

表 2.3 既往の簡易耐震診断表と耐震性判定の例（有蓋池状構造物）

種別	有蓋池状構造物：浄水池、配水池			
名称	〇〇水道部 △△配水池			
項目	範疇	重み係数	得点	備考
地盤	I種	0.5	0.5	
	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	1.2	
	傾斜地等	1.2		
	山頂	1.3		
	埋立地・盛土	1.5		
位置	地上	1.2	1.2	
	半地下	1.1		
	地下	1.0		
材質	鉄筋コンクリート	1.0	1.0	
	レンガその他	3.0		
方向別壁面積 池面積	0.05 ≤	1.0	1.5	
	0.05 >	1.5		
総深	5m ≥	1.0	1.0	
	5m <	1.3		
型式	壁式	1.0	1.0	
	柱・梁	1.2		
	フラットスラブ	1.4		
上置土厚	0.4m ≥	1.0	1.0	
	0.4m <	1.2		
建設年代	1953年以前	1.8	1.5	
	1953～1966	1.6		
	1967～1980	1.5		
	1980年以降	1.0		
可撓管	あり	1.0	2.0	
	なし	2.0		
伸縮目地	良	1.0	1.0	
	不良	2.0		
老朽度	小	1.0	1.5	
	中	1.5		
	大	2.0		
震度階	震度5	1.0	4.9	
	震度6	2.2	10.7	
	震度7	3.6	17.5	
耐震性	高い	7>	震度5	
	中	7～15	震度6	
	低い	15<	震度7	

注) 得点欄は、選定の一例として示したものである。

(5) 既往簡易耐震診断表の問題点

既往の簡易耐震診断表の例として、前項で有蓋池状構造物（配水池）の診断表とその得点例、総得点の計算例及び耐震性判定の事例を示したが、この例示から明らかなように、既往の簡易耐震診断表には以下の問題点が内在している。

- 1) 想定地震動の指標となる「震度階」が震度5、6、7となっており、現在の気象庁震度階

である震度 5 弱、5 強、震度 6 弱、6 強に対応していないと同時に、想定地震動としてのレベル 1、レベル 2 との関連が明確ではない。

- 2) 「建設年代」は 1980 (昭和 55) 年が一つの区切りであり、その後の 1995 (平成 7) 年の兵庫県南部地震における被害を基に大幅な改定がなされた「水道施設耐震工法指針・解説 (1997 年版)」に沿って建造された構造物を評価できるものとなっていない。
- 3) 「材質」については、現在ではレンガ造り等は歴史的建造物を除いて極めて稀であり、鉄筋コンクリート造りが一般的である実態とは合わない。
- 4) 想定地震に対応した総得点によって耐震性の判定が行われるが、総得点はすべての得点の積であることから、すべての項目について重み係数を選定する必要がある。このことは、たとえ明らかに耐震性の劣ると考えられる構造物であっても、必ず全得点を求めなければならぬことを意味するが、耐震診断の実施を促進する上では、こうした構造物についての「簡略化・簡便化」した診断手順・診断表の確立を図る必要がある。

2.4.2 新簡易耐震診断表の作成

(1) 新簡易耐震診断表の基本的要件

既往簡易耐震診断表の問題点を解決し、「簡略化・簡便化」した診断手順・診断表の作成を検討するに当たり、以下の基本的な要件を設定した。

- 1) 水道施設耐震工法指針の変遷・進展を踏まえた診断手順・手法とする。
- 2) 兵庫県南部地震、東北地方太平洋沖地震などの近年の大地震による水道施設の被害実態を反映する診断手順・手法とする。
- 3) 極力簡略化・簡素化した診断手順・手法とする。
- 4) 現在の土木技術等の水準に相応する診断手法とし、診断項目の見直しを図る。

(2) 簡易耐震診断手順の提案

診断手順は以下の基本的考え方に沿って見直して提案した。

- 1) 1997 (平成 9) 年以降策定の水道施設耐震工法指針に沿って設計された構造物は耐震性を有する。

既往の簡易耐震診断表は、適用した耐震工法指針がどの世代のものであるかに係りなく、全ての土木構造物に適用していた。しかし、「水道施設耐震工法指針・解説 (1997 年)」は最新の指針 (水道施設耐震工法指針・解説 (2009 年)) と技術的な差がないことから、これに沿った設計が行われた構造物は、耐震性が十分にあると考えられることから、設計時に「水道施設耐震工法指針・解説 (1997 年)」及びこれ以降に策定された耐震工法指針を適用した構造物は、『耐震性あり』とし、本簡易耐震診断表は適用しない。このことを竣工年度で考えると、通常、土木構造物の設計から竣工までに約 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、1997 (平成 9) 年の当該指針・解説の発刊時から 4 年後の 2001 (平成 13) 年より以降に竣工した構造物は、『耐震性あり』と判定することになる。また、1997 (平成 9) 年以降策定の水道施設耐震工法指針に沿った詳細耐震診断の結果に基づいて

適切に耐震補強が行われた構造物は、『耐震性あり』と判定してよい。

なお、PCタンクは、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。「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（1998年版）」（日本水道協会）によれば、『1980年以降に設計された容量15,000 m³以下のPCタンクは、「水道施設耐震工法指針・解説（1979年版）」（日本水道協会）、「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年版）」（日本水道協会）に基づいて設計されている場合、比較的高い耐震性を有すると想定されるので、耐震診断は省略できる』とされている。このことから、3～4年の設計・施工期間を考慮して、1984（昭和59）年以降に竣工した容量15,000 m³以下のPCタンクは『耐震性あり』と判定することができる。また、これらの指針及び仕様書に沿った詳細耐震診断の結果に基づいて適切に耐震補強が行われた容量15,000 m³以下のPCタンクは、『耐震性あり』と判定してよい。^{注)}

注) ここでいうPCタンクはPC部のタンク本体を意味する。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。（日本水道協会発行の『耐震工法指針・解説（2009年版）』及び「同指針・解説のQ&A集」を参照）

2) 地盤の液状化があり、かつ「水道施設の耐震工法（1953）」以降の工法指針を適用していない構造物は、耐震性が極めて低い。

兵庫県南部地震や東北地方太平洋沖地震などの近年の大きな地震による水道施設被害の特徴は、【資料3】近年の地震による浄水施設被害の実態に示すように、地震動そのものによって大きな被害を蒙った事例は少なく、地盤の液状化・崩壊等の地盤変状、特に地盤の液状化による被害が際立っていた。

また、最も古い水道施設耐震工法は1953（昭和28）年に出版されたものであるが、これを適用していない古い構造物は構造的に耐震性に劣ると考えられる。こうしたことから、構造物周辺に「地盤の液状化があり」かつ「1956（昭和31）年以前に竣工」の構造物は、『耐震性が極めて低い』と判定することとし、本簡易耐震診断を適用するまでもなく「極めて耐震性が低い」と判定するものとする。

なお、液状化が生じる地盤であっても、地盤液状化対策工法が適切に実施された地盤は、地盤液状化はないものとして扱う。

3) 簡易耐震診断には、地質、構造材質・寸法、竣工年度などの情報が必要である。

簡易耐震診断の実施に当たっては、地質、構造材質・寸法、竣工年度などの情報が必要であり、これらが入手困難な場合は、耐震診断は困難であり、現地調査等によって情報を得ない限り耐震診断は実施できず、施設更新などを検討すべきである。

以上の事項を考慮して見直した簡易耐震診断の実施手順を、図2.4に示す。

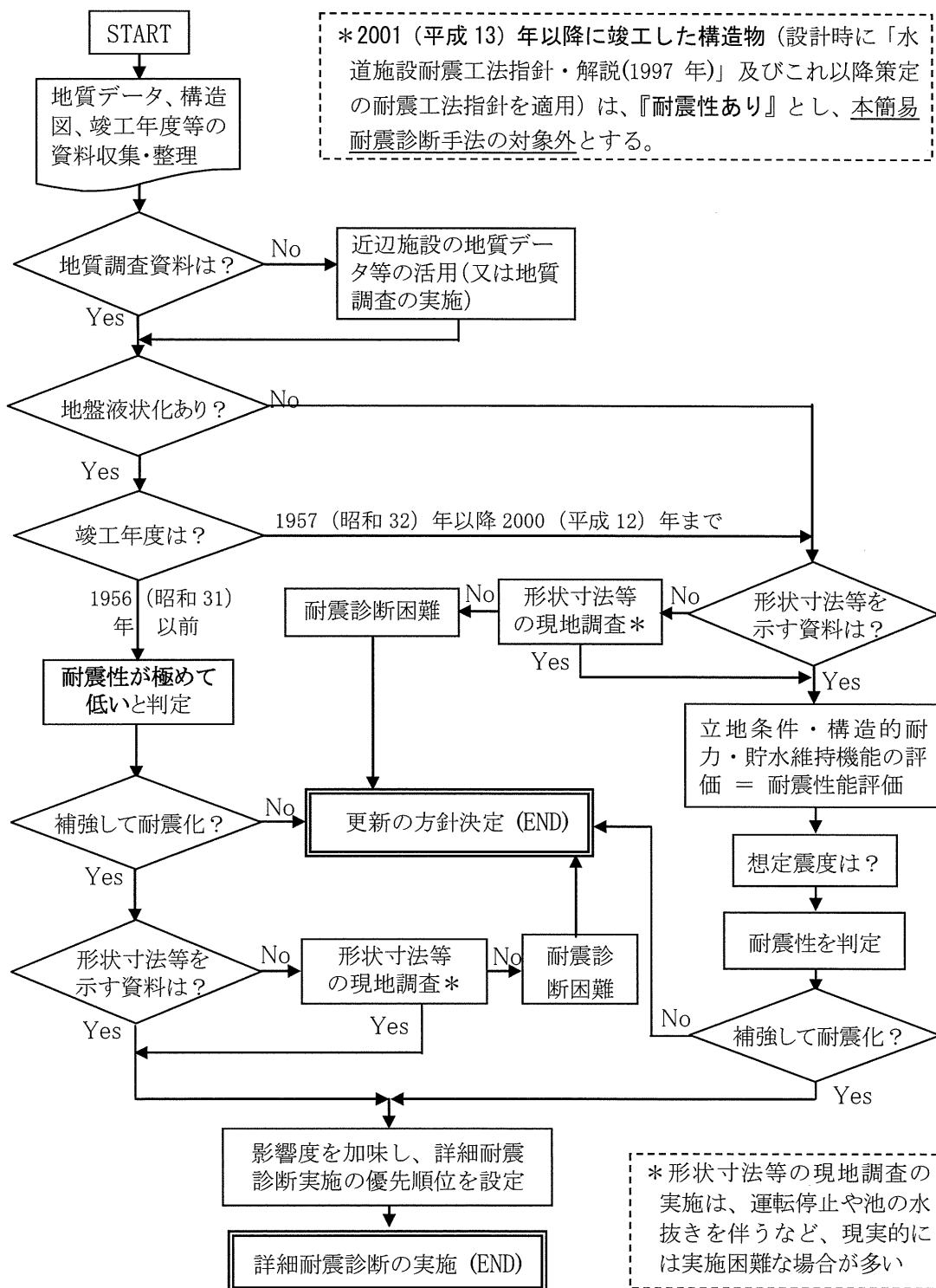


図 2.4 簡易耐震診断の実施手順 (再掲)

(3) 既往簡易耐震診断表の見直しによる新簡易耐震診断表の作成

既往の簡易耐震診断表を基に、その問題点を改善して新たな簡易耐震診断表を作成した。以下に、改善の経緯と新診断表作成検討の概要を示す。

(検討経過の詳細は【資料 4】既往簡易耐震診断用の問題点とその改善を参照のこと)

1) 既往簡易耐震診断表の問題点の把握

最新耐震工法指針適用又は詳細耐震診断実施済で耐震性があると考えられる浄水池・配水池

等の池状構造物の設置条件、構造詳細及び詳細耐震診断結果を収集し、これらの構造物に既往簡易耐震診断表を適用し、双方の診断結果を比較することによって既往簡易耐震診断表における問題点を把握した。

構造物のデータは、構造物の設計手法や地震動、地盤種別など、事業者の基本思想や地域的な特性が偏らないようにするため、関東圏及び関西圏の事業者から収集した。その結果、詳細耐震診断実施済みの土木構造物は、ほぼ浄水池・配水池等の有蓋構造物、及び沈澱池・ろ過池・着水井等の無蓋池状構造物で占められており、その他の取水堰・井戸・隧道などについては詳細耐震診断の実施例が少なく、これらについてのデータ収集は困難であった。

こうしたことから、検討の対象を有蓋及び無蓋の池状構造物とし、有蓋池状構造物として13事業者の66施設、無蓋池状構造物として12事業者の36施設のデータを使用した。

耐震性のある有蓋・無蓋池状構造物に既往簡易耐震診断表を適用するケーススタディを実施した結果、十分な耐震性を有する一部の配水池が、耐震性なしと判定された浄水池・配水池よりも低い耐震性の判定結果となる不合理性が見出され、特に構造的強度に係る項目についてこの傾向が強く、構造的強度の評価指標を改善することにより問題点の解決が図られると考えられた。

2) 既往簡易耐震診断表による評価指標（評価項目）の見直し

（この項における解説は、主に有蓋・無蓋池状構造物について記述する）

有蓋・無蓋池状構造物の簡易耐震診断における構造的強度評価手法の見直しを行うため、耐震構造物と非耐震構造物の構造的な特徴について整理し、それぞれの差異から構造的強度の評価指標を検討した。また、その他の評価項目については、基本的には既往簡易耐震診断表の項目をほぼそのまま踏襲したが、現在の土木技術水準に沿わない項目については適宜見直した。

以下に見直しの基本的考え方と評価項目変更の概要を示す。

- 既往簡易耐震診断表の「地盤」、「液状化」、「施工地盤」、「位置」は、「**地盤種別**」、「**液状化**」、「**施工地盤**」、「**施工位置**」として、一部の項目の名称の変更のみとし、各項目の区分（範疇）、重み係数（得点）は、既往簡易耐震診断表と変えずに同一とした。

また、これらは診断対象の既設構造物の耐震性に大きく影響を及ぼすものであるが、立地場所の条件などの外的な条件により定まるものであるため、「**立地条件等**」として区分して整理した。

- 既往簡易耐震診断表の「材質」、「方向別壁面積／池面積」、「総深」、「型式」、「上置土厚」、「建設年代」、「老朽度」は、以下に示す検討の結果、「**竣工年度**」、「**方向別壁面積／池面積**」、「**側壁厚／側壁高**」、「**部材の劣化度**」の4項目に絞った。また、これらはいずれも構造物の耐震強度を決定付けるものであるが、その構造物独自の特性（内的条件）によって定まるものであることから「**構造的強度**」として整理した。

- ・「竣工年度」は、旧「建設年代」と同様に設計時に適用した耐震工法指針を反映する指標であるが、耐震工法適用後の設計施工に要する年数（おおむね4年）を考慮した上で年度分けを行った。例えば、1997（平成9）年竣工の構造物は、4年前の1993（平成5）年時点の耐震工法指針が適用されているとするものである。

- ・「方向別壁面積／池面積」については、構造物は壁の量が多いほど地震動への耐久性があ

るという特性を反映した「壁の多さ」の指標であり、既往簡易耐震診断表においても有蓋構造物は0.05を判定基準として耐震性の高低の評価に採用されている項目である。耐震・非耐震構造物を対象としたケーススタディによって判定基準を検討したところ、小規模の池状構造物では池面積は小さくなるものの、壁の厚さ（面積）は施工上の制約からあまり薄く（小さく）することが困難なことから、方向別壁面積／池面積は大きくなる傾向にある。このことから、ケーススタディの結果分析に基づき、判定基準値は既往簡易他耐震診断表における一律の値0.05を変更し、池容量が1,000 m³未満の場合は0.07に、1,000 m³以上の場合は0.04にとした。これによって、池容量の規模別に適正な耐震性の評価が可能となった。

- ・「側壁厚／側壁高」は、側壁の高さが大きくなるにつれて側壁の所要厚さも増すことから新たに設けた評価項目で、壁厚さの適切さを評価するものであり、既往簡易耐震診断表における「総深」の評価に代わるものであるといえる。

耐震・非耐震の池状構造物の側壁厚と側壁高の比率を調査したところ、ほとんどの非耐震構造物では10%未満であったことから、10%を評価基準値とした（ただし、側壁の高さが10m以上の有蓋・無蓋池状構造物は適用対象外である）。

なお、この壁厚さは使用鉄筋量を考慮していない。したがって、鉄筋量の多いコンクリート壁は、評価基準値よりも薄くても耐震性が高い場合があることに注意を要する。

- ・「部材の劣化度」は、部材の強度すなわち構造的強度に影響する項目であり、劣化度の判定は、コンクリートのシュミットハンマーによる強度試験や中性化試験などの結果による方法などもあるが、簡略化のため「目視」又は「自主管理基準」によることとした。ここでいう自主管理基準は、構造物の経過年数、施工の良否、貯留水水質（残留塩素濃度）等々に基づく事業体独自に定める基準である。

なお、「目視による劣化の判定」を容易にするため、参考文献を基にチェック項目と劣化の度合を示す「劣化の判定表」を示した（表1.4 目視による劣化の判定表 参照）。

- ・「型式」、「上置土厚」の項目は構造物の強度を表す指標としての相関が非常に低く、構造強度に大きく影響しないことから除外した。また、「材質」の区分に示されている「レンガその他」は現存する有蓋・無蓋池状構造物では事例が少なく、鉄筋コンクリートがほとんどである。このことから材質による評価は不要のため、「材質」の項目も有蓋・無蓋池状構造物の簡易耐震診断表の評価項目から除外した。

- 既往簡易耐震診断表の「可撓管」、「伸縮目地」は、この名称のまま「可とう管」、「伸縮目地」として評価項目としたが、伸縮目地については、評価内容を変更した。

なお、構造物と場内配管とを接続する可とう管、及び構造物の伸縮目地は、構造物の水密性・貯水保持力という基本性能に大きく影響することから、「水密性（貯水保持力）」として整理した。

- ・「可とう管」の評価については、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管・継手を設置しているか否かにより、貯水機能維持のための耐震性能を判定する。可とう管・継手には種々の材質・構造のものがあるが、極力大きな変位を吸収でき、かつ継手部が抜け出さない構造であることが望ましい。

・「伸縮目地」は、施工上の制約や温度変化に対応するため、構造的に幾つかの部分に分割し、それらを連結する場合に用いられることがあるが、伸縮目地材の破壊に伴い貯水性能維持が困難になる場合がある。既往の簡易耐震診断表では“伸縮目地の良・不良”の判定であったが、目視では判定が困難であるため、“伸縮目地の有無”での評価に変更した。ただし、耐震用止水板や耐震用止水可とう継手などが施工されている伸縮目地の場合は「伸縮目地なし」として扱ってよいこととした。

- 浄水施設や重要度の高い配水池はレベル2地震動（一部の代替施設のある配水池などはレベル1地震動でもよい）を想定することとなっているので、その地域においてこれらの地震動に対応する地震（震度階）を選定する。この手引きにおいては、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原則としてレベル2地震動としている。（施設の重要度、地震動レベルなどについての詳細は、章末（2-22ページ）の【参考】水道施設の重要度及び備えるべき耐震性能と地震動レベルを参照願いたい。）

レベル1地震動：当該施設の設置地点において発生すると想定される地震動のうち、当該施設の供用期間中に発生する可能性の高いもの

レベル2地震動：当該施設の設置地点において発生すると想定される地震動のうち、最大規模を有するもので、通常、レベル2>レベル1である

また、レベル2地震動に対応する想定地震の震度は、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。なお、この震度階の設定に当たっては、近年の震度5弱の地震においては浄水施設の被害は見当たらないことから、これを除外した。

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、想定地震動の大きさ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を基に各地域で個別に設定すべきものであり、地域防災計画等において定められている場合には、これを参考に設定することもよい。

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、想定地震動の設定に当たって参考にすることができる。

- 「地盤種別」から「想定震度」までの全ての評価項目について該当する区分・点数を選んでそれぞれの評価点とすると、全ての評価点の積（掛け算の結果、総合得点という）により「耐震性」の判定が行われる。既往簡易耐震診断表では震度階ごとに総合得点を求めていたが、ここでは想定地震の震度に対応する総合得点のみ求める。
- 構造物の耐震性は、求められた総合得点が判定基準による「高い」、「中」「低い」の3段階区分のいずれに属するかを判定し、これを対象構造物の耐震性とする。

新簡易耐震診断表では評価内容及び評価項目数が既往のものとは異なることから、新たな耐震性判定基準が必要である。このため、詳細耐震診断結果等により耐震性の有無が明らかでない構造物のデータを用いたROC解析などの統計的手法等によって耐震性判定基準を検討

し、次のとおり策定した（検討の詳細は【資料4】**構造的強度評価方法の改善**を参照）。

耐震性高い：12>、耐震性中：12～24、耐震性低い：24<

3) 他の構造物との耐震性の比較などの工夫

● 他の構造物との耐震性の比較

有蓋・無蓋構造物の新簡易耐震診断表には、想定震度を含めると11の評価項目があるが、他の構造物では5～9項目である（後出の表2.5参照）。耐震性評価のための総合得点は全ての評価点の積であることから、項目数が異なると総合得点の値が大きく異なり、総合得点では異種構造物間の耐震性の比較が困難である。

こうしたことから、表の下部には、「評価平均値」として総合得点の“幾何平均値”を求め、更に、これを“10点満点換算値”として表し、異種構造物間の耐震性の比較を可能とした。なお、この数値が大きいほど耐震性が低い。

ここで、幾何平均値は「全てのデータを掛け合わせた値」 $^{1/(\text{データ数})}$ であり、データ数が異なってもほぼ同じ桁の計算結果が得られる。また、評価項目ごとの最大点数により求められる最大幾何平均値を10点満点とするときの点数を“10点満点換算値”とし、全ての構造物で耐震性を比較する際のベースを統一した。

$$\text{幾何平均値} = (\text{データ1} \times \text{データ2} \times \dots \times \text{データn})^{1/n}$$

$$10 \text{ 点満点換算値} = (\text{幾何平均値} / \text{評価項目ごとの最大点数による最大幾何平均値}) \times 10$$

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点として、他の構造物との耐震性改善度の比較を行い、優先順位の設定を行う。

● 耐震性能上の弱点の把握

新簡易耐震診断表では、「立地条件等」、「構造的強度」、「貯水保持力」の総合評価結果として「耐震性能」を求め、更に、「想定震度」をもとに最終的な評果としての「耐震性」を求める。

診断表中、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（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値、下段はこれの10点満点換算値を示す。下段の10点満点換算値は、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。全ての掛け合わせた値だけでは弱点を見出しにくいのが、例えば、他の中項目の平均値に比べて「構造的強度」の平均値が大きな値を示した場合には、この項目（構造的強度）が耐震性に劣ることが分かる。

以上の検討の結果、最も使用実績が多く、また今後も多くの使用が見込まれる「無蓋池状構造物（沈澱池・ろ過池等）」及び「有蓋池状構造物（浄水池・配水池等）」の簡易耐震診断表をひとつにまとめ、新たな簡易耐震診断表として作成した。表2.4はこれを用いた耐震性判定の一例である。

表 2.4 新簡易耐震診断表（有蓋・無蓋池状構造物）

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			
		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	(1.36) 8.03	
			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 (基本性能)	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				
	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

4) その他（有蓋・無蓋池状構造物以外）の構造物等の簡易耐震診断表

「有蓋・無蓋池状構造物」以外のその他の構造物等に対する簡易耐震診断表は、改善の検討に必要な詳細耐震診断の実施例が見当たらず、検討データが得られなかったことから、「有蓋・無蓋池状構造物」における検討結果を参考にし、「材質」、「建設時期」等の変更を中心に、工学的判断によって既往の診断表を改善し新たな簡易耐震診断表とした。ただし、実施例による詳細検討を行っていないので、「参考」の扱いとする。

下表 2.5 に簡易耐震診断表の改善点を示す。

表 2.5 その他の構造物の新簡易耐震診断表における主な改善点等

構造物名称	評価項目数	主な改善点・変更点
共通事項	—	・「震度階」（震度 5、6、7）を「想定震度」（SI-1(震度 5+、6-)、SI-2(震度 6+、7)に変更 ・「範疇」を「区分」に変更
浅井戸	7（変更なし）	・「老朽度」を「部材の劣化度」に変更
深井戸	5（変更なし）	・「老朽度」を「部材の劣化度」に変更
取水堰	5（変更なし）	・変更なし
取水塔、配水塔	5（変更なし）	・「老朽度」を「部材の劣化度」に変更 ・「材質」における「メタル」を「鋼」に変更
取水門	5（変更なし）	・「老朽度」を「部材の劣化度」に変更
導水隧道	4（変更なし）	・変更なし
開渠・暗渠	6（変更なし）	・「老朽度」を「部材の劣化度」に変更 ・「伸縮継手」を「伸縮目地」に変更し、併せて「良、不良」の区分を「なし、あり」に変更
PCタンク	8（変更なし）	・変更なし
高架水槽	8（変更なし）	・「老朽度」を「部材の劣化度」に変更 ・「材質」における「レンガ・その他」を削除
場内配管	—	（新規作成）

注) 評価項目数には、想定震度は共通項目であるので含まれていない。

なお、「場内配管」の簡易耐震診断表は未作成であったが、「平成 18 年度 管路の耐震化に関する検討会」（厚生労働省）の資料に基づいて新たに作成した。この「場内配管」の診断表は、耐震性の判定手法が鉄筋コンクリート構造物の診断表とは異なっており、使用管種のうち最も耐震性の劣る管種の評価点をその配管（系統）の評価点として、耐震性を判定する。

これら「有蓋・無蓋池状構造物」以外の構造物等の新簡易耐震診断表は、【資料 5】新簡易耐震診断表に「参考」として掲載する。（【資料 5】には「場内配管」の診断事例も紹介する。）

また、これら全ての新簡易耐震診断表は、Microsoft Excel によって作成したもので、各診断表の該当する区分を選んでその点数を評価点の欄に入力すると、「耐震性」の判定点、平均値（幾何平均値）、耐震評価点（平均値、10 点満点換算値）の全てが自動計算される。

簡易耐震診断の実施に活用していただくため、これらを格納した CD-ROM を本「手引き」の巻末に添付する。

2.5 詳細耐震診断実施の優先順位

一般に、詳細耐震診断は個別の既設建造物の耐震性の改善を目的として実施するものであり、耐震補強の可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。「水道施設耐震工法指針・解説（1997年版）」及びこれ以降の指針に準拠して設計・施工された建造物は耐震性があるものとするが、それ以外についての耐震化を実施するためには、それぞれの建造物を対象とした詳細耐震診断は必須のものであり、特に耐震補強を必要とする部材・位置の特定及び補強方法の検討には、構造解析の実施が必要であり、これには費用と時間を要する。

こうしたことから、詳細耐震診断・耐震化の優先順位を合理的に設定し、耐震化の効果を上げることが重要である。

2.5.1 優先順位設定の考え方

詳細耐震診断実施に当たっての優先順位は、単に簡易耐震診断による耐震性の高低だけではなく、図-2.5に示すように、「耐震性」と「影響範囲（対象建造物が地震被害を受けたときの給水等に与える影響の範囲と大きさ、及びその他考慮すべき事項）」によって「耐震性改善必要度」を求め、これの大きなものほど順位を高く設定する。

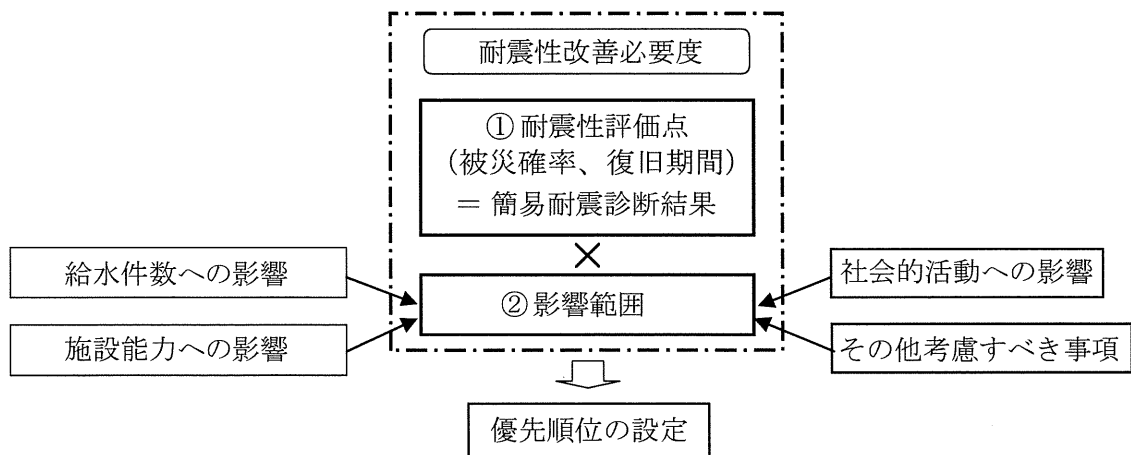


図-2.5 優先順位設定の考え方

(1) 耐震性の高低と被災確率・被害の程度の関係

簡易耐震診断表による診断においては、耐震性を「高い」、「中」、「低い」に区分して判定するものであるが、優先順位の設定においては、耐震性の高低と被災確率・被害程度とは、以下の関係が成立しているものとする。

簡易耐震診断表による診断の結果「耐震性が低い（数値が大きい）」ほど、「被災する確率は高く」かつ「被害の程度も大きく、復旧に時間を要する」

なお、詳細耐震診断では、弱点である部材に発生する応力と許容値の比較によって被災確率・被害の程度が推定できることが多いが、簡易耐震診断では、手法の性質上こうした推定が困難なことから、上述のように想定するものである。可とう管などのように、この想定になじまない場合もあると考えられるが、簡便化を図るため、この方法を採用する。

(2) 被災時の給水等に与える影響（「影響範囲」）

建造物の被害に伴う給水への影響の範囲と大きさ等を「影響範囲（影響度）」として考慮し、

詳細耐震診断の優先順位を決定する要素とする。

影響範囲は、水道施設の現況機能を評価し、機能改善の必要性を診断するため、平成20～22年度厚生労働科学研究費補助金による研究で策定した「水道施設機能診断マニュアル（平成23年3月、水道技術研究センター）」において機能改善必要度算定時に用いる「影響範囲」を参考に、被災時における「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を評価し、さらに「その他考慮すべき事項」も勘案して（図2.5参照）、次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、上式の定義から、次の4項目の評点の幾何平均値^{注)}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

なお、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とともに、悪影響を「生じるおそれ」を考慮する。また、影響範囲は、診断対象構造物が地震被害を受けて機能停止したときの影響度合を算出するものであり、バックアップ給水（他の機場や配水系統などからの応援給水）による影響度合の低減効果等については考慮しない。（バックアップ給水については、必要に応じて耐震性改善必要度を調整する。次項参照）

影響範囲は、表2.6に示すように影響範囲算出表によって算出する。この表2.6は算出事例を示したものであるが、評価項目ごとに該当する影響の度合等を判定すると、それに応じた影響範囲の点数が求められる。

注) 幾何平均値は、上の式のように n 個の値をすべて掛け合わせ、その結果の n 分の1乗の値である。Microsoft Excelによる自動計算表を添付のCD-ROMに格納してあるので、この表に該当する判定点を入力すると幾何平均値が自動計算され、影響範囲が容易に求められる。

(3) 耐震性改善必要度の算定

既に簡易耐震診断表によって求められた耐震性評価点（10点満点換算値）と、前項で求めた影響範囲により、次のとおり耐震性改善必要度が算出される。

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

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 2.6 影響範囲算出表（算出例）

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	3.13
	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。

2.5.2 優先順位の設定

耐震性改善必要度の大きさによって優先順位を設定する。必要度の数値の大きいほど優先順位は高くなる。

表 2.7 に、耐震性改善必要度の算出と優先順位の設定の例を示す。ただし、この例はバックアップ給水を考慮したものではない。バックアップ給水を考慮した耐震性改善必要度の算出と優先順位の設定については、【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。

表 2.7 耐震性改善必要度の算出と優先順位の設定例

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	

【参考】水道施設の重要度及び備えるべき耐震性能と地震動レベル

平成20年3月に「水道施設の技術的基準を定める省令」が一部改正され、同年10月1日に施行された。さらに、平成21年7月には「水道施設耐震工法指針・解説」が改定されて2009年版として刊行された。これらには、地震被害が水道施設としての本来の機能に与える影響及び地震被害が水道施設以外に与える二次的影響等を考慮して、地震動をレベル1及びレベル2の2段階に区分し、この地震動に対して「施設の重要度」を勘案して「備えるべき耐震性能」が規定されている。特に「水道施設耐震工法指針・解説」では、2.3.2耐震設計の原則（I総論p.28）において、水道施設の重要度を3ランクに区分し、備えるべき耐震性能も3段階としている。

これらの要件は、「耐震設計」の原則ではあるが、本耐震性評価においても活用すべきものであり、これらに沿って想定地震動などを設定する。

以下に「地震動」、「施設の重要度」及び「備えるべき耐震性能」について概説するが、詳細は「水道施設耐震工法指針・解説」（2009年版）を参照願いたい。

① 地震動

レベル1地震動：当該施設の設置地点において発生すると想定される地震動のうち、当該施設の供用期間中に発生する可能性の高いもの

レベル2地震動：当該施設の設置地点において発生すると想定される地震動のうち、最大規模を有するもの

② 水道施設の重要度

ランク A1：下記の重要な水道施設のうち、ランク A2 の施設以外のもの

ランク A2：下記の重要な水道施設のうち、以下のいずれにも該当するもの

- 1) 代替施設がある（他の系統・施設からバックアップが可能な）水道施設
- 2) 破損した場合に重大な二次被害を生ずるおそれが高い水道施設

ランク B：ランク A1、ランク A2 以外の水道施設

重要な水道施設

- (1) 取水施設、貯水施設、導水施設、浄水施設及び送水施設
- (2) 配水施設のうち、破損した場合に重大な二次被害を生ずるおそれが高いもの
- (3) 配水施設のうち、(2)の施設以外であって、次に掲げるもの
 - (i) 配水本管
 - (ii) 配水本管に接続するポンプ場
 - (iii) 配水本管に接続する配水池等
 - (iv) 配水本管を有しない水道における最大容量を有する配水池等

注) 1 浄水施設は排水処理設備を含む（ただし、浄水機能に重大な影響を与えるもの）

2 配水本管とは、配水管のうち給水管の分岐のないものをいう

③ 耐震性能

耐震性能1：地震によって健全な機能を損なわない性能（水密性を確保し、地震発生直後においても機能回復のための修復を必要としない）

耐震性能 2：地震によって生じる損傷が軽微であって、地震後に必要とする修復が軽微なものにとどまり、機能に影響を及ぼさない性能（ひび割れの修復等、原状回復のために軽微な修復を必要とする）

耐震性能 3：地震によって生じる損傷が軽微であって、地震後に修復を必要とするが、機能に重大な影響を及ぼさない性能（構造的な損傷が一部にあり機能回復のために断面修復等を必要とする）

④ 施設重要度別の保持すべき耐震性能

レベル 1 地震動及びレベル 2 地震動に対して、重要度の区分別に保持すべき耐震性能を下表に示す。

表 資 8-1 施設重要度別の保持すべき耐震性能

地震動	重要度	耐震性能 1	耐震性能 2	耐震性能 3
レベル 1	ランク A1	○	—	—
	ランク A2	○	—	—
	ランク B	—	○	△
レベル 2	ランク A1	—	○	—
	ランク A2	—	—	○
	ランク B	—	—	※

注) △ ランク B の水道施設のうち、構造的な損傷が一部あるが、断面修復等によって機能回復を図ることができる施設に適用する

※ ここでは保持すべき耐震性能は規定しないが、厚生労働省令では「断水やその他の給水への影響ができるだけ少なくなるとともに、速やかな復旧ができるよう配慮されていること」と規定している

管路（水管橋を含む）については、漏水発生の有無で耐震性能が規定されるため、保持すべき性能は耐震性能 2 までとする（耐震性能 3 は該当しない）。

資 料 編

▶ **資料編**には、簡易耐震診断の実施に役立つ資料や、耐震化実施に有用な資料が収められています。必要に応じて参考にお読みください。

【資料1】用語の解説

【資料2】水道施設耐震診断実施の現況と課題

【資料3】近年の地震による浄水施設被害の実態

【資料4】構造的強度評価方法の改善

【資料5】簡易耐震診断表

【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

【資料7】地盤液状化判定方法

【資料8】耐震性改善工法

8.1 地盤液状化対策工法

8.2 耐震補強工法

▶ 巻末には「よくある質問 (FAQ)」も用意しましたので、疑問があるときには、ご一読ください。

▶ また、添付した付録の CD-ROM には、Microsoft Excel で作成した各種構造物の簡易耐震診断表が入っています。耐震性評価点などの自動計算ができますので、ご活用ください。

【資料 1】用語の解説

- (1) 水道システム： 水源から蛇口に至るまで複数の施設が体系的に構成され、相互に影響しながら、水道を供給するために全体として機能するまとまりや仕組みのことをいう。
- (2) 水道施設： 水道のための取水施設、導水施設、浄水施設、送水施設及び配水施設をいう。水道施設を対象として記述する本マニュアルにおいては、水道施設は単に「施設」ともいう。
なお、規模の大きな設備を施設と称することがあり（例えば排水処理施設など）、また土木・建築構造物などを施設ということがあるが、本マニュアルでは、これらは、それぞれ、設備、構造物という。
- (3) 基幹水道施設： 水道施設のうち、水道の機能を発揮する上で根幹的な役割を果たす取水施設、導水施設、浄水施設、送水施設、及び配水施設（ただし、配水支管を除く）をいう。
- (4) 経年劣化： 年月が経つことにより、品質や性能・機能が低下することをいう。
- (5) 更新： 老朽化した構造物等の再建設又は取り替えを行うことをいう。
- (6) 耐震補強： 既存の構造物等を活かしつつ、構造物の耐震性を高めるために、主要な構造体（柱、梁、壁、天井など）の強化のことをいう。強化方法としては、耐力壁の量の増加、柱と梁、壁と底盤の接合部分の強化などの方法がある。
- (7) 地震動： 地震によって発生する揺れをいう。地震の揺れを振動として捉えた概念であり、波動、地震波などとも呼ぶ。一般的には地震動自体も「地震」と呼ぶことが多い。
- (8) 地震動レベル： 地震動レベル 1（L1 ともいう）は、対象となる構造物の供用期間中に発生する可能性の高いレベルの地震動をいい、地震動レベル 2（L2 ともいう）は、当該施設の設置地点において発生すると想定される地震動のうち、最大規模を有するレベルの地震動をいう。通常、地震動レベル 2 > 地震動レベル 1 である。
- (9) 施設の重要度： 水道施設の耐震化を計画するに当たって、重要度の高い施設をランク A、その他の施設をランク B とし、ランク A の施設は、水道事業体の供給システムの実態を踏まえ、重大な二次災害を起こす可能性のある施設や復旧困難な基幹施設などを総合的に判断して、それぞれの事業体が責任を持って決定する。水道施設の保持すべき耐震性能は、想定する地震動レベル（L1、L2）と重要度に応じて規定される。
- (10) 震度階級： 観測点における揺れの強さの程度を数値化したもので、日本では、気象庁震度階として震度 0～4、5 弱、5 強、6 弱、6 強、7 の 10 段階で表す。
- (11) 沖積層、洪積層 ちゅうせき こうせき [水道用語辞典 第二版（日本水道協会、平成 15 年）などを参照・編集]
沖積層： 更新世（洪積世）の最後の氷河が退去してから現在に至る最も新しい地質時代に、河川等により運ばれた礫、砂、腐植土、泥土、砂粒土、貝化石などが堆積して形成された地層をいう。河岸、海岸段丘、おぼれ谷、海底、沖積平野、盆地など低地に堆積し、河床、氾濫原、低湿地、自然堤防、扇状地、三角州などの地形を作る。未固結であり、地層の強度としては非常に軟弱である。地震動にも弱く、水分を多く含む層であるため、沖積層が発達しているところでは、液状化現象も起こりやすい。沖積層の特徴は、「新しい地層で、柔らかく、水はけが悪いこと」である。
地質柱状図では、沖積層に属する地質はそれぞれ A の頭文字を用いて表示する場合があります（例えば沖積砂層は As）。
- 洪積層： 新生代第 4 紀前半、約 200 万年前から約 1 万年前までの更新世（洪積世）に推積

【資料1】用語の解説

した地層であり、丘陵地、台地、段丘地を構成していることが多い。氷河時代として知られている更新世は、日本では火山活動が活発であったため、洪積層は火山噴火による影響を受けて多少なりとも火山灰質であり、関東ローム層や南九州シラス層などはその代表的なものである。洪積層は、固結度は弱いが沖積層よりも地耐力は大きく、砂礫層の N 値は 50 以上のことが多い。また地下水を比較的良好に通すため、地下水はこの層から汲み上げられることが多い。洪積層の特徴は、「古い地層で、固く、水はけが良い」ことである。

地質柱状図では、洪積層に属する地質はDの頭文字を用いて表す場合がある（例えば洪積砂層はDs）。

- (12) 地盤変状： 地震動により生じる地盤の液状化、側方流動、地盤沈下などの永久的変位をいう。
- (13) 地盤の液状化： 地下水位の高い砂地盤などが地震の振動により液体状になる現象をいい、噴砂、噴水、地盤の沈下・側方流動、埋設管の浮き上がりなどが生じる。
- (14) 側方流動： 地震で地盤が液状化した際に、地盤が水平方向に移動する現象をいい、水道管などの地下埋設物の破損や、基礎杭の破壊による建物の傾斜・倒壊などの重大な被害が発生する場合がある。
- (15) 地盤沈下： 地層から地下水が過剰に排水・揚水され、地層が収縮して起こる現象をいい、地下水の過剰揚水や地盤液状化などによって生じることがある。
- (16) 重み係数： 複数の項目について、それぞれの項目の重要度や役割をもとにどの項目がどの程度重要かを統計的な方法により求めた係数であり、「ウェイト」ともいう。
- (17) 度分析： 分析したい結果をいくつかの項目に分解し、それぞれの項目に与える数値が変わると結果にどの程度の影響を与えるかを調べる手法をいう。
- (18) 無蓋構造物・有蓋構造物： 無蓋構造物は、池状構造物のうち上部を覆う蓋・床版等がない構造物（沈砂池、沈殿池、ろ過池など）をいう。一方、有蓋構造物は、池状構造物のうち上部を覆う蓋・床版等のある構造物（浄水池、配水池など）をいう。
- (19) 伸縮目地： コンクリート構造物において、温度伸縮や外荷重による変形の差異に基づく過度のひびわれを防止するため、一定区画ごとに設けられる変形を吸収する目地をいう。
- (20) 伸縮可とう管： 地震や埋設環境などの影響により管路に作用する「伸縮・屈曲・偏芯・ねじれ」等の諸応力を吸収し、管路の安全・安定を確保するために使用する管をいう。
- (21) パンチング破壊： 杭で支持されている底盤がそこに作用する鉛直荷重に耐えうる強度を確保できず、杭の頭部が底盤を破壊してしまう現象をいう。
- (22) バックアップ給水： 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者などからの管路による応援給水をいう。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。