

表-2 液状化判定手法一覧表

| 指針・基準名 | 液状化判定の対象とすべき土層 | 液状化の判定方法 | 液状化強度の求め方 | 地震外力の求め方 | 構造物への影響の評価 |
|---|---|---|--|---|---|
| <p>鉄道構造物等設計標準・同解説 一耐震設計一</p> <p>国土交通省鉄道局 監修 鉄道総合技術研究所 編 2012. 9</p> | <p>・液状化の判定を行う必要のある土層は、以下の項目のすべてに該当する土層とする。</p> <p>① 地下水位面が現地盤面から10m以内にある地盤中の土層</p> <p>② 現地盤面から20m以内の範囲にある土層</p> <p>③ 平均粒径D_{50}が10mm以下で、かつ10%粒径D_{10}が1mm以下の土層</p> <p>④ 細粒分含有率FCが35%以下の地盤、またはFCが35%を越えても粘土分含有率PCが15%以下の土層</p> | <p>【液状化抵抗率による方法】</p> <p>・液状化抵抗率F_Lを求め、この値が1.0以下の土層については液状化するものとする。</p> $F_L = \frac{R}{L}$ <p>ここに、R: 液状化強度比、 L: 地震時最大せん断応力比</p> <p>・液状化の範囲、程度は次式の液状化指数を目安として総合的に判断する。</p> $P_L = \int_0^H (1 - F_L) w dz$ <p>ここに、 P_L: 液状化指数 w: 液状化抵抗率の深さ方向の重み関数(=10-0.5z) z: 地表面からの深さ(m) H: 液状化判定を行う表層地盤の厚さ(H≤20m)</p> <p>・F_L値は次の2つの地震動レベルで計算を行う。</p> <p>■ L1地震動 ■ L2地震動</p> | <p>【L1地震動】</p> $R = f_{fr} \times \begin{cases} a \left\{ N_I^{0.5} + (bN_I)^c \right\} + h(N_I, \sigma'_v) + f(D_{50}, FC, \sigma'_v) & D_r \geq 60\% \\ 0.0882 \sqrt{\frac{N}{\sigma'_v/100 + 0.7}} + f(D_{50}, FC, \sigma'_v) & D_r < 60\% \end{cases}$ <p>ここに、Rは液状化強度比、N_IはN値、係数a,b,cは、それぞれ 0.0676、0.0368および4.52である。D_rは相対密度、N_Iは基準化N値で、次式による。</p> $D_r = 36 \cdot \left[\frac{N}{(\sigma'_v/100) + 1.5} \right]^{0.37} \quad N_I = 2.5 \frac{N}{\sigma'_v/100 + 1.5}$ <p>σ'_v: 有効上載圧(kN/m²) f(D_{50}, FC, σ'_v): 細粒分および平均粒径の補正項で次式による。</p> $f(D_{50}, FC, \sigma'_v) = \begin{cases} 0.0027FC + 0.065 & D_{50} < 0.075\text{mm}, FC > 50\% \\ 0.21 \log_{10} \left(\frac{0.20}{D_{50}} \right) + 0.065 \left\{ \log_{10}(FC + 1) - \log_{10} \frac{\sigma'_v}{100} \right\} & 0.075\text{mm} \leq D_{50} \leq 0.5\text{mm} \\ -0.084 + 0.065 \left\{ \log_{10}(FC + 1) - \log_{10} \frac{\sigma'_v}{100} \right\} & D_{50} > 0.5\text{mm} \end{cases}$ <p>D_{50}: 平均粒径(mm) FC: 細粒分含有率(%) f_{fr}: 液状化強度の不確か性を考慮する地盤抵抗係数 (=1.0) h(N_I, σ'_v): やや密な砂の補正項で次式による。</p> $h(N_I, \sigma'_v) = 9.8 \times 10^{-8} \left\{ \frac{0.68(\sigma'_v/100 + 1.5)}{(\sigma'_v/100 + 0.7)} N_I - 9.9433 \right\}^{5.1}$ | <p>【L1地震動】</p> <p>地震時最大せん断応力比は「付属資料7-7 地盤種別毎の地表面設計地震動」における地表面最大加速度α_{max}を用いて(1)式より算定することを原則とするが、便宜的に地表面の最大加速度として200gal(震度換算0.2)を用いて算定してもよい。</p> $L = (1.0 - 0.015z) \frac{\alpha_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \quad (1)$ <p>ここに、 α_{max}: 地表面最大加速度(gal) g: 重力加速度 σ_v: 全上載圧(kN/m²) σ'_v: 有効上載圧(kN/m²)</p> | <p>(1) 液状化に伴う土質定数の低減</p> <p>液状化すると判定された土層は、液状化抵抗率に応じて土質定数を低減させるものとする(図-1)。この場合の土質定数とは、地盤反力係数および上限値である。ただし、液状化指数$P_L < 5$の地盤では、液状化を考慮した応答値の算定は不要である。</p> |
| | | <p>【動的解析による方法】</p> <p>地盤の挙動をある程度直接的に予測できる有効応力解析法によるものとする。解析より直接的に過剰間隙水圧の上昇量や地盤の動的応答値を算定し、液状化の危険度を判定する。</p> | <p>【L2地震動】</p> <p>乱さない試料を用いた室内土質試験結果から軸ひずみ両振幅10~15%における動的せん断強度比~繰返し回数のおよび地盤の応答解析結果から得られる加速度波形を用い、「累積損傷度理論」を適用して補正を行い、次式により算定する。</p> $R = \frac{1 + 2K_0}{3} R_D$ <p>ここに、R_0は累積損傷度理論を適用して補正した動的せん断強度比、K_0は静止土圧係数である。</p> <p>室内土質試験が困難な場合は、L1地震動のRを繰返し回数20回で軸ひずみ両振幅5%に至る動的せん断強度比R_Lとして用い、次式より軸ひずみ両振幅10~15%における動的せん断強度比~繰返し回数のおよび地盤の応答解析結果から得られる加速度波形を用い、「累積損傷度理論」を適用して補正を行い、次式により算定する。</p> $R_{(i)} = R_L \left(\frac{N_c}{20} \right)^{-0.23} \quad N_c > 20$ $R_{(i)} = R_L \left(\frac{N_c}{20} \right)^{-1.35 \exp(-3.64 + 0.037 D_r)} \quad N_c \leq 20$ <p>ここに、R_0: 繰返し回数<i>i</i>における動的せん断強度比、R_L: 繰返し回数20回における動的せん断強度比、D_r: 相対密度で50%以下の場合は50%として考慮する、N_c: 任意の繰返し回数、である。</p> | <p>【L2地震動】</p> <p>「7.3.3 動的解析による方法」による自由地盤の動的解析結果から得られる各深さのせん断応力波形を用い、累積損傷度法を適用する。</p> <p>なお、動的解析が困難な場合は、「7.3.4 簡易解析による方法」で示す地表面の設計地震動波形のピーク値より上述の(1)式により各深さの地震時せん断応力比のピーク値を算定してもよい。</p> | <p>(2) 液状化の可能性ある地盤における応答値の算定</p> <p>① 橋梁、高架橋</p> <p>液状化の可能性のある地盤における橋梁および高架橋の応答値は地盤の剛性低下(図-1)の影響を考慮して算定する。側方流動が発生する可能性がある場合は、図-2に示す方法で地盤変位を算定し、地盤バネを介して構造物に作用させることで設計応答値を算定する。</p> |
| | | | | <p>【L2地震動】</p> <p>「7.3.3 動的解析による方法」による自由地盤の動的解析結果から得られる各深さのせん断応力波形を用い、累積損傷度法を適用する。</p> <p>なお、動的解析が困難な場合は、「7.3.4 簡易解析による方法」で示す地表面の設計地震動波形のピーク値より上述の(1)式により各深さの地震時せん断応力比のピーク値を算定してもよい。</p> | <p>② 盛土</p> <p>液状化の可能性のある地盤における盛土は液状化対策を検討することを基本とする。なお液状化の程度が比較的小さく、液状化対策を実施しない場合は盛土が沈下することが考えられるので、その場合は「付属資料 12-5 液状化地盤上の盛土の沈下量の目安」を用いて沈下量を推定してよい。</p> <p>③ 開削トンネル</p> <p>液状化の可能性のある地盤における開削トンネルの応答値は、過剰間隙水圧の発生、側方土圧の増加、側方流動を考慮して算定する。</p> |

図-1 液状化による地盤の諸数値の低減係数

図-2 考慮する側方流動による地盤変位