No.83
March 25, 1999

EAJ Information

講　　演

1998年10月13日（火）・第98回談話サロン（東京・弘済会館）

講師・演題

岡田　恒男：「建築におけるエンジニアリングの諸問題
—耐震工学を例にとって—」

社団法人
日本工学アカデミー
THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

「建築におけるエンジニアリングの諸問題
―耐震工学を例にとって―」

岡田 恒男（おかだ　つねお）

1936年1月生まれ
1959年　東京大学工学部建築学科卒業
1961年　同大学大学院数物系研究科建築学専攻修了
　　東京都立大学工学部建築学科助手
1967～96年　東京大学生産技術研究所講師、助教授を経て教授
　　この間1989年より3年間、同所長
1996年　芝浦工業大学工学部建築工学科教授、現在に至る
工学博士。専門は耐震工学。現在普及している建築物の耐震診断基準の原案作成者、阪神・淡路大震災の各種対策委員会委員長又は委員。
現在日本建築学会会長、日本建築防災協会会長等。
米国、ヨーロッパコンクリート学会、米国耐震工学協会正会員。
日本建築学会賞、科学技術庁長官表彰、国土庁長官表彰等。
（当アカデミー会員選考委員会第4分野主査）。

司　会（太田利彦広報委員長）　私、広報委員会の委員長をしております太田でございます。きょうは、広報委員会の企画によりまして、芝浦工大の岡田先生にお話を伺うことにしております。

先生のご紹介を兼ねまして、その背景となりましたいきさつについて若干ご説明しておきたいと思います。

建築学とエンジニアリングとの関係ということですけれども、建築学が総合大学の工学部の中に位置づけられたのは、実は日本が最初でございます。西洋では建築はアートのジャンルに入るわけでして、教育もボザール中心に行われております。しかし、建築は単に芸術の対象ではなくて、当然工学的な知識がなければ実現いたしません。しかし、そこで必要とされる工学の教育は、ポリテクニークが中心になって行われます。したがって、エンジニアの教育は建築の系統とは別系統と考えられているのが、世界的に一般の経緯でございます。つまり、アーキテクトというのは芸術家でございまして、エンジニアとは別の職能というふうにされております。ところが、日本では同じ工学部の中に建築学を位置づけたために、建築に対する見方が西洋とは若干異なります。これが実は今でも国際的な学術的な情報交換の際に混乱を招くことがございます。例えば、日本では土木学会を英語でＪＳＣＥ（ジャパン・ソサイエティー・オブ・シビル・エンジニアリング）こういうふうに申しますけれども、諸外国ではこのシビル・エンジニアリングは別に日本で言う土木に限りません。建築にかかわるエンジニアリングも当然含まれているわけです。日本でなぜ建築が工学部にあるのかということが、歴史的には実はおもしろい経緯がございます。これはきょうの演題から外れますので、一応紹介を省きますけれども、むしろ、日本では独自の建築構造学、特に耐震工学、サイズミック・エンジニアリング、これが発達することになります。岡田先生はこの建築耐震工学の第一人者でいらっしゃいます。

建築が他の工業製品と異なるところは、極めて人間の日常生活に密着しているところではないかと思います。つまり、生活空間そのものを対象にしている、そういうところが他の工学と扱う範囲が多少変わってくるのではないかというふうに思います。人間の生活に対する価値観が多様なように、求められる建築に対する価値も非常に多様なわけです。そうした建築があの阪神大震災で受けた被害もさまざまであったところであります。建築とか都市の安全をギャランティーする建築のエ

ンジニアリング、これはどのようなものか、ほかのエンジニアリングに比べて何が問題になり、どのような特徴があるのか、そういったことを中心にきょうはお話を伺うつもりでおります。

岡田先生は1959年に東京大学を卒業されまして、同大学院を61年に修了されて、東大生産技術研究所教授の後、現在は芝浦工業大学の教授でいらっしゃいます。先ほど紹介しましたように国際的にも非常に著名な耐震構造学の権威でいらっしゃいます。「鉄筋コンクリート造建物の耐震性の評価に関する研究」によりまして、1981年度の日本建築学会賞を受賞されております。そのほかにも、防災の功績者として1995年には国土庁長官賞、あるいは静岡県知事表彰を1997年に受けていらっしゃいます。それから、96年には科学技術庁長官賞など数々の受賞をされております。95年の阪神大震災のときは、東大生研の教授でいらっしゃいましたし、日本建築学会の副会長を兼ねておられました。そこで建築学会では地震発生の翌々日の１月19日、すぐに兵庫県南部地震特別研究委員会、委員数約180名でございますけれども、これを発足させました。岡田先生はその委員長として以後精力的な調査研究の結果、その年の夏、すなわち、1995年、７月19日には「建築および都市の防災性向上へ向けての課題－阪神･淡路大震災に鑑みて」という第１次提言を出されました。それから1997年１月16日には「被災地域の復興および都市の防災性向上に関する提言－阪神・淡路大震災に鑑みて」という第２次提言、それからさらにことしの１月16日には、「建築および都市の防災性向上に関する提言－阪神・淡路大震災に鑑みて」と題する第３次提言を出されました。この第３次提言の公表をもって、先ほど申し上げました特別研究委員会は解散しましたけれども、これは74項目に及ぶ提案でございまして、社会的にもさまざまな反響を呼びました。学会で目下残された課題のフォローが展開されております。

きょうはこの阪神大震災の教訓を交えながら、より一般的に建築のエンジニアリング・エッジについて約１時間お話を伺うことにしております。

岡　田　ご紹介にあずかりました岡田でございます。私が学生のころ単位をいただいた先生方を初めとする大変著名な先生方の前で、しかも大変難しい話をしなければならないことになりました。先ほど太田委員長からご紹介がございましたように、私は建物耐震工学を長年やっておりまして、建築全般の話をしろと言われてもなかなかほんとうのことはわかっておりませんので、私がやってまいりました建築工学、特に阪神・淡路大震災の事例などを交えながら、建築、中でも建築のエンジニアリング・サイドはどんなことを考えているかということをお話し申し上げたいと思います。

最初は軽く何かしゃべれと言われまして引き受けたんでございますが、委員長のほうにもある程度筋書きがあるようでして、私がわからない、お話しできない部分はこの次あたり、もう１度、太田委員長にフォローしていただくともっとよろしいのではないかと、こんな心境でございます。最初は「建築におけるエンジニアリング・エッジ」について話すようにというお話だったのですが、少しタイトルを変えまして、建築工学での今の諸問題を少しお話し申し上げたいと思います。

いきなり地震工学というか、耐震工学の狭い範囲に入るのもなんでございますので、委員長の期待に沿うべく２枚のＯＨＰを持ってまいりました。もう１つ、お断りしておかなければいけませんのは、先輩の命令で、きょうはスライドを使わないようにということです。私にとっては手足をもがれたようなものでございまして、せめて文字を書いたＯＨＰぐらいは勘弁していただきたいということで持ってまいりました。

一番目が「地震災害：天災から人災へ」とちょっとどぎつい題になっておりましたけれども、いろいろ阪神･淡路大震災の被災状況を分析して、自分の目で見てつくづく感じますのは、地震災害というのが天災から人災に近づきつつあるのではないかという反省であります。私が申し上げるまでもないかと思いますが、江戸時代ぐらいまでは多分地震災害というのは天災として片づけられていたのではないか。明治に入りまして西洋の文明、文化を取り入れ、特に耐震工学とか地震学というのが進歩する、あるいは建築学というのが発展するに従って、人災という側面をだんだん帯びてきたのではないかという気がいたしますし、そうい

う事例がふえてきております。

これにつきましては、例えば、人工物という言葉がここ10年ぐらい言われるようになりました。人工物という個人的には好きな言葉ではないのですが、それに代わるあまりいい言葉を見つけることもできませんので、そのまま使っておりますけれども、最近、日米の防災に関する我々の分野の共同研究の動きが大分進んでおりまして、新しいフェーズで議論をいたしております。先週も、そんなワークショップを日本で3日ほどやりましたが、アメリカの耐震工学をやっている人達も同じような感想を持っておりまして、英語では「Built Environment」が良いのではないかと言っていました。これも若干造語的ではありますが、アメリカ人の考えついた言葉であります。結局これがふえてきているというのが一番大きいのではないかと思います。

それから、もう少し別のフェーズで見てみますと、実は江戸時代ぐらいまで、建物の寿命が、例えば、寺社建築とか特殊なものを除きまして案外短かったのではないか。例えば、江戸の火事、火災で結構建築の回転が早い。後でもちょっと申し上げますけれども、大きな地震の再現期間に比べて火災の再現期間が圧倒的に短いと建物が老朽化する間もなく新しくなっていく。それが現在では、火災に関しては耐火建築物の普及とかあるいは消火対策、消防のほうのいろいろな施設、あるいは人も含めて、システムが整備されまして、地震が来る前に火災によって改築されるという件数は圧倒的に減っているのではないか。もちろん、明治時代に入って西洋建築を導入し、それまでになかった大規模な建築、あるいは高層建築というのをつくってきた。しかも、耐震工学というのがまだ十分発達していないときにいろいろな構造物をつくってきたという歴史が、結局は阪神の事例を見ましても、人災と言わざるを得ないと思います。ただ、私どもが若干それに対して将来の希望を持っているのは、天災なら防ぐことはできないけれども、人災ならみんなで努力すれば何とかなるのではないか、という非常に逆説的ではございますけれども、これはやはりみんなでやらなければいけないという議論を建築学会の中でも今しているというのが現状でございます。

その次に考えましたのが、先ほど太田さんからちょっとお話がございました建築のアートとエンジニアリングの関係に関することですが、やはり今の歴史を見ると、耐震工学というのは地震学も含めましてまだ大変若い、歴史が浅い学問ですから、建築学というものに耐震工学がおくれをとっているのではないかというのがもう1つでございます。建築にはアートとエンジニアリングの両面があるわけですけれども、これは見てみますと、建築の歴史は世界的に言うともう数千年という長い歴史を積み重ねているわけですが、地震学、耐震工学というのはせいぜい100年ですし、地震学が誕生したのは1880年ごろのことです。耐震工学は1891年の濃尾地震あたりが学問のあけぼのというふうに教わっております。

一方、例えば、これもご承知のことと思いますが、大きな地震の再現期間と申しますと、海洋型の地震でも100年単位、それから阪神の地震を引き起こしたような内陸型の活断層が動くというイベントの再現期間は500年から1000年というオーダーを考えなければいけない。それを見ますと、やはり私どもの地震学、耐震工学の100年の歴史というのは、いかにも浅いなあという気がつくづくするわけであります。しかも、例えば、プレート・テクトニックスの仮説が現実のものになってきてまだ20年ぐらいしかたっていない。やっとその地震の正体というものがおぼろげにわかってきたというような状況、この辺が建築学に地震学、耐震工学が追い越されているというか、追いつこうとしているんだけれどもなかなか追いつけない。この100年、多分こういう地震学とか耐震工学の発達がなければもっともっとひどい災害が起こっているに違いないとは思いますけれども、まだまだ足りないなということがもう1つのフェーズとして考えられるわけであります。

それからさらに、建築、建物をつくる、あるいは都市をつくるということを考えてみますと、ある日すばらしい学術論文が発表されたとしても、それをもってすぐ建物を取りかえるとか、街をつくり直すというのは大変時間がかかるわけでありまして、わかっていてもそのままにせざるを得な

い。これは学問、あるいは技術ではどうしようもない世界がございまして、これも先ほどちょっとお話がありましたが、建築学、あるいは耐震工学もそうですが、いわゆるエンジニアリングの中、狭い範囲のエンジニアリングだけでは解決できない問題がたくさんございます。この辺につきましては建築学会のほうでもエンジニアリングの分野だけではなくて、社会学、経済学の先生方をお招きして、新しいプロジェクトを起こすというようなところまで今きているわけであります。一言で言うと、何となくエンジニアリングというのがまだまだアーキテクチャー、あるいはアートの陰に隠れて街をつくっている状況が続いているところに、ときどき大きな地震が来て反省させられるというのが地震の災害です。阪神・淡路大震災は非常に災害が大きかったために、いろいろな影響、反響を呼んでおりますけれども、実はもうちょっと小ぶりの地震は、日本で言いますと大体10年に一遍ぐらいは、量的には違いますけれども、質的にはよく似ている地震被害を繰り返してきているという歴史がございます。

こんなことを考えながら、この後何をお話ししようかと考えたんですが、やはり自分の土俵で相撲をとるのが一番賢明だろうということで、少し地震対策の中に踏み込ませていただきたいと思うわけであります。今、100年の歴史と申しましたけれども、建築物の地震対策ということに限ってみますと、研究そのものは1890年ごろから始まっておりましたけれども、そういう研究成果が世の中の建築物の耐震化に本格的に寄与するようになったのは1920年代のことであると申し上げてよろしいかと思います。1923年の関東震災の翌年に耐震基準というのができまして、部分的ではありますけれども、市街地の建物に耐震規定というのが、それまでの知識、技術をもとにいたしまして、採用されたということです。しかしながら、まだまだその当時の研究の水準、あるいは得られた情報の少なさを考えますと、かなり大まかな耐震規定でありまして、おそらく当時の技術者の方々は恐る恐る建物をつくっていたのではないかなということが想像されるわけであります。

戦後、1950年に建築基準法というのが制定されましたときは、かなり本格的に全国版として建築物の設計に取り入れられるようになりましたけれども、そのときに持っていたいろいろな技術とか情報、データというのは1924年に、市街地建築物法に耐震規定が取り入れられたときに比べてそんなに多かったとは思いません。途中戦争を挟んでおりますし、もちろん力学的ないろいろな問題というのはかなりわかっていたようですが、肝心の地震というのはどんなものだという相手がわからない。相手の情報に関して非常にデータが少なかったのではないかと思います。

これを使って、ちょうど戦後の復興期に日本中の建物、あるいは日本中の町がものすごく整備され経済成長を遂げたわけです。例えば1964年の東京オリンピック、それから1970年の大阪万博あたりに代表されるような建設ブームの時代には、部分的には随分よくなっておりますけれども、基本的には1920年代の耐震技術でつくられた建物がたくさんあったと申し上げてよろしいのではないかと思います。その辺の建物が1960年から70年代の地震でかなりの被害を受けておりました。幸いなことに1950年以降は大勢の人が亡くなるというような被害は出なかったのですが、その前には1948年福井地震とかいろいろありまして、耐震工学の分野の専門家の間ではやはりそれがかなり気になっており、研究も加速されております。1971年には耐震基準の強化がされて、実際には建物、この辺から大分よくなったという歴史がございました。1970年ごろあたりから、地震に対するいろいろな情報がふえてまいりましたし、地震のときに地面がどう揺れるかといういわゆる地震動に対する情報も大分入ってまいりましたので、1981年には現在の姿でございますが、耐震規定がまた大々的に改定され、建築物を作ってきたというような歴史がございました。

簡単に今、このような4つのイベント、耐震基準の変遷を申し上げたわけでございますが、お気づきのように、古い基準でつくった戦後の建物、あるいは戦前の建物もまだ日本の都市にはたくさんございます。60%から70%ぐらいは今の基準ではない基準でつくられています。今の基準でつくった建物はどうだろうかということについてはいろ

いろ議論があったわけですが、阪神・淡路大震災の前の10年ぐらいに起こりました地震の被害を調べてみますと、やはり1980年あたりに１つの境目があるということはある程度の見当はついておりました。

その辺が心配ですので、次の対策ですけれども、つくってしまった建物はどうするんだと、これはやはり防災対策で一番重要ではないかというので、1970年ごろから、既存の建物の耐震強化、耐震改修あるいは耐震補強の研究、技術開発などが大分されておりまして、そういう対策を全国にという努力もしていましたが、全国的にはほとんど普及していないことが問題でした。建築界全般の反省でございますけれども、新しい技術で新しい建物をつくるということに精力の大半を注いできたというようなことがあろうかと思います。俗な言葉で言うと、古い建物の手当てをするのはあまりうれしい、おいしい話じゃございませんので、なおざりにしてきた。大体、70年代のそういうものの対策の指針その他も大分出ておりました。

さらに、壊れた建物をどう復旧するかというような対策、あるいは研究、技術開発も1980年代から既に始まっておりまして、専門家の中では、阪神に起こるかどうかということは予想できませんでしたが、全国版で考えるとどこかに大きな被害が起こるのではないかという、これも俗な言葉で言うと嫌な気持ちがしていたころ、遂に阪神にやってきたというような状況でございました。

その結果、どんなことが起こったかというのも、やはり少し私なりにお話し申し上げたほうがいいかと思いまして、これもスライドを使わないで簡単に申し上げたいと思います。阪神の震度５の強、以前は震度５というのが大変幅が広かったので、阪神の後、気象庁が震度５の強弱というふうに分けまして、６も強弱と分けましたけれども、震度５の強ぐらいの被災を受けたところを全部調べてみますと、建物は木造の住宅も含めて、50数万棟あったようです。これがトータルです。そのうちどの位の建物が壊れているかといいますと、不明なものも10万棟ぐらいありましたけれども、木造住宅で大体５万棟ぐらいが大破・全壊。これは多分使いものにならないぐらいの被害です。それからこれは私どもの過去の経験では、大破建物と大体同じぐらいの建物に中程度の被害がよく出るんですが、阪神の場合も同じぐらいの数が中破ということで、合計10万棟ぐらいはかなりの手を入れないと、あるいは取り壊して新しくしないといけないぐらいの被害です。３階建て以上の、いわゆるビルものというのはどうであったかといいますと、トータルでほぼ１割で、５万棟ぐらいありまして、そのうちの約3,000棟が大破・全壊、同じぐらい相当直さなければいけないという中破の建物でして、これを比率で見ますと、木造で大体10％ぐらいが全壊・大破、普通のビルもので５％強ぐらいでございます。大体それと同じぐらい中破がありますから、木造で言うと20％近くが相当痛んでいる。ビルものでいいますと10％強が痛んでいるというのが現状でありました。

こういうお話をいたしますと、先生方が現地をごらんになったり、テレビをごらんになった感覚と大分違っていて、もっと壊れているのではないかという印象をお持ちではないかと思います。事実、そうでございまして、どちらかというとあのテレビに写ったり新聞に出たりするのは壊れた建物ばっかりでして、壊れていないのは写りませんのでそういうことになるわけですが、もう少し範囲を狭めて被害率を見てみますと、先生方のご印象に近寄ってまいります。例えば、阪神・淡路大震災の被害率を、神戸市の区単位にして見ますと、この比率が平均値の３倍ぐらいの区があります。例えば、大きいところでは木造ですと全壊率が20％を超える。そうすると、半壊が同じぐらいありますので、２軒に１軒は相当やられている地区があります。区の数では３つか４つ。この辺になりますと多分印象が大分合ってくる。ビルものもそうです。例えば、三宮あたりの被害の大きかったところを見ますと、大破が15％ぐらいですから、中破が同じぐらいですと、３棟に１棟は何かおかしくなっているという状況で、ローカルにはかなり被害が出ているということでございます。この辺はいろいろ分析しますと、建物の性能だけから見てももっともな面と地震動が局地的に増幅されたという両面があるようです。この辺の被害を、例えば、20年前の宮城県沖地震のときの仙台市の被

害率と比較して見ますと、平均的には仙台市の被害率を若干上回っております。ローカルに見ますと、3倍ぐらいの被害率になっておりまして、そんな状況であります。

それでは、そういう被害というのはほんとうに予測できなかったんだろうかということを考えてみますと、実は地震対策の1つのフェーズに地震の被害想定という分野がありまして、地震が来る前からどのくらいの被害が出るだろうかということ、これは学問分野でもありますし、実際にコンピュータを使ったシミュレーションでもありますが、各自治体がやってそれを公表するというようなことも、20年ぐらい前からやっていました。例えば、東京都でも最近の試算例ですと条件によっては死者が約1万人、これは条件を悪くしますと4～5万の数がすぐ出てまいります。建物が何軒壊れそうか。ある地震が来たら、例えば、1923年の関東地震がもう一遍同じように来たら、東京都の各区の震度がどのくらいになるか、もうちょっと細かくやっておりますけれども、そうすると家が何軒ぐらい倒れて、何軒ぐらい焼けて、何軒倒れると人がどのくらい死んでというような過去のデータを基に積み上げていくと、九千八百何十何人というすごく精度がありそうな数が出るわけでありますが、まあ、1万人単位ぐらいで考えておけばよろしいかと思います。

このように、被害が出るということはある程度覚悟しているわけですが、出たときにどうするかという後追いの対策はわりあい進んでいたんですが、出ないようにどうすればというところが実は抜けていたという大きな面がございます。ここで、兵庫県の被害を静岡県が東海地震を想定して行った第2次の想定と比較してみたいと思います。いろいろ条件が違いますけれども、阪神の被災地の人口は250万ぐらいかなという感じであります。静岡県の全人口が350～360万でありまして、東海地震がやってきたときに全地域が全部同じように揺れるとは思いませんので、どこまでを入れるかというのは難しいところですが、100万単位で言うと、大体人口が同じぐらいと考えてみます。阪神では死者が六千数百人でした。静岡県の場合、突然、予知なしで東海地震が来ると3,000人ぐらいというような想定が、もう7～8年前からされております。ちなみに、予知できて避難が成功したらこれの10%、300人オーダーになるのではないかという予測もあります。被害想定は条件によっていろいろな数字が出てきますから、3,000人というのがどの程度の精度があるのかというのはだれにも言い当てることは今の段階ではできませんけれども、これだけ見ても被害予測というのは、少なくとも桁は合うなということが申し上げられるのではないかと思います。これはあまり言い過ぎると地震学の先生に怒られるんですが、例えば、地震のマグニチュードというのは対数のオーダーで勘定しているわけですから、対数的に言うと十分な精度を持っていると申し上げていいのではないか。もうちょっと精度がいいと思いますけれども。

建物の被害予測もそう違っておりませんで、神戸に先ほど大体、40万戸ぐらい木造建築があると申し上げましたけれども、静岡県はもうちょっとありますが、今、静岡県で考えている大破の木造住宅は大体4～5万棟と踏んでいるんですね。これは結果論ですが、阪神の全壊建物の4万6,000棟とこれはあまりにも似過ぎている数字であります。それから鉄筋コンクリートの建物になりますと、4,000棟という数字が出ておりますが、阪神でも鉄骨造も入れて3,000棟ぐらいですから、そのうちのコンクリートが6～7割だとしますと、まあ2,000棟ぐらい、これも大体桁が合ってきた。合わないのは鉄骨造であります。鉄骨造は静岡県の想定は万単位なんですが、阪神ではそこまでは壊れていないようです。この辺、ちょっと調べてみましたら、どうも少しからくりがあるようでございまして、静岡県の1万5,000棟の中には農家の畜舎みたいな小規模の鉄骨造がいっぱい入っているということがわかりまして、人が住んでいるいわゆる住家ということになると、これはぐっと減ってくるようであります。この辺、少し大目に見ていただくと、私どもがやっている被害想定というのはそんなに狂っていない。そうすると、将来同じような地震がほかの町を襲えば、東京も含めてやはり今、考えているぐらいの被害は出ると覚悟しなければいけない。これを事前にどこまで直せるか。また、事後にどのぐらい被害を軽減できるかとい

う非常に大きな曲がり角になっているだろうと思います。どうすればいいかというのは、今、ほんとうに頭の痛い状況になっております。

もう少しデータを紹介します。先ほど耐震規定の改定と建物の性能の関係についてお話ししましたが、これについていろいろな方面でいろいろな建物の調査がなされております。地震の直後に建築学会のほうでも文部省の依頼を受けまして委員会をつくり、私が主宰させていただいたんですが、学校の調査をしました。阪神地区には小・中・高校が大体3,000棟ぐらいございました。そのうち、学校からちょっとした被害、例えば、ガラスが割れたということも含めて、文部省のほうに届けのあった建物が800棟ぐらいありました。それについて、全部建築学会の会員の先生方が、延べにすると少なくとも百数十人の方々に担当していただいて、全数調査に近い調査をやったわけであります。学校の校舎につきましては、全部鉄筋コンクリートの3階建てから4階建てぐらいの校舎でありますが、被害の出方と建設年代との関係を調べてみましたら、びっくりするぐらい1981年前後で結果が違っておりまして、81年以降の建物につきましては、建てかえなければいけないような校舎は幸いなことに1つもありませんでした。これは1981年の建築基準の耐震規定の改定を受けて、文部省のほうでも独自の指針をつくり、学校校舎につきましては、建物の用途、重要性を考え少し数十年前から格上げをしていたという効果が出ているということであります。一般の建築では、私も入っておりました建設省の委員会の調査では、大破した建物のほとんどは1981年以前のもので、新しい建物で大破した建物は四十数棟程度でした。全体の比率で言うとそんなに大きな数ではございませんし、四十数棟を1つずつ見ていくと、設計がちょっと具合が悪かったとか、あるいは施工がちょっと問題あるというようなそれぞれにかなり特定できそうな理由、原因が見つかってきておりますので、学校校舎と似たような結果が出ております。

そうしますと、今、日本の都市が抱えている問題点というのは、やはり81年以前の構造物をどうやっていくかということに集約されるわけであります。それでは、新しい建物は大丈夫かということも含めまして、これから建てる建物をどうすればいいか。古い基準の建物をどうすればいいか。運悪く壊れた建物をどうすればいいかという3つに分けてみますと、81年以降の今の基準に沿った建物は大丈夫だったといいましても、実は、いろいろ問題がございます。その大丈夫の程度の問題でございまして、端的に言うと何ともなかったのからつぶれる寸前までというかなり幅広い結果が出ております。一方、現在の耐震基準で専門家が考えておりました大丈夫だろうというその程度といいますのは、阪神クラスの地震と申し上げていいのか、あるいはもうちょっと低いと申し上げていいのかもしれませんが、それに対してとにかくつぶれるのは防ごうと、崩壊するのは防ごうと。そこは押さえておこうというのが考えておりましたクライテリアでありまして、無傷で救おうとか、すべての建物が無傷だというような感覚はなかったわけであります。これは建築におけるエンジニアリング・サイドの半ば常識だったと申し上げていいかと思いますが、阪神というイベントが起こってみますと、実は建物の持ち主は全くそんなことは知らなかった。地震が来ると後で直すために相当なお金がかかるということは考えてもみなかった。

それから、同じ建築の中でも、アートに属する方々はかなりびっくりされた。鉄筋コンクリートの建物に地震がきてひびが入るというのは考えてもみなかったと、私に大学の建築学科の教授が言われたことに、私のほうが驚いたという出来事もございました。そういう状況、建築仲間でわかっていないのがなぜ一般の方にわかるんだろうか、そんなはずはないだろうと、この辺は建築学会でも随分議論いたしました。今建築界で議論していますことは、これは建築学会で長年の主張であったわけでありますけれども、どのくらいの地震が来たら建物がどんなふうになるという性能を一般の人にわかっていただけるような形の設計のやり方、施工のやり方という技術、学問を完成させ、それをもとに、そのためにはどのくらいのお金がかかるかを明らかにしようということです。また、建築では、いわゆるアートを優先するとエンジニ

アリングの部分が弱くなる面があります。格好よくしようとすると柱が細くなるとか、大空間をつくろうとすると、地震のときに一番頼りになる壁がなくなるとかいうような、お金だけではない非常に矛盾する概念を１つにまとめなければいけないという問題もあります。その辺も含めて、建築の性能、地震のときの性能、これはほかの面でもありますが、性能がわかるような形のつくり方を今までしてこなかったという反省に立って、この辺の研究、あるいは実際には建築基準法の改正もこの方向に向かっていこうということで、ついことしの６月に改正されまして、これから具体的に技術論をどうするかという段階に入っているところでございます。

それから既存の建物につきましては、これは耐震診断なり、耐震補強をやるしかない。ただ、やるしかないといいましても、この研究、技術開発、あるいは技術に習熟している技術者はかなり限られた、建築のエンジニアリングをやっている中でも限られた部分でありまして、今、いろいろな技術開発、研究開発、あるいは技術者の育成というのが盛んに行われ、かつこの技術開発がされても、実際に適応されなければ何もなりませんので、いろいろ法律の整備も行っています。幸いに既存建物の耐震改修の促進法という法律が一昨年できまして、今、国の建物とか自治体の建物、いわゆる公共建築に関しましては予算の措置が大分されるようになりまして、学校建築を中心に相当なプロジェクトが動いておりますが、一方予算の措置がされていない民間の建物、特に木造住宅なんかが取り残されておりまして、残念ながらほとんどされていない。阪神のときの死者の90％は木造の住宅の崩壊によるものであったわけでございますが、その辺の対策の目途が残念ながらまだ立っておりませんで、古くなってもお金がたまって新しい建物に建てかえるまでじっと待っているという状況がまだ続いております。

この辺も含めて、建築学会はどうするかというのが後で申し上げたいテーマの１つでありますが、この辺はかなり実際の技術に関すること、あるいは行政として法律の整備とかそういったことをやらないとどうしようもない部分がたくさんございまして、あまり工学アカデミーの話題にはふさわしくないのかもしれませんので、最後にちょっと先ほどご紹介いたしました、建築学会がどんな取り組みをしてきたか、あるいは今後どういうことをしようとしているかということを簡単にご紹介申し上げたいと思います。

建築学会の兵庫県南部地震の取り組みは４つのカテゴリーに大別できます。最初は、阪神の復旧の支援でございまして、これは従来は個別には行われておりましたが、あまり建築学会としてまとめて動いていないという部分でございまして、実際には壊れた建物の応急危険度判定、すなわち、余震に対する安全性をどう判定するかということに対して建築学会でも動きました。それから、学校校舎を中心にいたしまして、それをどう復旧するかということにつきましても特別な委員会をつくり、文部省とタイアップして大分動きました。民間の建物につきましても、個別にはタッチしておりますが、建築学会としてグループとして活動いたしましたのは、学校校舎が主でございました。

それから２番目は調査研究、これは従来の地震災害でも常にやってきたことでございますが、これは従来どおり近畿支部が中心となり、建築学会の中の常置委員会とタイアップして今もまだ続けている活動の重要な柱の１つであります。

３番目が従来あまりやってこなかったことでございまして、やはり今度の災害をいろいろ見ますと、建築の中で言えば、建築の中のエンジニアリングのさらにまた狭い範囲でやっていた耐震地震対策の限界というのを感じたと同時に、建築学会の中だけでこういうものの将来に向けての対策、対処、研究活動ができるのだろうかということから、ほかの学会とのタイアップということを１つの大きな柱に立てまして、例えば、土木学会、地震学会、都市計画学会その他と共同で今、調査報告書というのを出そうということです。全十数巻のうちの４冊目が出ましたが、合同の編集委員会を設けて、今、最終的な報告書を刊行しているところです。

それから、これは必ずしも学会活動とは言えないかも知れませんが、「都市直下の地震による災害の軽減」に関する文部省の科学研究費補助金の重

点領域研究（現在は、特定領域研究）が開始されたことです。今、3年目になりますけれども、各学会に所属する全国大勢の方々、特に従来地震工学に関心を持たれていなかった分野の先生方、都市計画、あるいは建築計画、そういった分野の先生方も含めまして、総合的な研究が開始されているところです。

最後が、先ほどご紹介がございました兵庫県南部地震特別委員会を設置いたしまして、特別課題を7つ選びまして調査研究を進めたと同時に、外に向かって情報をできるだけお出ししようということで、セミナー、シンポジウム、建築学会の提言の取りまとめをいたしました。私は、1995年の1月1日に建築学会の副会長を仰せつかったわけですが、直後に、阪神・淡路大震災が生じまして、私の副会長在任中はこの4つのアクティビティーに対しましてすべて顔を突っ込まざるを得ないという状況になりました。この辺につきまして、少しお話を申し上げて終わりにしたいと思います。

建築学会では第3次にわたる提言をいたしましたが、第3次提言は74項目でございます。大きく分けますと4つの大項目、それぞれのA，B，C，Dの中に20の中項目があり、さらに小項目までブレークダウンいたしますと74になります。この全文はきょうお配りする準備をしておりませんが、建築学会のホームページに全部載せてございますので、［http://www.aij.or.jp］をごらんいただきたいと思います。これをまとめるに当たって建築学会がどんなことに留意し、どんなことを反省したかということ、あるいは今後どんなことをやろうとしているかということをお話しすることによって、建築におけるエンジニアリングというのがどんなものかというのをご推察いただけるのではないかと思います。

4つの大項目といいますのは、まず建築の単体、建物そのものの安全性をどうするかというのが1番でございます。2番目が、建物単体ではなく、都市、街づくりをどうするかというものでありまして、これは1番目と対のものでございます。

それから3番目が地震の最中の話、あるいは直後の話、復興の話でございまして、大きく言えば都市計画の話になりますけれども、かなりソフトの部分でございます。

それから最後のD項が、今後の研究課題ということで22の課題を取り上げています。そのうちの幾つかをご紹介することで、私の責務を果たしたいと思います。これをまとめるときに、最初は百幾つ出てまいりましたが、いろいろな議論の中から、提言というのはあまりたくさん、分厚いものにするとだれも読んでくれないから3つか4つに絞ったらどうだ、という強いご要望も理事会からありましたけれども、最終的には74にまとめました。建築学会の会員は約4万人でして、4万人で74というのは、1人頭幾らになるかという勘定をいたしますと、4万人の意見を3つにまとめるなんていうのはとてもできないので、500人に1つとか、そういうオーダーでまとめさせていただいた。そのかわり、どういう基本的な考え方になるかというのをはっきりさせようというので、提言の対象は専門家、行政、住民、全部としました。対象とする地震は内陸型のものだけではなく、海洋型のものも含めました。対象地は都市だけではなく農村、漁村、山村、対象物は単体から都市、地域まで。時系列でいいますと、地震の前、地震の最中、地震の後。それから、もう1つが重要なんですが、実現までの時間をどうするかという、これは地震対策というのはすぐやろうと思ってもできませんので、すぐやること、時間をかけてやることというふうに分けて提言していこうといたしました。

それから、別のフェーズ、切り口で見ますと、多少だぶっておりますが、「単体から都市まで」、用途で言いますと、「住宅、ビルから歴史的建造物まで」。我が国にはまだ地震を経験していない歴史的建造物がたくさんあります。これは最近いろいろな方が研究しているんですが、歴史的建造物は、どちらかというと地震に耐えてきている、長年の歴史があるからというふうに私どもも教わったり、思ってきておりましたけれども、よく調べてみると、実はまだ地震を受けていないものが多い。大きな地震が来ていないから建っているんだという事例がたくさんあるというのが内田祥哉先生の直弟子の坂本功先生の最近の見解でございまして、私もそのほうが正しいのではないかという気がし

ております。「町並みから都市レベルまで」、「建物から居住者まで」、ここで建築、都市の人間くささが大変出てまいります。その次が「都市からコミュニティーまで」、都市の防災化をいくらしても、コミュニティー、住んでいる人の防災化を図らないと、都市の防災化は図れないというのが阪神の震災を分析したグループの結論でございますし、「震前から震後まで」それからもう１つは、「震源からその影響が住んでいる人に届くまで」これは大変欲張って、欲張るから七十幾つになるわけですけれども、これを分離してみたわけでありますが、そのうちの１つ２つだけ、頭とおしりだけをご紹介したいと思います。

私どもが建築の単体を議論をし、何が抜けていたかというのが、先ほど阪神の教訓の一番目として申し上げた耐震安全性のレベルをどうするかということでありまして、これを建築のエンジニアリング専門家のごく限られた一部に、どうぞお任せくださいというのが従来のつくり方、こうしておけば何とかなるでしょうというところだったんですが、やはりこれだけ技術が進み、世の中が発達し、経済的にも文化的にも社会的にも発達し、熟成してきたときに、専門家だけで耐震安全性のレベルはこのくらいであるべきだなんて議論は、もうできないのではないかということでした。そのレベルをどう決めていけばいいんだろうかということの議論を大分いたしまして、その結論は当たり前のところにあるんですが、２つございまして、建物の耐震安全性のレベルというのは、１つには建物の持ち主が決めるべき、選ぶべきである。そこに専門家が、しかるべく介在しなければいけないことはもちろんであります。それが１つ。

それでは、建物の持ち主がどんなレベルのものでも、地震がくればもう壊れてもいいんだ、死んでもいいんだというレベルが選定できるかというとそうではなくて、建物にはこれが個人の財産であろうと、国のものであろうと、ある公共性、社会性という使命が必ずあるはずなんです。そういう意味から、今度は周りが決める、社会性を考え、公共性を考えて周りからレベルを決める。建物の中からと外から、こういう安全性のレベルの設定を選定する社会の仕組みというのをつくっていかなければいけない。これはどんなふうにしていくかというのが非常に大きな研究課題でありますし、早くやらなければいけないということで、２つの提言をいたしております。

こういうことをやっていきますと、その次にたどり着きますことが、ほんとうに建物の安全性をどうやって選べばいいのかということでありまして、技術的にはそういういろいろな研究をやらないといけないわけですが、一般の人たちにわかる耐震メニューというものをつくり、これも全く新しい概念ではございませんけれども、例えば、建物の骨組みとか中に入っている家具も含めたいろいろな二次部材、設備機器、そういったものに応じてどのくらいのレベルの地震に対してどのくらいの機能を維持する設計をすべきか、しようとしているかというようなことが選べるような、その最低基準、５が最低なんですが、最低基準は全国一律に国の基準ぐらいで決めておいて、先ほど私が申し上げました社会性、公共性、経済性を考えて上乗せをする５段階のメニューを提案しました。この辺の考えとしては、今、改正されました建築基準法の中にも取り込まれておりまして、これをどんなふうにこれから具体的に展開するかという段階になっております。

それからずっと飛ばさせていただきまして、提言の54に飛びますと、54からが今後の研究課題でありますが、研究課題の最初に取り上げましたのが、ここ数十年、地震学の進歩、観測網の充実などによりましていろいろな地震の情報というのが得られるようになりました。ごく最近も、国の地震調査研究推進本部から活断層調査の結果が出るやに伺っておりますけれども、そういう地震の情報が必ずしも、極端に言うと、全くと申し上げていいかと思いますけれども、実際の建物づくり、街づくりに、あるいは地震対策に生かされているかというと、決して直接にはまだ生かされている状況でない。これをどう生かすかという工学的な研究、これを実際に建物なり、町の耐震化に結びつける研究というのをやる必要があります。今、推進本部が取り上げております主要な活断層は全国で98だったと思いますが、１年に１つか２つずつ詳細な調査結果が出ているわけです。これがど

んどんどんどん出てくるが、出てくるだけ、ああ、怖いな、困ったなということで、そのまま見過ごしてしまう。ストライクを3つ逃すと三振だろうと冗談を言っているわけにもゆきません。下手するとそういう状況がどんどん続く可能性がある。これはやはり建築学会としてもほかの学会とタイアップしながら、こういう活断層情報の生かし方といういろいろなメニューを、世の中に提示すべきではないかということをトップのテーマにしております。

その後、いろいろな研究テーマが74番目まで並んでいるわけですが、最後をどう締め括るかというのでいろいろ工夫、苦労をいたしました。最後はやはりお金だなという議論が建築学会の中でありました。金をかければいくらでも防災活動が進むことはわかっておりますが、先ほどちょっと私、申し上げることを忘れたんですが、阪神の地震のときに建物の種類で全く無被害だった建物群、グループがございました。それは住宅公団、今の住都公団の壁式のアパートでありまして、3階、4階、せいぜい5階建てぐらいのコンクリートのアパートですが、地盤がちょっとやられたのが1棟ありましたが、ほかはほとんど何ともなかった。これが耐震構造に金がかかるかどうかということになると、ご承知のとおり住宅公団が2DKとか3DKなどの住宅を、いかに安く大量に供給するかというので、できるだけ安い建築をつくろうと思ってつくった建築、もちろん、窓が小さいとか、形が四角くておもしろくないとか問題はありますが、これが一番耐震的だったという皮肉な結果になった例もあります。

それはそれとして、財源の問題は何とかしないといけない。今の防災対策というのは全国でどうされているか、あるいは個人のうちを建てるときに防災にどのくらいお金をかけるかという問題まで広げてもよくわからない。行政、あるいは役所で言うと、たまたま予算をとる名人がいたらつくとか、一方でどこまでかけたらいいんだかよくわからないというようなことで大変困っております。防災対策にはどのくらいのお金をどうやってみんなで負担していくんだろうかということを、これは建築学会をちょっと超えた問題ですが、やるべきではないかということであります。

言いっぱなしじゃだめだぞ、やっぱり自分たちでちゃんとやらないといけないだろうということですが、私が主宰させていただいた委員会は、始まったときから3年間という時限をつけてやろうということでスタートいたしました。最近は大分変わってきましたけれども、建築学会でも一たん委員会をつくると延々と続いて、周りが迷惑という委員会もたくさんございましたので、最近は時限でやろうという動きが大分強く出ております。大分大型の予算もいただきましたし、大勢の人に入っていただいていますので、昨年で完全にやめるということで、ことしの3月に解散しました。しかし、活動を全くゼロにする訳には参りません。まだまだ阪神を初めとする地震、防災の研究、あるいは今後の問題、いっぱい残された問題がございまして、建築学会は卒業したわけではない。実は、私がやっておりました特別委員会は、建築のほんとうにあらゆる分野の専門家、トップクラスの方に集まっていただいて、いろいろな角度から検討したわけです。先ほど具体的な例として1つだけお見せした耐震メニューというのも、従来はああいうものはどちらかというと、私のように耐震工学の専門家の考えだったわけですが、多分、その専門の狭い分野の人間が考えたのでは能力の限界があろうということで、その責任者の方には、いわゆる建築のアートに属するアーキテクトの分野、建築計画をやられている委員会の方にお願いして、耐震設計のレベル、安全性のレベルというのをその分野の人たち中心に考えていただきました。その結果、従来、こういうストラクチャーをやった、エンジニアリングをやっていたグループも、うん、そんなもんだろうというところに落ちついてきたという歴史があります。

建築学会の中には、建築経済とかそういうもっともっとアートでもない、ソシオロジー、社会学に近い分野の人、あるいは経済に近い人がおりますが、その辺の人たちも含め、ことしの4月から衣がえをして、メンバーも変え、地震防災総合研究特別研究委員会というのが3年計画でスタートしております。

その委員会がとりあげている4つのテーマのう

ちの１番と４番について、ちょっとご紹介申し上げます。この１番と４番が先ほどの、今後の研究課題と関連があります。トップに挙げたのが１番のテーマでして、地震情報対応策小委員会です。私がぜひこの後、建築学会で総合的に、ほかの学会の先生方のご協力も得ながら続けてほしいと強く申し上げた１つでございますけれども、これも俗な言葉で言いますと、ある町の町長さんが突然推進本部から、この町には活断層がある、調査したところこれから数百年以内に動きそうだと言われたときに町長さんは何をすればいいか、というメニューを建築学会で知恵を絞って出すべきではないかということを申し上げましたら、大変なテーマで、３年でできるかなとみんな首を傾げながら、地震学をやっている先生たちもお呼びして建築学会に入っていただいて、今、大きな研究が始まったばかりであります。一番最後は、財源の話でございまして、これもまた私が予算取りのうまい人間がいるところだけが防災のお金をとってきてやっても世の中はうまくいかない。一体、防災の予算というのは国でも自治体でも各家庭でもどのくらい使うべきか、どのくらい使えばどのくらいの効果が上がるんだということを建築学会でやはりちゃんと筋道立てて世の中に出すべきではないかということを強く申し上げまして、最初はだれも乗ってきてくれなかったんですが、建築経済委員会の中心的なグループが乗ってくださいまして、ここにもやはり実際に地震防災を長年やってこられた自治体の方々とか、そういういろいろな分野の方、あるいは国立大学の経済研究所の所長さんなんかにも来ていただいて、名前申し上げていいのかもしれませんけれども、大阪大学ですけれども、建築学会が手を広げて今、研究活動を始めたばかりであります。

私はこれで引退させていただこうと思っていましたら、１番と４番はおまえが強く言い出してやり手のいない委員会を作ったんだから「入れ」と言われて、平の委員で入っておりますけれども、言い出しっぺで苦労しております。２番目は提言の耐震メニューをもうちょっと完成する委員会でありまして、３番目はまだ神戸の復興は完成しておりませんので、その辺をどうやって支援するかというためにつくった委員会でございまして、特別委員会が今までやってきました仕事を少し引き継いだ面もありますが、１番と４番は全く新しい展開を建築学会でやろうとしているものです。

太田委員長のご希望に添えたかどうか、私のように建築の中のエンジニアリング、防災耐震問題の狭い分野をやっていたグループもやっと目覚めて、どんどんどんどんアートのほうに近づき、アートを乗り越え、社会学とか経済学を巻き込んだこういう動きがやっと出てきた。これは阪神の犠牲者を無にしないためにも、やはり建築学会、この辺で衣がえをしなければいけない。考え方を変えないといけない。建築というものの、少なくとも防災の面を新しい見方でもう一度見直さなければいけない、ということではないかと思います。その辺を申し上げて、若干時間オーバーしましたが、これで私の話を終わらせていただきます。ご清聴ありがとうございました。（拍手）

司　会　どうもありがとうございました。では、食事が配られる間に、今のお話でもしご質問がございましたら寄せていただきたいと思います。

河　田　私は建築のほうの専門とは全くかけ離れておりまして、東大の宇宙研、航空宇宙のほうをやっておりまして、最後は工学部に所属した者でございますが、高速の負荷で非常に物が早く壊れるとか、早く変形するというほうの高速変形の固体力学をやっております。

それで例えば、この間の阪神、今のお話にもございました阪神・淡路大震災、あのとき私どもは全く専門外ですから、新聞紙上のいろいろな写真等で知識を得たわけですが、直下型の地震の場合はどういうふうに計算すればよろしいのか、その辺素人として教えていただきたいと思います。

岡　田　建物の壊れ方でございますか。

河　田　例えば、壊れ方で見ると、これは朝日新聞に載った写真だけからですから非常に狭い見聞なんですが、ここに高層建築の１階と２階がありまして、ここが１階の屋根というか、柱の上端がありますね。１階の一番上のところから、ちょっと下がったところで鉄だか鋳鋼だか、ここですぱっと非常に大きい柱が水平に切れちゃっている。それから鉄筋コンクリートの柱では、上からちょっ

と下がったところで、鉄骨があらわれているところがありますが、あの辺のことは私どもの全く素人考えでいくと、あれは一階の柱に直下から軸方向応力波がずっと下から入射してきている。そして一階の柱の天井は固定されている。で、その固定端で反射した応力波が生ずると、そこで入射波とスーパーポーズ（重畳）すればちょうど2倍かそれに非常に近い値になるわけですから、引っ張り破壊、または圧縮座屈が起こり得る。その辺のことが関係あるのかないのかという感じがしています。

もう1つは、これも新聞に出ていました、高速道が横倒しになったのがありましたね。あれも私どもわからんなあということを言っておりました。その辺、専門家のお考えをお聞かせください。

岡　田　個々の事例について、私がその原因を1つずつ的確に申し上げるのは、そこまでのスタディーを私自身もしておりませんので申し上げられませんけれども、最初にコンクリートの構造物について申し上げますと、今おっしゃったような波の話は、多分力学的にはそういうふうになっているんだろうと思いますが、普通の振動理論を使って構造物の、例えば、柱のどの辺に一番クラックが入りそうか、応力が大きくなりそうか、あるいはコンクリートがどのぐらい崩れそうかということを当たっていけば、コンクリート構造物の場合、ある程度は見当がついていると申し上げていいと思います。それから、最初におっしゃった鉄骨の話については、私は直接その専門ではございませんが、今の脆性破壊の問題とか、今おっしゃったような波の伝播の問題あたりとか、いろいろな可能性を探ってスタディーがされたようですが、これ1つが真犯人というのは、どうもその研究グループの結論では見つからないというようです。多分いろいろなのが重なったのではないかと思います。

もう1つ肝心なのは、その建物にどのくらいの地震波が入ったのかというのがなかなかよくわからない。記録は幾つもありますけれども、ぴったりその建物に入力された地震というのがなかなかないというようなことであります。

3番目の高速道路の場合も、簡単にわかったといえば極めて簡単にわかっているんだろうと思います。単純な話で、単純な力学で曲げモーメントと剪断力に対する耐力と粘りが足りなかったという単純なことではないかと思います。

河　田　例えば、こういう強度計算で、何倍ぐらいで倒れたかとかそういったことは。

岡　田　これは阪神で記録されているような地震波であれば極めて十分だという、あんなになくても壊れるということだと思います。

河　田　1回でぴしゃっといくわけですか。

岡　田　今度の地震波をいろいろ見ますと、わりあい最初に大きい1波とか2波ぐらい大きいのが入っていますから、多分そこで壊れたんじゃないかと思います。はるかに域値を超えてしまった。

河　田　つまり地面がこうありますね。ここへこういうように波がくるわけですね。

岡　田　もちろん、こっちの成分もありますからね。

河　田　下の垂直の成分がありますね。私の友人が関西地区におりまして、あの日の朝ベッドに寝ていて、実際の体験談を教えてくれた人があるんです。それによるとベッドからまさにぽーんとトランポリンのように完全に体が上へ飛び上がったと。だから、場所によっては垂直にきている波も相当強かったような……。

岡　田　だと思います。それは記録にも出ております。

河　田　そうすれば例えば、超高層の建築物がございますね。あれなんかはこういう地面に平行方向の振動で計算してやっている。下からぽんと軸方向に垂直にくるような波、これの強烈なやつがきた場合の計算法も多少は……。

岡　田　今、いろいろな研究がされておりますし、現実に……。

司　会　済みません。そのお話、後で聞かせていただくようお願いいたします。

岡　田　一言だけ申しますと、壊れた建物を一生懸命解析しますと、なかなか壊れないんです。それで、壊れない建物を解析すると壊れたことになるという非常に難しいところがありまして、ほんとに今我々がやっている解析法というのが、ピタッと壊れ方を言い当てているんだろうかというと、やはりほんとうの境界のところになるとよくわか

らないことがあります。けれども、多分今の上下動の話は、壊れた構造物のほとんどは上下動の影響を考えなくても壊れるということになるぐらいプアであったと申し上げていいと思います。

もう少しグレードが高いと、そういう二次的と申し上げていいか、そういうエフェクトは今度は有意の差になってくるゾーンに入ってくると思います。高速道路なんかもうちょっと下の辺で、もうちょっと単純にわかる、ほかの影響を言うまでもないというようなことではないかと私は考えております。ちょっとその辺、個別になると、私もよくわからないところがたくさんふえてまいります。

司　会　どうもありがとうございました。

（休　　憩）

司　会　まだお食事の方、いらっしゃいますけれども、先ほどの河田先生のご質問に対してもうちょっと補足をお願いいたします。

岡　田　もうちょっと詳しくお話し申し上げたほうがいいかもしれません。私、考えておりましたのは、例えば、同じような建物が100棟ぐらいあって、こっちはつぶれてしまって、こっちは何ともないというのがずっと並んでいるとしますと、安全だった建物とつぶれてしまった建物の、どのくらいと申し上げていいか、全体の半分ぐらいはかなり今まで我々がやってきたことでよくわかるんです。真ん中にどうも灰色のゾーンが残っているんです。それが半分なのか、３分の１なのか、直感的には３分の１ぐらいかなという気がします。ところが、問題をもう１つ難しくさせているのは、どのくらいの地震力が入ってきたのか。例えば、単純に震源あるいは断層からの距離で地震動の最大加速度がどのくらいだろうかという推定をすると、平均値の、倍か半分の間となると専門家も言っております。半分と倍だと４倍違うわけです。このデビュエーションにその次のランクのいろいろな原因が全部包含されていて残念ながらよくわからなという部分があるんです。ですから、それをこれからどう仕分けていくかというところで、かなり研究テーマがたくさん残っているんです。ですから、残念ながら白か黒かの灰色のゾーンがどうもあって、実際つくるときは多分灰色のゾーンにかからないような安全率というのを考えなければいけないんだと思います。そこで安全率という概念が出てくると思います。

河　田　もう１つ別の質問なんですが、このごろ建築会社で新聞広告をお出しになりますね。１面ぐらいの非常に大きな広告をお出しになっているのをときどき拝見するんですけれども、免震というのがありますね。あれをやっているからうちの建築は大丈夫とか、そういう広告が載っているのがよく入りますが、あれは耐震の専門家の先生方はどういうふうに評価されるか。あるいは筑波の研究機関がございますね。あの辺のそういう専門の方はどう評価されているのか、その辺、ちょっとお伺いしたいんですが。

岡　田　これも大変難しい質問で、一言で言うといいんだと思いますよ。ただ、僕がよく申し上げているのは、建物によって向き不向きがある。それから地盤の条件もございますね。ですから、もしどんな建物でも、どんなところでも100％我が社の免震構造はとおっしゃったとしたら、多分それは誇大広告なんじゃないでしょうか。条件によっていいもの、これはあまりこういうアカデミックな場で申し上げないほうがいいのかもしれませんが、私は直感的には少し行き過ぎた宣伝をしている部分もあるのではないかという感覚は持ちますけど、そう言うとあれはだめかと言われると、そんなことはない。やっぱり向き不向きをよく考えなければいけない。

河　田　あれはなかなかおもしろいんじゃないかと。

岡　田　アイデアとしては大変おもしろいです。

河　田　しかし、地震の専門家からおっしゃいますと、ちょっと待てよというところも……。

岡　田　100％、あそこに頼ってやるというわけにはいかないのではないでしょうか。ですからほんとうに計算どおりだと、上の建物はものすごく細い柱にもつくれますけど、やっぱり怖いからほどほどにつくっていますね。例えば、地震波１つにしたって。

河　田　上下が切り離されていると、下から強い応力波がボンときた場合に上に飛び上がったりしますからね。

岡　田　これに対してはあまり効果がありませんから、そこは考えないといけませんから。この辺は青山先生がご専門かもしれませんね。やっぱり向き不向きで、全部やってしまうわけにはゆかない。私が申し上げるとあれはやっぱりお金もかかりますし高度な手法ですから、その上に乗せる建物というのはそれなりの顔がある建物にしたらどうだと。

河　田　これも我々、素人の考えることですが、どんな強い地震波がきても絶対壊れない建物というのはできないことはないだろうと思うんです。しかしそれでは、がちがちの構造になっちゃいますね。経済的にも大変だし、第一重いし。

岡　田　建築じゃなくなりますからね。

河　田　戦車みたいなものでしょうね。ほどほどのことがあるんじゃないでしょうかね。

岡　田　そのほどほどというのがどんなものか、建築学会はどう考えておるかというのを出そうと言っているんです。例えば、今の免震構造の場合も、私が最近タッチしましたのは上野の西洋美術館です。あれは私がちょうど学生のころ完成したル・コルビジェの日本で多分唯一の作品。世界でも彼がつくった美術館は３つしか残っていないんです。日本に１つあって、２つインドにありまして、どういうわけか全部地震帯にある。それでどうしようかということをいろいろ調べまして、建築的ないわゆるアートの面でのあの作品のすぐれた点というのはいくらでも数え上げることができますが、耐震的でないというのを数え上げようと思ったら、これまた幾らでも数え上げられるというので、私はどこかに書いたんですが、芸術点は満点だけど、耐震構造は０点の学生を卒業させるかどうか、どうするかという、これはどうしようもないから、いくらお金がかかっても免震構造しか手がないだろうというので、完璧ではありませんけど、あれをそっくり基礎まで全部掘って上げて、下に免震の装置を全部入れました。新しい材料で現在の最新のテクニックを使って同じものを新築するより多分お金はたくさんかかっていると思います。そういうことはできるんですよね。一般の建物でそこまでするのは大変ですが、そういう手段がふえていることは間違いありません。

河　田　それは先生の分析があるわけですか。今の住都公団、もとの住宅公団で大分前に設計なさった壁の多い建物は非常に壊れにくかった。あれも１つの住居建物としては行き方なんですか。

岡　田　行き方だと思いますよ。ただ、それは多分建築計画の面では、あれは大変、かなりプアな建築だと思っていいんでしょう。内田先生にお答えいただいたほうがよろしいですね。

内　田　プアと言うとまた問題がありますが、設計者がうまければいい。

司　会　済みません。ちょっと話を少し進めさせていただきたいと思うんですが、河田先生のお話はやはり非常に基本的に建築におけるサイズミック・エンジニアリングに対するいろいろなご不満だと思うんです。きょうは岡田先生が大変広範な形で建築学におけるエンジニアリングのお話を伺ったわけですが、どちらかというとポリティカルなお話が多かった。純粋にサイズミック・エンジニアリングとしてどんな問題があるんだろうかというところにいろいろご関心があるんじゃないかと思うんです。それで、先ほど岡田先生のほうから、最初に建物の地震対策の歴史というところで、少なくとも４段階ぐらいの基準法の改正みたいな形で思想的な変換があったんじゃないかというふうにおっしゃったんですが、一番最初は1924年ですか、それから50年、71年、81年と、そういうときにそれぞれ具体的に耐震工学として、つまり、エンジニアリングとしてどういうふうな思想的な変化があったのかというあたりのご説明をちょっとしていただくといいんじゃないかと思うんです。特に、81年以降は性能志向といいますか、はっきりそういう方向に向かっているというご説明があったんですが、それ以前は一体どういう考え方で……。

岡　田　多少資料を持ってまいったんですが、一番の大きな点というのは、いわゆる材料力学とか、普通の骨組みの力学とかそういう分野というのはかなり完成された部分がございますので、地震の影響というのをどう考えるかと、僕は外力の問題だろうと思うわけです。断層が動いてその波が伝わってきて、建物の基礎に入って建物が揺れて、どのくらいのという、これもコンピュータで回せ

ば一応計算はできるわけです。耐震工学の歴史を見ると、実は建物に入ってくる地震力というのは、上から決めてきている歴史があるんです。結局よくわからないので、建物に入る水平力というのは静的に重さの１割と考えようというのが1924年の基準です。上から決めつけるというのがサイズミック・フォースのレベル１と、私は言っています。それが1950年に0.２になりました。これで全部が制御できるわけではないが、全部これでつくった。ただし、よく申し上げるんですけど、この最初の時代はそれで怖いですから、かなりの前提がありまして、まず建物を非常に剛につくろうと。剛くつくることによって、これは推測でありますが、いわゆる基礎に入ってきた地震力が上で増幅されるのをできるだけ押さえ込もうと。周期の短い建物をつくってという大前提があったと思うんです。そうすると、かなり増幅率を小さくできます。同時に、建物を固くしようとすると、これは木造建築でも何でもそうですが、壁をたくさん入れないといけませんから、壁がたくさん入るような建物をつくっておけば、地震の大きさはよくわからなかったのですが、関東震災ぐらいには何とかなるだろうというところからスタートしたんです。これも一種の性能設計だと思うんです。

ところが今度は解析技術が、外力はそのままにしたまま解析技術あるいは骨組みの解析が、コンピュータも出てきましたのでずっと進んできて、かつ建築の様式が変わってきた。あまり壁を入れない、柱だけ。これはコルビジェに代表される、あるいは阪神でたくさんつぶれた１階は柱にして上は壁を入れておく。こういう構造物まで同じような手法を使って建物をつくっていたのが壊れたというのが1960年代なんですね。68年の十勝沖地震とか、これは78年の仙台の宮城県沖地震もそうでした。それで、これではいかんぞというので、それでは昔に戻ってやるか。それから地震力についてはもうちょっとレベルが進んで、これは周波数に依存するスペクトルの概念がこのころ出てきておりますから、大分わかってきたわけです。基本的には一般の建物はまだこのレベルにとどまっているんですけど、周波数によって入ってくる力を変えていこうと。ただ、それだけではなくて同時に非線形、あるいは塑性領域を考え、コンクリートにひびが入って鉄筋あるいは鉄骨が降伏することによる粘りに期待しようと。強さと粘りという概念を組み合わせておけば、強度はそんなに高くなくても粘りがあればつぶれることは抑えられるだろうと。そのかわり鉄筋が降伏したり鉄骨が曲がったりひびが入ったりという傷は出ますけど、そういう概念がかなり大々的に出てきたのが、1981年の基準法の改正まで時間がかかっているわけです。

もちろん1968年にはもう霞が関ビルができておりますから、霞が関クラスのものになりますと、基礎に地震の波を入れて時刻歴の振動解析をしながら上の地震力を決めるというところまで進んでいるわけです。ご承知のように、原子力発電所あたりですと断層を動かしてみてどうだというところまで進んできております。ところが、一般の木造建築を断層からスタートして設計しろと言われたら、これまたちょっと、また木造のほうがコンピュータに入れにくい、超高層のほうが計算しやすいということになります。木造住宅をどう数学的なモデルにするかとなりますと、柱と柱がちょっとずれるとかいろいろなことがありますから、このほうがかえって難しいから、むしろ、大まかに言うと、静的な震度のレベルぐらいで地震力を考えて、かつ建物に安全率を持たせてがっちりつくるほうがよろしいという工学的な判断があります。そういうふうに変わってきている。

一方、すべて断層を動かすところからスタートしていいかというと、断層のパラメーターをちょっと変えると、上の鉄筋の量が半分になるとか倍になるとか言われると、エンジニアは怖くてつくれないわけです。ある程度、丸めて法律の世界でミニマム、このくらいにするかというところをまず抑えておいて、それからどう性能を上乗せするかになると、やはり地震力というのはいつまでも静的震度のレベルにとどまらないで、基礎入力のレベルまでは下げてこなければいけない、こんな感じがしております。

司　会　どうもありがとうございました。要するに、耐震構造がどういう方向に進んでいるかということを今、お話ししていただけたと思います。

司　会　どなたかご質問ございますか。きょうの

お話でも結構ですし、それ以外のことでも。

青　山　私、青山と申します。もと東大で建築をやっておりました。岡田先生と非常に似たような、全く同じといってもいい専門をやっていたんですけれども、私のほうは何年たっても専門ばかであまり視野が広まらないんですが、岡田先生は今のお話にありましたように、非常に視野を広げていわゆる耐震工学、あるいは構造工学といいますか、そういうところから建築学全般、さらには建築より外の、ほかの専門分野まで広げておられて非常に敬服しておるところでございます。

そこで、きょうは最初に岡田先生がおっしゃった日本の建築学の特徴というのが、今の阪神・淡路大震災以来の先生の活動においては、どういうふうに評価しておられるかというのをお伺いしたいと思います。つまり、太田先生がおっしゃったように、日本の建築学というのは建築学の内部に構造工学を抱え込んでいる。諸外国においては建築学はアートに属しておって、構造工学というかエンジニアリングはシビル・エンジニアリングとか、そういう工学部のいろいろな各課に属しているわけです。応用力学科とか、そういうようなところに入っている。日本はそういうことで、建築学の中で自己充足型の研究分野があるわけで、私なんかが拝見すると建築学会における岡田先生の活躍というのは、そういう日本の建築学の特徴が十二分に発揮されたのではないか。むしろ、外国に向かって日本の建築学の構成はこんなにいいんだぞと自慢したいぐらいのところじゃないかなと思うんですけれども、岡田先生自身はどうお考えなのか。

岡　田　これもまた難しい問題ですね。先ほど一番最初に太田さんがちょっと言われたので、私、言うのを省略したんですけれども、宿題を出されて私も改めて考えてみたんです。どうして日本の建築学科ってこうなったのか。１つ考えられますのは、地震の問題があるから怖かったんじゃないかと思います。鉛直力だけに、重力の加速度だけに頼る建物をつくれと言われたら、今、そんなに難しい—よっぽど奇抜な構造物でない限りそんなに難しいことではない。これは多分、明治時代からそんなに変わっていなかった。地震がきて横に揺れるぞ、さあどうやってつくるとなると、これは力学の解法から始まって、これは今は、簡単になりましたけど、地震力をどう考えるか、それに対してどういう材料を使うか、どういう骨組みをつくっていくかということは、やっぱり相当怖かった、心配だったんじゃないか。それでアートとして芸術学部として分離してアーキテクトだけが家をつくっていったら、えらいことになるのではないかと先人はお考えになったのではないか、というのが私の気がつく１つなんです。

ところが、だんだんだんだん専門が分化していって、実は同じ建築の専門家だと言っても、例えば、アートをやっている人たちは今の学生の教育もそうですけれども、大学の２年のときに何か力学の講義を受けたな、ぐらいの記憶しか持っていないし、私のような道に入ってみますと、学生のころの名建築はよく知っているけれども、最近の名建築って見たことないというような状況に、実態は随分分化してきているんじゃないかと思うんです。それがそのまま続いていくと、おっしゃったように、やはりアメリカ型かなという気もするんですが、私はほんとうにそれでいいのかなという気が強くしています。日本のそういう地震環境、風の環境、そういう自然環境というのは欧米から見ると相当厳しいところにある建築をつくらなければいけないんだということになると、やっぱり教育としても一たんはオールラウンドの教育をしておいて、専門分化というのはもうちょっと上の大学院の段階で分化するとか、そういう方向に向かっていってもいいのではないかという気がします。私、今、国立から私学に行きまして、ちょっとカリキュラムをどうするかというので極めて少ない人数の教授で何を教えるかというのでいろいろ苦労しているんですが、どうも今、中で議論しているのは、そういう感じですね。３年生ぐらいまではオールラウンドを目指した教育をしておいて、一応、今の一級建築士ぐらいの制度は残してもらっておいて、ほんとうに専門分化して、建築の中での専門家になろうとする、それはアートに向かおうとエンジニアリングに向かおうと昔のようなわけにいきませんから、相当それぞれ高度な教育も受け、勉強もしなきゃいけませんので、やはりそ

こへ大学院というのを位置づけていって専門家を養成する。それが、いろいろ議論になっている建築士の制度とか、エンジニアの制度に結びつけていくということではないかなと。日本の制度を捨て去ってという気には、私はなれません。

青　山　逆に、日本の制度のように建築にいっぱい構造屋がいたから、震災の後、これだけのことができたという、そういうプラスの面をお感じになっていないですか。

岡　田　今ですか。

青　山　ええ。

岡　田　正直申しまして、満足している面と不満を持っている面と両方ありますね。ただ少なくともそういう教育を受けてきているから、建築学会のどちらかというとアートに属していたはずの人たちがものすごく防災の問題に関心を持ってくれました。びっくりするぐらい。今でもそういう研究へ方向を転換された方も随分ふえました。

司　会　ちょっと内々の話になって申しわけございませんが、ほかの分野の方からご質問をどうぞ。

住　田　原子力安全委員会の住田でございます。岡田先生には原子力関係の安全性の耐震のことで随分お世話になっておりますので、そのお礼を先に申し上げます。実は、岡田先生とご一緒に、阪神・淡路大震災、ちょうど私も震源地に近い大阪にその朝おりましたので体験した１人ですけれども、いろいろきょう先生のお話をうかがっていまして、ちょっと先生がおっしゃらなかったことを申し上げたいと思います。私、おくれてきましたからお話があったのかもしれませんが、実はあの大震災の直後に建築関係、あるいはもちろん、土木の方もそうですけれども、ほんとうに全国各地からリュックを背負って関西へ来てくださって、そして、ほんとにあの震災の直後の救援活動と同じぐらいの時期に、非常にたくさんの専門家が現地に駆けつけてこられて、その姿、私目撃しております。被災地の１人の人間としてそのお礼を、こういう場でぜひご披露しておきたいという気持ちがあります。

それから、同じく建築学会その他の学会が、学会の会員から理事会が招集されて、そのおかげでいろいろな調査をやって助かった。これも関東大震災のときは天皇陛下のご下賜か何かがあってそれでやったらしいんですけれども、今回については政府が立ち上がるのがかなり遅くなりまして、実際研究者、技術者の方が身銭を切っていろいろなことをやった。これは日本の今までの大きな災害の中で、非常にすばらしい話であったと思っております。それをひとつぜひ申し上げておきたい。私ども、建築土木その他関係の学会以外の人間の立場で、何らかの形で支援できないかということを学術会議で話し合ったんですけれども、ちょっと１つ気になることがありまして、実は報告が今既に出かけていると。私、ちょっとある事情がありまして、科学技術庁の建物の中におりますから、そのときにお金の心配をした立場の１人でありまして、その後、ちゃんと出版その他について学会だけの負担だけじゃなくて、もっと公的な文部省なり、科学技術庁なり、出版が正常にいくようになりましたでしょうか。これは、私も実はフォローアップを十分しておりませんので、それをひとつ先生から。

岡　田　ありがとうございました。後でお話になった出版費に関しましては、その都度文部省から出版助成をいただいたり、あるいは建築関係のほかの財団から助成していただくとか、みんなで予約購読者を募っておりまして、何とか学会が赤字を出さなくてもいけそうなようでございます。いろいろありがとうございました。

住　田　恩恵に浴しました地元の立場、あるいは他学会、関連科学技術関係、ほんとうによくやっていただいた。これは工学関係の全体の場ですから申し上げていいと思うんですが、ぜひこの席をかりましてお礼を申し上げたいというのが１つです。

もう１つ、今度は私の仕事のほうに関連いたしますけれども、先ほど先生が出されました活断層の問題、調査がある程度進んでいる。私ども、原子力関係のほうで実際発電所の近くで活断層の問題が上がりますと、ボーリングを相当大がかりなことをやっている。かなり焦点がはっきりしていますから、相当お金をかけていろいろ調査をやるわけですけれども、一般の都市のこういう災害対策のときに、活断層の調査というのがやっぱりボーリング調査をするという話を聞きますし、どの程

度の費用がかかっているのかというとあまりよく知りませんで、その辺をちょっと教えていただきたいんですが。

岡　田　私、直接金額はわかりませんが、つい最近聞いた話も、１つの県で１カ所の調査をやるのが相当大変なぐらいなんですね。そんな感じじゃないでしょうか。

住　田　大阪府が、私がお聞きしましたのは、１億円を２回やりまして、それは聞いたんですけれども、やっぱり相当なあれがないと、ちょっと普通の自治体の力では難しそうな話なんですが。

岡　田　それからこれは住田先生にむしろ、お願いしたいんですが、私、前から原子力関係では、少なくとも原子力サイドの近辺であれば、かなり調査がされていますよね。あの情報をぜひ一般の建築土木の構造物の設計に使えるようにディスクローズしてもらえないものかというのを前からお願いしていることなんですが、難しいんでしょうね。

住　田　でも、しかし今ご時世でございまして、情報公開の方向にありますから。

岡　田　ぜひその方向へもっていっていただけると、随分いいんではないか。

住　田　例えば、ごく最近ですが、島根の関係で、向こうは数日中に大集会が行われますけれども、かなりボーリングされていますね。そういうのは次第に公開されていますから、むしろ、過去にさかのぼって、かなり場所が限られていますから、どれだけ役立つかわかりませんけれども、少なくとも出せる方向になっていますので。むしろ、先生のそういったご要望を出していただいた方が、出せるんじゃないかと思うんです。ただ、今までの私の経験でいいますと、むしろ、はかったほうは生かすという意味で出したいんですけれども、例えば、地元の市町村がそういうものを発表されたら何の対策もないということで、さっきの町長が動転したという話がありましたが、非常に困るのであまり大きな声で言わんでくれといって、県単位とか、町村単位でもありますので、その辺はちょっと……。でも、原則的には当然オープンにすべきだと思います。たとえはかったのは電力会社であろうがどこであろうが、それはオープンになっていくものだと思います。それはまた何かの機会がありましたら伺っておきます。どうも済みません。

岡　田　一番最初にお話しいただいたのは、応急危険度の判定の件じゃないかと思いますが、お話しいただいて、大変私もうれしく思っているんですが、これも1980年ごろからなんですけれども、壊れた建物の安全性というのをもう１つちゃんとやっておかないといけないというプロジェクトがございまして、私ども、青山先生などとご一緒にやっておりまして、大体のマニュアルみたいなのを1985年につくってあったんですね。ところが、なかなかそこまで地震対策が進みませんで、阪神の地震のときにはやっと静岡県と神奈川県で、いろいろ考えて県単位で判定士の制度というのをつくっていただいて、静岡県と神奈川県あわせて5,000～6,000人の資格認定者がおりました。その辺を実は関西に広めるために、私は阪神の地震の前の日の夕方まで、その問題の国際シンポジウムを大阪でやっておりました。終わってこっちへ帰ってきたんです。ちょうどその次の日だったもので、しかも東京都も１月25日に第１回の判定士の養成講習をやろうということで、私、レクチャラーでしゃべることになっておりましたが、その準備がある程度できていましたので、地震のあった日の午後に東京で建築関係の団体、12～13ですか、責任者に集まっていただきました。とにかくやらなければどうしようもないぐらいの被害が多分予想されるからというので、全国に声をかけていただき、いろいろありましたが、ボランティアベースでとにかくやってくださいと。実際にやるにはどういう責任を持ってやっていいか、いろいろなトラブルが現地ではございましたけれども、制度が十分できていなかったので、立ち上げるのに１週間ぐらいかかりました。が、延べで１万人ぐらいの方が木造住宅も入れて約10万棟、チェックをしていただきました。なれておりませんので、まだまだ何でもないものに、つい赤紙を張ってしまったのもあって怒られたり。

ところが、おかげさまでその辺については、今、全国的にその後、行政が中心になっていろいろ検討していただき、全国都道府県で判定士の制度ができました。それで、今盛んに判定士を養成して

おり、マニュアルをつくり直したりしております。私も常に持ち歩いている５枚のカードがあります。各県単位ですから、講師として行ったところで僕にも下さいということで、静岡県、兵庫県、東京都、神奈川県、文部省の文教施設用の全国版の判定士の登録証をいつも持ち歩いていて、いつ何時どこへでも行けるようにしております。こういう判定士がもう10万人ぐらい集まった。東京都で１万人超えました。全国で10万はいっていないかもしれませんけれども、東京都で１万人を超えました。この辺は我々の研究の手を大分離れまして、行政ベースまで落とし込めまして何とか頑張っているということです。

住　田　ありがとうございました。

司　会　どうもありがとうございました。阪神大震災を契機にしていろいろと話が弾んでいるわけですが、いわゆる工学の問題としてまだ問題があるように思いますが、ご質問がございましたらどうぞお願いいたします。

岡　田　私は全く専門ではないですけれども、建築の者だというと建築の設備がまさにエンジニアリングの問題なんですね。それをこれからどう考えていくかというのがもう１つの問題ではないでしょうか。耐震の問題と、例えば、建物をつくるときにどのくらいの予算配分をするかというときに、いつもぶつかる問題でございます。やはりこのごろ建築がハイテク装備になってきましたので、そっちにものすごくお金がかかるんですね。

司　会　今、おっしゃいましたように、建築というのは昔、設備は付帯設備なんていう言葉を使っていますね。それで金額的にもそれほどではなかったんですけれども、現在の建設コストの半分以上はやはり設備にかかる。そういう意味では、設備エンジニアリングといいますか、設備工学というのは建築の中では非常に大きなウェートを占めるエンジニアリングだろうと思います。ですからきょうの岡田先生の話は、一応耐震工学を例にとってということで、サイズミック・エンジニアリングのお話が中心でございましたけれども、実際には建築学の中にはもう１つの別の分野の……。

岡　田　その耐震をどうしようかというのは非常に大きな問題になっていますね。

司　会　何かご質問ございますでしょうか。

内　田　私、建築の内田と申します。先ほど住田先生は、予算のことで岡田さんに心配がないかということで、実は私は学術会議の会員で住田先生から土木建築の研究を運営する必要はないかという直接のお話をいただきまして、大変それにご尽力いただいたので、私からまた改めてここでお礼を申し上げます。

それから、建築とアートの話がありましたけれども、私は建築がエンジニアを抱えているという問題は、青山先生が言われたように非常にすばらしいことであるという見方があるんです。それについてヨーロッパでも、例えばハンガリーがそうですし、ドイツのシュトゥットガルトがそういう傾向になったりしているんです。日本の場合にはもう１つ功罪両方あって、１つはそのために損をしている分野があると思うんです。それは土木の分野で、結局昔は土木がシビル・エンジニアリングで、建築がアーキテクチャーで、両方一緒になって橋もつくれば都市もつくる、そういう体制であったはずなんですが、たまたま地震でエンジニアリングが建築の中に入ってきたために建築がクローズになり、その反面で土木はアーキテクトを失ってしまった。それが現代に非常に大きな影響を及ぼしていると私は思っているので、この機会にやはりそういうところをもっと教育していかないといけないと思っております。

岡　田　おっしゃるとおりだと思います。確かに、土木の先生がいらっしゃるかと思いますが、土木の中でのアートの分野が、今、だんだん伸びつつあるんではないでしょうか。その辺が建築と土木の境界が少しずつ消えつつある。そうやっておいて、かつ僕は建築のアートも多少わかるストラクチュアル・エンジニアとか、あるいは今の設備の話になりますともっと別の分野の知識、バックグラウンドがないとできませんから、そういう専門家を育てていくのではないのかなと思いますけど。

司　会　どうもありがとうございました。これからほんとはそういう話をしておもしろくなるところなんですが。きょうは特に耐震工学を中心にお話を伺いました。それでは、岡田先生、どうも大変ありがとうございました。

1999年３月25日

編集発行

(社)日本工学アカデミー

〒100-0005 東京都千代田区丸の内１－５－１
新丸ビル４－007
ＴＥＬ：(03) 3211－2441
ＦＡＸ：(03) 3211－2443