

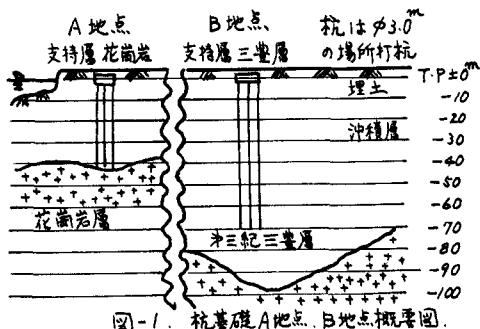
本州四国連絡橋公団 正会員 〇神 弘夫
 〇 林 宣熙

1. よえがき

杭基礎天端の地震時の動的挙動を推定するために動的応答解析を行なう場合において、応答解析モデルをどのようなものにするかが大きな問題となる。今回は有限要素法による二次元の解析モデルについて検討を行なった。有限要素法の二次元解析モデル作成において問題となるのは、① 平面領域の要素分割 ② 領域の大きさと境界条件 ③ 群杭のモデル化 ④ 平面要素の形状関数などである。ここでは検討の対象として基礎の深さ、地盤定数、杭の根入れの深さなどの違いにより振動性状が異なると予想されるA、B二地点をとりあげ、前記の①、②、③の項目に関する検討結果を述べることにする。

2. モデルの概要

ここでは地盤の諸定数は与えられたものとする。地盤と杭基礎からなる系を、橋軸直角方向に群杭の中(A地点では39m、B地点では27m)に等しい厚みをもつ平面問題としてモデル化する。平面問題と限っても地盤はなお無限の広がりをもつ。これを有限の領域に切り、境界には一定の条件をおく。この二次元領域をいくつかの要素に分割して解析する。杭は一次元的な広がりをもつビームとして扱い、要素の境界線におくものとする。ビームの節点と平面要素のそれとは同一点であり、 x, y 方向の釣合いには平面要素とビームが直接的に結合して作用する。回転方向の釣合いには、平面要素は直接的には関与しない。地震入力力は堅い基盤の上面(A地点では62mの深さ、B地点では97mの深さ)に作用させるものとし、入力波形としては越前岬沖地震の岩屋における加速度記録(N-S成分)の最大値を 100 gal に換算したものをもちいた。これに対して杭基礎天端の変位と回転、それらの加速度の応答に着目する。



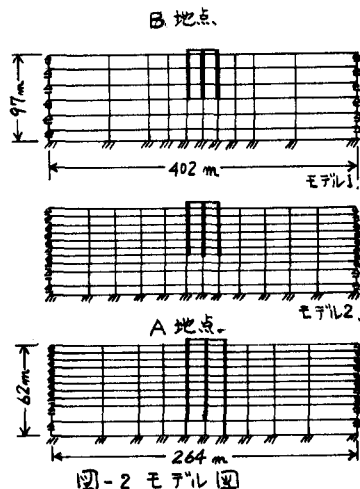
3. 考察

所要の応答値を算出するために、力学モデルについて考察した結果を以下に述べる。

① 平面要素の要素分割

この領域は長方形であり、杭も鉛直に配置されているので三角形要素よりも長方形要素を用いるのがよい。同じ程度の分割数なら後者が精度の点でも扱いやすさの点でもすぐれているからである。次の問題はコンピュータの容量や費用の制約を考慮しなうで、少くともどの程度に分割しなければならぬかを調べることである。B地点で1次元せん断柱モデルについて地表面の応答値を算出すると、変位は鉛直方向に6層、12層、24層と分割数を多くしてもその値はほぼ変わらないが、加速度は6層の場合の応答値を1とすると、12層では1.28、24層では1.41と次第に大きくなり、24層ではほぼ一定値に収束していることがわかる。

この結果を考慮して、杭基礎地盤系について図-2に示すモデル1、2



をつくり応答値を算出した。両者の値を比較すると、変位と回転では3%未満の開きしかないが、並進の加速度では10%程度の差がみられる。この結果ならびに個々のモードの観察から、モデル2の10層程度の分割では長周期成分が主要な寄与を示す変位については、妥当な計算値をもたらすが0.6秒程度より短い周期の成分がかなりの寄与を示す加速度については、10層分割ではまだ不十分で、コンピュータの容量が許せばさらに数層分割を多くすることが望ましい。

② 領域の大きさと境界条件

図-2のモデルに示すように、A, B地点のモデルの領域の中は、各々 $L = 264\text{ m}$, $L = 402\text{ m}$ とされている。また境界条件としては水平方向にのみ自由に移動できる条件を与えている。この境界条件は、杭基礎の影響が局所的であってそこから十分離れた地点での地盤の振動性状は1次元せん断柱のそれに近いものであろうという推察によっている。

図-3, 4はB, A両地点の地盤の広がり（固有周期、応答値との関係）を表に示したものである。B地点では $L/2$ から $L/6$ と領域を小さくすると曲げ振動の影響が入り、1次の固有周期は次第に長くなり、変位は大きくなり加速度は低下していく。逆に領域を $1.5L$ と大きくしても、固有周期、変位、加速度のいずれも L の場合と殆んど変わらず、 L でほぼ収束しているものと考えられる。このような検討を行った結果 $L = 402\text{ m}$ と定められた。

次にA地点のモデルでは、 $L = 264\text{ m}$ に対して $L/2$, $L/4$ としても固有周期、応答値には殆んど影響がない。この結果からすると、 $L = 264\text{ m}$ は大きさとしては十分であって、半分位にすることも可能であるが、ここでは 264 m をとることにした。

③ 群杭のモデル化

杭のモデル化についてはA, B地点について同様に論ずることができるので、B地点について説明する。杭の配列は図-5, 6のとおりである。有限要素法の要素分割の個数上の制約から2列ずつまとめた仮想群杭としてモデル化した。実杭及び仮想杭の断面性能は以下に示すとおりである。

φ3 mの実杭1本の断面積 $A = \pi/4 \times (3.0^2 - 1.8^2) = 4.52\text{ m}^2$

断面二次モーメント $I = \pi/64 \times (3.0^4 - 1.8^4) = 3.46\text{ m}^4$

仮想杭1本の断面積 $A' = 2 \times 4.52 = 9.04\text{ m}^2$

断面二次モーメント $I' = 2 \times 3.46 = 6.92\text{ m}^4$

図-6に示す6列の杭モデルを群杭性を考慮した片側モデルで解析した結果 図-5の杭モデルで解析した結果と比較すると並進の変位と加速度が2%程度小さく、回転については20%程小さくなる。

4. むすび

杭基礎の並進変位は要素分割数にあまり影響されず、加速度はある一定の分割数以上になると一定の値に収束する。地盤の領域は基礎の深さの4倍とれば充分と考えられる。

領域の広がりを変えた場合の解析結果(B地点)

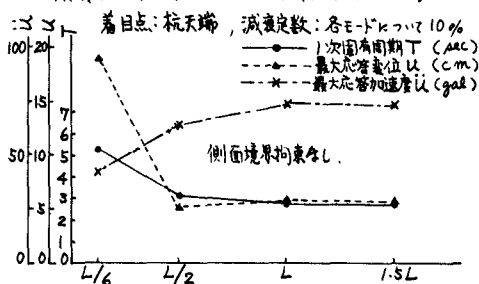


図-3 領域と固有周期、応答値の関係

領域の広がりを変えた場合の解析結果(A地点)

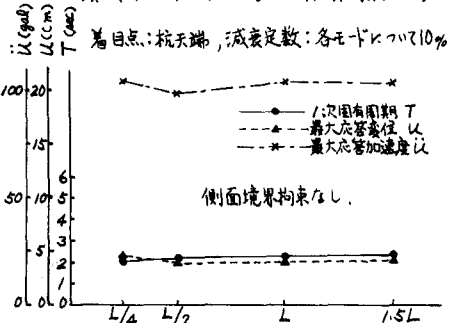


図-4 領域と固有周期、応答値の関係

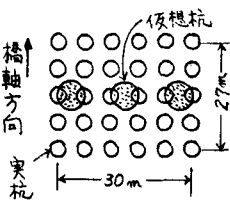


図-5 B地点杭基礎モデル

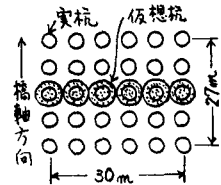


図-6 B地点6列杭モデル