

咲洲庁舎の安全性等についての検証結果

大阪府 総務部

平成23年5月

参考資料については、ホームページをご覧ください。

<http://www.pref.osaka.jp/otemaemachi/saseibi/bousaitai.html>

咲洲庁舎の安全性等についての検証結果

1. 東北地方太平洋沖地震

- 平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、咲洲庁舎において、長周期地震動の影響とみられる大きな揺れが生じた。
- 長周期地震動は、一般の地震動（短周期地震動）に比べて減衰しにくく、震源から遠く離れた場所まで伝わり、固有周期の長い超高層建物と共振する性質がある。
- また、今回の地震では、従来の想定を超える津波や広範囲にわたる液状化の発生が報告されている。
- こうしたことを踏まえ、咲洲庁舎の安全性や防災機能について再検証を行う。

(1) 今回の地震の影響

- 咲洲庁舎において約10分間の揺れが生じ、最上階（52階）では、最大1m（片側）を超える揺れ（短辺方向137cm、長辺方向86cm）※が確認された。内装材や防火戸等の一部で破損が見られたほか、エレベータの停止や閉じ込め事象が発生した。なお、机・棚等は固定されているため、これらの転倒・移動による被害は認められなかった。

※（独）建築研究所が咲洲庁舎に設置した地震計のデータから解析した値（参考資料1）

- 梁・柱等の構造部材について、天井・壁面等はずし、直接目視及び超音波探傷により抜取検査を行ったところ、構造躯体には影響がないことを確認した。（参考資料2）

・ 超高層建物は、しなやかで粘り強い構造となっており、揺れることで地震のエネルギーを吸収する。そのため、建物自体の倒壊・崩壊のおそれはほとんどないが、長周期地震動と共振し、大きな揺れが長く続くという特徴がある。

【観測された建物の揺れ】（本震時のデータ：3月11日14時49分頃到達）

| | | 最上階（52階） | 中間階（18階） |
|----------|------|----------|----------|
| 最大振幅（片側） | 短辺方向 | 137cm | 30cm |
| | 長辺方向 | 86cm | 32cm |
| 最大加速度 | 短辺方向 | 131ガル | 41ガル |
| | 長辺方向 | 88ガル | 39ガル |

- ・ ガル：加速度を表す単位（1ガル＝1cm/秒/秒）。重力加速度は980ガル。地震の揺れの強さを示すのに用いられる。

【内装・設備等の被害状況】

○ 内装材・防火戸等の損傷（合計360か所）

| | |
|-------------------------------|-------|
| 中央廊下の防火戸のゆがみ | 49か所 |
| 消火栓上部鉄板のへこみ | 33か所 |
| 事務所・テナントの天井の落下・床の浮き | 59か所 |
| 階段室の壁面ボードのゆがみ・亀裂・落下 | 72か所 |
| 階段室床面の浮き・亀裂・はがれ | 8か所 |
| 中央廊下・居室内の壁面ボード亀裂・パネル落下 | 110か所 |
| 電気室吹付材の落下 | 4か所 |
| トイレ洗面台の排水トラップ（ジョイント部分）の損傷・その他 | 25か所 |

○ エレベータの停止・閉じ込め

- ・ 全32基が停止。うち25基は地震時管制運転装置が正常に作動したが、4基でロープの絡まりによる閉じ込め事象が発生。

(2) 内装・設備等の復旧工事

○ 緊急対策として、損傷があった内装・仕上材等については、ただちに復旧・補修工事に着手（緊急補修工事は23年5月末までに完了予定）。

（費用：約1億円）

- ・ 天井・壁面ボード、防火戸、消火栓格納部等の補修（22年度・23年度）
- ・ エレベータの復旧、主ロープの交換等（22年度）

2. 咲洲庁舎の長周期地震動対策について

(1) これまでの取り組み

- 咲洲庁舎については、平成20年度に専門家の監修のもと、東南海・南海地震を想定した長周期地震動の影響調査を実施。
- 現状のままでも建物自体が倒壊・崩壊するおそれのないことが明らかになったが、建物の揺れを軽減し、内部の安全性を高めるため、平成24年度の完成を目指し、以下の取り組みを進めてきた。
 - ・ 建物の長辺方向にダンパー（制振部材）を設置（現在設計中）
 - ・ エレベータのロープの振れ止め等の設置（現在設計中）
 - ・ 強度の高い水槽の設置（現在設計中）
 - ・ 執務室内の机・ロッカー等の固定（実施済）

(2) 長周期地震動対策の再検証

- 今回咲洲庁舎で観測された建物の揺れ幅が、これまでの解析モデル※から算出される数値よりも大きいことがわかったため、解析モデルを再検証し、構造解析を再度行うこととした。

※ 解析モデル：地震時における建物の強度や変形を定量的に把握するため、建物の構造を単純・抽象化したもの

- ・ これまでの解析モデルでは、建物の固有周期を6秒程度（短辺方向5.7秒、長辺方向6.0秒）に設定していたが、今回の大阪湾地域における地震動の卓越周期※（6～7秒）と咲洲庁舎の固有周期がほぼ一致したと考えられることから、解析モデルの固有周期を短辺方向6.5秒、長辺方向7秒に修正する。
- ※ 卓越周期：地震動の波形成分のうち、建物に最も大きな影響を与える周期

○ 今回の地震により得られた建物の揺れのデータをもとに、建物の解析モデルを見直し、国の告示波・パブコメ波及び東南海・南海地震の単独・連動について、構造解析を行った結果は次のとおりである。

【補強前（ダンパー設置前）の解析結果】（参考資料3 - 1）

| | | 層の塑性率 | 層間変形角 | 最大振幅（片側） |
|---------------------|------|-------|---------|----------|
| 東南海 | 短辺方向 | 1.6 | 1 / 155 | 231 cm |
| | 長辺方向 | 1.9 | 1 / 62 | 207 cm |
| 南海 | 短辺方向 | 1.6 | 1 / 115 | 259 cm |
| | 長辺方向 | 1.9 | 1 / 63 | 221 cm |
| 東南海・南海 （連続） | 短辺方向 | 1.8 | 1 / 101 | 298 cm |
| | 長辺方向 | 1.9 | 1 / 61 | 220 cm |
| 東南海・南海 （同時） | 短辺方向 | 1.8 | 1 / 121 | 258 cm |
| | 長辺方向 | 1.8 | 1 / 63 | 205 cm |
| 告示波（H12 国） | 短辺方向 | 1.9 | 1 / 146 | 242 cm |
| | 長辺方向 | 1.6 | 1 / 76 | 172 cm |
| パブコメ波 （H22.12 国） | 短辺方向 | 1.5 | 1 / 138 | 255 cm |
| | 長辺方向 | 1.7 | 1 / 68 | 205 cm |

- ・ 各地震動について、特性の異なる複数波で解析を行い、数字は最大値のみを表示（最大振幅については全て最上階）。
- ・ 層の塑性率：地震時の層の最大変形が弾性限界変形の何倍となっているかを示す値で、構造部材の損傷度合いを表す。構造計算上求められる目標値は2.0以下。
- ・ 層間変形角：地震時の層の最大変形をその階の階高で割った値で、内外装材等への影響の度合いを表す。構造計算上求められる目標値は1 / 70以下。

【長周期地震動に対する建物の評価・対策】

○ 再検証により見直した解析モデルを用いて、補強前（ダンパー設置前）の建物の構造解析を行ったところ、建物の損傷度合いを示す「層の塑性率」は2.0以下となり、構造躯体の安全性に問題ないことが確認された。

- 一方、層間変形角は、長辺方向において目標値をやや下回り、内外装材等に影響が出る可能性があることから、ダンパーの設置等により改善する必要がある。(なお、層間変形角1/60の場合でも、外壁のガラス自体は破損しないことをサッシメーカーに確認済み。)

(長辺方向の対策)

- 層間変形角1/70以下を目標に、構造計算を再度行ったところ、長辺方向については、現在設計中のダンパー(オイルダンパー40台、鋼材系ダンパー112台)で対応できることがわかった。

(短辺方向の対策)

- 短辺方向については、層の塑性率及び層間変形角は目標値を満足しているが、室内の安全性向上や建物使用者の心理的不安の軽減を図るため、最大振幅を長辺方向並みに軽減すべく、ダンパー(オイルダンパー144台)を設置する。

【補強計画】(参考資料3-2)

| | オイルダンパー | 鋼材系ダンパー | 計 | 概算工事費 |
|------|---------|---------|------|-------|
| 短辺方向 | 144台 | — | 144台 | 約7億円 |
| 長辺方向 | 40台 | 112台 | 152台 | 約7億円 |

【補強後(ダンパー設置後)の解析結果】(参考資料3-3)

| | | 層の塑性率 | 層間変形角 | 最大振幅(片側) |
|--------------------|------|-------|-------|----------|
| 東南海 | 短辺方向 | 1.4 | 1/176 | 187cm |
| | 長辺方向 | 1.5 | 1/90 | 194cm |
| 南海 | 短辺方向 | 1.4 | 1/171 | 207cm |
| | 長辺方向 | 1.6 | 1/101 | 177cm |
| 東南海・南海 (連続) | 短辺方向 | 1.4 | 1/171 | 211cm |
| | 長辺方向 | 1.5 | 1/98 | 187cm |
| 東南海・南海 (同時) | 短辺方向 | 1.5 | 1/154 | 219cm |
| | 長辺方向 | 1.5 | 1/91 | 194cm |
| 告示波(H12国) | 短辺方向 | 1.3 | 1/228 | 148cm |
| | 長辺方向 | 1.2 | 1/110 | 141cm |
| パプコメ波 (H22.12国) | 短辺方向 | 1.2 | 1/182 | 208cm |
| | 長辺方向 | 1.4 | 1/93 | 201cm |

- ・ 今後の詳細設計により、ダンパーの台数や工事費、表中の数値は変わることがある。

【東海・東南海・南海の三連動型地震に関する検証】

- 平成23年3月、日本建築学会から、東海・東南海・南海の三連動型地震に伴って発生する長周期地震動に関する新たな調査結果が示された。
- このため、日本建築学会のワーキンググループのメンバーで、三連動型地震波を作成した大成建設から、地震波のデータの提供を受け、ダンパー設置後について構造解

析を行ったところ、層の塑性率、層間変形角とも目標値を満足しており、最大振幅も他の地震波についての解析結果と比べて大きな差がないことを確認した。

| | | 層の塑性率 | 層間変形角 | 最大振幅 (片側) |
|---------------------|------|-------|---------|-----------|
| 東海・東南海・南海 (H23.3学会) | 短辺方向 | 1.6 | 1 / 152 | 206 cm |
| | 長辺方向 | 1.5 | 1 / 95 | 202 cm |

【参考 (3月11日の地震の場合)】

- 3月11日に発生した地震について、ダンパーを設置した場合の変位等を計算したところ、補強前 (現状) に比べて、半減できることを確認した。

| | | 補強前 (ダンパー設置前) | 補強後 (ダンパー設置後) |
|------------------|------|---------------|---------------|
| 最大振幅 (片側) | 短辺方向 | 137 cm | 69 cm |
| | 長辺方向 | 86 cm | 37 cm |
| 最大加速度 | 短辺方向 | 131ガル | 73ガル |
| | 長辺方向 | 88ガル | 44ガル |
| 揺れが始まってから約5分後の振幅 | 短辺方向 | 約75 cm | 約18 cm |
| | 長辺方向 | 約16 cm | 約15 cm |

【エレベータの長周期地震動対策】

- 今回の地震によりエレベータにトラブルが生じたことから、ロープの振れ止めや地震時管制装置等については、工程を前倒しし、早期に対応する。
(当初：24年度中の完成 → 前倒し後：24年度当初の完成)

3. 咲洲庁舎の津波・液状化対策について

(1) 想定を超える津波対策について

- 現在の想定では、東南海・南海地震の津波高は大阪O.P+4.5mとなっており、咲洲庁舎の敷地境界付近の地盤高 (O.P+6.7m) は、これより高い位置にある。
- 東北地方太平洋沖地震では、従来の想定を超える津波が発生し、大きな被害が生じた。このことを踏まえ、想定を超える津波が発生した場合を仮定し、対応策を検討する。
- 咲洲庁舎の敷地境界付近の地盤高はO.P+6.7mであるが、敷地内の地盤高は総じてこれよりも高く、建物の外周部付近でO.P+7.8m (1階部分の設計床高でO.P+8.0m、地下駐車場の進入口付近でO.P+7.7m) となっている。
- 想定を超える津波の高さを現在の2倍と仮定しても、O.P+6.9mであり、咲洲庁舎敷地内の地盤高は、これより高い位置にある。
- しかしながら、津波の遡上等も考えられることから、咲洲庁舎の1階・地下部分への浸水を視野に入れた対策も検討する。

【対 策】

非常用発電機等の新設

- 咲洲庁舎については、7・8階に整備される防災情報センターの電気容量に対応するため、容量増強のための非常用発電機を新設することとしている（現在設計中）。
- 想定を超える高さの津波が発生しても、防災情報センター及び執務室の一部に電力を供給できるよう、専用の発電機室と電気室は庁舎の上部階（3階を想定）に設置する。
 - ・ 概算工事費：約9.6億円（うち発電機分約6.4億円は予算化済み。）
- 発災直後は自家発電機により対応し、ライフライン復旧後は新設する電気室に切り替えて対応する。
- 利用可能な設備
 - ・ 防災情報センターの防災機器・照明・コンセント・空調
 - ・ 執務室の照明・コンセントの1/3
 - ・ エレベータの一部（各バンク1台×4バンク＝計4台）
- 全面復旧までは、仮設設備を利用しながら、順次段階的に復旧を行っていく。

津波防御壁等の検討

- 津波の遡上等による庁舎1階及び地階への浸水を完全に防止するためには、敷地内における開口部の止水対策や津波防御壁の設置などが考えられる。
- なお、現在、咲洲コスモスクエア地区一帯には、再開発地区計画（都市計画）をはじめとするまちづくり規制（広く開放された公開空地の設置、ブロック塀など不可視的な構造物の設置の規制等）がかかっており、津波防御壁の設置については、地域のまちづくりに関する大阪市との調整が必要となる場合がある。
- また、こうした対策を講じるには、国の中央防災会議において東海・東南海・南海地震の被害想定が見直され、それを踏まえた府域の被害想定の見直し等により、科学的知見に基づいた津波高さを把握する必要がある。
- 今後、こうした動きを注視しながら対策を検討していく。

（2）液状化の有無等の検証

- 東北地方太平洋沖地震では、千葉県浦安市の埋立地など、広範囲にわたる液状化の発生が報告されている。
- 液状化は、砂質土特有の現象であり、浦安の場合は、軟弱な砂質土が強い地震力を受けたことで発生したと考えられている。
- 一方、咲洲の場合は、浚渫粘土で埋め立てられ、さらに、粘土特有の圧密沈下に対しては、ドレーン工法（排水工法）による地盤改良も行われており、大阪市の災害想定（液状化予測）でも、庁舎周辺での液状化は発生しにくいとされている。（参考資料4）