

信頼される構造設計をめざして (2007年)

はじめに

耐震偽装事件は2005年11月に発覚し、さまざまな社会的問題が露呈する中で、建築基準法や建築士法が改正された。本年の6月20日より施行されている確認申請の新制度によって、建築界では大きな設計業務上の困難と停滞が生じている。そこには、建築関係者の間でさえ、構造設計という職能に対する根本的な理解不足が内在しているようであるし、構造設計者でもそれぞれの言い分が異なっている。本稿では、筆者の経験と現在の状況をふまえて、構造設計のめざすべき方向について論じてみたい。先ず、構造設計という業務について、次いで耐震性能をめぐる法規定との関わりについて、そして現代社会とのかかわりについて述べ、最後に社会環境的な視点で構造設計の展望へ論を導くつもりである。

■コンピュータ時代の「崇高なる者」

コンピュータが大型で、一部の研究機関でしか用いられることのなかった1970年代の前半、構造計算は計算尺とそろばん、よくてせいぜい関数電卓を用いて行われていた。一貫（構造計算）プログラムというものが普及し出したのは1980年代に入ってからである。1981年に改正された建築基準法施行令のいわゆる新耐震設計法は、まさに構造設計のコンピュータ時代を躍進させる働きを担ったというべきであろう。この頃に構造設計という業務が劇的に変わった。

筆者は1973年にゼネコンの設計部に入り、最初に構造計算を担当した建物は9階建ての鉄筋コンクリート造共同住宅であった。平面が三角形の特殊な形状で、連層耐震壁を内蔵しており、今でも一貫プログラムによって解析するのは困難であるが、これを手計算（長期応力は固定モーメント法、地震時応力はD値法、D値〈横力分布係数〉の計算は撓角法で基礎回転や境界梁効果算入）で何度も解いたことを憶えている。意匠担当の先輩がスパンや階高、仮定断面の変更を連絡してくるたびに、計画上の打ち合わせと計算のやり直しを（内心は不平と不満が鬱屈する状態で）繰り返した。確認申請提出期限に間に合わせるために何度徹夜したかしのれない。心情としては、まさに19世紀の「崇高なる者」¹⁾と変わるところがなかった。その後、一貫プログラムがあればなんと楽になることかと思ひ、手計算そのままのプログラムを社内数名で作ったこともある。しかし一貫プログラムでできることは構造設計という業務のうちほんの一部にすぎない。

構造設計とは、構造形式の選定から始まって、材料や部材の計画、地盤調査を経てディテールを検討し、コスト試算まで行う。構造計算はその中で部材の安全検証を行うプロセスで、与えられた建築計画に対して予測される外力を設定し、部材の断面を仮定して応力解析を行う。そして解析結果の応力が部材の許容耐力以下であることを確認すれば構造計算（一次設計）は完了する。1980年代から始まった新耐震設計法では、二次設計（保有耐力計算）も必要となった。二次設計の規定は複雑で、学術的な研究から政令や告示に導入された構造計算式に、設計者の判断と理解が追いつかない状況が続いた。一連の構造設計業務の中で、構造計算の占めるウェイトが格段に上昇し、もはやコンピュータなくして大規模構造物の構造設計は不可能となった。

その後の情報化社会の進展についてはいうまでもないが、結果として一貫プログラムは構造計算を独立した業務分野にしてしまうことになった。構造設計者も新技術を開発し、複雑な構造計画と計算チェックを扱う技術者と構造計算や構造図作成（CAD）を下請けで行ういわゆる外注技術者に分極化していかざるを得なかった。問題は、構造体の質すなわち安全性に関わらない次元で構造設計者の業務が拡大し、「崇高なる者」の分断をもたらしたことである。この分断は同一技術者においても生じて

おり、プロジェクトごとに交代する側面を持っている。一流の構造設計者たらんとするものには、多くの設計指針（構造規定や技術慣行）を読みほどこきつつコンピュータと向かい合う地味な計算屋と、新しい技術を開発し建築家や施主を説得する構造家の二面が要求される。さらに収入を確保するには構造計算を担当した建築について確認申請を通さなければならない。つまり構造設計者とはたまらなく忙しくて、しかもストレスが蓄積する職能なのである。

■「伽藍が白かったとき」の構造設計

コンピュータ時代に突入した1980年代は同時にバブル経済の時代でもあり、市街地には高層の分譲マンションが林立し、また超高層建築が次から次へと都市のスカイラインを変えていった。この状況は21世紀に入って数年経過した現在も続いている。たしかに建設業界と不動産業界の景気は、高層マンションのプロジェクトによって左右されている。しかし、耐震偽装事件はこの高層マンションにおいて発覚し、様々な社会的問題が露呈した。阪神大震災の場合も分譲マンションの回復がもっとも遅れた。筆者は問題の本質が建築基準法よりも、構造体を共同所有するというマンション法（区分所有法）にあると考えるが、ここでは問題となった構造（特に耐震）規定の意味について述べる。つまり「耐震強度」という指標が構造規定としてどれほどの意味を持っているのかである。

ル・コルビュジェが1930年代のアメリカを訪れた後に記した著書²⁾で、ニューヨークの高層建築をフランス中世のゴシック建築に比定して、フランスの都市計画行政を次のように批判した。「かつて伽藍が白かったとき、法規は適用などされなかった。伽藍は反法規的であった。フランス精神は、無気力と硬直化の時期をのぞいて、法規っぽくはない。技術の奇跡の推進のもとに新しい世界が出現しようとしている今日、光の都（パリの別称）の先生がたが法規を適用する。やがて都に光が消え失せるであろう」。



写真1 関西初の30階建て超高層RC住宅（1988年施工中）

筆者が1987年に関西で初めてのRC造超高層住宅の構造設計に関わったとき(写真1)、大臣認定物件ということもあったが、規定に縛られない設計の自由を感じることができたし、霞ヶ関ビルの建設記録を記した一般書³⁾によっても躍動する建築技術感がうかがえる。法律に定める構造規定で定義している範囲を超えたときに構造設計者のストレスが多少は解放され、安全な構造体への道が見えてくることをいいたいのである。職能とはそういうものではないだろうか。

耐震偽装事件のマスコミ報道で有名になった「耐震強度」という指標についてくわしく説明する紙幅がないが、要点は構造物の持つ保有水平耐力を必要な水平耐力で割った値が「耐震強度」で、新耐震設計法の二次設計でこれを計算し、1.0以上あることを証明しなければならない。確認申請を通ったマンションはすべてこれをクリアーしているはずである。ところが計算法(あるいはプログラムのバージョン)が変われば、数値が変動するのである。なぜなら耐震強度という指標は分母と分子の数値が互いに関連しており、それぞれ条件によって階段状に変化するのだから、条件を少し変えるだけで結果が大きく変動する非常に不安定な指標である。これは規定に欠陥があるのではなく、耐震性能という概念の不安定さを表している。



写真2 これは倒壊か (1995年兵庫県南部地震)

耐震性能というのは抽象的な概念であって、「震度6強で倒壊しない」と表現しても曖昧である。地震力を表す震度6強は数値的に幅があり、「倒壊」にしても明確な統一基準というものが存在せず、少なくとも人命との関連で定量的に定義することは不可能である(写真2)。このあいまいさが建築の社会でさえ理解されておらず、ましてマンションの住民に説明できない。しかし、法規定(告示)の中で、各指標は確定的な数値を以て規定されている。まして経済行為であるマンション事業にあつて、厳しい競争のすえに利益を上げなければならない状況で、構造設計者の職能はぎりぎりの線で数値をクリアーすることにある。そのためにコンピュータと格闘せざるを得ない悲しい存在である。問題の所在は、マンションというユーザーにとっては一生を賭けた大金を費やす買い物の価値について、このように曖昧な数値にすべてがかかっている社会状況にある。本来は幅をもって捉えるべき確率論的な数値が法規定になると確定的になってしまう。そこに建築行為の尊厳を損なう何かがあることをコルビュジェが語っているのではないだろうか。科学・技術の発達パワーを増大させるが、人間が持つコントロール能力のほうは増大しないものである。近代合理主義の精神を体現した建築家はそのことを見抜いていたに違いない。

■ 「自然状態」社会の建築確認制度

建築確認制度の生まれた敗戦後の日本は、アメリカ合衆国の占領下で、民主主義と平和憲法のもとに国土復興、経済回復、高度成長に国民が文字通り一丸となって取り組んできた。経済成長の背景には勤勉な国民性と活発な企業活動があり、紆余曲折はあっても直線上に成長を続けてきた。そこには楽天的な成長主義があり、一所懸命に働けば豊かになるという神話が成長の影にある歪みを見えにくくしていた。建設業においても建築設計界でもこの恩恵の外にはなかった。神話が崩れ出したのは1990年代のバブル経済がはじけた頃からであり、特に1995年の阪神大震災以後は景気という言葉さえ忌まわしく感じられるほど、戦後価値観の喪失が顕在化している。グローバリゼーションの名のもとに、すべての部面で自由競争の原理が持ち出され、取り残される人はその存在自体が悪であるように扱われる。教育や学問の世界でさえ、数値目標をめぐる自由競争である。学歴と収入の格差は拡大し、セーフティネットであるはずの年金制度があてにならない。地震被害で失うのは必ず弱者の生命と財産で、一方とんでもない理由なき犯罪が頻発する。被害者はつねに社会での負け組とよばれる。弱者を救う制度はあっても官僚主義に阻まれて機能せず、個人の善意に頼らざるを得ない社会。

これはまさにホッブス⁴⁾が描く「自然状態」そのものではないか。「リヴァイアサン」の第一部で、ホッブスは人間のさまざまな情念を描いているが、これらの情念が横溢する社会こそ自然状態、すなわち各人が各人と敵対する戦争状態であると捉える。そのような社会で、確定的な数値を用いた構造規定が果たす意味を考えてみなければならない。筆者は自由競争が悪いと主張しているのではなく（ただし好きではない）、確実に変わった日本の社会においては、「数値目標」というものが変質せざるをえないことを示唆しているのである。数値は確定的であり、コンピュータを用いればなんでも評価してしまう便利な代物だ。しかし、自然状態における人間の情念を数値化しても意味がないのと同様に、あいまいな耐震性能というものを数値化して、これを如何に厳密に運用したところで建築の安全性が高まるものでないことは自明のことである。現代の社会で耐震強度の数値が意味を持つとすれば、建築生産という経済行為の場においてであって、コスト競争力、不動産価値や固定資産税の算出基準にはなり得る。そのいきつく先は単眼的な性能評価である。建築確認が担当者の一切の裁量幅を排して杓子定規の数値評価しか行えない現状は、建築行為を嫉みや裏切りの横行する自然状態にさらしていることにほかならない。

構造計算の適合性判定という新しい制度は、数値一辺倒の単眼的な評価を排し、複眼的・多眼的な評価を与える方へ建築確認行為をシフトさせることであるべきだろう。「判定」という権威主義的な名目で重箱の隅をつつくようなチェックは本来の主旨に反することである。新しい制度の運用が成功すれば少なくとも建築界は自然状態を脱却して、建築確認制度を「リヴァイアサン」としてあおぐことができる。制度の可否は確認を行う主事とピアチェックを行う構造設計者にかかっている。制度運用についてあえて私見を述べれば、使用者（居住者）が限定される戸建て住宅などの場合、構造計算のピアチェックは必要ないと思う。さらに他の単体規定ですら確認の不要な項目があるのではないかと考える。確認を受ける項目を申請者が選択して限定する運用があってもいいのではないかと考える。

■ 「大いなる正午」の建築

建築の持つ目的が構造安全性のみでないことは明らかで、そのあり方が人間存在の根元に関わることである。ことに住宅においては、居住者個々の生活を規定し、さらに共同住宅であるマンションではコミュニティそのものを形成する。マンションの建築計画にはプライバシーを保護するための工夫が可能で、区分所有権を執行することができよう。しかし構造上の安全性（これは耐震性だけでなく他の構造性能でも同じだが）を区分所有することは現実として不可能である。この問題は阪神大震災で被災したマンションの改修と建替をめぐる紛争や、今般の耐震偽装をめぐる居住者の対応において明ら

かになった。同じ問題は関西に多く残っている老朽化した長屋住宅にも存在する。たとえ耐久性が100年あると保証されても、100年後にそのマンションはどうなるだろうか。問題を先送りしているに過ぎないのではないか。

耐用年数が来たときの所有権がどうなっているかは、だれも考えが及ばずにマンションはどんどん建設と分譲が繰り返され、新しいコミュニティが中途半端に形成されているのが現代都市の特徴である。環境に負荷を与える（つまり撤去・建替）ことなく大規模の構造体を更新していく技術はまだ存在していない。そうでなくとも地震が起きるたびに新しい被害パターンが露見して構造規定が変り、その結果、既存不適格建築を大量に出現させる悪循環に入っているのが現状である。まだローン返済の残っている中で、急に既存不適格と烙印し、人生設計を狂わせることは政策上の大きな誤りだと思う。ひとはいつたいどこで暮せば安心できるのか。

日本の各地には確認申請制度の生まれる前から存在し、人々が平和に暮してきた町村が多く残っている。時には地震や風水害に遭遇して被害を受けつつも自力で再生して、住民はコミュニティを守ってきた。こういった町村を地震被害から守り、老朽化と戦いつつ日本の地方文化を継承していくには、現行法にもとづく木造の構造規定が無力であると指摘されている。筆者は構造設計者仲間とともに、コンピュータや部材レベルの詳細な数値規定に頼らない木造建物の構造設計法を開発し⁵⁾、実地応用を全国的に展開していく中で、地域社会からの信頼感を獲得できる手応えを感じている（写真3）。この構造設計法は建築基準法の規定に合致しつつ、難解な数値計算や枝葉末節の数値規定を回避したもので、構造専門家でなくとも扱うことが可能である。



写真3 耐震改修する古い町家（山口県萩市）

ニーチェは「神は死んだ」と叫び、人間が動物（自然状態）から孤独な「超人」にいたる道程の半ばで、希望に満ちた時を「大いなる正午」と名付けた⁶⁾。数値検証の悪循環にもがくことから開放されるとき、建築に関係するものは「大いなる正午」を迎えることができる。結論をいえば、構造設計者が構造計算をしなくても構造安全性が確保できるとき、その時こそが建築界にとって「大いなる正午」といえるのではなかろうか。

■リカレントなシステムの構築

数値検証の悪循環を断ち切る技術的な芽はすでに出始めている。その芽というのは免震・制震技術であり、建築計画的には個体群住居である。個々の安定した構造体を制震ダンパーや免震装置で連結して多彩な建築形態と構造改変を可能とするリカレントなシステムは、構造形式として理論的に不可能ではない⁵⁾。一昔前に流行したメタボリズム建築やS I 住宅とも異なる。リカレントなシステムでの設計者の役割は、個々の部材の設計でなくシステム全体の存命期間中の時系列的な設計である。構造設計はもはや建築設計や設備設計とも融合した総合的なデザインで、複雑な構造計算とは縁のないものとなる。本来の構造設計は数値計算によってではなく、力学的な正しい直観にもとづく形態の組み合わせから生まれる⁷⁾。工場生産の安定した単体空間を組み合わせたときの応力状態は、連結する免震・制震装置によって決まるので、設計変数が少なく検証結果が明快となろう。居住者は文字通り、独立した空間と構造体を区分所有しているのであり、個人の都合で構造体ごと転居することもできる。このようなりカレントなシステムが実現するためには、居住権・所有権に関する諸法規の整備が不可欠であるし、技術的には環境共生に配慮した安定構造体のメニューが出そろわなければならない^{5) 8)}。

21世紀に入ってから情報化社会の動きが加速し建築設計の意味が変貌しつつある。特に構造設計においては、近年頻発する大地震や風水害への対応と国をあげての防災キャンペーン（耐震化戦略）から想像できるように、従来の枠組から脱却しなければにつきもさつきも動きのとれない状況が読み取れる。そんな中で少しでも前進する方向を見いだすことができれば、構造設計者は躊躇なく実行する勇気を持つことが必要であろう。現在の日本にあって、構造設計者ができることは一つしかない。それは、曖昧な構造性能・耐震性能であっても、これをできるだけ高めるように努力し続けることである。道に終わりはない。法規定はこの崇高な職能を守るように運用されなければならないと思う。

参考文献

- 1) ドニ・プロ（見富尚人訳）「崇高なるもの-19世紀パリ民衆生活誌」岩波文庫、1990.7
- 2) ル・コルビュジエ（生田勉・樋口清訳）「伽藍が白かったとき」岩波書店、1957.10
- 3) 石田繁之介「超高層ビル-最初の試みの記録」中公新書、1968.3
- 4) ホップス（水田洋訳）「リヴァイアサン」岩波文庫、1954.2
- 5) 梶原健一・河村廣「木造住宅の耐震設計-リカレントな建築をめざして」技報堂出版、2007.3
- 6) ニーチェ（氷上英廣訳）「ツァラトゥストラはこう言った」岩波文庫、1967.4
- 7) エンゲル（JSCA関西訳）「ストラクチュアシステム」技報堂出版、2006.4
- 8) ハイパービルディング研究会「ハイパー首都-世界に向けて発進する1000年都市」（筆者執筆範囲 第4章：構造・防災系部会の成果）、日本建築センター、1999.6

（かたぎはらけんいち）

（日本建築協会「建築と社会」2007年9月号所収）再構成2015年6月