

Q&A コーナー

地震時の横方向 地盤反力係数

Q 地震時の横方向地盤反力係数（部分的に液状化する場合など）に関して、実務上どのように考えられているでしょうか、教えてください。

A 1. 横方向地盤反力係数

横方向地盤反力係数については、次に述べるような考え方によっています。

地盤は弾性体ではなく、深さ方向にも密度や圧縮性が変わるもので、いわば非線型を有しています。したがって横方向地盤反力係数は変位量とともに変化します。

横方向地盤反力係数には次の性質があります。

- ① ひずみ依存性
- ② 載荷幅による依存性
- ③ 載荷時間による依存性

これらの性質のほかにも、密度による変化、試験方法と実構造物の載荷状態との相違など、複雑な性質を有しているものと考えられます。一般的によく使われている公式として次の(1)式があります。

$$k_h = 0.8 \cdot E_0 \cdot B^{-\frac{2}{3}} \quad (\text{kgf/cm}^3) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、

k_h : 横方向地盤反力係数 (kgf/cm³)

E_0 : 変形係数 (kgf/cm²)

B : 杭径 (cm)

E_0 は変形係数ですが、地盤が粘性土の場合は、ボーリング孔内で測定した地盤の変形係数 (kgf/cm²) や、供試体の一軸または三軸圧縮試験から求めた変形係数 (kgf/cm²) により求めています。また、砂質土地盤では、地表面から $1/\beta$ までの平均 N 値より $E_0 = 7 \cdot N$ で推定した変形係数 (kgf/cm²) により求められています。つまり、(1)式は地盤のばね定数であって静的・動的な区別はありません。(1)式の性格と

して、 k_h は杭径の増大につれて減少する性質を有していますが、杭径がある程度大きくなると一定値に収束するという性質をもっています。

2. 地震時における低減

地震時に地盤が液状化の可能性がある場合、以下の考えによって横方向地盤反力係数を低減しています。

日本建築学会の「建築基礎構造設計指針 (1988)」では、各深さにおける地盤の液状化発生率 F_L を計算し、地盤の深さと N_a (補正 N 値) との関係から低減係数 r_k を定めている。杭基礎を用いる場合、杭の水平変位量、杭の曲げ耐力等の検討に際し横方向地盤反力係数を低減することを推奨している。

表—4.5.1 に低減係数を示すが詳細は同指針を参照して下さい。

表—4.5.1 水平地盤反力係数の低減係数²⁾

液状化発生に対する安全率 F_L の範囲	地表面からの深さ z (m)	水平地盤反力係数に乘じる低減係数 r_k			
		$N_a \leq 8$	$8 < N_a \leq 14$	$14 < N_a \leq 20$	$20 < N_a$
$F_L \leq 0.5$	$0 \leq z \leq 10$	0	0	0.05	0.1
	$10 < z \leq 20$	0	0.05	0.1	0.2
$0.5 < F_L \leq 0.75$	$0 \leq z \leq 10$	0	0.05	0.1	0.2
	$10 < z \leq 20$	0.05	0.1	0.2	0.5
$0.75 < F_L \leq 1.0$	$0 \leq z \leq 10$	0.05	0.1	0.2	0.5
	$10 < z \leq 20$	0.1	0.2	0.5	1.0

3.7.4 土質定数を低減させる土層とその取扱い³⁾

(1) 3.7.2 により液状化すると判定された砂質土層は、液状化に対する抵抗率 F_L の値に応じて耐震設計上土質定数を低減させるものとする。この場合の土質定数は、その土層が液状化しないものとして求めた土質定数に表—3.7.1 の係数 D_E を乗じて算出するものとする。

なお、 $D_E = 0$ の場合の土層を耐震設計上土質定数を零とする土層とする。

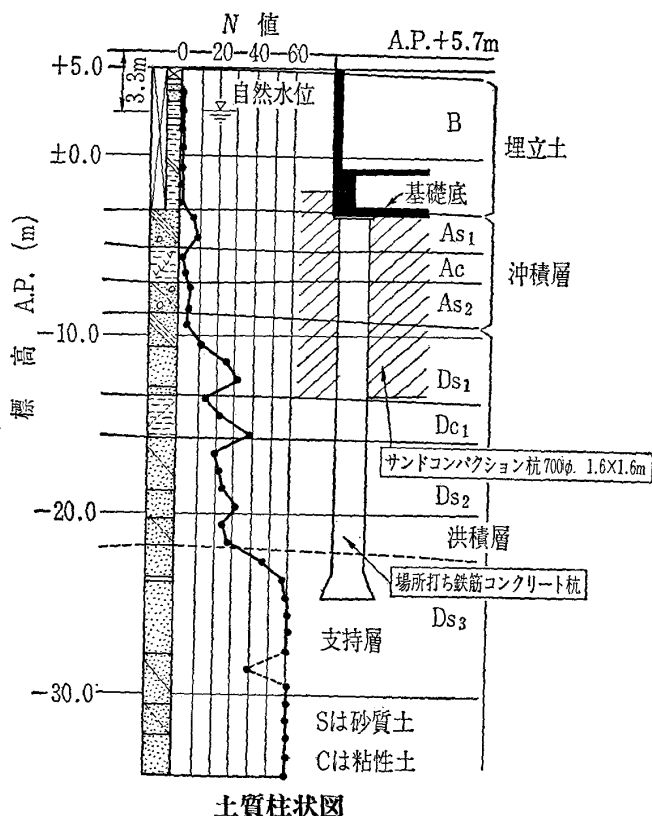
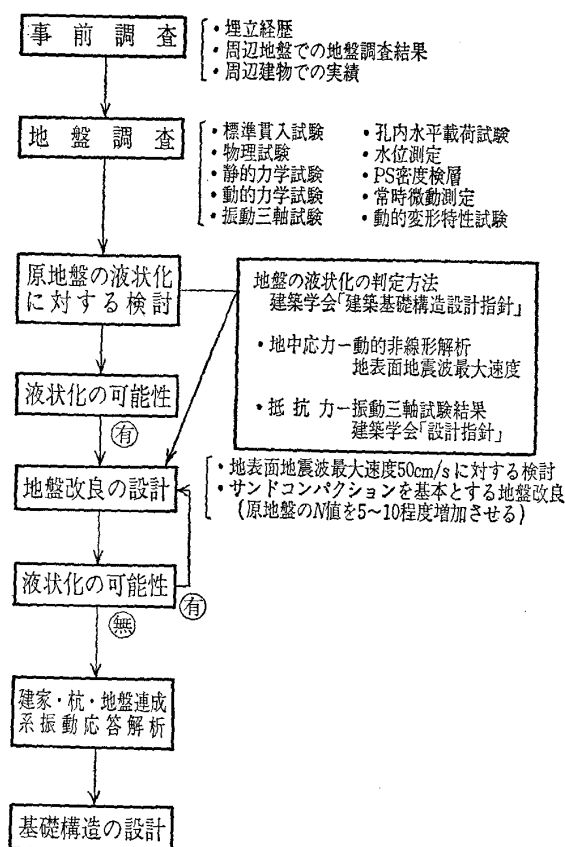
表—3.7.1 土質定数に乘じる係数 D_E

F_L の範囲	現地盤面からの深度 x (m)	土質定数に乘じる係数 D_E
$F_L \leq 0.6$	$0 \leq x \leq 10$	0
	$10 < x \leq 20$	1/3
$0.6 < F_L \leq 0.8$	$0 \leq x \leq 10$	1/3
	$10 < x \leq 20$	2/3
$0.8 < F_L \leq 1.0$	$0 \leq x \leq 10$	2/3
	$10 < x \leq 20$	1

(2) 3.7.3 の規定によりごく軟弱な粘性土層およびシルト質土層と判定された土層は、その土質定数を耐震設計上零とする。

(3) 土質定数を耐震設計上零あるいは低減させる土層の重量は、それ以下の地盤に対して負載重量として働くものとする。

Q&Aコーナー



図一 1 地盤の液状化の検討から基礎構造設計のフロー（超高層建築の例），土質柱状図

また、土木関係の指針としては、道路橋示方書の V 耐震設計編（1990.2）があり、以下に示す要領により土質定数を低減しています。この考え方は建築基礎構造設計指針と同様であり詳しくは同示方書を参照して下さい。

3. 設計例について

建築物または土木構造物の建設地盤を綿密に地盤調査を行い、液状化層の有無および地震時における液状化の可能性等を検討します。液状化の判定に際しては、地表面における設計用水平加速度を決める必要があるが、これには建設地と想定する震源との距離、地震の大きさ、過去の震害記録、地震の発生する頻度等総合的に検討して決められています。

液状化対策としては、地盤そのものを強化する方法、杭基礎の方を強化する方法、その両方を考えておく場合が考えられます。どの方法を採用するかは、

建物の重要度、予想される地震の頻度、対策費等を総合的に検討して決められますが、通常の場合は杭基礎の設計に前述の土質定数の低減を考えた方法が多いようです。積極的に地盤改良により原地盤の N 値を増加させる方法が採用されるケースもあります。

図一 1 に幕張地域における実施設計のフローを示し参考に供します。

参考文献

- 1) 日本建築センター：地震力に対する建築物の基礎の設計指針，1984.
- 2) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針，p. 163，1988.
- 3) 日本道路協会：“I. 共通編”，“IV. 下部構造編”，V. 耐震設計編，道路橋示方書・同解説，p. 43，1990.
- 4) 土質工学会編：クイの水平抵抗小特集号，土と基礎，Vol. 25，No. 8，1977.
- 5) 福井 實・内田直樹・大和田精一・高垣利夫：超高層建築における基礎の考え方，基礎工，Vol. 19，No. 1，pp. 23～33，1999.

（回答者：福井 實（日建ソイルリサーチ）

（原稿受理 1993.5.31）