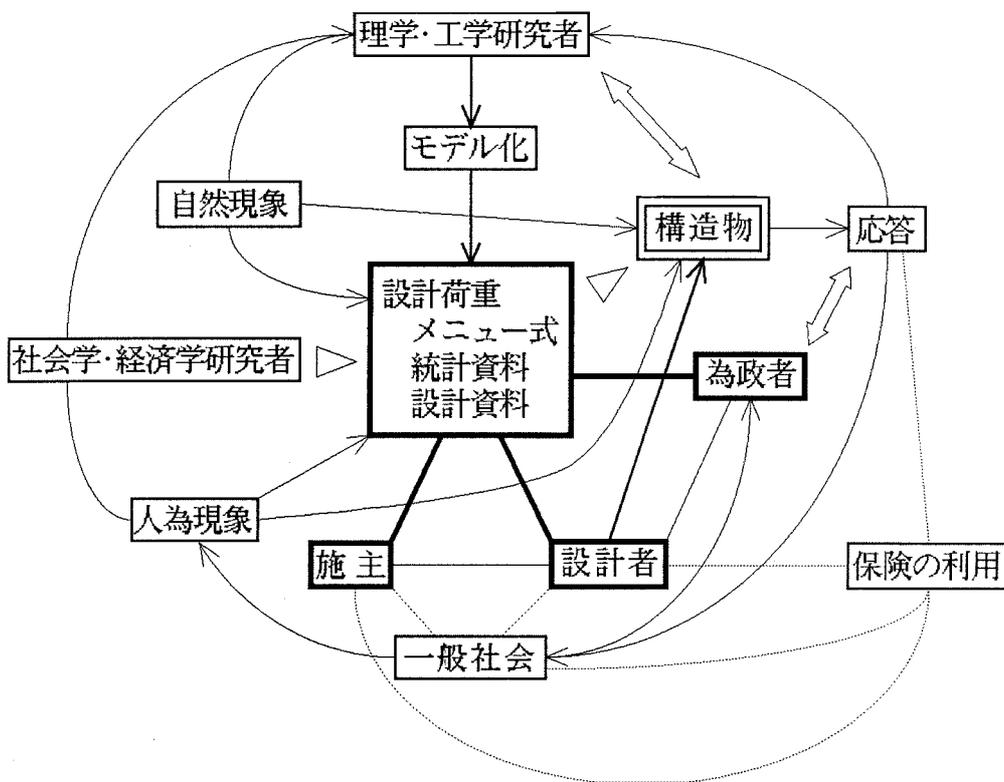


図2 開かれた設計荷重・構造設計<sup>1)</sup>

他方、自然現象・人為現象の値をどのように予測するのか、ということについても、阪神・淡路大震災以後急速に研究が進み、地震に関しては活断層の活動度に関するトレンチ調査など、風荷重に関しては台風シミュレーションなど、雪荷重に対しては降水量と気温の変化に基づく積雪重量の推定などという荷重のメカニズムを考慮した研究が進み、設計水準を荷重と構造物の両面から議論することのできる土壌が整いつつある。残った問題はいかにして所定の信頼性レベルを設定するか、という点になってきている。この点の議論がこのWGに課せられた課題であったのではないかと理解している。

## 2. 他分野の安全性との比較

例えば自動車の場合新しく発売された型式の車に対して独立行政法人自動車事故対策機構が衝突安全性能試験を実施しているが、最近ではほとんどの車種で評価基準の最上位にランクされることが多くなっており<sup>2)</sup>、建築基準法で定められた最低水準さえ守っていれば地震に対しては安全であるかのような幻想を抱かせる結果となっている建築構造物と比べて大きな違いを生じている。

このような違いを生じさせていることの大きな要因として、建築物は一品生産であり、評価機関による試験などに馴染まない、地震などに遭遇する確率が非常に小さく、性能が確保されているか居ないかを評価する機会が非常に少ない、などの議論がこれまでのWG

での議論で挙げられてきた。しかし、免震・制震デバイスのような工業製品を組み込む構造物も増えてきており、このような面では評価機関による性能表示が可能になっている。

では、なぜ建築基準法で規定されている最低水準に設計水準が集まるのか、であるが、筆者は、建築基準法が最低水準（それがどのような判断に基づいて設定されたのかの議論はオープンにされていない）だけを規定しているのが大きな要因になっているのではないかと考えている。自動車の衝突安全性のように 5 段階程度の指標を設けて提示すれば、最低ランクの評価に陥ることは避けようとする心理が働くのではないか。もちろん、その前提として、現在の 1 次設計レベルが震度 4 と 5 の間くらいの、ごくありふれた水準を念頭にしていることや 2 次設計で想定している地震動のレベルでさえ震度 6 強程度であることなどがもっと一般に膾炙していかなければならないことは言うまでもない。一方で、我々が地震に対する設計レベルを論じる場合の尺度である加速度や速度といった物理量と、一般社会で用いられる尺度である震度（気象庁震度階）の対応が、単純ではなく、上述のような当てはめもある一面でしか正しくないという問題もある。今後は一般社会の人々に建築構造物の設計水準について気象庁震度階よりももう少し踏み込んだ表現で広報していく必要性を感じる。

### 3. 社会の納得する最低水準の設定

そのような基盤が整備された上での話として、社会の納得する最低水準を議論することができるようになるのではないだろうか。ほとんどの建築構造物が横一線の設計荷重（地震荷重の場合）を前提として設計されている現状では、最低水準を下げることは社会全体の安全性を切り下げることにつながって非常に危険だし、そこに悪乗りする業者が出てくるのが危惧される。

幸い、既存木造住宅の耐震改修では現行の耐震基準まで引き上げなくてもある程度生命の保全に繋がるとして、自治体によっては評点 0.7 程度への補強や場所によっては多少なりとも補強すれば補助金が使えるようになる機運が見えるなど<sup>3)</sup>、耐震等級に差を付けることへの素地ができつつある。また、新築に対しても住宅性能表示制度に基づく評価を得た住宅が平成 17 年度には 15.7%にまで増加しており<sup>4)</sup>、耐震等級で商品価値をアピールする気運も高まってきている。

新築住宅の耐震等級にしても既存住宅の評点にしても、荷重は一定で構造耐力側を上下させる考え方であるが、次の段階として、日本国内でも地点によって荷重の値もしくは信頼性の水準を変えることによって最低水準を定める可能性について考える。荷重の値を地点ごとに定めることは古くから雪荷重において行われており、地震荷重でも地域係数で、風荷重でも基本風速のマップとして与えられている。地震については近年、地震調査研究推進本部の活動などにより確率的地震ハザードマップなどが公表されるようになっており、建築基準法施行令にこだわらなければ相当確率論的に荷重値を定めることは可能になっている。しかるに、これを基に一律の信頼性に基づいて最低基準を定めればそれでよいか、

となると、そこにはもう一つ別の側面が有り得るように見える。それは、地域の防災力とも呼ぶべきもので、ある一定規模の災害が発生したときに、その地域でどれだけの人を賄うことができるか、ということを考える必要があるだろうということである。

例えば、兵庫県南部地震と新潟県中越地震を比較したとき、最も地震動の大きかった地点で比較すれば、震度 7 相当の非常に大きな地震動が観測されており、地表最大加速度などの指標はほぼ同等となるが、全壊棟数は前者が 10 万棟以上<sup>5)</sup>なのに対し後者は 3 千棟あまりで約 3%、死者数は前者が 6 千 4 百人に対し、後者は 67 人 (2006 年 9 月 22 日現在)<sup>6)</sup>と約 1%になる。地震動の持つエネルギーや位相特性なども関与するので単純比較はできないが、全壊棟数の比率と死者数の比率の違いだけから抽出すれば、中越の方が 3 倍災害に強いとも言える。逆の言い方をすれば、人口密集地である程度以上の災害が発生した場合には地域で被災者を救う能力を超えてしまい、復旧にも長い時間を要するようになるという可能性が見えてくる。

社会の納得する最低水準を定める場合には、このような、地域の持つ災害対応能力にも留意する必要があるだろう。逆に考えると、ある程度を越えた人口密集地帯を形成するような都市開発が、防災的な観点から見て妥当なのかどうか、という点にも思い至るべきではないだろうか。

- 1) 高橋徹, 和泉正哲: 設計荷重規定システムの構築と社会的要因の影響評価, 建造物の安全性および信頼性, Vol.2, pp.205-212, 1991.11.
- 2) 独立行政法人自動車事故対策機構: <http://www.nasva.go.jp/>
- 3) 朝日新聞: 木造住宅の耐震化、簡易補強でも補助 要件緩和広がる, 2007.3.6 朝刊
- 4) 国土交通省: 住宅の品質確保の促進等に関する法律に基づく住宅性能表示制度の実施状況について (平成 18 年 3 月末時点) [http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/07/070526\\_.html](http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/07/070526_.html)
- 5) 日本建築学会: 阪神・淡路大震災調査報告 総集編, 2000.3.
- 6) 新潟県: 平成 16 年新潟県中越大震災による被害状況について (第 171 報) <http://saigai.pref.niigata.jp/content/jishin/higai.html>

## 最低基準に関するいくつかの論点について

井戸田 秀樹（名古屋工業大学）

荷重運営委員会のもとに「最低基準に関するWG」が設置され、2年間にわたり最低基準のあり方について議論した。議論を重ねるほど疑問が増えるという難題に取り組んだWGであり、初回に取り上げられた複数の問題点や疑問点がWG最終回でも引き続き議論されていた。結論を求めるのは難しい議題であるが、初回から問題になっていたいくつかの論点について一委員としての見解を述べ、報告とする。

### 1. 最低基準とは何か

建築物には必然的に公共性が伴う。不特定多数の人が利用する建築物は言うまでもなく、個人所有の住宅でも存在すれば町並み景観の一部であり、地震時に倒壊すれば隣地や救助活動への影響が避けられない。荒野の私有地に建つ一軒家といえども、所有者が変わるときには、不動産として市場に流通する可能性があることを考えると、建築物はその存在が始まったときから何がしかの公共性を有しているといえる。このような公共性、社会性に対しては、それらが社会の中で国民に広く受け入れられるための最低限の約束が法律等によって罰則を伴って規定される。この最低限の約束の範囲を建築構造物の安全性に絞ったものが、本WGで議論の対象とした「最低基準」と解釈した。

現在の建築基準法は、その総則に「最低の基準」であることが謳われており、その意味ではWGで対象とした「最低基準」は建築基準法そのものに対応するが、本WGでは基準法の枠を超え、法規程にとらわれないで最低基準そのものの意味やあり方について議論を行った。

### 2. 誰のための最低基準か

前述の解釈に従えば、「最低基準」によって規定されている公共性の対象となる人たちがあり、すなわち国民である。ここでいう国民とは公共社会を構成する一員としての意味であり、国民一人一人が持つ建築物に対する価値観を保証しようとするものではない。個人資産としての価値観は当然各個人によって大きく異なり、これを反映させた安全水準は最低基準を満足する範囲内で各個人の責任で設定・実現されるべきである。

### 3. 何に対する最低基準か

建築基準法では、国民の「生命」と「財産」を保護するためと明示されている。建築物に最低基準の必要な理由が建築物の公共性にあることを踏まえると、最低基準の対象が「生命」と「財産」であることは理解しやすい。ただ、国民の「生命」と「財産」を保護する

ことによって、結果的に何が保護されるのかを考えると、公共の福祉、国民の幸福、健全な社会の維持、あるいは国家としての存続など、様々なレベルがあり、どのレベルの表現が最低基準を必要とする本音なのかはよくわからない。

#### 4. 最低基準をどう決めるか

最低基準は、建築物が社会の中で国民に広く受け入れられるための最低限の約束である。したがって、最低基準は国民の総意（あるいは、同意、理解、了解）の下で決められるべきである。しかし、国民が建築物に期待する公共性を国民全体の総意として抽出するのは困難であり、現実には社会情勢と照らし合わせて現在の国民にもっと説明性が高いと思われる最低基準のレベルを幾人かの代表者が策定することになると考えられる。また、最低基準を決めた考え方や過程を国民に公開・説明し、国民はその説明に対し納得・承認することが重要である。

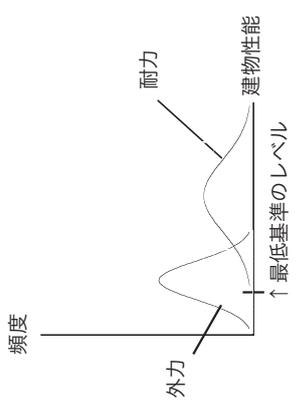
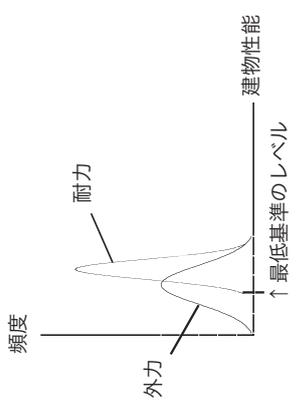
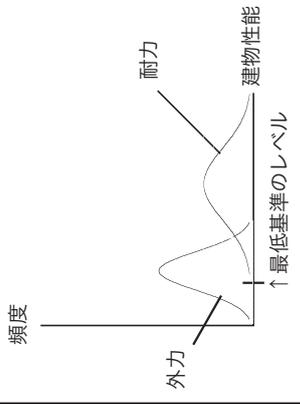
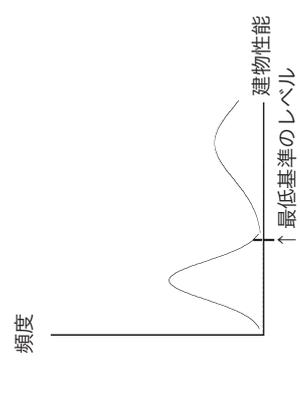
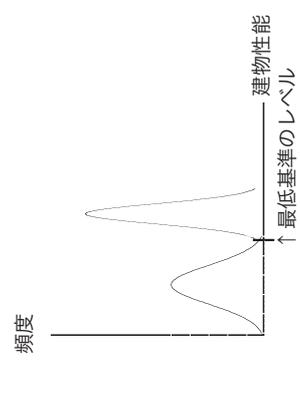
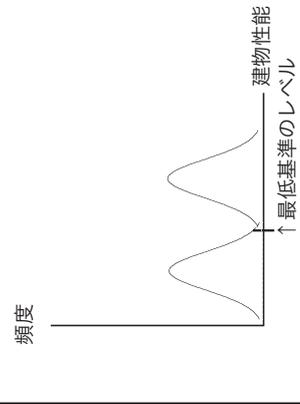
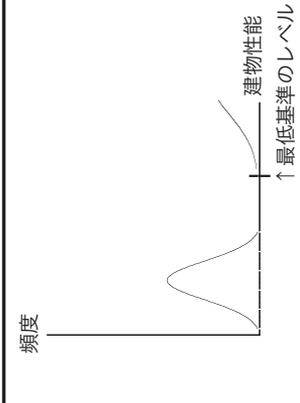
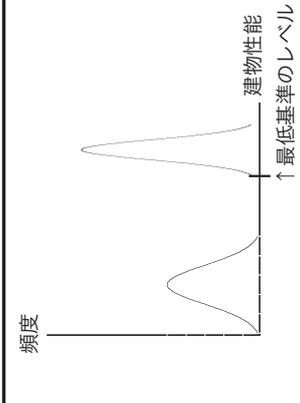
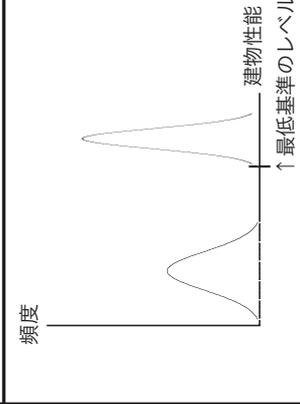
#### 5. 最低基準のレベルに応じた建築物の安全性の分布

最低基準を決めると、社会に存在する構造物の安全性は当然最低基準よりも高い方に分布する。最低基準を満たした建築物にも被害が生じるような大きな外力が作用した場合には、社会に存在する多くの建築物の安全性レベルがどんな分布をしているかによって災害の規模や特性が大きく異なってくる。したがって、強制力を持った最低基準を定めることによって社会全体の安全性がどのように変わってくるかを考えることは重要である。

このことを考えるための模式図が表1である。各グラフの横軸は社会に存在する建築物の安全の程度、縦軸は頻度を表す。この安全性の分布を、＜A＞安全性に対する構造設計技術の精度が低い社会、＜B＞安全性に対する構造設計技術の精度が高いが、安全性の余裕に対する価値が認められていない社会、および＜C＞安全性に対する構造設計技術の精度が高く、安全性の余裕に対する価値が認められている社会の3つについて、最低基準のレベルが＜1＞低い場合、＜2＞中程度の場合、＜3＞高い場合それぞれについて示してみた。

まず、＜A＞安全性に対する構造設計技術の精度が低い社会では、実際にできあがった建物の安全性のばらつきが大きい。構造設計上の諸規定や仕様は、こうした構造設計技術の不確定さをある程度考慮して定められることが多いため、実際の建物の耐力は最低基準のレベルよりも右側に離れたところに広く分布することになる。したがって、最低基準が低く設定されていても、実際には比較的安全の余裕があるが、この余裕を陽な形で明示できないため安全性のコントロールが難しく、それが故に安全の余裕が建築物の付加価値に結びついていかない。また、最低基準のレベルを＜2＞＜3＞のように高くしていくと非常に不経済である。このような場合、経済上の制約が必要以上に強くなると、本来は不確定な安全性の余裕度が設計手続き上のノウハウで浸食され、耐震強度偽装事件のような形で表面化する可能性も高くなる。

表1 最低基準のレベルが変化したときの実在建物の安全性の分布

	安全性に対する構造設計技術の精度が低い社会 < A >	安全性に対する構造設計技術の精度が高いが、安全性の余裕が認められない社会 < B >	安全性に対する構造設計技術の精度が高く、安全性の余裕が認められている社会 < C >
最低基準のレベルが低い場合 < 1 >			
最低基準のレベルが中程度の場合 < 2 >			
最低基準のレベルが高い場合 < 3 >			

次に、安全性に対する構造設計技術の精度が高い社会の場合について考える。〈B〉のように安全の余裕に対する価値が認められていない社会の場合、最低基準＝必要十分基準と解釈され安く、定められた最低基準のすぐ右側に実際の建築物の安全性レベルが分布することになる。構造設計技術の精度が高いため、耐力の分布範囲は狭く、最低基準ぎりぎりのところに安全性のレベルが揃う。最低基準のレベルが〈B〉〈3〉のように高く設定されていれば問題は少ないが、〈B〉〈1〉のように低い最低基準が設けられた場合、もしも基準レベルを超える外力が作用すると存在するほとんどの建物が甚大な被害を被るというリダンダンシーのない社会になる。

一方、安全性に対する構造設計技術の精度が高くても構造安全性に対する考え方が成熟した社会〈C〉では、安全性の余裕に対する社会的な価値が国民一般に広く認識されており、個人財産としての安全の余裕を陽な形で設定できるため、価値観の多様化に応じて建物耐力も比較的広い範囲にばらつくことになる。この場合、〈C〉〈1〉のように最低基準のレベルが低く設定されていても、大きな外力によってほとんどの建物が甚大な被害を被る可能性は少なく、最低基準の持つ本来の役割が満足された上でリダンダンシーの高い社会も実現する。また、〈C〉〈3〉のように高い最低基準のレベルが設定されても〈A〉〈3〉のような不経済さはない。

このような考察から、最低基準が本来の役割を満足するためには、最低基準を超える「プラスアルファ」の安全の余裕に対する価値が認められ、またその余裕の度合いが陽な形で明確に表現できる精度の高い構造設計技術と対になって社会に提供されていく必要があるといえる。

## 6. 構造性能の定量的評価

構造性能のレベルに関して定量的な評価を考えた途端、建築基準法で謳われている「生命と財産の保護」という表現は意味をなさなくなる。生命にしろ財産にしろある不確定な条件の下ではそれを100%保護することは不可能であり、何らかのリスク評価がなくては具体性がないからである。このことを考慮すると、「3. 何に対する最低基準か」で考えた「生命と財産」の次に来る目標、つまり、「国民の幸福」や「健全な社会の維持」、あるいは「国家としての存続」などに対する新たな尺度を設定しなければ具体的な最低基準のレベルを決めることはできない（例えば、Quality-of-life Index など）。

最低基準を設けることによって得られる恩恵の代償として、国民は経済負担などを強いられることになる。この費用対効果を考慮した意思決定が必要となる。図1は地震荷重を例として示した最低基準設定のための意思決定性能マトリクスである。地震ハザードの大きさに応じ、社会レベルで被るであろうダメージと国民の負担の関係を最低基準のレベルごとに示している。具体的な検証に基づいた記述が図中になされているわけではないし、ダメージの対象となる建築物集団としての規模を具体的にイメージしているわけではないが、最低基準を設定するためにはこういった各種要因のバランスを定量的に評価しながら

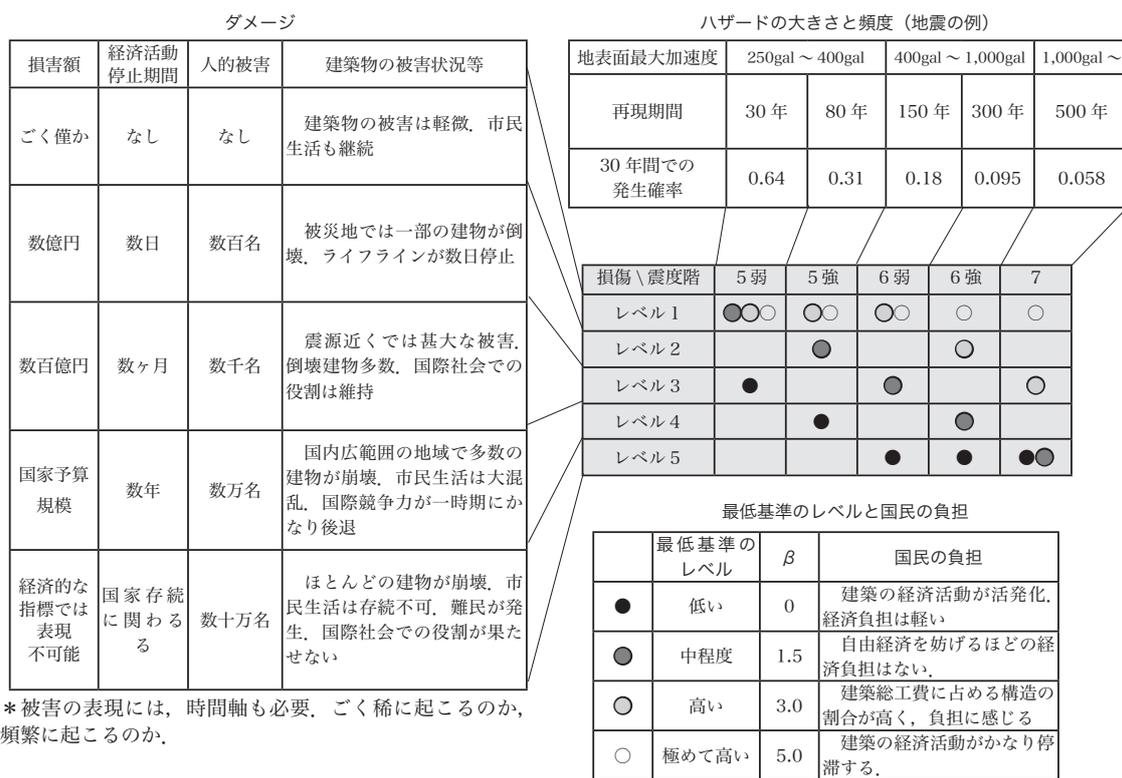


図1 最低基準設定のための意思決定性能マトリクス

意思決定する必要がある。そのためのツールとしては、リスク、利益、コストを総合的に反映させられる指標が必要であり、不確定要因の存在も考えると確率論をベースとした総費用最小化の概念が有力なツールとなり得る。

7. まとめ

WGの初期から問題になっていたいくつかの論点について一委員としての見解を述べた。最低基準を定めるとい議論には構造安全性に関わるあらゆる視点からの検討が必要である。特に、地震に代表されるような外力と構造耐力の特性にはまだよくわかっていないことがたくさんあり、このような不確実性を踏まえた中で最低基準が考えられなければならない。建築構造や構造設計が一般社会に誤解なく受け入れられ、安全の余裕が付加価値として認められるような社会の実現に本WGの成果が貢献できれば幸いである。

## 法の定めるべき最低基準

— 個々の建物の供用期間は設計用再現期間の算定根拠となるか？ —

田村幸雄（東京工芸大学）

キーワード：供用期間，最低基準，国家の基本機能，設計用再現期間，仮設構造物

### 1. 収容物の価値に見合った器の強さを！

2000年の建築基準法改正によって、風荷重は1950年制定の旧基準の値からほぼ半減した。特に、低層部分の風荷重低減が著しい。風災害は広域にわたり、社会に与える経済的インパクトは甚大である。風荷重半減は、都市防災や国家安全保障を考える上で極めて重要かつ深刻な問題である。言うまでもなく、現在の日本の都市建物群が収納している内容物の財産的価値や経済的重要性は、旧基準のできた終戦直後のそれに較べると、桁違いに大きい。器の強度は、収容する内容物の重要性に見合っていない<sup>1)</sup>。設計用荷重の大きさは建物の安全性を大きく支配する。現在から将来の我が国の都市機能を担う建物を、終戦直後の建物よりも小さい荷重で設計して良いとする根拠は全くない。収容物の価値や国家安全保障の観点からは、むしろ増加の方向が自然である。

科学的妥当性や都市や国家の安全保障などの観点から真剣な議論がなされた結果であれば、荷重が増加しても減少しても、それは納得できる。しかし、2000年の法令改正でそのような議論がなされた痕跡はなく、少なくとも私の知る限り、風荷重減少の理由は科学的根拠に基づくものではない。むしろ、現実の法令改正では、既存不適格を作りたくない、膨大な在庫を抱えさせたくないなどの理由や圧力(?)で、荷重減少の方向へはすぐにギアが入るが、荷重増加の方向へは行きにくい。荷重増加を規制強化とする誤解が、規制緩和を盲目的に信奉する人たちを後押しする傾向がある。

### 2. 建築基準法で守られているのは建物の安全か？

以上のような議論に対し、建築基準法は最低基準であり、当然、設計者やオーナーが基準法の荷重よりも大きめの荷重で設計すべきであると言う。しかし、残念ながら、この議論は実情と全く乖離している。2005年11月から世間を騒がせている姉齒問題での社会の反応が示すように、一般の人々は、建築基準法に従わないで作れば“安全でない”と信じている。逆に、建築基準法に従って作れば、“安全な”建物ができると信じている。大きな勘違いである。建築基準法を守っても、何ら“建物の安全”は保証されていない。単に合法的な建物であるというだけである<sup>2)</sup>。

さらに分かり易く言うと、建築基準法を守って保証されるのは、“建物の安全”ではなく、“設計者や施工者の安全”である<sup>3)</sup>。

“安全”を辞書で引くと、「身（組織体）に危険を、物に損傷・損害を受けるおそれが無い

状態（様子）」（新明解国語辞書，三省堂）とある。“おそれが無い”状態，つまり破壊確率や危険率がゼロの状態を言うのである。しかし，絶対に墜ちてはいけないのならジャンボ機は飛ばせないし，スペースシャトルも上げられない。超高層建物も造れない。常にリスクがある。“安全な建物”などこの世に存在しない<sup>4)</sup>。ちなみに，“危険”を同じ辞書で引くと，「個人にとって負傷・死を招くとか，災難・危害をもたらすとか，地域社会の人びとにとって広義の人災が起これるようなおそれが有ること」とある。“危険”に晒されているとは言えるが，“安全”に晒されているとは言えない。

“危険”の確率は容易に理解できるが，“安全”の確率は，日本語的に理解しにくい。技術者の好んで使う“安全率”という用語の本質的な曖昧さである。他人だけでなく，自分自身に対しても，何らかの錯覚を期待しているのかも知れない。危険率何%，破壊確率何%と云った方が，直接的でごまかしがなく，真の科学的議論がし易い。

いずれにせよ，“安全”を工学で用いる場合，日本語的には虚偽となる。少なくとも法令からは，“安全”の用語を排除すべきではなかろうか<sup>2)4)</sup>。

### 3. 国家機能，都市機能と建築基準法

国家機能や都市機能を最低限保証するための規範は，日本の場合，法令でなくてはできない。個人の良心や判断に期待して維持する性質のものではない。“国家機能”には“基本的機能”と“社会の補完機能”がある（行政改革会議，1997）。“基本的機能”とは，対内的，対外的な安全保障および健康被害の防止を意味する国民の安全，社会保障と雇用あるいは一定の経済的繁栄を意味する国民の安心，政治や行政に対する信頼を意味する社会の安定を言う。“社会の補完機能”とは，社会福祉，社会保障，労働者保護等や教育の機能，知的・経済的な創造，生産を行う機能などを言う。都市や建物が，これらの機能を維持する上で極めて重要な役割をすることは明らかである<sup>1)</sup>。

建築基準法をこのような国家機能や都市機能を維持するための手段と捉え，その意義を真剣に議論した形跡はない。粗雑な議論に基づく安易な改正が，最近，多くの綻びを露呈してきたように思われてならない。

### 4. 設計荷重見積りの大きな過ち

「風荷重に対する足場の安全技術指針」（仮設工業会）では，平均存置期間が足場 6.2 ヶ月，シート 4.5 ヶ月であるという事実に基づいて，足場の設計風速を定めている。このように“個の，かつ特定の任務での存置期間”を基にして設計荷重を決めるのは，大きな間違いである<sup>5)</sup>。現場が変わるたびに足場は“移動”する。しかし，足場は継続して存在する。更に，個体は違っても“足場”に抽象化された“個体群”は，時間的にも空間的にも都市の中に継続して存在する。

大規模なビル工事現場で，それが“足場”だからと言って，一般建物よりも“頻度高く”倒壊することが許されるだろうか。工事用クレーンも，“頻度高く”倒壊して良いとする理由はな

い。人命を損なうこともあれば、歩行者を巻き込むこともある。一般建物と同様に台風で倒壊しては困るのである。

車が場所を頻繁に移動するからと言って、あるいはレンタカーの平均貸出し期間が1日半だからと言って、それをベースに強度や性能は決められない。“個の、特定の任務での存続期間”の短かさが、設計用再現期間を短くする根拠にはならない。それらの被害によって、如何なる社会的不都合が生ずるかが問題なのである。

#### 5. 外装材の設計用風荷重の誤解

建築基準法で“極めて稀な暴風”に対する外装材設計を義務づけていないのも、同じような誤解から来ている。短期間で取り替えるから、あるいは軽微であるから、骨組みより短い再現期間で良いと錯覚しているようである。多くの設計者に共通する誤解でもある<sup>5)</sup>。

航空機のボルトや部品を一定期間で取り替えるからと言って、本体パネルより弱く設計できるだろうか。それらの破損は大事故に繋がる。外装材も建物を構成する重要な要素であり、決して欠かせない。それが無くなると、構造骨組設計時に想定した空力的特性や構造的特性まで変わる<sup>6)</sup>。

骨組みが存続する限り、外装材も健全でなければならず、結局は、同じレベルの設計用風荷重が要求される。素材そのものの軽微さや値段的価値と、建物を構成する要素としての存在価値は等価ではない。

シートやネットを強風時にたたむなど“養生”の問題は別である。これと混同してはならない。養生することが確実であれば、それを荷重算定の境界条件として考慮することは可能であるが、設計用再現期間を短くする理由にはならない。別の問題である。

#### 6. 北海道佐呂間町の作業事務所の竜巻被害の教えるもの

2006年11月7日に北海道佐呂間町を襲った竜巻によって、現場事務所が倒壊、飛散し、2階で会議していた方を中心に9名の方が亡くなった。現場事務所も、前述と同様に仮設の扱いであり、地面に立てられた木製の束の上に、鉄骨造のプレファブ建物がのせられ、かすがいで簡単に留められているだけである。通常の建築物と違って、基礎と上屋は緊結されていなかったが、この種の建物としては法的に何の問題もない。

佐呂間町の竜巻はF3クラスで瞬間風速は80m/s前後であったと見なされ、通常の建築物であっても大きな被害となった可能性はある。しかし、通常の建築物と同じ設計荷重で建てられていたら、2階部分がバラバラになって80m近くも飛ばされ、地面や隣接建物に時速250km近くで激突し、多くの人命が失われるような事態にはならなかったかも知れない。

仮設の現場事務所とは言っても、設計図書や施工図の製作、現場管理に関する事務、会議、食事、宿泊などがなされ、多くの方々が出入りする。つまり、通常のオフィスビルと何ら変わらない形態で建物は利用されている。また、このような現場事務所は、個々の任務に関する供用期間は半年あるいは数年かも知れないが、場所を変えて都市の中に“常に存

在”しており、人々の利用形態も意識も、通常の建築物と何ら変わりがない。建設会社に勤め、たまたま施工管理の業務に携わることになった人々は、“生涯の労働時間を”常にこのような建物で過ごすのである。“仮に”このような建物の中に居るのではなく、“常に”居るのである<sup>7)</sup>。

なお、鉄道や送電線などのライン状施設、あるいは原子力発電所などの特殊な施設は別として、通常の建築物が、竜巻など小規模なシビアローカルストームに遭遇する確率は数万年、数十万年に1回程度であり、これに耐えられるように設計することは極めて不経済であり、非現実的である。将来、ナウキャスト的な予測、予報技術を確立し、最低限、人命確保のための方策をとるとというのが、現実的な対応と考える<sup>7)</sup>。

#### 7. 固有名詞でなく普通名詞を！

個の供用期間をベースに設計を考える現在のやり方は、大きく考え直す必要がありそうである。建物や構造物を、固有名詞でなく、普通名詞で捉えて、荷重設定をするのが、公共の福祉や、都市や国家の基本機能の維持を考える建築基準法の務めである<sup>3)</sup>。

ライフタイムコスト最小化の議論も、個の建物の供用期間をベースにするのではなく、都市や国家としての建物群に着目した議論が必要である<sup>1)</sup>。

#### 8. よどみに浮かぶうたかた

「行く川の流れば絶えずして、しかももとの水にあらず。よどみに浮かぶうたかたは、・・・。」鴨長明、方丈記の一節である。「世の中にある人と住家と、またかくの如し。玉敷きの都の中に、棟を並べ薨を争へる、尊き卑しき人の住居は、代々を経て尽きせぬものなれど、・・・。」と続く。

都市は、個の建物の寿命を超えて存在する。多くの細胞から成る人体と、日々入れ替わる個々の細胞との関係に同じである。建物は、個人や公共機関の財産であるとともに、都市の一構成要素である。この認識は大変重要である<sup>3)</sup>。

国家機能や都市機能を考えた真の最低基準は、個々の建物の短い供用期間から決めるべきものではなく、普通名詞あるいは建物“群”としての都市を見て決めるべきなのである<sup>1)3)</sup>。

終戦直後に定められた風荷重値を半減するような最低基準を、現在の都市に在る建物の風荷重として与えてしまった現実は、これらの機能維持を個人に委ねてしまったことを意味している。しかし、個人に任せた荷重の設定は、結局のところ、個々の建物の供用期間を基本にものを考える論理以上には発展しない。

鴨長明の“個ではなく、建物群として都市を見る視点”は、今や完全に失われてしまっている<sup>3)</sup>。

最低基準や設計用再現期間のあり方を、もう一度、根本から考え直すべきではなかろうか。

## 参考文献

- 1) 田村幸雄, ふたたび「きけんつき建築物」, 日本建築学会大会(近畿)・パネルディスカッション『安全のあり方と安全性の定量的評価』資料, 9月15日, 1996
- 2) 田村幸雄, 安全と危険はマジックミラー, STRUCTURE, No.86(4月号), 4月21日発行, 2003
- 3) 田村幸雄, 暴風を防ぐ, 東京理科大学科学教養誌・月刊「理大 科学フォーラム」, 2006-7, pp.15-20
- 4) 田村幸雄, きけんつき建築物, 日本建築学会大会(北陸)・パネルディスカッション『寿命を考慮した建築物の設計のあり方(期限付建築物の考え方ー恒久と仮設のはざままでー)』資料, 8月29日, 1992
- 5) 田村幸雄, 強風災害から学ぶもの, 建築雑誌 2005年2月号小特集「防災の現状と課題: 災害・事故はなぜ繰り返されるのか」, Vol.120, No.1528, 日本建築学会, pp.16-17
- 6) 田村幸雄, 奥田泰雄, 西村宏昭, 比較的大規模な建築物の屋根被害, 日本建築学会大会(近畿), 災害部門・研究協議会『新潟県中越地震, 福岡県西方沖地震および2004年の台風による風水害から学ぶ』資料, 9月1日, 2005
- 7) 田村幸雄, 竜巻に対する構造物等の設計上の問題点と気象分野への期待, 「竜巻シンポジウム」報告(新野 宏、小林文明、鈴木 修、加藤輝之、坪木和久、田村幸雄、赤枝健治、海老原智、水野孝則 共著), 日本気象学会機関誌「天気」(投稿中)