

免震ドームの応答特性に関する基礎的研究

A Basic Study on Isolated Dome about Response Characteristic

山崎由美子¹, 石鍋雄一郎², 中島肇²
Yumiko Yamazaki¹, *Yuichiro Ishinabe², Hajime Nakajima²

Abstract: As for design of long span dome structures, dome's antisymmetric mode is not negligible under seismic response. The goal of this reserch is to grasp the fundamental response characteristics of the isolated dome for seismic ground motion.

1. はじめに

大スパンドーム構造は水平地震動に対する、ドーム構造の逆対称モードによる応答の影響が大きい。既往の研究において^[1]、ドーム部と下部構造の中間層に免震層を設ける（以下、「免震ドーム」という）ことでドーム部への応答を抑える検討がされている。

本研究は巨大地震も含めた地震動に対して、免震層を導入した 200m 級の免震ドームの有効性や応答性状について検討することを最終目的とする。本報では、ドームの構造設計や地震応答解析に一般的に用いられる El centro(1940) 波の NS 成分を用いて時刻歴応答解析を行い、免震ドームの基本的な応答性状を把握することを目的とする。

2. 解析概要

解析モデルは、ドーム部、免震層および下部構造から構成され、スパン L は 200m とし、ライズ/スパン比 R/L は 0.15 とする (Fig.1)。ドーム構造は複層トラスによるパラレルラメラ分割とし、解析モデルでは単材の Beam モデルに置換する。下部構造は 1 層 60 本の円柱から構成される、3 層の等価せん断型弾性モデルとする。免震層は 60 個の免震部材からなるものとし、各免震部材は水平 2 方向のせん断力を考慮するため、水平面内に 45° ごとに角度を変えた 8 本の弾塑性せん断ばねを有する MSS モデルとする。弾塑性ばねは、2 次勾配を有するバイリニア型とする。

仮定したドーム部の部材諸元を Table 1 に示す。ドームの固定荷重は、単位表面積当たりの重量 2.5kN/m² としして各節点に集中荷重として作用させる。

本研究では、免震層の初期固有周期 T₀ および降伏層せん断力係数 α_y を解析パラメータとする。T₀ は 1.0, 1.5, 2.0, 3.0s と変化させ、各 T₀ に対して α_y を 0.05, 0.1, 0.15 と変化させた、計 12 ケースの解析を行い、水平地震動に対して免震ドームがどのような応答性状を示すかを分析する。また、免震ドームとの比較のために免震層を剛体としたモデル（以下、「非免震」とする）

についても解析を行う。

入力地震波は El centro(1940) 波の NS 成分を採用し、入力最大加速度 A_{max} を 100, 250, 500, 700cm/s² と変化させ、X 方向に入力する。

3. 解析結果

本報では、非免震および T₀=1.0, 3.0s の解析結果を示す。

3-1. 応答層せん断力係数 (Fig.2)

免震層を設けることで、ドームの応答層せん断力係数は大きく低減できていることが確認できる。また、ドームにおいては α_y の値が小さいほど、応答層せん断力係数は概ね小さくなる。ただし、下部第一層においては、応答層せん断力係数の低減効果が確認できない。これは、ドーム部の質量が下部構造に対して小さいた

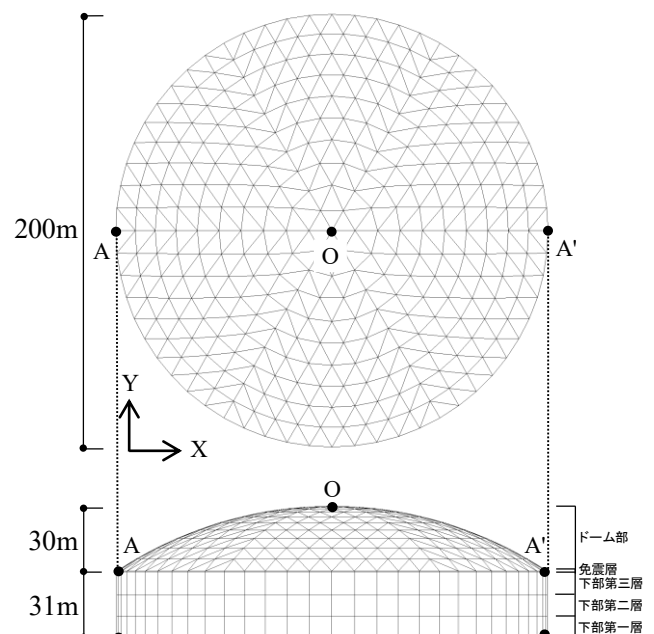


Figure 1. Model Diagram

Table 1. Element Specifications of The Dome Part

部材	断面寸法	規格	梁せい
トラス上下弦材	H-400×408×21×21	SN490	2m
テンションリング	2Ps-φ800×40	STKN490	2m

めであると考えられる。また、 $T_0=1.0s$ において非免震よりも免震層を設けたモデルの方が大きいことについては、免震層を導入したことによって免震ドーム全体の固有周期が変わったことによるものだと考える。

3- 稜線部最大応答加速度 (Fig.3)

稜線部の最大水平応答加速度は、免震層を導入することでドーム部の応答については α_y に関係なく大きく低減できていることが確認できる。一方で、下部構造における最大水平応答加速度の低減効果は $T_0=3.0s$ ではわずかに確認できたが、 $T_0=1.0s$ では非免震よりも大きな値を示した。このことから、水平応答加速度に対する免震による効果は免震層より上部に対してはかなりの低減効果が期待できるが、下部構造に対しては免震層の初期固有周期を検討すべきであると考えられる。鉛直応答加速度については、非免震ではドーム部の応答が著しく大きい、免震層を設けることで大きく低減できている。

3-3. 免震層の最大層間変位 (Fig.4)

δ^+_{MAX} は正の値の最大値、 δ^-_{MAX} は負の値の最大値、 δ_{MAX} は $|\delta^+_{MAX}|$ と $|\delta^-_{MAX}|$ の平均値を示す。 $T_0=1.0s$ の δ_{MAX} は、 α_y が小さいほど大きい傾向が見られる。前述したように α_y が小さいほど免震層の降伏が早い、変位が大きくなると考えられる。一方で、 $T_0=3.0s$ の δ_{MAX} は、 α_y が大きいほど大きい傾向が見られる。 $\alpha_y=0.05$ と $\alpha_y=0.15$ を比較すると、免震層のひずみエネルギー量に約 2 倍の差があること、どちらも減衰エネルギーが入力エネルギーの約 90% であることが確認できた。これは、ドーム部の質量が全質量に対して小さいために減衰エネルギーが大きくなり、免震層の固有周期と地

震動の特性によって α_y が大きいほど減衰エネルギーが小さくなったためであると考えられる。

4. まとめ

本報では、200m 級の免震ドームの時刻歴応答解析を行い、免震ドームの基本的な応答性状を確認した。近年、南海トラフ等の巨大地震の発生が危惧されている。一方で、巨大地震を考慮した免震ドームの研究は筆者らの知る限り見られない。今後は免震ドームの巨大地震に対する、応答性状を確認する予定である。

5. 参考文献

[1] 加藤史郎ら:「入力低減型支持機構を有する大スパンドーム構造物の地震応答性状—免震層の降伏せん断力係数の影響について—」, 日本建築学会構造系論文集 第 518 号, pp57-64, 1999 年 4 月

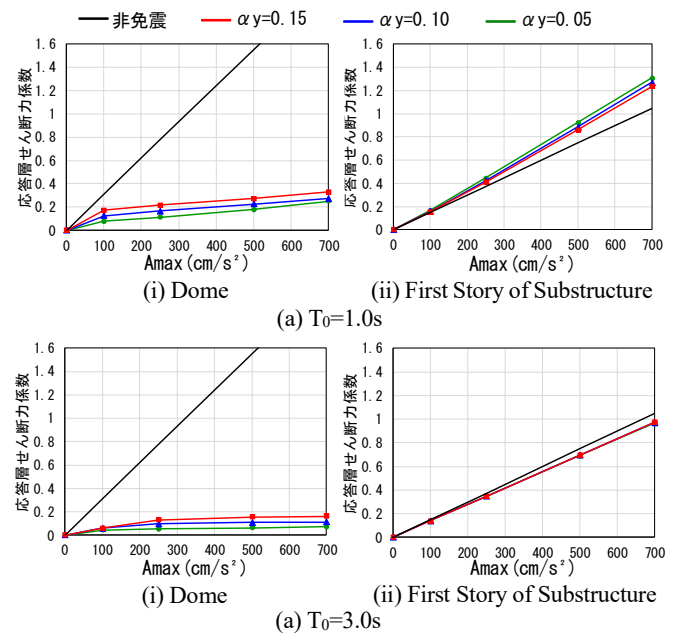


Figure 2. Story Shear Coefficient

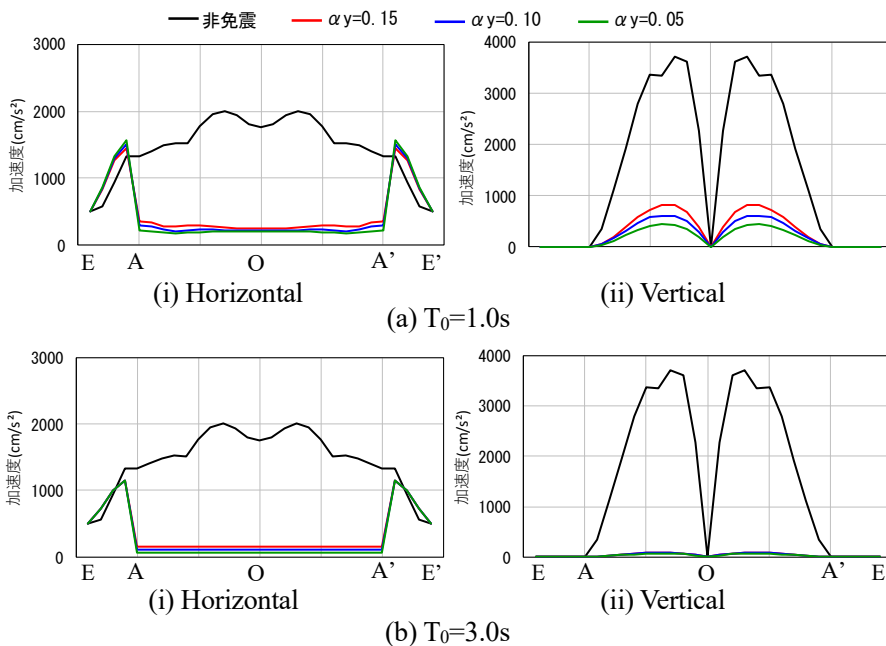


Figure 3. Maximum Response Acceleration along E-E' ($A_{max}=500cm/s^2$)

Table 2. Maximum Relative Displacement of The Isolated Story

		(a) $T_0=1.0s$ (cm)			
		A_{MAX} (cm/s^2)	δ^+_{MAX}	δ^-_{MAX}	δ_{MAX}
$\alpha_y=0.05$	250	13.1	-10.5	11.8	
	500	25.3	-29.9	27.6	
	700	39.4	-47.2	43.3	
$\alpha_y=0.10$	250	13.4	-7.3	10.4	
	500	26.2	-21.0	23.6	
	700	34.3	-35.4	34.9	
$\alpha_y=0.15$	250	11.4	-9.0	10.2	
	500	15.4	-14.4	14.9	
	700	26.9	-16.7	21.8	
		(b) $T_0=3.0s$ (cm)			
		A_{MAX} (cm/s^2)	δ^+_{MAX}	δ^-_{MAX}	δ_{MAX}
$\alpha_y=0.05$	250	14.4	-22.0	18.2	
	500	9.4	-34.2	21.8	
	700	31.3	-47.6	39.5	
$\alpha_y=0.10$	250	14.3	-21.8	18.1	
	500	28.7	-43.9	36.3	
	700	31.5	-48.3	39.9	
$\alpha_y=0.15$	250	29.1	-32.1	30.6	
	500	29.7	-49.2	39.4	
	700	41.2	-64.5	52.8	