

I - 7 構造物と地盤の動的相互作用システムの時間領域同定

徳島大学工学部 学生員○森西由記
徳島大学工学部 正会員 三神 厚
徳島大学工学部 正会員 澤田 勉
徳島大学工学部 岡本輝正

1. 研究の目的

地震時において地盤が構造物を揺らすと構造物が地盤を揺すり返す、いわゆる構造物と地盤の動的相互作用が起こる。この動的相互作用の効果は地盤ばねとして解析に取り込まれることが多いが、この地盤ばねの算定にあたっては3次元的に複雑な地盤条件や基礎の条件などを考慮する必要があるため、様々な理想化の下、解析的な取り扱いがなされる。そのため相互作用を考慮した上で構造物の地震応答を正確に評価することは非常に難しい問題となっている。また、大地震時に地盤の剛性が時間的に低下するような非線形型現象が見られる場合には、さらに応答の予測が困難になる。このような複雑な問題には、逆解析が有効である。そこで本研究では、カルマンフィルターを用いた逆解析によって、時間領域で相互作用効果を同定するシステムを構築する。

2. 解析方法

本研究では、構造物と地盤との動的相互作用効果を耐震設計に用いられるような簡単な1自由度モデルに反映させるための同定システムを構築する。入出力には実地震記録を用いて同定することになるが、ここでは地盤との相互作用を考慮した3自由度モデルに対する入力及び応答を擬似観測記録として逆解析に用いる。それを等価な1自由度振動子に対する入出力とし、剛性と減衰をカルマンフィルターを用いて逐次同定する(図1)。そのため、同定される剛性と減衰には、上部構造物の値に地盤のフレキシビリティと地下への波動逸散効果が含まれたものとなる。

ここでの解析は線形範囲内に限定され、また相互作用ばねの周波数依存性は考慮していない。したがって特に時間領域の同定手法であるカルマンフィルターを用いる必要はないのだが、今後非線形相互作用問題への同定手法へ発展させるため、ここでは拡張カルマンフィルター¹⁾を用いた同定システムを構築することにした。

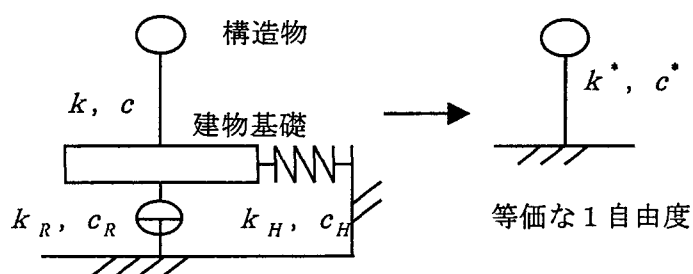


図1 相互作用を考慮したモデル及び逆解析用モデル

3. 解析

図2に示す固有振動数 4Hz, 減衰定数 0.01 の直接基礎を有する RC 5 階建の構造物を 3 自由度 Sway-Rocking モデルに置き換え、それに地震波を入力し、その応答結果を算出、これらを擬似観測記録として逆解析に用いる。ここで入力波は図3に示す振幅 100gal, 周期 4Hz の $\sin$ 波とする。また、地盤のポアソン比は 0.5, 地盤密度は $1.8t/m^3$, S波速度は $200m/s$ とする。相互作用ばねのうち、水平ばねは Meek and Wolf(1992)²⁾によって基礎から逸散される平面波が円錐状に広がることを仮定することによって得られた周波数非依存のばねである。回転ばねについては顕著な周波数依存性があるが、ここでは上部構造物に静的地盤ばねを付したシステムの固有値解析から1次の固有振動数を算出し、それに対応する剛性の値を用いた。これらの条件の下、得られた応答を図4に示す。

図3, 図4に示す入力と応答を用いて, 等価な1自由度モデルで拡張カルマンフィルタによる逆解析を行った(図5, 図6). その結果固有振動数は3.57Hz, 減衰定数は0.17となり, 表1に示すように相互作用効果による長周期化及び高減衰化が認められた.

表1 相互作用効果

	建物のみ	相互作用考慮
f_0	4.0Hz	3.57Hz
ξ	0.01	0.17

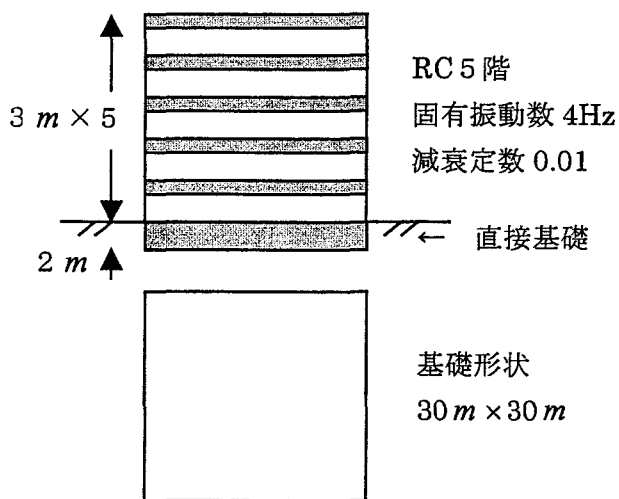


図2 対象とする構造物

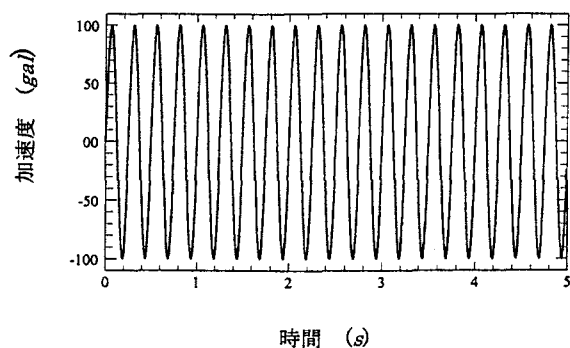


図3 入力波 (100gal, 4Hzのsin波)

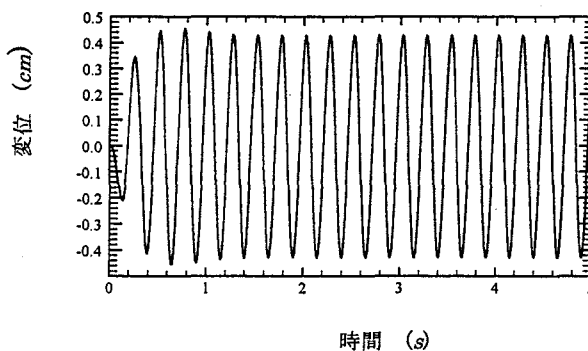


図4 応答変位

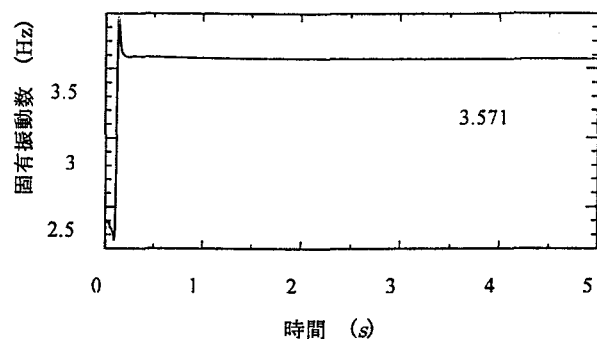


図5 逆解析の結果 (固有振動数)

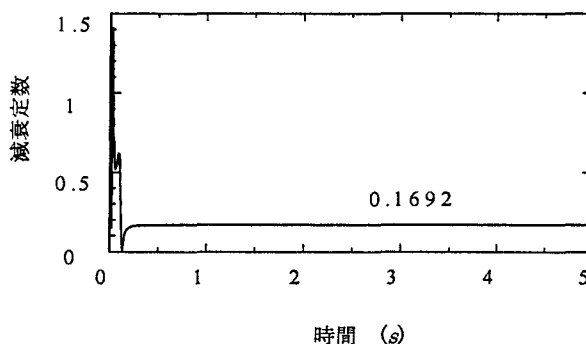


図6 逆解析の結果 (減衰定数)

4. まとめ

本研究では, 構造物と地盤の動的相互作用システムの時間領域における同定スキームを構築した. 今回は, 地盤との相互作用を考慮したモデルを用いて擬似観測記録を作成し, それを逆解析の入出力としたが, 今後実観測記録を用いたシステム同定結果を蓄積, 検討することにより, 相互作用効果を実務で用いられる簡単なモデルに適切に反映させるための指針が得られるものと期待される.

参考文献

- 1) JAZWINSKI : Stochastic Processes and Filtering Theory, ACADEMIC PRESS, INC 1970
- 2) Meek J.W. and Wolf J.P. : Cone models for homogeneous soil, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, vol.118, No.5, pp.667-685, 1992
- 3) 日本建築学会 : 入門・建物と地盤の動的相互作用, 1996