

令和 2 年 4 月 30 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06658

研究課題名（和文）長周期地震動に対する免震建物の構造計算法-応答スペクトル法の再構築-

研究課題名（英文）Structural calculation method of seismically isolated buildings against long-period ground motion: Reconstruction of response spectrum method

研究代表者

小林 正人（Kobayashi, Masahito）

明治大学・理工学部・専任教授

研究者番号：50373022

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,500,000円

研究成果の概要（和文）：2011年に発生した東北地方太平洋沖地震により、長周期地震動に対する関心が高まっている。本研究では、長周期地震動を対象として、応答スペクトルの減衰補正式、免震部材の繰返し変形による特性変化、免震建物の上部構造の設計用層せん断力係数分布について検討を行った。これらの検討を通じて、応答スペクトル法の長周期地震動に対する適用性を確認し、時刻歴応答解析によらずとも、免震建物の地震応答を実用的な精度で予測できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

免震建物の構造計算に応答スペクトル法は広く利用されているが、その成立過程における技術上の経験の不足やそれに起因する不合理性には大きな関心が払われてこなかった。2016年6月には、国交省より南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策が公表されたが、免震告示による構造計算では、長周期地震動による検討が要求されておらず、構造計算法の選択により建物への要求性能に差が生じる可能性がある。本研究の成果により、海溝型巨大地震による長周期地震動の影響分析と応答スペクトル法への展開が可能となった。

研究成果の概要（英文）：The Pacific coast of Tohoku Earthquake in 2011 has raised interest in long-period ground motions. In this study, we investigated the damping correction formula, the characteristic change due to the repeated deformation of the isolation devices, and the distribution of shear force coefficient for design of the superstructure of seismically isolated buildings for long-period ground motions.

The above study confirmed the applicability of the response spectrum method to long-period ground motions, and enabled structural calculations without time history response analysis.

研究分野：建築構造

キーワード：建築構造・材料 免震 構造解析 構造設計 長周期地震動

様式 C-19, F-19-1, Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、2011年東北地方太平洋沖地震などの地震被害により、長周期地震動に対する関心が高まっている。2016年には国交省より南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策(以下、長周期通知)が公表され、対象地域の設計用長周期地震動(以下、基整促波)が提示された。長周期通知では、時刻歴応答解析を行わずに長周期地震動の影響を検証する手法が未整備であるとの理由から、免震建築物に関する技術的基準である建設省告示2009号(以下、免震告示)は対策の対象外となっている。長周期通知には、免震告示の構造計算ルートにおいては従来の手法に併せて、自主的に基整促波を用いた時刻歴応答解析を行うことが望ましいと記されている。よって、免震告示の計算ルートを適用する場合には、長周期地震動による検討が任意となり、計算ルートの選択により建物への要求性能に差が生じる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究ではこの状況を打開するために、海溝型巨大地震による長周期地震動の影響分析と応答スペクトル法への展開、応答スペクトル法による免震構造の構造計算法の合理化を行い、時刻歴応答解析によらない長周期地震動対応の免震建物の構造計算法を開発する。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために次の3つの検討を行う。

(1) 基整促波を対象とした減衰補正式の提案

基整促波の対象地域における簡易化された擬似速度応答スペクトル(以下、簡易化スペクトル $pS_{v,s}$)の周期特性を考慮した減衰補正式の提案を行う。さらに、免震建物モデルによる時刻歴応答解析結果との比較から提案式の免震建物への適用性を検証する。

(2) 免震部材の繰返し変形による特性変化を考慮した地震応答予測

繰返し変形の影響を受けやすい鉛プラグ挿入型積層ゴム(以下、LRB)を対象として、LRBの特性変化が地震応答に及ぼす影響を把握する。特に、応答スペクトル法に用いる等価粘性減衰定数および免震部材の吸収エネルギー量を簡易に評価する方法について検討する。

(3) 設計用層せん断力係数分布の適用性

基整促波に対する免震建物の層せん断力係数分布の特性を分析し、設計用層せん断力係数分布の適用性を検証する。また、対象区域ごとに設計用層せん断力係数分布の増幅率を定量化する。

4. 研究成果

(1) 減衰補正式 F_h

① 基整促波を対象とした減衰補正式 F_h の提案

免震告示の減衰補正式である式(1)は、基整促波に対して特定の周期帯で減衰の増加に伴う変位応答スペクトルの低減を過少評価する傾向がある。さらにその影響により、免震告示に示される応答スペクトル法は時刻歴応答解析に対して、変位応答の最大値をやや大きく評価する傾向にあることも確認している。そこで、基整促波を対象とした、免震建物で想定される長周期・高減衰領域を考慮した減衰補正式を提案する。

$$F_h = \frac{1+10h_0}{1+10h} \quad (F_h \geq 0.4) \quad (1)$$

ここで h : 減衰定数, h_0 : 初期減衰定数(5%)。

基整促波の擬似速度応答スペクトルの周期特性(スペクトル形状)を考慮した減衰補正式について検討する。図1に例として基整促波のSZ2とOS2の $pS_{v,s}$ を示す。また、減衰5%の変位応答スペクトルに対する各減衰定数の変位応答スペクトルの比(以下、応答低減率)を図2に示す。応答低減率は $pS_{v,s}$ に基づき3つの周期帯に分ける

図2より、応答低減率はそれぞれの周期帯で異なる傾向を示すことがわかる。よって各区域の設計用地震動ごとに周期や減衰が応答低減率に与える影響を考慮するため、式(2)の形式に基づいて、回帰計算を行うことで各周期帯において減衰による応答低減を適切に評価可能な減衰補正式(以下、提案式とする)を提案する。ここで、 T : 固有周期, T_1, T_2 : 基整促波の $pS_{v,s}$ に基づく周期帯1, 2, 3の境界となる周期, α, β, γ : 区域ごとの設計用地震動に対して与える回帰係数である。

表1に基整促波の T_1, T_2 および α, β, γ を、図3に提案式と応答低減率の比較を示す。

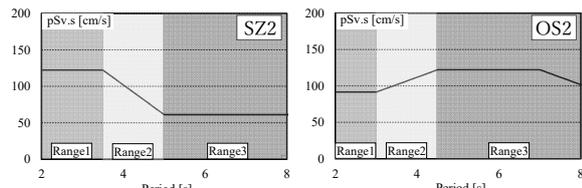


図1 簡易化スペクトル $pS_{v,s}$ と周期帯区分

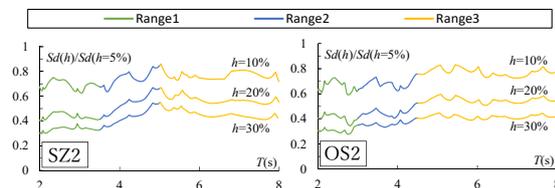


図2 応答低減率

$$F_h = \frac{1+\alpha h_0}{1+\alpha h} \quad (T < T_1)$$

$$F_h = \frac{1+\alpha h_0}{1+\alpha h} + \beta \sqrt{h-h_0} \left(\frac{T}{T_1} - 1 \right) \quad (T_1 \leq T < T_2) \quad (2)$$

$$F_h = \frac{1+\alpha h_0}{1+\alpha h} + \beta \sqrt{h-h_0} \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) + \gamma \sqrt{h-h_0} \left(\frac{T}{T_2} - 1 \right) \quad (T_2 \leq T)$$

表 1 式(2)に用いる地震動ごとの回帰係数

	CH1	CH2	CH3	SZ1	SZ2	SZ3	OS1	OS2	OS3
T_1	4.00	3.50	3.00	3.50	3.50	3.50	3.00	3.00	3.00
T_2		6.50	6.14	5.50	5.00	4.86	5.00	4.50	4.00
α	16.6	9.9	12.4	11.5	14.0	11.9	10.7	17.6	12.9
β	0.30	0.06	0.30	0.51	1.04	1.54	0.22	0.35	0.15
γ		0.47	-0.39	-0.29	-0.53	-1.14	-0.66	0.13	0.18

②時刻歴応答解析と応答スペクトル法の比較

解析モデルを表 2 に示す。免震層は弾性支承材に支持されるものとし、減衰材には、履歴系および流体系ダンパーを用いた。入力地震動は基整促波とした。図 4 に免震層の時刻歴応答解析結果と減衰補正式に提案式を用いた応答スペクトル法による最大応答変位の比較を示す。ただし、回帰計算に用いた減衰定数は 40% までであるため、表 2 の解析モデルのうち等価粘性減衰定数が 40% を超えるケースは除いている。

図 4 より免震告示 (式(1)) を用いた場合は応答変位をやや大きく評価する傾向が確認でき、CH1 のケースなどは、時刻歴応答解析に対して予測値が 1.5 倍以上となる。一方で、提案式を用いた場合には、全体として応答変位を過大評価する傾向が弱まり、1.5 倍を超えるケースも減少していることが確認できる。

(2) 免震部材の繰返し変形による特性変化を考慮した地震応答予測

①時刻歴応答解析による地震応答評価

解析モデルは 1 質点系モデルとする。表 3 に解析パラメータを示す。免震部材は鉛プラグ挿入型積層ゴム (以下、LRB) を用いる。免震層の復元力は LRB 一基分の特性値とし、修正バイリニアモデルとする。繰返し変形の影響は、式(3)の LRB の降伏荷重の低下率 $LRBk_{min}$ を用いて考慮する。ここで、 W_p : LRB の吸収エネルギー、 V_p : 鉛プラグ体積である。

本研究では通常時刻歴応答解析を応用した手法である準詳細法および簡易法を用いる。準詳細法は時刻歴応答解析において時々刻々の吸収エネルギーから $LRBk_{min}$ を算出し、復元力特性を変更する手法である。簡易法は一度設計時のモデルを用いて時刻歴応答解析を行い、得られた全履歴吸収エネルギーを用いて $LRBk_{min}$ を算出し、復元力特性を変更したモデルで再び時刻歴応答解析を行う手法である。

図 5 に繰返し変形非考慮および準詳細法より得られた最大応答を示す。解析モデルは、ゴム径 1000mm-鉛径 200mm とする。図 5 より、繰返し変形考慮後は多くのケースで応答値が大きくなる。また、黒いプロットで示される SZ1, CH1, OS1 は特に準詳細法による応答が大きい。これは、SZ1, CH1, OS1 は他の基整促波と比べて入力レベルが大きく、主要動の継続時間も長いと認められる。

②応答スペクトル法に関する検討

応答スペクトル法において、特に重要となる等価粘性減衰定数 (以下、減衰定数) および免震部材の吸収エネルギーの評価を行う。最大応答時の履歴ループ (応答振幅の片振れを考慮) を用いて最大応答変位時の減衰定数を算出し、各評価式との対応を確認する。最大応答変位の定常ループに対する減衰定数は式(4)より評価する。ここで、 μ : 塑性率、 α : バイリニア係数である。減衰定数の評価手法として、地震応答の非定常性を考慮し

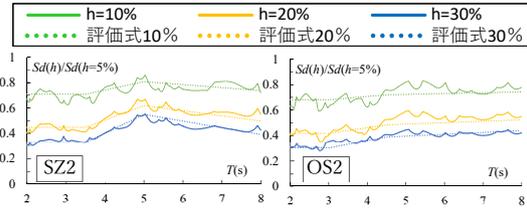


図 3 提案式と応答低減率の関係

表 2 解析モデルの諸元

建物モデル	
モデルタイプ	1質点
質量分布	10000 [ton]
免震部材の履歴特性	弾性支承: 弾性
	流体系ダンパー: 線形減衰
	履歴系ダンパー: 完全弾塑性
免震周期(T_f)	4.0 6.0 [s]
履歴系ダンパーの降伏変位	1.0 3.0 [cm]
履歴系ダンパーの負担降伏せん断力係数	0.01 0.02 0.03 0.04
流体系ダンパーの減衰定数	5% 10% 15% 20%

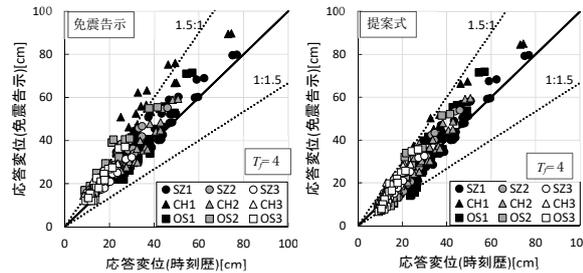


図 4 時刻歴応答解析と応答スペクトル法の比較

表 3 解析パラメーター

		有効ゴム径(mm)		
		750	1000	1500
鉛径(mm)	細径	120	150	250
	標準径	150	200	300
	太径	180	250	350
面圧(N/mm ²)		7.5, 10, 15		

$$LRBk_{min} = -0.06 + 1.25 \times \exp\left(-\frac{W_p}{V_p} \times \frac{1}{360}\right) \quad (3)$$

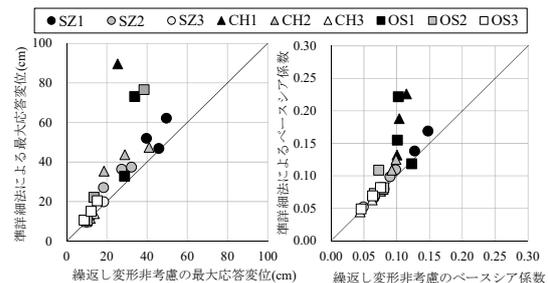


図 5 繰返し変形考慮前後における最大応答 (ゴム径 1000mm-鉛径 200mm)

$$h_{eq} = \frac{2(\mu-1)(1-p)}{\pi\mu(1-p+p\mu)} \quad (4)$$

$$h_d = h_{eq} \times 0.8 \quad (5)$$

$$\bar{h}_d = \frac{1}{\delta} \int_0^\delta h_{eq}'(\delta') d\delta' \quad (6)$$

て低減係数を乗じる手法（以下、低減法）や最大応答変位 δ までの減衰定数を平均する手法（以下、平均法）が挙げられる。低減法の低減係数には、式(5)に示すような0.8がよく用いられる。平均法による減衰定数は、応答変位 δ の定常ループに対する減衰定数 $h_{eq}(\delta)$ を用いて式(6)で評価される。図6に式(4)~(6)と履歴ループから得られる減衰定数を示す。低減法は、応答振幅の片振れを考慮した履歴ループを用いて評価した減衰定数をよく捉えているが、最大応答変位の大きさによってその対応は異なる。そのため、最大応答変位に対応した適正な低減係数を用いる必要があるがこの点は今後の課題である。

履歴系免震部材と流体系免震部材を併用したケースにおける履歴系免震部材の吸収エネルギー W_p は、減衰定数10%のエネルギースペクトル V_E および減衰定数を用いて式(7)より評価する。ここで、 M : 建物質量、 h_d , h_v : 履歴系および流体系免震部材の減衰定数である。

ここでは、時刻歴応答解析より得られた免震層全体の吸収エネルギー ($W_p + W_v$) に対するLRBの吸収エネルギー W_p の割合と減衰定数の割合の比較を行う。解析モデルはゴム径1000mm-鉛径200mmのLRBと減衰定数5%相当のリニア型オイルダンパー（以下、OD）を併用したケースである。LRBの減衰定数の評価手法は、手法1: 式(4)、手法2: 式(5)、手法3: 式(6)とする。ODの減衰定数 h_v は式(8)より評価する。ここで、 C_v : ODの減衰係数、 K_{eq} : 免震層の等価剛性である。図7に示す減衰定数と吸収エネルギー割合の関係から、手法3がよい対応を示していることがわかる。以上より、エネルギー配分は減衰定数を用いて概ね評価可能である。

(3) 免震建物の設計用層せん断力係数分布

免震告示の設計用層せん断力係数分布に対し、層せん断力係数の応答増幅に割増しを与える等価増幅率 $\beta_{eq,i}$ を導入した評価式を式(9)~(14)に示す。ここで、 Q_{iso} : 免震層の負担せん断力、 M : 上部構造の質量、 g : 重力加速度、 A_i : 建築基準法のせん断力係数分布、 Q_h, Q_v, Q_e : それぞれ履歴系ダンパー、流体系ダンパー、弾性支承材の負担せん断力、 $\bar{\beta}_{eq}$: $\beta_{eq,i}$ 分布の最上層の値、 N : 上部構造の層数、 I_{eq} : 等価免震係数、 h, v, I : それぞれ履歴系および流体系ダンパーに対する免震係数（下限値1.44）、 T_{b1}, T_{b2} : それぞれ免震層の剛性 K_{b1}, K_{b2} に対する固有周期（ K_{b1} : 履歴系ダンパーの剛性 k_s および弾性支承材の剛性 k_f の和、 K_{b2} : 弾性支承材の剛性 k_f ）、 T_0 : 基礎固定時の上部構造の1次固有周期である。

等価免震係数 I_{eq} とは、上部構造と免震層の隔絶度を表す指標である。また、免震層の構造特性および入力地震動の特性による $\bar{\beta}_{eq}$ のばらつきを補正する係数 v を式(15)の変動係数 CV を用いて式(16)、(17)で定めている。

基整促波に対する評価式の適用性を検証した。建物モデルおよび解析パラメータを表4に示す。解析モデルは10質点系とし、免震部材には弾性支承材、履歴系および流体系ダンパーを併用している。

例として図8にSZ1, SZ3に対する I_{eq} と $\bar{\beta}_{eq}$ の

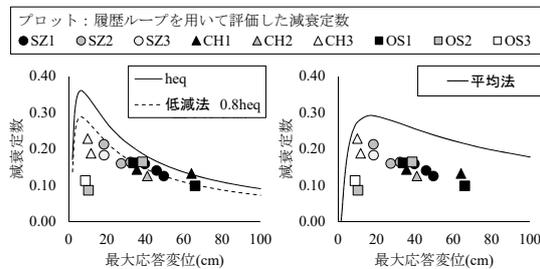


図6 最大応答変位と減衰定数の関係

$$W_p = \frac{1}{2} M V_E^2 \times \frac{h_d}{h_d + h_v} \quad (7)$$

$$h_v = \frac{C_v}{2\sqrt{MK_{eq}}} \quad (8)$$

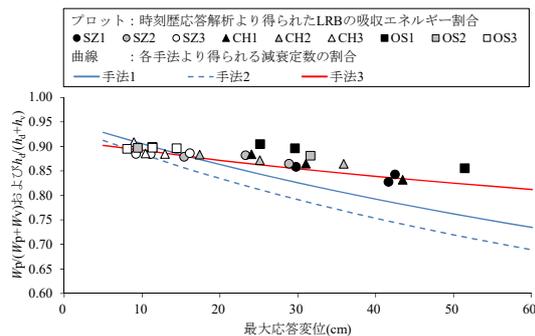


図7 減衰定数と吸収エネルギー割合の関係 (ゴム径1000mm-鉛径200mm)

$$\alpha_i = \frac{Q_{iso}}{Mg} \cdot \frac{A_i \cdot \beta_{eq,i} (Q_h + Q_v) + Q_e}{Q_h + Q_v + Q_e} \quad (9)$$

$$\beta_{eq,i} = \frac{\bar{\beta}_{eq} - 1}{N-1} i + \frac{N - \bar{\beta}_{eq}}{N-1} \quad (10)$$

$$\bar{\beta}_{eq} = 5.0 / I_{eq}^2 + 0.6 \quad (\bar{\beta}_{eq} \leq 3.0) \quad (11)$$

$$I_{eq} = \left(\frac{1}{h} \cdot \frac{Q_h}{I^2} + \frac{1}{v} \cdot \frac{Q_v}{I^2} \right)^{-0.5} \quad (12)$$

$$h I = T_{b1} / T_0 \quad (13) \quad v I = T_{b2} / T_0 \quad (14)$$

$$\begin{cases} CV = 0.5 (0 \leq I_{eq} < 3) \\ CV = -0.11 I_{eq} + 0.83 (3 \leq I_{eq} < 6) \\ CV = 0.17 (6 \leq I_{eq}) \end{cases} \quad (15)$$

$$v_{1\sigma} = (1 + CV) \quad (16)$$

$$v_{2\sigma} = (1 + 2CV) \quad (17)$$

表4 建物モデルおよび解析パラメータ

建物モデル	
質点数	10質点
質量分布	各層1000 [ton]
剛性分布	最下層に対して最上層が1/2となる台形分布
上部構造の復元力特性	弾性(剛性比例型減衰2%)
免震部材の履歴特性	支承材: 弾性
	履歴系ダンパー: 完全弾塑性 流体系ダンパー: 線形減衰
解析パラメータ	
基礎固定時の	0.2, 0.21, 0.22, 0.23, 0.24, 0.25, 0.26, 0.27, 0.28, 0.29,
上部構造周期 T_0	0.3, 0.32, 0.34, 0.36, 0.38, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1.2, 1.6 [s]
免震周期 T_{eq}	2.5, 4.0, 5.5, 7.0 [s]
履歴系ダンパーの降伏変位 δ_y	0.1, 1, 3 [cm]
履歴系ダンパーの負担せん断力係数 α_i	0.01から0.1まで0.01刻み
流体系ダンパーの減衰定数 h_v	5, 10, 15, 20 [%]

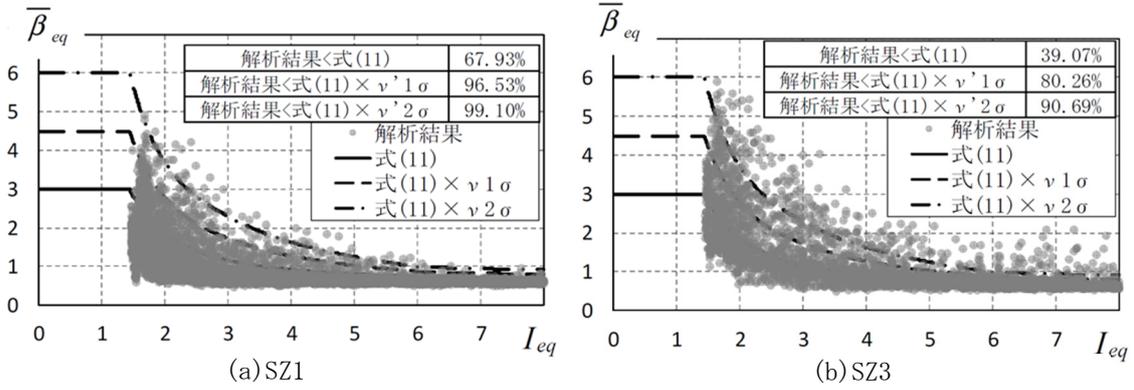


図8 I_{eq} と $\bar{\beta}_{eq}$ の関係

関係を示す。プロットは基整促波に対する時刻歴応答解析結果から算出した $\bar{\beta}_{eq}$ であり、免震層の等価粘性減衰定数 h_{eq} が 10~30%にある結果を全て示している。実線は式(11)を、破線および一点鎖線は式(15)の変動係数を用いて式(16)および式(17)よりばらつき補正係数 $v_{1\sigma}$ および $v_{2\sigma}$ を算出し、式(11)に乗じた値である。

SZ1では解析結果から算出した $\bar{\beta}_{eq}$ が式(11)を下回るケース数が約 68%であるのに対し、SZ3では約 39%となる。ばらつき補正係数 v を式(11)に乗じた場合でも、地震動の入力レベルによって $\bar{\beta}_{eq}$ の傾向が異なることがわかる。

地震動の入力レベルによって異なる $\bar{\beta}_{eq}$ の傾向を適切に捉えられるように、式(11)を式(18)~(20)、式(15)を式(21)、式(22)で区域ごとに新たに定量化した。 $\bar{\beta}_{eq}$ および CV の左下付きの数字は、対象とする区域を表している。ただし、2区域に対する変動係数 CV は式(15)と良く対応しているため、2区域に対する変動係数 CV は式(15)を用いることとした。

図9にSZ1, SZ3に対する I_{eq} と $\bar{\beta}_{eq}$ の関係を示す。プロットは図8と同様で、実線は区域ごとに新たに定量化した式(18)、式(20)を、破線および一点鎖線は式(21)、式(22)の変動係数を用いて式(16)および式(17)よりばらつき補正係数を算出し、式(18)、式(20)に乗じた値である。

式(11)を区域ごとに新たに定量化したことで、地震動の入力レベルによって異なる $\bar{\beta}_{eq}$ の傾向を適切に評価することが可能となり、解析結果から算出した $\bar{\beta}_{eq}$ が式(18)、式(20)を下回るケース数が、SZ1で約 63%、SZ3で約 46%と、地震動の入力レベルによる対応の差が減少している。また、ばらつきを考慮した場合についても、式(15)を区域ごとに新たに定量化したことで地震動の入力レベルによる対応の差が減少している。

等価免震係数 I_{eq} と最上層の等価増幅率 $\bar{\beta}_{eq}$ の関係および $\bar{\beta}_{eq}$ のばらつきを区域ごとに定量化したことで、基整促波の入力レベルによって異なる最上層の等価増幅率 $\bar{\beta}_{eq}$ の傾向を適切に評価することが可能となった。

$${}_1\bar{\beta}_{eq} = 4.0/I_{eq}^2 + 0.6 \quad ({}_1\bar{\beta}_{eq} \leq 2.0) \quad (18)$$

$${}_2\bar{\beta}_{eq} = 5.0/I_{eq}^2 + 0.6 \quad ({}_2\bar{\beta}_{eq} \leq 2.5) \quad (19)$$

$${}_3\bar{\beta}_{eq} = 6.0/I_{eq}^2 + 0.6 \quad ({}_3\bar{\beta}_{eq} \leq 3.0) \quad (20)$$

$$\begin{cases} {}_1CV = 0.45 (0 \leq I_{eq} < 3) \\ {}_1CV = -0.11I_{eq} + 0.78 (3 \leq I_{eq} < 6) \\ {}_1CV = 0.12 (6 \leq I_{eq}) \end{cases} \quad (21)$$

$$\begin{cases} {}_3CV = 0.55 (0 \leq I_{eq} < 3) \\ {}_3CV = -0.11I_{eq} + 0.88 (3 \leq I_{eq} < 6) \\ {}_3CV = 0.22 (6 \leq I_{eq}) \end{cases} \quad (22)$$

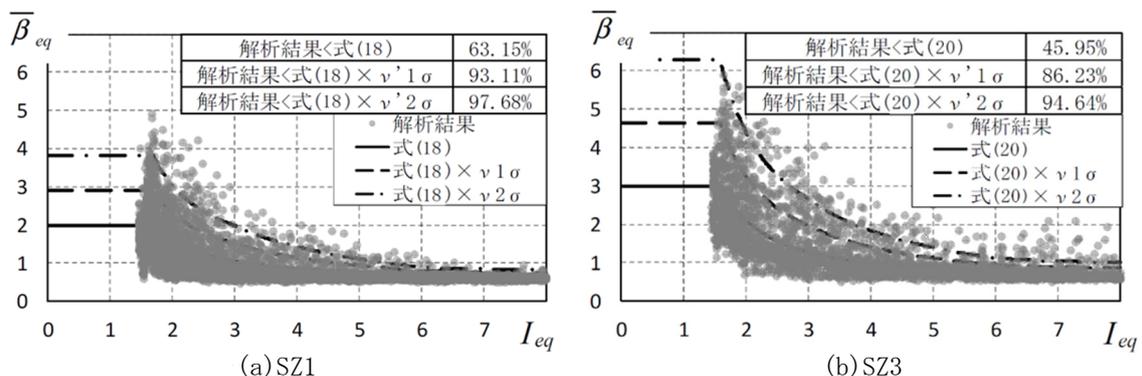


図9 I_{eq} と $\bar{\beta}_{eq}$ の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 小林 正人, 片岡 祐人	4. 巻 84
2. 論文標題 南海トラフ沿いの巨大地震による設計用長周期地震動に対する地震応答スペクトルの周期特性を考慮した減衰補正式の提案	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会構造系論文集	6. 最初と最後の頁 477 ~ 487
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3130/aijs.84.477	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 小林 正人, 石本 拳也	4. 巻 84
2. 論文標題 長周期長時間地震動に対する免震建物の設計用層せん断力係数増幅率分布の適用性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会構造系論文集	6. 最初と最後の頁 617 ~ 626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://doi.org/10.3130/aijs.84.617	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 井澤 保一, 小林 正人, 人見 泰義	4. 巻 25
2. 論文標題 大振幅地震動に対して冗長性を有する免震構造の設計	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会技術報告集	6. 最初と最後の頁 631 ~ 636
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3130/aijt.25.631	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 合田正剛、石本拳也、小林正人
2. 発表標題 長周期地震動を対象とした免震建物のせん断力係数分布に関する研究(その3) 免震建物の構造特性および表層地盤がせん断力係数分布の増幅率に及ぼす影響
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石本拳也、合田正剛、小林正人
2. 発表標題 長周期地震動を対象とした免震建物のせん断力係数分布に関する研究(その4) 基整促波に対する等価増幅率とばらつき補正係数の適用性
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷本満里菜、佐藤和紀、小林正人
2. 発表標題 免震部材の繰返し変形による特性変化を考慮した応答スペクトル法に基づく地震応答予測(その1) 減衰定数を用いた免震部材の吸収エネルギー評価に関する検討
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤和紀、谷本満里菜、小林正人
2. 発表標題 免震部材の繰返し変形による特性変化を考慮した応答スペクトル法に基づく地震応答予測(その2) 入力エネルギーの算出手順が地震応答予測に及ぼす影響
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井澤保一、小林正人
2. 発表標題 積層ゴムのハードニング特性が免震構造の安全余裕度に及ぼす影響
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片岡祐人, 小山雄太, 小林正人
2. 発表標題 応答スペクトル法による免震建物の地震応答予測に関する研究(その4)長周期地震動を対象とした応答スペクトルの減衰補正係数
3. 学会等名 日本建築学会大会(東北)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小山雄太, 片岡祐人, 小林正人
2. 発表標題 応答スペクトル法による免震建物の地震応答予測に関する研究(その5)減衰補正係数に関する提案式の適用性と地震応答予測に及ぼす地盤増幅率の影響
3. 学会等名 日本建築学会大会(東北)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊貴博, 小林正人
2. 発表標題 応答スペクトル法による免震建物の地震応答予測に関する研究(その6)長周期地震動を対象とした免震層の速度応答評価法の提案
3. 学会等名 日本建築学会大会(東北)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長周期地震動を対象とした免震建物のせん断力係数分布に関する研究(その1)履歴系ダンパーを用いた場合の評価式の適用性
2. 発表標題 合田正剛, 石本拳也, 小林正人
3. 学会等名 日本建築学会大会(東北)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長周期地震動を対象とした免震建物のせん断力係数分布に関する研究(その2)履歴系ダンパーと流体系ダンパーを併用した場合の評価式の適用性
2. 発表標題 石本拳也, 合田正剛, 小林正人
3. 学会等名 日本建築学会大会(東北)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----