

「下水道施設設計の耐震対策指針と解説」の2006年版と1997年版との比較と対応

・管本体、管渠継手部、マンホール接続部、圧送管の耐震設計

下水道施設設計の耐震対策指針と解説 2006年版	下水道施設設計の耐震対策指針と解説1997年版 および管路施設編耐震計算例2001年版	計算内容および検討に対する変更要素
第2節差し込み継手管きよの耐震設計(P66～) 3.2.1検討項目と留意事項 (1)耐震計算と留意点	以下、「下水道施設設計の耐震対策指針と解説」を「指針」 「管路施設編耐震計算例」を「計算例」と表す。	
1)計算に用いる土質定数は、原地盤のものを用いる。ただし、開削幅が広く埋戻し後の強度が周辺地盤と大きく異なると判断される場合は、埋戻し土の土質定数も考慮する。	該当する記述項目はなし。	管本体および圧送管では、開削工法の場合には埋戻し土による土質定数を採用している。
2)応答変位法による地盤振幅を地震外力へ換算する際は、地盤条件、管材の寸法に応じた水平方向地盤反力係数khが必要である。各種地盤反力係数は、マンホールの耐震設計にまとめて述べたので参照する。この内khは式(3.6.1)、式(3.6.2)により求める。このとき、基礎の換算載荷幅Bhは、式(3.2.1)により求める。 $Bh = (B \times D)$	応答変位法による地盤振幅を地震外力に換算する際に必要な地盤反力係数は同左。(指針P156～157,計算例1-6～1-7等)  同左。	地盤反力係数(kh, kv等)は、埋戻し土の土質定数を適用可能にする必要あり。
3)応答変位法を用いる場合は、地震時でも短期荷重に対する割増しを考慮しない(=1.0)。その代わり、液状化地盤であっても、設計土質定数の低減は行わない。	同左。(計算例P19,21)	変更点なし。
4)鉛直断面の断面力は、(常時)+(地震時)の断面力を重ね合わせて照査する。	同左。(指針P53,計算例1-21等)	変更点なし。
5)断面力の重ね合わせに用いる常時の土圧条件は、布設後長期経過しても地盤と管が一体であり、また地震時荷重は短期的であることから、次の条件とする。  活荷重は考慮しない。(開削工法・推進広報) 開削工法における矢板引き抜き時の緩み土圧は考慮しない。 開削工法では、管基礎の支承角は考慮せず、全土圧とする。 推進工法では、緩み土圧とする。	同左。(計算例1-4,2-2～2-3等)	変更点なし。
6)内圧管は地震時荷重を相殺する効果がある。安全側の照査を行うためには、内圧は考慮しない方がいい。	同左。(計算例1-4)	変更点なし。
7)鉛直断面の強度調査(保証モーメント)における許容安全率は、原則として管種ごとの規定値とする。	該当する記述項目はなし。	現在は任意入力。
8)曲線部(推進工法)における管きよと管きよの継手部は、曲線加工における目地の開口を考慮し、(曲線施工の抜き出し量)+(地震時の抜き出し量)が許容値以下になるようにする。	該当する記述項目はなし。	曲線施工の抜き出し量を算出する必要がある。

下水道施設設計の耐震対策指針と解説 2006年版	下水道施設設計の耐震対策指針と解説1997年版 および管路施設編耐震計算例2001年版	計算内容および検討に対する変更要素
9)地盤あるいは埋戻し土が液状化すると管きよに揚圧力が生じ、浮上がりが生じる可能性がある。地盤および埋戻し土の液状化に対する検討は、「本章 第8節 液状化対策」を参照する。	同左。(計算例2-56～)	変更点なし。
(2)耐震対策 耐震対策は、耐震計算結果が許容値を超えた部位について、引張り、圧縮などの細目に応じて適切な方法を考える。	同左。(指針P35～36)	変更点なし。
3.2.2継手部の検討(P69～) (1)検討する部位 マンホールと管きよの接続部、管きよと管きよの継手部に 関する検討項目は次のとおりとする。 1)マンホールと管きよの接続部		
地震動の影響(屈曲角) $= \tan^{-1}(U/h)$ $U_h(Z) = 2 / \dots \cdot S_v \cdot T_s \cdot \cos(\dots \cdot Z / 2H)$ $U = U_h(0) - U_h(h) = U_0 - U_1$	同左。(指針P49)	管本体および圧送管では、開削工法の場合は埋戻し土による土質定数を採用している。
地震動の影響(拔出し量) $= q_d \cdot l$	同左。(指針P50)	変更点なし。
地盤の液状化に伴う影響(永久ひずみによる拔出し量) 傾斜地での影響(永久ひずみによる拔出し量) $= q \cdot l$	検討式は同左(指針P51～52)だが、永久ひずみによる拔出し量でひとくくりにされている。	項目としては区別されているが、永久ひずみとしては片方の検討となる。現在は液状化を検討するかどうかで選択。
急曲線部での影響(拔出し量) 急曲線部の途中にマンホールを挟む場合は、曲線施工の際にマンホールから抜け出す量をあらかじめ予測し、管材の最大拔出し量から控除した上で、残りの量に基づいて照査する。曲線施工時の拔出し量については、「 <b>推進工法用設計積算要領 推進工法応用編(長距離・曲線推進)</b> 」などを参考にす	該当する記述項目はなし。	曲線施工時の拔出し量を算出できるようにする必要がある。
(参考)地盤の硬軟急変部を通過する場合の影響(拔出し量) 硬軟急変部を通過する場合の拔出し量は、非開削工法(推進工法)の場合とし、拔出し量を式(3.2.9)にて求める。 $= q_{d2} \cdot l$	該当する記述項目はなし。	地盤の硬軟急変部の拔出し量を算出できるようにする必要がある。

下水道施設設計の耐震対策指針と解説 2006年版	下水道施設設計の耐震対策指針と解説1997年版 および管路施設編耐震計算例2001年版	計算内容および検討に対する変更要素
2) 管きよと管きよの継手部 (P73~76) 地震動の影響(屈曲角) $= (2 / Ts) \times U_h(Z) / Vs^2 \cdot l$	同左。(指針P51~52)	変更点なし。
地震時の影響(拔出し量) 地震動による管きよと管きよの継手部の拔出し量は、前述1)の式(3.2.6)により求める。	同左。(指針P50)	変更点なし。
地盤の液状化に伴う影響(永久ひずみによる拔出し量) 傾斜地での影響(永久ひずみによる拔出し量) $= g \cdot l$	検討式は同左(指針P51~52)だが、永久ひずみによる拔出し量でひとくくりになっている。	項目としては区別されているが、永久ひずみとしては片方の検討となる。現在は液状化を検討するかどうかで選択。
地盤の液状化に伴う影響(地盤沈下による屈曲角) $= 2 \cdot \tan^{-1}(4 / L^2 \cdot l)$ 地盤の液状化に伴う影響(地盤沈下による拔出し量) $s_{max} = l / \{ \cos(n - 1/2) \cdot \} \cdot l$	同左。(指針P51, 計算例1-62等)	変更点なし。
急曲線部での影響(拔出し量) 推進工法における急曲線部における管きよと管きよの継手部の拔出し量については、前述の1)のと同様に考える。	該当する記述項目はなし。	曲線施工時の拔出し量を算出できるようにする必要がある。
(参考)地盤の硬軟急変部を通過する場合の影響(拔出し量) 硬軟急変部を通過する場合の拔出し量は、非開削工法(推進工法)の場合とし、拔出し量を式(3.2.9)にて求める。	該当する記述項目はなし。	地盤の硬軟急変部の拔出し量を算出できるようにする必要がある。
(参考)浅層不整形地盤での影響(拔出し量) 耐震基盤面が傾斜し、表層地盤内に管きよが布設されている浅層不整形地盤では、地盤ひずみが耐震基盤面が水平な地盤に比べて増加する。ただし、その増加はわずかであり、前述の地震動による拔出し量(式(3.2.6))の計算結果が許容値に対して僅差となった場合以外は計算不要である。計算を行う場合は、「高圧ガス導管耐震設計指針」をもとに式(3.2.13)、式(3.2.14)により求める。 $G_2 = (G_1^2 + G_3^2)$ $= g_2 \cdot l$	同様の計算内容と思われる検討が、指針P53「地盤急変部での拔出し量」として解説されている。	耐震基盤面の傾斜角 5° となる場合に浅層不整形地盤での影響として検討する。

下水道施設設計の耐震対策指針と解説 2006年版	下水道施設設計の耐震対策指針と解説1997年版 および管路施設編耐震計算例2001年版	計算内容および検討に対する変更要素
3.2.3管本体の検討		
<p>(1)鉛直断面の検討 管きよについての管軸方向クラックは、地震動によるせん断ひずみが主たる原因である、常時の荷重の他に地震時に生じる地盤の深さ方向の相対変位を外力に換算して耐震計算を行う。</p>	同左。(指針P53)	変更点なし。
<p>1)管きよに作用している常時の鉛直荷重 <math>P_v</math>、水平荷重 <math>P_h</math>、地盤反力 <math>P_r</math>を求める。</p> <p>2)地震時の外力は、 <math>U</math>の相対変位を地盤バネを介して外力に変換する。</p> $U = U_h(h_1) - U_h(h_2)$ $Q_h = U \times k_h$ <p>3)上述の1)と2)の荷重条件を元に、円形骨組みモデルによる構造計算(フレーム計算)を行い、断面力を求める。</p> <p>ただし、強化プラスチック複合管、ダクタイル鋳鉄管(類：自然流下用)については、近似計算法により求めることができる。近似式の理論仮定条件は次のとおりである。</p> <p>表層地盤は均一である。 表層地盤は基本固有振動モードで振動する。 表層地盤及び管きよの挙動は線形である。 管きよの慣性力の影響を無視する。 土被りが管きよ外径以上あり、かつ管きよ布設位置が基盤面に近接していない。</p> $M(z) = - \frac{3EI}{2RH} \sin\left(\frac{HC}{2H}\right) \times C \times \sin(2z)$ $Q(z) = - \frac{3EI}{2R^2H} \sin\left(\frac{HC}{2H}\right) \times C \times \cos(2z)$ $N(z) = - \frac{3EI}{2R^2H} \sin\left(\frac{HC}{2H}\right) \times \{1 + (GsR^3)/(6EI)\} \times C \times \sin(2z)$	同左。(指針P53～56)	管本体および圧送管では、開削工法の場合は埋戻し土による土質定数を採用している。
<p>(2)管軸方向断面の検討 管きよの有効長が長い管材、管きよ継手部をボルトなどで剛結合させた一体構造管きよでは、地震外力によって生じる管材のひずみは、円周方向よりも管軸方向に卓越することが知られている。硬質塩化ビニル管の場合は、管本体の検討は管軸方向断面を対象にしている。</p> $x = \frac{1}{2} \left( \frac{L^2}{R} + B^2 \right)$ $L = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times U_h(z) / L \times E$ $b = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \left( \frac{2}{L^2} \cdot D \cdot U_h(z) / L^2 \right) \times E$	同左。(計算例4-22)	変更点なし。