

免震層にトグル機構を用いた免制震システムの基礎的研究

その1 免震層に用いるトグル機構の配置の検討

A fundamental study on the structure system using a toggle mechanism on the base isolation layer Part1 Study of arrangement of toggle mechanism to be used for the seismic isolation layer

○池田貴紀³, 葛西聡³, 田中佑一郎², 古橋剛¹

*Takanori Ikeda³, Satoshi Kasai³, Yuichiro Tanaka², Takeshi Furuhashi¹

This research proposes seismic isolation system using a toggle mechanism to reduce response at the time of the long period seismic ground motions. And in this paper, we show properties of a toggle mechanism to be considered in non-linear time history response analysis.

1.1 はじめに

免震建物とは、免震アイソレータを設けて上部建物の周期を延ばすことで、地震動との共振を避け、構造被害を軽減する建物である。しかし、過大な長周期地震動が入力された際、免震層の変形が増大し、擁壁との衝突や免震アイソレータの破損等の問題が考えられる。

そこで本研究では、免震層にトグル機構とダンパーを設置し、免震層変形を抑え建物の応答を低減する免制震システムを提案し、有効性を示す。本報では、トグル機構の性質、及び免震層に用いる際の配置を検討する。

1.2 トグル機構の概要

トグル機構とは、実際に入力される変位を、ダンパー部分に増幅して伝える機構である。これによりダンパーを効果的に作用させることができる。以降に、トグル機構の性質を示す。

検討モデルとして腕部材をダンパーに内向きに接続した凹型モデル、その逆の凸型モデルを設定する。

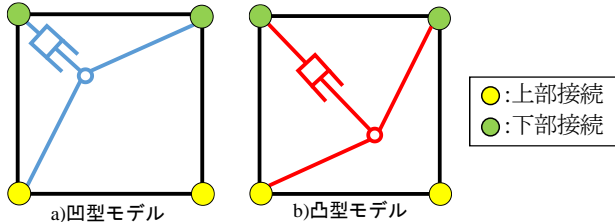


Figure 1-1 Depression model and convex model

1.2.1 増幅倍率の算出

凹型モデルのトグル機構が左右方向に δ 変位した場合を表すと Figure 1-2 のようになる。このとき、ダンパー部分が AC から A'C' に変化する。この A'C' と AC の差を変位 δ で除した値が増幅倍率 β となる。この際、この関係を表した式が(1-1)~(1-3)式となる。

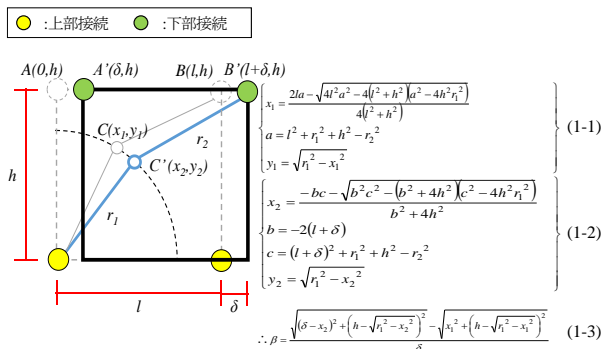


Figure 1-2 Amplification mechanism of Depression model

また、凹型モデルのトグル機構が上下方向に δ 変位した場合も同様の原理で説明することができ、その際の挙動を表すと Figure 1-3 のようになる。そしてこの際、この関係を表した式が(1-4)~(1-5)式となる。

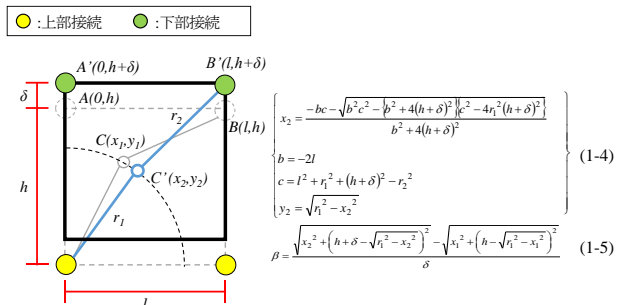


Figure 1-3 Amplification mechanism of Depression model

凸型モデルのトグル機構の挙動に関しては Figure 1-4, 1-5, 倍率の関係式に関しては(1-6)~(1-10)式に示す。

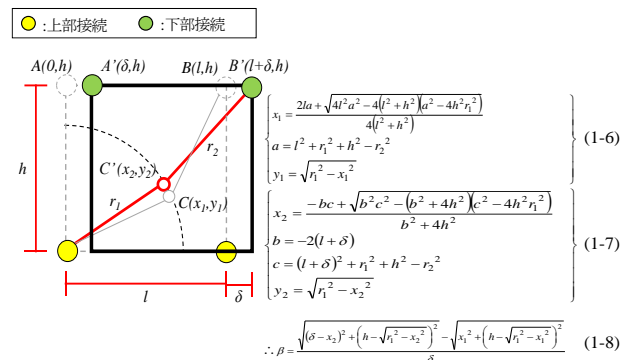


Figure 1-4 Amplification mechanism of convex model

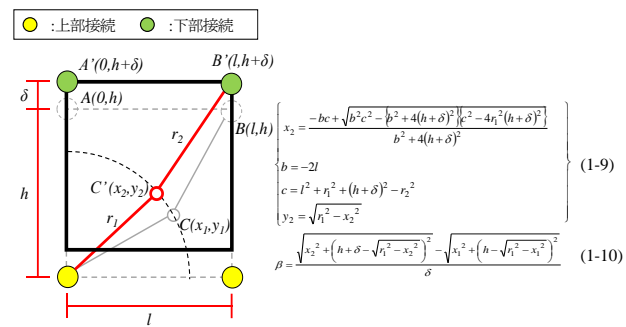


Figure 1-5 Amplification mechanism of convex model

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

算出した増幅倍率 β を Figure 1-6 に示す。

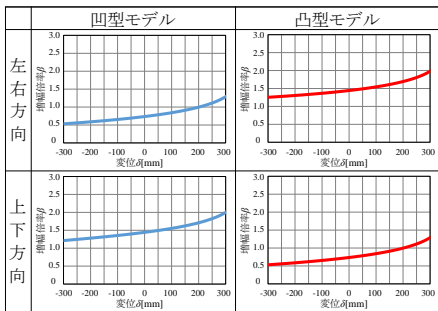


Table1-1

h [mm]	3500
l [mm]	3500
r_1 [mm]	2602
r_2 [mm]	2602

Figure1-6 Amplification factor β of two models

Figure 1-6 より、トグルの増幅倍率 β には幾何学的非線形性があることがわかる。また凹型モデルは上下方向に、凸型モデルは左右方向に高い倍率をもつことがわかる。凹型モデルの左右方向と凸型モデルの上下方向、及び凹型モデルの左右方向と凸型モデルの上下方向の倍率は概ね一致していることがわかる。

1. 2. 2 限界変位

トグルが変形できる変位には限界がある。この変位を限界変位 δ_{max} とし、図 Figure 1-7 に求め方を示す。

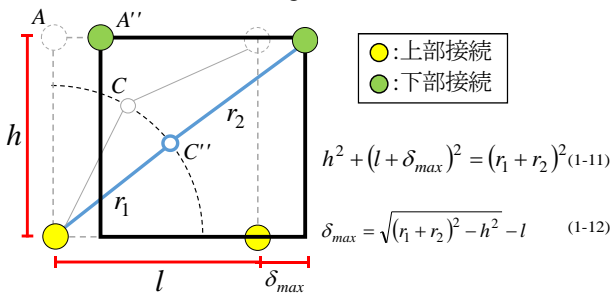


Figure1-7 δ_{max} Displacement limit

1. 2. 3 等価水平剛性

トグルの腕部材の軸剛性は等価水平剛性 K_t に置換することで取り付け部剛性 K_d としてダンパーに直列のばね剛性と考えることができる。

凹モデルと凸モデルの左右方向及び上下方向の等価水平剛性を Figure 1-8 に示す。等価水平剛性についても幾何学的非線形性は存在し、また凹型モデルは上下方向に凸型モデルは左右方向に高い剛性を持っている。

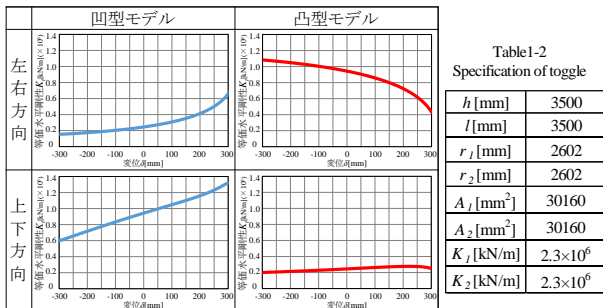


Table1-2
Specification of toggle

h [mm]	3500
l [mm]	3500
r_1 [mm]	2602
r_2 [mm]	2602
A_1 [mm ²]	30160
A_2 [mm ²]	30160
K_1 [kN/m]	2.3×10^6
K_2 [kN/m]	2.3×10^6

Figure 1-8 K_t Equivalent spring constant

1. 2. 4 配置パターン

免震層にトグル機構を用いるにあたり、トグル機構が及ぼす反力の影響から上部の建物に捻じれが起きる可能性がある。そのため、複数基のトグル機構を用いて、捻じれを防止するための配置を検討する。

まず、免震アイソレータ 4 基で囲まれたエリアを 1 区画とし、1 区画にトグル機構を複数配置するパターンを検討する。施工面を考慮すると Figure 1-9 に示した凹型配置と複合型配置の 2 パターンが挙げられる。

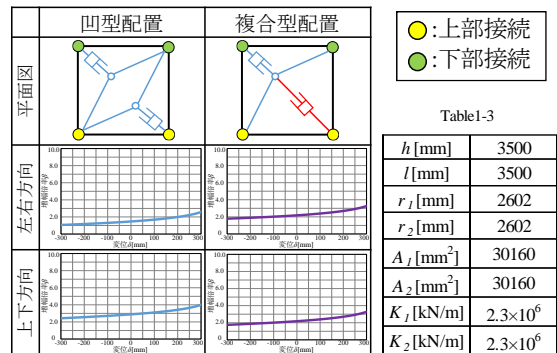


Figure 1-9 Arrangement of toggle mechanism in 1 area

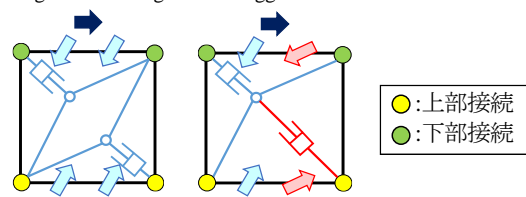


Figure 1-10 Reaction force diagram

しかし、この配置での反力の向きや大きさは Figure 1-10 のようになり、1 方向の入力に対して 2 方向の反力が存在する。よって上部の建物に捻じれが生じる。そこで、次に 4 区画での配置パターンを Figure 1-11 に示す。

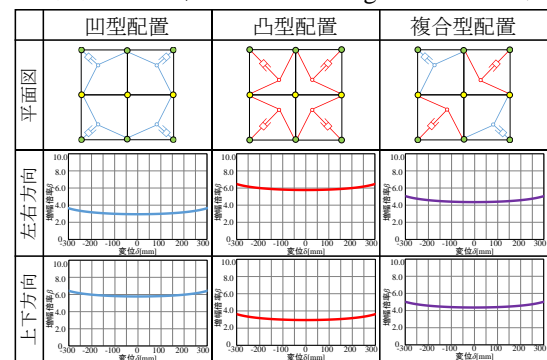


Figure 1-11 Pattern arrangement of toggle mechanism

Figure 1-11 より、凹型配置では左右方向に、凸型配置では上下方向に高い倍率を持っていることがわかる。これらに比べ、複合型配置は各方向に同一な増幅倍率 β を持つ配置となっており、設計に用いることを想定した場合、複合型配置が有効であるといえる。

1. 3 まとめ

免震建物に大地震動が入力された際、危惧される問題に対して、免震層にトグル機構を用いることを提案した。また、免震層に用いるトグル機構の配置方法の検討を行い、有効な配置方法を示した。次報では、立体モデルを用いて非線形時刻歴応答解析を行う。

【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