

動的解析に基づくケーソン基礎と地盤の地震応答

(株)白石 正会員 大石 雅彦 佐々木 智
 東京工業大学大学院 フェロー 川島 一彦
 日本圧気技術協会 浅間 達雄

1. まえがき

従来、ケーソン基礎の耐震設計は静的な慣性力と地盤バネによる復元力の釣り合いに基づいて行われてきた。しかし、大地震時にはケーソン基礎には大きな地震力が作用し、L2 レベルの耐震性を照査するためには動的な照査が不可欠である。本研究では、この一環として、橋梁を支持する一般的なケーソン基礎を対象として地盤～基礎の動的相互作用を非線形動的解析により検討した一例を示す。

2. 対象構造物および解析方法

解析対象とするのは、図-1 に示したように橋長 40m の 5 径間連続鋼 1 桁橋を支持するケーソン基礎であり、ここでは、この橋軸方向の応答に着目して解析する。地盤条件は、地表から約 20m までは N 値 10 程度の砂質土であり、その下に N 値 60 以上の砂礫が支持層となっている。解析では図-2 に示すように、ケーソン基礎および上部構造を周辺地盤に支持された離散型骨組み構造としてモデル化する。橋脚およびケーソン基礎の RC 構造の履歴特性はトリリニア型モデルによって与えることとした。桁、橋脚およびケーソンの質量はそれぞれ 710t、618t および 1470t である。また、ケーソンの並進および上下方向応答に抵抗するばねを、それぞれケーソン周面および底面に設けることとした。地盤ばねは道路橋示方書によって求めた。ただし、ケーソン底面の鉛直方向バネでは、引張抵抗を無視し、いわゆるノーテンション解析を行った。入力地震動は 1995 年兵庫県南部地震による JR 西日本鷹取駅構内地盤上で観測された地震動とした。なお、図-2 の地盤モデルにおいて、地盤のせん断ひずみ依存性を考慮するために、SHAKE による地盤の等価線形化解析を行い、これから得られた等価剛性、等価減衰定数を用いることとした。

3. ケーソン基礎と地盤の地震応答

図-3 にケーソン頂部における変位および応答加速度を示す。最大応答変位は 0.2m、最大応答加速度は 5m/s^2 である。応答変位、応答加速度は約 5～6 秒付近で最大値に達し、その後は徐々に振動が収束していく。また、20 秒以降の応答変位は 0 に近く、地盤の塑性による残留変位は発生していないことも解析結果から推察される。ケーソンと周辺地盤の応答がどのような関係にあるかを、図-3 に示した時刻 a～e 間について示すと図-4 のようになる。ここでは、キーワード ケーソン基礎、非線形動的解析、地盤変形

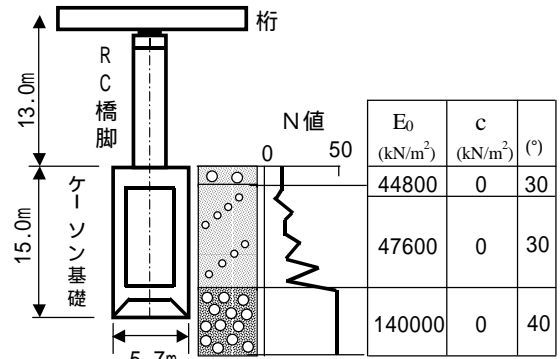


図-1 解析対象構造物および地盤条件

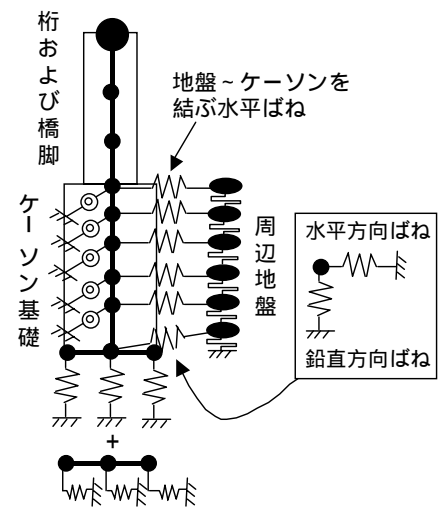


図-2 解析モデル

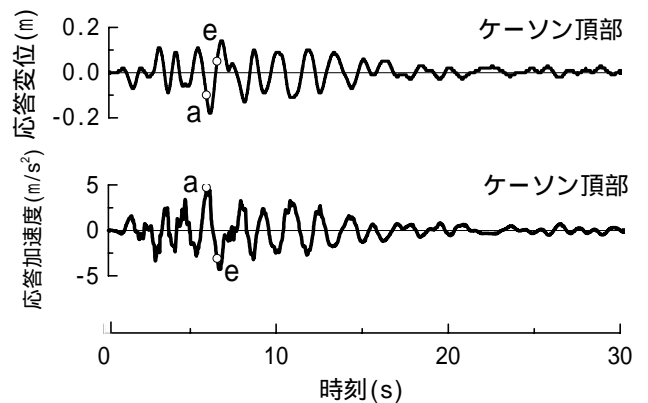


図-3 ケーソン基礎の応答

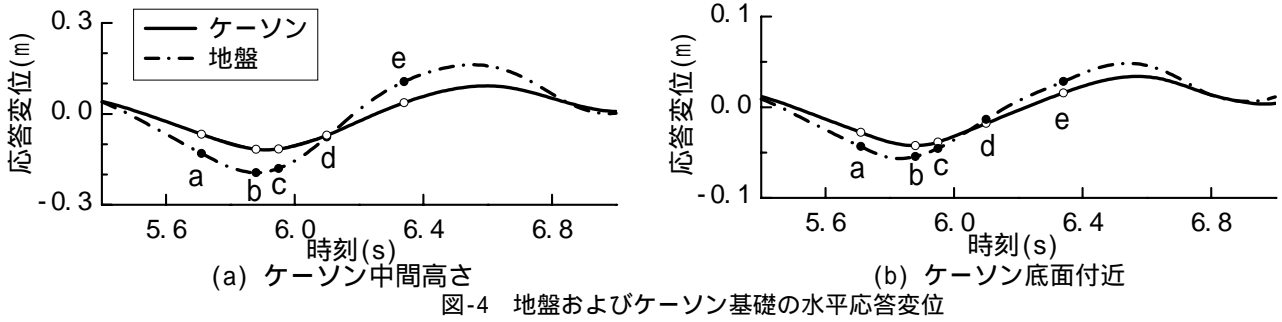


図-4 地盤およびケーソン基礎の水平応答変位

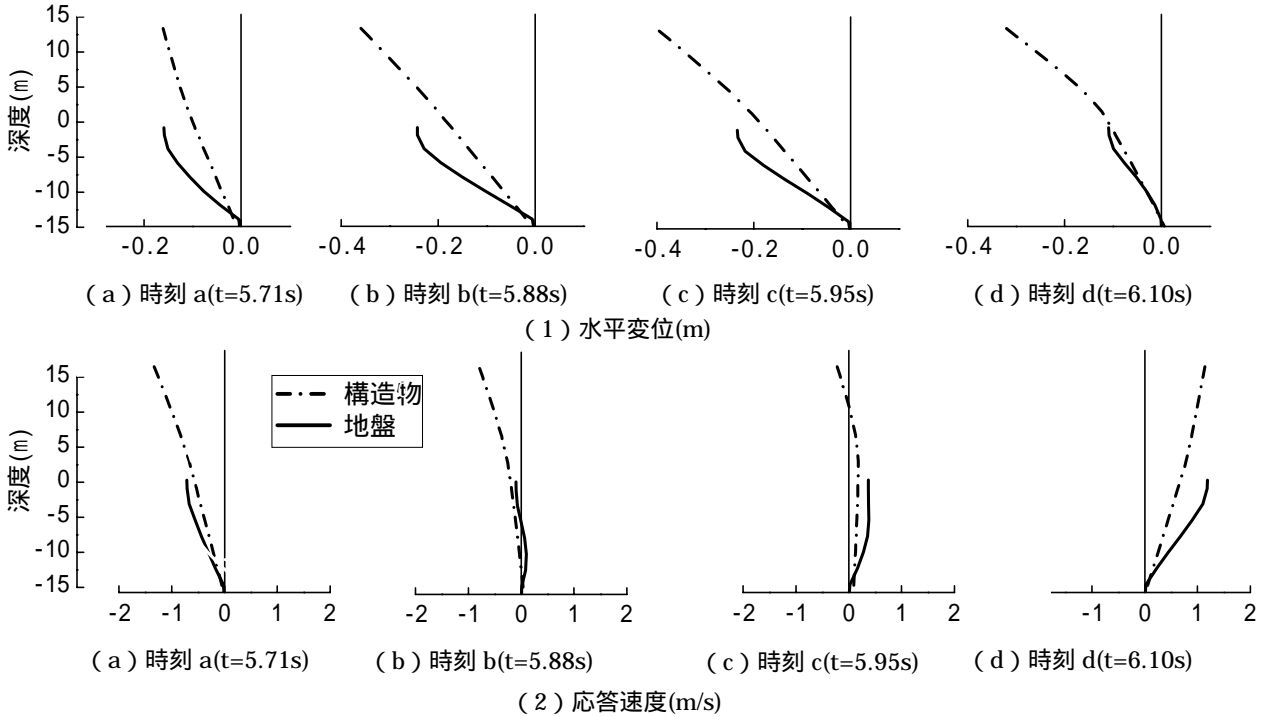


図-5 構造物および地盤の地震応答

ソンの中間高さ（ケーソン頂部から6m下方の位置）およびケーソン底面付近（底面から3m上方の位置）における応答を比較している。ケーソン中間高さにおいては、ケーソンの最大応答は時刻5.91sで119mmであるのに対して、地盤の最大応答は時刻5.88sで193mmとなっている。ケーソンは地盤に比較して0.03sだけ位相が遅れ、また、変位振幅も39%程度小さくなっている。また、ケーソン底面付近でも、ケーソンの最大応答は時刻5.87sで42mmであるのに対して、地盤の最大応答は、時刻5.83sで57mmである。ケーソンは地盤に対して0.04sだけ位相が遅れ、また、変位振幅も26%程度小さくなっている。ケーソンの中間高さ、底面付近のいずれにおいても、ケーソンは地盤よりも位相が0.03s~0.04s程度遅れる。また、ケーソンの応答を中間高さで比較すると、底面付近の方が中間高さよりも0.03s程度位相が進んでいる。

ケーソン基礎と地盤の応答変位モードを、上述した時刻a（時刻5.71s）～時刻d（時刻6.10s）において示した結果が図-5である。構造物（桁、橋脚及びケーソン基礎）および地盤の応答変位、応答速度をそれぞれ u_{ST} 、 \dot{u}_{ST} 、および u_{GR} 、 \dot{u}_{GR} と表すと、時刻aでは $\dot{u}_{GR} < \dot{u}_{ST} < 0$ であり、構造物、地盤とも左向きに振動している。これに対して時刻b、c、dとなるにつれて地盤、構造物ともに速度は徐々に正となり、右向きに振動していき、 u_{GR} 、 \dot{u}_{GR} はそれぞれ u_{ST} 、 \dot{u}_{ST} よりも位相が進んでいる。このため、構造物の変位 u_{ST} は常に地盤の変位 u_{GR} に追従する形で応答する。このように、ケーソンが周辺地盤を押しつけて応答するわけではなく、地盤に引きずられて応答することを示している。

4.まとめ

橋梁を支持する高さ15m、底面5.7×10.7mのケーソン基礎を対象として、兵庫県南部地震における地震動記録を作用させ動的解析を実施した結果、以下の結論を得た。

- (1) ケーソンは周辺地盤に対して、0.03s~0.04s程度位相の遅れた振動をする。
- (2) ケーソンの応答を中間高さで比較すると、底面付近の方が中間高さより0.03s程度位相が進んでいる。
- (3) ケーソンは周辺地盤を押しつけて応答するわけではなく、地盤に引きずられて応答する。