

第I部門 構造物の必要強度に及ぼす動的相互作用の影響について

京都大学工学部

学生員 ○板谷友紀

京都大学工学研究科

フェロー 土岐憲三

京都大学工学研究科

正会員 清野純史

京都大学大学院博士課程

学生員 小野祐輔

1. はじめに¹⁾

地盤-構造物系の動的相互作用が構造物の耐震性能に多大な影響を及ぼすことは、古くから知られその研究も盛んに行なわれてきた。また、近年では耐震設計において考慮すべき地震動のレベルが次第に大きくなっており、構造物の弾性状態のみを考慮した設計は非現実的なものとなっている。

本研究ではこれらの状況を踏まえ、構造物の弾塑性挙動を考慮した耐震設計法の枠組みの中に地盤-構造物系の動的相互作用の影響を取り入れることを目的とし、地盤-構造物系モデルを定義する各種パラメータが、構造物の必要強度スペクトルに及ぼす影響について評価を行なった。

2. 地盤-構造物系の解析モデル

本研究の解析に用いたモデルを図1に示す。本解析モデルでは、構造物の上部構造と基礎の2つの質点として取り扱った。基礎は並進(Sway)運動と回転(Rocking)運動を行なう Sway-Rocking モデル(以下、SR モデル)とし、また、地盤と構造物との動的相互作用をSRモデルの復元力特性と減衰に組み入れて考えた。なお、簡単のため、並進運動と回転運動の間の連成作用は考慮しないものとした。

上部構造の復元力特性は履歴ループの描く形によっていくつか考案されているが、中で最も基本的で単純な特性を有するバイリニア型モデルを仮定した。また、降伏後の2次剛性 k'_b は初期剛性 k_b の0.01倍($=\gamma$)とし、減衰定数は2%とした。

相互作用ばねの剛性と減衰係数には、半無限弾性地盤上の線形構造物の基礎底面を円形と仮定して導いた Parmelee の提案式¹⁾を用いた。

3. 動的相互作用の影響を考慮した必要強度スペクトル

解析モデルに対して、1995年兵庫県南部地震の神戸海洋気象台記録NS成分の加速度記録を入力として地震応答計算を行い、上部構造物に対する必要強度スペクトルを求めた。ここで、地盤-構造物系モデルを定義する各種パラメータが、構造物の必要強度スペクトルに及ぼす影響について評価を行なうため、表1に示す標準パラメータを設定した。以下、せん断波速度 V_s 、基礎と上部構造物の質量比 α の値を変化させて、それぞれのパラメータが必要強度スペクトルに及ぼす影響を調べた。

標準パラメータに対してせん断波速度 V_s をそれぞれ、100m/s, 200m/s, 400m/s, 800m/sと変化させた必要強度スペクトルを構造物に生じる応答塑性率 μ が5の場合について図2に示す。図中には比較のため基礎固定(SDOF)に対するスペクトルも併せて示している。図2から、せん断波速度 V_s はそ

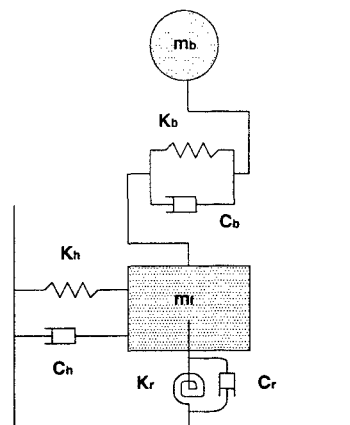


図1: Sway-Rocking(S-R) モデル

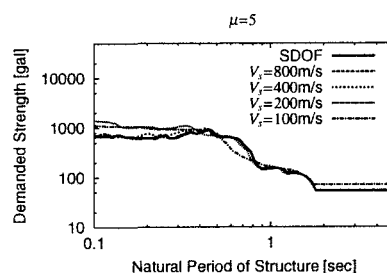


図2: V_s に対する必要強度スペクトルの変化(神戸海洋気象台記録)

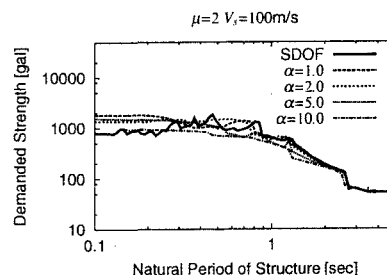


図3: 質量比 α に対する必要強度スペクトルの変化(神戸海洋気象台記録)

¹⁾ Kenzo TOKI, Junji KIYONO, Yusuke ONO, Yuki ITAYA

の値が小さい程、つまり地盤が軟弱である程、必要強度スペクトルの特に単周期領域における影響が大きいことが分かる。

標準パラメータに対して、質量比 α の値をそれぞれ、1.0, 2.0, 5.0, 10.0 と変化させることで得られた必要強度スペクトルが図 3 である。ここで α が大きくなることは基礎に対して上部構造物の質量が相対的に大きく、いわゆるトップヘビーな構造物であることを意味する。

図 3 から、質量比 α は主として、単周期領域における必要強度に大きな影響を及ぼすことが分かる。

次にスウェーとロッキングの影響について詳しく解析するために、塑性率が 5 の場合の SDOF の必要強度スペクトル (図 2) から、必要強度がピークとなる時の固有周期 $T_b=0.32\text{sec}$ に対応する降伏強度をせん断波速度 V_s が、800m/s, 400m/s, 200m/s, 100m/s の場合の必要強度スペクトル (図 2) から読み取り、上部構造物の基礎に対する相対変位 x 、並進運動による変位 y 、回転運動による変位 $L\theta$ の時刻歴応答波形を求めた (図 4)。

図 4 から、地盤のせん断波速度 V_s が小さくなるにしたがって、構造物のロッキングによる振動の振幅 $L\theta$ が大きくなっていることが分かる。

$V_s = 100\text{m/s}$ 、質量比 α が 2.0 の時のスウェーの固有周期 $T_h = 0.32\text{sec}$ に対して塑性率 $\mu = 2$ の場合の降伏強度を、質量比 $\alpha = 1.0, 2.0, 5.0, 10.0$ に対してそれぞれ必要強度スペクトル図 3 から読み取り、その値を用いて計算した時刻歴応答波形を図 5 に示した。図 5 から、質量比 α の値が大きくなるにしたがって、スウェー・ロッキングの影響が大きくなっていることが分かる。

4. 結論

本研究は、3 自由度系 2 質点モデル (SR-モデル) について地震応答計算を行なった結果得られる必要強度スペクトルを示し、地盤-構造物系の動的相互作用が上部構造物の必要強度スペクトルに及ぼす影響について検討した。その結果、基礎固定の場合と比べて地盤のせん断波速度 V_s 、基礎と上部構造物の質量比 α が変化すれば、必要強度の大きさは単周期領域において大きく異なることが分かった。また、 V_s 、 α の値が大きくなるにしたがって、時刻歴応答波形に対する動的相互作用の効果が大きくなることが分かった。今後は、ケーソンや杭基礎など根入れを持つ基礎についても検討する必要がある。

表 1: 標準パラメータ

地盤の質量密度 ρ_s	$1.8 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$
ポアソン比 ν_s	1/3
基礎半径 r_f	15m
基礎の質量 m_f	$1.06 \times 10^6 \text{ Kg}$
構造物の質量 m_b	$2.12 \times 10^6 \text{ Kg}$
構造物の高さ L	30m
構造物の減衰定数 h_b	0.02
せん断波速度 V_s	100m/s

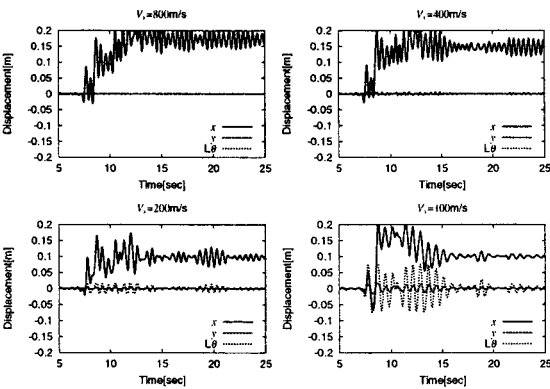


図 4: V_s に対する時刻歴応答波形の変化 (神戸海洋気象台記録)

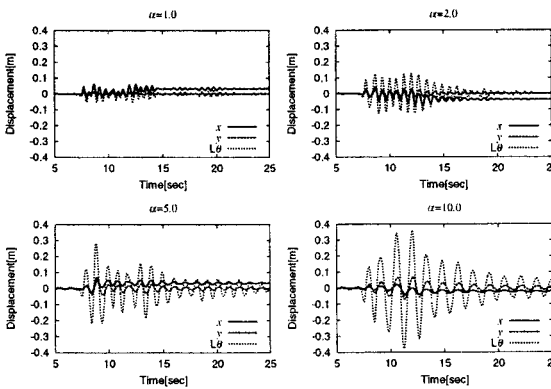


図 5: α に対する $T_b=0.32\text{sec}$ の時の時刻歴応答波形の変化 (神戸海洋気象台記録)

参考文献

- 1) R.A.Parmelee: The Influence of Foubdation Parameters on the Seismic Response of Interaction Systems
- 2) 小野祐輔: 地盤と構造物の相互作用を考慮した必要強度スペクトルに関する研究, 京都大学修士論文, 1999