

VI-187

動的理論解に基づく地盤ばねを用いた機械基礎の振動解析について

鹿島 正会員 塩崎 信久

鹿島 正会員 清水 保明

鹿島 正会員 田島 新一

1. はじめに

コンプレッサー基礎のような振動機械基礎の設計にあたっては、あらかじめ振動解析を行い、防振設計を行う必要がある。振動解析に必要な地盤ばねは、一般に地盤反力係数を用いて評価されている。この方法では、N値などから推定される地盤反力係数を用いて算定したばね値、及び別途経験的に設定される減衰定数が用いられる。一方、近年、理論解を用いる方法についての研究が進み、また、振動理論に対する理解の進展もあって、より厳密な方法が実際の設計に適用されつつある。例えば、埋め込みのある基礎の水平と回転の連成振動問題を評価できるNOVAKら¹⁾の方法は、わが国における原子力発電所関連構造物の耐震設計や海外における振動機械基礎の設計に採用されている。

本報告では、埋め込みのある直接基礎型式のコンプレッサー基礎を対象として、田治見の振動アドミタンス理論^{2), 3)}に基づく底面地盤ばね、及びNOVAKらの地盤ばね算定理論に基づく側面地盤ばねを用いた振動解析結果と、実測値及び地盤反力係数による地盤ばねを用いた振動解析結果との比較検討を行い、動的理論解に基づく地盤ばねを用いた振動解析の有効性を検討した。

2. 解析の概要

コンプレッサー基礎の形状寸法を図-1に示す。長さ3.15m、幅0.9m、厚さ1.0mであり、埋土上に設置された直接基礎である。基礎周辺は厚さ15cm程度のコンクリート舗装が施工されているが、基礎周囲に側溝があるのでその影響は無視できる。土質柱状図を図-2に示す。基礎側面、基礎底面付近はN値2~10である。荷重条件は表-1に示すとおりである。

コンプレッサー基礎を直交3方向及び各直交軸廻りの6自由度を有する1質点系にモデル化する。

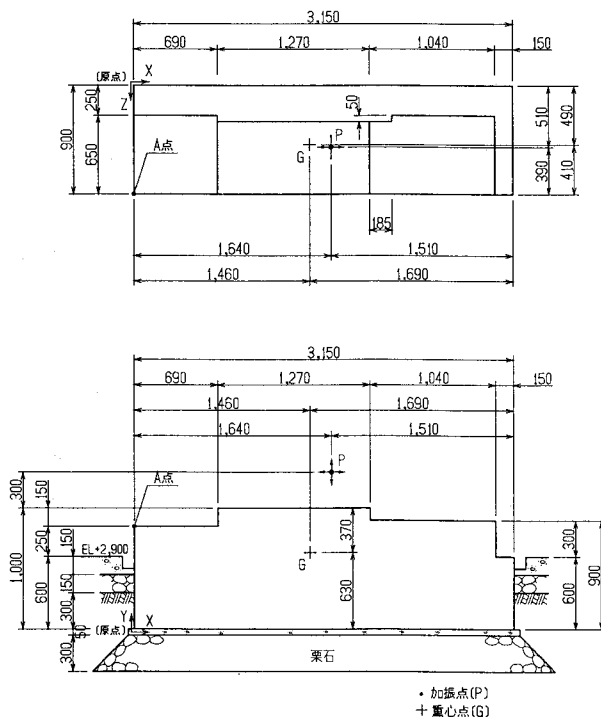


図-1 形状寸法

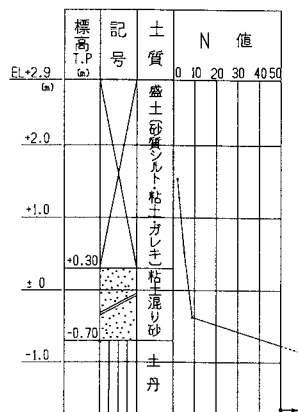


図-2 土質柱状図

運動方程式は以下のとおりである。

$$[M] \{\ddot{\delta}\} + [C] \{\dot{\delta}\} + [K] \{\delta\} = \{P\}$$

ここに、 $[M]$ ：剛体の質量及び回転慣性よりなる質量マトリックス、 $[C]$ ：減衰マトリックス、 $[K]$ ：地盤ばねより算定される剛性マトリックス、 $\{\delta\}$ ：質点の変位、 $\{P\}$ ：振動荷重

動的理論解に基づく埋込みのある振動機械基礎の地盤ばね及び減衰は、底面及び側面に対して、それぞれ田治見の振動アドミタンス理論、Novakらの地盤ばね算定理論、に基づく方法により評価する。

3. 解析値と実測値との比較

ここでは、A点(図-1参照)の変位量に着目し、A点のX方向の変位量について解析値と実測値が等しくなるような地盤のせん断剛性率（動的理論解を評価するためのパラメータ）あるいは地盤反力係数を求め、これらの値を用いて算定されるA点のY方向及びZ方向の変位量と実測値とを比較する。

動的理論解に基づく地盤ばねを用いる方法により、A点のX方向変位量が実測値と等しくなる地盤のせん断剛性率は1500t/m²程度と推定された。一方、従来の地盤反力係数を用いる方法により、減衰定数を5%と仮定した場合のA点のX方向変位量が実測値とほぼ等しくなる地盤反力係数は3.0kg/cm³程度と推定された。

表-2にA点の各方向の変位量をまとめて示す。動的理論解に基づく地盤ばねを用いた解析結果は、X、Y両方向の変位についてかなり良い精度で解析値が実測値を再現できることがわかる。一方、地盤反力係数から算定される地盤ばねを用いた解析結果では、Y方向の変位量が実測値の約2倍となっている。なお、Z方向の変位についても、地盤反力係数を用いる方法に比べて動的理論解に基づく地盤ばねを用いた場合の方が実測値に近い値を示している。

4. まとめ

事例検討により動的理論解に基づく地盤ばねを採用した振動解析の結果は実測値をかなり良い精度で再現できることを示した。

今後、実測値との比較検討をさらに多く実施して本手法の適用性を確認していくとともに、地表面にコンクリート舗装がある場合や構造物が複数の地層にまたがっている場合、さらに杭基礎型式の場合についても検討を実施していく予定である。

参考文献

- 1) Novak M., Nogami T., Aboul-Ella F. ; "Dynamic Soil Reactions for Plane Strain Case", Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol.104, No.EM4, pp.954-959, Aug., 1978.
- 2) 田治見 宏 ; 「建物と地盤の動的相互作用」, 建築構造学大系 I 地震工学, 建築構造大系編集委員会, pp.55-105, 1966年, 6月.
- 3) 田治見 宏 ; 「耐震理論に関する基礎的研究」, 東大生研報告第8巻, 4号, 1959年.

表-1 荷重条件

荷重の種類		荷重 (t)	作用位置 (m)			動荷重の回転数 (r. p. m)
			X	Y	Z	
静荷重	基礎荷重	5.59	1.46	0.63	0.49	—
	機器重量	1.82				
動荷重	水平方向力	1.50	1.64	1.30	0.51	300
	鉛直方向力	0.30				

表-2 A点の変位量

項 目	変位量 μm (片振幅)			備 考
	X 方向	Y 方向	Z 方向	
実 測 値	255	135	35	—
動的理論解に基づく地盤ばねを用いた解析値	255	152	16	$G \approx 1520 t/m^2$
地盤反力係数から算定される地盤ばねを用いた解析値	268	260	3	$k_n = 3.0 kg/cm^3, h = 0.05$