

I - B 294

互層地盤に埋設されたケーソン基礎構造物の有効入力動に関する解析的研究

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 齊藤 正人
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 西村 昭彦
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆
 (株) 福山コンサルタント 正会員 ○金田 孝治

1. はじめに

有効入力動とは、基礎 - 地盤系を等価な S R モデルに置換するときの入力地震動で、物理的には動的相互作用の効果として質量が零の基礎の地震応答値と定義される。この有効入力動は、基礎の剛性が大きいほど、自然地盤の地震動とは異なったものとなり、基礎の存在による地震動の拘束効果もしくは入力損失と呼ばれる効果が顕著になり、自然地盤の地震動に比べて高周波数成分が低減するといわれている^{1) 2)}。しかしながら、その低減の割合は基礎の剛性のみならず、基礎の形態や地層構成にも影響される。有効入力動を用いた構造物の耐震設計方法の有意義性も認められているが、入力損失の定量的な評価方法は、まだ確立されていないのが現状である。

本論文では、互層地盤における基礎の有効入力動の基本性状を F E M 解析によって調べ、有効入力動による実務設計方法の可能性について基礎的な考察を試みた。

2. 解析モデル

本解析に用いた軸対称 F E M モデルを図 1 に示す。解析対象基礎は、直径 $D=6.8\text{m}$ 、長さ $L=17.0\text{m}$ の一般的な断面形状を有するケーソンを想定し、質量を持たないシェル要素としてモデル化した。解析対象地盤は、表層地盤（ケーソン側面地盤）の下層に表層地盤と同厚の工学基盤面と見なせる土層（せん断弾性波速度 $V_s=400\text{m/s}$ ）が連続すると仮定し、ソリッド要素としてモデル化した。基礎および地盤は弾性材料と見なした。また、解析モデルの側面および底面の境界条件は、それぞれ伝達境界および粘性境界とした。

解析では、周波数応答解析により、自然地盤の地表面ならびに基礎頂版位置の基盤面に対する加速度の伝達関数を調べた。なお、地盤および基礎には 10% の減衰を考慮した。

3. 解析ケース

本解析では表層地盤の地層構成の違いが有効入力動に与える影響を調べるため、6 ケースの表層地盤を仮定した。これらの表層地盤は、いずれも一様地盤の一次固有振動数 $f_1=1.47\text{Hz}$ に一致するように設定した。設定した表層地盤ならびに表層地盤の固有値解析結果を表 1 に示す。

キーワード：有効入力動、動的相互作用、耐震設計法

連絡先：〒 185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 0425-73-7262

〒 136-0071 東京都江東区亀戸 2-25-14 立花アネックスビル TEL 03-3683-0721

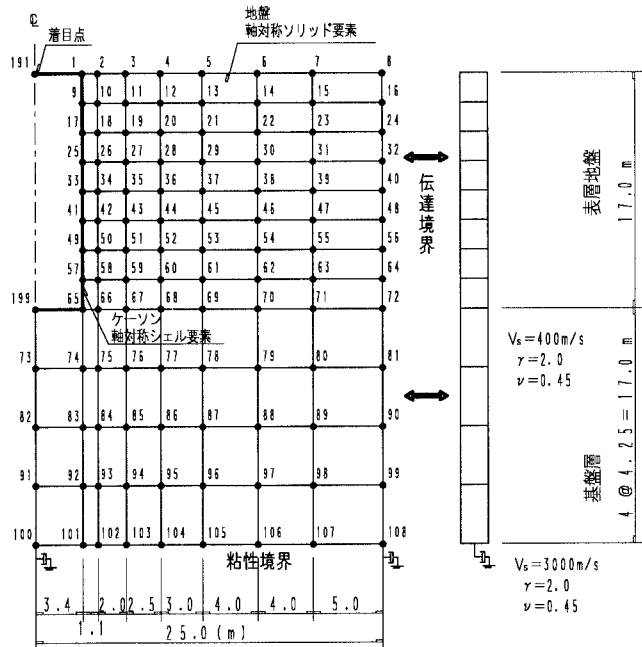
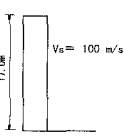
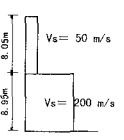
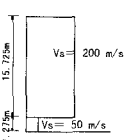
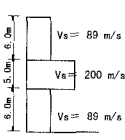
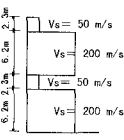
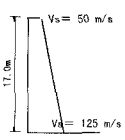


図 1 解析モデル

表1 表層地盤モデルの設定

地盤タイプ	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4	CASE-5	CASE-6
表層地盤モデル						
	ケーソン底面 Vs = 400 m/s	ケーソン底面 Vs = 400 m/s	ケーソン底面 Vs = 400 m/s	ケーソン底面 Vs = 400 m/s	ケーソン底面 Vs = 400 m/s	ケーソン底面 Vs = 400 m/s
固有振動数	1次 振動数 (Hz)	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
	1次 刺激係数	2.235	1.667	2.553	2.054	2.065
	1次 有効質量比	0.873	0.482	0.993	0.928	0.759
	2次 振動数 (Hz)	4.48	4.36	6.67	4.57	3.79
	2次 刺激係数	-0.707	-1.181	0.210	-0.348	-0.908
	2次 有効質量比	0.087	0.239	0.007	0.032	0.147
3次	振動数 (Hz)	7.65	6.09	13.04	8.06	6.38
	刺激係数	0.381	-1.140	-0.059	0.457	-0.534
	有効質量比	0.025	0.223	0.001	0.035	0.051

4. 解析結果

解析結果の1例を図2に示す。各ケースにおける地表面および基礎頂版位置の伝達関数の卓越振動数は、いずれも固有値解析結果と一致することが確認された。本論文では、地表面に対する基礎頂版位置の加速度の伝達関数の比を有効入力係数 $\{\eta(f)\}$ と定義し、地層構成の違いによる入力損失の効果を調べた。有効入力係数の解析結果を図3に示す。

有効入力係数は、いずれのケースにおいても表層地盤の各固有振動数に対応して低下することが確認された。また、地層構成に関わらず、静的 (0Hz) の場合を1.0とし1次固有振動数に向かい、余弦波形状で低下する傾向が確認された。しかしながら、1次固有振動数における有効入力係数 $\eta(f_1)$ は、地層構成の違いにより、 $\eta(f_1)=0.2 \sim 0.8$ 程度とばらつく結果となった。この内、CASE-1 (一様地盤) の有効入力係数を上回る結果を示したものは、CASE-3 および CASE-4 である。この2ケースはいずれも基盤直上に軟弱層が堆積していると想定したものである。その他のケースにおいては一様地盤と同等かそれ以下という結果が得られた。

1次以降の高次振動数帯域においては、固有値解析結果が示すように表層地盤の固有振動数は地層構成により異なっており、有効入力係数もばらつく結果となった。しかしながら、構造物の耐震設計の面から考えると、1次以降の高次振動数帯域の刺激係数ならびに有効質量比は小さいことから、入力損失の効果は無視しても良いものと考えられる。

5. まとめ

地層構成の異なる表層地盤におけるケーソン基礎の有効入力係数を算出した結果、以下のことが得られた。

- (1) 基盤面直上に軟弱層が堆積する地盤では、一様地盤の有効入力係数ほど入力損失は見込めない。
- (2) その他の地盤については、一様地盤と同等かそれ以上の入力損失が見込め、一様地盤における有効入力係数を考えれば、耐震設計上概ね安全となる。

参考文献

- 1) 原田, 久保, 片山: 有効地震動の計算式とその実測例による検討, 土木学会論文報告集, 第362号, 1985.10
- 2) 田中, 吉田他: FEMを用いたパラメータスタディによる入力損失効果の定量的評価, 第6回日本地震工学シンポジウム講演集, 1982.12

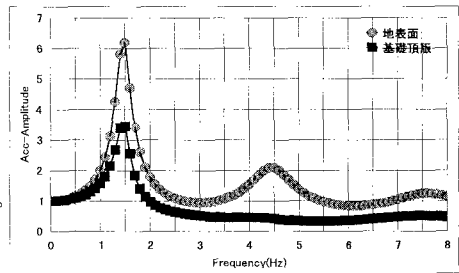


図2 伝達関数 (CASE-1)

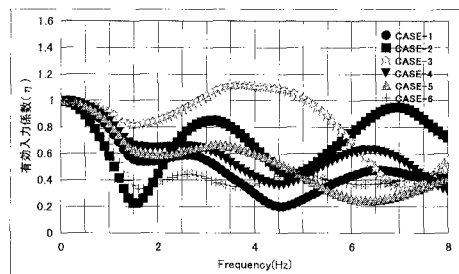


図3 有効入力係数