

地盤を考慮したRC構造物の地震応答解析

○ 東北大学 学生員 砂金 伸治
 東北大学 学生員 滝沢 聡
 東北大学 正会員 鈴木 基行

1. はじめに

地盤と構造物の動的相互作用が研究対象となって久しいが、いまだに構造物の耐震設計の際に地盤や基礎の影響が無視されることが少なくない。本研究ではRC2層ラーメン構造物と地盤との動的相互作用を分割法を用いて解析を行った。すなわち、地盤が地震動を受けた時の応答解析を行い、それをスウェイバネ、ロッキングバネ等といったシステムを介して構造物がいかなる挙動を示し得るかを解析し、併せて構造物の振動特性に及ぼす地盤の影響を検討した。

2. 解析モデル及び解析手法

ここでは時刻歴応答解析を行った。この解析を簡単に行うために地震波の周波数に依存しない機械的な地盤バネをもつスウェイ・ロッキングバネモデル（以下SRモデルと略、図-1参照）を用いて解析を行った。なお、各地盤バネ定数については表-1のように定めた。また解析対象ラーメンは図-2に示すような東北新幹線標準設計に基づいたラーメンを集中質量法を用いたマトリックス法でもって2質点系に縮約しそれを用いた。解析に当たってはラーメン構造物の柱の剛性は一定とし、中層ばりの曲げモーメントと曲率の関係を図-3に示すような関係で変化させていったものを用いたが、ここではNo.1とNo.5のRCラーメン構造物を取り上げた。そして上部構造のみの場合と上部構造とSRモデルと一体化させた場合とのそれぞれの固有周期を表-2に示す。

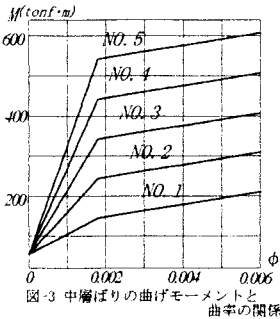
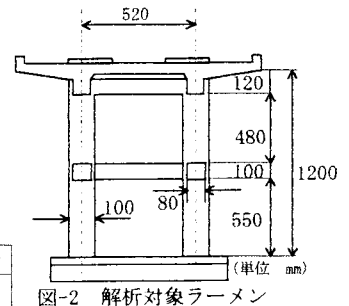
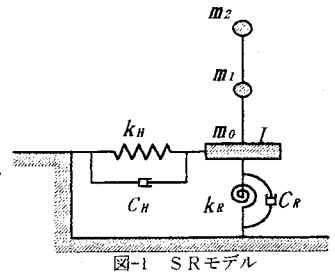


表-1 地盤バネ定数

回転バネ K_R	水平バネ K_H	回転減衰 C_R	水平減衰 C_H
3.41×10^6 tf·m	5.34×10^5 tf/m	3.86×10^{-1} tf·m·s	2.55×10^3 tf·s/m

表-2 固有周期

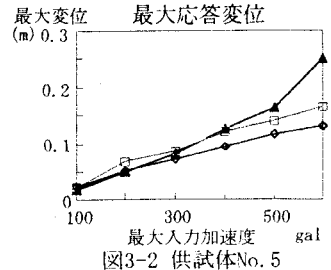
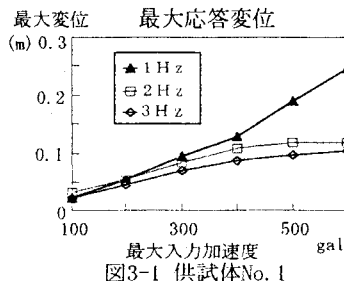
モード	上部構造のみ		SRモデル			
	1次	2次	1次	2次	3次	4次
周期	0.3988	0.0602	0.4540	0.0738	0.0686	0.0420

(単位 秒)

3. 解析結果

① 模擬地震波による比較

現在までに得られたさまざまな強震記録のスペクトル解析を行ったものを比較検討してみると、卓越する振動数が1Hzから2Hzのものが多いことが分かった（宮城県沖地震波で約1Hz、El-centro地震波



で約2Hz)。そこで1Hz、2Hzおよび3Hzの卓越振動数をもつ模擬地震波を用いて、それをモデルに入力することによりSRモデルの解析を行った。これらの結果は図3-1から図3-4に示されているとおりである。地震波の入力加速度が小さい範囲においては図3-3、図3-4から分かるように構造物の損傷も少ないためにSRモデル1次固有周期に近い卓越振動数2Hzの模擬地震波が各種の値で一番大きな値となっているものが多く損傷や変位が他と比べてやや大きいことが分かる。しかし最大入力加速度を増

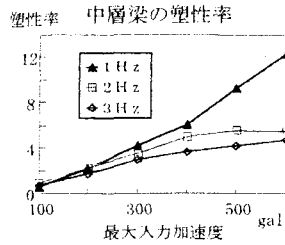


図3-3 供試体No. 1

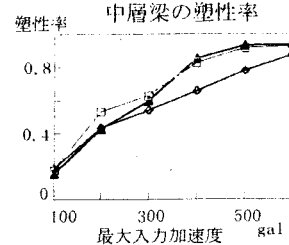


図3-4 供試体No. 5

加させていくと1Hzの模擬地震波が各種の値を大きく上回るが、これは加速度増加に伴い損傷も進行しそれだけ構造物の固有周期が増加、そして固有振動数が1Hzに近づきさらに損傷が激しくなることを示していると思われる。以上より加速度が同じでも卓越振動数のちがいにによりかなり異なる応答が見られる。

② ホワイトノイズによる地盤固定モデルとSRモデルの比較

次に入力地震波の影響を取り除くために卓越振動数をもたない模擬地震波としてホワイトノイズを用いて地盤固定モデルとSRモデルとの比較を行った。これらの結果を図4-1から図4-4に示す。この結果を見ると最大応答変位、中層ばりの塑性率とも地盤固定モデルよりもSRモデルの方が下回っている。これは動的相互作用の効果である応答の低減の結果であると考えられる。しかし中層梁の損傷がかなり大きいラーメン供試体No. 1については応答の低減ではなくむしろ増加してしまう(図4-1、図4-3)。特に最大応答変位はかなり上回ってしまう。これは2層ラーメン橋脚の構造が長大であることを考えると注目すべきことであると思われる。動的相互作用の効果は、地盤と構造物の固有周期の大小が大きく影響するため今後詳細な検討が必要であろう。

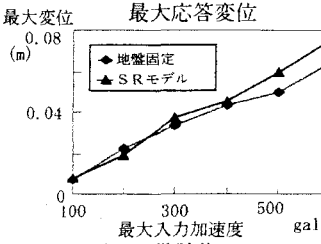


図4-1 供試体No. 1

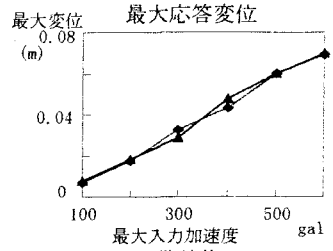


図4-2 供試体No. 5

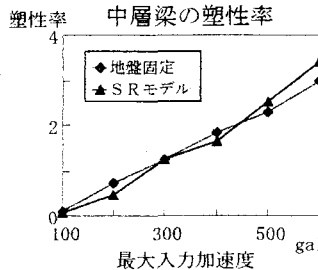


図4-3 供試体No. 1

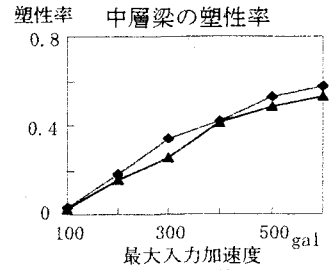


図4-4 供試体No. 5

4. まとめ

従来の研究によると構造物と地盤とを同一の系で考慮することで断面を減少させることができる場合があるとされてきた。しかしモデルの固有振動数と地震波の卓越振動数とがほぼ同一の範囲にあるとむしろ危険性がある場合も生じることが分かった。その意味でもさまざまなモデルの構築や、振動数応答解析による研究、また地盤バネ定数を地震波の振動数に依存するもので解析を行う必要があると思われる。

<参考文献>

- 1) 土木学会 「地盤と構造物の動的相互作用」小委員会報告書、1992年
- 2) 柴田 明徳；最新 耐震構造解析、森北出版、1981年