

都庁第一本庁舎・第二本庁舎における  
長周期地震動対策への取組

平成23年 5 月

東京都財務局

---

## 目 次

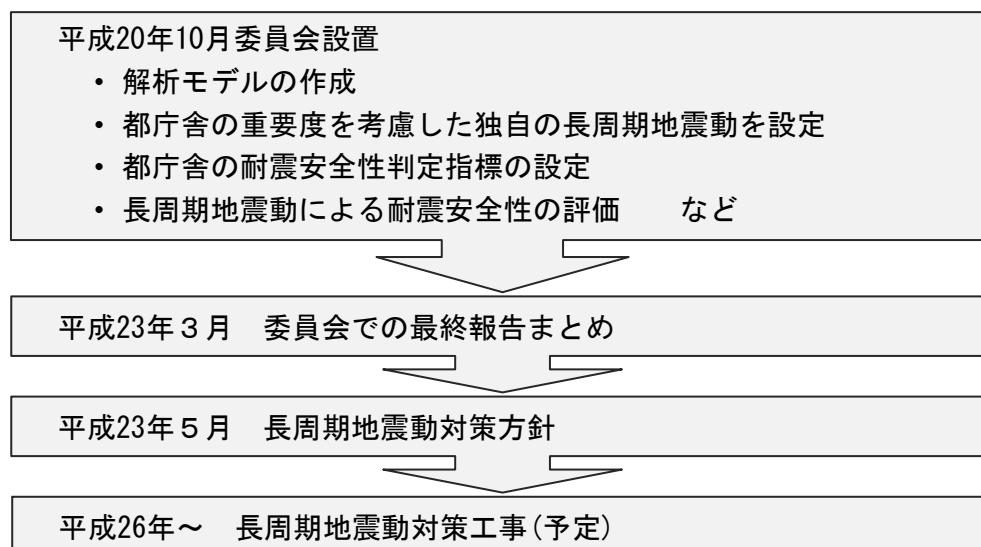
---

はじめに.....	1
1. 都庁舎(第一本庁舎・第二本庁舎)の建物概要.....	2
2. 耐震安全性調査委員会の調査・検討結果	
2.1 解析モデルの作成.....	3
2.2 都庁舎検討用の入力地震動の設定.....	4
2.3 耐震安全性判定指標の設定.....	7
2.4 現状の都庁舎の耐震安全性評価.....	8
2.5 補強案の作成と耐震安全性の確認.....	10
3. 長周期地震動対策に関する方針	
3.1 長周期地震動による影響と対策.....	14
3.2 スケジュール及び概算工事費.....	14
参考資料 1 耐震安全性調査委員会 委員名簿	
参考資料 2 第一本庁舎・第二本庁舎の構造概要	
参考資料 3 制振装置設置による効果の比較	
参考資料 4 国土交通省が公表した「超高層建築物等における長周期地震動への対策試案について」による長周期地震動との対比	
参考資料 5 日本建築学会による「長周期地震動対策に関する調査」で示された長周期地震動との対比	
参考資料 6 東北地方太平洋沖地震の都庁舎における観測記録	
参考資料 7 東北地方太平洋沖地震の都庁舎における観測記録の分析結果	

## ● はじめに

- 都庁舎は、首都を支える行政の中核であるとともに、災害時には防災拠点としての重要な機能を担っている。そのため、大地震が発生した場合には、重要な機能を継続的に対応のできる環境の整備が不可欠である。
- 長周期地震動は、平成15年9月に発生した十勝沖地震の際に、震源から遠く約250km離れた苫小牧市内で起こった石油タンク火災の原因として注目された。最近の調査研究などによれば、超高層建築物については、長周期地震動に対し、構造安全性を確保する上で考慮することが必要であると考えられている。国土交通省では、平成20年度以降、長周期地震動を考慮した建築物の設計用地震動について調査を実施し、平成22年12月「超高層建築物等における長周期地震動への対策試案について」を公表したが、その対策については、今後十分に検討を行った上で取りまとめることとしている。
- 都では、国の検討結果を待つことなく、都庁舎に対する長周期地震動の影響を把握するための調査及びその対策の必要性について、様々な観点から検討を行ってきた。平成20年10月には、超高層建築物の構造や地震工学などを専門とする学識経験者で構成される「耐震安全性調査委員会」を(財)日本建築防災協会内に設置し、調査・検討を重ねてきたところ、本年3月、当該委員会において検討結果がまとまったところである。
- この結果を踏まえ、都としては、平成26年から予定している都庁舎の設備更新スケジュールに合わせ、防災拠点としての機能を確保するための耐震対策に取り組んでいくこととした。

～取組までの流れ～



## 1 都庁舎(第一本庁舎・第二本庁舎)の建物概要

建物のしゅん功年月：平成3(1991)年3月

所在地：東京都新宿区西新宿二丁目8番1号

	第一本庁舎	第二本庁舎
階数	地下3階 地上48階	地下3階 地上34階
最高部高さ	243.4m	163.3m
軒高	241.87m	162.34m
延床面積	196,755m <sup>2</sup>	139,950m <sup>2</sup>
構造種別	地上2階以上鉄骨造 1階以下鉄骨鉄筋コンクリート造	
基礎構造	直接基礎	



## 2 耐震安全性調査委員会の調査・検討結果

### 2.1 解析モデルの作成

長周期地震動の影響を解析するため、柱、梁、柱梁接合部及びブレースを忠実にモデル化した解析モデルを作成した。解析した1次固有周期<sup>1</sup>は表1のとおり。

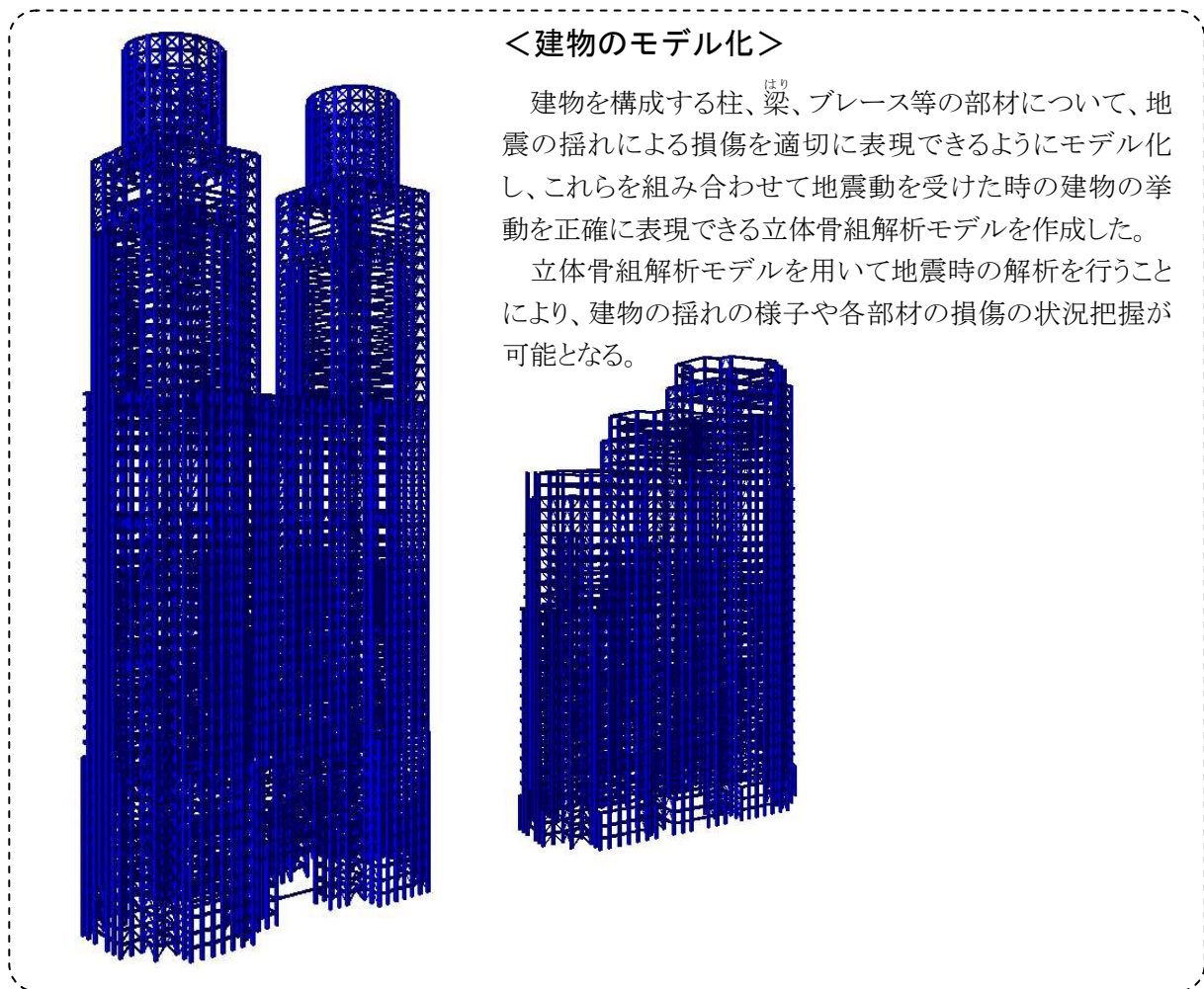
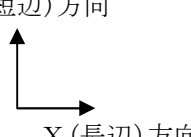
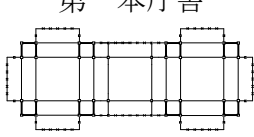
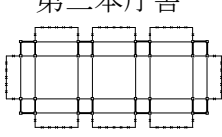


表1 1次固有周期(秒)

Y(短辺)方向 	第一本庁舎 	第二本庁舎 
X(長辺)方向	4.64	3.84
Y(短辺)方向	4.97	3.66

<sup>1</sup> 全ての建築物は、剛性や全体の重量などによって、揺れやすい周期をもっており、これを固有周期という。そのうちの最も長いもの(最も揺れやすい周期)を1次固有周期という。

## 2.2 都庁舎検討用の入力地震動の設定

### 1) 長周期地震動の選定

都庁舎位置における検討用の長周期地震動の作成に当たっては、過去の地震及び今後発生する可能性が高い地震について調査を行い、関東地震( $M_J^2 7.9$ )と東海・東南海地震( $M_J 8.3$ )<sup>\*</sup>による大地震を想定した。

これらの地震について、断層モデル<sup>3</sup>による長周期地震動を作成し、応答スペクトル<sup>4</sup>により地震動の大きさを比較した結果、都庁舎への影響度が高いと判断された東海・東南海地震による長周期地震動を都庁舎検討用地震動として選定した。

※ 東海地震が単独で発生した事例は、過去においてもほとんどなく、東南海地震と連動して発生する場合(「東海・東南海地震」と呼ばれている。以下同じ。)が多い。また、東海、東南海及び南海の3地震が連動して発生することも考えられるが、南海地震の長周期地震動が、都庁舎位置に及ぼす影響は小さいと想定される。

#### <関東地震と東海・東南海地震の震源域>



<sup>2</sup> M(マグニチュード)は地震そのもの(震源)の規模を表す指標。マグニチュードには種々の定義があるが、気象庁が地震観測記録に基づき発表するマグニチュードは気象庁マグニチュード( $M_J$ )と呼ばれ、一般に広く使われている。また、断層面の大きさとずれの量などで定義される地震モーメントという量から計算されるモーメントマグニチュード( $M_W$ )は、地震学の分野で広く使われている。

<sup>3</sup> 震源における断層運動を力学的にモデル化したもの

<sup>4</sup> いろいろな固有周期を持つ様々な建物や構造物に対して地震動がどの程度の揺れの強さを生じさせるかを示したものの

## 2) 長周期地震動の設定

東海・東南海地震による長周期地震動の作成に当たっては、乱数を用いて断層の破壊の仕方を変えた10ケースの波形を作成した。

それらの波形のばらつきを念頭に、都庁舎の機能上の重要性を考慮して、各波形の応答スペクトルの平均に標準偏差(+1 $\sigma$ )を加え、それを包絡するように図1のとおり長周期地震動の応答スペクトルレベルを設定し、長周期地震動の波形を作成した。

作成した長周期地震動の加速度時刻歴波形を図2に示す。

図1 長周期地震動の速度応答スペクトルレベルの設定

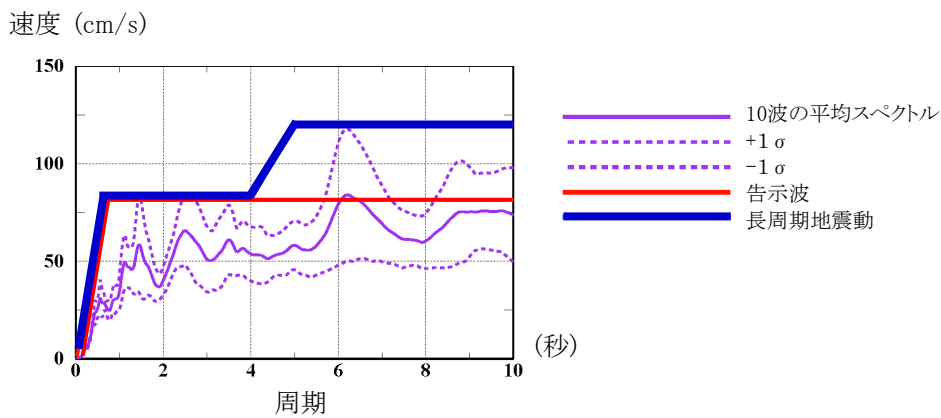
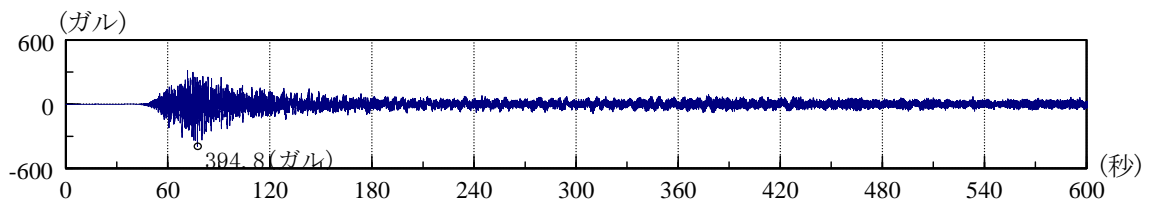


図2 作成した長周期地震動の加速度時刻歴波形





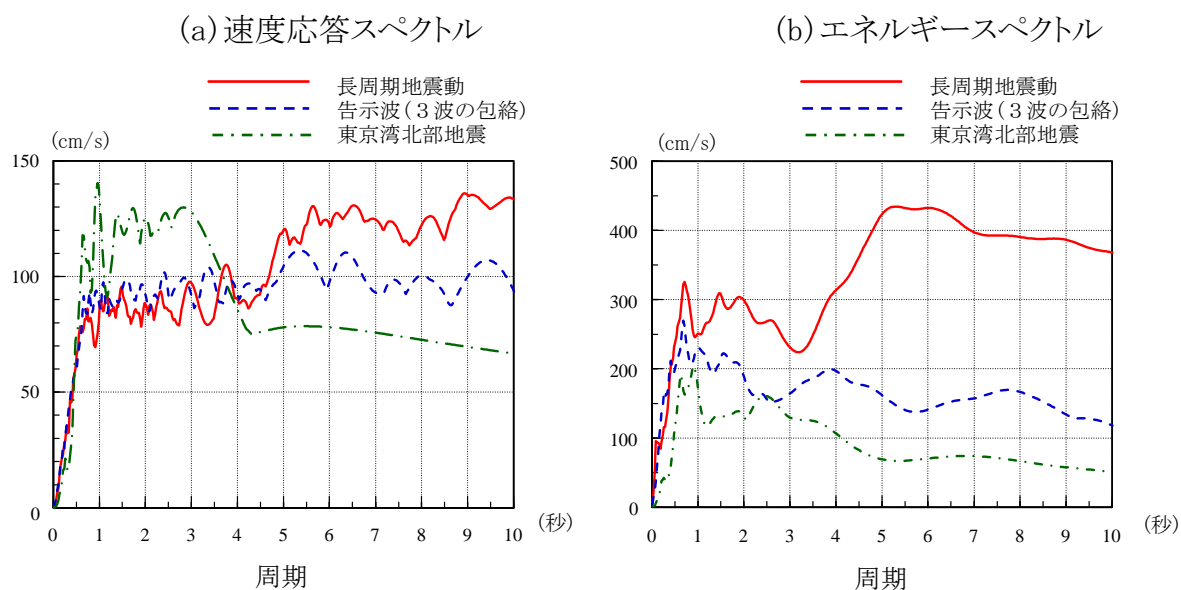
### 3) 入力地震動の設定

耐震安全性検討に用いた入力地震動を表2に、速度応答スペクトル及びエネルギースペクトルを図3に示す。

表2 入力地震動

分類	入力地震動	最大加速度 (ガル)	継続時間 (秒)
長周期地震動	東海・東南海地震の長周期地震動(M <sub>J</sub> 8.3)	394.8	600
告示波 <sup>5</sup> (極めて稀に発生する地震)	八戸EW位相(告示1)	384.9	120
	JMA-神戸NS位相(告示2)	393.1	120
	ランダム位相(告示3)	376.7	120
首都直下地震 (東京湾北部地震)	東京湾北部地震(M <sub>J</sub> 7.3)	304.7(南北) 325.6(東西)	50

図3 検討用入力地震動のスペクトル



<sup>5</sup> 平成12年建設省告示1461号で定義された地震波であり、超高層建築物及び免震建築物については、これらの地震波を用いて耐震設計することが義務付けられている。



## 2.3 耐震安全性判定指標の設定

### 1) 都庁舎としての要求性能

大地震発生時に来庁者及び職員の安全を確保し、早急に業務の復旧が図れること。

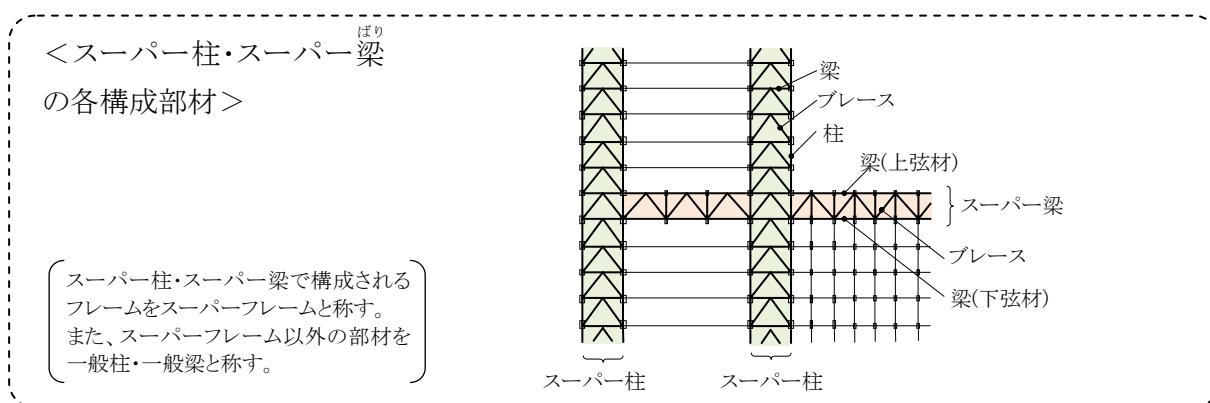
### 2) 入力地震動と目標耐震性能

都庁舎の構造的な耐震性能とその判定指標は、次のとおりとした。

耐震性能	判定指標
S	構造体は、おおむね弾性挙動 (主架構であるスーパー柱・スーパー <sup>ぼり</sup> 梁の各構成部材は、おおむね弾性範囲)
A	構造体の塑性化は許容するものの、過大な変形は生じない (層間変形角 <sup>6</sup> 1/100以下、部材の塑性率 <sup>7</sup> 4以下、かつ、主架構であるスーパー柱・スーパー <sup>ぼり</sup> 梁の各構成部材の降伏 <sup>8</sup> は許容するが、局部座屈 <sup>9</sup> や梁端破断は発生しない。ただし、ブレースの全体座屈は許容する。)
B	構造体は鉛直支持能力を保持し、外壁の脱落なし ※ 外壁の脱落の判定値は、取付詳細図を基に設定した層間せん断変形角 <sup>10</sup> 1/85とする。

また、入力地震動と対応する都庁舎の目標耐震性能を次に示す。

分類	目標耐震性能
長周期地震動	A
告示波	S
東京湾北部地震	S



<sup>6</sup> 地震時の階の最大変形を階高で除した値。変形が大きいと構造体の損傷が大きくなる。

<sup>7</sup> 部材の損傷の程度を表す指標。部材の応答変形を降伏変形で割ったもの。

<sup>8</sup> 鉄骨部材に力をかけると、ある力までは力を除いた後に元の状態に戻る(弾性と呼ぶ。)が、ある力以上になると変形が残り元の状態に戻らなくなる(塑性と呼ぶ。)。その限界点を弾性限といい、弾性限に達することを降伏と呼ぶ。

<sup>9</sup> 薄い部材に圧縮力やせん断力を加えたときに生じる変形。それに伴い、急激に部材の耐力が低下する。

<sup>10</sup> 層間変形には、フレームが平行四辺形状に変形する成分と、左右の柱の伸び縮み量の差が原因で生じる変形成分の両方が含まれるが、このうち前者を層間せん断変形角と呼ぶ。

## 2.4 現状の都庁舎の耐震安全性評価

作成した解析モデルに設定した検討用入力地震動を入力して、現状の都庁舎の耐震性を評価した。

### 1) 第一本庁舎、第二本庁舎の応答結果

分類	対象 評価項目	第一本庁舎		第二本庁舎	
		X(長辺)方向	Y(短辺)方向	X(長辺)方向	Y(短辺)方向
長周期地震動	最大層間変形角	1/106	1/76(1/113)*	1/94	1/84(1/132)*
	最大部材塑性率	2.54	3.48	2.46	2.24
	スーパーフレームの状況	上下弦材降伏 ブレース座屈	上下弦材降伏 ブレース座屈	ブレース座屈	上下弦材降伏 ブレース座屈
告示波	最大層間変形角	1/122	1/104	1/106	1/95
	最大部材塑性率	1.83	1.22	2.03	2.18
	スーパーフレームの状況	ブレース座屈	上下弦材降伏 ブレース座屈	ブレース座屈	上下弦材降伏 ブレース座屈
東京湾北部地震	最大層間変形角	1/153	1/110	1/126	1/137
	最大部材塑性率	0.99	1.22	1.52	1.07
	スーパーフレームの状況	弾性範囲	上下弦材降伏 ブレース座屈	2か所 ブレース座屈	弾性範囲

※ ( )は層間せん断変形角を表す

#### ○ 第一本庁舎

最大層間変形角は、長周期地震動のY方向が最大1/76であるが、外壁が脱落することはない。また、建物全体の自重の支持能力は確保されている。告示波と東京湾北部地震では、各方向とも1/100以下である。

最大部材塑性率は、いずれの地震でも4以下である。

スーパーフレームの塑性化状況は、長周期地震動に対して柱・梁の局部座屈や梁端破断はないが、スーパー梁の多くの部材が塑性化しており、スーパー柱のブレース材も一部座屈している。告示波と東京湾北部地震では、一部の部材に塑性化が生じるのみである。

なお、長周期地震動の一部の一般梁では、累積塑性変形倍率<sup>11</sup>が40~50程度となっており、梁端破断が生じる。告示波と東京湾北部地震では、一般梁の破断はない。

#### ○ 第二本庁舎

最大層間変形角は、長周期地震動のY方向が1/84であるが、外壁の脱落はない。また、

<sup>11</sup> 繰返し変形による部材の損傷を表す指標。

建物全体の自重の支持能力は確保されている。告示波と東京湾北部地震では、それぞれ1/95、1/126である。

最大部材塑性率は、いずれの地震でも4以下である。

スーパーフレームの塑性化状況は、長周期地震動に対して両方向とも柱・梁の局部座屈や梁端破断はないが、スーパー梁の多くの部材が塑性化している。また、スーパー柱の角柱が降伏するが、組柱として健全性が確保されており、耐震性に影響はない。告示波と東京湾北部地震では、一部の部材に塑性化が生じるのみである。

なお、長周期地震動では、一般梁の2本の累積塑性変形倍率が75となっており、梁端破断が生じる。告示波と東京湾北部地震では、一般梁の破断はない。

## 2) 現状の耐震性の判定

分類	耐震性能		目標耐震性能	評価
	第一本庁舎	第二本庁舎		
長周期地震動	B	B	A	△
告示波	A	B	S	△
東京湾北部地震	A	S	S	△

評価 ○：目標性能を満たしている

△：目標性能を満たしてはいないが、外壁の脱落なし、倒壊もしない

×：崩壊・倒壊の危険性がある

### ○ 第一本庁舎

耐震性能は、長周期地震動に対して大きな変形が生じ、目標耐震性能Aを下回っている。しかし、建物全体として自重の支持能力は確保されており、倒壊・崩壊の可能性はなく、外壁も脱落には至っていない。また、告示波及び東京湾北部地震に対しては、スーパー梁の一部に上下弦材降伏等が生じているため、目標耐震性能Sを下回っている。

### ○ 第二本庁舎

耐震性能は、長周期地震動に対して大きな変形が生じ、目標耐震性能Aを下回っている。しかし、建物全体として自重の支持能力は確保されており、倒壊・崩壊の可能性はなく、外壁も脱落には至っていない。また、告示波に対しては、全体ねじれ変形の影響により、一部で目標耐震性能Aを若干下回り、目標耐震性能Sを満足していない。

よって、目標耐震性能を確保するために、第一本庁舎及び第二本庁舎の補強案を検討する。

## 2.5 補強案の作成と耐震安全性の確認

### 1) 補強案の作成

目標耐震性能を確保するため、高い応答低減効果が実証されている制振装置による補強案を作成した。制振装置としては、一般的によく用いられており、長周期地震動による繰返し変形に対して性能が安定し、中小地震にも効果が期待できるオイルダンパーを用いた補強案で、耐震安全性を確認する。制振装置(オイルダンパー)の設置概念図を図4に示す。

また、第一本庁舎の制振装置の設置箇所数と設置位置を図5に、第二本庁舎の制振装置の設置箇所数と設置位置を図6に示す。

図4 制振装置の設置概念図

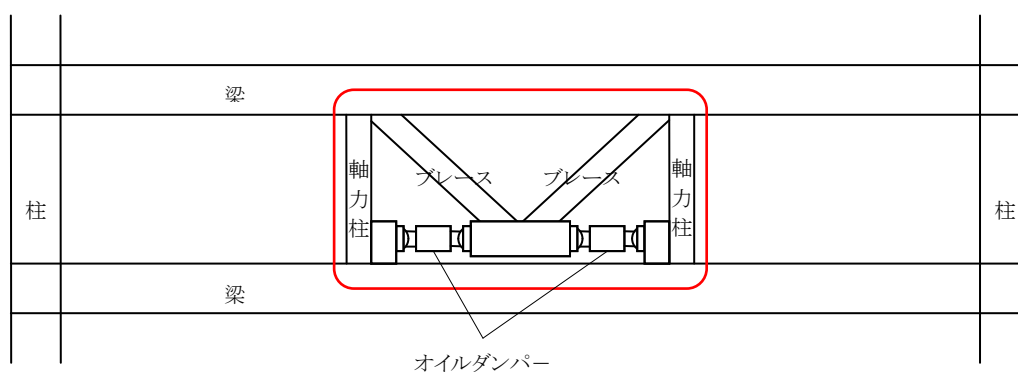


図5 制振装置の設置箇所数及び設置位置(第一本庁舎)

	制振装置の設置箇所数
X(長辺)方向	28
Y(短辺)方向	66

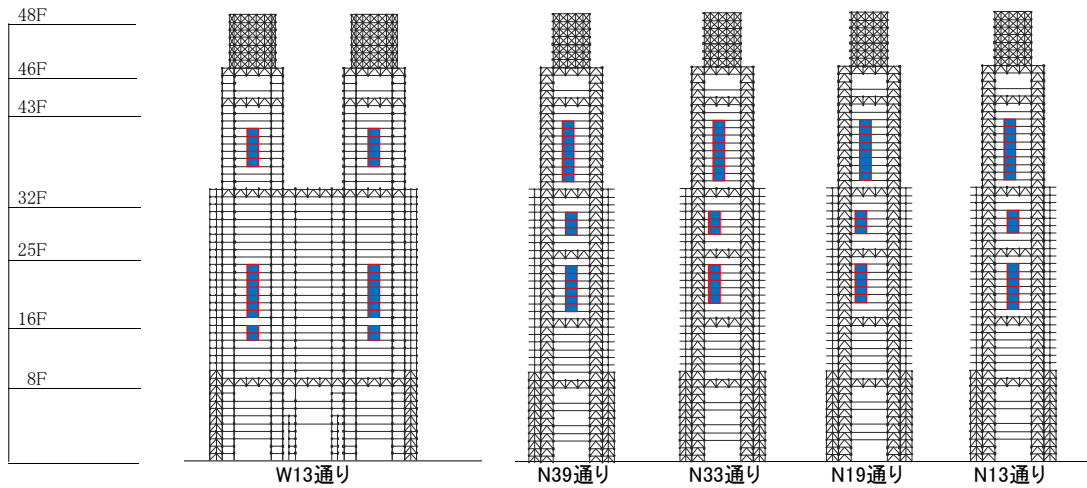
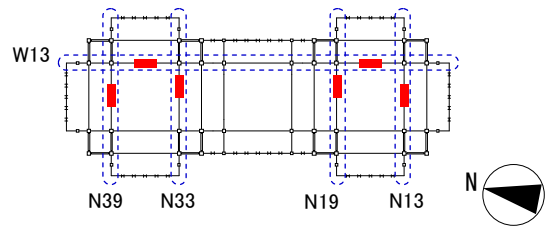
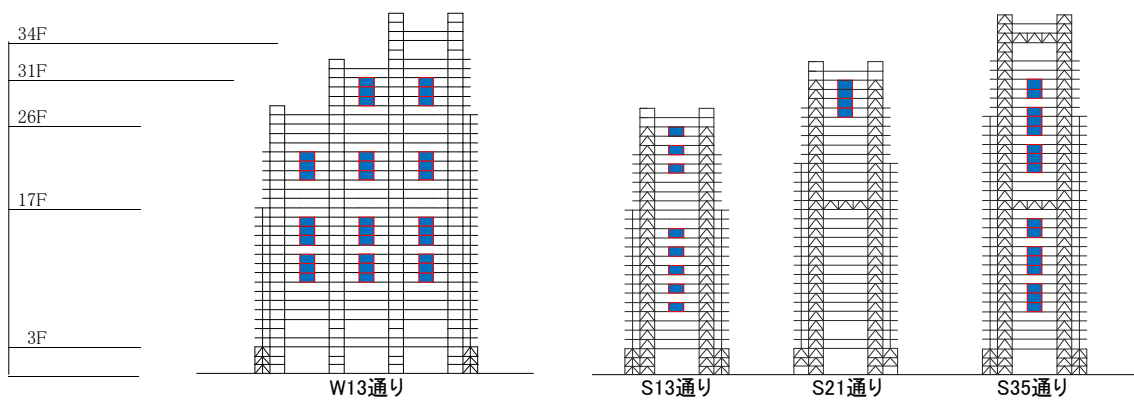
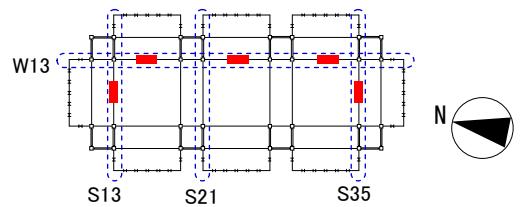


図6 制振装置の設置箇所数及び設置位置(第二本庁舎)

	制振装置の設置箇所数
X(長辺)方向	33
Y(短辺)方向	28



## 2) 補強後の第一本庁舎、第二本庁舎の応答結果

分類	対象 評価項目	第一本庁舎		第二本庁舎	
		X(長辺)方向	Y(短辺)方向	X(長辺)方向	Y(短辺)方向
長周期地震動	最大層間変形角	1/135	1/100	1/139	1/116
	最大部材塑性率	1.94	4.10*	1.56	2.91
	スーパーフレームの状況	ブレース座屈	上下弦材降伏 ブレース座屈	弾性範囲	弾性範囲
告示波	最大層間変形角	1/158	1/135	1/152	1/132
	最大部材塑性率	1.54	1.44	1.48	2.06
	スーパーフレームの状況	弾性範囲	弾性範囲	2か所 ブレース座屈	1か所 ブレース座屈
東京湾北部地震	最大層間変形角	1/170	1/131	1/143	1/167
	最大部材塑性率	1.13	1.22	1.73	1.30
	スーパーフレームの状況	弾性範囲	弾性範囲	弾性範囲	弾性範囲

\*当該部材の累積塑性変形倍率は3.1であり、構造安全性を確保していると判断する。

### ○ 第一本庁舎

最大層間変形角は、長周期地震動では、制振装置設置前の76～79%に低減されて1/100以下となっている。告示波では、設置前の77%に、また東京湾北部地震では84～90%に低減されており、制振装置の変形抑制効果が顕著に表れている。

最大部材塑性率は、長周期地震動のY方向の一般梁で若干4を超える部材があるが、構造安全性は確保されている。告示波と東京湾北部地震では共に塑性率は4以下である。

スーパーフレームの塑性化状況は、長周期地震動に対して、スーパー梁<sup>ぼり</sup>の塑性化部材は大幅に低減され、スーパー柱の塑性化は解消されている。告示波と東京湾北部地震では、スーパーフレームの全ての部材が弾性範囲であり、制振装置で塑性化が抑制されている。

なお、繰返し変形による一般梁<sup>ぼり</sup>の梁端破断<sup>はり</sup>は、いずれの地震でも生じない。また残留変形も小さい。

### ○ 第二本庁舎

最大層間変形角は、長周期地震動では装置設置前の68～72%に低減され、どのフレームも1/100以下である。告示波では設置前の70～72%に、また東京湾北部地震では82～88%に低減されており、制振装置の変形抑制効果が顕著に表れている。

最大部材塑性率は、いずれの地震でも4以下である。

スーパーフレームの塑性化状況は、長周期地震動に対して、全ての部材が弾性範囲である。告示波では、下層階のスーパー柱のブレース材の1又は2か所に座屈が生じるが、変形の進展はわずかである。東京湾北部地震では、スーパーフレームの全ての部材

が弾性範囲であり、いずれの地震に対しても制振装置で塑性化が抑制されている。

なお、繰返し変形による一般梁の梁端破断は、いずれの地震でも生じない。また残留変形も小さい。

### 3) 補強後の都庁舎の耐震性判定

分類	目標耐震性能	評価
長周期地震動	A	○
告示波	S	○
東京湾北部地震	S	○

評価 ○：目標性能を満たしている

△：目標性能を満たしてはいないが、外壁の脱落なし、倒壊もしない

×：崩壊・倒壊の危険性がある

第一本庁舎及び第二本庁舎について、現状と比較して制振装置設置による大幅な応答低減により、いずれの入力地震動に対しても設定した目標耐震性能を満足している。



## 3 長周期地震動対策に関する方針

### 3.1 長周期地震動による影響と対策

都庁舎は、耐震安全性調査委員会の調査・検討結果では、今後発生が予想される大地震に伴う長周期地震動により、倒壊、崩壊及び外壁の脱落はしないものの、長時間繰り返し揺れることで、一部の階において大きな変形や構造部材の一部に損傷が生じるものとされた。

この場合には、天井などの仕上げ材の一部脱落・損傷や設備配管などの一部損傷の可能性があること、一部の階の構造部材に応急補修を要することにより、一部の業務の継続に支障をきたすこととなる。

このため、都では、当該委員会における検討結果を踏まえ、制振装置を設置することで耐震安全性を向上させ、建物の変形を小さくし、大きな揺れを早く収めることで業務の継続を図るため、長周期地震動対策を実施することとした。

### 3.2 スケジュール及び概算工事費

- 平成26年から予定している設備更新工事に合わせ、計画的・効率的に対策を実施する。
  - ・ 平成23年度から、設計など必要な対応を進めていく
- 概算工事費は、約40億円程度※と見込まれる。

※ この概算工事費は、類似事例を参考にしながら試算したものである。今後の設計段階において具体的な補強仕様や施工方法など技術的な検討を行った後に確定させていく。

制振装置設置イメージ



参考資料 1 耐震安全性調査委員会 委員名簿

	氏 名	現 職	期 間
委員長	てしがわらまさおみ 勅使川原正臣	名古屋大学大学院・環境学研究科 教授	平成20～22年度
委 員	おおかわ いずる 大川 出	独立行政法人建築研究所・構造研究グループ 主席研究監	平成20～22年度
委 員	かわむら みつる 川村 満	株式会社日本設計・構造設計群 副群長	平成20年度
委 員	きたむら はるゆき 北村 春幸	東京理科大学・理工学部 教授	平成20～22年度
委 員	くすのき こういち 楠 浩一	横浜国立大学大学院・工学研究院 准教授	平成20～22年度
委 員	はらだ ゆきひろ 原田 幸博	千葉大学大学院・工学研究科 教授	平成21、22年度
委 員	ふくわ のぶお 福和 伸夫	名古屋大学大学院・環境学研究科 教授	平成20～22年度
委 員	やまだ さとし 山田 哲	東京工業大学・建築物理研究センター 准教授	平成21、22年度

※ 委員長を除き五十音順

## 参考資料 2 第一本庁舎・第二本庁舎の構造概要

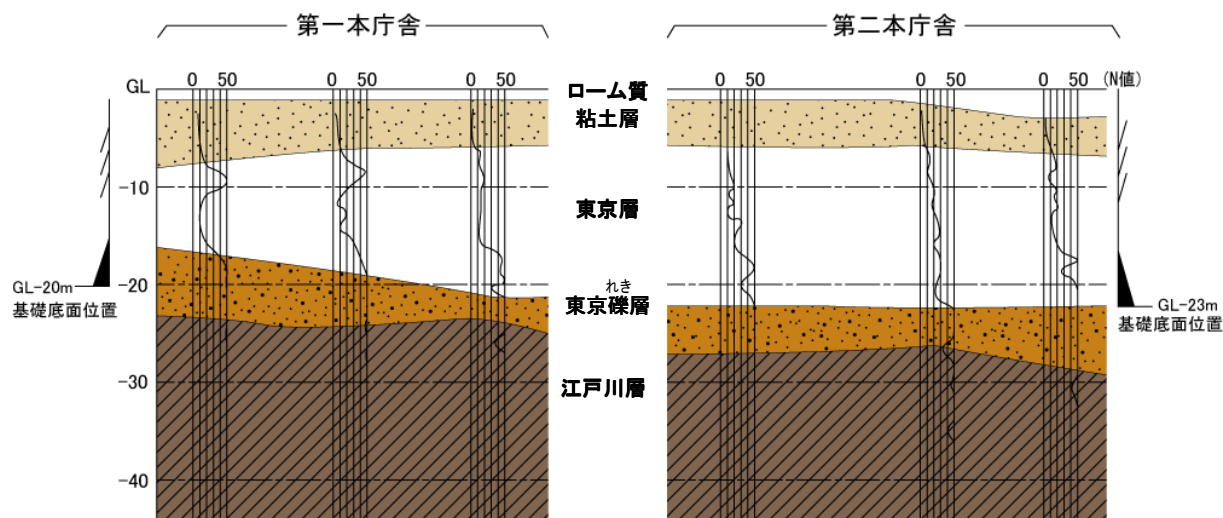
### 1) 構造計画

第一本庁舎	左右ブロックそれぞれの四隅に計8本のスーパー柱を配している。高さ方向の要所に、1階分のせい <sup>ばり</sup> のブレース入りのスーパー梁 <sup>ばり</sup> を設け、各スーパー柱同士を緊結することによって、立体スーパーストラクチャーを構成している。
第二本庁舎	左右ブロックそれぞれの四隅に計8本のスーパー柱を配している。セットバックしていることから、短辺方向の高いフレームにはスーパー梁 <sup>ばり</sup> を2か所、中間の高さのフレームには1か所設けている。低いフレーム及び長辺方向には、スーパー梁 <sup>ばり</sup> を設けず、セットバックに起因するねじれ <sup>れき</sup> を抑えるよう計画している。

伏図・軸組図を図1に示す。

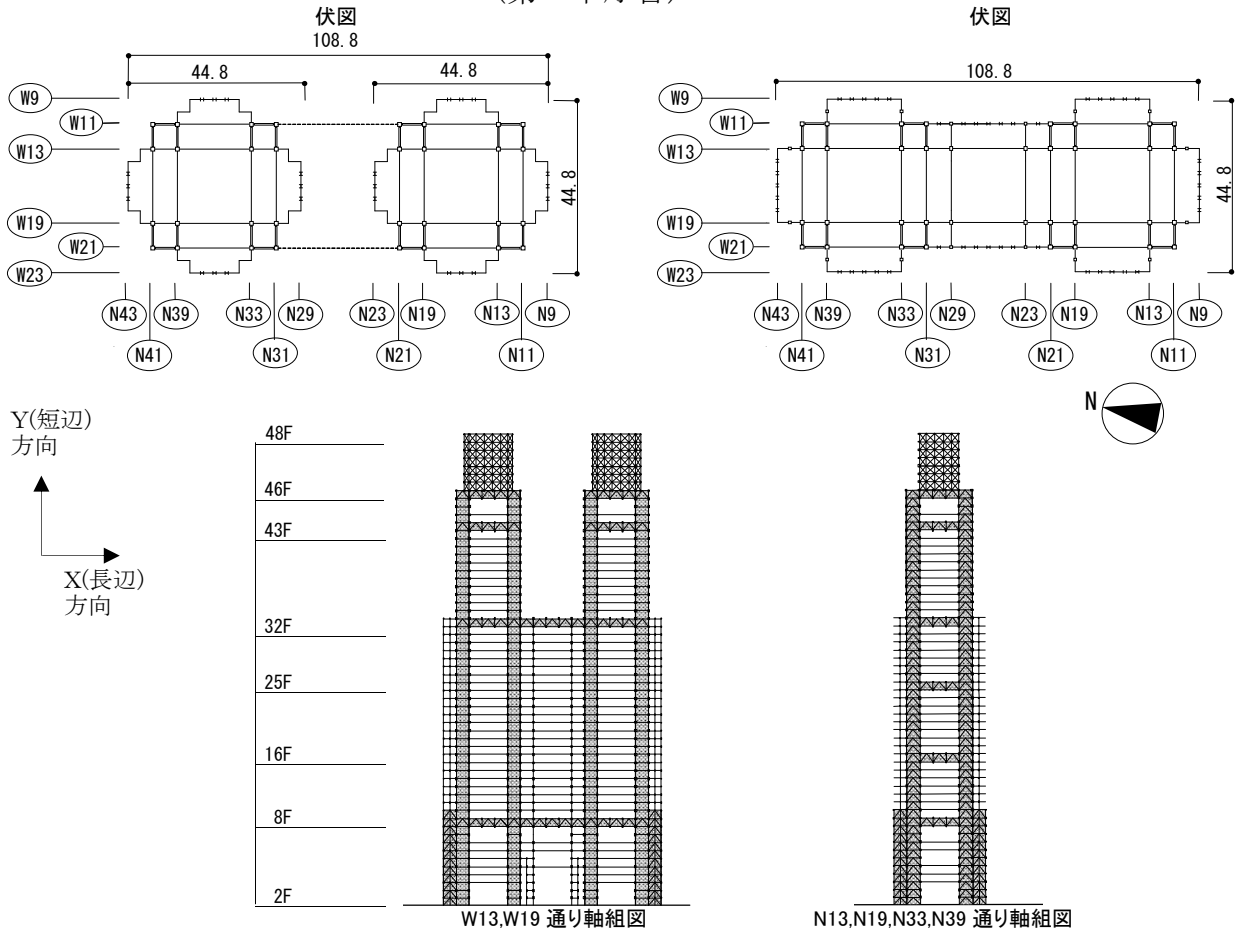
### 2) 地盤条件

敷地は、淀橋台と呼ばれる洪積台地の北縁部の平坦地で、地層構成は、地表から5～6mは盛り土及びローム質粘土層、その下の層はN値<sup>1</sup>が10～20の細砂を主体とした東京層(層厚10～15m)、N値がおおむね50以上の東京礫層<sup>れき</sup>(層厚2～6m)、N値50以上の良く締った細砂の江戸川層となっている。第一本庁舎及び第二本庁舎は、地盤の終局耐力が約300t/m<sup>2</sup>であることが確認されている東京礫層<sup>れき</sup>に建てられている。

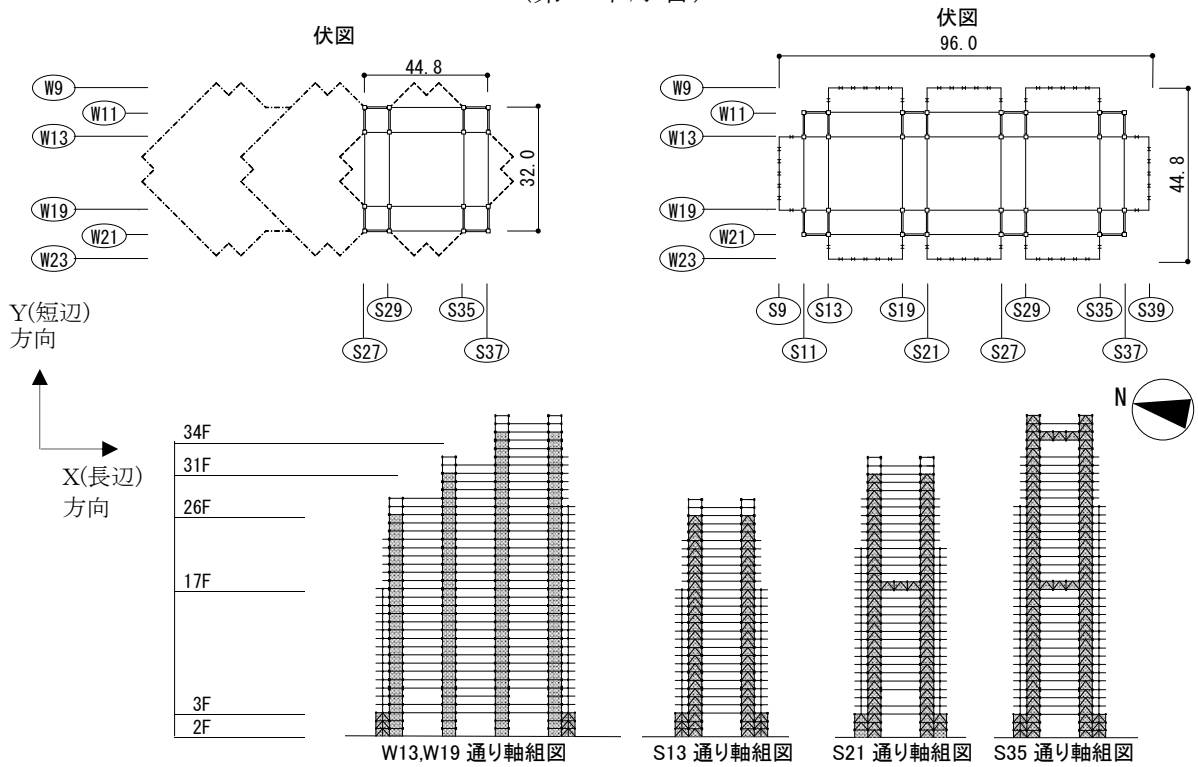


<sup>1</sup> 地盤の硬さを示す指標。硬い地盤では値が大きく、軟弱な地盤では小さい。

図1 伏図・軸組図  
(第一本庁舎)



(第二本庁舎)



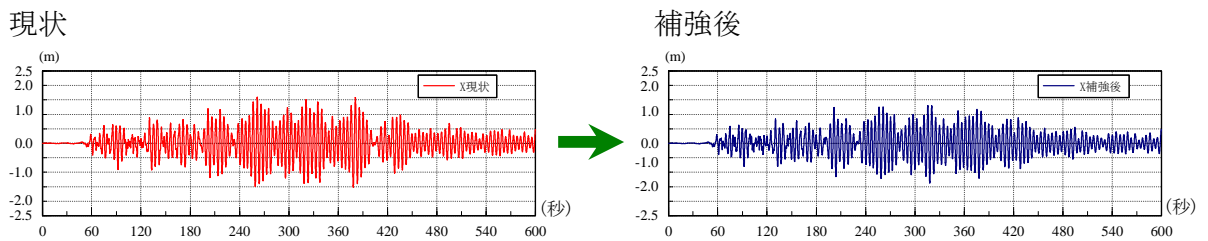
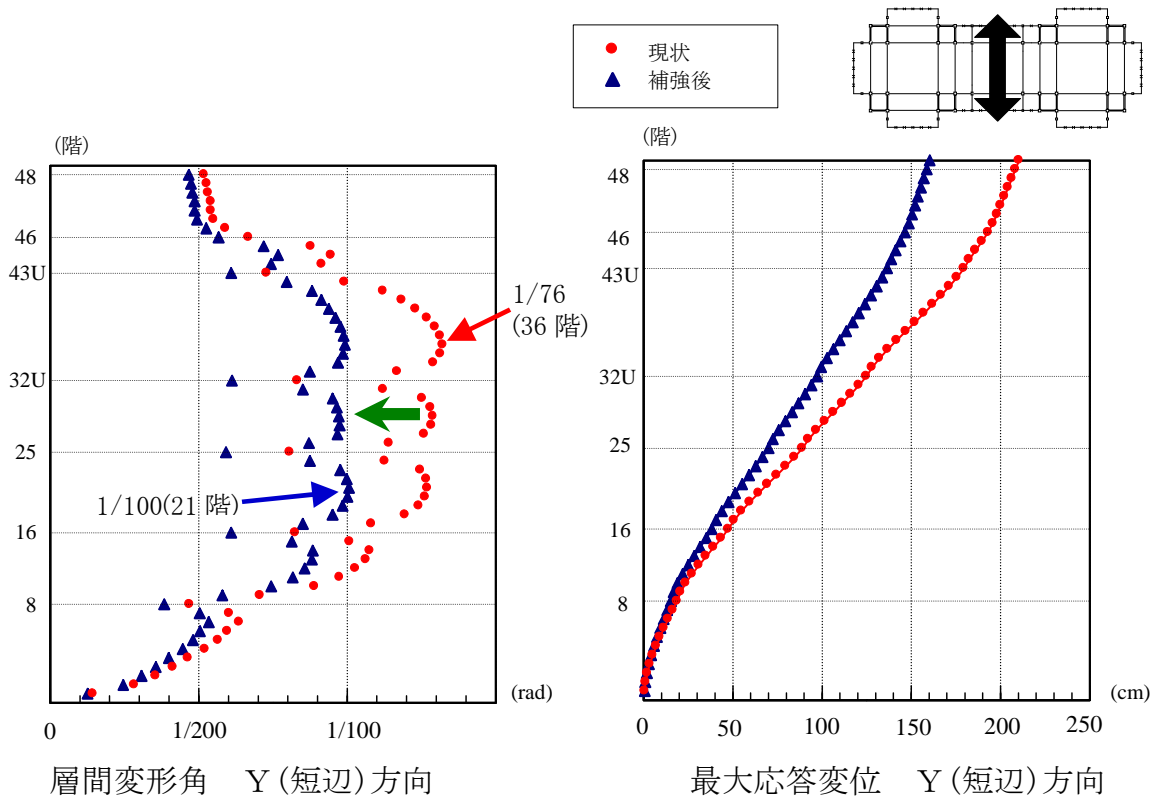
### 参考資料3 制振装置設置による効果の比較

現状と補強後の地震時最大層間変形角の比較を表に示す。また、図1に第一本庁舎の、図2に第二本庁舎の現状と補強後の揺れの比較図を示す。制振装置の効果により揺れの大きさが大幅に抑制(層間変形角で2～3割減)された。

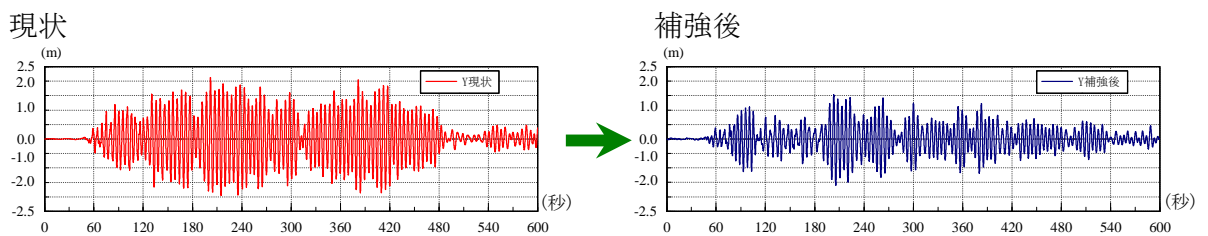
表 最大層間変形角比較(補強後／現状)

分類	方向	第一本庁舎		第二本庁舎	
		X(長辺)方向	Y(短辺)方向	X(長辺)方向	Y(短辺)方向
長周期地震動	現状	1/106	1/76	1/94	1/84
	補強後	1/135	1/100	1/139	1/116
	補強後／現状	<b>0.79</b>	<b>0.76</b>	<b>0.68</b>	<b>0.72</b>
告示波	現状	1/122	1/104	1/106	1/95
	補強後	1/158	1/135	1/152	1/132
	補強後／現状	<b>0.77</b>	<b>0.77</b>	<b>0.70</b>	<b>0.72</b>
東京湾北部地震	現状	1/153	1/110	1/126	1/137
	補強後	1/170	1/131	1/143	1/167
	補強後／現状	<b>0.90</b>	<b>0.84</b>	<b>0.88</b>	<b>0.82</b>

図1 長周期地震動による現状と補強後の揺れの比較(第一本庁舎)



屋上階での水平変形時刻歴 X(長辺)方向



屋上階での水平変形時刻歴 Y(短辺)方向

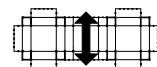
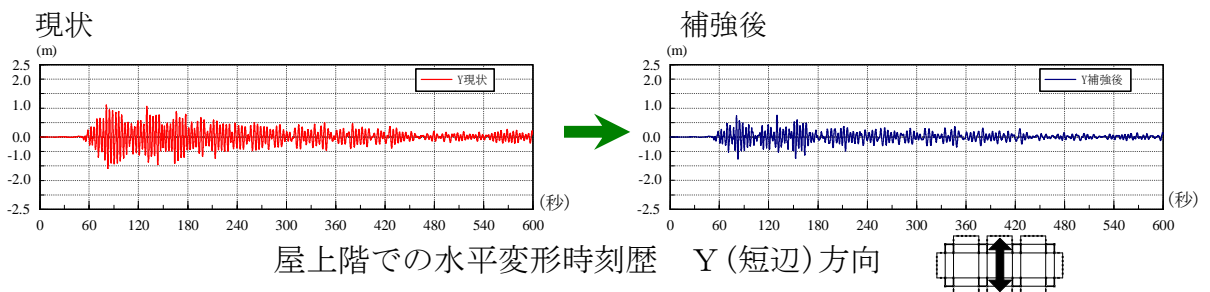
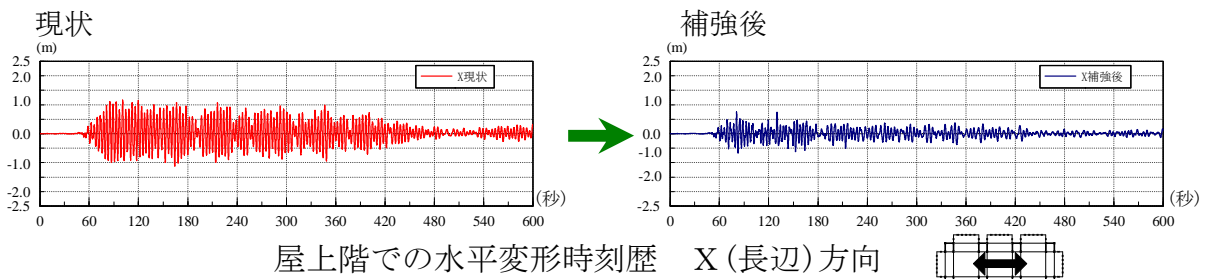
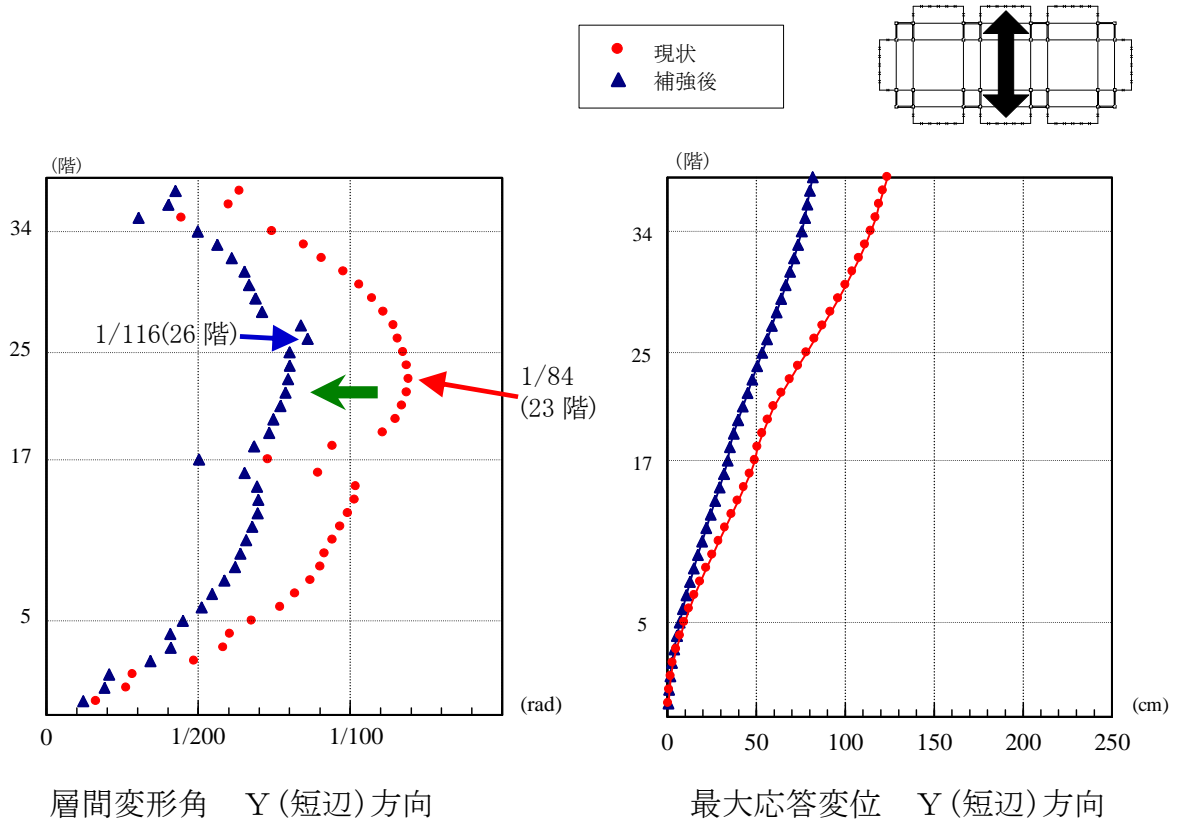


図2 長周期地震動による現状と補強後の揺れの比較(第二本庁舎)





#### 参考資料4 国土交通省が公表した「超高層建築物等における長周期地震動への対策試案について」による長周期地震動との対比

国土交通省が平成22年12月に公表した「超高層建築物等における長周期地震動への対策試案について」(以下「対策試案」という。)に提示された加速度波形及び作成手法に基づき、南海トラフの地震が単独又は連動で発生した次のケースについて、長周期地震動を検討した。

- ① 東海地震が単独で発生した場合(Mw8.0)
- ② 東南海・東海地震が連動した場合(Mw8.3)
- ③ 南海・東南海・東海地震が連動した場合(Mw8.6)

対象地点は、対策試案の区域1の新宿・工学院大学とした。各々の想定断層面と破壊開始点の位置を図1に示す。①は、対策試案によって公開されている工学院大学地点の加速度波形をそのまま用いた。②と③は、対策試案の「連動型地震による地震動の作成の考え方」に従って作成した。

①、②及び③による速度応答スペクトルを、都庁舎で設定した長周期地震動と比較した結果を図2に示す。都庁舎で設定した長周期地震動は、対策試案に基づいて試算した東南海・東海地震の2連動及び南海・東南海・東海地震の3連動の試算結果を上回るスペクトルレベルとなっている。③の南海・東南海・東海地震が連動した場合は、②とほぼ同じスペクトル振幅となっている。南海地震の断層面が都庁舎位置から遠く、スペクトル振幅に及ぼす影響が少ないためと考えられる。

次に、①、②、③及び都庁舎で設定した長周期地震動のエネルギースペクトルを比較した結果を図3に示す。なお、②及び③については、作成した中から平均的な波形を選択した。都庁舎で設定した長周期地震動のエネルギースペクトルは、対策試案に基づいて試算したレベルを上回っている。

よって、近い将来、国交省が東南海・東海地震の2連動や、南海・東南海・東海地震の3連動などの対象地震を追加したとしても、都庁舎の重要度も鑑みて設定した長周期地震動はそれらの地震動を十分に上回るレベルであると考えられる。

図1 南海地震・東南海地震・東海地震の想定断層面と破壊開始点位置(★)

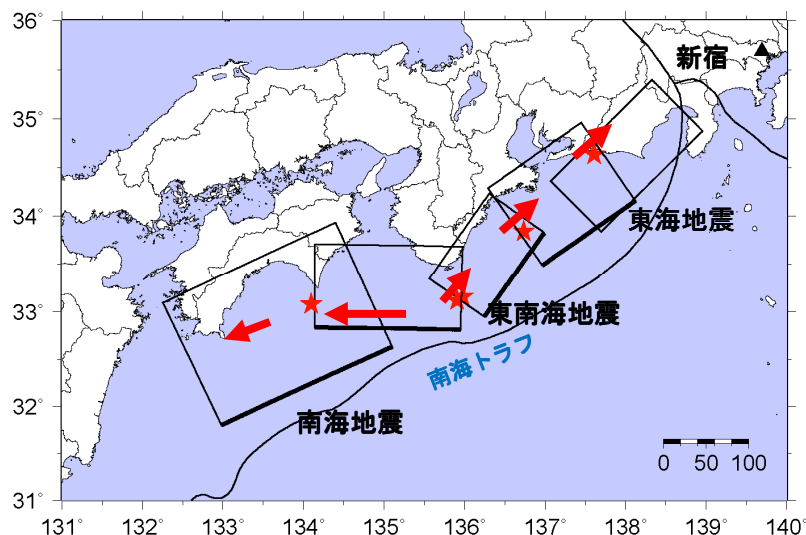


図2 都庁舎位置における長周期地震動の評価結果と検討用長周期地震動の比較  
：速度応答スペクトル

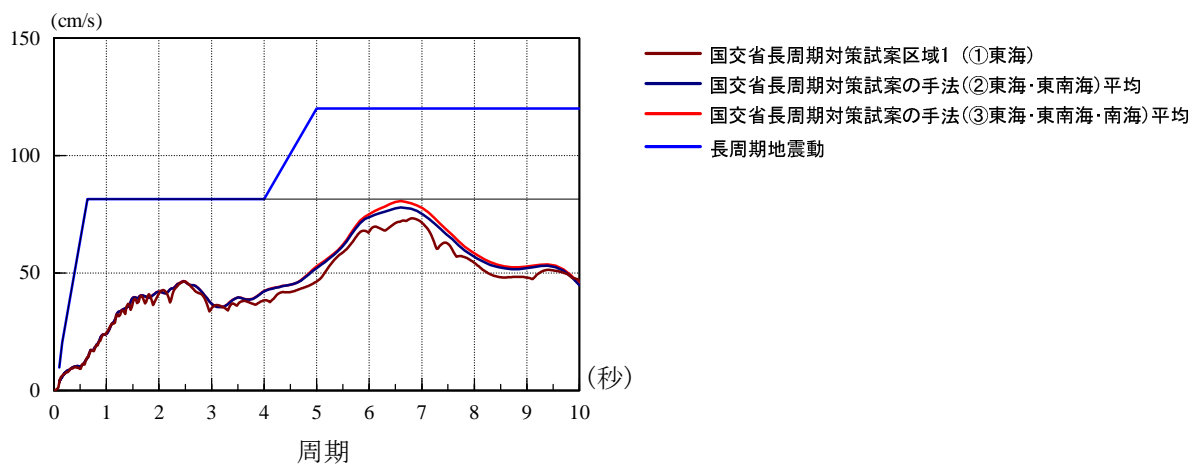
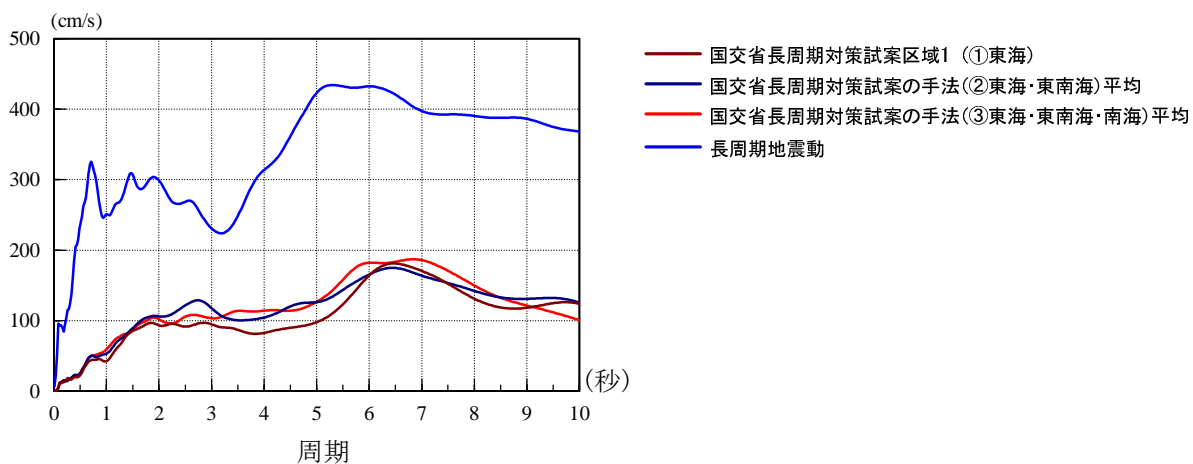


図3 都庁舎位置における長周期地震動の評価結果と検討用長周期地震動の比較  
：エネルギースペクトル



## 参考資料5 日本建築学会による「長周期地震動対策に関する調査」で示された長周期地震動との対比

日本建築学会では、内閣府の委託により平成19年から「長周期地震動対策に関する調査」を実施した。その総まとめとして行われた平成23年3月4日の「長周期地震動対策に関する公開研究集会」において、南海、東南海及び東海の3連動地震を想定した地震動が示されている。3連動した場合の地震規模は明記されていないが、引用元の文献(中央防災会議、2003)によれば、モーメントマグニチュード $M_w=8.7$ とされている。そこでは三次元FEM解析によって、各平野の代表地点で模擬地震動が計算され、関東地方では3ゾーンに分けて、ゾーン毎にその地域の地震動の平均レベル及び平均 $+\sigma$ レベルが設定されている。都庁舎位置(新宿)は、関東平野ゾーン1に含まれる。

そこで、建築学会による関東平野ゾーン1で設定されたスペクトルと、都庁舎検討用長周期地震動の速度応答スペクトルを図1に重ね描き、そのレベルを確認する。建築学会で設定された速度応答スペクトルは、告示スペクトルからかさ上げする周期帯はほぼ対応しており、かさ上げするレベルも同じである。

同様にエネルギースペクトルを図2に示す。建築学会の地震動については、エネルギースペクトルの最も大きい平均 $+\sigma$ レベルの波を示している。図2によれば、エネルギースペクトルもおおむね対応している。

図1 速度応答スペクトル比較

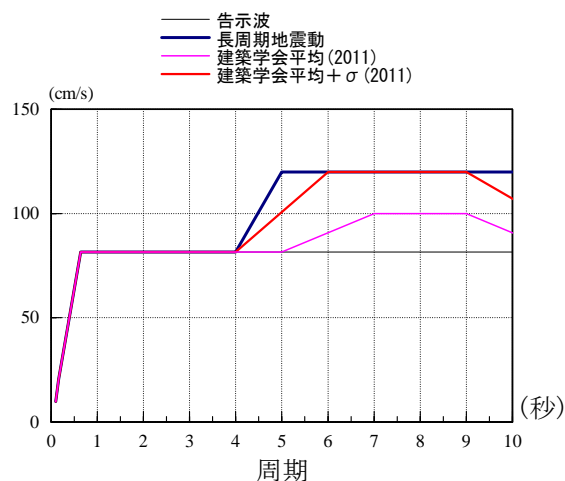
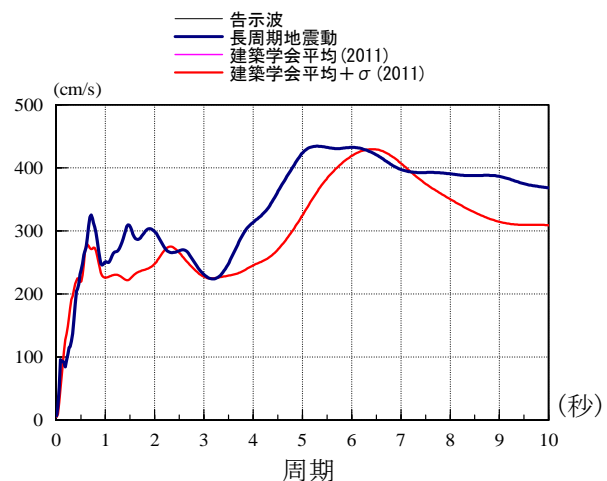


図2 エネルギースペクトル比較



[参考文献]

中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(第16回)資料3、2003年

## 参考資料6 東北地方太平洋沖地震の都庁舎における観測記録

平成23年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震( $M_w$ 9.0、 $M_j$ 8.4)に係る地震観測記録が、都庁舎において得ることができた。そこで、観測記録と都庁舎の耐震安全性検討用に設定した長周期地震動の大きさを比較し、そのレベルを確認する。

都庁舎の地下3階加速度最大値を表1に、都庁舎で観測された地下3階加速度時刻歴を図1に、速度応答スペクトルを図2に示す。併せて検討用に設定した長周期地震動のスペクトルと重ね描く。図2によれば、都庁舎の1次固有周期(4秒～5秒)の周期帯のスペクトルレベルは30～40cm/sであり、おおむね告示波の半分程度であったことがわかる。

表1 都庁舎地下3階観測加速度最大値(ガル)

南北方向	74.0
東西方向	73.0
上下方向	48.3

図1 都庁舎地下3階観測加速度時刻歴

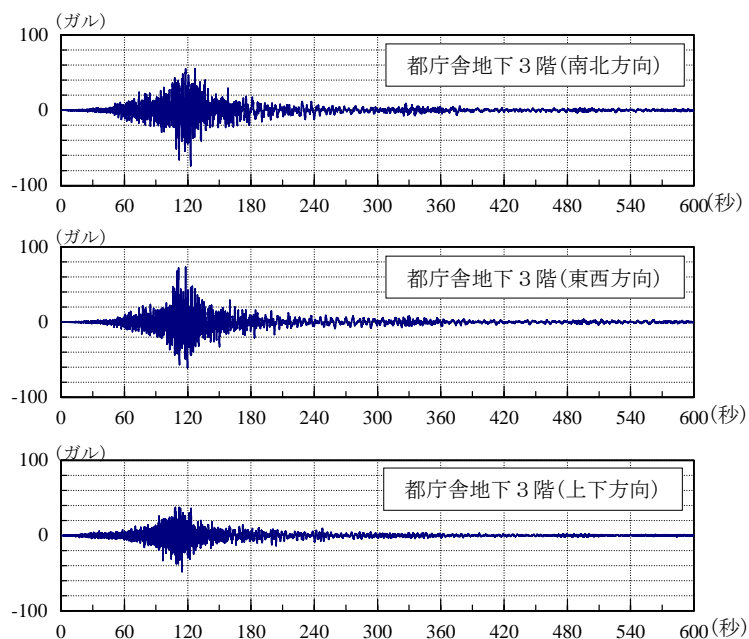
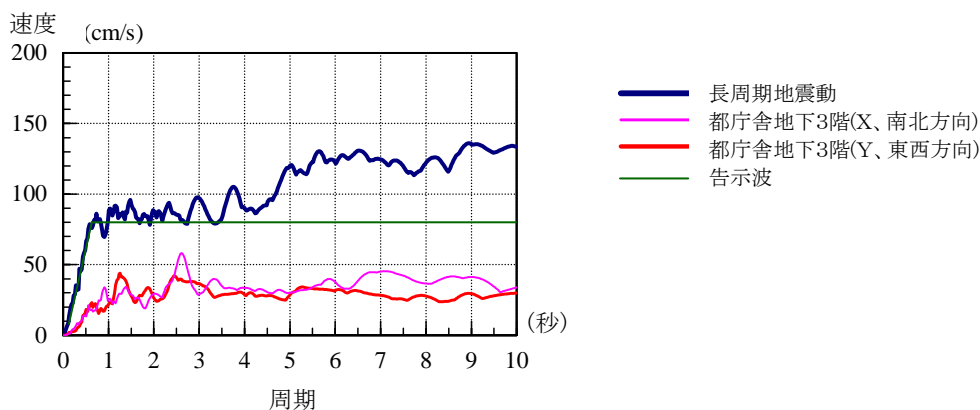


図2 速度応答スペクトル(長周期地震動と都庁舎の観測結果の比較)



## 参考資料7 東北地方太平洋沖地震の都庁舎における観測記録の分析結果

平成23年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)で、都庁舎において得られた地震観測記録の分析を行った結果は次のとおり。

図1 第一本庁舎48階 変位時刻歴

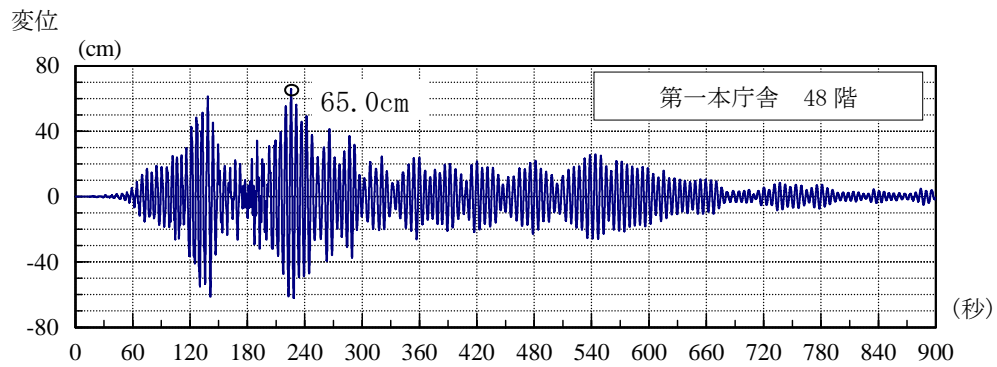


図2 第二本庁舎34階 変位時刻歴

