

テーマ：専門家として建築主に安全をどう説明するか

日時：4月12日（土）
場所：A-Forum レモンIIビル5階
フォーラム終了後懇親会（会費 2000 円）

サブテーマ1：どのような地震に耐えることを安全と言うか。

サブテーマ2：どれだけの建築主が、自分の建物に責任をもてると考えているか。

コーディネータ：神田 順（日本大学）
パネリスト：江尻憲泰（江尻建築構造設計事務所）
高木次郎（首都大学東京）

参考資料：江尻憲泰「定性的な安全性の確保」建築雑誌1月号
筒井勲「リスクと発生確率、期待値」PSATS 会誌 vol.59, 2013

プログラム

15:00 開会挨拶と趣旨説明（神田）
15:05 主題解説（神田＋江尻＋高木）
15:50 パネル討論
16:30 質疑応答・全体討論
17:00 懇親会

参加予定者：

安達功 安達俊夫 大澤隆 岡村祥子 金子雅彦 金田勝徳 金箱温春 北茂紀 楠川邦輔 斎藤公男
佐藤淳 田中哲也 丹野吉雄 日向野登 久田基治 堀富博 松永直美 三輪富成 湯田博哲 和田章

テーマ：専門家として建築主に安全をどう説明するか

神田 順

法律を満足していることが必ずしも安全を意味しない。そもそも建築主としては、安全な建物を建てようと思っていることを前提に、それでは、どのように説明することが求められているか考えてみたい。地震の発生と地震動の強さに関する予測の不確かさをどう伝えるか、建物の耐力や安全余裕をそのように伝えるか、そして要求する安全性として適切な判断と受け入れられるかが、ポイントである。

サブテーマ1については、1923年の関東地震と1995年の兵庫県南部地震を比較対象とすることは欠かせない。建設地の地震発生の危険度と地盤特性としての揺れやすさを説明した上で、考えてもらうことが必要。参考資料（筒井）と関係して、不安をあおる形で条件の悪い場合を想定することに対して、客観的な指標としての確率の位置づけが基本。

サブテーマ2については、誰も少しはそのような意識があるという前提で議論したい。「法律が守るべき」とか「専門家が考えるべき」ということから先を考えていない人には、やはり安全とは何かを考える機会を与えたい。「安全には手を抜かないように」とか「十分お金もかけた」とかの定性的な理解にとどまっていることに対して、どこまで安全にすれば責任をとれることになるのか、論じたい。参考資料（江尻）は、いきなり確率を数値で示しても理解を得ることにならないことへの警鐘と解釈できる。

安全に関する一般論として、確率論に基づく信頼性指標を尺度とすることについて、専門家の間でどの程度の理解が得られているか、詰める必要がある。再現期間を荷重強さの尺度とすることに関しても同様に拒否反応を示される場合がある。その場合、ここをどのように乗り切るかが第1の関門。確率的な尺度が、客観性をもつ相対的な尺度としては、有効であることを確認したい。その次のステップとして、安全性を増加させるのに要するコストと安全性を増加することによって低減できる損害期待値とのバランスの説明をすることで、安全目標に対しての適切な判断ということが概念的には理解してもらえると考える。被害の大きさの想定は、建築主としても十分に予見可能である。それと安全目標が結ばれることは、受け入れられるのではなかろうか。

建築物はすべからず社会資産としての意味を有していて、その安全性を決めるのは建築主だから、それなりの責任を有するというを理解してもらうことが必要である。これを、具体的に設計を請け負った段階でするとなると、相当な時間をかけることが求められる。安全な建物の建築主であることが、社会に対する貢献という感覚を醸成できるとよい。

テーマ：専門家として建築主に安全をどう説明するか

江尻 憲泰

構造設計者も建築主に説明する機会が増えているが、構造設計者として安全を建築主に伝えられているとは言い難い状況にある。”説明”する上で考えなければならないことが数多く有り、本テーマを議論する上で論点となるのでは無いと思われる事項を列記する。

1. 説明の拠り所

- (1) 新築において多い拠り所は建築基準法だが、許容応力度計算や保有水平耐力計算、限界耐力計算等、安全に対する数値の意味は異なる。(他にも「品確法」、「CASBEE」、「デューデリ(PML)」等)
- (2) 既存建物に対しては、耐震診断指針 I_s 値が普及し説明に用いられている。しかし、 F 値等の数値の違いにより実際の安全性は異なる。なお、建築主の経済状況と密接に絡み、耐震性が無い場合はトラブルになりやすい。
- (3) 伝統建築(重要文化財)では、限界耐力計算が主流で「重要文化財(建造物)耐震診断指針」が用いられ、比較的説明が受け入れられやすい。
- (4) その他に震度階による説明や、活断層より想定される地震動から説明する場合等様々な説明が行われている。(近年、観測網の充実で観測波による検討も多く、大きな応答値の取り扱いに悩まされる場合もある。)
- (5) 地震力の他にも鉛直・積雪・風荷重、温度応力等も地震力と同じように説明を必要とする事項が存在する。個別に状況に応じて説明する必要も高いと共に、統一された考え方で説明をする必要がある。

2. 様々な建築主と構造設計者の能力

- (1) 学会寄稿文は、“住まう”というテーマで個人住宅が対象だが、実際は、ワンマン会社の社長、大企業、市区町村、県や国など建築主は様々である。そして、建築主は専門家に近い人から素人までいる。(不特定多数の人が受け入れやすい説明方法が必要)
- (2) 説明する構造設計者の能力(設計能力とプレゼン能力)が必要。また、時間とお金の問題から建築基準法に適合させることが精一杯で他の事を考えるゆとりが無いという現実もある。
- (3) プロジェクト構成メンバーによっても安全は大きく変わるが、監理(管理)が行われていれば最低限の品質は確保されているとして、ほとんど説明されていない。

3. 構造設計に関わる都市伝説?

一般人に間違って理解され、説明を間違えるとトラブルになりかねない事項がいろいろとある。

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| (1) ひび割れの無いコンクリート | (2) たわまない梁や床 |
| (3) 構造計算結果は誰が行っても同じになる | (4) 一日でできる構造設計(構造計算) |
| (5) 今日まで壊れなかったから明日も壊れない | (6) 動かない地盤 |
- 等

4. 契約関係

個人の構造設計者は意匠設計者と契約することが多い。守秘義務は、契約者間で結ばれるので建築主と意匠設計者の利害が反すると、意匠設計者を優先することになる。契約先により説明内容に違いが生じる。公共の利害については、契約を飛び越えてどこまで説明できるか難しい側面がある。

テーマ：専門家として建築主に安全をどう説明するか

高木 次郎

(A) 安全性の程度

まず、絶対の安全など存在しないことを広く社会との共通の認識としたい。これは、ごく当たり前のはずだが、「法適合 = 絶対の安全」の図式は建築関係者の間でも根強い。それは、それ以外に専門家が説明の言葉を有しないことの裏返しかもしれない。「耐用年限中に遭遇する可能性が高い地震に対して建物は無損傷、それよりも頻度が低く規模の大きい地震に対してコンクリートのひび割れなどの損傷は生じるものの建物は倒壊しない。」このような説明に対して、設計者はどこまで自分自身で納得しているか（私自身を含めて）。リスクと投資の関係については、一般的には、定量的に説明できていない。

一方で、どの程度以下のリスクを安全と考えるかは社会的な合意である。その意味で「法適合 = (相対的な安全)」とすることはできる。法適合が与える安全性の程度が建物用途や地域特性を包含する形で評価できているかということは別の問題として挙げられる。

(B) 建築主や設計者の建物への責任

絶対の安全が存在しない以上、問題発生時の責任を賠償の形で果たせる設計者は皆無である。それでも、リスクを含めた建物の性能を定量的に把握できていれば、保険を前提とした賠償責任の考え方も現実的となる。賠償責任だけが責任のあり方ではないが、それを視野に入れないと責任の議論は難しい。

(C) 確率的な安全性能評価

確率的な安全性能評価（信頼性指標）が、リスクを説明・把握する上で有効であることは異論がないと思われる。米国西海岸を中心に、あらゆる事象の不確定性を考慮して建物の安全性能から経済的な損失までを一気通貫で評価しようとする PEER Methodology があり、リスク評価の枠組みを構築しつつある。手法の基本は、不確定性を考慮した建物の動的解析による性能評価であり、実務との大きな違いは、

同様の確率的な安全性能評価を日本で導入する場合の課題を考えてみる。1つに、既存の性能評価の枠組みとの整合性がある。日本では、新築建物の設計手法として、許容応力度等設計、保有耐力計算、限界耐力計算、時刻歴計算、エネルギー法、耐震等級、既存建物の評価手法として、壁量による簡易な診断を含む耐震診断がある。これらの既存の性能評価の枠組みと、新たに導入しようとする枠組みとの間の整合性はどこまで確保すべきか。地盤特性を考慮した安全性能評価は、それを伴わない場合の既存の評価方法と結果が大きく異なる可能性がある。

また、解析手法やモデル化の考え方などによって評価者（設計者）による評価値の違いを制度の中に組み込む方法も難しい。

できることは何かとの視点で考えることが重要かもしれない。重要建物の筆頭に超高層建物があり、それらは、地盤特性を考慮した形で極稀に発生する地震に対する安全性の評価ができています。一方で、既存木造住宅の耐震性能などは極めて低い精度でしか評価できていないが数は多い。

定性的な安全性の確保

Ensuring Qualitative Safety

江尻憲泰 Ejiri Norihiro

(有)江尻建築構造設計事務所取締役、長岡造形大学教授、日本女子大学非常勤講師、千葉大学非常勤講師 / 1962年生まれ。千葉大学卒業。同大学大学院工学研究科修了。一級建築士、JSCA構造士、構造一級建築士。著書に「最高に楽しい建築構造入門」。2010年日本構造デザイン賞、2011年日本建築家協会賞、2012年日本建築学会作品選奨、2013年第14回日本免震構造協会賞受賞ほか

構造設計者としての立場から“住むこと”を考えると、誰もが一番に地震や自然災害に対する安全性の確保を考えるだろう。そして、その安全性は建築基準法や各種基準に規定されている計算式に基づき確認しておけばよいという感覚になってしまっている。

私は、1980年代後半から構造設計業務を行っているが、以前は、構造設計者が小さな住宅の設計に携わることはほとんどなかったと記憶している。根拠があるわけではないが、当時は建築基準法の仕様規定を満たしていれば耐震性は確保されていると考えていたからだと思われる。近年、集合住宅等大規模建築物だけでなく、戸建て住宅から伝統建築物に至るまで構造設計者がかかわることが多くなってきた。また、戸建て住宅でも地盤調査が行われるようになり、昭和の時代に比べて安全性は格段に向上してきている。しかしながら、構造設計者が建物の利用者を意識して設計したり、利用者との打合せで設計が進められることはほとんどない。

定量的な安全性

構造計算上の安全性は、鉛直荷重や地震力、風圧力等の外力に対して検討される。外力を設定してから、その外力により生じる部材の応力に対して部材が壊れていないかを確認し、同時に建物の変形にかかわる層間変形角や剛性率、偏心率もチェックする。その他にも、鉄筋コンクリート造の建物であれば、鉄筋のかぶり厚、コンクリートの強度、鉄筋の定着長さ等々、多くの数や数値を用いて安全性の計算や検討が行われている。

明治中期から建築の安全性を数値化する研究が行われ、1919年に建築基準法の前身である「市街地建築物法」が定められてから、定量的に外力を把握し、安全性の確認をすることが要求されるようになった。そして、「建築基準法」は1981年に施行され、地震力を検討するうえでの最も基本的な数値となる標準せん断力係数等、構造計算で使われている数値や計算式が規定された。その後、1999年には、「住宅の品質確保の促進等に関する法律品質確保法」(品確法)が施行され、建築基準法上の地震力を1.0とし、1.25倍や1.50倍の地震力で設計された建物を、等級1、等

級2、等級3と建物の地震等に対するグレードが設定された。また、新設建物だけではなく、既設建物も、耐震診断において、耐震指標(Is値)と耐震判定指標(Iso値)により耐震性が定量的に把握されるようになった。

個々の細かいところは修正や改善されながら運用されているが、多くの先人が残してくれた成果(基規準等)を利用して、計算を行えば、定量的に明解な安全性の判断が可能な時代となった。

利用者(住まい手)の感覚

では、利用者は安全性についてどのように感じ、または考えているのだろうか。現実的には漠然とした感覚しかない人が多いように思われる。大半は、壁が多いことや柱が太いことで安心感を得る人が多いのではないだろうか。中には、設計者の資格や実績を確認し間接的に安心感を得ている場合や設計者や構造設計者の人柄で判断していることもあるのではないだろうか。最近では、情報が正しいかどうか怪しいが、インターネットを通じて情報を収集して学習している利用者も多い。

構造設計者が定量的に安全性を確認している反面、計算方法が複雑なこともあって、一般の人は、数値に対してほとんど理解していないのが現状であり、現実の安全性と利用者の安全性に対する感覚は乖離している。

安心には、実際の安全性を確保するだけでなく、住む人の経験、感覚、理解も重要な要因となる。設計者の資格により安心が確保されているとすることは、あまりにも安易である。ブラックボックス化することはやむをえない場合はあるかもしれないが、いろいろな視点からの安心感、中身の見える安心感が求められている。

定性的な安全性

構造設計者にとって定性的とは、建物の塑性変形性能が高いとか、剛性が高く変形をしないといった物理的性質を思い浮かべるが、一般人の日常生活から考える安全性はどうなるのであ

ろうか。

本を大量に所有している学校の先生が木造住宅に住んでいる場合、その先生にとっての安全性は、家具が少ない家とは異なるであろう。揺れの少ないRC造のマンションを勧めることは簡単であるが、一軒家に住みたいと考える人も多い。木造住宅の場合、筋交いに石膏ボードで壁を仕上げることが一般的である。石膏ボードは特殊な金物を使えば、本棚を固定できるが、大きな地震で倒れようとする本棚を固定する強度は期待できない。しかし、耐震要素として内壁に構造用合板を採用すれば、本棚は大きな地震力に抵抗してしっかりと固定できる。建築基準法で想定する地震力の1.25倍に対して、筋交いで設計する場合と、建築基準法上の地震力に対して構造用合板で設計するのでは、どちらがこの学校の先生にとって安全性が高いのだろうか。

寝たきり老人のいるお宅ではどんなことが考えられるか。寝たきり老人は、災害時に自力で避難することはできない。そうすると、助け出し易さが重要となる。家具や什器が散乱しては救助が難しく、ものをできるだけ少なくするか、できるだけ建物の変形を抑えた方がよい。このような場合、等級1で変形が抑えられたRC造と等級2で変形する鉄骨造では、どちらが寝たきり老人を介護する建物としてよいかは判断が難しい。

現行の壁量計算では、簡便な計算とするために柱や梁の樹種では耐力壁の壁倍率は変わらない。実際には、杉や松、ひのき等、樹種によって釘の保持力は変わるので、耐力は大きく異なる。木を見た目やにおい等好みにより選択することが多く、構造性能は考えない場合が多い。知らないうちに見た目で判断した結果に、実際の耐震性能が左右されている。地震の多い地域や心配性の利用者では、樹種による構造性能が解ると、耐力を定量的に算出しないまでも選択が変わるのではないだろうか。

例を挙げると限りなく出てくるが、このように、住み手や住み方によっては、定性的な考えを加味すると、定量的に算出した安全性が絶対とは限らないのである。

個人的な意見ではあるが、施主を含めてもう少し定性的な構造安全性について話し合いが必要で、定量的なことは解り難いかもかもしれないが、定性的な話は一般人にも解り易く、議論していけば、お互いの共通認識を形成し易くなるのではないかと思う。

安全性に対する要求事項の増加

最近の安心、安全は、家具や仕上げにも要求され始めている。2009年の駿河湾沖地震での家具が倒れたことによる圧死事故や最近では2012年12月に起きた笹子トンネルの天井板落下事故、設備機器についても2013年7月に道路照明の灯具部分の落下事故が報道されるなど、気を付けていると頻繁に報道されている。原因はいろいろ議論されているが、老朽化した建物が多くなって来ていることも事故原因のひとつである。

2013年には天井の脱落防止措置、エレベーター、エスカレーター等の脱落防止措置に関する法律が公布されている。仕上げや設備等、建物の付帯物に対する安全の考え方は、建物本体に比べると遅れている感があるが、着実に体系化されつつあり、基規準類が整備されてきている。設備や仕上げ、家具などは一般の人が身近に感じる部分での安全性が要求されるようになってきた。

解析技術は向上したが建物本体の検討事項が増えて技術者の作業量が肥大化してきている。まだ、解明していかなくてはならないことも多いなか、大きな地震の可能性が指摘され、昭和の建物も老朽化し、耐震補強も急務である。不安要素を徹底的に突き詰めて行くのであれば、本棚や食器棚のような家具まで安全性を定量化する対象となりうる。細くなればなるほどに作業量は増え、ミスをする確率は高くなる。多くの人の手に分ければ、分野化が始まり、その境界部分の確認があいまいになる。しかも、研究者、設計者、技術者共に数は今後減る方向にある。構造のような技術的なことについても、一般の人々へ説明することが重要な事項となってきているので、仕事量を考えると絶望的な状況のようにも思える。

このような状況であるからこそ、人が住むことを想像し、定性的な安全性を考えていくなかで、必要な事項について定量的検証を行うことが本当の安全、安心につながっていくのではないだろうか。

リスクと発生確率、期待値



筒井 勲

最近、世間では想定外とは言えないため南海トラフの津波では最大36万人の犠牲者が想定される、大阪、兵庫でも4万7千人の死者が予想される、首都直下型の地震では1万1千人の死者が、火災で消失する家屋は85万棟と予想されるなどなどの危険予知情報が大々的に喧伝されている。国民は当に小心翼翼、戦々恐々状態になっている。これらの悪い出来事の発生確率と被害額を掛け合わせたものが期待値でありリスクの大きさである。ところが発生確率にはあまり言及せず、被害の大きさのみ独り歩きの嫌いがある。

我々はさまざまなリスクに囲まれてリスクと付き合いながら生活している。自動車事故による死亡者数は年間で平成5、6年頃までは約1万人、最近では減って5、6千人という数である。WHOによれば世界の自動車事故による死亡者数は年間130万人と言われている。自動車利用の利便性が高く自動車ゼロ運動やデモは起こっていない。さまざまな災害の10万人あたりの年間死亡者数で比べると交通事故で9人、航空機で0.013人、地震で5人、火事で1.7人である。話題の原子力では0.0000001人である。〈完全な安全〉ではないが〈実質的な安全〉という安全圏に入ると言われている。もちろん原子力の場合は死亡者数よりも放射線による被害額は膨大なものとなることは言うまでもない。

地球温暖化について

2酸化炭素の蓄積による地球温暖化の問題も既にリスク回避が極めて困難な状況にあるようである。発展途上の中国、インド、ブラジルはもちろんアフリカ諸国で炭酸ガスの発生を抑制することは極めて困難であることは明らかであり、すでに蓄積されたものが減少することもない。〔産業化以前から世界平均気温の上昇を2℃以内に収める観点から温室効果ガス排出量の大幅削減の必要がある〕というカンクン合意の実現は極めて困難である。日本も炭酸ガス削減目標を大幅に削減している。温暖化を止めるためには排出量0かマイナスにしなければだめで現代文明を見直し生活を根底から変える社会的なイノベーションが必要となる。温暖化の進行を許してもリスク、止めるもリスクである。昨今、異常気象といわれる現象が多発している。元々気象に正常気象というものはないそうで些かマスコミの誇大宣伝が過ぎる感があるが、温暖化が人為的原因によるか自然現象によるか

は未だ完全には決着がついていないが温暖化しつつあることは事実のようである。人為的原因ではないが地球は過去に温暖化と寒冷化を繰り返している。ローマの栄えた時期は温暖期であり、大化の改新の頃は万葉寒冷と言われ、その後奈良、平安と大仏温暖と言われた。日本文化の家屋は夏涼しくを旨とすべしのもととなった。ヨーロッパでも温暖期には北欧でバイキングが活躍しグリーンランド、アイスランドなど極北の地が居住空間となった。300年ほど前から小氷期と呼ばれる太陽活動が極めて不活発なくマウンダー極氷期>がおり、イギリスのテムズ川が凍り、日本でも天明、天保の飢饉が起こっている。

温暖化の影響は、熱波、大雨、竜巻など異常気象の増加、海面上昇、水不足、農業への影響などマイナス要因が考えられるが、寒冷地で農業が発達し、健康に良いなどのプラスもある。

日本のいわゆる文化人、有識者、学者などは概ね〔原発反対〕、炭酸ガスに起因する〔温暖化防止〕のようである。そういう見解しか許されていないともいえる。

この際、原発による炭酸ガス削減効果に言及しなくなった。太陽光発電や風力発電に頼るべきと主張している。これらは主要なエネルギーとはなりえずその製造に膨大なコスト、エネルギーにかかることに触れない。発展途上の世界各国は原発建設を推進している。

原発反対は戦前の大政翼賛会的なマスコミと一体となった活動であり原発は悪であり反対するものは勇者と讃えられている。リスク対応は「賭け」の側面があり、運不運の結果も世の無常である。誰が決定し、誰がリスクをとるのか、それが問題である。

