

東日本大震災の建築物被害と東海・東南海地震対策について

名古屋工業大学大学院
社会工学専攻／建築・デザイン工学科
井戸田 秀樹
idota@nitech.ac.jp

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、戦後最大の自然災害をもたらしました。東北地方の太平洋側は決して地震リスクの低いところではありませんでしたが、私たちが次に来るであろう巨大地震として身構えていた東海・東南海・南海地震に先がけて発生してしまったことは、地震防災の難しさを見せつけられたと同時に、地震対策の真価を問う剣が今まさに東海地方の喉元に突きつけられているとも言えます。

ここでは、東日本大震災における建築物の地震被害を通して、この地震に報いるためには東海地方に住む私たちは残り少ない時間で何ができ、また何を覚悟しなければならないのか、考えていきましょう。

1. 東日本大震災における建築物の被害

東日本大震災における建築物の被害は、次の3つに分けることができます。一つめは津波による被害、二つめは地盤の崩壊や液状化による被害、そして三つめは地震の揺れによる被害です。それぞれの被害状況をご覧ください。

1-1 津波による被害

スライド1は津波による被害例です。テレビの映像でご存じのように、津波の破壊力は圧倒的です。手前に建っていたであろう木造住宅は基礎を残して跡形もなく消え去っています。中には基礎すら消失しているものもありました。一方、右奥に残っている鉄骨の建物は外壁こそありませんが、骨組はほぼ無損傷で残っています。外壁が消失したあとの鉄骨骨組や鉄筋コンクリートの建物は漂流物の衝撃を受けなければ



スライド1 津波による木造住宅と鉄骨の被害



スライド2 転倒した3階建RC建物



スライド3 津波で柱が折れた住宅

津波には持ちこたえられたようです。

スライド2は転倒した鉄筋コンクリートの建物です。鉄筋コンクリート構造は津波に対しては無損傷のものがほとんどでしたが、完全に水没すると浮力と流れによる水圧で転倒したものがいくつか見られました。今までの常識では考

えられなかった破壊の形態です。

スライド3は恐らく1階の窓の下あたりまで津波が押し寄せた木造住宅の被害です。1階の柱が中央あたりで折れていることがわかります。スライド4も同じように柱の中央あたりまで津波が押し寄せ、そこが多くの漂流物によって水平方向に押されたと思われる被害です。建築物の設計では一般には津波の力は考慮しませんので、これらのような壊れ方は今までの地震被害では全く見られなかったものです。一般の建築物でも津波の力を想定して設計すべきなのか、だとすればどの程度の大きさのどんな力を考える必要があるのか、今後大いに議論されることになると思います。

1-2 地盤崩壊や液状化による被害

スライド5は地盤の液状化によって傾いてしまった住宅です。木造住宅は杭を打たずに地表面に直接コンクリートの基礎を置いて建てるのが普通ですから、直下の地盤が崩れたり液状化したりすれば建物もとうぜん傾きます。建物自体にほとんど損傷はありませんから、命を失ったり、怪我をしたりする可能性は低いのですが、傾いた住宅にはもう住むことができません。

スライド6は小学校校庭で観察された大規模な地盤崩壊です。地震災害の度に言われることですが、傾斜地、古い擁壁の近く、盛土地などは地盤崩壊の危険度が高いところです。地盤崩壊が起きるとスライド7のように建物は大きく損傷してしまいます。東日本大震災では、千葉県浦安市をはじめ、非常に広い範囲で液状化や地盤崩壊の被害が見られました。杭を打たない、直接基礎の建物ではあらためて地盤の重要性を再認識させられます。

1-3 揺れによる被害

続いて、揺れによる被害について説明します。揺れによる建物の壊れ方については、過去の地震災害で観察された被害と特に大きく異なる点はないと認識されています。スライド8は木造



スライド4 津波で柱が折れた鉄骨の工場



スライド5 地盤の液状化で傾いた住宅



スライド6 小学校校庭の地盤崩壊



スライド7 地盤崩壊で大きく傾斜した住宅

住宅の被害例です。古い伝統工法の本造住宅であり、倒壊はしていませんが屋根瓦の多くが落下しています。阪神淡路大震災では壁の少ない古い木造住宅が激しい被害を受けました。東日本大震災でも古い住宅の被害が多かったことに変わりはありませんし、壊れ方も過去に観察されたものと大きく異なることはありません。しかし、過去の地震被害と比べると、観測された震度の大きさの割には建物の被害は小さいかったようです。

スライド9は完全に層崩壊した3階建て鉄筋コンクリート造の大学校舎です。耐震補強を実施する予定でした。垂れ壁と腰壁に上下を拘束された短柱がせん断破壊したものであり、一般的な鉄筋コンクリート構造の被害として認識されているものです。

スライド10は鉄骨構造物の筋かいの破断、スライド11は同じく鉄骨構造物の外壁の剥落です。いずれも鉄骨建物の典型的な地震被害と認識されているものです。いずれもかなり老朽化の進んだ建物でした。

以上、構造種別ごとに被害状況を見てきましたが、すでに述べたとおり、揺れによる被害は過去の地震被害と特に大きく変わるものではなく、揺れに対する対策は既往の知見の中でさらに進められるべきと言えます。ただし、いずれの構造種別でも、観測された揺れの大きさから考えると、倒壊した建物の数はかなり少なかったようです。これは、今回の地震は周期の短い揺れが卓越しており、建築物にとっては比較的優しい揺れ方だったことが原因しているようです。また、短周期の揺れの時は木造住宅では屋根瓦の被害が、鉄筋コンクリート造では雑壁の被害が、鉄骨構造物では外壁や天井などの仕上げ材の被害がやや大きいようです。また、過去の地震被害と同様、古い建物ほど大きな被害が観察されていますが、一部の住宅では新しい工業化住宅だけに生じた被害もあるようです。



スライド8 屋根瓦が損傷した伝統木造住宅



スライド9 層崩壊した大学校舎



スライド10 破断した鉄骨の筋かい



スライド11 鉄骨建物の外壁の剥落

2. 東海地方に住む私たちがすべきこと

以上のような東日本大震災の建築物の被害を受け、東海地方に住む私たちがすべきことを考えてみましょう。

2-1 津波対策

まず、津波についてです。被害報告でご覧いただいたとおり、建築物は津波の圧倒的な破壊力の前では全くの無力です。鉄骨や鉄筋コンクリートでも、波に沈んでしまっは生き延びることはできません。したがって、津波対策は逃げることにしかありません。では、私たちはちゃんと逃げるができるのでしょうか？

スライド 12 は今年 3 月の東日本大震災と来たる東海・東南海・南海 3 連動地震による津波避難者数を比較したものです。東日本大震災では、津波浸水区域の居住者は 44 万人、これに対し、実際に避難された方はその半数以上の 26 万人と報道されています。でも、残念ながら 2 万 5 千人近くの方が津波で亡くなりました。一方、東海・東南海・南海の 3 連動地震による津波避難対象者数は 116 万人と見積もられています。しかし、3 月 11 日の大津波警報は太平洋岸全域に出されていたにもかかわらず、実際に避難した方は 3 万人弱でした。つまり、ほとんどの人が避難しなかったのです。東北地方と比べると、東海地方の人たちには近年の津波被害の記憶がほとんどないことが理由でしょうか。でも、この比率だけを見ると、このままでは東海地方での津波犠牲者は東北を遙かに上回ると考えられます。私たちは津波の恐ろしさを実感し、津波浸水域の人たちは巨大地震時即避難の鉄則を肝に銘じ、適確に実行できるシステム作りをしていく必要があると思います。

2-2 地盤対策

次に地盤の崩壊や液状化の対策です。ゆるい地盤、埋め立て地、液状化の想定される低い砂地盤の土地などには、直接基礎の建物を建てないことが一番です。でも、国土の狭い日本では

1) 津波に対しては全く無力 逃げるしかありません！			
	阪神淡路大震災	東日本大震災	東海・東南海・南海地震による災害*
津波避難対象者数	-	-	116万人
津波被害地域の居住者数		44万人	-
避難者数		26万人 (死者2万5千人)	3万人弱 (3/11大津波警報)

*中央防災会議による被害推定

スライド 12 津波から逃げられるか？

3) 観測された震度の割には被害が小さい 東海地方でも建物被害は意外と小さい？			
	阪神淡路大震災	東日本大震災	東海・東南海・南海地震による災害*
全壊建物数	25万戸	24万戸** (大部分が津波被害)	94万戸
負傷者数	43,773人	4,735人	10万人
被災地	兵庫県	静岡～北海道	四国～関東
死者/不明者	6,434人	2万5千人	24,700人

**震度6強～7地区28カ所の全壊率は0.43% (気道大規模観測) *中央防災会議による被害推定

スライド 13 東海地震でも揺れの被害は小さい？

そうも言っておられません。これから建てる予定であれば、地盤改良をする、杭を打つなどの対策が効果的です。でも、すでに住宅が建っている場合には、地盤改良や杭基礎の新設などは不可能ではありませんが、相当な出費を伴います。現実的な対策は難しいのが現状と言えるでしょう。液状化地盤では、幾分地震の揺れが低減され、建物被害もやや小さくなるのが過去の地震被害からわかっています。これが唯一の救いですが、傾いた場合の覚悟は必要です。なお、液状化によって傾いた木造住宅を水平に戻すには数百万円から 1 千万円程度の費用が必要だそうです。

2-3 揺れの被害対策

3 つめは揺れによる被害の対策です。スライド 13 は 1995 年の阪神淡路大震災、東日本大震災、東海・東南海・南海連動地震の被害を比較したものです。被害範囲が限定的な阪神淡路

大震災や、被害範囲が広域だが人口密集地域が少ない東日本大震災に比べると、東海・東南海・南海地震の全壊戸数は突出しています。東日本大震災を受けて、東海地方でも揺れの割には建物被害は小さいのではないかと想像する人もいるかもしれませんが、でも、これは大きな間違いだと思います。その理由は2つあります。ひとつめは、東北大震災で揺れによる建物被害が小さかったのは、揺れの特徴が建築物には「たまたま」優しかただけだと言えるからです。皆さんもご存じのように、巨大地震は「いつ」、「どこで」起きるかさえ、いまだに精度の良い予測はできません。まして、襲ってくる揺れの特性などというものは、神のみぞ知ると思わなければなりません。東海地震がかつての兵庫県南部地震や新潟県中越地震のような強大な破壊力を持った揺れを伴うことは十分想定しなければなりません。もうひとつの理由は、東北地方の建物は気候的な条件から比較的窓が小さく、開放的な間取りが多い東海地方以南の建物とは耐震性能がもともとかなり高かったと考えられることです。建物の耐震要素は多くの場合壁です。したがって、窓や出入り口が小さく、壁の多い建物の方が地震には強いと言えます。以上のような点に東海道が人口密集地帯であることを考えあわせると、スライド7の建物被害予測は真摯に受け止めなければならず、建物の耐震化が急務であることはなんら疑いのないところです。

3. 建築物に必要な性能とは

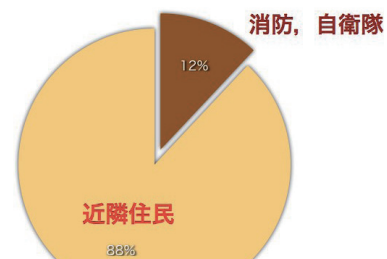
居住者の命の観点から建築物の耐震を考えると、倒壊しないことが目標とする性能であることは明らかです。しかし、別の視点から見みると、建築物のもう一つの目標性能が見えてきます。スライド14は阪神淡路大震災と東日本大震災で派遣された自衛隊員の数とボランティアの数を比較したものです。被災地域の広さか

・自衛隊員派遣数
阪神淡路大震災 **1万9千人**
東日本大震災 **11万人**

・ボランティア（発災後1ヶ月延べ）
阪神淡路大震災 **62万人**
東日本大震災 **11万6千人**

スライド14 救援と援助

家の下敷きになったとき誰に助けられたか



スライド15 誰が助けてくれるのか

ら、東日本大震災では日本の自衛隊員の半数近くである11万人もが派遣されていました。でも、国防という自衛隊本来の機能も維持しなければならないと考えると、東海地震の被害がもっと大きくてもこれ以上の派遣は望めないでしょう。また、被災地域が局所的であった阪神淡路大震災では、大阪をはじめ隣接する大都市から多くのボランティアが入りやすい状況でした。しかし、東日本大震災では被災地があまりに広域すぎて、ボランティアの移動距離も阪神とは比べものになりません。その結果、発災後1ヶ月でのボランティア延べ人数は5倍以上の差があります。この状況を考えると、同じように超広域災害となる東海・東南海・南海地震では、隣の町も同じように被災しており、外からの人的な支援はあまり期待できないと考えられます。人が来ないと言うことは物資も来ないということであり、自宅が倒壊を免れて命は助かったとしても、もし避難生活をするのであれば、それは悲惨な生活になることでしょう。

つまり、建物が倒壊しないのはもちろんのこと、地震後も住み続けられるかどうか、事業を継続できるかどうかがとても重要な建築物の性能と言えます。スライド 15 は阪神淡路大震災で住宅の下敷きになった人がだれに助けられたかを示したものです。命が助かって、転倒家具や大破した建物で怪我をしてはお隣を助けに行くこともできません。地域の防災力は、地震後も日常を維持できる人をいかに確保するかです。

スライド 16 は、建築士と木造住宅所有者が耐震改修の打ち合わせをする際に、現状の耐震性能と改修後の目標性能を決めるための資料です。2 年ほど前から建築士向けに提供してきました。表の中の数字は建物の耐震性能を表す評点で、1.0 が現在の建築基準法と同等の性能です。表の横軸は地震の大きさを表す震度、縦軸は被害の大きさを表します。たとえば、評点 0.4 点の住宅は、震度 5 弱では小破程度ですが、5 強になると大破、6 弱を超えると倒壊も覚悟しなければなりません。この住宅を 0.7 まで改修すると、震度 7 での倒壊は免れませんが、6 強までならば大破で留まり、命は守られることになります。点数を上げるほど費用もかかりますから、予算との兼ね合いの中で安心を得るための改修目標を決めるツールといえます。いままでは、改修後の評点が 1.0 に満たなくても、命を守るのであれば 0.7 を目標とする選択肢が合理的であるという説明をしてきました。1.0 を超えなければ意味がないと改修をあきらめるよりも、少しでも点数を上げた方が命を落とす可



スライド 16 目標性能を考える

能性は確実に減るからです。今でも、この説明に間違いはないのですが、スライド 13 や 14 から見えてきた過酷な避難生活の問題を考えると、地震後も住み続けられるように中破や小破以下に損傷を留める性能も人的支援の期待できない東海・東南海・南海地震の時にはとても重要な性能です。命が守られればいいのか、日常の生活も守るのか、今一度、改修目標を考え直す必要があるようです。

現在、愛知県内には現在の建築基準を満たさない住宅が約 55 万棟存在します。でも、耐震改修される住宅は年間千〜二千棟にすぎません。建物の耐震化はほとんど進んでいないのです。耐震改修の工法は近年安価なものはいくつか開発され、価格のメニューが揃ってきました。改修するか否かは建築物の所有者の意思にかかっています。まずは倒壊しない建物にする、次には地震後も使い続けられる建物にする、目標は明確です。さらなる建物の耐震化促進が私たちには強く求められています。