

1 まえがき

近年、構造物の大規模化、複雑化に伴い、耐震性の検討が単に静的な震度法や修正震度法によるばかりでなく、動的応答解析によっても行われる傾向にあることは論をまたない。しかしながら、動的応答解析では、入力地震動、構造物や地盤のばね特性および減衰作用等の選定が応答値を左右するもつとも重要な要素であり、これら基本的な諸条件の妥当性に関して十分な検討がなされない限り、解析結果の評価に多くの問題を残すことになる。

本研究は、周辺の軟弱地盤を考慮した大規模な基礎構造物の地震応答解析に関するものであるが、上記にかんがみ入力波形、構造物および地盤のモデル化、さらに地盤のばね特性(せん断弾性係数)と減衰定数のひずみ依存性等、いわゆる解析条件に関する検討が大部分を占めている。本文は、構造物と地盤の動的相互作用という最終解析結果よりはむしろ上記解析条件に関する検討を中心に述べたものである。

2 解析概要

解析に際しての一般的な条件は次のとおりである。

基礎構造形式 ---- 多柱式基礎、ケーソン基礎

対象地盤 ---- 図-1参照

入力地震動 ---- 横浜港記録(伊豆大島近海、1978、1.15)

入力最大加速度 ---- 180 gal

(1) 自然地盤の重複反射理論による等価線形応答解析

図-1に示されるせん断弾性係数等を初期条件として与え、地盤のひずみに応じたせん断弾性係数、減衰定数を求めるものである。図-2は当該地盤の振動三軸試験から求めた地盤のひずみ γ とせん断弾性係数 G および減衰定数 η の関係を示したものである。なお、最終の G 、 η を用いた多質点系モデルによる応答解析を行い、結果の妥当性を確認した。

(2) 基礎構造物と地盤の連成モデルによる等価線形応答解析

図-3の連成モデル(以下、多並列モデル)に(1)で求めた G 、 η を初期条件として与え、(1)と同様に地盤のひずみ γ に応じて G 、 η を求めて最終応答値を求めるものである。なお、基礎側面地盤の水平抵抗ばねのみを考慮した、いわゆる K 値による応答解析も平行して実施した。

3 解析結果および考察

(1) 自然地盤の応答解析

地盤を重複反射理論によって解析した結果、図-1に示すシルトおよびシルト質粘土のせん断弾性係数 G は、初期 G_0 のほぼ50%、シル

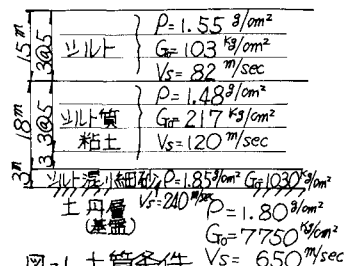
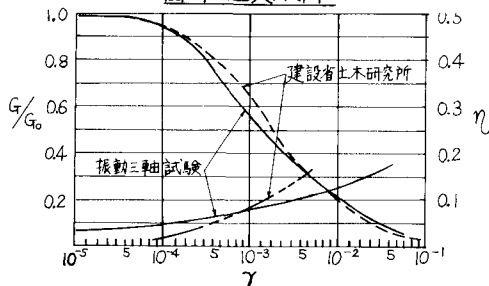
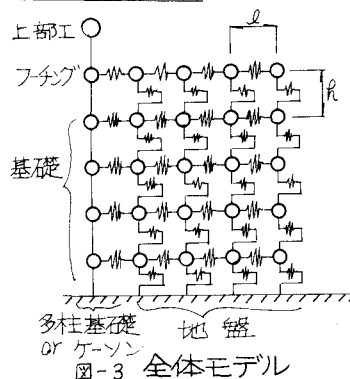


図-1 土質条件

図-2 $G/G_0 - \gamma$ 

ト混り細砂で90%程度となる。また減衰定数は、それぞれ0.08、0.05であった。これらの諸定数を用いて、多質点系モデルによる応答解析を行い、最大加速度、最大変位の分布について検討したが、ほぼ同等な結果が得られた。

(2)多並列モデルおよびK値による応答解析

地盤の水平ばね K_H 、せん断ばね K_S は、図-4に示すように地盤の側面影響を考慮して次式で算出した。

$$K_H = EA / l \quad K_S = GA / R$$

自然地盤の応答解析から求められた G 、 η を初期条件とした場合の多柱式基礎の解析結果を図-5に示す。これによると、曲げモーメント、変位分布は両解析法とも同じ傾向を示すが、加速度、せん断力の分布は異なる結果となっている。加速度については、両モデルの固有周期に差があり、加速度応答倍率が異なるためである。また、せん断力の分布の違いは、K値による場合、基礎頂部の慣性量が支配的となり、多並列モデルによる場合は基礎頂部の慣性量とともに、地盤変位および基礎自体の慣性量も無視できない要素となっているためと思われる。

ケーソン基礎の場合は、両解析法とも同様な分布形状を示すが、応答値の絶対値は、K値によるモデルの方が一般に大きい。これは基礎の固有周期は同じものの、束数係数に顕著な差があることによるものである。なお、ケーソン基礎は、その解析結果によると乾砂に対する安全率が許容値を起しているため、底面の浮上りを考慮した、いわゆる弾塑性解析を追加したが、これまでの弾性解析結果と比較してみると次のようになる。

- ①ケーソン天端の最大加速度は両者とも同等の値を示すが、最大変位は弾塑性解析の方が大きい。
- ②最大曲げモーメント、最大せん断力は弾塑性解析の方が小さく、これらは、多並列モデル、K値両解析法とも同じ傾向を示している。

以上はすべて自然地盤の応答解析結果から得られた G 、 η を初期条件として解析したものであるが、さらに両モデルに対して地盤の G および η のひずみ依存性を考慮して最終応答値を求めた。これらを含めて表-1、表-2にそれぞれ多柱式基礎、ケーソン基礎の解析結果を示すが、地盤の地震時における最終せん断弾性係数 G 、減衰定数 η は、シルトおよびシルト質粘土で、 $G = (0.4 \sim 0.45) G_0$ 、 $\eta = 0.10$ 、シルト混り細砂で、 $G = 0.84 G_0$ 、 $\eta = 0.07$ であった。

4 あとがき

以上の解析結果から、地震応答解析の基本となる地盤のせん断弾性係数、減衰定数等がある程度明らかにできたと考えているが、両モデルの固有値に差があるため、一概に両解析法による応答値をもって地盤の影響を解明したとはいえない。しかしながら、地盤のひずみ特性を考慮した多並列モデル等による解析法は、地盤と構造物の動的な相互作用を解明するうえで今後の一つの指標となるものと思われる。

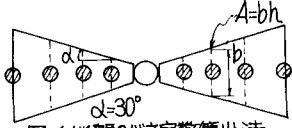


図-4 地盤のバネ定数算出法

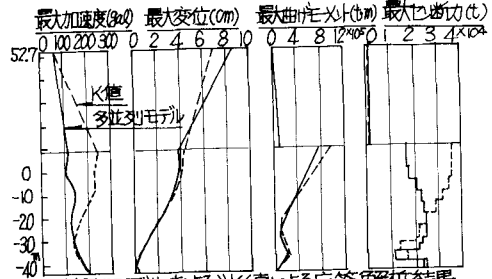


図-5 多並列モデルおよびK値による応答解析結果 (多柱式基礎)

表-1 多柱基礎の解析結果

	基礎の固有周期 (sec)	基礎の加速度 (g)	基礎の変位 (cm)	底面反力 (kg)	側面反力 (kg)	地盤反力 (kg)
初期条件	1.154	119	4.0	85,000	7,800	2,800
最終条件	1.035	123	3.5	72,000	6,800	1,600
K値による解析	0.865	243	4.4	114,500	7,700	2,300

()は弯力を考慮していない。

表-2 ケーソン基礎の解析結果

	基礎の固有周期 (sec)	基礎の加速度 (g)	基礎の変位 (cm)	底面反力 (kg)	側面反力 (kg)	地盤反力 (kg)	安全率 (%)
初期条件	0.60	580	5.1	350,000	69,600	5,300	1.6
最終条件	0.60	719	6.0	412,500	65,000	3,000	1.8
K値による解析	0.81	720	8.3	240,000	72,000	340	1.6
弾塑性解析	0.62	430	4.4	308,000	53,000	450	1.9
最終条件	0.63	496	4.7	330,000	56,000	580	2.0
K値による解析	0.78	480	8.3	280,000	60,000	370	1.9

()は弯力を考慮していない。