

平成 30 年度春季建築物防災週間関連行事

建築物防災講演会

講演記録

- テーマ : 木造建築物の安全・安心とこれから
- 講師 : 京都大学 生存権研究所 教授 五十田博氏
- 日時 : 平成 31 年 3 月 1 日 (金)
午後 1 時 45 分～4 時 00 分
- 場所 : 建設交流館 グリーンホール
- 主催 : 一般財団法人大阪建築防災センター

私は、耐震構造を専門としていまして、振動台実験では、いろんな地震の実験にかかわらせていただきました。

建築基準法の最低基準の建物がどのような性能を持っているか、性能表示の耐震等級2や3の25%、50%増の建物がどれぐらいの性能を持っているか、極大地震にあうと、どのような被害にあうのか、振動台実験を通じて、耐震補強された建物が本当に安全なのかということを示して、一般の方に、耐震補強の重要性を理解していただこうと、耐震補強した建物の振動台実験、今日のテーマでもある、多層階建ての木造建築が日本という地震国で、本当に安全なのかということを確認するための実験や新しい構造形式の振動実験にかかわらせていただいています。

左は耐震補強をしていない、耐震診断の評点が0.5というものです。木造は目標評点が1.0です。耐震診断の評点が0.5ということは、半分しか性能がない。RC等と言えば0.3とだけ思っていたらと思います。その評点0.5の建物と、耐震補強して、大地震に対しても倒壊をしない1.5のレベルまでに上げているというものを2つ振動台上に並べて、阪神淡路大震災のときに観測をされた震度7の地震動を加えて、どうなるかという実験で、耐震性能の低い建物が倒壊をして、耐震補強をした建物が倒壊しないという映像を撮りました。実は、この実験、非常に難しく、この加振をする朝まで、入

力地震動について、解析結果となかなか、うまく合わないというか、解析をすると、耐震補強をした建物も倒れてしまうという結果が、その朝まで出ていて、このままやるか、入力をすこし下げて、耐震補強した建物が倒れないようにして実験をするかというところを議論していました。両方倒れるならいいけど、入力を小さくすると、耐震補強した建物が倒れて、耐震補強しない建物が残るとい、とても困った結果で、そんな結果も入力レベルによっては起こってしまう。その振動の周期が合うかどうかという問題です。

その建物が共振するか、共振しないかということで、地震波が特性のないものであれば、それは耐震性能が高いものは被害が少なく、低いものは被害が大きい、当たり前の結果が出るのですが、実地震動でやっているものだから、それは特性があってしまうので、たまたま耐震補強したものと周期が合うようなことがあると倒壊をしてしまう。耐震補強していないほうが残ってしまうという結果になってしまいました。

このときに見学に来られていた、当時、高知工科大学の中田慎介先生が、「よくやった。最後、補強したほうが揺れていたけど、あれが倒れたら切腹だったな。」って言われました。この振動台実験の映像は、長期優良住宅というので、今、補助金等を出して、長く住み続けられる住宅等を普及させていく活動を、国

を挙げておこなっていて、長期優良住宅を推進、さらには3階建ての木造建築というのは、設計法というのがまだきちんと定まっていない。本によって書かれ方が違ったので、その辺の統一を図ろうというので、実験をしたものです。右側の建物が、建築基準法でいうところの保有、非保有体接合なので、順守をしてない建物、法律違反ということです。左側の建物は耐力壁、耐震壁等に対して、接合部が壊れないように設計をされている建物、合法的な建物です。左側が浮き上がったなと思いながら、右ばかりに注目していたら、大変なことになりました。こういう建物を普及していこうと言っていた建物が倒壊をしてしまった。

この原因についてはいろいろあるのですが、この実験に見学に来られていた東大の名誉教授の有馬孝禮先生が、「前回うまくいったからって、毎回そんなにうまくいくはずがないぞ。」とお叱りをうけました。当時のプロジェクト責任者は「解析制度が上がったから、大体のことができる、説明がつくと思ったところに間違いがあった。」、つまり余りにもギリギリを狙い過ぎていたということです。解析の制度が上がったので、ほんのちょっとしか実は左の建物と右の建物って性能の差がありません。先ほど見ていただいた耐震補強している建物と耐震補強していない建物って、見ていただいたように片方0.5で、1.5です。それが、片方が

倒れて、片方が倒れないというのは、「我々は解析制度が上がったので、何でもできると思って、ギリギリを狙ったというところに間違いがあった。」、ここまでではよかったけど、「最初から計画に無理があった。」と言われてしまって、それに対して始末書的なものを書いたのですが、坂本功先生が最初の実験があったときに、「今回は予想どおりではなくて、期待どおりであって、それについてなぜ予想どおりに行かなかったかということを中心にきちんと文章として残してください。それは後世に伝わるようなものですよ。」と言われていたので、どういう経緯でこの実験をやって、どういう結果になったかということを中心に残しております。

今日のテーマにはいりますが、クロス・ラミネイティド・ティンバー、CLTという材料を日本でもどんどん普及させようって言っています。

海外では、マスティンバーという呼び方をしますが、マスティンバーを使った建築物というのが海外でどんどん普及している状況です。20階建てを建てようとなるとマスティンバーが使われます。

そういうものについての海外の潮流、さらには日本の現状とこれからについて、その後に、木造住宅の耐震化で、熊本地震の被害調査からわかったこと、昨年4月に、2年たちましたので、きちんと調査をしてみようということで、追跡調査

というのをやっております。どれぐらいの被害のあった建物が建て直しになっているか、あるいは補強されているか、そのような被害をどの程度にとどめておけば継続使用ができるのかということ、2年後の調査を実施した結果について交えながら、これからどんな建物を建てていくべきかというお話をさせていただきます。そういう意味では、今後の新築住宅をどう耐震化していくかということにつながるといいますし、木造住宅は余りエンジニアリングではない、大学でも余り木造住宅の耐震を教えることがないです。そういう木造住宅ですが、担い手の方にどんなふうに伝えていけばいいのかということで、私の考えをお話させていただきます。これは既存木造住宅の耐震化にもつながるところです。

まず、高層建築の話について、2年ぐらい前に、読売オンラインで日本のオフィス街に木造高層ビルが立ち並ぶ日は来るかという原稿を書きました。海外では高層ビルが建っているという話をしましたが、日本ではどうだろうかということで注目をした方がいました。それで、読売オンラインで取り上げようということで、私が記事を書くことになりました。紙面の都合もあるので、半分ぐらいに削られて、ちょっと舌足らずになっている表現もありますけど、興味のある方はぜひごらんいただければと思います。ネットで「読売オンライン 深読みチャ

ンネル CLT 五十田」で検索すると、ひっかかって、原稿を読めるといいます。内容としては、これまで考えている木造建築とこれから考えていかないといけない木造建築は別物で、経験とか勘とかというようなもので建てようと言っているうちは、日本のオフィス街に木造の高層ビルが建ち並ぶ日というのは来ませんというようなことを書いています。今日、その話は後半で話をしたいと思います。

1年ほど前になりますが、朝日新聞で、「高層ビル 木で建てる」を教育面で取り上げていただきました。今後、中学生、高校生が、将来どんな職につきたいか、あるいはどんなことをやっていきたいかというのに対して、夢を与えるような研究の最前線とは何だろうかというので取り上げていただいたものです。このほかには宇宙の話だったのですが、私の回は、木を使った建築物、木を使って高層ビルが建つのではないかとこのので、今、研究が世界的にされていますというのが、内容としては非常にわかりやすい形で書かれていますので、御興味のある方は目を通していただければと思います。

海外では、どんなものが建っているかというと、10年ぐらい前、2009年にロンドンで、9階建ての木造のビルが建って、「おお、すごいね」という時代でした。そうこうしているうちに、メルボルンで10階建てが建った。ベクシェー、ミラノで、日本と同じ建物が7階建てでしたか

ね、集合住宅が建っていくというような話を聞きました。これはすごいなと思って、日本も追いつけ、追い越せじゃないですが、日本でこういう建物を建てられる可能性ってどれくらいあるのだろうと思っていたところ、つい最近になって、バンクーバーで18階建てが建ち、ノルウェーで18階建てが建ち、ウィーンで24階建てという状況になりました。これは木造です。もちろん部分的に木材以外の構造も使われていますし、地震のある例えばカナダ、バンクーバーいうところでは、地震に対する抵抗をする要素は鉄筋コンクリート造だったりしますが、鉛直荷重を支えている、あるいは床、壁というものは木で構成されているというものが、つい最近になって建つようになりました。10年ぐらい前は10階建てで、「すごいね」と言っていたのが、突然、もう20階を目指す、20を超えるなんていうことが起こっております。計画中までのもを入れると、最初は10階、20階建てぐらいで、20メートルとかそれぐらいの建物を建てようと話をしていたのが、どんどん高くなって、50メートル超えたよと言っていたら、今はもう300メートルの計画があって、住友林業の350メートルを建てようなんて言っている時代が変わってきました。海外でも、そんなに高い建築物をこれまで建てていたわけでは、実はありません。ヨーロッパの地図になりますが、この斜線、こういう右に

上がっている斜線は、2階建てまでで、黒くなっているところが5階建てまでです。交差しているのが例えば3階、4階建てと、1990年代の木造建築の規制の範囲です。2000年、2010年、2020年、これはビジョンですが、もうほぼ、このとおりになると予想がされています。

もう待っているところが多いというふうに思いますが、1990年ごろまでは、木造建築は2階建てまでと言っていました。日本も似たような感じだったと思います。2000年の基準法の性能規定化の中で、それまでは木造建築は3階建て以下ですよというルールだったわけですが、4階建て以上であっても耐火的な措置をすれば木造にこだわらず建てていいというふうに基準法が、性能規定化をされた状況だったわけですけど、海外も似たようなもので、1990年ぐらいまでは2階建てぐらいが普通に建てられる木造でした。

一方、2020年になってくると、5階建て以上を建てられる地域がふえました。イギリスが2000年に向けて、6階建て、7階建てを建てようというような、国を挙げてのプロジェクトをやって、多層階建ての建物を建てようというような意思表示をして、そのプロジェクトを世界的に、アピールを2000年ごろに私は見た記憶があります。スカンジナビア半島は木材をかなり有している国で、そういう木材を有効利用しようというような動きもあって、木造化というのに踏み切っています。

全欧でそのような雰囲気盛り上がり、2010年、2020年と全欧において5階建て以上の木造建築が建てられるというような状況に今は変わってきています。

これはカナダ、ブリティッシュコロンビアです、カナダは、日本が公共建築物等木材利用促進という法律をつくっていますが、それに先駆けて、ウッド・ファースト・アクトというものをつくりました。建築物を建てる時は、木材を最初に考えてくださいということです。

昔は、法律が余り厳しくなかった時代は木造建築物の高さはかなり高くまで建てられましたが、近代化するにしたがって、木造建築の高さが制限されてきたというのは日本と同じ事情を抱えています。

4階建てまでだったのが、建物の内部の容積が4階建てと同じであれば、6階建てまでいいよというのが2009年です。

特別な調査研究をすると、これをクリアすることができるということで、先ほど見ていただいたような19階建てが建てられるようになったし、未来はもっともっと、普通に建築物、木造建築物が建てられるようになるだろうと言われています。

ここで見ていただいているスライドの大半は、海外の木造研究者の方々からもらったスライドです。これは、イタリアの方からもらっているスライドで、木材という資源があって、それを切ってきて、建築物に使ってリサイクルをしよう。サーマル利用、熱利用する、熱を何かの

形で利用する、その間にまた木材を植林していくことによって、この循環が保たれるのではないかと、資源循環材料、「Sustainability」という言葉が使われるところですけど、STGもそうですけど、「Sustainability」という持続可能性というものを考えて、木材の利用を進めようではないかという話。さらには「Speed of construction」と言っていますが、施工期間の短さです。向こうで建てられている木造建築はほかの構造に比べると、コスト的にそんなに安くはありません。安くはないのですが、何で補っているかということ、施工期間の短さであったりします。例えば、先ほど見ていただいたイタリアのマンションは、コンクリートで建てるよりも半年、あるいは1年早く建物ができ上がるということになると、1年早く分譲、あるいはレンタルができる、そうすると、建物のコストが上がっても、その1年間による収益で十分吸収できるので、施工期間の短さによって木造建築を選んでいるというような話をされます。

Energy efficiency、エネルギー資源効率はこの話と同じです。あとは耐震性能が高い、一般的な木造建築に比べて耐震性能が高い。ほかの構造、もちろん、これまでも耐震性能高いと言われていたわけですけど、木造は軽いので、比較的簡単に耐震化ができる。

さらに、マスティンバー、CLTってここに書いてありますが、CLTのような厚い材料を使うことによって十分な耐震性能が確保できるということで、どんどん木造化を図りましょうという話をしていくところです。なので、イタリアは2010年までは、4階建てという制限でした。2010年までは黒くない地域だったわけですけど、そこから今はどういう状況かという、もう青天井です。木材を利用して、どんどん建築物を建てるとするのは資源効率もよく、耐震、安全性も高い、そういうことであればどんどん建てていこうではないかというので、特に階数の制限というのがなくなりました。

これはアメリカのスライドです。森林があって、それに対して部分的にエネルギー利用しようではないかと。もちろん、全部が利用できるわけではないので、家具に使うものであったり、建築利用するものであったりするものとともに、エネルギー利用をこの段階でしよう。で、途中段階でリサイクルをしよう。リサイクルをして使い終わったら、エネルギー利用していこう。その間に、また植林を進めることによって持続可能性、この間で炭素を固定化するというような言い方をします。ここで酸素を吸収してくれて、森林が酸素を吸収する。燃やすとそれが外に出ていくわけですけど、燃やさないうちは二酸化炭素がとどまっている状態にある。木材の中にとどまっている状態

にあるので、まさに木材の製品をふやすことによって、それは二酸化炭素排出を制限しているのと同じ考え方ができるのではないかというので、こういう木材のサイクルを使ってやっていきたいと思いますというので、木材を利用することによって車の排気ガスがどれくらい整備できるか、こういう建築物をふやしていくことによって、5.7人乗りの車の1年間に出す量と同じですよというような資料をつくって広報する。これはイギリスですけど、似たような話で2009年に建てられている建物で、どれぐらいのCO₂が削減できるのかと、固定化できるのかと。外に出さずに済む、外に出さずに済むということが削減をしているという、そういう考え方をして、これによって外に出す量を抑えているという話を、そういうストーリーをつくっているということです。

アメリカでは今、こんな8階建ての建築物が建っています。これ、オレゴンです。オレゴン州だけが特別に、先取りをして建てるということにしています。

集成材の柱、はりがあって、床はCLTという材料です。エレベーターになっているところは鉄骨造です。鉄骨造の周辺を木造が取り巻いて、比較的、開放的な空間をつくっていこうという発想です。先ほど、見ていただいた18階建て、これはフルにカバーされています。木材は見ることはできません。こんなふうに木材らしく仕上げてはいますが、これは

全部化粧材ということになります。

興味のある方は後で、ネットで調べていただければと思います。2019年、California Mass Timber Building Competition、アメリカはIBCという、州ではなくて国の法律、国が定めた法律みたいなものがあります。モデルコードです。それを採用するか採用しないかは、各州に依存されています。オレゴン州はモデルコードを採用せずに、自分たちで高い建物、木造建築を建てていいというふうに、自分たちで法律を州ごとにつくっているという話なのですが、そのインターナショナル・ビルディング・コードが変わりました。IDCが先日変わった、投票があって、その投票で認められたので、2019年に変わる予定ですということをおちょっと紹介させていただきます。85フィート、4から6階建て、3分の1ぐらいにしてください、25メートルぐらいですが、4から6階建てだとすれば、Fully Exposedというのは、木材を完全に露出した状態で4から5階建てを建てていいですよ。ただし、ヘビーティンバー、マスティンバーみたいなもので建ててくださいという話です。同じように85フィートで、今度は4から9階建てです。4から9階建てのFull Exposureでいいです、つまり木材が見えた状態でいいですよ、ただし木材の燃えしろを確保してください。燃えても、その2時

間燃える分の燃えしろを確保してください、マスティンバーで建ててくださいと決まって、ヘビーティンバー等で建ててくださいということが決まっています。それ以外に、Partly Exposed、これは、木材を構造には使っているけども隠してしまえ、隠して火がつかないようにするという構造ですが、そういうものは9階建てから18階建て、先ほど見ていただいたカナダの物件です、こんなものが法律に位置づけられて、こんなのを建てていいですよというふうに法令自体がアメリカも変わり、法令というかモデルコードが変わります。モデルコードが変われば、当然のことながら、これに倣う州が出てきて、いろんな州でこういう建物が建てられるようになりました。オレゴン州はIBCを、インターナショナル・ビルディング・コードと外れたものをつくっていましたが、オレゴン州のコードにインターナショナル・ビルディング・コードが倣ったというような形に今、なっています。どんどん木造建築建てようという態度なのです。海外の建築物、どんなものが多いかというところだけを若干紹介をします。先ほど、エレベーターシャフトはコンクリートまたは鉄骨造ですよという話をしましたが、全部木造、木質構造で建てられている建物は余りないです。ちょっと、スパンが飛んでいる、こんな大きな空間に木材のはり掛けするというと、これは

もう不経済だということを彼らは知っている、こういうときにはもう鉄骨を使います。木質構造で全てがつくられているというよりは、木材を利用した混構造を建てようとしているというものです。日本では、木材を使った建築物を建てるとになると、木材以外の鋼材を使うということが恥ずかしいことのように、とらえがちだったわけですが、そんなものではなく、適材適所でやっていけばいいのではないかとというのが海外の姿勢です。木材の利用方法という観点からいうと、割り箸を想像していただくとわかりますが、こうやったら、ぱかっと割れちゃいます、そういう割れる現象を何とか防いで構造物をつくりたい、木造の研究者としては思うところですが、海外はそんなことは余りこだわらずに、柱に穴をあけて、そこにはりを通したというのが、ヨーロッパにありますけど、木材の利用方法として本当にこれでいいのかなというところは、ちょっと疑問はあります。そういう意味では日本のほうが進んでいるなという感じはしますが、適材適所で構造物を形成しているという意味では、海外のほうが非常に割り切った考え方をしていると思います。こういう建築物を、どういうバックグラウンドで建てているかという話です。資源循環材料の有効利用、環境問題というところに立脚をしています。2009年にイギリスで9階建てが建ちましたという話をしましたが、あれ

は、もともとアフォーダブルハウスという建物ですが、アフォーダブルハウスとは、低所得者向けの住宅供給です。それに際しては、環境のいい材料を使おうではないか。もともと、そのコスト度外視というところもあったわけです。なので、環境問題に立脚をして、さらに慈善活動として木材を利用、逆ですね、慈善活動をするのに資源循環材料としての木材を使っていこうではないかという考え方で使う。先ほど言ったように、適材適所、木材が使える場面はたくさんあるので、木材を使っていこうということをやっています。最近は木材をどんどん使おうという言い方をしないようです。ヨーロッパでは特にそうですが、レスティンバーという言い方をします。レスは、より少ないという意味です。1つの建物の中で、木材を使う量をとにかく少なくしていこう。適材適所で木材を使う。でも木材を使う量は、余り多くはしない。でも、木材を使った建築物を多く建てていって、木材全体の利用は増やす。木材は資源循環材料としていいわけだし、大事な木材なので有効利用しようではないか。無駄なところには使わない、だからレスティンバーだっていうような言い方をしていますけど、適材適所で使おうと言っています。何でもかんでも木材でつくろうという日本とは、大分状況が違うかなと思います。先ほど言った、工期短縮、これはコストに関連している、あるいは軽量

化というのがコストに関連をしています。地盤が悪くて、基礎を改良する、地盤改良して、基礎等も剛強なものにしなければなりません。あるいは地下に地下鉄が走っている、そういうような状況の中で、上に建築物を建てていこうといったときに、例えば鉄筋コンクリート造を建てようとするとうと4階建てぐらいまでしか建たない。それに対して、木造で建てると6階建て、7階建て、8階建てが建てることができる。コンクリートの比重が2.1で、木材の比重が0.5ですから、比重だけ考えていけば、重量は4分の1で済むということになるわけです。そんな単純にはいきませんが、そういうふうに重量が軽い建物なので、地盤の条件が悪いところで建てるということになれば優位性が出てくるということでは建てられています。資材のコストという意味では、木材はそれほど、安いから使うということにはなっていません。なので、木材の量を減らす、先ほど言ったレスティンバーというのは、コストとも実は関連をしています。木材を有効利用しようというところで状況としては多く使うことはいいことではないと彼らは認識をしているようです。オーストリア、今、老人ホームがたくさん建っています。木造で使われているものが環境にいいで、老人ホームです。海外でも、こんなふうに外に面して木材を使うということをよくやります。こういうふうにちょっとやっぱり色が変

わってきて、これで12年ぐらいたってて、これぐらいの色あいの違いです。

日本だと、このぐらいだとまだ許せるかなという感じですが、これ以上、色が変わってくると、なかなか受け入れがたいと思います。なぜこんな話をするかというと、ウィーンの自然環境と日本の自然環境は大分違っていています。高温多湿なのは日本です。ウィーンは余り雨が降りません。なので、このような建築物が可能になる。海外で建てられているものがいからと言って、そのまま日本に持ち込めるかということ、そんなことは決してないという話です。

ノルウェーの方が先日、私の研究室にみえられて、日本は木材を使うには劣悪な環境だよねっておっしゃいました。我々、日本人がそういうのに対して、どれぐらい認識をしているのか。彼らは高温多湿な環境ではないのです。

木材が腐る、4つの要素、水と酸素と温度と栄養素です。栄養素は木材自身のことなので、過乾燥してしまうと実は腐らなくなります。非常に過乾燥して、栄養を木材から抜いてしまうと、木材は腐らなくなりますが、それはもう木材ではないので、そういうことは私はやってはいけないと思っています、強度も下がります。なので、そういうことはやりません。なので、栄養素はそのまま残ります。水と酸素と温度、この3つのうち、どれかを抜いてあげると、木材は腐りません。

例えば水の中に木材を埋めておくと腐らないということが言われます。それはなぜか、水は供給されています、温度も供給されます、でも酸素が供給されません。なので、栄養素はあったとしても、4つの条件がそろわないので、木材は腐りません。木のくいがありますが水の下にいてくれば酸素が供給されないので、木材は腐らないということになります。

カナダで木造建築物の19階建てがありますが、バンクーバーは非常に雨の多い地域です。木造建築がたくさん建っています。高層階も建っています。木材が腐るということはほとんど気にしていません。なぜかというと、夏は乾燥している。暑いときは乾燥していて、水の条件がそろわない。温度はそろっている、酸素は供給される、栄養素もある。でも、水が供給されないので、木材が腐りません。冬場はどうか、雨ばかり降っている。水は供給されます、酸素は供給されます、でも、毎日5度以下です。ということは、温度の条件がそろいません。なので、木材が腐ることはありません。日本はどうでしょうか。夏場、暑いときに水が、雨がたくさん降ったりします。そういうような環境だということを知った上で、日本は木造建築を建てていかなければいけないということなのです。

では、日本は、これからどんな建築物を建てていけばいいのか、あるいはどんな使い方をしていけばいいか。

平成25年ですので5年ほど前になります。林野庁の森林・林業白書で、こんな図が出されました。非常にきれいな形でまとめられています。木材があって、育てて、収穫期になったら、適材適所で使おう。学校に使う、家を建てる、家具にする、あるいはエネルギー利用するというような適材適所で使っていきましょう。で、その間に植える、下刈り、育てるということをやる。その間に酸素が供給されて、二酸化炭素が吸収される。こういう循環を守っていくことが非常に重要ですという話をしているところです。

日本は非常に木材が多いと思われているところで、横軸を森林の面積、縦軸を1人当たりの森林面積にしました。森林面積が大きくなって、人口が多ければ、1人当たりの森林面積が少ないということになると、それほど木材に関して言えば、裕福なところではないとなるので、こんな図をつくってみました。横軸が森林率です、70%、国土に占める70%が森林だと言われますが、正確に言うと、68%ぐらいのところにあります。1人当たりの森林面積、幾つかというと、0.2ヘクタールです。国内で使える、1人当たり大体必要な量、どれぐらいかというと、0.4ヘクタールとされています。ということは、実は森林面積70%だけど、1人当たりになると木材が足りない国です。それほど木材が多くはない国だったのですが、それを一生懸命使った時期があり

ました。戦中、あるいは戦後です。戦争の時期に、鉄は全て軍用に使われて、木材が家を建てる、あるいは事務所を建てる、そういうようなことに使われました。それを如実に示しているのが、1920年代から戦後までは、新興木構造というので、有名建築家の方々が一生懸命、木造建築をやっていました。戦後、前川國男さんが新宿の紀伊國屋を建てたぐらいまでは木造で、一生懸命建てていた時代がありました。もう、木で建てるしかなかった。なので、木材を一生懸命使った時代です。さらにこの後、高度経済成長が来ます。高度経済成長で、何をつかったか、鉄筋コンクリートの建物、集合住宅です。鉄筋コンクリート造の集合住宅をつくる時に何が必要かと言ったら、型枠です。型枠に何が必要か、木材です。どんどん木材が戦前から戦後、高度経済成長まで使われました。そしたら、何が起こったのか、木材がなくなりました。森林率は高いかもしれませんが、1人当たりの森林量はそんなに多くはないので、国産材の自給率、戦後間もないころは100%近かった。日本国内で、日本の木材を使っていたという時代でした。当然、外圧もあったわけですが、日本国内の木材が枯渇をしたので、輸入しようということで自給率がどんどん下がってきています。このように下がってきていて、今は30%ぐらいの自給率です。つまり輸入が70%、30%は日本国産材を使っている

ということです。木材の供給量としては、どれぐらい出ていたかということ、30年代で、これぐらいだったのが、どんどん供給量は増えていきました。つまりは外材がないと家は建てられないし、ほかの木材を使って、何もできない。先ほど見ていただいた数字が物語っているところです。この辺は、やっぱり余っている、オーストラリアだったり、カナダだったり、ロシアだったり、スウェーデン、フィンランド、ニュージーランドは、森林率はそんなに高くないですけども、1人当たりの森林の量はそれほど少なくはない、本来は日本という国はどうかということ、木材資源が足りない国です。自給率は50%ぐらい、ただ現在は30%です。何が起きているのかということ、木材の年齢分布です。こっちが若い年齢、こっちが年寄りの年齢です。よく木材をそのまま放っておくと、このピークがこちら側に来てくれると思って、大きな木材がたくさん増えてと思われるかもしれませんが、残念ながら、そんなことはありません。やっぱり、木材も寿命みたいなものがある、大きな木材がそこかしこに育つということはないです。やっぱり大きな木材を育てようとする、隣にある中くらいの木材が淘汰されていくというようなことが起こってきます。この山が10年後に同じように、これは人工林の面積ですけど、これが同じように年齢別の面積ですが、同じように蓄積量としてある

かと言ったら、こんなことにはなりません。こちら側がお年寄りですが、お年寄りになると少なくなるという状況になります。なので、今、使えるのが6齡級、5年で、掛ける5だと思ってください。30年、このぐらいから使えます。今、使えるのがこのぐらい。使い切りたいのが、このぐらいです。もちろん、太くしたいなどかあるかもしれませんが、使い切りたいのがこの辺です。なので、使える木材が非常にたくさんあるのが日本です。でも、もう自給率30%だと思っているので、なかなか増えてこないというような話があります。林野庁は何をやっているか、10年後の木材自給率を50%以上に上げようではないかというような施策を思っているわけです。

これは国土交通省から出ている資料になりますが、緑色で書かれている部分が今、建てられている木造の床面積です。黄色になっている部分が、今建てられている非木造の床面積になります。これは着工の床面積ということになります。2階建てぐらいまでは木造建築、たくさん建てられているわけです。

非住宅になると、2階建てまでも、やはり鉄筋コンクリート造、鉄骨造、非木造というところに多くが、そういうもので建てられているのが多くなっています。木材、今、非常に余っている状況なので、多層階建て増やしていこう。さらには、非住宅部分も増やし、木材に使える部分

を増やしていこう、これは国としての施策です。もう、待ったなしだって言われています。私が木材をこんなふうに使ったらいいのではないか、適材適所で使うのが大事ですという話を講演しますが、すると、たびたび、これは国の施策なので適材適所と言っている場合じゃなくて使う、そんな指導を受けることもあるぐらいです。大きな木造建築物建てると、いろんなことがやっぱり、問題になってきます。

耐火の規制が大きく変わってきます。担い手がいないという話があります。

木造建築建てという話になって、構造設計しようと言っても、構造設計できるという方が中層大規模ではないというような話があります。新しい材料、CLTだとかLVLだとか、もう、こういう材料が基準強度を持っていないと使えないというのが日本の事例です。もちろん時刻歴応答解析という難しい方法、手間のかかることをすればつくれるのですが、一般化するという意味で言うと、こういうものがきちんと基準強度を与えられるということが必要になってきます。発注体制というのもあります。木材で建てたい、あるいはホールを木質化したい、木材で覆っていきたいと言ったときに、木材、手に入りますかと言うと、1年待ちです、今、木材はそんなにありませんと言われたりします。

先ほど4つの要素があるという話をしま

したが、その4つの要素をどのように防げばいいか、外面的にはわかっています。でも、実際に使う段になって、どういうふうに防げばいいか。万が一、見えないところで腐っていたらどうするかということまで考えて、きちんと木材というものの長期耐久性能を計画できるというような書物が、できていなかったりします。そういうような情報提供の不足、遮音の問題、いろんなことが木材を使おうと言ったときには解決をしなければならないという問題として出てきます。

1990年代ごろには、木造建築は華々しく建てられていました。言い方を悪く言えばブームでした。ブームというのは終わります、外国から集成材という新しい材料が入ってきて、その集成材で大空間の建築、木の空間、空間というのがキーワードになって、大きな屋根のかかった建築、木でかかった建築物を建てようと言っていた時代です。しかし、2000年ごろからこういう建築物はなくなりました。大空間ものから今は、多層階建てに向かおうという話をしているところですが、耐火規定、どんどん変わっています。

木造でも耐火建築物の建設が可能、耐火建築物にせよという要件はありますが、耐火建築物であれば4階建て以上も建てられるとなっています。

2015年には、3階建ての木造の準耐火が可能になります。この6月に、法律が変わってくるかと思えます。その間に、

2000年ごろから現在まで考えると、プロジェクトがいろんなことが行われています。公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律というのがあります。大空間を建てたのものが、今度は多層階建てにどんどん向かっているという状態です。将来、どうなるか、どうしたいかという話をしようということです。

2000年ぐらいには、こういう耐火部材を使った建築物が5階建て以上、4階建て以上で建てられるようになっていきます。

余り、目にされたという方は多くはないかもしれませんが。我々は、こういう建築物があるところを探し回って、写真を撮ったり、見てきたりはしていますけど、それほど一般化しているかということ、まあ、難しいところはあるかなというところですね。ショッピングセンターみたいなものも、木を使った耐火部材によって建てられています。耐火部材っていうと、どんな部材か一例を示しますが、こんな木を、鉄を木で覆ったような材料ですが、木材で覆われていて、耐火実験をして、鉛直荷重が加えられていて、火が消えている、1時間、耐火部材であれば火が消えているということが条件になります。そういう部材を使って、こんな木が見えるような状態の建築物が建てられました。この中には、実は鉄が入っています。木材の構造は木ですが、火事があったときの主たる構造要素は鉄ということになります。一方で、こういう木が見えるも

のにカバーをしてしまえというので、これが大分普及をしています。枠組み壁工法、いわゆる2×4の建築物で、耐火被覆をして石こうボードを張るということですが、石こうボードを張って、4階建てだったり、耐火地域、防火地域の2階建てだったり、そういうような建築物が実は数多く建てられてきています。2×4は今、6階建て、7階建てを建てようということで、こういうような2時間の耐火部材、2×6のスタッドですが、124ミリの部材に対して、これだけの石こうボードが張られる。なかなか壁厚が厚くなるので、200ぐらい壁厚になると、これはコンクリートのほうがいいかなと思ったりしますが、こんな厚くはなるけども、中が木造、木材を利用した建築物ということで、2×2が2000年以降建てられるようになってきています。今、話題のCLTという材料です。これまではそういう材料ではなくて、高層建築物、中層建築物を建てようというので、海外で使われているマスティンバーの代表的なものがこのクロス・ラミネイティド・ティンバーという材料になります。今までは、木材、こういう平行方向にあったものを単に重ねていただけ、横につなげて行って、板をつくるということをしていたわけですが、この板を互い違いにしながらつくっていかうという話です。こういう互い違いにすると、どういういいことがあるか。大きな板がつかれる。日本では、大きな

板をつくることはできますが、残念ながら運べないので、難しいところもあります。2.4メートル幅ぐらいがちょうどいいのではないかと話がされているところなんです。大きな板がつかれるというのが1つ目のメリットです。

2つ目のメリットは低質な木材を有効利用できるということです。スギはそんなに強い材料ではありません。そのスギを使うというのを、先ほど見ていただいた図で言うと、この真ん中です、床に使うのであれば、この真ん中。真ん中は、余り材料は必要ではないです。H型鋼を見れば、あんなに薄くていいわけですから、真ん中はそんなに重要な材料ではない。せん断力を伝達しなければいけないですが、真ん中はそういう低質な材料を使えばいいではないかというので、低質な材料を使うという話です。ただ、コストがそれで安くなるわけではありません。

集成パネル、厚さのある、それなりに140という材料を横に重ねていけばいいと言いますが、実は互い違いにすると異方性が少なくなって、割裂が防止されて、さっき、こう木材が、ぱかっと割れるという話をしましたが、そういうような割れがなくなって、寸法安定性が出てくるというようなメリットがあります。

繊維平行方向と直行方向が半分なのは、私は構造的には短所だと思っています。これは余りいい話ではありません。容積のある木材は燃えるのが遅い。

マッチ棒みたいなやつに火をつけようとしたら、簡単に火がつきますが、これがどんどん厚くなっていったら、このテーブルに火をつけようと思って、一生懸命ここでライターをつけたら、このテーブルを燃やすことはかなり難しいと思います。厚い木材になると、燃えるのがどんどん遅くなっていくので、そういうようなことを利用して、高層階建てを建てるというのが海外の考え方です。

とにかく木材なので、環境が悪ければ腐るし、割れるというようなことが起こってしまいます。

こういうようなCLTという材料を利用して、関西で、近場でということになると、5階建ての奈良県奈良市にある、福祉ビルを上げさせていただきます。これ、桁行は壁がたくさん入るので、CLT構造でなくても、ほかの構造でも、十分できます。ところがこちら側、はりの方向は壁、ほとんど入っていません。今まで考えている木材の耐力壁の強度の何倍、10倍とか20倍とか、それぐらいの強度、強さを持った材料としてというか壁として構成がされています。なので、これができ上がったのだと、私は思っています。1つのいい例だと思っています。

多層階建て、高い木造建築という意味では、下の階が鉄筋コンクリート造で、4階から6階建てが軸組み工法で、その中にCLTが使われているというものになります。CLTの使い方として、これが

いかどうかというのはちょっと議論のあるところだと思います。

CLTに関しては、平成28年4月に告示ができました。正確にいうと3月31日と4月1日です。その後にCLTを用いた建築の設計施工マニュアルというのができました。これは平成25年につくったCLT普及に向けたロードマップというので、林野庁と国土交通省が協力をしてつくったものですが、基礎的なデータをつかって、ここで告示をつくると言っていて、これが大命題になって、この辺で一生懸命頑張ったつくったというものです。

やっとここまでできるようになっていて、まだまだCLTができることがたくさんあって、海外の事例に学ぶところも多いので、CLTの設計施工マニュアルだけを見る、あるいは物件だけを見るというものもできていますが、玉石混交です。いいものも悪いものも、いろんなものがあります。これをCLTで建てる意味はないよねという建物もあつたりします。そんな状況にあるというのが現状なので、まだまだできる、あれを見て、CLTの可能性がないなという見切りをつけるのは時期尚早でないかと思っています。この当時つくっている告示、壁倍率5倍ぐらいの壁ばかりで建物をつくるような印象なので、これ、普通にCLT設計施工マニュアルのルート1を使った壁でできます。そういう建物です。そういう建物、全然おもしろくないです。

CLTのよさを十分に生かせるところはやっぱりある。そういう使い方をできるように、見直して、2倍ぐらいの性能になるように調整をしているところですが、最終的にはどうなるかはわかりません。振動実験、CLTでつくられた建築物の5階建ての実験です。壁の量としては、普通に建てられている建物の2倍ぐらいの壁の量が入っていると、私は思っています。それに対して、JMA神戸海洋気象台は、震度6強の地震の地震動を加えて、どんな挙動をするかというのを見ようという実験です。何か木材が飛びました、あとは浮き上がっているのがわかるかと思えます。やっぱり木材って、軽いんです。もちろん、縦横比、アスペクト比にも影響がされるので、全ての建物が浮き上がるような構造が起こるかという、そういうわけではないですけど、もともとそれほど重くない材料で、こんなふうには浮き上がってしまいます。何が起こったかという、CLTが外にはみ出しました。木材が飛んだところで、平行方向があって、直行方向があって、平行方向があるCLTです。直行方向はほとんど力を負担しません、平行方向だけが負担します。この厚みに対して、5分の3が平行、5分の5が直行です。つまり60%は平行しているけど、5分の2、40%は平行していない材料です。なので、鉛直荷重を負担するということを考えたら、こいつは余り得策ではないです。

海外は集成材を使います。繊維平行方向の集成材を使って、軸力を負担しようということを考えます。軸力を負担して、直角方向が入るのが嫌なので、このように軸力が直接つながるように柱が、若干立った形で、床に立った形で柱がつながっていくような構造をつくります。

床がこれしか乗っていないというのは非常に危ないなって思いますけど、木材は繊維直角方向に弱いので、軸力負担には使わないというのが彼らの考え方です。これは18階建ての建物の内部ですが、やっぱり集成材の柱が立っていて、集成材の柱によって軸力負担します。軸力負担しているところを見ると、柱があって、鉄があって、柱でつながります。これは床を貫通します。床を貫通しているところは鉄です。このように鉄を使っていきます。こんなディテールです。鉄が合わさって、床を押し上げる形で木材の柱同士がつながっている形になっています。アメリカは今、プロジェクトをやっていて、2020年に10階建ての振動台実験をやるというプロジェクトです。サンディエゴは幸いなことにほとんど雨の降らない地域で、そこに外の振動台があります。外の振動台で、こんな建物を今は2階、昨年、準備研究として2階建てをやったのですが、来年には10階建てにして、ここで振動台実験をします。振動台実験の後に、火災の実験をやる予定でした。仕上げをしておいて、振動実験をやって、

それを、ここに置いておくか、横にずらすかというところが議論になったのですが、その後地震後の火災を想定して火をつけようという計画でしたが、木材普及をしている団体が、火災で木材が燃えるのは見せてはいけないという話でなくなりました。そういうことは、きちんと確認しておきたいなって、私は思いますが、アメリカでもそんなことが起こるのだなと思いました。この構造の特徴は何かと言うと、ここに柱があります、集成材です。地震力を負担しているのはCLTですが、このCLTは鉛直荷重を負担していません。鉛直荷重を負担しないCLTです。平行方向と直行方向と平行方向と直行方向が組み合わさっている材料なので、木材のどちらかの軸力に対して考えると、それは物すごく不利になっています。半分ぐらいしか使えないということです。それを有効に使おうと思うと、せん断耐力は落ちません。平行、直行をまぜて接着をしたとしても落ちない。せん断力として木はすぐれていて、コンクリートぐらいあるので、それぐらいのせん断力を使って、壁として使おうという話です。日本でも壁として使おうというので、軸組み工法とCLTとまぜて、こんな構造になるのではないかと、日本でも検討をしているところです。せん断力を有効利用しようっていう話になると、1つ目に思い浮かぶのは鉄筋コンクリート造、鉄骨造と組み合わせという話です。

鉄筋コンクリート造の中に、CLTの壁を入れて、実験をさせていただいたのですが、こういうふうにCLTの壁を入れて、つくれて、それほど時間もかからず耐震補強ができます。今度は新築でもこういうものをつくるという話を聞いております。ポートランドで見た建物ですが、鉄骨造の5階建てです。これ床は2×4です、軽いので2×4の床で、このまま仕上げはしない。スプリンクラーをつけていれば、5階建ての建築物ぐらいであれば問題なしということなので、スプリンクラーをつけてやっています。こういうのを木で置きかえてしまって、建築物ができないかなと思っていたら、そんなのも最近は大分できるようになってきています。そんなふうに、いろいろ耐火の法令が変わってきますが、このような実験を繰り返して、1年以内施行で、中層建築物における木材利用の促進ということで、中層建築物の柱、はりに、全てについて耐火構造とすることが必要だったのですが、それを改訂しようとなりました。今までは、全て柱、壁とか柱等は、こんな被覆をするか、あるいは鉄、コンクリートを入れるかみたいな耐火被覆をするような構造だった。これについて建築物全体の性能を総合的に評価することに耐火構造以外を可能にするということです。4階建て以上であっても、こういう木材を多く使う、消火活動の、消火措置の円滑化をしていくことによって、木材をあ

らわしにして、使えるようにしましょうということ。中層建築物において、あらわしの実現をしましょう。建築物全体の性能を総合的に評価するとは何かという話ですが、通常より厚い木材による壁、柱等を使う、プラス消火措置。これまで消火措置で、日本での耐火構造と言いますか、耐火的な構造の面積をふやすという形で使われたことはなかったですが、消防庁との協力により実現しました。改正法の中では、高さ16メートルを超える4階建て以上について、建物の性能を総合的に判断して、木造を使っていいというように変わってきます。今まで、木が見えるというと準耐火だったわけですが、これから、準耐火のようなものも、4階建て以上でどんどん増えてくるということが起こります。ただ、ちょっと懸念していることがあって、木が見えないとしたら、これまでにないものとして、しないと受け入れられないなという、せっかく木造でつくるのだから、こんなふうに木が見えるような華々しいものをつくりたいとかになる。そうすると、コストが高くなって、木造でつくと高くなるよねという、今、そういう時代になっています。補助金をもらっている建物もそうですが、何らかの技術的な進歩がなければいけない、あるいは何らかの見せ場的なものがないといけないって言って、もう木が見えたとしても、これまでにないものを、みんなで作ろうとなっ

て、コスト高の原因になっていると思います。これからは、木材を生かして、普的につくれるものを使って、一般流通するようなものをつくっていかないと考えているところです。

新しい木質材料を活用した混構造建築物の設計・施工技術の開発を、平成29年度から開始をされて、平成33年度までで、まだ残り2年半、3年ぐらいあります。

鉄筋コンクリート造のスーパーストラクチャーをつくっておいて、その中に木造を入れ込みしていくという構造です。

1つのところで火災が発生したら、この範囲内では燃えません。ここで火災が発生したら、この範囲内では燃えません。この範囲、外には出ないように、当然、外壁部分は耐火になると思いますが、外に出ないようにして、中は木造で、自由につくれるということです。

この建物、8階建てだったと思いますが、例えば1階、2階の床は木でつくる、3階の床はコンクリートでつくる、4階の床は木でつくる、5階の床はコンクリートでつくるというように、1層おきに木の床とコンクリートの床をつくって、不幸にも火災が発生したとしたら、逃げる時間はもちろん、木材が厚くなっていることによって十分逃げる時間は確保できる。建物が倒壊するかしないかというのは、大きな耐火構造ができていますので、その大きな耐火構造によって建物は倒壊しないようにする。そんな構造物がつくれる

ような法整備をしようというので、法整備が今、されている段階です。

4階建て以上の準耐火構造物がこれから建てられるようになり、法律がどんどん変わっていきます。ある意味、法律が変わっても、木材がまだまだ普及をしない、使用の用途がふえていかないということになると、補助金もたくさん使っているわけですし、これでも普及しないということになったら、もう未来永劫、木材を使うことはないのではと思いますが、どんどん使っていくことを期待しているところです。

先日竣工した、兵庫の林業会館という建物です。ものは鉄骨造です、鉄骨造の中にCLTの壁がこんなふうに入っているものになります。鉛直荷重を負担しなければ、法令上は耐火被覆の必要はありません。鉛直荷重を負担することになると、当然、耐火被覆の必要があります。ただし、構造的につなごうとすると、鉄骨の部材からCLTの部材に鉄板が伸びてくることになります。その鉄板の部材によって、鉄骨のほうに有害な熱の流入がないということが条件になります。その条件をきちっと満たすような構造を防火的な措置、耐火被覆をしなければいけないのですが、そういう耐火被覆をすれば、こういう建築物が実現をします。こういうものをもっと普及させよう、こちら、宮崎県の防災拠点庁舎もこんな形で、鉄骨造とCLTの組み合わせになっています。

どんどん普及させようとして、林野庁とともに実験をしていて、これから、設計法と整備をして、世の中に出す予定です。こういう建物が普通に設計できる環境整備を頑張っているところです。床についてもやっています、これは福岡大学の稲田先生が、鉄骨の構造物の床にCLTを使おうというものです。今は残念ながら、耐火被覆をしなければいけません。ですが、封じ込めの検討が進めば、木のこんな床が鉄骨造の中で実現をするかと思っています。

日本の耐火構造、今までは4階建て以上は、構造材として木材を使った、構造は多構造にして、木材を外に、壁としては使えないですけど、適材適所として使うということになったのですが、ちょっと状況が今後は変わってきます。技術をもって、規制緩和が行われていくので、今後は大きく変わってくる。2009年竣工した9階建てのイギリスのCLTの建物です。日本は公にCLT構造物で建てたと言える建物は2014年になりますが、5年前の3階建てになります。それから、2016年に告示ができました。今は2019年です、2009年に建ったころからヨーロッパでは、今は20階建てぐらいに移行している。日本もこれからやっとなです、5年ぐらいたって、これから出てくるかと思っています。ここから、木造住宅、地震被害、あるいは木造の設計についての話になります。2016年4月14日、16日と熊本、益城町を

中心にして、震度7の地震動が2回発生をし、木造住宅が多くの被害を受けたところは、皆さんも御存じのところだと思いますが、日本建築学会と国土交通省が協力をして、益城町の中心部の建物の全数調査をやっています。倒壊をしている建物、半壊をしている、あるいは一部損壊、大破、中破と、外観調査で、どの地域で倒壊が多いか、どの地域で大きな被害を受けているかというのをグラフにしました。この1個1個が100メートル×100メートルの1ヘクタール、いわゆる1ヘクタールになっています。倒壊率ゼロのところは緑色、黒っぽいところが倒壊率75%以上になります。木造住宅が8割、9割を占めている地域でしたので、倒壊をしている建物は大半が木造ということになります。場所によってはもう、100メートル×200メートルぐらいの地域で、ほぼ全数が倒壊をしてしまうというような被害も見られました。この黒いところだけを数えると、100ヘクタールぐらいです。兵庫県南部地震のときの東灘区が100ヘクタールぐらいかと思いますが、たまたま、偶然なのかもしれませんが、非常に大きな被害を受ける地域というのは、ある特定のところに固まるのかというようなことを、この地図を書いて思いました。年代ごとに被害の状況を見ていくと、1981年以前、770棟あったのが、そのうちの約3割が倒壊をしていました。これは以前から耐震補強の必要性があると言

われている建物になります。1981年から2000年までの間は、それから3分の1ぐらいに被害が減っていますが、でも、やっぱり9%の建物、75棟が倒壊をしてしまいました。ほかの構造ですと、1981年以降の建物については、耐震補強等は義務化をされていないですし、耐震診断の必要性もないかと思うのですが、木造はちょっと別です。というようなこともあって、今、新耐震木造住宅検証法、1981年以降から2000年までの建物について、この建物に耐震診断が必要なのかどうかというのを容易に見つけるという方法を、お施主さんでもできるような工法として提案しているものがあります。2000年以降、現行基準ですが、残念なことに7棟が倒壊をしました。この7棟がその基準法改正に当たるかどうかというところは微妙ですけど、本来であれば2000年以降の建物は倒壊ゼロということになるのですが、残念ながら7棟です。7棟のうち、3棟が、2000年基準を満足していませんでした。法律違反です。もう4棟ありますが、そのうち1棟は接合部の設計がちょっと不十分だったというものがありませんでした。基準法は守っているけども、基準法上、こんなことまでは想定していない。外壁が重くて、これも基準法上、壁量計算の中では想定していないよということで倒れたのが1棟ありました。地盤が崩壊をしてしまって、一緒に建物が倒壊したというのが7棟のうち1棟ありま

した。今は、地盤の調査、木造住宅等でもやることが多くなってきていますので、そのような被害は、地盤のほうですが、繰り返されないかと思っています。

最後の1棟は原因がわかりません。十分に性能というか、現行基準を守られて、それなりの性能があるかと思っていますが、倒壊をしてしまっています。地震動が大きかったということだと思えますが、1棟だからいいという話ではありませんが、それが数等、十数棟ということになればちょっと現行基準が変わっていったのではないかと思いますが、今のところ現行基準は妥当であるという判断がされています。少しまとめると、木造は大地震時の倒壊は極めて高いので、1981年以前は、もう診断しなくてもいいので、補強はしてくださいと言っています。

私がこれまで耐震診断をした中で、1981年以前の建物でオーケーになった建物は残念ながらありません。1981年から2000年は、耐震診断で見つけてというのが大変かもしれませんが、2000年以降は、おおむね安心だと思うけど、危ないものもある。継続使用するのには、余裕のある設計が必要だという話ですけど、目指しているのは、全壊はするけど倒壊はしないという、このレベルでしか目指していません。なので、大きな地震が発生して、先ほど見ていただいた、この地域に建物があると、残念ながら非常に大きな被害を受けてしまいます、新築であっても。

逆に、ここから離れた地域になると、1981年以前の建物であっても安全、ほぼ被害がないという答えが出てきます。ただ、これは非常に微妙なところですよ。ある先生が、道路があって、幹線道路が幾つかあって、この道路は10年に1回しか、ダンプカーは通りません。この道路は5年に1回です。この道路は毎日通りますか、どこだったら、道路の上に寝られますか、10年に1回のところだったら、そこで寝て生活ができますかという話です。10年に1度とはいえ、いつ来るかわからないので、怖くて、生活ができません。だから当然、地震の被害というのは、古くたって、こんなに安全な地域があるのだから、ここに当てればいだけと言っているけど、それは10年か100年かに1回しか車が通らない道に寝ているようなものなのだから、そんなところで安心して寝られるはずがないので、耐震補強しましょうというような話をされていて、うまいこと言うものだなと思いました。基準法で担保されているのは、やはり倒壊した建物の下敷きになって死亡しないというだけで、建てかえが多くなるという話です。

なぜ、熊本地震の復旧調査をするに至ったかということ、グラフを見ると青いところが多いです。外観上の被害は軽微だったり、中破だったり、小破だったりというものが大半を占めています。一方で、被災地に行くと、非常に多くの建物が建

てかえられている、これは何が起きているのだろう。予想よりも多くの建物が建てかわっている。さらになぜか平屋が多い。その原因は今のところ、わかっていませんが、非常に多くの建物が建てかわっているのです、どれぐらいの被害に抑えれば、建てかえをせずに済むような住宅ができるのかということです。

覚えておいてほしいのが、D-ゼロというのが被害です、これ、外観上ですD-1、D-2が一部損壊です、D-3が半壊、D-4が全壊です。D-5、D-6が倒壊をしている建物です。これについて、更地になっているか、建てかえになっているか、補修になっているか、無補修になっているかというのを、これも外観上から調査をいたしました。D-6、D-5は倒壊をしている建物なので、もちろん更地になったり、建てかえたりしています。倒壊をして、補修されているものもありましたが、部分的に何か使われているようです。

こちらは余り問題ではなくて、問題はこの辺りD-2です。D-2というレベル、一部損壊ですが、D-2であっても半分以上が更地になるか、半分以上が建てかえられてしまう。ということは、このレベル以下に被害を抑えないことには、継続使用は難しいということです。耐震補強ではなかなか難しいと思いますが、新築住宅だったら、それが可能ですという話をしたいと思います。木造住宅だからできることだと思っています。

これはもう建てかえ時期に来ている住宅で、今まで40年、50年住んでいて、一部損壊の被害を直すよりは、新しく建てかえたほうがいいのではというような話があって、そういう意向が働いて、建てかえられているのではないかと、年代別にわけてみました。新耐震見てください。新耐震、81年なので、35年はたっているわけですけど、新耐震以降であっても、やはり半分以上、半分ぐらいは建てかえられている。そんなような状況にあるということで、被害を小さくすることが重要で、私の今日の2つの提案ということになります。

新築するなら、激震地にあっても、損傷を防げる、つまり、継続使用できて建てかえをしなくてもいい住宅をつくらうというのが1つ目です。耐震補強しなければいけない1981年以前の建物については、地震の危険度が非常に高いので、そういう建物に至っては、人命を損なわない住宅に耐震改修をしよう、これは今まで言ってきているとおりです。

今建っているものは全部基準法並みにレベルをそろえましょう。新しく建てるものは、建てかえをしなくてもいい住宅にしましょうということです。

これまで、幾つか実験をやっているのでごらんいただくかと思いますが、基準法でギリギリ建てられている建物です。一方、続いて見ていただくのが、耐震等級3でつくられている建物です。建物は、

ワイヤーロープがきいて、とまっていますが、この振動台では倒壊させてはいけないって言われているので、そんなふうになっています。なにかあれば、大きな損傷を受けてしまうということが基準法ぎりぎりの住宅だと起るといことがわかります。一方、耐震等級3になると、我々は、写真を撮るのにクロスのところ割れの部分に黒くマジックで線を描いて、被害が目立っていますけども、そういう線を引かなければ、ちょっと遠くに離れば大丈夫だということです。耐震等級3にしましょうといっても、簡単なようで、なかなかやらしてもらえません。なので、建て直しをしなくてもいい新築住宅をどうやってつくるか。もう設計しないこと。壁の量を2倍にして、安全、安心を2倍にしよう。2倍というのが、今日のキーワードになります。なぜこんなことを思ったか。ある建物の平面図です。比較的、面積が広い2階建ての建物ですが、とある都道府県で、耐震等級3の建物の勉強会のプランを対象に耐震等級3ができるかどうか、検討していただけませんかというので送られてきたものです。私が、この建物を見て、最初にしたことは、無開口壁どれくらいあるのか、無開口壁の量を拾っていきました。全体で17.5P、1P900トウですが、それをX、Y両方向にやりました。無開口壁、全部、耐力壁にしたら、何が起こるのか。ほかの構造では、こんなこと言

いません。鉄筋コンクリート造でこんなことを言ったら怒られますが、木造だから言います。コストもそんなにかかりません。石こうボードを張るか、メーカーが出している耐力壁になるようなものを張るかという話です。耐力壁になるような材料を壁に張る、どのみち壁を仕上げしいといけない。ということは、面材張るということです。その面材を何にするかの話です。木造建築は、壁の量がどれくらいあるか、全部耐力壁、耐震壁にしたら何が起こるかという検討ができます。RCはなかなか難しい。木造はどのみち壁を張るのだから、その壁を何にするか、耐力壁にしてみたら何が起こるかというので計算してみました。これだけの壁の量で、基準法を満足するためには、壁は1.2倍の壁の倍率です。1.2倍と言うと、両面に石こうボードを張ると余ります。両面に石こうボードを張るぐらいの耐力壁で、もう余ります。等級2だと、さらに両面に石こうボードを張ったぐらいでも余ります。等級3だと、中に筋交1本ぐらい入れれば足ります、十分に足りる。それぐらいの量です。標準的なプラン。何で、設計をやめるかという、例えばこんなプランがあります。こちらの壁が3Pなので、こちらの壁も3Pになるように、つり合いよく配置しようと、設計します。基準法を満足しているかどうか検査したら、何か基準法よりたくさんある、じゃあ、この壁やめようかとなって、こ

の壁をやめたりします。それをやめてくださいって言うだけなんです。そういう設計をやめてくださいって言う。もう、無開口の壁があったなら、壁にしましょうという話です。ねじれるのが嫌だという方がいます。こちら側、3Pあって、こちらが6.5Pあるので、これ、ねじれるのですが、こっちとこっちの変形、あるいは損傷、どっちが小さいですかと言ったら、こっちです。損傷が小さいのはこっち。ということは、もう必要量あれば、少しぐらい短くたって、どんどん耐力壁にすればいいじゃないか。どんどん耐力壁にしていい、もう多少ねじれていい。外周は面材壁を張ろう、開口の上下にも面材を張ろう。そうすると、地震に対して余裕のある設計がいつの間にかできている。でも、設計するから、みんな耐震性がぎりぎりになる。これでかかる費用はどれぐらいかかるのか、品確法の耐震等級取らないので、5万円から10万円ぐらいのコストアップです。これでやらない手はないです。もし耐震等級取ろうって言ったら、申請費用が15万円、書類作成費、構造計算書等がついてきて、50万円ぐらい全体でかかりますが、控除費用で、住宅ローンの控除が拡大されると固定資産税の軽減があるしというので、十分ペイするぐらいに補助金が出たりします。昔の大工は、構造的に強固な加工の基本を継承しながら、基本を守った設計をし

ていけば構造計算は要らないって言うんです。ここまではっきりは言いませんが、全部、耐力壁にしましょうってほしいです。しっかりした構造の家というので、壁をバランスよく配置している、大工の手刻み材で組んでいる、木材そのものが天然材でいいというような話がありますが、これもなかなか怪しいところがあるかと思います。木造建築物は経験と勘で建てられているという話をよくしますが、大地震に関して言えば、我々のほうがいろんな振動台実験やっている。臨床の現場にいるようなものです。いろいろ試して、これだったらうまくいくのではないか、これだったらどうだとうというようなことを、実験を通じて、経験と勘を積み重ねているところです。幸運なことに、熊本地震のような大きな被害が出るような地震はそんなにたびたび起こるようなものではありません。なので、大地震が起こる頻度は、人間の一生から見ると非常に長くて、それを経験と勘をもって対処するというのは、非常に難しいことだと、私は考えています。例えば雪が降って、軒先が壊れて、つくり方変えて、新しく建てる建物のつくり方を変えて、ああ、それでも壊れた、ああ、じゃあ壊れないように、こうするかといういろいろやっていくということができるかもしれません。でも、大地震は、残念ながらできない。なので、地震後、住民の方に、どんな地震でしたかって聞く

と、いや、怖かったです、こんな地震初めてですと、みんな言うわけです。大地震というのは、そういうもので、なかなか経験と勘には当てはまらない。

大手ハウスメーカーは、いろんなところで建物を建てているので、阪神淡路、東日本、新潟中越、熊本、地震後にそこでまた建てるという業者さんは、このぐらいの性能で建てては、被害は出るなというのをわかっているのです、標準仕様は等級3だと言っている業者さんが多いかと思えます。幸運なことなのかもしれませんが、地方で経験しているのはごく一部です。今、熊本に行っていたかとわかりますが、益城町、新築されている建物の大半が、等級3だったりします。今はどんどん、耐震性能の高い建物が建てられています。地震のない地域は、経験がないから蓄積もされていなくて、地元の方がこんなものでいいと建てると、なかなか基準法ぎりぎりのものになってしまいます。結局は、どんな人に頼むかというようなことが重要です。ただ、やみくもに、壁を全部入れろとは言っていません。やってほしいことは、2つ。四分割法という方法が、木造の計算方法ではあるのですが、建物の幅、高さで、四分割をして、この四分割をされた部分で充足率を見る。つまり、この面積、区画された面積の充足率、壁の充足率を見ようという話です。それが四分割法という方法ですけど、それのときの充足率、つまり

ねじれる側、振られる側の壁の量は、基準法上の最低壁量は満足しておいてください、これが1つ目で、2つ目は、床を強く作ってください。少しぐらいねじれていても、床が強くつくられていれば、ねじれないようにこちら側、多くある床で対処ができるということになるからです。熊本地域で、益城町の中で、今も残っている建物です。プランを採取させていただいて、確認申請の書類などもいただきました。壁量の充足率、これはすごかったですね。3倍ぐらいありました。ほとんど被害がない建物でした。これも2倍ぐらいありました。ちょっとクロスに割れが入っていますが、これぐらいの被害で済んでいます。この建物の周りはほとんど住宅がなくなっていますが、この建物だけが生き残っています。この建物は、壁の量を2倍にしています。品確法の等級3ではなくて、それ以上です。

よく、こんな話を聞きます。天然の木材がいいとか、金物を使うと木材が強過ぎてだめだとか、ハウスメーカーがいいとか言っていますが、壁の量が耐震性を決めるということ、当たり前の話です。ものでは決まりません、これを使ったから、性能が高くなるということはありません。強い壁を使っても、少ない壁であれば性能はそんなに強くはならないということです。うちは強い壁を使っているから大丈夫という話は成立をしません。強い壁も少なければ弱いという当たり前

の話です。壁の量を2倍にふやすと、いろいろなことがある。構造計画が悪くても、余力があるので、大きな被害にならない。壁の量1枚にしているから倒れたというようなことも起こります。

筋かいの性能が違うということもありますが、そんなことも2倍にしていれば問題がない。ここまでまとめると、壁の量を2倍にしましょう。あとは充足率と剛床になるようにということです。

もう1つ、既存住宅、何するか。ちゃんと補強設計して、基準法の最低限を満足するようにしましょうというのが、耐震補強です。新築は考えなくていいけど、耐震補強は考えてくださいと言っています。大きな違いです。耐震補強はあるものに対して足していくので、それをうまく足し算をしてください。新築はそんなことはお構いなく、どんどん壁をふやしていいですよと言っています。評点1.0にしましょうと言っても、いろんな条件で違います。プログラムという便利なものがあって、壁を足すと評点が勝手に出てきます。ボタン1個押すと、評点が0.8です。ここにもう1個、壁ふやしてみようと言ってやると、評点が0.9です。

いつの間にか、1.0になったので、これで補強するという極めて当たり前の話で、ねじれがあるものはねじれをなくせば、もっと評点が上がるという話です。耐震補強するほうは考えてやってくださいということです。耐震補強したほうが得か、

得じゃないか。耐震補強で200万かかっているのを直す費用が幾らかかるかという費用対効果です。お金だけで考えて、得になるか得にならないかというようなのを昔、検討しました。結論だけいうと、修復費用のほうが、補強費用よりも大きくなるということ。もちろん、地域によって変わります。余り地震が、これから発生確率高くないところでは、そんなことは起こりません。ただ、静岡のように、いつ地震が来るかわからないと言われていたところは、この後、もう10年住むのであれば、補強したほうが、金銭的に得だという答えが出てきます。

ただ、人命を失うという場合、本来はお金の問題でも、既存の木造住宅は損得の問題でもなくて、推進すべき課題です。補強しているところや、新築で性能の高い建築物をつくるというのは、そういう手厚い補助が本来あっていいのではないかと思います。激震地にあっても、倒壊を、損傷を防げる住宅をつくりましょうという点が新築です。耐震補強しましょうと言っているのが既存建物です。

今、木材が手に入らない時期に来ていると思います。それで、どんなことをするかというので、いろんな本で出ているので紹介します。「みんなの施設を木でつくろう」、「京都府の木で木造建築物を建てるためのイロハ」、大阪だと、関西公益木造建築普及促進協議会というのを発足して検討など、いろんなところで木

材を使った建築物、どうやってつくれば
というような手引書が出ていますので機
会があれば見てください。

昔は木を切って、製材をされて建築物に
なるというようなことを待っていてでき
ましたが、今は建築側から全部アプロ
チしないと、なかなか手に入らなくな
ってきています。そういう現状なので、あ
る意味、木でつくるのは面倒くさいかも
しれませんが、うまく循環をつくってし
まえば、うまく建てられます。

一番、今、耐震化進んでいる、既存の木
造住宅の耐震化の戸数で多いのは高知県
ではないかと思っています。去年までは、
東京都でした。何かこう、うまくいっ
ているところは、仕掛け人みたいな人が
います。この高知もそんな仕掛け人が
いて、一生懸命、耐震化を進めていて、
やっぱり最後は人なのだなというような
ことを思っています。

木材利用は国の施策なので、使えばな
くなりますけど、今はたくさんある状
況です。なので、使わなければいけ
ません。適材適所だと思っていますし、
規制緩和しなくてもまだまだ使える
ところはあるし、規制緩和があれば、
もっともっと使えると思っています。
規制緩和はどんどん起こっています。
今に対する補助金も必要ですけど、
将来に向かっての補助金が重要だ
と思います。木を使って、知恵を
使うということです。うまくいっ
ているところは、必ずキーパーソンが
います。

皆さんのうちの誰かが、そういうキー
パーソンになっていただければという
ことをお願いして、今日の話を終
わりにさせていただきます。

御清聴、どうもありがとうございました。

～好きやねん この街この家！ 守ろう安全 築こう安心～

発行 一般財団法人大阪建築防災センター

〒540-0012 大阪府中央区谷町3丁目1番17号

TEL. 06-6943-7253 FAX. 06-6943-6740

<https://www.okbc.or.jp>

建築物防災講演会の講演録は、大阪建築防災センターのホームページでも、
閲覧・ダウンロード・印刷していただくことができます。