

【資料2】 水道施設耐震診断実施の現況と課題

水道技術研究センターでは、厚生労働科学研究費補助金を受けた2011（平成23）年度から2013（平成25）年度までの研究において、水道事業体における水道施設の耐震診断実施状況や耐震化に当たっての課題を把握・整理するため、2011（平成23）年度に水道事業体（用水供給事業体を含む。）を対象とするアンケート調査を実施した。

調査対象の事業体は、厚生労働省認可事業体及び当センター会員事業体（福島県、宮城県、岩手県を除く）の合計535事業体とした。このうち282事業体から回答が寄せられ、回答率は53%であった。以下は、調査結果の概要である。

2.1 耐震診断の実施状況

(1) 詳細耐震診断

1) 施設別実施状況

各施設（取水、導水、浄水、送・配水）の詳細耐震診断の実施状況を図R2.1に示す。浄水、送・配水施設は50～60%程度実施しているが、取水・導水施設については、著しく低い実施率となっている。

なお、各施設とも、施設中の1つの構造物でも実施していれば、診断を実施しているものとしてデータ整理している。

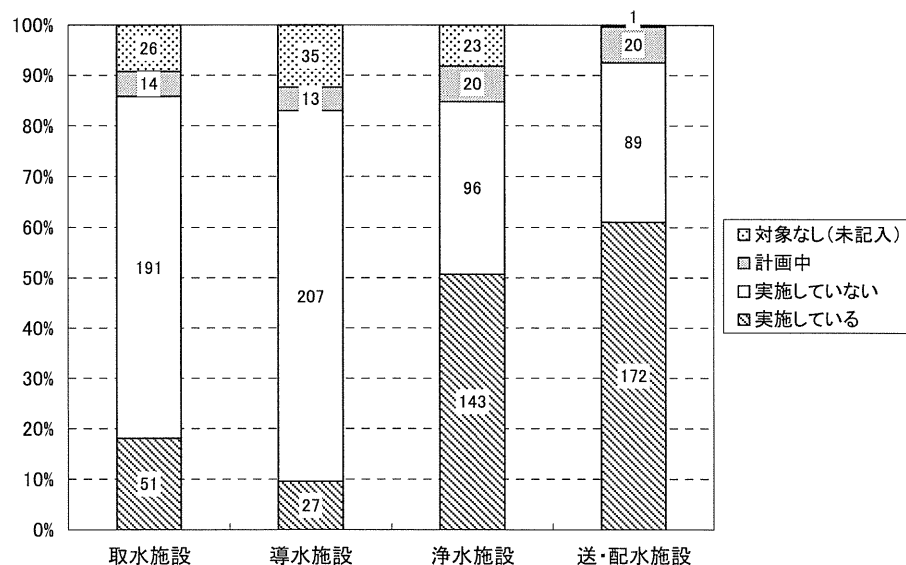


図 R2.1 各施設の詳細耐震診断実施状況

2) 事業体規模別実施状況

事業体規模別の実施状況を、施設ごとに示すと、図R2.2から図R2.5のとおりである。

なお、事業体の規模は、地方公営企業年鑑における給水人口規模区分に準じた。

事業体の規模別に実施状況を見ると、規模が小さい事業体ほど、詳細耐震診断を実施している割合が少なく、特に取水・導水施設の詳細耐震診断は規模が小さい事業体では実施割合が極めて少ない。

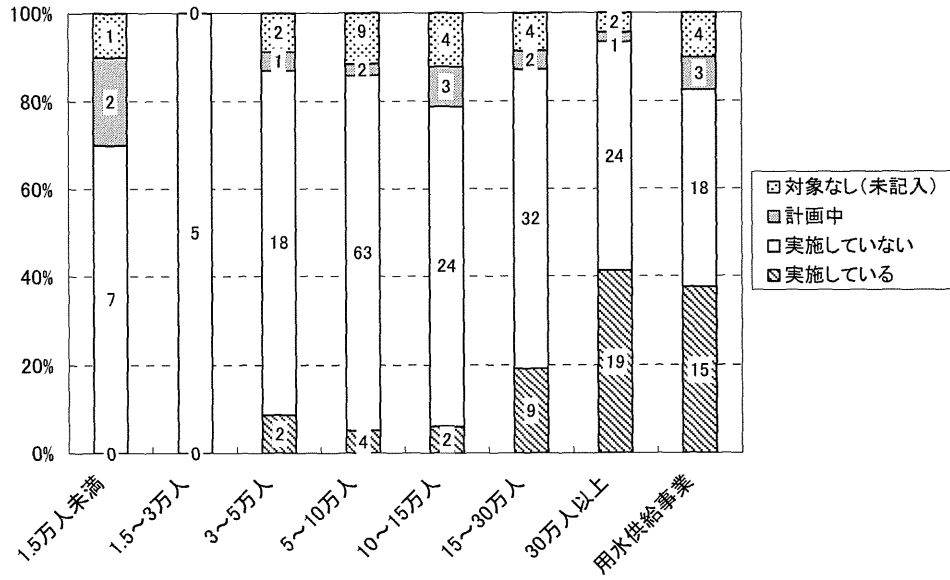


図 R2.2 事業体規模別実施状況（取水施設）

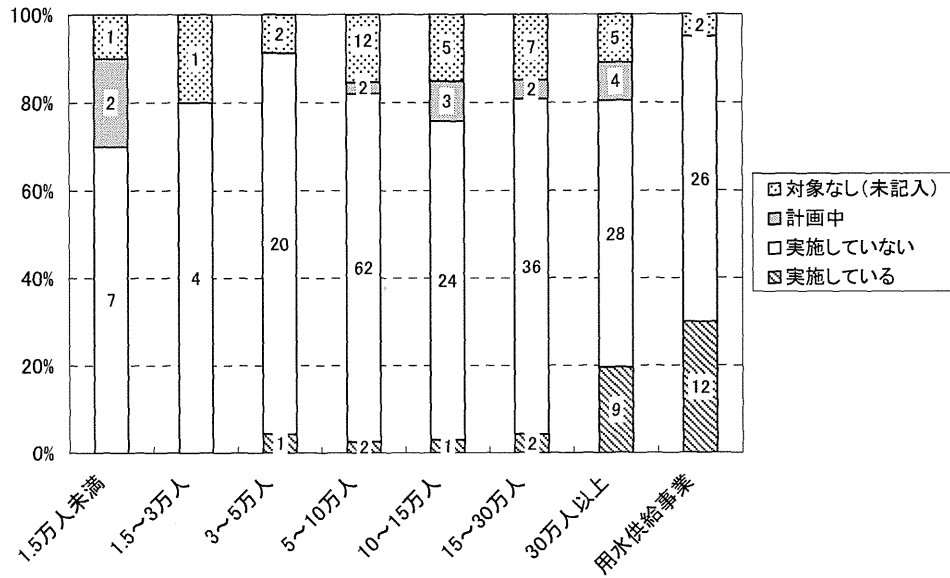


図 R2.3 事業体規模別実施状況（導水施設）

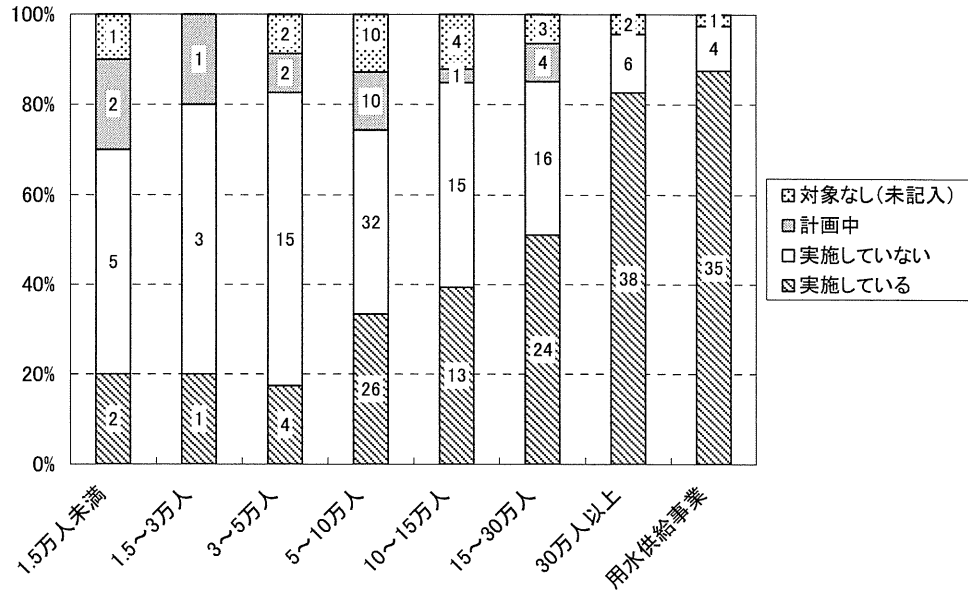


図 R2.4 事業体規模別実施状況（浄水施設）

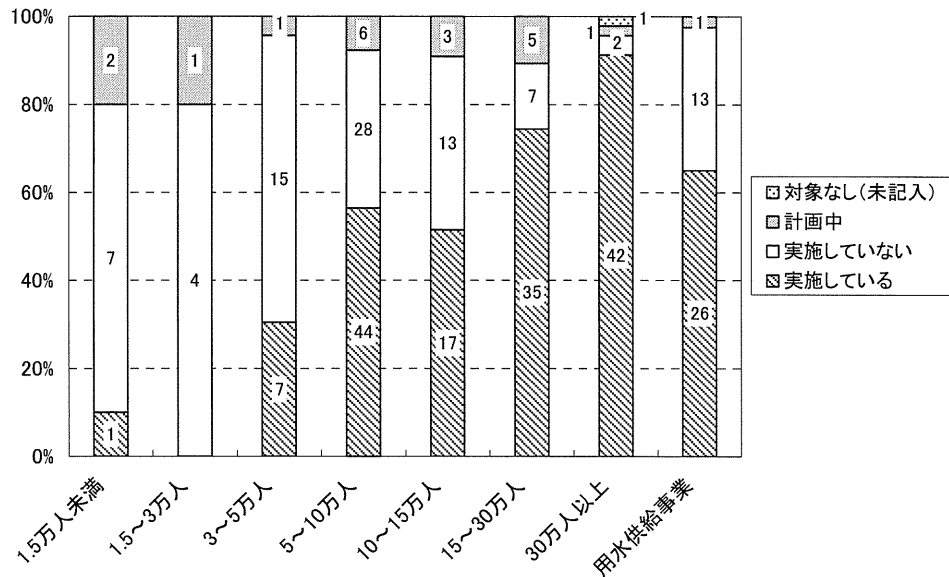


図 R2.5 事業体規模別実施状況（送・配水施設）

(2) 簡易耐震診断

1) 実施状況の概要

簡易耐震診断を実施している事業体は、282 の調査対象事業体（内未回答 1）のうち 109 事業体となっていて、実施率は 39%である。

また、簡易耐震診断は実施していないが、詳細耐震診断は実施している事業体は 113(40%)、簡易耐震診断、詳細耐震診断のどちらも実施していない事業体は 59 (21%) である。（簡易耐震診断と詳細耐震診断を組合せの実施については、後述する。）

事業体規模別の実施状況は図 R2.6 のとおりであり、規模の小さい事業体ほど、簡易耐震診

断を実施していない状況を示している。ただし、施設数が少ない小規模の事業者では、簡易耐震診断の必要性が低いとして実施していない可能性がある。

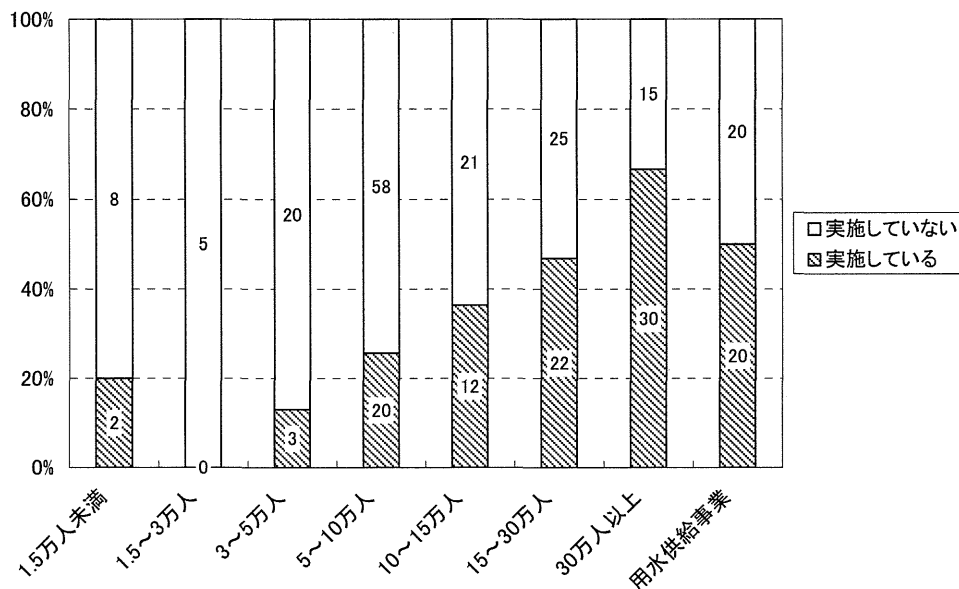


図 R2. 6 事業者規模別の簡易耐震診断実施状況

2) 適用している簡易耐震診断手法

簡易耐震診断を実施している 109 事業者のうち、簡易耐震診断表による簡易耐震診断を実施しているのは 72 事業者で、66%となっている。その他の簡易耐震診断手法として回答のあったのは、以下のとおりである。

- ・ 代表施設の詳細耐震診断と感度分析
- ・ 建設年代による評価
- ・ 重要度、劣化度、耐震性などを点数化し、評点の積で評価（更新指針を参考）

3) 簡易耐震診断の実施目的

回答事業者から寄せられた実施目的（今後利用したい事項を含む）は以下のとおりである。

- ・ 詳細耐震診断の対象施設の選定
- ・ 耐震診断の必要性の判断
- ・ 施設の点検・評価・診断に利用し、更新計画に反映
- ・ 詳細耐震診断が必要か否かの判断
- ・ 東北地方太平洋沖地震の被災状況を考慮した簡易耐震診断表による既存施設の再診断

(3) 詳細耐震診断と簡易耐震診断の組合せ実施状況

図 R2. 7 に詳細耐震診断と簡易耐震診断の組合せ実施状況を事業者規模別に示す。

大規模事業者及び用水供給事業者の半数以上が詳細耐震診断・簡易耐震診断の双方を合わせて実施しているなど、規模が大きくなると事業者ほど詳細耐震診断と簡易耐震診断の両方を実施している傾向がある。しかし、中小規模の事業者では簡易耐震診断を実施しないで詳細耐震診断を実施する傾向にあり、詳細耐震診断・簡易耐震診断ともに実施していないという実態

が顕著に現れる。

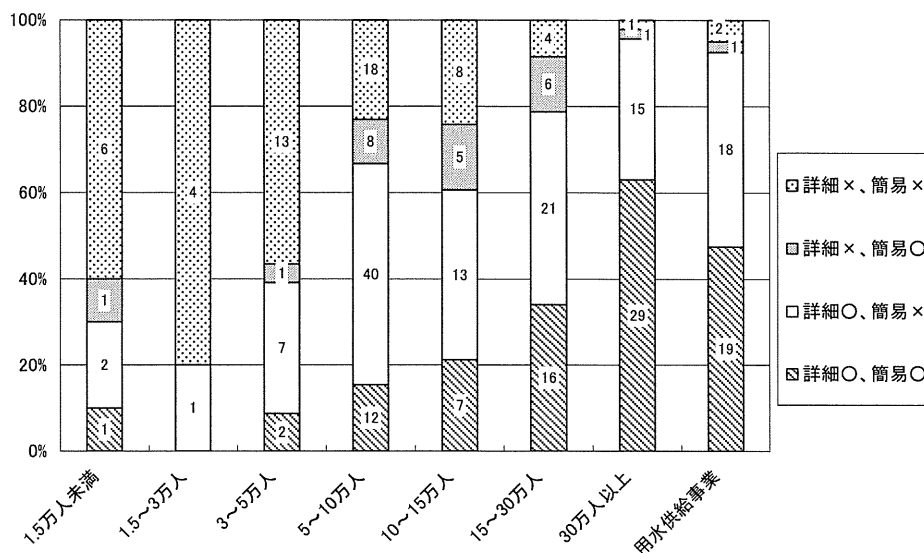


図 R2.7 詳細耐震診断と簡易耐震診断の組合せ実施状況

2.2 簡易耐震診断表の課題及び耐震化促進上の課題

(1) 簡易耐震診断表の課題

水道事業体から寄せられた簡易耐震診断表を利用するに当たっての課題は以下のとおりである。いずれも簡易耐震手法を改定するに当たっての極めて有用な視点が多いと考えられ、改定検討の際に考慮すべき事項である。

- ・ 基本的に、既存資料（情報）に基づくものであり、部分的に必要な情報が入手できなかった場合、利用しにくい。
- ・ 簡易耐震診断では「耐震性高い」となったが、詳細耐震診断を行った場合は「耐震補強が必要」の結果となるなど、診断結果に差の生じる場合がある。
- ・ 詳細耐震診断より厳しい評価となることがある。
- ・ 簡易耐震診断表の精度簡易耐震診断の精度を向上することが必要と思う。詳細耐震診断に変わるようなものになれば理想的。
- ・ 地盤の悪い箇所は杭基礎で施工している場合もあるが、地盤の重み係数に反映できない。
- ・ 老朽度の重み係数が大きいので、現状で老朽度<中>で耐震性が高いと判定されても、仮に2~3年後に<大>になったときに、耐震性が低いと判定されることも考えられるので、重み係数の細分化等ができないものか。
- ・ 簡易耐震診断表は震度階（震度5、6、7）における評価であるが、地震動レベル（レベル1、2）に対する評価への適用が不明確であると思われる。
- ・ もう少し詳細な種別設定があっても良いと思う。
- ・ 老朽度の判断基準が無いため、どの基準を使うかによって大きく評価が異なる。（その他の項目も基準が明確の方が良い。）
- ・ 診断シートが浄水施設内の主要な設備の全てに対応していない（類似のシートを利用す

る場合、設問内容が合わないケースがある。)

(2) 耐震化促進上の課題

水道事業者から寄せられた耐震化促進上の課題（複数回答可として調査した）は、下表 R2.1 のとおりであり、経済的課題を挙げる事業者が 249（88%）に上り、次いで人材的課題、技術的課題の順となった。

表 R2.1 事業者における耐震化促進上の課題

課題	回答数	率 (%)	課題の主な内容
経済的課題	249	88	耐震化を要する施設が多くあり、多額の費用確保が必要
人材的課題	102	36	専門技術を有する職員の確保と技術継承の実施が必要
技術的課題	75	27	既存資料の整備が必要。低コストかつ効率的な耐震技術の開発・確立が必要
その他課題	15	5	耐震工事中の代替施設の確保が必要。(水運用が困難)

注) その他の課題は、すべて「水運用に関するもの」であった。(例えば、耐震工事期間中の代替施設の確保が困難、構成市供給の運用調整など)

寄せられた課題を事業者規模別に整理すると表 R2.2 に示すとおりで、事業者規模にかかわらず、経済的課題が大きな比率を占めてもっとも大きな課題となっている。

また、人材的課題及び技術的課題については、事業者の規模によって数値のバラツキがあるが傾向としては大きな違いが見られない。

表 R2.2 事業者規模別の耐震化促進上の課題

課題 給水人口	経済的課題		人材的課題		技術的課題		その他の課題	
	回答数	率 (%)	回答数	率 (%)	回答数	率 (%)	回答数	率 (%)
1.5万人未満	9	90.0	2	20.0	3	30.0	1	10.0
1.5～3万人	5	100.0	3	60.0	0	0.0	0	0.0
3～5万人	21	91.3	6	26.1	4	17.4	1	4.3
5～10万人	72	92.3	31	39.7	19	24.4	8	10.3
10～15万人	28	84.8	12	36.4	5	15.2	3	9.1
15～30万人	43	91.5	22	46.8	19	40.4	2	4.3
30万人以上	38	84.4	13	28.9	15	33.3	3	6.7
用水供給事業	33	82.5	13	32.5	10	25.0	3	7.5

以上の耐震化促進上の課題に対して、水道事業者から、既の実施している事項と外部機関等への要望事項が挙げられた。

1) 具体的に実施している事項

- ・水道料金の値上げ予定
- ・人材確保のため、安易な人事異動は行わないように担当部署に依頼

- ・アセットマネジメントを実施しつつ、優先順位をつけた耐震化や更新の実施

2) 要望事項

- ・国庫補助採択条件の拡大と補助金の増額
- ・資本単価採択基準見直しによる国費・県費補助の自治体支援
- ・水道施設耐震化事業における国庫補助率（3分の1）の引上げ
- ・施設の重要度や耐用年数に応じた耐震診断方法の確立

【資料 3】 近年の地震による浄水施設被害の実態

兵庫県南部地震以降に発生した近年の大地震による浄水施設被害の実態を以下に要約する。

1. 兵庫県南部地震〔1995（平成 7）年〕から岩手・宮城内陸地震〔2008（平成 20）年〕までの主な地震による被害

(1) 兵庫県南部地震〔1995（平成 7）年 1 月 17 日〕 [参考文献 1、2、3 による]

- －池状コンクリート構造物の伸縮目地の拡大やクラックの発生による漏水や沈澱池傾斜板（管）の脱落が顕著であり、特に液状化や地盤の側方流動による杭基礎の沈下による構造物の変形が経年化したものに目立つ。（参考文献 1）
- －周辺の岩盤崩落により取水施設が埋没し、機能停止した。（同）
- －躯体の被害は、推定最大水平加速度が 500gal 以上の箇所が発生しているが、良好な地盤で地盤沈下等が認められなかった箇所では顕著でない。（参考文献 2）
- －地盤沈下等が認められた箇所でも、1980（昭和 55）年以降の建設施設に被害は少ない。（同）
- －躯体の被害は比較的大きい施設に多く、目地の開き・クラックなどが発生している。（同）
- －水中の機器に関する被害は、傾斜管・スラッジ掻寄機の脱落が多く、また躯体に被害が生じた場合に顕著である。（同）
- －液状化を生じると、施設のほとんどが被害を受けている。（液状化なしの部分でも被害は生じているが、被害率でいうと顕著である。）（参考文献 3）
- －埋立地・盛土における被害が比較的多い。ただし、施工地盤については、基礎構造との因果関係が深く、現在の基準では杭基礎とする箇所でも、建設当時の構造基準では直接基礎として設計されていることがあるため、施工地盤のみに要因があるわけではない。（同）

表 R3.1 浄水施設被害に及ぼす地盤液状化・施工地盤の影響（兵庫県南部地震）

項目	範 疇	被害があった箇所		被害がなかった箇所		全体数	
		被害あり	比率	被害なし	比率	全体	比率
地 盤	I 種	7	26.9% (7/26)	19	73.1% (19/26)	26	29.9% (26/87)
	II 種	13	24.5% (13/53)	40	75.5% (40/53)	53	60.9% (53/87)
	III 種	6	75.0% (6/8)	2	25.0% (2/8)	8	9.2% (8/87)
液状化	なし	22	26.8% (22/82)	60	73.2% (60/82)	82	94.3% (82/87)
	あり	4	80.0% (4/5)	1	20.0% (1/5)	5	5.7% (5/87)
施工地盤	地山・切土	16	28.1% (16/57)	41	71.9% (41/57)	57	65.5% (57/87)
	傾斜地	3	18.8% (3/16)	13	81.3% (13/16)	16	18.4% (16/87)
	山頂	0	0.0% (0/1)	1	100.0% (1/1)	1	1.1% (1/87)
	埋立地・盛土	7	53.8% (7/13)	6	46.2% (6/13)	13	14.9% (13/87)
基礎	杭あり	11	42.3% (11/26)	15	57.7% (15/26)	26	29.9% (26/87)

(2) 新潟県中越地震〔2004〔平成 16〕年 10 月 23 日〕 [参考文献 2、4、5 による]

- －大規模施設の被害は、伸縮目地の破損やクラックからの漏水など比較的軽微なものが多く、通水が停止するような大被害はない。ただし、地盤沈下による場内各種埋設配管の漏水、躯体伸縮継ぎ手部、附帯構造物、設備廻りの配管に被害が発生している。地盤沈下は、最大で 50cm 以上生じている他、墳砂跡も散見され、液状化の影響も受けたと想定される。
- －小規模施設では、周辺地盤の崩壊や滑動により構造物が移動や沈下して、機能停止する被害が生じている。

(3) 能登半島地震〔2007（平成 19）年 3 月 25 日〕 [参考文献 2、6 による]

ー構造物の主な施設としては、2基の配水施設のステンレスパネルタンクの損傷が挙げられる。過去の地震では、斜面崩壊の影響により機能停止する配水池の被害事例はあったが、地震動により配水池本体が損傷し、機能停止した配水池の被害事例は少ない。

(4) 新潟県中越沖地震〔2007（平成19）年7月16日〕 [参考文献2、7による]

ー構造物への被害は比較的軽微であったが、構造物埋込み配管と埋設配管との取合い点で抜け出しが発生、越流管の破損等の被害があった。

(5) 岩手・宮城内陸地震〔2008（平成20）年6月14日〕 [参考文献8による]

ー中山間部を直撃したため、地割れや斜面崩壊の発生が特徴的で、浄水場の緩速ろ過装置の沈下や水源地の埋没・崩壊等による水源の枯渇・濁りなどの事例が見られた。

2. 東北地方太平洋沖地震による被害

(1) 被害実態の概要

2011（平成23）年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による水道施設の被害実態をまとめると、その概要は以下のとおりである。[参考文献9、10、11、12による]

東北地方太平洋沖地震により大きな被害が発生した岩手県、宮城県、福島県の東北3県と、茨城県、千葉県の間関東2県の水道行政担当部署に浄水施設の被災状況に関する調査票を送付して回答をお願いしたところ、福島県を除く4つの県から回答が得られた。

これらの回答によると、浄水施設等の被害液状化が発生しなかった池状構造物では、エキスパンションジョイントの損傷、壁クラック等からの漏水、場内連絡管との接続部の被害は発生したが、躯体の損傷により機能停止に至るような被害は発生せず、多くの構造物はレベル2地震動に非対応であったと推察されるが被害が軽微であった。ただし、一関市の高架配水池については、本震による下部の損傷、余震による下部の崩壊により、倒壊した。

また、地盤の液状化が発生した場合は、液状化による地盤沈下等により構造物、場内連絡管等に甚大な被害が発生し、以下の蛇田浄水場など3浄水場で長期にわたる機能停止を伴う大きな被害を蒙った。

- ・宮城県：石巻地方広域水道企業団 蛇田浄水場
- ・茨城県：茨城県企業局鹿行水道事務所 鱈川浄水場
- ・千葉県：神崎町水道事業 神宿浄水場

これらの浄水場については、現地調査及びヒアリング調査等の被害実態調査を行った結果、地震動そのものによる浄水施設等の地震被害は比較的軽微で、液状化等の地盤変状に伴う被害がほとんどであった。また、兵庫県南部地震以降の地震被害実態を精査した結果も同様の傾向を示し、浄水施設等の地震被害については、液状化等の地盤変状により施設は甚大な被害を蒙ったが、それ以外では軽微な被害であった。

また、宮城県女川町鷲神浄水場については、前述の調査票の回答では甚大な被害なしであったが、その後、盛土部の地盤変状による長期の運転停止を伴う被害であることが判明したことから、現地調査及びヒアリング調査を追加して実施した。調査の結果、場内盛土部のブロック積擁壁が崩れ、盛土の崩壊とこれに伴う場内配管及び建物の一部が被災し、浄水場を停止するに至ったもので、沈澱池・ろ過池などの土木構造物は、地震動及び盛土崩壊に伴う被害は生じていない。

(2) 各被災浄水施設の被害状況

東北地方太平洋沖地震により大きな被害を受けた3浄水場の被害状況を以下に示す。

1) 蛇田浄水場（宮城県・石巻地方広域水道企業団）

旧北上川表流水を水源とする急速ろ過方式の浄水場であり、横流式沈澱池系統（15,000m³/日）と傾斜板沈澱池系統（45,000m³/日）から成っている。場内では各所で液状化が発生しており、それに伴う地盤沈下が認められた。横流式沈澱池では、沈澱池の壁面の目地開きや底版にクラックが生じて漏水していたため、地震直後から使用を停止して修理を行った。傾斜板沈澱池では、部分的な傾斜板落下などの軽微な被害にとどまり、通水が可能であったため、浄水を継続することができた。送水ポンプ室の壁と床が大きな損傷を受けており、地盤沈下によりポンプ室の基礎部下が中空となっている場所もあった。（図 R3. 1）

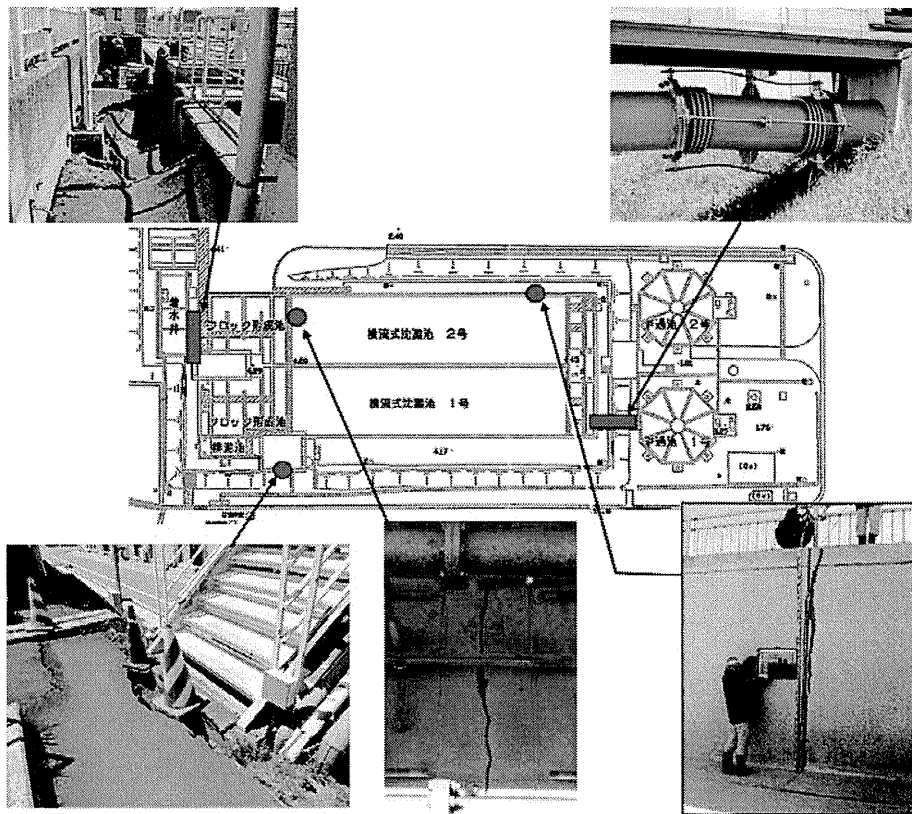


図 R3. 1 蛇田浄水場（宮城県・石巻地方広域水道企業団）の被災状況

2) 鱒川浄水場（茨城県・県企業局用水供給事業）

鱒川浄水場（30,000m³/日）の敷地全体が液状化し、60～80cmの地盤沈下を生じるとともに、共同溝の浮上が見られた。主な被害は、地盤沈下に伴う構造物との取り付け部付近での埋設管の離脱で、22箇所の場合内配管が離脱した。仮配管による復旧で、機能回復を急いだ。また、雨水調整池も被害を受けた。さらに、共同溝の浮上により、共同溝の損壊した箇所から地下水や液状化した土砂が大量に流入し、その撤去にも時間を要した。（図 R3. 2）

3) 神宿浄水場（千葉県・神崎町）

神宿浄水場（1,639m³/日）は利根川水系利根川の表流水を水源としており、神崎町のほか成田市、香取市の一部に給水している。敷地内地盤の液状化により、不同沈下による沈澱池の目地開き等の被害が発生、また埋設管が主に構造物との取り付け部で破損した。（図 R3. 3）



注)手前管路K形φ400は継手離脱部分の復旧に伴う解体中

図 R3.2 鱈川浄水場（茨城県・県企業局用水供給事業）の被災状況

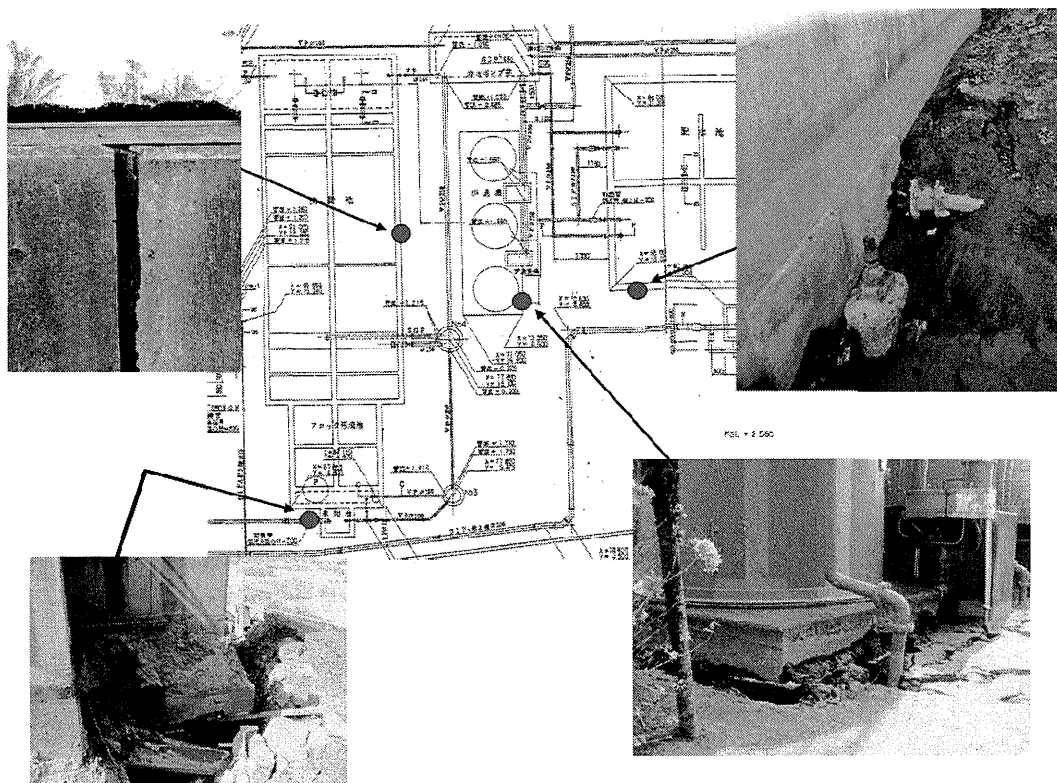


図 R3.3 新宿浄水場（千葉県・神崎町）の被災状況

4) 鷺神浄水場（宮城県・女川町）

北上川の表流水を水源とする鷺神浄水場（6,000m³/日）では、地震動により場内盛土部のブロック積擁壁が崩れ、これに伴ってろ過池流出配管などの場内埋設管及び次亜塩素酸ナトリウム注入ポンプ室などの建物の一部が破損した。（図 R3.4）なお、沈澱池・ろ過池・配水池などの土木構造物は無被害であった。（これはこれらの構造物底部が地山内にあるためと推定され

るが、津波により竣工図面等の資料が流失したため、詳細な施工状況は不明)



ろ過池下流側のブロック積擁壁の崩壊

次亜塩注入ポンプ室の移動・傾斜

図 R3.4 鷲神浄水場（宮城県・女川町）の被災状況

3. 浄水施設被害実態の考察

地震による建造物の被害は、外力である地震動や地盤変形による力が建造物の抵抗強度を上回る場合に発生する。浄水場の抵抗強度は、設計施工された年代の水道耐震設計指針によるところが大きい。

東北地方太平洋沖地震の発生時に、東北、関東地方の浄水施設は、震度 6 弱から震度 6 強、ところによっては震度 7 の地震動に見舞われたにもかかわらず、地震動そのものによって大きな被害を蒙った事例は見当たらなかった。したがって、地下あるいは半地下建造物の多い浄水施設にとって、地震動そのものによって損傷を受ける可能性は大きくはないものと考えられることができる。一方、大きな損傷を受けた浄水施設はすべて敷地内で液状化や盛土崩壊等の地盤変状が発生した場合であり、特に液状化が浄水施設に及ぼす損傷が顕著であった。

蛇田浄水場は 1969（昭和 44）年に施工されており、鰯川浄水場は 1982（昭和 57）年に一部完成、また神宿浄水場は 1981（昭和 56）年に通水開始している。「水道施設の耐震工法」が 1966（昭和 41）年に改訂され、1979（昭和 54）年に「水道施設耐震工法指針・解説」が発行されているので、これらの浄水施設は、設計施工された年代に関わらず、すなわち、設計に用いられた耐震工法指針の違いに依らず、液状化によって被害が生じていることが分かる。また、被害形態に注目すると、液状化によって引き起こされた地盤沈下に起因するものがほとんどであった。

また、1972（昭和 47）年竣工の鷲神浄水場については、竣工図等が流出して構造等の詳細が不明であるが、主要土木建造物は無被害であって盛土部の地盤変状による配管等の被害であることから、地山と盛土の特性やそれらの境界を把握した上で、杭支持の RC 擁壁の設置など、盛土地盤の弱さに十分対応できる設計の必要性を示すものといえる。

兵庫県南部地震以降の地震（新潟県中越地震、能登半島地震、新潟県中越沖地震、岩手・宮城内陸地震）による被害実態を精査した結果も東北地方太平洋沖地震の被害実態と同様の傾向を示し、地盤液状化・崩壊等の地盤変状により施設は甚大な被害を蒙り、特に地盤液状化による被害が際立っていたが、それ以外では軽微な被害であった。

参考文献

1. 水道施設耐震工法指針・解説 1997年版（日本水道協会）
2. 水道施設耐震工法指針・解説 2009年版（日本水道協会）
3. 地震による水道被害の予測及び探査に関する技術開発研究報告書（水道技術研究センター）
4. 新潟県中越地震水道被害調査報告書（厚生労働省健康局水道課）
5. 新潟県中越地震水道被害調査報告書_長岡市山古志地域編（厚生労働省健康局水道課）
6. 能登半島地震水道施設被害等調査報告書（厚生労働省健康局水道課）
7. 新潟県中越沖地震水道施設被害等調査報告書（厚生労働省健康局水道課）
8. 岩手・宮城内陸地震水道施設被害等調査報告書（厚生労働省健康局水道課）
9. 東日本大震災水道施設被害等現地調査団報告書（厚生労働省健康局水道課）
10. 東日本大震災_浄水技術等支援チーム_現地調査報告書（水道技術研究センター）
11. 経年化浄水施設における原水水質悪化等への対応に関する研究 平成 23 年度総括・分担研究書（研究代表者 相澤貴子）
12. 経年化浄水施設における原水水質悪化等への対応に関する研究 平成 24 年度総括・分担研究書（研究代表者 相澤貴子）

【資料 4】 構造的強度評価方法の改善

1 概要

浄水施設の新たな簡易耐震診断表は、既往の簡易耐震診断表を基に、その問題点を改善し作成した。この問題点は、現在の気象庁震度階と適用震度階とが異なること、現在では稀であるレンガや石造りの材質が判定項目となっているなど、既に明らかとなっている事項のほか、耐震構造物のデータ（立地条件・構造条件等）を既往簡易耐震診断表に適用し、診断表の適合性（矛盾の有無）を見るという手法で把握した。その結果、有蓋・無蓋池状構造物では、おおむね整合性はあるものの、構造物の地震時の耐力に大きく影響する「構造的強度」の評価において、耐震構造物と非耐震構造物とで評価が逆転する場合が幾つか見られたことから、構造的強度の評価手法（評価項目及び評価基準）に検討を加えることとした。

その結果、「方向別壁面積と池面積の比」の判定基準を池容量に応じた 2 段階の評価とするとともに、「側壁厚と側壁高の比」を新たな判定項目として加えた。さらに現在の震度階及び土木技術水準への適合を図った上で、新たな簡易耐震診断表として提案した。

この新たな簡易耐震診断表は、様々な規模の水道事業体におけるケーススタディとしての試用を通じて、その有効性・実用性を確認した。

なお、詳細耐震診断実施済みの土木構造物については、浄水池・配水池等の有蓋池状構造物、及び沈澱池・ろ過池・着水井等の無蓋池状構造物の事例が大部分を占め、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、有蓋・無蓋池状構造物についてのデータ収集が中心となった。こうしたことから、有蓋・無蓋池上構造物以外については、統計的処理などによる検討が困難であったため、既往簡易耐震診断表を基に、有蓋・無蓋池上構造物の新診断表作成時の検討経緯を参考にして新たな診断表とした。

2 構造的強度評価方法改善の検討

(1) 既往の簡易耐震診断表

既往の簡易耐震診断表の中で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有蓋構造物及び無蓋構造物に関する診断表の評価項目とその範疇及び重み係数を示すと、表 R4.1 に示すとおりである。この表では、有蓋構造物及び無蓋構造物の両方に共通する評価項目については「共通」とし、有蓋構造物のみ又は無蓋構造物のみ評価項目はそれぞれ「有蓋」、「無蓋」と表す。

既往の簡易耐震診断表では、構造物が築造されている場所が耐震性に影響を与えるとして、「地盤」、「液状化」、「施工地盤」、「位置」の項目で評価し、次に、構造物の強さに関して、有蓋構造物では「方向別壁面積／池面積」、「総深」、「型式」、「上置土圧」、無蓋構造物では「方向別壁面積／池面積」で評価を行い、さらに共通項目の「材質」、「建設年代」、「老朽度」で評価する。また、構造物の貯水維持機能に大きく影響する項目として「可撓管」や「伸縮目地」の有無を評価する。さらに、その地点で想定される地震動を気象庁旧震度階の震度 5、震度 6、震度 7 の 3 段階で設定する。

これらすべての項目について、範疇（区分）ごとに定められた重み係数を求め、それら全体の

積の数値の大小により、構造物の耐震性を評価する。

表 R4.1 既往簡易耐震診断表の評価項目（有蓋及び無蓋構造物）

有蓋/無蓋	項目	範疇	重み係数
共通	地盤	I種	0.5
		II種	1.5
		III種	1.8
共通	液状化	なし	1.0
		恐れあり	2.0
		あり	3.0
共通	施工地盤	地山, 切土	1.0
		傾斜地等	1.2
		山頂	1.3
		埋立地・盛土	1.5
共通	位置	地上	1.2
		半地下	1.1
		地下	1.0
共通	材質	鉄筋コンクリート	1.0
		レンガその他	3.0
無蓋	方向別壁面積 池面積	0.2≦	1.0
		0.2~0.12	1.2
		0.12>	1.5
有蓋	方向別壁面積 池面積	0.05<	1.0
		0.05>	1.5
有蓋	総深	5m≧	1.0
		5m<	1.3
有蓋	型式	壁式	1.0
		柱・梁式	1.2
		フラットスラブ ¹⁾	1.4
有蓋	上置土厚	0.4m≧	1.0
		0.4m<	1.2
共通	建設年代	1953年以前	1.8
		1953~1966	1.6
		1967~1980	1.5
		1980年以降	1.0
共通	可撓管	あり	1.0
		なし	2.0
共通	伸縮目地	良	1.0
		不良	2.0
共通	老朽度	小	1.0
		中	1.5
		大	2.0
共通	震度階	5	1.0
		6	2.2
		7	3.6

(2) 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十分に耐震性があると考えられる浄水池・配水池等の水道用池状土木構造物の設置条件、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た簡易耐震診断を行い、双方の診断結果を比較することにより既往簡易耐震診断表における問題点を把握した。

1) 検討対象構造物

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、事業体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体から収集したが、詳細耐震診断

【資料 4】 構造的強度評価方法の改善

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見当たらず、これらについてのデータ収集はできなかった。こうしたことから、検討対象を有蓋及び無蓋の構造物とし、有蓋構造物として 13 事業体の 66 施設、無蓋構造物として 12 事業体の 36 施設のデータを使用した。

表 R4.2 は検討対象とした有蓋構造物（浄水池、配水池など）の概要であり、A～G は詳細耐震診断によって耐震性なしと評価された構造物、H～T は既往の耐震工法指針で設計施工されたもので、耐震性ありと評価される構造物である。

また、表 R4.3 は評価対象とした無蓋構造物（沈澱池、沈砂池など）の概要であり、A～E は詳細耐震診断によって耐震性なしと評価された構造物で、F～Q は既往の耐震工法指針で設計施工され、又は詳細耐震診断によって、耐震性ありと評価された構造物である。

一般的に RC 造の土木構造物は、壁の厚さや壁の量が多いほど強度に優れ、また耐震性が高いとされる。そこで、構造的な強度に関連する項目として側壁厚及び壁面積等に着目し、評価対象の有蓋構造物及び無蓋構造物について、これらの諸元についても整理した。

2) 既往簡易耐震診断表の適用

今回収集した有蓋構造物及び無蓋構造物について、既往の簡易耐震診断表を用いて耐震診断を行った。

表 R4.4 に有蓋構造物、表 R4.5 に無蓋構造物の診断結果を示す。既往の簡易耐震診断表は、項目ごとの点数を掛け合せることにより、その数値の大小で耐震性評価を行うものである。なお、評価点が高いほど耐震性が低いことを示している。

有蓋構造物（表 R4.4）においては、耐震性がない 2～3 の配水池が、耐震性ありの配水池よりも評価点が小さい（耐震性が高い）結果となっているものの、耐震性のない構造物の耐震性評価は「低い」～「中」、耐震性のある構造物の評価は「中」～「高い」という結果となっており、耐震性の評価は概ね妥当であると言える。

無蓋構造物（表 R4.5）においては、耐震性のない構造物のすべてが耐震性は低いと判定され、耐震性のある構造物のうち 2 施設についてのみ耐震性が低いと判定されており、概ね良好な結果と言える。しかし、有蓋構造物及び無蓋構造物の耐震性は、共に液状化の有無や伸縮目地、可とう管の有無により点数が大きくなり、耐震性が低いと評価されている傾向にあり、このことは、構造的強度の評価を中心に既往簡易耐震診断表の改善の必要性を示唆している。

表 R4.2 対象構造物の概要（有蓋構造物）（一部抜粋）

記号	容量	躯体構造		建設年度		側壁高	水位	上載土厚(m)	壁厚(m)					壁+柱面積	池面積	(壁+柱)/池	側壁/高さ
		形式	状態	西暦	和暦				底板	側壁	導流壁	スラブ	柱				
A	7,200 m ³ (2池)	RC造_フラットスラブ	地下	1980年	昭和55年	4.60	4.40	1.65	0.50	0.35	—	0.25	0.40	20.63	901.41	0.023	0.0761
B	5,000 m ³	RC造_フラットスラブ	地下	1987年	昭和62年	5.40	4.90	0.70	0.60	0.50	—	0.30	0.50	32.05	1012.24	0.032	0.0926
C	500 m ³	RC造_フラットスラブ	半地下 (地上高0.55m)	1977年	昭和52年	4.30	4.00	0.80	0.45	0.40	—	0.25	0.45	10.65	158.72	0.067	0.0930
D	300 m ³	RC造_フラットスラブ	地下	1976年	昭和51年	3.70	3.20	0.27	0.40	0.30	—	0.28	0.35	5.78	104.16	0.055	0.0811
E	240m ³	RC造_壁式	半地下 (地上高0.8m)	1977年	昭和52年	3.50	3.30	0.50	0.30	0.25	0.20	0.20	—	5.01	90.63	0.055	0.0714
F	330 m ³	RC造_壁式	半地下 (地上高3.25m)	1977年	昭和52年	4.20	3.70	0.00	0.40	0.30	—	0.25	—	5.16	105.78	0.049	0.0714
G	290 m ³	RC造_壁式	半地下 (地上高0.7m)	1977年	昭和52年	3.00	2.70	0.00	0.30	0.25	—	0.20	—	2.88	96.31	0.030	0.0833
H	32,600 m ³ (2池)	RC造_フラットスラブ	地下	2011年	平成23年	6.41	5.91	0.25	0.90	0.90	0.50	0.35	0.90	243.27	4926.81	0.049	0.1404
I	13,000 m ³	RC造_フラットスラブ	地下	1999年	平成11年	5.80	5.30	1.00	0.80	0.60	0.40	0.50	0.60	130.41	2539.20	0.051	0.1034
J	4,500 m ³ (2池)	RC造_フラットスラブ	半地下 (地上高3.93m)	2008年	平成20年	4.71	4.28	0.00	0.60	0.50	0.40	0.30	0.60	24.84	550.80	0.045	0.1062
K	8,500m ³ (2池)	RC造_フラットスラブ	半地下 (地上高3.93m)	2000年	平成12年	4.30	3.65	0.40	0.40	0.40	0.35	0.30	0.50	47.70	1302.40	0.037	0.0930
L	700m ³ (2池)	RC造_フラットスラブ	半地下 (地上高3.93m)	2008年	平成20年	4.05	3.75	0.00	0.60	0.60	0.40	0.30	0.40	12.28	102.01	0.120	0.1481
M	1,000m ³	RC造_フラットスラブ	半地下 (地上高4.00m)	2000年	平成12年	5.54	5.00	0.50	0.60	0.50	—	0.40	0.60	18.44	238.00	0.077	0.0903
N	130m ³	RC造_壁式	地上	2007年	平成19年	5.50	5.70	0.00	0.50	0.40	—	0.20	—	4.88	32.94	0.148	0.0727
O	2,000m ³	RC造_壁式	半地下 (地上高0.55m)	2012年	平成24年	6.40	5.90	0.00	0.70	0.70	0.70	0.36	—	36.54	407.16	0.090	0.1094
P	3,000m ³	RC造_フラットスラブ	地下	2009年	平成21年	3.30	3.00	0.20	0.50	0.40	0.30	0.25	0.50	106.80	1350.36	0.079	0.1212
Q	1,300m ³ (2池)	RC造_壁式	半地下 (地上高5.20m)	2012年	平成24年	6.50	6.20	0.00	0.60	0.50	0.40	0.40	—	20.74	276.86	0.075	0.0769
R	150m ³ (2池)	RC造_壁式	半地下 (地上高3.10m)	2010年	平成22年	3.20	2.70	0.00	0.40	0.40	0.30	0.30	—	3.29	72.15	0.046	0.1250
S	2,640m ³ (2池)	RC造_壁式	半地下 (地上高4.20m)	2008年	平成20年	7.40	6.90	0.00	1.00	0.80	0.70	0.40	—	35.84	465.92	0.077	0.1081
T	1,000m ³ (2池)	RC造_フラットスラブ	半地下 (地上高2.80m)	2009年	平成21年	7.05	6.75	0.40	1.00	0.70	0.70	0.50	0.90	25.98	203.58	0.128	0.0993

表 R4.3 対象構造物の概要（無蓋構造物）（一部抜粋）

記号	躯体構造		建設年度		高さ	水位	壁厚			壁面積	池面積
	形式	状態	西暦	和暦			底板	側壁	中壁		
A	RC造_壁式	半地下 (地上高3.00m)	1969年	昭和44年	5.50	4.85	0.50	0.40	0.30	12.42	347.76
B	RC造_壁式	半地下 (地上高0.40m)	1977年	昭和52年	4.90	4.40	0.60	0.40	0.40	19.46	725.58
C	RC造_壁式	地下	1956年	昭和31年	5.60	4.60	1.00	0.55	—	2.88	60.50
D	RC造_壁式	半地下 (地上高0.90m)	1999年	平成11年	6.30	5.40	0.70	0.60	0.40	24.79	775.93
E	RC造_壁式	半地下 (地上高2.00m)	1954年	昭和29年	3.50	3.20	0.65	0.37	0.15	4.91	147.15
F	RC造_壁式	半地下 (地上高6.00m)	2010年	平成22年	8.50	7.00	1.30	0.80	0.80	108.56	3339.40
G	RC造_壁式	半地下 (地上高1.80m)	2010年	平成22年	6.00	5.22	0.80	0.50	0.50	44.00	1220.56
H	RC造_壁式	半地下 (地上高1.80m)	2007年	平成19年	4.30	4.00	0.60	0.50	0.30	69.49	2590.05
I	RC造_壁式	半地下 (地上高3.80m)	2007年	平成19年	4.85	4.60	0.60	0.55	0.30	38.81	822.37
J	RC造_壁式	半地下 (地上高0.90m)	2007年	平成19年	5.00	4.70	0.60	0.50	0.50	164.94	1689.62
K	RC造_壁式	半地下 (地上高0.30m)	2002年	平成14年	7.80	5.50	1.30	0.85	—	25.21	539.26
L	RC造_壁式	地下	2002年	平成14年	8.10	5.77	1.10	0.80	—	18.96	124.82
M	RC造_壁式	地上	2002年	平成14年	5.30	4.00	0.70	0.60	0.60	185.04	2020.77
N	RC造_壁式	地上	2005年	平成17年	5.85	4.86	0.80	0.50	0.40	29.88	617.52
O	RC造_壁式	半地下 (地上高2.85m)	1969年	昭和44年	4.55	3.90	0.50	0.40	0.30	15.54	661.56
P	RC造_壁式	半地下 (地上高2.00m)	2004年	平成16年	11.50	7.50	2.50	1.50	1.00	11.84	988.64
Q	RC造_壁式	地上	2005年	平成17年	5.50	4.80	0.90	0.70	0.50	11.70	557.18

表 R4.4 既往簡易耐震診断表による診断結果（有蓋構造物）（一部抜粋）

項目	範疇	重み係数	耐震性無し							耐震性有り												
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
地盤	I種	0.5	1.5	1.5	1.8	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5
	II種	1.5																				
	III種	1.8																				
液状化	なし	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0
	恐れあり	2																				
	あり	3																				
施工地盤	地山、切土	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	傾斜地等	1.2																				
	山頂	1.3																				
	埋立地・盛土	1.5																				
位置	地上	1.2	1.0	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
	半地下	1.1																				
	地下	1																				
材質	鉄筋コンクリート	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	レンガその他	3																				
方向別壁面積 池面積	0.05<	1	1.5	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0
	0.05>	1.5																				
総深	5m≧	1	1.0	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.3	1.0	1.0	1.0	1.3	1.3	1.3	1.0	1.3	1.0	1.3	1.3
	5m<	1.3																				
型式	壁式	1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.0	1.0	1.0	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.4
	柱・梁式	1.2																				
	フラットスラブ	1.4																				
上置土厚	0.4m≧	1	1.2	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	0.4m<	1.2																				
建設年代	1953年以前	1.8	1.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	1953～1966	1.6																				
	1967～1980	1.5																				
	1980年以降	1																				
可撓管	あり	1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	なし	2																				
伸縮目地	良	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	不良	2																				
老朽度	小	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	中	1.5																				
	大	2																				
震度階	V	1	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
	VI	2.2																				
	VII	3.6																				
評点	高い	10>	61.2	53.1	53.9	17.0	10.7	13.4	13.4	14.7	17.7	4.2	4.2	2.8	4.3	2.8	7.7	2.2	2.6	8.9	7.7	21.6
	中	10～17																				
	低い	17<																				
耐震性評価			低	低	低	低	中	中	中	中	中	高	高	高	高	高	高	高	高	高	高	低

表 R4.5 既往簡易耐震診断表による診断結果（無蓋構造物）（一部抜粋）

項目	範疇	重み係数	耐震性なし					耐震性あり												
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
地盤	I種	0.5	1.5	1.5	1.5	1.8	1.5	1.8	1.8	0.5	0.5	0.5	1.8	1.8	1.5	1.8	1.5	1.5	1.5	
	II種	1.5																		
	III種	1.8																		
液状化	なし	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	恐れあり	2.0																		
	あり	3.0																		
施工地盤	地山, 切土	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	
	傾斜地等	1.2																		
	山頂	1.3																		
	埋立地・盛土	1.5																		
位置	地上	1.2	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	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	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	レンガその他	3.0																		
方向別壁面積 池面積	0.2≤	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
	0.2~0.12	1.2																		
	0.12>	1.5																		
建設年代	1953年以前	1.8	1.5	1.5	1.6	1.0	1.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.6	1.0	1.0	1.0	
	1953~1966	1.6																		
	1967~1980	1.5																		
	1980年以降	1.0																		
可撓管	あり	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	
	なし	2.0																		
伸縮目地	良	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	
	不良	2.0																		
老朽度	小	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	中	1.5																		
	大	2.0																		
震度階	V	1.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	
	VI	2.2																		
	VII	3.6																		
評点	高い	7>	53.5	53.5	51.8	42.8	28.5	10.7	10.7	3.0	3.0	3.0	10.7	8.6	9.7	16.0	57.0	8.9	9.7	
	中	7~15																		
	低い	15<																		
耐震性評価			低	低	低	低	低	中	低	高	高	高	低	低	低	低	低	低	低	