

## 耐震フォーラム

(2017冬耐震キャンペーン)

◆基調講演 13：10～13：55

「2016年熊本地震における木造住宅の被害の概要と要因分析」

中川 貴文氏

(国土交通省 国土技術政策総合研究所・主任研究官)

開催日時：平成29年1月17日(火)

開催場所：東京都議会議事堂 都民ホール

中川様：

ご紹介いただきありがとうございます。国土技術政策総合研究所の中川と申します。本日は2016年熊本地震における木造住宅の被害の概要と要因分析ということで、被害調査を行ってまいりまして、その調査報告とか木造住宅にダメージを与えた原因は何であったかといったところをお話させていただきます。どうぞよろしく願いいたします。

先程ご紹介いただきましたが、私は奈良県の生まれでして東京大学の農学生命科学研究科で木造の耐震シミュレーションの研究をしています。本日が兵庫県南部地震から22年目ということですが、私がこの研究を始めるきっかけとなったのもこの兵庫県南部地震でして卒論生として大学の研究室に入った頃に研究テーマを選ぶ段階で木造の耐震シミュレーションを始めようとなり、現在に至っております。

熊本地震をテレビ等で木造住宅が倒壊した映像とかが出ておりましたが、皆さんも疑問点として木造住宅の耐震性能が倒壊したもので本当に十分だったか、現在の建築基準法の基準で建てられた新築の木造住宅がはたして本当に大丈夫なのか。耐震性、熊本地震のような地震が起きた時に倒壊しないのか。木造住

宅の耐震性能の限界はどの程度なのか。色々とメディア等でも指摘されていますが、耐震基準で作られた木造住宅も倒壊しており、その原因は何であったか。耐震等級という言葉がありますが、それはどの程度目指せば倒壊しないのか。こうした疑問点があると思います。本日はこの辺の所を少しお話させていただこうと思います。

最初に被害調査を行ってきました概要について説明しまして、その後に国土交通省で被害の要因分析をやっており、その内容を紹介すると、最後に耐震シミュレーションを私の研究テーマですがこれも少し紹介させていただこうと思います。

最初おさらいになりますが熊本地震はどういった地震が起きたかという、本震とか前震とかの言葉が使われています。4月14日に震度7を記録する前震があり、4月16日に本震が起こりました。前震という言葉はこれまであまり使われていませんが、前震が起きて本震が起こったということで2つの震源があると考えています。益城町は一番被害が大きかった町ですが、益城町が北東の方にありまして、こちらに益城町役場があります。ずっと北東の方に行きますと西原村役場があり、この2つの役場で震度7を記録しました。それ以外にも

実は、地震計を大阪大学の秦先生は前震が起こった直後に益城町に設置しまして、それがこの星の3カ所ですが、この3カ所でものすごく大きな震度が記録されています。これは難しいグラフになりますが、地震の大きさを表すグラフで、赤い太い線が今回記録された大阪大学の秦先生が記録されたグラフになります。これが上に出ている方が強いと考えてください。兵庫県南部地震で記録されたのが水色のグラフです。これよりもはるかに大きい地震動が記録されています。どれぐらいの速度が出たのかを表しています。建物の応答になりますが、800cm、1秒間に8m移動するようなどてつもない地震動で、おそらく世界でもこれほど大きいものは記録されていないと思います。そうした物が今回の地震で記録されています。

私の居ります国総研と建築研究所が合同で地震の直後に調査を行っていただき、調査の地域はこちらになります。益城町と北東の西原村と南阿蘇村について被害の大きかったエリアの調査を行っております。その内容を少し紹介します。

まず益城町は県道が走っていきまして、県道の南側が非常に被害が大きくて木造の建物が倒壊している映像がよく写っているのがこの辺りになります。この

辺の調査を行ったのですが県道の南側に建物の倒壊が集中しています。写真をいくつか見せます。こちらは建物が非常に古い建物です。見るからに壁が少ない建物で、こうした古い建物が倒壊している状況は非常に多く見られました。

県道沿いに店が多く並んでいますが、1階が店になっていて2階に住居スペースがあるという店舗併用住宅が倒壊しているという例が非常に多く見られました。

そうした例はこれまでに私が行った被害調査でも見られたのですが、今回の被害で特徴的だったのは、非常に古い建物ではなくてちょっと古い、見た目では新しいのではないかなと思われる建物がかなり多く倒壊していたというのが今回の地震の調査を行った一番の印象でした。この辺りは古いのは古いのですが、まだ、築30年ぐらいではないかなと思われる建物も倒壊していて、倒壊した建物に近づいてみますと、これは柱ですが柱の端部をよく見ると何も金物が付いていない。普通木造は金物で止めるというのが義務化されていますが、それがついていない。単に釘が打ってあるだけという建物が非常に多く確認されました。

こちらの建物も比較的新しいのですが、筋交いに金物が付いてはいますが、柱には金物が付いていない、といった建物が非常に多く確認されています。

今回の地震で一番驚いたことですが、建築確認が、建てられた時期が 2,000 年以降で、まだ 16 年しか経っていない建物が何棟か倒壊していて、こちらの 2 つのお宅がそうですが、見るからに新しくサイディングも新しい建物ですが倒壊しておりました。近づいて調査してもちゃんと金物がついています。筋交いにも柱にも金物が付いていますが倒壊しています。これが何で倒壊したのか、地震が大きかったのは勿論ですがどういった倒壊要因があったのかということが最近分析をしているところです。今日はそれを紹介したいと思います。

益城町はそうした状況でしたが、もう少し北東の南阿蘇では東海大学の阿蘇キャンパスがあります。その近くに学生用のアパートが非常に多く建っています。木造の学生用アパートですが、それが 30 棟以上建ってしまっていてそこに断層の直上にあつたということで倒壊した建物が多かった地域です。本震が夜中の 1 時にありましたので、その朝の中継ニュースで流れていました。学生が生き埋めになったということで陸上自衛隊が救出にあたりました。これは木造のアパートですが、こちらも次の日に調査に行きまして、よく中継で流れていたのがこの 3 棟のアパートで木造の 2 階建てのアパートです。1 階が倒壊したということになっています。近づいてよく調査してみたのですけれども、見た目はそれ

ほど古くは見えないアパートです。屋根や壁は新しいのですが、近づいて見ると実は使われている建材は非常に古いもので、屋根と壁はリフォームされています。近づいてみると筋交いの端部がシロアリに喰われてほとんど断面がないような状況や、リフォームして付けた新しい筋交いと思われるのですが、金物が付いていない、そうした同じような状況が確認されています。他の 2 棟も調査しましたら、外観は新しいものもありますが、実はリフォームで建てられた年代は非常に古い建物でした。これも筋交いと柱に全く金物が付いていない、柱を入れて釘を打っただけという建物です。これも筋交いに全く金物がない状況です。調べてみますと金物が施工されていないという建物が多く見られました。それ以外にも 7 棟の木造アパートが倒壊していて、こちらは新しい建物ですが、そうしたものも倒壊していたという状況が確認されています。以上が被害の概要になります。

被害の要因分析ですが、いったい何が倒壊の要因だったかを分析した内容を少し紹介します。

益城町の調査を日本建築学会が 5 月の連休に行い、「悉皆」しっかり調査と読みますが、しっかりとすべての建物を調査するという意味です。建物すべて

の調査を益城町中心部で行い、調査棟数が 2,652 棟の調査を行っています。どういった被害状況だったか記録をとっています。建築学会と国土交通が合同で分析を行い、国土交通の方は建築確認台帳で何年に建てられたかがわかりますので、

それを照合しまして、いったい年代によってどういった被害になっているのかといった分析をしています。ダメージの方は完全に倒壊した、倒壊崩壊から無被害まで 4 段階に分けています。こちらが調査の結果です。

倒壊崩壊というのは先程見たような完全に倒壊したような建物、大破は、外壁がかなり剥がれていたり建物が少し傾斜していたりというものが大破という位置づけで被害のレベルを分けています。こちらが結果ですが、先程益城町の地図を見ましたが、真ん中に県道が走っていてどこに被害が集中していたのかを表すグラフになっています。赤い所は倒壊率が 50%以上、赤い所は半分以上の建物が倒壊しているエリアで、やはり県道の南側に倒壊している建物が集中しています。北東の方に行きますと、緑のエリアは倒壊率 0%のエリアです。緑のエリアはそれほど倒壊した建物がなかったということで、この辺が非常に多く倒壊しているという結果です。先程の大阪大学の秦先生の地震計はこの多く



の建物が倒壊している地域のど真ん中にありました。相当大きな地震動が起きたといえます。

耐震シミュレーションソフトで、木造住宅をモデル化して地震の揺れでどう動くかの結果です。同じプランの建物をコンピュータでモデル化して16棟並べています。これはシミュレーションなので壁の強さは変えられます。耐震性能の壁の強さを50%から200%まで徐々に上げていったもので、まず建築基準法のレベルでどれぐらいの被害になるかを色分けで表しています。オレンジは被害の大きいところ、黄色はそれほど被害がないところです。弱い建物から被害を受けるといことです。建築基準法ではこうしたレベルです。先程の秦先生の地震動ではどうなるかをシミュレーションした結果があります。これは非常に大きな地震動ですので、50%では完全に倒壊しますので少し耐震性能を上げて80%から230%まで、先程1棟も倒壊しなかった建物ですがそれを一斉に揺らしたらどうなるかをシミュレーションした結果になります。弱いところはすぐ壊れて、驚くことに200%ぐらい耐震性能を上げて倒壊する建物が生じるといことで、ここはとてつもなく大きな地震動が発生していることがわかります。

それ以外にも分析していて、これは国土地理院の古い地図がありますので、これは1900年頃、今から100年ぐらい前の地図と倒壊したエリアを重ね合わせたプロットになります。100年前の古い地図のこの斜線のところが人が住んでいたエリアになっています。これが非常に興味深いことに倒壊した建物が100年前の宅地とほぼピッタリ一致するというので、昔田んぼだったところは全く倒壊していない緑のエリアと重なって、倒壊したエリアが100年前の宅地と重なるという興味深い結果が得られています。おそらくこれは地形的な要因ですか、地盤の傾向があるのだと思いますが、更に分析を進めています。

これも国土地理院の地図ですが、昔川だったところがどこだったかを表しているグラフになっています。よく、川のあるところや昔水のあったところは耐震性が低い、地盤が揺れやすいという話があると思いますが、これは全く逆の結果になってしまっていてオレンジのところが丘を表しています。昔から丘だった地形を表しています。水色のところは昔川だったか、氾濫した平野だったところを表しています。紫のところは倒壊した建物が存在するエリアですが、丘のところに倒壊した建物が多くて、逆に田んぼのところは全く倒壊していない建物が多いということで、これは、昔から地震で言われている川の近くは揺れやす

いというのは全く逆の結果でここは今地盤調査等で分析を進めているところです。非常に興味深い 100 年前の宅地に倒壊した建物が多く揺れやすいところで倒壊した建物が少ないということは、今も分析を続けているところです。

倒壊した建物の年代を確定しましたのでこれをグラフにしたものがこちらです。建てられた年代がいつだったかを 3 つに区分をしています。一番右は全体でどうかを表し、倒壊した建物が赤い棒グラフになつています。全体では 15% ぐらい倒壊していますが、年代で分けると一番古いのが左で 1981 年 5 月以前は 30% が倒壊しているという結果です。1981 年 6 月以降 2000 年以前ですと 8.7% まで減り、2000 年以降だと 2% 程度で倒壊した建物が年代によってかなり幅が、差があることがわかります。年代を区切った理由ですが、1981 年と 2000 年で建築基準、耐震基準が変わっていて 1981 年に木造住宅は壁の量で建物を設計しますけれども、壁の量を見直して新耐震基準と呼ばれています。1981 年に改正があって、その後 2000 年に柱脚柱頭と筋交いの端部には金物を入れるという基準の改正が、2 回大きな改正がありその節目がこの 2 つの年代です。その年代で分けてみますとこれぐらい被害に差があったという結果です。

もちろん建物が古くなつたことで劣化しているということはあると思います

が、この金物を付けているかいないかというところも耐震性能に影響を与えたのではないかと予測されます。これは基礎的な話になりますが壁量ですが、木造住宅は昔から関東大震災とか福井地震とか色々な大きな地震で非常に多くの倒壊の被害を受けています。兵庫県南部地震ではこれぐらいの数が倒れて死者の方も 6,000 人以上出ていてそれ以外にも昔から建物の被害は多いということが記録として残っています。それに対してどういう設計をするのかということが、建築基準法ですが地震による力というのは横に揺れるとということで、なかなか横に揺れる力というものがイメージしにくいのですが、建物を 90 度回転させると非常によくわかります。90 度回転させると重力が下に働きます。それに耐えるために壁を入れるということで、柱しかない建物ですと、当然横にしたら折れてしまいます。これが地震のメカニズムで重い建物のほど壊れやすいのです。

ではどうすればよいかというと、ここに柱を立てて筋交いとか壁を入れていけば横にしても壊れないということで、これが耐力壁といわれるもので、壁を入れると強くなるという非常に単純明快なことで建物の設計がされています。耐力壁はいろいろあります。筋交いとか面材の釘打ちといろいろありますが、壁

が少ないとこういう風に倒壊してしまうということになります。これをシミュレーションでも確認したものがあまして、実際に建てっていた建物ですが壁が少ないとどう壊れるかというのを表しています。先程も見ていただきましたが、壁が少ないと倒壊とてしまうということで、これは1階が倒壊したという結果になっています。

耐力壁というのは壁を増やせば良いということですが、いたずらに増やしても生活空間が確保できないので基準があり、壁量の基準です。どれぐらいの壁をいれなさいという壁量の基準があります。この壁量を満たすように壁量を適量入れるということになっています。ただ、壁だけ強くしてもだめで接合部の柱を繋いでいるところも強くしないといけない。当然柱を止め付けていないと地震が起きて横にしたらいくら壁を増やしてもポキッと折れてしまいます。ここが離れてしまうということでこれを防ぐために金物を入れます。これもシミュレーションをしたものがあります。先程倒壊した建物に壁を増やしたらどうなるかと、少し筋交いを強くしてみるとどうなるか。やはり倒壊してしまいます。これは、先程の接合部ですがよく見てみますと、柱の根本を見ますとここが先に壊れてしまって壁が本来の性能をはっきできない訳です。そうします

と接合部から壊れてしまうということで、接合部に金物を入れて補強してこの強さを強くしておくことで壁が地震のエネルギーを吸収して被害は受けていますが倒壊は免れます。壁を補強すると同時に接合部に金物を入れるということも非常に重要ということが言えます。耐力壁が本来の力を発揮するには接合部が必要です。具体的には角金物とか金物のプレートとかフォールダウン金物などといったものを柱に施工して強い壁を作ると同時に接合部も強くする必要がありますということです。話が少し戻りますが実際の調査でどういった接合部になっていたのかを調査しておりまして、倒壊した建物が何百棟もあり、倒壊した建物をすべて調査しましてどういった金物が付いていたかということも調査しております。

その結果がこちらですが倒壊した建物を実際に調査してみますと筋交いの端部の金物と柱の端部の金物、この金物が施工されていたかということです。筋交いをみてみますと釘打ちだけしかしていない、ちゃんと施工していない建物が70%ぐらいあり、柱脚柱頭の接合部にいたっては9割以上ちゃんと施工していないということで、これは基準で義務化されたのが2000年以降なのでしょうがないといえましょうがないのですが、こういう状況にありました。これが実

は倒壊した建物の原因の一つではなかったかと今わかっているところです。倒壊していない建物にもこういった釘打ちしかしていない建物もあるので明確にそれが原因とは言えないのですが、この釘打ちしかしていなかったというのは一つの要因ではなかったかということが分かっています。

2000年以降に建築された建物で倒壊した建物が何棟かあったのですが、それも何故倒壊したのかということが非常に気になるところです。というのは、2000年以降の基準というのが現在の新築の建物の基準ですので、現在の基準で建てられてなぜ倒壊したのかというのは突き止めないといけないところです。これも細かい分析をしております、これは少しややこしいグラフになりますが、壁量の話をしました、壁がどれぐらい入っているのかということグラフでプロットしたものです。右上に行くほど壁の量が多いと考えてください。左下に行くほど壁の量が少ないと考えてください。先程倒壊した4棟をプロットしてみると赤いプロットです。緑と黄色はその近隣で倒壊していない、無被害の建物です。壁の量はほとんど変わりません。倒壊していない建物と倒壊した建物の壁の量はほとんど変わらないということで、では何が原因なのかもう少し分析をしてみますと、建築基準法の壁以外にも木造住宅にはモルタル壁や石

石膏ボードとかいろいろな壁が入っています。余力と言っていますが余力がだいぶきいたのではないかと、建築基準法の壁だけではなくてこの余力がきいて倒壊した倒壊しないを区分したのではないかというのが、今わかっているところです。実際に原因として何故そうしたことが言えるのかということシミュレーションで分析をしており、倒壊した4棟をモデル化して実際の地震を入れて揺らしてみたらどうなるかということでシミュレーションしています。そうしますと倒壊した建物の図面が入手できましたので、耐震シミュレーションソフトで、コンピュータ上で同じ地震波を入れて揺らしてみると倒壊してしまう。これは地震動が非常に大きかったので、地盤か何かの原因で大きな地震動が起きて倒壊したことがわかっています。こちらもそうですが、倒壊してしまいません。ただ1棟だけ地震波を入れても壊れない建物がありまして、NHKスペシャルでも紹介された建物なのですが、地震を入れても耐震性能が十分あって壊れません。これを説明ができないので、おそらくこの建物が局所的に地形の要因で大きな地震動が入ったのではないかと、記録された地震動より少し大きな地震動を入れて揺らしてみると、倒壊します。これは、何らかの地盤の増幅の要因で地震動が大きく入ったのではないかとというのが、今わかっているところ



です。

これをさらに接合部を、現行の基準の金物が入っていたのですがもう少し強くしてみるとどうなるかをシミュレーションしてみました。接合部を強くするとやはり、倒壊しないということがわかっています。想定外の地震が起きても接合部を少し強く補強しておけば倒壊しなかったということがわかっています。これは、現行基準では普通に金物を入れて施工することになっていますが、あまりにも強い地震が起こりますと通常 2 階の地震の力というのは下に降りてきますが、その引き抜く力を耐えるために金物を入れますが柱がずれていると入れなくても良いという計算方法もあり、ちゃんと施工しないと金物が引き抜けてしまいそのずれたところも金物を入れた余裕のある設計が重要となっています。

以上が被害の要因分析です。

最後に 15 分ぐらいですが、耐震シミュレーションを用いた木造住宅の耐震性能の見える化という、私の研究の内容をご紹介します。

先程から何回か耐震シミュレーションしたというのをお見せしていますが、これは私のいます国土政策総合研究所のホームページで公開しているソフトで

して無利用でダウンロードできますのでぜひ試していただきたいのですが、ウォールスタットというソフトです。これが地震を入れてどう入れるかというのを目で見ることができるので被害を受けたところが赤くなったり、オレンジになったりすることで、そうした動画でシミュレーション結果、計算結果を確認できるソフトでぜひ一度使っていただきたいと思います。これは 5 年程前にインターネットで公開を始めたのですが、今ただということもあり 9,700 ダウンロードいただいています、また、ユーチューブの方でも動画を色々公開していますが、こちらも 35,000 回以上再生されています。それなりに反響をいただいているソフトです。ニュースでも紹介いただきまして、ニュースジャパンでご紹介いただきまして女子アナと一緒に共演も果たしています。

ただソフトは紹介していただいたのですが、私は呼ばれませんがウォールスタットのみ女子アナと共演しました。これは Windows のソフトで 3 次元的に建物を見る事ができます。パラパラ漫画のように建物が倒壊する様子を見る事ができます。巻き戻しとか角度を変えたりとか、家の中に入ってどこが壊れたのかそういったところも臨場感がある感じで見ることができます。これを今回熊本地震でどういった使い方ができるのか少し紹介したいと思います。

今回震度7の地震が2回来たので2回地震が来たという影響はこのウォール  
スタットで解析できますかという質問をいただきますが、これは実はできます。  
シミュレーションをやっています。前震、本震という言われ方がされています  
けれども、前震の地震を建物に入力してみたらどうなるかというのをシミュレ  
ーションでしてみますと色が変わって被害を受けた箇所、壁が被害を受けたと  
いうことがわかります。これはこのままでは倒壊しなかったのですが、もう一  
回これを本震の地震動を入れたらどうなるかということで、先程の状態を保存  
しておくことができますので、ダメージを受けた状態で本震が来たらどうなる  
かというのでもシミュレーションすることができます。そうしますと、ダメ押し  
のように本震で揺れましてもうグラグラになっておりますので、最終的には倒  
壊してしまっただけです。前震、本震の影響を見ることができます。これに本震だけ入  
れるとどうなるかというのでもできます。前震なしでいきなり本震入れるとどう  
なるかというのでもシミュレーションできまして、その場合、これも興味深いの  
ですが本震だけだとこの建物は倒壊しないということで、前震を入れて本震を  
入れたという2回の地震の影響というのは少なからずあるのだというのが言え  
ます。

こういう 2 回の地震の影響をウォールスタットで解析できますかという質問に対しては、答えとして「yes we can はい、できます」という答えています。もう間もなく退任されますけれどもオバマ大統領の少し古いですが「yes we can」と言っています。

他にいただく質問としまして、伝統工法の石破建工法の日本の古来よりある伝統的な建物が柱を石に建てているだけで、それが地震が起きた時にすべること、それが地震を免れる効果、免震のような効果があるのではないかということが言われていますけれども、そういったことがウォールスタットで解析できるか、あと、耐震等級を 3 にしておけば有効なのかどうか、そういったことがウォールスタットで解析できますかという質問をいただきますが、これも「yes we can」と答えています。何個がお見せしますが、石場建ての建物です。

これは柱の所をみていただきますと基礎がない建物で、土台も基礎もなく石の上に建っているだけ、地面の上に建っているだけのこういった建物が昔作られていましたが、こうした建物がすべること耐震性能を発揮するのではないかとされておりまして、これに熊本の地震を入れると一瞬でわかりにくかったのですが、一瞬飛び跳ねて地震を免れています。これは、よく見て

いただきますと、ちょっと飛び跳ねて地震をうまく避けて建物は倒壊しなかったという結果です。逆に基礎に止め付けた建物は、最近の基準で土台を基礎に止め付けた建物は、これは同じ地震波で揺らしていますが、そうするとこちらには倒壊してしまいます。これは、柱脚を止め付けない方が良いのではないかということになります。そううまくは行きませんが、益城で記録された地震動を入れますと、最初はすべりますが段々上がダメージを受けてくるとすべらなくなってしまう。その影響で、すべらないと地震に耐えられず倒壊してしまいます。すべらせるというのは一つの方法ですが、全てに対して万能ではないということが言えると思います。

等級 3 の建物を熊本地震で揺らしてみるとどうなるかといのをシミュレーションできまして、そうしますと、非常に大きなダメージは受けますが倒壊は免れます。やはり壁の量を耐震等級 3 にしておくと被害は抑えることができるということがわかっています。特に益城町で記録された地震動を入れてみますと、等級 3 でほとんど揺れないという地震波もあります。これは建物の揺れやすさと地震の揺れやすさの関係なのですが、ちょうどそれを外れてしまうと全く被害がないという結果も得られています。等級 3 については今後こういった建物

の標準的な仕様になって行くといったことが必要なのではないかと考えています。

このソフトを一番の特徴は建物が倒壊するまでをシミュレーションできるということで、それが他のソフトと違うところです。また、フリーでダウンロードできるということも特徴かと思います。実際シミュレーションだけではなくて、振動台実験でも比較をしまして、これは3階建ての実際の振動台実験ですが、ほぼ被害の状況を再現できるのが分かっています。こちらも3階建ての振動台実験ですが、これも揺れを再現できるのが分かっています。これは接合部が壊れるパターンと壁が壊れるパターンの2つがありますが、それがこのシミュレーションで再現できるということが分かっています。

簡単に地震のシミュレーションができるということで、先程お見せしたような接合部施工不良とか2回の地震入力というのは、簡単なシミュレーションではわからなくて、ちょっと複雑な言葉を使っていますけれども、こういう複雑なことをしないと答えが出ないのですが、ウォールスタットはそれが簡単にできるということで、また、振動台実験でも何度も精度を検証していて、実際これを

広く使っていただくというのが耐震性を向上させる一つの方法ではないかと私は考えています。

ただ、このウォールスタットを使ってもわからないというか至らないところがありまして、それが先程お見せしましたアパートの被害ですが、この写真を見ましても、柱に全く金物が付いていないのでいくら金物が必要と言っても実際に施工されないと意味がないというのがあります。2000年の基準で義務化されたと申しましたが、実際に施工する業者にちゃんとやっていただかないとこれは、被害は避けられない。これは文献になりますが、田辺兵学という昔の学者がいますが、昭和8年、1933年の関東大震災が起きた10年後に書かれた本ですが「耐震建築問答」という本です。問答形式になつていまして、ここに筋交いの仕口はどうすれば最も有効でしょうか」という問が書かれています。これに田辺兵学が答えています、釘付けを避けることということで、ちゃんと金物を入れなさいということが何十年も前に言われていることです。昭和8年にもう書かれていまして、絵にもその金物を入れないと地震で外れますよということが書かれています。1995年に兵庫県南部地震がありましたが、その教訓として杉山英男という学者がいますが、その杉山先生が兵庫県南部地震を調査

されて書いた本がありまして、それを読み返してみますと筋交い、壁の配置等に対する設計施工に配慮不足があると、兵庫県南部地震の前にも金物をちゃんと入れなさいと言われていたのですが、やはり全くそうしたことが配慮されていないということが、同じ現状があったということが言えます。これは、構造技術者や耐震の研究者と現場で施工される方に溝があるからで、その溝を埋めないといけないということを杉山先生がおっしゃっています。難しい言葉ですが、ハード視点からの構造改善が必要だと言っています。今回熊本地震でもほぼ同じような現状になっていまして、筋交いとか柱に金物が入っていない、そういう溝というのは相変わらずうまっていないのだなど、調査を行って感じたところでは。

今後その溝を埋めていかないといけないのですが、その一つの方法として、私を感じていますのは、今住宅生産がプレカットで事前に木材を刻んでおいて現場で一気に建ててしまうというプレカットを使って施工されているのが現状なのですが、そのプレカットをする時に非常に詳細な図面を作ります。木材を刻まないといけないので全自動でやるということもありまして、実は3次元の図面が毎回作られているという現状があります。今このプレカットを使ってい



る建物が90%ですが、難しいですがBIMという言葉が使われています。3次元の図面がいちいちCADで作られています。それを利用しない手はないと考えています。こういうプレカットの図面というのはそのままそのまま3次元のソフトに持っていきますので、壁量計算どころか高度な構造計算ができる現状があります。このプレカットが作られる図面を活用して、それを構造計算に持っていけば金物が施工されないとか、施工不良とかもプレカットで穴を開けておけばよいので、木造住宅の構造品質の向上につながるのではないかと考えています。

このウォールスタットもそういう背景がありまして、プレカットのCADの図面を一発で変換できる機能もありますので、建物を検討されている方がいましたら、プレカットの図面は必ずありますのでそれを解析してみると構造性能がわかると思います。

以上で私の話は終わりにしますが、最終的にプレカットを耐震性能の見えるかというのは耐震性能に対して明確に回答できるという一つの鍵としてプレカットCADと構造計算の連携というのは木造住宅の耐震性能向上に向けた今後の鍵になるのではないかと考えています。環境は整っていますので、今後こ

うしたことが普及して行くのが重要ではないかと考えています。

以上、ご清聴どうもありがとうございました。