

A-2-4 構造設計者と耐震設計

耐震設計の目標

- (1) 個々の建築物が建築基準法の最低基準を満たしているだけでは、大地震後の市民生活や都市機能の継続性は期待出来ない。そのためには、構造設計上の工夫により、大地震後も建築の機能が維持されることを目標とされなければならない。
- (2) この大地震後も建築の機能が維持されることを目標とすることは、法が求める水準よりも高いことから、その実現には、国民全体の意識向上や合意が必要である。

構造設計者の前向きな関与

- (3) 設計者は、耐震設計を行うにあたって、設計している建築物が大地震を受けたときの挙動、その建築に住む人々が被る状況を思い描き、全体の構造から部分のディテールまでの設計に、自らの設計経験に基づき能動的にかつ責任をもって関与すべきであり、またそれが可能となるような業務環境を整えるべきである。

建築物の耐震安全性の確保に関する体制

- (4) 建築物の耐震安全性の確保に関する建築主、建築家、構造設計者、施工者の役割や責任を明確にすることはもちろん、これらを支える国や地方の行政の役割、法律のあり方、さらに日本建築学会や各種職能団体の役割を含めて安全確保の体制を考え直す必要がある。
- (5) 本会は、これらの耐震設計の目標や各関係主体の役割・責任等について、本会が蓄積してきた知見を積極的に提供し、理解の増進に資するとともに、優秀な構造設計者の活動のしやすい環境を作ることに貢献する必要がある。

■解説

日本は世界有数の地震国である。大地震は人間の寿命や建物の寿命を超える間隔でしか起こらないにもかかわらず、大地震が一度起こると建築物や人々の生活に甚大な災害が起きる。これに対処しようとするのが耐震工学・耐震設計であるが、自然と人間に関わる非常に難しい工学分野である。日本建築学会は創立時から建築物の構造技術・耐震設計に関する研究活動、設計規準・指針などの編纂・発行に力を入れ、我が国の建築物の耐震安全性の向上に大きな成果を上げてきた。欧米・アジアの諸国ともこれらの成果は交流され、世界の建築物の耐震安全性の向上にも大きく貢献してきた。

このたびの事件は、建築界にいろいろな問題を投げかけたが、日本建築学会の建築構造関係の活動についても見直しが必要であると考え。一言で言えば、学問のための学問、技術のための技術の方向に行き過ぎていたことであり、全国で毎年建設される数十万棟の建築物の構造設計・施工やこれらに関わっている多くの技術者と日本建築学会の距離が離れてしまっていたことへの反省である。さらに、建築物の安全性、地震時の安全性などは、すべての国民に関係が深いことであるにもかかわらず、国民に対して分かりやすい説明を十分にしていなかったことも問題である。

日本建築学会の今までの活動や出版物は構造物の挙動、構造部材の強さ・変形能力の計算法を提示するにとどめられ、構造設計は設計者の行うこととして、構造設計そのものから一步下がったところに立脚する方法がとられてきた。これからは実際に行われている耐震設計そのものにも深く関わる必要があると考える。ここに、これから扱うべき重要テーマを示すが、構造委員会においては、これらのテーマを正面から議論し、新たな活動が始められることが必要であると考え。

耐震設計の目標

- (1) 個々の建築物が建築基準法の最低基準を満たしているだけでは、大地震後の市民生活や都市機能の継続性は期待出来ない。そのためには、構造設計上の工夫により、大地震後も建築の機能が維持されることを目標とされなければならない。
- (2) この大地震後も建築の機能が維持されることを目標とすることは、法が求める水準よりも高いことから、その実現には、国民全体の意識向上や合意が必要である。

構造設計の基本：建築物の規模・重量・強度・堅さは人間の大きさ・体重・強さ・堅さに比べ圧倒的に大きい。人々の生活はこの質量・剛性・強度の作る安定した建築空間の中で守られる。これらの建築物は、常に働き続ける重力に耐えることが最重要であるが、頻度の少ない大地震、台風、積雪などの外乱に耐えることも重要である。

耐震設計の基本：建築物に持たせるべき基本的な耐震性能として人命保護、財産価値保全、機能維持があげられる。建築基準法では、中小地震動に対しては、これらすべてを満たすことを目標としている。一方、大地震動

に対しては、人命保護のために建築物の倒壊防止を目標としているが、最低基準としての建築基準法には、財産価値や機能の維持は含まれていない。建築物の集合体が都市であり、個々の建物が建築基準法の最低基準を満たしているだけでは、大地震後の市民生活や都市機能の継続性は期待出来ない。構造設計上の工夫、免震構造・制振構造などの新しい技術の利用により、大地震後にも建築の機能維持を目標とするなど、より高い耐震性能を求める国民全体の意識向上が必要である。

構造設計者の前向きな関与

- (3) 設計者は、耐震設計を行うにあたって、設計している建築物が大地震を受けたときの挙動、その建築に住む人々が被る状況を思い描き、全体の構造から部分のディテールまでの設計に、自らの設計経験に基づき能動的にかつ責任をもって関与すべきであり、またそれが可能となるような業務環境を整えるべきである。

構造計算と耐震設計：静的水平力を骨組に与えて部材の応力を求め、これを許容耐力と比較する許容応力度設計法、入力地震動の強さと構造物の塑性変形能力に応じて求まる必要水平耐力と構造物の持つ水平耐力を比較して行う保有水平耐力計算法、多層の建築物を等価な1質点系に置換して求めた耐震能力と地震動の強さを表すスペクトルを比較する限界耐力計算法、構造物のエネルギー吸収能力と地震入力エネルギーを比較するエネルギー設計法などが、我が国の建築物の耐震設計に使われている。これらは地震時の動的挙動を直接扱うかわりに、等価な静的計算法を示したものである。超高層建築物の構造設計に用いられている時刻歴応答解析は、上記に比べれば実際の挙動を見ている方法であるが、応答計算結果が入力地震動の選択に大きく影響されるため、その計算結果は、少なからず「ばらつき」を有している。

これらの計算や解析に唯一の解があると考えて、計算ばかりを精緻に行うことに必ずしも合理性があるとは言えず、むしろ総合的な考察と判断を行うことが重要である。設計している建物が大地震を受けたときの挙動、その建築に住む人々が被る状況を思い描き、全体の構造から部分のディテールまでの設計に能動的に全力をそそぐ必要がある。構造計算や構造解析は一般論として説明しうるが、これらは分析的かつ個別的な行為である。一方、構造設計は、その方法を一般論として述べることの難しい創造的行為であり、優秀な構造設計者の能力と努力に負うべき仕事である。本会は設計者・施工技術者だけでなく、研究・教育の関係者、行政の関係者など多くの会員で成り立っており、優秀な構造設計者を育てるための土壌として最も期待されている。本会は構造設計者への多方面からの支援活動に力を入れるべきである。

建築物の耐震安全性の確保に関する体制

- (4) 建築物の耐震安全性の確保に関する建築主、建築家、構造設計者、施工者の役割や責任を明確にすることはもちろん、これらを支える国や地方の行政の役割、法律のあり方、さらに日本建築学会や各種職能団体の役割を含めて安全確保の体制を考え直す必要がある。
- (5) 本会は、これらの耐震設計の目標や各関係主体の役割・責任等について、本会が蓄積してきた知見を積極的に提供し、理解の増進に資するとともに、優秀な構造設計者の活動のしやすい環境を作ることに貢献する必要がある。

未完の耐震技術と免罪符としての建築基準法：構造材料、構造技術、解析技術、施工技術が進歩すると同時に、建築物は複雑化し、規模も大きくなり、都市の規模も大きくなっていく。「災害は進化する」の言葉の通り、大きな地震災害の度に、人間の側の配慮の不足や技術の未熟さが自然に指摘される。耐震技術は文明の進む各時代において、常に未完であると考えなければならない。建築基準法・日本建築学会規準などに耐震規定が示されているが、この中には普遍的に正しいことと、未だ分かっていないことが混在して書かれている。本当に分かっていることは何か、分かっていないことは何か、単なる決め事は何かなどを見極める必要がある。これらをすべて正しいことと誤解し、基準・規準に受動的に従い、既成のコンピュータプログラムのみを利用しているような人達が構造設計を行ってはならない。「書かれていることを守ったから」ということにより、基準・規準は免罪符となってしまう、ただ安易な仕事環境を作るだけである。

建築家と構造設計者：建築物の外観、内部空間を表すのは建築の表面であるが、その中にある構造体と無関係に張りぼての仕上げ面を作ることはできないから、建築のかたちは構造体が作っていると言える。ヴィトルヴィウス（今から約 2000 年前）が言ったように建築に必要な要素は「強・用・美」であり、その骨格を作る構造は建築設計の基本である。言うまでもなく建築設計には建築家と構造設計者の協力が必要である。意匠担当者が柱

や壁の配置、その太さや厚さまでを決めて、内部に入れる鉄筋量の計算を構造担当者に依頼する一方的な方法で、耐震性のある良質な建築はできない。建築物全体の構造計画、柱・耐震壁の適切な配置、太さ・厚さを配筋計画、施工性まで考慮して、互いに協力して決めることが重要である。この上に、建築として使いやすく、美しくなければならぬことは言うまでも無い。

性能設計と耐震設計：米国サンフランシスコのベイブリッジが落ちたロマプリエタ地震（1989）のころから、耐震設計を「仕様に基づいた方法」から「性能に基づいた方法」に変革しようとする動きが、我が国でも盛んになった。米国からの建築材料の輸出要求も、性能規定化を加速した。例えば耐震設計を進めるにあたり、「中小地震動を受けても建物の機能を維持し、大地震時には崩壊を防止する」などの耐震性能を明示し、設計した建物がこれを満たしていることを、一般的な方法または独自の方法で説明する方法である。構造設計者の責任が増すと同時に、設計の自由度も増す理想的な設計体系といえる。

鉛直荷重に対する強度・剛性・撓み・振動、強風時の揺れの問題などについては、設計通りの性能が発揮されたことは建築後数年で明らかになる。しかし、耐震設計が設計通りの性能を発揮するかどうかは大地震が起きるまで分からない。さらに、現状では大地震時に構造物の塑性変形、つまり大きな損傷を認めているため、大地震が起きたとき、その建物が設計通りの性能であったかどうかの判断も難しい。多くの一般的な工業製品は力学的な設計が行われて市場に出されるが、使用期間中に想定される外乱に対して損傷を許容しているものは非常に少ない。大地震後の機能継続を放棄し、財産価値が失われることを前提としている現行の耐震設計基準はあきらかに最低基準である。ある建築物が地震被害を受けたとき、その地点を襲った具体的な地動は特定できないことも含め、壊れることを前提とした建物の壊れ方を見て、その被害が基準通りの設計施工が行われていて起きたものか、設計ミスや施工不良がその原因になっていたかを特定することはできない。耐震設計の正当性を説明することの難しさはここにある。

米国の建築審査の方法の調査によると、ニューヨークではすべてが構造設計者に委ねられており、申請図書に構造関係の書類は必要ない。一方、ロスアンゼルスでは審査のために工事金額の1%の費用を取り、構造に関する審査は厳密に行われている。耐震設計はその効果が発揮されるまでの期間が非常に長く、他の問題と同じように扱うことはできないことが分かる。わが国においてもロスアンゼルスと同様に、設計、設計図、構造計算を第三者が確認することはどうしても必要であろう。行政による耐震安全性の審査には限界がある。事務的に見るのではなく、専門家が見ることが必要である。また、これは規則を満たしていることのみを確認ではなく、設計者の意図通りの設計が行われているかどうかの審査が必要である。審査を効率よく進めるために規則を決めすぎることは本質的でないので止めるべきである。特に法令で計算法を細かく規定すると、行政がその法適合性を確認する義務が生ずる。細かな計算のプロセスの正しさをすべて確認することはできない。できないことをできるとすることによって、さまざまな無理が生まれる。

建築物の耐震安全性の確保に関する建築主、建築家、構造設計者、施工者の役割や責任を明確にすることはもちろん、これらを支える国や地方の行政の役割、法律のあり方、さらに日本建築学会や各種職能団体の役割を含めて考え直す必要がある。