

(仮称) ホテルエミオン東京ベイ・新館



古澤 健

スターツ免震構造研究所



酒井 和成

同



小林 利和

同



宮川 欣也

同



中村 元彦

同

1 はじめに

本建物は、大型テーマパークのパートナーホテルであるホテルエミオン東京ベイ・タワー館の新館である。多人数利用に配慮したファミリー、グループ、団体向けのシンプル&コンフォートホテルとして、コンパクトで高い経済効率性と快適さの両立をめざした計画としている。

2006年当協会賞作品賞を受賞した既存タワー館は、中間層免震の採用により、2011年東北地方太平洋沖地震でその効果を発揮したため、本建物にも同様の安全性が求められた。

本編では、軟弱地盤における免震建築について、設計上配慮した点を交えて紹介する。

2 建物概要

建 物 名 称：(仮称) ホテルエミオン東京ベイ・新館

所 在 地：千葉県浦安市日の出一丁目1-2、-3、-4、-5の一部

設 計 者：株式会社スターツ総合研究所一級建築士事務所

構 造 設 計：スターツCAM株式会社免震構造研究所一級建築士事務所

施 工 者：スターツCAM株式会社

延 床 面 積：15,811.97m²

階 数：地上8階

構 造 種 別：鉄筋コンクリート造

構 造 形 式：基礎免震構造、純ラーメン構造

基 礎 形 状：杭基礎（鋼管杭）

図1・図2に外観パースを、図3に平面図を示す。平面形状は61m×40.9mの長方形であり、建物高さは32.3mの整形な建物である。1・2階は共用部で、

エントランスロビーは吹き抜けを有し、2階朝食会場は12.2m×32.65mの無柱空間である。ルームタイプは、コーナールーム4室以外は同一プランで、6.1mスパンを基準とした。

立面計画は、窓開口を等間隔に設けた箱を周囲の柱で宙に持ち上げ、浮遊感のある構成としている。



図1 外観パース（左から本建物、既存タワー館）



図2 アイレベルパース

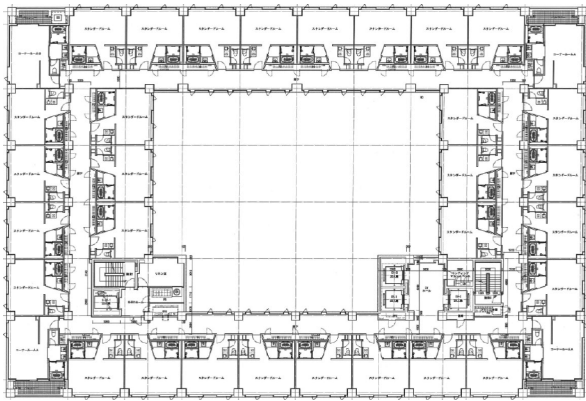


図3 基準階平面図

3 構造計画概要

計画敷地では日影規制から建物高さが決定されるため、ホテル機能を地上部に最大限確保する目的から、本建物では基礎免震構造を採用した。構造種別は、鉄筋コンクリート造である。

上部構造は、①客室のプランにより柱割が決定されるため、建物規模に対して耐震要素の柱が多く存在し層せん断剛性が高いこと、②低層部は建物の浮遊感を演出するために耐力壁を設けられる箇所が少ないことを勘案し、構造上明快とするため純ラーメン架構とした。

4 地盤概要

図4にボーリング柱状図を示す。地盤調査は本建物中央部で深度100mまで実施し、PS検層測定から

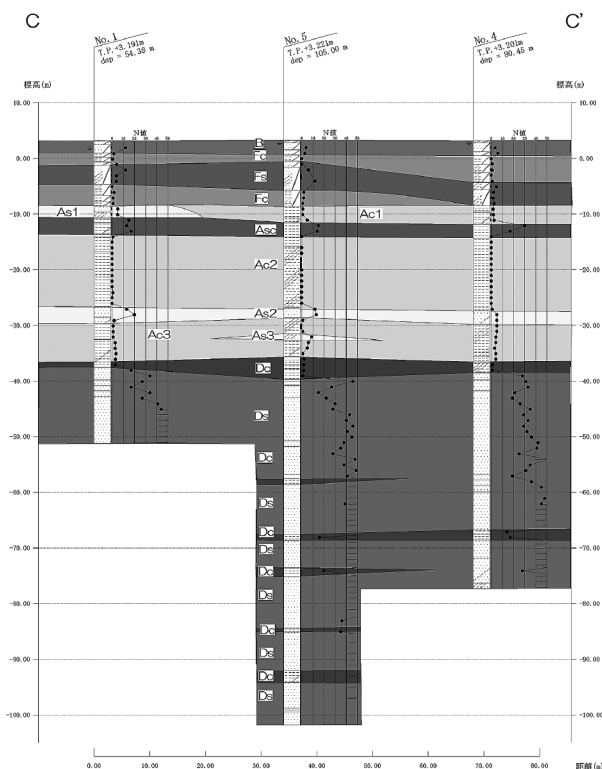


図4 ボーリング柱状図

設計GL-89.53mの細砂層を工学的基盤とした。

地盤種別は第3種、地盤の卓越周期 $T_g=1.14$ 秒であった。杭先端レベルは、N値が概ね60以上である設計GL-64mとした。

5 基礎計画

本建物における基礎計画の特殊性は、液状化が生じやすい軟弱地盤であることと、杭掘削残土による建設コスト増の懸念であった。

5.1 液状化対策概要とクライテリア

既存タワー館では液状化対策（静的締固め砂杭工法）を実施しており、2011年の大震災時に液状化による建物被害が生じなかったことから、本建物でも同じ工法を採用した。改良深度は設計GL-15mである。本工法では杭周辺の液状化対策のほか、液状化対策範囲の外周に碎石杭（図5）を設け、隣接する非改良地盤からの過剰間隙水圧の消散を図っている。また、密度増大による水平変位が周辺環境に悪影響を与えないよう、変位緩衝孔を設けている。液状化対策のクライテリアは、地震時の地表面加速度に応じて以下のように設定した。

- ・ 200gal時：FL>1.0
- ・ 350gal時：Dcy<5.0cmまたはPL<5

液状化対策工事は、上記を満足するよう、改良率 $as=13\sim17\%$ で実施する。図6にPS検層を実施したボーリングの改良前後のN値の比較を示す。

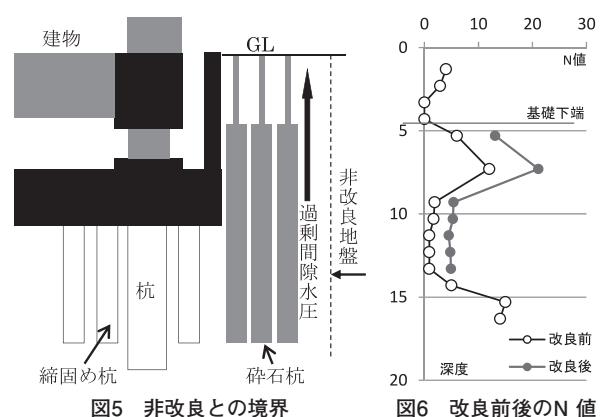


図5 非改良との境界

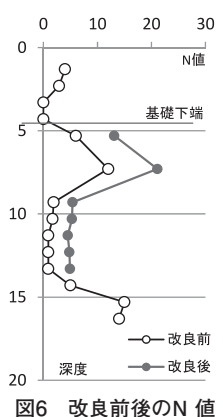


図6 改良前後のN値

5.2 基礎構造の選定

杭工法の選定にあたり、当初は鋼管巻き場所打ちコンクリート杭工法を検討していた。しかし、建物規模に対して杭長が長く、また杭本数が多いことから、杭掘削残土の処理費が建設費高騰の一因となった。そのため、残土量が少ない鋼管杭を採用した。基礎は、杭設計上の配慮のため、基礎重量が小さい形式であることを優先した。マットスラブ形式では、

平面的に大きな建物のために基礎重量が大きく、また水槽を設ける必要があったため、より基礎重量が小さい結果となった基礎梁形式を採用した。杭の設計には地盤変位を考慮し、FrancisのバネとBromsの極限耐力を用いた双曲線モデルを用いて行った。

6 免震装置概要

図7に免震装置レイアウトを示す。免震装置の構成は、鉛プラグ挿入型積層ゴム支承（LRB）34基、回転機構付すべり支承（BSL）33基、オイルダンパー8基とした。LRBは免震層下を基礎梁形式としているため、施工上の配筋の納まりに配慮し角型を採用した。また、建物の長周期化を図りつつ、回転機構により基礎梁の負担応力を小さくする目的でBSLを採用した。

7 耐震性能目標

表1に極めて稀に発生する地震動（以下、レベル2地震動）に対する耐震性能目標を示す。また、免震層のクリアランスは表2に示す通りとした。免震層の水平変位は500mm以下を目標とし、残留変位50mmを考慮して、最小クリアランス550mm、設計クリアランス600mmと設定した。

8 時刻歴応答解析

8.1 入力地震動

レベル2地震動は、以下①～④を選択した。

- ①観測波3波
- ②表層地盤による増幅を考慮した告示波3波
- ③地震調査研究推進本部「全国地震動予測地図」にて定義される各カテゴリーから推察選定した元禄関東地震・東京湾直下地震
- ④長周期型の地震として南海トラフの巨大地震

なお、地盤モデルの作成においては、液状化対策による改良効果を考慮した。具体的には、密度 $\rho \cdot N$ 値及びせん断波速度 V_s に改良効果を見込んでいる。表層地盤の応答解析は、液状化対策クライテリアを350gal時で「 $D_{cy} < 5.0\text{cm}$ または $PL < 5$ 」としていることから、有効応力による逐次非線形解析を適用した。表3に採用したレベル2地震動を示す。

設計用せん断力係数は、上表の地震動を用いた予備応答解析により、応答結果を包絡するよう1階で0.125と設定した。

8.2 解析モデルと固有周期

解析モデルは、免震層下部を固定（入力位置）と

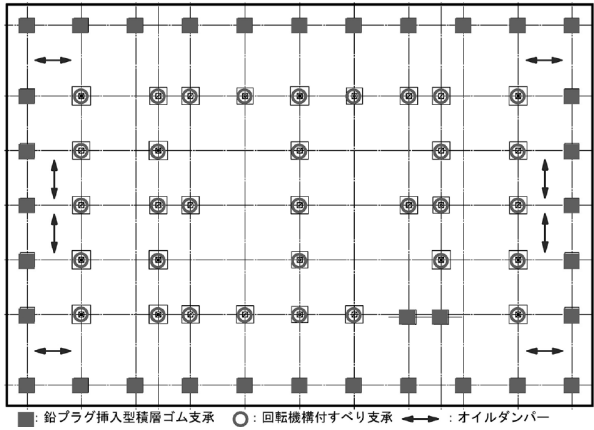


図7 免震装置レイアウト

表1 レベル2 時の耐震性能目標

		レベル 2 地震動
上部構造	耐力	短期許容応力度以内
	層間変形角	1/200 以下
免震層	せん断歪	性能保証変形以内 ($\gamma = 250\%$ 以内)
	変位	500mm 以下
	圧縮面圧	BSL : 50N/mm ² 以下
		LRB : 20N/mm ² 以下
	引張面圧	BSL : 発生させない
		LRB : -1N/mm ² 以内
基礎	耐力	短期許容応力度以内
杭	耐力	曲げ : 終局耐力以内
		せん断 : 短期許容応力度以内

表2 免震層のクリアランス

免震層のクリアランス	水平	設計値 : 600mm
		最小値 : 550mm
	鉛直	設計値 : 50mm
		最小値 : 30mm

表3 採用したレベル2 地震動

入力地震動の波形名称		最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)
観測波	El Centro 1940NS	510.0	50.0
	Taft 1952EW	496.9	50.0
	Hachinohe 1968NS	348.9	50.0
告示波	JMA-Kobe NS 位相	176.8	60.4
	Hachinohe NS 位相	121.4	37.6
	一様乱数位相	141.8	41.7
サイト波	元禄関東地震 NS	146.7	37.5
	東京湾直下地震 EW	126.1	41.2
	南海トラフ地震 NS	66.0	18.7

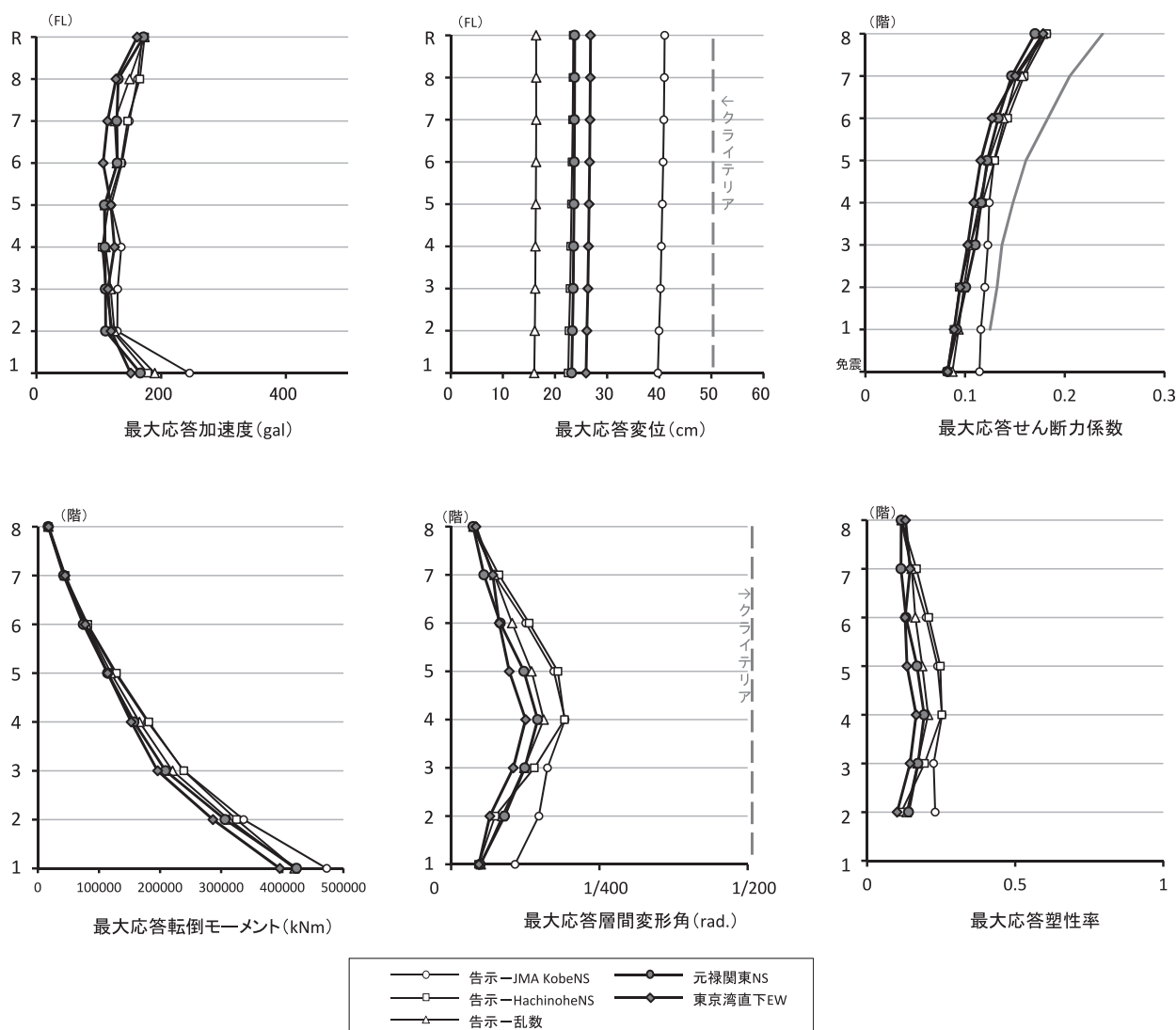


図8 レベル2 時の応答解析結果

し、免震層を含む計9質点の等価せん断型モデルとした。上部構造の骨格曲線は、静的増分解析を元に剛性低減型Tri-linearとし、内部粘性減衰は $h=2\%$ の瞬間剛性比例型とした。免震層は下記のように設定した。

LRB：歪依存型Bi-linear

BSL：剛塑性モデル

オイルダンパー：速度依存型Bi-linear

固有周期はX・Y方向ともに、基礎固定時で0.71秒、 $\gamma=200\%$ 時で4.25秒であった。

8.3 応答解析結果

図8に各種応答結果グラフを示す。グラフは、免震装置のばらつきに対し、各応答値が大きくなるケースを示している。また、サイト波の結果は応答値が大きい元禄関東地震NS・東京湾直下EWを示す。応答加速度は、告示波（JMA-Kobe位相）が245.5gal（1階床）を示した。また、上階においてもフロアレ

スpondsは200galを超えない程度であった。

応答変位は、告示波（JMA-Kobe位相）が40.0cmで最大値を示した。他の地震動では、東京湾直下EWでも26.0cm程度であり、告示波（JMA-Kobe位相）の応答値が卓越していることがわかる。

せん断力係数は、1階で告示波（JMA-Kobe位相）が最大値0.116であった。他の地震動では0.09程度を示し、応答変位と同様の傾向が見られた。

層間変形角は、告示波（JMA-Kobe位相）が1/520を示した。せん断力係数と同様に、低層階で告示波（JMA-Kobe位相）が大きな値を示す傾向が確認された。

9 さいごに

本報では、軟弱地盤に建つ免震建物の設計について紹介した。なお本建物の施工期間は、着工2015年9月中旬～竣工2018年2月中旬の計画で、ホテル運営開始は2018年春を予定している。