

免震層にトグル機構を用いた免制振システムの基礎的研究

その2 立体モデルに複合型配置を用いた際の検討

A fundamental study on the structure system using a toggle mechanism in the base isolation layer
Part2 Examination of using toggle mechanism of the complex type arrangement to three-dimensional model

池田貴紀¹, ○葛西聡¹, 田中佑一郎², 古橋剛³

Takanori Ikeda¹, Satoshi Kasai¹, Yuichiro Tanaka², Takeshi Furuhashi³

In this study, we add a toggle mechanism of complex type arrangement that is shown in the part1 to a three-dimensional analytical model. Moreover, effectiveness of our proposal is shown by non-linear time history response analysis method using this model. We consider a subject for future analysis.

2.1 はじめに

本報では、前報で示したトグルの複合型配置を挿入した立体モデルで非線形時刻歴応答解析を行う。

2.2 検討建物概要

減衰は剛性比例型で1次モードに1%付加している。

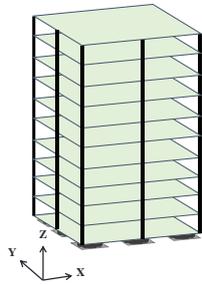


Figure 2-1 building for study

Tabale2-1 Superstructure specifications

1層あたりの質量[ton]	1000
1層あたりの剛性[kN/m]	1.75×10 ⁶
固有周期[s]	1.03
階層	10
階高[mm]	3000

Tabale2-2 Base isolation layer specifications

上部構造総質量 [ton]	11500
降伏せん断力係数	0.03
降伏せん断力 [kN]	3381
免震周期 [s]	4.0
2次剛性 [kN/m]	28375.1
バイリニア係数	0.1
1次剛性 [kN/m]	283751.1
弾性限変形 [m]	0.012

Tabale2-3 Complex eigen-value analysis results

	固有周期T[s]	減衰定数h
1次	4.06	0.30
2次	0.54	0.16
3次	0.28	0.18
4次	0.19	0.24
5次	0.14	0.30
6次	0.12	0.36

Tabale2-4 Toggle mechanism

変位 δ_{max} [mm]	350
腕部材長 r_1 [mm]	2602
腕部材長 r_2 [mm]	2602
腕部材断面積 A_1 [mm ²]	30160
腕部材断面積 A_2 [mm ²]	30160
K_{d1} [kN/m]	4.9×10 ⁵
K_{d2} [kN/m]	1.88×10 ⁶
C_{d1} [kN·s/m]	2375
C_{d2} [kN·s/m]	9135

2.3.2 立体モデルへ変換

以下(2-1)式より、X方向とY方向の両方向においてダンパー量 C_d が等しいことから、増幅倍率 β を考慮した立体モデルにおけるダンパー量を Tabale2-4 に示す。

$$\left\{ \begin{aligned} & \left((凹型\beta_x^2 \times 凹型C_d + 凸型\beta_x^2 \times 凸型C_d) \times 2 = X方向のダンパー量 \right) \\ & \left((凹型\beta_y^2 \times 凹型C_d + 凸型\beta_y^2 \times 凸型C_d) \times 2 = Y方向のダンパー量 \right) \end{aligned} \right. \quad (2-1)$$

2.3 免制振システム的设计

2.3.1 トグル機構諸元の決定

トグルを免震層に挿入し質点系に縮約、 $\delta_{max}=350\text{mm}$ とする。限界変形以下の為、減衰定数 $h=0.3$ と定める。トグル1基あたりの増幅倍率 β と等価水平剛性 K_t を置換した取り付け剛性 K_d 、ダンパー量 C_d を算出する。

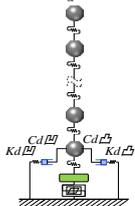


Figure 2-2 Lumped mass model

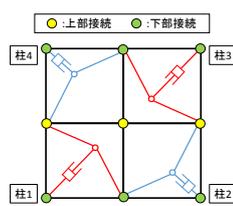


Figure 2-3 Toggle mechanism of the complex type arrangement

Tabale2-5 Attenuation coefficient of consider Amplification factor β

	考慮前の値	β を考慮した値	β を考慮した1基あたりの値
減衰係数[kN·s/m]	11510	4393	2195

2.4 非線形時刻歴応答解析

2.4.1 入力地震動

入力地震動はそれぞれ NS 方向を 50cm/s に基準化した El Centro 1940 と JMA-KOBE 1995 の 2 波を使用する。また、検討モデルの X 方向に対しては EW 成分、Y 方向に対しては NS 成分を入力し解析を行う。Figure 2-6 に各地震波の応答スペクトルを示す。

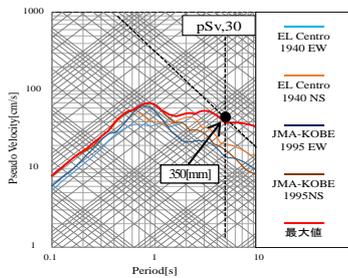


Figure 2-4 Response spectrum (h=0.30)

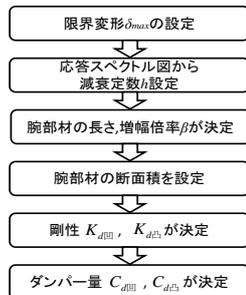


Figure 2-5 Determination flow of toggle mechanism specifications

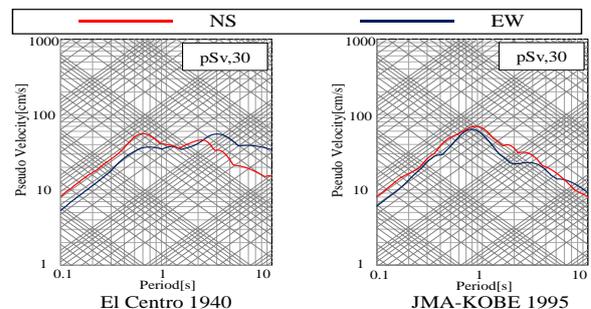


Figure 2-6 Response spectrum (h=0.30)

1: 日大理工・教員・建築、 Professor, College of Science and Technology, Nihon University, Dr. Eng.

2: 日大理工・院(前)・建築、 Graduate School of Science and Technology, Nihon University

3: 日大理工・学部・建築、 College of Science and Technology, Nihon University

2.4.2 非線形時刻歴応答解析結果

Figure2-7~Figure2-10 に地震波を1方向入力した質点モデルと地震波を2方向入力した立体モデルの非線形時刻歴応答解析結果を示す. 1方向入力時の質点モデルの結果と2方向入力時の立体モデルの結果がほぼ一致していることが確認できる. ダンパーを付加したために上部層において絶対加速度が増加しているが, 相対変位においては応答が低減されていることも確認できる. 立体モデルではダンパーを斜めに取り付けられているが X 方向, Y 方向に低減されている. また, 複合型配置を用いることで両方向にバランスよく応答低減ができています.

2.5 まとめ

前報その1では, 既往の研究によって示されていたトグル機構の水平方向の増幅倍率 β , 等価水平剛性 K_t に加え, 鉛直方向の増幅倍率 β 式, 等価水平剛性 K_t マトリックスを示した. また算出した式を基に免震層に挿入するトグル機構の配置について検討を行い, その結果複合型配置の有効性について水平方向, 鉛直方向に対し, 均等に増幅倍率 β , 等価水平剛性 K_t を持つことを示した.

本報その2では, 前報その1で有効性を確認した複合型配置のトグルを用いることを想定し, 立体モデルを作成して増幅倍率 β , 限界変形 δ_{max} , 等価水平剛性 K_t 等のトグル機構の効果を考慮した.

作成したモデルを用いて非線形時刻歴応答解析を行った結果, 質点モデルに1方向入力をした場合と立体モデルに2方向入力をしたどちらの場合においても, モデルにダンパーを斜めに挿入した際に2方向に対して効果を有していることを明らかにした.

またダンパーを設置することで応答を低減する効果があることを示し, さらに質点モデルと立体モデルの解析結果の整合していることを示した.

2.6 今後の検討

本研究では, 水平にトグルを配置した際の増幅倍率 β の幾何学的非線形性を考慮した解析に至らなかった. そのため増幅倍率が最も低い点 ($\delta=0$) の値で解析を行った. 今後の研究では幾何学的非線形性を考慮した際のトグル機構の明確な効果を把握する必要がある.

また, 複合型配置を用いる際に異なるばね剛性で解析できるように並列ばねを考慮したダンパー量の縮約式を求めることも今後望まれる.

【参考文献】

- 1) 石丸辰治, 秦一平ら: 増幅機構を用いた制震構造システムに関する基礎的研究 その1~その7, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1997, 1998, 1999, 2000
- 2) 学術フロンティア推進事業 環境・防災都市に関する研究 研究報告書 第7号, 2006

(Non-linear time history response analysis results)

