

地盤特性を考慮した建物の部分空間法による減衰性能

建築計画研究室 影山 史渡

(令和5年2月8日提出)

SWAY ロッキングばね

1. 研究の背景と目的

建物を設計する際、一般的に、内部粘性減衰定数は鉄骨造では、1~3%、鉄筋コンクリート造では、2~4%と設定している。しかし、地盤との動的相互作用を考慮した減衰性能については、解明されていないことが多く、減衰定数を簡易的に一括評価しているのが現状である。本研究では地盤との動的相互作用を考慮した建物と同等の応答が得られる基礎固定系モデルの減衰定数を算出する。地盤特性を考慮した建物の減衰定数を部分空間法により同定し、比較することを目的とする。

2. 解析モデルおよび解析方法

上部構造は、5層、7層、10層、15層、20層とした平面形状が40m×40m、各層の階高が3.75mであるS造、RC造とする。重量はS造で8kN/m²、RC造では15kN/m²とし、各層同一とした。基礎の重量は各層重量の3倍とし、直接基礎を想定している。内部粘性減衰は剛性比例型減衰、レーリー型減衰を採用する。各層の剛性は外力分布をAi分布により設定している。解析モデルは、図1に示す基礎固定系モデルと、地盤特性を考慮するSRモデルを採用する。せん断弾性波速度VsがVs=400,300,200,150(m/s)のときのSRばねを用いた。解析に用いた地震波は図2から図4に示す告示波とする。

解析方法は、SRモデルと基礎固定系モデルの最大応答層せん断力係数から算出する一致係数¹⁾という考え方をを用いて基礎固定系モデルの減衰定数を算定する。図5に一致係数の定義および減衰定数の算出方法について示す。次に部分空間法により減衰定数を同定する。地盤との動的相互作用を考慮したSRモデルの時刻歴応答解析を行い、すべての質点における加速度応答時刻歴を算出する。入力データを告示波3波の地動加速度応答時刻歴、出力データをすべての質点の加速度応答時刻歴としてシステム同定を行った。部分空間法を行う際のシミュレーション時間は各地震動におけるすべての継続時間を対象に行う。また、時間幅を5秒間に変更し、2.5秒ずつ時間をシフトさせ、時々刻々の減衰定数について同定した。

3. 一致係数による減衰定数の算定

図2(a)~(i)にS造、RC造、RC造非線形における一致係数が最大となる時の層数と減衰定数と、部分空間法による減衰定数の傾向を示す。なお、実線を一致係数による減衰定数、破線を部分空間法により同定した減衰定数を示す。S造とRC造では、Vsが小さくなるにしたがい減衰定数が大きくなる傾向がみられた。RC造非線形ではVs=200,150(m/s)における20層の減衰定数が大きくなった。

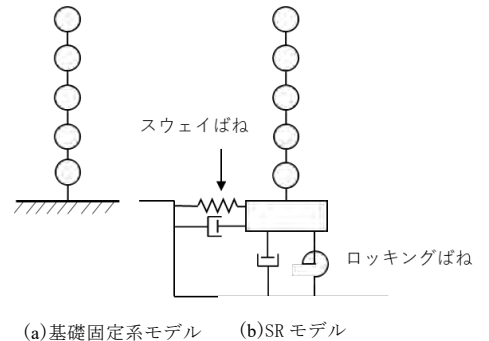


図1 解析モデル

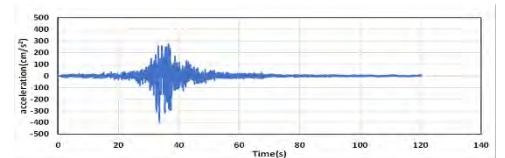


図2 告示波神戸位相

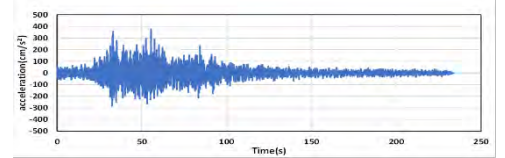


図3 告示波八戸位相

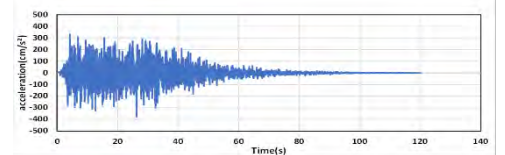
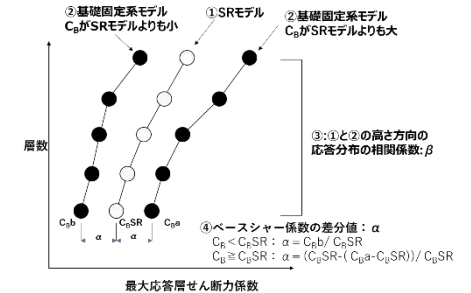


図4 告示波乱数位相



- ① SRモデルの最大応答層せん断力係数を算出
- ② 基礎固定系モデルの最大応答層せん断力係数を算出
- ③ ①と②の最大応答層せん断力係数の高さ方向の分布における相関係数 β を算出
- ④ ①と②のベースシャー係数の差分 α を算出
- ⑤ 一致係数 $\gamma = \alpha \times \beta$
- ⑥ 一致係数 γ が最も高くなる減衰定数を算定

図5 一致係数と減衰定数の算定方法

4. 部分空間法による減衰定数との比較

図2(a)~(f)より、S造RC造では、どの地震波においても部分空間法により同定した減衰定数は、軟弱地盤になるほど大きくなった。図2(a)~(c)より、S造では一致係数が最も高くなる減衰定数と、部分空間法により同定した減衰定数は、Vsの大きさにかかわらず同様の傾向がみられた。図2(d)~(f)より、RC造ではVsが小さくなると、部分空間法による減衰定数が大きくなる傾向がみられた。図2(g)~(i)よりRC造非線形では、部分空間法による減衰定数が全体的に大きくなる傾向がみられた。

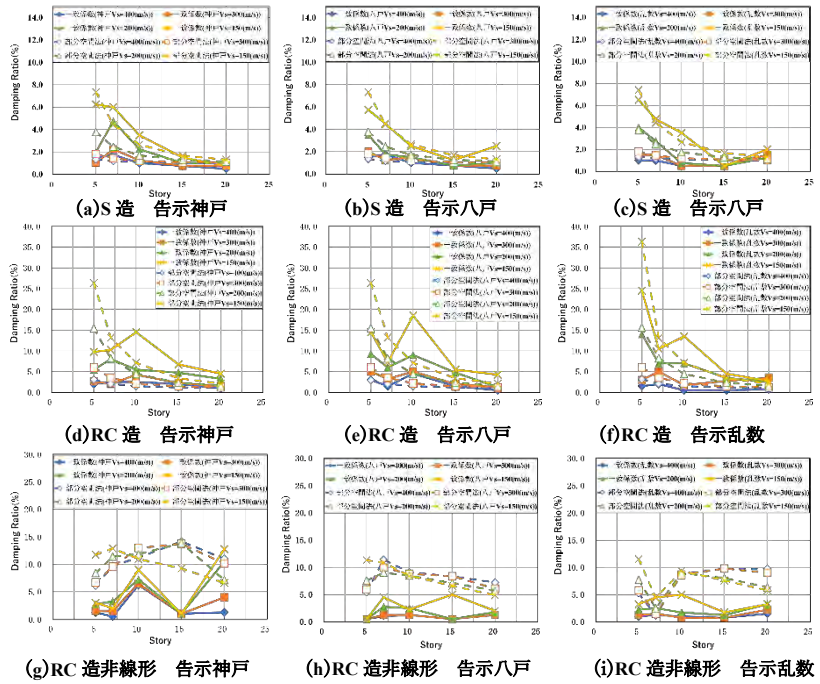


図7 一致係数が最大となる減衰定数と部分空間法による減衰定数

5. 時間幅を変更した減衰定数の変化

図9から図18にS造神戸位相の各層における時間幅を変更した減衰定数を減衰モデルごとに示す。また、同層数におけるVsの違いによる減衰定数の変化についても示す。なお、図中において、○と実線をVs=400(m/s)、△と破線をVs=150(m/s)をそれぞれ表している。建物が高層になるにつれて減衰定数の差が小さくなった。15層と20層では減衰定数にばらつきがみられ、レーリー型に対して、剛性比例型が大きくなった。低層建物では、一致係数による減衰定数が部分空間法で同定した減衰定数よりも大きく評価された。

6. まとめ

本研究では、地盤特性による減衰性能を、一致係数による減衰定数および部分空間法による同定により評価した。その結果、一致係数による減衰定数の算出は、S造では全体的に精度よく算定できた。RC造では、地盤が硬質な高層建物において精度良く算定できた。高層建物では、時間幅を変更すると、減衰定数のばらつきがみられ、剛性比例型の減衰定数のばらつきが大きくなりみられた。

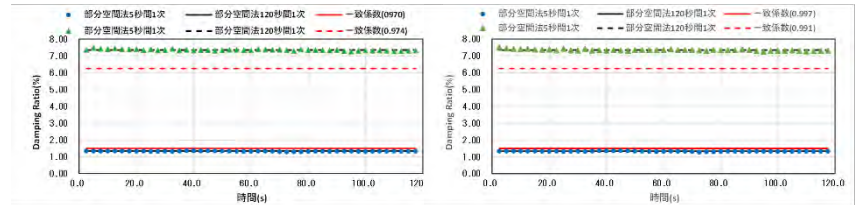


図9 5層剛性比例型減衰

図10 5層レーリー減衰型

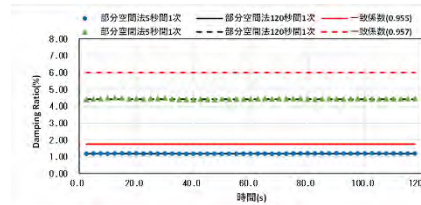


図11 7層剛性比例型減衰

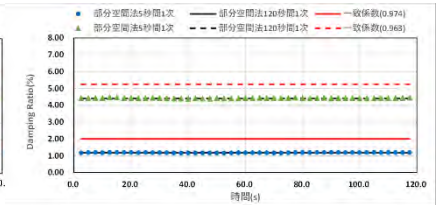


図12 7層レーリー減衰型

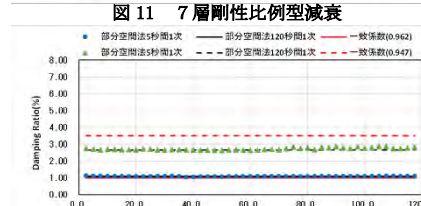


図13 10層剛性比例型減衰

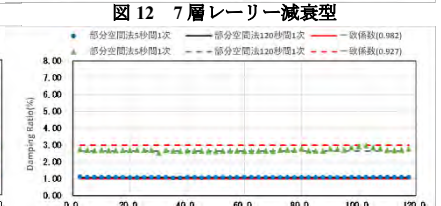


図14 10層レーリー減衰型



図15 15層剛性比例型減衰

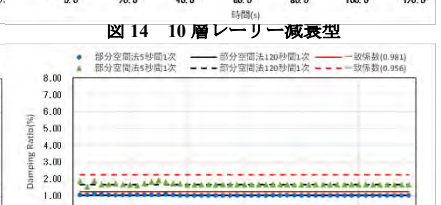


図16 15層レーリー減衰型



図17 20層剛性比例型減衰



図18 20層レーリー型減衰