

長周期地震動による超高層建物の揺れの低減

高性能振子式大型制振装置

T-Mダンパー

大成建設 設計本部
木村雄一

0

説明内容

1. 長周期地震動問題の概要
2. 新宿センタービルの制震改修（T-RESPO構法）
3. 昨今の長周期地震動対策技術
4. T-Mダンパー（地震用マスダンパー）

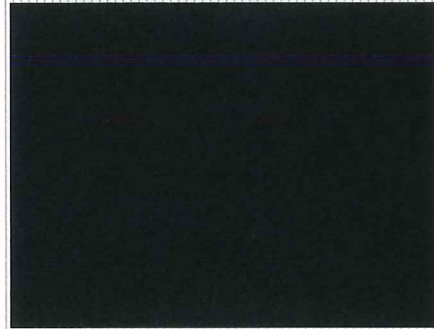
1

1. 長周期地震動問題の概要

2

1. 長周期地震動問題の概要

3.11 新宿超高層建物の揺れ



3

1. 長周期地震動問題の概要

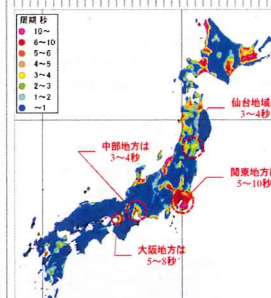
3.11 新宿超高層建物の揺れ



4

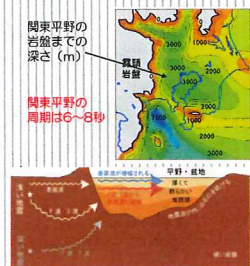
1. 長周期地震動問題の概要

■ 深部地盤の固有周期の分布



■ 平野部の堆積層と増幅

平野部の堆積層で、地震の揺れが増幅され、継続時間も長くなる。



5

2. 新宿センタービルの制震改修

12

2. 新宿センタービルの制震改修

■新宿センタービル 建物概要



所在地	東京都新宿区
主要用途	事務所・一般店舗
建築面積	3,666.97㎡
延べ面積	183,093.79㎡
階数	地下4階,地上54階,塔屋3階
高さ	223m
構造種別	地上部 S造, 地下部 SRC造及びSRC造
基礎底深さ	GL-16.8m ～ GL-27.5m
基礎	直接基礎
評定年月日	1977年1月
固有周期	長辺方向 5.2秒 短辺方向 6.2秒

13

2. 新宿センタービルの制震改修

■新宿センタービルに対する取組み

- ・ 現状、リスク調査、評価を実施
- ・ 事業計画年数を100年
- ・ 長周期地震動対策を実施
- ・ 長く有効に活用されるビル

14

2. 新宿センタービルの制震改修

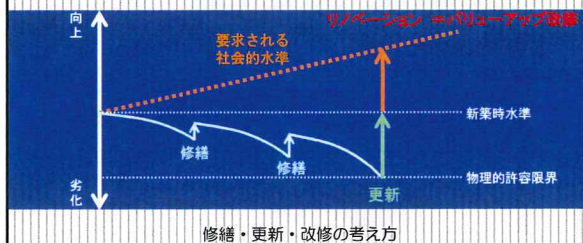
■更新周期の考え方

1979 竣工	2012	2045	2078
1/3周期	1/3周期	1/3周期	
約30年～35年 更新周期	2018 (主な更新) ELV設備更新 発電機設備更新 受変電設備更新	100年	
約15～20年 更新周期	約15～20年 更新周期	(主な更新) 中央監視設備更新 自動制御設備更新 ファン・ポンプ更新	受水槽更新 厨房排水管更新
約10年 周期	約10年 周期	約10年 周期	(主な更新) 外壁補修・塗装 蓄電池更新

15

2. 新宿センタービルの制震改修

■資産価値向上の取組み



16

2. 新宿センタービルの制震改修

■新宿センタービルを長周期・長時間地震動から守る

世界的に見ても日本は自然災害の多い国であり、災害の中でも特に地震の発生割合は国土面積に対して非常に高くなっています。また東海地震、東南海・南海地震はいつ発生してもおかしくない状況となっています。

このような状況のなか、内閣府においては中央防災会議を中心とした防災意識の高まり、国の各機関から出される事業継続ガイドライン等の事業継続への社会的要請が顕著になりつつあります。企業としてもCSRの一環として取組む必要が出てきています。

弊社としても、すでに社会に送り出した社会資本の安全性・事業継続性を改めて見直し、より価値の高いものにするご提案をさせて頂きたいと思っております。

- 2004年 1月
長周期地震動対応プロジェクト発足
- 2005年 2月
新宿センタービルビルオーナーに説明
- 2005年 3月
T-RESPO構法を開発、新聞発表
- 2007年 8月
社長直轄プロジェクトに
- 2007年 9月
新宿センタービルビルオーナーに説明
- 2008年10月
新宿センタービル 着工
- 2009年 7月
新宿センタービル 工事完了

17

2. 新宿センタービルの制震改修

■ 既存超高層ビルの制振対策 T-RESPO構法

- 長周期地震動の揺れを吸収、低減
- 柱や梁に補強不要
- 一次移転不要でハイコストパフォーマンス



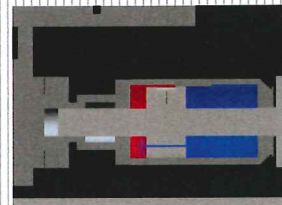
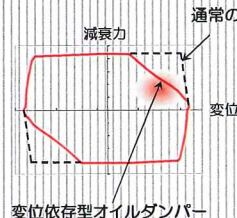
18

2. 新宿センタービルの制震改修

■ 変位依存型ダンパーのメカニズム

変位と減衰力の関係

変位依存型ダンパーのメカニズム

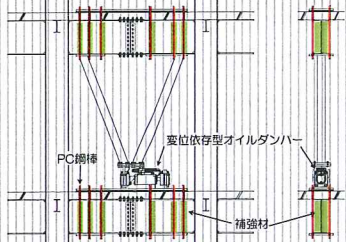


19

2. 新宿センタービルの制震改修

■ 制振ダンパーの取付方法

- PC鋼棒による圧着とし、溶接は行わない。圧着部においてすべりが生じないように、PC鋼棒の緊張力は250kN/本とした。
- 梁の上下フランジ間にはPC鋼棒の緊張力を受ける補強材を設置。

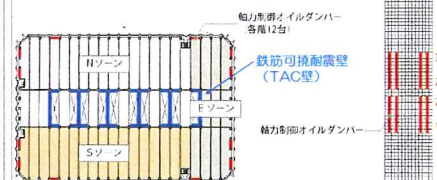


20

2. 新宿センタービルの制震改修

■ 耐震グレードアップ概要

- 新宿センタービルの耐震性能は現行基準に適合しているが、事業継続性の観点から、制震ダンパーを設置し、耐震性能をグレードアップさせる
- 層間変形が大きくなる層と、鉄筋可換耐震壁（TAC壁）を設置
- 24層各階12台計288台、工期10ヶ月程度

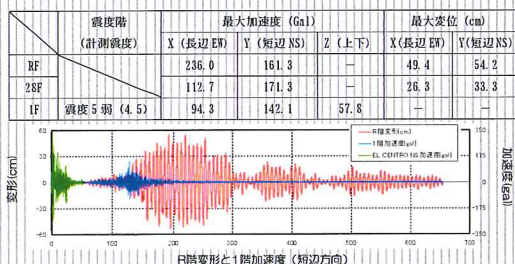


21

2. 新宿センタービルの制震改修

■ 東北地方太平洋沖地震 観測結果

- 最大加速度はR階長辺方向で236gal、最大変形はR階短辺方向で54cm
- 地震の継続時間は10分を越えた（長周期地震動の特徴）
- 平均層間変形角は1/399であり、主要構造体に損傷はないと考えられる



22

2. 新宿センタービルの制震改修

■ 東北地方太平洋沖地震 長周期地震動対策の効果

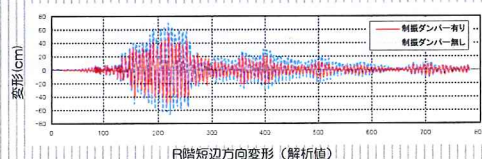
減衰定数

- 短辺方向の建物の減衰が1.3%から2.7%に増加

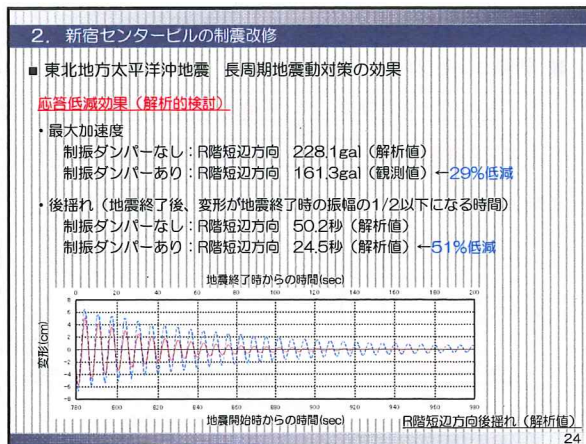
応答低減効果（解析的検討）

最大変形

- 制振ダンパーなし：R階短辺方向 69.8cm（解析値）
- 制振ダンパーあり：R階短辺方向 54.2cm（観測値）←22%低減



23

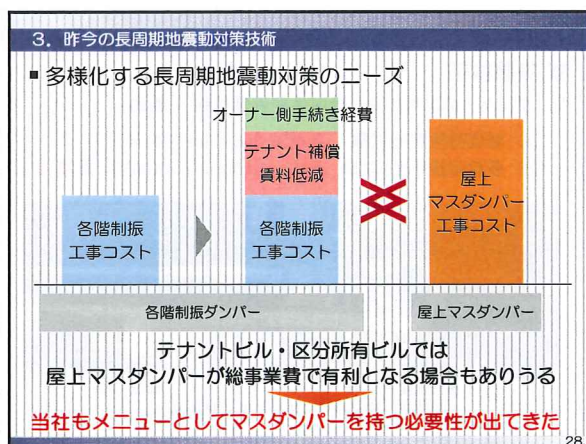


3. 昨今の長周期地震動対策技術

3. 昨今の長周期地震動対策技術

■ 長周期地震動対策を実施した主な超高層建物

	新宿センタービル	損保ジャパンビル	サンシャイン60	咲洲庁舎	東京都庁	新宿三井ビル	新宿野村ビル
施工	大成	大成	鹿島	大林	大成 鹿島	鹿島	竹中
設計	大成	大成	三菱地所	日建	日本設計	鹿島	安井設計
建物高さ	222m	200m	240m	256m	243m	225m	209m
竣工年	1979年	1976年	1978年	1995年	1991年	1974年	1978年
適用制震装置	T-RESPO	T-RESPO	鋼材 & オイルダンパー	鋼材 & オイルダンパー	オイルダンパー	屋上マスダンパー	屋上マスダンパー

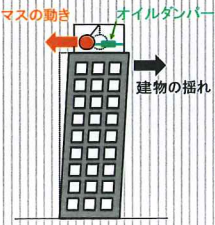
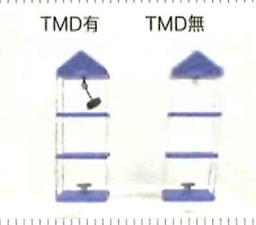


4. T-Mダンパー（地震用マスダンパー）

4. T-Mダンパー

■ 屋上マスダンパー(地震用TMD)の原理

- ・ 屋上にマス(錘)を設置 (建物重量の2%程度)
- ・ 地震のエネルギーをマスに集めて、オイルダンパーで吸収
- ・ 建物の1次モードに対して5%程度の付加減衰

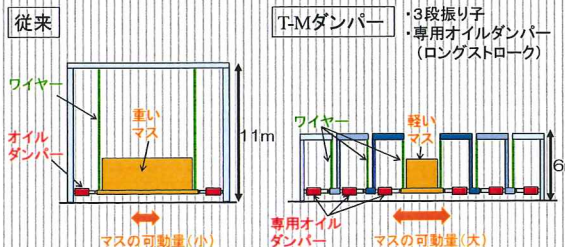
30

4. T-Mダンパー

■ 開発コンセプト

マスダンパーの性能は、【マス可動量×マス重量】で決まる

マス可動量を増加させ、軽いマス重量でも高い制振効果



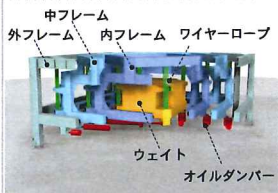
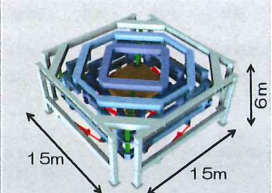
31

4. T-Mダンパー

■ T-Mダンパーの概要

三菱重工機械システムと共同開発

- ・ 3段振り子式 (周期4秒～7秒に対応)
- ・ ±1.5m ロングストロークオイルダンパーを導入 (新規開発)
- ・ 可動範囲が約2倍の4mに拡大
- ・ 吊りワイヤーの強度を3倍UP、マス重量を450tまで対応可能

32

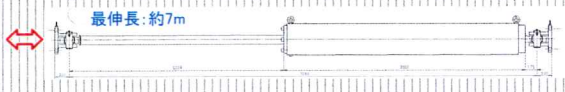
専用ロングストロークオイルダンパーの開発

33

ロングストロークオイルダンパーの開発

■ キーデバイスを新規開発

諸元	・ 最大変位 ±1.5m
	・ 最大減衰力 450kN、最大速度 180cm/s
	・ 座屈耐力 675kN (鉛直2G作用時)
	・ 油量 350L (危険物400L以下)



オイルダンパーの外観 (カヤバシステムマシナリー製)

34

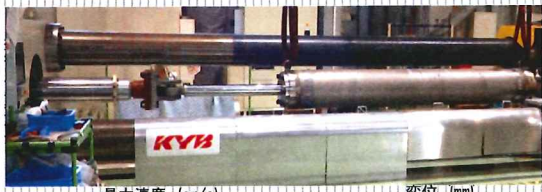
ロングストロークダンパーの開発

■ 実験検証

① ダンパーのエネルギー吸収性能評価試験 動的

(a) 減衰特性評価試験 正弦波 25cm/s～175cm/s

(b) 多数回繰り返し試験 ±48cm、100cm/s×100回 (累積191m)



最大速度 (cm/s) 変位 (mm)

正弦波: 周期3秒、±48cm、100cm/s

(a) 減衰特性評価試験結果 (b) 多数回繰り返し試験結果

35

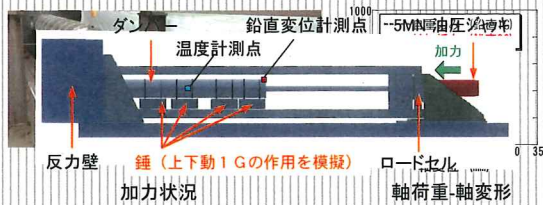
ロングストロークダンパーの開発

■ 実験検証

② 座屈安全性検証試験 静的

内部流路閉塞、ロッド最伸張、付加錘(1G相当)

最大荷重600kN(最大減衰力×1.3)



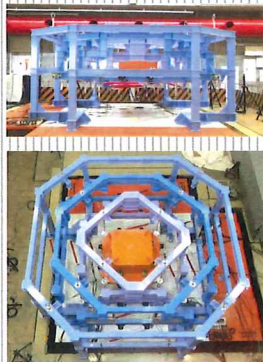
36

1/3縮小試験体の振動台実験

37

1/3縮小試験体の振動台実験

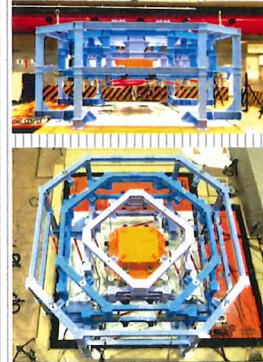
■ 共振正弦波
(1方向加振)



38

1/3縮小試験体の振動台実験

■ 共振正弦波
(2方向加振)



39

