



金沢セミナーの記録

—金沢における歴史的建造物の耐震性能評価に学ぶ—

平成23年4月24日



金沢における歴史的建造物の耐震性能評価に学ぶ

NPO 法人 伝統木構造の会 金沢セミナー実行委員会

10:00～

1-1. 耐震補強例の見学 旧佐野家住宅

金沢市役所 都市計画局歴史建造物整備課 町家保全活用室長：中村和宏



□ 旧佐野家住宅は、大正5年（1916）に佐野家の先代久太郎氏が建てたもので、施工者は当時長町在住の野口という大工であったと伝えられる。敷地一帯は、藩政期には武士居住地であったが、明治38年（1905）に佐野家の所有となった。佐野家は、金沢市近郊に多くの農地を所有し、小作人からの年貢で生計が賄われていた。この旧佐野家住宅は、十数年前から空き家になっており、今年4月に金沢市に所有が移り、現在、保存を生かした改修に向け耐震補強を検討中のものである。

□ 主屋は、切妻造り妻入りの木造2階で、アズマダチの意匠で壁に黒漆喰が塗られている。

□ 所在地、構造、面積

- ・ 金沢市片町2丁目5番地17号
- ・ 主屋：木造2階建て、棧瓦葺き、建築面積；374.20 m²
- ・ 土蔵：土蔵造り、2階建て、棧瓦葺き、建築面積；42.24 m²
- ・ 敷地面積；687.6 m²

1-2. 耐震補強について

金沢工業大学 教授：後藤正美

□ 旧佐野家住宅の耐震補強は、構造的には難しい建物であるが、補強は1階と2階の壁のバランスが悪いということで、2階の壁を抜いている。平面的な偏在に対しても同じようなことを行っている。壁を抜くということが耐震補強になるということを実践している。

□ 部材が老朽化しているとか、腐っているとかということがありますが、全て新しく直すという前提で耐震補強を考えています。腐っている部材を評価して、値を低減するということを行っていません。

□ 学生交流館として大分平面が変わります。全体として割としっかりした造りになっていますが、ポイントとしては偏心の処理と2階の廊下をどう支えているかという点です。

13:35～

2-1. 伝統木構造の正当な発展の方向

NPO 法人 伝統木構造の会 会長：増田一眞



□ お配りした資料「伝統木構造の正当な発展の方向」は、(社)日本建築構造技術者協会 (JSCA) の機関誌「Structure2011.4月号」の木構造の特集号の原稿依頼に応じ、「現代建築は150年、日本の伝統建築は1,500年」という主旨で起こしたものが原本ですが、字数制限のため割愛した原稿に、今回手を入れ別稿として起こし直したものです。

□ 伝統の知恵を取り入れた現代木構造の確立が本筋で、伝統木構造の継承と発展こそが歴史の本道です。

□ 誰でも出来る実験的方法は普及させる価値があります。



■ 現代木構造の諸傾向への根本的な疑問があります。

- ・ 現代木構造は歴史に学んでいない
- ・ 「木質系」とは妙な言葉で、集成材や合板までも含まれる
- ・ 木の寿命なら1,500年だが、接着剤は10年か15年で劣化し、人体にも影響を及ぼす
- ・ 接着剤は埋めると地下水を、燃やせば大気を侵す
- ・ 現代木構造は、何故1,500年の歴史を無視するのか、学ばないことの方が不自然ではないのか
- ・ 集成材の普及は大工から仕事を奪います
- ・ 腕の悪い大工が金物を使うのです

■ その伝統木構造とはどんな特質を持っていたのか

- ・ 構法十原則
- ・ 20項目の伝統木構法の要諦

■ 伝統木構造に対する不当な扱いは、明治維新による欧米の学者からの、日本の伝統建築は脆弱であるとの間違った指摘を真に受けた結果で、更に歴代の日本の学者がその間違いを正さなかったことにあります。

日本の伝統木構造に対する5項目の指摘

1. 屋根が大きく重い
2. 柱はあるだけ
3. 壁はきわめて少ない
4. 基礎は礎石一つで貧弱

5. 全体として構造的ではなく脆弱

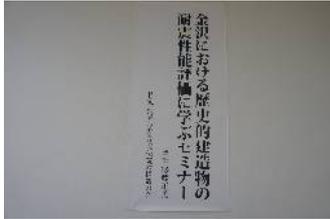
これらの指摘は、我が国の風土性を無視したものです。また、11世紀の重源の大仏様に見られる木質ラーメンというものを無視したものです。

基礎についても、我が国の基礎技術、版築は古代のコンクリートとも呼べる構法で、天然の地層にも匹敵する人工的な支持地盤を造る構法に対して全く無理解である。

これらに見られるように5項目の指摘は偏見であり、事実、例えば明治期の清水組創業者の清水喜助による渋沢邸は地震でもびくともしていません。

- 大工が経験で建ててきた木造の神髄が明治維新で葬り去られました。また、戦後の融資政策によって木造は更にねじ曲げられました。我々は、そういった状況を実験や実践で打ち破って行きたいと、この伝統木構造の会を立ち上げたのであります。本日は、後藤先生宜しくお願い致します。

～14:00



14:00～

2-2. セミナー：金沢における歴史的建造物の耐震性能評価に学ぶ

テキスト：金沢市 伝統構法木造建築物耐震性向上マニュアル（町家編）

金沢工業大学教授：後藤正美

□ 日本では1996年～2010年の5年間だけで120を超える地震の被害報告があり、つまり日本で建物を造るには地震は無視できないことである。

今回の地震（東北地方太平洋沖地震）はマグニチュード9（M9）で、当初発表はマグニチュード8.8（M8.8）であったものが、その後モーメントマグニチュードで計算し直すと過去最大で想定外と言うが、M8.8というならそれほど特異ではない。

□ マグニチュードがM1違うと地震のエネルギーは31倍違う。

□ ほぼ同じM7.2～7.3クラスの規模の地震でいえば、阪神も鳥取県西部も同じなのに片方は甚大な被害だったものが、他方ではなぜ1件も倒れない小さな被害に留まるような街並みがあり得たのか。

□ 能登、輪島の木造の被害を見たが残留変形1/10位でも倒れていない。

※ セミナー実行委員会調べ

1. モーメントマグニチュード（Mw）

地震のマグニチュードは、地震の発するエネルギーの大きさを表した指標値であるが、リヒターマグニチュード（M_L）や表面波マグニチュード（M_s）、実体波マグニチュード（M_b）、気象庁マグニチュード（M_j）、そしてモーメントマグニチュード（M_w）等がある。M_w以外のマグニチュードは、地震動の最大震幅や震央距離等から算出するが、概ねM8程度から算出値の頭打ち起きる（「飽和」という）ことが知られていた。そこで、震源断層面積や平均変位量、断層付近の地殻の剛性などの断層運動そのものの規模から算出される指標値としてのモーメントマグニチュードが、1979年、当時カリフォルニア工科大学の金森博雄博士らによって定義され、巨大地震の規模を物理的に評価するのに適しているとしてアメリカ地質調査所（USGS）はじめ国際的に広く使われている。

気象庁も、今回（2011年）発生した東北地方太平洋沖地震に対しては、地震の規模をより適切に表せるとして、気象庁マグニチュード（M_j）ではなく、モーメントマグニチュードの計算値（M_w9.0）を発表した。

2. 阪神淡路大震災、鳥取県西部地震

阪神淡路大震災は兵庫県南部地震により引き起こされたもので（1995年1月17日

5時46分)、大都市直下を震源とする日本で初めての大地震で、旧震度階では最初で最後の震度7を記録した地震である。当初は気象庁マグニチュードでMj7.2だったが、2001年4月の気象庁マグニチュードの改訂でMj7.3に修正された。モーメントマグニチュードはMw6.9である。

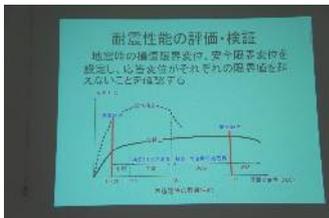
鳥取県西部地震は、2000年10月6日13時30分に発生した地震で、1996年の震度階改訂以降初めて震度6強を記録した。兵庫県南部地震に匹敵するエネルギーの大地震だったにもかかわらず、死者は1人も出ていない。気象庁マグニチュードはMj7.3、モーメントマグニチュードはMw6.6である。

- よく地震後「古い木造が被害が多い」と新聞は書くが、実際は古い木造も沢山残っていて、新しい木造も壊れている。このような報道の仕方が「古い家は危ない」、更には「全ての木造は危ない」という誤解を植え付けるが、底には伝統木造に対する偏見があるように思われる。

その点は、増田会長が冒頭指摘されたことにも通ずる。

- では、伝統木造について構造的にどのように考えるのか。

- 構造物を復元力特性（荷重－変形曲線のグラフ）から見る場合、どこに注目するかで構造の捉え方が違ってくる。例えば荷重－変形曲線の最初の立ち上がりの角度は構造物の剛さ（固さ）を示し、グラフの縦軸は耐力（強さ）を、横軸は変形（柔らかさ）を示す。



- 建物の特性を知る。
 - 固く耐力のある建物
 - 柔らかく粘りのある建物

- 地震時の挙動

E-ディフェンスでの築83年の京町家と、固めた造りの新築町家の実大実験の例では、築83年の方はユラユラと揺れ、内部の家具は倒れなかったが、新築の方はガツガツと揺れ、家具は倒れた。

- 一方向加力による倒壊実験の例

土壁から土を落としワイヤーで一方向に引き倒す実験を行ったが、最終変形は1/5であった。

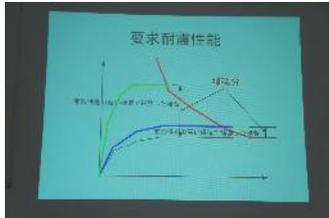
柱梁のみでもそこまでもつ。

実験を繰り返すと震度7程度で倒れる建物は、他の要因があるのだろうと思われる。

□ 変形による現代構法と伝統構法の違い

現代構法は力対力の構法 変形角 1/30 で壊れる

伝統構法は力が入らない 1/10 でも壊れない、1/5 でももつ



■ 要求耐震性能に応じた補強

耐震補強が必要な場合、元々の建物の構造特性に対してどのような耐震補強が良いのか？

変形性能の高い建物を変形性能の低い構造で補強すると、元々の構造特性が変わってしまう。

変形性能の高い建物を変形性能の高い構造で補強すれば、元々の構造特性を引き上げられる。

■ 構造要素の復元力特性

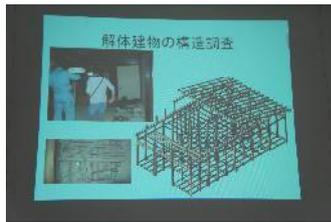
合板より土壁の方が有利、垂れ壁に合板貼り補強の場合垂れ壁際で柱が折れる。

筋かい補強の場合、筋かい接合部が折れたり、筋かいが座屈（変形角 1/30 程度で）する。

～14:35

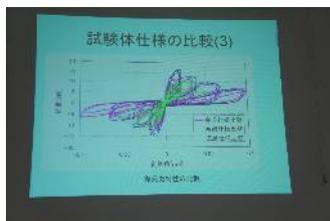
休憩

14:45～



■ 金沢の伝統構法の構造

- ・ 先ず金沢の伝統構法の特徴を把握することが大切。どの地域でもその地元に根付く伝統構法の耐震補強をするためには、その地域の伝統構法の構造的特徴をしっかりと捉えなければならない。
- ・ そのためには構造詳細調査ということが必要になる。
- ・ 今回のマニュアルは、金沢市の歴史建造物課が中心となって行った調査結果に基づいている。(マニュアル P9～15)
- ・ 今回のマニュアルは、設計法を仮に「汎用型」「詳細型」「精密型」に分けるとすれば、「汎用型」をイメージしている。

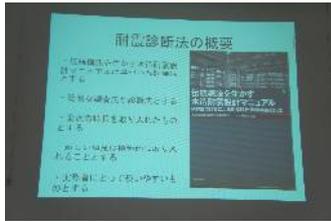


□ 金沢仕様の土壁の実験

○ 構造要素についても地域ごとの特性に違いがあり、例えば同じ土壁でも京都のものと金沢のものとは土が違い、また、小舞の大きさや間隔、組み方も違うので復元力特性が違う。従って、厳密にはその地域ごとのデータが必要である。今回は、金沢仕様の土壁の復元力特性を求めめるための実験を行った。

○ 金沢の土壁の特徴

- ・ 五段の貫
- ・ 小舞は「葦」(よし)、但し、小舞の効果は特性値に出ない
- ・ 土壁の強さは、(金沢) ≒ (徳島) < (京都)
- ・ 「伝統構法生かす木造耐震設計マニュアル」(学芸出版)の土壁のデータは、京都のデータ
- ・ 国交省は、地域性には対応しない
- ・ 標準的な土壁のデータとして京都の値が示されているだけ
- ・ また、土壁の仕様としても、いわば告示仕様が示されているだけ
- ・ その結果、小舞間隔が狭過ぎて指が入らないとか、小舞間隔が1mmずれても不可になった等の批判がある
- ・ 金沢の貫断面は総じて小さく、15mm×75mm～15mm×90mm で、75mmのものと90mmのものとは耐力の差も大きい
- ・ 「ひげまき」の有無は、「ちり」が落ちると関係ない
- ・ 土は寝かせた方が粘りが出る
- ・ 塗ってから若令の方が良い、材令が経つと脆い



■ 耐震診断の概要

- 「伝統構法生かす木造耐震設計マニュアル」（学芸出版）を計算法の基礎とする
- 限界耐力計算法には等価線形化法という学術的背景はあるが、実務上は単に「地震時の変形が求められる」という理解でよい
- 今回のマニュアルはあくまでも耐震診断用のマニュアルで、新築は別
- 簡易な調査法や診断法とする
- 実際建っている建物がどう建っているかを調査し、どのようにモデル化するかが大切、エクセルシート（表計算ソフトの計算表）が簡単か複雑かは問題ではない
- 今回のマニュアルが完成形とは思っていない、今後の実践を通じて実務者にとって使い易いものとして行きたい
- 適用範囲は
 - ・ 耐震診断と耐震補強
 - ・ 昭和25年以前の建物
 - ・ 2階建て以下
 - ・ 町家限定



□ 事例1 佐野家

- ポイント1 2階の広縁のある座敷で柱が座敷隅に1本しかない
- ポイント2 2階の土蔵側に壁が多く偏心している
- ポイント3 2階の方が1階より壁が多い

○ 診断結果

- ・バランスを考えず、耐力勝負と割り切って建物全体で解いても一応「OK」となる
- ・平面と立面のバランスを考え、各階の平面を縦横3等分の9ゾーンに分割し、各ゾーンごとに耐力・変形を見ると、部分的には「NG」となる組み合わせが出る
- ・柔らかくしつつ耐力を保持するという方向で試行錯誤する
- ・発注者側からは明日にでも補強策をと厳しい状況

□ 事例2 旧芸術村事務棟—難しい事例

- ポイント1 建物の西側に一部RC造部分があり、地震時の変形が読めない
- ポイント2 小屋裏、小屋組は金物接合で組まれた木造トラスで、金物は錆びたらどうなるのか
- ポイント3 基礎はレンガで無筋なのか有筋なのか分からず、木との取合いの評価もどうするのか

○ 診断結果

- ・こういう建物をどう評価するのか
- ・壁はモルタル塗り壁で変形しない壁であり、限界耐力計算を当てはめるのはナンセンス
- ・補強の基本設計では、許容応力度でも「NG」となった
- ・力対力、耐力勝負の補強をするのが良いのだろうが、その後は実施設計に任せる



■ まとめ

- ・伝統構法は基本的には粘りのある建物である。
- ・筋かいのある建物に限界耐力計算法を適用すると、倍の筋かいが必要になるので向かない。
- ・伝統木構造の建物で、既に一度筋かいや構造用合板で補強されている建物の場合、この筋かいや合板を外すことが基本である。
- ・かつて米国の保険制度の調査を行った際、米国では記録が残っていれば、旧くて改造されている家ほど高く売れるということを見た。
- ・米国では家は建てただけでは住み難いところがあるもので、旧い家ほど人が手を入れて住み易くなっているはずと思われている。
- ・また、同じ調査での経験だが、ある人が自宅の庭の桃の木を伐って増築しようとしたところ、隣家から桃の木越の景色が愉しめなくなると抗議され、100万円で増築を認められたという話を聞いた。
- ・家に住むということを改めて考え直さなければならない。
- ・これも増田会長の主張にも通じることではないか。

～15:45

2-3. 質疑回答



○ 質問 1

建物の剛性評価はどのように行っているのか？

○ 回答 1

- ・伝統構法では変形許容の設計方法の方が耐力勝負の設計よりは有利だと考える
- ・伝統構法は、仕口が壊れなければ良い
- ・剛床より柔床の方が良い
- ・例えば新築でN値計算があるが、N値計算で金物が必要になり、金物を入れることでまた耐力が必要になるなどということがある
- ・固くするという事は力対力で勝負するという事
- ・伝統構法を固くするという事は、元々の特性とは逆の事をする事になる



○ 質問 2

今回のマニュアルは、町家限定というが隣家と接しているようなところの考え方はどうか？

○ 回答 2

- ・ 常時微動の計測をすると隣家と連動しているようなデータが取れる
- ・ そういう点からは、一棟ごとの補強は意味がない
- ・ 金沢では壁共有の町家もあり、そのような建物では尚更である
- ・ 街全体（街区）で考えるべき

○ 質問 3

地震で木造建物が倒れるか倒れないかということと振動特性の関係は？

○ 回答 3

- ・ 建物の固有振動数（ヘルツ：Hz）と固有周期（sec：秒）
 - ・ ハウスメーカーの建物 7～9 Hz 0.10～0.15 sec
 - ・ 伝統木造（金沢の町屋） 大体 4 Hz 0.25～0.30 sec
- ・ 研究室のデータでは、八戸の建物で宮城沖地震でも十勝沖地震でも倒れなかった建物の固有振動数は 3 Hz
- ・ 木造で長周期の例では、東本願寺の御影堂は約 1.0 秒
- ・ 長周期地震動というのは周期 1.0～2.0 秒

○ 質問 4

伝統構法の今後の基礎のあるべき姿は？

○ 回答 4

- ・ 石場建てでも震度 6 程度迄は基礎は動かない、ということで研究者の大体の合意はとれていると思う
- ・ E-ディフェンスの 70 cm 角というのは過大で、50 cm 角程度で十分
- ・ 自宅を建てる時どうかと問われれば、べた基礎は嫌だというのはある

○ 質問 5

今日のセミナーは勉強になったが、伝統構法の良さが見直されて、そういう時代が来るとして、さてその時、大工が居なくなっている訳だが、今回の研究と同時に職人を残していかないと、この研究自体も意味をなさないとと思うがどうか？

○ 回答5



- ・既に数十年前からこういうことの出来る人は当時45才以上だと言われ、現在、それから仮に十年経つてるとすれば55才以上だと読み替えることになるが、問題は、そういう職人さんが食える世界が残っていないならば駄目だということだろう。
- ・材料についても天然木天然乾燥と言うなら、国交省だけでも駄目で、林野庁の問題意識を変えないといけない
- ・全てがリンクして伝統木構造の環境を全体で確保する以外にない

～16:05

2-4. 見学会

金沢職人大学校

旧金沢市民芸術村事務棟

16:50～17:00

3. 閉会式

NPO 法人 伝統木構造の会 副会長：上野英二

今回の金沢セミナーには80名もの方々に、また遠方からもご参加戴きありがとうございました。

東日本大震災を受け、更にその後の混乱を前に、セミナー実行委員会と致しましては、開催の是非も検討致しました。昨日まで、私も被災地を訪ねて参りましたが、本当に惨憺たる状況です。しかし、こういう状況だからこそ、前を向いて開催しようということで、皆様に呼び掛けこんなにも沢山の方々にお集まり戴き感謝に堪えません。

ここ数年、木造をめぐる環境は一見良くなっているように見えますが、伝統木造については却って危うさを感じます。そういったことをひとりでも声を上げないと、日本中、サイディングや工業製品で出来ただけのような家になってしまっていて、本当の日本の良さがなくなってしまうような気がしてなりません。今日、少しでも伝統の良さを感じて戴いて、皆様が各地に帰られた時に、自分の街も何とか伝統的な家を、自分達の暮らす街を少しでも維持できないかということで、何をすれば良いのかということをお皆さんに考えて戴いて、そのために私たち NPO 法人伝統木構造の会も少しでも力になれたらと思っております。

次は、第2弾として8月27日（土）と28日（日）に岐阜県高山市での高山セミナーと、第3弾、11月26日（土）には神奈川県鎌倉市で鎌倉セミナーの予定があります。高山セミナーは東海支部の主催で、27日（土）は本会の第7回の年次総会でもあります。是非、今後ともご参加宜しくお願い致します。



平成 23 年度芸術文化振興基金助成事業

「金沢における歴史的建造物の耐震性能評価に学ぶ」

(略称：金沢セミナー)

日時：平成 23 年 4 月 24 日

会場：旧佐野家住宅（金沢市片町 2 丁目 5 番地 17 号）

金沢職人大学校（金沢市大和町 1 番地 1 号）

主 催：NPO 法人 伝統木構造の会

後 援：金沢市

金沢職人大学校

北國新聞社



主催メンバー

NPO 法人 伝統木構造の会 会長 増田一眞

金沢工業大学 教授 後藤正美（講師）

金沢セミナー実行委員会 上野英二（総括）

梅沢典雄（プレス対応）

佐々伸子（助成申請、進行）

山内康子（渉外、広報）

玉腰 徹（記録）

成岡 茂（撮影、プレス対応）

NPO 法人 伝統木構造の会 事務局 堀田典郷