Architectural Institute of Japan

21278

日本建築学会大会学術講演梗概集
(北海道) 1995 年 8 月

低層免震建築物の風圧時応答に関する考察
その1：時刻歴波形の作成及び応答解析

○正会員　黒澤　隆志*1
同　三宅　辰哉*2
同　花井　勉*3

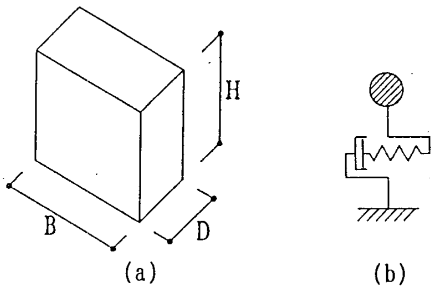
1．序

建築物の基礎構造を上部構造に比べて十分剛性の低いものとした場合、上部構造への加速度入力が著しく低減することに着目した免震構造の可能性について多くの研究がなされ、その実用化が図られている。しかし、これらは多くの場合、中層以上のＲＣ造などの重い建築物を対象としており、低層鉄骨造住宅のように小規模で軽い建物における免震構造に関する研究はほとんど例を見ない。その理由として上部構造が軽い場合は、大地震に対して有効な免震効果を実現しようとすると免震層の剛性が過剰に低くなり、風圧力に対して有害な応答を生じる可能性があることが挙げられる。

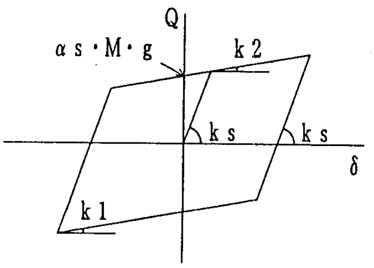
本検討では、低層鉄骨造住宅における免震構造の実用化への一助とすべく、模擬風圧力波を用いた応答解析により小規模軽量免震構造物の風圧時応答を求め、その特性について考察する。

2．解析モデルの設定

上部構造は３階建て鉄骨造住宅を想定し、その形状は図－１(a)の直方体とする。大きさはB=10m、D=5m、H=9mとし、重量は80tfとした。免震層は上部構造に対して十分剛性が低く、応答は１次モードが卓越するものとして振動モデルは図－１(b)の１質点系とした。



図－１ 解析モデル



図－２ 免震層の復元力特性

免震層の復元力特性は図－２に示すバイリニア型モデルに、粘性減衰が付加されたものとし、諸特性値は次のように設定した。

初期剛性　$k_s=10.0\text{t/cm}$

２次剛性　$k_2=0.60\text{t/cm}$

降伏せん断力係数　$\alpha_s=0.04$

粘性減衰定数　$h=0.05$

3．模擬風力波の作成

文献1)に従い、建物区分をⅢとし想定平均風速U_hを次のように設定する。

$U_h=15\text{m/s}$(１年再現期待値)

$U_h=30\text{m/s}$(５０年再現期待値)

同じく文献1)によれば、風圧力波のパワースペクトル密度は次式のように求められる。

$$S_P(\omega)=S_u(\omega)\cdot|x_a|^2 \quad \cdots\cdots (1)$$

ここで、$S_u(\omega)$は風速パワースペクトル密度、$|x_a|^2$は空力アドミッタンスであり、次のようになる。

$$S_u(\omega)=2\pi\cdot F\cdot\sigma_u{}^2/\omega \quad \cdots\cdots (2)$$

$$|x_a|^2=S_f\cdot\left|\frac{\rho\cdot C_f{}^*\cdot U_h\cdot B\cdot H^2}{1.95+\alpha}\right| \quad \cdots\cdots (3)$$

ただし、

$\sigma_u=I\cdot U_h$　　$C_f{}^*=0.75\cdot C_f$

F:風力スペクトル係数　σ_u:変動風速の標準偏差(m/s)

ω:円振動数(Hz)　I:風の乱れの強さ　S_f:規模係数

ρ:空気密度=0.125(kg・s²/m⁴)　　C_f:風力係数=1.2

α:平均風速の鉛直分布べき指数

以上のように設定される$S_P(\omega)$を用いて、次のように模擬風力波を作成する。

パワースペクトル$S_P(\omega)$を有する平均値０の定常確率過程$x(t)$は、次のように求めることができる。

$$x(t)=\sum_{k=1}^{N}\{a_k\cdot\cos\omega_k\cdot t+b_k\cdot\sin\omega_k\cdot t\} \quad \cdots\cdots (4)$$

ここで、継続時間をT_d、計算する時間の刻みをd_tとして

$$N=T_d/d_t \quad \cdots\cdots (5)$$

$$\omega_k=\pi k/T_d \quad \cdots\cdots (6)$$

である。a_k、b_kは平均値が０で次式による標準偏差σ_kのガウス確率変数で、すべて互いに独立である。

$$\sigma_k{}^2=2\pi S_P(\omega_k)/T_d \quad \cdots\cdots (7)$$

解析に用いる模擬風圧力波は、この$x(t)$に平均風速に相当する風圧力Q_wを加算したものとする。

A study on the response of Few-story Base-isolated Building under wind force
Part 1: Time history of artificial wind force and responce

KUROSAWA Takashi et al.

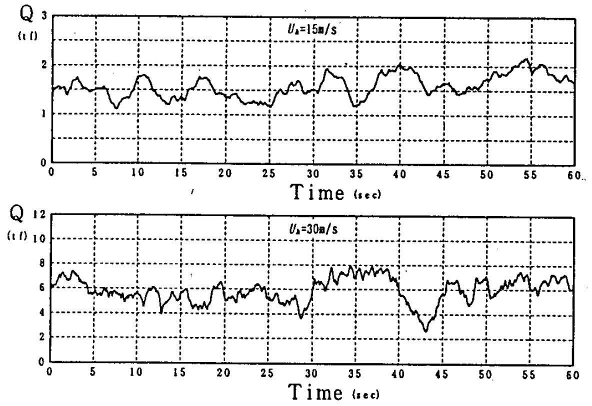
NII-Electronic Library Service

Architectural Institute of Japan

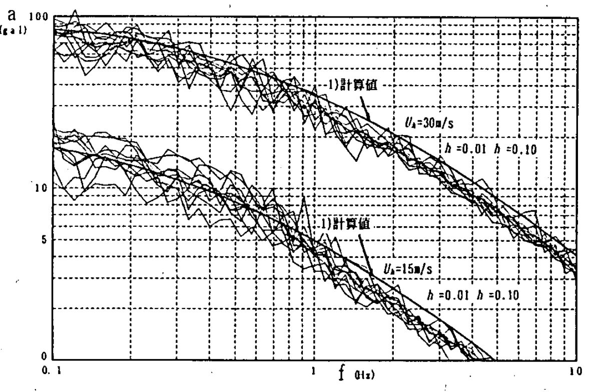
$Q_w = \rho \cdot U_h{}^2 \cdot C_f \cdot B \cdot H/2$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ (8)

本手法により継続時間60s の模擬風圧力波を10波作成した。図－3に模擬風圧力波の例を示す。

図－4に作成した模擬風圧力波の応答スペクトル(減衰定数5%)を示す。文献1)による風圧力の応答スペクトル値と良く一致している。



図－3 模擬風圧力波



図－4 模擬風圧力波の加速度応答スペクトル

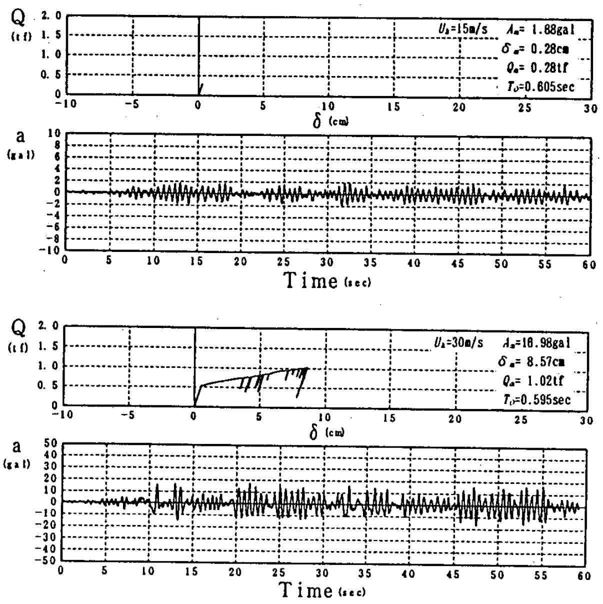
4．振動モデルの時刻歴応答

本振動モデルの振動方程式は次のようになる。

$m \cdot x'' + F(x,t) = -Q(t)$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ (9)

ここで、m は質点の質量、x は質点の変位、″は時間に関する2階微分、$F(x,t)$は免震層の復元力、$Q(t)$風圧力である。本方程式に基づき、先に求めた模擬風圧力波を用いて時刻歴応答解析を行った。解析方法は線形加速度法とし、計算の時間刻みは0.005sとした。その結果を図－5に示す。上段が荷重変形履歴曲線，下段が応答加速度時刻歴である。

U_h=15m/s の場合は2次剛性に移行することは無く、初期剛性の下での線形応答となっている。U_h=30m/s の場合は2次剛性に移行し、最大変形量は8cm程度に達する。ただし地震応答のようにループを描くことは無い。本振動モデルの初期剛性下における固有周期T_oは0.568sである。これに対して図－5に示す応答加速度波をもとにゼロークロッシング法により応答加速度波の平均周期を求めると0.595sであり、T_oとほぼ一致する値となる。したがって、風圧時の応答加速度は免震層の復元力特性のうち、初期剛性、減力剛性および、それらの下での減衰性に支配されると言える。



図－5 模擬風圧力波による応答

5．まとめ

風圧力に対する免震装置の設計条件は、降伏耐力を風荷重の2倍とする[2)]などして、強風時でも免震層が初期剛性に留まるように配慮するのが一般的である。その主な理由は風圧時の体感振動を軽減することにあると考えられるが、本検討結果では風圧時の加速度応答は免震層の初期剛性、減力剛性および、それらの下での減衰性に支配され、風圧時の体感振動を軽減するためにはこれらの値をできるだけ高く設定することが有効であることが判った。

前述のように上部構造が軽い場合は地震時応答と風圧時応答の両者を軽減するような免震層の実現は困難であると考えられたが、風圧時の最大応答変位が許容されれば、このような軽量建築物の免震化は可能と言える。

参考文献

1)日本建築学会：建築物荷重指針・同解説，pp.243～288，1993.6.20
2)日本ゴム協会・免震ゴム利用技術特別委員会，免震用積層ゴムの利用技術に関する研究報告書，pp.80 ，平成4年4月30日

*1 旭化成工業　Asahi Kasei Kogyo
*2 名古屋工業大学大学院生（日本システム設計）　Graguate Student, Nagoya Institute of Technology
*3 日本システム設計　Nihon System Sekkei

NII-Electronic Library Service