

ケーソン基礎に対する入力損失効果の簡易評価法の適用性

鉄道総合技術研究所

正会員 ○土井 達也, 押田 直之, 山田 聖治, 室野 剛隆

ジェイアール総研エンジニアリング 正会員 日野 篤志

1. はじめに ケーソン基礎や杭基礎構造に支持される構造物では、地盤－基礎系の動的相互作用による入力損失が生じることが知られており¹⁾など、筆者らの一部は杭基礎による入力損失を応答変位法により評価する手法²⁾（以下、簡易評価法）を提案している．一方、ケーソン基礎などのく体断面の剛性が大きい基礎では、図1に示すように、構造物に入射される加速度が自由地盤に比べて増幅する（有効入力係数 η が1を超える）場合があり¹⁾など、簡易評価法の適用に注意を要する可能性があるが、ケーソン基礎に対する簡易評価法の適用性は検討されていない．そこで本検討では、ケーソン基礎の設計計算例³⁾の構造物を対象に、簡易評価法の適用性を検討する．さらに、ケーソンの径、長さをパラメータとして、ケーソン基礎の有効入力係数 η に関する支配パラメータについて検討する．

2. 解析モデルおよび解析条件 簡易評価法の適用性検討では、図2に示す検討モデルおよび地盤条件にて、動的解析と簡易評価法の有効入力係数を比較した．ここで簡易評価法は線形解析とし、地盤の1次～3次モードの変位分布をケーソンく体に入力し、地表面の変位に対するケーソン頂部の変位の比により有効入力係数 η を算出した．また、支配パラメータの検討に関しては、表1に示す9ケースを検討した．ケーソン径 D 、ケーソン長 L 、ケーソンの部材厚、頂版部長さは図3のとおりとした．軟弱層、支持層の初期せん断弾性波速度 V_{s0} はそれぞれ200m/s、400m/sとし、軟弱層については等価線形化法と同様の考え方により、鉄道の耐震標準⁴⁾を準用してせん断波速度を0.5倍した値（ $V_s=100\text{m/s}$ ）を適用して解析を行った．動的解析はいずれの検討も、図4に示す一体型モデルによる2次元動的線形解析モデルにより行い、有効入力係数は、自由地盤地表面に対するケーソン天端の絶対加速度のフーリエ振幅スペクトル比とした²⁾．また、解析では動的相互作用のうち幾何学的相互作用の影響のみを考慮するため、く体の重量を無質量とし、慣性の相互作用の影響を取り除いた．自由地盤とく体の間の相互作用ばねは、基礎標準⁵⁾により算定した．入力波形は前稿で示したホワイトノイズとし、図4のモデルの基盤面に加振した．

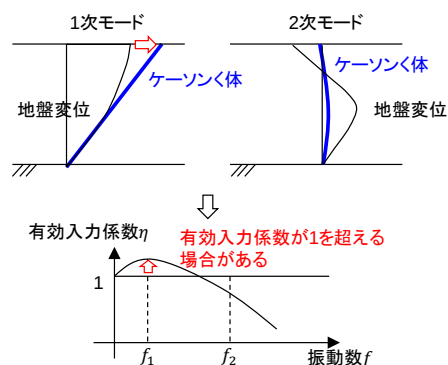


図1 ケーソン基礎における入力損失

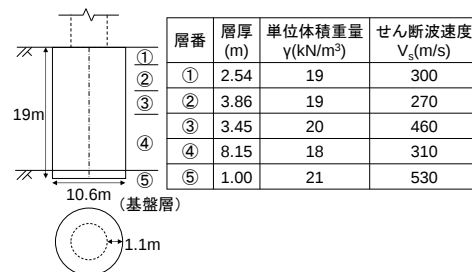
図2 簡易評価法の適用性検討に関する検討モデルと地盤条件³⁾

表1 検討ケース

ケース	ケーソン長 L	ケーソン径 D
L10D10	10m	10m
L10D20		20m
L10D30		30m
L30D10	30m	10m
L30D20		20m
L30D30		30m
L50D10	50m	10m
L50D20		20m
L50D30		30m

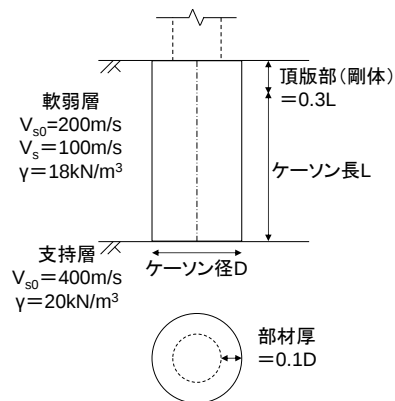
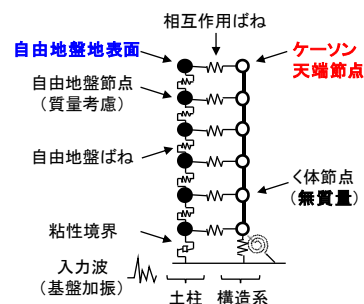


図3 ケーソン基礎のパラメータ



有効入力係数 η =自由地盤地表面に対するケーソン天端の絶対加速度のフーリエ振幅スペクトル比

図4 動的解析モデルの概要

キーワード ケーソン基礎, 入力損失, 応答変位法, 所要降伏震度スペクトル

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7336

3. 簡易評価法の適用性の検討結果 図5に簡易評価法の適用性の検討結果を示す。図5より、簡易評価法と動的解析結果の有効入力係数 η は、地盤の1次～3次モードの振動数では概ね整合している。一方、動的解析では、1次モードと2次モードの間の振動数で有効入力係数が1を超える挙動を評価できるが、簡易評価法ではこれを評価できない。このため、ケーソン基礎に対する簡易評価法の適用には注意が必要である。

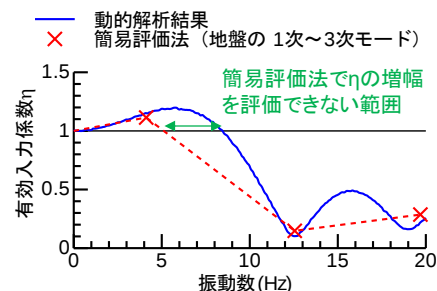


図5 簡易評価法の適用性検討結果

4. 有効入力係数に関する支配パラメータの検討結果 図6にケーソン長10m, 30m, 50mに対する振動数ごとの有効入力係数を示す。ただし、鉄道構造物への影響が大きいと考えられる0～10Hzについて示している。図6より、各ケースともケーソン径 D が大きいほど入力損失効果大きい。また、図7に有効入力係数 η の0～10Hzにおける最大値と L/D の関係を示す。図7より、今回検討したケースでは L/D が1を超える範囲で有効入力係数 η の増幅がみられ、 L/D が支配パラメータとなっている可能性がある。さらに、図8に、ケーソン長30mのケースにおける地盤の1次モードの変形モード図を示す。ただし、自由地盤地表面の変位を1mとしている。図8より、ケーソン径 D が10m, 20mの場合に、ケーソン頂部の変位が自由地盤の変位に対して増幅しており、増幅の程度はケーソン径 D が大きいほど小さいことがわかる。これは図6(b)の傾向とも整合している。以上の結果は、ケーソン長 L に対してケーソン径 D が大きいほどケーソン底面の回転抵抗が大きくなり、く体頂部の回転変位が抑制されることが原因と考えられる。

また、ケーソン長30m（地盤種別は普通～軟弱地盤（G4地盤）に相当）、ケーソン径 D が10mのケースに対して、ランダム振動論を用いた所要降伏震度スペクトルの補正手法²⁾により、L2地震動スペクトルII（G4地盤）⁴⁾の所要降伏震度スペクトルを補正した結果を図9に示す。図9には、入力損失を考慮しない場合に対する考慮した場合のスペクトル比も併記している。図9より、所要降伏震度スペクトルは最大2割強の増幅がみられる。

5. まとめ ケーソン基礎に対する入力損失の簡易評価法の適用性を検討するとともに、ケーソン径 D およびケーソン長 L をパラメータとして、ケーソン基礎の有効入力係数 η に関する支配パラメータを検討した。その結果、今回の検討条件では、簡易評価法では有効入力係数 η が1を超える範囲を評価できない振動数帯があること、有効入力係数 η に対して L/D が支配パラメータとなっている可能性があることが明らかとなった。

参考文献：1) 齊藤ら：曲げ柔性の影響を考慮した大型基礎の入力損失効果に関する理論的評価，2003。2) 實地ら：杭基礎による入力損失効果の実務的評価手法の提案，2017。3) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 設計計算例 ケーソン基礎 RC 橋脚，2017。4) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，2012。5) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物，2012。

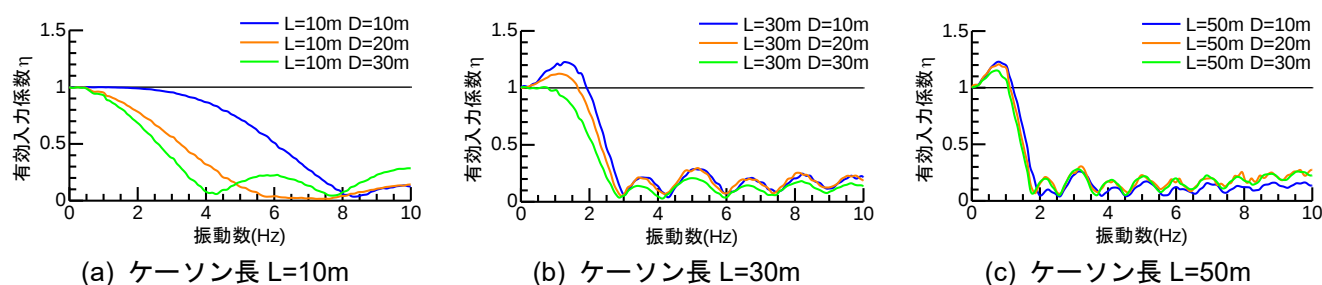


図6 有効入力係数の比較

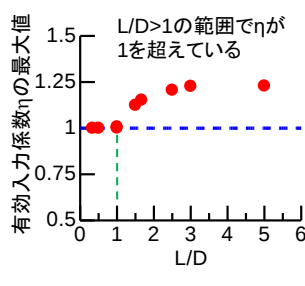


図7 η の最大値と L/D の関係

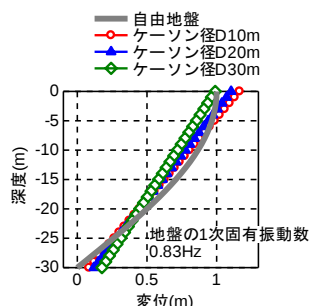


図8 地盤1次モードの変形モード図 ($L=30\text{m}$)

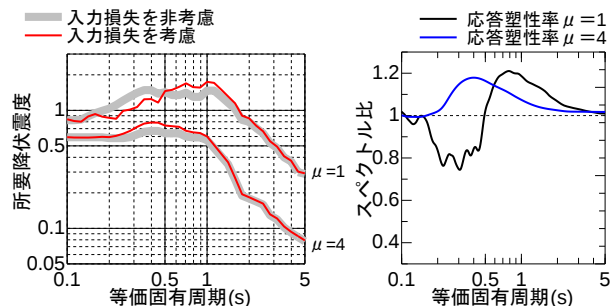


図9 ケーソン長 $L=30\text{m}$ 、ケーソン径 $D=10\text{m}$ ケースの所要降伏震度スペクトルの補正 (L2SpII G4 地盤)