

AF Forum【第12回】

# 長周期かつ長時間続く設計用地震動の議論

日時: 2016年4月21日 17:00-19:00  
場所: A-Forum レモンパートⅡビル5階  
フォーラム終了後懇親会

コーディネーター: 和田 章

パネリスト: 神田 順、伊藤 優 (JSCA)、篠崎洋三 (日建連)、久田嘉章 (JSSI)、  
加藤研一 (小堀鐸二研究所)

1964年に東京オリンピックが開かれたが、この年の6月に新潟地震が起きている。大学に入学したばかりだったが東京も揺れた。昭和石油の石油タンクが配管の損傷とスロッシングで油が溢れ大火災になった。2003年の十勝沖地震で起きたことと類似であるが、このとき既に周期6秒の長く繰り返す地震動が発生している。その後の研究では「やや長周期」と言われていたが、長周期地震動のことは2003年から始まった議論ではない。

東京オリンピックに間に合うように竣工したホテルニューオータニ(17階建)をきっかけに、超高層ビルは日本でも建てられるようになった。長周期成分が正しく観測できていない加速度記録(エルセントロ、タフトなど)を用いて応答解析が行われ、構造物の安全性の確認が行われていた。このころの検証は、最大変形、最大応力、最大塑性率など、最大値にしか注目していなかった。初めの数秒で最大値が起こるような地震動では、長い継続時間の計算をする必要もなかった。

それから50年近くが過ぎ、世界では精度の高い地震動が記録されるようになり、プレートテクトニクス理論などの地震学も進んだ。考えるべき設計用の地震動も変わってきた。ただ、地球の歴史からみれば、ほんの一瞬を捕まえて議論しているようにも思う。構造物の設計について注目すべきは、最大値だけでなく、繰り返し回数、エネルギー吸収量など積分値として評価すべきことがはっきりしてきた。

今までの設計目標にはなかったが、超高層ビルにとって構造物が倒壊しなければ良いということでも十分かも疑われている、中に暮らしている多くの人々のことを考えるべきであり、海が見えたり雲が見えたりしてぐるぐる揺れる建物を建築と言えるか、水や電気が止まり下水処理もできなくなった建物で地震後の生活は可能か、ウォータフロンとは高層ビルの周辺は津波で人の行き来が遮断されるかも知れない。塑性変形を起こした建物は周辺から安全性が指摘され取り壊すことになる。誰の費用でどのようにして取り壊し、更地に戻すのか。最も深刻なことは、取り壊すべき建物が墓石のように林立する大都市に次の命は残るのかなど悩みは多い。

最近の話題として、長周期(長時間)地震動に関するパブリックコメントの募集があった。地震動として、単純形状のスペクトルにフィットさせた入力地震動は便利であるが、このような地震動は絶対に襲ってこない。だからと言って、起こるまで確かでない山谷のある設計用地震動を用いたとき、設計する構造物の動的性質をスペクトルの谷を狙って調節し、入力地震力を減らそうとすることも問題である。基本的に自然の神さが起こすことで、まだ分からないことが多いと考える必要がある。研究はまだ続けるべきである。このフォーラムでは、パブリックコメントに応えたパネリストの方々とは積極的な議論を行いたい。

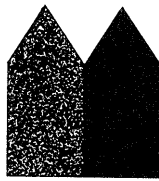
和田 章

参加者: 相安達 功、安部 重孝、稲垣 啓輔、稲葉 欣司、井上 武司、江村 勝、大和田 香澄、小川 一郎、郭 献群、片山 文士、金子 雅彦、金田 勝徳、金箱 温春、木阪 尚志、北 茂紀、楠川 邦輔、工藤 一嘉、高坂 隆一、五條 渉、斎藤 公男、佐藤 恵治、柴田 明德、春藤 元宏、高橋 伸博、高橋 寛和、高橋 裕子、武居 由紀子、玉腰 徹、土橋 徹、中澤 俊幸、永田 敦、中塚 雅晴、野口 裕明、日向 野 登、藤森 恭一郎、堀 富博、松永 直美、三輪 富成、安田 正治、山下 力、山中 昌之、湯田 博哲

## 求められる設計者の力量

山口 昭一

やまぐち しょういち／東京建築研究所代表取締役社長



一昨年行われた施行令の改正は、何といっても設計者にとっては設計基準の大きな変革であり、現実問題として設計図書の形式もそれに適合しなければ、建築確認を受けられないこともあって、その対応に忙殺されたことは事実である。

しかしふり返って見ると、改正に盛り込まれた内容はほとんどが建物の耐震性についての技術規定であって、法体系としては全く新機軸であっても、内容そのものの根幹は、永年論議されてきたことで、告示等に示されている細部規定の一部の数値群を除けば特に目新しいものは何もないといえる。冷静に考えてみるとこれが大騒ぎになること自体が、やや異常といったほうが適当かもしれない。

もともと構造設計は、多くの不明の事柄を過去の経験と学術研究の成果を踏まえて、大局を見失うことのない設計者の判断によって支えられる技術である。したがって法令が変わったことで設計内容が直ちに充実されるものでもないし、急に設計者の質が向上するわけでもない。

今までに作られた建物が全部だめであったり、今まででできたことでも新耐震設計法のもとではできないとか、躯体工費が何%上がるといったような話が多く聞かれるのは、構造設計は基準に沿った計算であった現実の姿を物語っているような気がしてならない。

私はある雑誌の新耐震設計法についての質問欄のごく一部を担当しているが、質問のパターンは常に2つに分かれる。その1つは、設計上の判断に属するもの、他は計算手法についてのごく初歩的なもの、もしくは余りにも難しすぎてちょっと手に負えないものである。いずれも見かけは新耐震設計法であるが、実質はこれと無縁のものばかりである。構造屋は計算屋かとの思案は毎度のことである。

“基準を細部まで完備することは、設計者を怠慢にさせ、ひいては設計の質を低下させる”という識者の警言が身にしみて感じられる。

30年ほど前の話で恐縮であるが、一例をあげてご批判を仰ぎたい。

ある観光地の旅館の主人が崖面に沿ってちょうどよう壁を造るようにRC造6階建の建物を無許可で造ってしまった。当然行政庁の目にとまり問題になったのであるが、ここでとり上げたいことは違反行為うんぬんではなく、実質についてである。

この人は自分が設計施工一貫建設業者になったつもりで自ら設計し、しかるべき職方を集めまた材料を集めてRC6階建を造ってしまったのである。ズブの素人がどう設計したのか。彼はあちこちの建物とその施工を丹念に見て回り、コンクリートの作り方、柱や梁の寸法、鉄筋の入り具合を調べた。多くの職方の話も聞き、信頼できそうな職人を集めて自信を持って躯体工事を完成させてしまった。後でその無謀さを責められたとき、あの建物のコンクリートより自分の作ったコンクリートのほうが強いはずだし柱も太い、鉄筋も余分に入っている。なぜ悪いのだとはなはだ不満であった。彼は同類の建物を基準にしてそれと同じように造ればよいと考えたからである。

ルール違反は当然のことであるが、これを別にする“設計とは何か”を問いかけている出来事だと思う。

たとえ設計がプロといわれる人によってなされたとしても、設計者の技術に支えられた判断によることも、また新しい研究成果をとり入れることもなく、ただ基準どおりにやりさえすればよいということになれば、いくら計算書が基準に適合していても、本質的には旅館の主人のやったことと余り差がない。なぜならば、現実に存在する建物は、立地条件を含め極めて複雑でありそれぞれに異なったものであるから、単に基準に示されている数値をつなげても本来基準が求めている水準のものは決して得られないからである。

基準が高度になればなるほど、それを運用する人の力量が求められ、しかるべき人が必要になる。にもかかわらず、人材養成の現状は極めて貧しい。

人材養成が困難であることの原因は多々あるにしても、各事務所ごとに、また教育・研究機関においてもその原因を探り対応の仕方を見いだして優秀な設計者を育てるべく努力しなければならない。設計者のレベルアップなくしては優れた基準もその効果を発揮できないということをもう一度くり返し述べておきたい。



国土交通省住宅局建築指導課 パブリックコメント担当 御中

超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による 長周期地震動への対策案に関する意見募集について

氏名	神田 順
住所	〒211-0025 川崎市中原区木月 2-2-16 建築設計事務所アトリエ 71 内
所属	建築基本法制定準備会
電話番号	03-3368-0815
電子メールアドレス	<a href="mailto:info@kihonho.jp">info@kihonho.jp</a>
意見	<p>1998年の建築基準法の改正にあたり、性能規定化が謳われた。安全限界と損傷限界という用語が導入され、雪荷重や風荷重に対しては、それぞれ再現期間として500年および50年というレベルが設定され、荷重に関しての性能が表現されたものになっている。しかし、地震荷重に対しては、「ごく稀に生じる」と「稀に生じる」という表現になっており、関東地域では、再現期間に換算すると、概ね500年と30年程度とみなせるが、日本全体では、地域係数が1.0、0.9、0.8そして沖縄は0.7と設定され、それぞれの地域において、再現期間としては、大きく幅があり、性能表示になっていない。</p> <p>今回の地域を特定しての長周期地震動については、想定される断層が地震を起こしたときに伝搬経路や地盤の影響を考慮した応答スペクトルを明示し、最近の地震工学に基づく設定となっているが、それを国の対策として一律に決め、実質的に強制規制とすることは、建築基準法の基本的な位置づけとしても整合性を欠き、かつ科学技術の展開と工学的な判断に対する不当な干渉となることから、強く反対する。</p> <p>建築基準法は、そもそも最低基準を定めるものである。現在も、時刻歴応答解析を求める建築物に対しては、それ以外の建築物よりも、より高い耐震安全水準を求めていることが、最低基準であることと矛盾し、結果的に、安全水準を行政が規定してしまっている。</p>

神田順

	<p>しかも、その程度を明らかにしていないことから、より安全にしようという動機を抑制してしまっている。言い換えれば、それさえ守れば、国が安全を保障したかのごとき誤解を与え、思考停止の旧弊に陥る。</p> <p>科学技術の展開は、想定される断層モデルについても日々さまざまに提案されている。また断層モデルのパラメータ設定に対して、安全側に判断することは、意味のあることで、専門家としては、不確実な部分に対してどの程度の性能としての余裕を持たせるかを検討し判断し、建築主と責任を共有するという姿勢こそが求められる。特定の断層が地震を起こす確率についての知見も整理されており、またパラメータ設定のばらつきについてもさまざまな考えがある中で、国として設定するのであれば、確率の数値を明示すべきである。その場合も、建築基準法の最低基準としての位置づけをあいまいにしたままで、対策として運用することは、極めて問題であり、東日本大震災における東京電力福島原子力発電所の設計津波高さに見られたように、今後も社会的問題を引き起こす懸念を有する。</p> <p>建築物が、現在の社会において、相応しい耐震性を有するためには、建築基本法を制定し、耐震安全に対する建築主、専門家の責任を明示した上で、行政としては、考え方の一つの手法として公開文書とするという形を取ることが望ましい。今回のような特殊な状況への高度な対応は、個別裁量的に行うべきで、そのためにも、建築基本法は必要と考える。また、このたびの適用は、極めて局所地域の問題でもあり、国土交通省住宅局指導課としてでなく、各自治体において、社会性、経済性なども配慮の上、十分かつ透明性ある議論に基づく規制として、導入すべきであろう。</p>
--	---

神田順

国土交通省住宅局建築指導課 パブリックコメント担当 御中

超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による 長周期地震動への対策案に関する意見募集について

氏名	主査：石山 祐二、幹事：神田 順
住所	108-0014 東京都港区芝 5-26-20 建築会館 3 階 一般社団法人 建築・住宅国際機構
所属	ISO/TC 98 国内分科会
電話番号	03-6435-3192
電子メールアドレス	<a href="mailto:isotc98@iibh.org">isotc98@iibh.org</a>
意見	<p>長周期地震動への対策案に対する意見</p> <p>建築物の耐震安全性に対して、国は、建築基準法において基準を定め、それを最低基準として満足することを建築主に対して課している。一方で、国内建築規制を、国際的な標準と整合させることも国としての役割であり、特に ISO の標準が存在する場合は、行政として十分に尊重すべきである。</p> <p>1998 年の建築基準法改正は、当初、性能規定化ということで、その実現が試みられたが、結果として耐震規定に関しては、性能が明示されないままに「ごく稀に生ずる」地震動に対して、安全限界を担保することと「稀に生ずる」地震動に対して損傷限界を担保するとして、具体的な地震動のスペクトル特性を工学的基盤において定義し告示で示している。このように、安全に関する性能を表示することなく、国際的な調和への努力を長年にわたり放置していることは問題である。</p> <p>今回の長周期地震動にあつては、この告示に定義された「ごく稀に生じる」地震動のレベルを超えるものである。内閣府の検討結果に基づき、そのような地震動の発生する可能性が示されたことを受けて、時刻歴応答解析を必要とする超高層建築と免震建築物に適用することを、指定性能評価機関の審査において義務付けるものとなっている。</p> <p>最新の科学技術的知見を、建築物の構造設計に反映させることに対し</p>

神田順

	<p>では、研究者も設計者も前向きに取り組むべきであるが、性能水準を示さずに法的規制を課すことは、国民に盲目的に国の基準に従うことを要求するもので、研究評価の透明性や、個々の建築技術者の判断の否定にもつながるものであり問題がある。</p> <p>告示で定める「稀に生じる」地震動や「ごく稀に生じる」地震動が、年超過確率としてどの程度のものであるかについて、地域係数も含め、直ちに国土交通省としての見解を示すべきである。その上で、今回の長周期地震動についても、同様に年超過確率を示すことにより、性能規定としての整備されることとなる。その場合、最低基準であるにもかかわらず、1998年の内閣法制局の見解に反して、耐震性において性能が異なることについての、説明も必要であろう。</p> <p>すでに、地震調査推進本部では、全国を概観する確率論的地震動評価を終えており、科学技術的知見として性能を明示することは、十分に可能であり、その意味でも、いたずらに不安をあおるのみでなく、国の定める建築基準において、性能規定を、ISOなど国際基準と整合させることを優先した上で、新しい知見の取り込みの政策を展開すべきと考えられる。</p>
--	--

神田順

## 長周期地震動にどう対応するか

A-Forum 第12回 フォーラム  
2016年4月21日  
神田 順

A-Forum 第12回フォーラム

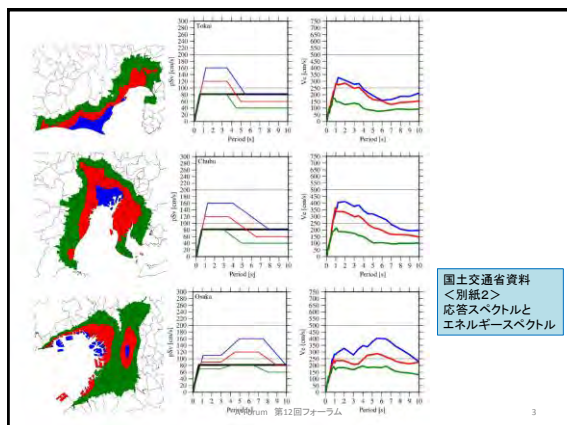
1

## 何がわかって、何がわからないか？

- 東海・東南海地震が起きると、特定の場所では、長周期成分の卓越した地震動が生じる。
- 建築基準法施行令にあるレベル2(ごく稀に生じる地震動)の現行規定や時刻歴応答解析のための業務方法書では、不十分なようだ。
- 長周期領域で、2倍くらいだったら、計算すれば、何とか設計できそう。
- 国で強制しないと、対応する人が少ない。被害が生じると基準のせいだと言われる。

A-Forum 第12回フォーラム

2



3

## 地震学の立場で

- 過去を語ること  
主要活断層(発生頻度)  
震源モデルとして  
地盤として
- 未来を想像すること  
特定の断層であれば、地震発生の確率  
震源パラメータのばらつき

A-Forum 第12回フォーラム

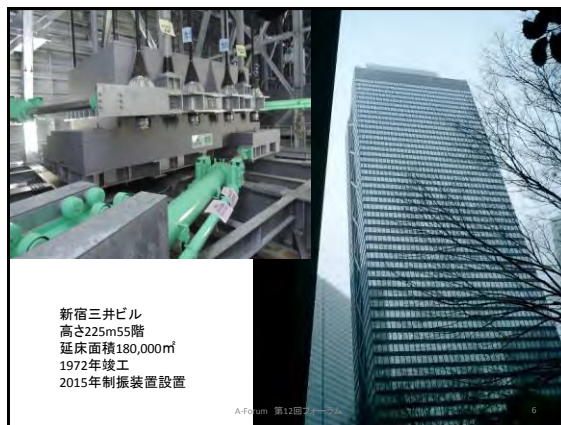
4

## 建築主の立場で

- 巨大構造物の所有者、管理者として、建物の安全性の確保に、どの程度の責任を有していると考えるか。
- 信頼できる専門家の説明を理解した上で、自分なりの判断をしているか。

A-Forum 第12回フォーラム

5



新宿三井ビル  
高さ225m55階  
延床面積180,000㎡  
1972年竣工  
2015年制振装置設置

A-Forum 第12回フォーラム

6

## 行政の立場で

- 建築基準法は、財産権に抵触しない範囲の最低基準を示しているため、重要構造物や巨大構造物などに対しては、耐震安全性が不十分であることを周知すること。
- 自治体としては、建築基準法の地域係数が古いので、特定の地震断層についての危険性の知見を条例に反映すること。

A-Forum 第12回フォーラム

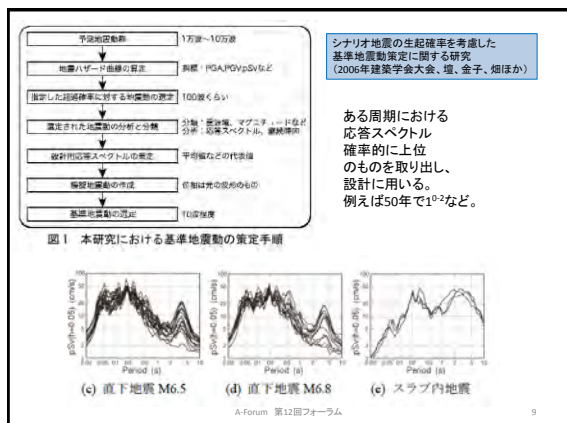
7

## 構造工学の立場で

- 地震学の知見と、構造設計の考え方の調整を図る。
- 建築学会の報告は、そのような形でまとめられているか。
- シナリオ地震の生起確率を考慮した基準地震動策定に関する研究  
(2006年建築学会大会、壇、金子、畑ほか)
- 性能設計としての位置づけを明確にする。

A-Forum 第12回フォーラム

8



A-Forum 第12回フォーラム

9

## 構造設計者の立場で

- 自分なりに安全性のスケールを作る
- 個々の建築に要求される構造安全性について、地震工学情報とコスト情報を提供した上で、建築主に判断を仰ぐ。
- 超高層研究会のような場で、具体的な設計用地震動を提案し、それを目安とする。

A-Forum 第12回フォーラム

10

## 法の運用の問題

建築基準法第二十条:

一 高さが六十メートルを超える建築物 当該建築物の安全に必要な構造方法に関して政令で定める技術的基準に適合するものであること。この場合において、その構造方法は、荷重及び外力によつて建築物の各部分に連続的に生ずる力及び変形を把握することその他の政令で定める基準に従つた構造計算によつて安全性が確かめられたものとして国土交通大臣の認定を受けたものであること。

告示1461号第四号に定める構造計算の適用において、極めて稀に発生する地震動として検討を行うこととしている地震動に加えて、2. に掲げる対象地震動によって建設地で発生すると想定される長周期地震動(極めて稀に発生する地震動に対応する。)1波以上による検討を行うことを認定の審査において求めることとする。

A-Forum 第12回フォーラム

11

## 法の運用の問題

### 最低基準か？

A-Forum 第12回フォーラム

12



超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策案に関する意見

氏名	(フリガナ) イトウ マサル 伊藤 優
住所	東京都千代田区三番町 24 林三番町ビル 3F
所属	(会社名) (部署名) 一般社団法人 日本建築構造技術者協会 技術委員会委員長
電話番号	03-3262-8498
電子メールアドレス	<a href="mailto:info@jsca.or.jp">info@jsca.or.jp</a>
意見	<p>① (対象部分：別紙3、ならびに別紙4) ：表層地盤の増幅に対する考え方について</p> <p>対策案は、示されたレスポンススペクトルは工学的基盤のもので、超高層建築物等への入力に当たっては表層地盤の増幅を考慮することとしているが、長周期地震動対策という観点に立つと、「(合理的に長周期地震動の対策がとられるためには、)対象建築物を検討する際には、表層地盤の増幅の影響を現状は考慮しない」とすることが、簡便で合理的であると考えます。</p> <p>本対策案の目的が、長周期地震動への対策であれば、対象建築物を建築物の一次固有周期に応じて(例えば周期2秒以上で)長周期地震動に対する影響を想定すればよいと考えます。その場合、表層地盤による地盤増幅は長周期領域においては工学的に無視でき、より合理的かつ迅速に長周期地震動の対策を取ることができる。</p> <p>別紙3の1(4)に記述されているように、地表での長周期地震動のための経験式から求めた地震動を、周期1秒以上では工学的基盤以浅の表層地盤による影響を無視できるとして工学的基盤の地震動としている。その工学的基盤の地震動に、再度表層地盤の増幅を考慮することは、表層地盤の増幅が重複して考慮される可能性がある。一方、より精度良くその増幅を考慮するためには非常に煩雑な手法を用いなければならない。短周期の影響を詳細に検討するためであるならこのような手法も必要であろうが、長周期地震動への対策という観点からは表層地盤の増幅の影響を考慮しないことがより簡便で合理的であると考えます。</p> <p>よって、対象を超高層建物に限定し冒頭に示した提案とすることにより、長周期地震動に関する入力は基礎底位置に依らず同一となり、別紙4も不要となる。加えて、高さが60m以下の耐震建築物を対象外としたことも含めて社会への説明も大変明快になると考える。</p>

超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策案に関する意見

氏名	(フリガナ) イトウ マサル 伊藤 優
住所	東京都千代田区三番町 24 林三番町ビル 3F
所属	(会社名) 一般社団法人 日本建築構造技術者協会 (部署名) 技術委員会委員長
電話番号	03-3262-8498
電子メールアドレス	info@jsca.or.jp
意見	<p>② (対象部分: 別添 2 3. (1)、別紙 1、別紙 2、別紙 3、別紙 4) : 提示されたスペクトルの解釈の仕方について</p> <p>提示された擬似速度応答スペクトルとエネルギースペクトル及び継続時間等は目安として、別紙 3 の方法や他の方法によって作成された当該地の地震波に対して評価するときは「同等以上」とせずに、例えば 3/4 倍以上であれば採用することを可とすべきである。</p> <p>「同等以上」とすることは、区域分けの境界付近の敷地に対して、詳細な検討を行った上で合理的な設計を行う可能性を阻害することになる。</p> <p>また、3/4 倍の意味は、青色区域 (2.0 倍) で赤色区域の 1.5 倍を下回らない、赤色区域では、1.125 倍と緑色区域を下回らない値であり適当と考える。</p> <p>この意味から、冒頭の提案を明言することにより、対策案の意図が簡潔・明瞭になり、設計者の理解がより深まるものと期待される。また、スペクトルを目安とした設計用地震動を用いて検討することを規定すれば、別紙 3 に示される観測データに基づく設計用長周期地震動の作成方法は、提案スペクトル作成の基礎になると共に各種手法のうちの一つとして位置付けられることになり、今後の基整促地震動作成手法の発展・改良に対しても、柔軟に対応できると考える。</p>

超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策案に関する意見

氏名	(フリガナ) イトウ マサル 伊藤 優																																																																																							
住所	東京都千代田区三番町 24 林三番町ビル 3F																																																																																							
所属	(会社名) 一般社団法人 日本建築構造技術者協会 (部署名) 技術委員会委員長																																																																																							
電話番号	03-3262-8498																																																																																							
電子メールアドレス	info@jsca.or.jp																																																																																							
意見	<p>③ (対象部分：別添 2 3. (1)) ：設計クライテリアについて</p> <p>認定の審査において、対策案の対象地震を「極めてまれに発生する地震動」として検討を求め、クライテリアもそれに倣うとしているが、平成 28 年 1 月 8 日の意見交換会の場では、クライテリアを超過しても倒壊・崩壊しないことを示すことができれば良いとの説明があった。</p> <p>このような取扱いも含めて、長周期地震動に対する運用基準として、外装の変形追従や Pδ 効果等に関する最新の知見や設計者の意見等を十分考慮した社会的コンセンサス（発注者協議も含む）を踏まえ、層間変形角が 1/100 を超えても例えば 1/75 程度では倒壊・崩壊しないことを時刻歴応答解析業務方法書で、認める記述をしていただきたい。</p> <p>下表は JSCA の耐震性能メニューの改定中の案であるが、今回の対象地震に対する設計クライテリアについては、対象地震を「極めて稀に発生する地震動」とは別のカテゴリーとしたうえで、建物ごとに発注者と設計者が目標性能を協議・設定するという対応も有効であると考えます。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">地震動</th> <th>大きさ</th> <th>かなり稀に発生する地震動 (レベル1) 震度5強程度</th> <th>極めて稀に発生する地震動 (レベル2) 震度6強程度</th> <th>余裕度検証用の地震動 (レベル3) 震度6強～</th> <th>地域の特性を考慮した地震動 (サイト波-1) 震度6強程度</th> <th>地域の特性を考慮した地震動 (サイト波-2) 震度6強～</th> </tr> <tr> <th>震度</th> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th></th> <th>最大速度</th> <td>標準観測波 25 cm/s</td> <td>告示波 50 cm/s</td> <td>1.5×告示波 75 cm/s</td> <td>東海・東南海地震 46 cm/s</td> <td>首都直下地震 62 cm/s</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>等級</th> <th>「上級」被害の程度状態</th> <td>軽微な被害 主要機能確保 軽微な修復</td> <td>小破・小損 指定機能確保 小規模修復</td> <td>中破～大破・大損 人命保護 大規模修復</td> <td>中破・中損 限定機能確保 中規模修復</td> <td>中破・中損 限定機能確保 中規模修復</td> </tr> <tr> <th rowspan="2">性能値</th> <th>層間変形角</th> <td>1/200以下</td> <td>1/100以下</td> <td>1/75以下</td> <td>1/80以下</td> <td>1/80以下</td> </tr> <tr> <th>塑性率 <math>\mu</math></th> <td>—</td> <td><math>\mu_u \leq 3.0</math></td> <td><math>\mu_u \leq 4.0</math></td> <td><math>\mu_u \leq 4.0</math></td> <td><math>\mu_u \leq 4.0</math></td> </tr> <tr> <th rowspan="2">応答値</th> <th>累積塑性変形倍率 <math>\eta</math></th> <td>—</td> <td><math>\eta_u \leq 10.2</math></td> <td><math>\eta_u \leq 18.2</math></td> <td><math>\eta_u \leq 18.2</math></td> <td><math>\eta_u \leq 18.2</math></td> </tr> <tr> <th>層間変形角</th> <td>1/235以下</td> <td>1/113以下</td> <td>1/78以下</td> <td>1/118以下</td> <td>1/89以下</td> </tr> <tr> <th rowspan="2">性能値</th> <th>塑性率 <math>\mu</math></th> <td>—</td> <td><math>\mu_{max} = 1.54</math></td> <td><math>\mu_{max} = 2.86</math></td> <td><math>\mu_{max} = 1.43</math></td> <td><math>\mu_{max} = 2.10</math></td> </tr> <tr> <th>累積塑性変形倍率 <math>\eta</math></th> <td>—</td> <td><math>\eta_{max} = 5.38</math></td> <td><math>\eta_{max} = 8.64</math></td> <td><math>\eta_{max} = 7.62</math></td> <td><math>\eta_{max} = 7.31</math></td> </tr> <tr> <th></th> <th>性能余裕度</th> <td>1.18</td> <td>1.13</td> <td>1.04</td> <td>1.47</td> <td>1.11</td> </tr> <tr> <th>評価性能</th> <td colspan="5">中高層S造「上級」</td> <td>対象が局所的な特定階であること、また芯棒となりえる座屈拘束ブレースを連層で用いていること等から、1/80という性能値を用いて性能余裕度を判定した(1/89という値が建物崩壊には直結しないと判断)。</td> </tr> <tr> <th>所見</th> <td colspan="5">本建物の構造性能は、上記3つの地震動レベルに対していずれも所定の性能値を満足している。レベル2地震時では、性能値に1割程度の余裕がある。「上級」グレードとして行った余裕度検証用の地震動対応で、累積損傷に対して所定の性能を発揮するため梁端に脆性的な破断が起こらないような工夫(ハンチ設置)を行っている。</td> <td>なお、外装材の変形追従はレベル2層間変形角1/100を基準としているが実験により1/80程度までは脱落しないことを確認している(修復要)。</td> </tr> </tbody> </table>	地震動	大きさ	かなり稀に発生する地震動 (レベル1) 震度5強程度	極めて稀に発生する地震動 (レベル2) 震度6強程度	余裕度検証用の地震動 (レベル3) 震度6強～	地域の特性を考慮した地震動 (サイト波-1) 震度6強程度	地域の特性を考慮した地震動 (サイト波-2) 震度6強～	震度							最大速度	標準観測波 25 cm/s	告示波 50 cm/s	1.5×告示波 75 cm/s	東海・東南海地震 46 cm/s	首都直下地震 62 cm/s	等級	「上級」被害の程度状態	軽微な被害 主要機能確保 軽微な修復	小破・小損 指定機能確保 小規模修復	中破～大破・大損 人命保護 大規模修復	中破・中損 限定機能確保 中規模修復	中破・中損 限定機能確保 中規模修復	性能値	層間変形角	1/200以下	1/100以下	1/75以下	1/80以下	1/80以下	塑性率 $\mu$	—	$\mu_u \leq 3.0$	$\mu_u \leq 4.0$	$\mu_u \leq 4.0$	$\mu_u \leq 4.0$	応答値	累積塑性変形倍率 $\eta$	—	$\eta_u \leq 10.2$	$\eta_u \leq 18.2$	$\eta_u \leq 18.2$	$\eta_u \leq 18.2$	層間変形角	1/235以下	1/113以下	1/78以下	1/118以下	1/89以下	性能値	塑性率 $\mu$	—	$\mu_{max} = 1.54$	$\mu_{max} = 2.86$	$\mu_{max} = 1.43$	$\mu_{max} = 2.10$	累積塑性変形倍率 $\eta$	—	$\eta_{max} = 5.38$	$\eta_{max} = 8.64$	$\eta_{max} = 7.62$	$\eta_{max} = 7.31$		性能余裕度	1.18	1.13	1.04	1.47	1.11	評価性能	中高層S造「上級」					対象が局所的な特定階であること、また芯棒となりえる座屈拘束ブレースを連層で用いていること等から、1/80という性能値を用いて性能余裕度を判定した(1/89という値が建物崩壊には直結しないと判断)。	所見	本建物の構造性能は、上記3つの地震動レベルに対していずれも所定の性能値を満足している。レベル2地震時では、性能値に1割程度の余裕がある。「上級」グレードとして行った余裕度検証用の地震動対応で、累積損傷に対して所定の性能を発揮するため梁端に脆性的な破断が起こらないような工夫(ハンチ設置)を行っている。					なお、外装材の変形追従はレベル2層間変形角1/100を基準としているが実験により1/80程度までは脱落しないことを確認している(修復要)。
地震動	大きさ		かなり稀に発生する地震動 (レベル1) 震度5強程度	極めて稀に発生する地震動 (レベル2) 震度6強程度	余裕度検証用の地震動 (レベル3) 震度6強～	地域の特性を考慮した地震動 (サイト波-1) 震度6強程度	地域の特性を考慮した地震動 (サイト波-2) 震度6強～																																																																																	
	震度																																																																																							
	最大速度	標準観測波 25 cm/s	告示波 50 cm/s	1.5×告示波 75 cm/s	東海・東南海地震 46 cm/s	首都直下地震 62 cm/s																																																																																		
等級	「上級」被害の程度状態	軽微な被害 主要機能確保 軽微な修復	小破・小損 指定機能確保 小規模修復	中破～大破・大損 人命保護 大規模修復	中破・中損 限定機能確保 中規模修復	中破・中損 限定機能確保 中規模修復																																																																																		
性能値	層間変形角	1/200以下	1/100以下	1/75以下	1/80以下	1/80以下																																																																																		
	塑性率 $\mu$	—	$\mu_u \leq 3.0$	$\mu_u \leq 4.0$	$\mu_u \leq 4.0$	$\mu_u \leq 4.0$																																																																																		
応答値	累積塑性変形倍率 $\eta$	—	$\eta_u \leq 10.2$	$\eta_u \leq 18.2$	$\eta_u \leq 18.2$	$\eta_u \leq 18.2$																																																																																		
	層間変形角	1/235以下	1/113以下	1/78以下	1/118以下	1/89以下																																																																																		
性能値	塑性率 $\mu$	—	$\mu_{max} = 1.54$	$\mu_{max} = 2.86$	$\mu_{max} = 1.43$	$\mu_{max} = 2.10$																																																																																		
	累積塑性変形倍率 $\eta$	—	$\eta_{max} = 5.38$	$\eta_{max} = 8.64$	$\eta_{max} = 7.62$	$\eta_{max} = 7.31$																																																																																		
	性能余裕度	1.18	1.13	1.04	1.47	1.11																																																																																		
評価性能	中高層S造「上級」					対象が局所的な特定階であること、また芯棒となりえる座屈拘束ブレースを連層で用いていること等から、1/80という性能値を用いて性能余裕度を判定した(1/89という値が建物崩壊には直結しないと判断)。																																																																																		
所見	本建物の構造性能は、上記3つの地震動レベルに対していずれも所定の性能値を満足している。レベル2地震時では、性能値に1割程度の余裕がある。「上級」グレードとして行った余裕度検証用の地震動対応で、累積損傷に対して所定の性能を発揮するため梁端に脆性的な破断が起こらないような工夫(ハンチ設置)を行っている。					なお、外装材の変形追従はレベル2層間変形角1/100を基準としているが実験により1/80程度までは脱落しないことを確認している(修復要)。																																																																																		

超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策案に関する意見

氏名	(フリガナ) イトウ マサル 伊藤 優
住所	東京都千代田区三番町 24 林三番町ビル 3F
所属	(会社名) 一般社団法人 日本建築構造技術者協会 (部署名) 技術委員会委員長
電話番号	03-3262-8498
電子メールアドレス	info@jsca.or.jp
意見	<p>④ (対象部分：別添 2 3. (1) ③および別紙 5-1) ：鉄骨造建築物の繰返し変形の検証方法について</p> <p>超高層鉄骨造建築物の繰返し変形による梁端部破断の検証方法として、別紙 5-1 の参考文献にもとづく D 値による評価法が提案されている。その中で精算法として示されている歪時刻歴および Miner 則に基づく評価法は、数多くの各梁端部の時刻歴を求める照査方法であり、実務で採用すると多大な労力が必要で現実的ではないと考えられる。一方、簡便法として示されている最大応答歪による損傷度評価はやや安全側に過ぎる傾向がある。</p> <p>このように梁端部破断の検証法は、現在、精力的に研究・実験が進められている分野であり、種々の評価方法が検討されている中で、妥当性が検証された他の評価手法を採用できることを明記して頂きたい。</p> <p>なお、一般的には局所的な梁端部の破断が、建築物全体の倒壊・崩壊にかならずしもつながるものではない。「倒壊・崩壊しない」という極めて稀に発生する地震動に対する設計目標に鑑み、建築物を倒壊・崩壊に至らしめない梁端部の破断は許容されることを前提としていることなども分かる文面とすることが必要であると考ええる。</p>

超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策案に関する意見

氏名	(フリガナ) イトウ マサル 伊藤 優
住所	東京都千代田区三番町 24 林三番町ビル 3F
所属	(会社名) (部署名) 一般社団法人 日本建築構造技術者協会 技術委員会委員長
電話番号	03-3262-8498
電子メールアドレス	<a href="mailto:info@jsca.or.jp">info@jsca.or.jp</a>
意見	<p>⑤ (対象部分：別添2 3.(1)③) ：鉄筋コンクリート建築物の繰返し変形の検証方法について</p> <p>本来靱性能に富むはずの鉄骨造と免震構造に対しては長時間の繰返しの影響を考慮することが求められているが、鉄筋コンクリート造に対しては言及されていない。鉄筋コンクリート造の繰返しによる劣化等については考慮すべきと考えるので、現状での何らかの知見を記述すべきである。</p> <p>現状、鉄筋コンクリートの繰返し劣化を考慮した履歴特性の定番はなく、繰返し劣化は応答解析に取り入れられていない。しかし、劣化を考慮すると応答変位は大きくなることは自明である。</p>

超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策案に関する意見

氏名	(フリガナ) イトウ マサル 伊藤 優
住所	東京都千代田区三番町 24 林三番町ビル 3F
所属	(会社名) 一般社団法人 日本建築構造技術者協会 (部署名) 技術委員会委員長
電話番号	03-3262-8498
電子メールアドレス	info@jsca.or.jp
意見	<p>⑥ (対象部分：別紙5-2) ：免震材料の繰返し依存性の検証方法について</p> <p>免震材料の認定時の審査項目に繰返し依存性の試験を追加し、繰返し依存性に関する性能値を明示するよう規定し、免震材料の評価法に関するガイドラインを制定すべきである。</p> <p>本提案の背景は以下の通り。</p> <p>免震材料の繰返し依存性は地震エネルギーの吸収に伴う発熱の影響が大きく、試験体のサイズや加振速度の影響を大きく受けるため、実大、実速度の実験を行うことが重要ではあるが、試験設備の制限から、特に積層ゴム系の免震装置の実大、実速度での実験が実施された例は少ない。</p> <p>対策案では繰返し依存性の評価方法は設計者が独自にメーカーからデータを取得することとしているが、特に積層ゴム系の免震装置メーカーから提供されるデータは上記の理由から実大、実速度での実験に基づいたデータでない場合が多い。</p> <p>このため、認定時の審査項目に繰返し依存性の試験を追加し、試験が縮小模型で行われた場合は特に、繰返し依存性に関する性能値の妥当性を審査し、その値を明示するよう規定すべきだと考える。</p> <p>また、対策案では精算的な方法のほか簡易的な応答評価法を認めているが、それぞれの方法を採用する際の前提条件や目標性能の設定方法等は異なるはずであり、免震材料の評価法に係るガイドライン策定または業務方法書への追記を行う必要があると考える。</p>

超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策案に関する意見

氏名	(フリガナ) イトウ マサル 伊藤 優
住所	東京都千代田区三番町 24 林三番町ビル 3F
所属	(会社名) 一般社団法人 日本建築構造技術者協会 (部署名) 技術委員会委員長
電話番号	03-3262-8498
電子メールアドレス	info@jsca.or.jp
意見	<p>⑦ (対象部分：別添 2 3. (3)、別紙 6) ：補強がより進みやすくするための運用について</p> <p>別紙 6 によるスクリーニングにより既存建築物が「再検証対象建築物」と判断された場合、必要な補強等を行うことが「望ましい」とされている。これは、補強を行わない場合は違法ではないことを示している。</p> <p>一方、告示波等が定められた 2000 年以前の超高層建築物等に関しては、対策案に示す長周期地震動対策どころか、現行の大臣認定に係る基準（告示波等）すら満たさない有名超高層建築物等も多い。これら既存超高層建築物等の所有者等が、対策案の趣旨に則り補強を行おうとしても、対策案の規定する地震動に対して 100% の補強を行うことが困難な場合も多いと考えられる。また、2000 年以降の超高層建築物等についても、対策案で疑似応答スペクトルの最大値が 120cm/s、160cm/s の区域に存在する場合は、100% の補強を行うことが困難な場合も多いと考えられる。</p> <p>補強を行わなければ違法ではなく、100% ではなくとも可能な限りの補強を行おうとしたら認められないということになると、補強を行わない選択を行う建築物所有者等が多くなると考えられ、社会資本整備の観点からは、望ましくない。</p> <p>よって、十分とまでは言えないまでも、耐震性向上と言う観点からは、2000 年以前の既存超高層建築物等に関しては現行の大臣認定に係る基準を満たす程度の補強（80cm/s）を、2000 年以降の既存超高層建築物等に関しては疑似応答スペクトルの最大値が 160cm/s の区域では疑似応答スペクトルの最大値を 120cm/s 程度とした補強を施すことも可とし、構造方法の変更に係る大臣認定を行うべきである。</p>

超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策案に関する意見

氏 名	(フリガナ) イトウ マサル 伊藤 優
住 所	東京都千代田区三番町 24 林三番町ビル 3F
所 属	(会社名) (部署名) 一般社団法人 日本建築構造技術者協会 技術委員会委員長
電 話 番 号	03-3262-8498
電子メールアドレス	info@jsca.or.jp
意 見	<p>⑧ (対象部分：別添2 3.(1)②) ：家具等の転倒防止の対応について</p> <p>家具等の転倒防止は人命の安全性確保、機能維持の観点から重要な事項であることに異論はない。しかしながら、建築確認や、それに先立つ超高層建築物等の大臣認定の時点では、部屋の用途は概ね決定しているものの、家具をはじめ部屋内のレイアウトは通常未定である。</p> <p>したがって、家具の転倒防止に関する規定が性能評価に用いる業務方法書に謳われ、対策を問われても、設計者としては回答不能な場合が多い。</p> <p>家具等の転倒防止は超高層建築物等に限った話ではないので、別途努力すべき事項として建築物所有者、設計者に限らず全ての市民に対して啓発活動を行うこととし、業務方法書に記述することは控えていただきたい。</p>



超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策案に関する意見

氏名	(フリガナ) イトウ マサル 伊藤 優
住所	東京都千代田区三番町 24 林三番町ビル 3F
所属	(会社名) 一般社団法人 日本建築構造技術者協会 (部署名) 技術委員会委員長
電話番号	03-3262-8498
電子メールアドレス	info@jsca.or.jp
意見	⑨ (対象部分：別紙1 4.) ：ランダム位相に関する表記について  4. 3行目に「条件：いわゆる告示波（告示 1461 号第四号イに定める地震動、位相はランダム位相で継続時間は 60 秒以上など）・・・」とあるが、同告示第四号には位相特性に関する記述はないので、「位相はランダム位相で」という記述は、削除すべきである。

超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への  
対策案に関する意見

氏名	(フリガナ) モリタカ ヒデオ 森高 英夫
住所	東京都千代田区三番町 24 番地 林三番町ビル 3 階
所属	(会社名) (部署名) 一般社団法人 日本建築構造技術者協会 会長
電話番号	03-3262-8498
電子メールアドレス	info@jsca.or.jp
意見	<p>(対象部分： 対策案全般 )</p> <p>この対策案は、従来設計で考慮されてきたとは言えない、近い将来に発生する可能性のある海溝型地震で、南海トラフ沿いの都市部を含む地域を襲うであろう長周期地震動に対する安全確保のための措置であり、特定の超高層建築物や免震建築物など（以後、超高層建築物等と呼ぶ）に対して早急に対策をとるべき内容である。以下の点に配慮の上、適切に推進すべきである。</p> <p>1. 建築物の所有者等が理解できる形でのアナウンス</p> <p>意見募集に添付された資料は、専門的な言葉で書かれているが、これを建築物の所有者等へ設計者が個別に説明するとなると、説明にばらつきが生じ、社会的な混乱も招きかねない。社会に対して、建築物の所有者等が理解できる形で概括的かつ具体的に、国土交通省からアナウンスすべきである。</p> <p>特に、2000 年以降超高層ビル等の検証に用いられてきた告示 1461 号に定める極めて稀に発生する地震動に加えて、地域によっては、その 2 倍にもおよぶ大きさの地震動での検証が超高層建築物等に対して必要となる背景を、新たな知見に基づくならその内容も含めて、専門家でない者でも分かるように、説明すべきである。</p> <p>また、上記説明では、関係者の共通理解のため、以下の点についても言及いただきたい。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高さが 60m 以下の耐震建築物を対象外としたこと及びその理由</li> <li>・相模トラフ沿いの巨大地震による影響が大きいと想定される関東地域などにおける当面望ましいと考えられる余裕の程度（通常、設計で考える余裕の程度はせいぜい 1～2 割である。）</li> </ul> <p>2. 対策案の対象区域</p> <p>1) 連続的な地震動が得られる区域分け</p> <p>静岡県、中京圏、大阪圏では 3 つに対象区域を分けており、地震の大きさともいふべき疑似速度応答スペクトルの最大値はそれぞれ 80cm/s、120cm/s、160cm/s で与えられ、1.5 倍ないしは 2 倍の開きがある。区域は町丁目レベルで明示するとのことであるが、道路一つ挟んで 1.5 倍ないしは 2 倍の大きさの地震を対象とする必要があることになり、合理性に欠ける。本来地震の大きさは連続的に変化するはずであり、たとえば地図における等高線の様</p>

<p>意 見</p>	<p>表現とし、その間隔を別紙 1 で示す区域分けの 2～3 倍程度細かくし、等高線の間は直線補完可能とする等、連続的な地震動が得られる区域分けにすべきである。</p> <p>なお、何らかの理由で上記細かい区域分けができない場合は、区域分けは町丁目までは提示せず、目安の区域分けである旨明言し、検討する地震動の大きさは詳細な検討を行った場合には別紙 2 の図 5 のスペクトルではなく、たとえば告示 1793 号第 2 の Rt を減じることができる係数に倣い、その 3/4 倍の範囲内の値を採用することを可とすることも考えられる。(2×3/4=1.5、1.5×3/4=1.125 であり、隣接する区域のレベルを下回らない。)</p> <p>2) 南海トラフ沿いだが対策不要な地域とした理由のアナウンス  南海トラフ沿いで、超高層建築物の数は少ないとしても免震建築物は少なからず存在するはずの、例えば愛知県東部～静岡県西部、紀伊半島の南側、高知県～徳島県等においては対策不要とされているが、その理由を明確にし、アナウンスすべきである。</p> <p>3. 告示免震建築物に対する設計上の配慮の必要性に関するアナウンス及び告示改正等  対策案の対象は時刻歴応答解析による大臣認定を受ける超高層建築物等とされているが、時刻歴応答解析を用いず、告示 2009 号第 6 の方法で設計された免震建築物（告示免震建築物と呼ぶ）に対しても、長周期地震動対策が必要だと考えられる。本来は同告示改正等必要な対策を併せて行うべきであるが、緊急に対策が必要であることから告示免震建築物を対象から当面除外したのであれば、対策案公布に際し、技術的助言等で一定の設計上の配慮を促すほか、引き続き告示 2009 号第 6 の改正等を行う予定である旨アナウンスするとともに、同告示改正等のため必要な検討に速やかに着手すべきである。</p> <p>上記アナウンスを行わず、告示 2009 号第 6 の改正等も行わない場合、長周期地震動への対策が本来必要な高さ 60m 以下の免震建築物が、経済性の観点から告示免震建築物として設計される恐れがあり、対策案の実効性を損ないかねない。</p> <p>なお、対象建築物を「高さが 60m を超える建築物及び法第 20 条第 1 項第一号に規定する認定を受ける免震建築物」と表現しているが、高さ 60m 以下の免震建築物を含んでいないかのごとき誤解を与える恐れがあるので、2011 年の対策試案の表現に合わせて「法第 20 条第一号に規定する認定を受ける高さ 60m を超える建築物及び免震建築物」とすべきである。</p> <p>4. 補強対策を実施する建築物への現行法令遡及の緩和  既存超高層建築物等に対して必要な補強等の対策を施す場合、構造方法の変更にあたるため、新築と同様の審査を経る必要があると思われるが、構造安全性以外の規定に対する現行法適合をも求められるのであれば、補強を断念せざるを得ない場合も想定される。補強を行う場合には構造安全性以外の規定に対しては現行法適合を問わず、補強を促進すべきである。</p> <p>なお、別添、別紙の個別の記述内容に関する意見は、上記意見と多少重複する内容もあるが、本協会技術委員会委員長である伊藤優から、後日別途提出するので、そちらを参照いただきたい。</p> <p style="text-align: right;">以上</p>
------------	--

伊藤優

超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策案に関する  
意見募集について

氏名	(フリガナ) ソリ モヨコ 蘩理 萌子
住所	東京都中央区八丁堀2丁目5番1号 東京建設会館8階
所属	(会社名) (部署名) 一般社団法人日本建設業連合会 建築部 (建築設計委員会・構造設計部会)
電話番号	03-3551-1118
電子メールアドレス	sori@nikkenren.or.jp
意見	<p>1. (対象部分：別添2 2. 対象地震) <b>地震動(地面の震動)の再現期間は、建設地ごとの地震環境を踏まえ、地点ごとに設定して頂きたい</b></p> <p>レベル2地震動は建設地点で数100年に一度の確率で遭遇するであろう地震に対する地震動強さであり、本対策案では関東・静岡で安政東海地震、中京・関西で宝永地震がその対象地震として設定されています。</p> <p>南海トラフ沿いでは約100～150年の間隔でM8～9クラスの地震が発生しているとされていますが、この評価は単独、連動発生を含めたものであり、その評価にも様々な学説が存在しています。例えば、1707年宝永地震の前の3連動地震として1605年慶長地震がありますが、その地震規模はM8程度と宝永地震よりも小さく、安藤・Glenda (1605年慶長地震のメカニズム、歴史地震、第20号、2005) のように津波地震との指摘もあります。慶長地震以前の3連動地震については、1498年明応地震や684年天武地震が可能性としてありますが、定説はいまだありません (内閣府、南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告 図表集の図3、平成27年)。このように、種々の学説があるなかで、本対策案で関東、静岡での異なる安政東海地震の地震動、中京・関西それぞれの地点での宝永地震時の地震動を、すべて一律レベル2の対象地震動として選定した根拠を明示して頂きたい。</p> <p>2. (対象部分：別添2 2. 対象地震) <b>南海トラフ沿いの地震のみが対象となっていることについて</b></p> <p>対策案は南海トラフ沿いの地震のみが対象となっています。1/8開催の説明会では、内閣府による相模トラフ沿いの検討結果等がまとまれば、その都度対策案として示されるとのことでした。例えば、関東平野では相模トラフ沿いの地震による影響が大きいと考えられ、これによるスペクトルは本対策案のスペクトルを上回ることが予測されます。この場合、本対策案と将来出される相模トラフ地震の結果を反映した対策案との時間差によって、近接する地点で異なる性能の建物が存在することが起きる可能性が有ります。また、本対策案で対象ではなかった地域が、将来の対策案で大きなスペクトルを設定しなければならないということも考えられます。長周期地震動に対する対策としては、同じ手順・</p>

意見

根拠に基づいて設定されたゾーニング・スペクトルが一斉に適用されるべきと考えます。

また、対策案では、関東地域に対して「十分に余裕のある設計を行うことが望ましい」とありますが、十分とする基準があいまいなため、十分とする判断基準を明記して頂きたい。

3. (対象部分：別添 2 3)

**レベル 2 に新たなクライテリアを取り入れることは既往値を緩和する事に繋がる懸念がある**

本対策案では構造計算の適用において地震動レベルを「極めて稀に発生する地震動（以下レベル 2）」としています。そして E-DEFENSE の実験に基づき、例えば層間変形角であれば 1/80 程度の変形角を許容するような説明もありました。レベル 2 における層間変形などのクライテリアに関する具体的な規定値は無いと思いますが、本提案をレベル 2 の審査用地震動と定めることは、結果的に今までのレベル 2 のクライテリアを緩めてしまう事に繋がる可能性があります（例えば、同じレベル 2 で告示波地震動に対しては 1/100、長周期地震動は 1/80 では混乱を招くこととなります）。その意味で本対策案の地震動は、今までのレベル 2 とは別の範疇とする方が適切と考えます。

4. (対象部分：別添 2 3. (1) (2))

**告示免震建物と時刻歴検証免震との整合性をとる必要がある**

告示免震により設計された建物はある程度の余裕度があるという前提で、今回対象外ということになっていますが、告示の 2 倍の大きさの地震動に対し、確実に余裕があると判断することは難しく、時刻歴応答により検証された免震建物と同様に、告示免震建物も検証対象建物として頂きたい。また、告示免震建物の具体的な検証法が整備されるまでは、本対策案での地震動の大きさが告示の 1.5 倍から 2 倍の様な区域では、告示免震建物の計画は不可とするべきではないでしょうか。

5. (対象部分：別添 2 3. (1) ②家具転倒などへの対策)

**家具の転倒などに関する設計法はまだ研究途上であり今後の研究課題として頂きたい**

家具の転倒防止については、認定の審査時に、「設計上の措置についてあわせて説明を求める」とありますが、現在、設計者が判断の拠り所とする研究結果も少なく、現段階での具体的な運用は難しいと思われま。従って、更なる基礎研究を行った上で、具体的な運用方針の基に認定時の審査を行うこととして頂きたい。

6. (対象部分：別添 2 3. (3) 既存の超高層建築物等)

**基礎・地業の補強について**

長周期地震動のレベルが 1.5~2.0 倍の区域に建つ既存の超高層建築物や免震建物では、上部構造をダンパーなどで補強したとしても、杭及び基礎部への地震力を減らす事は容易ではなく、むしろ増大し「極めて稀に発生する地震動（以下レベル 2）」のクライテリアを満足しなくなる可能性があります。この場合補強が必要となりますが、その施工は経験的に極めて困難となる事が予想されま

す。また、補強工事を行う際は基礎下地盤の掘削を伴う事になります。掘削工事そのものの危険性もさることながら、掘削工事中に建物本体の耐震性が低下することも危惧されます。一方で国内において過去に基礎地業の損傷で倒壊に至った建築物はほとんどありません。上記を踏まえるとレベル2という範疇ではなく、別の範疇で検証する方が既存超高層建物の長周期地震動対策をより円滑に進める方向になると考えます。

#### 7. (対象部分：別紙1 設計用地震動作成方法)

##### 区域ごとのスペクトル以外の方法を適用する場合の判断基準について

区域ごとのスペクトル以外に、①基整促による方法、②差分法等による方法を適用することができるが、建物1次固有周期付近で①、②による結果が区域ごとのスペクトルと同等以上であることとされています。同等以上の判断基準があいまいなため、その基準を明記して頂きたい。区域ごとのスペクトルは①の成果に基づくものですが、①は観測記録に基づく統計量であり平均的な地震動レベルが捕えられるものの、規模の大きな地震のデータが限られるためM8以上の地震を対象とする場合には外挿となります。②の方法は詳細な情報(地下構造、震源)に基づいた地震動評価が可能です。入力パラメータが①に比べ多くなることによる不確実性が増加します。いずれの方法にも一長一短があります。このため、区域ごとのスペクトルが最低の地震動レベルとされるのではなく、いずれの方法による地震動評価結果も並列で扱われるべきと考えます。

#### 8. (対象部分：別紙2 4.3大都市圏と静岡県のゾーニング方法と地震動のレベルの考え方)

##### 対策案で示されている3大都市圏、静岡以外の地域が対象外であることについて

対策案では、3大都市圏と静岡のみが対象とされていますが、これら以外の地域は対象とする必要はないのでしょうか。この対策案に他の地域が示されていないことは、これら地域への南海トラフ沿い地震に対する安全情報と捉えられることにはならないか懸念されます。

例えば、地震本部「長周期地震動予測地図2012年試作版」では、徳島県での地震動レベルが大きくなること、徳島県や大分県で継続時間が長い地震動になることが示されています。建築研究資料No.144においても、大分市で非常に大きな地震動レベルになるとの結果も示されています。今回の地域分け、スペクトル設定の検討段階で、その他の地域を対象外とした経緯があるのであれば、それを開示して頂きたい。その他既往研究結果も参照して、総合的にこれらの根拠を明記して頂きたい。

#### 9. (対象部分：別紙2 4.3大都市圏と静岡県のゾーニング方法と地震動のレベルの考え方)

##### 4 地点の応答スペクトルについて既往の研究成果・他の手法と合せた総合的評価として頂きたい

既往の研究報告を参照すると、例えば、

- ① 「土方他：想定東海地震の東京湾岸における長周期地震動予測、日本建築学会構造系論文集、第617号、pp.55-62、2007」では、特に千葉県の湾岸部で告示極稀に発生する地震動レベルを上回る結果が示されています。

② 日本建築学会構造委員長周期建物地震対応ワーキング「長周期地震動対策に関する公開研究集会、2011. 3」では東海・東南海・南海連動地震の3次元FEM解析結果に基づいた、3大都市圏の長周期地震動レベルについて取りまとめられている。この結果と本対策案の区域ごとスペクトルを比較すると、関東平野は過小評価、大阪平野は過大評価となっています。

③ 「山本・吉村：3次元大規模FEMによる東海・東南海・南海連動地震の長周期地震動シミュレーション、日本建築学会構造系論文集, 第677号, pp. 1055-1064, 2012」の結果と比較をしても、特に関東平野では対策案のスペクトルが過小評価となっていることが分かります。

これらの研究成果から判断すると、今回4地域で提示されたスペクトルは安全側の評価となっているものと危険側になっているものが混在していると判断せざるを得ません。それらの既往の研究成果や他の手法との総合的評価を含めて、4地点の応答スペクトルを再考して頂きたい。

#### 10. (対象部分：別紙2 長周期地震動を考慮すべき主な地点について)

##### 地震動強さの段階的区分けについて

地震動の大きさを平野ごとに最大3種類で分けられていますが、大きさが区切られた境界で、一方は告示の1.5倍、もう一方は2倍という場合もありその不連続性が大きすぎると感じられます。連続性を持たせた設定の方法が必要と考えますので、ご検討頂きたい。

#### 11. (対象部分：別紙5-1 超高層鉄骨造の繰返し変形による梁端部破断の検証方法について)

超高層鉄骨造建物における、梁端破断に関するD値評価について、評価式が示されていますが、まず一つの地震動に対してD値が1未満であることの検証は、他の地震動を経験した場合を想定しておらず、複数回地震動の経験を想定するのであれば、D値はもっと抑えるべきと考えます。また評価式自体も限られた実験結果からの評価式と見受けられるので、フレームモデル等による精算解との整合性を含めて、再考して頂きたい。

#### 12. (対象部分：別紙5-2 免震建築物の繰返し依存性の検証方法について)

免震材料が長時間の繰返しに対しその特性が変化することについて設計者が個別に判断するのは難しくメーカー情報に委ねることになります。特に大口徑免震装置の特性は試験データも少なく定量的な評価になりえないのではないのでしょうか。若しくは37条の免震装置認定に長時間繰返し特性に関する情報を付加すべきではないのでしょうか。

また、今回示されている免震材料の長時間の繰返しに対する特性変化は、告示37条で認定されるすべての免震材料について示されていません。示されていない材料に関する取扱いについて、早急に設計手法として具体的な運用を示して頂きたい。

以上

超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策案に関する  
意見募集について

氏名	一般社団法人 日本免震構造協会 入力地震動小委員会
住所	東京都渋谷区神宮前 2-3-18 JIA 館 2 階
所属	委員長：久田嘉章（工学院大学）、幹事：井川望（鴻池組）、境茂樹（安藤・間）
電話番号	03-5775-5432（幹事：境茂樹 029-858-8812）
電子メールアドレス	committ@jssi.or.jp（幹事：境茂樹 sakai.shigeki@ad-hzm.co.jp）
意見	<p>当協会の入力地震動小委員会は大都市圏における長周期・長時間地震動を考慮する必要性を理解しており、今回公表された「超高層建築物における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動案について」の対策の主旨については原則的に賛同する。しかしながら、対策案の内容については多くの再検討すべき課題があり、それについての意見および質問を以下に提示する。</p> <p>なお、以下において、今回の国交省の提案を「本提案」と称する。</p> <p><b>（本提案のスペクトルのレベルについて）</b></p> <p>・本提案の地震動は、内閣府における「南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告」（平成 27 年 12 月 17 日、以下、内閣府報告と称す）を踏まえて、現時点までに得られた技術的知見に基づきとりまとめた、とあるが、本提案と内閣府の地震動とは目的が大きく異なっており、より慎重な検討が必要と考える。すなわち、本提案の地震動は、守るべき最低限の基準である建築基準法に基づく極稀地震動（数百年に 1 度程度のレベル 2 地震動）として位置付けられ、大地震時の地震動の下限値を提示すべきと考えられる。一方、内閣府報告の地震動は、数千年の 1 度程度の最大級地震に対しての方が一の過酷事象への備えることを主眼としており、防災・減災対策を推進するために考慮すべき大地震時の地震動の上限値に近い値が含まれていると考えられる。内閣府報告では「南海トラフ沿いで約 100～150 年の間隔で発生しているとされる M8～9 クラスの地震」とあるが、これは広大な南海トラフの全区間が対象であり、東海・東南海・南海地震などの特定の区間が対象ではない。特に対策案で対象とされている南海トラフの全区間が同時に破壊した 1707 年宝永地震（M8.9）は、約 1500 年間の歴史上 1 度しか存在が確認されておらず、数百年に 1 度の地震ではない。同じく静岡県や中京圏に最も影響があるとしている東海・東南海地震が連動した 1854 年安政東海地震（M8.6）も、歴史的に明確に確認されているのは 1500 年間で 1 度のみである。従って、これら歴史上最大級の地震を基本とする本提案はレベル 2 地震動（数百年に 1 度）でなく、レベル 3 地震動（数千年に 1 度）として扱う方が妥当であると考えられる。</p>



・内閣府報告の応答スペクトルの平均的な振幅レベルと比較し、本提案の OS1、CH1 の値は大きく評価していると思われる。すなわち、内閣府報告の「別冊⑤長周期地震動の推計結果～擬似速度応答スペクトル～」に基づき、OS1、CH1 の地点について、内閣府が対象とした 5 地震（宝永・安政東海・安政南海・昭和東南海・昭和南海地震）について疑似速度応答スペクトル pSv の値を読み取り、過去の地震の発生回数を基に南海トラフ巨大地震による周期 2～6 秒の pSv の平均値と標準偏差を算定した（表 1、表 2 参照）。同表には内閣府報告（2015）の図 3 より選定した類似の対象地震と回数、および周期ごとの平均値と標準偏差の値を示している。歴史地震を 5 地震に分類する際、破壊領域や M の値は大きい方を使用し、応答値は安全側（高い値）になるように評価した。その結果、OS1 地点では平均 pSv=110～130cm/s 程度、CH1 地点の平均 pSv=60～110 cm/s 程度と見積られ、本提案のスペクトルレベル（最大で 160 cm/s）と比較して小さい結果となった。これは過去の南海トラフ沿いの地震の中では中京圏や大阪圏への影響が比較的小さい南海地震の回数が多いためである。従って、南海トラフ沿いでは確かに 100～150 年の間隔で繰り返し発生しているものの、宝永地震や安政東海地震の同時連動型タイプの巨大地震の発生頻度は極めて小さく、建築基準法におけるレベル 2 地震動の扱いとは区別して考えるべきと思われる。

表 1 内閣府報告による南海トラフ沿いの巨大地震による疑似速度応答スペクトルの平均値と標準偏差（OS1 地域）

地震	回数	対象地震	OS1-此花(pSv: cm/s)				
			2秒	3秒	4秒	5秒	6秒
宝永	2	宝永、天武	240	210	210	210	210
安政東海	3	安政東海、明応、永長	150	150	120	60	80
安政南海	3	安政南海、正平、仁和	80	80	100	120	120
昭和東南海	1	昭和東南海	150	150	120	80	80
昭和南海	2	昭和南海、康和	60	60	60	80	80
合計	11	平均	131	125	120	109	115
		標準偏差	63	54	47	53	48

表 2 内閣府報告による南海トラフ沿いの巨大地震による疑似速度応答スペクトルの平均値と標準偏差（CH1 地域）

地震	回数	対象地震	CH1-津島(pSv: cm/s)				
			2秒	3秒	4秒	5秒	6秒
宝永	2	宝永、天武	180	150	120	120	100
安政東海	3	安政東海、明応、永長	150	150	120	120	80
安政南海	3	安政南海、正平、仁和	40	40	40	30	30
昭和東南海	1	昭和東南海	180	150	120	120	80
昭和南海	2	昭和南海、康和	40	40	40	30	30
合計	11	平均	108	100	84	79	61
		標準偏差	63	55	40	45	29

注：対象とする歴史地震は内閣府報告（2015）の図 3 より選定。但し、慶長地震は津波地震と言われており、除外した。M の値に幅がある場合は、大きい方を採用

・基準整備の方法（本提案、別表3）の手法による OS1（此花）、CH1（津島）における pSv を評価した結果、本提案による pSv の大きさに違いが見られ、設計用地震動の評価手法として基準整備の方法は安定性に欠ける値を示すと思われる。すなわち、ここでは表3に示した検討用の震源断層を用いて OS1（此花）、CH1（津島）で計算し、その pSv の値（工学的基盤上）を図1と2に示す。

図1より此花-OS1 では、基準整備の方法と本提案の pSv を比較すると、宝永地震と安政南海地震では周期1～7秒で前者の結果が100～150 cm/s 程度上回る。特に周期1～3秒ではどの地震でも前者の結果が非常に大きな値となっている。一方、表3に示した内閣府報告による pSv は、周期4秒以下で平均値がパブコメ波の pSv に近く、周期5秒以上では平均は50 cm/s 程度小さく、平均+標準偏差(σ)とほぼ同じ値となっている。

図2より津島-CH1 では、基準整備の方法と本提案の pSv を比較すると、宝永地震と安政東海地震では周期4秒以上では整合するが、周期3秒程度以下では前者の結果が50～100 cm/s 程度大きい。一方、内閣府報告による pSv は、平均値はパブコメ波の pSv より50 cm/s 程度小さく、上限値と平均+標準偏差(σ)とほぼ同じレベルである。

以上より、本提案の pSv は、内閣府報告による pSv より大きな値を示し（CH1 では全周期、OS1 では5秒以上で50 cm/s 程度）、一方、基準整備の方法はMや震源距離のとり方で、パブコメ波や内閣府報告の pSv を凌駕する可能性が高いことが分かる。

表3 基準整備の方法による地震動評価のために用いた震源断層

震源断層	Mw <sup>1)</sup>	宝永	安政南海	安政東海	昭和南海	昭和東海
日向灘地震	8.4					
南海域	西断層	○	○			
	東断層	○	○		○(Mw8.1)	
東海域	西断層	○		○		
	東断層	○		○		
駿河沖	8.0	○		○		○(Mw8.1)
備考		Mw=8.9 <sup>2)</sup> 、日向灘沖を加えた4連動でMw=9.0 <sup>1)</sup>	M=8.4 <sup>3)</sup>	Mw=8.6 <sup>2)</sup> M=8.4 <sup>3)</sup>	Mw=8.1 <sup>4)</sup>	Mw=8.1 <sup>4)</sup>

参考文献

- 1) サイト固有の…経験式に基づく…長周期地震動予測(佐藤ほか, AIJ, 2014.1)
  - 2) 超高層建築物における…長周期地震動への対策試案…(国交省, 2015.12)
  - 3) 安政南海, 安政東海のMは, 南海トラフ沿いの…報告(内閣府, 2015.12)
  - 4) KANAMORI, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.82,NO.20, 1977.7
- 計算では, [宝永+日向灘沖][安政南海][安政東海]を対象とした各震源断層位置と破壊開始点は, 1)を参考に設定した

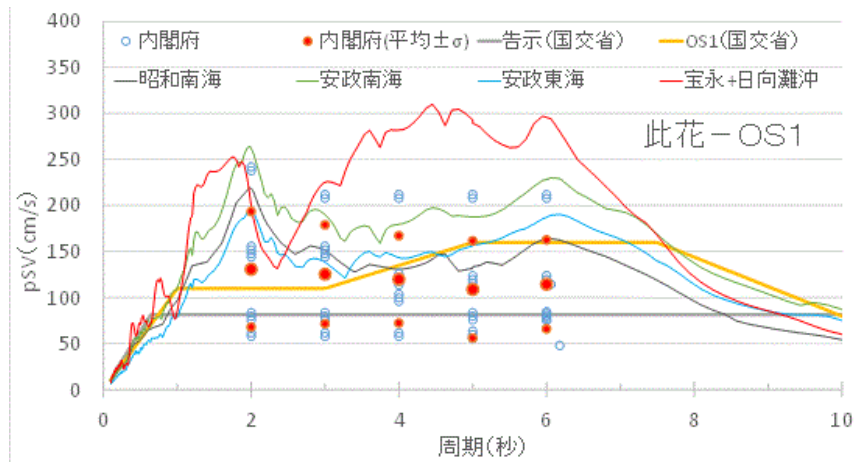


図1 此花-OS1 における基準整備の方法、国交省告示・パブコメ波、および内閣府報告による擬似速度応答スペクトルの比較

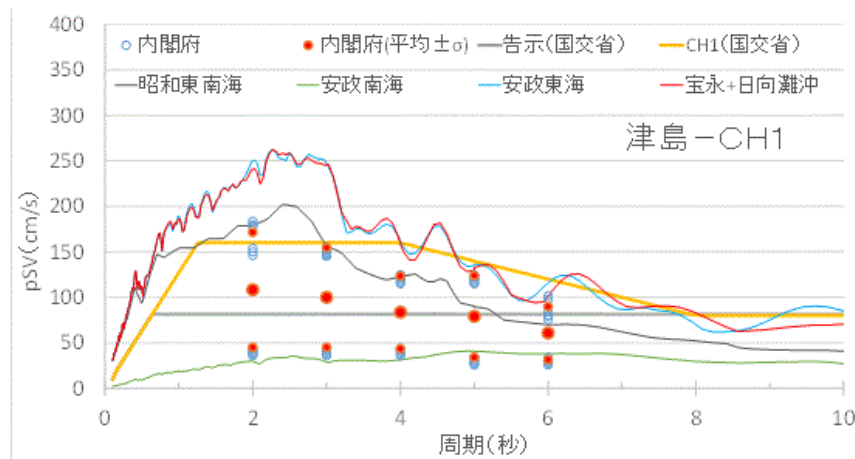


図2 津島-CH1 における基準整備の方法、国交省告示・パブコメ波、および内閣府報告による擬似速度応答スペクトルの比較

基準整備の方法は、現在までわずか約 20 年間の極めて限定的な K-Net の観測データをもとに作られた 1 つの経験的手法に過ぎず、今後、新しい観測データや知見が増えてくると容易に変更しうるものである。すなわち元になっているデータは、小地震が中心、震源近傍データの欠落、旧 K-Net による短い継続時間、深層地盤の増幅率の妥当性が未検証などの課題を有しており、経験的な振幅・位相スペクトルによる基準整備の方法による地震動と、現実の巨大地震による地震動とは大きく異なることが予想できる。従って設計者が自主的に新しい知見を取り入れられるような工夫や、新しい知見で基準が変更され、既存不適格建築物の発生による社会的な混乱を招かないような配慮、例えば設計者による L3 地震動の策定や長い継続時間における 1 次モード共振とそれによる大変形への対策など、事前に余裕度を見込んだ設計法を促すような施策が必要と考えられる。

- ・本提案のスペクトルをレベル 2 地震動として扱って設計した場合、既存の免震構造建築物を含む通常の免震構造建築物では、比較的頻度の高い中小地震（レベル 1 地震動）に対して、応答加速度などの耐震性能が低下することが懸念される。数千年に 1 度という殆ど来る可能性の無い低頻度の地震動に対して膨大な投資を行い、供用年数に数回来る地震動に対して免震効果が低下する設計を推奨することは望ましくない。
- ・上記のレベル 1 地震動の耐震性能の低下を検証するため、本提案の地震動を用いて、一般的な免震構造建築物を例に、建物の応答を試検討した結果を以下に示す。

○検討建物モデル：9 階建て基礎免震モデル（10 質点モデル）とする。各階重量は 10000kN、剛性分布は、上部建物最下層に対して最上層の値が 1/2 となる台形分布とする。また、RC 造を想定し免震層固定時の 1 次固有周期を其々  $36\text{m} \times 0.02 = 0.72$  秒と設定する。想定する建物の諸元を下記に示す。

表 4 建物の諸元

階	階高 (cm)	重量 (kN)	剛性 (kN/cm)
			RC 造
9	400	10000	17124.9
8	400	10000	19265.5
7	400	10000	21406.1
6	400	10000	23546.8
5	400	10000	25687.4
4	400	10000	27828.0
3	400	10000	29968.6
2	400	10000	32109.2
1	400	10000	34249.8
免震	250	10000	—
免震層固定時 1 次固有周期			0.72 秒
上部構造減衰定数 h			0.02

表 5 耐震性能目標

入力レベル	稀に発生する地震動	極めて稀に発生する地震動
上部構造 (RC 造)	・層間変形角 1/1000 以下 ・居住階の応答加速度 200cm/s <sup>2</sup> 以下	・層間変形角 1/500 以下 ・居住階の応答加速度 200cm/s <sup>2</sup> 以下
免震層	200mm 以内	600mm 以内

検討地震波は、

El Centro NS (振幅 50 cm/s 基準)

Taft EW (振幅 50 cm/s 基準)

Hachinohe EW (振幅 50 cm/s 基準)

告示 (神戸位相: 解放工学的基盤)

告示 (八戸位相: 解放工学的基盤)

告示 (乱数位相: 解放工学的基盤)

「別紙2 付録」より

静岡県: SZ1、SZ2

中京圏: CH1、CH2

大阪圏: OS1、OS2

とした。

また、検討する免震装置は、LRB-R1200 (ゴム外径φ1200、ゴム総厚さ248mm)、弾性滑り支承SSR-S750 (摩擦係数 $\mu=0.01$ 、ゴム外形□750、ゴム総厚さ36mm)、使用合計基数10基とし、LRB、SSRの特性バラツキ (基準温度20°C、5°C~30°C) を考慮した。

LRBの諸元を表6に示す。表中の「長周期なし」は、本提案によるL2地震動 (SZ1~OS2) を使用していない、という意味である。

表6 LRBの諸元 (RC造)

項目		長周期なし	静岡県		中京圏		大阪圏		
			SZ1 <sup>2)</sup>	SZ2 <sup>2)</sup>	CH1	CH2 <sup>2)</sup>	OS1	OS2	
積層ゴム外径		φ1000							
鉛径 (mm)	φ180	9基	長周期なしと同じ	長周期なしと同じ	—	長周期なしと同じ	—	CH1と同じ	
	φ240	—			2基		—		
	φ250	—			4基		—		
	φ270	—			—		4基		
	φ300	—			—		2基		
弾性滑り支承 (SSR-S750)		1基			4基		4基		
免震層変位 60cm	Teq <sup>1)</sup> (秒)	標準			4.78		5.33		5.12
		(+)			4.25		4.72		4.53
		(-)			5.16		5.79		5.58
	Heq <sup>1)</sup>	標準			0.114		0.195		0.223
		(+)	0.118	0.203	0.230				
		(-)	0.107	0.183	0.211				
	αs <sup>1)</sup>	標準	1.93	2.69	3.35				
免震層最大 応答変位 (cm)	L2	59.59	58.68	59.36					
	L1	10.82	9.34	8.56					
居住階最大 加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	L2(標準)	199.3	191.8	200.0					
	L1	109.1	111.6	134.4					

1) Teq: 等価固有周期、heq: 等価減衰定数、αs = ΣQd / 建物地震時全重量

2) 長周期地震動以外の波で免震層最大応答変位が生じたため、LRBの構成等は「長周期無し」と同じ

試算した免震構造建築物の応答結果を以下の表5に示す。この結果より、本提案の地震動（レベル2）を考慮し、設計クライテリアを満足させようとした場合、可能性の高いレベル1地震動に対して応答加速度は1.2~1.5倍程度まで増大しており、応答性能の低下が確認できる。参考として、応答結果の一例を、図3、4（使用した全ての入力地震波に対する最大応答値）に示す。

表7 応答結果の概要

地域		免震装置構成	上部構造の応答	
			L1（標準）	L2（パラツキ+）
静岡県	SZ1	長周期なしと同じ (SSR1基使用)	長周期なしと同じ	応答加速度は、長周期なしと同じ。層せん断力は下層部で大きく、1Fで長周期なしの1.3倍程度である。
	SZ2	長周期なしと同じ (SSR1基使用)	長周期なしと同じ	長周期なしと同じ
中京圏	CH1	長周期なしよりSSRを3基増やしている	応答加速度は、長周期なしの1.0~1.2倍程度、層せん断力は1.0~1.2倍程度である。	応答加速度は、長周期なしの1.0~1.1倍程度、層せん断力は0.9~1.1倍程度である。
	CH2	長周期なしと同じ (SSR1基使用)	長周期なしと同じ	長周期なしとほぼ同じ
大阪圏	OS1	長周期なしよりSSRを3基増やしている	応答加速度は、長周期なしの1.2~1.5倍程度、層せん断力は1.1~1.5倍程度である。	応答加速度は、長周期なしの1.1~1.2倍程度、層せん断力は0.9~1.2倍程度である。
	OS2	長周期なしよりSSRを3基増やしている	応答加速度は、長周期なしの1.0~1.2倍程度、層せん断力は1.0~1.2倍程度である。	応答加速度は、長周期なしの1.0~1.1倍程度、層せん断力は0.9~1.1倍程度である。

※「長周期なし」とは国交省パブコメの地震動を考慮しない場合

なお、本検討では表層地盤は考慮していないが、厚い軟弱地盤があり強震動による剛性低下で地盤周期が1秒から2秒になる場合、2割程度は応答が大きくなると予想される。さらに、長い継続時間による繰り返しの免震層のエネルギー吸収能力が低下するので、変形が大きく進行すると予想される。上記の変形を抑えるため、クリアランスの制約を考慮すると現実的にはオイルダンパーを追加するか、鉛プラグの $\alpha_s$ を大きくすることになるが、その見返りとして、上部構造の設計せん断力が大きくなり、積層ゴムの座屈等のリスクが高くなり、上部構造により大きな建築コストがかかることになる。新築の場合、建設コストの上昇を許容すれば、設計の工夫で対応は可能であるが、既存の場合は、クリアランスと上部構造の耐力を大きくすることが必要であり、技術的な対処は可能であるが、建築計画の大幅な変更と改修に伴うコスト増が大きく、施主へ

の十分な説明と理解が必要である。例えば上記シミュレーションでは、積層ゴムのハードニングの影響がでないように、ゴム層厚 248mm の積層ゴムを使用しているが、160mm 程度でクリアランス近く（600mm）では接線剛性は 2~7 倍の範囲なので、上部構造には大きなせん断力が発生してしまう。既存が告示を上回る地域にある免震建物は、対応に大いに苦慮すると予想される。

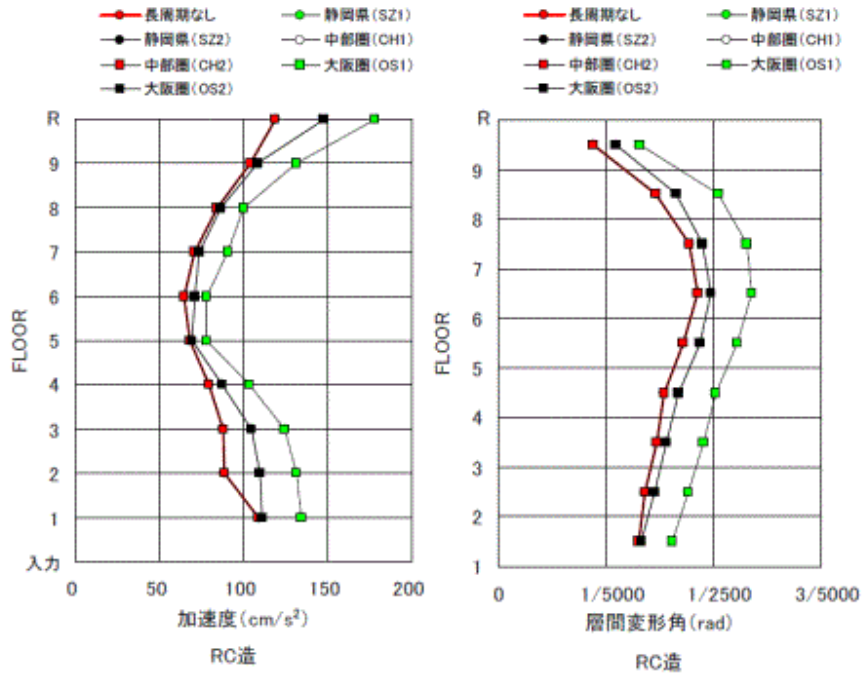


図3 最大応答値（稀地震に発生する地震動 L1（標準））

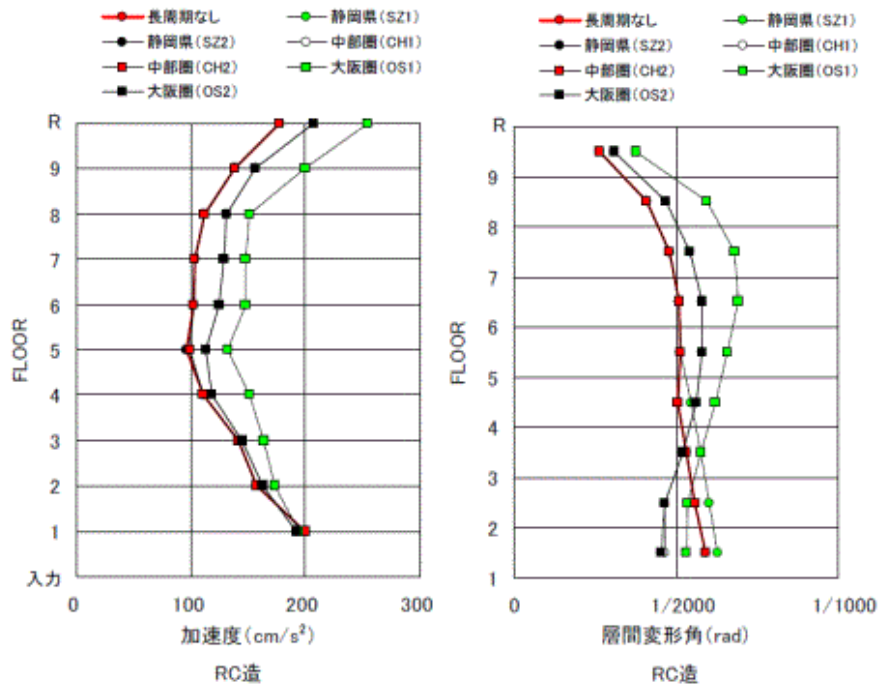


図4 最大応答値（極めて稀に発生する地震動 L2（標準））

**(対策案の適用範囲、対象地震について)**

・他の震源域で発生が想定される地震（たとえば相模トラフ沿いの巨大地震、日本海の巨大地震など）による長周期地震動が考慮されておらず、それらの地震の影響を強く受ける地域では、長周期地震動に対する対策は十分であると誤解され、新規建築物でも次の改正で既存不適格建築となる恐れがある。この点について、しっかりと明記するとともに、社会的にも重要度の高い相模トラフ沿いの巨大地震などに対する地震動レベルを早急に提示して頂きたい。その他、日本海の巨大地震や大規模な活断層の地震（中央構造線や糸静断層帯など）など、全国で無数の長周期地震動の発生源があり、全国的な対応が必要であるが、国交省は今後、どのようにするのか方向性が見えない。厚い堆積層がある3大都市圏以外の都市部でも巨大地震の際、長時間・長周期地震動が現れるのは古くから分かっており、地震学的な成果を待たずとも万が一の場合への対策として、長周期地震動との共振の配慮による余裕度を見込んだ設計法など、工学的判断による対応が必要になっていると考えられる。

・本提案の基礎となった基整促による統計的な手法は、現時点では限定された観測データ（中小地震が大多数、巨大地震の震源近傍のデータが欠落、3分を超える長い継続時間の観測データが殆ど無い、など）をもとにした点震源を仮定した近似解である。このため2010年のパブコメでは断層直上およびその近傍地点は対象外とされているが、今回の提案では、静岡地区や名古屋地区など、断層面直上に位置する地域も対象となっている。2011年東北地方太平洋沖地震は沖合遠方の地震であり、2010年のパブコメ以降現在までに、M8クラス以上の巨大地震に対する断層近傍の強震記録が急増したとは考えにくく、本提案において断層近傍にも適用できる根拠を示していただきたい。なお、建築研究資料144号の2-3節には、疑似速度応答スペクトルの周期別の距離減衰が示されているが（次ページの図5）、断層最短距離が50km以下では基整促の改良式は2010年のパブコメ（旧式：オリジナル）に比べて大きくなる傾向を示しており、断層近傍での適用には注意を要すると考えられる。また、この図では断層最短距離20km以下は明示されておらず、20km以下は基本的に適用外と理解される。



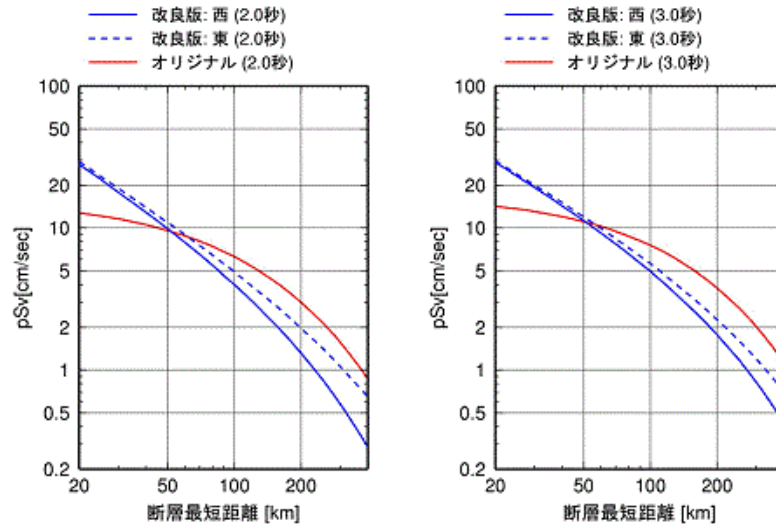


図5 旧経験式と改良式の pSv の距離減衰特性（建築研究資料 144 号より）

・本提案に示された 3 大都市圏以外の区域でも、南海トラフ巨大地震の長周期地震動の影響が大きい地域が認められ（建築研究資料第 147 号 2-4 節で示された徳島や大分など）、このような地域でも設計用地震動の設定について考慮すべきと考えられる。

**（本提案手法以外の方法の適用について）**

・本提案以外の強震動予測手法（有限要素法や差分法など）についても、長周期地震動を適切に想定できると認められる場合は適用可能とされているが、本提案手法とスペクトルが「同等以上」という縛りがあるために、実際にはこれらの手法が適用されない恐れがある。現在の巨大地震の強震観測データベースに限りがあり、同様に長周期地震動に重要な深部地盤構造の精度も改善の余地がある。今後、データが蓄積され、地震動予測手法も日々進歩することが期待されており、研究者や実務設計者の技術開発努力が報われ、最新の研究成果が設計に反映されることが望ましい。

**（再検証建築物の判定について）**

・別紙 5-2 では、免震材料の繰り返し依存性について記載されており、積層ゴムの種類により降伏荷重や等価剛性、減衰定数の低下が示されている。一方、既存建築物のスクリーニングでは、擬似速度応答スペクトルの比較のみとなっており、整合していないのではないか。

**（家具の転倒防止に対する検討と具体的な対策方法について）**

・家具の転倒防止対策は推進すべきであるが、機器の配置や仕様は、使用者が決めることであり、設計者が決めることが出来ない。使用者に対する十分な説明とその具体的な対策方法（部屋の中央に配置された家具や什器の対策含む）を提示すべきである。

正会員 ○久田嘉章 1\* 同 山崎久雄 2\*\*  
同 境 茂樹 3\*\*\* 同 井川 望 4\*\*\*\*

南海トラフ 巨大地震 長周期地震動  
免震構造 設計用地震動 検証用地震動

### 1. はじめに

南海トラフ沿いの巨大地震による長周期・長時間地震動に対する長周期建物の対策推進の社会的要請を受け、2005年12月に内閣府は報告<sup>1)</sup>(以下、報告)を、国土交通省は対策案<sup>2)</sup>(以下、対策案)を公表した。特に対策案は報告をもとに、図1のOS1やCH1等の地域では推定結果から現行の耐震設計基準の振幅レベルを2倍にまで増加させるなど、多くの再検討すべき課題があると考えられる。そこで日本免震構造協会・入力地震動小委員会ではパブコメをまとめ、2016年3月に国交省に提出した。本報告はパブコメをもとに、(その1)では設計用地震動、(その2)では免震構造物の耐震設計に関する考察と課題をとりまとめたものである。

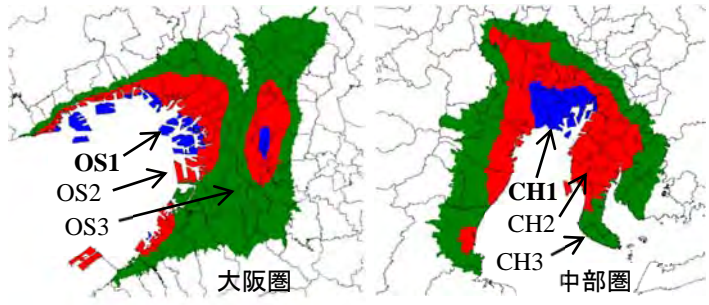


図1 国交省対策案<sup>2)</sup>における大阪圏(左)と中部圏(右)におけるゾーニング

### 2. 設計用地震動に関する考察と課題

#### ① 内閣府報告と国交省対策案のスタンスの違い

対策案は報告をもとに策定したとされるが、そもそも両者の基本スタンスは大きく違う。報告は想定外であった東日本大震災の教訓から、最大級に近い地震による地震動の上限値に近い推定値を提示し、被害が出る場合も前提とした対策の推進を意図している。一方、対策案は最低基準の建築基準法に基づく極稀地震動(L2地震動)として、大地震時の地震動の下限値を提示すべきと考えられる。言わば前者はリスクを提示するのに対し、後者はリスクとリターンの両面から公共の福祉に資する最低基準を工学的判断から提示すべきである。

#### ② 設計用地震動の条件と検証用地震動の必要性

設計用地震動にはいくつかの必要条件がある。まず地震の再現期間では、一般に安全限界用地震動(L2地震動)は数百年に一度程度(例:ISO3010では50年超過確率は10%≒475年に1度)である。その再現期間を大きく超える地震動(数千年に1度など)は、設計した建物の余裕度や安全確保対策のための検証用地震動(L3地震動)として位置付けるべきである。一方、活断層が主な震源となる米国IBCの基準地震動では50年超過確率は2%(≒2475年に1度)の地震動を基準にしているが、工学的判断により2/3倍で低減させている例もあり、参考になる。

最低基準とする設計用地震動としての他の条件は、既存の地震動レベルとの連続性、社会における受け入れ準備体制、さらには建物の耐用年数期間(通常は50程度年以上)で不変であること、などが必要である<sup>3)</sup>。

#### ③ 南海トラフ沿いの巨大地震の設計用地震動

対策案の設計用地震動は上記のいずれの条件も満足していないと考えている。例えば対象地震の再現期間では、対策案で用いた1707年宝永地震(M8.9)と1854年安政東海地震(東海・東南海連動地震、M8.6)は約1500年間の歴史上で明確には1度しか確認されておらず、数百年に1度の地震とするのは困難である。

対策案にある「約100~150年の間隔の南海トラフ沿いの巨大地震」による平均的な長周期地震動レベルを試算する。すなわち表1と図2に、報告の計算結果を用いたOS1・CH1における周期2~6秒のpSVの結果を示す。試算では規模が不確定な地震はできるだけ大きな値を用いたが、単独の南海地震の回数が多いため、平均的には両地点でも60~130kine程度の値であった。歴史地震の長周期地震動は予測値に過ぎないため、長周期地震動が明らかに増幅する地域(3大都市圏など)では、現行基準の数割増し程度を最低限の基準値として、それ以上のレベルはL3地震動とする方が、妥当性があると考えている。

基準整備の方法(国交省対策案の別表3)で提示された方法<sup>2),4)</sup>も、国が定める基準に用いるには安定性に欠ける。すなわち、現在までわずか約20年間の極めて限定的

な K-NET の観測データ（小地震が中心、巨大地震の震源近傍データの欠落、旧 K-Net による短い継続時間、深層地盤の増幅率の妥当性が未検証など）をもとに作られた1つの経験的手法であるため、今後、新しい観測データや知見により容易に変更され、社会的な混乱を招く可能性がある。基準整備の方法による計算例として、表2の震源パラメータによる OS1・CH1 の結果を図2に示す。M の設定や断層面の分割法、点震源までの距離、深さの設定などにより、その値は大きく変化し、300 kine 近い値も示す場合があることが分かる。

### 3. おわりに

最低基準となる設計用地震動には、社会的な受け入れ準備体制や既存不適格建築物の発生による社会的な混乱を招かない配慮が必要である。さらに設計者・技術者による自主的に地震動策定や安全対策に関する新しい知見

を取り入れられるような工夫を阻害すべきではない。例えば設計者による L3 地震動の策定や長い継続時間での1次モード共振と大変形の事前対策、万が一被害が出た場合の事後対応策など、事前に余裕度を見込んだ設計法を促すような施策の推進がより重要であると考えている。

謝辞：日本免震構造協会（JSSI）・入力地震動小委員会による国交省対策案へのパブコメ作成に際し、小委員会委員、および、和田・JSSI 会長には貴重なご意見を頂きました。

### 参考文献

- 1) 内閣府、南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告、平成27年12月17日
- 2) 国交省、超高層建築物における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動案について、平成27年12月18日
- 3) 日本免震構造協会・入力地震動小委員会、第7回技術委員会報告会・資料集、2015年9月30日
- 4) 佐藤智美ほか、サイト固有の特性を反映した経験式に基づく南海トラフ沿いの巨大地震に対する長周期地震動予測、日本建築学会構造系論文集、第695号、pp.37-46、2014

表1 内閣府報告書<sup>1)</sup>による南海トラフ沿いの巨大地震による疑似速度応答スペクトル（左：OS1、右：CH1）  
注：対象とする歴史地震は内閣府報告の図3より選定。その際、日向灘沖地震と慶長地震は除外（後者は津波地震）  
またMの値に幅がある場合や震源域が明確でない場合は、できるだけ大きい方を採用

地震	回数	対象地震	OS1-此花(pSv:cm/s)					CH1-津島(pSv:cm/s)							
			2秒	3秒	4秒	5秒	6秒	2秒	3秒	4秒	5秒	6秒			
宝永	2	宝永、天武	240	210	210	210	210	宝永	2	宝永、天武	180	150	120	120	100
安政東海	3	安政東海、明応、永長	150	150	120	60	80	安政東海	3	安政東海、明応、永長	150	150	120	120	80
安政南海	3	安政南海、正平、仁和	80	80	100	120	120	安政南海	3	安政南海、正平、仁和	40	40	40	30	30
昭和東南海	1	昭和東南海	150	150	120	80	80	昭和東南海	1	昭和東南海	180	150	120	120	80
昭和南海	2	昭和南海、康和	60	60	60	80	80	昭和南海	2	昭和南海、康和	40	40	40	30	30
合計	11	平均	131	125	120	109	115	合計	11	平均	108	100	84	79	61
		標準偏差	63	54	47	53	48			標準偏差	63	55	40	45	29

表2 基準整備の方法<sup>2)</sup>による地震動評価のために用いた震源断層

震源断層		Mw <sup>5)</sup>	宝永	安政南海	安政東海	昭和南海	昭和東海
南海域	西断層	8.4	○	○			
	東断層	8.4	○	○		○(Mw8.1)	
東海域	西断層	8.3	○		○		
	東断層	8.4	○		○		
駿河沖		8.0	○		○		○(Mw8.1)

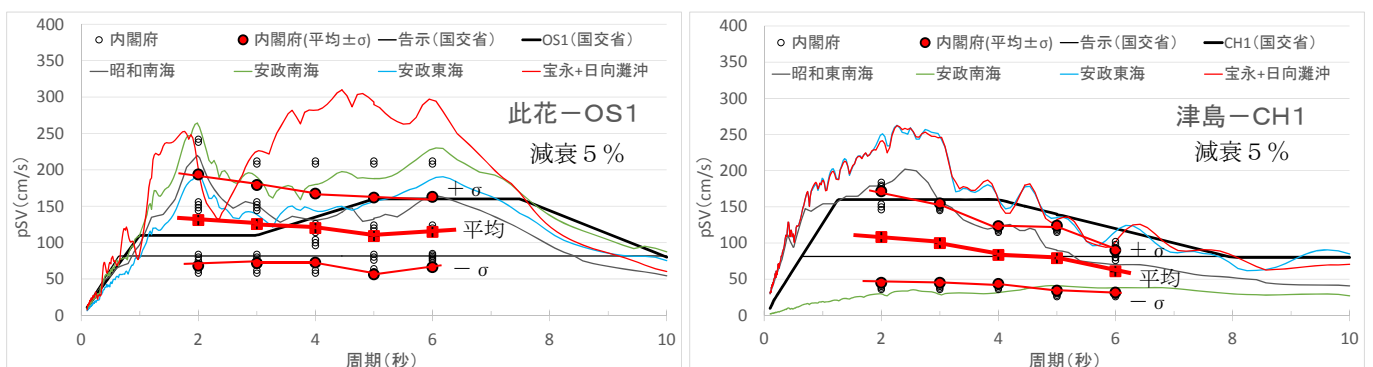


図2 基準整備の方法<sup>2)</sup>、国交省告示・パブコメ波<sup>2)</sup>、および内閣府報告<sup>1)</sup>による疑似速度応答スペクトルの比較

\*工学院大学 1, \*\*ユニオンシステム 2  
\*\*\* 安藤ハザマ 3, \*\*\*\* 鴻池組 4

\*Kogakuin University 1, \*\*Union System Inc.2  
\*\*\* HAZAMA ANDO Corp. 3, \*\*\*\*Konoike Construction 4

南海トラフ 巨大地震 長周期地震動  
免震構造 設計用地震動 応答解析

1. はじめに

その2では、「対策案」<sup>1)</sup>に示される「別紙2付録」の地震動(以下、対策案の地震動)を用い、対策案の地震動を設計用地震動として採用した場合、採用しない場合での免震構造の設計、および応答値に与える影響について検討を行う。

2. 採用地震動

解析に用いた地震動を表1に示す。対策案の地震動は静岡県、中部圏、大阪圏のSZ1,SZ2,CH1,CH2,OS1,OS2とした。図1に対策案の地震動をh=5%としたpSvを図2にh=15%としたpSvを示す。図2の告示波は告示の限界耐力

表1 採用地震動一覧

波形名称	稀に発生する地震動(L1)		極めて稀に発生する地震動(L2)	
	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	解析時間 (sec)	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	解析時間 (sec)
静岡県	SZ1	—	282.0	655
	SZ2	—	249.7	655
中部圏	CH1	—	265.0	655
	CH2	—	292.3	655
大阪圏	OS1	—	262.8	655
	OS2	—	250.2	655
告示(八戸)	76.9	51	384.3	51
告示(神戸)	75.6	70	378.1	70
告示(乱数)	63.5	120	317.3	120
El Centro NS	254.3	53	508.6	53
Taft EW	251.4	54	502.9	54
Hachinohe NS	174.5	233	348.9	233

註) El Centro NS、Taft EW、Hachinohe NSはそれぞれ最大速度振幅を、25cm/s、50cm/sに基準化した。L1の告示波は、L2告示波の1/5倍とした。

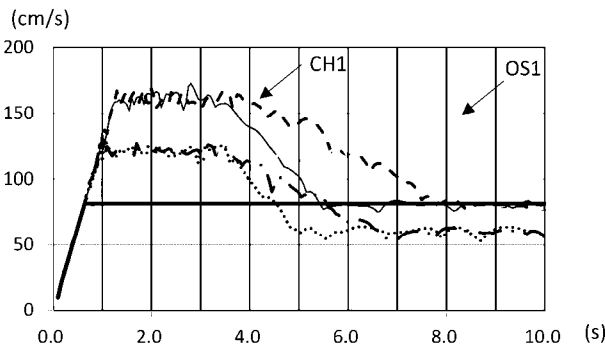


図1 対策案の地震動 pSv h=5%

計算<sup>2)</sup>で用いられる低減率  $F_h=1.5/(1+10h)=0.6$  で低減した値である。h=15%の低減率を免震構造に影響がある1秒から6秒の平均とした値は、0.53~0.60で告示の低減率を下回る結果であった。対策案の地震動は、長時間地震動であるので、減衰の影響を受けやすいことが確認できる。

3. 解析モデルと耐震性能目標

解析モデルは、9階建て基礎免震モデル(10質点)を想定する。各階重量は10,000kN、剛性分布は1階に対して9階の値が1/2となる台形分布とした。RC造を想定し、免震層固定時の1次固有周期が建物高さ  $36 \times 0.02=0.72$ 秒になる剛性とした。解析モデルを表2に示す。耐震性能目標を表3に示す。耐震性能目標は、建物の居住性を重

表2 解析モデル

階	階高 (cm)	重量 (kN)	剛性 (kN/cm)	
			RC造	免震層
9	400	10,000	17,120	—
8	400	10,000	19,270	—
7	400	10,000	21,410	—
6	400	10,000	23,550	—
5	400	10,000	25,690	—
4	400	10,000	27,830	—
3	400	10,000	29,970	—
2	400	10,000	32,110	—
1	400	10,000	34,250	—
免震	250	10,000	—	—
免震層固定時1次固有周期			0.72秒	
上部構造減衰定数 h			0.02	

表3 耐震性能目標

レベル	耐震性能目標
L1	上部構造 層間変形角 1/1000 以下 居住階の応答加速度 200cm/s <sup>2</sup> 以下
	免震層 200mm 以内
L2	上部構造 層間変形角 1/500 以下 居住階の応答加速度 200cm/s <sup>2</sup> 以下
	免震層 600mm 以内

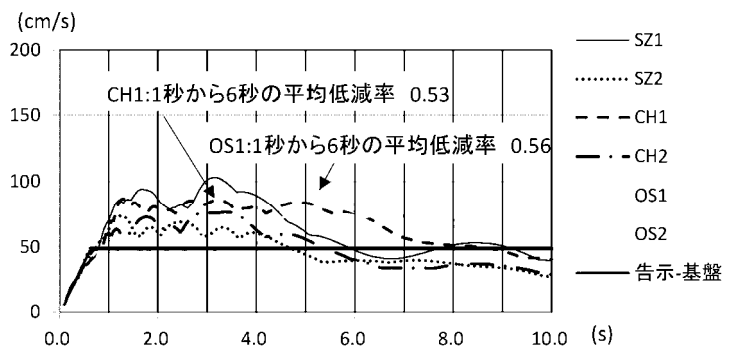


図2 対策案の地震動 pSv h=15%

視し、居住階の応答加速度 200cm/s<sup>2</sup>以下とした。

免震部材は、LRB-R1200(ゴム外形φ1200,ゴム総厚さ248mm)、弾性滑り支承 SSR-S750(摩擦係数μ=0.01、ゴム外形□750、ゴム総厚さ36mm)、使用合計基数10基とし、LRB,SSRの特性バラツキ(基準温度20℃、5℃~30℃)を考慮した。耐震性能を満足するように設計した免震構造の諸元を表4に示す。CH1,OS1,OS2は、耐震性能目標を満足させるため、αs(ΣQd/建物地震時総重量)は、対策案の地震動なしの1.93%からそれぞれ2.69%、3.35%、2.69%と鉛径を太くし、減衰量を多くした。また、Teq(等価固有周期)は、対策案の地震動なしの4.76秒(標準)からそれぞれ5.33秒、5.12秒、5.33秒とSSRを多く用い、長周期化を図った。

表4 免震構造の諸元

項目	対策案 地震動 なし	静岡県		中京圏		大阪圏			
		SZ1 <sup>2)</sup>	SZ2 <sup>2)</sup>	CH1	CH2 <sup>2)</sup>	OS1	OS2		
積層ゴム外径		φ1200							
鉛径 (mm)	φ180	9基			—		—		
	φ240	—			2基		—		
	φ250	—			4基		—		
	φ270	—			—		4基		
	φ300	—			—		2基		
弾性滑り支承 (SSR-S750)	1基			4基		4基			
免震層 変位 60cm	Teq <sup>1)</sup> (秒)	標準	4.78	対策案 地震動 なしと 同じ	対策案 地震動 なしと 同じ	対策案 地震動 なしと 同じ	対策案 地震動 なしと 同じ		
		(+)	4.25					5.33	5.12
		(-)	5.16					4.72	4.53
	heq <sup>1)</sup>	標準	0.114					0.195	0.223
		(+)	0.118					0.203	0.230
		(-)	0.107					0.183	0.211
αs <sup>1)</sup>	標準	1.93	2.69	3.35					
免震層最大 応答変位 (cm)	L2	59.59	58.68	59.36					
	L1	10.82	9.34	8.56					
居住階最大 加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	L2(標準)	199.3	191.8	200.0					
	L1	109.1	111.6	134.4					

1) Teq: 等価固有周期, heq: 等価減衰定数, αs = ΣQd / 建物地震時総重量  
2) 対策案の地震動以外の波で免震層最大変位が生じたため免震部材の構成等は「対策案の地震動なし」と同じ

#### 4. 解析結果

試算した免震構造建築物の応答結果を表5に示す。また、応答加速度結果を図3に示す。図は、全ての地震動に対する応答結果の最大値を示している。この結果より、対策案の地震動を考慮し、耐震性能目標を満足させようとした場合、可能性の高いL1地震動に対して応答加速度は1.2倍~1.5倍まで増幅しており、応答性能低下が確認できる。ただし、解析結果では鉛プラグの温度上昇による耐力低下は考慮していないので、耐力低下を考慮した場合は、ダンパー量を多くする必要があり、加速度や層せん断力が大きくなり、より一層の応答性能低下することが予想される。

表5 解析結果

地域	免震部材構成	上部構造の応答	
		L1 (標準)	L2 (バラツキ)
静岡県	SZ1	対策案の地震動なしと同じ (SSR1基使用)	応答加速度は、対策案の地震動なしと同じ。層せん断力は下層部で大きく、1Fで対策案の地震動なしの1.3倍程度である。
	SZ2	対策案の地震動なしと同じ (SSR1基使用)	対策案の地震動なしと同じ
中京圏	CH1	対策案の地震動なしよりSSRを3基増やしている	応答加速度は、対策案の地震動なしの1.0~1.2倍程度、層せん断力は1.0~1.2倍程度である。
	CH2	対策案の地震動なしと同じ (SSR1基使用)	対策案の地震動なしとほぼ同じ
大阪圏	OS1	対策案の地震動なしよりSSRを3基増やしている	応答加速度は、対策案の地震動なしの1.2~1.5倍程度、層せん断力は1.1~1.5倍程度である。
	OS2	対策案の地震動なしよりSSRを3基増やしている	CH1(中京圏)と同じ

#### 5. まとめ

対策案の地震動を極めて稀に発生する地震動(L2)として扱った設計した場合、既存の免震構造を含む通常の免震構造では、比較的頻度の高い中小地震動(L1)に対して、応答加速度などの耐震性能の低下が懸念される。数千年に1度という殆ど来る可能性の無い低頻度の地震動に対して投資を行い、供用年数に数回くる地震動に対して免震効果が低下する設計を推奨することは望ましいとは言えず、対策案の地震動はL3地震動として扱うのもひとつの方法と思われる。

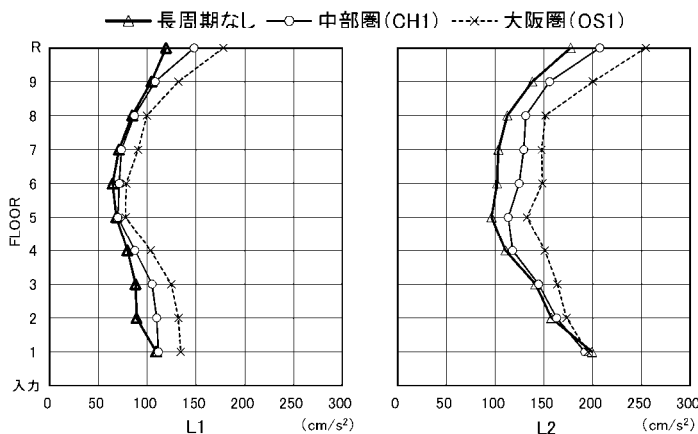


図5 最大応答加速度 (標準)

謝辞: 日本免震構造(JSSI)・入力地震動小委員会による国土交通省対策案へのパブコメ作成に際し、小委員会・委員、および、和田・JSSI会長には貴重なご意見を頂きました。

#### 参考文献

- 1) 国交省、超高層建築物における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動案について、平成27年12月18日
- 2) 2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書 pp.468

\*東京建築研究所 1, \*\*オイレス工業 2, \*\*\*安藤ハザマ 3, \*\*\*\*工学院大学 4

\*Tokyo-Kenchiku Structural Engineers Corp. 1, \*\*Oiles Corp. 2, \*\*\*Hazama Ando Corp. 3, \*\*\*\*Kogakuin University 4

# 南海トラフ巨大地震と 長周期・長時間の設計用地震動 —免震構造協会・入力地震動小委員会のパブコメより—

A-Forum 第12回 フォーラム  
2016年4月21日

久田嘉章

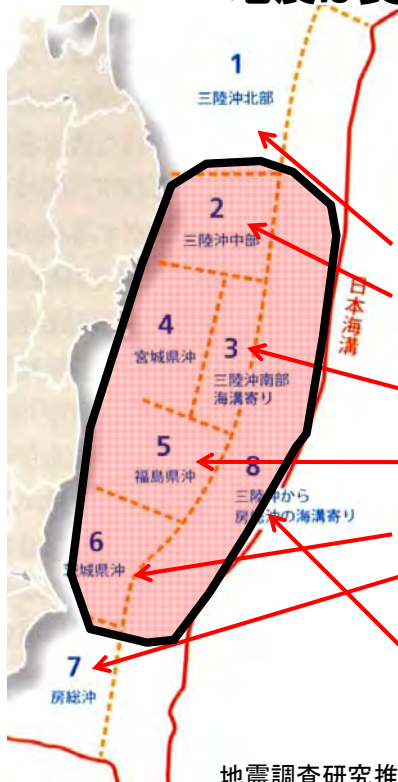
(工学院大、入力地震動小委員会委員長)

## 概要

- 2011年東北地方太平洋沖地震の教訓：  
地震評価は困難⇒ハザード評価値が増大
- 長周期・長時間地震動対策は必須である  
が、内閣府と国土交通省の対策へのスタンス  
(リスクとリターン)が異なるのでは？
- 設計用地震動(L1・L2)と検証用地震動(L3)  
は違う。最低基準(L1・L2)は国が設定するが  
、L3地震動の策定・対策は民間の創意工夫  
⇒国土強靱化政策(世界と戦える技術開発)

# 2011年東北地方太平洋沖地震の教訓

地震活動の長期評価：固有地震から最大級を含む多様性ある地震へ  
⇒地震は良く分からなかったことが良く分かった



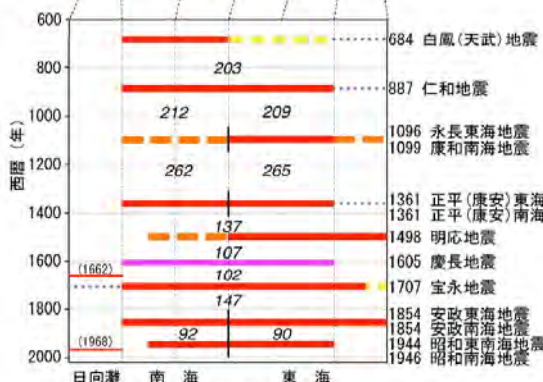
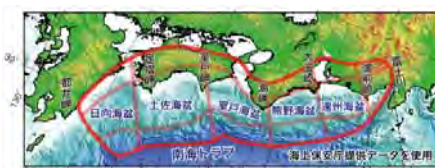
2011年東北地方太平洋沖地震前の長期評価  
(固有地震モデル)

海域	予想されるマグニチュード	今後30年以内の発生確率
1 三陸沖北部	M8.0 前後	0.5%~10%
2 三陸沖中部	(過去に大地震がなく評価不能)	
3 三陸沖南部海溝寄り	M7.7 前後	連動時は 80%~90%
4 宮城県沖	M7.5 前後	M8.0 前後 99%
5 福島県沖	M7.4 前後 (複数地震が続発)	7%程度以下
6 茨城県沖	M6.7~M7.2	90%程度以上
7 房総沖	(過去に大地震がなく評価不能)	
8 三陸沖北部から房総沖の海溝寄り	M8.2 前後 (津波地震)	20%程度
	M8.2 前後 (正断層型地震)	4%~7%

地震調査研究推進本部：三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価について、2009.3

# 南海トラフ巨大地震の長期評価(311前)

⇒海溝型巨大地震は固有地震モデルが前提



■ 確実な震源域  
 ■ 確実視されている震源域  
 ■ 可能性のある震源域  
 ■ 説がある震源域  
 ■ 津波地震の可能性が高い地震  
 ■ 日向灘のプレート間地震(M7クラス)



M8級地震が平均発生間隔:88.2年

地震調査研究推進本部

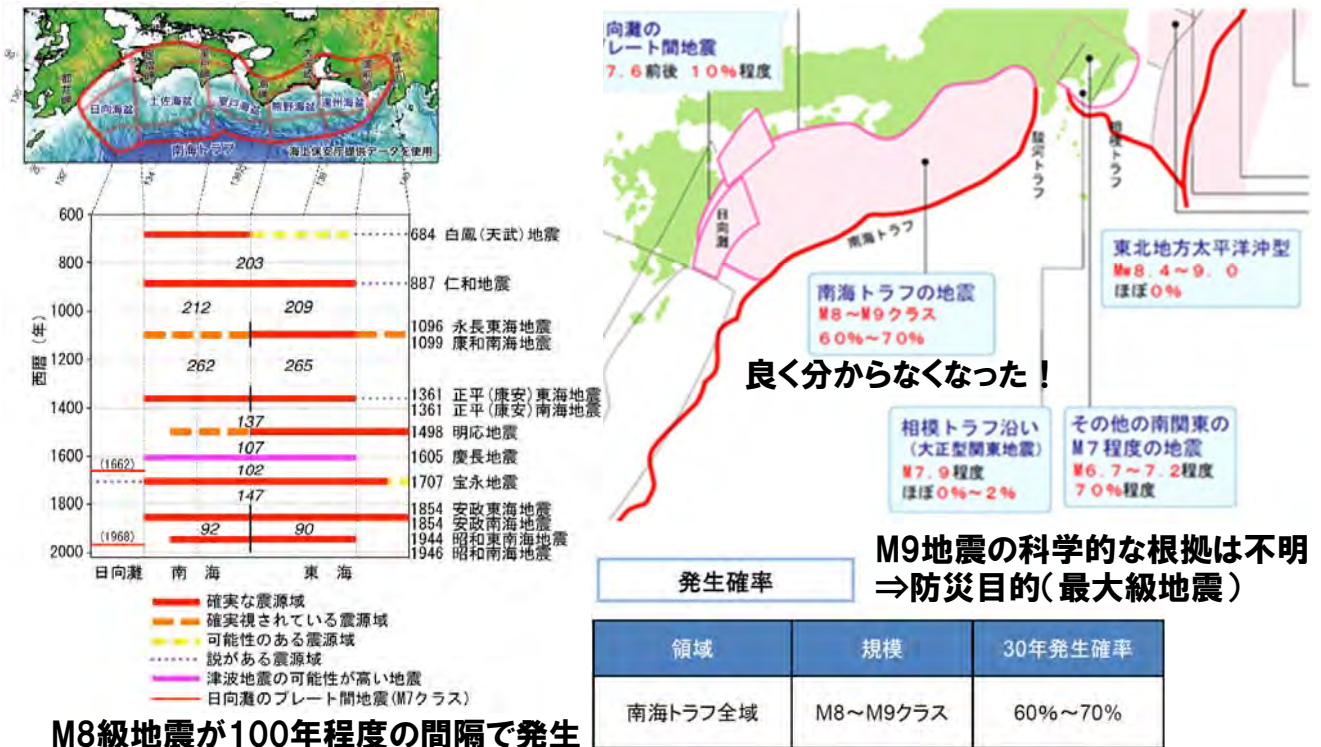
南海トラフの地震活動の長期評価(2013)

「全国を概観した地震動予測地図」2008年版

久田嘉章

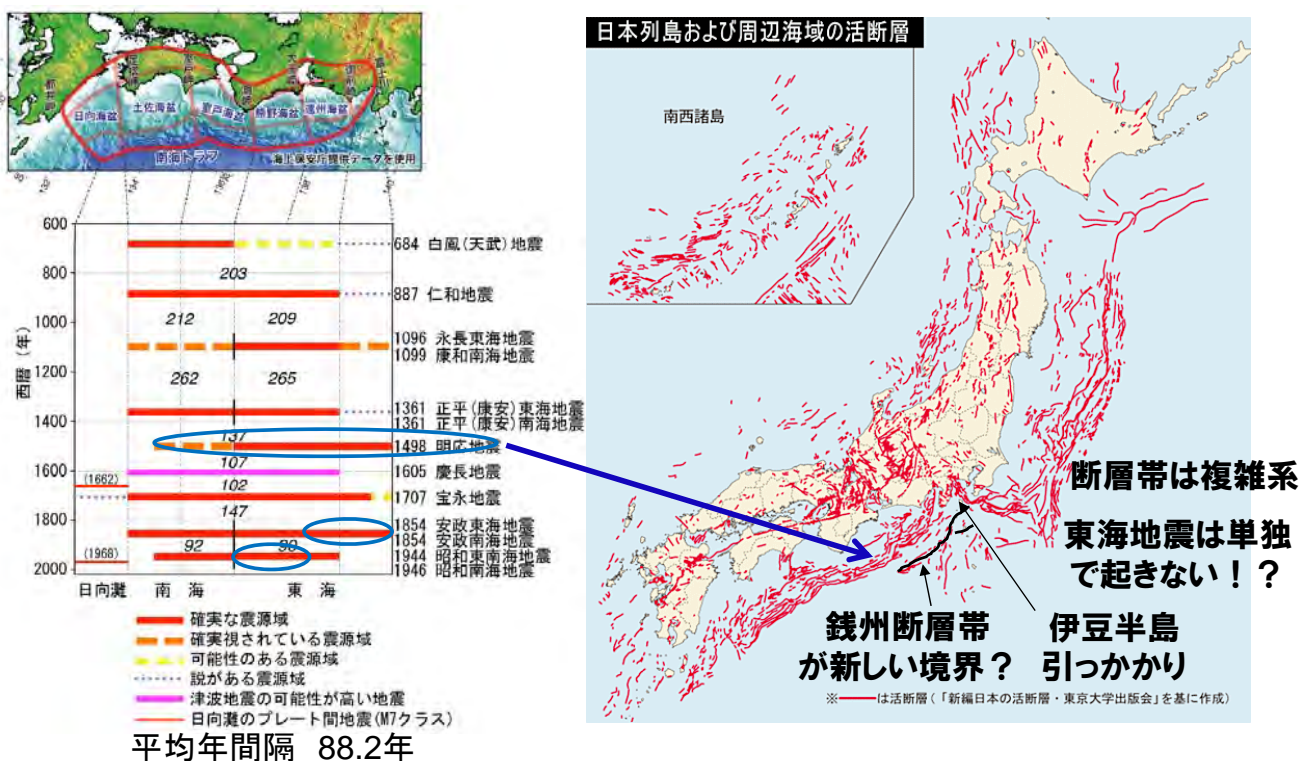
# 南海トラフ巨大地震の長期評価(311後)

## M9地震等を含む多様性ある地震⇒ハザード評価値が増大



地震調査研究推進本部:南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)、2013.5

# 現状:南海トラフ地震は良く分かっていない



地震調査研究推進本部:南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)、2013.5



# 内閣府と国交省のスタンスが違うはず

- ・内閣府における「南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告」(2015年12月17日)

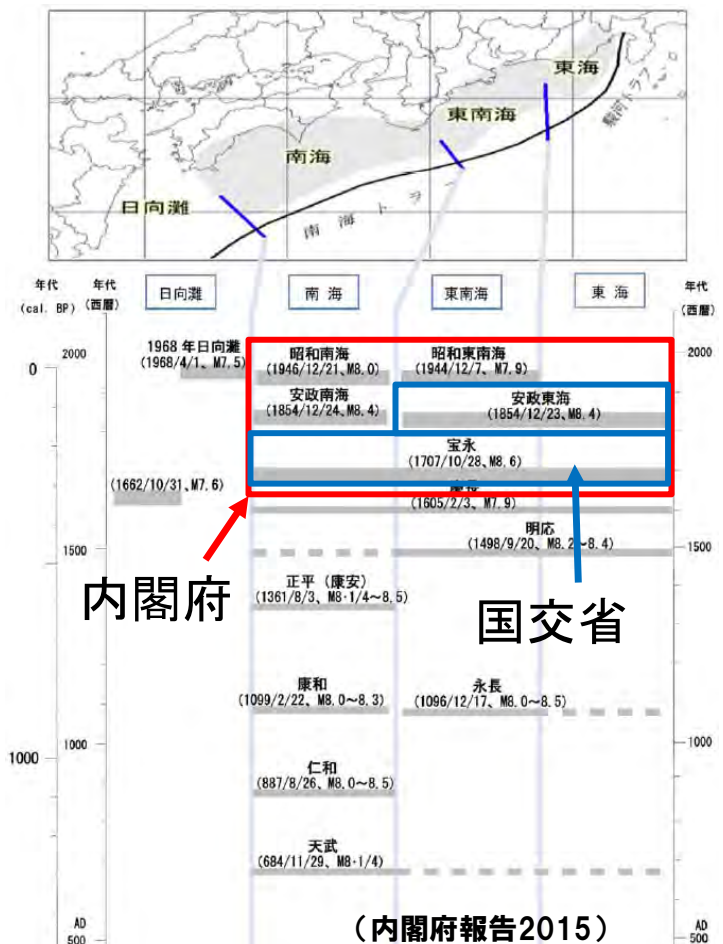
(最大級地震も考慮し、防災・減災対策を推進:リスク担当)  
 ⇒現状では不明な点が多いが、現在の知見で最大級の南海トラフ巨大地震の長周期地震動を推定し、防災・減災対策を推進:耐震設計は対象外、地震動は上限値に近い

- ・国土交通省「超高層建築物における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動対策案について」(2015年12月18日)

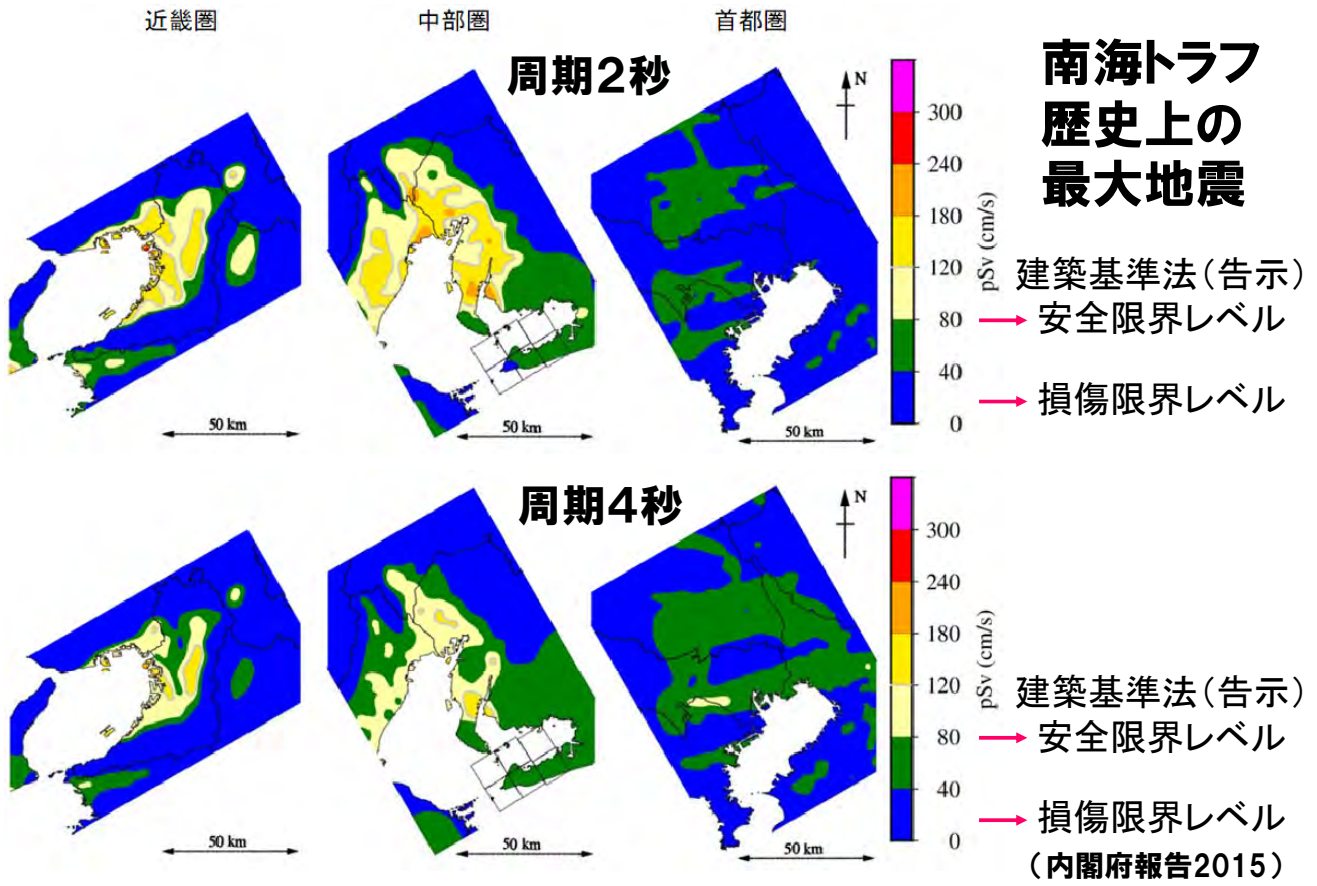
(リスク・リターン両面から総合判断し、最低基準を設定)  
 ⇒内閣府報告の最大級地震動(1707年宝永地震、1854年安政東海地震)から設計用地震動を設定(下限値?)

## 南海トラフの歴史地震

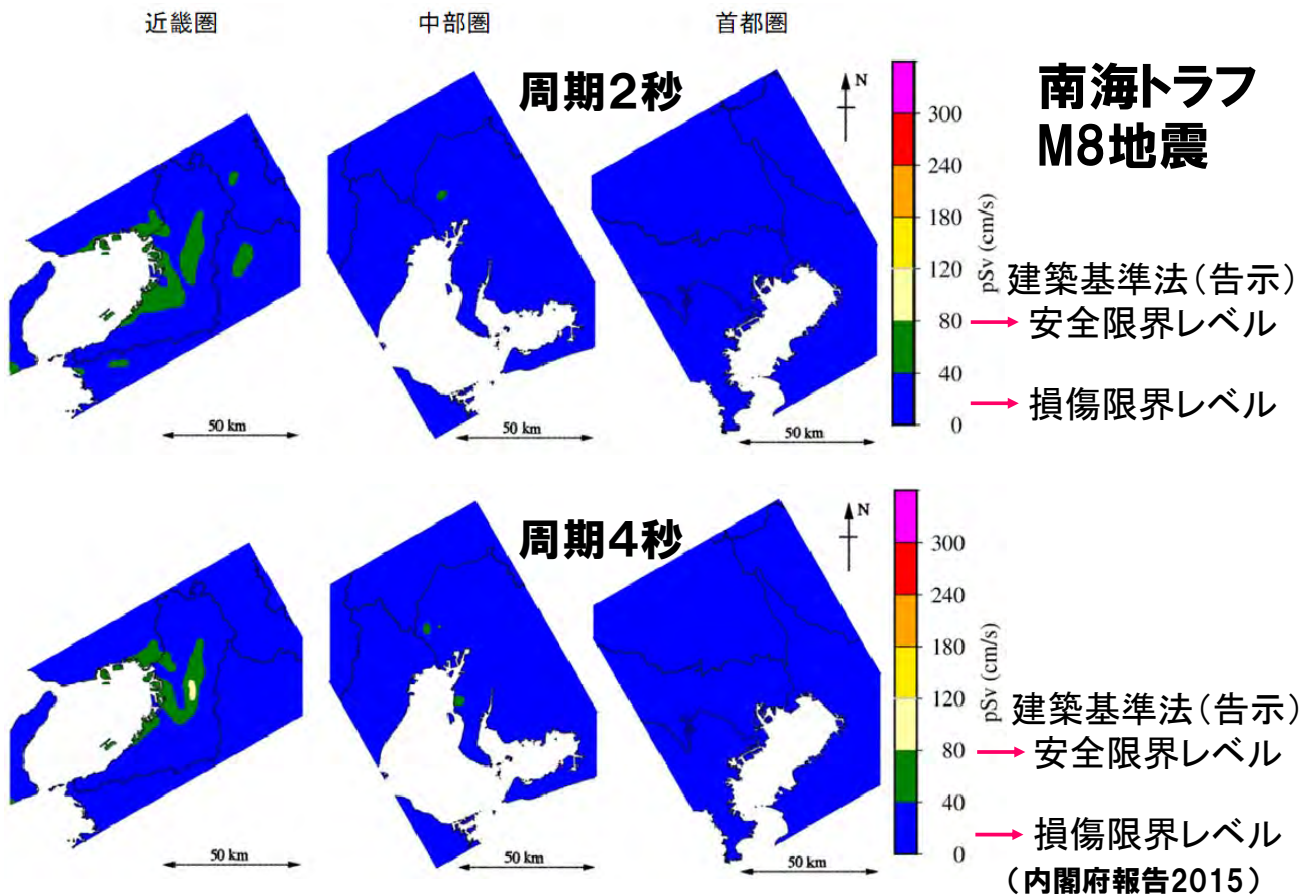
- 南海地震が最も活動的
- 東海地震は単独では起きず、東南海地震と連動
- 1854年安政東海地震は東海・東南海連動の超巨大地震(M8.4)。歴史上明確には1度しか知られていない
- 1498年明応地震の震源域は諸説あり(銭州断層?)
- 東海・東南海・南海地震が全て同時発生した1707年宝永地震(M8.6)も歴史上明確には1度しか知られていない
- 1605年慶長地震は津波地震



# 内閣府(2015):1707年宝永地震(M8.6)のpSv(h=5%)



# 内閣府(2015):1946年昭和南海地震(M8.0)のpSv



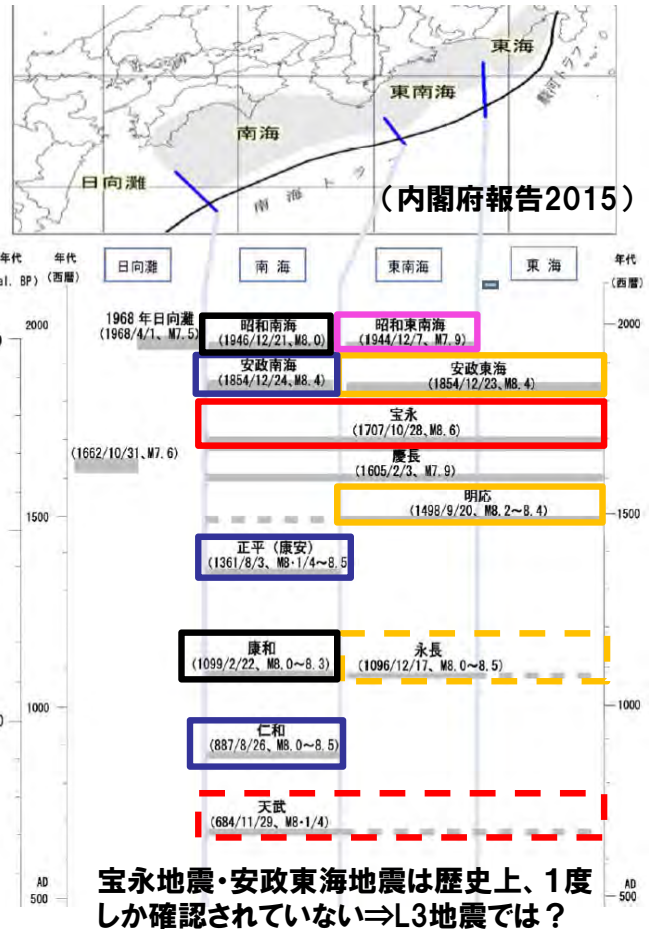
# 工学的判断による 設計用最低基準pSvの設定例

## 大阪圏OS1(此花)

地震	回数	対象地震	OS1-此花 (pSv: cm/s)				
			2秒	3秒	4秒	5秒	6秒
宝永	2	宝永、天武	240	210	210	210	210
安政東海	3	安政東海、明応、永長	150	150	120	60	80
安政南海	3	安政南海、正平、仁和	80	80	100	120	120
昭和東南海	1	昭和東南海	150	150	120	80	80
昭和南海	2	昭和南海、康和	60	60	60	80	80
合計	11	平均	131	125	120	109	115
		標準偏差	63	54	47	53	48

## 中京圏CS1(津島)

地震	回数	対象地震	CH1-津島 (pSv: cm/s)				
			2秒	3秒	4秒	5秒	6秒
宝永	2	宝永、天武	180	150	120	120	100
安政東海	3	安政東海、明応、永長	150	150	120	120	80
安政南海	3	安政南海、正平、仁和	40	40	40	30	30
昭和東南海	1	昭和東南海	180	150	120	120	80
昭和南海	2	昭和南海、康和	40	40	40	30	30
合計	11	平均	108	100	84	79	61
		標準偏差	63	55	40	45	29



# 免震建築の 応答計算例

⇒最大級地震動で設計するとL1地震で応答性能が悪化しないか？

表2 建物の諸元

階	階高 (cm)	重量 (kN)	剛性 (kN/cm)
			RC造
9	400	10000	17124.9
8	400	10000	19265.5
7	400	10000	21406.1
6	400	10000	23546.8
5	400	10000	25687.4
4	400	10000	27828.0
3	400	10000	29968.6
2	400	10000	32109.2
1	400	10000	34249.8
免震	250	10000	—
免震層固定時1次固有周期			0.72秒
上部構造減衰定数 h			0.02

表3 耐震性能目標

入力レベル	稀に発生する地震動	極めて稀に発生する地震動
上部構造 (RC造)	・層間変形角 1/1000 以下 ・居住階の応答加速度 200cm/s <sup>2</sup> 以下	・層間変形角 1/500 以下 ・居住階の応答加速度 200cm/s <sup>2</sup> 以下
免震層	200mm 以内	600mm 以内

表4 LRBの諸元 (RC造)

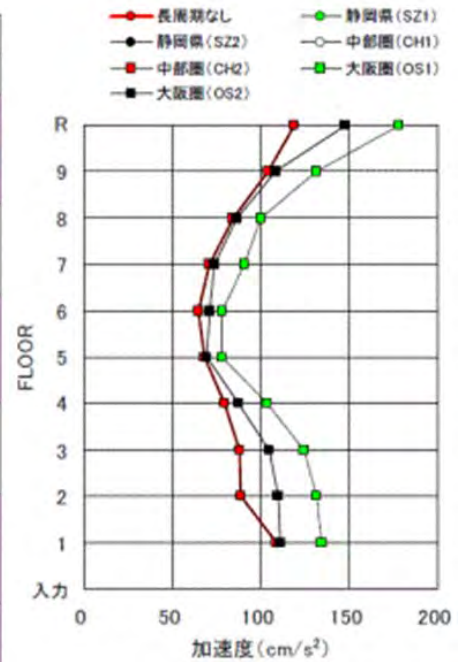
項目	長周期なし	静岡県		中京圏		大阪圏	
		SZ1 <sup>1)</sup>	SZ2 <sup>2)</sup>	CH1	CH2 <sup>2)</sup>	OS1	OS2
種層ゴム外径		φ1000					
鉛径 (mm)	φ180	9基	—	—	—	—	—
	φ240	—	—	2基	—	—	—
	φ250	—	—	4基	—	—	—
	φ270	—	—	—	—	4基	—
	φ300	—	—	—	—	2基	—
弾性帯り支承 (SSR-S750)		1基	—	4基	—	4基	—
免震層変位 60cm	Teq <sup>1)</sup> (秒)	標準	4.78	5.33	5.12	5.12	CH1と同じ
		(+)	4.25	4.72	4.53		
		(-)	5.16	5.79	5.58		
	Heq <sup>1)</sup>	標準	0.114	0.195	0.223		
		(+)	0.118	0.203	0.230		
(-)	0.107	0.183	0.211				
αs <sup>1)</sup>	標準	1.93	2.69	3.35	3.35		
	免震層最大応答変位 (cm)	L2	59.59	58.68	59.36	59.36	
居住階最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	L1	10.82	9.34	8.56	8.56		
	L2(標準)	199.3	191.8	200.0	200.0		
居住階最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	L1	109.1	111.6	134.4	134.4		

1) Teq: 等価固有周期, heq: 等価減衰定数, αs = ΣQd / 建物地震時全重量  
2) 長周期地震動以外の波で免震層最大応答変位が生じたため、LRBの構成等は「長周期無し」と同じ

・「長周期なし」とは現行のL2地震動  
・CH1等の地震動は国交省公開波形  
久田嘉章

# 国交省案を設定用地震動(L2地震) として免震建物のL1地震応答

地域	免震装置構成	上部構造の応答	
		L1 (標準)	L2 (パラツキ+)
静岡県	SZ1 長周期なしと同じ (SSR1基使用)	長周期なしと同じ	応答加速度は、長周期なしと同じ。層せん断力は下層部で大きく、1Fで長周期なしの1.3倍程度である。
	SZ2 長周期なしと同じ (SSR1基使用)	長周期なしと同じ	長周期なしと同じ
中京圏	CH1 長周期なしよりSSRを3基増やしている	応答加速度は、長周期なしの1.0~1.2倍程度、層せん断力は1.0~1.2倍程度である。	応答加速度は、長周期なしの1.0~1.1倍程度、層せん断力は0.9~1.1倍程度である。
	CH2 長周期なしと同じ (SSR1基使用)	長周期なしと同じ	長周期なしとほぼ同じ
大阪圏	OS1 長周期なしよりSSRを3基増やしている	応答加速度は、長周期なしの1.2~1.5倍程度、層せん断力は1.1~1.5倍程度である。	応答加速度は、長周期なしの1.1~1.2倍程度、層せん断力は0.9~1.2倍程度である。
	OS2 長周期なしよりSSRを3基増やしている	応答加速度は、長周期なしの1.0~1.2倍程度、層せん断力は1.0~1.2倍程度である。	応答加速度は、長周期なしの1.0~1.1倍程度、層せん断力は0.9~1.1倍程度である。



⇒ 現行L2設計に比べ、OS1等では加速度応答が悪化

※「長周期なし」とは国交省パブコメの地震動を考慮しない場合

## 国交省提案・基準整備の方法(別表3) 観測データに基づく設計用長周期地震動の作成

・現在までわずか約20年間の極めて限定的なK-Netの観測データをもとに作られた1つの経験的手法。今後、新しい観測データや知見が増えてくると容易に変更しうるものである。

⇒ 使用データベースは、小地震が中心、震源近傍データの欠落、旧K-Netによる短い継続時間、深層地盤の増幅率の妥当性が未検証などの様々な課題あり

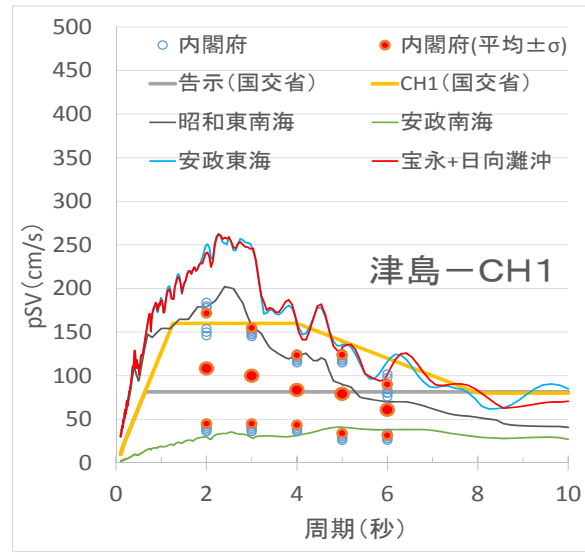
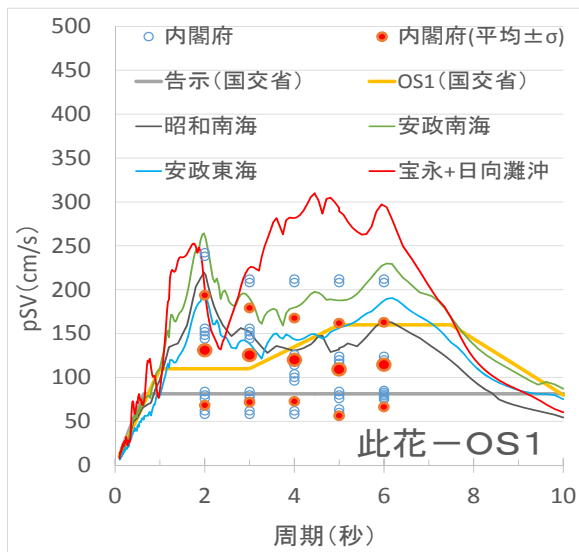
### 南海トラフ巨大地震の震源パラメータの設定例

震源断層	Mw <sup>1)</sup>	宝永	安政南海	安政東海	昭和南海	昭和東海
日向灘地震	8.4					
南海域	西断層	8.4	○	○		
	東断層	8.4	○	○	○(Mw8.1)	
東海域	西断層	8.3	○	○		
	東断層	8.4	○	○		
駿河沖	8.0	○		○		○(Mw8.1)
備考		Mw=8.9 <sup>2)</sup> 、日向灘沖を加えた4連動でMw=9.0 <sup>1)</sup>	M=8.4 <sup>3)</sup>	Mw=8.6 <sup>2)</sup> 、M=8.4 <sup>3)</sup>	Mw=8.1 <sup>4)</sup>	Mw=8.1 <sup>4)</sup>

#### 参考文献

- 1) サイト固有の…経験式に基づく…長周期地震動予測(佐藤ほか, AIJ, 2014.1)
- 2) 超高層建築物における…長周期地震動への対策試案…(国交省, 2015.12)
- 3) 安政南海, 安政東海のMは, 南海トラフ沿いの…報告(内閣府, 2015.12)
- 4) KANAMORI, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.82,NO.20, 1977.7  
計算では, [宝永+日向灘沖][安政南海][安政東海]を対象とした各震源断層位置と破壊開始点は, 1)を参考に設定した

# 南海トラフ巨大地震の各種想定・ 国交省案のpSv、および、工学的判断



- ・現行L2地震動は不完全ながら長周期地震動は既に考慮
- ・現状では過大入力・大変形時の耐震設計法・対策が未整備
- ⇒3大都市圏等での最低基準のL2地震動の振幅レベルは現行L2の数割上乘せ程度では？ 長時間地震動の考慮は必須
- ⇒重要構造物にL3地震動は必須、策定・対策は民間の創意工夫で

## まとめ

### ○2011年東北地方太平洋沖地震の教訓

地震評価の不確定性が増大⇒ハザード評価値も増大

### ○長周期・長時間地震動対策は必須であるが、内閣府と国土交通省のスタンスが異なるはず

**内閣府:**地震や地震動評価は良く分からないが、最大級想定を含む防災対策を推進する必要有(リスク担当)

**国土交通省:**リスクとリターンから専門家・工学的の総合的判断で最低基準(建築基準法による)を決める

⇒なぜ内閣府報告の歴史上最大級地震動で設定？

### ○設計用地震動(L1・L2)と検証用地震動(L3)

・設計用地震動:L1(数十年に1度)、L2(数百年に1度)

・検証用地震動:L3(数千年に1度)は民間に創意工夫

⇒安政東海地震(M8.4)・宝永地震(M8.6)はL3地震動では？

⇒L3地震動で耐震設計すると、L1地震動で耐震性能を悪化

超高層建築物における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策案に関する意見募集について

氏名	(会社名) こぼりたくじけんきゅうしょ 小堀鐸二研究所 [連絡先] 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 KI ビル 小鹿紀英 03-6229-6570 koshika@kobori-rc.com
意見	(全般)  ① 別紙1には、他の手法を用いて地震動評価を行う場合、1次固有周期付近で別紙2に提示のpSvとVE以上であることとされていますが、別紙2のスペクトルはあくまでゾーン内の平均値ですので、50%はこれを下回ることもあるはずです。従って、適切な手法により評価されている場合は、別紙2を下回る地震動も認めるべきではないでしょうか。  (対象部分：別紙1 ) ① 別紙1(a),(b)の方法には、ばらつきを考慮した作成と、別紙2の地震動と建築物一次周期付近で擬似速度応答スペクトルとエネルギースペクトルが同等以上を求めています。別紙2の地震動は区域平均であり、ばらつきは考慮されていません。対策案として全体的な方針が統一されていません。別紙2の地震動のばらつきを示すとともに、(a),(b)の方法で適切に評価された地震動については別紙2以下のレベルも認めるべきだと考えます。また、「継続時間500秒以上」は根拠不明ですので、「応答に及ぼす影響を考慮して適切に継続時間を設定する」程度の表現が望ましいと思います。 ② 震源モデルの詳細が示されていないため、別紙1(a),(b)の方法での評価が不可能であり、別紙2の地震動と比較検証することができません。(a),(b)の方法が形骸化することが懸念され、国土交通省として敢えてそうしていると思われかねません。適切な地震動評価のためにも、別紙2の地震動を評価した震源モデル等の詳細なデータを全て公開して頂きたいと思えます。  (対象部分：別紙2 ) ① 既存構造物のスクリーニングに必要となるので、地震波データが公開されている10区域の擬似速度応答スペクトルのコントロールポイント(周期とスペクトル値)を公開してほしい。 ② 本対策案の対象物は、明確に60m以上の超高層と大臣認定免震建物と明示されています。一方、別紙2のpSvは0秒から表示されているため、中低層建物をこの地震動を用いて動的に検討することは可能ですが、この地震動は2秒以下の周期帯での検討に耐えるだけの信頼性がありますか。もしなければ、「この地震動は周期2秒以下の建物の検討に用いるのは〇〇の理由で不適切」との注意書きが必要だと思われまます。 ③ 関東地方は、広い領域にわたって検討用地震動として1波が示されているのみです。これは緑ゾーンの7秒のpSV値が60cm/s以上の平均値を規準化したものとのことですが、別資料を見ると東京23区の一部で、100 cm/s 超えの区域が存在します。他の3地域にならえば、

100cm/s 超えの地域は赤ゾーン(ただし pSv は 100 もしくは 110cm/s) にすべきではないですか。

- ④ 内閣府の報告書では、最大クラスの地震動も評価されており、地震動波形を公表する際には平均レベルとともに最大クラスの地震動波形も公表する予定と聞いております。今回の国交省対策案で示された地震動はあくまでゾーン内の平均値であるため、ゾーン内の 50%の場所でこれより大きな地震動が予測されることとなります。それではまた、想定外を生み出すことになるため、内閣府の方針にならって、参考として最大クラスの地震動のレベルも提示して頂きたいと思えます。その上で、最大クラスを用いるか否かは、設計者及び事業主の判断に任せればよいと思えます。
- ⑤ 静岡県のような震源直上の地域は、提示された長周期地震動のレベルを設定している経験的な方法の適用範囲外だったと思えます(もともと震源直上の観測点がないから)。そのような長周期地震動のレベルの信頼性がどの程度のものか、使用するうえで知っておく必要があります。その一助として他手法による推計等と設計用に設定されたこの長周期地震動と比較した結果を提示する必要があると思えます。
- ⑥ ゾーン分けにより道を挟んで地震力が大きく異なることとなります。その(基準法の地域係数のような)不整合について、社会(建物主)のコンセンサスが得られているのでしょうか。
- ⑦ 別途の方法で作成した長周期地震動を用いる際には、提示されている長周期地震動を上回っていないと採用できないことになっています。それでは別途の手法で長周期地震動を作成する意味が半減します。妥当な仮定で妥当に作成された長周期地震動であれば、それを採用してよいというルートはないのでしょうか。

(対象部分：別紙 3 )

- ① 観測データに基づく設計用長周期地震動を作成する際に、独自に評価した距離減衰式を適用できる枠組みを必ず設定していただきたいと思えます。今後の技術開発の推進のためにも、強く希望いたします。

(対象部分：別紙 4 )

- ① 別紙 4 (表層地盤の増幅)の内容が難解であり、理解できませんでした。簡略化スペクトルを用いる場合は、すでにサイトごとの地盤増幅の情報が平滑化されており、地震動振幅が地表相当なのか工学的基盤相当なのか判断が不可能と思えます。表層地盤の増幅を考慮するのかしないのかをもう一度整理して提示されることを望みます。

(対象部分：別紙 5 )

- ① [別紙 5-1]鉄骨部材の検証を行う方法として、塑性率と累積塑性変形倍率を用いる方法が示されています。それ以外にも塑性率時刻歴から Miner 則を仮定して損傷度を計算する方法等が考えられます。そのような方法も(示された方法以外の方法も)認めることを明示しておくべきではないでしょうか。
- ② [別紙 5-2]「使用する免震材料ごとに繰り返し依存性の有無及び程度に関するデータを生産者から取得」とのことだが、データの妥当性についての判断が困難だと思われまます。例えば生産者の行う統一的な試験方法を示す等によりデータの妥当性を担保するような方策も併せ

て示すべきではないでしょうか。

(対象部分：別紙6 )

- ① スクリーニングに用いる1次固有周期の定義がなされていません。超高層ビルの場合には、弾性1次固有周期と想像できますが、免震の場合には、いろいろな種類の1次周期があるため定義を示すべきだと思います。
- ② 別紙6のスクリーニングにおいて、1次固有周期のピンポイントのpSvのみで判定するのは不十分だと思います。そこで、
  - ・別紙1にも示されているように、1次固有周期付近として周期に幅を持たせて、その範囲で大小関係を判定すべきだと思います。
  - ・最大値のみで判定すると長継続時間の繰返しの影響が考慮されないため、例えば別紙2のゾーニングにも用いられているように、長周期地震動のpSvを80%で除して割り増したものと設計時地震動との比較で判定するなど、長継続時間の影響を見込んでスクリーニングをすることで再検証対象建物の拾い漏れが無いようにすべきではないでしょうか。



