

【研究ノート】

## 激甚化する自然災害に備える介護施設付き高齢者住宅 ～免震化推進の課題と解決策～

中川肇<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 明石工業高等専門学校建築学科，教授 博士（工学）

兵庫県における後期高齢者の独居率は、25.7%（2020）から32.4%（2050）と、25年間で6.7%増加することが厚生労働省の調査<sup>1)</sup>で示唆されている。終末医療を目的とした中規模程度の病院では、免震構造が採用されているが、介護施設・高齢者住宅では、免震化が推進されず、耐震構造である。本論文では、今後、発生する可能性が高い激甚化する自然災害（地震）に対し、減災工学・防災工学の観点から、免震化推進の課題と解決策について述べる。

キーワード：高齢者独居率，介護施設付き高齢者免震住宅，宝永南海地震，能登半島地震

### 1. はじめに

2024年1月1日、午後4時10分、石川県能登地方を震源とするM7.6の地震が発生した。石川県珠洲市、七尾市を中心に木造家屋、集合住宅、非免震病院等に甚大な被害を齎した。日本免震構造協会・災害時調査部会において、石川・富山・新潟県にある免震建物86棟について、部会員および関係者により調査<sup>2,3)</sup>が実施された。免震構造を採用している病院は、中規模から大規模病院で、軽微な被害に留まっていた。3県にある免震建物86棟中、病院が22棟(25.6%)、構造種別はRC造が16棟(72.7%)、階数は3～12階であった。また、日経新聞の調査<sup>4)</sup>によれば、後期高齢者の独居率が全国平均で22.4%（2020年）から28.9%（2025年）に増加する。特に、兵庫県では、25.7%から32.4%まで増加すると予測されている。後期高齢者の独居率を減少させるための方策として、終末医療を見据えた中規模以下の緩和ケア病院、介護施設付き高齢者住宅の免震化推進を筆者は考えている。既往の研究<sup>5)</sup>で、筆者は、能登半島地震をRC造5階建て緩和ケア基礎免震病院の耐震安全性評価について、論じた。

本研究の目的は、兵庫県宝塚市内53か所の介護施設を対象にした構造種別・階数・平面構成を把握した上で、RC造7階建て介護施設付き高齢者免震住宅の意匠・構造設計および地震応答解析を実施し、激甚化する大地震に対する耐震安全性評価を行うことである。

## 2. RC 造介護施設付き高齢者免震住宅の意匠・構造設計

### 2.1 意匠設計・構造設計の概要

本研究では、1章で述べた宝塚市内介護施設での訪問調査（4件）を基に、RC造7階建て介護付き高齢者免震住宅の意匠・構造設計を実施する。この建物は、宝塚市小浜4丁目を敷地とし、図1に示すように、1階にはエントランスホール・ラウンジ、ディケアサービス、運動機能回復室、食堂・厨房、管理事務室などを配置している。2階以上には、主に高齢者夫婦が定住する2LDKの居室と機械室浴室および24時間対応のスタッフルーム（図1中の赤点線枠に設置）を配置している。意匠階高は、免震階が3m、1階が4.5m、2階以上が3.6mで、建築面積が1,344m<sup>2</sup>、延床面積が6,720m<sup>2</sup>である。

図1に示す構造部材断面として、柱は850×850mm～750×750mm、基準階の大梁はX方向が650×800mm、Y方向が600×800mm、スラブ厚は150mm、階段周辺の耐力壁は180mmとする。地中梁はD29（SD390）、柱・大梁の主筋はD29（SD390）、せん断補強筋はD13（SD295）、一部高強度せん断補強筋S13（KSS785）とする。配筋設計について、柱は上階ほど本数を減らす、1階の主筋が32-D29、せん断補強筋がXY方向とも3-S13@100、2階X方向の大梁主筋が上下7/6-D29、せん断補強筋が4-S13@100、Y方向のそれは、上下6/6-D29、せん断補強筋が3-S13@100とする。コンクリートの設計基準強度F<sub>c</sub>は、33～27N/mm<sup>2</sup>とする。なお、大梁主筋の/は、1段筋/2段筋を示している。上階ほど主筋量、せん断補強筋量は適宜、減少させている。本研究では、許容応力度設計および保有耐力設計とも、Building Editor Ver.5.13を使用し、応力解析を実施した。



### 2.2 許容応力度設計、保有耐力設計の結果および球面すべり支承による免震層の設計

写真1 SSB<sup>6)</sup>

許容応力度設計の結果より、柱の曲げ検定比は、各階によって若干異なるが、0.57～0.95、大梁のそれは、各階・各通りによって異なるが、0.54～0.9であった。柱・大梁のせん断検定比は、曲げのそれに比べ小さいことが判った。また、荷重増分解析による保有耐力設計では、各通りとも、最上階の柱頭、1階柱脚および2階～6階の大梁左右端に塑性ヒンジが発生した全体崩壊形を形成した。X、Y方向の必要保有水平耐力に対する保有水平耐力比（Q<sub>u</sub>/Q<sub>um</sub>）は、夫々、1.62倍、1.44倍であった。構造部材は全てFA部材で、両方向とも、構造特性係数D<sub>s</sub>は0.3となった。

本研究では、基礎免震層に、文献6)と写真1に示す日鉄エンジニアリングの球面すべり支承（以下、SSB）のNSSB-M45-150～350-600Rを採用している。ここで、SSB-M45-150-300-600Rの表記について、45、150～300および600は、SSBの2次剛性に関する固有周期を表し4.5秒免震、スライダの外径（mm）およびSSBの限界変位（mm）を示している。表1に採用したSSBの結果を示す。

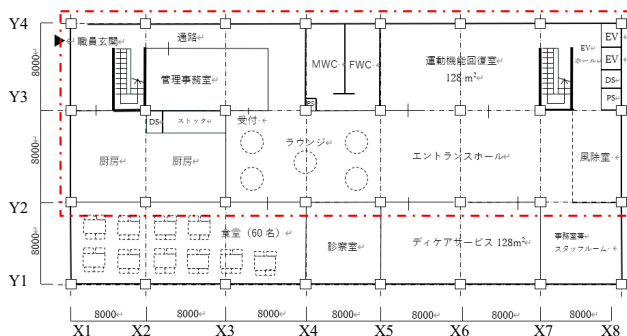


表1 球面すべり支承の面圧とスライダの外径

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Y4	43.0	46.0	46.7	46.7	46.7	46.7	46.3	42.6
	250	300	300	300	300	300	300	250
Y3	45.1	52.3	53.0	53.0	53.0	53.0	52.7	33.1
	300	350	350	350	350	350	350	300
Y2	50.7	56.3	56.6	56.6	56.6	56.6	56.4	51.1
	250	300	300	300	300	300	300	250
Y1	27.4	28.0	27.5	27.5	27.5	27.5	27.7	27.3
	150	150	150	150	150	150	150	150

注) 1段目が面圧 (N/mm<sup>2</sup>)、2段目がスライダの外径 (mm) を示す。

図1 介護施設付き高齢者免震住宅（1階平面図）

### 3. RC 造介護施設付き高齢者免震住宅の耐震安全性評価

#### 3.1 入力地震動の概要と諸元

本研究で採用する入力地震動は、文献 7) を基に 1707 年の宝永南海地震における 6 つの断層（駿河湾沖～日向灘沖）を仮定し構築した関西圏 6 地点，中京圏 1 地点の長周期模擬地震動波形および 2024 年の能登半島地震<sup>8)</sup> の 2 地点（ISK002 正院 NS，ISK008 羽咋 NS）の観測記録波形である。

図 2 には，最大速度 75 cm/s（以下，レベル 3 地震動）に規準化された 2 つの入力地震動の疑似速度応答スペクトル（減衰定数 5%）を描いている。図 2 より，図中に 8 つの観測点での卓越周期を明記している。宝永南海地震 OS1 域（咲州地区・大阪市此花区），神戸市中央区，宝塚市小浜地区および愛知県津島市の卓越周期は，5.98 秒～6.82 秒と長周期地震動であることが判る。大阪府堺市，ISK008 羽咋 NS 成分の卓越周期は夫々，4.52 秒と 4.2 秒であることが判る。2 章に示した RC 造 7 階建て高齢者免震住宅の 1 次固有周期は，球面すべり支承 SSB を採用した関係で 4.5 秒である。

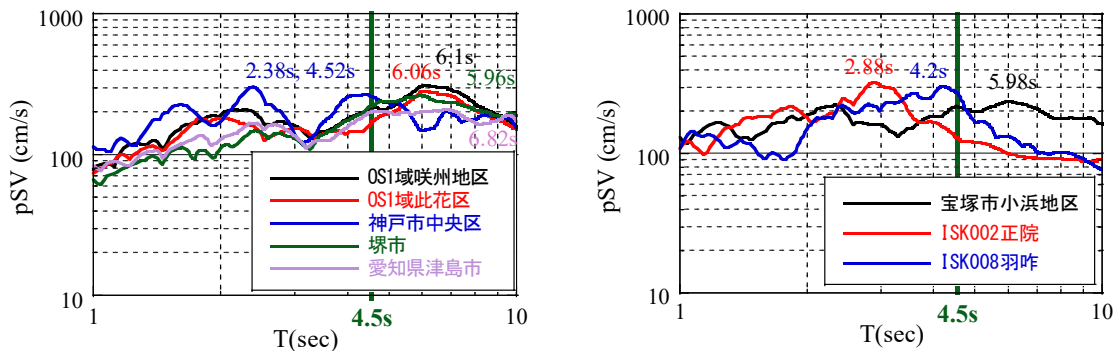


図 2 宝永南海・能登半島地震の疑似速度応答スペクトル

#### 3.2 レベル 3 地震動による応答解析結果

長時間・長周期地震動を SSB が受けた場合，すべり支承の摩擦係数特性が変化することが文献 6) に記述されている。本研究では，2 つの方法で，介護付き高齢者免震住宅の耐震安全性評価を行う。

- ① SSB の摩擦係数の変化が生じない通常の摩擦係数  $\mu_0$  で地震応答解析を行う。
- ② 式 (1) に示す摩擦係数変化率  $\phi(E_s)$  を計算し，低下した摩擦係数  $\mu'$  で再度，地震応答解析を行い，高齢者基礎免震住宅の耐震安全性を評価する。

$$\mu' = \phi(E_s) \cdot \mu_0 ; \quad \phi(E_s) = -0.259 \cdot \ln(E/A_s) + 1.3154 \quad (1)$$

ここで， $\mu_0, E, A_s$  は，夫々 SSB の摩擦係数，累積吸収エネルギー及びスライダの断面積である。

図 3 には，宝永南海地震 6 地点および能登半島地震 2 地点における基礎免震高齢者住宅の解析結果を示している。図 3 では，式 (1) に示した累積吸収エネルギー比に対する SSB の摩擦係数低下率  $\phi$  を示し，8 地点での摩擦係数低下率をプロットした。また，摩擦係数低下がなし，ありを考慮した場合の最大層間変位応答を示している。図 3 より，SSB の摩擦係数変化率  $\phi$  は，通常の鉛入り積層ゴムの耐力低下率より低下の度合いは少なく，本研究で採用した 8 地点における摩擦係数変化率が最も大きかったのは，宝永南海地震神戸市中央区波である。この結果を踏まえて，図 3 中央の最大層間変位応答を観察すると，神戸市中央区の結果のみ，SSB の限界変位 60 cm 以上になっている。SSB の場合，摩擦係数が増加した場合，変化率が 0.8 以上ならば，限界変位以内に制御可能である。神戸市中央区に関

しては、文献 9) に示した免震用オイルダンパー-KYM-750-1200B を 4 基 (X 構面)，免震層に設置し、摩擦係数変化ありでの最大層間変位応答を図 3 右に示す。同図より、オイルダンパーを設置することで、限界変位 60 cm 以内に制御することは可能である。一方、この建物の計画敷地で作成した宝永南海地震宝塚市小浜地区での解析結果では、SSB の摩擦係数変化率  $\phi$  は 0.826 で、免震層の最大変位応答は、44.73 cm と SSB の限界変位以下となり、オイルダンパーを付加すると、24.38 cm となることが判る。絶対加速度応答については、レベル 3 地震動に対し閾値  $500\text{cm/s}^2$  以下となっている。

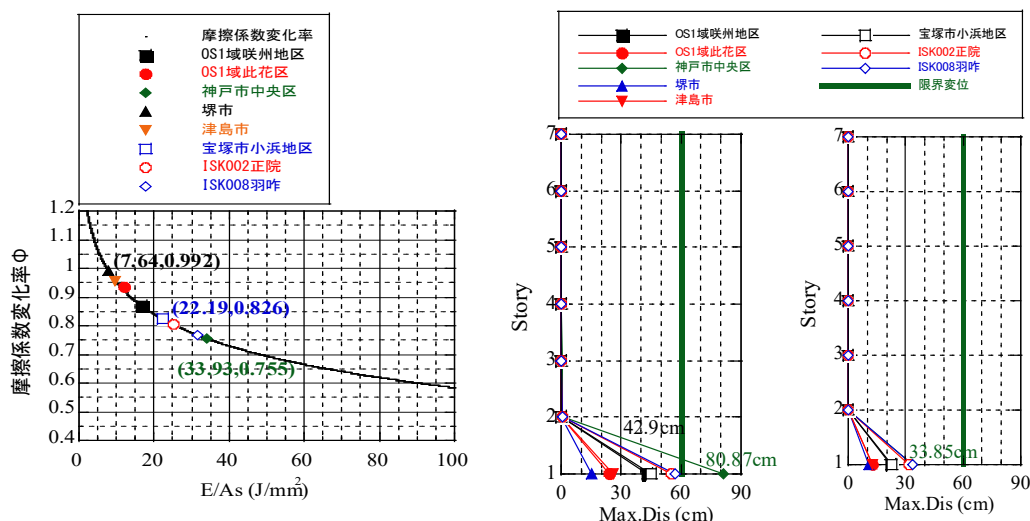


図 3 介護付き高齢者免震住宅の解析結果 (摩擦係数変化率・最大層間変位応答)

#### 4. まとめ

本研究では、2050 年高齢者独居問題の解決策として、介護付き高齢者免震住宅の設計例および耐震安全性評価について論じた。今後も宝塚市内の介護施設を訪問調査し、激甚化する自然災害に対し安全・安心な高齢者の住環境を提供し、免震化の推進と普及活動を実施したいと筆者は考えている。

#### 参考文献

- 1) 内閣府：令和 6 年度度高齢者社会白書，2024  
[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2024/zenbun/06pdf\\_index.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2024/zenbun/06pdf_index.html) (参照 2025-06-30)
- 2) 技術委員会・災害時調査部会：能登半島地震の免震建物調査報告書 (会員用)，日本免震構造協会，2024.2，[https://www.jssi.or.jp/wordpress/wp-content/uploads/2024/03/2024\\_noto\\_reportpublic.pdf](https://www.jssi.or.jp/wordpress/wp-content/uploads/2024/03/2024_noto_reportpublic.pdf) (参照 2025-06-30)
- 3) 技術研究所・地震被害調査チーム：令和 6 年能登半島地震被害調査報告書，(株)大林組技術研究所報，No.88, pp. 1-14, 2024.11
- 4) 日経新聞：<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUA116900> (参照 2025-07-22)
- 5) 中川肇：能登半島地震を受ける RC 造緩和ケア免震病院の耐震安全性について，日本建築学会近畿支部研究報告集，第 65 号，pp. 97-100, 2025.6
- 6) 日鉄エンジニアリング(株)：球面すべり支承 NS-SSB 技術資料，D403-006, 2024.9
- 7) (株)構造計画研究所：模擬長周期地震波作成プログラム ARTEQ-LP for Windows Ver.2.1
- 8) 防災科学技術研究所：令和 6 年能登半島地震による強震動，強震観測網 (K-NET, Kik-net)，2024.1
- 9) (株)川金コアテック：KYM 免震オイルダンパー，2021.9

Note:

## **Late-Stage Elderly Housing with the Nursing Care Facilities Prepared for the Intensifying Severe Disaster : Challenges and Solutions for Promoting Seismic Isolation**

Hajime Nakagawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Institute of Technology Akashi College, Professor, Dr. Eng.

### **Abstract**

A survey by the Ministry of Health, Labour and Welfare suggests that the rate of elderly individuals living alone in Hyogo Prefecture will increase by 6.7 percentage points over 25 years, from 25.7% (2020) to 32.4% (2050).

Medium-sized hospitals specializing in end-of-life care employ seismic isolation structures, but nursing facilities and senior housing complexes do not promote seismic isolation and instead utilize earthquake-resistant structures.

This paper presents the seismic safety evaluation of base isolated housing for the elderly with attached nursing care facilities under the simulated Hiei Nankai and 2024 Noto Peninsula Earthquakes. The seismic isolation device is spherical sliding bearing of Nippon steel engineering.

This paper aims to discuss the challenges and solutions for promoting seismic isolation from the viewpoints of disaster mitigation and prevention, under the increasingly severe natural disasters likely to occur in the future.

The author intends to continue visiting and surveying care facilities within Takarazuka City to provide safe and secure living environments for the elderly in the face of increasingly severe natural disasters.

**Keywords:** Percentage of elderly living alone, Base isolated elderly housing with the Nursing care facilities, Hiei-Nankai earthquake, Noto peninsula earthquake