

# 地盤の液状化の判定システム

Ver1.1

## 適用基準

○土地改良施設「耐震設計の手引き」(H16/3)

○土地改良設計指針「耐震設計」(H27/5)

## 出力例

### 開発・販売元

(株)SIP システム お問い合わせ先 : 大阪事務所 (技術サービス)

〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501

TEL : 06-6125-2232 FAX : 06-6125-2233

<http://www.sipc.co.jp> [mail@sipc.co.jp](mailto:mail@sipc.co.jp)

# 目 次

1	設計条件	2
1.1	地盤構成	2
1.2	地盤面における設計水平震度	2
1.3	評価基準	2
2	地盤の液状化の判定	3
2.1	計算式	3
2.2	全上載圧の計算	5
2.3	有効上載圧の計算	5
2.4	レベル1地震動	5
2.4.1	繰返し三軸圧縮強度比の計算	5
2.4.2	地震時せん断応力比の計算	5
2.4.3	液状化に対する抵抗率の計算	6
2.5	レベル2 タイプ I 地震動	6
2.5.1	繰返し三軸圧縮強度比の計算	6
2.5.2	地震時せん断応力比の計算	6
2.5.3	液状化に対する抵抗率の計算	6
2.6	レベル2 タイプ II 地震動	7
2.6.1	繰返し三軸圧縮強度比の計算	7
2.6.2	地震時せん断応力比の計算	7
2.6.3	液状化に対する抵抗率の計算	7
3	液状化指数(PL値)による判定	8
3.1	計算式	8
3.2	PL値の計算	8

# 1 設計条件

## 1.1 地盤構成

	層厚 (m)	土質	$\gamma_{i1}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{i2}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_{i2}$ (kN/m <sup>3</sup> )	N値	F <sub>c</sub> (%)	D <sub>50</sub> (mm)
1	2.000	砂質土	17.00	18.00	9.00	2.0	28.0	0.190
2	3.000	砂質土	17.00	18.00	9.00	8.0	28.0	0.190
3	1.000	砂質土	17.00	18.00	9.00	18.0	28.0	0.190
4	1.500	砂質土	18.00	19.00	10.00	18.0	27.0	0.260
Σ	7.500							

地下水位 G.L. -0.000 (m)

## 1.2 地盤面における設計水平震度

レベル1地震動  $K_{hg} = 0.35$

レベル2 タイプI地震動  $K_{hg} = 0.40$

レベル2 タイプII地震動  $K_{hg} = 0.45$

## 1.3 評価基準

$F_L \leq 1.000$                       液状化層  
 $F_L \leq 2.200$                       不完全液状化層  
 $F_L > 2.200$                       非液状化層

## 2 地盤の液状化の判定

### 2.1 計算式

液状化を生じる可能性があるとして判定された場合、式(1)～(12)により液状化に対する抵抗率 $F_L$ を求め、この値が1.0以下の土層は地震時に液状化するものとみなす。

$$F_L = R/L \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$R = c_w \cdot R_L \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$L = \gamma_d \cdot k_{hg} \cdot \sigma_v / \sigma'_v \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$R_L = \begin{cases} 0.0882 \sqrt{N_a / 1.7} & (N_a < 14) \\ 0.0882 \sqrt{N_a / 1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5} & (N_a \geq 14) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\gamma_d = 1.0 - 0.015x \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\sigma_v = \gamma_{i1} \cdot h_w + \gamma_{i2} (x - h_w) \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\sigma'_v = \gamma_{i1} \cdot h_w + \gamma'_{i2} (x - h_w) \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$c_w = \begin{cases} 1.0 & \text{(タイプ I 地震動の場合)} \\ 1.0 & \text{(タイプ II 地震動の場合, } R_L \leq 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & \text{( " " , } 0.1 < R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & \text{( " " , } 0.4 < R_L) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$N_a = \begin{cases} c_1 \cdot N_1 + c_2 & \text{(砂質土の場合)} \\ \{ 1 - 0.361 \log_{10} (D_{50} / 2) \} \cdot N_1 & \text{(れき質土の場合)} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$N_1 = \frac{170N}{\sigma'_v + 70} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$c_1 = \begin{cases} 1.0 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC+40)/50 & (10\% \leq FC < 60\%) \\ FC/20 - 1 & (60\% \leq FC) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$c_2 = \begin{cases} 0.0 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC-10)/18 & (10\% \leq FC) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (12)$$

ここで、 $F_L$ : 液状化に対する抵抗率

$R$ : 動的せん断強度比

$L$ : 地震時せん断応力比

$c_w$ : 地震動特性による補正係数

$R_L$ : 繰返し三軸圧縮強度比

$\gamma_d$ : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

$k_{hg}$ : 地盤面における設計水平震度

$\sigma_v$ : 全上載圧

( $\text{kN/m}^2$ )

$\sigma'_v$ : 有効上載圧

( $\text{kN/m}^2$ )

$x$ : 地表面からの深さ

(m)

$\gamma_{i1}$ : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量

( $\text{kN/m}^3$ )

$\gamma_{i2}$ : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量

( $\text{kN/m}^3$ )

$\gamma'_{i2}$ : 地下水位面より深い位置での土の有効単位体積重量

( $\text{kN/m}^3$ )

$h_w$ : 地下水位の深さ

(m)

$N$ : 標準貫入試験から得られるN値

$N_i$ : 有効上載圧  $100\text{kN/m}^2$ 相当に換算したN値

$N_a$ : 粒度の影響を考慮した補正N値

$c_1, c_2$ : 細粒分含有率によるN値の補正係数

$FC$ : 細粒分含有率

(%)

(粒径 $75\mu\text{m}$ 以下の土粒子の通過質量百分率)

$D_{50}$ : 平均粒径

(mm)

土質定数の低減係数 $D_E$ は以下の表より求める。

$F_L$ の範囲	現地盤面からの 深度 $x$ (m)	動的せん断強度比 $R$			
		$R \leq 0.3$		$0.3 < R$	
		レベル1地 震動に対す る照査	レベル2地 震動に対す る照査	レベル1地 震動に対す る照査	レベル2地 震動に対す る照査
$F_L \leq 1/3$	$0 \leq x \leq 10$	1/6	0	1/3	1/6
	$10 < x \leq 20$	2/3	1/3	2/3	1/3
$1/3 < F_L \leq 2/3$	$0 \leq x \leq 10$	2/3	1/3	1	2/3
	$10 < x \leq 20$	1	2/3	1	2/3
$2/3 < F_L \leq 1$	$0 \leq x \leq 10$	1	2/3	1	1
	$10 < x \leq 20$	1	1	1	1

※  $F_L > 1.0$  及び  $x > 20\text{m}$  の場合  $D_E = 1$  とする。

## 2.2 全上載圧の計算

	地表面からの深さ (m)	全上載圧 $\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	
1	1.000	$18.00 \times 1.000$	18.00
2	3.500	$18.00 + 18.00 \times 1.000 + 18.00 \times 1.500$	63.00
3	5.500	$63.00 + 18.00 \times 1.500 + 18.00 \times 0.500$	99.00
4	6.750	$99.00 + 18.00 \times 0.500 + 19.00 \times 0.750$	122.25

## 2.3 有効上載圧の計算

	地表面からの深さ (m)	有効上載圧 $\sigma'_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	
1	1.000	$9.00 \times 1.000$	9.00
2	3.500	$9.00 + 9.00 \times 1.000 + 9.00 \times 1.500$	31.50
3	5.500	$31.50 + 9.00 \times 1.500 + 9.00 \times 0.500$	49.50
4	6.750	$49.50 + 9.00 \times 0.500 + 10.00 \times 0.750$	61.50

## 2.4 レベル1地震動

地盤面における設計水平震度  $K_{H\pm} = 0.35$

### 2.4.1 繰返し三軸圧縮強度比の計算

	N	FC (%)	D <sub>50</sub> (mm)	$\sigma'_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>a</sub>	R <sub>L</sub>
1	2.0	28.0	0.190	9.00	1.360	1.000	4.304	6.853	0.177
2	8.0	28.0	0.190	31.50	1.360	1.000	13.399	19.223	0.299
3	18.0	28.0	0.190	49.50	1.360	1.000	25.607	35.825	2.101
4	18.0	27.0	0.260	61.50	1.340	0.944	23.270	32.126	1.119

ただし、R<sub>L</sub>：繰返し三軸圧縮強度比

### 2.4.2 地震時せん断応力比の計算

	x (m)	$\gamma_d$	k <sub>hg</sub>	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	L
1	1.000	0.985	0.35	18.00	9.00	0.690
2	3.500	0.948	0.35	63.00	31.50	0.663
3	5.500	0.918	0.35	99.00	49.50	0.642
4	6.750	0.899	0.35	122.25	61.50	0.625

ただし、L：地震時せん断応力比

### 2.4.3 液状化に対する抵抗率の計算

	x	R <sub>L</sub>	c <sub>w</sub>	R	L	F <sub>L</sub>	D <sub>E</sub>	判定
1	1.000	0.177	1.000	0.177	0.690	0.257	1/6	液状化層
2	3.500	0.299	1.000	0.299	0.663	0.451	2/3	液状化層
3	5.500	2.101	1.000	2.101	0.642	3.271	1	非液状化層
4	6.750	1.119	1.000	1.119	0.625	1.789	1	不完全液状化層

ただし、F<sub>L</sub>：液状化に対する抵抗率

## 2.5 レベル2 タイプI地震動

地盤面における設計水平震度 K<sub>Hg</sub>=0.40

### 2.5.1 繰返し三軸圧縮強度比の計算

	N	FC (%)	D <sub>50</sub> (mm)	σ' <sub>v</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	N <sub>i</sub>	N <sub>a</sub>	R <sub>L</sub>
1	2.0	28.0	0.190	9.00	1.360	1.000	4.304	6.853	0.177
2	8.0	28.0	0.190	31.50	1.360	1.000	13.399	19.223	0.299
3	18.0	28.0	0.190	49.50	1.360	1.000	25.607	35.825	2.101
4	18.0	27.0	0.260	61.50	1.340	0.944	23.270	32.126	1.119

ただし、R<sub>L</sub>：繰返し三軸圧縮強度比

### 2.5.2 地震時せん断応力比の計算

	x (m)	γ <sub>d</sub>	k <sub>Hg</sub>	σ <sub>v</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	σ' <sub>v</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	L
1	1.000	0.985	0.40	18.00	9.00	0.788
2	3.500	0.948	0.40	63.00	31.50	0.758
3	5.500	0.918	0.40	99.00	49.50	0.734
4	6.750	0.899	0.40	122.25	61.50	0.715

ただし、L：地震時せん断応力比

### 2.5.3 液状化に対する抵抗率の計算

	x	R <sub>L</sub>	c <sub>w</sub>	R	L	F <sub>L</sub>	D <sub>E</sub>	判定
1	1.000	0.177	1.000	0.177	0.788	0.225	0	液状化層
2	3.500	0.299	1.000	0.299	0.758	0.395	1/3	液状化層
3	5.500	2.101	1.000	2.101	0.734	2.862	1	非液状化層
4	6.750	1.119	1.000	1.119	0.715	1.566	1	不完全液状化層

ただし、F<sub>L</sub>：液状化に対する抵抗率

## 2.6 レベル2 タイプII地震動

地盤面における設計水平震度  $K_{Hg}=0.45$

### 2.6.1 繰返し三軸圧縮強度比の計算

	N	FC (%)	$D_{50}$ (mm)	$\sigma'_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$c_1$	$c_2$	$N_1$	$N_a$	$R_L$
1	2.0	28.0	0.190	9.00	1.360	1.000	4.304	6.853	0.177
2	8.0	28.0	0.190	31.50	1.360	1.000	13.399	19.223	0.299
3	18.0	28.0	0.190	49.50	1.360	1.000	25.607	35.825	2.101
4	18.0	27.0	0.260	61.50	1.340	0.944	23.270	32.126	1.119

ただし、 $R_L$ ：繰返し三軸圧縮強度比

### 2.6.2 地震時せん断応力比の計算

	x (m)	$\gamma_d$	$k_{hg}$	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	L
1	1.000	0.985	0.45	18.00	9.00	0.887
2	3.500	0.948	0.45	63.00	31.50	0.853
3	5.500	0.918	0.45	99.00	49.50	0.826
4	6.750	0.899	0.45	122.25	61.50	0.804

ただし、L：地震時せん断応力比

### 2.6.3 液状化に対する抵抗率の計算

	x	$R_L$	$c_w$	R	L	$F_L$	$D_E$	判定
1	1.000	0.177	1.254	0.222	0.887	0.251	0	液状化層
2	3.500	0.299	1.658	0.496	0.853	0.582	2/3	液状化層
3	5.500	2.101	2.000	4.202	0.826	5.088	1	非液状化層
4	6.750	1.119	2.000	2.238	0.804	2.783	1	非液状化層

ただし、 $F_L$ ：液状化に対する抵抗率



### 3 液状化指数 (PL値) による判定

#### 3.1 計算式

$$\Delta P_L = (1 - F_L) (10 - 0.5x) H_i \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$P_L = \sum \Delta P_L \quad \dots\dots\dots (14)$$

ここで、 $P_L$ : 液状化指数

$\Delta P_L$ : 深さ  $x$  での層による液状化指数

$F_L$ : 液状化に対する抵抗率 ( $F_L \geq 1$  の場合  $F_L = 1$  とする)

$H_i$ : 層厚 (m)

$x$ : 地表面からの深さ (20m以下) (m)

$P_L > 15$	液状化の危険性が極めて高い。液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避。
$5 < P_L \leq 15$	液状化の危険性が高い。重要な構造物に対して、より詳細な調査が必要。液状化対策が一般に必要。
$0 < P_L \leq 5$	液状化の危険度は低い。特に重要な構造物の設計に際しては、より詳細な調査が必要。
$P_L = 0$	液状化の危険性はかなり低い。液状化に関する詳細な調査は一般的に不要。

#### 3.2 PL値の計算

	深度	層厚	レベル 1		レベル 2			
					タイプ I		タイプ II	
			x (m)	$H_i$ (m)	$F_L$	$\Delta P_L$	$F_L$	$\Delta P_L$
1	1.000	2.000	0.257	14.120	0.225	14.730	0.251	14.239
2	3.500	3.000	0.451	13.581	0.395	14.977	0.582	10.349
3	5.500	1.000	3.271	0.000	2.862	0.000	5.088	0.000
4	6.750	1.500	1.789	0.000	1.566	0.000	2.783	0.000
合計 $P_L$				27.701		29.707		24.588
評 価			危険性極大		危険性極大		危険性極大	