

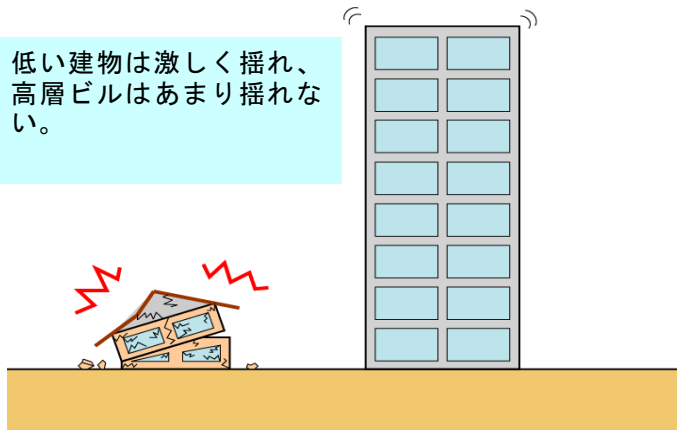
参考資料:地震時に超高層建物を支える耐震性

地震の種類と建物の揺れ

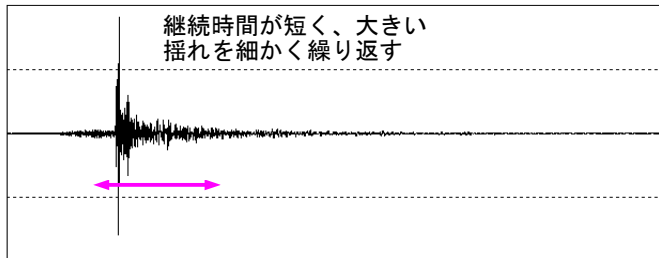
直下型地震は、大きな加速度で中低層建物を強く揺さぶり、耐震性の低い建物は倒壊してしまいます。超高層ビルは**直下型地震**ではゆったり揺れて加速度が小さくなる特徴があるのであまり揺れません。**長周期地震動**は、震源から離れた場所で発生します。ゆっくりと地面が揺れることで、超高層ビルは、大きくしなるように揺れてしまいます（共振現象）。また、揺れの時間が長いことも（10分間くらい）、長周期地震動の特徴です。

直下型地震

低い建物は激しく揺れ、高層ビルはあまり揺れない。

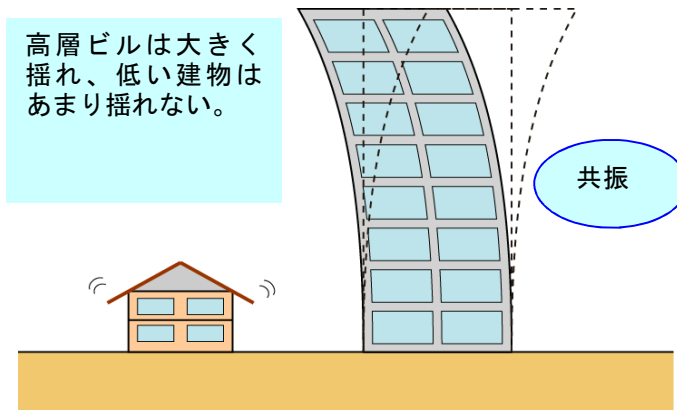


継続時間が短く、大きい揺れを細かく繰り返す

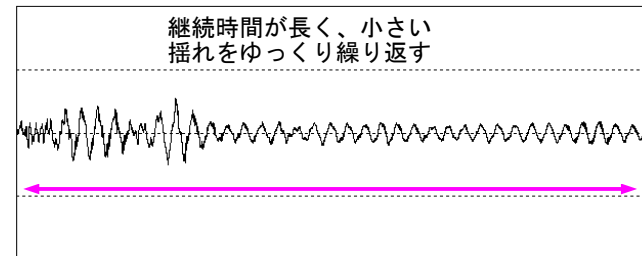


長周期地震動

高層ビルは大きく揺れ、低い建物はあまり揺れない。



継続時間が長く、小さい揺れをゆっくり繰り返す

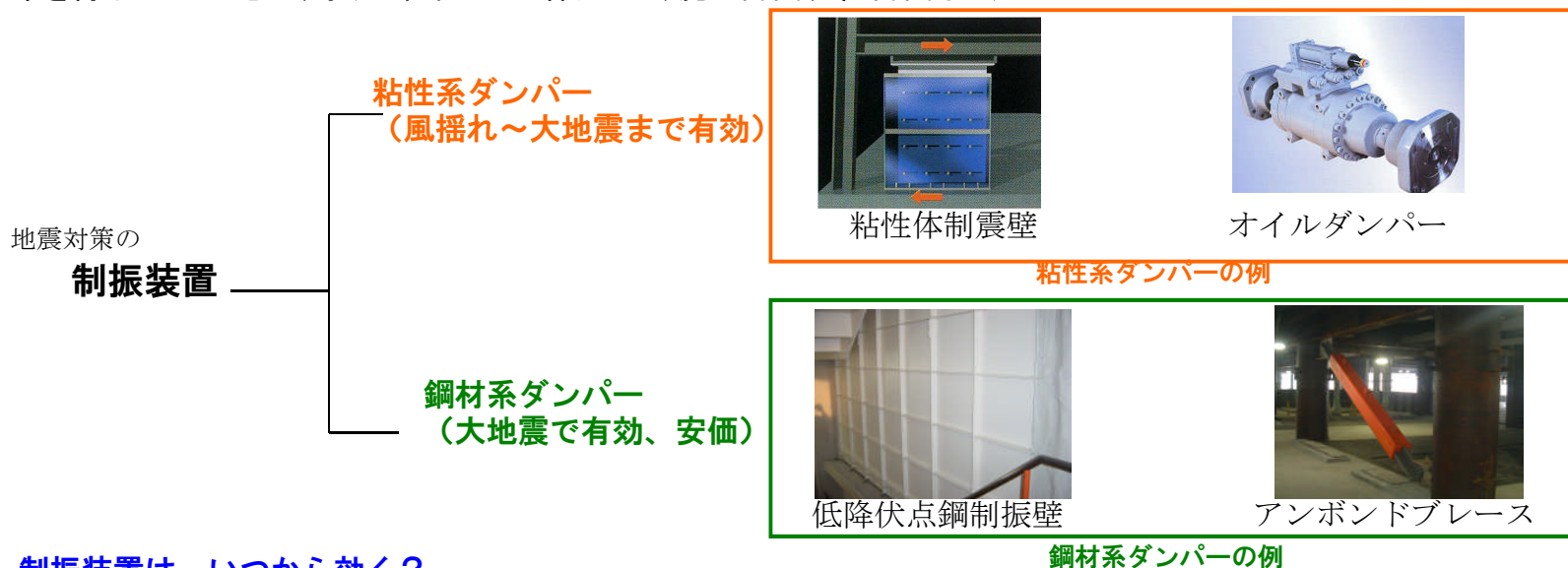


超高層ビルの地震対策（制振装置）

制振装置を組み込むことで地震エネルギーを吸収

制振装置には大きく分けて2種類のタイプがあります

制振装置にはオイルや粘性体の抵抗で揺れを吸収する**粘性系ダンパー**や、制振部材に損傷を集中させて柱や梁を守る**鋼材系ダンパー**があります。**粘性系ダンパー**と**鋼材系ダンパー**の制振装置を組み合わせることでコストを抑えながら幅広い効果を得ることができます。(六本木ヒルズ森タワー、虎六計画、環2計画など)



制振装置は、いつから効く？

[illegible]

六本木ヒルズ森タワーの構造的特徴（制振構造）

■ 構造的特徴

- ・阪神大震災レベルの地震でも建物の機能を保持できる国内最高グレードの耐震性能
- ・高度な制震装置の採用により 大地震の揺れや風揺れを軽減

■ 構造上の特色

六本木ヒルズ森タワーでは2種類の制震装置を採用し
高い安全性と居住性を実現

粘性系ダンパー

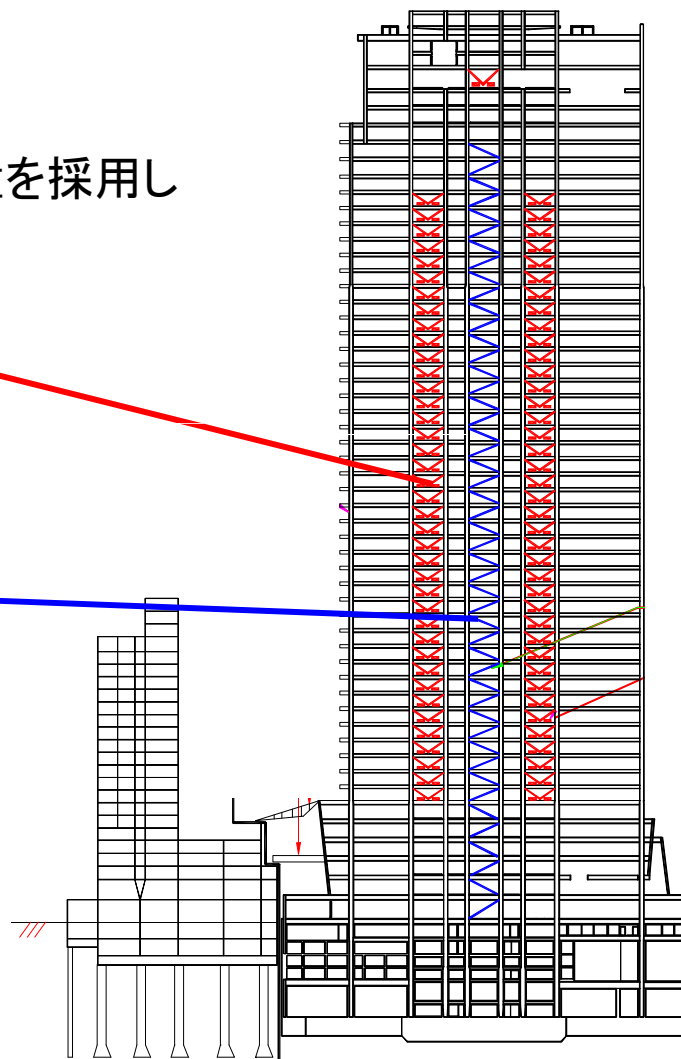
『セミアクティブオイルダンパー』

建物に356基設置 ※右図赤色部分

鋼材系ダンパー

『アンボンドブレース』

建物に192基設置 ※右図青色部分



六本木ヒルズ森タワーの構造的特徴（制振構造）

■制振装置の概要



粘性系ダンパー

セミアクティブオイルダンパー

電気制御によりダンパー内の
オイル流量を調整し、
日常的な風揺れから大地震時
までの揺れを吸収。



鋼材系ダンパー

アンボンドブレース

柔らかく延び能力のある鋼材を
使用したブレースで、大地震時の
エネルギーを効果的に吸収

→後程、見学に行きます

制振装置の3つの効果

計測値を分析することにより、制振装置は地震時に超高層ビルの以下の3つの数値を低減させたことがわかりました。

- 1、建物の揺れの大きさ（変形）
- 2、建物が揺れる時間
- 3、建物が揺れる速さ（加速度）

建物のゆれをモニタリングする地震観測網 M-NET

超高層ビル地震観測網で地震の揺れを把握



地震発生すると、計14棟に設置された地震計が、記録を開始します。そのデータはオンラインでリアルタイムに森ビル構造設計部に送信されます。専門の技術者によって各棟の観測波形の分析・解析処理を行っています。

また、記録開始の遠隔操作もできるため、台風等の風揺れ時でも計測が可能です。

得られた地震波記録を有効活用

免震・制振効果の確認 と 安全対策 に活用

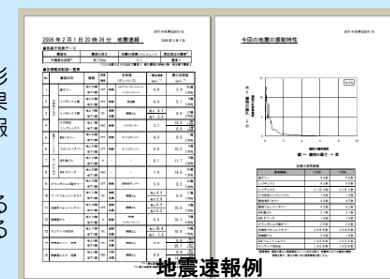
一般的に地震波形のデータは、地盤レベルで計測されたデータが多く、竣工後の実建物で計測されたデータは少ない。森ビルでは、工学的に実建物の免震・制振効果を評価、検証し、更には営業的なアピールにも利用する目的で、実建物に地震計を設置している。



■制振効果を速報で確認

地震発生直後、即座に各棟の波形データを収集し、振動状況や制振効果の有無、地震波の特徴をまとめ、速報を作成。

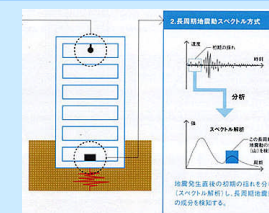
発生した地震の長周期成分確認や、非制振ビルとの応答比較、立地による入力振動の違いまで、速報で確認することができる。



■長周期地震時のELV安全対策に導入

近年話題の長周期地震動による、超高層ビルのエレベーター運行対策に早期から着手し、先端の技術を開発した。

当社開発の地震計を利用した「長周期地震動検知・管制運転システム」は、エレベーターの安全停止、閉じ込め防止や早期復旧を可能にした。



地震発生直後、地震計で計測した波形を分析(スペクトル解析)し長周期地震動の成分を検知するシステム。

■今後のプロジェクトの設計に活用

建物に地震計を設置することで、建物の特性(固有周期や免震・制振効果)から地震波の特性(卓越周期や増幅率)まで把握することができる。毎年受ける中小地震波の記録を統計的に処理し、竣工後の実建物の特性や、港区の地震波、地盤の特性を把握し、今後のプロジェクトの設計に活用している。