

1.2 新簡易耐震診断表

本章では、以下に示すモデル構造物を対象とした簡易耐震診断の実施手法を示す。本章を読むと簡易耐震診断の実務を身に付けることができるが、耐震工法指針の変遷などの背景情報や、耐震診断手法検討の経緯などの詳細な情報は、「2章 簡易耐震診断の解説」を参照願いたい。

表 1.1 モデル構造物（薬品沈澱池）のデータ

項目	データ	備考
事業体名	〇〇市水道部	
計画給水人口	48,000人	
一日最大給水量	18,720m ³	原単位：390 L/人/日
浄水場名	●●第2浄水場	
処理能力	8,000m ³ /日	一日最大給水量の42.7%
給水区域の状況	当該浄水場の給水区域内には、災害時の拠点医療施設、防災拠点、避難所、及び2箇所の工場がある	
水源	表流水	
処理方式	急速ろ過方式	
診断対象構造物	横流式薬品沈澱池（流入部のフロック形成池と一体構造）	
池数	常用 2池	
想定震度	気象庁震度階 7	
竣工年度	1975(昭和50)年竣工（2池同時竣工）	
地盤種別	I種(良質洪積地盤)	
液状化	なし	
施工地盤	地山、切土	
施工位置	半地下(2mが地中)	
部材の劣化度	中	
可とう管	あり	ベローズ型
伸縮目地	あり	耐震用止水板ではない
側壁高	3.0m	
壁厚	外周側壁 上部 0.3m 下部 0.4m	平均厚 0.35m
	導流壁・整流壁 上部・下部とも 0.3m	
構造寸法		
平面図		横断面図

1.2.1 新簡易耐震診断表

モデル構造物は横流式沈澱池であり、無蓋池状構造物に当たることから、「有蓋・無蓋池状構造物」の簡易耐震診断表を適用する。その適用した結果の例を表1.2に示す。

なお、本表中の「幾何平均値」、「10点満点換算値」などの意味、算出方法、使い方については、別途説明する。

表 1.2 新簡易耐震診断表（有蓋・無蓋池状構造物）の適用例

種別	有蓋・無蓋池状構造物（浄水池・配水池、沈澱池・ろ過池等）			担当者	□□ □	
名称	〇〇市水道部 ●●第2浄水場 横流式薬品沈澱池			作成年月	H■年△月	
評価項目		区分	点数	評価点	平均値	備考
耐震性能	立地条件等 (外的条件)	地盤種別	I種	0.5	0.5	(0.86) 4.87
			II種	1.5		
			III種	1.8		
		液状化	なし	1.0	1.0	
			おそれあり	2.0		
			あり	3.0		
		施工地盤	地山、切土	1.0	1.0	
			傾斜地等	1.2		
			山頂	1.3		
			埋立地、盛土	1.5		
	施工位置	地下	1.0	1.1	3.0m/2 = 1.5m < 2.0m	
		半地下	1.1			
		地上	1.2			
	構造的強度 (内的条件)	竣工年度	1983～2000年	1.0	1.5	
			1970～1982年	1.5		
			1957～1969年	1.6		
			1956年以前	1.8		
		方向別壁面積 池面積	基準値以上	1.0	1.5	池容量 474.5m ³ 基準値0.07 > 0.027
			基準値未満	1.5		
		側壁厚 側壁高	0.1以上	1.0	1.0	(0.12)
0.1未満			1.5			
部材の劣化度	小	1.0	1.5			
	中	1.5				
	大	2.0				
水 密 性 (基本性能)	可とう管 (場内配管接続部)	あり	1.0	1.0		
		なし	2.0			
	伸縮目地	なし	1.0	2.0		
		あり	2.0			
想定震度		震度5+、6-	2.2	3.6		
		震度6+、7	3.6			
耐震性		高い(12.0>)		13.37		
		中(12.0～24.0)	*			
		低い(24.0<)				
耐震性評価点		評価平均値	(1.27)	(参考)最大値	1.90	
		10点満点換算値	6.68			

注1) ()内は幾何平均値、その下の数値は最大値に対する10点満点換算値を示す。

2) 方向別壁面積/池面積の基準値：池容量1,000m³未満の場合0.07、1,000m³以上の場合0.04

1.2.2 適用方法と耐震性判定

以下の要領で簡易耐震診断表を適用し、耐震性を判定する。なお、評価点及び用語の説明は次項 1.2.3 で行う。

- 1) 表 1.3 に新簡易耐震診断表の対象構造物を示す。それぞれに簡易耐震診断表がある。

表 1.3 新簡易耐震診断表による簡易耐震診断の対象

施設名	診断対象構造物
取水・導水	浅井戸、深井戸、取水堰、取水塔、取水門、導水隧道、開渠・暗渠
浄水	有蓋・無蓋池状構造物（浄水池・着水井・沈澱池・ろ過池等、本章で例示）
送水・配水	有蓋池状構造物（調整池・配水池）、配水塔、PC タンク、高架水槽
共通	場内配管

なお、これらの簡易耐震診断表は、【資料 5】簡易耐震診断表に掲載されているが、添付の CD-ROM には電子版の新簡易耐震診断表が入っており、Microsoft Excel による評価点の自動計算ができるので、これを活用すると簡単に簡易耐震診断ができる。

- 2) 選んだ簡易耐震診断表の「名称」欄に、診断対象構造物の名称を記入する。以下、モデル構造物（横流式薬品沈澱池、有蓋・無蓋池状構造物）の診断を例に説明する。
- 3) 構造物に関する地盤種別、液状化の有無等の「立地条件」、及び竣工年度、部材の劣化度等の「構造的条件」、並びに可とう管や伸縮目地の有無等の「水密性に関する条件」などに応じて、それぞれの評価項目ごとに該当する区分を選択する。
- 4) 該当区分に応じた点数をその項目の評価点の欄に記入する。（以下、図 1.2 参照）
- 5) 最後に、想定する地震動レベルに応じた震度を設定し、これに応じた点数を評価点とする。
- 6) 各項目の評価点を掛け合わせた積を総合得点とし、この点数の該当する範囲（高い、中、低い）に*印を打って耐震性の評価結果とする。

この得点は、**数値が大きいほど耐震性が劣る**ことに注意が必要である。

総合得点の計算と耐震性判定の例を示す。

このモデル構造物では、各項目の評価点の積は以下のとおりであり、総合得点は 13.37 点であって中（12.0～24.0）の範囲に入り、耐震性は「中」と判定される。

$$0.5 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.1 \times 1.5 \times 1.5 \times 1.0 \times 1.5 \times 1.0 \times 2.0 \times 3.6 = 13.37 \rightarrow \text{耐震性中}$$

↑
地盤
液状化

↑
施工地盤

↑
位置

↑
竣工年度

↑
壁面積
池面積

↑
側壁厚
側壁高

↑
劣化度

↑
可とう管
伸縮目地

↑
想定震度

- 7) 最下段には評価平均值（全評価点の幾何平均值）及びこれの 10 点満点換算値を示す。この 10 点満点換算値は、評価項目数の異なる構造物間（例えば浅井戸と沈澱池）の耐震性を比較する際に用い、数値の大きいほど耐震性が劣る。
- 8) また、右から 2 欄目の「平均值」に記載した 2 段組の数字は、上段は中項目（立地条件、構造的強度など）ごとに求めた評価点の幾何平均值、下段はこれの 10 点満点換算値を示す。これは、この構造物の耐震性に関する弱点の指標とするもので、大きな数値を示すほど耐震性が劣り、弱点となっていることを示す。

種名		有蓋・無蓋池状構造物（浄水池・配水池、沈澱池・ろ過池等）			担当者	□□□	
種名		〇〇市水道部 ●●第2浄水場 横流式薬品沈澱池			作成年月	H■年△月	
評価項目		区分	点数	評価点	平均値	備考	
耐震性能	立地条件等 (外的条件)	①地盤種別	I種	0.5	0.5	(0.86) 4.87	該当する区分に応じた点数を入力する。数値の大きなほど耐震性は低い結果を得る。
			II種	1.5			
			III種	1.8			
		②液状化	なし	1.0	1.0		
			おそれあり	2.0			
			あり	3.0			
		③施工地盤	地山、切土	1.0	1.0		
			傾斜地等	1.2			
			山頂	1.3			
			埋立地、盛土	1.5			
④施工位置	地下	1.0	1.1	3.0m/2 = 1.5m < 2.0m			
	半地下	1.1					
	地上	1.2					
耐震性能	構造的強度 (内的条件)	⑤竣工年度	1983～2000年	1.0	1.5	(1.36) 8.03	上段の()内は評価点の幾何平均値、下段はその10点満点換算値。これらにより弱点となっている条件等を見出す。数値の大きなほど耐震性の低さに影響している。
			1970～1982年	1.5			
			1957～1969年	1.6			
			1956年以前	1.8			
	⑥方向別壁面積 池面積	基準値以上	1.0	1.5	池容量 474.5m ³ 基準値0.07 > 0.027		
		基準値未満	1.5				
⑦側壁厚 側壁高	0.1以上	1.0	1.0	(0.12)			
	0.1未満	1.5					
⑧部材の劣化度	小	1.0	1.5				
	中	1.5					
	大	2.0					
水(基本性能)	⑨可とう管 (場内配管接続部)	あり	1.0	1.0	(1.41) 7.07		
		なし	2.0				
	⑩伸縮目	あり	1.0	2.0			
⑪想定震度		震度5+、6-	2.2	3.6			
		震度6+、7	3.6				
⑫耐震性		高い(12.0>)		*	13.37	入力したすべての評価点を掛け合わせた結果であり、自動計算される。数値の大きなほど耐震性は低い。	
		中(12.0～24.0)					
		低い(24.0<)					
⑬耐震性評価点		評価平均値	(1.27)		(参考)最大値	1.90	
		10点満点換算値	6.68		上段の()内は全評価点の幾何平均値、下段はその10点満点換算値で、診断表の異なる他の構造物との比較や優先順位設定時に用いる。		

注1) ()内は幾何平均値、その下の数値は最大値に対する10点満点換算
 2) 方向別壁面積/池面積の基準値: 池容量1,000m³未満の場合0.07、

図 1.2 新簡易耐震診断表の適用例の説明

1.2.3 主な用語の説明と耐震性の評価

以下、モデル構造物である薬品沈澱池の場合を例に挙げて記載する。

① 地盤種別

構造物を取り巻く周囲（構造物底部を含む）の地盤を指すものであり、地盤種別の概略の目安は次のとおりとする。

I 種地盤は良好な洪積地盤及び岩盤

II 種地盤は I 種地盤及び III 種地盤のいずれにも属さない洪積地盤及び沖積地盤

III 種地盤は沖積地盤のうち軟弱地盤

（沖積地盤（沖積層）、洪積地盤（洪積層）については、【資料 1】用語の解説を参照）

ここでいう沖積地盤（沖積層）には、がけ崩れなどによる新しい堆積層、表土、埋立土並びに軟弱層を含み、沖積層のうち締まった砂層、砂れき層、玉石層については洪積層として取り扱ってよい。（「道路橋示方書・同解説」（平成 8 年、日本道路協会）から引用）

地盤種別の判断は、「水道施設耐震工法指針・解説（2009 年版）」（日本水道協会）I 総論（61～62 ページ）に記載されている地盤固有周期による判定法を用いることが望ましいが、次に示す簡易な方法を用いてもよい。

1) 地質柱状図がある場合

地質柱状図などにより沖積層等の厚さが分かる場合には、下図 1.3 のフローに沿って地盤種別の判定を行ってよい。（「道路橋示方書・同解説」（平成 8 年、日本道路協会）から引用）

なお、このフローは、相当深く標準貫入試験を行っても基盤面（N値が50以上）が現れないような地盤の場合に簡易的に判定するものであって、基盤面とみなせない洪積層が10m以上連続していても II 種地盤の判定となるが、簡易的な地盤の判定手法として採用する。

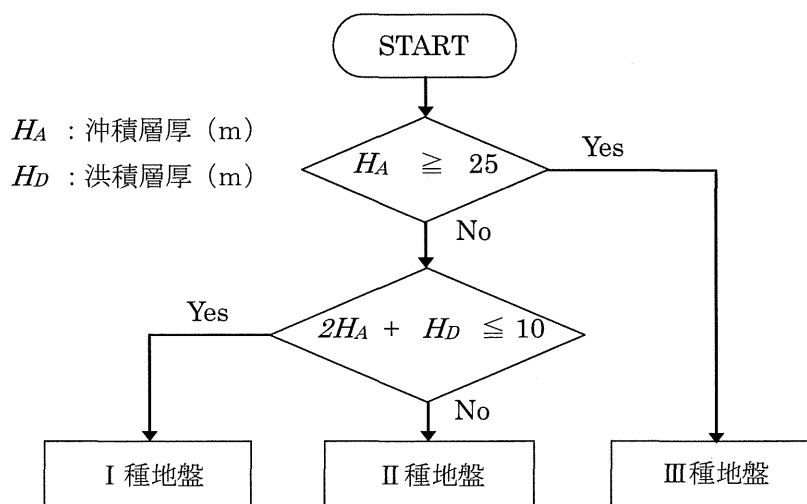


図 1.3 沖積層厚及び洪積層厚による地盤種別の区分

2) 地質柱状図がない場合

周辺の地形や地質状況から、当該地盤が岩盤であることや軟弱であることなどが明らかな

場合は、それに基づき地盤種別を判定してもよい。地質状況等が不明である場合は、評価点が最も高い地盤種別を採用する（安全側の判断を行う）。

② 液状化

液状化の判定には、該当箇所のボーリング調査による N 値などの地盤データや想定地震による地表最大加速度などを基にした計算により求められるが、新たな地質調査等の実施や想定地震による加速度の入手は困難であることが多い。このため、簡易的な液状化判定方法としては、都道府県単位で定めている「地域防災計画」の中で「1 辺が約 500m～1 km メッシュ」に液状化の可能性の大小を示すマップ（以下、「液状化危険度マップ」という。）が掲載されており、これを活用して判定する手法が現実的である。また、国土交通省が提示している「国土数値情報土地分類メッシュ」等における微地形分類を参照して、当該地域の液状化の生じやすさを概略的に判定する方法もある。（【資料 6】地盤液状化の判定方法を参照）

③ 施工地盤

施工地盤は、「地山、切土」、「傾斜地等」、「山頂」、「埋立地、盛土」の 4 区分とする。

なお、本手引きでは基礎杭の強度及び躯体への影響を考慮しないため、施工地盤の判定に当たっては杭の有無を考慮しない。

④ 施工位置

構造物とその周辺地盤との位置（高さ）関係を示す項目であり、次の目安による。

地 下： 池の H.W.L. 以上の部分が地中にある場合

半地下： 側壁中間部から H.W.L. までの部分が地中にある場合

地 上： 底部又は底部から側壁中間部までの部分が地中にある場合

⑤ 竣工年度

設計時に適用した耐震工法指針の目安を示す項目であり、通常、土木構造物の設計から竣工までにおおよそ 3～4 年（設計に 1 年、発注・契約・施工に 2～3 年）を要することから、耐震工法指針の発行年の 3 年後以降に竣工した構造物はこの工法指針適用として評価する。

竣工年度の区分としては、耐震工法指針の改定等の経緯から、以下の 4 段階とする。ただし、1997（平成 9）年改定（及びこれ以降）の耐震工法指針を適用した構造物については、耐震性ありとして、簡易耐震診断の適用外とする。

1956（昭和 31）年 以前	1957～1969 （昭和 32～44）年	1970～1982 （昭和 45～57）年	1983～2000 （昭和 58～平成 12）年
--------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------------

なお、PC タンクについては一般的な RC 構造物とは耐震性を判定する適用指針等（標準示方書を含む）が異なるため、上述の竣工年度の区分は適用しない。（「2章 簡易耐震診断の解説」を参照）

⑥ 方向別壁面積／池面積

構造物の壁が多いほど耐震性を高めることから、この方向別壁面積／池面積の値は、構造物の地震に対する耐性を判定する一つの指標であり、その評価基準値は、次のとおりとする。

池容量が 1,000m ³ 未満の場合：0.07	池容量が 1,000m ³ 以上の場合：0.04
-------------------------------------	-------------------------------------

ただし、壁面積は壁の方向別（短辺方向、長辺方向）水平断面積である（池内に柱がある場合はその全面積を含み、短辺・長辺の両方向の壁面積に柱面積が含まれる）。また、池面積は構造物の水平面積をいう。また、池容量は、池面積に側壁高さを掛けて求める。

壁面積／池面積の値は、伸縮目地で区切られた部分ごとの、「壁の水平断面積を構造物の水平面積で除した値」である。ただし、短辺方向・長辺方向のそれぞれの壁について方向別にこの値を求め、最も小さい値を採用する。なお、円筒形状の池構造物の場合は縦横方向の区別がないので、半円として求めた値を採用する。

以下に、このモデル構造物における方向別壁面積／池面積の計算例を示す。

この構造物は伸縮目地によって構造的に分かれているので、左右の部分にある長辺・短辺それぞれの方向の壁について計算する。

なお、壁の平面延長は壁芯（壁の中心）間の距離とする。

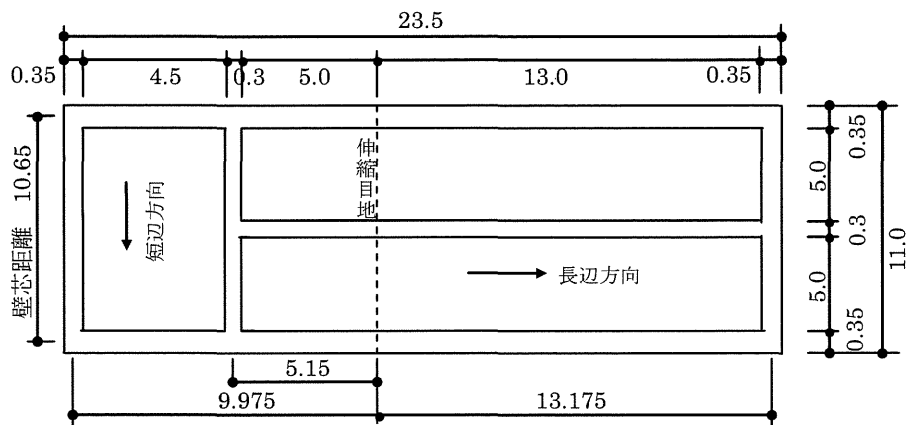


図 1.4 計算例の池状構造物平面図（単位：m）

左部分：

$$\begin{aligned} \text{池（構造物）水平面積} &: \{11.0 - (0.35/2) \times 2\} \times \{(0.35/2) + 4.5 + 0.3 + 5.0\} \\ &= 10.65 \times 9.975 = 106.23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{長辺方向の壁水平断面積} &: 0.35 \times \{(0.35/2) + 4.5 + 0.3 + 5.0\} \times 2 + 0.3 \times \{(0.3/2) + 5.0\} \\ &= 0.35 \times 9.975 \times 2 + 0.3 \times 5.15 = 8.53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{短辺方向の壁水平断面積} &: 0.35 \times \{11.0 - (0.35/2) \times 2\} + 0.3 \times \{11.0 - (0.35/2) \times 2\} \\ &= 0.35 \times 10.65 + 0.3 \times 10.65 = 6.92 \end{aligned}$$

この結果、短辺方向の壁水平断面積が小さいので、左部分の壁面積／池面積は、

$$\text{壁面積／池面積（左側）} = 6.92 / 106.23 = 0.0651$$

右部分：

$$\begin{aligned} \text{池（構造物）水平面積} &: \{11.0 - (0.35/2) \times 2\} \times \{(0.35/2) + 13.0\} \\ &= 10.65 \times 13.175 = 140.31 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{長辺方向の壁水平断面積} &: 0.35 \times \{(0.35/2) + 13.0\} \times 2 + 0.3 \times \{(0.35/2) + 13.0\} \\ &= 0.35 \times 13.175 \times 2 + 0.3 \times 13.175 = 13.18 \end{aligned}$$

$$\text{短辺方向の壁水平断面積} : 0.35 \times \{11.0 - (0.35/2) \times 2\} = 0.35 \times 10.65 = 3.73$$

この結果、短辺方向の壁水平断面積が小さいので、右部分の壁面積／池面積は、

$$\text{壁面積／池面積（右側）} = 3.73 / 140.31 = 0.0265$$

よって、この構造物については、右部分の短辺方向の数値が最小なのでこの値 $0.0265 \div 0.027$ を採用する。また、この右部分の池容量は $140.31 \times 3.0 = 420.93 \text{ m}^3$ で、 $1,000 \text{ m}^3$ 未満であるから、該当する方向別壁面積／池面積の評価基準値は 0.07 である。

方向別壁面積／池面積の値 0.027 は、この基準値以下であるので、評価点は 1.5 である。

⑦ 側壁厚／側壁高

壁厚さの適切さを評価する指標であり、側壁の高さが大きくなるにつれて側壁の必要な厚さも増す特徴があることから新たに設けた項目である。

側壁の高さは底版上面から頂版上面までの距離とする。（ピット部など部分的に深くなる場合を除き、底版が傾斜するなど側壁高が変化する場合、最も大きな数値を用いる。ただし、側壁の高さが 10m 以上のものは本簡易耐震診断の適用対象外とする。）

側壁の厚さは、頂版下面部における壁の厚さと底版上面部における壁の厚さの平均厚さとし、これにはハンチ部分は考慮しない。（図 1.5 参照）

側壁高は 3.0m 、側壁厚は（上部 0.3m + 下部 0.4m ） $/2 = 0.35\text{m}$ であるから、

$$\text{側壁厚／側壁高} = 0.35 / 3.0 = 0.12$$

したがって、評価基準値 0.1 以上であるので、評価点は 1.0 である。

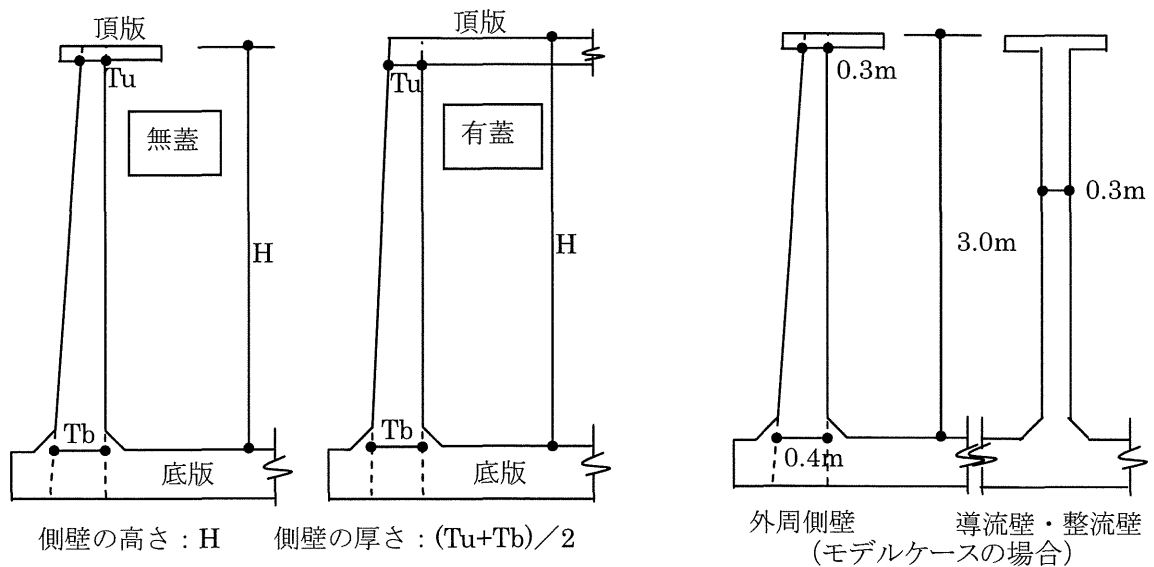


図 1.5 側壁の高さと厚さ

⑧ 部材の劣化度

主要部材の物理的な劣化程度を示すものであり、「目視による劣化の判定」、又は独自に決めている「自主管理基準による判定」などによって評価する。

表 1.4 に「目視による劣化の判定表」を参考として示す。この表によって劣化の判定を行うには、コンクリート構造物の躯体又は部材の変形、ひび割れや鉄筋腐食に伴うコンクリートの浮きとさび（汁）の発生などのチェック項目ごとに、目視による判定を基に該当する劣化区分を選定し、それらの中で最も劣化の著しい判定結果（判定区分）を構造物の部材の劣化度とする。

表 1.4 目視による劣化の判定表

チェック項目	程 度	劣化区分
変 形	構造物が傾斜している、又は明らかに不同沈下を起こしている	大
	肉眼で部材（柱、梁等）の変形が認められる	中
	上の項目に該当しない	小
部材（壁・柱）のひび割れ及びさび	水漏れがあり、多くのひび割れで幅が広がり、かつ鉄筋さび（汁）が出ている	大
	次のいずれかの項目が当てはまる 肉眼で柱に斜めひび割れがはっきり見える 外壁に数えきれないほど多くのひび割れがある 水漏れがあるが、鉄筋さび（汁）は出ていない	中
	上の項目に該当しない	小
浮きや表面剥離等	コンクリートの浮きや剥離が著しい、又は鉄筋が多数露出している	中
	わずかなコンクリートの浮きや剥離がある	小

注)「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準同解説」(2001年改訂版、(財)日本建築防災協会)、及び「公立学校建物の耐力度調査の実施方法について」(平成14年3月27日、文部科学省初等中等教育局長通知)を参考に作成した。

⑨ 可とう管

貯水機能維持の性能を判定するための項目であり、池状構造物と場内配管との連結部に「地震動に伴う変位を吸収できる可とう性のある管・継手」を設置しているか否かによって判定する。このモデル構造物では、大きな変位を吸収する可とう管が設置されているため、評価点は「可とう管あり」の1.0となる。

⑩ 伸縮目地

この項目も貯水機能維持の性能を判定するためのものである。モデル構造物には伸縮目地が設置されているが、耐震用止水板が用いられていないことから、「伸縮目地あり」の2.0の評価点となる。なお、耐震用止水板を設置してある場合や、耐震用止水可とう継手によって補強してある場合は、「伸縮目地なし」として扱う。

⑪ 想定震度

本手引きにおいて簡易耐震診断の対象とする浄水施設等の構造物は一般的に「重要度」が高いことから、想定地震動レベルは、レベル1又はレベル2の地震動のうち、原則としてレベル2地震動とし、この地震動に対応する震度（震度階）は、各地域の特性に応じて以下の2段階のうちいずれかを選定する。（レベル1地震動、レベル2地震動については、「**2章 簡易耐震診断の解説**」を参照願いたい。）

- 1) 震度5強（5+）又は震度6弱（6-）
- 2) 震度6強（6+）又は震度7

なお、想定地震動や震度は全国一律に定められるものではなく、活断層の存在やその位置及び各種の地震関連データ等を基に各地域で個別に設定すべきものであり、震度の想定に

当たっては、都道府県の定める地域防災計画等に定められた想定地震を参考にしてもよい。

また、地震が発生したときの地震動の強さを予測した『全国を概観した地震動予測地図』が「地震調査研究推進本部 地震調査委員会」から毎年公表されていて、今後30年以内に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率の分布図や活断層位置(<http://www.jishin.go.jp/>)、特定の場所を拡大した地震動予測地図 (<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>) などを見ることができ、想定地震動や震度の設定に当たって参考にすることができる。

⑫ 耐震性

構造物の耐震性は、耐震性に関する評価点の総合得点を基に、これがどのレベル（「高い」、「中」、「低い」）にあるかによって評価する。これら「高い」、「中」、「低い」の判定基準（点数範囲）は、対象構造物によって異なり、それぞれの簡易耐震診断表に表示されている。

⑬ 耐震性評価点

診断表の異なる（評価項目数が異なる）他の構造物の耐震性と比べるときは、最下段の耐震評価点（10点満点換算値）を用いる。この数値が大きいほど耐震性が低い。

また、診断表の右から2欄目の「平均値」に記載した2段組の数字は、上段は中項目ごとに求めた評価点の幾何平均値^{注)}、下段はこれの10点満点換算値を示す。10点満点換算値は、大きな数値ほど耐震性能が劣っていることを表し、耐震性能上の弱点を把握するためのものである。（これらの指標の意味と算出方法等については、次章「**2章 簡易耐震診断の解説**」を参照）

注) 幾何平均値は「全てのデータを掛け合わせた値」の $[1/(データ数)]$ 乗、つまり、 n 個の値をすべて掛け合わせ、その結果得られる値の $1/n$ 乗の値である。エクセルによる自動計算表を用意してあるので（添付のCD-ROMに格納）、これによって容易に求めることができる。

なお、図1.1 簡易耐震診断の実施手順において、「地盤液状化あり」でかつ「竣工年度が1956（昭和31）年以前」であることから「耐震性が極めて低い」とされた構造物で、更新せずに補強・耐震化するための詳細耐震診断を実施する場合には、この構造物の耐震性評価点（10点満点換算値）は10点とする。こうすることによって、他の構造物と耐震性改善度の比較と優先順位の設定を行うことができる。

1.3 詳細耐震診断実施の優先順位

詳細耐震診断（及び耐震性改善）の実施に当たっては、優先順位を設定する必要がある。

この優先順位は、耐震性の高低と被災時の影響範囲を考慮することとし、「耐震評価点（10点満点換算値）」と「影響範囲」の点数を掛け合わせて、耐震性改善必要度を求め、得られた数値の高いものほど優先順位を高く設定する。

$$\text{耐震性改善必要度} = \text{耐震性評価点} \times \text{影響範囲}$$

1.3.1 被災時の影響範囲

被災時の影響範囲は、診断対象構造物が地震時に被害を受けたときの「給水件数への影響」、「施設能力への影響」、「政治・生産活動等に与える社会的影響」、のそれぞれの範囲と大きさ及び「その他考慮すべき事項」を評価し、次の式によって数値化する。

$$\text{影響範囲} = (\text{物理的影響 A} \times \text{物理的影響 B} \times \text{社会的影響} \times \text{その他考慮すべき事項})^{1/4}$$

影響範囲は、上式に示すとおり、次の4項目の評点の幾何平均値として求められる。

- ・物理的影響 A：影響を受ける給水件数
- ・物理的影響 B：不具合設備によって影響を受ける施設能力
- ・社会的影響：医療・産業などの社会的活動等への影響度合
- ・その他考慮すべき事項：対象構造物の特性・周辺環境、及び水道事業体における事業構想等を反映する項目

影響範囲は、表 1.5 において影響の大きさ等を判定し算出する。判定に当たっては、設備の機能不全・不具合によって生じる悪影響だけでなく、悪影響を「生じるおそれ」も考慮する。

以下に、診断対象とするモデル構造物のデータを基に、影響範囲の算出方法を示す。

① 給水件数への影響

モデル構造物である薬品沈澱池が被災したときの断水件数（断水人口）の多さを評価するものである。本モデルケースの場合、薬品沈澱池は2池同時施工であり、2池が同じ耐震性を有すると考えられ、2池が被災するとこの浄水場からの給水が停止する。したがって、この浄水場の給水件数は全給水区域内の42.7%に当たり、これが断水することになるから、25～50%の範囲に入り、判定点は「3」となる。

② 施設能力への影響

薬品沈澱池2池が被災した場合、浄水施設能力はゼロとなり、給水に致命的な影響を与えることから、判定点は「4」となる。

③ 社会的活動への影響

この浄水場の管轄給水区域内には、災害時拠点医療施設、防災拠点、避難所、及び2箇所^の工場があり、表中の3項目が該当することから、判定点は「4」となる。

④ その他考慮すべき事項

診断モデルの薬品沈澱池は崖上^{がけ}の切土部に建設されていて、漏水により崖下の家屋に二次被害を招くおそれがあるため、判定点を「2」とする。

以上の各判定点から、影響範囲は $(3 \times 4 \times 4 \times 2)^{1/4} = 3.13$ と求められる。

表 1.5 影響範囲算出表

構造物名称		〇〇市水道部 ●●第2浄水場 横流式薬品沈澱池		
作成担当者		□□ □	作成年月	H■年△月
評価項目		評価・判定		判定点
				影響範囲
影響範囲	①給水件数への影響 (物理的影響A)	4. 給水に致命的な影響を与える。 例)「減断水によりおおむね50%以上の世帯(給水件数)に影響が出る」 3. 給水に重大な影響を与える。 例)「減断水によりおおむね25%以上～50%の世帯(給水件数)に影響が出る」 2. 給水にかなりの影響を与える。 例)「減断水によりおおむね5%以上～25%の世帯(給水件数)に影響が出る」 1. 給水への影響は小さい又は無視できる。 例)「減断水によりおおむね5%未満の世帯(給水件数)に影響が出る」		3
	②施設能力への影響 (物理的影響B)	4. 運転管理、施設能力等に致命的な影響を与える。 例)「施設能力全体に影響が出る」 3. 運転管理、施設能力等に重大な影響を与える。 例)「施設能力の1/2以上に影響が出る」 2. 運転管理、施設能力等に影響を与える可能性がある。 例)「施設能力の1/4以上に影響が出る」 1. 運転管理、施設能力等への影響は小さい又は無視できる。 例)「影響は施設能力の1/4未満である」		4
	③社会的活動への影響 (社会的影響)	影響を受ける給水エリアにおける以下の項目のうち、該当する項目数により判定点を求める。 3項目以上:4点 2項目:3点 1項目:2点 0項目:1点 ・地域防災計画等に位置づけられた病院など、災害時の拠点医療施設への影響がある。 例)「減断水等による医療活動の困難さなど」 ・防災拠点、避難所、応急給水拠点など発災後の対応活動の拠点となる施設への影響がある。 例)「緊急用水確保の困難さなど」 ・政治行政機能など、都市機能を支える重要施設に悪影響を及ぼす。 例)「水冷式冷房の停止による電子計算機の機能麻痺など」 ・工場や生産施設など、地域の経済活動を支える重要施設・大口需要者に悪影響を及ぼす。 例)「冷却水や原料水の停止による運転停止・生産停止など」		4
	④その他考慮すべき事項	以下の項目の中から該当する項目を選択し、その数により判定点を求める。 3項目以上:4点 2項目:3点 1項目:2点 0項目:1点 ・浄水を貯留する(応急給水用の浄水となる)。 ・被災時の漏水による家屋等への二次被害を避ける。 例)「高所に設けた配水池、高架水槽、崖上の沈澱池など」 ・被災時に速やかな復旧が困難である、又は期待できない。 例)「進入道路が狭く工事車両が通行困難な場合など」 ・その他特別な事項(事業構想・課題等に関する事項) 例)「重要拠点施設として存続を図る場合など」		2

注1) 給水件数は、給水区域内全域における給水件数を意味し、個々の浄水場・配水池等の受け持つ給水件数ではない。

2) 影響範囲は、バックアップ(他系統等からの応援)給水の有無を考慮しないで算出する。

1.3.2 耐震性改善必要度と詳細耐震診断実施の優先順位

耐震評価点(10点満点換算値)と影響範囲の点数を掛け合わせた耐震性改善必要度を求め、得られた数値の高いものほど優先順位を高く設定する。

$$\text{耐震性改善必要度} = \text{耐震性評価点} \times \text{影響範囲}$$

本モデルケースの場合、耐震性評価点(10点満点換算値)は6.68であることから、

$$\text{耐震性改善必要度} = 6.68 \times 3.13 = 20.91$$

となる。この値と他の診断構造物の数値と比べて、優先順位を設定する。

表1.6に、耐震性改善必要度の計算例と詳細耐震診断実施の優先順位の設定例を示す。

なお、他の機場(取・浄水場や送配水ポンプ所等)、隣接配水系統、又は他の水道及び用水供給事業体などからの管路によるバックアップ給水(応援給水)がある場合は、浄水施設等が地震被害を受けて運転停止しても、バックアップ給水によって給水への影響の回避又は影響度合いの低減が可能になる場合がある。

このような場合には、耐震性改善必要度の補正を行う必要があるが、その補正方法については、【資料6】バックアップ給水を考慮した耐震性改善必要度の算定を参照願いたい。(ただし、バックアップする側の施設に地震被害がなく能力を発揮するとの前提に立っていることに留意する必要がある。)

表 1.6 耐震性改善必要度と詳細耐震診断実施の優先順位設定の例

構造物名	耐震性評価点 (10点満点換算値)	影響範囲	耐震性改善 必要度	詳細耐震診断実施 の優先順位	備 考
薬品沈澱池1	7.00	2.21	15.47	8	
薬品沈澱池2	6.68	3.13	20.91	1	
ろ過池1	6.89	2.00	13.78	9	
ろ過池2	6.63	1.86	12.33	10	
浄水池1	6.89	2.63	18.12	3	
浄水池2	8.21	2.45	20.11	2	
配水池1	6.95	2.38	16.54	5	
配水池2	7.53	2.21	16.64	4	
配水池3	7.21	2.21	15.93	6	
配水池4	7.11	2.21	15.71	7	

2章 簡易耐震診断の解説

— 新簡易耐震診断表の作成背景と検討内容 —

- ▶ この章では、新簡易耐震診断表策定の背景情報や検討内容として、
 - 「水道施設耐震工法指針の変遷」
 - 「浄水施設耐震化の現況」
 - 「耐震診断手法の概要」
 - 「新簡易耐震診断表策定に当たっての検討内容」
 - 「詳細耐震診断実施の優先順位の設定」などの詳しい解説が行われています。

- ▶ この章を読むと「1章 はじめよう！ 簡易耐震診断」で身に付いた新簡易耐震診断表の使い方などの知識を一層深めることができます。

2.1 水道施設耐震工法指針等の変遷

我が国は、世界でも有数の地震帯に位置し、幾度もの大地震に見舞われてきた。この100年間の主な大地震には関東大震災、新潟地震、十勝沖地震、日本海中部地震、北海道東方沖地震などがあり、更には近年の都市直下型地震として大災害をもたらした兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）や、新潟県中越地震、新潟県中越沖地震とともに、2011（平成23）年3月発生の東北地方太平洋沖地震は、マグニチュード9.0の巨大エネルギーによる地震動とともに巨大津波を生じ、正に未曾有の災害をもたらした。

このように、世界有数の地震大国である我が国では、従来から建築基準法の制定・改定などによって地震に対する安定性はある程度考慮されてきた。水道施設については、建築基準法制定の契機になった福井地震において甚大な被害を受けたことから、水道施設の耐震工法が重大な問題として取り上げられ、1953（昭和28）年に「水道施設の耐震工法」が発行された。

その後、1966（昭和41）年と1979（昭和54）年の2度にわたって改訂されたが、特に新潟地震において液状化による水道施設の被害が甚大だったことや、多発する大地震に伴い各方面で新たな技術基準類が示されるようになった。このことから、1979（昭和54）年の改定において、題名も「水道施設耐震工法指針・解説」に改め、手法も応答変位法や動的解析法などが盛り込まれた。またその記述は、一つの標準としての位置付けから、実務に役立つことに重点をおいた指導的・参考的な表現に変更されるなど、現在の指針の原型となっている。

1997（平成9）年の改定では、1995（平成7）年の兵庫県南部地震の経験と教訓を基に、土木学会をはじめとする各関連学会・協会で開催された耐震基準・工法の見直し内容とも整合を図り、レベル1、レベル2地震動を用いた耐震水準の設定や、材料の非線形性を考慮した構造物特性係数の考え方を取り入れた。また、水道施設の耐震性強化を図る上で不可欠な既存施設の耐震診断法や補強法についても充実が図られている。

最新の改定は2009（平成21）年に実施され、兵庫県南部地震後も頻発する大地震に対し、耐震設計の合理性の検証と最新の技術的知見を盛り込むもので、性能設計の考え方の導入や、水道システムの視点からの耐震対策、経済性照査手法の概念などが取り入れられているが、耐震化・耐震診断の面では1997（平成9）年改定版と技術的差異はない。

大地震による被災を契機とした建築物の耐震基準及び水道施設耐震工法指針の変遷の状況をまとめると表2.1のようになる。

なお、PCタンクに関しては、宮城県沖地震（1978（昭和53）年6月）でのPCタンク崩壊事故を踏まえ、メーカーごとに異なっていたそれまでの構造基準を「構造細目」として統一的に整理し、かつプレストレストコンクリートの基本的事項については、日本水道協会が土木学会の「プレストレストコンクリート標準示方書（1978（昭和53）年制定）」に準拠した「水道用プレストレストコンクリートタンク標準仕様書（1980（昭和55）年3月）」を初めて作成した。その後1998（平成10）年に「水道用プレストレストコンクリートタンク設計施工指針・解説（日本水道協会）」が作成されたが、前述の仕様書はこの指針とあまり相違がない。ちなみに、1979（昭和54）年改定の耐震工法指針では、この指針及び前述の仕様書に基づいて設計された容量15,000m³以下のPCタンク本体は、比較的高い耐震性を有すると判断されることから耐震診断は省略できることとなっている。ただし、PCタンク本体以外のRC構造が一般的な床版・底版などは、別途に

詳細耐震診断を要するほか、基礎の種類、法面崩壊・液状化が予想される地盤など、考慮すべき状況がある場合は詳細な検討が必要である。（日本水道協会『耐震工法指針・解説（2009年版）』及び「同指針・解説のQ&A集」参照）

表 2.1 水道施設耐震工法指針等の変遷

	発生した地震	耐震工法指針等の動き
1949年以前	1923 (T12) 関東大震災 【M7.9】	
	1943 (S18) 鳥取地震 【M7.2】	
	1948 (S23) 福井地震 【M7.1】	
1950年代		1950 (S25) 建築基準法制定 1953 (S28) 日水協「水道施設の耐震工法(1953)」
	1964 (S39) 新潟地震 【M7.5】	1966 (S41) 日水協「水道施設の耐震工法(1966)」
1968 (S43) 十勝沖地震 【M7.9】		
	1978 (S53) 伊豆大島近海地震 【M7.0】	1977 (S52) 建設省「新耐震設計法(案)」[建築] 1979 (S54) 日水協「水道施設耐震工法指針・解説(1979)」 建築基準法改正
	宮城県沖地震 【M7.4】	
1980年代		1981 (S56) 厚生省「地震対策に関する調査報告書」 1981 (S56) 建設省「新耐震設計法」[建築]
	1983 (S58) 日本海中部地震 【M7.7】	
1990年代	1993 (H5) 釧路沖地震 【M7.5】	1995 (H7) 厚生省「水道耐震化施策検討会」 1997 (H9) 日水協「水道施設耐震工法指針・解説(1997)」 厚生省「水道の耐震化計画策定指針(案)」 1999 (H11) JWRC「地震による水道被害予測及び探査に関する技術開発研究報告書」
	北海道南西沖地震 【M7.8】	
	1994 (H6) 北海道東方沖地震 【M8.2】	
	三陸はるか沖地震 【M7.6】	
	1995 (H7) 兵庫県南部地震 【M7.3】	
2000年代	2000 (H12) 鳥取県西部地震 【M7.3】	2000 (H12) 建築基準法改正 2004 (H16) 厚労省「水道ビジョン」公表 2005 (H17) JWRC「水道施設機能診断の手引き」 2007 (H19) 厚労省「管路の耐震化に関する検討会」 厚労省「水道施設の耐震化に関する検討会」 2008 (H20) 厚労省「水道の耐震化計画等策定指針」 厚労省「水道ビジョン」改訂 2009 (H21) 日水協「水道施設耐震工法指針・解説(2009)」
	2001 (H13) 芸予地震 【M6.7】	
	2004 (H16) 新潟県中越地震 【M6.8】	
	2007 (H19) 能登半島地震 【M6.9】	
	新潟県中越沖地震 【M6.8】	
	2008 (H20) 岩手・宮城内陸地震 【M7.2】	
2010年代	2011 (H23) 東北地方太平洋沖地震 【M9.0】	2011 (H23) JWRC「水道施設機能診断マニュアル」 2013 (H25) 厚労省「新水道ビジョン」公表

注) 厚労省: 厚生労働省、 日水協: 日本水道協会、 JWRC: 水道技術研究センター

2.2 浄水施設の耐震化等の現況

日本の水道施設は、1960年代から1970年代にかけて、急速な普及とともに整備が進められた(図2.1参照)。

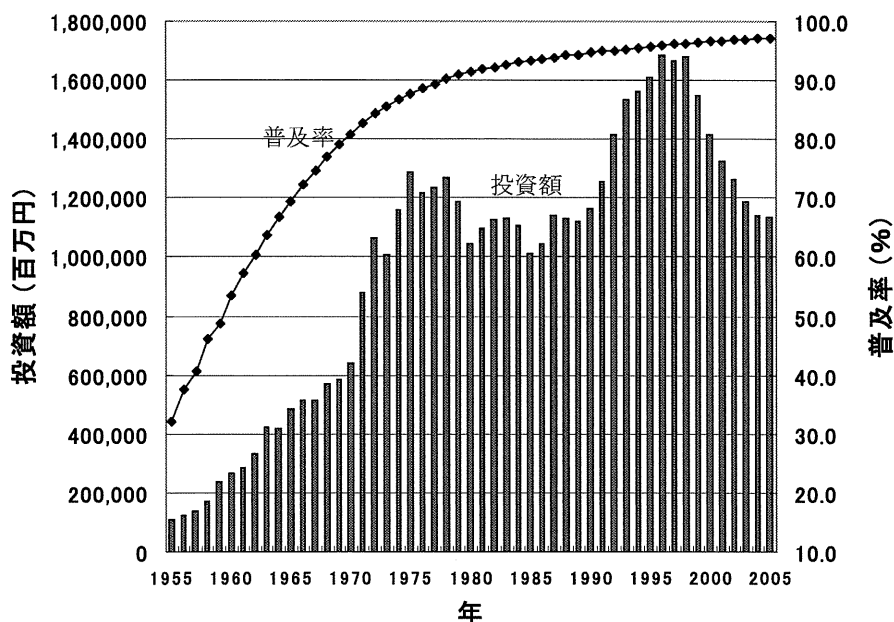


図 2.1 水道施設への投資額の推移

特に、全浄水施設能力の60%余りが1960年代及び1970年代に完成した施設である(図2.2参照)。これらの施設は今や40~50年を経過しており、比較的耐用年数の短い電気・計装設備などは既に更新が行われたものの、耐用年数の長いコンクリート構造物は、近年の経済事情を反映して更新が進まないことや、運用上停止できないなどの理由から老朽化が進行しつつある。

一方、浄水施設の耐震化率は、水道統計によれば、2012(平成24)年度末現在21.4%となっており、極めて低い状況にある。特に中小規模水道事業者では、耐震化促進の阻害要因として「技術職員数の不足」、「耐震化のための財源確保の難しさ」、「技術資料の未整備」などが挙げられており、耐震化のための「耐震診断」の実施率も低い状況にある(【資料2】水道施設耐震診断実施の現況と課題参照)。

浄水施設はこのような問題を抱えており、近い将来必ず到来する更新時期、更には予測確率の高い大地震に備え、計画的に更新及び耐震化を着実に進める必要があり、そのための耐震診断を効率よく実施することが極めて重要である。

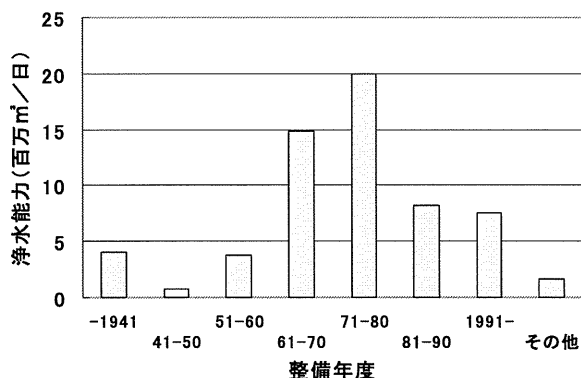


図 2.2 浄水能力の整備年代

2.3 耐震診断手法の概要

2.3.1 耐震診断の概要

耐震診断とは、既存施設が要求される耐震性能を満足しているか否かを評価するものであり、簡易耐震診断と詳細耐震診断がある。

簡易耐震診断は、個別の施設に関する設計・建設年代、適用基準類、地形・地盤条件などに着目して、竣工図、設計図書、既往の地震被害事例などにより、定性的な耐震性能の評価を行うものである。

一方、詳細耐震診断は、地質調査や構造物の劣化調査などを行い、新設する施設と同様に、水道施設耐震工法指針・解説などに定められる耐震計算法により、耐震性能の評価を定量的に行うものである。図 2.3 に一般的な耐震診断の流れと簡易耐震診断の位置付けを示す。

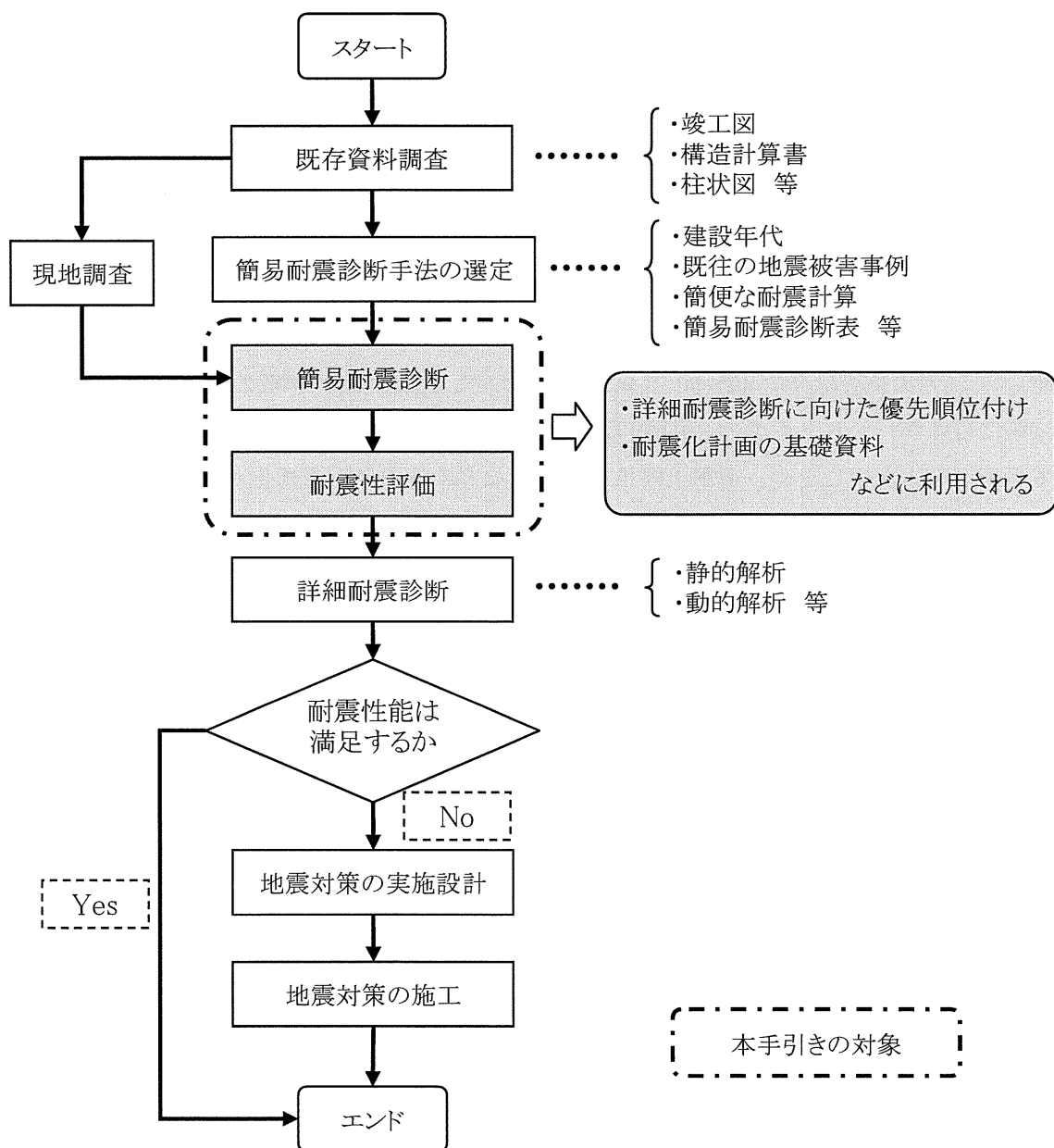


図 2.3 基本的な耐震診断の流れと簡易耐震診断の位置付け

(「水道施設耐震工法指針・解説 (2009年版)」(日本水道協会) 図 4.5.1 を参考に作成)

2.3.2 簡易耐震診断の必要性

一般に、詳細耐震診断は個別の施設の耐震化を目的として実施するものであり、耐震補強の要否や補強方法の選定は、詳細耐震診断の結果を踏まえて判断される。詳細耐震診断を行うためには個々の施設を対象とした構造解析の実施が必須であり、そのためには多くの費用と時間を要することとなる。

一方、中小事業体では、財政的・人的・技術的側面から、すべての施設を直ちに詳細耐震診断の対象とすることは、現実的に困難である。このような状況下において、短期的に高い地震対策効果を得るため、耐震性を概略的に把握し、詳細耐震診断・耐震化の優先順位を合理的に設定することが重要である。

簡易耐震診断は、個別施設の耐震性能の評価の精度が劣るものの、診断作業に要する費用や手間が少なく、多くの施設を一律の基準で評価ができる利点がある。したがって、簡易耐震診断は、詳細耐震診断の優先順位付けを決めるための有用なツールである。

2.3.3 簡易耐震診断の手法

簡易耐震診断には、

- ・ 建設年代による評価
- ・ 既往の地震被害事例による評価
- ・ 簡便な耐震計算等による評価
- ・ 簡易耐震診断表による評価 がある。

耐震化計画策定等における実務では、水道事業が保有する施設全体を評価対象とすることから、詳細な検討を行うための資料収集等に制約がある。そのため、簡易耐震診断手法の中でも、比較的簡便で半定量的な評価が可能である建設年代による評価や簡易耐震診断表による評価が用いられている。特に簡易耐震診断表は、建設年代、地盤条件、経年劣化、地震動の強さ等を考慮するため、個々の施設の耐震性を多角的な観点から評価できる。簡易耐震診断表には構造的特性の評価指標も組み込まれており、竣工図等の僅かな情報で評価できることから、簡易耐震診断手法として多数の事業体で用いられている実績がある。

これらのことから、本手引きにおいては、簡易耐震診断手法として『簡易耐震診断表』を採用することとし、既往の簡易耐震診断表の見直しを行い、新たな簡易耐震診断表として提案し、その使用方法等について解説する。

2.4 新簡易耐震診断表

本手引きにおいては、簡易耐震診断手法として『簡易耐震診断表』を採用するものであるが、これまで使われてきた簡易耐震診断表（以下、「既往簡易耐震診断表」という。）は、1981（昭和56）年の提案以来30年余を経過し、今まで数点の改良は行われてきたものの、現在の想定地震動や技術水準との乖離などの課題を抱えている。このため、この既往簡易耐震診断表を基にこれを改善し、中小規模水道事業体にとって使いやすい新たな簡易耐震診断表を作成した。

2.4.1 既往簡易耐震診断表

(1) 既往簡易耐震診断表の誕生

既往の代表的な簡易耐震診断表の原型は、1981（昭和56）年3月厚生省水道環境部による「地震対策に関する調査報告書（以下「報告書」という。）」によって発表された。この報告書には日本水道協会の地震対策調査委員会において作成されたものとして、詳細内容が記載されている。この報告書によれば、当該委員会における主な調査内容は、「地震による水道施設の被害予測^{注1)}、水道施設の耐震化順序^{注2)}、ケーススタディからなり、地震被害予測の方法を明らかにし、水道施設の耐震化を行う場合の順序について検討し、これらの調査結果が各水道事業者の行う耐震対策の指標となることを目的とした」となっている。

注1)、注2)「地震による水道施設の被害予測」及び「水道施設の耐震化順序」の用語は、現在では、それぞれ「水道施設の耐震性評価、又は水道施設の耐震診断」及び「水道施設耐震化の優先順位」などが用いられる。

既往簡易耐震診断表は、「地震による水道施設の被害予測」を分かりやすく簡易に実施するためのもので、表2.2の対象構造物・設備ごとに作成された。

表 2.2 既往簡易耐震診断表による簡易耐震診断の対象^{注3)}

取水施設	取水堰、取水門、取水塔、深井戸、浅井戸、開渠・暗渠、池状構造物（沈砂池）
導水施設	導水隧道
浄水施設	池状構造物（着水井・攪拌池・沈澱池・ろ過池）、池状構造物（浄水池・ポンプ井）
送配水施設	池状構造物（配水池）、PCタンク、高架水槽、配水塔
管路等	導水隧道、シールド、水路橋、水管橋、橋梁添架、ポンプ設備

注3) この表における設備名称は報告書記載のままを用いたが、本手引きでは、名称を変更している場合がある。例えば、沈砂池・沈澱池等の「無蓋池状構造物」、浄水池・配水池等の「有蓋池状構造物」などである。）

なお、これらの既往簡易耐震診断表は、後年になって日本鋼管協会や財団法人水道技術研究センターなどにより見直しが行われ、特に水管橋、橋梁添架については、材質の違い等を考慮し、鋼管製水管橋（独立、添架）及びダクタイル鋳鉄管・鋳鉄管製水管橋（独立・添架）の簡易耐震診断表が作成された。また、道路橋示方書に沿った地盤種別の変更（4種類を3種類に変更）や、近年の耐震工法指針改定などを背景に建設年代の見直しなどが行われた。

(2) 既往簡易耐震診断方法の基本要件

報告書では、水道施設の簡易耐震診断方法の基本的な考え方を示している。これは、診断手法が、

- 1) 高度な技術を必要とせず、一般的な水道技術者が実施できること。
- 2) 多種の施設について診断できること。
- 3) 施設の耐震化に役立つ診断であること。

などの要件を満たすというものである。