

ホテル伊豆急



市川 一美
東急建設



新井 知彦
同



新沼 隆司
同



公塚 正行
i2S2



宮島 洋平
同

1 はじめに

ホテル伊豆急は、静岡県下田市白浜海岸に面し、客室をオーシャンビューに配置したリゾートホテルで、昭和49年に竣工した建物である。

耐震改修の方法として強度増強型の耐震補強案が検討されていたが、その耐震改修案では補強箇所数が多く、かつ客室の眺望を損なうこと等から、補強効率が高く、客室の眺望を損なうことのない制震改修案を採用している。

制震部材の配置は、客室裏側（山側）外部への集中配置を基本とすることで客室を避ける計画とし、通常営業の中で、居ながら施工としている。



写真1 建物全景

2 建物概要

本建物は、地下1階、地上6階、塔屋2階の建物で、地上1～2階を鉄骨鉄筋コンクリート造、その他を鉄筋コンクリート造とする建築物である。平面形状は、長辺（X）方向が中間部でくの字形（-35°）となっている。X方向の長さが119.3m（基準スパン8.0m）、

短辺（Y）方向の長さが70.9m（基準スパン7.6m）である。階高は、地下階が5.5m、地上階が3.3～6.1m、塔屋階が3.0～3.1mである。また、基礎形式は、杭基礎（PC杭）である。

以下に、建物概要を示す。

所在地：静岡県下田市白浜2732-7

用途：ホテル

建築面積：4,956m²

延床面積：13,745m²

階数：地下1階、地上6階、塔屋2階

軒高：22.15m

構造形式：鉄骨鉄筋コンクリート造（1～2階）
鉄筋コンクリート（地下、3階以上）

架構形式：耐力壁付きラーメン構造

施主：（株）伊豆急コミュニティー

補強設計：東急建設（株）、（株）i2S2

施工：東急建設（株）

工期：平成23年4月～12月（6.5ヶ月）
（7月・8月休工）

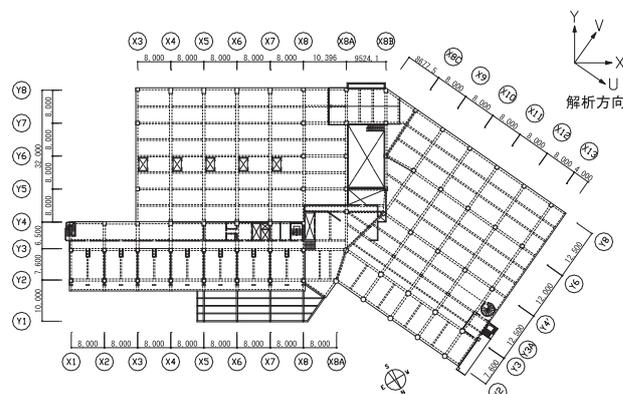


図1 2階伏図

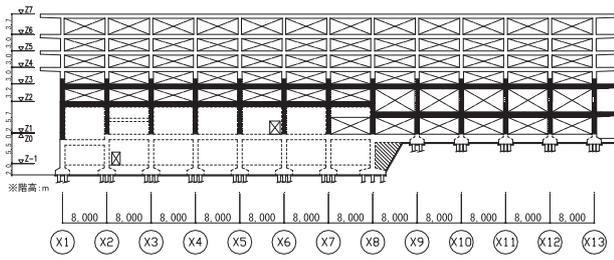


図2 Y2通り軸組図

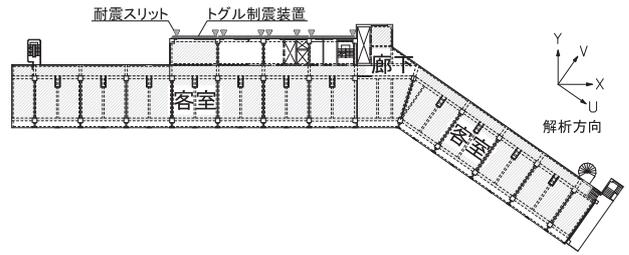


図4 トグル制震装置の配置 (4階)

3 改修計画概要

本建物の耐震改修計画は、建物の層間変位を抑えるために、地震エネルギーの吸収装置である制震部材を適切に配置する制震改修計画とし、制震部材は、トグル制震装置を採用している。トグル制震装置は、オイルダンパーのエネルギー吸収効率を高めるため、梃子機構を応用した制震装置 (図3) である。

X方向は、耐力壁付きラーメン構造であり、耐力壁は客室から廊下を挟んだバックヤード (山) 側に配置されている。トグル制震装置は、図4 (4階配置図) に示すように、耐力壁部分 (Y4通り、X4~X8) に外付け補強として集中配置している。なお、耐力壁は、3方向に耐震スリットを設けている。Y方向は、客室の界壁が耐力壁となっているが、1~2階はホテルロビーであり、下階壁抜けとなっている。また、1~2階の平面的に広がりを持つ部分は、大宴会場等があり、耐力要素が少ない。このため、1~2階にトグル制震装置を配置する計画としている。

主な、補強内容および補強箇所数の一覧を、表1に示している。

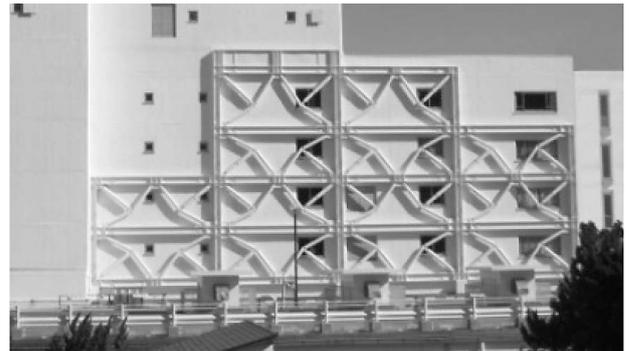


写真2 山側 (Y4通り) 外付け補強トグル制震装置の配置

表1 制震補強内容および補強箇所数

階	トグル制震装置 構面数	柱 炭素繊維 補強	新設 耐力壁 補強	耐震 スリット
6	2(4)	—	—	8
5	3(6)	—	—	8
4	4(8)	—	—	8
3	4(8)	—	—	9
2	2(4)	13	2	2
1	6(11)	1	—	—
計	21(41)	14	2	35

()内は、トグル制震装置の基数を示す。

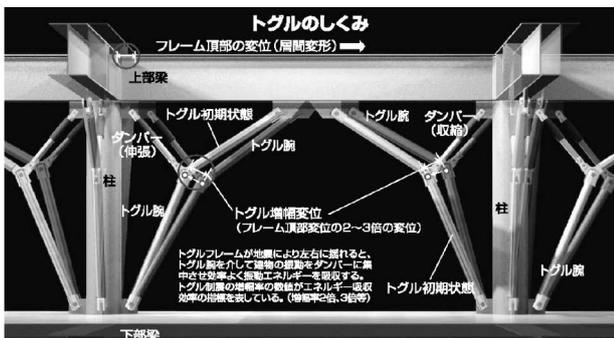


図3 トグル制震装置の概念

4 強度増強型補強案 (他社案)

従前に検討されていた強度増強型補強案の補強内容と補強箇所数の一覧を表2に、補強配置図を図5に示す。強度増強補強案では、客室の眺望を阻害する鉄骨ブレースが2室間に渡って配置されており、客

室のレイアウト変更も余儀なくされる耐震改修計画案となっている。また、客室階では、全体的に客室界壁の耐力壁の増打補強などが計画され、通常営業を行いながらの施工は困難であると同時に、内装費用も多額となると推測される。本案は、顧客満足度が得られず頓挫していた。

5 目標耐震性能

本建物の目標耐震性能は、各層、各通りの最大応答層間変形角がX方向では1~2階が1/150以下、3~6階は純ラーメン構造のため1/120以下、Y方向では1~2階が1/150以下、3~6階は耐力壁のせん断降伏防止のため1/250以下としている。鉛直支持部材である柱および耐力壁はせん断破壊しないこと、オイルダ

表2 強度増強型補強案の内容および補強箇所数

階	鉄骨 ブレース 装置	柱 鋼鈑 補強	新設 耐力壁 補強	増打 耐力壁 補強
6	2	—	11	—
5	3	—	11	—
4	4	—	11	9
3	4	—	11	9
2	3	—	11	6
1	2	3	11	3
計	18	3	66	27

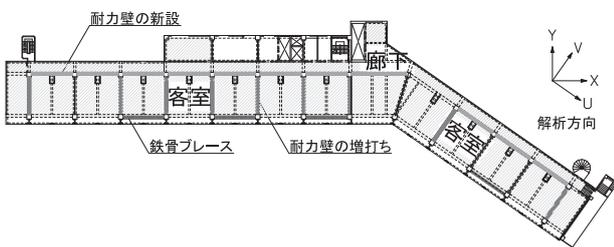


図5 強度増強型補強案の耐震改修計画（4階）

ンパーの最大応答速度が限界速度以下としている。

補強設計用入力地震動は、表3に示している。告示波は、極めて稀に発生する地震動の加速度応答スペクトルの強さとし、継続時間を120秒、位相をJMA KOBE 1995 NS成分波（告示波L2-1）、HACHINOHE 1968 NS成分波（告示波L2-2）、および乱数（告示波L2-3）としている。観測波は、極めて稀に発生する地震動に対応するものとして、最大速度値を50cm/sに基準化している。

告示波L2の総入力エネルギーの速度換算値は、X方向入力時では83.2～124.0cm/sであり、Y方向入力時では89.7～124.7cm/sである。これらの数値は、「免震構造設計指針」（社団法人日本建築学会）の第2種地盤における損傷に寄与するエネルギースペクトルVD=120cm/sの0.48～1.08倍の数値となっている。

表3 補強設計用入力地震動

地震動波形の名称		最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)
1	告示波 L2-1	433.8	49.2
2	告示波 L2-2	369.0	55.0
3	告示波 L2-3	419.1	42.8
4	EL CENTRO 1940 NS	510.0	50.0
5	TAFT 1952 EW	496.9	50.0
6	HACHINOHE 1968 NS	333.7	50.0

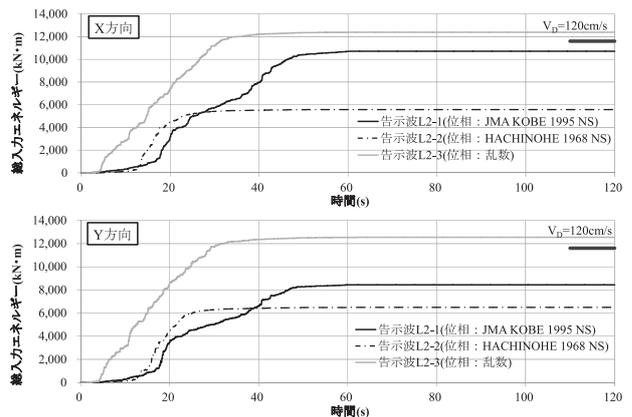


図6 告示波L2による総入力エネルギー

6 地震応答解析

振動解析モデルは、立体骨組振動モデルとしている。解析モデルの概要および解析方法は、表4および表5に示している。トグル制震装置は、設計形状どおりのモデルとして配置し、オイルダンパーはMaxwellモデルとし軸剛性を評価し、減衰力特性はバイリニア型、履歴特性は逆行型としている。トグル腕部材は、接合部の変位ロスを考慮したスリップモデルとしている。なお、本誌に示す解析モデルは地下階および塔屋階を除いたモデルとしている。

解析は、X・Y方向に加えて平面形状を考慮したU・V方向を行っている。また、オイルダンパーの特性

表4 解析モデルの概要

	解析モデル
(1) 質点数	401 質点
(2) 地震動の入力位置	1 階床位置
(3) 振動系モデル	立体骨組振動モデル
(4) 入力位置以下の変形	固定
(5) 復元力特性	Degrading Tri linear 型など
(6) 減衰マトリックス	種類：内部粘性型 各次減衰定数の作成方法 [C]=(2h ₁ /ω ₁) [K] [K]：瞬間剛性マトリックス ω ₁ ：1次固有円振動数 h ₁ ：1次減衰定数 骨組は1次減衰定数 h ₁ を0.03 とする。

表5 解析方法

項目	内容
(1) 解析法	ニューマークのβ法
(2) 解析演算刻み	1/5000 秒
(3) 解析プログラム	樹構造システム SNAPver.6

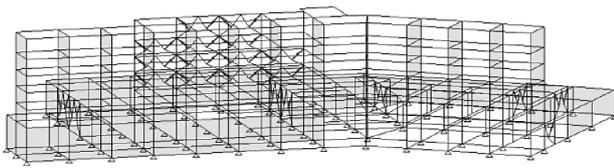


図7 立体骨組振動モデル

値の変動を考慮して行っている。最大応答図は、特性値が標準状態時、重心位置の最大応答層間変形角および最大応答絶対加速度を図8～9に示している。図10に、告示波L2-1およびEL CENTRO NS 1940における地震入力エネルギーの時刻歴を示している。トグル制震装置の吸収エネルギーEVは、X方向では約55%、Y方向では約20%を吸収し、建物の損傷を抑えている。また、極めて稀に発生する地震動時に柱および耐力壁がせん断破壊しないことも確認している。

建物の耐震性能の判定は、表6に示すように、極めて稀に発生する地震動時における最大応答値が目標耐震性能以下であり、十分な耐震性能を有していると判断している。

最後に、非制震時の最大応答層間変形角を図11に、X方向の最大応答変位が発生する時刻の変形図を図

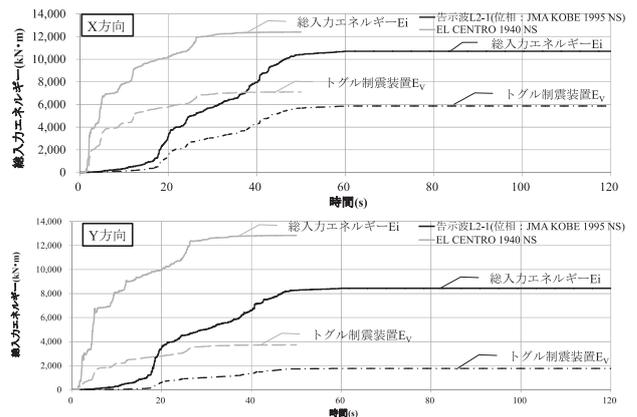


図10 トグル制震装置の吸収エネルギー

表6 耐震性能の判定 (標準・上限・下限状態を含む)

部位	骨組		制震装置	
	層	柱・耐力壁	ダンパー	
項目	通りの層間変形角	せん断力	応答速度	
性能目標	*1 に示す	降伏を生じない	700mm/s 以下	
X方向	3～6階	1/134	しない	455.1
	1～2階	1/268		
U方向	3～6階	1/132	しない	466.5
	1～2階	1/262		
Y方向	3～6階	1/315	しない	515.5
	1～2階	1/173		
V方向	3～6階	1/251	しない	676.5
	1～2階	1/161		
判定		○	○	○

*1 1～2階は1/150以下、3～6階はX・U方向では1/120以下、Y・V方向では1/250以下

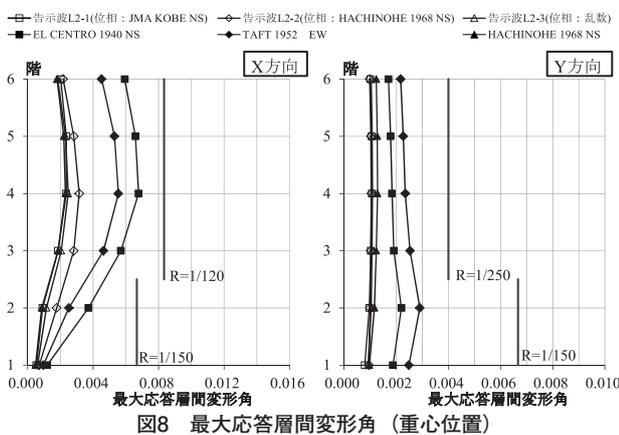


図8 最大応答層間変形角 (重心位置)

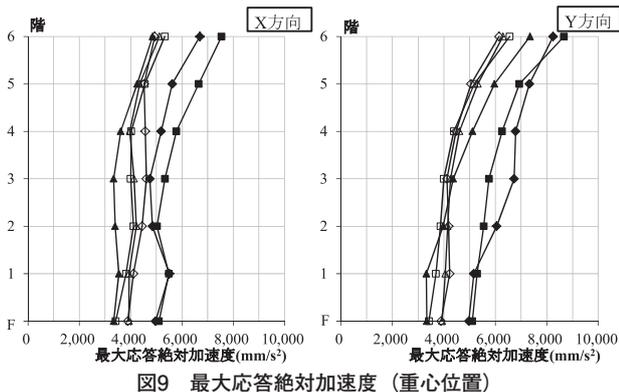


図9 最大応答絶対加速度 (重心位置)

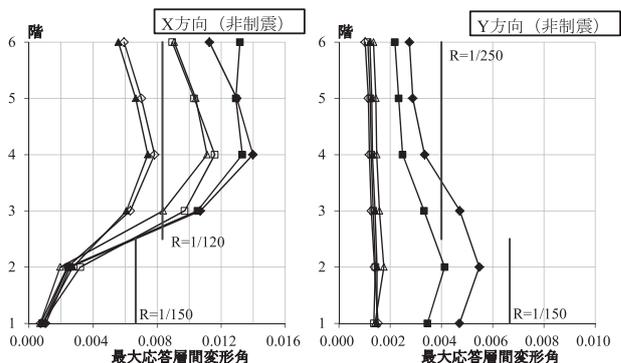


図11 非制震時の最大応答層間変形角 (重心位置)

12に示す。最大応答層間変形角は、制震時においてはX方向で1/148、Y方向で1/344、非制震時においてはX方向で1/72、Y方向で1/183である。X方向の最大応答変位は制震時で7.6cm、非制震時で15.8cmである。以上のように、本制震補強により、耐震性能

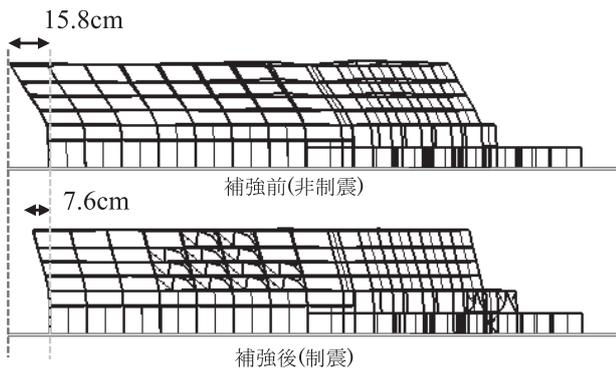


図12 制震と非制震の最大応答変位の比較 (X方向)

が大きく向上していることが確認される。

7 まとめ

トグル制震装置を採用した宿泊施設の制震補強概要を紹介した。また、設計・施工に当たり関係各社には多大なご協力を頂きました。この場を借りて深く感謝の意を表します。最後に本誌への掲載をご快諾頂いた(株)伊豆急コミュニティー、(株)伊豆観光ホテル様に対し、誌面をお借りしてお礼申し上げます。