

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 整理表

- ・ 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。）

熊本市本庁舎整備計画作成業務委託報告書
(平成 29 年度) 関連

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でない。工事用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>
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>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、地中連続壁や杭の密集配置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）を実施したところ、上部構造の応答は X 方向で目標値の 1/100 を満足しませんでした。また、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ず、杭の密集効果を考慮した動的相互作用解析を行っても耐震性能の目標値を満足し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
3	H29、R2、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~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>
4	設計図から主要な杭のほとんどが変更されているにも関わらず、設計図で耐震性能評価を行うのは、絶対的原則を守っていない。これは、致命的なミスと言え、市当局の責任は極めて重い。市当局はこの事実を正式な文書で明らかにしておらず、無責任極まりない。杭の耐震性能評価については、竣工図に基づいて再検討するのが市当局に課せられた最大の任務である。	1, 5				<p>H29 調査は、大臣認定時の設計図により調査が行われましたが、R2 調査においては、竣工図を用いて再度検証しております。どちらの調査も現行の建築基準法等が求める耐震性能を有していないという結果でした。</p> <p>基礎杭については、設計図と竣工図を比較したところ、竣工図の方が杭の径が全体的に細くなり、本数も1本少なくなっています。よって、基礎杭を竣工図で再検証した場合、基礎杭の耐震性能はさらに低下すると考えられます。</p> <p>したがって、竣工図に基づいて再検討する必要はないと考えます。</p>
5	H29 調査の受託者が、現存建物の耐震性能調査を大臣認定時(原設計時)の資料や図面を基に調査を実施することは考えられない。				3	<p>本市が提供できた図面・資料を基に、受託者により適切に調査が行われたものと考えております。</p>
6	H29 では地下連続壁による杭や上部構造の応答低減効果については、全く検討されていないので、適切に低減効果を考慮すれば、建物および杭の耐震安全性がさらに高くなると考えられ、杭も建物も補強は全く必要ないと判断してよい。	1				<p>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>

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
7	<p>告示波による耐震安全性の検討は、あくまでも超高層建築物（以下超高層：高さ 60m超）等で新築時に必要なもので、既存の超高層については、設計年代を問わず国は何らその必要性について言及していない。従って、仮に耐震性能評価を行う場合、入力地震動をどうするか等決められたものはない。既存の超高層については長周期地震動に対してのみ、国土交通省住宅局建築指導課長の技術的助言（2016年6月）で検討を促している。しかし、本庁舎は建設地や建物高さからはその対象ではないため、耐震性能評価の必要はない。</p>	1	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いました。</p>
8	<p>今後の地震動については熊本地震（本震）や日奈久断層帯を震源とするサイト波を想定しておくことが第一である。告示波による検討は、新築の場合に必要なものとしてだけで、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。</p>		2	15, 18		<p>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、観測波やサイト波に加え、告示波も含めた応答解析による調査を行いました。</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
9	<p>指定性能評価機関の業務方法書では、告示波に代えてサイト波を用いることができることになっているため、サイト波を含む告示波以外の9波で層間変形角が1/100を超えていないというH29調査の結果から、本庁舎の耐震性に問題はないと言える。</p>		3	14, 15, 21		<p>建設省告示第1461号第4号イの規定では、超高層建築物（高さ60m超）の構造耐力上の安全性を確かめるにあたっては、『告示波』を用いることとしており、但し書きにおいて例外的に「敷地の周辺における断層、震源からの距離その他地震動に対する影響及び建築物への効果を適切に考慮して定める場合」のみ『告示波』を『サイト波』に代えることができる旨が規定されています。</p> <p>したがって、『告示波』に代えて『サイト波』を用いる場合は、『サイト波』を「適切に考慮して定める」ことが条件となり、「適切に考慮」して定められているかどうかを評価する必要があり、その評価は、超高層建築物の構造計算を審査する指定性能評価機関が担っています。</p> <p>そこで、指定性能評価機関である『日本建築センター』に確認したところ「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」との回答を得ました。更に、日本建築センター以外の16の指定性能評価機関に対して確認したところ、回答を得た15機関も同様の見解でした。</p> <p>以上のことから、『サイト波』による応答が『告示波』による応答より小さくなっている本庁舎の案件に関しては、『告示波』に代えて『サイト波』のみでの検討では不十分であると判断し、『告示波』を使用しました。</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
10	<p>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、告示波等の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ので、指定性能評価機関の見解である「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。</p>		3, 4			<p>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、告示波も含めた応答解析による調査を行いました。</p> <p>現行の法令に基づいて検討を行うにあたり、その運用を担っている指定性能評価機関に対して見解を求めたところ、「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」とのことであったため、告示波での検討は必要であると考えております。</p>
11	<p>告示波もサイト波（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、サイト波の応答結果からは2次モードの影響は見られない。</p> <p>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。</p> <p>また、告示 1457 号に「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」とあるが、この確認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。</p>		5, 6			<p>表層地盤と深層地盤の重複反射を考慮して解析を行っています。</p> <p>また、ご指摘の告示の規定については、建築基準法第 20 条第 1 号第 2 項に定められている「高さ 60m以下の建築物」に適用する計算方法として、建築基準法施行令第 82 条の 5 に規定される限界耐力計算において考慮すべき、表層地盤に関するもので、高さ 60mを超える本庁舎において法令上は適用範囲外です。</p>
12	<p>告示波のみ2次モードが卓越し、X方向の4階～9階、Y方向の5階～7階の層間変形角が著しく大きくなっているが、本庁舎は高さが 60mをわずかに超える高さであるから、1次モードが支配的になるはずで、この告示波の応答結果は信頼性に欠ける。</p>		3, 4	7, 8, 9		<p>告示波による建物の応答は、2次モードが極端に卓越しているわけではなく、1次モードと2次モードが重ね合わさる地点の応答が大きくなる傾向にあるということです。</p> <p>また、層全体として塑性化が進んでいる中間層は、変形が局部的に大きい傾向となります。</p>
13	<p>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。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ので、ぜひ実施すべき。</p>		5, 8			<p>H29 調査では、地表及び地中（深度 11mと深度 40m）で常時微動測定を実施しており、解析に必要な地盤の卓越周期は適切に把握していると考えています。</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
14	太径の杭が多数あることや、平面が大きいことによる位相差のために、実効入力低減が起きるため、これを考慮すべき。			1, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 21		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、実効入力低減を見込まずに検討を行っております。 なお、このご指摘を踏まえ、R2 調査において杭の密集効果を考慮した耐震性能の検証を行ったところ、杭の密集効果を考慮したことで地震の揺れを低減する減衰をより高く評価できたものの、上部構造の応答はX方向で目標値の1/100を満足しませんでした。また、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。
15	多数のボーリング調査が行われているが、地層構成や地盤の固さにバラつきが見られる。告示波作成において表層地盤の増幅度を求める際、原則は地層や層厚が同じである必要があるが、報告書ではこれに関連した検討がなされていない。			20, 21		ボーリング調査の結果を踏まえ、敷地全体で概ね同様の地層構成となっていると判断しております。 また、告示波作成における表層地盤の増幅については、地層毎の試験結果を評価して計算を行っております。
16	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）		2			H29 調査では、建築基準法に準じ地域係数0.9を掛けて地震力を低減しております。 更に高い耐震安全性を確保する場合は、ご指摘のとおり、地域係数を考慮しない地震動で検討することも考えられます。

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
17	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>		1			<p>現行の建築基準法及び関連法令においては、指定性能評価機関が建築物に対して性能評価書を発行し、それを国土交通大臣が認定するという運用となっています。</p> <p>指定性能評価機関が性能評価書を発行するにあたっては、各評価機関の業務方法書等に基づいて、それぞれの建築物を評価することとなるため、各評価機関の業務方法書は、法令そのものではないものの、法令の中にある規定であり、それに基づいて実際に法令が運用されています。</p> <p>「層間変形角 1/100 以下」という基準は、告示に規定されている「倒壊・崩壊等しないこと」の確認方法として業務方法書に記載されているので、これを用いて現行の建築基準法等が求める耐震性能を有しているか判断することは妥当と考えております。</p> <p>なお、『建築構造設計基準及び同解説（平成 16 年版）』や『官庁施設の総合耐震・対津波計画基準及び同解説（令和 3 年版）』には目標値として「層間変形角 1/100」と記載されております。</p>
18	<p>高さ 60m 以下に対しては、1981 年の建築基準法施行令の改正以前に設計された建物の耐震診断が行われてきたが、杭はその対象となっておらず、議会棟でも杭の耐震診断は行われていない。超高層の杭についても、国は何ら言及していない。</p> <p>この背景は、杭の損傷が上部構造に致命的な影響を与える可能性は極めて低いと考えられており、実際に大地震時に上部構造に致命的な影響を与えた事例は報告されていない。超高層は一般の建物と比較しても杭の安全性は高いと考えられることから、杭が致命的な損傷を受ける可能性はないと言ってよい。</p>	1				<p>H29 調査では、防災拠点施設である本庁舎等の長寿命化を検討するにあたり、現行の建築基準法及び関連法令等に基づいて耐震性能を評価しました。</p> <p>本庁舎は 60m 超の超高層建築物であるため、平成 12 年建設省告示第 1461 号第 4 号ハにおいて、極めて稀に発生する地震動での検討が必要とされております。</p> <p>それを具体的に規定している、日本建築センターの時刻歴応答解析建築物性能評価業務方法書 4. 4. 4 (2) ハにおいては、極めて稀に発生する地震動に対して「構造耐力上主要な部分」の耐震性能を確かめることが必要とされております。</p> <p>「構造耐力上主要な部分」とは、建築基準法施行令第 1 条第 1 項第 3 号で規定され、壁、柱等とともに基礎杭も含まれております。</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
19	<p>上部構造の検討において最も応答が大きいのは告示波であるが、杭の検討にはエルセントロ波の応答せん断力を用いており、計算が不適切。適切に計算すると杭のせん断破壊は生じない。</p>	1, 5, 6, 7, 8, 9				<p>上部構造と杭それぞれの最大応答値となる地震動は、必ずしも一致しないため、複数の地震動に対して、それぞれの安全性を検討する必要があります。</p> <p>よって、H29 調査では、上部構造と杭それぞれについて、周期特性等の異なる複数の地震動で検証し、杭については、応答値が最大となる地震動の解析結果を報告書に記載しております。</p> <p>なお、『防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン（令和元年6月）』には「より頻度の低い大地震を想定することや、周期特性等の異なる複数の地震動を想定することも考えられる」と記載されております。</p>
20	<p>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。</p>		6			<p>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（R 2 調査）を実施したところ、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、杭の損傷の低減効果は見込めないという結果となりました。</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
21	<p>地下外壁図に厚さ 600mmの地下壁（深さが 19m）が建物の外周に設置されていることが図面に書かかれている。これは、地下工事を行うのにあたって、地下水が出てくるので、遮水のための地下土留壁と考えられる。</p> <p>地下を造るためには、地下水位が高い場合は、止水が可能な土留壁が必要になる。</p> <p>方法としては、親杭横矢板工法、鋼矢板工法、ソイルセメント柱列壁工法、連続土留壁工法（RC壁）等があるが、多分当時の工法からは、連続土留壁工法でかつ本体利用の可能性がある（当時の審査記録や施工記録を調査する必要がある）。</p> <p>厚さ 600mmの壁が深さ 19mまで構築されている場合は、壁の剛性が極めて硬くほとんど変形しない。従って、杭の中間層で損傷を受ける可能性は無くなる。</p>			22		<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>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、杭の損傷の低減効果は見込めないという結果となりました。</p>
22	<p>本庁舎に使用されている杭は大口径の場所打ち杭であり、断面積が極めて大きく、仮に損傷しても支持力を維持できる可能性が極めて高い。</p>			16, 17, 19		<p>杭におけるヒンジの発生や、せん断破壊を確認しながら、鉛直支持能力の有無を工学的に判断したところ、多くの杭が鉛直支持能力を喪失する結果となりました。</p>
23	<p>本庁舎（行政棟）の低層部分は、本地盤で液状化の可能性はないこと、建築物の全重量よりも排土重量の方が大きいと考えられること、基礎底付近の地層はN値が 20 程度の安定した地層であること、以上の理由から杭の支持力に期待しなくても直接基礎（べた基礎）として、十分支持力が得られ、地盤沈下の心配がないと判断できる。</p> <p>また、高層棟部分で杭の被害が生じている部分の杭の支持力がなくなっても問題ない。</p> <p>以上から、仮に杭の支持力を失っても、建築物に影響を与えるような沈下は生じず、十分建築物の機能を維持できる。</p>			18, 19, 21		<p>ご指摘は、本庁舎は高層部と低層部が一体となった建物であるにも関わらず、低層部のみに限定した仮定に基づく判断とお見受けします。</p> <p>また、高層棟部分で一部の杭の支持力がなくなっても問題ないのご指摘についても根拠が明らかではございません。</p> <p>よって、「仮に杭の支持力を失っても、建築物に影響を与えるような沈下は生じず、十分建築物の機能を維持できる」というご指摘は、仮定や明確ではない根拠に基づいたものであるため、これをもって庁舎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
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。</p> <p>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>
25	<p>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。</p> <p>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、大きな異状が認めら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。</p> <p>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 程度の変形がおきていれば、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）</p>		5			<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>

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
26	<p>H29 の計算結果によると、告示波と熊本地震の地下 2 階における応答せん断力は同程度であることから、本庁舎の杭は大きな被害を受けていることとなる。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。</p>		6	17		<p>『官庁施設の総合耐震・対津波計画基準（平成 25 年制定）』には、「杭基礎は、鉛直力、水平力及び地盤の変形による影響に対して十分安全な構造とし、杭と基礎床版の接合は、上部構造より作用する力を十分伝達できる接合とする」とあり、杭の耐震安全性の検討は水平力（地下 2 階における応答せん断力）だけではなく鉛直力や地盤変位も踏まえて解析し、杭に致命的な損傷が発生しないかを確認するものです。</p> <p>よって、熊本地震と告示波の応答せん断力が同程度であることをもって杭の被害を同程度であると判断することはできません。</p> <p>また、H29 調査で行った杭の耐震安全性の検討は、熊本地震波を基にした解析ではありません。</p> <p>以上のことから、ご指摘の調査を行っても、解析結果の立証にはならないことから、杭頭部のコア抜き調査をする必要はないと考えております。</p>
27	<p>外装材については、設計時に変形追随性に関する資料（外装材メーカー作成）が提出されているはずであり、変形角が 1/100 に収まっているはずである（1/100 以上の追随性がないと審査で承認されない）。従って、外装メーカーに検討を依頼すべきである。</p>			14, 21		<p>H29 調査において、外装材メーカーに確認しながら、現存する資料を基に外装材の変形追随性の検討を行ったところ、追従できる変形角が 1/100 を満足しないという結果となりました。</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
28	<p>原設計に対する評価が不十分。超高層建築物に関する構造設計技術や研究が進んでいる中で、約 40 年前に設計された設計内容が、現在の構造設計技術から判断してどうなのか。</p>			1		<p>本庁舎は、当時の技術としては、よく考慮された構造設計が行われていたと考えられます。</p> <p>また、H29 及び R 2 調査は、当時の設計の良し悪しを評価したものではありません。</p> <p>H29 調査は、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、「現在の構造設計技術」に基づき、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>
29	<p>熊本地震で被害を受けなかったことをどのように評価すべきか、についてほとんど触れられていない。熊本地震の際、中央区で震度 6 強の強震動を記録したのに、なぜ無被害だったのかを明らかにしなければ、告示波等の検討結果に信頼がおけなくなる。</p>			1, 2		<p>目標耐用年数 70 年の長寿命化を検討するにあたり、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ならないことから、熊本地震による被害状況の分析は行っておりません。</p>
30	<p>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）である。</p>			1		<p>目標耐用年数 70 年の長寿命化を検討するにあたり、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ならないことから、熊本地震による被害状況と解析結果の比較検討は行っておりません。</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
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			<p>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。</p> <p>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がないとは言えないと考えます。</p>
32	H29調査およびR2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R2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				<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います。</p>
33	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。 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。	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>

本庁舎の基礎杭及び地下連続壁の効果等に関する
耐震性能の検証業務 報告書
(令和2年度) 関連

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て、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 エレメント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なになっているのか。</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波のうちご指摘の告示波(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。
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できれば、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> <p>なお、株式会社大林組によると、OWS工法について、評定を受けたのは昭和48年5～7月ですが、当時は「水平筋重ね継手なし」での評定を受けています。他方で、株式会社大林組が水平筋重ね継手「あり」の工法について追加評定を受けたのは、熊本市庁舎が竣工した昭和56年10月から、4年以上が経過した昭和60年11月であり、熊本市庁舎は、水平筋重ね継手なしの工法であるとの報告を受けています。</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、スラブが取り付け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>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。工事用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>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>R 2 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、杭頭的作用する地震力(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の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。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。</p> <p>「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と。</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と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中での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思います。</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ます。
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。しかし実際には逆で、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が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>