

「人命」と「建物財産」を守る 地震対策「トグル制震装置」

Toggle Vibration System トグル制震装置の設計例②

超高層建築物の長周期地震動時におけるトグル制震装置の優位性

●トグル制震装置は、剛性系の制震装置と比較して下記の特徴があります。

- ・設置数が少なくなります。
- ・建物躯体へ与える影響が小さくなります。

●トグル制震装置は、2011年東北地方太平洋沖地震で明確となった超高層建築物の問題点を解決します。

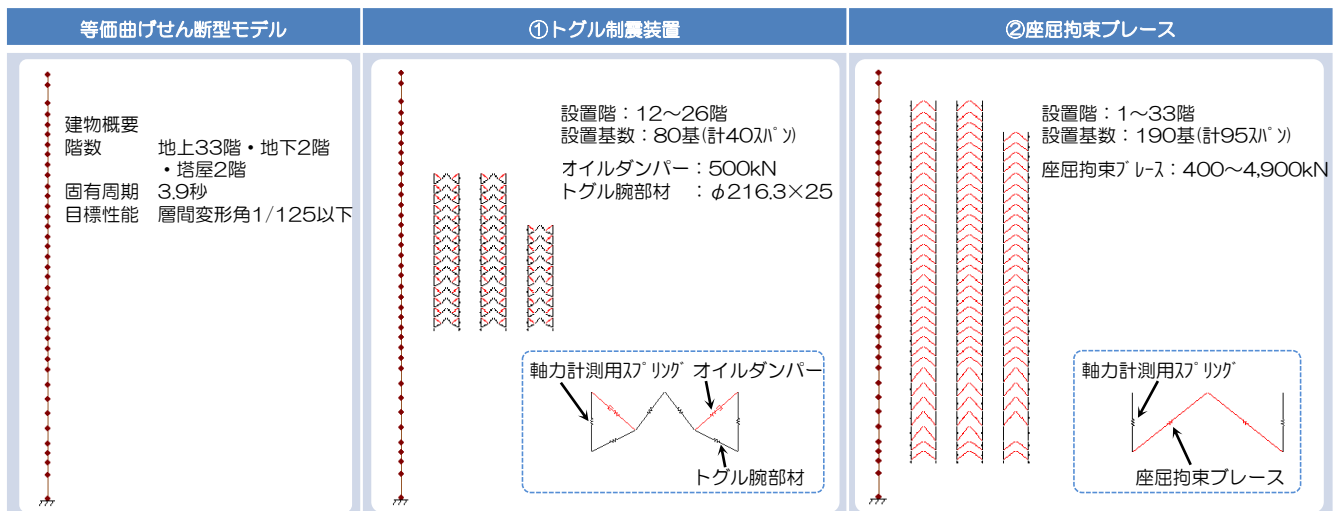
- ・地震動（主要動）終了後に、建物自体が揺れ続ける「後揺れ」を高い粘性減衰効果により抑えます。
- ・長周期地震動においても、制震効果を発揮します。
- ・大地震動時だけでなく、中地震動時も制震効果を発揮します。

◎超高層建築物の制震設計例

2011年東北地方太平洋沖地震により、超高層建築物において長く続く揺れが問題となりました（揺れの継続時間：東京都庁舎13分、大阪府咲洲庁舎10分）。地上33階、地下2階、塔屋2階の鉄骨造である超高層建築物を対象として制震設計を行い、①トグル制震装置が②座屈拘束ブレースと比較して優位であることを示します。目標耐震性能は最大応答層間変形角が1/125以下とし、トグル制震装置および座屈拘束ブレースの必要台数をそれぞれ配置します。なお、設計用入力地震動は、解放工学的基盤における極めて稀に発生する3波、過去の強震観測記録3波（最大速度50cm/sに準化）の合計6波とします。

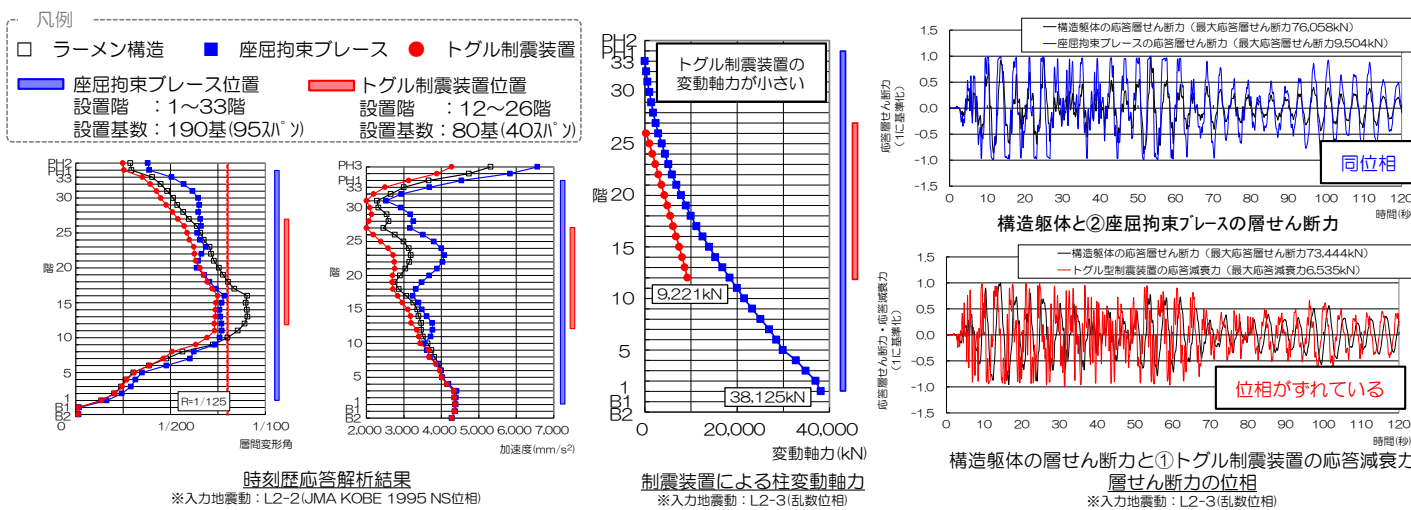
◎振動解析モデル概要

解析は等価曲げせん断型振動系モデルとし、地震動の入力位置は地下2階床位置、入力位置以下の変形は固定とします。復元力特性は、せん断変形成分をNormal Tri-linear型、曲げ変形成分を線形とし、減衰は瞬間剛性比例減衰で、1次減衰定数を0.02としております。目標耐震性能を満足するために必要な装置台数および設置範囲は、①トグル制震装置では80基（40基/ℓ）12～26階、②座屈拘束ブレースでは190基（95基/ℓ）1～33階です。トグル制震装置は、入力変形を増幅させてダンパーに伝えるため、より効率的に制震効果を発揮します。また、これにより装置の設置数を大幅に減らすことが可能です。下に示す設計例では、①トグル制震装置の設置数が②座屈拘束ブレースに比べ1/2以下となります。



◎時刻歴応答解析結果および躯体への影響

①トグル制震装置、②座屈拘束ブレースともに層間変形角1/125以下となるのに必要な台数を配置したモデルの応答結果を示します。最大応答層間変形角では、①トグル制震装置、②座屈拘束ブレースともにほぼ同等の結果ですが、最大加速度は②座屈拘束ブレースに比べ①トグル制震装置は大幅に低減することができています。また、①トグル制震装置では、変動軸力が小さく躯体への層せん断力とダンパーの減衰力の位相がずれていることから、制震装置が建物躯体へ与える影響が小さくなります。装置の変動軸力が大きく、躯体への負荷が大きい場合には、躯体の補強が必要となることがあります。そのため、変動軸力が小さく躯体への影響が小さいことは、総補強量を減らすという観点からは有利といえます。

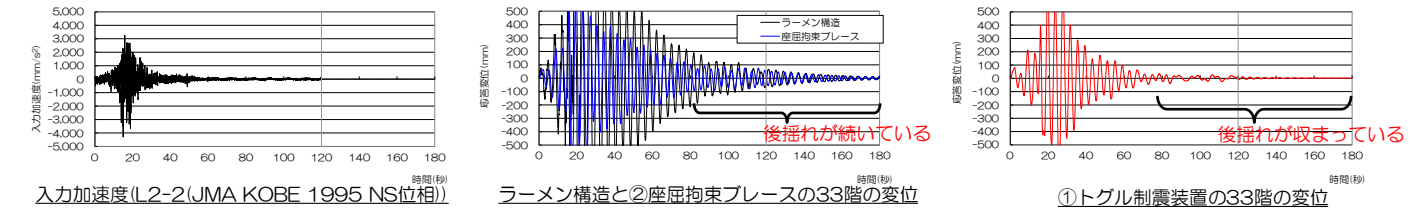


「人命」と「建物財産」を守る 地震対策「トグル制震装置」

Toggle Vibration System トグル制震装置の設計例②

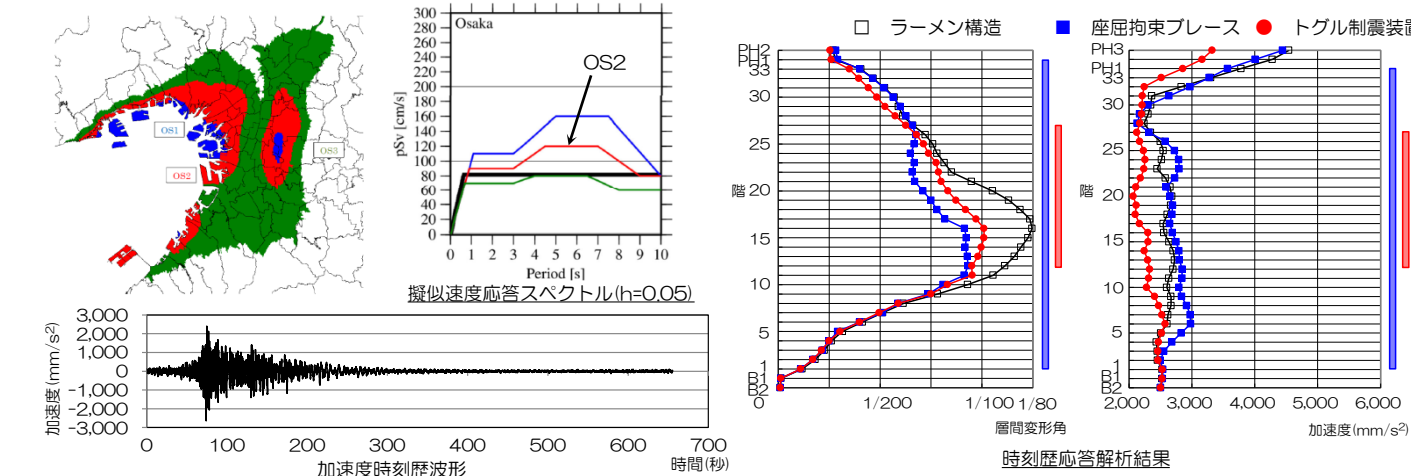
◎地震動後の「後揺れ」

後揺れを再現させるため、地震動(L2-2(JMA KOBE 1995 NS位相))を0~120秒の間で入力し、120~180秒まで自由振動させました。ラーメン構造および②座屈拘束ブレースでは、180秒たっても振動が継続しているのに比べ、①トグル制震装置では140秒程度で揺れが収まっています。これは、①トグル制震装置により高い粘性減衰を付与したため、早期に後揺れを収束することが可能となっています。



◎長周期地震動時の制震効果

「超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動対策について(技術的助言)(国土交通省)」における基盤促波のうち、ここでは比較的長周期成分が卓越する「OS2(堺OSK006)」による時刻歴応答解析を行いました。層間変形角では、①トグル制震装置、②座屈拘束ブレースともに制震効果が見られますが、絶対加速度では①トグル制震装置のみ制震効果が見られます。つまり、①トグル制震装置は、長周期地震動においても効果的に応答の低減が可能です。



◎中地震動時の制震効果

「2011年東北地方太平洋沖地震の新宿における観測波(K-NET観測点TKY007新宿)」に対する解析例を示します。荷重-変形履歴より、①オイルダンパーは-20mm~20mmの間で楕円履歴を描いていますが、②座屈拘束ブレースは一度降伏するのみで有効に機能していません。これはエネルギーの分担履歴結果からも明らかで、トグル制震装置ではエネルギー吸収が40%に近いのに比べ、座屈拘束ブレースではわずか3%です。②座屈拘束ブレースは降伏時にエネルギー吸収をする装置であるため、小振幅が発生する中地震時には制震効果を発揮しません。一方、①トグル制震装置は小振幅時からオイルダンパーが地震エネルギーを吸収するので、制震装置として有効に機能します。

