

建設省土木研究所 正員 矢作 枢

建設省土木研究所 正員 岡原美知夫

建設省土木研究所 正員 ○堀部 正文

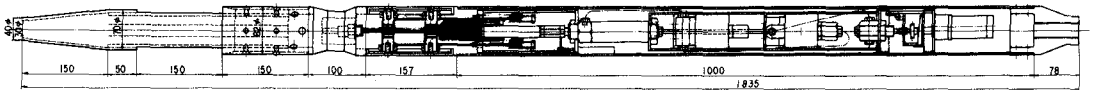
1. 概要

わが国は地震の多発国であるため、土木構造物の安全を確保するには、合理的な耐震設計法を確立する必要がある。基礎なかでもくい基礎の耐震設計は、現在、地盤をバネに置き換える方法がとられているため、設計に際しては、地盤の横方向反力係数 k 値が必要となる。この k 値としては、地震のような動荷重に対しては地盤の動的性質を加味した動的 k 値を使用することがより実際に近いが、現在はほとんどの場合、ボーリング孔を利用して得られる静的 k 値をそのまま用いるか、静的 k 値にある換算係数を乗じた値を用いているに過ぎない。土の動的な性質についての学問的研究、あるいは室内実験の研究はかなりなされているが、基礎を設計する実務の問題として扱った研究は少なく、ましてや現場の測定法について述べているのはまれである。

そこで、実用的な設計上の立場から、動的 k 値を現場で測定する手法の開発が急務であると考え、現在開発途上の動的 k 値測定機を用いて動的 k 値を測定し、静的な値や土質試験結果と比較検討し、動的 k 値に関して基礎的な研究をしてみた。

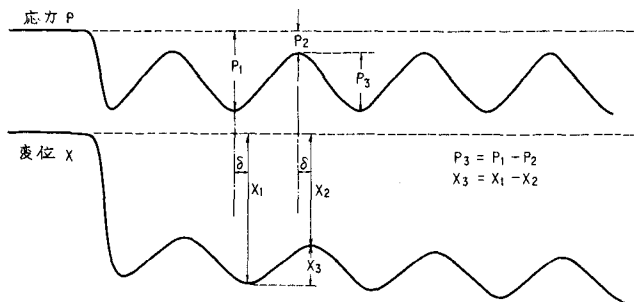
2. 動的 k 値測定機

今回用いた動的 k 値測定機は、KKTの原理を応用したもので、図-1にその構造を示す。この試験機は、静的 k 値測定機で使用される油圧ポンプ、カム、サーボ弁を測定機本体に組み込んでいる。さらに載荷板は、試験時に常に不攪乱状態のボーリング孔壁に密着し、また、それに加える動的な水平荷重が単に衝撃的な非繰り返し荷重だけでなく、動的でかつサインカーブ的な繰り返し荷重をも加えることができるようになって

図-1 動的 k 値測定機構造図3. 動的 k 値について

サイン応力法による動的 k 値測定例を図-2に示す。上段の波形は応力を表わし、下段の波形は応答変位を表わしている。図からわかるように、サイン波に応じて孔壁地盤も同様な変位を示すが、荷重の繰り返し回数の増大とともに孔壁の変位量は徐々に大きくなっていく。

一般に、地盤歪の小さい間の振動、すなわち、線形弾性体の振動では振動が定常状態になった場合、弾性体の歪の位相は応力に比べ δ だけ遅れるようになる。これは、

図-2 サイン応力法による動的 k 値測定例

応力エネルギーが弾性体内部で消費される結果により、これをヒステリシスループで描けば、図-3のよう

になる。このヒステリシスループから、動的弾性常数は、

$$E_d = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} = \frac{b}{a}$$

で求めることができる。動的弾性常数と静的弾性常数が等しいならば、

$$E = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_1} = \frac{\sigma_2}{\varepsilon_2} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} = E_d$$

となる。しかし、土の場合は不完全弾性体であるから、一般的には初期応力 σ_0 がかった状態で振動した場合、図-4 のようになり、A B軸がO A軸に比べて立ってくる結果、次のような関係になる。

$$E_d = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} > \frac{\sigma_1}{\varepsilon_1} > \frac{\sigma_2}{\varepsilon_2}$$

k 値の場合は、上記の歪量 ε が地盤の変位 X となるだけで、他の考え方は全く同様とみなせる。すなわち、応力 σ_1 に相当するものが P_1 、 σ_2 に相当するものが P_2 であり、この時に対応する変位が X_1 、 X_2 であるから、動的k値は下記式によって求めることができる。

$$\text{動的 } k \text{ 値 (k dh)} = \frac{P_1 - P_2}{X_1 - X_2}$$

図-5 は、サイン波形荷重の繰り返し回数の増加によって、応力変位の絶対量がわずかずつ変化し、結果として動的k値が徐々に減少する傾向を示したものである。

4. 動的k値測定結果

今回、湾岸線道路建設用地で行なった、静的k値と動的k値の測定結果の概略は大体次の通りであった。

在来の測定方法で測定したk値を1とすると、
 トリーミングを行なった静的k値の測定結果が3～4
 動的k値の測定結果は6～7

つまり、動的k値は静的k値に比べ、約2倍の値となったが、一方、土木研究所構内で行なった結果によると、動的k値は静的k値の約6倍の値となった。なお、前者の試験地盤は粘性土であり、後者は関東ロームである。動的k値と静的k値の相関性等については、このように地盤条件および試験条件によって異なると

と思うし、また、もっと数多くのデータを集積した後でなければ明確な答えを出すことはできないが、いずれにしても、動的k値が静的k値より大きくなることは間違いない。特に、在来のボーリング孔掘削後、トリーミングを行わず単に試験機を挿入して測定した静的k値は、動的k値に比べてあまりにも小さく、その値を耐震設計に使用することには問題がある。したがって今後、試験を積み重ね、また測定機の改良を続けて、動的k値に関する現位置測定法を確立することが重要であると考えられる。

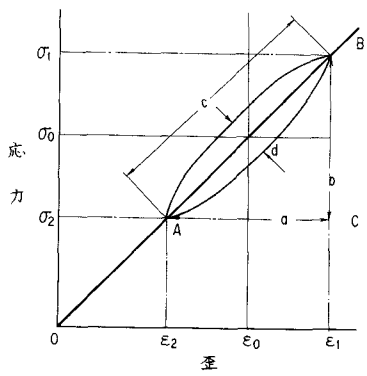


図-3 ヒステリシスループ

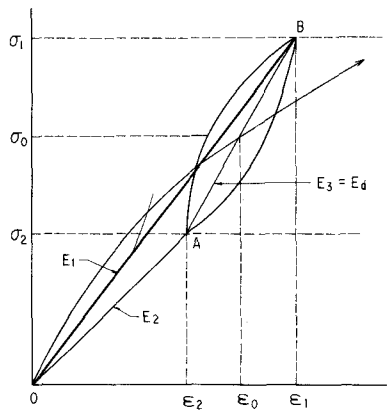


図-4 弾性常数対比図 ($E_d > E_1 > E_2$)

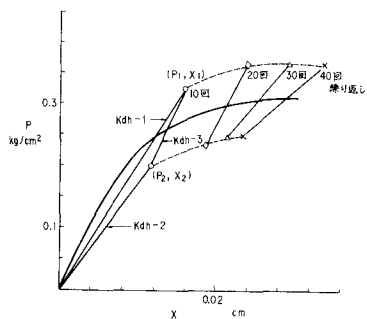


図-5 繰り返し回数増加による動的k値の減少図