

ソニー新社屋

—ロック機構付きオイルダンパーを有する免震システムの強風時挙動—



向野 聡彦
日建設計



貞許 美和
同



早田 友彦
同

1 はじめに

超高層建物に免震構造を採用する場合、地震時の揺れ低減に加えて風揺れへの配慮が必要になる。免震の究極は地面と絶縁することになるが、例えば空中に浮くと風で動いてしまうことになる。アイソレータによる柔らかい水平バネとダンパーによる減衰からなる一般的免震システムにおいて、地震時挙動を最適に計画したとしても、強風時に大きく移動することや振動することが懸念される。また、履歴系のダンパーを採用している場合には、継続時間の長い風荷重効果により累積塑性許容量を超え破断にいたる可能性も出てくる。風荷重に対応して履歴ダンパー量を増やすと、地震時の応答が増えることにもなる。本稿では、風の影響の大きい鋼構造の板状超高層建物に、強風時には硬く挙動するよう可変性を備えた免震システムを採用した事例を紹介する。

2 建物概要

本建物は大崎駅西口地区再開発の一部として計画された研究開発を含むオフィスビルである。駅から繋がるペデストリアンデッキレベルである2階下に免震層を設けた中間層免震で、地下2階地上25階、延床面積は約12万4千㎡、建物高さ約140mの規模である。免震層上部は主としてオフィス用途であり、2、3階がエントランスホールや会議室、4階は食堂、5、6階は研究施設として対応できるスペースを設けている。平面東側のオフィス内部はアウトフレームを採用しているため約24m×130mの無柱空間を実現しており、西側コア部は南北にのびる直線的な廊下に対して、EV、機械室等の用途を必要な面積で配置する計画としており凹凸のある特徴的な形状となっている。事務室回りに設けたバルコニー東面に

はテラコッタのルーバーに水を流し、ヒートアイランド対策としてその蒸散効果に期待する新しい試みも行っている。階高は、2階が7.34m、基準階が4.64m、標準的な柱スパンは、桁行方向（南北）が7.2m、張間方向（東西）が24.3mと7.2mである。免震層下部は駐車場、機械室等の用途である。

建築主：ソニー株式会社

設計：株式会社日建設計

施工：鹿島建設株式会社

工期：平成21年2月～平成23年3月

3 構造概要

西側の凹凸部分は片持ち形式としているが、コア柱列を整えることに加え中柱への荷重集中を避けることも意図しており、大きな軸力の各柱を最大径1,500mmのアイソレータ1個で支持している。鉄骨造（柱CFT造）の純ラーメン架構を基本としており、吊り下げているEVシャフトや一部地下階でアイソレータ支持しているEVシャフトなど2階以下には剛性・耐力確保から軸ブレースを併用している。ロングスパン両妻には、ねじれ振動抑制を意図したV字型の粘弾性部材、コア片持ち先端には鉛直振動低減を意図した粘弾性間柱を設けている。

柱はBX-900×900～700×700（最大板厚40mm）、ロングスパン24.3mの大梁はWH1,200を基本とし、鋼材種別は柱大梁ともSN490である。研究施設としての用途に対応している5階床は、微振動対策から2,400mmの大梁成としている。免震層下部は鉄骨鉄筋コンクリート造および鉄筋コンクリート造とし、東京礫層を支持層とする直接基礎（一部杭基礎）としている。



図1 建物概観

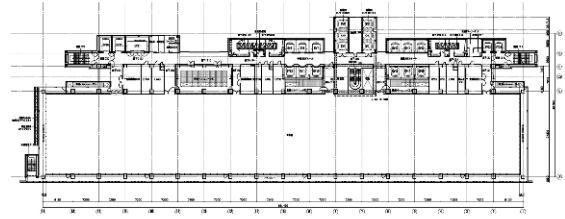


図3 基準階平面図

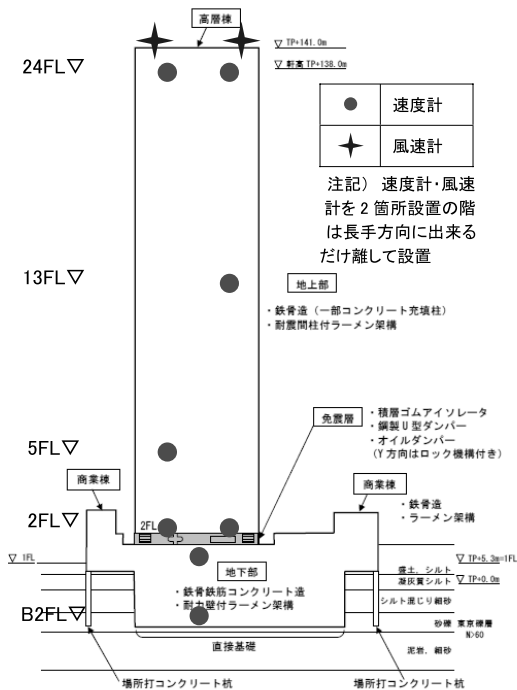


図2 構造概要

	免震層上部総重量	90000 t		
○	高圧仕様天然ゴム系 精層ゴムアイソレータ	1100φ~1500φ	48基	合計減衰力 ↓
	鋼製U型ダンパー一体型 精層ゴムアイソレータ		6基	
⊕	鋼製U型ダンパー	降伏荷重608kNタイプ	34基 (うち6基は一体型)	21000 kN
┆	オイルダンパー(ロック機構付き) Y方向	1000kNタイプ	40台	40000 kN
┆	オイルダンパー(ロック機構無し) X方向	1000kNタイプ	20台	20000 kN

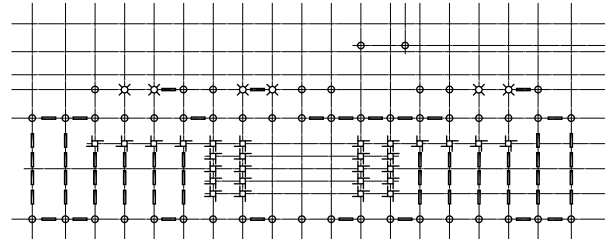


図4 免震部材配置図



外形写真

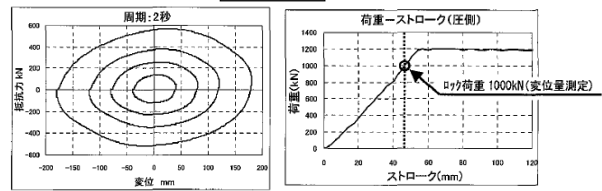


図5 ロック機構付きオイルダンパー

4 免震概要

(1) 免震部材と仕組み

高面圧天然ゴム系積層ゴムアイソレータ(1,100φ～1,500φ)及び鋼製U型ダンパー、オイルダンパーを使用している。風荷重効果の大きい張間方向(東西)配置のオイルダンパーには強風時の変位振幅を抑える可変機構(ロック機構)を装備している。

ロック機構付きオイルダンパーは、電気的な信号を受けると内部のオイルの流れが遮断され弾性部材となり、リリース荷重(1,200kN)に達すると荷重を維持したまま変位する。この仕組みを利用し強風時の風揺れを抑制するというのが意図するところであるが、リリース荷重以下であっても静的荷重効果にたいしてわずかながらオイルの流れ(わずかな漏れと言っても良い)が生ずるため、長時間にわたる風の平均成分で一方向に動くことを評価しなければならない。ロック機構付きオイルダンパーのみで適切な免震システムを構成することは一つの理想ではあるが、本計画においては費用対効果という視点でU型鋼材ダンパーを適切に組み合わせることとした。鉛ダンパーと比し降伏変位の大きい鋼材ダンパーはオイルダンパーのリリース時変位の範囲では降伏しないという適性がある。ただ先述のとおりわずかなオイル移動により一方向の塑性化は風の平均成分で覚悟しなければならないが、あくまで静的塑性であり累積塑性は小さく鋼材ダンパーの保有性能に与える影響は十分に小さいというのが期待する挙動である。屋上に設置した風向風速計で設定風速(初期設定瞬間値40m/s)を超え、免震層に設けた変位計が設定変位(初期設定20mmXYいずれか)を超えるとロックする。ロックは手動で行うことも可能である。ロックがされた状態で地震が発生した場合、免震層下部の地震計の設定加速度によりロックが解除される仕組みとなっており、地震優先である。

(2) 地震応答解析

大地震で弾性範囲、層間変形角1/200、床応答加速度250gal以下というように、この規模での免震効果を確認しているが、本稿では詳細を割愛する。

(3) 免震層の耐風設計

鋼材ダンパーの降伏変位でのアイソレータ抵抗力、鋼材ダンパーの降伏耐力、オイルダンパーのロック抵抗力の和が、並進2方向とねじれを含む極稀の風荷重(風洞実験結果)以上になるよう設定している。加えて、仮にアイソレータのみでもその限界変位抵抗力で釣り合いうることも確認している。

(4) 免震層の動的耐風挙動

上記に示す部材設定は単純化した静的力の釣合いに基づくものである。ここでは簡単なモデルにより、ロック時のわずかなオイル移動で生ずる長時間にわたる静的荷重効果による一方向変位を評価した例を示す。変位の程度、鋼材ダンパーの塑性の程度、強風後ロック解除による残留変位といったいくつかの論点があるが、ここではその一部の検証結果を示す。

ロック時におけるオイルダンパーの微量な粘性漏れは使用した40基の製品検査から評価することとした。

①振動系モデル

簡単のため免震層上部の2階と3階以上を質点に集約した2質点系モデルとする。各質点の変位は並進1自由度とした。

②ロック機構のモデル化

ロックした状態で5分間1,000kNの荷重を与え、その変位から速度1mm/sec以下の性能を有することを確認した。解析においてはマックスウェルモデルにより評価し、減衰係数Cの値は下式により設定した。製品検査における40基の減衰係数Cは、圧縮側と引張り側で値やばらつきに違いは見られるが、ここでは簡単のため安全側(移動量を大き目)で評価することとした。

③検討用風時刻歴

適切な台風モデルから風荷重を想定することが理想だが、簡単のためここでは風洞実験結果をベースに張間方向の時刻歴波形を作成し、4時間相当の時刻歴解析をした。現実の台風は進路により強さと風向が変化するが、この風荷重での免震層移動変位は大きめの評価になると考えている。

④応答結果

ロック機構がオンとオフの結果を示す。

- ・鋼材ダンパーは降伏するが繰り返しによる累積塑性は保有性能にたいして十分に小さい。
- ・ロック時の結果から時間とともに移動する状況が分かるが、ロックしない場合に比べその量は小さく、変位低減効果が大きく期待できる。

5 おわりに

鋼構造板状超高層に採用した可変機構を有する免震システムと簡単な挙動解析について紹介した。3月11日、関係者によるシステム制御・計測のトリガー値設定打ち合わせ直前に東北地方太平洋沖地震の揺れに遭遇することとなった。残念ながら設定前であったため十分なデジタル記録がなされていないが、有意な計測結果と分析などの報告は、適切な台風モデルでの検討とともに今後別の機会としたい。

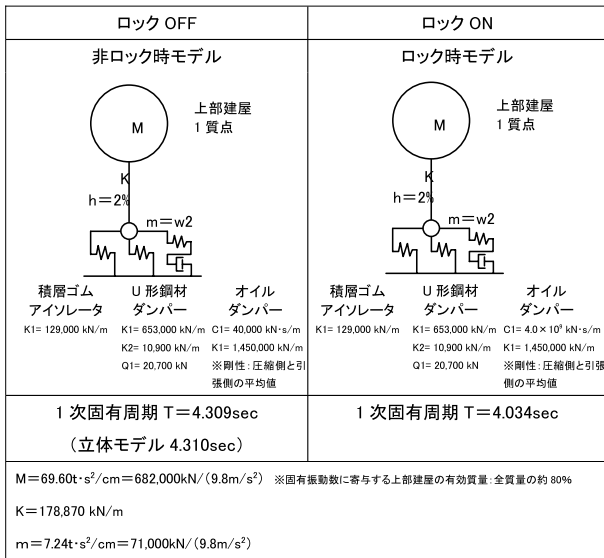


図6 振動系モデル

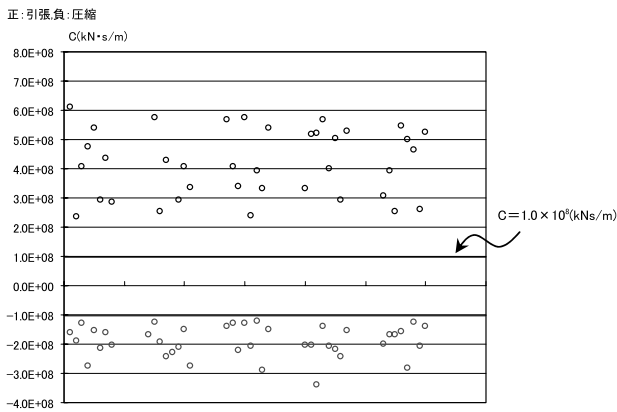


図7 ロック時特性(オイルダンパー1台あたり)

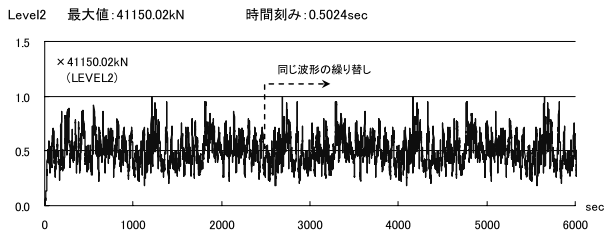
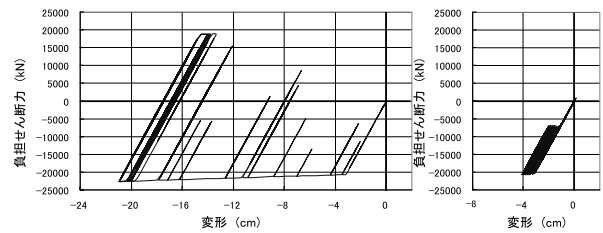


図8 検討用風時刻歴波形

表1 応答結果 4時間44分

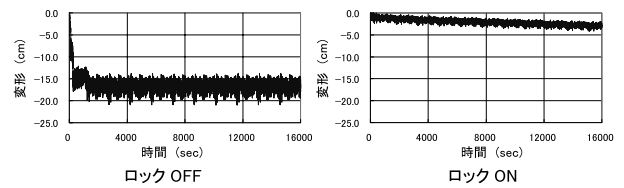
	ロックOFF	ロックON
免震層最大変位	210 mm	41 mm
オイルダンパー負担せん断力	2050 kN	33100 kN
U型鋼材ダンパー負担せん断力	22600 kN	20800 kN
μ : 塑性率	6.6	1.3
η : 累積塑性変形倍率	10.7	0.5
U型鋼材ダンパー吸収エネルギー (上段: トータル/下段: 1基あたり)	7000 kN·m 206 kN·m	325 kN·m 9.6 kN·m



ロック OFF

ロック ON

鋼材ダンパー応答履歴



ロック OFF

ロック ON

免震層の時刻歴応答変位

図9 解析結果

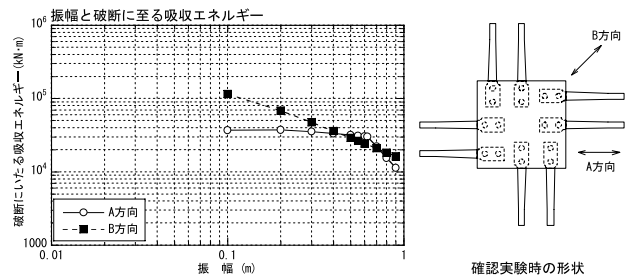


図10 鋼材ダンパーの保有性能