

本庁舎（行政棟）の耐震性能調査への疑問

齋藤幸雄

2019.10.22

昨年本庁舎に関する調査報告書が提出され、本年8月2日に議会特別委員会において、参考人として報告書に対する問題点を指摘しました。その後8月下旬に高橋先生から、指摘した事項に対して、報告書の内容に問題が無いことが述べられた。

また10月10日に市執行部から指摘事項に対する反論が議会に提出され、10月18日夕刻に、メールで市執行部から下記の連絡を受けました。

その要旨は、指定性能評価機関から聴取した「作成されたサイト波が告示波と同等以上であることを証明できなければ、そのサイト波が適切であると認めることは難しい」という見解を議会に報告されたということです。

議会特別委員会では、上記「同等以上であることの証明」について、私にその証明の可否についてどう考えるか確認すべきである、という委員からの意見があったとのことで、この要望に応える意思があるか確認したいと言う内容でした。

そこで、報告書を改めて見直し、告示波・サイト波の問題を含めて疑問点を整理しなおした結果が以下の通りです。**最も重要なのは、耐震性能評価の目的を再確認することと、熊本地震に遭遇したことに伴う結果に計算結果が対応しているか（矛盾していないか）です。**この内容を議員に示していただき、できれば下記疑問点に対する返答を文書でお願いします。

疑問点 1 耐震性能調査の目的および結果

- ・なぜ耐震性能調査を行ったのかとの市民からの問い合わせに対して、市は「超高層建築物に対して、2000年に法規定（告示1461号）が改正され厳しくなったため」と答えている。もしそうなら、熊本地震が起きるまで15年の期間があったのに、なぜ実施されなかったのか説明する必要がある。
- ・耐震性能評価の方法として、報告書では告示波を含む12波による時刻歴応答解析を行い、結果として告示波のみ下層部で層間変形角が1/100を超え、耐震性能評価結果として「現行基準を満たさない」としている。
- ・しかし、告示1461号の規定は、「極めて稀に発生する地震動によって建築物が倒壊、崩壊等しないことを、運動方程式に基づき確かめること」と規定しているだけで、具体的な数値は示していない。1/100は指定性能評価機関が目標値として設定しているもので法規定ではない。
従って、「現行基準を満たさない」とするのであれば、告示波により倒壊・崩壊することを示す必要がある。
- ・なお、報告書では「建物の固有周期として、原設計と今回検討では、ほぼ同様の値となった」との記述がある。Y方向は原設計・評定シート・今回検討がすべて同じ1.52秒であるが、X方向の固有周期については、原設計が1.59秒、今回検討では1.68秒とある。しかも評定シート（評定結果を簡潔に纏めた内容：日本建築センタ

一) では 1.55 秒であり、原設計の固有周期自体が評定シートと異なっている。原設計が 1.55 秒とすると今回の計算値との間で 0.13 秒の差があり、剛性評価では 17% 程度の違いがあることになりほぼ同様の値とはとても言えず、応答にも影響を及ぼすためその原因を明らかにする必要がある（耐震性能を検討する上で、建物の固有周期は極めて重要な指標である）。

評定シートの値と原設計が異なっている原因についても明確にする必要がある。
でないと、計算・解析の信頼性が根本から疑われる。

（計算方法は原設計当時と現在では基本的には変わっていないが、計算仮定によっては結果に違いが出ることがある。しかし、Y 方向は完全に一致しているのに X 方向で大きく異なるのは大きな問題である。）

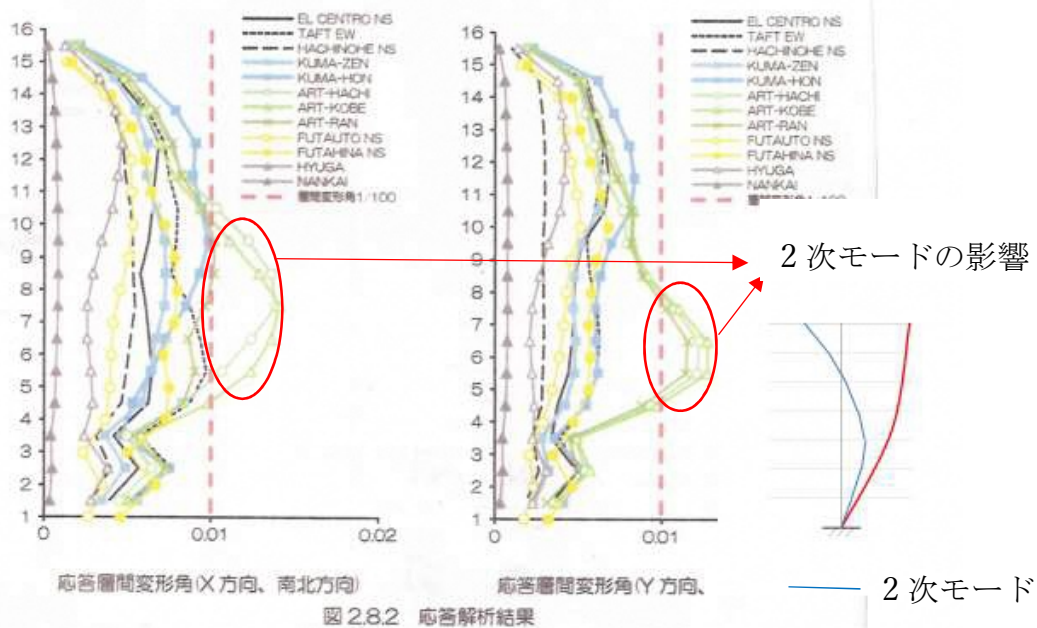
本来の目的

本庁舎は大臣認定を取得した超高層建築物で、高い耐震性能を保持していると考えられる。そんな建物に求められるのは、新築時の審査に必要な入力地震動（告示波を含む）により計算・解析を実施することではなく、仮に今後数十年間本庁舎を継続使用する場合、その間に再び起きる可能性がある熊本地震（震源が日奈久断層帯：布田川断層帯のひずみは解消されている）に対して建物の安全性や機能が失われることがないかを調査するのが本来の目的ではないか。

- ・ そうだとすれば、まず最初にその視点からの検討が必要である。
たとえば、新築では一般に地震地域係数（Z）を考慮しているが、熊本地方は地震地域係数が 0.8～0.9 と規定されている中で、熊本地震が起き、益城町では 2 度に渡って震度 7 を記録しており、もはや Z は破綻していることは明らかである。
従って、今後本庁舎の敷地地盤で震度 7 が起きることが予想されるのであれば、Z を考慮しない検討も必要である。
（このような実例としては、静岡県庁舎東館（16 階建て）がある。東海地震がいつ起きても不思議ではないとの研究者からの指摘に対して、超高層の認定を受けた建物ではあるが、一段と大きな地震動を想定して検討を行い、耐震補強を行っている）
- ・ このためには、今後発生の可能性のある日奈久断層帯を震源とするサイト波による検討が第 1 である。
- ・ **最新の調査結果に基づいたサイト波による本庁舎の耐震性能評価が本来の目的であり、告示波による検討は、新築の場合に必要なとしているだけで、一定の耐震性能を確保するためのものに過ぎず、告示波による検討は何ら将来の耐震安全性を保障するものではない。**

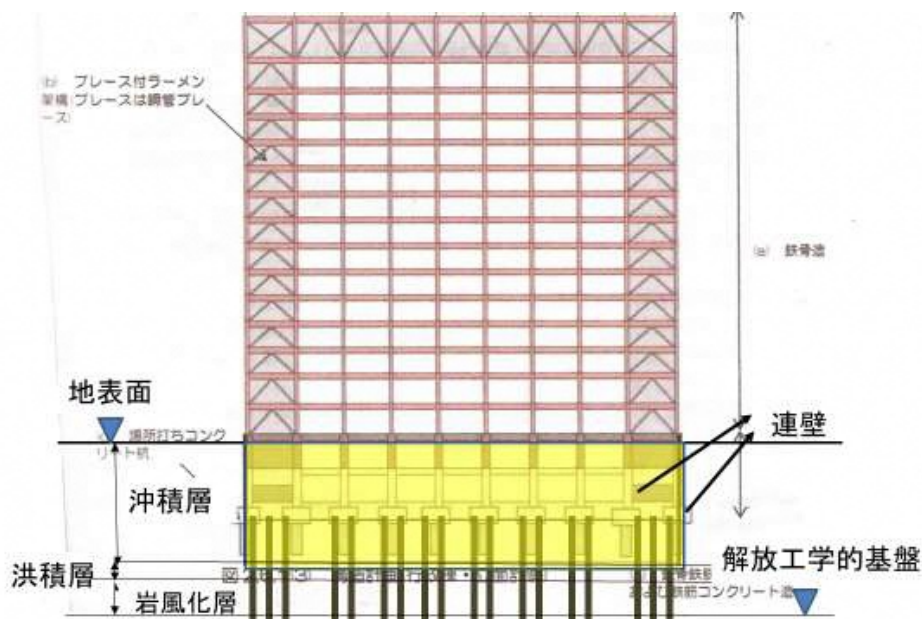
疑問点2 告示波の扱いおよび結果について

- ・疑問点1で示したように調査の目的からは、既存建物である本庁舎は熊本市に影響のある断層帯調査結果に基づいた日奈久断層帯を震源とするサイト波による応答が最重要であり、その結果に問題がなければ耐震性能に関しては、他の入力地震動による応答結果は現実的に意味を持たない。告示波についても同様である。従って、「作成されたサイト波が告示波と同等以上であることの証明」は必要ないと判断する（改めて、指定性能評価機関で審査を受ける意義が認められない）。
- ・既存建物に対しては、告示波は全国各地の断層帯を想定しているものではなく、1981年に改定された耐震基準で新たに導入された構造特性係数（ R_t ）曲線に準拠しているだけで、その妥当性については全く検証されていない。また個々の断層帯に対応しているわけではないので、大地震を引き起こす断層帯が判明している場合や南海トラフ地震の場合は、それらの地震を対象に検討するのが当然と言える。
- ・サイト波による検討の結果、耐震補強が必要と判断した場合は、指定性能評価機関で審査を受ける必要がある。
その場合、市執行部が調査した結果では、指定性能評価機関の運用として、告示波の使用が実質的に必要であることが明らかになった。
- ・告示波を含む12波の応答結果は、告示波の下層部での応答を除くと、他の9波の応答を含めてすべてが1/100以下になっており、ほぼ問題のない結果である。
- ・告示波による下層部の応答結果は建物の2次モードが大きく影響していることが明らかである（有識者による疑問に対して、検討側から同様の回答がなされている）。



これは、敷地地盤における常時微動調査の結果、表層地盤の卓越周期が 0.49~0.50 秒（各層の S 波速度からの計算でも 0.48 秒程度）であり、建物の 2 次固有周期（0.57 秒、0.52 秒）に非常に近いたため、2 次モードの影響が大きくなっていることが原因であると推定できる。

- この地盤の卓越周期は、杭等が何もない自然地盤のもので、本庁舎の地下構造・基礎（下図）の影響を考慮すると、恐らく卓越周期はかなり短くなり（例えば 0.3 秒）、建物の 2 次固有周期に大きな影響を与えることはなくなると考えられる。
（表層地盤での増幅率も小さくなる可能性が大きい、これを考慮しなくても、応答値が 1/100 以下に収まる可能性が大きい）



- 告示波の応答は、実状を考慮すればすべて 1/100 以下に収まる可能性が大きく、告示波を使用した場合でも、「サイト波が告示波と同等以上であることの証明」は必要としない。
- なお、2 次モードの影響についての国の判断は、高さ 60m 程度の建物（固有周期で 1.8 秒程度まで）では影響は小さく、1 次モードのみを考慮して問題ないとしている。本建物は固有周期が 1.5 秒代であり振動論的には高さ 60m と同様と見なすことが出来る。

2000 年の法改正で新たな計算法として規定された限界耐力計算（簡易に応答計算ができる）は、1 次モードのみを考慮した計算方法であり、本例のように 2 次モードが大きく影響するようなケースが存在するとすれば、根本的に見直さなければならない事態となる。

- ・サイト波（表層地盤や深層地盤等の影響を考慮している）も表層地盤を考慮しているにもかかわらず、応答結果からは2次モードの影響は見られない。
これは、告示波は表層地盤のみを考慮しているために、表層地盤と深層地盤の間での地震波の重複反射を考慮していない等で、表層地盤の影響を過大評価している可能性が大きい。
- ・本庁舎の構造は大架構形式であり、固有周期も0.025H(当時の設計の多くは0.03H)と適度な剛性を有しており、X方向は建物の高さと同程度のため、通常は中間より少し上部の階で応答変形が最大となる。Y方向は(高さ/幅)が比較的大きく上層部で最大となる。熊本波による応答は正にそうになっているが、告示波による応答は異常と言える。
- ・仮に本敷地での熊本地震(本震)の震度が6弱と小さめに評価しても、少なくとも記録した熊本地震(前震)と同程度以上の地震力が作用していると考えられ、計算された応答せん断力を比較すると2次モードが卓越している場合は、下層部で告示波の応答の半分以上(1/150以上)の変形が生じたはずである。
しかし、調査報告書によれば、外装材の変形追随性は1/200程度であるが、落下もしていないし、大きな異状が認めれていないことから、2次モードが卓越しないことが証明されている。
- ・解析で最大層間変形になっているY方向6階の外装材を再調査すれば、1/150程度の変形が起きていれば、その痕跡が認められるはずであり、再調査すべきである。
(屋上からの清掃用ゴンドラの使用等が考えられる)
- ・実際の地盤系の卓越周期を明らかにする方法を提案する。
建物の地下2階床(1階床でも可)において常時微動測定を行えば、本庁舎の地盤・地下構造・基礎を含めた卓越周期を明らかにすることができる。
大変簡単な測定なので、是非実施すべきである。
- ・最後に告示波に関して大きな疑問がある。
告示1457号に、表層地盤の増幅率の計算について、次のような記述がある。
 - ・地盤調査によって地下深所に至る十分な層厚と剛性を有し、かつ、次のイからハまでに掲げる基準に適合する工学的基盤を有すること確かめること。
 - イ 地盤のせん断波速度が約四百メートル毎秒以上であること。
 - ロ 地盤の厚さが五メートル以上であること。
 - ハ 建築物の直下を中心とし、表層地盤の厚さの五倍程度の範囲において地盤の深さが一様なものとして五度以下の傾斜であること。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき地盤からの地震動の増幅がこれと同程度の増幅であることが確かめられた場合にあっては、この限りでない。

本庁舎の敷地地盤が、建設当時行われた地盤調査によると、工学的基盤に大きな傾斜が認められる。このため、工学的基盤が5度以下の傾斜であることを確認す

る必要があるが、行われていないので、増幅率の計算が妥当なものか判断できない。

疑問点 3 基礎杭の被害について

- ・ 報告書では、告示波による杭への影響を検討すると、ほとんどの杭に大きな被害が生ずるとしている。
この原因として、有識者の質問に対して、ほんのわずかな鉄筋しか入っていないことを挙げているが、現在使用されている先端拡底杭と違って、ストレート杭（杭の軸径と先端径が同じ）のために軸径が大きく、現在の杭のような多くの鉄筋を必要としない。
- ・ 検討方法は、一般に行われているのと同様の方法である。この方法は、地盤の中に1本の杭が存在する状態での検討である。新築の場合は、杭に対する影響を大きめに評価することで、安全側の検討法として定着している。
- ・ 本庁舎の特徴は、非常に杭の断面積が大きくかつ地下外壁（連壁）が深さ19mの非常に堅固な地盤まで構築されていることである（前ページ参照）。
これをどのように評価するかが、杭に被害が生じるかどうかの判断に大きな影響を及ぼす。
- ・ 地下外壁（連壁）は厚さ60cmあり、その仕様（コンクリート強度や配筋）も設計図に明記されている。従って、連壁を仮設ではなく本体使用することを前提に設計していることが分かる。連壁は大臣認定の必要はなく、本庁舎の場合は施工を請け負った建設会社が日本建築センターで技術評定を受けているので、本体使用（設計図通りの仕様）として施工されている。（関連資料を9月6日に議会事務局に送付済みである）。（本庁舎のように設計図に明記されている例は珍しく、本体使用を前提に設計されていることに疑いの余地はない）
- ・ 連壁による入力地震動の低減効果を考慮しなくても、杭頭に作用する地震力は連壁も負担することで大幅に低減され、杭頭が損傷を受ける可能性は極めて小さくなり、杭が支持力を失う可能性はほぼないと言える。
- ・ 本庁舎での熊本地震での震度は気象庁の推定震度分布および地震ハザードステーション（消防局と本敷地の表層地盤での増幅率がほぼ同じである）から震度6強と推定されるが、仮に1ランク低い震度6弱程度であったとしても、計算結果からB2階での応答せん断力（地震力）は、告示波と熊本波（前震：震度5強）はほぼ同程度であることから、計算結果からは大きな被害を受けていることになる。
- ・ これを立証するために、杭頭部のコア抜き調査が必要である。長さ3mのコアでも杭頭部に十分到達するので、比較的簡単に行える。

総合判断

- ・将来予測として示された日奈久断層帯による地震動による本敷地での最大震度は6強（九州大学による調査）であり、現行の建築基準法で考慮されている「極めて稀に発生する地震動」や一般の建築物に課されている2次設計での大地震に相当する。
- ・1995年に近代大都市で初めて起きた大震災（兵庫県南部地震：阪神淡路大震災で初めて最大震度7を記録）では、1981年に改定された耐震基準（新耐震）により設計された建物はピロティのある建物等一部を除いて被害が小さかった一方で、旧耐震基準で設計された建物は崩壊にまで至った建物が多数確認されたため、同年耐震改修促進法が策定され、耐震診断・耐震改修が行われてきた。
- ・一方で超高層建築物が大地震に遭遇した初めてのケースでもあった。神戸市には多くの超高層建築物が存在したが、多くが地震地域係数を0.8とした場合に相当するレベル（レベル1：20kine、レベル2：40kine）で設計していたにも関わらず、大きな被害を受けなかった（原因は、入力損失を考慮しないと説明がつかない）。
- ・超高層建築物は設計が始まった当初から大臣認定を受け、年代によってほとんど設計手法は変わっていなかったために、設計年代に関わらず耐震改修促進法の対象となっていない。
このため、現在までにほとんどの建物は耐震性能評価や耐震補強を行っていない。一部で行われているのは、長周期地震動に対する検討で、本庁舎の場合は長周期地震動に対しては全く問題ない結果である。
- ・本庁舎はレベル1：25kine、レベル2：40kineで検討されている。設計当時は地震地域係数が0.8だったにも関わらず、レベル1は1.0相当の25kineとしている。レベル1の検討は非常に重要で、この応答結果を参考に設計用地震力を設定しているからである。（60m以下では法規定に従って設計用地震力を計算している）。従って十分な耐震性能を有していると言える。
- ・1981年の耐震基準の改定に伴って、熊本市の地震地域係数（Z）は0.8から0.9に改定された。もし設計がレベル1を20kineで検討が行われていたとしたら、改めて耐震性能評価を行うことの根拠が明確になると考える。しかし実際には逆で、Zを1.0として設計用地震力を設定していたのであるから、本来は全く耐震性能評価をする必要のない建物と考える。
- ・熊本地震と兵庫県南部地震も共通するのは、内陸直下型の地震で主要動の継続時間が短い地震である。阪神淡路大震災での被害状況と合わせて考えると、本庁舎は震度6強の地震で大きな被害を受けて機能不全に陥ることはほとんど考えられず、計算だけに頼り切った結果で耐震性能を評価し、結果として建て替えすべきとの結論はとても受け入れられるものではない。
- ・もし耐震性能不足を理由に本庁舎の建て替えを実施すれば、前代未聞の出来事と言っても過言ではない。

市の調査結果と筆者の主張が大きく食い違っているので、どちらの主張に妥当性があるかを判断するためには、ここで提案した調査を行うことが必要である。
(調査費に多額の費用がかかるとは考えにくい)

ここで提案した調査については、実施可能な業者（複数）に調査費の見積もりをすれば多額の費用が必要かどうかは明確になります。調査は、規模の大きな地盤調査会社でも可能な内容ですので、九州にも実施可能な業者があるはずで
議会で必要な予算を確保して、実施されることを望むものです。
政府の地震調査研究推進本部は「常時微動を観測する利点は、いつでもどこでも簡単にかつ経済的に測定できる」ことを挙げています。

おわりに

最後に、神戸市で多数の 60m 以下の建物や 5 棟の超高層建築物を設計しましたが、阪神淡路大震災での震災後の調査で、幸い大きな被害を被った建物はなかったものの、設計した建物が初めて損傷を受けた状態を目の当たりにした経験から言えることは、決して構造計算通りにはならないと言うことと、超高層に関しては、設計で想定した地震動よりはるかに大きな地震動を受けたにも関わらず、大きな損傷はなかったという事実です。従って、十分な検討を行って設計し、特別な審査を受けた超高層建築物は、少なくとも震度 6 強程度の地震で大きな損傷を受けることはないと言えます。

ここで問題として取り上げた 2 次モードに関しては、震災後の調査・検討結果から上層部で 2 次モードの影響が出ていることが判明しましたが、本庁舎のように下層部での影響は全く見られなかったことを明確にしておきたいと思えます。計算・解析は多くの仮定のもとに行われているので、計算通りになる保証はありませんが、震災経験は貴重なものです。本庁舎は整形で建物外周に大架構を配しており、構造計画的も非常に優れた建物であり、熊本地震の再来に対しても問題ないことを確信するものです。

現在、国が既存の超高層建築物について問題にしているのは、南海トラフを震源とする巨大地震（南海トラフ地震）の影響と長周期地震動に対する影響で、告示波による検討を求めているわけではありません。この二つに対して影響を受ける超高層建築物の一部で耐震性能評価と対策（ダンパーによる補強等）が実施されています。本庁舎は、この二つの事項に対しては全く問題ないことが調査報告書に示されており、耐震性能評価の手法が間違っていると云わざるを得ません。