

疑問を呈した専門家からの意見及び これに対する熊本市等の考え方 [R2調査関連]

- ・疑問を呈した専門家からの意見の原文の中で複数回述べられている同趣旨の意見については、要約し1つの意見として「疑問を呈した専門家からの意見」の欄に記載
- ・「熊本市等の考え方」の欄には、要約した「疑問を呈した専門家からの意見」に対してではなく、疑問を呈した専門家からの意見の原文に対する熊本市等の考え方を記載

■次頁以降の表の見方

No	疑問を呈した専門家からの意見	A	B	C	D	熊本市等の考え方
1	<p>地下連続壁が、「施工時の遮水及び土留め」だけが目的であれば、設計者が設計図に図示することは絶対がない。工事であれば施工者が最適な工法を選択すればよく、設計者の範疇外である。設計者が地下外周に地下連続壁を配置し、三つの目的を明記したのは、仮設ではなく、本体構造の一部として、建物の耐震構造に必要であることを強く意識して設計したもので、地下連続壁が建物の耐震性能向上に寄与しているのは疑いようもない。</p>	3, 4	6			<p>地中連続壁は、工事施工のために築造された土留め壁であるとともに、深度 4.4m の地下水位による土圧や水圧に対して、完成後も土圧や水圧を負担するものとして計画されております。</p> <p>また、仮設構造物である地中連続壁の耐震要素としての本設利用について、大臣認定時の設計図及び構造計算書に記載がございません。</p> <p>そのため、H29 調査では、本庁舎等の耐震安全性を確認するにあたり、不確定な要素については極力排除すべきと考え、地中連続壁の効果を見込まずに検討を行いました。</p> <p>なお、ご指摘を踏まえた調査（R2 調査）を実施しましたところ、大地震時の地盤変位による応力が、地中連続壁の耐力を大幅に上回り、先に地中連続壁が破壊されることから、地中連続壁による杭及び建物本体への地震時応力低減効果は見込めないという結果となりました。</p>

〔凡例〕

- ① 疑問を呈した専門家からの意見（疑問を呈した専門家の資料の中で複数回述べられている同趣旨の意見については、要約し 1 つの意見として整理しております。）
- ② 疑問を呈した専門家からの意見の原文ページ番号（A～D の凡例は下記のとおりです。）
 - A：齋藤幸雄氏（元広島国際大学工学部教授）のご意見（R3 年 3 月 15 日）〔第 2 回分科会参考資料 1〕
 - B：齋藤幸雄参考人資料「本庁舎（行政棟）の耐震性能調査への疑問」（R1 年 10 月 22 日）〔第 2 回分科会参考資料 2〕
 - C：齋藤幸雄参考人資料「熊本市庁舎（行政棟）の耐震性能調査に関する見解」（R1 年 8 月 2 日）〔第 2 回分科会参考資料 3〕
 - D：三井宜之氏（熊本大学名誉教授）のご意見〔第 2 回分科会参考資料 4〕
- ③ H29 及び R2 耐震性能調査の受託者と協議し、熊本市等の考え方として整理したもの（①で要約した「疑問を呈した専門家からの意見」に対してではなく、疑問を呈した専門家の資料の原文に対する熊本市等の考え方を記載しております。）

No	疑問を呈した専門家からの意見	A	B	C	D	熊本市等の考え方
41	<p>告示波は告示 1461 号で、解放工学的基盤での特性を規定しているため、解放工学的基盤の深度の設定が重要になる。本庁舎敷地では三度の地盤調査により解放工学的基盤が傾斜していることが明らかになっているが、昭和 53 年の調査（原設計時）が建物直下で行われていることを理由に、ここでの深度を採用している。この深度は約 26m であるが、解析では深度を約 29m として、表層地盤での増幅や杭の検討を行っており、完全に適用の仕方を誤っており、計算をやり直す必要がある。</p>	2, 13, 14, 15, 16, 20				<p>昭和 53 年当時の地盤調査結果を採用したのは、地盤構成及び N 値です。解析に用いる地盤定数は、建築当時の地盤調査結果のほか、H29 調査及び R 2 調査での地盤調査結果も含めて総合的に判断して設定しております。</p> <p>また、H29 調査の解析結果と比較するため、解析に用いる工学的基盤の深度は、H29 調査と同じ深度（約 29m）に設定しております。</p>
42	<p>地下連続壁は（株）大林組が施工する OWS (ObayashiWetScreen) -SOLETANCHE(オウス・ソレタンシュ)工法によるもので、ベントナイト等を主体とした安定液を使用し、地盤の崩壊を防ぎながら地中に連続した溝を掘削し、その中に鉄筋コンクリートなどの壁を構築する工法である。</p> <p>全国的に施工実績(2000 年に実績延べ面積が 400 万㎡を突破)もあり、信頼性の高い地下連続壁が施工されていると思われる。</p> <p>本庁舎の地下連続壁は、壁厚が 0.6m、深さが 19m で、土質柱状図に示されている N 値が低い粘性土層を通り抜け、N 値が高い礫質土層に到達している。</p> <p>本庁舎の設計・施工監理者がこのことをなぜ取り上げないのか不可解である。</p>				2	<p>R 2 調査では、地中連続壁とボーリング調査に基づく地層との関係を踏まえた上で、地中連続壁の効果等の検証を行っております。</p> <p>その結果、大地震時の地盤変位による応力が、地中連続壁の耐力を大幅に上回り、先に地中連続壁が破壊されることから、地中連続壁による杭及び建物本体への地震時応力低減効果は見込めないという結果となりました。</p>
43	<p>地下連続壁間継手について詳しく紹介されているが、水平筋重ね継手が設けられていないため地下連続壁 1 エLEMENT 単体を取り出して検討する旨の記述で十分ではないか。</p>				2	<p>地中連続壁の耐震性能評価において、継手の状況を考慮し、検証しているため、その作り方から順序立ててご説明させていただきました。</p>

No	疑問を呈した専門家からの意見	A	B	C	D	熊本市等の考え方
44	<p>本庁舎地下工事の工事係員から地中連続壁の背後の地盤にアースアンカーを設け、地下連続壁を補強したことを聴取している。</p> <p>本庁舎の工事関係資料を調査され、地中連続壁の配筋状況も含めてアースアンカーの詳細を示すべきである。</p>				2	<p>アースアンカーは、竣工図に記載がなく、OB職員、当時携わった建設会社担当者への聞き取りを行った結果、地下掘削時に生じる土圧により土留め壁が倒れないようにするための仮設部材であるとの回答がありました。</p> <p>仮設部材は、通常、構造部材として取り扱わないため、建物の耐力を判断する計算に算入するのはふさわしくないと判断しました。</p>
45	<p>地下連続壁の内面と地階外壁の外面の取り合いはどのようになっているのか。</p> <p>本庁舎地下工事の工事係員から、施工監理者より地下連続壁と地階外壁との間に一定の間隔を設けるようにとの指示があり、地階部分の工事が終了後に地中連続壁と地階外壁の間に土(改良土か?)を入れ埋め戻したことを聴取している。</p> <p>本庁舎の工事関係資料を調査し、地下連続壁と地階外壁との取り合いの詳細を明らかにし、解析モデルを修正すべき。</p>				2	<p>地中連続壁の内面と地下外壁の外面の間に土を埋め戻したことについては、竣工図に記載がなく、OB職員、当時携わった建設会社担当者にも聞き取りを行いました。確認できませんでした。</p> <p>R2調査は、杭の密集効果や地中連続壁による地震力の低減効果を検証したものであり、地中連続壁と地下外壁の取り合いについては、両者が接しているものとして建物の耐震性能を解析しております。地中連続壁と地下外壁の取り合いの状況を考慮したとしても、今回の解析結果に対して大きな影響はないことから、解析モデルの修正は必要ないと判断しております。</p>
46	<p>地中連続壁のみの部分については、耐震壁として考慮した上で杭頭に作用する水平力及び応力の検討を行う必要がある。</p>	18				<p>R2調査においては、配筋状況も踏まえ、地中連続壁全体をモデル化し、解析した結果、建物地下階より下の部分では、大地震時の地盤変位による応力が、地中連続壁の耐力を大幅に上回り、先に地中連続壁が破壊されることが判明しました。</p> <p>したがって、建物地下階より下の地中連続壁部分は、杭に対する地震時応力低減効果は見込めないと判断しました。</p>

No	疑問を呈した専門家からの意見	A	B	C	D	熊本市等の考え方
47	<p>「動的相互作用」とは、杭と地盤がお互いに影響し合うことを言い、これを解明するのが目的であるのに、同一挙動とする仮定は相互作用が起きないことを意味する。杭と連壁内部の地盤が同一挙動することが分かっているならば、このような検討は必要がないことになる。</p> <p>杭と同一挙動をする地盤がどの範囲かはまだほとんど解明されていないので、このような解析を行う場合は、まず最初に建物下地盤を考慮しないで解析を行う場合が多い。</p>	19, 20				杭に作用させた水平力と変位は、動的相互作用を考慮して求めています。
48	このモデルでは、地下部分の根入れ効果が考慮されていない。	20				R 2 調査は、報告書 P4-14 に記載しているとおり、地下の根入れ効果を考慮して解析しております。
(3)	H29、R 2、原設計、評定シートで建物の固有周期が異なっており、その原因について明確にする必要がある。	21	1, 2			<p>ご指摘の固有周期の違いは、解析モデルの微小変形時の初期剛性の違いなどによるものと考えます。</p> <p>また、各モデルで適切に部材の復元力特性を設定しており、各解析の固有周期は、一般的な高さ 60m 程度の鉄骨造の相場である $0.025H \sim 0.03H$ (1.5~1.8 秒、H は建物高さ) 付近の固有周期と概ね整合していることから、解析に支障はないと考えております。</p>
49	連成系時刻歴応答解析では、地下階が複雑で杭の密度が高層部直下と低層部直下では大きく異なるが、これらの杭を巨大な 1 本の杭として解析を行っているので、個々の杭の安全性を適切に評価することは困難である。	2, 20, 22				<p>複数の杭を 1 本の杭に置換して解析する方法は、一般的な手法です。</p> <p>地下部の段差部の影響に関しても、P4-14 に示すとおり X 方向、Y 方向それぞれに適切にその影響を考慮しており、解析モデルは妥当であると判断しております。</p>
50	<p>杭の安全性の検討は、竣工図（変更後の杭）により行われているが、大幅に変更されていること等重要な事項が全く記述されていない。</p> <p>H29 の検証が目的なのになぜ重要なことが記述されていないのか理解に苦しむ。</p>	2, 22				R 2 調査は、H29 調査の検証ではなく、基礎杭の密集効果や地中連続壁の効果を加味して、本庁舎の耐震性能の検証することが目的であり、竣工図によって耐震性能の検証を行っております。

No	疑問を呈した専門家からの意見	A	B	C	D	熊本市等の考え方
51	地下1階および地下2階には建物下地盤がない図になっているが、地下2階は低層部直下は地下がないので地盤も存在し実際と異なっている。また、実際の計算では逆に、地下1階にも地盤が存在する計算になっている。	20				R2調査報告書P4-5の解析モデル図は、概念図であり、実際の応答解析では、建物下地盤も適切に評価して計算しております。
52	委託仕様書の「業務内容」で「告示波の作成」が明記されているが、波形をはじめ告示波について必要な記述がほとんどなく、報告書として全く不十分な内容である。	2, 12				R2調査では、杭・建物と地盤の動的相互作用を考慮した連成解析を行うため、杭先端レベルの告示波を作成し、連成系解析モデルに直接入力しております。 なお、委託仕様書では、地震動波形の作成を求めておりません。
53	上部構造の応答変形では、X方向はH29で告示波(K-ran)の応答が1/100以下になっているので、R2でこの地震波による検討の必要はない。その他の告示波に対する応答結果は、X・Y両方向ともすべての階で目標値以下になっており、耐震性能に問題はない。	2, 20, 21				R2調査は、H29調査において層間変形角の目標値を超えた告示波3波を解析に用いております。 なお、3波のうち指摘の告示波(K-ran)を用いた解析について、H29調査ではX方向Y方向共に1/100を超えており、R2調査ではX方向で1/100を超え、目標値以下にはなりませんでした。
54	告示波には「稀に発生する地震動」と「極めて稀に発生する地震動」の二つのレベルが規定されているが、「稀に発生する地震動」は作成されていない。 本年度の検証業務では「杭と地盤の相互作用を考慮した連成系応答解析」が行われており、非常に複雑で高度な解析のために、結果の妥当性を検証するためには「稀に発生する地震動」による解析が欠かせない。	12, 22				R2調査は、H29調査で行った解析では不確定要素としていた基礎杭の密集効果や地中連続壁の効果を加味して、あらためて本庁舎の耐震性能の検証することが目的です。 H29調査では、極めて稀に発生する地震動によって基礎杭に致命的な損傷を受けるという結果であったことから、R2調査では極めて稀に発生する地震動による解析のみを行いました。
55	地下連続壁が面外方向の地盤変位に対して安全性を確保できないことを明らかにするための検討方法も極めて不適切で、地盤の変形と地中連続壁の関係を理解していないと言える。	2, 17, 18				R2調査においては、配筋状況も踏まえて地中連続壁全体をモデル化し、解析した結果、建物地下階より下の部分では、大地震時の地盤変位による応力が、地中連続壁の耐力を大幅に上回り、先に地中連続壁が破壊されることが判明しました。 したがって、建物地下階より下の地中連続壁部分は、杭に対する地震時応力低減効果は見込めないと判断しました。

No	疑問を呈した専門家からの意見	A	B	C	D	熊本市等の考え方
56	<p>地下連続壁の安全性が確認されれば、低減効果が期待できるとしている。</p> <p>しかし、地下連続壁による低減効果を明らかにするためには、安全性ではなくその構造特性を明らかにすればよく、この考え方が「§ 3 地中連続壁の耐震性能評価」での不適切な手法の原因と考えられ、以降の検証業務の内容も検証目的に沿ったものになっていない。</p>	12, 18				<p>解析上、地中連続壁の低減効果を定量的に算入する条件として、大地震時の地盤変位に対して地中連続壁が健全である必要があると考えております。</p> <p>R 2 調査では、地中連続壁の構造特性を反映したモデルを構築して解析した結果、健全性（安全性）が確認できず、低減効果が期待できないと判断しました。</p>
57	<p>地中連続壁施工写真から、エレメントの鉄筋端部の鉄筋形状に「重ね継手」は見られないので、エレメント間の継手部分に「水平筋重ね継手なし」とし、エレメント間の応力の伝達はコンクリートのみで行われるとしている。このために、地中連続壁の面外方向に地盤変位が作用すると、地中連続壁全体が一体となって抵抗できなくなる可能性があるとしている。</p> <p>報告書で図示されている継手仕様は平成初期に普及とあるが、本庁舎の仕様は 1970 年代から 1980 年代に開発された仕様で、1970 年代初めから半ばまでにすべての大手建設会社は日本建築センターから「本体仕様」の技術評定を得ていて、様々な仕様があり（報告書で図示されている仕様とは異なる）、継手部分の「水平筋重ね継手なし」だけでは判断できない。</p> <p>調査が不十分であることは明らかである。</p>	16				<p>R 2 調査においては、施工写真を基に配筋状況も踏まえ、地中連続壁全体をモデル化し、解析した結果、コンクリートのみでは大地震時の地盤変位による応力を負担できず、地中連続壁が一体となって抵抗できないと判断しております。</p>
58	<p>地中連続壁の検討方法にも大きな問題がある。</p> <p>地中連続壁に地盤の変位を強制変位として作用させる場合、地下部分については地中連続壁の他に地下外壁及び外周の梁のみを考慮するとしている。</p> <p>地下部分に強制変位を作用させる場合は、建物の地下部分を考慮しなければならないのは当然のことで、建物の内部をくりぬいたモデルは構造力学の基本が全く守られていない。</p>	16, 17				<p>地盤変位に対する地中連続壁の検証を行うにあたり、竣工図に基づき本庁舎の地下部分の形状をモデル化しており、建物内部についても、スラブが取り付く位置は剛床と仮定して算出しております。</p> <p>解析モデルは、建物の地下部分を適切にモデル化しており、問題ないと考えております。</p>

No	疑問を呈した専門家からの意見	A	B	C	D	熊本市等の考え方
59	<p>実際には、利用目的として「耐震壁」が明記されているので、耐震壁として杭の応力をどの程度低減できるかを検討すればよい。</p> <p>地中連続壁が耐震壁として機能していれば、上部からのせん断力の相当部分を負担できるのは明らかで、杭頭部に損傷が生じる可能性はなく、杭が「鉛直支持能力を失う(致命的な損傷)」ことがないと断定してよい。</p>	18				<p>地中連続壁の「耐震壁」としての記載については、竣工図にはあるが、大臣認定時の図面にはございません。</p> <p>R2調査においては、配筋状況も踏まえ、地中連続壁全体をモデル化し、解析した結果、建物地下階より下の部分では、大地震時の地盤変位による応力が、地中連続壁の耐力を大幅に上回り、先に地中連続壁が破壊されることが判明しました。</p> <p>したがって、建物地下階より下の地中連続壁部分は、杭に対する地震時応力低減効果は見込めないと判断しました。</p>
(1)	<p>地下連続壁が、「施工時の遮水及び土留め」だけが目的であれば、設計者が設計図に図示することは絶対でない。工事であれば施工者が最適な工法を選択すればよく、設計者の範疇外である。設計者が地下外周に地下連続壁を配置し、三つの目的を明記したのは、仮設ではなく、本体構造の一部として、建物の耐震構造に必要であることを強く意識して設計したもので、地下連続壁が建物の耐震性能向上に寄与しているのは疑いようもない。</p>	3,4	6			<p>R2調査においては、配筋状況も踏まえ、地中連続壁全体をモデル化し、解析した結果、建物地下階より下の部分では、大地震時の地盤変位による応力が、地中連続壁の耐力を大幅に上回り、先に地中連続壁が破壊されることが判明しました。</p> <p>したがって、建物地下階より下の地中連続壁部分は、杭に対する地震時応力低減効果は見込めないと判断しました。</p>
(2)	<p>熊本波（大江での記録）により行政棟の基礎底を揺らすと、H29調査によれば建物の最大変形が1/100近くで、1階に作用する地震力が他の11波より大きくなっている。しかし、実際にはほとんど被害がなく収まっていることから、揺れを小さくしている原因がある。</p> <p>それが地下連続壁および高層直下の密な杭による低減効果であることは疑いようもない。もちろん本庁舎はこれらの効果がなくても十分な耐震性能を保持しているため、鬼に金棒と言ってよい。</p>	4				<p>R2調査は、杭の密集効果や地中連続壁による地震力の低減効果を適切に評価するために、現在の設計で使用されている手法によって検証しております。</p> <p>検証にあたり、配筋状況も踏まえ、地中連続壁全体をモデル化し、解析した結果、建物地下階より下の部分では、大地震時の地盤変位による応力が、地中連続壁の耐力を大幅に上回り、先に地中連続壁が破壊されることが判明しました。</p> <p>したがって、建物地下階より下の地中連続壁部分は、杭に対する地震時応力低減効果は見込めないと判断しました。</p>

No	疑問を呈した専門家からの意見	A	B	C	D	熊本市等の考え方
60	<p>「地中連続壁 1 エlementについて、発生応力に対し壁の曲げ耐力を上回る結果から、地中連続壁は杭に対する大地震時の力の低減効果はない。」(P3-16)としているが、地中連続壁の耐力を超過しても、壁が壊れてしまうわけではなく地盤を拘束する効果がまったくなくなるわけではないので、なにがしかの低減効果は見込めるのではないか。また、連続壁の応力は、杭によって低減されるのではないか。</p> <p>従って、自由地盤で急激に変位が増大する地下 14.6m～16.9mの部分には地下連続壁が存在しており、その影響を配慮した動的相互作用を考慮した連成系解析モデルで解析すべきではないか。</p> <p>また、地下連続壁 1 エlementは、鉄筋コンクリート構造の壁柱である、このような部材が総じて面外曲げに対して高い変形能(靱性能)を示すことは自明なことである。</p> <p>本庁舎の基礎下では、基礎杭と地下連続壁が並列構造を形成しているので、上記のことを考慮すれば、杭頭の作用する地震力(水平力)の低減に壁柱がどの程度寄与するかを決めることはできないか。</p>				1, 2, 3	<p>R 2 調査においては、配筋状況も踏まえ、地中連続壁全体をモデル化し、解析した結果、建物地下階より下の部分では、大地震時の地盤変位による応力が、地中連続壁の耐力を大幅に上回り、先に地中連続壁が破壊することが判明しました。</p> <p>破壊する地中連続壁に対して、計算上、何かしらの効果を見込むことはできないと考え、建物地下階より下の地中連続壁部分は、杭に対する地震時応力低減効果は見込めないと判断しております。</p> <p>建物地下部分の地中連続壁の部分は、建物本体に隣り合うことから、報告書 P4-14 に記載しているとおり地下の根入れ効果を考慮して解析しております。</p> <p>また、杭頭から杭下部までの杭全体の耐震安全性を検証しており、対象とする地震時の力は、一般的な水平力だけでなく地震時の地盤変位を同時に考慮して解析を行っております。解析から得られた結果は、水平力と地盤変位による応力が合算された結果となっており、水平力だけを分離できません。よって、杭頭に作用する水平力の低減に地中連続壁がどの程度寄与するか算出できません。</p>
61	<p>1889 年(明治 22 年)の熊本地震では、熊本市域の建物の多くが地盤の液状化により被災しており、また平成 28 年の熊本地震でも本庁舎・駐車場に隣接する地区では地盤の液状化によりビルが傾いたり、道路の路盤が沈下するなどの被害が出ている。</p> <p>熊本市の液状化ハザードマップにおいても、この地区は液状化の可能性の極めて高い(下)にランクされている。</p> <p>本庁舎の周辺には地盤の液状化の痕跡は認められないことから、地下連続壁が地盤の液状化対策として有効に働いたのではないか。</p>				1, 2	<p>本市の液状化ハザードマップが示す危険度は、地形区分や既往のボーリング調査結果から判定しつつ、3つの断層による地震の液状化危険度判定結果を重ね合わせ、最大となる危険度を示したものです。</p> <p>このハザードマップでは、市庁舎敷地は「極めて高い(下)」と「かなり低い」の境付近に位置しております。</p> <p>なお、H29 調査においては、本庁舎敷地でボーリング調査と地盤の液状化調査を実施し、物理試験と室内液状化試験を行った結果、本庁舎敷地の地盤は、液状化の可能性はないと判断しました。</p>

No	疑問を呈した専門家からの意見	A	B	C	D	熊本市等の考え方
62	<p>R2調査では、疑問に答えるどころか、「大地震時にほぼすべての杭が支持力を喪失する」という結果である。これは、結果ありきで、そのためにどのような解析・計算をすればいいかという組み立てのもとに解析・計算が行われた可能性がある。</p> <p>市当局と検証業務受諾者は、熊本地震でほとんど被害がなかったのは、震源から離れており震度6強の中では小さい方で継続時間が短く、建物に入力された地震エネルギーはそれ程大きくなかった（建物の固有周期と地盤の卓越周期がずれていた）から、としている。</p> <p>上記の説明では、H29調査で行われた解析結果（両方向ともに1階に作用する地震力は、熊本波が入力地震波12波の中で最大となっている）を説明することはできない。やはり、熊本波は本庁舎（行政棟）にとっては大きなパワーを持っていたのである。熊本地震でほとんど被害がなかった要因は、上記の説明ではなく、地下連続壁による応答低減効果が大きかったからであろう。その効果を否定するための解析・計算がR2調査で行われた疑いがある。</p>	3				<p>H29年度とR2年度の2回にわたる調査は、適切な手続きに従って専門業者に調査を委託し実施したもので、何らの予断を持たずに行ったものであり、その調査が不適切なものとは考えておりません。</p> <p>なお、各調査の妥当性については、本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議の耐震性能分科会にて検証いただきたいと考えております。</p>
(24)	<p>熊本地震と兵庫県南部地震は内陸直下型の継続時間が短い地震という点で共通している。熊本地震や兵庫県南部地震等において、超高層建築物で杭の損傷が上部構造に影響した事例がないことなどを踏まえると、本庁舎の杭が支持力を喪失するという結果は、どう考えてもあり得ない。</p> <p>また、阪神淡路大震災の際、自身が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ある。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る。</p>	9, 10, 26	7, 8			<p>目標耐用年数70年の長寿命化を図るにあたり、熊本地震を経験した本市としては、本庁舎等が今後の大地震時に防災拠点施設として機能する必要があるという点を踏まえ、現行の建築基準法等が求める耐震性能を有しているか検討するため、告示波を含めた応答解析による調査を行ったところ、耐震性能が不足するという結果となりました。</p> <p>また、過去の地震被害が小さかったことが、今後の地震に対する建物の耐震安全性を保障することにはならないと考えます。</p>

No	疑問を呈した専門家からの意見	A	B	C	D	熊本市等の考え方
63	<p>平成 29 年度の告示波との比較が重要である。</p> <p>自由地盤での増幅度、増幅特性を求める手法が異なるのと、地盤モデルが異なっているため、どの程度の違いがあるか検討が必要である。</p> <p>平成 29 年度では、地下 2 階基礎レベルでの告示波形を作成している。ところが市当局の説明では、今年度（令和 2 年度）は同じ深度での告示波形を作成していなくて、当然のことながら比較検討を行っていない。</p>	20				<p>R 2 調査は、H29 調査の検証ではなく、基礎杭の密集効果や地中連続壁の効果を加味して、本庁舎の耐震性能の検証することが目的であるため、H29 調査で作成した告示波との比較は行っておりません。</p> <p>なお、H29 調査では、建物基礎レベルで地震動を作用させるため、地表地盤の増幅を考慮した地震波を作成しておりますが、R 2 調査では、杭・建物と地盤の動的相互作用を考慮しており、解析に用いる地震動は工学的基盤レベルで作用させるため、波形の作成は行っておりません。</p>
64	<p>位相特性（ランダム（RAN））の場合、応答変位が H29 調査と比較して 15%～20%も小さくなっている。この原因の究明が必要である。（ランダム位相は市販のソフトで 1 万通り程度作成可能のために大きな違いが出る可能性があるが、まだよく分かっていない）</p>	20				<p>上部構造の応答は、連成系解析により杭の密集効果などを考慮したことで低減できたと考えます。</p> <p>なお、上部構造の応答は低減できたものの、層間変形角の目標値 1/100 を満足することはできませんでした。</p>
65	<p>連成系モデルによる応答解析は、構造実務では行われていない高度な手法であり、結果の妥当性をどのように検証するかが最重要の課題である。</p>	21				<p>R 2 調査は動的相互作用を考慮するため、連成系解析モデルによる時刻歴応答解析を行っており、解析に使用したモデルは、日本建築学会発行の『建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計（2006 年）』で推奨されているモデルを使用しているため、解析手法については問題ないと考えております。</p>
66	<p>杭が支持力を喪失する可能性があるとするれば、表層地盤での地震動の増幅度が異常に大きくて、杭が大変形する場合しか考えられない。防災科研の地震ハザードステーションによれば、本敷地地盤の増幅度は東京・大阪・神戸等超高層ビルが林立する地域と比較して増幅度の小さい地盤であり、この点からも杭の安全性は高いと言える。</p>	24				<p>杭の耐震安全性検証にあたっては、本庁舎敷地における地盤の特性を考慮するため、地盤調査の結果を用いて解析したところ、杭が耐震性能を有していない結果となりました。</p>

No	疑問を呈した専門家からの意見	A	B	C	D	熊本市等の考え方
67	<p>安全性の判定基準で、「杭頭及び杭中間部の2点以上での曲げ降伏」について、鉛直支持能力が失われるとすることに疑問。「杭頭及び杭中間部の2点以上での曲げ降伏」が発生しても、杭の鉛直支持能力は失われないのではないか。</p>				1	<p>日本建築学会の『鉄筋コンクリート基礎構造部材の耐震設計指針（案）・同解説（2017年）』では、杭の安全限界状態の確認において、杭の「せん断破壊」、「軸圧縮破壊」、「杭頭及び杭中間部の2点以上での曲げ降伏」の状態が許容されないとされています。</p>
68	<p>地下連続壁を埋め殺すことで、地震時に基礎下の地盤の変位を抑え、建物の耐震性能の向上を図ったもので、1964年発生の新潟地震の教訓を活かしたとみるべき。また、基礎杭（鉄筋コンクリート造場所打ち杭）は地下2階の床面積の約10%程度の総断面積を有し、それに加えて60cmの厚さの鉄筋コンクリート造の地下連続壁が杭周辺に設置されており、これらの部材は基礎下地盤の地盤改良材にもなるので、基礎下の地盤の変位を抑える効果は明らかである。</p> <p>2016年発生 of 熊本地震において、本庁舎が無被害であったことの要因の一つである言っても過言でない。</p>				4	<p>R2調査においては、配筋状況も踏まえ、地中連続壁全体をモデル化し、解析した結果、建物地下階より下の部分では、大地震時の地盤変位による応力が、地中連続壁の耐力を大幅に上回り、先に地中連続壁が破壊されることが判明しました。</p> <p>したがって、建物地下階より下の地中連続壁部分は、杭に対する地震時応力低減効果は見込めないと判断しました。</p>
69	<p>計算された杭の安全性については、ほぼすべての杭が支持力を喪失するという結果であるが、計算結果は、非常に小さな変形でせん断破壊している杭が存在することや明らかに杭先端の深度が26mより浅いのに、26m～29mで杭が損傷している杭が存在する等全く信頼性がない。</p>	2, 22, 23				<p>R2調査の解析モデルに用いる地盤の構成は、建築当時に使用した行政棟直下のボーリング調査結果を採用しており、工学的基盤の深度は約29mに設定しております。</p> <p>なお、竣工図によると杭先端深度は全て約29mです。</p>
70	<p>二つの検証業務で最も重大な結果は、R2調査で「大地震時にほぼすべての杭が支持力を喪失する（致命的な損傷を受ける）」と結論付けていることである。</p> <p>もしこんなことが震度6強の大地震で起きれば、本邦初の出来事であり、本庁舎（行政棟）の杭は全国に無数にある建物の杭の中で最も地震に弱い杭ということになる。</p>	3, 24				<p>R2調査は、適切な手続きに従って専門業者に調査を委託し実施したもので、何らの予断を持たずに行ったものであり、その調査が不適切なものとは考えておりません。</p> <p>なお、調査の妥当性については、本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議の耐震性能分科会にて検証いただきたいと考えております。</p>

No	疑問を呈した専門家からの意見	A	B	C	D	熊本市等の考え方
71	H29 調査も R 2 調査も杭が支持力を失う条件として、杭頭のせん断破壊の他に、杭頭部および中間部の 2 か所以上での曲げ降伏することを挙げている。しかし、この条件設定は中空の既成コンクリート杭を念頭にしたもので、特に大口径の場所打ちコンクリート杭に適用するのは適切ではない。	25, 26				日本建築学会の『鉄筋コンクリート基礎構造部材の耐震設計指針（案）・同解説（2017 年）』では、場所打ちコンクリート杭の安全限界状態の確認において、杭の「せん断破壊」、「軸圧縮破壊」、「杭頭及び杭中間部の 2 点以上での曲げ降伏」の状態が許容されないとされており。
72	杭のヒンジ発生箇所がいくつも出ることに疑問。（P5-21） （図 5-24 等では、ヒンジ発生箇所と発生したステップ数を記載してあるが、）これは、最終ステップ段階で黒丸の箇所すべてにヒンジができていくということか。 あるいは、はじめの方のステップでできたヒンジは後のステップではヒンジが解消されているのか。				1	水平力を作用させる荷重増分解析では、一本の杭に複数のヒンジを発生させることは難しいですが、今回の解析では、連成解析により求められた杭の変位を用いて、変位増分解析を行っているため、一本の杭における最終ステップまでのヒンジ発生を解析しております。 したがって、最終ステップにおいて、報告書 P5-21 の黒丸が全てヒンジ発生箇所となります。
(31)	1981 年の耐震基準の改定に伴って、熊本市の地震地域係数は 0.8 から 0.9 に改定された。もし設計がレベル 1 を地域係数 0.8 相当の 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。しかし実際には逆に、地域係数を 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。	25	7			本庁舎を建築した当時と現在とでは、建築基準法上、解析に用いることが求められる地震動が異なるため、地域係数の大小だけで現行の建築基準法等が求める耐震性能の有無を判断できません。 よって、建築当時、基準値より大きい地域係数を用いて設計していたことをもって、耐震性能評価をする必要はないとは言えないと考えます。
(32)	H29 調査および R 2 調査は、双方ともに解析・計算に不適切な部分があり、検証業務をやり直す必要がある。特に R 2 調査は不適切な部分が目立ち、検証業務の目的を果たしていない。	1				H29 年度と R 2 年度の 2 回にわたる調査は、適切な手続きに従って専門業者に調査を委託し実施したもので、何らの予断を持たずに行ったものであり、その調査が不適切なものとは考えておりません。 なお、各調査の妥当性については、本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議の耐震性能分科会にて検証いただきたいと考えております。

No	疑問を呈した専門家からの意見	A	B	C	D	熊本市等の考え方
(33)	<p>熊本地震での結果は一つの真実であって、その結果から類推される耐震性能を大切にしなければならないのは論を待たない。</p> <p>解析・計算は多くの仮定のもとに行われており、仮定の中には未だよく分かっていないことも含まれていることを認識する必要がある。</p>	3				<p>過去の地震被害が小さかったことが、今後の地震に対する建物の耐震安全性を保障することにはならないと考えます。</p>