

座談会「21世紀の構造システム」

<出席者>

稲田達夫(三菱地所設計)、打越瑞昌(久米設計)、
笠井和彦(東京工業大学)、金箱温春(金箱構造設計事務所)、
壁谷澤寿海(東京大学)、小堀徹(日建設計)、
中田安洋(新日本製鉄)、福和伸夫(名古屋大学)、
三田彰(慶應義塾大学) (50音順)



司会： 加藤 晋平



関 松太郎



小山 実

近未来という20、30年後を考えて



司会 それでは今日は9人の先生方にお出で頂き、「21世紀の構造システム」というテーマで、近未来という20、30年後を考えていただきたいと思えます。将来の建物が、住環境を含めて今後どうなって欲しいか、あるいはどうあるべきか、色々社会的な要因もあるかと思うのですが、できるだけ技術論での議論をお願いします。まず設計者の方がいままで仕事をされてきて、将来、やってみたい建築というのが、きっとあると思えますが、では、金箱さんいかがでしょうか。

リノベーションにおける構造デザイン

金箱 10年20年後自分のテーマと
いうことを考えてみると、今までに無
かったテーマとしてリノベーションに
おける構造デザインがあります。環境
の問題を考慮すると今までのように
建物を壊して新しい建物を建てる
ということができなくなる。何らかの工夫が必要とされま
す。最近の例として、既存の地下室をそのまま使ってそ
の上に全く別形態の構造の建物をつくってしまうとい
うのを設計しました。要するに既存の建物は機能的にはも
う新しい使い方にはそぐわない、その時の対応として、
従来はゼロか100かという、つまり新築か改修かという
発想が主なんです。だからリノベーションといっても、
既存の躯体をいじらずに模様替えするとか、多少スラブ



や梁を取るとか、だいたいそういう発想なんです。も
っと積極的に古い躯体を生かしながら、ある部分と作り
換える、あるいは付け足すことにより、新しい空間に適
した構造をそこに作り出していくということなんです。
その時に少し建物の性能を制御する、例えば制振的なも
のとか免震的なものを入れ込んでいくことも当然考えら
れる。そういうリノベーションにおける構造設計者の
かわりというのをもっと積極的に明るく捉えるとい
うことをやりたいと考えています。

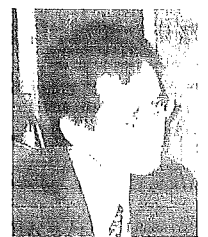
司会 そこに振動制御を入れ込むということは、既存の
ものが既存不適格であることより安全性を補足するとい
うことですか、それとも新しい建物をかなり安全にした
いからという意味合いでしょうか。

金箱 それは両方あると思うんです。既存適格であって
も建物の用途が変わることにより、より安全性を高める
必要が生じることもあるからです。

司会 既存の建物を生かした時の新しい建物のつくりか
たのひとつの提案ですね。

長寿命の観点からは、免震構造、制振構造

打越 わたしは、まず50年後の社会
は一体どうなっているんだろうとい
うことを考える必要があるかなとい
うことで、調べてみたことをまず紹
介させていただきます。



50年後というキーワードでインタ
ーネットで調べると実に色々情報があって驚いたのです
が、まず人口ですね、2050年では、約2千万人減ると予
測されています。で、生産年齢人口が現在全人口のうち
の70%で、これが50年後には54%になる。さらに労
働力人口の高齢化が進むことで、社会全体の活力が当然

にぶるし、購買力が著しく低下してくる状況になります。一方で世界の人口は、60%も増加すると予想されております。また、若年労働力人口が低下し、建設業の市場はますます縮小されます。

もうひとつ視点を変えて、資源とかエネルギーがどのぐらいもつだろうか、98年の環境新聞によると、金属資源はあと20年から50年、石油とか天然ガスは40年から50年、水資源も意外と厳しく15年から30年と言われております。この他に産業廃棄物の処理の問題とか生態系の破壊、森林の焼失とか色んな環境問題があると思います。

今の状況から考えてみると50年後の建物に関するキーワードとして長寿命、リサイクル、リユースそれから低廃棄物、低LCCO₂、低PML、低LCC、こんな言葉が浮かんでいますが、それらは50年後には現在よりももっと深刻な問題になってきます。じゃあ、リサイクルとかリユースという観点からいえば、鉄骨造を主体とした構造、また物理的な長寿命でいえば低PML、低LCCの観点からは、免震構造とか制振構造とかがやはり適している気がします。機能的社会的な長寿命という観点からは用途変更が容易だったり、設備系のリニューアルが容易だったりという建築的仕組みが必要になる。ただこれらは現段階ですべて初期コストが、高くなる要素ばかりで、今後こういった技術をいかにローコストで可能にするかということが重要な課題になってきます。

こういう状況の中で、構造設計者は構造安全性だけを考えていけばいいという時代は完全に終わって、長寿命、リサイクル、リユース、低廃棄物、こういうものを課題にして、そのへんをどう実現するかというのを常に考えていかなければいけない時代なのかなという気がいたします。

司会 かなり包括的に話をされていて非常に興味深いと思いますが、他に付け加えるようなことがありましたら。

大地下構造体は、地震外力も低減する

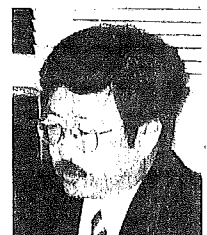
稲田 プロジェクト初期段階において地下の構造を考えるとときにですね、だいたい今建て替えの対象になる昭和30~40年代の建物の場合、地下4階ぐらいまであるわけですが、地下外壁を打設するのに既存壁を壊すのか、既存壁の外に新設するのか、内側に新設するかということになるわけですが、それでだいたい内側に新設するというようなことになる場合が多いわけですが、その結果



地下に何枚もコンクリート壁が打設されることになる。これは工法的には合理的な面もあるのですが、地球環境的観点からは無駄も多いわけです。というのは、実は敷地の中に建物をつくるということしか考えてない所に問題があるわけで、例えば公道の下に地下鉄があるとしますと、その壁をもうちょっと補強して公道の下を全部坑道にしてしまう。そうすると建物はその坑道の壁を支えにすれば外壁なんかつくらなくても良いはずなんです。その坑道を造る費用は、その恩恵を受ける地権者が負担することにすれば、経済的問題も解決できるのではないのでしょうか。そうすると、地震外力なども、それだけの大地下構造体ができたら低減の可能性も出てくるかもしれない。最近できた丸ビルを見ますと、東京駅と実は地下はちゃんとつながっているのですね。それを大がかりにやればいいわけです。多分その構造自体を500年もつように設計したら、初期投資としてはともかく、将来の人々のためには非常に価値あるものを残すことになるのではないのでしょうか。

既存建物をどうするか、建築家の使命

小堀 この座談会のテーマが非常にむずかしくて、想像もつかないことばかりですが、たまたま来年の新人の入社試験があったものですから、面接の時に「30年後建築はどうなっていると思うか？」と聞いたんですね。



答えは残念ながら月並みで、環境とか長寿命とかのキーワードが出てくるだけでしたが、まあそういうことを彼らが知っていて気にしているということは、それはそれで驚きでした。

なかでも長寿命という答えが多かったように感じましたが、わたしどもの試算によると、建物寿命を3倍にすると50年後には新築がほぼなくなる。もしそうになると、既存建物をどうするかというようなことが、構造家あるいは建築家の使命のほぼすべてになるんじゃないかと思われまして。ただいすれにしても、今以上に性能設計が進むでしょうから。性能の問題というのをよく考えなければいけないかなと意識しています。例えば地震のことひとつ取っても解っていないことが多いので、もっと理解を深めるために、微力ながらその一翼を日建設という組織で担いたいと考えております。

その一端として4月に新しい社屋が竣工するのですが、そのビルに地盤の中も含めて地震計を設置し、地盤との相

相互作用などのデータの収集を行ないたいと思っています。
司会 そういう意味ではこれから30年、50年後をみた時、やはり寿命を3倍に延ばすという意味を実現するとした時の安全性を話題に変えて行きたいと思います。これについては地震動の問題とか、建物、上部構造も含めて終局強度の問題とかを学校の先生方に専門の立場からコメントを頂ければと思います。

夢を語る前に過去を反省する必要がある

福和 入力のことか解っているかどうかについては後で議論することにして、先に、今の長寿命化の話について私も少し意見を述べさせていただきます。今日の座談会では、夢を語ることを目的にしていますが、その前に過去を反省するということが必要だと思っています。50年後に長寿命化なんてやっていたら手後れで、今この時点で長寿命化を推進しておかなければ50年後はないわけですよね。これから50年の間には、東海、東南海、南海、宮城県沖地震は必ずやってきますよ。この4つの巨大地震に対してどうやって対処していくのかっていう議論なくして50年後は語れない気がするのです。ですからまず今迄われわれが作ってきたものについて、どうちゃんとケアしていくのか、あるいは現時点でリニューアルやリユースしたほうがいいのかどうか判断する必要があります。



たとえば、超高層とかに関してちゃんと反省をすべきところがあれば、そしてリニューアルで解決できるんだったら、リニューアルするということで頑張れないかと、思います。今日の午前中、東海地震対策専門調査会に出ていて、耐震化の推進のために丸適マークを導入しようという議論もできています。長寿命化のためにはまず地震で壊れないようにすることが大前提なので、壊さないために耐震化の議論をし、その上で、長寿命化について議論していきたいと思っています。

一方、入力の話についてですが、最近、国から公表される様々な地震動予測結果は、現象の理解に基づいた理詰めを出した値です。われわれが今設計で使っている入力大きさは過去の地震での被害と想定地震力との関係の中から経験的に定めたものです。ですから、おのずと、二つの入力大きさには不整合が生じてきます。一方で、われわれが設計時に評価している耐震性能も、実際の建物の性能とは随分ギャップがあります。その間に

あるのが余力です。これは、今設計ではカウントしていない部分であり、これによって建物の実際の耐震性が確保されているところがあります。ですから、そういった余力と真の入力の大きさをきちんと評価した上じゃないと性能設計なんて突き進んじゃいけないんじゃないかなって思います。だから、先の夢を議論する時には、今の自分達の実力と、今まで背負ってきた慣習と経験とを勘案した上で前向きに先を見ていきたいと思っています。でも、当分は建物の設計に使えるレベルでは、入力のこととはよく分らないと思います。測れば測るほどよく分らない。入力については分ったことを前提にあまり進まないほうがいいかなと思います。もう少し自然に謙虚になる必要があるでしょう。とはいえ大規模平野では地下構造調査が随分すすんできています。やや長周期の周期は明快に存在するという事も分ってきてますし、堆積平野のなかですごく揺れの継続時間が長くなるということも分ってきています。ですから、耐震設計上クリティカルな要因については、分かってきたことの中でどんどん採り入れていくべきだと思います。

司会 今のお話のなかで過去を語るべきという、そういう意味も含めて先ほど超高層建物を少し見直したほうがいいんじゃないかと。

福和 いや、見直すとはいいませんけれども。チェックをしてもいいかなという気はします。今月の建築雑誌では「巨大地震を前にして」というタイトルで特集を組んでいます。今私が申しあげたことと同じような気持ちをもって執筆されている方が非常に多いっていうのも改めて分かりました。今は、先の夢だけを議論するときではないという気がします。

司会 そうしますと今の超高層の建物と同じレベルで例えば免震構造とか、これらのものに関してもしや過去のものについてはチェックをしたほうが良いという考えですね。

福和 超高層で心配なのは、地盤の周期と超高層の周期が近接してしまうかどうかということだけです。全てがいけないわけではなくて、そういったものがあるかどうかだけをチェックして、もしもあったらみんなで一緒に直そうよと、建築界のなかから声を出し始めればいいことかなと思います。

司会 今これにからみまして免震構造は終局の場合は余力というか、不静定次数っていうか、そういう意味ではRCの終局と比べますと、どう考えたらいいかという話も含めて、ご意見も頂きたいのですが。

重要なのはフェールセーフ機構

壁谷澤 以前、建築の寿命の話をもとめたことありますが、免震構造の採用は寿命に非常に関係あると思うし、それからさきほどのエネルギー消費を抑えるとか、二酸化炭素の問題とか、あるべき方向に徐々には向かっているのかもしれませんが、なかなかそうはなりにくい理由に、やっぱり設計者や業界全体が信用されていないという過去があると思うのです。つまりまだ仕様書、図面通りにきっちりと作るなんてところがほんとは最低限のレベルで実現して欲しいことであって、それができないのにいろいろと理想的なことをいってもなかなか一般の人は覚めた目で見ているということだと思います。それでやはり施主や一般の人に信用されとかということがまず大事だと思うんですね。建設業というのは普通の商売に比べて本来信用ベースであるべきところがなかなか成り立たないということが問題だと思います。何十年先のことを保証するといっても実際問題としてできっこないわけですね。結局はその設計者や施工者の良心と言うか、岡田先生なんかよく道徳教育が必要だっていますけれども、そういった問題もあるわけです。それで、それを構造に限って実現するには、実際の地震時の挙動を理解する所から始めて、設計者が少なくとも自分の頭の中ではイメージして、それで施主や使用者に対して自分の言葉でちゃんと説明することから始めるのが理想の状態だと思います。先ほどの実際の挙動とか被害位置はどうのこうのとか、免震構造でいえば究極の安全性とか、そういうようなことはやはり本当の意味では理解されていないし、警鐘もされていないところがあると思うわけです。地震は建築基準法にぴったりの応答スペクトルでやってくるなんてことはありえないわけで、それに関連して設計者として考えて欲しいのは実際の地震動と実際の挙動ということで、約束事として限界状態というのがあったとしても、究極のフェールセーフというか、考える最悪の地震動がきたとしても、まあ人が死ぬというようなことはないという立場は堅持して欲しいというか、より確実にしていって欲しい。ですから発想を変えてある約束ごとの限界状態などとは別に、いろいろな2段階、3段階のフェールセーフ機構とか、そういう考え方はやはり依然として重要ではないかと思っています。

司会 構造設計者としてどうお考えになっていますか。

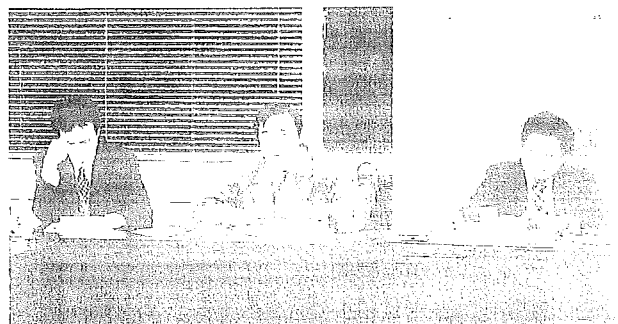
稲田 まず本質的なことはですね、そもそも最大級の地



震がどんなものかなんて、実は分かっていないわけです。歴史的に見ても、地震が起こる度に、耐震規定は見直されてきたわけで、そもそも入力地震動がどんなものかなんて、分かっていないわけですよ。特に上下動なんか、どんなレベルかなんて、分らないですね。

そうしたときに、それでも設計はしないと、経済活動が成り立たなくなるわけですから、いろいろな曲面で、設計者は工夫をしているわけです。例えばディテールをできるだけ万全なものにして、最低限破断等の最も悲惨な状況は回避しようとか。つまり、できる範囲で最善を尽くそうというわけです。だからお客様にはこれで万全ですよと言いつつも、しかし一方でかなり不安要素もあることを認識しながら仕事をしているというのが設計者の現実であると思っています。

壁谷澤 やっている限りやっているのは分かるんですけど、全体としてという意味で、それで色々なことを考えていることは勿論分かるんですが、既存不適格になったというのではなくて、本来の終局的な安全性ってものがあるレベルの余裕度があれば、それは別に多少壊れようが何しようが、本当の意味では既存不適格ではないというような見方をして、色々なふうに対応して頂ければいいんじゃないかと。で本当に構造設計者はちゃんと考えているんだと思うんですけども、やっぱり計算も割と一面的だし、地震もある逆説があったら恐る恐る1.2倍にするとか、いきなり2倍を考えてじゃあどうなるとか、というような発想には中々なっていないような気がしますね。別に2倍が究極とは言いませんけれども、でもそういうような、まあ一番究極の姿は免震構造であるかもしれないけれども、私は免震構造の色々な例をみている、これ本当に良いんでしょうか、というようなのがやっぱり極たまになくはないと言いたいわけです。それが今免震構造を設計する人は、ごく限られていると思いますけど、それが一挙に普及して、色々な人が計算通りだけをやりだした時、本当大丈夫かという感じがちょっとあるんですよ。



作り方の工夫で安全率を大きく、設計者の腕の見せ所

金箱 今のお話についてですが、もし性能が本当に解ったとして、それを建築主に伝えて建築主が判断できるかっていうのが、僕はちょっと疑問なんです。私のところで将来どういう地震が起きますかという質問されても、正確には答えられないわけですね。だけでも正直に、建築基準法があって、安全だと言っているのはこのぐらいの地震動を想定し、その時には建物が少し傾くかもしれませんが、というような話を徐々にしていくわけですが、それでも施主は判断できません。結局、最後は何で決めているかという、バランス感覚だと思います。例えば住宅の場合だと、施主はいろいろな思いを持っています。安全な家に住みたいのは当然ですが、それだけじゃなくて、いい環境にしたいとか、ダイナミックな空間の中に住みたいとか、それからお金もこれだけしか用意できないとかがあるわけですね。その中で、コストとデザインに対応してどこまで安全性を高めることができるか、作り方の工夫で安全率を大きく出来るかというのが設計者の腕の見せ所ではないかなと思っています。ですから本当の安全が何かって言われても実はよく解らないです。むしろ、実態と解析モデルの関係のことが気になります。ハイブリッドのようにモデル化が難しいような場合には安全率を大きく取るというようなことが重要だと思います。また、免震の場合も世間的にはこの程度と言われているのがありますから、そこをベースに建物ごとにコストも腕みながら安全率を考えていくことになります。安全について説明することは重要だと思いますが、それで全てが明確になり、性能設計がそこで完了するとは思えないという気がしております。

司会 いまのお話で、研究者と構造設計者では安全性の考え方は本質的に同じでも、構造設計者は建物コストに直接関わらなければならないので苦労が多いと感じましたが。

小堀 金箱さんのお話の繰り返しになるかもしれませんが、私どもでは性能設計のパンフレットを作り、耐震グレードについて、それぞれの大きさの地震が起きた時にどんなことが起きますということを、解っている範囲で説明していますが、クライアントのほうではまだ判断が出来ないケースがあると思います。そのために設計事務所を雇っているのだから決めてくれと言われてたりします。できる限り説明してある程度は誘導するというのも必要だと思いますが、施主の思いと一致していくにはまだ時間がかかると言うのが正直なところですよ。一方で最近

では性能が商売になって来ているところがあって、実態でなくイメージで誇大広告的に宣伝されていることもあるように感じています。実は免震もそういうところがあって、当初の頃とはちょっと違って一口に免震と言っても、色々なグレードにばらついてきたのではないかとこの懸念を感じております。

司会 まあ、免震のお話ばかりなので、制振構造から見たときにいまの安全性については、いかがでしょうか。

笠井 私が制振の研究をしているときに、このくらいの制振デバイスだと、入力に対してこのくらいのレスポンスに落とせるだろうといつも思うんですね。だから結局はその入力を知ることが性能を確保するために必要なんですけれども、わたし自身の今までの研究としては、この制振は現実的かどうかという判断する時にだいたいレベル2の地震とか、その1.5倍の地震で層間変形角や加速度をどのくらいに保てるかということで見えています。こういう尺度で見ると、良いデバイスがある、そういうことだったらどんどん元気がでて、一生懸命設計法なんかを作っちゃう。私は、設計法の研究が好きなので、解析や実験もそれが目標になっています。やはり実際に作る側っていうのは入力の値を仮定するという宿命がありまして、私が仮定しているのと比べて、大変だと思うんですね、その中で最善を尽くしていると私は思います。実は私自身の研究も、今こういう制振があるよって知らされたとき、さっき言ったように現状で一般にリーズナブルと考えられる入力レベルで、どれだけ良い性能を引き出すかと、そういうふうにしてやっております。



司会 最近の建物のリスクマネジメントでは、PMLや、デリバリティブというようなことが話題になっていますが、制振や免震のファイナンス的な視点について、どうお考えでしょうか。

三田 性能が商売になり始めているというお話が先ほど小堀さんのほうからあったのですが、色んな分野で今そうなっているんですね、航空機でもそうだし、自動車もそうですね。自動車は実は色んな制御装置が入ってきて、センサーも100を越え、安全性のレベルはものすごく上がって来ている。それはなんらかのマーケットのインセンティブが働いてそういう方向に行っているんですよ。建物も性能がどんどん前に出されてき



て、設計条件なりインセンティブが変わってくると思うんです。例えばCO₂量について設計条件に盛り込まなければいけないとなると、長い時間それを測って検証するなどの手続きが必要条件になるんですね。そういう意味でリスクを考えると非常に幅が広いのですが、一番のポイントは予測と実際が合わないってことなんだと思います。勿論設計者の方は色んな条件がある中で設計されますから、ここにばらつきがすごく大きいわけですよ。ライフサイクルコストを考えた時にほとんどの場合は平均値で話しをするんですが、実はそのばらつきがどうなっているかが一番重要なんです。例えばばらつきがものすごく大きくて人が死ぬ確率がかなりのレベルにあるのか、そのばらつきが少なくて、人の命を守れる建物とどっちがいいのかって話しになってくると思うんです。ある程度ちゃんと定量化できる情報が貯えられて、それを企業が守るあるいは行政が守るような形にして管理しなきゃいけないということになって、そうなった時に普通の建物の最大の問題は、その先のシナリオの幅が広すぎる、例えばジョイントの部分がいっぱいあって、どこでエネルギー吸収してどこから壊れてどういうふうに変形部分で伝播していくかっていうような、色んなパターンがあって解らないわけですね。

ところが制振構造とか免震構造は比較的そのシナリオの幅は狭くて、そこはものすごいメリットなんです。それからその建物の人生を構造的な意味で知るためには比較的少ない情報量からある程度相関性の高いデータを得ることが出来るので、非常に意味があることだと思うわけです。その上で、最終的にファイナンスをする時に重要なのは、平均値だけではなくて、そのばらつきなんですよ。幅はどのくらいあってどのくらいの危険性があるから、こういうデリバティブが設計できるって話しになるんですけども、その幅を狭くできると、比較的受け入れられ易いファイナンスが可能になると思うんです。

そうすると免震・制振の建物に対してはファイナシングのひとつの形として建物全体のライフサイクル全般に渡っての保険が非常に安くなって、受け入れられ易くなると思います。そういう意味で広い観点から考えていくと免震・制振はすごく将来性があるって、そのなかに必ず必要なのは、現在どういう状況であるかということを外から測るかあるいは自分自身がその情報を出すようなシステムが、統計的に役に立つ形で貯えて処理するということが必ず必要になるんじゃないかと考えています。

司会 今のこのヘルスマonitoringに関して他の方はど

ういう位置づけでござらになっておりますか。

壁谷澤 いまの話に追加させていただきますけれども、以前ある協会の会長さんの話では、結局、耐震設計の結果は、今のところ免責事項だっているわけですよ。

その最たる理由は、なにが起きたのか結局検証できないってことがあるわけです。施工が悪かったのか、設計が悪かったのか、入力が大きかったのか。そこで手始めとして、とにかく観測データを充実させるのが大前提になるわけですけど、構造物では最低限の検証に必要なデータとして、少しでも免責でない方向にいかうとしたら、一番簡単なのは地震計で安いパソコンよりずっと安い値段で、例えば地震計が上下に付けられて、入力ももちろん解り、レスポンスもある程度推定がつくということであれば、それによってある種の保証が可能になるわけです。技術的にはすぐ目の前に実現可能になっているのではないかと思います。

福和 先ほど、三田先生が言われた中で、免震・制振の話と従来型の建物の話とでは、議論の内容が大きく違うと思います。免震・制振建物は、建物特性が良く分っていることを前提にして設計しているのだから、入力について従来と同じものの考え方をしているのは、具合が悪いということです。このことを前提にして免震・制振を考えておかなければ、免震・制振建物の安全性は相対的には下がってしまう可能性があります。いつも、二つの建物の違いが分けてもらえないで議論が進みます。免震・制振は一般的に性能がいいんだ、制振にすれば応答が落ちるんだ、これは正しいと思います。でも応答が落ちることを前提にして断面を削った設計をしていたら、安全度は下がっている可能性があります。このことはぜひこの場ではクリアーにしておいて頂きたいと思います。



笠井 ちょっと参考のためにアメリカの場合ですね、地震計はメジャーな建物の中に入れていて、カリフォルニアでは、法律で入れるべきだっていることになっています。それで地震が起きたとたんに、データの開示が要求されて、みんながこういう建物はどう動いたかってことがしたい解るわけです。

そこが違うわけで、日本で地震計や加速度計とかアベ

イラブルになったとしても、データをもっとオープンにしてもらわないと研究が進まないんですね、大きな建物になればなるほど、そのデータをリリースするのが難しいという現状は、やっぱり誰かが変えていかなくてはならないと思います。

制振や免震だと、性能も安全性も上がっている

制振とか免震は、確かに余力があまり無いような設計も可能で、その場合には危険性が高まることもあるとは思いますが、ただ、制振とか免震にすることで、大きい地震にはこのくらいの揺れしか起きないという、平均的にそういう予測はついているわけですから、高い性能を得るのに使われていくと思います。どのような構造でも変形と加速度にはトレードオフがあって、両方を同時に減らすには限界があるのですが、それをより高めているのが制振や免震だと思うのです。性能が上がっていることは安全性も本当は上がっていることだと思っています。同じレベルの地震に対して揺れが少ないのが免震・制振だとすれば、もっと大きな地震が来たときの危険性が、それほど急に大きくなるんじゃないかなと思っています。そこらへんは見解の違いかもしれません。

ただ免震の場合ぶつかった時にどうなるかはちょっと恐いですね。急にぐっと加速度が上がるかもしれない。でも、一般的にはやはり性能が高くて、大きな地震でも揺れが少ない。崩壊はだいたい層間変形角である程度予測できるわけで、その層間変形角を低めに抑えるってことはかなり優位性があるのではないかなという気がします。

稲田 地震観測の話ですが、それについては歴史があって、超高層の曙といわれていた時代からSMACという地震計を新築の高層ビルに設置するということが、随分前から行われていたわけです。ただ、現状ではそれらは古くなって、稼動していないということがあります。あるいは、記録型式等も素朴なもので、データをデジタル化するのに大変手間がかかったということもあります。

最近では横浜のランドマークタワーでは、風観測も地震観測も行っており、結果を公表もしています。新しい丸ビルでも、地震・風の観測体制は整備しており、勿論結果は公表して行く予定です。

但し、実際にはそのようなシステムでも、データの分析には手間もかかるし、費用もかかる。理想的にはもっと簡便なシステムが出来て、例えば大地震が起きた時に、飛行機のブラックボックスのように、その箱を開けると建物の挙動全てが解るというようなシステムができれば

非常に上手いんだろうと思います。いずれにせよ現状では、もうひと工夫あるんじゃないかなと思います。必ずしも我々、設計者も、全く何も考えていないというわけではないことを、ご理解頂きたいと思います。

三田 今に関連して、センサーのコストはまだ結構高いので、それなりにコスト低減は必要ですが、ネットを使って公開できるシステムにすることは、今比較的容易なんです。

実は、困難で重要な問題は、たまったデータをどうするかなんです。なにが意味があるのかを判断するためにコンピュータの力を借りざるを得ないことは明らかですが、今この分野で一番研究すべきポイントはデータマイニングを使って有意な情報を取り出して自動的に結果だけを皆さんにお知らせする仕組みということだと思います。

司会 未来に向けてそういったデータは非常に重要であり、同時に開示という意味でもお互いにやるべきだと思います。次に、メーカーの立場から、今まで疲労の話と長寿命の話と検証とか、そういう面で材料として、今後の免震とか制振も含めてご意見ををお願いします。

個別の部材の性能を明確に

中田 建物は社会的な関係と物理的な関係によって生まれてきていますので、さっきの寿命の話にしても、必ずしも建物の物理的な寿命が来たからやめちゃうとわけでもないですね。疲労や地震などにより物理的な



寿命となる以外も、例えば今、中規模のビルで社会的な要因により寿命が来てしまっている。それを見たときに、品質および性能が極力明らかになった部材を組み合わせることで建物として性能が明確になっていけば、後は外的な物理的な要因と社会的な要因に対して、その建物の設計はどのようにしていきましょうか、ということが出ていくのではないかなと考えています。これに加えて、リユースシステムとかがうまく構築できていけば、また違った構造システムがリーズナブルな建築システム、生産システム、利用システムとして生まれてゆくのではないかなと思っています。

それに対して、極端に新しい材料が必要になるかというと、それはちょっと我々もまだ今のところ見えてなくて、今は、ある要求されている性能および品質をいかにきちんと満足させてゆかかと言うように、部材として作りこんでいくことが重要かなと思いますね。例えば、制振構造

の場合、デバイスとフレームに機能的に分けて考えることができると思うんですけども、フレームのほうも、比較的品質ばらつきが小さいと考えられる鉄骨でさえ寸法公差、降伏点ばらつきがありますから、建物の真の崩壊機構が解析と異なる可能性があるわけですね、そういう意味でやっぱり部材を使う以上、個別の部材を非常に明確にしていかななくてはいけないだろうと考えています。

司会 あと、品質管理という問題がありますよね。設計者とメーカーがなかなか話が噛み合わない、例えば、ばらつきなどに関してメーカーの立場として何かございますか。

中田 実は、ばらつきの程度はどのへんにあるのかと考えた時に、建築のシステムは非常に複雑です。我々の製品は工業的に生産して供給する物品のばらつきになりますし、コンクリートもそうですが、現場で色々施工されて、組み立てがなされる中で発生するばらつきもあります。工業的に作られている物のばらつきがどうなのかということと、組み立てられた建物のなかでの各要素間のばらつきの程度を比べて見た時にどうなのかという判断がなされる場所があると思うんですね。我々も極力ばらつきは小さくしようとするものの、実際我々が表示しているばらつきが製造方法、検査方法によって生じてくるものなので、その辺りは、我々も啓蒙活動をしていかななくてはと考えていますね。



笠井 ダンパーに関してはですね、例えば剛性、エネルギー吸収のレベル、耐力くらいはプラスマイナス15パーセント以内に収まればとは思ってるんです。それを満たすメーカーもいるし、満たさないメーカーもいるというのが現状ですね。

司会 構造設計者としてどうですか。

小堀 工業製品だからばらつきがことさら話題になるので、木造などを考えてみるとばらついて当たり前ですから、感覚がずいぶん違うかなとも思いますけど、性能設計という視点で考えると、やはり非常にばらつきを気にせざるをえませんね。

司会 どのような制御システムが今後あるべきかについてコメントいただければありがたいと思いますが。

笠井 やっぱりパッシブ制振だとしたら、すこし履歴の形を自由自在につくれるような、そういうダンパーが一番よろしいんじゃないかと思います。履歴の形をデザイナーが選べるようになればいい。現状ではダンパーの種類をデザイナーが選んでいます、それほどの自由度は無い状態です。

福和 ナウキャスト地震情報って今年から始まるじゃないですか、地震動が来る前に建物に入力する地震の揺れが分かるような時代がくるんだから、その瞬間に何かができる可能性がいっぱいあります。荒唐無稽かもしれませんが、ひょっとしたら建物を瞬間的にぼっと浮かせることだってできるかもしれません。普段は普通の建物にしておいて、地震が起きた瞬間だけ、地震の揺れに強い仕組みを作動させるなんていうのは、今の技術でもできるはずですよ。ナウキャスト地震情報の使い方の練習をすれば、構造界からだってがらっと変わるような新しい建物の概念を作れるかもしれないなと思います。

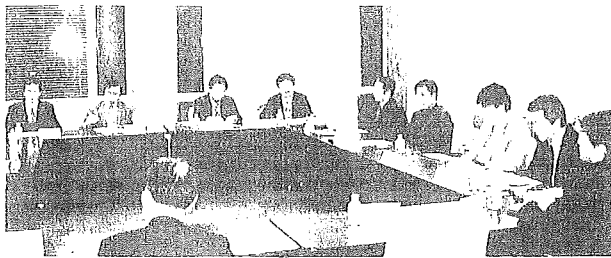
三田 あの突然飛ぶんですけど、ビジネスモデルとして、売りっぱなしのモデルじゃなくて、ファイナンスとうまく組み合わせてあるレベルの安全性を持った構造物の利用権を提供するサービスを売るようなモデルがあるとしたら、それを免震装置か制振装置で実現するというビジネスがそろそろ出てきてもいいんじゃないかと考えています。

壁谷澤 公共事業のPFIによる実施などは、まさにそういうものなのではないかと思います。それは置いて、話をまた引き戻して申しわけないんですけど、われわれはやはり兵庫県南部地震もまだ理解し終わってないと思います。免震構造についていえば、ある一定レベルの強度を確保しておくとか、上部構造の詳細設計は従来の仕様を落とさないでおくとか、というようなことは堅持しておくべきだと思います。逆に言えば、笠井先生がおっしゃったようにそれはもう明らかに付加価値であって、従来のものに対して性能はもう格段に一定のレベルで向上しているということ売り物にすればいいと思います。データが蓄積されて自信をもったら徐々に経済化というか、多少レベルを下げるというようなこともやっていけばいいのではないかとこのように考えます。

司会 先ほど発言がありました免震のグレード化というのも、未来がそこに連動化しているような気がいたします。

小堀 免震がその性能と関連づけて語られるということは当然で、それを大前提として考えた上で、免震だからできる形のようなものは作りたいと考えています。外観

で見てもなるほどあれは免震だという、そういう建築ができればいいなと考えています。

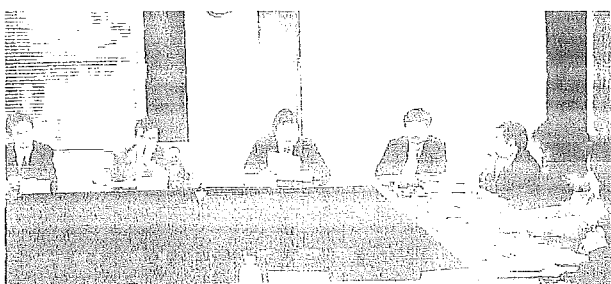


稲田 逆にひとつ注意したいなと思うのは、やはりデバイスが万一不用意に壊れてしまったら駄目なんですね。そういう意味で言うと、あまり巧みな装置というのではなくて、できるだけローテクで、どうみても壊れそうもないものが、僕は良いと思っています。巧みなシステムをつくったのは良いのですが、実際の地震の時に思い通り動かなかったというのでは、問題なわけです。勿論装置の検証は十分にされるのですが、検証すべき地震外力のレベルも、わからない面があるわけですからね。だからそういうことがないようにといことからいえば、考えるべきことは多いのではないのでしょうか。

三田 ちょっと一言いいですか。巧みなシステムと単純なシステムは矛盾しないんですね。単純なシステムで実現できることは一番巧みなわけですから。ただ先ほど笠井先生がおっしゃったように、トレードオフがある時には、なんらかのシステムを加えないとそこより先は物理的に性能向上は不可能なわけですから、パッシブなとか、伝統的な構造形態ではどうしても無理なものが必ず建築の中に出てくると思うんですね。

稲田 僕は最も簡単にやるんだったら、まず長寿命構造物で地盤をがっちり固めて、上部は免震構造にすれば、リサイクルもしやすくなって、かなり単純な論理でいけると思います。

三田 それで、証明できれば、それを進めれば良いと思うんですが、いっぱいソリューションがあるなかで、ちゃんと定量化して調べたりすると、どれが一番コストが安くて一番いいかとか、また別の解があるかもしれないんです。



建物のための免震が、技術のための免震になっている？

金箱 僕は割と稲田さんの意見に同感するところがあって、なにか免震構造というのがだんだん難しくなって、建物のための免震ではなく、技術のための免震になっている気がしてるんですね。原理はそんな難しくもないし、できているものも変わらないと思いますが、いろいろな検証がどんどん複雑になっている。先程、福和先生がいわれているように、今までの耐震構造はいろんなところに余力があって、見えないところに減衰があったからそれでもいいけど、免震ではそれが無い分だけきちんと考えなければいけないというのは分かります。それにしても免震構造や制振構造をもっと普及させようと思うのであれば、もう少し簡便な活用の仕方があったほうがいいのかなと思います。

また、何でも、制振、免震だけが安全な技術かなというところちょっと疑問で、耐震構造でよい場合もあります。鉛直荷重を受ける構造体と水平力を受ける構造体というのを分離するというのは、割と僕が好きで好きな構造システムですが、これは制振と似たような考えかもしれませんね。

司会 次に、メーカーを代表して作る側としていかがでしょうか。

中田 当然、できること、できないことが、メーカー側にもあるわけですが、色んなニーズに対してちゃんと対応していきたいなと考えています。今日も色々話がありましたけど、建物の各要素を機能別にちゃんと分化してあげて、その分化された要素には品質や性能が明確になったものを適材適所で使っていただけるというような方向にしてゆきたいなと思っています。

司会 例えば積層ゴムも、例えばリユースとか、廃棄物としてと言うのはかなり社会的に問題もありそうですね。

中田 そうですね、機能的な寿命としてはなるべく長寿命化する方向でそれぞれの製品は対応していこうということで考えておりますね。

後は、廃棄物の処理には社会的に非常にコストがかかることになるという認識しておりますので、解体のし易さや、リユースがより利用し易い材料や部材などを開発していくべきだろうと考えておりますし、そういう方向にわれわれも進もうとしております。

司会 はい、時間になりましたので、一応ここで終わりにしたいと思います。未来へというキーワードで進めてまいりました。みなさまのおかげをもちまして、なんとか非常にいい多岐にわたる議論ができたかとたくしども司会者一同としては思っております。ほんとうにご協力ありがとうございました。