

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	積層ゴム引抜き時の応力再配分を考慮した基礎梁曲げモーメントの予測手法の提案
Title(English)	Proposal of method for predicting bending moment of footing beam considering stress redistribution under tensile deformation of rubber bearing
著者(和文)	吉江一馬, 佐藤大樹, 松田頼征, 北村春幸, 中村昌弘, 森隆浩, 加藤秀章, 脇島健二, 石田安澄
Authors(English)	Kazuma Yoshie, Daiki Sato, Yoriyuki Matsuda, Haruyuki Kitamura, Masahiro Nakamura, Takahiro Mori, Hideaki Kato, Kenji Wakishima, Azumi Ishida
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 875-876
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 875-876
発行日 / Pub. date	2018, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

積層ゴム引抜き時の応力再配分を考慮した基礎梁曲げモーメントの予測手法の提案

			正会員	○吉江一馬*1	同	佐藤大樹*2	同	松田頼征*3
免震構造	水平上下重ね合わせ	引抜き	同	北村春幸*3	同	中村昌弘*4	同	森 隆浩*4
基礎梁	応力再配分		同	加藤秀章*4	同	脇島健二*4	同	石田安澄*4

1. はじめに

積層ゴムの引抜きについて検討する際、水平と上下を別々に解析して重ね合わせる方法が提案されている¹⁾が、積層ゴムの引張弾性率が圧縮弾性率に対して小さくなることを考慮した重ね合わせ法は提案されていない。一方、引張弾性率が低くなることで、積層ゴム引抜き時に応力再配分が発生し引抜けた積層ゴム周辺の基礎梁の曲げモーメントが大きくなる。

これらを踏まえて本報では、積層ゴムの引張弾性率が圧縮弾性率に対して低くなることを考慮した水平上下応答値の重ね合わせによる積層ゴム引抜き時の基礎梁の曲げモーメントの推定手法を提案する。

2. 検討用モデルの概要

2.1 上部構造の設計

対象建物は、地上24階、高さ96.0m、長辺方向32.0m、短辺方向24.0m、搭状比4.0の鉄骨造免震建物とした。基準階伏図とX1, X6通り軸組図を図1に示す。上部構造は弾性体とし、免震建物の水平と上下の固有周期の相違に影響を受けない $h=2\%$ の定値減衰として検討を行う。

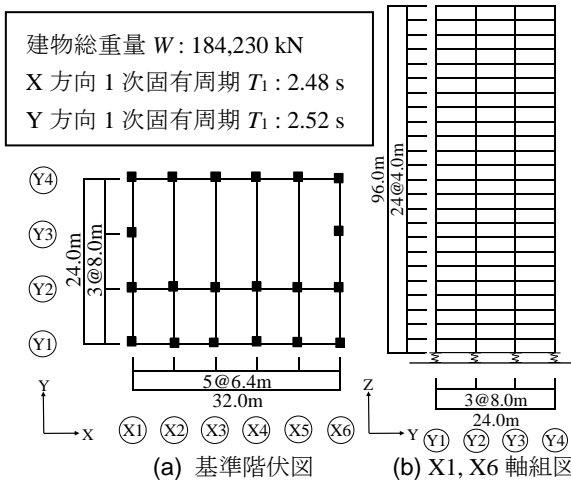


図1 建物モデル概要

2.2 免震層の概要

図2に積層ゴムの配置を、図3にダンパーの配置を示す。免震層は、天然ゴム系積層ゴム²⁾と履歴減衰型ダンパー³⁾で構成する。天然ゴム系積層ゴムは、せん断弾性係数 $G=0.392$ N/mm²、2次形状係数 $S_2=5.0$ とし、柱の長期軸力に対する面圧が10~15 N/mm²となるようにゴム径 ϕ を定め、各柱下に配置した。履歴減衰型ダンパーは、U型ダンパーを用いて、建物総重量の約2.5%で降伏するように設定した。せん断歪み250%時の固有周期はX方向: 4.38 s, Y方向: 4.40 sである。

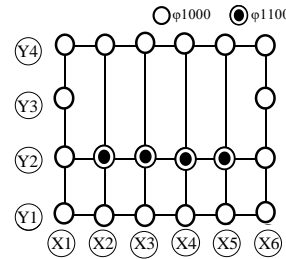


図2 積層ゴム配置図

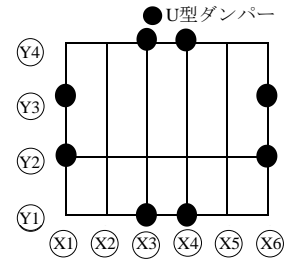


図3 ダンパー配置図

2.3 積層ゴムの引張特性のモデル化

図4に各ケースの面圧 σ -ひずみ ϵ 関係を示す。同図に示す通り、Type-0は、圧縮側と引張側で剛性を同一としたモデルであり、Type-1は、森ら⁴⁾が提案している引張剛性を圧縮剛性の1/50とする。

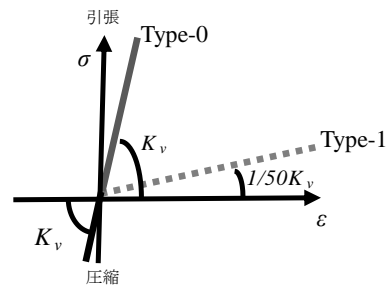


図4 鉛直方向の面圧 σ -ひずみ ϵ 関係

3. 検討用地震動

本報では、水平45度方向と上下の2方向入力を用いる。検討にはコーナー周期(0.64 s)以降で擬似速度応答スペクトルを一定とした模擬波を用いて、上下動は文献5)の方法により水平動の応答スペクトルに上下動成分係数を乗じて上下動の応答スペクトルを設定した。位相特性は、1995年兵庫県南部地震-神戸海洋気象台記録(JMA Kobe)のNS成分とUD成分を用いた。以降、Art Kobeと呼ぶ。図5に、Art Kobeの擬似速度応答スペクトル($h=5\%$)と時刻歴波形を示す。ここでは例として、模擬波はNS成分のコーナー周期以降を $pS_v=80$ cm/sとした際の結果を示す。

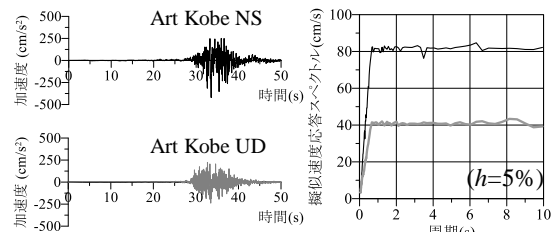


図5 (左)時刻歴波形と(右)擬似速度応答スペクトル

4. 基礎梁の曲げモーメントの推定

本章では、引抜きが1箇所および2箇所の場合のそれぞれにおける基礎梁の曲げモーメントの推定手法を提案する。

4.1 推定手法

以下に、積層ゴム引抜き時の応力再配分を考慮した基礎梁の曲げモーメントを推定する手順について述べる。以降は例として、引抜きが1箇所の場合はX1-Y1の積層ゴム、2箇所の場合はX1-Y1, X2-Y1の積層ゴムが引抜けた際の手順を示す。

まず、積層ゴムの最大引張歪み発生ステップ n におけるType-0での水平上下単独入力による基礎梁の曲げモーメント ${}_{X,Y}M_e^{(n)}$, ${}_Z M_e^{(n)}$, 長期の曲げモーメント ${}_Z M_0$ を用いてType-0での基礎梁の曲げモーメント $M_e^{(n)}$ を式(1)より算出する。以降、時刻歴和法と呼ぶ。

$$M_e^{(n)} = {}_{X,Y}M_e^{(n)} + {}_Z M_e^{(n)} + {}_Z M_0 \quad (1)$$

次に、時刻歴和法、エネルギー一定則の考え方を準用して算出した ${}^5)\varepsilon_{e,X1-Y1}^{(n)}$, $\varepsilon_{e,X1-Y1}^{(n)}$ とゴム総厚 h_R を用いて式(2)より、X1-Y1の積層ゴムに与える強制変位 Δu_{X1-Y1} を算出する。

$$\Delta u_{X1-Y1} = (\varepsilon_{e,X1-Y1}^{(n)} - \varepsilon_{e,X1-Y1}^{(n)})h_R \quad (2)$$

その後、引抜きが生じた積層ゴムの部分の節点(X1-Y1)に Δu_{X1-Y1} を強制変位として与える。その際、強制変位によって隣の積層ゴムX2-Y1に生じる変位 u_{X2-Y1} を求める。

X2-Y1に生じる変位 u_{X2-Y1} をType-0での時刻歴和法より得られるX2-Y1位置の変位 $\varepsilon_{e,X2-Y1}^{(n)}$ に加えた場合において、その和が圧縮側の場合は引抜きが1箇所の場合であり、 Δu_{X1-Y1} を強制変位として与えた解析の基礎梁の曲げモーメントを M_f として、式(3)から積層ゴム引抜き時の応力再配分を考慮した基礎梁の曲げモーメント M_{eq} を推定する。

$$M_{eq} = M_e^{(n)} + M_f \quad (3)$$

一方、その和が引張側となった場合は、引抜きが2箇所であり、式(4)に示すようにエネルギー一定則を用いてX2-Y1の積層ゴムの引張歪み $\varepsilon_{e,X2-Y1}^{(n)}$ を推定する。その後、式(5)よりX2-Y1に加える強制変位 Δu_{X2-Y1} を求める。

$$\varepsilon_{e,X2-Y1}^{(n)} = (\varepsilon_{e,X2-Y1}^{(n)} + u_{X2-Y1}/h_R) \sqrt{\frac{1}{\alpha}} \quad (4)$$

$$\Delta u_{X2-Y1} = (\varepsilon_{e,X2-Y1}^{(n)} - \varepsilon_{e,X2-Y1}^{(n)})h_R \quad (5)$$

その後、X1-Y1, X2-Y1に強制変位 Δu_{X1-Y1} および Δu_{X2-Y1} を与え(図6)その時の基礎梁の曲げモーメント M_f を求める。

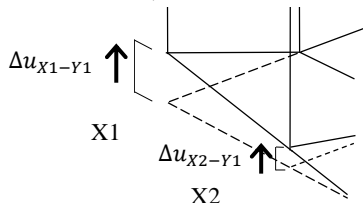


図6 強制変位 Δu_{X1-Y1} , Δu_{X2-Y1} の概要

最後に、式(3)から応力再配分を考慮した基礎梁の曲げモー

メント M_{eq} を推定する。以降、強制変位手法と呼ぶ。

4.2 検討結果

図7, 8(a), (b)に、強制変位手法より算出した基礎梁の曲げモーメント M_{eq} と水平上下同時入力による n ステップの基礎梁の曲げモーメント M_α をそれぞれ示す。図7は $pS_v = 60 \text{ cm/s}$ 入力時における積層ゴムの引抜きが1箇所の場合であり、図8は $pS_v = 80 \text{ cm/s}$ 入力時における積層ゴムの引抜きが2箇所の場合である。図7, 8より、強制変位手法より算出した基礎梁の曲げモーメント M_{eq} は水平上下同時入力による曲げモーメント M_α と概ね一致しており、強制変位手法を用いることで積層ゴムが引抜ける場合の応力再配分を考慮した基礎梁の曲げモーメントを推定できることが確認できた。

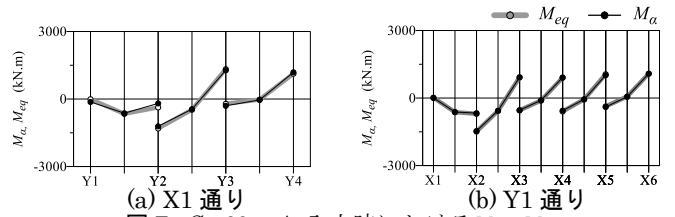


図7 $pS_v=60\text{cm/s}$ 入力時における M_α , M_{eq}

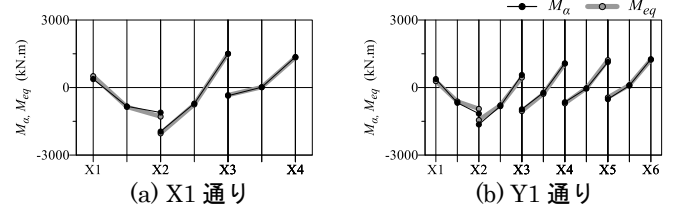


図8 $pS_v=80\text{cm/s}$ 入力時における M_α , M_{eq}

5. まとめ

本報では、積層ゴムの引張弾性率が圧縮弾性率に対して低くなることを考慮した水平上下応答値の重ね合わせによる積層ゴム引抜き時の基礎梁の曲げモーメントの推定手法を提案した。その結果、引抜きが生じた積層ゴムが1箇所のときも2箇所のときも積層ゴム引抜き時の応力再配分を考慮した基礎梁の曲げモーメントを、時刻歴和法から算出した曲げモーメントと、エネルギー一定則から算出した積層ゴムの引張歪みを強制変位として与えた解析の曲げモーメントとの和で推定できることを確認した。

参考文献

- 1) 日本建築センター：評価・評定を踏まえた高層建築物の構造設計実務，2002
- 2) 株式会社ブリヂストン：天然ゴム系積層ゴム技術資料，2009，4
- 3) 日本免震構造協会：免震部材標準品リスト 2009，第3版，p.616，2009.10
- 4) 森隆浩，中村昌弘，室田伸夫他：引張限界ひずみによる免震構造設計のための積層ゴムの引張特性の評価，日本建築学構造系論文集，pp.2021-2030，2015.12
- 5) 日本免震構造協会：JSSI 時刻歴応答解析による免震建物の設計基準・同マニュアル及び設計例，pp.70-71，2010.3
- 6) 吉江一馬，佐藤大樹，松田頼征，北村春幸，中村昌弘，森隆浩，加藤秀章：エネルギー一定則を用いた水平上下応答の重ね合わせによる積層ゴム引張歪みおよび基礎梁曲げモーメントの推定手法，日本建築学会技術報告集，第24巻，57号，pp.577-582，2018.6

*1 元東京理科大学 *2 東京工業大学
*3 東京理科大学 *4 株式会社ブリヂストン

*1 Former Tokyo University of Science *2 Tokyo Institute of Technology
*3 Tokyo University of Science *4 Bridgestone Corporation