

耐震性能評価に及ぼす動的相互作用の影響

鹿児島大学大学院 学生会員 中村 ゆかり
 鹿児島大学工学部 正会員 河野 健二
 鹿児島大学工学部 正会員 木村 至伸

1. はじめに

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震の被災経験から、構造物全体の崩壊を阻止する性能照査型設計法による検討が重要となった¹⁾。また、地震時における構造物全体系の動的挙動は、一般に上部構造物のみならず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と考えられる。そこで本研究では、動的相互作用を考慮した振動系を用いて地震応答解析を行い、耐震性能評価を検討する上で重要な必要強度・橋脚限界値・損傷指標に及ぼす動的相互作用の影響について検討を行った。また、入力地震動の振動特性の相違による影響についても検討を加えた。

2. 解析モデル及び解析方法

図-1 に本研究で用いた解析モデルを示す。これは、上部構造物を1自由度振動系で表し、基礎・地盤系を並進(Sway)運動と回転(Rocking)運動で表したSRモデルを用いた3自由度振動系モデルである。ここでは、上部構造物の非線形特性をTri-linear型復元力モデルで考慮し、剛性比は0.01と設定している。非線形地震応答解析に関してはNewmarkの β 法を用い、減衰定数5%、時間刻み1/1000秒として解析を行った。

本研究では、上部構造物とケーソン基礎の質量比(図中:mass比と示す)に着目して耐震性能評価に及ぼす動的相互作用の影響について検討した。ここでは、ケーソン基礎の質量に対して上部構造物の質量を0.5倍と2倍の場合について解析を行った。

損傷指標については、Parkらの損傷指標を用いた。Parkらの損傷指標は次式によって与えられる。

$$D = \frac{x_{\max}}{x_u} + \frac{\beta}{Q_y x_u} \int dE \quad \cdots (1)$$

ここで、 $x_{\max}$:最大変位、 x_u :終局変位、 Q_y :降伏耐力、 $\int dE$:履歴吸収エネルギー、 β :部材の断面特性等に依存した正の係数であり、本研究では0.15とした。表-1にParkの損傷と損傷程度を示す。

本研究で用いた入力地震動を表-2に示す。また、表中には各地震の地盤種別に対して設定したせん断波速度も示している。ここでは、入力地震の振動特性による影響について検討するために、最大入力加速度を500galに基準化している。

3. 解析結果及び考察

図-2にKobe-NSを入力した場合の必要強度スペクトル²⁾を示す。この図での構造物の変形性能は塑性率を2、3、5、10としている。この図より塑性率の増加に伴い必要強度がかなり低減されていることが分かる。

キーワード：動的相互作用、必要強度スペクトル、損傷評価

連絡先：〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-40 鹿児島大学工学部 海洋土木工学科 Tel 099-285-8472

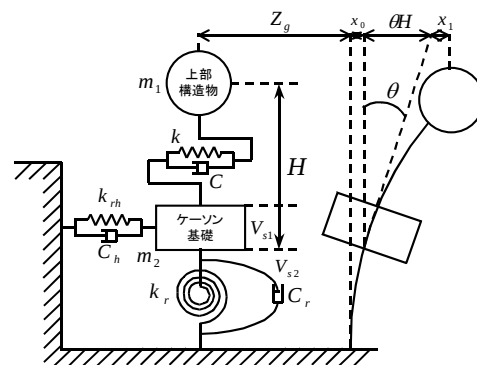


図-1 解析モデル

表-1 Parkの損傷指標と損傷程度の関係

Parkの損傷度	損傷の程度
0~0.1	わずかな損傷～まばらなひび割れ
0.1~0.2	軽微な損傷～小さなひび割れ
0.2~0.4	中程度の損傷～ひび割れ・剥離
0.4~1.0	大被害～圧破・鉄筋の座屈
1.0~	崩壊～全体的・部分的破壊

表-2 入力地震動

地震名	方向	表記名	地盤種	上層地盤のせん断波速度 V_{s1} (m/sec)	下層地盤のせん断波速度 V_{s2} (m/sec)
兵庫県南部地震	NS	Kobe-NS	I種	350	350
	N12W	Higashikobe	III種	100	300

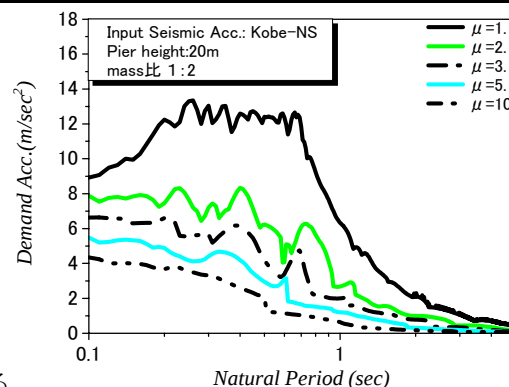


図-2 必要強度スペクトル

このことより高い塑性率を有する構造物に関しては、構造物が崩壊しない範囲内で構造物の強度をある程度低減しても、損傷を許容した設計を行うことが可能である事が分かる。

図-3 に入力地震動を Kobe-NS、目標性能を塑性率 5 とした場合の動的相互作用系の必要強度を 1 自由度振動系に対する比で示したものを示す。質量比 1:2 よりも質量比 2:1 の方が 1 自由度振動系に対する比が大きいことが分かる。これは、上部構造物の質量比を増加したことにより、構造物に働く慣性力が増加したことが要因として考えられる。他の目標性能に関しては、塑性率によって 1 自由度振動系との差が認められる固有周期域が異なり、塑性率の増加に伴いその固有周期の範囲が狭くなる傾向が認められた。これらは、Higashikobe でも同様の傾向を示した。

図-4 に残留変位を橋脚高さで除した橋脚限界値について示す。橋脚限界値は「地震後の使用性」に対する判断の一つである。どちらの地震動についても短周期側で相違が認められ、質量比 1:2 よりも質量比 2:1 の方がやや厳しい評価をしていることが分かる。しかし、長周期側では質量比による相違が見られず同じ損傷度である。入力地震動で比較すると Kobe-NS よりも Higashikobe の方が厳しい評価をしている。これらは、塑性率 2 でも同様の傾向を示した。また、橋脚限界値は上部構造物の固有周期に大きく依存しており、入力地震動と構造物の固有周期の関係を明確にしておくことが重要となる。

図-5 及び図-6 に損傷指標 D を示す。Kobe-NS を入力した場合は、質量比 1:2 及び 2:1 とともに短周期側で塑性率 5 では D が 1 より大きく崩壊、Higashikobe を入力した場合 D は 1 を越えないものの大きな損傷として評価されている。塑性率 2 については、Kobe-NS を入力した場合に、短周期側で多少の相違が見られるが、どちらの質量比・入力地震動についても全周期においてほぼ同様の評価をしていることが分かる。

4. まとめ

本研究では、3 自由度振動系を用いて、耐震性能評価に及ぼす動的相互作用の影響についての検討を行った。地震による構造物の損傷度は長周期側よりも短周期側の方が大きいことが分かる。これより、動的相互作用の影響を受ける固有周期域に関して、構造物の損傷評価を検討していくことは重要であると考えられる。また、動的相互作用系における構造物の損傷評価に関しては、入力地震動の振動特性や構造物のパラメータにより動的相互作用の影響も異なるので、これらの性能評価がより詳細な構造物の耐震設計を行う上で非常に重要なことであると考えられる。

<参考文献>

- 1) 宇佐美勉、鈴木森昌、水越秀和：鋼製橋脚の要求性能と保有性能、橋脚と基礎、Vol.32, No.1, pp.45~49.1998
- 2) 木村至伸、河野健二：「構造物の損傷評価に及ぼす動的相互作用の影響」 応用力学論文集 Vol.8 pp.1001-1008 2005

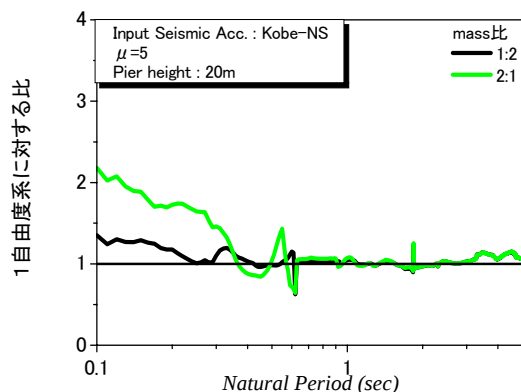


図-3 必要強度の比

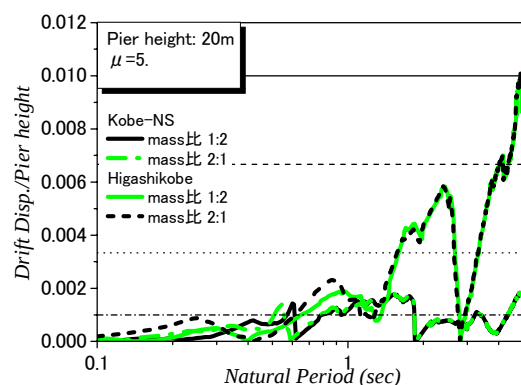


図-4 橋脚限界値

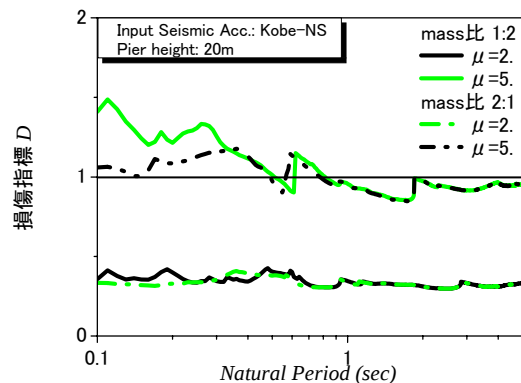


図-5 損傷指標

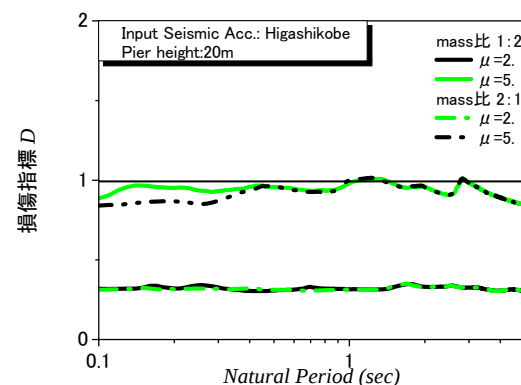


図-6 損傷指標