

(財)電力中央研究所 (正) 当麻純一

1. 目的

剛性地中埋設基礎では地震時にその制震効果が期待される。一方、その地下部分の壁体には動土圧が作用する。深い基礎の根入れ効果を設計に反映させるには、これらの点を明らかにする必要がある。本報告は振動台を用いた地盤・基礎連成系の模型振動実験により、主として項目について検討したものである。

① 地盤・基礎系の加速度応答の振動数による変化 ② 地下壁体に作用する動土圧と周辺地盤の変形

2. 方法

地盤・基礎系の模型の概略を図1に示す。土槽内に乾燥砂を充填して模型地盤を作成した。用いた土槽は地盤のセン断変形を拘束しない構造になっている。振動台を加振することによって、模型地盤を密に締め付けた。仕上がった模型地盤の平均的な物性は表1に示す通りである。

表1. 模型地盤の平均的な物性

単位体積重量	微小入りの固有振動数	セン断変形速度
1.5 (gf/cm ³)	21 (Hz)	84 (m/s)

次に模型基礎を埋設した。基礎は厚さ15mmのアクリル板で構成された剛性直方体である。その見かけの単位体積重量は0.4 (gf/cm³)

である。主な計測項目は、地中各部の加速度、基礎上面および底面の加速度、基礎の側壁および底版の動土圧などである。

加速度振幅一定の正弦波を入力とし、その振動数をステップ状に増加させる共振実験を行った。なお、砂の材料非線形性を考慮して、加速度振幅を変化させた場合について、各々共振実験を実施した。

3. 結果

(1) 地盤の増幅特性

基礎を入る前の、地盤のみの振動応答を求めた。図2はその一例である。入力加速度は20 galである。2つのピークが見られ、各々、セン断一次、二次に対応するものであることが、モード図からも確認された。

(2) 基礎上面の水平加速度

基礎の応答を代表する量として、上面の応答加速度 ($\ddot{U}_2$) に着目した。図3は $\ddot{U}_2$ の振動数変化を地表加速度との比で表したものである。

(1)と同じ入力条件である。その比は、低振動数域では1.0に近いが、振動数の増加に伴い低下していることが明瞭である。 $\ddot{U}_2$ は上部構造物への入力となる量でもある、その意味で埋設基礎の制震効果は期待できる。

(3) 基礎の振動

図3により、対象とする振動数範囲では、基礎は地盤より卓越して応答することのないことが分かった。一方、基礎は剛体であることから、地盤のセン断振動を受けて、剛体回転運動をする。ここをそれを揺動と呼ぶ。

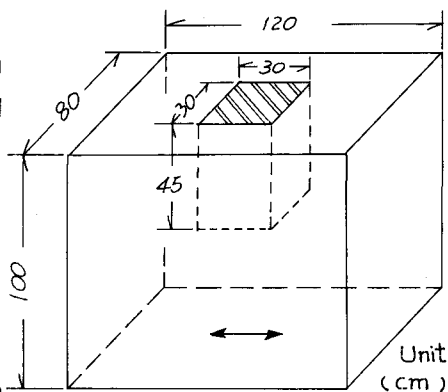


Fig. 1 Ground & Foundation Model

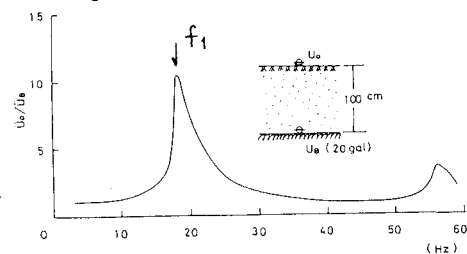


Fig. 2 Transfer Function of the Model Ground

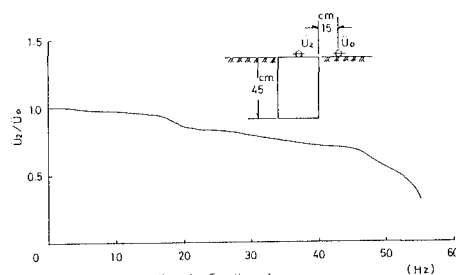


Fig. 3 Transfer Function of the Embedded Structure

そこで、基礎の上面と底面の水平加速度の差から揺動の中心を求めた。図4はその一例であり、(1)と同じ入力条件である。図中、実線は揺動中心の深さの振動数変化である。また、破線は基礎底面の深さを目安のために示したものである。振動数増加に伴い揺動中心が浅くなって来る。つまり、下心揺動から上心揺動に変化する。図2と比較すると、地盤のせん断一次と二次の振動数の間に揺動中心が基礎底面に一致する振動数 f_0 があることが分かる。

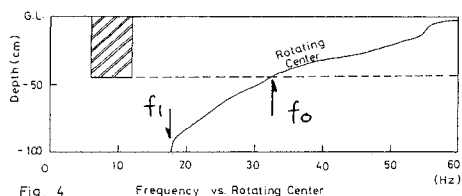


Fig. 4

図5は揺動回転角の振動数による変化を示したものである。図2と比較すると、地盤のせん断一次の時に回転角が卓越することが分かる。また、その回転方向は f_1 を境に向きを変え、かつ f_0 以上ではその絶対量が極めて小さいことが明らかである。

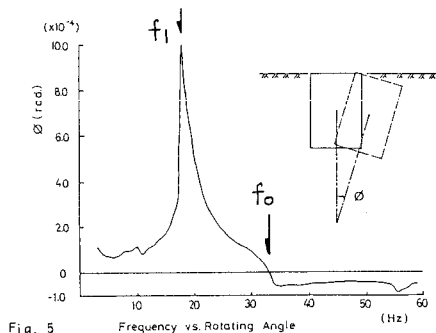


Fig. 5

(4) 基礎壁に作用する動土圧

(1), (2), (3) により、基礎の応答は地盤のせん断一次振動に強く依存するものであることが明確になった。そこで、その振動数 f_1 での動土圧分布を求めた。図6はその結果であり、動土圧の位相差を考慮し同一時刻で示してある。左右の側壁にそれぞれ異なる土圧が作用し、底版にも土圧が作用している。図中、基礎の形状を示す枠より外側に向う量が静土圧からの増分であり、逆に内側に向う量が減分である。また、矢印はこの瞬間の基礎の揺動方向を示している。

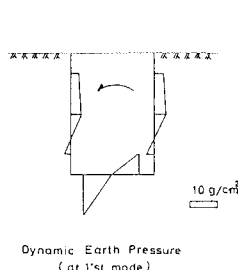
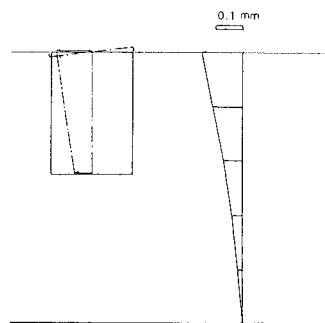


Fig. 6

この土圧分布に関して特徴的なのは、側壁の動土圧が深さ方向に位相反転することである。また、相対する側壁の動土圧は位相反転し、片側が押しならばもう片側は引きになっている。

図7は図6と同時に地盤・基礎の変位分布を求めたものである。両図から、地盤変位のリリース方向では土圧が減少していることが分かる。この現象は慣用の地震時受動土圧とは異なる。

Fig. 7



Deformation of the Ground & the Structure (at 1st mode)

(5) 動土圧の非線形性

図8は入力加速度の大きさを変えた場合に、各々せん断一次振動数で発生した動土圧を入力1 gal 当りに基準化して示したものである。特徴的なのは、入力が増大に伴って動土圧が減少することである。つまり、動土圧応答に非線形性がある。これは、地盤変位の増大にもかかわらず、入すみレベル依存による砂の剛性低下が著しいためと考えられる。

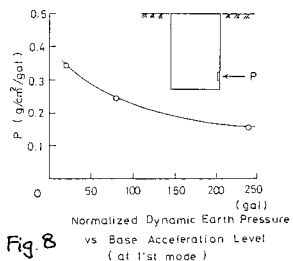


Fig. 8

4. 結論

剛性地中埋設基礎の動的挙動について、実験から明らかになったことは次の通りである。

- (1) 基礎の揺動は地盤のせん断一次の時に最大となるものの、地盤より卓越して応答することはない。
- (2) 高振動数域での基礎の上心揺動は振幅が小さく、全体的に見れば、主要な応答とはならない。
- (3) 基礎壁に作用する動土圧は基礎と地盤の相対変位に依存し、慣用の極限土圧とはその発生機構が異なる。
- (4) 動土圧には入力加速度の大きさによる非線形性が現れ、地盤剛性の軟化が密着に関係する。