

SR モデルを用いた動的相互作用系の損傷評価に関する基礎的研究

鹿児島大学工学部 正会員 ○木村 至伸
 鹿児島大学工学部 正会員 河野 健二

1. 目的

現在の耐震設計においては、構造物の非線形特性を評価した性能照査型設計法¹⁾による検討が行われている。そのため、構造物の損傷を明確にしておくことは非常に重要である。また、地震時における構造物の動的挙動は、土の動的性質等の地盤条件とも密接に関係しており、地盤と構造物の動的相互作用を考慮した耐震設計が不可欠である。そこで本研究では、基礎—地盤系を並進 (Sway) 運動と回転 (Rocking) 運動を考慮した SR モデルを用いた 3 自由度振動系を用いて構造物の損傷評価に及ぼす影響について検討を行った。

2. 入力地震動 及び 解析モデル

本研究では、兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で観測された南北方向波 (Kobens) と JR 鷹取駅で観測された南北方向波 (Takans) を用いて検討を行った。これらの地震波形は最大地震加速度が異なるので、500gal に基準化して検討している。これらの振動特性を明確にするために図 - 1 に応答スペクトルを示す。Kobens に関しては約 0.3 秒から 0.5 秒付近で、また、Takans に関しては約 1.5 秒付近で卓越周期を有していることが分かる。

これらの入力地震動に対し、図 - 2 に示すような基礎—地盤系を並進 (Sway) 運動と回転 (Rocking) 運動を考慮した SR モデルで表した 3 自由度振動系モデルを用いて検討を行った。基礎を支持する地盤については、基礎周辺地盤と基礎の支持地盤となる 2 層構造とし、基礎地盤のバネ剛性及び減衰の算出に関しては、弾性波動を対象としたインピーダンス関数のアプリケーションを参考にして求めた。ここでは、Kobens による検討では、上層地盤のせん断波速度 V_{S1} を 300m/s、下層地盤のせん断波速度 V_{S2} を 350m/s と設定した。また、Takans による検討の場合は、上層地盤のせん断波速度 V_{S1} を 150m/s、下層地盤のせん断波速度 V_{S2} を 300m/s と設定した。また、構造物の損傷評価は Park and Ang ら²⁾の損傷指標 D を用いて検討を行った。

3. 解析結果

ここでは、動的相互作用の影響が表れた Takans について述べる。図 - 3 に、必要強度スペクトルを示す。図中には、1 自由度振動系において構造物の地震時挙動が線形状態とした塑性率 = 1 についても示している。動的相互作用系においても

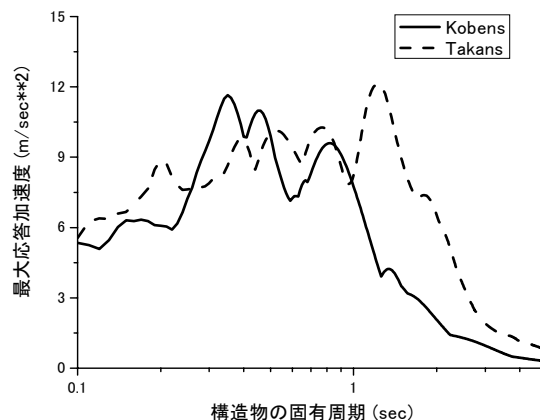


図 - 1 加速度応答スペクトル

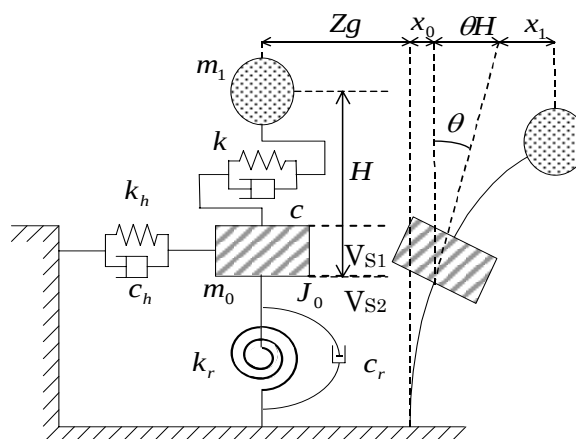


図 - 2 構造物—基礎—地盤系の解析モデル

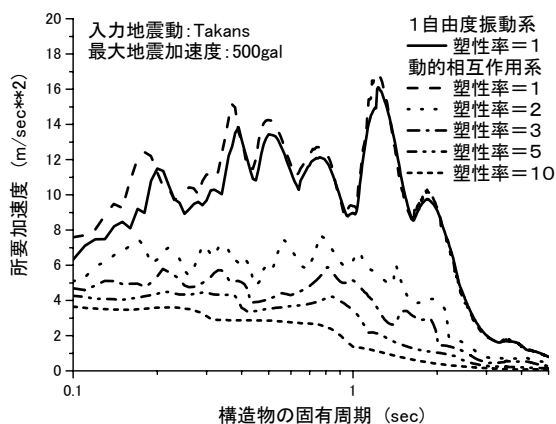


図 - 3 必要強度スペクトル (Takans)

キーワード：動的相互作用系，必要強度スペクトル，損傷評価，地震入力エネルギー

連絡先：〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 Tel & Fax 099-285-8472

構造物の変形性能の増加に伴って、構造物の必要強度がかなり低減されることが分かる。

図-4に、構造物の塑性率=2, 5とした場合の必要強度スペクトルについて、1自由度振動系と比較して示す。塑性率=2の短周期側において、動的相互作用の影響が認められ、両者の応答に差が生じていることが分かる。また、塑性率=5とした場合では両モデルによる相違は認められない。このため、軟弱な地盤条件においては、構造物の短周期側において動的相互作用の影響を考慮する必要があることが分かる。しかしながら、構造物の変形性能を高くすると、動的相互作用の影響は小さくなり構造物の非線形特性に依存することが分かる。

図-5は、1自由度振動系及び動的相互作用系について構造物の塑性率=2, 5とした場合のエネルギー比率を示したものである。この図より、動的相互作用の影響が顕著に現れており、構造物の固有周期が0.4秒付近までエネルギー比率に差が生じている。このため、構造物の損傷評価を行う際には、構造物の固有周期と基礎-地盤系が及ぼす動的相互作用の影響を明確にしておく必要がある。

次にParkらの損傷指標による検討を行う。図-6は、1自由度振動系及び動的相互作用系について構造物の塑性率=2, 5とした場合の損傷指標Dを示したものである。塑性率=2の場合にはほぼ同様の評価を、塑性率=5の場合の損傷評価は、構造物の短周期側において若干の相違が認められるが、動的相互作用系の損傷評価Dが厳しい評価を与えていることが分かる。

図-7は、動的相互作用を考慮した場合について、損傷指標Dを全固有周期に対してそれぞれ示している。塑性率=2から5の範囲において固有周期によらず塑性率に対して一定の値を示す傾向が認められる。塑性率=2及び3に関しては中程度の損傷、塑性率=5に関しては大損傷から崩壊と評価され、塑性率=10に関しては、全ての固有周期領域において崩壊として評価されていることが分かる。つまり、構造物の変形性能限界値は塑性率=5程度であることが分かる。

4. まとめ

本研究では、動的相互作用系に対する構造物の損傷評価について検討を行った。その結果、地震動の振動特性と地盤条件によっては1自由度振動系とは異なる損傷評価を与えることが分かる。このため、動的相互作用系の損傷評価を行う際には、これらの影響を明確にしておく必要がある。

<参考文献>

- 1) H.Iemura et al: Ductility strength demand for near field earthquake ground motion, Structural safety and Probability, pp.1705-1708, 1998
- 2) Park, Y.-J., and Ang, A.H.-S.: Mechanistic seismic damage model for reinforced concrete, Journal of Structural Engineering, Vol.111, No.4, pp.722-739, April 1985

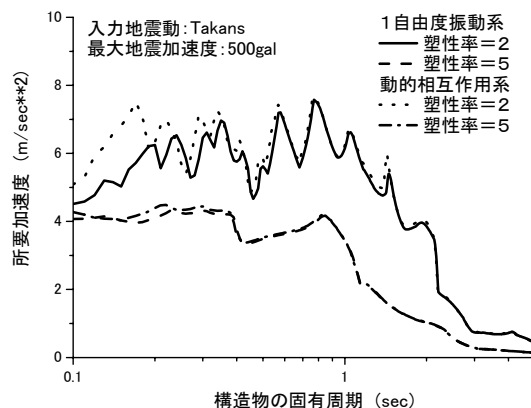


図-4 動的相互作用の影響 (Takans)

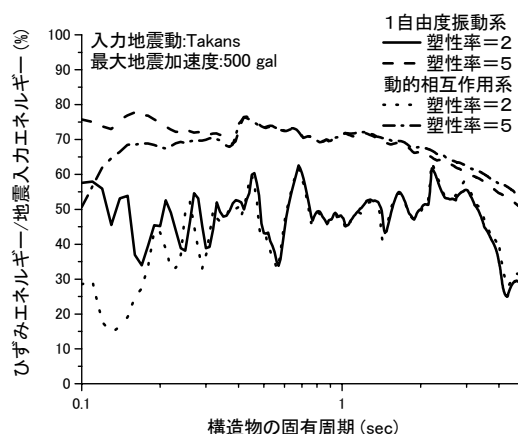


図-5 塑性率=2,5についてのエネルギー比率 (Takans)

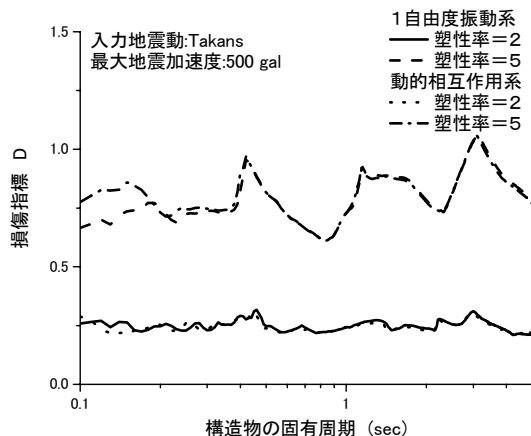


図-6 損傷指標Dの比較 (Takans)

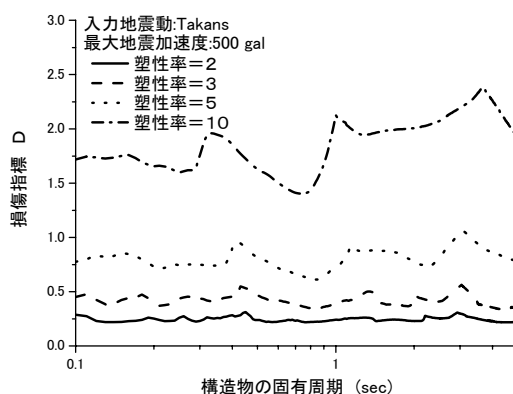


図-7 損傷指標D (Takans)