

1. はしごき

地表層上に構築された土構造物の地震応答特性は、その基礎においている地盤の地盤条件によって異なる差異があることは震害の事例からもよく知られていることである。堤体と地盤は動的相互作用により新たな振動系を構成するので、これを別個に考えて応答を加えあわせた場合とは異なる結果を与えることが知られている。本研究は、基礎上に水平に堆積した地表層の上に構築された土構造物の応答特性が、地表層の厚さや弾性波速度によってどのように影響されるかを考察したものである。

2. 地表層上の堤体の応答特性

図-1に示すように地表層上に築造された高さ8mの三角形の堤体を考え、この構造物-地盤系は鉛直下方からセン断波が入射するものとする。堤体および地盤はすべてセン断変形のみするものと仮定すれば振幅 A_1 の正弦入力波に対する堤頂あるいは堤体底面などの応答値は解析的に求めることができる。応答の最大値は堤頂部分で生ずるので、土構造物の耐震性を考える場合には堤頂における応答値に着目すれば充分である。ここで基礎の材料の密度 ρ_1 を2.0 g/cm^3 、セン断波速度 V_1 を1000 m/sec 、堤体材料の密度 ρ_2 を1.8 g/cm^3 、波速度 V_2 を300 m/sec とそれぞれ一定とした。地表層の厚さを4, 6, 8, 12, 16および20m、地表層の密度を1.6 g/cm^3 としてインピーダンス $\alpha_2 = \rho_2 V_2 / \rho_1 V_1$ を変化させた時の正弦波入力に対する堤頂での応答曲線から一次固有振動数と求めてみると図-2に示すようになる。

地表層の波速度 V_2 が大きくなって α_2 が小さくなると系の固有振動数が小さくなり、地盤の振動性状が堤体の振動に大きく影響していることが明らかに見えらる。しかし、堤体の影響のない地盤の固有振動数 F_0 は $F_0 = V_2 / 4H$ であるから、インピーダンス α_2 とは逆比例することになり双曲線形を示すが、土構造物地盤系では図中 α_2 の小さい部分で明らかになるように大きな差異がある。 α_2 の値が一定であっても地表層の厚さが大きくなれば固有振動数は小さくなる。この傾向を見るために α_2 をパラメーターとして地表層厚 H と一次固有振動数との関係を探求めたものが図-3である。同図から明らかになるように α_2 が比較的大きい場合には地表層厚が大きくなると固有振動数は指数関数的に小さくなるが、固有振動数の値は α_2 の値が小さいほど大きい。しかし、 α_2 が0.6以下にならば、地表層厚 H と固有振動数 F_0 との関係はもはやこのような単調減少の指数形ではなく、なっていくようである。連成系の固有振動数 F_0 と地盤の固有振動数 F_g とは H の小さいところでは差異がかなりあるが、 H が大きくなるとこの差は徐々に小さくなるようである。図-4はこの傾向を見るために、これらの固有振動数の比率 F_0/F_g と、地表層の厚さ H と堤高(8m)との比率の関係を示したものである。

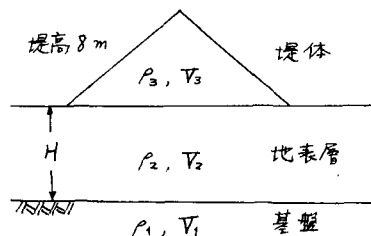


図-1 振動モデル

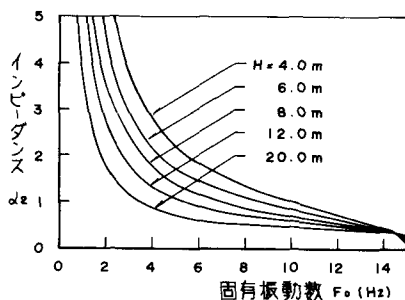


図-2 層厚 H と α_2 の影響

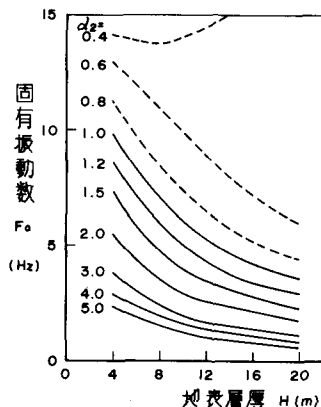


図-3 層厚と固有振動数

のである。地表層が薄い場合には地表層の固有振動数の約1/2の固有振動数になっているが、地表層が厚くなると地盤の固有振動数は次第に近くなる様子が見られる。ただし、この傾向は α_2 の値によってほとんど影響されず、比較的大きな α_2 の値については實際上変化がないと考えてもよいようである。土構造物—地盤系の動的相互作用は主として堤体の規模によって定まるものであるからこの仮定した程度の堤体では α_2 の影響が小さく出るのとは妥当であると考えられる。

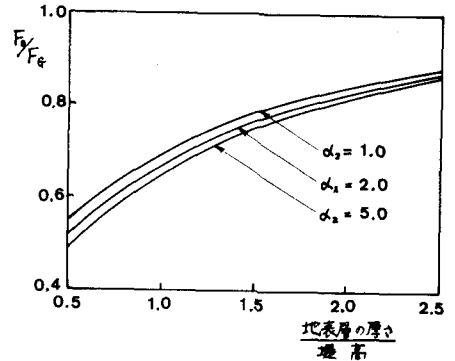


図-4 地盤の固有振動数との関係

図-5はインピーダンス α_2 の値に対する堤頂の応答倍率の変化を示したものである。この図によればH一定として α_2 の変化に応じて応答倍率には最小値が存在するようであり、この最小値を境にして応答倍率はかなり大きくなることが知られる。Hが小さい場合には応答の最小値は大きい。一般的には比較的小さい応答倍率を示す。Hが大きくなると応答倍率の最小値は小さくなるが全般的には比較的大きな応答倍率を示す。以上述べたことは同じような地層構造をもつ地盤であっても、その地盤のS波速度が異なる場合は応答倍率に著しい差異が生ずることを示している。一方、S波速度が一定であっても層厚が変化すれば応答倍率も変化する筈である。図-6は層厚をパラメーターに示した固有振動数と応答倍率との関係を示したものである。この場合も応答倍率はある固有振動数で最小値をもつようである。この図においては明らかに層厚が大きくなると応答倍率が低下する傾向が見られる。このことは入力地震波の周波数特性によっては地表層の厚さが大きいことが必ずしも不利にはならないことを示している。

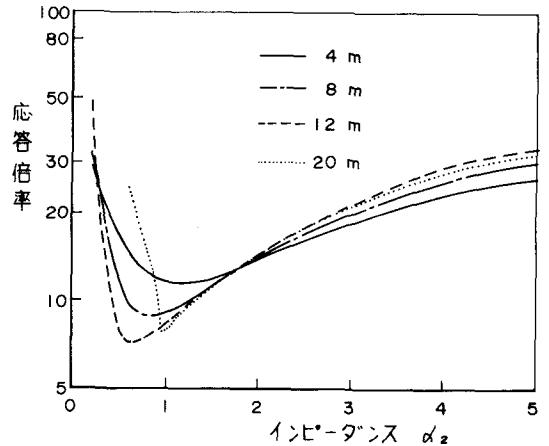


図-5 インピーダンス α_2 と応答倍率

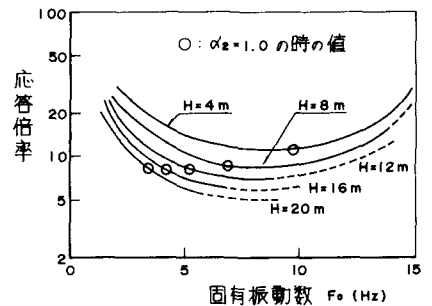


図-6 固有振動数と応答倍率

3. あとがき

土構造物の振動性状に及ぼす基礎地盤の影響は極めて大きく、その応答特性は地盤の応答特性に大きく反映される。ここでは特に地盤のS波速度と層厚との関連をめぐり、堤体の応答特性に与えるこれらの影響について考察した。今後更に震害との対応について検討を加えて行きたい。

参考文献

1. 柳沢栄司「軟弱地盤上の土構造物の応答特性」オ14回地震工学研究発表会(1976)
2. 同「土構造物の振動性状に及ぼす地盤振動の影響」オ11回土質工学研究発表会(1976)
3. 同「土構造物の地震時応答に及ぼす基礎地盤の影響について」土木学会東北支部技術研究発表会(1977)