

熊本市 本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議 委員名簿（令和3年度）

委員

分野		氏名	所属及び役職
防災	地震	ひらた なおし 平田 直	国立研究開発法人 防災科学技術研究所 参与 兼 首都圏レジリエンス研究推進センター長 兼 イノベーション共創本部副本部長 東京大学 名誉教授
	地域防災・ 都市防災	かとう たかあき 加藤 孝明	東京大学 生産技術研究所 教授 東京大学 社会科学研究所 特任教授
	建築 (耐震性能)	やまだ さとし 山田 哲	東京大学 大学院 工学系研究科 教授
資産マネジメント		ねもと ゆうじ 根本 祐二	東洋大学 大学院 経済学研究科 教授
財 政		こにし さち お 小西 砂千夫	関西学院大学 大学院 経済学研究科 ・人間福祉学部 教授
まちづくり		きしい たかゆき 岸井 隆幸	一般財団法人 計量計画研究所 代表理事 日本大学 理工学部 特任教授
		てぐち あつし 出口 敦	東京大学 大学院 新領域創成科学研究科 教授

臨時委員

分野		氏名	所属及び役職
建築基礎構造・ 地盤地震工学		たむら しゅうじ 田村 修次	東京工業大学 環境・社会理工学院 教授
鉄骨構造・耐震工学・ 非構造部材		きしき しょういち 吉敷 祥一	東京工業大学 科学技術創成研究院 教授

熊本市 本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議 委員名簿（令和4年度）

委員

分野		氏名	所属及び役職
防災	地震	ひらた なおし 平田 直	東京大学 名誉教授
	地域防災・ 都市防災	かとう たかあき 加藤 孝明	東京大学 生産技術研究所 教授 東京大学 社会科学研究所 特任教授
	建築 (耐震性能)	やまだ さとし 山田 哲	東京大学 大学院 工学系研究科 教授
資産マネジメント		ねもと ゆうじ 根本 祐二	東洋大学 大学院 経済学研究科 教授
財 政		ぬまお なみこ 沼尾 波子	東洋大学 国際学部 国際地域学科 教授
まちづくり		きしい たかゆき 岸井 隆幸	一般財団法人 計量計画研究所 代表理事
		でぐち あつし 出口 敦	東京大学 大学院 新領域創成科学研究科 教授

臨時委員

分野		氏名	所属及び役職
建築基礎構造・ 地盤地震工学		たむら しゅうじ 田村 修次	東京工業大学 環境・社会理工学院 教授
鉄骨構造・耐震工学・ 非構造部材		きしき しょういち 吉敷 祥一	東京工業大学 科学技術創成研究院 教授

熊本市 本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議 委員名簿（令和5年度）

分野		氏名	所属及び役職
防災	地震	ひらた なおし 平田 直	東京大学 名誉教授
	地域防災・ 都市防災	かとう たかあき 加藤 孝明	東京大学 生産技術研究所 教授 東京大学 社会科学研究所 特任教授
	建築 (耐震性能)	やまだ さとし 山田 哲	東京大学 大学院 工学系研究科 教授
資産マネジメント		ねもと ゆうじ 根本 祐二	東洋大学 大学院 経済学研究科 教授
財 政		ぬまお なみこ 沼尾 波子	東洋大学 国際学部 国際地域学科 教授
まちづくり		きしい たかゆき 岸井 隆幸	一般財団法人 計量計画研究所 代表理事
		でぐち あつし 出口 敦	東京大学 大学院 新領域創成科学研究科 教授

熊本市本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議 開催状況

	日 程	審議事項
第1回	令和3年6月2日	議事1 有識者会議の運営について 議事2 これまでの経緯について 議事3 今後の審議に向けての意見交換について
第2回	令和4年7月22日	議事1 第1回有識者会議の振り返りと 今後の議論の進め方について
第3回	令和4年12月1日	議事1 耐震性能分科会の報告について
第4回	令和5年3月10日	議事1 審議内容について 議事2 本庁舎に求められる機能について 議事3 民間活力の活用等によるコスト縮減について
第5回	令和5年4月5日	議事1 第5回有識者会議の審議内容について 議事2 本庁舎等の規模の考え方について 議事3 本庁舎等の立地・配置の要素について 議事4 本市の財政状況について
第6回	令和5年5月9日	議事1 第6回有識者会議の審議内容について 議事2 有識者会議の振り返りについて 議事3 市民の合意形成について
第7回	令和5年5月30日	議事1 答申(案)について

※ 耐震性能分科会については別紙3参照

(第 3 回 本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議 資料 2)

熊本市本庁舎の耐震性能について

令和 4 年 11 月

熊本市本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議

耐震性能分科会

目次

1	はじめに	1
1-1	これまでの経緯	2
1-2	審議の基本的な視点	3
2	耐震性能調査について	4
2-1	平成 29 年度 熊本市本庁舎整備計画作成業務委託報告書(耐震性能調査)について	6
2-2	令和2年度 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について	10
2-3	平成 29 年度 熊本市本庁舎整備計画作成業務委託報告書 (耐震補強案の検討)について	12
3	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について	13
3-1	平成 29 年度 熊本市本庁舎整備計画作成業務委託報告書に関する意見	13
3-2	令和2年度 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に関する意見	15
4	防災拠点施設として求められる耐震性能の目標について	17
4-1	本庁舎を耐震補強せずに使い続けた場合に想定される地震被害	17
4-2	本庁舎を耐震補強案のとおり改修した場合に想定される地震被害	18
5	まとめ	19
(別紙 1)	熊本市本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議 耐震性能分科会 委員名簿	21
(別紙 2)	熊本市本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議 耐震性能分科会 開催状況	23
(別紙 3)	熊本市本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議 耐震性能分科会 議事要旨	25
(別紙 4)	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	57

1 はじめに

本庁舎は、昭和 56 年（1981 年）の竣工以来、一度も大規模な改修を行っておらず、建物全体の老朽化が進み、設備の更新等が喫緊の課題とされていた。

平成 28 年（2016 年）の熊本地震を契機に、熊本市は、防災拠点施設である本庁舎等について、耐震性能が十分か確認する必要があると考え、平成 29 年度（2017 年度）に、本庁舎等の設備更新等の長寿命化の検討に併せて、耐震性能調査を行った。その結果としては、現行の建築基準法等が求める耐震性能を有していないことが判明したことから、市議会において議論が進められてきた。

また、この調査結果については、専門家から疑問が呈され、議会からの更なる調査を行うべきとの意見も踏まえ、熊本市において、令和 2 年度（2020 年度）に、当該専門家の意見も反映した上で耐震性能調査が行われたところ、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が再び示された。

そこで、熊本市は、今後、議会や市民に本庁舎等の整備の在り方について一層理解を深めてもらうために、多角的な視点で慎重に検討を重ねることが必要と考え、令和 3 年（2021 年）6 月に熊本市本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議（以下「有識者会議」という。）を設置した。

さらに、有識者会議において、防災拠点施設である本庁舎の耐震性能について専門的かつ集中的に議論するため、耐震性能分科会（以下「分科会」という。）の設置を決定した。

本報告書は、2 度の耐震性能調査及び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の検証、更には、防災拠点施設に求められる耐震性能について、本分科会における審議結果を取りまとめたものである。

1-1 これまでの経緯

本庁舎の耐震性能に関する、これまでの主な経緯は以下のとおり。

H28. 4 熊本地震

H30. 3 熊本市本庁舎整備計画作成業務委託の結果がまとまる（H29.10～）

⇒ 現行の建築基準法等が求める耐震性能を有していない

H30. 6 市議会特別委員会で議論開始

R元. 8 市議会特別委員会で参考人が意見陳述

齋藤幸雄 元・広島国際大学工学部教授

高橋治 東京理科大学工学部教授

R2. 5 コロナ禍に伴い、市議会での議論中断

R2.11 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の結果がまとまる（R2.4～）

⇒ 現行の建築基準法等が求める耐震性能を有していない

R3. 6 第1回熊本市本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議の開催

耐震性能分科会の設置を決定

R3.10 第1回耐震性能分科会の開催

以降、R4年11月までに合計7回開催（開催状況については、別紙2を参照）

1－2 審議の基本的な視点

(1) 耐震性能調査について

平成 29 年度 熊本市本庁舎整備計画作成業務委託（以下「H29 調査」という。）報告書及び令和 2 年度 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（以下「R 2 調査」という。）報告書の検証においては、受託者を分科会に招致し、調査報告書の説明を受けた上で、章ごとに熊本市や受託者への質疑、委員間での意見交換を行い、審議した。

分科会の審議においては、現地調査の目的・方法、モデル化の考え方、解析方法などについて確認し、現在、社会的にコンセンサスが得られている調査・設計方法に沿って調査が行われているかという視点で検証した。

(2) 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について

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（熊本市並びに株式会社安井建築設計事務所及び株式会社山下設計をいう。以下同じ。）の考え方の検証においては、専門家からの意見のうち、複数回述べられている同趣旨と判断される意見については熊本市が要約し 1 つの意見として整理しており、その意見に対する熊本市等の考え方を記載した表を基に、委員間で意見交換を行い、審議した。

なお、熊本市等の考え方については、専門家からの意見の要約ではなく、専門家からの意見の原文に対する考え方が記載されていることから、分科会においてはその原文も参照し審議した。

分科会の審議においては、現在の調査や設計において使用されている考え方や方法に沿った客観的かつ中立的な視点で検証した。

(3) 防災拠点施設として求められる耐震性能の目標について

防災拠点施設として求められる耐震性能の目標については、国の既存指針や他都市事例等を確認するとともに、2 度の耐震性能調査で設定した大地震が発生した際の本庁舎の被害状況を整理し、防災拠点施設として本庁舎に必要な機能を維持できるかという視点で意見交換を行った。

2 耐震性能調査について

H29 調査は、「長寿命化、耐震補強に向けた調査・検討を行い、改修計画の作成、さらに庁舎建替も含めたライフサイクルコスト、発注方式の検討を行うことにより、施設の整備方針を定めていくことを目的」としている。

一方、R2 調査は、「H29 調査結果に対する「庁舎整備に関する特別委員会」に招致された参考人の意見を踏まえ、基礎杭の密集効果や地下連続壁の効果に関して定量的な算出を試みることで、あらためて耐震性能を検証することを目的」としている。

本庁舎の耐震性能について、建設当時の基準を満たしていることや現行基準への遡及が法的に求められていないことをもって、本庁舎が安全であるということではなく、目標耐用年数 70 年に向けて、防災拠点施設としての耐震性能を確保することを前提としたことは非常に重要である。

H29 調査では、設計用地震動として、現行の建築基準法及び審査基準を踏まえ、計 12 種類の地震動を用いて耐震性能を検討したところ、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となった。

分科会において、当該調査の報告書を確認したところ、建物の上部構造及び杭の耐震性能調査は適切に行われていると判断した。また、耐震性能を安全側に評価するという視点から、地中連続壁などの不確定な要素を排除して解析しているが、これは一般的な耐震診断においても基本的な考え方であり、その結果は妥当であると判断した。

R2 調査では、地中連続壁による地震時応力低減効果を定量的に算定するため、地中連続壁自体の耐震性能を検証したものの、大地震時の地盤変位の応力に対して地中連続壁の耐力が大きく下回ることから、低減効果は期待できない結果となっている。また、杭の密集効果を含めて検証するため、建物の上部構造と杭、地盤の動的相互作用を考慮した連成系解析を行ったところ、上部構造の地震の揺れは低減できたものの建物及び杭の耐震性能は現行の基準を下回る結果となった。

分科会において、当該調査の報告書を確認したところ、地中連続壁、建物の上部構造及び杭の耐震性能調査は適切に行われており、その結果は妥当であると判断した。

2 度の耐震性能調査は、設計用地震波の設定や解析方法について、現在の技術水準において一般的に認められた方法に基づき、調査目的に沿って適切に実施されており、調査結果は妥当であると判断した。

また、H29 調査では、本庁舎等の耐震補強案についても検討しており、分科会において、その妥当性や実際に補強する際の課題点について確認した。

耐震補強案（H29 調査において検討した本庁舎の耐震補強案をいう。以下同じ。）は、現在、他の建物でも検討・採用されているような複数の補強案について検討した上で、制振工法（制振ダンパー等の制振装置の設置）や杭の増し打ち、外装材の取替えによって、現行の建築基準法レベルの耐震性能は確保できるとしている。

しかし、ダンパーの設置や外装材の取替えに伴う吹付けアスベスト対策や杭の増し打ちに伴う地下階にある大型設備機器の移設などの大規模な改修が必要となるほか、市役所周辺道路の長期間の部分閉鎖や市電架線等の移設などが必要になるため、市内の交通やインフラへの影響が懸念されるとしている。

耐震補強案については、技術的には可能であるが、これらの課題を解決する必要があることから、実現性が低いと考える。

2-1 平成29年度 熊本市本庁舎整備計画作成業務委託報告書（耐震性能調査） について

2-1-1 「2. 1 本庁舎（行政棟・議会棟）の法的位置付けと耐震安全性の目標」【H29 調査報告書 P2-1～】

「2. 1 本庁舎（行政棟・議会棟）の法的位置付けと耐震安全性の目標」では、本庁舎について、これまでの法改正等を踏まえながら、建築基準法や建築物の耐震改修の促進に関する法律等における位置付け等について整理している。また、本庁舎の耐震安全性の目標について、本庁舎という機能に求められる適切な耐震グレードの設定が必要なことや『官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説（平成8年版）』に準じ『市有建築物耐震対策基本方針』において目標とする耐震安全性の分類をⅠ類と定められていることなどを記載している。

分科会の審議においては、H29 調査当時は、『官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説（平成8年版）』に基づき、建築基準法に従って時刻歴応答解析によって建設された建築物は、耐震安全性の分類Ⅰ類に相当することなどを確認した。

分科会としては、建設当時の基準を満たしていることをもって、大地震時に本庁舎が安全であるということ、さらには防災拠点施設としての機能が担保されているということではなく、目標耐用年数70年に向けて、防災拠点施設として機能維持するために必要な耐震性能を検討するため、H29 調査を行ったことは非常に重要であると考えます。

また、最近では、一般の超高層建築の設計においても地震動を1.2倍から1.5倍程度割り増しして安全余裕度を検証することも行われており、防災拠点施設である本庁舎を継続使用することを考慮すると、倒壊・崩壊を防止する建築基準法レベルの入力地震動で十分という考え方は改められている。

2-1-2 「2. 2 躯体劣化調査」【H29 調査報告書 P2-13～】

「2. 2 躯体劣化調査」では、経年による建物の劣化状況、熊本地震による影響を把握し、耐震性能調査等の解析に活用するため、構造部材の断面寸法等の調査、各種外観調査、鉄骨接合部の調査、コンクリートの強度等の調査、主要設備機器の調査、非構造部材の調査を実施している。

分科会の審議においては、各調査の方法や調査箇所、設備機器及びその取付部の更新状況について調査結果を確認するとともに、建設当時の鉄骨溶接部の超音波探傷検査結果から溶接の施工性や溶接部の損傷の有無について確認した。

分科会としては、既存建築物の耐震性能を検討するにあたり、アスベストが使われている使用中の建物という条件のもとで実施された現地調査並びに受託者が入手できた資料に基づいたモデル化等は、鉄骨造建物の耐震診断における調査並びにモデル

化等として問題のない水準で行われており、実施している各種調査は適切であると判断した。

なお、鉄骨接合部については、アスベストが吹き付けられており、目視ではなく図面で調査しているため、建設当時の健全な状態と仮定して検討しているが、改修時などに損傷が確認されれば、更に厳しい評価となる可能性がある。

2-1-3 「2. 3 建物固有周期測定」【H29 調査報告書 P2-28～】

「2. 3 建物固有周期測定」では、現状の本庁舎の建物振動特性を把握し、建物の経年劣化等の影響を確認するため、本庁舎の屋上階と地表面で常時微動での振動測定を行い、各測定箇所での振動加速度スペクトル、時刻歴加速度波形よりRD法を用いて建物水平の固有周期、減衰比を算出し、その結果を「2. 8 本庁舎（行政棟・議会棟）の耐震安全性（現状）」において、原設計及びH29 調査で用いた建物モデルの建物固有周期と比較している。

分科会としては、測定箇所等について確認し、屋上階と地表面で常時微動での振動測定を行うことは、上部構造の特性を把握する上で一般に行われる方法であり、測定方法等は適切であると判断した。

2-1-4 「2. 4 地盤調査」【H29 調査報告書 P2-33～】

「2. 4 地盤調査」では、設計用地震動の作成に必要な本庁舎敷地の地盤特性を把握するため、標準貫入試験、孔内水平載荷試験、PS 検層、地盤常時微動測定、土質試験等を実施し、その結果について記載している。

分科会としては、地盤常時微動測定は地表と地中（深度11mと深度40m）の計3箇所同時測定するなど、一般的な方法と比べて、より丁寧な調査を実施しているため、地盤調査は調査箇所の選定及び箇所数ともに適切であると判断した。

2-1-5 「2. 5 設計用地震動の作成（告示波、サイト波作成）」【H29 調査報告書 P2-42～】

「2. 5 設計用地震動の作成（告示波、サイト波作成）」では、地震動レベルや特質を把握し、熊本の地域性を考慮した設計用地震動とするため、サイト波3波、告示波3波、長周期波1波について、地表地盤の増幅を考慮した模擬地震動を作成している。

分科会の審議においては、本庁舎敷地の地層は解析上成層と扱って問題ないこと、地盤の重複反射を踏まえた表層地盤の増幅や地域係数を考慮して設計用地震動を作成していることなどを確認した。

分科会としては、サイト波、告示波、長周期波は、現在超高層建築の設計時に用いられている一般的な方法で作成しているため、設計用地震動の作成については適切であると判断した。なお、作成された設計用地震動は、過大なものではないと考える。

2-1-6 「2. 6 本庁舎（行政棟・議会棟）の構造計画概要」【H29 調査報告書 P2-51～】

2-1-7 「2. 7 構造検討方針」【H29 調査報告書 P2-54～】

「2. 6 本庁舎（行政棟・議会棟）の構造計画概要」では、本庁舎の構造種別や架構形式、基礎形式について、「2. 7 構造検討方針」では、建物や基礎、外装材の検討に用いる設計用地震動や設計目標の設定について記載している。

分科会の審議においては、解析モデルの基となる部材の復元力特性や地盤ばねの考え方などについて確認した。

分科会としては、解析方法や入力データは適切であり、解析モデルは極端に危険側若しくは安全側ではなく、モデル化は適切であると判断した。

また、今後どのような地震が発生するか予測・断定が困難な中、複数の地震波で建物の耐震安全性を検討すべきである。観測波やサイト波では、地震波ごとに建物への影響が小さくなる周期帯があり、検討に用いる地震波の数が少なく影響の小さい周期帯が重なり建物の周期と対応してしまうと、建物の耐震性能を過大評価してしまう可能性がある。周期の影響を排除した告示波も含め、複数の地震波を用いることは、危険側の評価を防止するという現在の考え方を踏まえたものであるため、本庁舎においても告示波での検討は必要であると考え。よって、H29 調査において、告示波やサイト波を含めた 12 波で検討していることは、災害時に防災拠点施設として機能することが求められる本庁舎の耐震診断として適切であると判断した。

2-1-8 「2. 8 本庁舎（行政棟・議会棟）の耐震安全性（現状）」【H29 調査報告書 P2-60～】

「2. 8 本庁舎（行政棟・議会棟）の耐震安全性（現状）」では、H29 調査で用いた建物モデルの固有周期と「2. 3 建物固有周期測定」の測定結果及び原設計を比較し、建物モデルは修正せずに原設計どおりの部材構成であるとして進めることとしている。また、建物や基礎、外装材の検討結果を「2. 7 構造検討方針」で設定した設計目標に照らし、耐震安全性を確認している。

分科会では、建物固有周期の比較結果や応答解析結果（層間変形角や部材塑性率）、杭の耐震安全性の判断基準などについて確認した。

分科会としては、建物固有周期については、モデル化による多少の相違はあり得るため、原設計とH29 調査で用いた建物モデルの周期の相違は、モデル化の相違に起因

する誤差の範囲であると考え。また、「2.3 建物固有周期測定」の測定結果が、H29 調査で用いた建物モデルより多少短くなっていることについては、解析できない非構造部材などの効果によるものと考え。

応答解析結果については、層間変形角は告示波による検討において中間層の応答が大きくなっており、2次モードの影響が出ているが、周期との関係でこのような結果となることもあり、極端に卓越しているわけではないと考え。また、部材塑性率が6を超える箇所もあることから、鉄骨梁や筋交いなどが破断する可能性があると考え。

基礎の検討については、本庁舎は場所打ちコンクリート杭が使われており、H29 調査で設定した杭頭の曲げ破壊であれば許容するものの、せん断破壊や杭中間部の損傷（2点ヒンジ）は許容しないという耐震安全性の判断基準は一般的な杭の設計条件であるため適切であり、H29 調査時点では、得られた情報に基づき適切に検討していると判断した。

外装材の検討については、外装材の取付部にアスベストが吹き付けられている状況であるため、目視ではなく図面によって調査を行うことは、アスベストが使われている既存建物の耐震診断では通常行われる方法であり、適切と判断した。

2-2 令和2年度 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 検証業務報告書について

2-2-1 「§ 1 検証概要」【R 2 調査報告書 P1-1～】

「§ 1 検証概要」では、当該調査の目的や検証項目、建物の概要、検討方法とクライテリアなどについて記載している。

分科会の審議においては、検証目的や、調査で使用した入力地震動及び設計クライテリアの設定根拠などを確認した。

分科会としては、検証概要に関しては特に問題ないと判断した。

2-2-2 「§ 2 地盤調査結果及び地盤定数の設定」【R 2 調査報告書 P2-1～】

「§ 2 地盤調査結果及び地盤定数の設定」では、地盤調査の方法とその結果について記載し、§ 3以降の解析に必要な地盤構成及び地盤定数を設定している。

また、熊本地震による地中連続壁内地盤への影響を調べるため、地盤調査を地中連続壁内で行っており、本庁舎敷地においては熊本地震による影響はほとんどないとしている。

分科会の審議においては、建設当時、H29 調査、R 2 調査における地盤調査箇所とその結果を確認し、地盤構成及び地盤定数の設定根拠の詳細についても確認した。

分科会としては、地盤定数の設定については、建設当時の地盤調査結果等との整合性も踏まえて値を設定しているため、適切であると判断した。

2-2-3 「§ 3 地中連続壁の耐震性能評価」【R 2 調査報告書 P3-1～】

R 2 調査においては、地中連続壁による地震力の低減効果を発揮する前提条件として、大地震時の地盤変位に対して地中連続壁が健全であることが必要としており、「§ 3 地中連続壁の耐震性能評価」は、地中連続壁をモデル化して、エレメント間継手部の検証によって地中連続壁の一体性を確認した後に、エレメント単体の大地震時に発生する応力と耐力を比較し、地中連続壁の安全性を確認している。

分科会の審議においては、解析モデルの考え方や解析に用いる係数の根拠などについて確認した。また、有限要素解析（F E A）の結果、大地震時の地盤変位による外力に対して地中連続壁の耐力は1/9程度の非常に弱いものであり、地中連続壁については耐震要素として期待できる耐力はないということを確認した。

分科会としては、引張強度が期待できない無補強部分のコンクリートの抵抗を考慮しない解析モデルを使用しているのは、現在の設計で使われている方法でもあるため、地中連続壁の耐震性能の検証は、方法・結果とも妥当なものであると判断した。

2-2-4 「§ 4 地震時の杭・建物と地盤の動的相互作用を考慮した時刻歴応答解析」 【R 2 調査報告書 P4-1～】

「§ 4 地震時の杭・建物と地盤の動的相互作用を考慮した時刻歴応答解析」では、建物と杭を一体としてモデル化し、建物の地上・地下の慣性力による応力と地盤変位による応力を時刻歴で解析して本庁舎の耐震安全性を検証している。

分科会の審議においては、解析モデルにおける各ばね等の設定根拠や複数の杭を1本の杭モデルに集約する際の参考文献、動的相互作用を考慮した場合の速度応答スペクトルの低減の程度などについて確認した。また、解析において得られた結果は、杭が健全であるという条件の下で、多くの地震波は層間変形角 1/100 以下の変位に収まるが、1つの地震波で 1/100 を超えることを確認した。

分科会としては、動的相互作用を考慮した時刻歴応答解析は、杭の群杭効果等による入力低減も含め、日本建築学会でも推奨され、一般的に設計で使われている方法を用いて適切に解析しており、その結果は妥当であると判断した。

2-2-5 「§ 5 動的相互作用を考慮した杭の耐震安全性検証」【R 2 調査報告書 P5-1～】

「§ 5 動的相互作用を考慮した杭の耐震安全性検証」では、§ 4 で得られた時刻歴変位を用いて杭の変位増分解析を行い、各杭 1 本あたりに生じる応力によって杭の耐震安全性を検証している。

分科会の審議においては、検証用変位の妥当性や、§ 4 で 1 本に集約した杭モデルの変形を各杭に割り振る際の計算方法について確認した。また、検証結果から大地震の際に実際に起こりえる杭の損傷などについて、杭は最終的に全て壊れるという検証結果であり、杭の健全性が担保されないという結果であることを確認した。

分科会としては、本章で行っている杭の耐震安全性検証は、杭の損傷状態を評価するという特殊な検証であるが、杭の損傷が許容される範囲に収まるかを検証するため、現在の設計でも使われている方法に基づいた解析をしており、その結果、多くの杭の健全性が担保できないという結論を得たことについては妥当であると判断した。

2-2-6 「§ 6 まとめ」【R 2 調査報告書 P6-1～】

本調査については、現在の方法で適切に検証が行われていると判断した。

2-3 平成29年度 熊本市本庁舎整備計画作成業務委託報告書 (耐震補強案の検討) について

「§3 本庁舎(行政棟・議会棟)の耐震補強案の検討」【H29調査報告書P3-1~】では、本庁舎(行政棟)について、補強形式(耐震工法、制振工法、免震工法)毎に検討を行っており、耐震工法及び制振工法においては、補強後の最大層間変形角が設計目標値を満足することを確認しており、免震工法においては、免震構造特有の制約があるため、その課題を整理した上で採用は困難と結論付けている。

杭・基礎については、大地震時において建物全体の鉛直荷重支持能力及び水平荷重への抵抗能力を維持できる補強案として、既存杭の補強改修及び杭の増設について検討しており、その課題を整理し、実現は困難と結論付けている。

外装材については、層間変位追従性を持った製品に交換するために、PC版及びアルミサッシを撤去取替えした場合の課題を整理している。

分科会の審議においては、制振工法で採用したTMD(Tuned Mass Damper:同調質量ダンパー)が対応している地震動や耐震補強後の部材塑性率、杭の補強時に干渉する設備機器や幹線の範囲、外装材取替え時のアスベスト対策などについて確認した。

また、分科会では、次のような意見が出された。

- ・ 本庁舎(行政棟)の補強形式について、杭に生じる応力を低減するには免震工法が良いが、建物と地盤の間のクリアランスの確保等が困難であり、耐震工法や制振工法は、杭に生じる応力が増大する可能性があるため、相当な補強が必要となることが予想される。
- ・ 杭・基礎の検討結果について、周辺道路の長期間の通行止めなど市民生活への影響を踏まえると、技術的には可能だが、現実的ではない。
- ・ 外装材の検討結果について、既存の外装材を重量の軽い押出成形セメント板へ取り替えると、建物重量の軽量化など耐震上有利となる部分があるが、実施するには居ながら施工への対策やアスベスト対策などが必要であることを踏まえると、外装材の取替えは困難であると考えられる。
- ・ 一般的に建物重量の軽量化により上部構造の応答が小さくなると、杭に生じる応力が小さくなるが、本庁舎敷地では地盤変位の影響が大きいため、上部構造の応答を小さくしても地盤変位による杭の損傷は抑えられない。

分科会としては、H29調査の耐震補強案について、技術的には可能であるが、居ながら施工やアスベストの飛散防止、地下にある大型設備機器の移設、周辺道路の長期間の部分閉鎖など、これらの課題を解決する必要があるという調査結果となっており、その実現性は低いと判断した。

3 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について

3-1 平成29年度 熊本市本庁舎整備計画作成業務委託報告書に関する意見

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については、別紙4の整理表を基に、専門家からの意見の原文を参照しながら、委員間で意見交換を行い審議した。項目ごとの分科会の見解は、別紙4に記載しているが、ここでは、検討に用いた地震波、解析結果、地中連続壁等の効果及び過去の地震での被害についての主な見解を述べる。

検討に用いた地震波について、専門家からは、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り、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といった告示波の必要性などへの疑問が呈されている。

これに対して熊本市等の考え方としては、本庁舎が今後の大地震に対して防災拠点施設として機能しなければならないという点を踏まえ、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12波を用いて応答解析を行ったとしている。

分科会としては、防災拠点施設である本庁舎を目標耐用年数70年まで継続使用することを考慮すると、今後、どのような特性を持つ地震が発生するか予測・断定が困難な中で、告示波や建設地で予想される地震波であるサイト波を含めた複数の地震波で耐震性能の検証を行うことは重要であると考えます。観測波やサイト波では、地震波ごとに建物への影響が小さくなる周期帯があり、検討に用いる地震波の数が少なく影響の小さい周期帯が重なり建物の周期と対応してしまうと、建物の耐震性能を過大評価してしまう可能性がある。周期の影響を排除した告示波も含め、複数の地震波を用いることは、危険側の評価を防止するという現在の考え方を踏まえたものであるため、本庁舎においても告示波での検討は必要であると考えます。

解析結果について、専門家からは、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などの意見が出されている。

これに対して熊本市等の考え方としては、H29調査は、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ったとしている。

分科会としては、場所打ちコンクリート杭の杭頭の曲げ破壊であれば許容し、せん断破壊や杭中間部の損傷（2点ヒンジ）は許容しないという判断基準は現在の杭基礎の設計と対応しており、H29調査における杭の鉛直支持能力の有無に関する工学的判断は適切であると判断した。

地中連続壁等の効果について、専門家からは、基礎杭の密集効果や地中連続壁の効果による上部構造や杭の応答低減効果を考慮すれば、建物や杭の耐震安全性が更に高くなるので、補強は全く必要ないと判断してよいなどの意見が出されている。

これに対して熊本市等の考え方としては、H29 調査では、本庁舎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ったとしている。なお、専門家の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ったとしている。

分科会としては、H29 調査時点において、設計図書等で確認できる情報のうち、不確定な要素については極力排除するという考え方は、既存建物の耐震診断では危険を回避する上で必要な判断であり、一般的に行われていることから、適切であると判断した。

過去の地震での被害について、専門家からは、内陸直下型の継続時間が短い地震である熊本地震や兵庫県南部地震において、超高層建築物での杭の損傷が上部構造に影響した事例がないことから本庁舎の杭が支持力を喪失する結果はあり得ないとの意見や、本庁舎は熊本地震で震度6強の強振動に遭遇したが、地震後の調査で被害が見つからなかったにも関わらず、耐震性に問題があり建替えが必要と結論付けたことが最大の疑問であるなどの意見が出されている。

これに対して熊本市等の考え方としては、過去の地震被害が小さかったことが、今後の大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している。

分科会としては、熊本地震の結果だけで本庁舎の耐震安全性を判断できず、将来の大地震の可能性を考えると告示波を含めた複数の地震動で検討しているH29 調査の結果は信頼性のある結論だと判断した。また、これまでの地震で被害が出なかったことが今後の大地震に対して安全を保障するものではなく、謙虚に今後の大地震に備えるということが耐震安全性の確保における基本であると考えます。

(項目ごとの分科会の見解については、別紙4を参照)

3-2 令和2年度 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 検証業務報告書に関する意見

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については、別紙4の整理表を基に、専門家からの意見の原文を参照しながら、委員間で意見交換を行い審議した。項目ごとの分科会の見解は、別紙4に記載しているが、ここでは、地中連続壁の耐震安全性の検証、検証に用いた地震波、解析モデル、設計クライテリア及び解析結果についての主な見解を述べる。

地中連続壁の耐震安全性の検証について、専門家からは、検証方法に疑義があるとの意見や、仮に地震時の応力が地中連続壁の耐力を上回ったとしても杭に対する何かしらの低減効果が見込めるのではないかなどの意見が出されている。

これに対して熊本市等の考え方としては、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、大地震時の地盤変位の応力に対して地中連続壁の耐力が大きく下回っていることから、杭や建物本体への地震時応力低減効果は見込めないとしている。

分科会としては、地中連続壁については、配筋や周辺地盤まで含めて丁寧なモデル化に基づく解析が行われており、その結果は妥当であると判断した。

また、地震時応力低減効果については、地中連続壁の耐力を超過しても何かしらの抵抗は残ると考えられるが、現在の技術水準では、その効果を定量的に評価する方法は確立されていない。そのような中、R2調査においては、現在の設計で行われているように、引張強度が期待できない無補強部分のコンクリートの抵抗を考慮しないモデルを用いた有限要素解析（FEA）により耐震性能を適切に検証していることから、耐震性能調査として妥当であると判断した。

検証に用いた地震波について、専門家からは、H29調査の解析結果においてX方向で層間変形角1/100以内を満足した告示波（K-ran）はR2調査で同方向での検討を行う必要はなく、その他の告示波の応答結果は目標値を満足しているので耐震性能に問題はないとの意見や、告示波には「極めて稀に発生する地震動」と「稀に発生する地震動」の二つのレベルが規定されており、このうち「稀に発生する地震動」による解析が行われていないなどの意見が出されている。

これに対して熊本市等の考え方としては、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波を用いて検証したとしている。また、H29調査で「極めて稀に発生する地震動」によって杭に致命的な損傷を受けるとの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ったとしている。

分科会としては、R2調査は、H29調査とは独立した調査であり、R2調査の解析結果において設計目標を満たさなかった箇所が、H29調査と異なっていたとしても、それは問題ではなく、R2調査において耐震性能を満たさなかったという結果は変わらないと判断した。また、R2調査は、極めて希に発生する地震動に相当する地震外力に対し

て建物が有する変形性能に応じた保有水平耐力の有無を評価する耐震診断に相当するものであり、極めて稀に発生する地震のみを検討対象とすることについては、問題ないと判断した。

解析モデルについて、専門家からは、条件が異なる複数の杭を巨大な1本の杭として解析を行っており個々の杭の安全性を適切に評価できないとの意見や、建物地下部分の根入れ効果や建物下地盤を適切に考慮されていないなどの意見が出されている。

これに対して熊本市等の考え方としては、複数の杭を1本の杭に置換して解析する方法は一般的であり、建物地下部分の根入れ効果や建物下地盤などを適切に考慮して計算したとしている。

分科会としては、R2調査における解析モデルは、日本建築学会でも推奨されている一般的なものであり、地下部分の根入れ効果や建物下地盤などについても適切に考慮していると判断した。

設計クライテリア及び解析結果について、専門家からは、杭の安全性の判定基準について疑義があるとの意見や、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り、もしこんなことが震度6強の大地震で起きれば、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などの意見が出されている。

これに対して熊本市等の考え方としては、杭の安全性の判定基準については日本建築学会発行の設計指針を基に設定したとしている。また、R2調査は、何らの予断を持たずに調査を行ったものであり、その調査が不適切なものとは考えていないとしている。

分科会としては、杭の安全性の判定基準については、日本建築学会の指針等に基づいた現在の設計において一般的な基準を用いており、評価として適切なものであると判断した。また、R2調査は、現在の技術水準に基づき適切に行っており、その結果についても妥当であると判断した。

（項目ごとの分科会の見解については、別紙4を参照）

4 防災拠点施設として求められる耐震性能の目標について

防災拠点施設として求められる耐震性能に関して、分科会では、『熊本市地域防災計画』や『熊本市業務継続計画』などの熊本市の既存計画を確認しながら、「防災拠点施設の耐震性能目標に関する他都市事例（第2回分科会 資料4）」や「防災拠点施設として本庁舎に必要な機能等（第5回・第6回分科会 資料4）」、「構造・非構造部材以外の機能維持に関する他都市事例（第6回分科会 資料5）」などの資料を基に、目標設定の考え方や、本庁舎を使い続ける場合の課題、機能維持に向けた対策等について意見交換を行った。

熊本市では、『市有建築物耐震対策基本方針』において、災害対策本部等を担う防災拠点施設のうち、別表3「対象施設別の耐震安全性の分類」に示す耐震安全性を有しない建築物については、耐震診断の結果を踏まえ、総合的に耐震安全性の確保に取り組むことと定めており、同表において、本庁舎の耐震安全性を、構造体はI類（重要度係数1.50）、建築非構造部材A類、建築設備甲類と定めている。

『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、構造体について「I類に分類される施設のうち、特に重要度の高い建築物は、要求性能に応じ更に高い設計目標値を適切に設定するか、建設敷地の歴史上の地震資料、付近で発生が予想される地震動の規模、地震断層等の地震環境を調査し、その結果を反映した入力地震動の割増し、又は許容される限界状態に達する最大の入力レベルの検討を行う。」とされている。

防災拠点施設としての機能維持を目指す上では、現行の建築基準法に適合する耐震性能では十分と言えず、大地震に対して、『熊本市地域防災計画』や『熊本市業務継続計画』などにおいて本庁舎に求める機能を維持できる耐震性能となるよう、目標値を設定すべきである。

また、非構造部材や建築設備の機能維持については、まだ、それ自体の対策については研究途上なので、非構造部材等の揺れや傾きを抑えるために構造体に十分な性能を持たせる必要がある。

しかし、これらの対策については費用も必要となることから、構造体、非構造部材及び建築設備の耐震性能目標については、財政面やその他の対策なども検討して、総合的な視点で、実際に耐震改修又は建替えを行う際に設定していくことになると思う。

4-1 本庁舎を耐震補強せずに使い続けた場合に想定される地震被害

H29調査及びR2調査における解析結果を踏まえ、現庁舎をこのまま改修せずに使い続けた場合に想定される地震被害について考察した。

層間変形角については、H29調査では告示波（K-kobe）で最大1/71、R2調査では告示波（K-ran）で最大1/92となり、どちらも設計目標値である1/100を満足しない結果となっている。部材塑性率については、H29調査では鉄骨梁において最大で6を超

える値となり、設計目標値である4.0を大きく上回る結果となっている。なお、層間変形角1/100以下や部材塑性率4.0以下といった設計目標は、建物が倒壊・崩壊しないことを目指した最低限の建築基準法レベルであり、防災拠点施設の設計目標として十分ではないと考える。

実際に、H29調査及びR2調査の解析結果のような状態になった場合には、鉄骨部材が塑性化又は破断し、建物の変形がより大きくなり、壁や天井などの内装材が剥落し、外装材が落下するなどの被害が想定される。内装材や外装材が落下すれば、外の通行人が外装材の下敷きになったり、建物の中にいる人が外に放り出されたりするとともに、鉄骨に吹き付けてあるアスベストが露見・飛散するといった2次災害が起き、地震被害を更に大きくすることが懸念される。

さらに、建築設備にも大きな被害が発生し、災害対策本部の設置や被災者支援などの災害応急業務の継続など、熊本市が想定している業務を継続することは困難であると考えられる。

4-2 本庁舎を耐震補強案のとおり改修した場合に想定される地震被害

次に、H29調査報告書で検討された耐震補強案のとおり改修を行った場合に想定される地震被害について考察した。

H29調査によれば、本庁舎を改修する場合の諸条件を整理した上で、制振工法が一番有力であるとして耐震補強案を提案している。この制振工法による補強案を仮に実施した場合、層間変形角は1/110、部材塑性率は4程度に抑えられるとしている。

しかし、これらの解析結果は、最低限の建築基準法レベルを満たしただけに過ぎず、倒壊・崩壊は免れたとしても、鉄骨部材の大きな塑性化に伴い被災度区分判定で中破以上に相当するような状態になることが想定され、大地震時に防災拠点施設として機能維持するのは困難だと考える。

なお、耐震補強案は、2-4章で述べたとおり、技術的には可能であっても、複数の課題を解決する必要がある。

5 まとめ

本分科会においては、本庁舎の耐震性能に関して、熊本市が実施した2度の耐震性能調査、その耐震性能調査に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、防災拠点施設として求められる耐震性能の目標について、何ら予断を持たずに慎重に審議を重ねた。

H29調査及びR2調査について、疑問を呈した専門家からの意見も踏まえて、検証した結果、既存建物の耐震性能調査として、委託仕様書に基づき、適切に調査しており、妥当な調査結果であるとの結論に至った。

なお、耐震性能の調査において、現在の技術は地中連続壁などの効果を評価できるレベルにないため、専門家から疑問を呈されたと考える。しかしながら、現状評価できないところに対して何かしらの低減効果を盛り込むことは安全性に対して過大評価となる。耐震診断では、不確定要素を見込まない考え方は一般的であり、熊本市等の考え方は、妥当と判断した。

また、H29調査で検討している本庁舎の耐震補強案については、技術的には可能であるものの、周辺道路の長期間の部分閉鎖など複数の課題を解決する必要があることを確認した。

耐震改修や建替えを行う際には、防災拠点施設である本庁舎については、大地震時に『熊本市地域防災計画』や『熊本市業務継続計画』などにおいて本庁舎に求める機能を維持できるような耐震性能の目標値を設定すべきと考える。

今後、有識者会議における本庁舎等整備の在り方の審議に当たっては、分科会の審議結果を踏まえ、防災、財政、資産マネジメント、まちづくり等の視点から、総合的に検討されたい。

(別紙1) 熊本市本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議 耐震性能分科会 委員名簿

分野	氏名	所属及び役職
鉄骨構造・耐震工学	やまだ さとし 山田 哲	東京大学 大学院 工学系研究科 教授
建築基礎構造 ・地盤地震工学	たむら しゅうじ 田村 修次	東京工業大学 環境・社会理工学院 教授
鉄骨構造・耐震工学 ・非構造部材	きしき しょういち 吉敷 祥一	東京工業大学 科学技術創成研究院 教授

(別紙2) 熊本市本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議 耐震性能分科会 開催状況

	日程	審議事項
第1回	令和3年10月21日	議事1 耐震性能分科会の運営について 議事2 これまでの経緯等について 議事3 平成29年度耐震性能調査について 議事4 防災拠点施設として求められる耐震性能の目標について
第2回	令和4年3月10日	議事1 平成29年度耐震性能調査について 議事2 防災拠点施設として求められる耐震性能の目標について
第3回	令和4年4月25日	議事1 平成29年度耐震性能調査について 議事2 防災拠点施設として求められる耐震性能の目標について
第4回	令和4年5月18日	議事1 令和2年度耐震性能調査について
第5回	令和4年6月23日	議事1 令和2年度耐震性能調査について 議事2 防災拠点施設として求められる耐震性能の目標について
第6回	令和4年7月28日	議事1 耐震性能調査について 議事2 防災拠点施設として求められる耐震性能の目標について
第7回	令和4年11月29日	議事1 耐震性能分科会の取りまとめについて

(別紙3) 熊本市本庁舎等整備の在り方に関する有識者会議 耐震性能分科会 議事要旨

耐震性能分科会における意見交換等の内容を、審議内容ごとに記載している。(委員等の発言回は、文末に「(第〇回分科会)」と表示。)

発言者：○…委員、●…熊本市、■…株式会社安井建築設計事務所、◆…株式会社山下設計

耐震性能分科会の運営について

「耐震性能分科会の運営について(ポイント)(第1回分科会 資料1)」に基づき、意見交換等を行った。委員の主な意見は以下のとおり。

- 分科会長作成の資料のとおり、分科会を進めていくことで了承。(第1回分科会)

これまでの経緯等について

「熊本市役所本庁舎等の概要(第1回分科会 資料2-1)」及び「これまでの経緯について(第1回分科会 資料2-2)」に沿って、事務局から本庁舎の概要及びこれまでの経緯について説明を受けた後、意見交換等を行った。委員の主な意見は以下のとおり。

- 本庁舎の概要及びこれまでの経緯については承知。(第1回分科会)
- 全体的に審議を進めながら、慎重に一つひとつ検証していき、最終的に本庁舎の耐震性能についてまとめることになると考える。(第1回分科会)
- 疑問を呈した専門家からの意見については、ポイントごとに確認しながら審議を進める。(第1回分科会)

耐震性能調査について

【平成 29 年度 熊本市本庁舎整備計画作成業務委託報告書（耐震性能調査）について】

「§ 2 本庁舎の耐震性能調査」について、受託者（株式会社安井建築設計事務所）から平成 29 年度 熊本市本庁舎整備計画作成業務委託（以下「H29 調査」という。）の報告書に沿って説明を受けた後、意見交換等を行った。委員の主な意見等は以下のとおり。

2. 1 本庁舎（行政棟）の法的位置付けと耐震安全性の目標

- H29 調査当時は、『官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説（平成 8 年版）』に基づき、建築基準法に従い時刻歴応答解析によって建設された建築物は、耐震安全性の分類 I 類の耐震性能に相当するという前提で検討している。（第 5 回分科会）
- 建設当時の設計条件・設計方法で基準を満たしていることと、現在の設計条件・設計方法による遡及が法的に求められていないことをもって、この本庁舎は安全であるということではなく、目標耐用年数 70 年まで使用することを念頭に耐震性能を考えなければならない。（第 5 回分科会）
- H29 調査が目標耐用年数 70 年に向けて、防災拠点施設として耐震性能を確保する前提に立って調査したことは非常に重要である。（第 5 回分科会）
- 分科会としては、建設当時の基準を満たしていることをもって、大地震時に本庁舎が安全であるということ、さらには防災拠点施設としての機能が担保されていることはなく、目標耐用年数 70 年に向けて、防災拠点施設として機能維持するために必要な耐震性能を検討するため、H29 調査を行ったことは非常に重要であると考え。（第 7 回分科会）
- 最近では社会的要求が高くなり、一般の超高層建築の設計においても地震動を 1.2 倍から 1.5 倍程度に割り増しして安全余裕度を検討することも多く行われており、建築基準法レベルの地震入力で検討すれば十分という考え方は改められている。（第 5 回、第 7 回分科会）

2. 2 躯体劣化調査

- アスベストが吹き付けてあり、鉄骨部材を目視できないので、H29 調査は、鉄骨が損傷していないという前提で進められていることは理解するが、損傷していないと結論付けるべきではない。（第 1 回分科会）
- 建設当時の鉄骨溶接部の超音波探傷検査結果は、H29 調査の結果に影響するようなものではなく、溶接の施工は良かったと推測できるが、どのような溶接条件で施工されていたかなどが不明である。建設当時の溶接部に有害な欠陥が無いことはわかるが、靱性はわからないので、これで全て安全とは言えない。（第 2 回分科会）
- 設備機器及びその取付部は更新しているか。建設当時のままということはないか。（第 2 回

分科会)

- 空調機、自家発電機、エレベーターについては、アンカー等の取付部も含めて一部更新している。(第2回分科会)
- 分科会としては、既存建築物の耐震性能を検討するにあたり、アスベストが使われている使用中の建物という条件のもとで実施された現地調査並びに受託者が入手できた資料に基づいたモデル化等は、鉄骨造建物の耐震診断における調査並びにモデル化等として問題のない水準で行われており、実施している各種調査は適切であると判断した。(第7回分科会)

2. 3 建物固有周期測定

- 最上階と地上で計測することは一般的な方法であり、測定方法は適切である。(第6回分科会)
- 分科会としては、測定箇所等について確認し、屋上階と地表面で常時微動での振動測定を行うことは、上部構造の特性を把握する上で一般に行われる方法であり、測定方法等は適切であると判断した。(第7回分科会)

2. 4 地盤調査

- 地盤常時微動測定は、地中で測定しているのか。そうならば、深さはどれくらいか。(第2回分科会)
- 10秒計と1秒計で、地表及び地中(深度11mと深度40m)で計測している。(第2回分科会)
- 分科会としては、地盤常時微動測定は地表と地中(深度11mと深度40m)の計3箇所ですべて同時測定するなど、一般的な方法と比べて、より丁寧な調査を実施しているため、地盤調査は調査箇所の選定及び箇所数ともに適切であると判断した。(第2回、第7回分科会)

2. 5 設計用地震動の作成(告示波、サイト波作成)

- 工学的基盤は多少傾いているが、成層に近い地盤であると考えられる。(第2回分科会)
- 地盤の重複反射を踏まえて表層地盤の増幅を考慮してあり、標準的な方法で地震動を作成している。(第2回分科会)
- 告示波は、想定地震のスペクトルと比べても過大な地震動というわけではない。(第1回、第2回分科会)

- H29 調査は、地域係数 0.9 を考慮しており、建築基準法に準拠して、地震力を設定している。今の設計だったら 1.2 倍とか 1.5 倍とか余裕度検証用地震動での検討をやっているものが多い。(第 1 回分科会)
- 検討に用いる地震動の強さは、施主が判断するものであり、今は一般施設でももっと強い地震動で検討しているものもある。H29 調査の入力地震動の作成方法は、一般的なやり方なので、特に過大な入力地震動を入れているわけではない。(第 1 回、第 2 回分科会)
- 分科会としては、サイト波、告示波、長周期波は、現在超高層建築の設計時に用いられている一般的な方法で作成しており、設計用地震動の作成については適切であると判断した。なお、作成された設計用地震動は、過大なものではないと考える。(第 7 回分科会)

2. 6 本庁舎（行政棟）の構造計画概要

2. 7 構造検討方針

- 解析方法や入力データについて、特に不適切なところはない。(第 2 回分科会)
- モデル化には、いろいろな考え方があるので、極端に危険側又は、極端に安全側に振れない範囲であれば、設計者の判断になる。H29 調査は、その範囲内であり、適切にモデル化している。(第 2 回分科会)
- 地盤ばねの影響というのは、地盤変位が無い場合については、地盤ばねの剛性が高い方が杭応力は減るが、地盤変位が大きい場合については逆に、地盤ばねの剛性が高いと杭応力が大きくなる。H29 調査の地盤ばねのモデル化は一般的なものである。(第 2 回分科会)
- 現行の建築基準法を遵守することは最低限だが、どの地震動まで検討するかは、施主判断として行われることもある。(第 2 回分科会)
- 告示波での検討は不要という専門家からの意見があったが、過去の地震で被害が無かったから今後も大丈夫だという保障は無い。(第 2 回分科会)
- どのような地震が来るかわからないということを考えて、いろいろな地震波で検討するということである。(第 2 回分科会)
- 防災拠点施設としての機能維持を考えると、非構造部材等を変形追従性能の高いものに取り替えるかということにもよるが、層間変形角 1/100 という設計目標でいいのかということもある。(第 2 回分科会)
- 分科会としては、解析方法や入力データは適切であり、解析モデルは極端に危険側若しくは安全側ではなく、モデル化は適切であると判断した。(第 7 回分科会)
- 分科会としては、今後どのような地震が発生するか予測・断定が困難な中、複数の地震波で建物の耐震安全性を検討すべきである。観測波やサイト波では、地震波ごとに建物への影響

が小さくなる周期帯があり、検討に用いる地震波の数が少なく影響の小さい周期帯が重なり建物の周期と対応してしまうと、建物の耐震性能を過大評価してしまう可能性がある。周期の影響を排除した告示波も含め、複数の地震波を用いることは、危険側の評価を防止するという現在の考え方を踏まえたものであるため、本庁舎においても告示波での検討は必要であると考え。よって、H29 調査において、告示波やサイト波を含めた 12 波で検討していることは、災害時に防災拠点施設として機能することが求められる本庁舎の耐震診断として適切であると判断した。(第 2 回、第 7 回分科会)

2. 8 本庁舎（行政棟）の耐震安全性（現状）

- 熊本地震の際は、本庁舎は施設として機能したのか。(第 1 回分科会)
- 一時的に自家発電機が作動したが、電力が途切れることはなかった。エレベーターの停止や天井が一部ずれたりしたが、機能は維持できた。(第 1 回分科会)
- 熊本地震時に、本庁舎が機能したということは、当時の建物としては、変形追従性に配慮した建物と言える。(第 1 回分科会)
- 建物固有周期については、設計では純粹に構造体だけで計算しているが、微動測定は微小の揺れであり、2 次部材の要素も加わるので、多少短周期側の値となってもおかしくはないと考える。(第 6 回分科会)
- 建物固有周期は、モデル化によって多少の値の変動はあるので、原設計と今回用いた建物モデルの周期の相違は、モデル化の相違であり得る範囲と考える。また、建物固有周期測定で得られた周期が、解析結果よりも多少短くなっているのは、現在の技術レベルとして解析で反映できない非構造部材などが取り付いている影響によるものと考えられるので、建物固有周期測定には問題ないと考える。(第 6 回分科会)
- モデル化について、経年劣化を考慮するとしても、コンクリートの中酸化ぐらいしか考慮できない。鋼材に関しては腐食がなければ経年劣化は考慮する必要はない。(第 2 回分科会)
- モデル化は設計図で行い、設計図と現状が違えば、現状に合わせるということが耐震診断では一般に行われている。(第 2 回分科会)
- H29 調査で解析の結果、部材塑性率は、どの程度なのか。また、影響が大きいのはどのあたりの部材か。(第 3 回分科会)
- 境界梁に応力が集中して曲げ破壊が発生する。部材塑性率が 6 を超えており、かなりの損傷が想定される。(第 3 回分科会)
- 部材断面を精査する必要があるが、部材塑性率 6 を超えるという値は、基本的に梁が破断するくらいの相当ひどいダメージだというレベルである。(第 3 回分科会)

- 応答解析結果の層間変形角において、告示波で2次モードの影響が出ているが、高層建築では周期や入力波との関係でこういうことはあるため、2次モードが極端に卓越しているわけではないと考える。(第2回分科会)
- 杭の鉛直支持能力の有無について、本庁舎は場所打ちコンクリート杭を使っているので、杭頭の部分的な損傷は建築主の同意があれば許容し、せん断破壊や杭中間部の損傷(2点ヒンジ)は許容しないというH29調査で採用した判断基準については問題ないとする。(第1回分科会)
- 杭について法的には、杭は基礎版と剛結しなければならないと建築基準法に定めている。ただし、実験では杭頭が剛結していなくても鉛直支持能力は問題ないし、本庁舎は地下室もあるので何メートルも水平移動することはないため、杭頭の曲げ破壊は許容するという判断は妥当だと考える。(第1回分科会)
- 基礎の検討について、H29調査時点では、きちんと考え、検討していると評価できる。(第1回分科会)
- 外装材の検討については、アスベストが吹き付けられている状況において、接合部等は目視確認できないので、既存の図面による調査のみを行うことは、耐震診断として一般的に行われている方法であり問題ないと判断する。(第6回分科会)
- 分科会としては、建物固有周期については、モデル化による多少の相違はあり得るため、原設計とH29調査で用いた建物モデルの周期の相違は、モデル化の相違に起因する、誤差の範囲であるとする。また、「2.3 建物固有周期測定」の測定結果が、H29調査で用いた建物モデルより多少短くなっていることについては、解析できない非構造部材などの効果によるものとする。(第7回分科会)
- 応答解析結果については、層間変形角は告示波による検討において、中間層の応答が大きくなっており、2次モードの影響が出ているが、周期との関係でこのような結果となることもあり、この応答結果が極端に卓越しているわけではないと考える。また、部材塑性率が6を超える箇所もあることから、鉄骨梁や筋交いなどが破断する可能性があるとする。(第7回分科会)
- 基礎の検討については、本庁舎は場所打ちコンクリート杭が使われており、H29調査で設定した杭頭の曲げ破壊であれば許容するものの、せん断破壊や杭中間部の損傷(2点ヒンジ)は許容しないという耐震安全性の判断基準は一般的な杭の設計条件であるため適切であり、H29調査時点では、得られた情報に基づき適切に検討していると判断した。(第7回分科会)
- 外装材の検討については、外装材の取付部にアスベストが吹き付けられている状況であるため、目視ではなく図面によって調査を行うことは、アスベストが使われている既存建物の耐震診断では通常行われる方法であり、適切と判断した。(第7回分科会)

【令和2年度 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について】

受託者（株式会社山下設計）から令和2年度 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（以下「R2調査」という。）の報告書に沿って説明を受けた後、意見交換等を行った。委員の主な意見等は以下のとおり。

§ 1 検証概要

- 地中連続壁が損傷するような場合の地盤の応答を解析する確立した設計法は無いが、設計者判断で解析を試みるとしたら、R2調査のような検討内容になるだろう。（第1回分科会）
- R2調査報告書 P1-3 表 1-2 設計クライテリアの注意書きにある参考文献7とは何か。（第4回分科会）
- ◆ 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」である。（第4回分科会）
- R2調査で使用した入力地震動の大きさは、H29調査と同じものか。（第4回分科会）
- ◆ 地震動の大きさや作り方は同じものである。（第4回分科会）
- R2調査報告書 P1-1 の目的の中で、H29調査は「耐震性能を有しておらず耐震改修が困難である」とあるが、R2調査の業務範囲に耐震改修の検討は入っているか。（第4回分科会）
- ◆ R2調査には、含まれていない。（第4回分科会）
- 分科会としては、検証概要に関しては特に問題ないと判断した。（第4回、第7回分科会）

§ 2 地盤調査結果及び地盤定数の設定

- 通常の設計で行っていることと、ほぼ同様の方法で解析していると考え。（第4回分科会）
- R2調査と建設当時の地盤調査結果を比較すると、工学的基盤の上にある強風化岩のところで、 V_s 値に差異がある。R2調査の解析に用いた地盤構成やN値は、建設当時の建物中央部の地盤調査結果を使用しているため、 V_s 値も建物中央部の値を使用すべきと判断したのか。（第4回分科会）
- ◆ R2調査の地盤調査箇所と近い場所で建設当時も地盤調査を行っており、この場所での両調査の調査結果はほぼ同じであったため、建設当時の地盤調査結果は精度が高いものと判断した。よって、建設当時の建物中央部の地盤調査結果についても信頼性が高いと考え、強風化岩の V_s 値は、この値を採用した。（第4回分科会）
- R2調査と建設当時の V_s 値が異なる部分について建設当時の値を採用した理由として、両調査で共通した位置で採取された調査結果が整合していたことから建設当時の調査結果

は妥当との判断に基づくもので、非常に強い根拠であり、設計においては重要である。(第4回分科会)

- 分科会としては、地盤定数の設定については、建設当時の地盤調査結果等との整合性も踏まえて値を設定しているのので、適切であると判断した。(第4回、第7回分科会)

§ 3 地中連続壁の耐震性能評価

- R2調査報告書 P3-8 水平地盤反力係数の式について、杭径(B)の値はなぜ600mmを採用しているのか。(第4回分科会)
- ◆ 有限要素解析(FEA)の要素幅に合わせて600mmを採用している。(第4回分科会)
- 600mmというと、小さい杭の水平地盤反力という感じがするが、地中連続壁は大きい杭の水平地盤反力というイメージである。しかし、外力と応力を比較すると壊れることは明らかなので結果には影響しないだろう。(第4回分科会)
- R2調査報告書 P3-6 図3-8 解析モデルの確認で、「スラブ取付レベル剛床仮定」の接点の水平座標は一体に変位するというモデルで解いていて、その下にコンクリートがあるものの、のれんのように接着があるような力学モデルになっているという理解でよいか。(第4回分科会)
- ◆ そのとおりである。地中連続壁の上部が堅い建物基礎と接しており、その下に600mmの薄い壁がぶら下がっているようなモデルである。(第4回分科会)
- ぶら下がっている地中連続壁が、地盤の水平変位を受けると、エレメント間のコンクリートのみで繋がっているところは壊れるし、更に、曲げ変形で壁自体も壊れてしまうということか。(第4回分科会)
- ◆ そのとおりである。(第4回分科会)
- 地中連続壁のエレメント間が持つか持たないかという話もあるが、地中連続壁自体が、地盤変位に対して桁違いに弱い(降伏曲げモーメント(耐力): 196 kNm/m < 最大曲げモーメント(発生応力): $1,771\text{ kNm/m}$ 、約9倍)ため、耐震要素としては全く期待できない。(第4回分科会)
- R2調査報告書 P3-11 図3-11を見ると、地中連続壁がNGとなるのは、建物地下の躯体の剛床より下のラインとなるのか。(第4回分科会)
- ◆ 地下外壁と隣りあわせのところは応力が出ないが、底盤の基礎梁より下部で応力が大きくなってNGになる。(第4回分科会)
- 分科会としては、引張強度が期待できない無補強部分のコンクリートの抵抗を考慮しない解析モデルを使用しているのは、現在の設計で使われている方法でもあるため、地中連続壁

の耐震性能の検証は、方法・結果とも妥当なものであると判断した。(第4回、第7回分科会)

§ 4 地震時の杭・建物と地盤の動的相互作用を考慮した時刻歴応答解析

- 動的相互作用を考慮した結果、上部構造の応答スペクトルはどの程度低減できたのか。(第4回分科会)
- ◆ おおよそ20%低減できている。(第4回分科会)
- 動的相互作用を考慮した解析は、実際に設計で使われている実績のある方法で行っているか。(第4回分科会)
- ◆ そのとおりである。日本建築学会の「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」(緑本)を基にモデル化を行っている。(第4回分科会)
- R2調査の解析モデルの固有周期は、基礎と上部構造の連成系モデルの固有周期なのか。(第4回分科会)
- ◆ 上部構造のみ(1階基礎固定)の解析結果である。(第4回分科会)
- R2調査報告書P4-23 図4-13の自由地盤の変位と杭の変位に差があるが、その差は影響地盤のところで低減して杭が変形するということか。(第4回分科会)
- ◆ そのとおりである。自由地盤が大きく変形するが、影響地盤が若干変形を吸収して、杭がその残り分だけ変形するというイメージである。(第4回分科会)
- R2調査報告書P4-25 図4-15の層間変形角のクライテリア1/100に対して、解析結果が1/92なので、ほぼ基準を満たしているのではないのか。(第4回分科会)
- ◆ この結果は、仮に杭が健全であればという前提であり、次章(§5 動的相互作用を考慮した杭の耐震安全性検証)で検討しているとおり、この前提となるための杭の耐力がないということである。(第4回分科会)
- 層間変形角1/92という結果は、新築の建物の設計であれば、変形を抑える工夫をやっていくのだが、既存建物の検証なので、1/100のクライテリアを設定した以上は、それを超える応答が1つでもあれば、NGという判断をせざるを得ない。(第4回分科会)
- 杭が健全であるという前提条件の中で、様々な地震動を入力した結果、層間変形角は、1波のみ一方向で1/92であったということが、本章での応答解析結果で得られたことである。また地盤の相対変位を見ても、自由地盤の動きに対して、地表面の杭の動きが、最大変位で3/4くらいにはなっているので、地震動の加速度を2回積分したものが変位だとすると、実行入力として足元のモデル化で、地面の動きを考慮して、入力低減を反映したモデルになっていることがここからも読み取れると理解した。(第4回分科会)

- 地盤の Ramberg-Osgood モデルは一般的によく使われ、代表的なモデルの一つである。(第4回分科会)
- 分科会としては、動的相互作用を考慮した時刻歴応答解析は、杭の群杭効果等による入力低減も含め、日本建築学会でも推奨され、一般的に設計で使われている方法を用いて適切に解析しており、その結果は妥当であると判断した。また、得られた結果は、杭が健全であるという条件の下で、多くの地震波は層間変形角 1/100 以下の変位に収まったが、1つの地震波に対しては1方向で1/100を超えることになったということを確認した。(第4回、第7回分科会)

§ 5 動的相互作用を考慮した杭の耐震安全性検証

- ほとんどの杭に2点ヒンジが発生して、すべての杭がせん断破壊するというのは、厳しい結果である。(第4回分科会)
- Penzien 系のモデルで一本の集約した杭の変形を各杭に割り振って解析する方法は実務で使われているのか。(第4回分科会)
- ◆ 連成系解析を行うときは比較的こういうやり方をする。(第4回分科会)
- 杭がどのように壊れるかを検証する方法は、確立されている方法ではないが、そのことを試みようとするればR2調査の解析方法のようなことをやるしかないし、その解析結果も大きくは外すことはないと考える。(第4回分科会)
- R2調査報告書 P5-5~P5-6 図 5-6~図 5-9 を見ると、特に粘土層で変位が大きくなっているが、そこはサンプリング及び室内試験に基づいて地盤変形特性を出しているのだから、丁寧かつ適切な手順を踏んでいる。(第4回分科会)
- §4の解析結果は杭が健全であるという前提だったが、§5の検証結果で全て壊れてしまうので、その場合は上部構造の応答は更に大きくなると考えて良いか。(第4回分科会)
- ◆ そのとおりである。杭の抵抗要素がなかったら、ほとんど自由地盤の応答と一緒にになるので上部構造の応答が大きくなる。(第4回分科会)
- 地盤の変位は、杭が弾性と仮定して求めた強制変位を与えているが、もし杭が個別に塑性化するような解析であれば、効きがどんどん悪くなるので、杭の健全性だけ考えていくと、最初に壊れなかった杭が厳しい変形を受けて、より早期に壊れる可能性があるということか。(第4回分科会)
- ◆ そのとおりである。効きが悪くなって、杭の変形は地盤の変位に近づいていき、大きくなる。(第4回分科会)
- この解析が厳しすぎるという専門家からの意見もあったが、より詳細な解析を行えば、もっ

と厳しい結果になりそうである。(第4回分科会)

- 杭が破壊したときの上部構造の応答を含めた数値解析などの確立した方法はないが、R2調査の解析方法は妥当で、これ以上精密な有限要素解析(FEA)を行ったからといって、それが正しいとも限らない。(第4回分科会)
- 杭が健全であると仮定して解析を行っても、上部構造の層間変形角でNGとなり、杭が健全であると仮定した場合の地盤変位を使って増分解析を行ったら、杭自体も全然持たないということである。杭の健全性という観点では、現在の工学的判断として耐震性能にかなり問題があるという結果である。(第4回分科会)
- 最終的に6cmでたくさんのヒンジが発生しているが、杭に漸増変位的に増やしていったら、どのくらいで2つのヒンジが発生するのか。(第4回分科会)
- ◆ R2調査報告書P5-22 図5-25の杭No. 10を例にとると、変位6cmを50分割して、4ステップ目に1つ目のヒンジができ、12ステップ目(約1.4cm)で2点ヒンジができています。(第4回分科会)
- 変位6cmまで増分解析したら、多数のヒンジが発生するが、鉛直支持能力を失う2点ヒンジは初期の段階で発生するということを理解した。(第4回分科会)
- 4ステップ目に最初のヒンジが発生するというのは、ずいぶん早い感じがする。(第4回分科会)
- ◆ 軸力が小さい杭ということが要因だと考える。引張力が働き、しかも鉄筋が少なく0.6%程度しか入っていないので、早い段階でヒンジが発生する。(第4回分科会)
- せん断破壊は、曲げヒンジの解析とは別で計算しているのか。(第4回分科会)
- ◆ そのとおりである。(第4回分科会)
- 実際は、すべての杭でせん断破壊が起きるということは、それ以前の段階で地中で杭が折れている可能性があるため、相当厳しい状況である。(第4回分科会)
- 分科会としては、本章で行っている杭の耐震安全性検証は、杭の損傷状態を評価するという特殊な検証であるが、杭の損傷が許容される範囲に収まるかを検証するため、現在の設計でも使われている方法に基づいた解析をしており、その結果、多くの杭の健全性が担保できないという結論を得たことについては妥当であると判断した。(第4回、第7回分科会)

§6 まとめ

- 本調査については、現在の方法で適切に検証が行われていると判断した。(第4回、第7回分科会)

【平成 29 年度 熊本市本庁舎整備計画作成業務委託報告書（耐震補強案）について】

「3. 1 行政棟に対する耐震補強検討」の調査内容について、受託者（株式会社安井建築設計事務所）からH29 調査報告書に沿って説明を受けた後、意見交換等を行った。委員の主な意見等は以下のとおり。

- 制振補強の検討について、TMDはどの程度の地震に対応しているのか。（第6回分科会）
 - レベル2である。レベル3に相当するような地震が来たときにTMDが想定以上に激しく動くといけないので、緩衝材を設けてダンパーをストップさせることを想定している。（第6回分科会）
- レベル2を超える地震が起きたときに、TMDが急に足かせとなるという問題はある。通常、風揺れ対策としていたものを地震対策としても積極的に新しいものを取り込んでいるが限界はある。（第6回分科会）
- 耐震補強や制振補強を実施した後の部材塑性率はどのくらいなのか。（第6回分科会）
 - どちらの場合もおおむね4以内に収まる程度である。（第6回分科会）
- 1/100の層間変形角というと結構な変形であり、部材塑性率についても発生する場所によって被害は変わってくるが、非常に大きな損傷であり、機能継続というレベルではなく、現行の建築基準法の最低目標である生命保障のレベルである。（第6回分科会）
- 基礎の補強のために、地下の設備機器や重要幹線は動かすことができないのか。（第6回分科会）
 - これまでも地下にあった受変電設備を水害対策として低層部屋上に移設しており、他の設備も移設できないわけではない。（第6回分科会）
- 杭の補強が実施できる条件としては、補強杭と干渉する地下の設備機器等の総取替えなど相当な超大規模改修が必要ということか。（第6回分科会）
 - そのとおりである。（第6回分科会）
- 杭の補強は、技術的に可能か不可能かというところだが、現実的ではない。（第6回分科会）
- 杭の負担を下げようと思ったら、免震が1番良さそうだが、免震は、建物と地盤の間のクリアランスの確保等が困難である。制振や耐震は、杭に更に力が掛かる可能性があるから相当な補強が必要と予想される。（第6回分科会）
- 周辺道路を1年間も通行止めしてまでやるのか、ということである。また、この建物が文化的な価値があって、どうしても残さないといけないのであれば、無理をしてでも免震を選択することもあるだろうが。（第6回分科会）
- H29 調査の内容に関しては特に異論はない。（第6回分科会）

- 外装材を取り替えると、建物重量の軽量化や変形追従性など耐震上は楽になる部分があるが、実施するにはまず、外装材内側のアスベスト除去が必要となり、一般的にアスベスト除去には3層程度無人にせざるを得ないので、居ながら施工への対策など、ハードルがすごく高い。(第6回分科会)
- 一般的に上部構造が軽くなって応答が小さくなると杭に生じる応力は小さくなるが、この敷地は地盤変位の影響が大きいので、いくら上部構造を軽く(減築等)して応答を小さくしたとしても地盤変位の影響は抑えられないので難しい。(第6回分科会)
- 分科会としては、H29 調査の耐震補強案について、技術的には可能であるが、居ながら施工やアスベストの飛散防止、地下にある大型設備機器の移設、周辺道路の長期間の部分閉鎖など、これらの課題を解決する必要があるという調査結果となっており、その実現性は低いと判断した。(第7回分科会)

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について

【平成 29 年度 熊本市本庁舎整備計画作成業務委託報告書（耐震性能調査）について】

H29 調査に関する「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」（別紙 4 参照）について意見交換等を行った。委員の主な意見等は以下のとおり。

（別紙 4 No. 1）

- 地中連続壁に関する注意事項については、竣工図に記載されていても、大臣認定時の設計図書には記載がないので、耐震要素として設計（大臣認定）には考慮されていないということは間違いないと判断する。（第 2 回分科会）
- 地中連続壁に関する建設当時の図面等の記載内容についてまとめたものを、分科会資料として準備すること。（第 2 回分科会）

（事務局に準備させた地中連続壁に関する資料を改めて確認した結果）

- 大臣認定時には、地中連続壁を耐震壁としては見込んでいないということは、地中連続壁の耐震性能は保障されていないということである。（第 5 回分科会）
- 耐震診断の手順としては、使用中の建物で調査が容易でない場合において、設計時の図面がある場合には図面を基に判断し、更に疑問点があったらその点について調査するということになるので、本庁舎の耐震性能調査は、H29 調査で大臣認定時の図面等を基に耐震性能が無いところからスタートして、R 2 調査で現状調査をして、やはり耐震性能が無かったということなので、問題はないと判断した。（第 5 回分科会）

（別紙 4 No. 2）

- H29 調査は、耐震性能の検討に当たり、不確定な要素について極力排除するという前提であり、このように安全側の評価で解析することは一般的で、特段間違ったことをしているわけではない。（第 2 回分科会）
- この項目については、R 2 調査も含めて対応していくことになる。（第 2 回分科会）

（別紙 4 No. 3）

- 建物固有周期については、モデル化によって多少の値の変動はあるので、原設計と今回用いた建物モデルの周期の相違は、モデル化の相違であり得る範囲と考える。また、固有周期測定の方法についても、最上階と地上で計測することは一般的なやり方で、全く問題はないと判断する。なお、固有周期測定で得られた結果が、解析結果よりも多少短くなっているのは、解析で反映されていない非構造部材などが取り付いている影響によるものと考えられるので、固有周期測定には問題ないと考える。そもそも、非構造部材等の影響を反映する方法は現時点では無い。（第 2 回、第 6 回分科会）
- モデル化の方法によって、多少の固有周期の相違が出てくることは一般的であり、得られた結果は、特段、問題になるような大きな相違ではなく誤差の範囲にあると考えられる。各調

査における、モデル化及び固有値解析の結果には問題ないと判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 4)

- H29 調査において、基礎杭を竣工図で調査した場合、竣工図は設計図に比べて杭径が細くなっており、杭自体の強度が低下するので、耐震性能としては低下する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 5)

- H29 調査は、調査時点で市が提供可能であった図面や資料を基に、地中の基礎等を除いた可能な範囲で現地調査等を行っており、適切に実施している。(第2回分科会)

(別紙4 No. 6)

- 調査時点でわかる情報の中で不確定な要素については期待しないという考え方は一般的である。不確定なもの、よくわからないものの効果に期待するというのは危険になる可能性がある。一般的にはやらない。人の命が掛かっているので安全側に評価するしかないため、熊本市等が確定している要素しか見込まないというのは、尊重すべき判断である。(第2回、第6回分科会)

(別紙4 No. 7)

- 国土交通省の技術的助言では、既存の超高層建築物の耐震性能調査に対して告示波を使ってはいけないということではない。また、長寿命化の検討と併せて、防災拠点施設としての機能維持を考えると、倒壊・崩壊を防止するレベルは受け入れにくいということになると考える。どこまで見るかは施主判断なので、防災拠点施設の施主として熊本市が倒壊・崩壊を防止するレベルでは市民サービスが心配なのでこのレベルまで必要と考えたことは理解できる。(第2回分科会)

(別紙4 No. 8)

- H29 調査が告示波を含めた検討を行ったことは、熊本市で想定される大きなリスクに対して備えているということである。地震の予測ができない中で、今後起きる最大限の地震動が日奈久断層帯だけで良いかという事になるとそうではない。告示波も含めて多くの地震動で検証するという事は、長く使える防災拠点施設としての本庁舎の在り方を考える上で大事なことと考える。(第2回分科会)
- 現行の技術や解析方法に従って、耐震性能を調査することに意味がある。防災拠点施設の耐震性能調査については、新築や大規模改修する際に必要な検討は行うべきである。(第2回分科会)
- 現在の知識でわかっている知見で耐震性能を再検討するというのは、防災拠点施設として今後長く使用する建物に対して適切な行為である。(第2回分科会)
- 現段階で耐震性能上、必要とされているものを、客観性を持たせて検討するためには告示波というのは必須だと考える。(第2回分科会)

(別紙4 No. 9)

- 検討に用いる地震波を告示波からサイト波に代えるのは、建物の周期帯において告示波よりサイト波の方が圧倒的に強いときであり、熊本市が告示波よりサイト波が弱いことから、告示波に代えてサイト波のみでの検証は不十分と判断したことは適切な判断である。(第2回分科会)

(別紙4 No. 10)

- 設計用地震動については、指定性能評価機関の取り扱いを考慮し、現行の法令に基づき判断すべきである。(第2回分科会)

(別紙4 No. 11)

- H29 調査で SHAKE を使っているのか。(第2回分科会)
- 逐次非線形解析を SHAKE で行っている。(第2回分科会)
- 地震波を工学的基盤に入力し増幅させ、基礎底レベルに出てきたものが報告書 P2-49 の図 2.5.6 である。1 秒辺りがピークで、その辺で増幅の仕方が現れている。(第2回分科会)
- 告示波の速度応答スペクトルのグラフを見ても、重複反射(増幅)は考慮している。(第2回分科会)
- 重複反射(増幅)を考慮していないと、地震動は一般に強くなることはないはずである。(第2回分科会)

(別紙4 No. 12)

- 応答解析結果の層間変形角において、告示波で2次モードの影響が出ているが、周期との関係でこういうことはあるため、極端に卓越しているわけではないと考える。(第2回分科会)

(別紙4 No. 13)

- 地盤常時微動測定は、建物の中で測定すると上部構造の影響をかなり受けるので、通常は、地表面で測定するが、H29 調査は、地表に加えて地中 10m と 40m で測定してあり、一般的な方法よりも丁寧な方法でやっている。(第2回分科会)

(別紙4 No. 14)

- 位相差の検討をするのは野球場くらい大きなもので、大屋根の左右で入力異なるかもしれない場合などであり、熊本市役所くらいの規模であれば、位相差は気にしなくてよいと考える。(第2回分科会)
- 耐震安全性を検討する上で、不確定な要素は極力排除すべきであり、平面が大きいことによる位相差については、本庁舎の建物寸法では、その効果は明確ではないので、H29 調査で実効入力低減を見込まずに検討したことは適切である。また、杭の密集効果については、R2 調査において適切に検証されている。(第2回分科会)

(別紙4 No. 15)

- 報告書に地盤のモデル化に関する記載がないので検討がされていないという専門家のご意見と思うが、H29 調査においては、成層としてモデル化しているのか。(第3回分科会)
- 昭和 53 年及びH29 調査のボーリングデータを比較し、同じ地層構成で工学的基盤に大きな傾斜もないと工学的に判断し、検討している。(第3回分科会)
- 地質柱状図を見た感じでは、そんなに目くじらを立てることはないかという印象である。(第3回分科会)
- 分科会では、通常の工学的な判断をしているかどうかを見ていく。地質調査の資料を改めて確認する。(第3回分科会)

(事務局に準備させた地質調査の資料を改めて確認した結果)

- 本庁舎敷地の地盤は、そこまで不整形ということではないので、設計者判断の範疇で成層とみなして大きな問題はないと考える。(第5回分科会)
- もちろん理想的な整形ではないが、超高層建築などの審査をしている観点では、乱れている印象はないので、この程度であれば整形としてモデル化するのは問題ないと考える。(第5回分科会)

(別紙4 No. 16)

- 思想としては専門家の意見のとおりであるが、H29 調査は、現行の建築基準法どおりの性能があるかをしきい値にしており、そのしきい値に対して判断を行っているため、これ以上はやる必要はない。また、地域係数 0.9 を掛けてNGが出ているので、0.9 を掛けずに検討する必要もない。(第3回分科会)
- H29 調査時点では、余裕度検証用の地震動の検討はしていないが、委託業務として、まず建築基準法に対応するかということを確認してあり、問題があることはやっていないと判断する。(第3回分科会)

(別紙4 No. 17)

- 指定性能評価機関の業務方法書は、建築基準法第 77 条の 56 第2項において準用する法第 77 条の 45 第1項に基づき、性能評価業務規程の記載事項の一つとして国土交通大臣の認可を受けているものなので、かなり公的な縛りがあるはずである。法律ではないと言っても、これに適合しないと大臣認定を受けることができない。したがって、現在の技術に基づいて現在の審査基準で判断した場合には、現行の建築基準法を満たしたとは言えないことになる。(第3回分科会)
- 多くの地震波を考慮することによって、地震波特性の影響に配慮して安全を担保するという考え方に基つくと、多くの地震波を検討することは決して悪いことではなく、防災拠点施設となる建物に対して、どんな地震が来るかわからない中で慎重に取り扱った結果であると判断する。(第3回分科会)

(別紙4 No. 18)

- 実際に耐震補強した建物で、杭が壊れて建物が傾いた事例はある。専門家は、杭が致命的な損傷を受ける可能性はないと言っているが、H29 調査は、解析方法は適切であり、その結果についても妥当である。(第3回分科会)
- 耐震診断の実務における審査においても、杭の健全性を見ることも一定の割合である。また、兵庫県南部地震以降、杭の被害が上部構造に大きなダメージを与えている被害例も見られているので、杭の損傷を重視するということは、間違ったことではないと判断する。(第3回分科会)

(別紙4 No. 19)

- 杭が致命的な被害を受けること自体も、構造上大きな問題。上部構造と基礎構造それぞれ独立して別々に耐震安全性を検討するという設計の考え方は、超高層の設計においては一般に行われている。(第3回分科会)
- どのような地震が来るかわからない状況下においては、弱点の出方は地震波によって違うので、それぞれの箇所の弱点に対して耐震安全性を検討せざるを得ない。同構造でも各所の弱点が出ることもあるので、いろいろな特性を踏まえて、最も不利になるものを探し、それも含め、それでも安全であることを確認するということである。(第3回分科会)
- 杭についても上部構造が有利か不利かではなく、杭において最も応答値が大きい場合の耐震安全性を確認するというのが安全性能検証の基本的な考え方である。(第3回分科会)

(別紙4 No. 20、No. 21)

- H29 調査は地中連続壁を考慮しなかったが、不確定なものは設計には盛り込まないのが一般的なやり方であるので、H29 調査のモデル化は間違っていなかったと判断する。(第3回、第6回分科会)

(別紙4 No. 22)

- H29 調査における杭の鉛直支持能力の有無に関する工学的判断は、せん断破壊や杭中間部の損傷(2点ヒンジ)を判断基準としており、妥当であると判断する。(第1回、3回分科会)
- 本庁舎は場所打ちコンクリート杭を使っているので、杭頭の曲げ破壊は建築主の同意があれば許容できると考える。1点の曲げ破壊であれば専門家のご指摘のとおりとなる可能性もあるが、H29 調査においては、せん断破壊や2点ヒンジが発生するため鉛直支持能力が喪失するという結果であり、この判断は妥当である。(第1回、第3回分科会)
- 杭が壊れても倒壊するリスクは少ないと考えられるが、杭が壊れて建物が傾いた事例はある。建物が傾くと、機能維持できない。機能維持という意味では、建物をきちんと支持することが基礎にとっては重要である。(第1回分科会)

(別紙4 No. 23)

- 専門家のご意見も一理あるが、現設計法として、杭基礎ではパイルキャップ等の底面の支持力を考慮しない。(第5回分科会)
- 高層部も含めて耐震安全性の検討をしているのに、低層部の杭の支持力が無くなっても問題ないというのは間違いである。(第3回分科会)

(別紙4 No. 24)

- これまでの地震で被害が出なかったことにより、今後の地震に対して被害が出ないと保障されるものではない。謙虚に今後の地震に備えるということが耐震の基本であると考え。(第3回、第5回分科会)

(別紙4 No. 25)

- 熊本地震の際、本庁舎は変形がそんなに出ていないようである。周辺の被害状況と合わせて考えると、入力地震動が意外と弱かったのではないかという印象である。かといって想定している断層が次に動いたときはどうなるかというのは全く別物である。(第3回分科会)

(別紙4 No. 26)

- H29 調査において、杭の検討は熊本地震波による解析ではないので、専門家が指摘しているH29 調査結果を立証することにはならない。(第3回分科会)
- 杭頭部のコア抜き調査をしたところで、杭が壊れていなかったとしても、将来大地震が発生した場合に壊れるという判定とは別のものである。(第3回、第5回分科会)
- 調査するとしても地下2階で地下水位も浅く、水が出ていたら調査できないので、實際上、調査はかなり大変で多額の費用を要すると考える。(第5回分科会)

(別紙4 No. 27)

- 現存する資料を基に外装材の変形追従性の検討を行った結果について、その検討方法は妥当であると判断する。(第6回分科会)

(別紙4 No. 28)

- 現在の本庁舎については、建設当時の設計が悪いと言っているわけではなく、当時の技術を駆使して、設計施工を非常に丁寧にやっていたと判断しているが、その後の構造技術及び地震に関する技術の進歩や最新の知識を反映させていくと、残念ながら、耐震性能が不足しているという結果が得られたということである。決して、当時の設計を尊重していないわけではない。残念ながら、技術の進歩の結果として得られた結論である。(第3回分科会)

(別紙4 No. 29、No. 30)

- 過去に本庁舎が熊本地震等の地震による被害を受けなかったことは不幸中の幸いだが、将来の地震の可能性などを考えると、H29 調査で出された耐震性能不足という結果については、信頼性のある結論だと判断する。(第3回分科会)

(別紙4 No. 31)

- 新築の建物を設計する場合の現行の条件に合わせた形で、適切に調査を行った結果であると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 32)

- H29 調査は、超高層建築物の設計業務と同等の方法で、現行の手順を踏まえた診断を実施しており、不適切というようなものではないと判断する。(第3回分科会)
- (H29 調査の) 杭の検討に関しても、通常設計のルールに則っていると判断する。(第3回分科会)
- H29 調査及びR2 調査の報告書を検証した結果、いずれも適切に行われたものであると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 33)

- 杭基礎は特にわからないことが多いため、解析計算が多く仮定の下に行われていることはそのとおりだが、だからこそ世の中に認められている今の構造設計の標準的な手順に基づいて判断するしかない。過去の地震で大丈夫だったとか、経験上大丈夫だったとかでは通用しない。だから、H29 調査はそれに基づいてやったということ。(第3回分科会)
- 謙虚に耐震安全性というのを考えていくと、社会的なコンセンサスでもある現行の設計法の標準的なやり方で判断せざるを得ないし、それをひっくり返すほどの知見を誰も持ち合わせていないということである。(第3回分科会)
- 専門家のご意見のとおりだが、地震に関してもわかっていないことが多いことを踏まえると、この調査結果は適切であるという結論になる。(第3回分科会)
- H29 調査、R2 調査双方とも、耐震安全性を検証する上で、一般的に使われている方法に基づき、現在の技術水準で適切に調査されたものであると判断する。(第5回分科会)

「資料1 (別紙4) 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 (H29 調査関連)」に基づき、意見交換等を行った。委員の主な意見は以下のとおり。

- 資料1 (別紙4) のH29 調査に関する分科会の見解について了承。(第7回分科会)

【令和2年度 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について】

R2調査に関する「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」（別紙4参照）について意見交換等を行った。委員の主な意見は以下のとおり。

（別紙4 No. 41）

- 地盤調査に基づいて、設計者判断として工学的基盤の深度を設定したことは、設計者判断の範疇であり、問題になるような判断をしているわけではない。（第5回分科会）

（別紙4 No. 42）

- R2調査では、地中連続壁の耐震性能について、有限要素解析（F E A）等で適切に検討しており、耐震要素として期待できないという結果について、疑義はないことから、杭及び建物に対する地震時応力低減効果が見込めないという調査結果については問題ない。（第5回分科会）

（別紙4 No. 43）

- 地中連続壁全体をモデル化して、大地震時にどのような影響があるかを検討しており、丁寧に地中連続壁の耐震性能を確認した結果であると判断する。（第5回分科会）

（別紙4 No. 44）

- 仮設部材の構造計算上の取扱いについては、設計者判断であり、構造部材として扱わないということについては問題ないと判断する。（第5回分科会）

（別紙4 No. 45）

- 地中連続壁と地下外壁の間の取合いについては竣工図に記載がないため、詳細なことはわからないが、モデル化については工学的に見て問題ないと判断する。（第5回分科会）

（別紙4 No. 46）

- 地中連続壁について、配筋状況を踏まえたモデルによる解析結果は、十分信頼に足るものであり、R2調査結果は問題ないと判断する。（第5回分科会）

（別紙4 No. 47）

- 杭の耐震安全性については、動的相互作用を考慮した現在の一般的な設計法で検証しており、R2調査は工学的に問題ないと判断する。（第5回分科会）

（別紙4 No. 48）

- R2調査は、地下の根入れ効果を考慮した検討が行われているので問題ないと判断する。（第5回分科会）

（別紙4 No. (3)）

- 建物固有周期については、モデル化によって多少の値の変動はあるので、原設計と今回用いた建物モデルの周期の相違は、モデル化の相違であり得る範囲と考える。また、固有周期測定の方法についても、最上階と地上で計測することは一般的なやり方で、全く問題はないと

判断する。なお、固有周期測定で得られた結果が、解析結果よりも多少短くなっているのは、解析で反映されていない非構造部材などが取り付いている影響によるものと考えられるので、固有周期測定には問題ないとする。そもそも、非構造部材等の影響を反映する方法は現時点では無い。(第2回、第6回分科会)

- モデル化の方法によって、多少の固有周期の相違が出ることは一般的であり、得られた結果は、特段、問題になるような大きな相違ではなく誤差の範囲であると考えられる。各調査における、モデル化及び固有値解析の結果には問題ないと判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 49)

- 群杭効果を考慮して、複数の杭を1本の杭に集約し解析する方法は、健全な杭を設計する方法として日本建築学会でも推奨されている一般的な方法であり、R2調査におけるモデル化については問題ないと判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 50)

- R2調査は、H29調査とは独立して、本庁舎の耐震性能を検証することが目的であることから、耐震性能の検証として適切であると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 51)

- R2調査で用いられた解析モデルについては、適切に地盤の位置を設定しており、問題ないことを確認した。(第5回分科会)

(別紙4 No. 52)

- R2調査で用いられた告示波については、解析を行う上で適切なものであると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 53)

- R2調査は、H29調査とは独立した調査であり、R2調査の解析結果においてNGとなった箇所が、H29調査と異なっていたとしても、そもそもモデル化や手法が異なることからそれは大きな問題ではない。R2調査において耐震性能を満たさなかったという結果は、ぎりぎり満たさなかったということではないのでモデル化の違いによる誤差ではなく、結論は変わらない。(第5回分科会)

(別紙4 No. 54)

- R2調査は、耐震診断に相当するものなので、極めて稀に発生する地震のみを検討対象とすることは問題ないと判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 55)

- 地中連続壁の耐震性能評価は、地中連続壁全体及び地盤をモデル化した解析を行って、適切な検討が行われており、工学的に見て十分適切な検討であると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 56)

- 地中連続壁の検討方法や検討結果は、工学的に見て問題ないと判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 57)

- R2調査においては、施工写真に基づく配筋状態も含めてモデル化した解析が行われており、地中連続壁の状況を適切に判断して評価していると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 58)

- 地盤変位に対する地中連続壁の検討は、立体モデルにおいてスラブが取り付く位置で剛床仮定も取り入れられており、解析上問題ない。(第5回分科会)

(別紙4 No. 59)

- 大臣認定時の図面に、地中連続壁を「耐震壁として利用できるもの」と記載されていないということは、当時の設計の審査では耐震壁として考慮されていないということである。また、どのような低減効果が見込めるかわからないものに対して、現在の方法で解析したところ、低減効果は期待できないという結果となっており、その評価は妥当である。(第5回分科会)

(別紙4 No. (1))

- 地中連続壁については、配筋や周辺地盤まで含めて丁寧なモデル化に基づく解析が行われており、その結果は工学的に見て妥当なものと判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. (2))

- R2調査で行われている地中連続壁や杭に関する検討結果は妥当なものであると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 60)

- 専門家からのご意見のとおり、大地震時に作用する応力が地中連続壁の耐力を超過しても抵抗は残ると考えられる。しかしながら、現在の技術は、その効果を評価できるレベルにならない。現状評価できないところに対して何かしらの低減効果を盛り込むのは危険側の判断になるため、安全側の評価として行われているR2調査の解析方法については、現在の設計、診断で行われている一般的なやり方と整合するものであり、問題ないと判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 61)

- 過去の地震で、地中連続壁による液状化対策としての効果が確認されているケースはあるが、本庁舎のような広い範囲を囲う地中連続壁では効果はないと考える。(第5回分科会)
- H29調査で詳細に地盤調査を実施しており、液状化の可能性が無いという結果については妥当である。(第5回分科会)

(別紙4 No. 62)

- H29調査及びR2調査の報告書を検証した結果、調査内容について適切なものであると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. (24))

- これまでの地震で被害が出なかったことにより、今後の地震に対して被害が出ないと保障されるものではない。謙虚に今後の地震に備えるということが耐震の基本であるとする。(第3回、第5回分科会)

(別紙4 No. 63)

- H29 調査とR2 調査は独立した調査を行っている。それぞれの独立した調査において、適切に地震波が使われていると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 64)

- H29 調査に比べ、R2 調査が上部構造の応答を低減できた要因は、連成系解析により杭の密集効果などを反映したことによると考える。(第5回分科会)

(別紙4 No. 65)

- 連成系解析モデルによる応答解析は、現在、実務において一般に行われている方法であり、特別に検証が必要な高度な方法ではないので問題ない。(第5回分科会)

(別紙4 No. 66)

- R2 調査は、本庁舎敷地における地盤の特性を反映した解析により詳細に検討しており、調査結果は問題ないと判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 67)

- 杭に2点ヒンジが発生したとしても、杭の鉛直支持能力が直ちに失われるものではないかもしれないが、その後の鉛直支持能力について適切に評価する方法は現状ない。現在、一般に行われている設計と同様に、2点以上での曲げ降伏の発生をもって杭の安全限界とするという評価は適切であると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 68)

- 配筋状況も反映し地中連続壁全体をモデル化した解析に基づき、地中連続壁が杭及び建物に対する地震時応力低減効果を期待できる性能を有していないという結果になったことについては、現状の技術を踏まえた評価として妥当なものであると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 69)

- 地盤調査結果に基づき杭のモデル化をしており、工学的基盤の深度の設定は竣工図と整合していることから、R2 調査におけるモデル化及び解析結果の評価については、問題ないと判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 70)

- R2 調査については、現在の技術水準に基づき、適切に行われたものであり、結果についても妥当であると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 71)

- 杭が鉛直支持能力を失う条件は、現在の技術水準に基づく評価としては適切なものであると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. 72)

- 杭に複数のヒンジが発生することは、力学上有り得ない結果ではあるが、R2調査で行われた解析方法で便宜上出た結果であり、杭が持たないという結果には変わりがないので、結果自体は問題ないと判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. (31))

- 新築の建物を設計する場合の現行の条件に合わせた形で、適切に調査を行った結果であると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. (32))

- H29調査は、超高層建築物の設計業務と同等の方法で、現行の手順を踏まえた診断を実施しており、不適切というようなものではないと判断する。(第3回分科会)
- (H29調査の)杭の検討に関しても、通常的设计のルールに則っていると判断する。(第3回分科会)
- H29調査及びR2調査の報告書を検証した結果、いずれも適切に行われたものであると判断する。(第5回分科会)

(別紙4 No. (33))

- 杭基礎は特にわからないことが多いため、解析計算が多く仮定の下に行われていることはそのとおりだが、だからこそ世の中に認められている今の構造設計の標準的な手順に基づいて判断するしかない。過去の地震で大丈夫だったとか、経験上大丈夫だったとかでは通用しない。だから、H29調査はそれに基づいてやったということ。(第3回分科会)
- 謙虚に耐震安全性というのを考えていくと、社会的なコンセンサスでもある現行の設計法の標準的なやり方で判断せざるを得ないし、それをひっくり返すほどの知見を誰も持ち合わせていないということである。(第3回分科会)
- 専門家のご意見のとおりだが、地震に関してもわかっていないことが多いことを踏まえると、この調査結果は適切であるという結論になる。(第3回分科会)
- H29調査、R2調査双方とも、耐震安全性を検証する上で、一般的に使われている方法に基づき、現在の技術水準で適切に調査されたものであると判断する。(第5回分科会)

「資料1(別紙4)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(R2調査関連)」に基づき、意見交換等を行った。委員の主な意見は以下のとおり。

- 資料1(別紙4)のR2調査に関する分科会の見解について了承。(第7回分科会)

防災拠点施設として求められる耐震性能の目標について

防災拠点施設として求められる耐震性能の目標について意見交換等を行った。委員の主な意見は以下のとおり。

- 防災拠点施設として機能維持を考え始めたのは、阪神大震災の後くらいからだが、国が本格的に検討を始めたのは熊本地震が契機であった。非構造部材の耐震性能の話も、東日本大震災の前後くらいからなので、この10年くらいでやっと議論されてきた。本庁舎に求められる性能は、国の重要施設の一番上と同じところに設定しているので、建設ときに建築基準法を満足していたからといって、防災拠点施設としての耐震性能を確保できているわけではない。(第1回分科会)
- 応答(層間変形角や塑性率)をどのくらいに抑えるか、非構造部材等をきちんと守るよう考えるべきである。極めて稀な地震に対して倒壊・崩壊しないという建築基準法レベルでは全くダメで、少なくとも告示波に地域係数の0.9を掛けたもの、この低減自体が熊本地震からもわかるように大いに疑問なので、それに対しては無損傷となる程度の構造とすべき。(第1回分科会)
- 構造体では、非構造部材を十分守れる性能がないと機能維持できない。非構造部材の機能維持対策については、まだ研究途上なので、構造体が十分健全でなくてはならない。(第1回分科会)
- 杭が壊れても倒壊するリスクは少ないと考えられるが、杭が壊れて建物が傾いた事例はある。建物が傾くと、機能維持できない。機能維持という意味では、建物をきちんと支持することが基礎にとっては重要である。(第1回分科会)
- 杭が被害を受けても良いというのは問題である。床が傾くと継続使用できないし、特に高層建築物では1/100傾くと大変なことが起こる可能性もあるので、杭が壊れても安易に大丈夫と言うわけにはいかない。(第1回分科会)
- 熊本地震では、本庁舎はあまり被害が出なかったということだが、非構造部材やアスベストなどを含め、本庁舎の状況を現地調査したい。(第1回分科会)
(各委員による本庁舎の現地調査をR3年12月～R4年5月の間で実施)
- 分科会では、耐震性能の目標について、どこまで検討する必要があるのかというところもあるが、現状は、『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)(以下、「機能継続ガイドライン」という。)]などを横目で見えていきながらということになると考える。(第3回分科会)
- 現在の建築基準法に適合しているというのは、最低限必要な耐震性能になると再認識した。2度の耐震性能調査で出た結果は、きちんと受け止める必要がある(第3回分科会)
- 分科会としては、防災拠点施設としての機能維持を目指す上では、現行の建築基準法に適合

する耐震性能では十分とは言えず、大地震に対して、『熊本市地域防災計画』や『熊本市業務継続計画』などにおいて本庁舎に求める機能を維持できる耐震性能となるよう、目標値を設定すべきであり、また、非構造部材や建築設備の機能維持については、まだ、それ自体の対策については研究途上なので、非構造部材の揺れや傾きを抑えるために構造体に十分な性能を持たせる必要があると考える。(第7回分科会)

- しかし、これらの対策については費用も必要となることから、構造体、非構造部材及び建築設備の耐震性能目標については、財政面やその他の対策なども検討して、総合的な視点で、実際に耐震改修又は建替えを行う際に設定していくことになるかと考える。(第7回分科会)

「防災拠点施設の耐震性能目標に関する他都市事例(第2回分科会資料4)」について意見交換等を行った。委員の主な意見等は以下のとおり。

- 都庁舎の目標耐震性能のS、A、Bというのは、東京都が決めたのか。(第2回分科会)
- 東京都が都庁舎の耐震補強に際して独自に設定したものと理解している。(第2回分科会)
- 東京都の目標耐震性能に熊本市本庁舎を当てはめると告示波に対してはBという評価なのではないか。(第2回分科会)
- 現状の解析結果は、改修前の都庁舎より熊本市本庁舎の方がかなり厳しい。また、都庁舎は直接基礎であるが、熊本市本庁舎は杭基礎なので、杭の補強が耐震補強を実施する際のネックとなる。(第2回分科会)
- 熊本市本庁舎は、上部構造を補強しようにも基礎杭が持たないから補強できないし、基礎杭を補強するにしても周りに空地(作業スペース)があるわけではないので、そこが熊本市本庁舎の泣き所という感じである。(第2回分科会)
- 最新の技術を駆使した中間層免震プラス制振工法である横浜市役所などの新築庁舎と、1980年代初頭の熊本市本庁舎は比較する意味がない。(第2回分科会)
- 参考にするとすれば、既存超高層庁舎の改修を行った都庁舎くらいであるが、都庁舎は基礎が問題にならないので、熊本市本庁舎は杭が耐震上問題ないという前提でないと比較が成り立たない。(第2回分科会)
- 防災拠点施設でどのくらいの耐震性能が必要かというコンセンサスが取れたものはないが、新築に関しては、機能継続ガイドラインがある。新築に合わせようとする、変形と応答を徹底的に抑えないといけない。(第2回分科会)
- 『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)』の基準である層間変形角1/100も相当厳しい基準である。(第2回分科会)
- 機能継続ガイドラインの基準には届かないにしても、現状のやり方に従ってやってみたと

きに、どのくらいのランクまでに抑えられるのかというのは、判断指標になりそうである。

(第2回分科会)

- 機能継続ガイドラインでは、地震動を1.5倍程度に割増ししても、通常のクライテリアを満足するくらいの要求値となっている。(第2回分科会)
- 新築庁舎の耐震性能目標とは比べられないが、そうは言ってもどこまで応答を抑えるのかを考えていかないといけない。(第2回分科会)
- 熊本市本庁舎建設当時の設計が間違っているという話ではなく、2度の耐震性能調査は、現在わかってきた地震に対する知見や解析技術を踏まえるとNGとなってしまったということである。経済的に改修できるかを検討するにあたって杭の耐震性能が低いことが泣き所となっている。(第2回分科会)

「防災拠点施設として本庁舎に必要な機能等(第5回分科会 資料4)」に沿って、事務局から熊本市が考える防災拠点施設として本庁舎に必要な機能等について説明を受けた後、改修せずそのまま本庁舎を使い続けた場合に想定される被害等について意見交換等を行った。委員の主な意見等は以下のとおり。

- 2度の耐震性能調査の結果を見ると、応答変形がかなり大きくなりそうなので、鉄骨部材に吹付けられたアスベストが大地震時に飛散しないことは、保障できない。(第5回分科会)
- 熊本地震の際にエレベーターはいつ動き出したか。(第5回分科会)
- 熊本地震本震のときは、発災3日後に2~3台が復旧した。他のエレベーターはロープの絡まりなどで復旧に時間を要した。エレベーターは発災後、メーカーが安全点検をしないと再稼働できない。(第5回分科会)
- 熊本地震の事実を踏まえると、発災直後は、歩いて動ける範囲しかまともに機能しないという前提条件となる。また、層間変形角1/100となると、まず非構造部材や内装に相当被害が出ると思われる。(第5回分科会)
- 天井は、結構仕様が古く、調べた結果、あまり耐震性能はないという印象である。(第5回分科会)
- 屋上の設備機器は、熊本地震の際に浮き上がっていたが、より大きな地震が来て、それ以上の被害を受けたら稼働できるか、かなり不安である。(第5回分科会)
- 執務室にあるガラスの防煙垂れ壁も割れて落ちることになり、全く被害が出ないということはないだろう。アスベスト、エレベーター、壁関係と設備機器については、かなり厳しい結果となる。(第5回分科会)

- 『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）』に定める「大地震動後、構造体の補修をすることなく建築物を使用できる」ということを、発災直後一瞬で判断することは難しいので、構造体の被害状況はよくわからないが、とりあえず使ってしまうということになるのではないか。（第5回分科会）
- 部材断面を精査する必要があるが、塑性率6を超えるという値は、基本的に梁が破断するくらいの相当ひどいダメージだというレベルである。（第3回分科会）
- 部材塑性率は最大で6を超えるところもあるので（設計クライテリアは4.0以下）、昔の溶接接合された鉄骨だと、結構な確率で破断すると考えられる。そこから先は計算に反映できないが、破断が起ると解析結果よりもっと大きな層間変形角となる。そうなると、外壁が落下して通行人が下敷きになったり、室内にいる人が外に放り出されたりする。構造体の補修の心配以前に大変なことがたくさん起きる。（第5回分科会）
- 残留変形が出るかどうかという話より、最大変形が出ることの方が問題である。（第5回分科会）
- 本庁舎の耐震性能は、防災拠点施設として機能するかどうか以前の話で、外壁が落ちる可能性もあり、2次災害の原因になる。災害を更に大きくするという危険がある。（第5回分科会）
- そもそも防災拠点施設はどのぐらいの性能を保障すればいいのかという話は、最近になってやっと検討されはじめた。機能維持とか、余裕度検証用地震動での解析を行うなど、かなりレベルの高い耐震性能を目指しつつあるが、2010年以前は、官公庁で重要度係数を少し上げて建物の強度を上げるということを出した程度である。機能維持できるかということでも検討していくと、頭の痛いことはどこの都市でも起きている。（第5回分科会）
- 防災拠点施設を考えたときに、ひとつの建物の中にいろいろな機能を入れておくことが良いのかということも議論した方がいいのではないか。本来はもう少し分散するという考えもあって良いのかもしれない。最終的には、トータルでの判断になると考えるが、いろいろな在り方を検討した方がいいのではないか。（第5回分科会）
- 機能を1箇所に集めれば、そこが弱点となる可能性がある。分散配置等については、まちづくりなどの観点もあるので、有識者会議で議論されると考える。（第5回分科会）
- 本庁舎を改修しないままで今後の大地震に対して大丈夫かと問われると、防災拠点施設として機能維持することは難しいと考える。熊本地震のときに本庁舎は、地震の大きさの割には幸い揺れが小さかったと考える。より強い地震が来たときは、庁舎が使用できないというより、外壁が落下するなど、もっとひどいことになり大変なことになると考える。（第5回分科会）

H29 調査で検討された耐震補強案を仮に実施した場合、想定される被害等について意見交換を行った。続いて、「構造・非構造部材以外の機能維持に関する他都市事例（第6回分科会 資料5）」に沿って、事務局から最近の他都市庁舎事例等について説明を受けた後、意見交換を行った。委員の主な意見は以下のとおり。

- 耐震補強を実施しても、部材塑性率が4程度であれば、その際の被災度区分は中破以上となる。部材塑性率4以内という基準は、建物が倒壊・崩壊しないという生命の最低保障のレベルであり、防災拠点施設として使い続けられることはあり得ないと考える。（第6回分科会）
- 耐震補強と併せて、アスベストの除去が大事である。アスベストが残っていたら、外壁や内装材が剥がれた時点でアスベストが飛散し、本庁舎を使用できない。（第6回分科会）
- 補強後の解析結果が層間変形角1/100程度なので、内装材が剥がれ始めるか、一部落下というような状態の変形である。鉄骨梁等も塑性化し始めているレベルなので、応急危険度判定で建物に入れない可能性がある。内装の剥落や部材の塑性化を無視して使い続けるといった覚悟が必要である。もちろん、エレベーター等設備の機能は期待できないし、給排水も、これは本庁舎内だけの問題ではないが、どうなるかわからない。（第6回分科会）
- 本庁舎を防災拠点施設としてどのように使うかによるが、倉庫程度にしか使えない。少なくとも外部の人が入れる状況にはならない。執務室内は熊本地震時よりひどい状況が想定される。層間変形角1/100以下という基準は、そもそも機能維持を考えておらず、倒壊・崩壊防止の目標値である。（第6回分科会）
- 補強前と補強後の違いでいくと、耐震性能はもちろん良くなっているが、告示波レベルの地震が来たら、やはり駄目だと考える。（第6回分科会）
- むしろ、被害を受けにくい場所に、防災拠点施設を作っておいた方が良いのではないかと。耐震上、防災拠点施設の立地場所として、今の場所が向いているとは思えない。（第6回分科会）
- H29 調査の耐震補強案は、機能維持を目指した補強ではなく、倒壊・崩壊しないという最低レベルを満たす補強であり、それだけでもハードルが高いということ。（第6回分科会）
- 杭に関しては、本庁舎敷地は軟弱粘性土があつて、地盤変位が地下室の変位よりも大きい。通常は地下室が杭にとって味方になるが、この状態は敵になってしまう。そうすると、現在の設計体系の中では、杭が破壊する判定となる。したがって、上部構造を耐震補強しても防災拠点施設として機能維持することはなかなか厳しいと考える。（第6回分科会）
- 構造ヘルスマニタリングシステムは、建物の構造体が健全かどうかは判定できるが、現段階では損傷度がどの程度把握できるか疑問である。（第6回分科会）
- 新築だと電源の二重化等の対策は可能であるが、既存建築物でBCP対策をしようとする、根本から設備の作り方を変えないといけないし、熊本市の場合は洪水対策など様々な対策も必要であるし、地震対策だけを考えても相当大変である。（第6回分科会）

耐震性能分科会の取りまとめについて

「熊本市本庁舎の耐震性能について（案）（第7回分科会 資料1）」に基づき、意見交換等を行った。委員の主な意見は以下のとおり。

- 資料1のとおり、耐震性能分科会の取りまとめとして、有識者会議へ報告することです承。（第7回分科会）

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

■整理表の見方

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	分科会の見解
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>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>	<p>地中連続壁に関する注意事項については、昭和 54 年大臣認定時の設計図書には記載がなく、耐震要素として設計に考慮されていないことは間違いない。</p> <p>H29 調査のように、不確定な要素について極力排除して耐震安全性を評価することは、既存建物の耐震診断の考え方として、危険を回避する上で必要な判断であり、一般的に行われていることから、適切であると判断した。</p> <p>また、R2調査では、地中連続壁の効果を定量的に算出することを試みるため、配筋や周辺地盤まで含めて丁寧なモデル化に基づく解析が行われており、地震時応力低減効果が見込めないという検証結果についても、工学的に見て妥当である。</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。）
- ④ 「疑問を呈した専門家からの意見」及び「熊本市等の考え方」に対する分科会の見解

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	分科会の見解
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>	<p>地中連続壁に関する注意事項については、昭和 54 年大臣認定時の設計図書には記載がなく、耐震要素として設計に考慮されていないことは間違いない。</p> <p>H29 調査のように、不確定な要素について極力排除して耐震安全性を評価することは、既存建物の耐震診断の考え方として危険を回避する上で必要な判断であり、一般的に行われていることから、適切であると判断した。</p> <p>また、R2 調査では、地中連続壁の効果を定量的に算出することを試みるため、配筋や周辺地盤まで含めて丁寧なモデル化に基づく解析が行われており、地震時応力低減効果が見込めないという検証結果についても、工学的に見て妥当である。</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	分科会の見解
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（R 2 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>	<p>専門家が述べているように何かしらの低減効果があった可能性もあるが、一方で、次の大地震でその低減効果が確実に発揮されることは保証できない。すなわち、H29 調査のように、不確定な要素について極力排除して耐震安全性を評価することは、既存建物の耐震診断の考え方として一般的であるため問題ない。</p> <p>また、R 2 調査で行われている地中連続壁や杭に関する検証結果は工学的に見て妥当である。</p>
3	<p>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。</p>	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>	<p>建物固有周期については、モデル化による多少の値の変動はあるので、H29、R 2、原設計の周期の相違は、モデル化の相違であり得る範囲と考えられ、各調査における解析モデルについては適切である。</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	分科会の見解
4	<p>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。</p>	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>	<p>H29 調査において、基礎杭を竣工図で調査した場合、竣工図は設計図に比べて杭径が細くなっており、杭自体の強度が低下するので、耐震性能としては低下する。</p> <p>熊本市の判断は妥当である。</p>
5	<p>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。</p>				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>	<p>H29 調査は、調査時点で提供可能な図面を基に、現地調査等の結果を踏まえ、耐震性能調査を行っており、受託者は最善を尽くしていると言える。</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	分科会の見解
6	<p>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。</p>	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>	<p>調査時点で把握できた情報を用いた範囲にて一般的な手法（学会等を含めて社会的にコンセンサスが得られている）に基づき、不確定な要素については陽な形で期待しないという考え方は、客観的な性能評価を得る方法の基本である。</p> <p>また、本庁舎の耐震性能は人命に関わることでもあるので安全側に評価するために確定している要素しか見込まずに調査したことは、尊重すべき判断である。</p>
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>	<p>国土交通省の技術的助言は、既存の超高層建築物に対して告示波による耐震安全性の検討をしてはいけないと定めているわけではない。</p> <p>H29 調査では、本庁舎の長寿命化と併せ、防災拠点施設としての機能維持を検討するに当たり、施主である熊本市が倒壊・崩壊を防止する最低レベルではなく、防災拠点施設として機能維持できるレベルまで必要と考えたことは理解できる。</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	分科会の見解
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。</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>	<p>地震の予測・断定が困難な中、今後発生する最大限の地震が日奈久断層帯と限定できず、熊本市で想定される大地震に備え、告示波や建設地で予想される地震動であるサイト波を含めた複数の地震動で検討を行うことは、長く使える防災拠点施設としての本庁舎の在り方を考える上で重要なことである。</p> <p>また、現行の技術や解析方法に従い、現段階で必要とされる基準で客観的に耐震安全性を検討するためには、告示波での検討は必須である。</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	分科会の見解
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>	<p>検討に用いる地震波を告示波からサイト波に代えるのは、建物の周期帯において告示波よりサイト波の方が強いときであり、熊本市が告示波も含めて検討したことは適切である。</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	分科会の見解
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>	<p>設計用地震動については、指定性能評価機関の取扱いを考慮し、現行の法令に基づき判断すべきである。</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>	<p>重複反射(増幅)を考慮していないと入力是一般に強くなることはないはずである。告示波の速度応答スペクトルのグラフから判断すると、重複反射を考慮した解析が行われていたと考えられる。</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	分科会の見解
12	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。		3, 4	7, 8, 9		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。 また、層全体として塑性化が進んでいる中間層は、変形が局所的に大きい傾向となります。	応答解析結果の層間変形角は、告示波による検討において中間層の応答が大きくなっており、2次モードの影響が出ているが、周期との関係でこのような結果となることもあり、極端に卓越しているわけではない。
13	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。		5, 8			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。	地盤の卓越周期を把握するために行う地盤常時微動測定は、建物の中で測定すると上部構造の影響をかなり受けるので、通常は地表面で測定するが、H29調査は、地表に加えて地中10mと40mで測定してあり、一般的な方法よりも丁寧に調査している。
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。	耐震安全性を検討する上で、不確定な要素は極力排除すべきであり、平面が大きいことによる位相差については、本庁舎の建物寸法では、その効果は明確ではないので、H29調査で実効入力低減を見込まずに検討したことは適切である。 また、杭の密集効果については、R2調査において適切に検証されている。

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	分科会の見解
15	<p>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。</p>			20, 21		<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>本庁舎敷地の地盤は、そこまで不整形ではなく、この程度であれば成層としてモデル化することは問題ない。</p>
16	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>（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）</p>		2			<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>専門家のご意見も一理あるが、H29 調査は、現行の建築基準法が求める基準を基に耐震性能の有無を判断しており、地域係数を考慮した結果がNGであることから、これ以上の検討は必要ないとする。</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	分科会の見解
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>	<p>指定性能評価機関の業務方法書は、建築基準法第 77 条の 56 第 2 項において準用する法第 77 条の 45 第 1 項に基づき、性能評価業務規程の記載事項の一つとして国土交通大臣の認可を受けているものなので、法律ではないとは言え、これに適合しないと大臣認定を受けることができない。したがって、現在の技術に基づいて現在の審査基準で判断した場合には、現行の建築基準法を満たしたとは言えないことになる。</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	分科会の見解
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>	<p>防災拠点施設として妥当か否かの検討としては、一般的な超高層建築物と同様のプロセスにて耐震性能を評価するべきであり、その審査において、杭の健全性を確認することも一定の割合である。また、兵庫県南部地震以降、杭の被害が上部構造に大きな被害を与えた事例もあることから、熊本市が耐震性能調査の結果として、杭の損傷を重視することは間違っていないと判断する。</p>
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>	<p>今後発生する地震の予測・断定が困難な中、上部構造と基礎構造それぞれ独立して様々な特性を踏まえた最も不利となる地震波に対する安全性を確認することが安全性能検証の基本的な考え方である。</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	分科会の見解
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（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>	<p>地中連続壁等の不確定な要素について極力排除して耐震安全性を評価することは、既存建物の耐震診断の考え方として一般的であり、H29 調査におけるモデル化は適切である。</p>
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れている。</p> <p>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>	<p>地中連続壁等の不確定な要素について極力排除して耐震安全性を評価することは、既存建物の耐震診断の考え方として一般的であり、H29 調査におけるモデル化は適切である。</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	分科会の見解
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>	<p>場所打ちコンクリート杭の杭頭の曲げ破壊であれば許容し、せん断破壊や杭中間部の損傷(2点ヒンジ)は許容しないという判断基準は現在の杭基礎の設計と対応しており、H29調査における杭の鉛直支持能力の有無に関する工学的判断は適切であると判断した。</p> <p>また、専門家の意見「大口径であるから損傷しても支持力を維持できる」を客観的かつ定量的に評価でき、かつ社会的にコンセンサスを得られる科学的根拠にあたる実験データ等は見当たらないため、他と同様、不確定な要素は考慮しないという原則に従うべきであると考えている。</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>	<p>専門家のご意見も一理あるが、現設計法として、杭基礎ではパイルキャップ等の底面の支持力を考慮しない。また、高層部も含めて耐震安全性を検討しているのに、低層部の杭の支持力がなくなっても問題ないというのは間違いである。</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	分科会の見解
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いうことと、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>	<p>これまでの地震で被害が出なかったことが今後の大地震に対して安全を保障するものではなく、謙虚に今後の大地震に備えるということが耐震安全性の確保における基本であると考えます。</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	分科会の見解
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けば、その痕跡が認められるはずであり、再調査すべきである。</p> <p>（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>	<p>熊本地震の際、本庁舎には大きな変形は生じておらず、周辺の被害状況と合わせて考えると、入力地震動が弱かったのではないかという印象であるが、今後の大地震に対して安全を保障するものではなく、謙虚に今後の大地震に備えるということが耐震安全性の確保における基本であると考えます。</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	分科会の見解
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>	<p>H29 調査において、杭の検討は熊本地震波による解析ではないので、専門家が指摘している H29 調査結果を立証することにはならない。</p> <p>また、仮にコア抜き調査を実施しても、今後の地震に対して杭の耐震安全性を保障することにはならない。</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>	<p>外装材等の変形追従性能の検証は、近年になって学術的に取り組まれている領域でもあり、最新の研究成果においても評価方法そのもの途上段階にあり、未解明な部分が多い。その中で現存する資料と、外装材メーカーのヒアリングの知見を基に検討しており、現時点での検討方法としては適切である。</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	分科会の見解
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R2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>	<p>現在の本庁舎は、建設当時の技術を駆使し、丁寧に設計・施工しているが、その後の構造及び地震に関する技術の進歩や最新の知識を反映させると、耐震性能が不足しているという結果が得られたということである。決して、当時の設計を尊重していないことではない。残念ながら、技術の進歩の結果として得られた結論である。</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>	<p>熊本地震の結果だけで本庁舎の耐震安全性を判断できず、将来の地震の可能性を考えると、告示波を含めた複数の地震動で検討しているH29調査において出された耐震性能不足という結果は、信頼性のある結論だと判断する。</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	分科会の見解
30	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。		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>	熊本地震の結果だけで本庁舎の耐震安全性を判断できず、将来の地震の可能性を考えると、告示波を含めた複数の地震動で検討しているH29調査において出された耐震性能不足という結果は、信頼性のある結論だと判断する。
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			<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>	H29 調査及びR2調査は、現在の新築の建物を設計する場合の条件に合わせた形で、現在の技術で適切に調査を行っており、その結果は妥当である。

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	分科会の見解
32	<p>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。</p>	1				<p>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。</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>	<p>H29 調査及びR 2 調査は、いずれも解析方法は適切なものであり、その結果についても妥当である。</p>
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>	<p>H29 調査及びR 2 調査は、耐震安全性を検討する上で、現在の超高層建物に対する手法で適切に調査されたものである。</p> <p>また、昨年、今年発生した福島県沖地震では、東日本大震災より小さな地震にも関わらず、新たな被害が生じている。防災拠点施設として一度の地震に対して大きな被害がなかったという点は評価すべきであるが、それが今後の耐震安全性を保障することにはならないのは、上述の例でも自明である。</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	分科会の見解
34	H29 で示された、「本庁舎（行政棟）は耐震性能が不足している」との結論に多くの市民が疑問を抱いている。それは、震度 6 強の熊本地震に遭遇して、ほとんど被害がなかったのになぜなのか、という素朴な疑問である。	3				<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証するため、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と考えます。</p>	(耐震性能分科会の検証対象外)
35	二つの報告書には重大な疑義があることから、このままやむやにすることは許されず、これらに対して真摯に応えることが市当局に課せられた使命であり、市民にその結果を公開すべきである。そうでなければ、時間と費用を無駄に費やしただけに終わってしまう。	4				<p>適切に調査が行われたものと考えております。</p>	(耐震性能分科会の検証対象外)
36	筆者の経験から、公的機関からの検証業務については、その後の政策に大きな影響を与える場合があることを受託者は認識する必要がある。そのために、結果の妥当性をできる限り検証することは受託者の使命であると言える。 本庁舎の耐震性能についても、庁舎の建替え問題に大きな影響を与えるだけに、検討結果の妥当性については、可能な限りの十分な検証が必要なことは論を待たない。	23				<p>適切に調査が行われたものと考えております。</p>	(耐震性能分科会の検証対象外)

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	分科会の見解
37	<p>超高層の耐震性能を明らかにするには、解析よりも構造計画等が重要であることを認識しなければならない。なぜなら、大地震時の建物の挙動は解析で想定した通りには行かないことは、これまでの震災が物語っており、まだまだ未知のことも多い。</p> <p>解析を軽視するわけではないが、様々な仮定による一つの解に過ぎないことを忘れてはならない。</p>	26				適切に調査が行われたものと考えております。	(耐震性能分科会の検証対象外)
38	<p>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。</p>		1			観測史上初めて震度7を2度記録した熊本地震の影響を踏まえ、本市の市有建築物耐震対策基本方針で定めた本庁舎の耐震性能が確保されているかを確認するため、平成29年度に行った庁舎整備にかかる調査において、耐震性能調査も実施しました。	(耐震性能分科会の検証対象外)
39	<p>高60m以下の建物の構造計算に用いる地震力の大きさに比べて、原設計で用いた地震力は1.58倍の強さであり、十分な大きさを計算してある。</p>			6		建築基準法第20条において、構造計算の方法は高さが60m超の建築物と60m以下の建築物では明確に異なる方法で行うよう規定されており、高さが60m超である本庁舎の耐震性能をそれ以下の建築物に用いる構造計算手法を使って耐震性能を評価することはできません。	(耐震性能分科会の検証対象外)
40	<p>観測波（熊本波）での層間変形角は1/100程度となっているにもかかわらず、残留変形が生じていない。熊本地震の際、本庁舎の配置が南北軸から約40度振れているため、本庁舎が受ける地震力が小さくなり、層間変形角が実際には小さかったのではないか。</p>			9, 10		建物の向きに合わせて南北及び東西方向の観測値を入力して検証しておらず、中央区大江で計測されたNS・EWの波形をそれぞれ建物長辺・短辺方向に入力し、大きな応答となった結果を記載しています。	(耐震性能分科会の検証対象外)

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	分科会の見解
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>	<p>地盤調査に基づいて工学的基盤の深度を設定したことは、設計者判断の範疇であり、工学的基盤の深度を 29m と設定したことについては問題ない。</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>	<p>R 2 調査では、地中連続壁の耐震性能について、有限要素解析 (F E A) 等で適切に検証しており、耐震要素として期待できないという結果について疑義はないことから、杭及び建物に対する地震時応力低減効果が見込めないという調査結果については妥当である。</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	分科会の見解
43	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。				2	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。	地中連続壁全体をモデル化して、大地震時にどのような影響があるかを検証しており、丁寧に記述した結果であると判断する。
44	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。 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。				2	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。 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。	仮設部材の構造計算上の取扱いについては、設計者判断の範疇であり、構造部材として扱わないということについては問題ない。
45	地下連続壁の内面と地階外壁の外面の取合いはどのようになっているのか。 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。 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合いの詳細を明らかにし、解析モデルを修正すべき。				2	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。 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。	地中連続壁と地下外壁の間の取合いについて竣工図に記載がないため、詳細なことはわからないが、R2調査の検証で用いられた解析モデルについては工学的に見て適切である。

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	分科会の見解
46	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。	18				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。 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。	地中連続壁について、配筋状況を踏まえた解析モデルによる解析結果は、十分信頼に足るものであり、R2調査結果は妥当である。
47	「動的相互作用」とは、杭と地盤が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。 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。	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おります。	杭の耐震安全性については、動的相互作用を考慮した現在の一般的な設計法で検証しており、R2調査については工学的に見ても適切である。
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				R2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。	R2調査は、地下の根入れ効果を考慮した検証が行われており、解析方法として適切である。

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	分科会の見解
(3)	H29、R2、原設計、評価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>	<p>建物固有周期については、モデル化による多少の値の変動はあるので、H29、R2、原設計の周期の相違は、モデル化の相違であり得る範囲と考えられ、各調査における解析モデルについては適切である。</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>	<p>群杭効果を考慮して、複数の杭を1本の杭に集約し、解析する方法は、健全な杭を設計する方法として日本建築学会でも推奨されている一般的な方法であり、R2調査の検証で用いられた解析モデルについては適切である。</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ない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				<p>R2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。</p>	<p>R2調査は、H29調査とは独立して、本庁舎の耐震性能を検証することが目的であることから、耐震性能検証として適切である。</p>
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				<p>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。</p>	<p>R2調査で用いられた解析モデルについては、適切に地盤の位置を設定されている。</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	分科会の見解
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。	R2調査で用いられた告示波は、設計で一般的に用いられているものであり、解析を行う上で適切なものである。
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でした。	R2調査は、H29調査とは独立した調査であり、R2調査の解析結果において設計目標を満たさなかった箇所が、H29調査と異なっていたとしても、そもそもモデル化や手法が異なることからそれは大きな問題ではない。R2調査において耐震性能を満たさなかったという結果は、モデル化の違いによる誤差程度ではないため、結論は変わらない。
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。	R2調査は、極めて稀に発生する地震動に相当する地震外力に対して建物が有する変形性能に応じた保有水平耐力の有無を評価する耐震診断に相当するものであり、極めて稀に発生する地震のみを検証対象とすることについては問題ない。

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	分科会の見解
55	<p>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。</p>	2, 17, 18				<p>R 2 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。</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>	<p>地中連続壁の耐震性能評価は、地中連続壁全体及び地盤をモデル化して適切に解析しており、工学的に見て適切な検証である。</p>
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>	<p>地中連続壁の耐震性能評価は、地中連続壁全体及び地盤をモデル化して適切に解析しており、工学的に見て適切な検証である。</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	分科会の見解
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>R2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>	<p>R2調査は、施工写真に基づく配筋状態も含めてモデル化した解析が行われており、地中連続壁の状況を適切に判断して評価している。</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>	<p>地盤変位に対する地中連続壁の検証は、立体モデルにおいてスラブが取り付け位置で剛床仮定も取り入れられており、解析としては適切である。</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	分科会の見解
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>	<p>大臣認定時の図面に、地中連続壁を「耐震壁として利用できるもの」と記載されていないということは、当時の設計の審査では考慮されていないということである。</p> <p>有限要素解析(FEA)によると地中連続壁が破壊し、低減効果は期待できないという評価は妥当である。</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>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>	<p>地中連続壁に関する注意事項については、昭和54年大臣認定時の設計図書には記載がなく、耐震要素として設計に考慮されていないことは間違いない。</p> <p>H29 調査のように、不確定な要素について極力排除して耐震安全性を評価することは、既存建物の耐震診断の考え方として危険を回避する上で必要な判断であり、一般的に行われていることから、適切であると判断した。</p> <p>また、R2 調査では、地中連続壁の効果を定量的に算出することを試みるため、配筋や周辺地盤まで含めて丁寧なモデル化に基づく解析が行われており、地震時応力低減効果が見込めないと検証結果についても、工学的に見て妥当である。</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	分科会の見解
(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>	<p>専門家が述べているように何かしらの低減効果があった可能性もあるが、一方で、次の大地震でその低減効果が確実に発揮されることは保証できない。すなわち、H29 調査のように、不確定な要素について極力排除して耐震安全性を評価することは、既存建物の耐震診断の考え方として一般的であるため問題ない。</p> <p>また、R2 調査で行われている地中連続壁や杭に関する検証結果は、工学的に見て妥当である。</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	分科会の見解
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と。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と。</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と。</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と。</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>	<p>専門家からのご意見のとおり、地中連続壁の耐力を超過しても、何かしらの抵抗は残ると考えられる。</p> <p>しかしながら、現在の技術水準では、その効果を定量的に評価する方法は確立されていない。現状評価できないところに対して何かしらの低減効果を盛り込むのは危険側の判断になる。</p> <p>R 2 調査の解析方法については、現在の構造設計で行われているように、引張強度が期待できない無補強部分のコンクリートの抵抗を考慮しないモデルを用いた有限要素解析(FEA)により耐震性能を適切に検証していることから、耐震性能調査として妥当である。</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	分科会の見解
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と。</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>	<p>過去の地震で、地中連続壁による液状化対策としての効果が確認されているケースはあるが、本庁舎のような広い範囲を囲う地中連続壁では効果はないと考える。</p> <p>また、H29調査における液状化可能性の検討結果については妥当である。</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	分科会の見解
62	<p>R 2 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 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。</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>	<p>H29 調査及び R 2 調査の報告書を検証した結果、調査内容について適切なものである。</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	分科会の見解
(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いうことと、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>	<p>これまでの地震で被害が出なかったことが今後の大地震に対して安全を保障するものではなく、謙虚に今後の大地震に備えるということが耐震安全性の確保における基本であると考えます。</p>
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>R2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、R2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礎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>	<p>H29調査とR2調査は独立した調査を行っている。それぞれの独立した調査において、適切に地震波が使われていると判断する。</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	分科会の見解
64	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）	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>	H29調査に比べR2調査が上部構造の応答を低減できた要因は、連成系解析により杭の密集効果などを反映したことによると考える。
65	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。	21				R2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。	連成系解析モデルによる応答解析は、現在、実務で行われている方法であり、特別に検証が必要な高度な方法ではない。
66	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。	24				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。	R2調査は、本庁舎敷地における地盤の特性を反映した解析により詳細に検証しており、調査結果は妥当である。

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	分科会の見解
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。</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おります。</p>	<p>杭に2点ヒンジが発生したとしても、杭の鉛直支持能力が直ちに失われるものではないかもしれないが、その後の鉛直支持能力については、適切に評価する方法は現状ない。</p> <p>日本建築学会の指針等に基づいた現在の設計において一般的な基準である、2点以上での曲げ降伏の発生をもって杭の安全限界とするという評価は問題ない。</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年発生の中東地震において、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>	<p>配筋状況も反映した地中連続壁全体をモデル化して解析したところ、地中連続壁が杭及び建物に対する地震時応力低減効果を期待できる性能を有していないという結果になったことについては、現状の技術を踏まえた評価として妥当なものである。</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	分科会の見解
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で杭が損傷すると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>	<p>地盤調査に基づき杭をモデル化しており、工学的基盤の深度の設定は竣工図と整合していることから、R2調査における解析モデルは適切であり、解析結果の評価については妥当である。</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>	<p>R2調査については、現在の技術水準に基づき、適切に行われたものであり、結果についても妥当である。</p>
71	<p>H29調査もR2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。</p>	25, 26				<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、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。</p>	<p>杭が鉛直支持能力を失う条件は、現在の技術水準に基づく評価としては適切なものである。</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	分科会の見解
72	<p>杭のヒンジ発生箇所がいくつも出ることに疑問。(P5-21)</p> <p>(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るということか。</p> <p>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。</p>				1	<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>杭に複数のヒンジが発生することは、力学上有り得ない結果ではあるが、R 2 調査で行われた解析方法で便宜上出た結果であり、杭が持たないという結果には変わりがないので、結果自体は妥当である。</p>
(31)	<p>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。</p>	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>	<p>H29 調査及び R 2 調査は、現在の新築の建物を設計する場合の条件に合わせた形で、現在の技術で適切に調査を行っており、その結果は妥当である。</p>
(32)	<p>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。</p>	1				<p>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。</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>	<p>H29 調査及び R 2 調査は、いずれも解析方法は適切なものであり、その結果についても妥当である。</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	分科会の見解
(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				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。	H29 調査及びR 2 調査は、耐震安全性を検討する上で、現在の超高層建物に対する手法で適切に調査されたものである。 また、昨年、今年発生した福島県沖地震では、東日本大震災より小さな地震にも関わらず、新たな被害が生じている。防災拠点施設として一度の地震に対して大きな被害がなかったという点は評価すべきであるが、それが今後の耐震安全性を保障することにはならないのは、上述の例でも自明である。
73	R 2 調査の「指定性能評価機関からの見解を確認しながら耐震性能の有無を評価し、検証するもの」という委託概要からすれば、任意評定をとるのが当然ではないのか。				5	委託仕様書では、「(略)基礎杭の耐震性能の有無について評価する。なお、その際には指定性能評価機関の見解等を確認しながら、その妥当性を検証するものとする。」と定めており、指定性能評価機関から評価を取得することを求めているものではございません。	(耐震性能分科会の検証対象外)
74	工事段階で杭が大幅に変更されたことおよび地下連続壁の利用目的が図面に明記されていたことは、極めて重要であるにもかかわらず、報告書に記載されていないのは異常で、委託者が受託者に対して、なぜ指示しなかったのかを明らかにしなければならない。	2, 11, 16, 24				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、地下連続壁についても配筋状況も踏まえ、地中連続壁全体をモデル化し解析しております。	(耐震性能分科会の検証対象外)

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	分科会の見解
75	なぜ「稀に発生する地震動」に対する告示波の作成を指示しなかったのか、市当局の明確な説明が必要である。	12				R2 調査では、H29 調査で設計目標値を満足しなかった告示波の3つの地震動波を用いて検証することとしたものであり、同告示波は、いわゆるレベル2地震動（極めて稀に発生する地震動）になります。 他方で、いわゆるレベル1地震動（稀に発生する地震動）については、検証用震動の対象とはしておりません。	(耐震性能分科会の検証対象外)
76	検証業務委託者の責務として、報告書の内容の妥当性の検証以前に、報告書で仕様書に定められた内容が記載されているかを確認する責任がある。報告書に告示波作成に関する記述(成果)が欠落しているのは明らかで、受託者に対して告示波に関して必要な記述を求め、報告書に記載させる任務があるが、責任を全く果たしていない。	12				業務の成果品には左記内容の提出を求めています。	(耐震性能分科会の検証対象外)
77	「指定性能評価機関の見解等を確認しながら、その妥当性を検証する」についても、報告書が公開されてから3カ月以上経過しているが、明確になっていなくて無責任である。	12				R2 調査の仕様書では、指定性能評価機関からの評定を受けることまでは盛り込んでおりません。	(耐震性能分科会の検証対象外)
78	これまで実際の大地震時に全く起きていない「ほぼすべての杭が支持力を喪失する」との結論は、よほど明確な根拠がない限り下しえないものである。解析手法・解析仮定・解析結果に100%の信頼がないと出せない結論である。	24				適切に解析された結果だと考えています。	(耐震性能分科会の検証対象外)