

地震・橋脚動的相互作用が脚部の応答に及ぼす影響

システム工学群 耐震研究室 1180176 山中公貴

1 研究の背景

1995年に兵庫県で発生した兵庫県南部地震により、建築物は甚大な被害を受けた。しかし、地表で観測された地震動の強さから予測される中低層建築物の被害と実際に観測された被害に食い違いがあった。その要因として地盤と構造物間の動的相互作用による建築物の応答低減効果が考えられた。それ以降、建築物の耐震性能評価を行う際、今まで考慮されていなかった動的相互作用の影響を考慮するようになった。しかし、橋梁の耐震設計について記されている道路橋示方書・同解説V耐震設計編には動的相互作用の影響を必ずしも考慮するわけではなく、動的相互作用の役割をする地盤バネの値もおおまかなものである。橋梁は、物資や人々の移動に欠かせない存在であり、震災から復興する際にも、その役割は重要なものである。そのため、地震時の橋梁の被害を精度よく予測する事は重要である。今回の研究の目的は、道路橋示方書に記されている地盤バネによって動的相互作用の効果がどの程度考慮されているのかを調べる事である。

2 動的相互作用について

動的相互作用の効果は2つの現象に分かれ、1つは入力との相互作用効果、もう1つは慣性の相互作用効果である。入力との相互作用効果は入力損失とも呼ばれており、地表で観測される揺れと建物基礎の揺れが異なり、建物基礎の揺れが地表の揺れに比べて小さくなる現象である。慣性の相互作用効果は地下逸散減衰とも呼ばれており、地震によって建物が揺れた際にその揺れが地盤に振動エネルギーを逸散されることによって建物の揺れが小さくなりやすくなる現象である。

3 検証方法

甲斐芳郎教授の作成した解析ソフト OBASAN を用いて、構造物の条件を変えながら振動解析を行い、構造物の応答の違いに注目した。また、解析モデルは動的相互作用を考慮することが出来るSRモデルを用いて振動解析を行った。SRモデルでは動的相互作用の影響を構造物基礎に取り付けたばねによって考慮する。

振動解析を行った構造物と地盤の条件

- ・直接基礎
- ・半無限一様地盤
- ・基礎 幅 8m,奥行き 8m,厚み 2.2m
- ・表層地盤の厚さ 5m
- ・地盤のポアソン比 0.3
- ・耐震設計上の地盤面のせん断弾性波速度,300m/s

振動解析を行った際変化させた条件

- ・構造物の直径(2m,3m)
- ・構造物の高さ
 - 基礎固定時の構造物の固有周期を 0.1 秒から 1.0 秒までを 0.1 秒刻みで伸ばしていき,固有周期に合うように構造物の高さを設定した。
- ・表層地盤のせん断弾性波速度 Vs(250m/s,200m/s)

・構造物基礎に取り付けるばねは二種類で道路橋示方書V耐震設計編に記されている方法で求めたばね。もう一つは、道路橋示方書の方法で求めたばねでは考慮出来ていない、地盤ばねの振動数依存性を考慮した地盤ばね

解析を行った条件の組み合わせ

- ①Vs=200m/s, 直径 3m
- ②Vs=200m/s, 直径 2m
- ③Vs=250m/s, 直径 3m

4 解析モデル

図1に今回の振動解析に用いたSRモデルを示す。

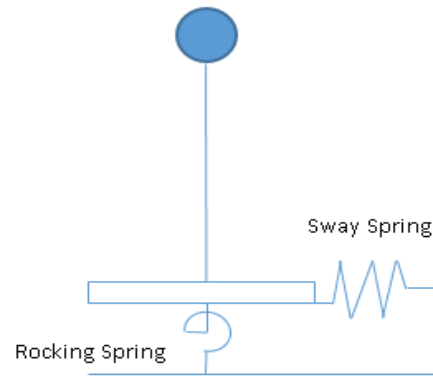


Fig.1 Model general view

図2に今回の振動解析に用いた地震動を示す。

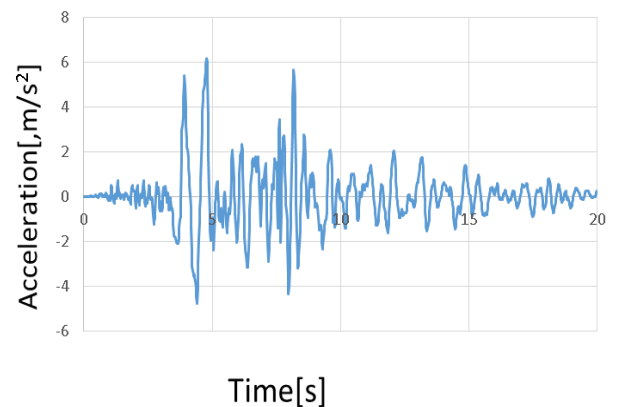


Fig.2 Earthquake input motion

5 解析結果

図3,4,5に①②③それぞれの固有周期ごとの最大加速度をまとめたものを示す。

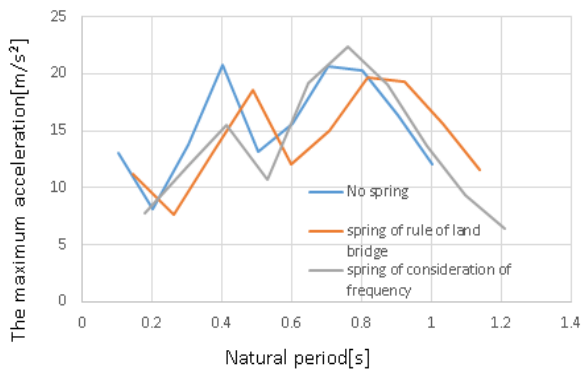


Fig.3 Maximum acceleration of each natural period of type①

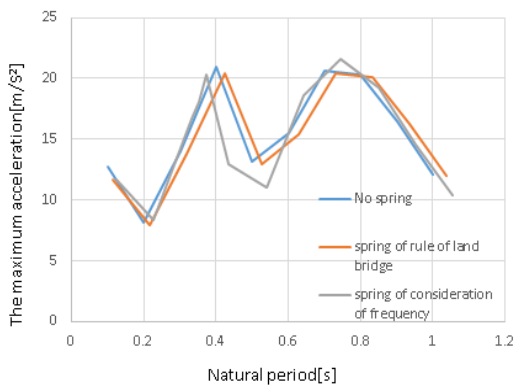


Fig.4 Maximum acceleration of each natural period of type②

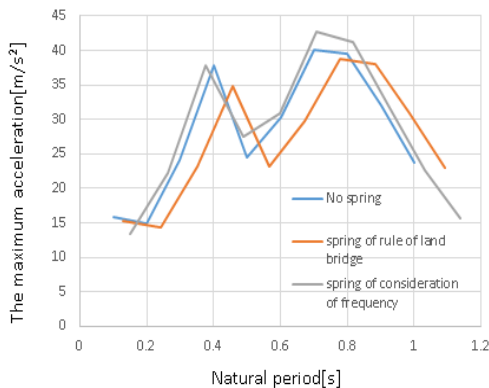


Fig.5 Maximum acceleration of each natural period of type③

図 3,4,5 を比べると,条件が①の場合が地盤ばねの変化によって最大加速度の変化が大きくなっている.図 3,4 を比べると橋脚の直径が小さくなると各固有周期での最大加速度が近い値となることが分かる.図 3,5 を比べて分かるように地盤のせん断弾性波速度が大きくなると振動数依存性を考慮した地盤ばねを用いたときの各固有周期ごとの最大加速度が相互作用を考慮していない場合と近い値をとるようになることが分かる.また,図 3,4,5 どの場合でも振動数に依存したばねを用いたモデルと全体的に近い応答を示したのは基礎固定のモデルとなった.

表 1 に,基礎固定時の固有周期とその構造物に動的相互作用を考慮した際の固有周期を示した.

Table.1 Each natural period

Natural period[s]	ratio						
	No spring	spring of rule of land bridge			spring of consideration of frequency		
		①	②	③	①	②	③
0.10	1.40	1.10	1.30	1.80	1.30	1.50	1.50
0.20	1.30	1.10	1.20	1.50	1.15	1.30	1.30
0.30	1.27	1.07	1.17	1.37	1.10	1.27	1.27
0.40	1.23	1.05	1.15	1.33	1.10	1.23	1.23
0.50	1.20	1.06	1.12	1.30	1.08	1.20	1.20
0.60	1.17	1.05	1.12	1.27	1.07	1.18	1.18
0.70	1.17	1.04	1.11	1.24	1.07	1.16	1.16
0.80	1.15	1.04	1.10	1.23	1.06	1.15	1.15
0.90	1.14	1.03	1.10	1.22	1.06	1.14	1.14
1.00	1.14	1.04	1.09	1.21	1.05	1.14	1.14

表 1 から分かるように,道路橋示方書の内容から求めた地盤ばねを用いた際,①の条件が最も固有周期の伸びが大きくなった.振動数依存性を考慮した地盤ばねを用いた場合でも①の条件が最も固有周期の伸びが大きくなった.また,次に固有周期の伸びが大きかったのは,どちらも③の条件のときであった.

6 結言

今回の研究では,動的相互作用を考慮しない基礎固定型と道路橋示方書に記されている方法で算出した地盤ばねを用いた場合と地盤ばねの振動数依存性を考慮した地盤ばねを用いた場合の三種類で比較を行った.①②③と条件を変えて地震応答を比較した結果,基礎固定時と比べて,固有周期の伸びが大きくなる条件ほど地盤ばねが変わると加速度応答が大きく変化していることが確認できた.また,橋脚の直径が小さい場合や耐震設計上のせん断弾性波速度が近い場合に道路橋示方書のばねを用いたモデルの応答の精度が高くなっている事も確認できた.さらに,今回の研究では基礎固定のモデルの方が道路橋示方書に記されている方法で求めた地盤ばねを用いたモデルよりも振動数依存性を考慮したばねを用いたモデルに近い応答を示した.

今後は,さらに地震応答解析を行う橋脚の条件を増やして,条件の違いが橋脚の応答にどのような変化をもたらすか検証を行っていく.また,今回用いた地震動が一種類のみのため異なる地震動を用いての振動解析を行っていきたい.

参考文献

- (1) 運上茂樹,岡田太賀雄, 橋梁の動的解析に用いる基礎の減衰定数に関する解析的研究,土木学会地震工学論文集,pp.381-388,2007
- (2) 日本建築学会,建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計,2006
- (3) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 I 共通編 IV 下部構造編,2002
- (4) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編,2002
- (5) 日本建築学会,入門・建物と地盤との動的相互作用,1996
- (6) Prok,Naith. Response of soil-structure interaction system considering nonlinearity of soil during earthquake and tsunami disaster,pp41-46