

基準 道路橋示方書・同解説(V耐震設計編) 2012

対象土層
 沖積層の土層で次の3つの条件すべてに該当する場合には、地震時に橋に影響を与える液状化が生じる可能性があるため、液状化の判定方法によって液状化の判定をおこなわなければならない。
 ①地下水位が現地盤面から10m以内にあり、かつ地表面から20m以内の深さに存在する飽和土層
 ②細粒分含有率FCが35%以下の土層またはFCが35%を超えても塑性指数IPが15以下の土層
 ③平均粒径 D_{50} が10mm以下で、かつ10%粒径 D_{10} が1mm以下である土層
 平成23年東北地方太平洋沖地震では、東北地方のみならず、東京湾沿岸、利根川流域、霞ヶ浦周辺等を含む広範囲で液状化の発生が確認されたが、事例分析の結果、液状化発生地点では従来規定されていた判定法によって液状化が発生するものと判定されることが確認されたことから、今回の改定においても従来の判定法に従うとしている。

液状化の判定方法
 上記対象土層の規定により液状化の判定を行う必要のある土層に対しては、液状化に対する抵抗率 F_L を求め、この値が1.0以下の土層については液状化が生じると判定する。

$F_L = R/L$
 ここに
 R: 動的せん断強度比
 L: 地震時せん断応力比
 特に必要があると判断される場合には、当該地点での詳細かつ最新の地盤調査・試験、室内土質試験、地震応答解析等を実施し、さらに既往のデータも参考にして液状化の判定を行うのがよい。

動的せん断強度比Rは次式によって求める。
 R_L は次式によって求める。
 $R = C_w R_L$
 ここに
 C_w : 地震動特性による補正係数
 R_L : 繰返し三軸強度比

R_L は次式によって求める。
 $R_L = \begin{cases} 0.0882\sqrt{N_a/1.7} & (N_a < 14) \\ 0.0882\sqrt{N_a/1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5} & (14 \leq N_a) \end{cases}$
 ここに
 N : 標準貫入試験から得られるN値
 N_1 : 有効上載圧100kN/m²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 μ m以下の土粒子の通過質量百分率)
 D_{50} : 平均粒径(mm)

Cwは次式によって求める。
 (タイプIの地震動の場合)
 $C_w = 1.0$
 $c_1 = \begin{cases} 1 & (0 \leq FC < 10\%) \\ (FC + 40)/50 & (10\% \leq FC < 60\%) \\ FC/20 - 1 & (60\% \leq FC) \end{cases}$
 (タイプIIの地震動の場合)
 $C_w = \begin{cases} 1.0 & (RL \leq 0.1) \\ 3.3RL + 0.67 & (0.1 < RL \leq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < RL) \end{cases}$
 $c_2 = \begin{cases} 0 & (0 \leq FC < 10\%) \\ (FC - 10)/18 & (10\% \leq FC) \end{cases}$
 <砂質土の場合>
 $N_a = c_1 N_1 + c_2$
 $N_1 = 170N / (\sigma'_v + 70)$

<れき質土の場合>
 $N_a = [1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2)] N_1$

地震時せん断応力比Lは次式によって求める。
 $L = r_d \cdot K_{hg} \cdot \sigma_v / \sigma'_v$
 $r_d = 1.0 - 0.015x$
 $\sigma_v = r_{t1} h_w + r_{t2} (x - h_w)$
 $\sigma'_v = r'_{t1} h_w + r'_{t2} (x - h_w)$
 ここに
 r_d : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数
 K_{hg} : レベル2地震動の地盤面における設計水平震度
 σ_v : 計算深度の全上載圧(kN/m²)
 σ'_v : 計算深度の有効上載圧(kN/m²)
 x : 地表面からの深さ(m)
 r_{t1} : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量(kN/m³)
 r_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量(kN/m³)
 r'_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の有効単位体積重量(kN/m³)
 h_w : 地下水位の深さ(m)

液状化判定用の設計水平震度は、レベル2地震動の設計震度を用いる。
 $K_{hg} = C_z \cdot K_{hg0}$
 ここに、
 C_z : 地域別補正係数

表-1 液状化の判定に用いる地盤面の設計水平震度の標準値 K_{hg0}

	レベル1	レベル2 (タイプI)	レベル2 (タイプII)
I種地盤	0.12	0.50	0.80
II種地盤	0.15	0.45	0.70
III種地盤	0.18	0.40	0.60

(1)耐震設計上土質定数を低減させる土層とその取扱い
 ごく軟弱な土層と判断された土層は、耐震設計上その土質定数を零とする。
 液状化が生じると判定された場合の土質定数は、その土質が液状化しないものとして求めた土質定数に次表の係数DEを乗じて算出するものとする。
 なお、DE=0の場合の土層は耐震設計上土質定数を零とする土層とする。

表-2 土質定数の低減率DE

F_L の範囲	地表面からの深度x(m)	動的せん断強度比R	
		$R \leq 0.3$	$0.3 < R$
$F_L \leq 1/3$	$0 \leq x \leq 10$	0	1/6
	$10 < x \leq 20$	1/3	1/3
$1/3 < F_L \leq 2/3$	$0 \leq x \leq 10$	1/3	2/3
	$10 < x \leq 20$	2/3	2/3
$2/3 < F_L \leq 1$	$0 \leq x \leq 10$	2/3	1
	$10 < x \leq 20$	1	1

(2)流動化が生じると判定された地盤がある場合の耐震性能の照査
 1)橋に影響を与える流動化が生じる地盤
 次の2つの条件のいずれにも該当する地盤は、橋に影響を与える流動化が生じる地盤とみなすものとする。
 ①臨海部において背後地盤と前面の水底との高低差が5m以上ある護岸によって形成された水際線から100m以内の範囲にある地盤
 ②液状化すると判定される層厚5m以上の砂質土層があり、かつ、当該土層が水際線から水平方向に連続して存在する土層

2)流動化に対する橋の耐震性能の照査方法
 地盤の流動化の影響は図-1に示すように、非液状化層については受働土圧 q_{NL} 、液状化層については流動圧 q_L を基礎に作用させて検討する。なお、受働土圧、流動圧とも表に示す水際線からの距離によって補正を行う。また受働土圧は表に基づき液状化指数 P_L 値によって補正を行う。

構造物等への影響評価

表-3 水際線からの距離による補正係数

水際線からの距離s(m)	補正係数 C_s
$s \leq 50$	1.0
$50 < s \leq 100$	0.5
$100 < s$	0.0

表-4 非液状化層中の流動力の補正係数

液状化指数 P_L (m ²)	補正係数 C_{NL}
$P_L \leq 5$	0
$5 < P_L \leq 20$	$(0.2P_L - 1)/3$
$20 < P_L$	1

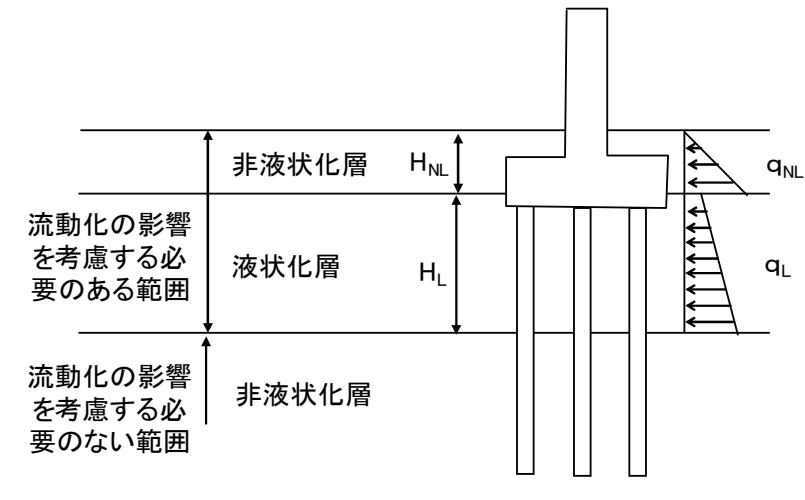


図-1 杭基礎の流動モデル