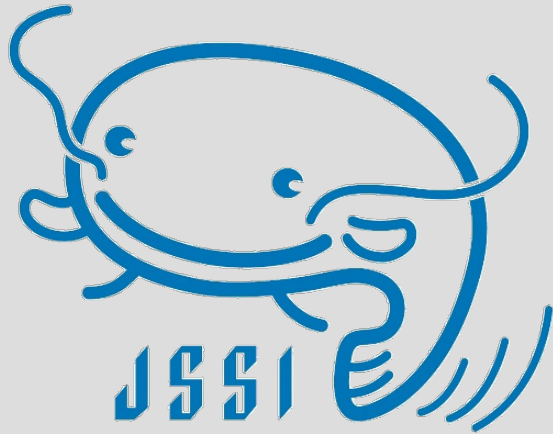


令和7年度
建築基準整備促進事業

S45.免震材料の経年変化評価方法や免震建築物に
係る規制の合理化に係る検討

積層ゴムの経年変化率に関する調査研究
及び免震告示に係る規制合理化の検討



一般社団法人日本免震構造協会
代表理事 中澤 昭伸

日本大学
委員長 秦 一平

2026年5月15日

本事業の目的および成果目標

🔍 本事業の社会的背景

- 免震用積層ゴム支承の経年変化は、縮小試験体を用いた加熱促進劣化試験により評価されてきた
- 近年、酸化劣化には温度依存性があり、高温条件での促進試験では常温環境下の劣化を過小評価する可能性が指摘されている
- 上記の他、現行の免震告示に対してより規制の合理化が必要となっている。

本事業の目的

- 積層ゴムに関して最新の知見を収集し、それに基づいた経年変化率の予測式及び、精度の高い経年変化予測方法を策定
- 既存免震建物については、設計時に推定していた経年変化率が上昇することによる応答への影響
- 総括目的として、本事業では平成12年建設省告示第2009号（免震告示）と平成12年建設省告示第1446号（材料告示）との規制の合理化に向けた技術的知見の整理

📈 期待される成果

- 免震・材料告示の規制合理化に向けた技術的知見の整理
- 平成12年建設省告示第2009号（免震告示）と第1446号（材料告示）の整合性向上

👥 対象範囲

経年変化性能の対象支承材

- 天然ゴム系積層ゴム（NRB）
- 鉛プラグ挿入型積層ゴム（LRB）
- 高減衰系積層ゴム（HDR）

規制合理化の対象範囲

- 平成12年建設省告示第2009号（免震告示）
- 平成12年建設省告示第1446号（材料告示）

本事業の体制とWGの目的

事業全体統括委員会（本委員会）

WG1：経年変化評価法検討WG

- ✓ 目的：
 - 別置き（工場置き）試験体の試験結果の収取と分析
 - 実建物使用の試験結果の収取と分析
 - 経年変化評価方法の検討・技術資料を作成
- ✓ 手法：
 - ゴムブロック及びシート試験による経年劣化評価
 - 縮小試験体による経年劣化評価
- ✓ 成果目標：
 - 経年変化予測式の Δf_i , Δf_s , d^* の定量同定

WG2：免震建築物への影響調査WG

- ✓ 目的：
 - 既存建物への安全性影響評価
 - 経年変化予測式に基づく免震設計方法の構築
 - WG3との規制検討
- ✓ 手法：
 - 既存免震建物71棟を対象とした時刻歴応答解析による検討
- ✓ 成果目標：
 - 経年変化率の増加に伴う既存免震建築物の構造安全性への影響を把握

WG3：免震関係規準検討WG

- ✓ 目的：
 - 経年変化の影響把握のための試験法の更新
 - 告示免震における支承材の長期面圧の制限の合理化
 - 品質基準の合理化
 - 規制合理化の技術的論点整理
- ✓ 対象：
 - 平成12年建設省告示第1446号（材料告示）
 - 平成12年建設省告示第2009号（免震告示、構造告示）
 - 平成12年建設省告示第1461号（時刻歴告示）
- ✓ 成果目標：
 - 改正案の技術的基盤構築

本事業の体制（委員）

事業統括委員会

委員長：秦 一平（日本大学）

委員：荻野 伸行（熊谷組），菊地 優（北海道大学），小林 正人（明治大学），
高山 峯夫（福岡大学），中澤 昭伸（JSSI），古橋 剛（元日本大学），室田 伸夫（ブリヂストン）

協力委員：伊藤 麻衣（建築研究所），井上 波彦（建築研究所），森田 高市（国総研）

事務局：北村 佳久（JSSI）

WG1：経年変化評価法検討WG

主査：室田 伸夫（ブリヂストン）

委員：入澤 祐太（オムロン工業），大畑 勝人（竹中工務店），荻野 伸行（熊谷組），加藤 秀章（ブリヂストン），
鴨下 直登（竹中工務店），菊地 隆志（ブリヂストン），菊地 優（北海道大学），
吉敷 祥一（東京科学大学），澤田 毅（オムロン工業），清水 美雪（SWCC），高岡 栄治（鹿島建設），
高山 峯夫（福岡大学），長弘 健太（オムロン工業），朴 紀衍（免制震デバイス），秦 一平（日本大学），
東山 孝治（倉敷化工），三須 基規（SWCC），森田 慶子（福岡大学）

協力委員：伊藤 麻衣（建築研究所），井上 波彦（建築研究所），大宮 幸（日本建築センター），
水車 彰啓（日本建築センター），中嶋 健（東京科学大学），森田 高市（国総研）

事務局：北村 佳久（JSSI）

本事業の体制（委員）

WG2：免震建築物への影響調査・検討WG

主 査：荻野伸行（熊谷組）

委 員：小俵 慶太（山下設計），鐘ヶ江暢一（大林組），神崎 健（久米設計），木村 廣（大成建設），
倉内 信幸（梓設計），小槻 祥江（清水建設），近藤 明洋（鹿島建設），齊藤 弘崇（日建設計），
篠田 悟（三菱地所設計），野口 剛（松田平田設計），秦 一平（日本大学），人見 泰義（日本設計），
望月 英二（竹中工務店），吉川 寛文（織本構造設計）

協力委員：伊藤 麻衣（建築研究所），井上 波彦（建築研究所），森田 高市（国総研）

事務局：北村 佳久（JSSI）

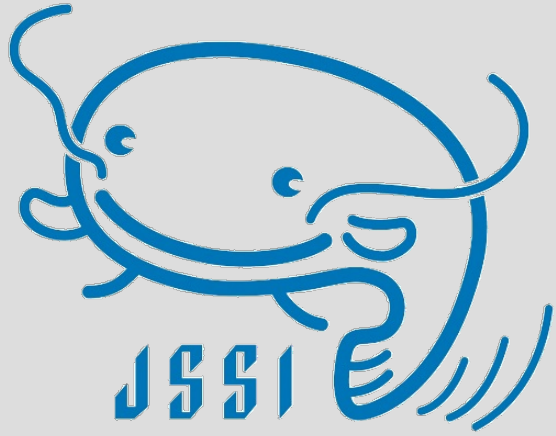
WG3：免震関係規準検討WG

主 査：古橋 剛（元日本大学）

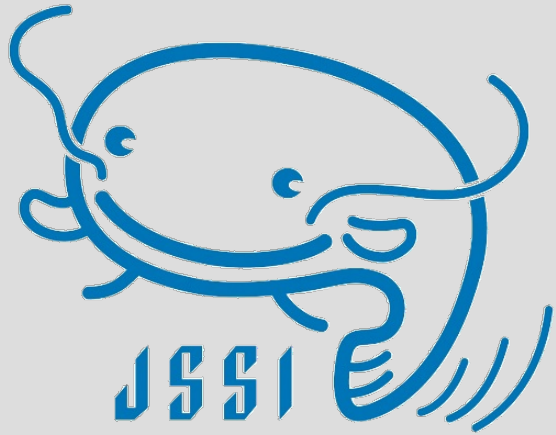
委 員：菊地 優（北海道大学），小林 正人（明治大学），高山 峯夫（福岡大学），秦一平（日本大学）

協力委員：石塚 正士（国土交通省住宅局），伊藤 麻衣（建築研究所），井上 波彦（建築研究所），
上野 翔平（国土交通省住宅局），大宮 幸（日本建築センター），坂本 淳（国土交通省住宅局），
櫻田 晃一（国土交通省住宅局），水車 彰啓（日本建築センター），大門 諒亮（国土交通省住宅局）

事務局：北村 佳久（JSSI）



各WGの成果報告



経年変化評価法検討WG (WG1)

WG1：検討の背景

⚠ 従来手法の課題

- 従来の縮小試験体を用いた加熱促進劣化試験では、熱劣化のみを評価していた
- 酸化劣化には温度依存性があり、高温条件での促進試験では常温環境下の劣化を過小評価する可能性
- DLO（拡散律速酸化）による表層と内部の劣化の不均一性が考慮されていない

🧪 新しい評価の必要性

- ゴム材料試験に基づき酸化反応を詳細に評価
- より高精度な経年変化予測手法の構築
- 積層ゴム全体特性への影響を反映可能な予測モデル

📄 現状の評価方法の課題

- 従来手法の限界
- 縮小試験体と実大製品のサイズ効果が考慮されていない
 - 酸化劣化の深さ方向の分布が評価されていない
 - 経年変化率の予測精度が不十分

🎯 成果目標

- 高精度な経年変化予測式の策定
- 既存建物への影響評価の実施
- 規制合理化の技術的知見の整理

WG1 基本的な考え方

【従来】

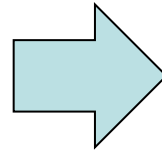
◆ 縮小試験体による加熱促進劣化試験

$$K_{h,s}/K_{h0,s} \cong 1 + \Delta f_i$$

$K_{h0,s}$: 縮小試験体の初期剛性

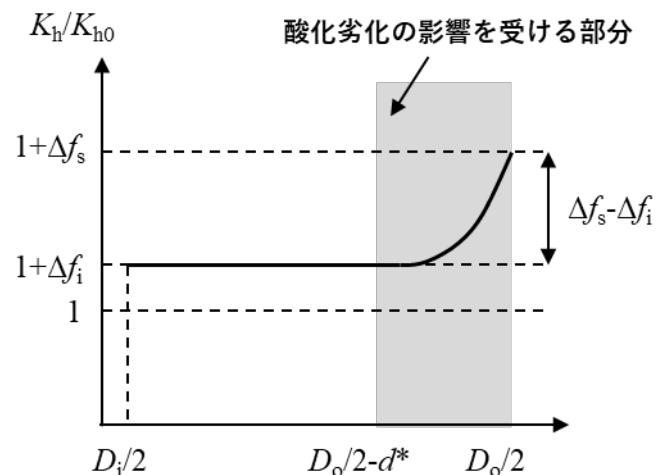
$K_{h,s}$: 縮小試験体の加熱促進劣化後の剛性

Δf_i : 内部ゴムの劣化度 (無酸素劣化)



従来の考え方: $K_{h,s}/K_{h0,s} = K_h/K_{h0} \rightarrow$ 実大品の経年劣化

- ✓ 従来の縮小試験体を用いた加熱促進劣化試験で、熱劣化による水平剛性の変動 (増加) を予測
- ✓ 1. の結果に、酸化劣化による水平剛性の増加を加える。ただし、酸化劣化については、サイズ効果を考慮する。



【新評価法(案)】

◆ 酸化劣化の影響を含む経年変化予測 (検討中)

$$\begin{aligned} K_h/K_{h0} &= 1 + (1 - k_s\rho)\Delta f_i + k_s\rho\Delta f_s \\ &= (1 - k_s\rho) K_{h,s}/K_{h0,s} + k_s\rho(1 + \Delta f_s) \end{aligned}$$

K_h : 実大製品の酸化劣化を考慮した水平剛性

K_{h0} : 実大製品の酸化劣化を考慮しない水平剛性 (従来)

Δf_i : 内部ゴムの劣化度 (無酸素劣化)

← 縮小試験体による促進劣化試験 $K_{h,s}/K_{h0,s} = 1 + \Delta f_i$ と仮定

材料実験より取得する酸化劣化パラメータ

Δf_s : ゴム表面の劣化度 (有酸素劣化)

k_s : サイズ効果を含む積層ゴムの全体劣化度に対する酸化劣化度の割合、 $k_s = \frac{2d^*(2D_o - d^*)}{3(D_o^2 - D_i^2)}$

d^* : ゴム表面からの酸化深さ

D_o, D_i : 積層ゴム外径、内径

ρ : 被覆ゴムによる低減係数

WG1：新しい評価方法—DLOに基づく高精度経年変化予測

🌀 DLO（拡散律速酸化）に基づく評価手法

従来の課題

- 高温促進試験では常温環境の酸化劣化を過小評価

新たな手法

- 拡散律速酸化（DLO）により表層と内部の劣化の不均一性を考慮DLO（拡散律速酸化）による表層と内部の劣化の不均一性が考慮されていない

評価対象

- 酸化劣化の進行深さと物性劣化度を連続的に評価

📏 サイズ効果の考慮

縮小試験体

- 熱劣化による水平剛性変動を予測

実大製品

- 酸化劣化による剛性増加を加算

サイズ効果

- 酸化深さを考慮した予測式化

📦 3つのパラメータ同定

Δf_i ：内部ゴムの劣化度（無酸素劣化）

- 窒素環境下で同定

Δf_s ：ゴム表面の劣化度（有酸素劣化）

- 空気環境下で同定

d^* （酸化深さ）

- ブロック試験体で評価

🔄 予測モデル構築の流れ

- ① ゴムブロック・シートで酸化劣化分布を評価
- ② Δf_i 、 Δf_s 、 d^* を定量的に同定
- ③ 温度依存性を考慮した予測式構築
- ④ 実大データとの精度検証

WG1：実験概要—ゴム材料の酸化劣化評価試験

試験材料と試験体

- ✓ 天然ゴム系材料：ブリヂストン製 G0.4 (NR系)
- ✓ 高減衰ゴム系材料：ブリヂストン製 X0.6R (HDR系)
- ✓ 試験体形状：ブロック (220×150×40mm) およびシート形状

試験条件と環境設定

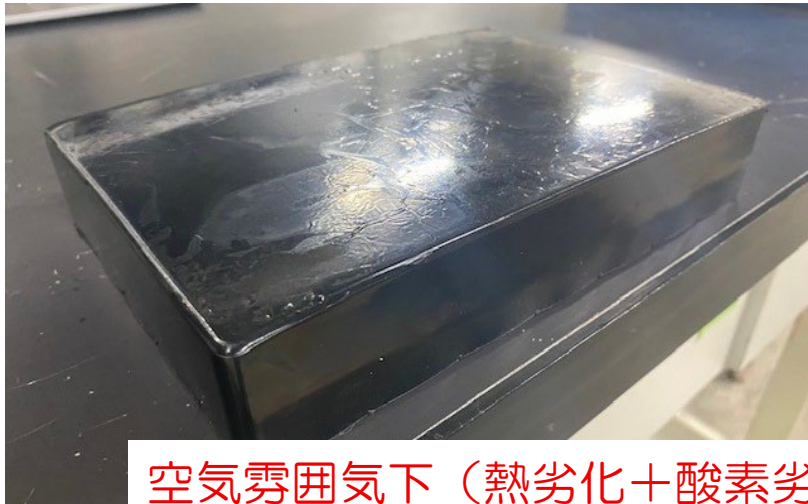
- 🌡️ 温度条件：70℃、80℃、90℃の3水準
- 🔄 環境条件：有酸素（空気）/無酸素（窒素）雰囲気
- 📅 30年、60年、120年相当の経年劣化を模擬

評価指標と測定項目

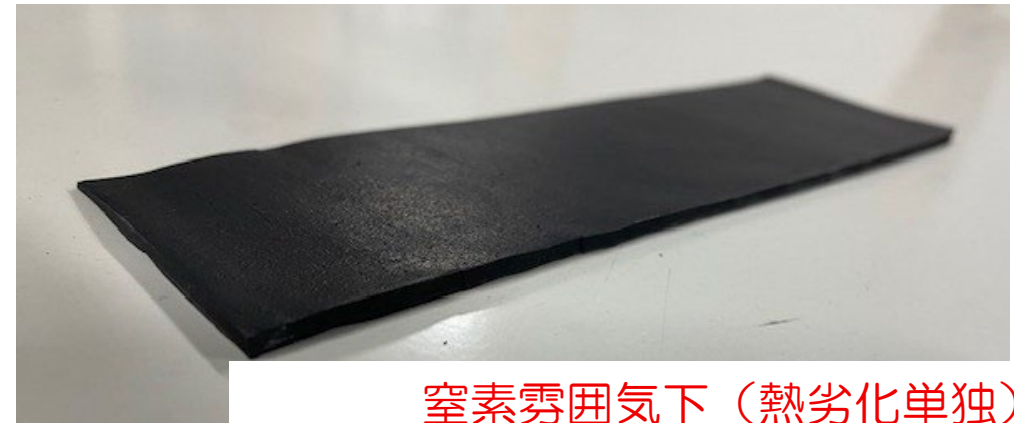
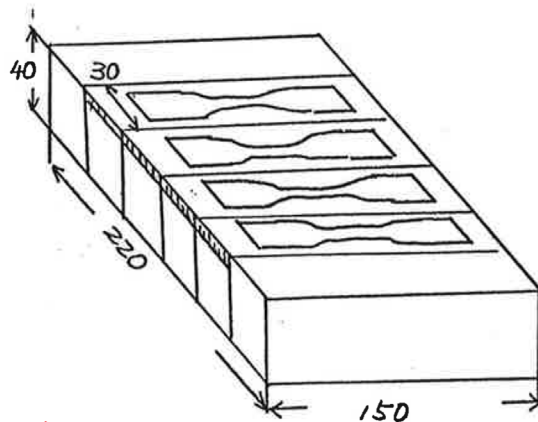
- 🔪 力学特性：M100、引張強さ、切断時伸び
- 📊 物性分布：厚さ方向への2mm間隔でスライス評価
- 🏗️ 硬さ測定：JIS K 6253準拠のゴム硬さ試験

解析方法とデータ処理

- 📉 パラメータ同定： Δf_i 、 Δf_s 、 d^* の各変数を算出
- 🌡️ 温度外挿：アレニウス式による活性化エネルギー算定
- 🏗️ 予測式構築：得られたパラメータを劣化予測式に適用



空気雰囲気下（熱劣化＋酸素劣化）のみ

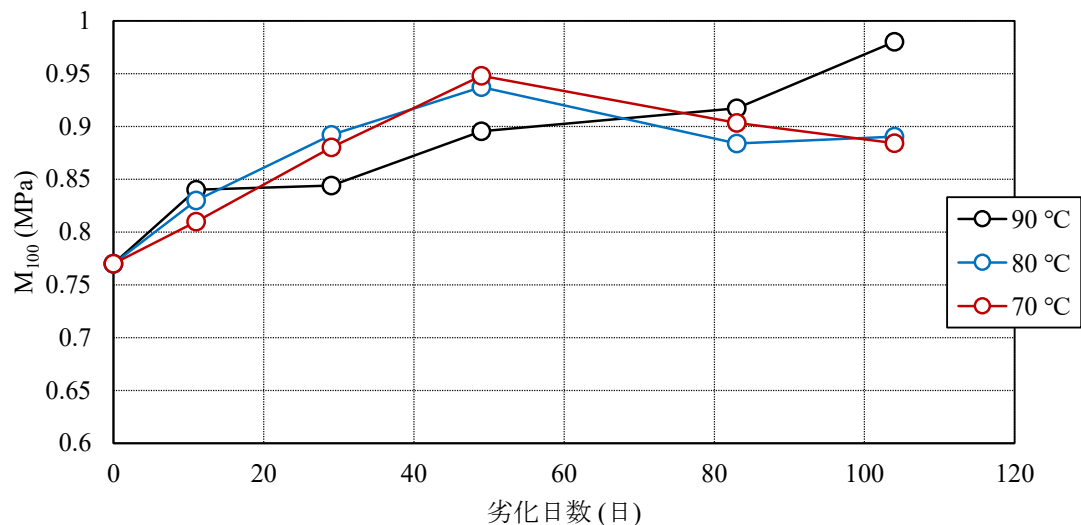


窒素雰囲気下（熱劣化単独）
空気雰囲気下（熱劣化＋酸素劣化）

WG1：熱劣化の評価—ゴムシートを用いた加熱促進劣化試験結果

⇒ 窒素雰囲気下（熱劣化単独）

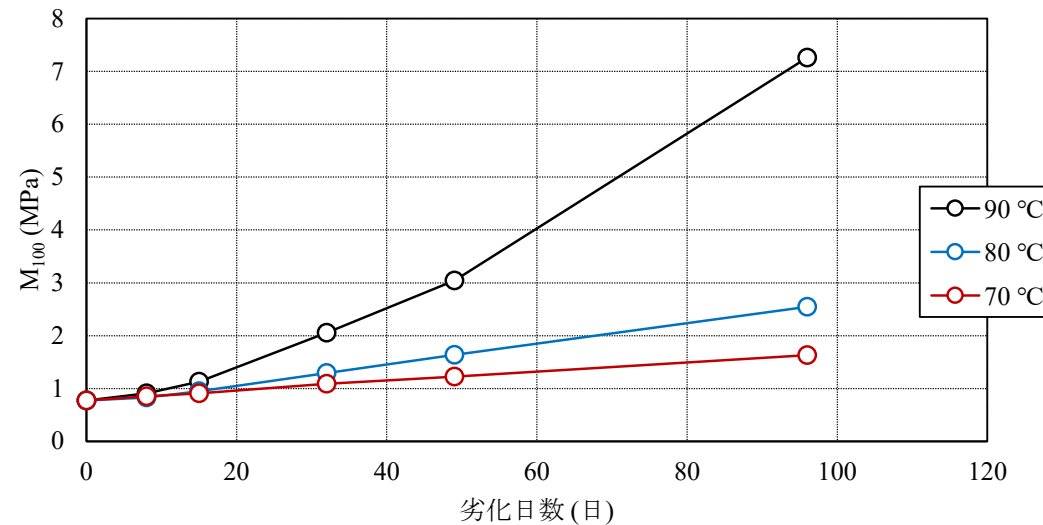
- ✓ いずれの温度でも劣化日数とともにM100は上昇
- ✓ 70℃および80℃では約50日で飽和傾向を示す
- ✓ 90℃では評価期間中、M100は単調に増加劣化初期（～20日）では高温ほどM100の変化が大きいが、それ以降は温度差による明確な促進効果は見られない



窒素雰囲気下のM₁₀₀の変化

⇒ 空気雰囲気下（熱劣化＋酸素劣化）

- ✓ 窒素雰囲気下よりM100の変化が大きく、酸化劣化の寄与が**支配的**
- ✓ M100は単調かつ非線形に増加し、評価範囲では飽和に至らない
- ✓ 加熱温度が高いほど性能変化量が大きく、促進劣化効果が明瞭に確認された



空気雰囲気下のM₁₀₀の変化

WG1：熱劣化の評価—ゴムブロックを用いた加熱促進劣化試験結果

⇒ ブロック表面からの試験結果

- ✓ 酸化劣化が支配的な表面付近では、内部に比べてM100が大きく増加
- ✓ 劣化温度の上昇に伴いM100の増加が顕著となり、空气中で劣化させたゴムシートの結果と定性的に一致
- ✓ 表面から内部に向かってM100は低下し、一定値に漸近
- ✓ 劣化温度が高いほど最終的な d^* は小さくなり、既往研究と整合
- ✓ M100 は劣化時間とともに増加し、最終的に概ね一定値に漸近→式(2)

$$M_{100} = \begin{cases} a \cdot l + b & l < d^* \\ c & d^* \leq l \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 l : 外表面からの距離、 a 、 b および c : 近似パラメータ

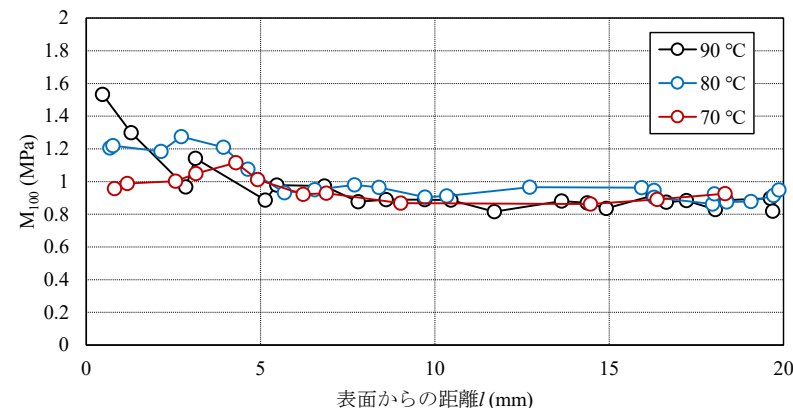
$$\text{酸化深さ式} \quad d^* = \alpha \cdot \exp\left(\frac{\beta}{T}\right)$$

天然ゴム系積層ゴム

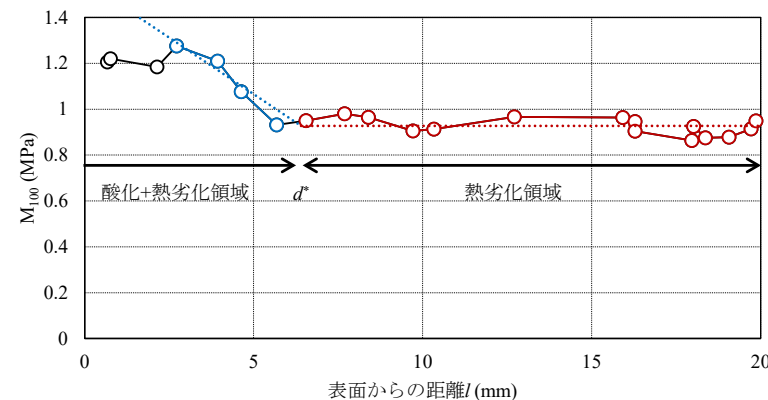
$$\alpha = 8.0 \times 10^{-4} \text{ (mm)} \quad \beta = 3.3 \times 10^3 \text{ (K)}$$

高減衰ゴム系積層ゴム

$$\alpha = 1.2 \times 10^{-4} \text{ (mm)} \quad \beta = 3.82 \times 10^3 \text{ (K)}$$



約32日間劣化後の M_{100} の変化



酸化深さ d^* の導出方法
(80°C×32日間の結果での事例)

WG1： Δf_i の評価

Δf_i の同定

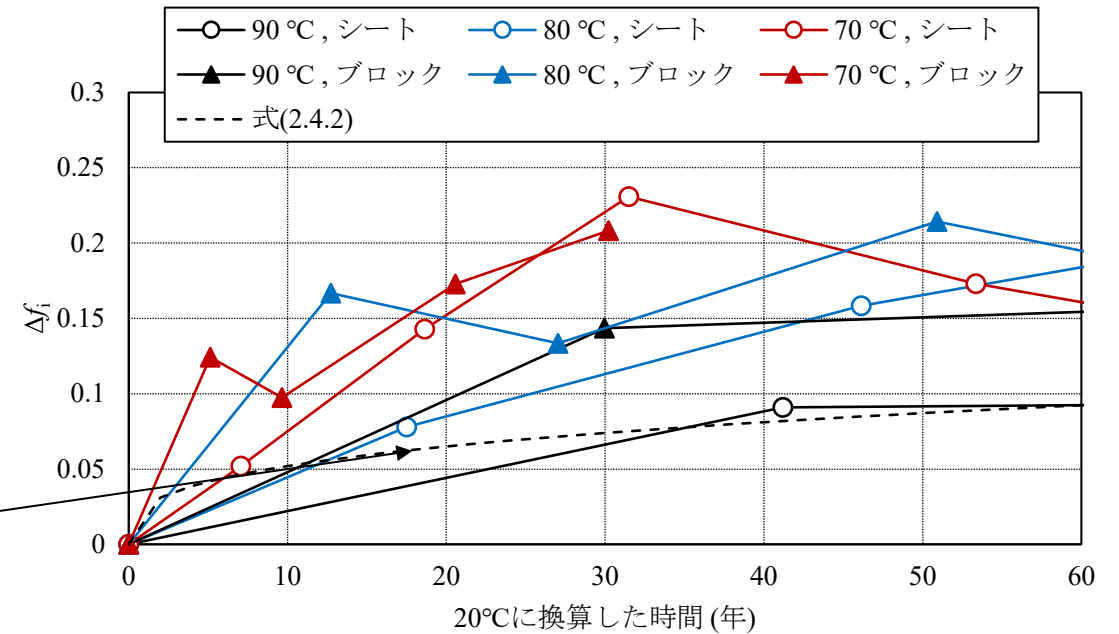
- ✓ 積層ゴムのせん断特性（せん断ひずみ100%）とM100は高い相関があると仮定
- ✓ ゴムシート、ゴムブロックから得たM100変化量を Δf_i として評価
- ✓ ゴムシートとゴムブロックの熱劣化結果は整合的のため、窒素雰囲気下ゴムシート試験から得た活性化エネルギー E_{ah} を Δf_i の温度依存性評価に用いる
- ✓ Δf_i を基準温度 T_2 （293.15 K=20 °C）の劣化時間 t_2 に換算（式(4)）

既往式

$$\Delta f_i = 0.02491 \cdot t^{0.320} \quad (3)$$

20°Cへの換算式

$$t_2 = t_1 \exp\left(\frac{E_{ah}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)\right) \quad (4)$$



パラメータ Δf_i

WG1 : Δf_s の評価

Δf_s の同定

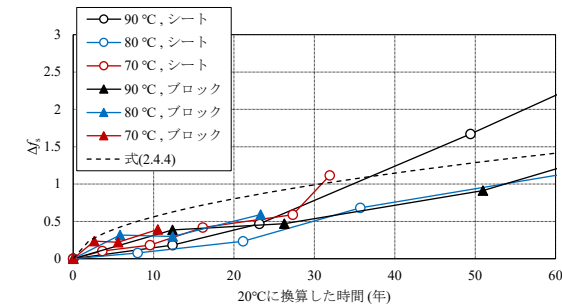
- ✓ M100の変化量を Δf_s とみなし、既往式(5)による結果と比較
- ✓ 空気雰囲気下M100変化から、酸化反応の活性化エネルギー E_{a0} を算出
- ✓ M100の変化はゼロ次反応と仮定
- ✓ 各温度Tにおける反応速度定数 k_T を式(6)で表す
 - M100の変化量を Δf_s とみなし、既往式(5)による結果と比較
 - 空気雰囲気下M100変化から、酸化反応の活性化エネルギー E_{a0} を算出
- M100の変化はゼロ次反応と仮定

$$\Delta f_s = 0.066 \cdot t_{ref}^{0.515}$$

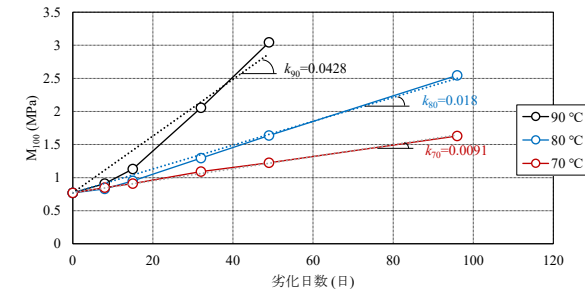
$$t_{ref} = t \cdot \exp\left(\frac{E_{a,fs}}{R} \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T}\right)\right) \cdot 365 \quad (5)$$

$$k_T = \frac{d(M_{100,T})}{dt} \quad (6)$$

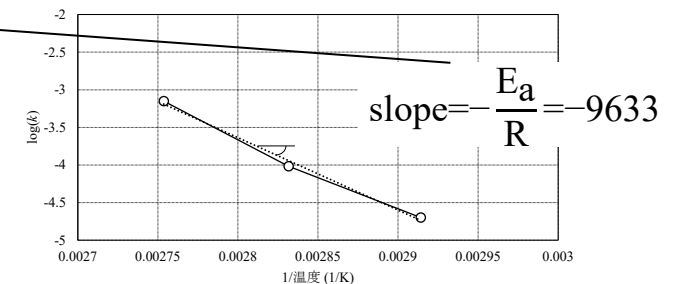
*0次の化学反応



パラメータ Δf_s



酸化反応速度係数 k_T の導出



アレニウスプロット

WG1：HDRのエネルギー吸収性能—加熱促進劣化試験結果

目的

HDRの等価水平剛性と等価粘性減衰定数がほぼ反比例にある（エネルギー吸収性能の経年変化は小さい）→加熱促進劣化試験による実証

試験材料と試験体

試験体の主な諸元

ゴム種	X0.6R	X0.4S
せん断弾性率* (MPa)	0.62	0.39
内部鋼板外径 (内径) (mm)	225 (5.6)	
ゴム厚 (mm) × ゴム層数	1.5 × 30	
基準面圧 σ_n (MPa)	15	13
等価剛性 K_{eq} (kN/mm)	0.547	0.346
等価粘性減衰定数 H_{eq}	0.24	0.24
試験体数	4	4

加熱促進劣化条件

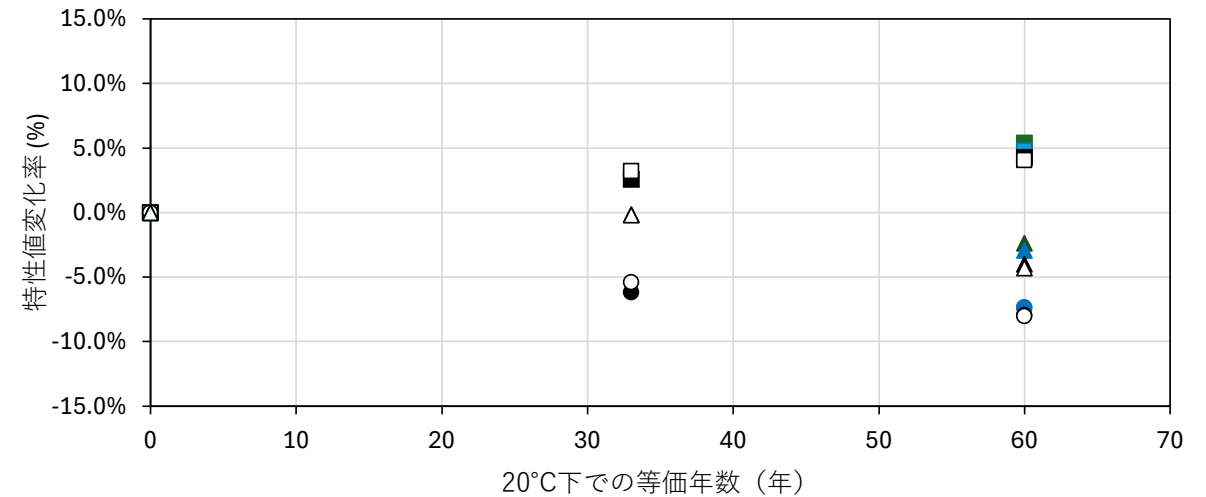
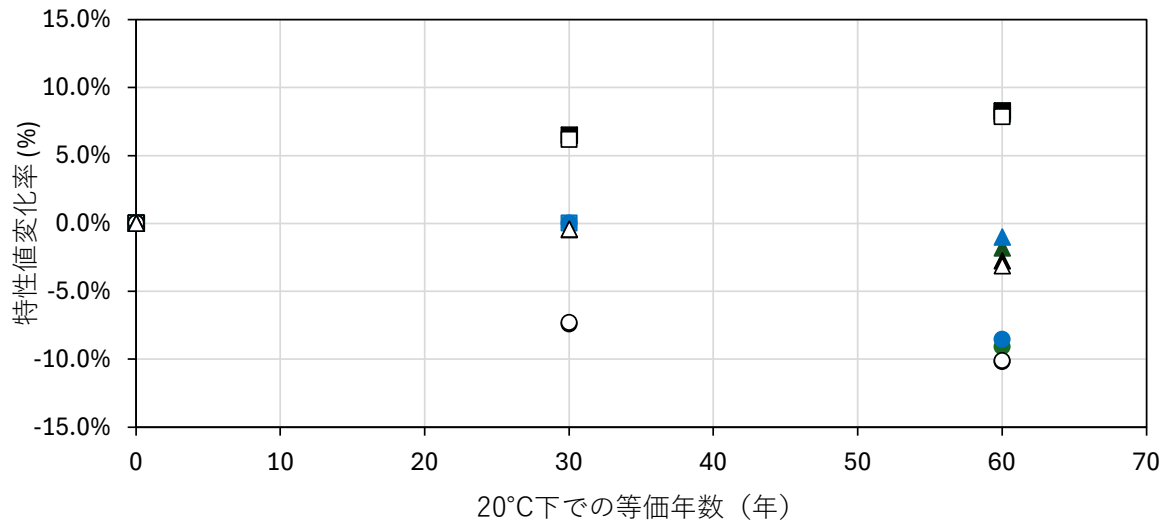
各試験体の加熱促進劣化条件と特性評価時間

試験体#	温度 (°C)	劣化評価日数 (日)		
		X0.6R:30年相当 X0.4S:33年相当	60年相当	120年相当
X0.6R-1	90	—	16	
X0.6R-2		—	16	32
X0.6R-3		8	16	
X0.6R-4		8	16	32
X0.4S-1		—	9	
X0.4S-2		—	9	18
X0.4S-3		5	9	
X0.4S-4		5	9	18

WG1：HDRのエネルギー吸収性能—加熱促進劣化試験結果

試験結果

- 劣化の進行に伴い K_{eq} は増加、 H_{eq} は減少する傾向が明確
- K_{eq} と H_{eq} は概ね反比例の関係にあることを確認
- W_d の変化は小さく等価年数60年時点でも W_d の減少は約 -3% 程度に留まる



■ Keq-X0.6R-1 ■ Keq-X0.6R-2 ■ Keq-X0.6R-3 □ Keq-X0.6R-4
 ● Heq-X0.6R-1 ● Heq-X0.6R-2 ● Heq-X0.6R-3 ○ Heq-X0.6R-4
 ▲ Wd-X0.6R-1 ▲ Wd-X0.6R-2 ▲ Wd-X0.6R-3 △ Wd-X0.6R-4

■ Keq-X0.4S-1 ■ Keq-X0.4S-2 ■ Keq-X0.4S-3 □ Keq-X0.4S-4
 ● Heq-X0.4S-1 ● Heq-X0.4S-2 ● Heq-X0.4S-3 ○ Heq-X0.4S-4
 ▲ Wd-X0.4S-1 ▲ Wd-X0.4S-2 ▲ Wd-X0.4S-3 △ Wd-X0.4S-4

20°C下での等価年数に対する各特性値の変化率

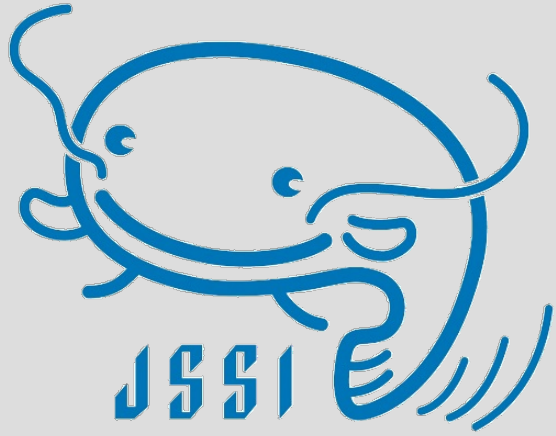
WG1：令和7年度成果

◎ 経年変化予測式の Δf_i , Δf_s , d^* の定量同定

- 令和7年度は、ブリヂストン製天然ゴム（G0.4）および高減衰ゴム（X0.6R）を対象に、ブロックおよびシート形状の試験体で加熱促進劣化試験を実施した
- 熱劣化度 Δf_i 、酸化劣化度 Δf_s 、酸化深さ d^* を抽出し、温度依存性を考慮した定量評価を行った
- Δf_i は飽和傾向を示し、 Δf_s は酸化反応支配で高温・シート試験体ほど変化が大きいことを確認した
- d^* は既往研究と整合する時間変化および温度依存性を示した
- 新しい予測式に適用した結果、実大データとの再現性向上の可能性が得られた

◎ HDRのエネルギー吸収性能

- HDRについては、等価剛性と等価粘性減衰定数が反比例し、エネルギー吸収性能が一定とする従来仮定の妥当性を確認した



免震建築物への影響調査・検討WG(WG2)

WG2：既存建物への影響調査・検討

🔍 調査対象建物の選定

- ✓ 71棟の実免震建物を選定（1980年代～現在）
- ✓ 年代、免震部材、高さ、免震層位置、地盤種別等を網羅
- ✓ 天然ゴム系（NRB）、鉛プラグ入り（LRB）、高減衰ゴム（HDR）を網羅
- ✓ 低層・中高層・超高層の各タイプを含む多様な建物

📋 評価項目

- 各応答（免震層変位、層せん断力係数、層間変形角等）の変化率の整理（全体、免震部材、設計時期、高さ等）
- 最大応答分布図の比較
- 免震部材の履歴特性の比較
- 再評価時の結果一覧表と設計クライテリアの確認
- 再評価時の集計結果の分析

⚙️ 解析方法

- 時刻歴応答解析による安全性評価
- 経年変化による水平剛性の変動率（標準、+10%～+30%）をパラメータとして設定
- 経年変化による硬化（水平剛性の増加）による応答評価

📅 検討調査スケジュール

- 令和7年度：基本方針策定・71棟選定完了
- 令和8年度：詳細解析・報告書作成
- 告示免震設計方法のせん断力係数の評価

WG2 調査対象建物の選定

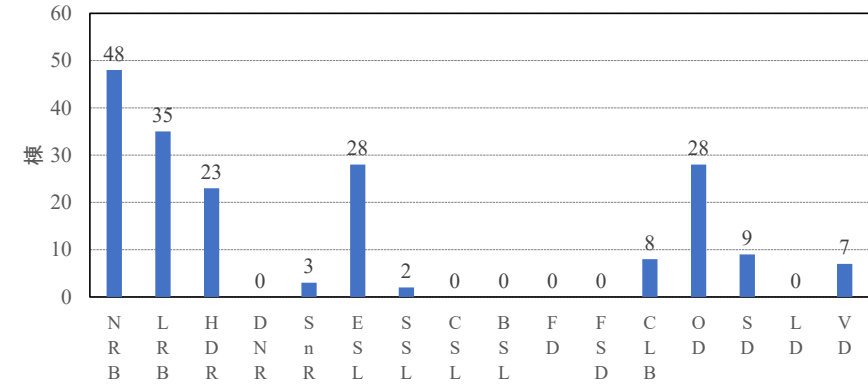
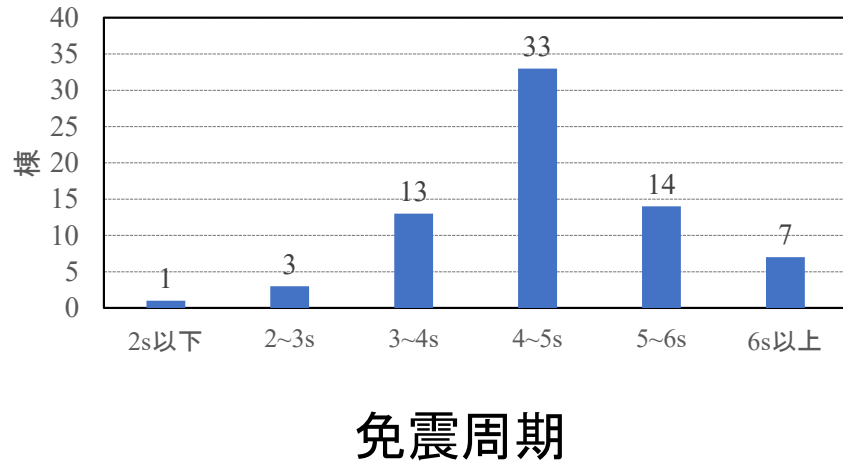
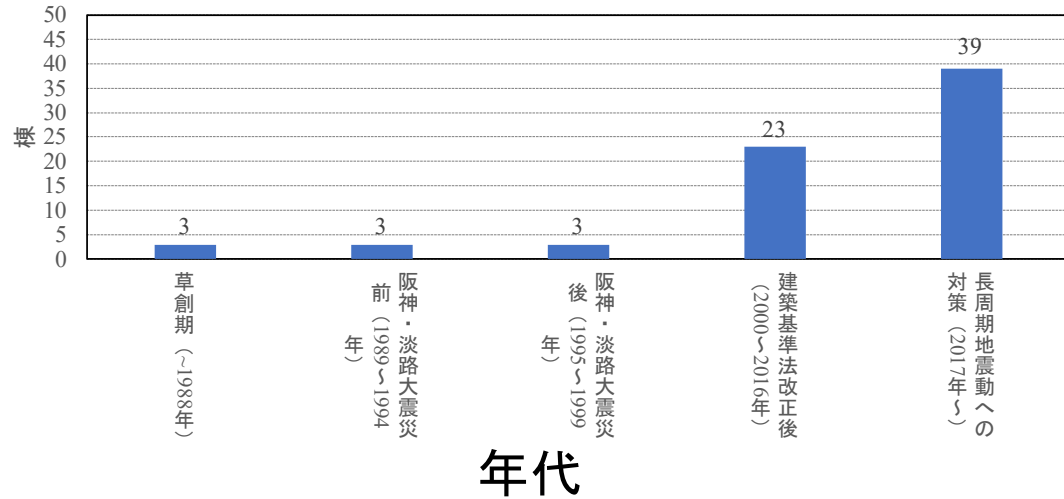
(2) 検討対象建物の選定

検討建物一覧 全71棟 (抜粋)

記号	年代分類	高さ分類	軒高(m)	構造種別	免震部材	固有周期 (s)			
						免震層固定時		極稀地震時	
						X方向	Y方向	X方向	Y方向
A -1	第1期	中高層	37	S	HDR+OD	0.9	1.0	3.3	3.3
A -2	第4期	中高層	30	RC	LRB+CLB+OD	1.0	0.9	4.5	4.5
A -3	第4期	超高層	94	RC	NRB+ESL+SD+OD	2.2	2.2	5.7	5.7
A -4	第5期	低層	19	S+SRC+RC	NRB+HDR+VD	0.5	0.5	4.2	4.2
A -5	第5期	低層	26	S+CFT	HDR+NRB+ESL+CLB+OD	1.2	1.1	5.2	5.2
B -1	第4期	中高層	49	RC	LRB+NRB+ESL+OD	1.3	1.3	4.5	4.5
B -2	第4期	中高層	30	S	NRB+ESL+OD	1.6	1.7	4.4	4.4
B -3	第4期	超高層	63	S	HDR+OD	1.8	1.9	5.6	5.6
B -4	第4期	中高層	35	RC	HDR+ESL+OD	0.8	0.7	4.2	4.2
B -5	第4期	超高層	92	RC	HDR+ESL+OD	1.8	1.3	6.7	6.6
C -1	第5期	中高層	33	S	SnR+NRB+CLB+VD	1.0	1.1	4.7	4.7
C -2	第5期	超高層	171	RC	LRB+NRB+OD	3.7	3.8	6.9	7.0
C -3	第5期	中高層	39	S	LRB+NRB+ESL	1.2	1.0	4.7	4.7
C -4	第5期	中高層	57	S	LRB+NRB+CLB+VD	1.7	1.9	4.0	4.1
C -5	第5期	低層	18	RC	LRB+NRB+ESL+OD	0.5	0.5	3.7	3.7
C -6	第5期	中高層	26	RC	LRB+NRB+ESL+OD	0.6	0.7	4.6	4.6
N -1	第5期	超高層	91	S(CFT)一部RC	NRB+SnR+ESL+CLB+SD	1.6	1.9	4.8	4.9
N -2	第5期	中高層	30	RC	NRB+LRB+CLB+VD	0.9	0.8	4.8	4.8
N -3	第4期	中高層	37	SRC	NRB+LRB+SD	0.7	0.7	4.1	4.1
N -4	第5期	超高層	88	S(CFT)	NRB+LRB+CLB+OD	1.6	1.7	5.1	5.1
N -5	第4期	中高層	30	RC一部S	NRB+LRB+OD	0.8	0.6	4.0	4.0
N -5	第4期	中高層	30	RC一部S	NRB+LRB+OD	0.8	0.6	4.0	4.0

WG2 調査対象建物の選定

(2) 検討対象建物の選定

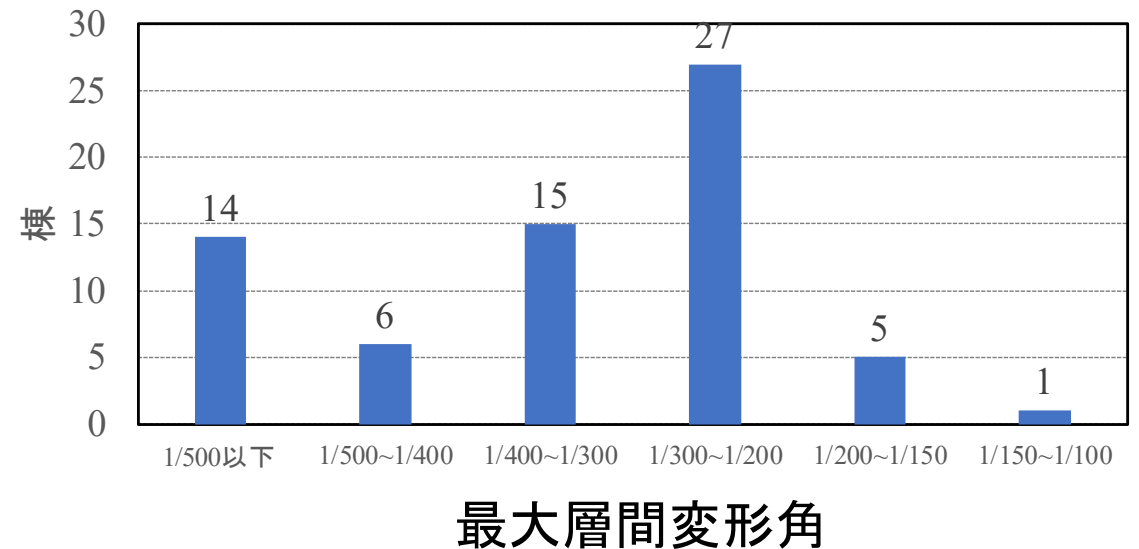
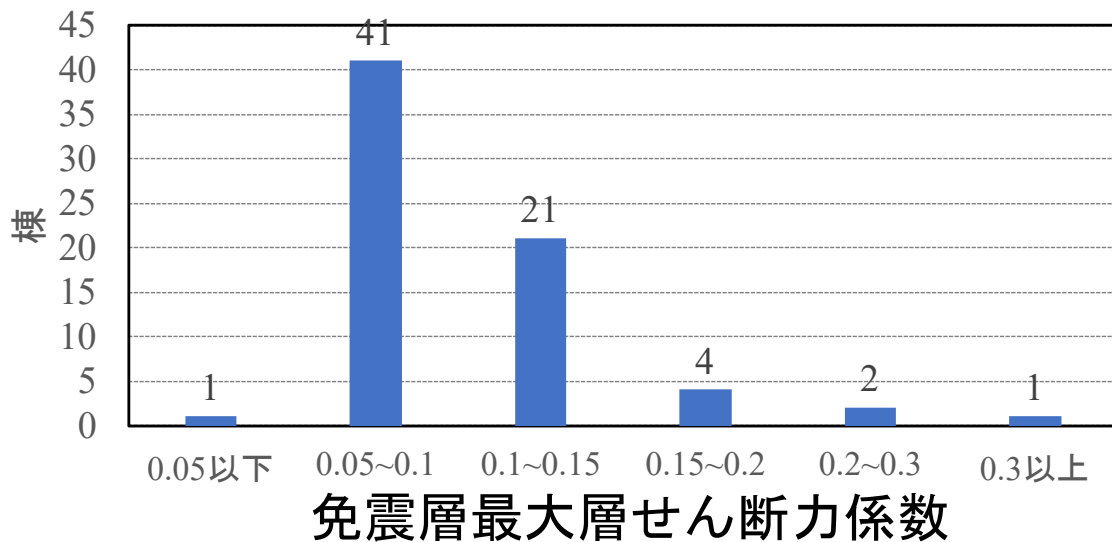
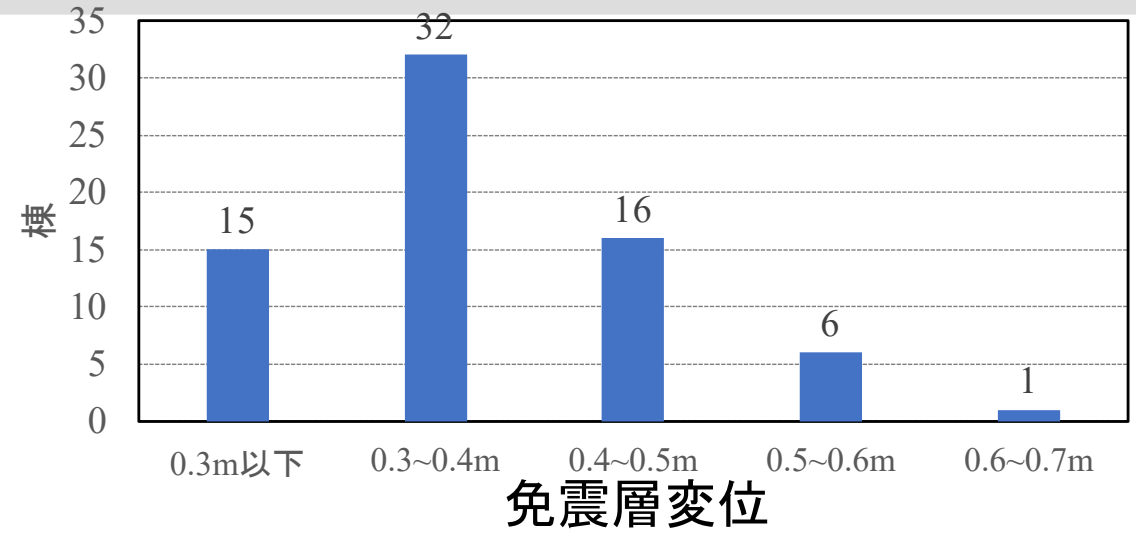
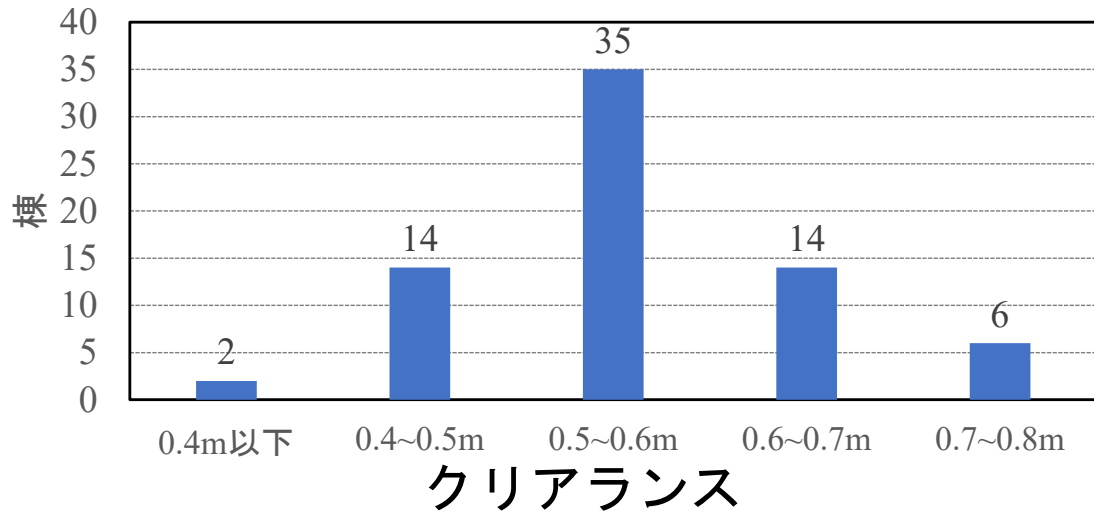


- NRB : 天然ゴム系積層ゴム
- LRB : 鉛プラグ入り積層ゴム
- HDR : 高減衰ゴム系積層ゴム
- DNR : 鋼材ダンパー付天然ゴム系積層ゴム
- SnR : 錫プラグ入り積層ゴム
- ESL : 弾性すべり支承
- SSL : 平面剛すべり支承
- CSL : 曲面剛すべり支承
- BSL : 回転機構付すべり支承
- FD : 摩擦ダンパー
- FSD : 摩擦皿ばねダンパー
- CLB : 転がり支承
- OD : オイルダンパー
- SD : 鋼材ダンパー
- LD : 鉛ダンパー
- VD : 粘性ダンパー

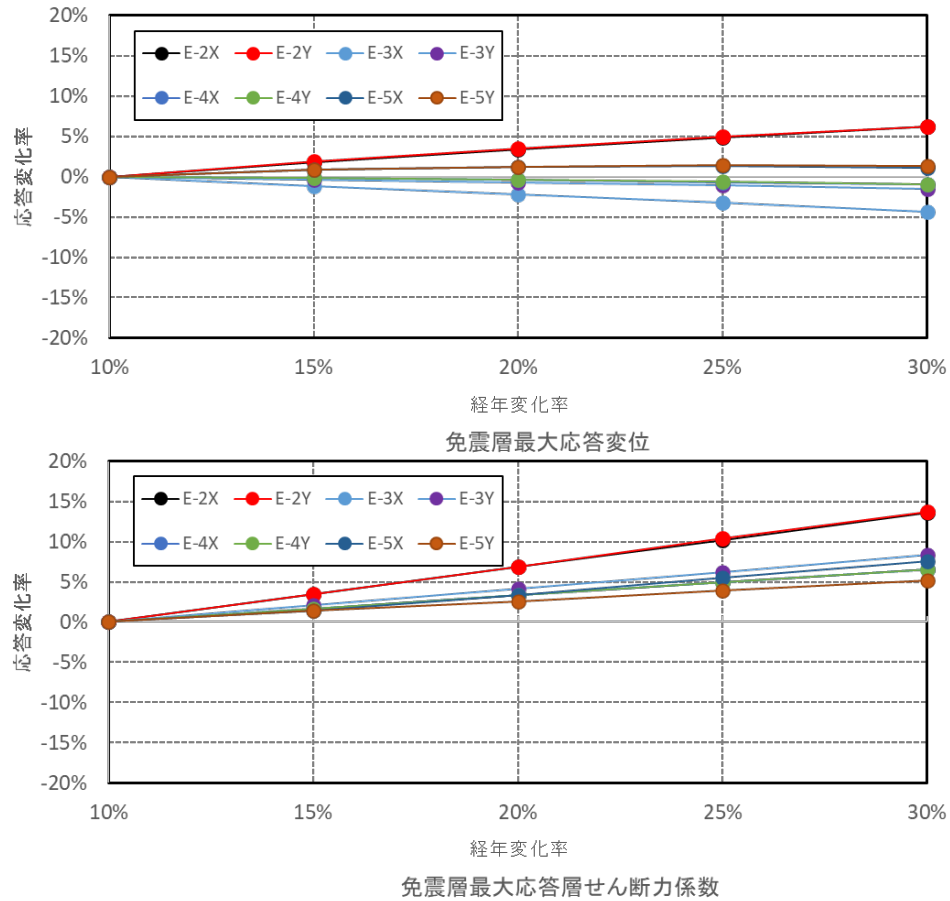
免震部材



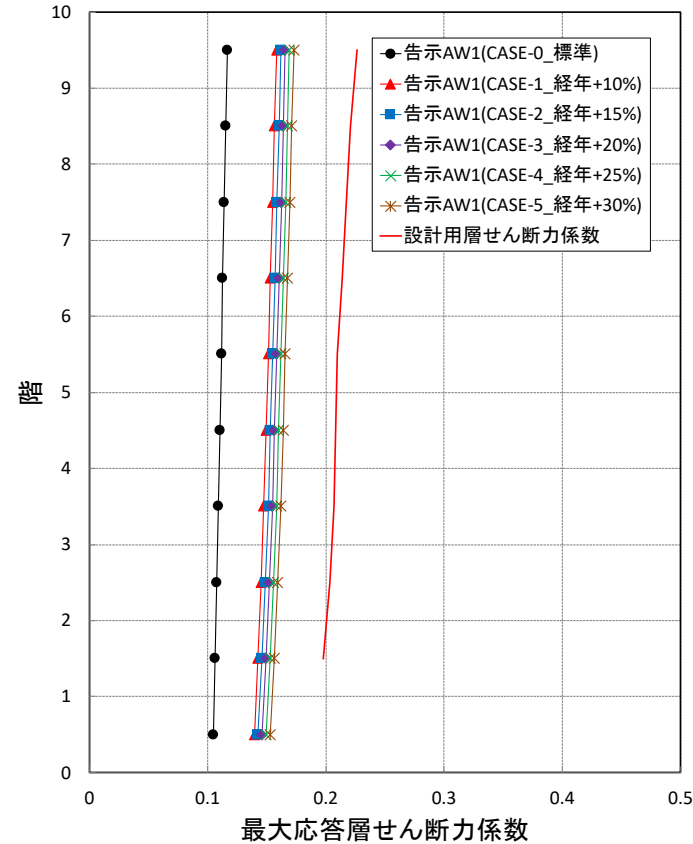
WG2 調査対象建物の選定



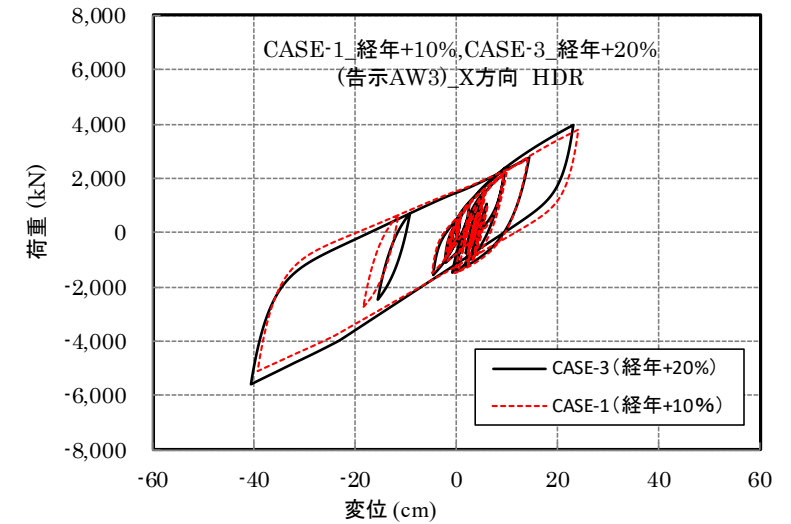
WG2 検討項目・評価方法の検討



経年変化率と応答変化率（経年変化率+10%に対する変化）（例）



最大応答分布図（例）



履歴特性（例）

WG2 検討項目・評価方法の検討

応答結果一覧 設計時・再評価時（例）

記号	年代分類	高さ分類	構造種別	免震部材	方向	固有周期 (s) 免震 層固定時	評価時	特性変動合計(+側) ^{※1}		上部構造				免震層		備考				
								K	Heq, u Qd	Amax ^{※2} (cm/s ²)	Rmax	Cb ^{※3}	状態	設計クラ イテリア	Dmax (cm)		状態	設計クラ イテリア		
E-1	第5期	超高層	RC	HDR+NRB+SSL+VD	X	3.1	設計時													
							再評価時													
					Y	3.3	設計時													
							再評価時													
E-2	第3期	中高層	RC	HDR+OD	X	0.3	設計時	41.0%	-13.0%	176.14	1/2857	0.175	弾性限耐力以下	○	39.35	許容変形以下	○			
							再評価時	51.0%	-23.0%	189.82	1/2667	0.187	弾性限耐力以下	○	40.68	許容変形以下	○			
					Y	0.8	設計時	41.0%	-13.0%	300.01	1/256	0.179	弾性限耐力以下	○	37.73	許容変形以下	○			
							再評価時	51.0%	-23.0%	299.90	1/243	0.190	弾性限耐力以下	○	39.06	許容変形以下	○			
E-3	第4期	超高層	RC	NRB+ESL+OD	X	2.7	設計時	23.5%	—	166.95	1/182	0.050	弾性限耐力以下	○	30.31	許容変形以下	○			
							再評価時	33.5%	—	170.24	1/179	0.052	弾性限耐力以下	○	29.63	許容変形以下	○			
					Y	2.9	設計時	23.5%	—	208.83	1/174	0.056	弾性限耐力以下	○	32.20	許容変形以下	○			
							再評価時	33.5%	—	215.32	1/172	0.058	弾性限耐力以下	○	31.96	許容変形以下	○			
E-4	第1期	低層	RC	NRB+SD+OD	X	0.1	設計時	26.0%	—	301.12	1/3052	0.248	保有耐力耐力以下	○	18.67	許容変形以下	○			
							再評価時	36.0%	—	308.85	1/2957	0.256	保有耐力耐力以下	○	18.60	許容変形以下	○			
					Y	0.2	設計時	26.0%	—	265.44	1/3726	0.238	保有耐力耐力以下	○	18.61	許容変形以下	○			
							再評価時	36.0%	—	271.55	1/3621	0.245	保有耐力耐力以下	○	18.55	許容変形以下	○			
E-5	第5期	超高層	RC	HDR+ESL+OD	X	2.8	設計時	41.0%	-13.0%	207.47	1/177	0.065	弾性限耐力以下	○	22.15	許容変形以下	○			
							再評価時	51.0%	-23.0%	205.72	1/173	0.067	弾性限耐力以下	○	22.41	許容変形以下	○			
					Y	2.8	設計時	41.0%	-13.0%	202.22	1/178	0.066	弾性限耐力以下	○	21.87	許容変形以下	○			
							再評価時	51.0%	-23.0%	201.75	1/174	0.067	弾性限耐力以下	○	22.14	許容変形以下	○			

上部構造

免震層

層間変形角

無色は短期許容応力度以下

無色は許容変形以下

1/200以下

弾性限耐力以下

限界変形以下

1/100~1/200

保有水平耐力以下

1/100以上

※1: 積層ゴム支承の特性変動

※2: 頂部最大加速度

※3: 免震層直上階最大層せん断力係数



WG2 予備検討解析結果

(4) 免震部材の特性ばらつきを考慮した応答評価

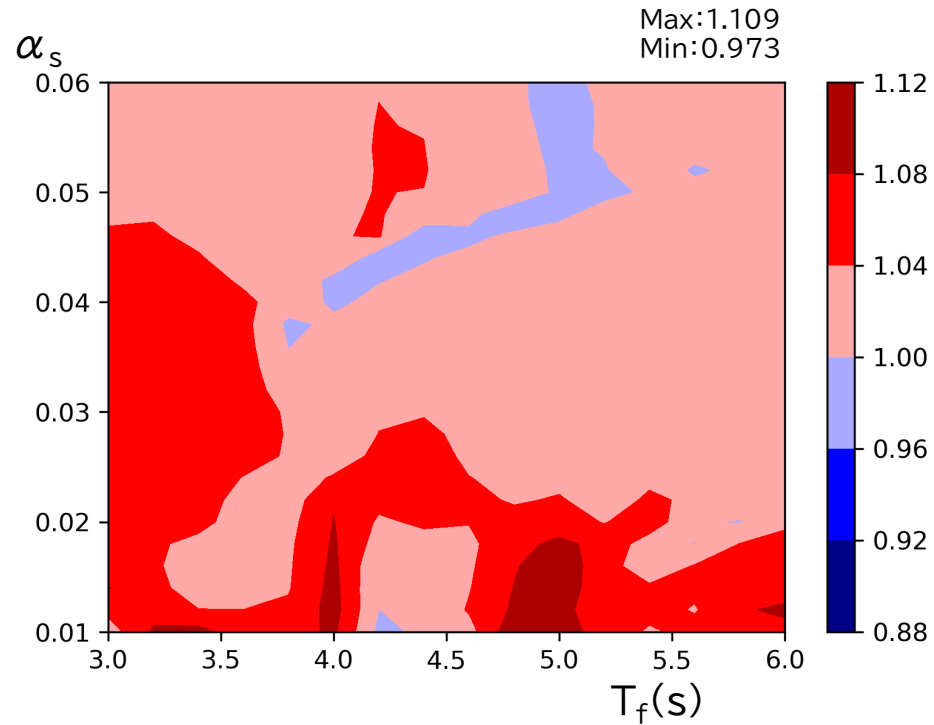
免震層を構成する免震部材を鉛プラグ入り積層ゴム（単一）と高減衰ゴム系積層ゴム（単一）とを採用した場合を対象として、免震部材の特性ばらつきを考慮した応答評価を行った。

a) 解析条件

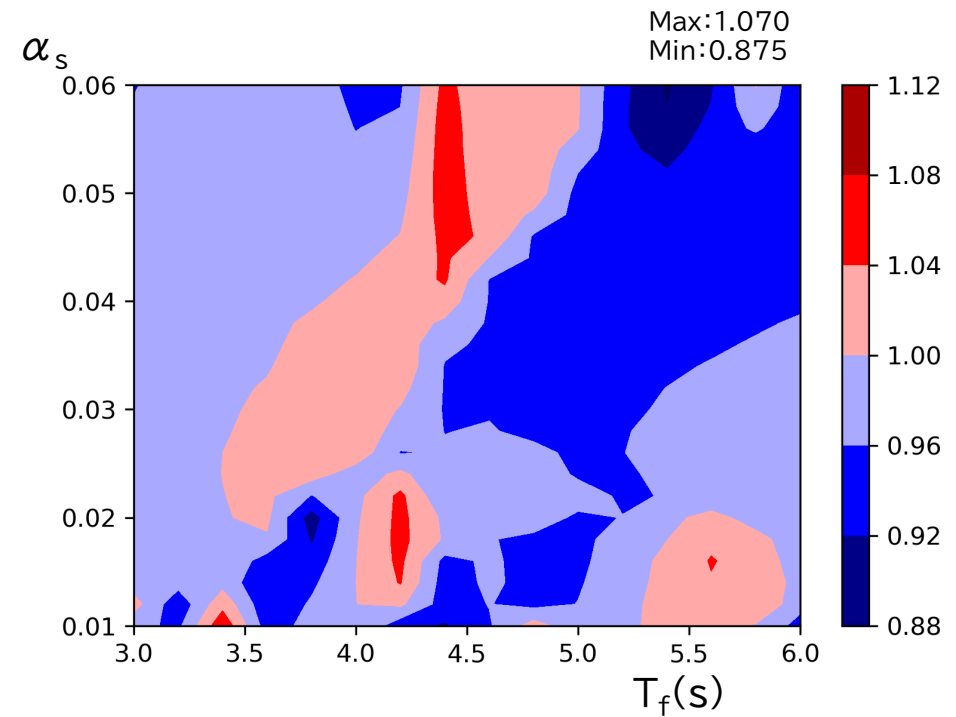
- 上部構造7階建モデルでの検討（1次固有周期1.3秒）
- 上部構造多質点系モデルとし、免震層をノーマルバイリニア特性（LRB）、修正バイリニア（HDR）で設定して応答を評価した。
- 入力地震動：告示波極稀レベル（位相：八戸EW、神戸NS、乱数）
- 解析パラメータは、免震層の降伏せん断力係数 α_s (Q_d/W) および二次剛性による免震周期 T_f とした。

WG2 予備検討解析結果

b) 解析結果 (LRB)



(a) 上部構造最下層応答せん断力係数の増大率

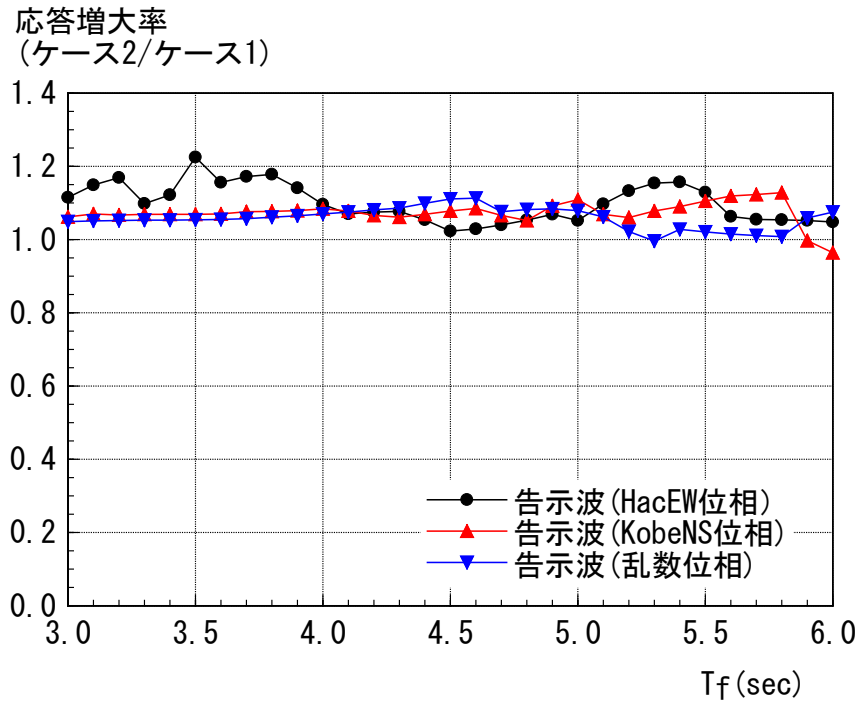


(b) 免震層最大応答変位の増大率

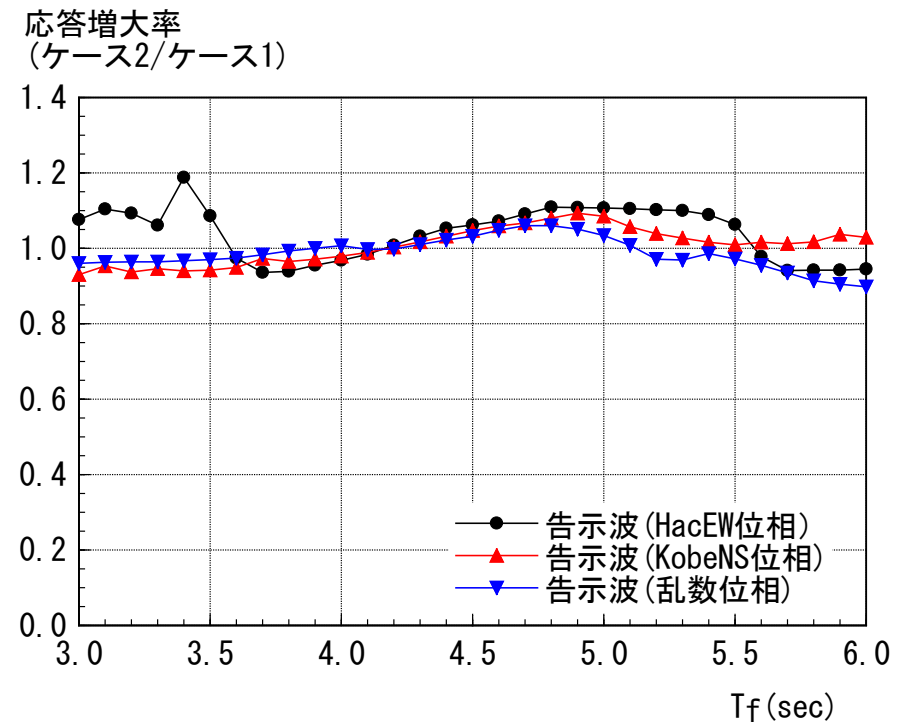
告示波（位相3波）でのケース2／ケース1での応答増大率（LRB）

WG2 予備検討解析結果

b) 解析結果 (HDR)



(a) 上部構造最下層応答せん断力係数の増大率



(b) 免震層最大応答変位の増大率

告示波（位相3波）でのケース2／ケース1での応答増大率（HDR）

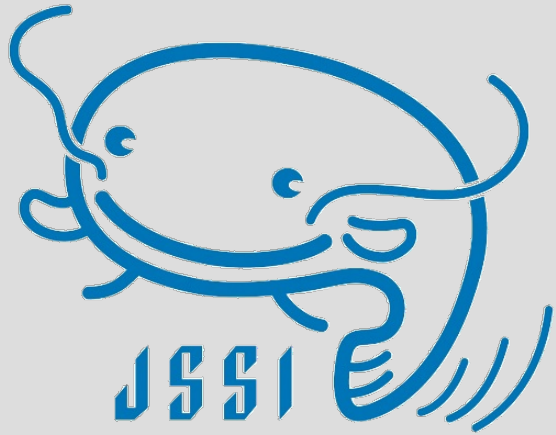
WG2：令和7年度成果

◎ 調査対象建物の選定と評価方法

- 令和7年度は、令和8年度の解析検討に向けての事前準備として、主に「検討対象建物の選定」および「検討項目・評価方法」について検討した。
- 検討対象建物は71棟であり、年代、免震部材、高さ、免震層の位置、地盤種別等に対して様々な免震建物を選定している。
- 検討項目・評価方法については、経年変化率が建物の応答に及ぼす影響や再評価した際の設計クライテリアの確認を行うこととした。
- 令和8年度は、71棟の解析検討により、経年変化率の増加に伴う既存免震建築物の構造安全性への影響の把握と免震部材の特性ばらつきを考慮した応答評価を引き続き実施する予定であるHDRについては、等価剛性と等価粘性減衰定数が反比例し、エネルギー吸収性能が一定とする従来仮定の妥当性を確認した

◎ 予備解析検討結果

- 鉛プラグ入り積層ゴムと高減衰ゴム系積層ゴムを対象として、特性ばらつきを考慮した応答評価を行い、変化率の傾向を把握した。



免震関係基準検討WG(WG3)

WG3：免震関係基準検討

📄 対象告示と検討範囲

- ✓ 平成12年建設省告示第1446号（材料告示）：免震材料の規格・性能要件
- ✓ 平成12年建設省告示第2009号（免震告示）：
 - ✓ 免震構造の設計基準
- ✓ 平成12年建設省告示第1461号（時刻歴告示）：地震応答解析方法
- ✓ これらの規定の規制合理化に向けた技術的知見の整理と改正案の検討

🔗 改正の合理化

- 材料告示の性能要件の合理化
- 免震告示の設計基準の合理化
- 積層ゴムの経年変化評価方法の合理化
- 令和8年度に規制合理化の方向性の確定

🔍 実態調査の概要

- 対象：適合性判定機関へのアンケート調査を実施
- 集計棟数：987棟の免震建築物データを集計
- 構造種別：RC造約50%、S造約30%、SRC造約20%
- 用途別：集合住宅が最多、次いでオフィス・商業施設

WG3 既存成果による規制合理化案

➤ 免震構造協会の調査業務・研究受託、基準整備促進事業など

免震構造協会では免震建築物、免震材料告示に関して調査業務・研究受託、基準整備促進事業などを実施している。その報告書は同協会のアーカイブより閲覧が可能である

- 1) 限界耐力計算における免震建築物の地震時応答の適正度に関する調査業務 2006
- 2) 平成20年度 建築基準整備促進事業「12免震建築物の基準の整備に資する検討」 報告書2010
- 3) 平成21年度 建築基準整備促進補助金事業「12免震建築物の基準の整備に資する検討」 報告書2011
- 4) 平成25年度 国土交通省建築基準整備促進事業 長周期地震動に対する免震建築物の安全性検証方法に関する検討調査報告書 2014
- 5) 平成26年度長周期・長時間地震動に関する免震建築物の検討業務調査報告書
- 6) II編 平成12年建設省告示2009号第6の検討

WG3 免震構造関係規定の検討項目の分類

材料 144	構造 200	時刻歴 146	項目	検討の経緯及び必要性	備考
○			経年変化の影響把握のための試験法の更新	免震材料の経年変化の要因として、これまで熱劣化（温度の影響）を考慮してきたが、他に酸化劣化（気中の酸素の影響）についても考慮すべきとの指摘があり、本課題において実験データの取得などの検討中	個々の免震材料で確保すべき性能か、材料の一般的な傾向として把握しておくべき数値か、位置づけについても検討が必要と考えられる
	○		支承材の長期面圧の制限（規定面圧以下）	長期面圧に相当する圧縮の許容応力度について、（圧縮限界強度×0.9）×1/3程度を想定していたところ、近年その範囲を超える圧縮限界強度を有する支承材の申請案件があり、対応が必要	
	○	○	免震建築物の設計に用いる免震材料の各種の基準値について「特別な調査研究（実大実験）」の活用の明確化	これまで、材料認定で測定された基準値を設計に採用してきたが、実大免震試験機等が整備されてきた状況を踏まえ、適切な（建物固有の条件や、より高度な条件を反映した）試験を別途行った場合はその数値を用いてよいこととする	運用体制は要検討（長周期地震動対応やあと施工アンカー同様、任意評価→強度指定とセット。性能評価機関以外が評価するならガイドラインの整備が必要か） 当面は認定品（＝生産体制は評価済みなので、性能のみ試験で確認できればよい）でのE-Isolation利用を想定
○			「縮小モデル」の整理（実大モデルの推奨）	現行規定で単に「性能を代表できる」とのみ規定されている縮小モデルについて、実大免震試験機等が整備されてきた状況を踏まえ、できるだけ実大モデルでの試験を実施するよう誘導する	

WG3 適合性判定機関アンケート

➤ 適合性判定機関アンケート

告示免震の実態把握のため、国土交通省より受領した指定適合性判定機関及び特定行政庁に対して、適合性判定を行った告示免震建築物に関するアンケート調査を行った。

- 1) 適合性判定制度が始まった2007年から2025年までに、免震建築物として適合性判定を行った棟数は、適合性判定機関が980棟、特定行政庁が7棟、合計987棟となっている。
- 2) 建設地は、免震協会が把握している免震建築物の建設地の分布とやや傾向が異なる。
- 3) 上部構造の構造種別は約半数が鉄筋コンクリート造であり、鉄骨造が1/4程度、木造が約20%程度である。
- 4) 用途は集合住宅が最大であるが、免震協会が把握しているデータより戸建て住宅、工場の比率が大きい。
- 5) 建築面積（簡易計算）15,000m²以上の大規模な建築物も多く、延べ床面積の最大は約32万m²である。大規模な建築物の大半は、工場、倉庫である。高さ50m以上の建築物は55棟ある。その多くは集合住宅であるが、工場も一定数含まれている。

➤ 適合性判定機関への個別ヒアリング

適合性判定機関アンケートを実施した機関のうち、審査件数の多い関東地方の判定機関（行政系）を5機関選定し、それぞれの機関に対して告示免震の審査の実態に関する個別ヒアリングを実施した。

- 1) 審査上の主な指摘事項およびそれに対する設計者からの回答
- 2) 告示免震として申請される建築物の設計上の特徴や傾向
- 3) 申請状況を踏まえた関係基準類に関するご意見

について、各機関から意見を収集した。

➤ 今後の計画

令和8年度の計画は以下のとおりである。

- 告示免震建築物の2次調査
- 告示免震建築物の実態分析
- 免震関連基準の規定改正に対する設計者、製造メーカーの意見聴取
- 材料告示、免震告示に係る所用の規定改正に関する検討

全体のまとめ

WG1：経年変化評価法検討WG



新しい経年変化評価法の構築
高精度な予測モデルの確立

- ✓ Δf_i 、 Δf_s 、 d^* の定量同定を実現し、温度依存性を考慮した予測式を構築
- ✓ 従来の加熱促進劣化試験の過小評価問題を解消
- ✓ 実大データとの再現性向上を確認



高精度な予測手法の確立により、評価精度が大幅に向上



今後の展開

- ✓ BS製以外の天然ゴム材料を対象に酸化劣化評価実験を実施
- ✓ 製造者間の酸化劣化特性の差異を確認
- ✓ 複数メーカーのデータ蓄積による信頼性向上
- ✓ 令和7年度で加熱促進劣化試験を実施したHDR縮小試験体の内部調査
- ✓ 両年度の実験結果に基づく新評価法の構築
- ✓ 実大製品の経年劣化データによる精度の検証

WG2：免震建築物への影響調査WG



既存建物への影響評価
71棟の実建物解析

- ✓ 71棟の実免震建物を対象に応答影響を評価
- ✓ 特性変動による安全性への影響を定量的に把握
- ✓ +20%硬化でも概ね許容範囲内を確認



構造安全性に問題がないことを71棟の解析で実証



今後の展開

- ✓ 71棟の実免震建物の感度分析を完了
- ✓ 経年変化の特性変動による応答影響の定量化
- ✓ 設計基準への反映可能性の検討

WG3：免震関係規準検討WG



規制合理化の方向性
告示改正への技術偏知見

- ✓ 987棟の実態調査を実施し、集計・傾向を把握
- ✓ 免震・材料告示の整合性向上を検討
- ✓ 改正の技術的論点を整理



規制合理化に向けた技術的知見の整理を完了



今後の展開

- ✓ 材料告示・免震告示の整合性向上
- ✓ 規制合理化の方向性の確定
- ✓ 設計者、製造メーカーの意見聴取