

浄水施設簡易耐震診断の手引き

—大地震に備えて—

平成 26 年 6 月

公益財団法人水道技術研究センター

発刊にあたって

我が国の上水道は、平成 23 年度末時点で 97.6%もの高い普及率を誇り、安全で低廉な水道水の供給を実現しています。

しかしながら、我が国は世界有数の地震大国であり、近年では東北地方太平洋沖地震によって甚大な被害を被ったことは記憶に新しい事実です。厚生労働省は平成 25 年 3 月に新水道ビジョンを策定し、今後の水道の理想像を「安全」「強靱」「持続」の 3 つの観点で表現していますが、このうち、「強靱」な水道を実現するためには水道施設の耐震化が欠かせません。

一方で、我が国における水道施設の耐震化は現状で十分なものとはいえず、中小事業体を中心に耐震化への取り組みも遅れている状況です。これは技術的な課題に加え、人的及び経済的な課題が存在することが理由として挙げられます。

このような状況において、昭和 56 年に厚生省水道環境部が策定した簡易耐震診断表は、水道施設における耐震化の優先順位を決定する上で有用な手段の一つでした。ただし、策定以来 30 年余を経ているため、現在では様々な問題点を抱えています。そこで今回、耐震性が判明している実施設へのケーススタディ結果や、水道施設耐震工法指針等の変遷・進展を踏まえ、簡易耐震診断表の内容を見直しました。

この「浄水施設簡易耐震診断の手引き」では、簡易耐震診断の実施手順や、耐震化の優先順位付けの手法をまとめています。手引き作成にあたっては、その試用を通じて使い勝手を直し、使いやすい手引きとなることを目指しました。本手引きが、予算等が限られる中で水道事業運営に携わる皆さまにとって、効果的な耐震化推進の一助となることを願っています。

最後に本手引きは、厚生労働科学研究費補助金による研究を基礎としたものであることを付記するとともに、研究に参加、協力いただいた学識者及び水道事業体、コンサルタントの技術者の方々に心よりお礼を申し上げます。

平成 26 年 6 月

公益財団法人 水道技術研究センター
理事長 大垣 眞一郎

発刊にあたって

水道施設の地震対策として、管路の耐震化は進みつつあるもの、浄水施設の耐震化率は平成 24 年度末現在で約 21%と耐震化が遅れています。浄水施設の多くは昭和 40 年から 50 年代又はそれ以前に建設され、経年劣化が進むとともに耐震性が劣っており、技術者も中小規模水道事業体ほど少なく、耐震性向上の取組みが困難な状況です。

このような背景から、水道技術研究センターでは、厚生労働科学研究費補助金による研究を平成 23 年度から 25 年度までの 3 か年で、耐震化促進を支援するための簡易耐震診断手法の検討を行い、「浄水施設簡易耐震診断の手引き」として取りまとめました。

「手引き」の作成に当たっては、中小規模事業体職員の利用を念頭に簡易耐震診断の実施と詳細耐震診断の優先順位付けが可能となるように配慮しました。

内容は冒頭部に「簡易耐震診断の基礎知識」として、目的と精度、適用範囲と条件、簡易耐震診断に必要な資料など、本書の使い方を紹介しました。

次の「1 章 はじめよう！簡易耐震診断－新簡易耐震診断表の使い方－」では、モデル構造物を用いて適用方法や計算例を示しており、簡易耐震診断の実施方法や詳細耐震診断の優先順位付けが本章のみの理解でも可能となるよう、分かりやすい解説に努めました。

「2 章 簡易耐震診断の解説」では、新簡易耐震診断表における作成の背景情報として、水道施設耐震工法指針等の変遷や既往簡易耐震診断表の問題点、新簡易耐震診断の考え方など、より診断知識を深めていただくための解説書として取りまとめました。

また、本書には簡易耐震診断の耐震性評価点や影響範囲を算出する入力シートを CD-ROM に格納し添付しています。

これを機会に事業体職員の方が自ら浄水施設の診断を行って、どのような評価結果が得られるのかを把握し、浄水施設における耐震化の推進に努めていただければ幸いです。

平成 26 年 6 月

研究代表者

公益財団法人 水道技術研究センター
主席研究員 相澤 貴子

目 次

「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」における 「耐震化促進等に関する検討班」の研究体制	i
はじめにお読み下さい 本書の使い方	iii
簡易耐震診断の基礎知識	iv
簡易耐震診断とは — 目的と精度 —	iv
簡易耐震診断の対象 — 適用範囲と条件 —	iv
このデータがあれば診断できる — 簡易耐震診断に必要な資料 —	v
1章 はじめよう！ 簡易耐震診断 — 新簡易耐震診断表の使い方 —	
1.1 簡易耐震診断の実施手順	1- 1
1.2 新簡易耐震診断表	1- 2
1.2.1 新簡易耐震診断表	1- 3
1.2.2 適用方法と耐震性判定	1- 4
1.2.3 主な用語の説明と耐震性の評価	1- 6
1.3 詳細耐震診断実施の優先順位	1-11
1.3.1 被災時の影響範囲	1-11
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	1-13
2章 簡易耐震診断の解説 — 新診断表の作成背景と検討内容 —	
2.1 水道施設耐震工法指針等の変遷	2- 1
2.2 浄水施設の耐震化等の現況	2- 3
2.3 耐震診断手法の概要	2- 4
2.3.1 耐震診断の概要	2- 4
2.3.2 簡易耐震診断の必要性	2- 5
2.3.3 簡易耐震診断の手法	2- 5
2.4 新簡易耐震診断表	2- 5
2.4.1 既往簡易耐震診断表	2- 6
(1) 既往簡易耐震診断表の誕生	2- 6
(2) 既往簡易耐震診断方法の基本要件	2- 6
(3) 耐震性評価項目と評価基準	2- 7
(4) 耐震性判定手順	2- 7
(5) 既往簡易耐震診断表の問題点	2- 8
2.4.2 新簡易耐震診断表の作成	2- 9

(1) 新簡易耐震診断表の基本要件	2- 9
(2) 簡易耐震診断手順の提案	2- 9
(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	2-11
2.5 詳細耐震診断実施の優先順位	2-18
2.5.1 優先順位の考え方	2-18
2.5.2 優先順位の設定	2-21
資 料 編	
【資料1】用語の解説	3- 1
【資料2】水道施設耐震診断実施の現況と課題	3- 3
【資料3】近年の地震による浄水施設被害の実態	3-10
【資料4】構造的強度評価方法の改善	3-16
【資料5】新簡易耐震診断表	3-36
【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	3-52
【資料7】地盤液状化判定方法	3-55
【資料8】耐震性改善工法	3-57
8.1 地盤液状化対策工法	3-57
8.2 耐震補強工法	3-73
よくある質問 (FAQ)	FAQ-1

「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」における

「耐震化促進等に関する検討班」の研究体制

この「浄水施設簡易耐震診断の手引き」は、平成23年度から25年度の3か年にわたって実施した厚生労働科学研究費補助金による「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」の成果の一部として刊行するものである。

本研究は、「原水水質悪化への対応に関する検討班」及び「耐震化促進等に関する検討班」の2班により行われ、本手引きの作成は「耐震化促進等に関する検討班」が担当した。

下表に、「耐震化促進等に関する検討班」の研究体制を示す。

なお、所属・職名は、研究参画時（複数年にわたる場合は最終年次）のものを記載した。

(敬称略)

研究代表者	水道技術研究センター 主席研究員	相澤 貴子	
研究分担者	金沢大学 教授 理工研究域 環境デザイン学系	宮島 昌克	
	水道技術研究センター 常務理事	武内 辰夫	
	同 主幹	鈴木 泰博	
耐震化促進等に関する検討班 研究協力者	神戸市水道局 事業部 施設課 浄水係長	小河 広志	
	千葉県水道局 施設整備センター 工務課	秋場 忠彦	平成23年度
	同	玉越 正宏	平成24・25年度
	東京都水道局 建設部 施設設計課 施設設計担当係長	細井 直樹	
	新潟市水道局 経営企画部 計画整備課 課長補佐	笠原 勇治	
	日本上下水道設計(株) 東部支社 東京総合事務所 水道部	成田健太郎	平成24・25年度
	水道技術研究センター 管路技術部長	堀江 良次	平成23・24年度
	同 管路技術部長	長田 克也	平成25年度
	同 主任研究員	上松瀬将弘	平成23年度
	同 研究員	足立 渉	平成23年度
	同 主任研究員	桐村 昭充	平成24・25年度
同 主任研究員	渡部 和弘	同	

「手引き」の査読によって次の方々のご指導をいただいた。

査 読	神戸市水道局 事業部 施設課長	熊木 芳宏	平成 25 年度
	日本上下水道設計(株) 東部支社 東京総合事務所 水道部 グループリーダー	天野 幹大	

簡易耐震診断表の検討及び検証のためのケーススタディの実施、及び「手引き」のレビューに当たり、次の水道事業体のご協力をいただいた。(五十音順)

猪名川町上下水道課	ケーススタディ及びレビュー	平成 25 年度
柏崎市ガス水道局	ケーススタディ及びレビュー	平成 24・25 年度
鋸南町水道課	ケーススタディ及びレビュー	平成 25 年度
神戸市水道局	ケーススタディ	平成 23・24 年度
上越市ガス水道局	ケーススタディ及びレビュー	平成 24・25 年度
千葉県水道局	ケーススタディ	平成 24 年度
東京都水道局	ケーススタディ	平成 24 年度
鳴門市企業局	ケーススタディ及びレビュー	平成 25 年度
新潟市水道局	ケーススタディ	平成 23・24 年度
舞鶴市水道部	ケーススタディ及びレビュー	平成 25 年度

東北地方太平洋沖地震における浄水施設被災状況の現地調査及び調査結果の本手引きへの活用
に当たり、次の水道事業体のご協力をいただいた。(五十音順)

- ・ 石巻広域水道企業団
- ・ 茨城県企業局
- ・ 女川町上下水道課
- ・ 神崎町まちづくり課

はじめにお読みください 本書の使い方

ステップ1

まず【簡易耐震診断の基礎知識】を読み、簡易耐震診断とは何か（目的と精度）、診断の対象（適用範囲と条件）、このデータがあれば診断できる（簡易耐震診断に必要な資料）など、耐震診断に必要な知識を身に付けます。

必ずこの【簡易耐震診断の基礎知識】を読んでから、次のステップに進んでください。

ステップ2

【1章 はじめよう！ 簡易耐震診断】に進み、実際に簡易耐震診断を実施する際の「手順」や「簡易耐震診断表」への記入方法、詳細耐震診断を行う優先順位付けの手法を身に付けます。診断の例を挙げて詳しく説明しますので、この**ステップ2**を読むと簡易耐震診断の実務を身に付けることができます。

診断手順を「流れ図」で分かりやすく示します。

診断表の具体的な使い方を診断モデルで例示します。

種別	有蓋・無蓋池状構造物（浄水池・配水池・沈澱池・ろ過池等）	名称	〇〇市水処理場 ●●第2浄水場 ●●第3浄水場 ●●第4浄水場 ●●第5浄水場			
耐震性能	立地条件等（外的条件）	地盤種別	I種	0.5	平均値	備考
			II種	1.5		
			III種	1.8		
		液状化	なし	1.0		
		あり	2.0			
	施工地盤	山頂	1.3	0.86 4.87		
		埋立地・盛土	1.5			
	施工位置	地下	1.0	3.0m/2 × 1.5m × 0.0m		
		半地下	1.1			
	構造的性能	竣工年度	1983~2000年	1.0	1.36 8.83	1.00 ≤ 耐震係数 < 0.04 < 0.027 0.012
1970~1982年			1.5			
1957~1969年			1.6			
1956年以前			1.8			
1956年以前			1.8			
方位角・傾斜角		基準値以上	1.0	1.41 7.07		
		基準値未満	1.5			
耐震度		0.1以上	1.0	1.00 ≤ 耐震係数 < 0.04 < 0.027 0.012		
		0.1未満	1.5			
部材の劣化度		小	1.0	1.00 ≤ 耐震係数 < 0.04 < 0.027 0.012		
	大	1.5				
可及的管（埋設管）	あり	1.0	1.41 7.07			
	なし	2.0				
	なし	1.0				
想定震度	震度5+・6-	2.2	1.00 ≤ 耐震係数 < 0.04 < 0.027 0.012			
	震度6+・7	3.6				
	震度7	3.6				
耐震性	高い(12.0>)	x	13.37			
	中(12.0~24.0)	x				
耐震性評価点	低い(24.0<)	x	1.00 ≤ 耐震係数 < 0.04 < 0.027 0.012			
	低い(24.0<)	x				

注1) ()内は観測平均値、その下の数値は最大値に対する0.05倍率を算出値を示す。
注2) 方位角・傾斜角/埋設管の劣化度：劣化率1.000未満の場合0.07、1.000以上の場合は0.04

ステップ3

【2章 簡易耐震診断の解説】は、**ステップ2**に示す簡易耐震断手法を詳しく解説したもので、簡易耐震診断表策定の背景情報としての「水道施設耐震工法指針の変遷」、「施設耐震化の現況」及び「既往診断表の改善による新たな簡易耐震診断表作成の経緯」などが詳細に記載されています。**ステップ2**で得た知識を深めるとともに疑問点などを解消することができます。

資料を読む

【資料編】には、「用語の解説」を始め、「近年の地震による浄水施設被害の状況」、「有蓋・無蓋池状構造物（浄・配水池及び沈澱池・ろ過池など）以外の構造物の簡易耐震診断表」、「液状化判定方法」、「耐震性改善工法」など、耐震化に有用な資料を掲載していますので、必要に応じてお読みください。

巻末に、【よくある質問 (FAQ)】として、簡易耐震診断を実施する際の疑問点とその回答を用意しました。疑問のあるときなどに活用してください。

簡易耐震診断の基礎知識

簡易耐震診断とは — 目的と精度 —

- 1) この手引きにおける簡易耐震診断は、浄水施設（一部、取水施設、送配水施設を含む）の「耐震性を簡易耐震診断表によって簡易的に判定し、詳細耐震診断実施の優先順位を設定する」ことを目的とするもので、また、「耐震化計画を検討する際の参考として使用する」こともできる。
- 2) 簡易耐震診断は詳細診断に比べると耐震性判定の精度が低いため詳細耐震診断の結果を保証するものではなく、耐震性の有無の判定、及び耐震性強化の検討（どの部材をどの程度、どのように補強するかなど）は、詳細耐震診断によって行う必要がある。（「2.3.1 耐震診断の概要」参照）

簡易耐震診断の対象 — 適用範囲と条件 —

この手引きは、作成時の 2014（平成 26）年 3 月における最新の基準・規定・指針・検討報告書等に基づくものである。これらの基準等は、地震被害等の知見の集積及び技術の進歩等とともに改定・改編されるものであることから、手引きの内容もこれに沿って変わるべきものである点に留意して、この手引きを使用願いたい。

1) 本手引きにおける簡易耐震診断の対象とするもの

- ・ 以下に示す池状構造物などの鉄筋コンクリート造(RC)土木構造物を主な適用対象とする。

取水・導水施設	浅井戸、深井戸、取水堰、取水塔、取水門、導水隧道、開渠・暗渠
浄水施設	有蓋・無蓋池状構造物（浄水池、着水井・沈澱池・ろ過池・排水池等）
送水・配水施設	有蓋池状構造物（調整池・配水池）、配水塔、高架水槽、PC タンク

- ・ 浄水場内などに布設されている「場内配管」は、地震被害を受けると、浄水場の運転自体に重大な影響を与え、また池状構造物の貯水機能・水密性に重大な影響を及ぼすことから、簡易耐震診断の対象とする。

2) 対象外のもの

- ・ 設計時に「水道施設耐震工法指針・解説」（1997 年）を適用した構造物、又はこれ以降の版の同指針・解説を適用した鉄筋コンクリート構造物は、『耐震性あり』と判断されるため、本手引きにおける簡易耐震診断の対象外とする。（「2.1 水道施設耐震工法指針等の変遷」参照）
- ・ レンガ造り・石造りの有蓋池状構造物（浄水池、配水池など）及び無蓋池状構造物（沈澱池、ろ過池など）は、歴史的遺産として保存・修復されている場合を除いて事例が極めて少ないことから、これらは本手引きにおける簡易耐震診断の対象としない。
- ・ ポンプ設備、自家発電設備、電気・計装設備（盤類）は、建築設備耐震設計・施工指針があり、これらの耐震性は格納建築物の耐震性の影響が大きいことから、これらは本手引きにお

ける簡易耐震診断の対象としない。

- ・ この簡易耐震診断は、汎用性を高めるため、水道施設として一般的な条件で設計された構造物を対象としており、以下に示す例外的な条件で設計されたものは対象外とする。
 - 片側壁面のみが土圧を受ける池状構造物（取水門、取水堰等を除く）
 - 池の深さが 10m以上の有蓋・無蓋池状構造物（取水塔、配水塔、高架水槽、PC タンクを除く）
 - ポンプ室とポンプ井が一体構造となっている場合などの建築・土木の複合構造物
- ・ 本手引きにおける簡易耐震診断では、基礎杭の強度及び杭が底版に及ぼす影響など（鉛直方向地震動による破壊等）、詳細検討を必要とする評価については対象外とする。
- ・ 地質、構造材質・寸法、竣工年度など、簡易耐震診断に必要なデータがない場合は、現地調査等によって有効なデータを得ない限り耐震診断が困難であることから、簡易耐震診断の対象外とする。（なお、詳細耐震診断では、これらに加えて配筋状況の資料も必要である。）

このデータがあれば診断できる — 簡易耐震診断に必要な資料 —

- ・ 地質データ（構造物周辺の柱状図又はこれに代わる地質調査資料）

地質データがあれば、地盤種類の判定や液状化危険度の判定ができる。もし、この資料がなければ、近隣施設の地質データや地域防災計画における液状化判定マップ、国土地理院の微地形区分図などを利用する。
- ・ 構造物の形状寸法（構造図）

構造物の形状寸法や地盤との位置関係（地中にあるか地上か）などが分かる図面が必要である。もし、この資料がなければ、構造物の寸法等を測ることになるが、掘削や時には池を空にする必要があるなど、技術的に困難で費用を要する場合が多い。
- ・ 竣工年度

竣工年度のデータは、経年化・老朽化の判定や設計時に適用した耐震工法指針を推定する際に用いる。固定資産台帳などに資産取得年度として記載されていることが多いが、もし不明であれば、水道に関する年史・記念誌を参考にし、又は先輩 OB に問い合わせる方法もある。
- ・ 可とう管及び伸縮目地の有無と種類（構造図中に示されている場合が多い）

場内配管と構造物との接続部において、可とう管が用いられているか、またその種類は何かを示す資料が必要である。可とう管の変位の吸収能力から、漏水耐性すなわち構造物の貯水機能・水密性を評価する。また、伸縮目地の有無は構造物の貯水機能・水密性に大きく影響するので、伸縮目地の有無及びその種類（耐震用止水板か否か）の分かる資料が必要である。
- ・ 想定震度

給水に甚大な影響を与える可能性の高い地震を設定するもので、国の防災基本計画や地域防災計画において想定されている地震（本手引きでは震度階で表す）などを参考に

することができる。

- ・以上のほか、場内配管の簡易耐震診断では管の材質、PCタンクでは防錆対策・防水工の有無、高架水槽等では構造材の材質など、診断対象の特性に応じてそれぞれ必要なデータがあるので、これらの分かる資料が必要である。

(参考) 詳細耐震診断に必要な資料

- ・ 簡易耐震診断に必要な資料

地質データ、形状寸法、竣工年度及び可とう管・伸縮目地の種類等の分かる資料

- ・ 配筋図（構造物各部材の鉄筋の太さ及び配置の分かる図面など）

詳細耐震診断では、部材に働く応力をチェックするため、鉄筋コンクリートの応力計算を行うため、配筋図が必要である。もし、これがなければ、鉄筋探査機によって調査する方法があるが、形状寸法の調査よりも困難であることが多い。

なお、構造計算書があれば、適用した耐震工法指針を確認でき、また、構造寸法や配筋状態も分かる場合が多い。

1章 はじめよう！ 簡易耐震診断

－新簡易耐震診断表の使い方－

1章 はじめよう！ 簡易耐震診断

— 新簡易耐震診断表の使い方 —

- この章では、簡易耐震診断表の使い方などを説明しますが、あらかじめ【**簡易耐震診断の基礎知識**】を必ずお読みください。
- 簡易耐震診断は、簡便な診断によって耐震性を判定するものですが、その簡易耐震診断結果は詳細耐震診断の結果を保証するものではありません。
- 簡易耐震診断の対象は、配水池、沈澱池、取水塔などの鉄筋コンクリート製の土木構造物（PCタンクを含む）及び場内配管ですが、**以下の場合の対象外**です。
 - ・ 「水道施設耐震工法指針・解説（1997年）」（日本水道協会）及びこれ以降の同指針・解説を適用した構造物
 - ・ レンガ造り・石造りの池状構造物
 - ・ ポンプ設備、自家発電設備、電気・計装設備（盤類）
 - ・ 例外的な条件で設計された構造物（片側壁面のみが土圧を受ける池状構造物、池の深さが10m以上の池状構造物（取水塔、配水塔、高架水槽、PCタンクを除く）、建築・土木の複合構造物（ポンプ室と一体構造のポンプ井など）
 - ・ 基礎杭の強度及び杭が底版に及ぼす影響など、詳細検討を必要とするもの
 - ・ 簡易耐震診断に必要なデータがない場合
- 簡易耐震診断に必要な主要データは以下のとおりです。
 - ・ 地質データ
 - ・ 構造物の形状寸法
 - ・ 竣工年度
 - ・ 可とう管及び伸縮目地の有無と種類
- 巻末に添付したCD-ROMにある新簡易耐震診断表を使い、該当する項目に応じた点数を入力すると、**耐震性評価点などが自動計算**されます。ぜひ、ご活用ください。
- 次章の「**2章 簡易耐震診断の解説**」には、簡易耐震診断表策定の背景情報としての「水道施設耐震工法指針の変遷」、「施設耐震化の現況」、「新簡易耐震診断表の作成の際の検討内容」や、「詳細耐震診断実施の優先順位設定方法」などが詳細に記載されています。この章と併せてお読みください。

1.1 簡易耐震診断の実施手順

簡易耐震診断は、図 1.1 の手順に沿って実施する。条件によっては診断を実施しない場合もあるが、次ページに示す診断モデル構造物は、「地盤液状化なし」、「1975（昭和 50）年竣工」、「形状寸法を示す資料あり」であるので、本図の右端の流れに沿って簡易耐震診断を実施する。

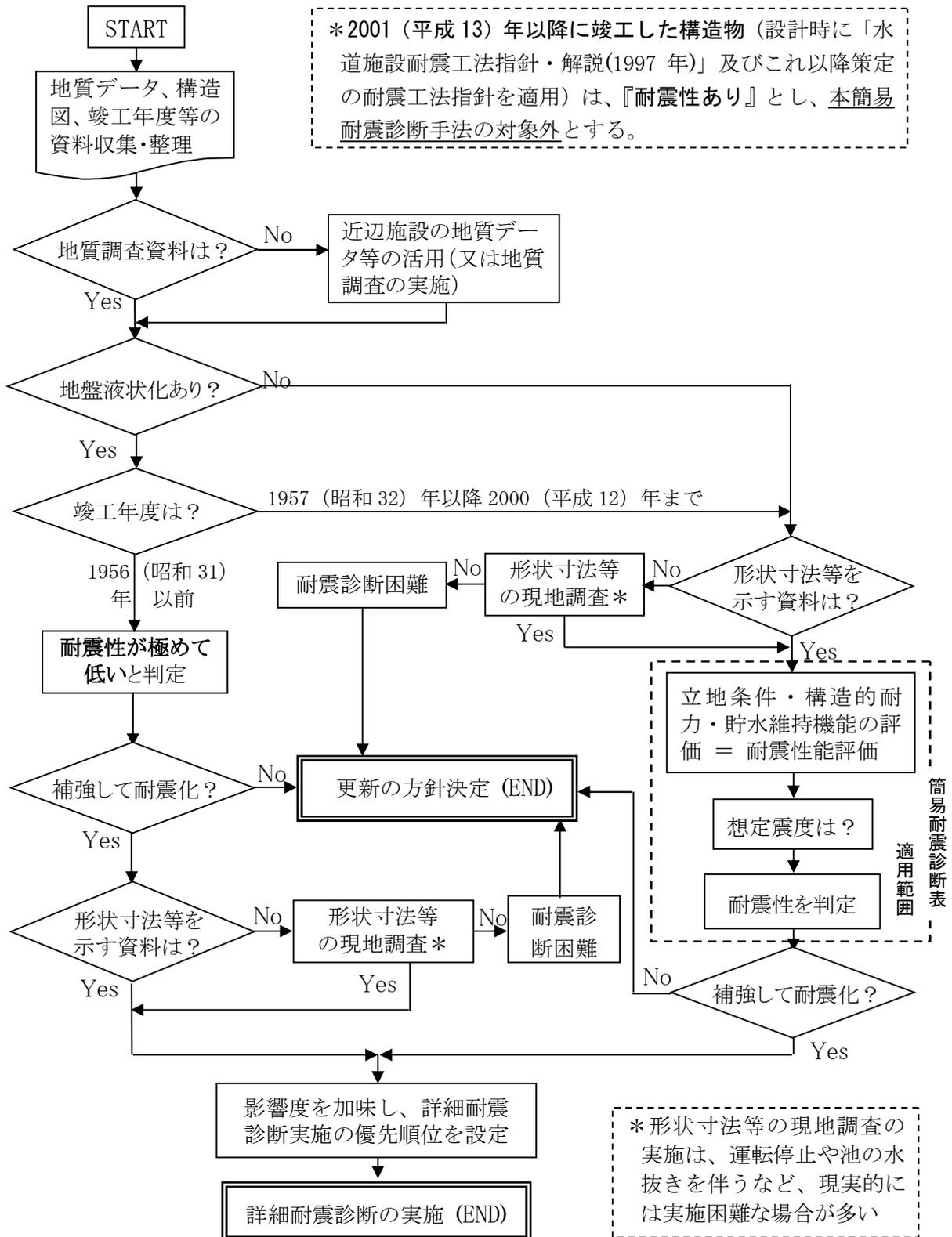
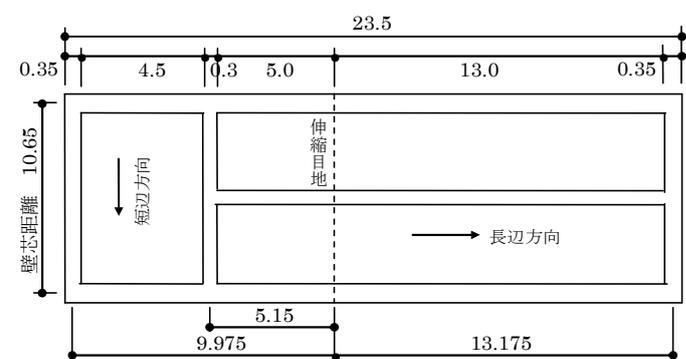
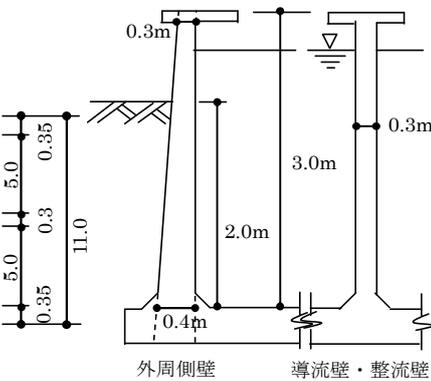


図 1.1 簡易耐震診断の実施手順

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		
 <p>平面図</p>		 <p>横断面図</p> <p>(外周側壁の厚さは平均0.35m)</p>

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	(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 密 性 (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

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値（全評価点の幾何平均値）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。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。

耐震性に影響する「条件等」によって評価項目を集約した。

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	□□ □	
	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			
	地上	1.2					
耐震性能	⑤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				
	⑥方向別壁面積 池面積	基準値以上	1.0	1.5	池容量 474.5 m 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					
水密性能	⑨可とう管 (場内配管接続)	あり	1.0	1.0	(1.41) 7.07	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。	
		想定震度は5、6、7から、2段階に変更した。	2.0				
	⑩伸縮目地	あり	2.0	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点満点換算値を示す。
 注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0.14

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^{こうせき}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^{ちゅうせき}洪積地盤及び^{ちゅうせき}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^{きばん}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。

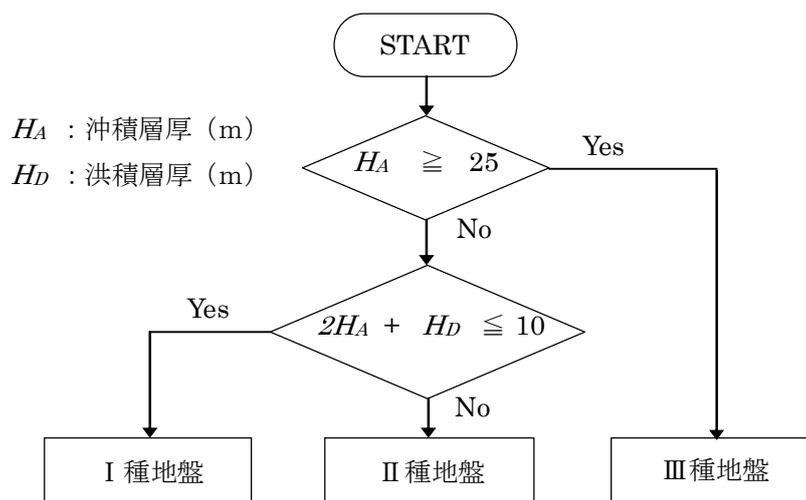


図 1.3 沖積層厚及び洪積層厚による地盤種別の区分

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る場合は、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面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。

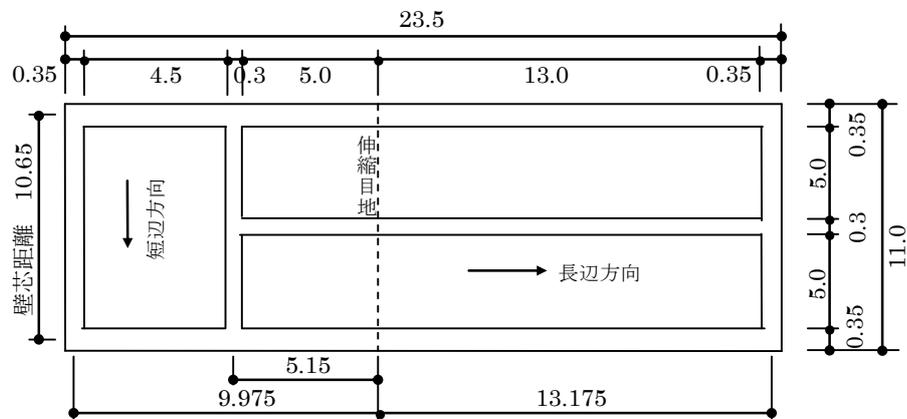


図 1.4 計算例の池状構造物平面図（単位：m）

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、

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

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 $0.0265 \approx 0.027$ 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、

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

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。

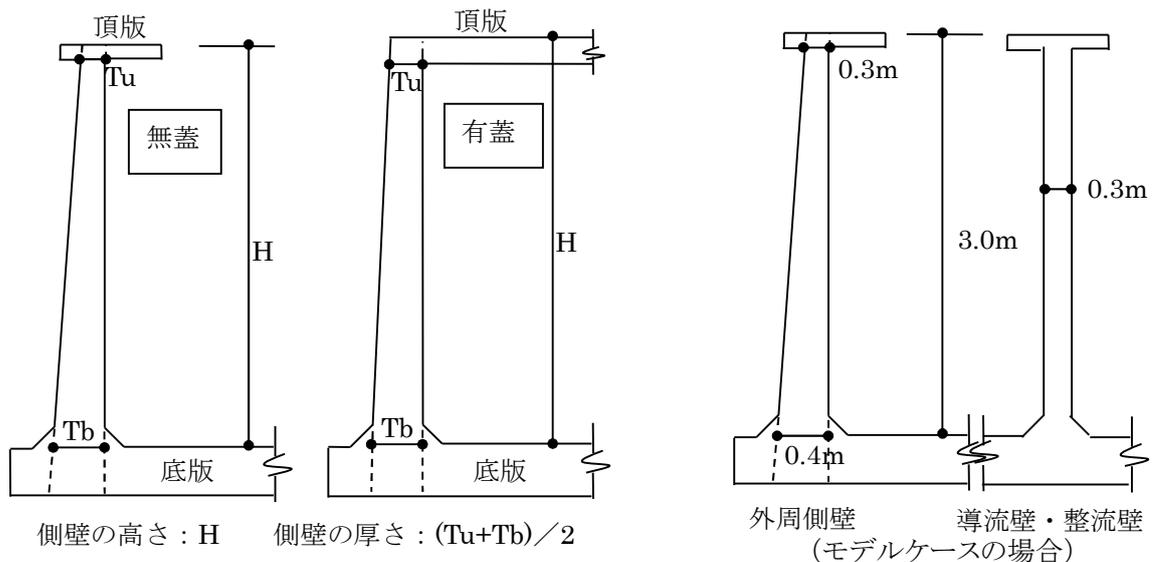


図 1.5 側壁の高さと厚さ

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）は出していない	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 $[1/(\text{データ数})]$ 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	3.13
	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

—新診断表の作成背景と検討内容—

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】 1968(S43) 十勝沖地震 【M7.9】	1966(S41) 日水協「水道施設の耐震工法(1966)」
1970年代	1978(S53) 伊豆大島近海地震 【M7.0】 宮城県沖地震 【M7.4】	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
	1983(S58) 日本海中部地震 【M7.7】	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]
1990年代	1993(H5) 釧路沖地震 【M7.5】 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】	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」
2000年代	2000(H12) 鳥取県西部地震 【M7.3】	2000(H12) 建築基準法改正
	2001(H13) 芸予地震 【M6.7】	
	2004(H16) 新潟県中越地震 【M6.8】	2004(H16) 厚労省「水道ビジョン」公表
	2007(H19) 能登半島地震 【M6.9】	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」
	新潟県中越沖地震 【M6.8】	厚労省「水道施設の耐震化に関する検討会」
	2008(H20) 岩手・宮城内陸地震 【M7.2】	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)」
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)。

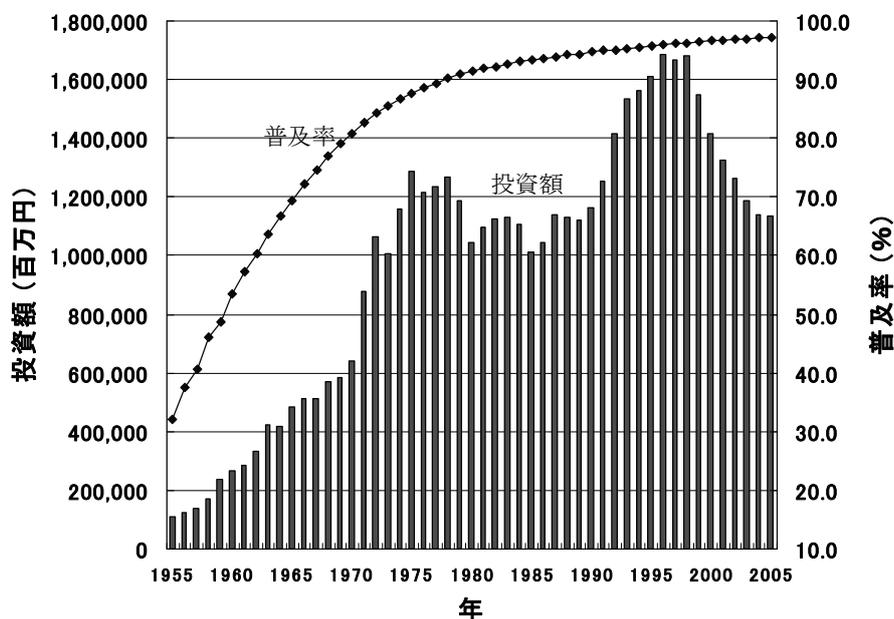


図 2.1 水道施設への投資額の推移

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。

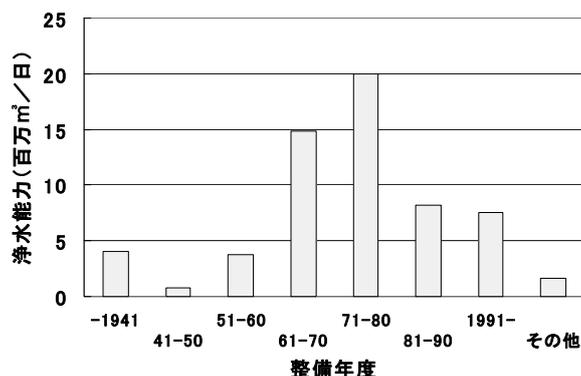


図 2.2 浄水能力の整備年代

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。

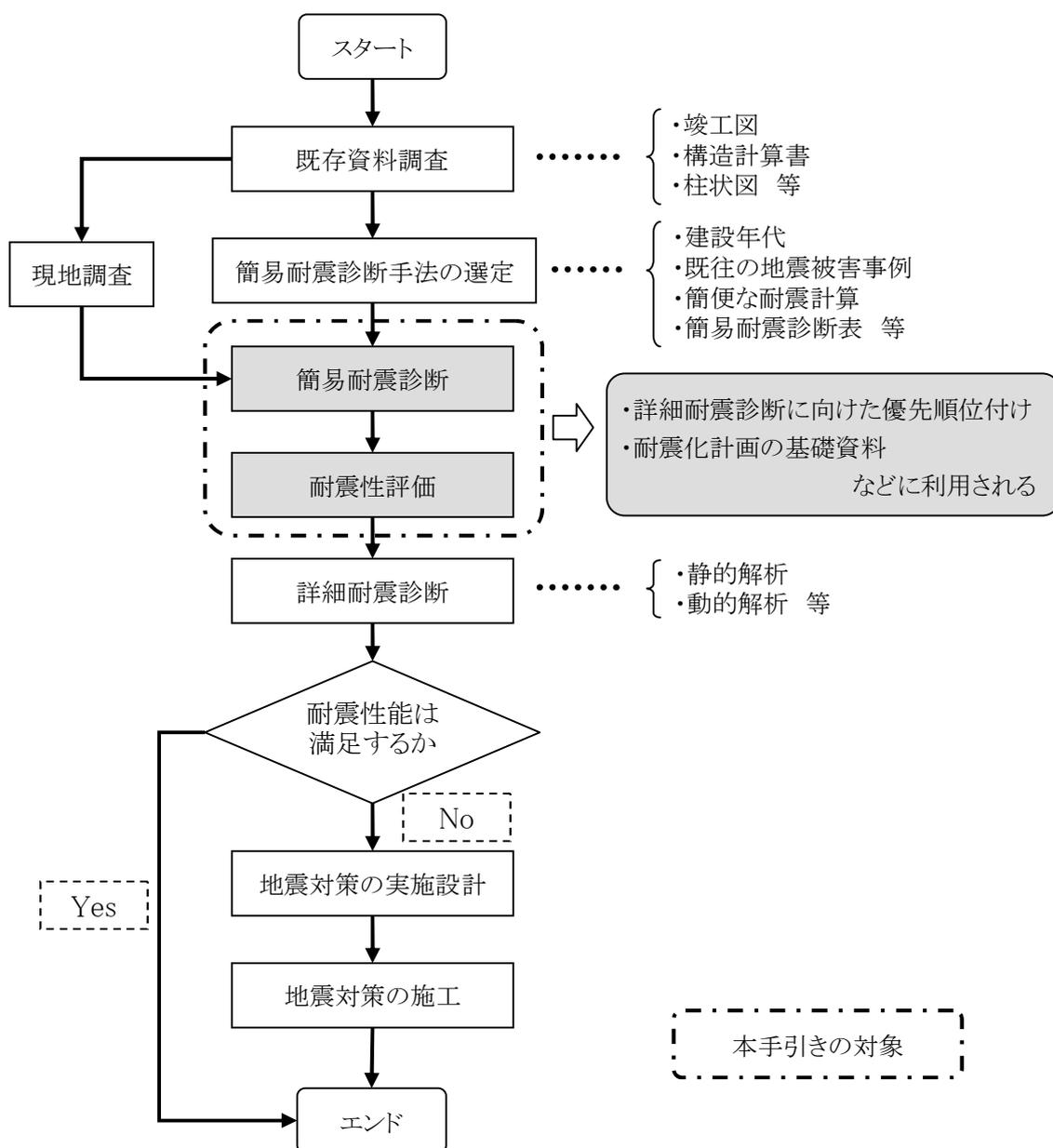


図 2.3 基本的な耐震診断の流れと簡易耐震診断の位置付け

(「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）年の策定以来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。

実際の耐震診断手法は、過去の被害実績に工学的判断を加えて耐震性の評価基準を作成し、いくつかの施設についてケーススタディを行い、これを修正して決定された。

(3) 耐震性評価項目と評価基準

既往簡易耐震診断表では、取水施設、浄水施設、配水施設及び管路などの主要な水道施設について、地震時に診断対象構造物等に被害を及ぼす影響の大きい「項目」、「範疇（区分）」、影響の度合いを示す「重み係数」、及び「耐震性の判断基準となる点数の範囲」が設定されている。

- 1) 項目：地盤種別や液状化などの地盤条件、構造的条件、建設年代、老朽度等の事項が診断対象構造物等ごとに設定されている。
- 2) 範疇（区分）：項目ごとに条件が複数に分けられている。
- 3) 重み係数：範疇（区分）ごとに影響の度合いを示す重みとして設定されている。
- 4) 耐震性の判断基準となる点数の範囲：耐震性の判断に当たっては、項目別に該当する範疇（区分）の重み係数を求め、そのすべてを掛け合わせた積がその構造物等の総得点となり、この総得点によって耐震性を判断するための点数の範囲が設定されている。

(4) 耐震性判定手順

耐震性の判定方法は、次の手順による。

- 1) 項目ごとに該当する1つの範疇（区分）を選定する。
- 2) 選定した範疇（区分）の重み係数をその項目の得点とする。
- 3) 震度階の項目については、判断しようとする震度階の重み係数を得点とする。
- 4) 各項目の得点を掛け合わせた積を総合得点とする。
- 5) 総合得点と耐震性の範疇（区分）の範囲で示された数字とを比較して適合する範疇（区分）が判断しようとする震度階における耐震性となる。

既往簡易耐震診断表の例として、表2.3に有蓋池状構造物の簡易耐震診断表を示す。表中には重み係数の選定による得点の例を示している。

また、以下に総得点の計算例と耐震性判定の例を示す。

総得点の計算と耐震性判定の例

・震度5の場合

$$0.5 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.5 \times \dots \times 1.5 \times 2.0 \times 2.0 \times 1.0 \times 1.0 = 4.9 \rightarrow < 7 \text{ 耐震性高}$$

\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow
 地盤 液状化 施工地盤 位置 材質 壁面積 / 池面積 建設年代 可とう管 伸縮目地 老朽度 震度階

・震度6の場合

$$0.5 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.5 \times \dots \times 2.0 \times 2.0 \times 1.0 \times 2.2 = 10.7 \rightarrow 7 \sim 15 \text{ 耐震性中}$$

(震度階以外は、震度5の場合と同じ) \uparrow
震度階

・震度7の場合

$$0.5 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.5 \times \dots \times 2.0 \times 2.0 \times 1.0 \times 3.6 = 17.5 \rightarrow > 15 \text{ 耐震性低}$$

(震度階以外は、震度5の場合と同じ) \uparrow
震度階

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のように、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ないことを意味するが、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。

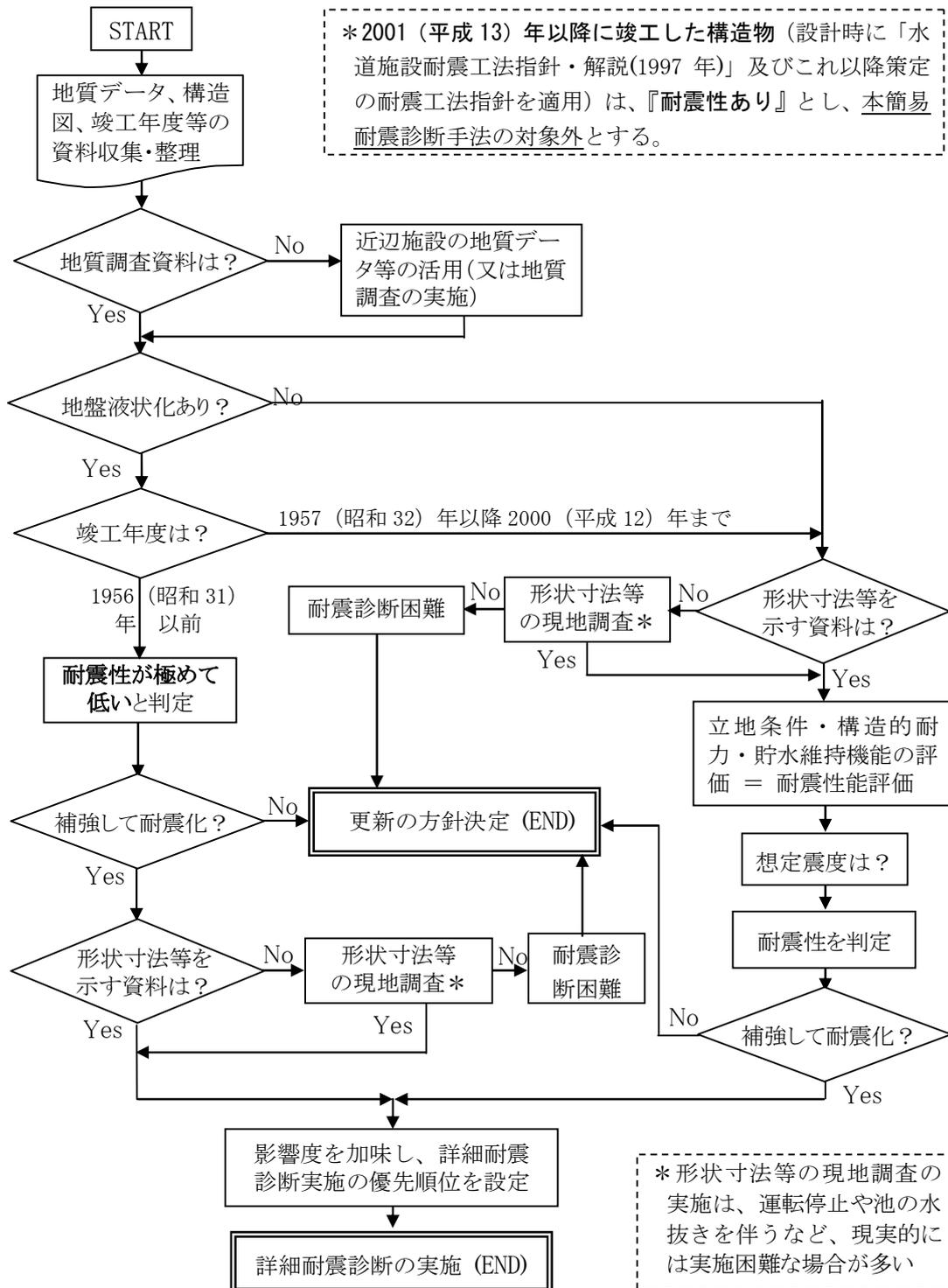


図 2.4 簡易耐震診断の実施手順 (再掲)

(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】構造的強度評価方法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。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事業体の66施設、無蓋池状構造物として12事業体の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）等々に基づく事業者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等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かな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価としての「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		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 (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

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。「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。

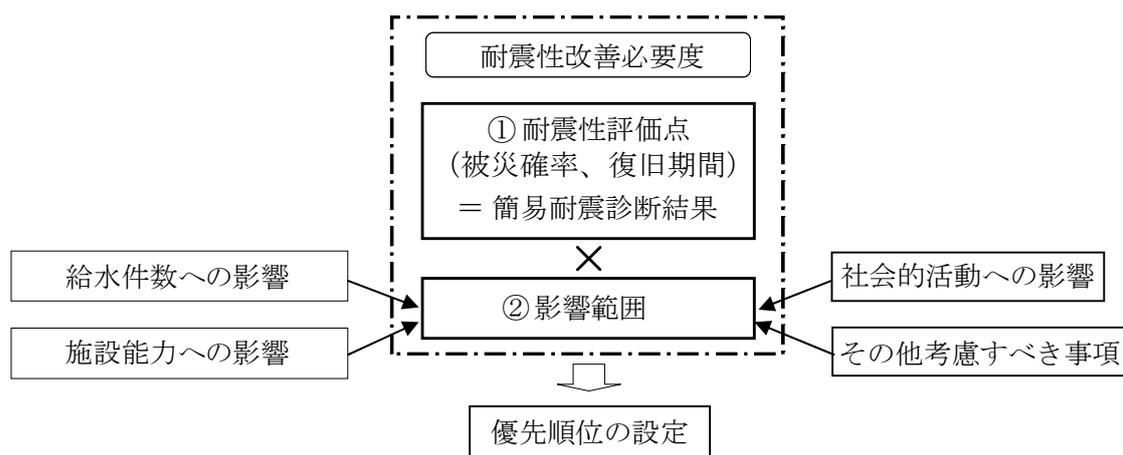


図-2.5 優先順位設定の考え方

(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		○○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	3.13		
		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. 給水にかなりな影響を与える。 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」				
	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」	4	3.13		
	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」					
	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	3.13		
	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出を参照願いたい。

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

- **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) ^{ちゅうせき}沖積層、^{こうせき}洪積層 [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る（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）に堆積

【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。

【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、水道事業者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）年度に水道事業者（用水供給事業者を含む。）を対象とするアンケート調査を実施した。

調査対象の事業者は、厚生労働省認可事業者及び当センター会員事業者（福島県、宮城県、岩手県を除く）の合計 535 事業者とした。このうち 282 事業者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。

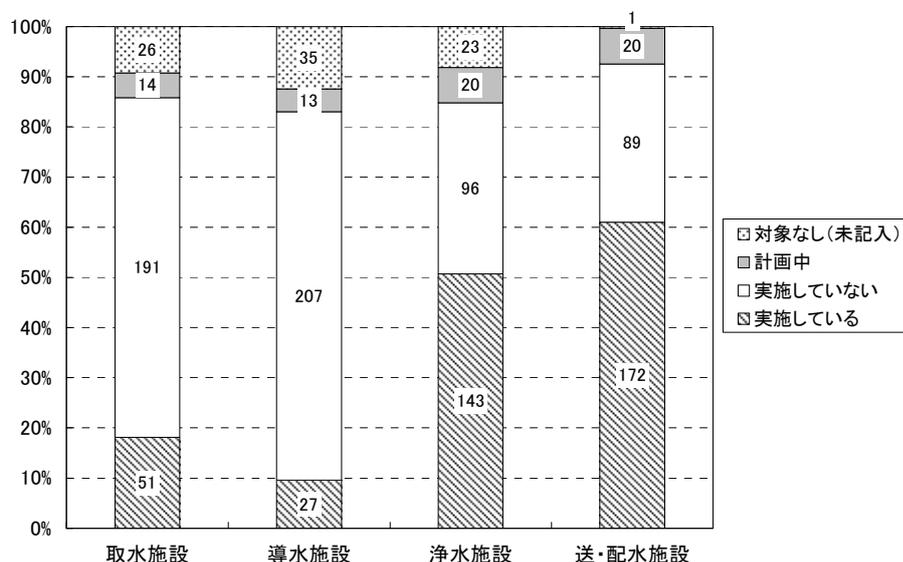


図 R2.1 各施設の詳細耐震診断実施状況

2) 事業者規模別実施状況

事業者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、事業者の規模は、地方公営企業年鑑における給水人口規模区分に準じた。

事業者の規模別に実施状況を見ると、規模が小さい事業者ほど、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者では実施割合が極めて少ない。

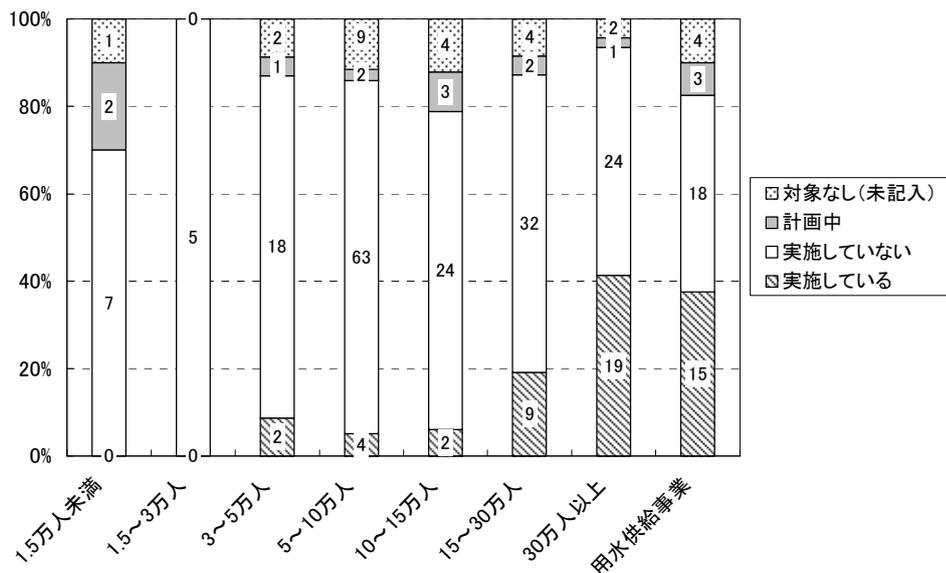


図 R2.2 事業体規模別実施状況（取水施設）

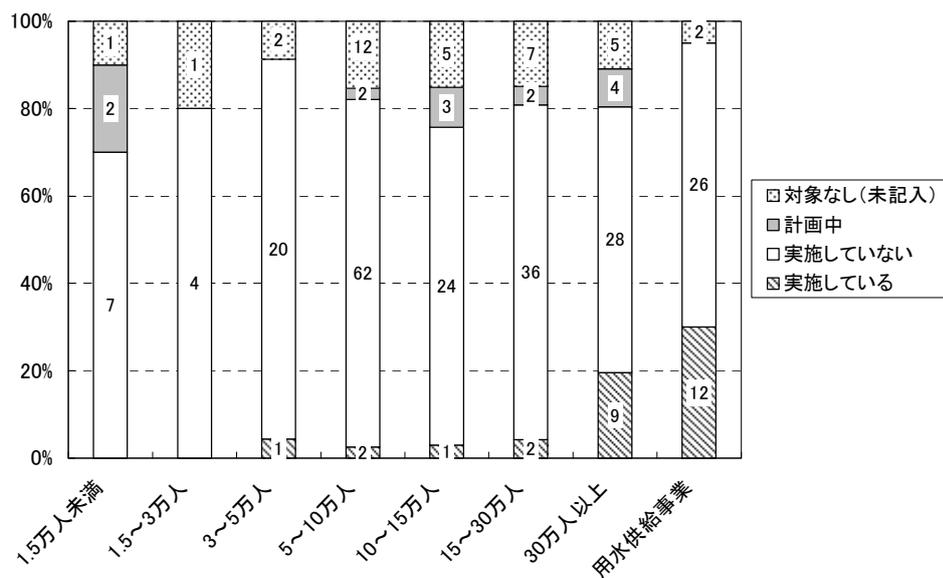


図 R2.3 事業体規模別実施状況（導水施設）

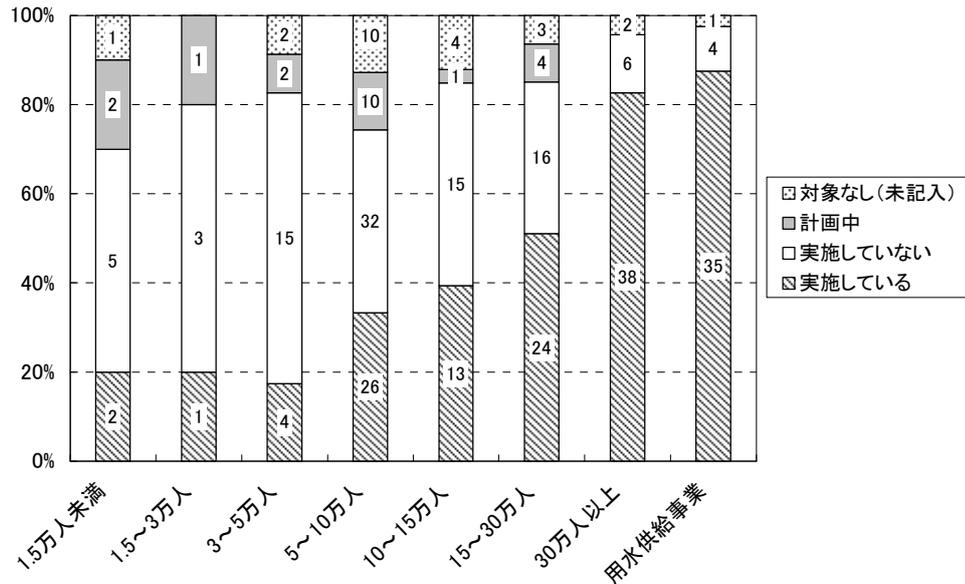


図 R2.4 事業体規模別実施状況（浄水施設）

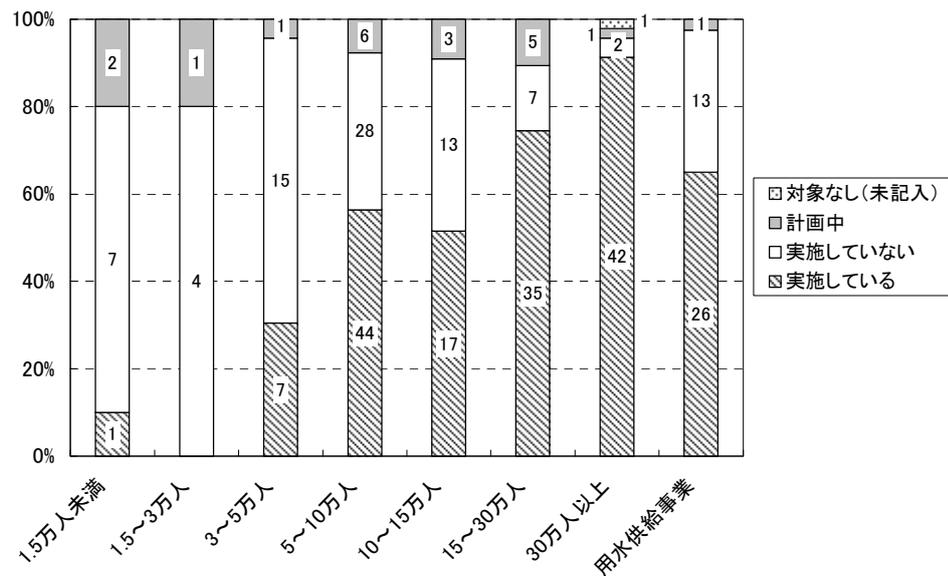


図 R2.5 事業体規模別実施状況（送・配水施設）

(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。

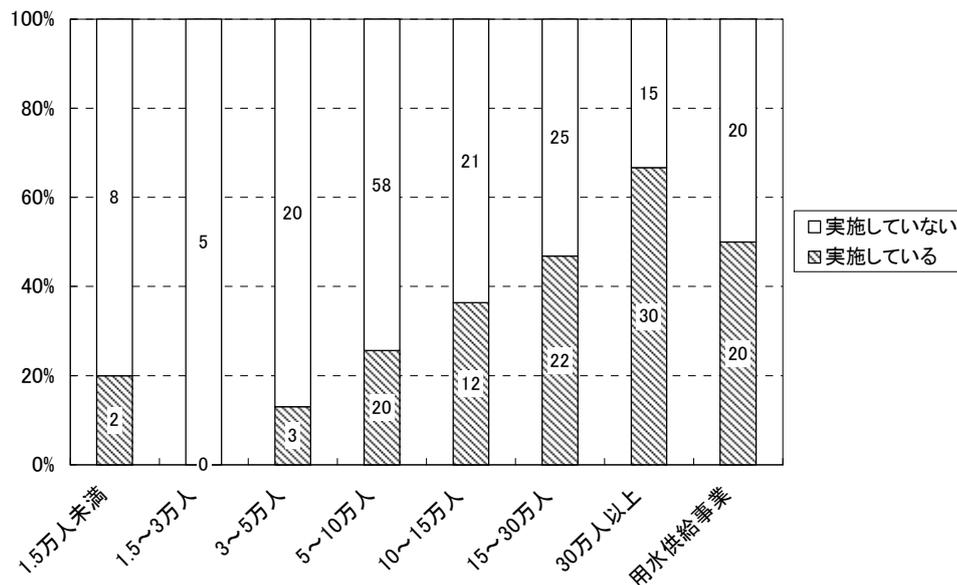


図 R2.6 事業者規模別の簡易耐震診断実施状況

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、規模が大きな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。

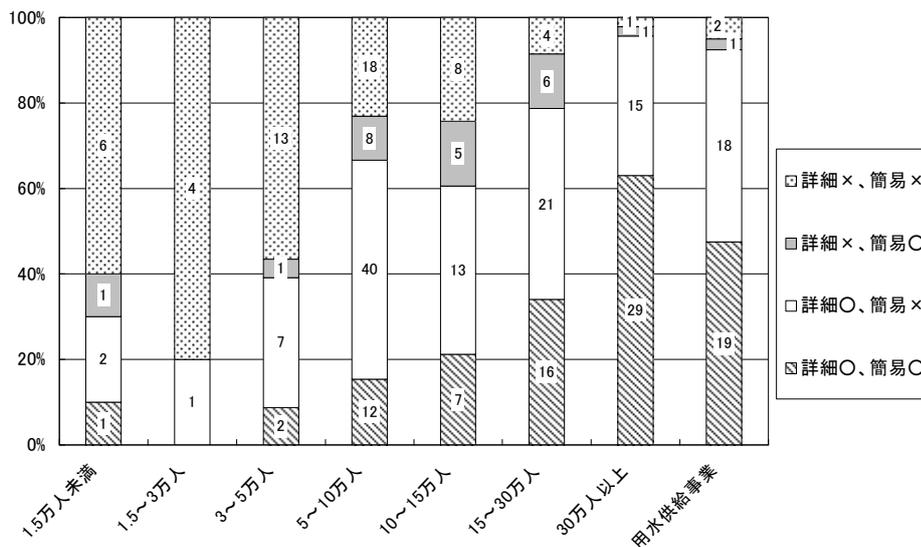


図 R2.7 詳細耐震診断と簡易耐震診断の組合せ実施状況

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

水道事業者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	49.3% (11/22)	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、填砂跡も散見され、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 鱒川浄水場
- ・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）

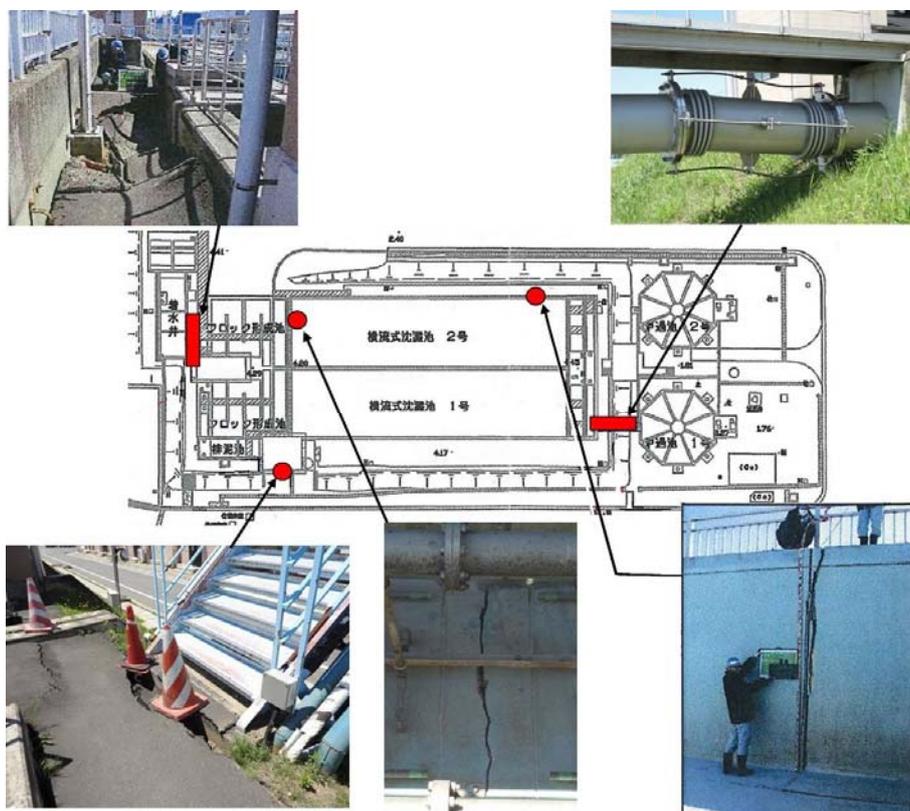


図 R3. 1 蛇田浄水場（宮城県・石巻地方広域水道企業団）の被災状況

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)手前管路環形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

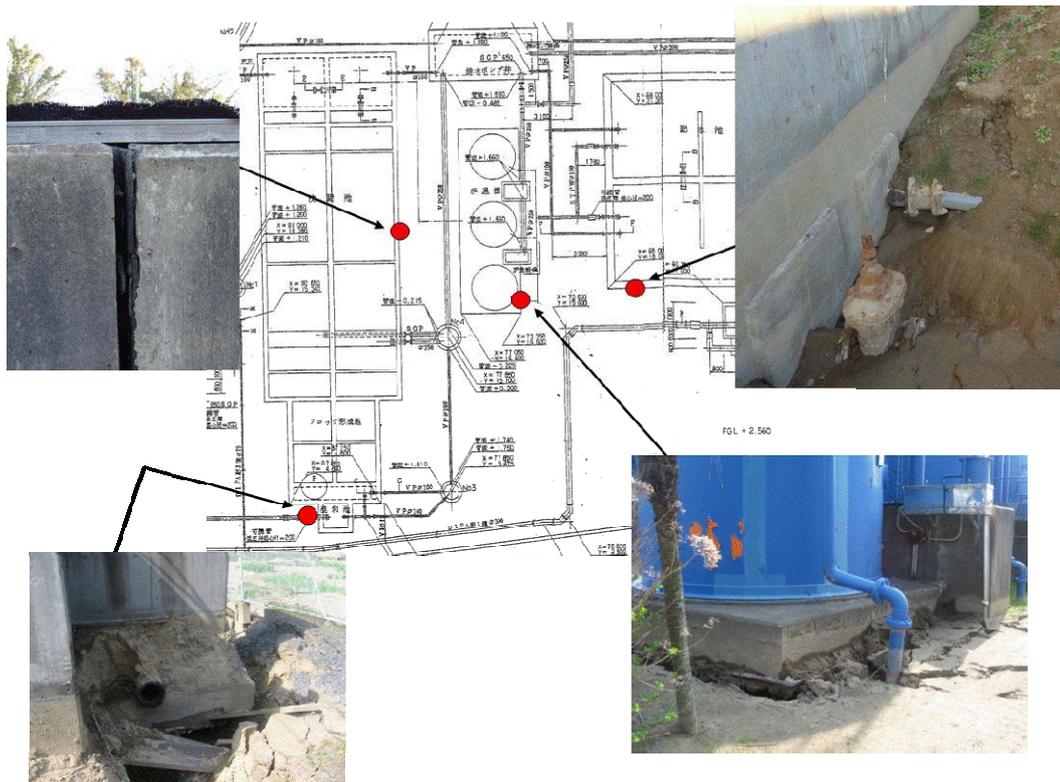


図 R3.3 神宿浄水場（千葉県・神崎町）の被災状況

4) 鷲神浄水場（宮城県・女川町）

北上川の表流水を水源とする鷲神浄水場（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

地震による構造物の被害は、外力である地震動や地盤変形による力が構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構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、鱈川浄水場は 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、主要土木構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ケース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・無蓋池状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での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が、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	底版	側壁					導流壁	スラブ
A	7,200 m ³ (2池)	RC造_フットス77'	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_フットス77'	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_フットス77'	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_フットス77'	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	240 m 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_フットス77'	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_フットス77'	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_フットス77'	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	8,500 m ³ (2池)	RC造_フットス77'	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	700 m ³ (2池)	RC造_フットス77'	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	1,000 m ³	RC造_フットス77'	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	130 m 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	2,000 m 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	0.050	0.1094
P	3,000 m ³	RC造_フットス77'	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	1,300 m 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	150 m 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	2,640 m 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	1,000 m ³ (2池)	RC造_フットス77'	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	0.5	1.5	1.5	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	
	恐れあり	2																				
	あり	3																				
施工地盤	地山、切土	1																				
	傾斜地等	1.2	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	
	山頂	1.3																				
位置	埋立地の盛土	1.5																				
	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	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
	半地下	1.1																				
材質	地下	1																				
	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	
	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	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
	0.05>	1.5																				
	5m \geq	1																				
総深	5m<	1.3	1.0	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.0	1.0	1.0	1.3	1.3	
	壁式	1																				
	柱・梁式	1.2																				
型式	フットスタブ	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	
	0.4m \geq	1																				
	0.4m<	1.2																				
上置土厚	1953年以前	1.8																				
	1953~1966	1.6																				
	1967~1980	1.5																				
建設年代	1980年以降	1	1.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
	あり	1																				
	なし	2																				
可撓管	良	1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
	不良	2																				
	小	1																				
伸縮目地	中	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
	大	2																				
	V	1																				
老朽度	VI	2.2	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	
	VII	3.6																				
	高い	10>																				
震度階	中	10~17	61.2	53.1	53.9	17.0	10.7	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	
	低い	17<																				
	耐震性評価		低	低	低	低	中	中	中	中	中	中	中	中	中	高	高	高	高	高	高	低
評点	高い	10>	61.2	53.1	53.9	17.0	10.7	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	
	中	10~17																				
	低い	17<																				

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	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	1.5	1.5	1.5	1.8	1.5	1.8	1.8	0.5	0.5	1.8	1.8	1.5	1.8	1.5	1.5	1.5	1.5			
	II種	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			
	III種	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			
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			
	恐れあり	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			
	あり	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			
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	1.0	1.0	1.0	1.0			
	傾斜地等	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			
	山頂	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			
	埋立地・盛土	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	1.0	1.0	1.0	1.0			
	地上	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2			
位置	半地下	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2			
	地下	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			
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			
	レンガその他	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0			
	0.2≦	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			
方向別壁面積 池面積	0.2~0.12	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2			
	0.12>	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5			
	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5			
建設年代	1953年以前	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8			
	1953~1966	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6			
	1967~1980	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5			
	1980年以降	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			
	あり	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0			
可撓管	なし	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0			
	良	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	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0			
伸縮目地	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			
	中	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5			
	大	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0			
老朽度	V	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			
	VI	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2			
	VII	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			
震度階	VI	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			
	VII	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	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			
評点	高い	53.5	53.5	51.8	42.8	28.5	10.7	10.7	3.0	3.0	10.7	8.6	9.7	16.0	57.0	8.9	9.7	9.7			
	中	53.5	53.5	51.8	42.8	28.5	10.7	10.7	3.0	3.0	10.7	8.6	9.7	16.0	57.0	8.9	9.7	9.7			
	低い	53.5	53.5	51.8	42.8	28.5	10.7	10.7	3.0	3.0	10.7	8.6	9.7	16.0	57.0	8.9	9.7	9.7			
耐震性評価		低	低	低	低	低	中	低	高	低	低	低	低	低	低	低	低	低			

3) 構造的強度の評価における問題点

有蓋構造物において、既往簡易耐震診断表における構造的強度を示す指標である「方向別壁面積/池面積」、「総深さ」、「型式」、「上載土厚」を抽出して集計すると、耐震性のない構造物と耐震性のある構造物の評価結果の差が小さくなっていることが分かる（表 R4.6）。また、無蓋構造物においては構造的強度を示す指標としては「壁面積/池面積」のみであり、今回収集した無蓋構造物では、耐震性の有無にかかわらず一定の数値となっている。

すなわち、既往の簡易耐震診断表では、地盤種別や液状化などの立地条件、可とう管の有無や伸縮目地などの貯水維持機能条件に左右される形で耐震性の高低が評価されており、構造物の強度に対する評価については耐震性の有無にかかわらずそれほど大きくない。しかし、簡易耐震診断とは詳細耐震診断に向かう前段階としてふるい分けや優先順位づけを行うために実施する手法の一つであることを考慮すると、その構造物の持つ強度・耐力は非常に重要な項目であると考えられる。

こうしたことから、より精度の高い簡易耐震診断を行うためには、既往簡易耐震診断表の「構造的強度」の評価方法の改善に向けた検討を行う必要があると判断される。

表 R4.6 構造的強度部分の簡易耐震診断の適用（有蓋構造物）

項目	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	R	S	T
方向別壁面積 池面積	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
総 深	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
型 式	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
上置土厚	1.2	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
評 点	2.5	3.3	1.7	2.1	1.2	1.5	1.5	2.7	3.3	2.1	2.1	1.4	2.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1.5	1.3	1.8

(3) 構造的強度評価方法の検討

1) 方向別壁面積/池面積

構造的強度の評価項目の検討に当たり、まず、強度及び耐震性に大きく影響する評価項目として「壁の量の多さ」について着目した。壁量の多さは、池面積に対する方向別壁面積の比率で評価され、既往簡易耐震診断表においては、面積比率が 0.05 を超えるかどうかで耐震性の有無が判定されている。

図 R4.1 は、表 R4.2 及び表 R4.3 に示されている構造諸元を基に、耐震・非耐震の有蓋・無蓋構造物の方向別壁面積と池面積の比率と池容量とを求め、その関係を示したものであるが、この図は、既往の判定基準では、小規模の非耐震構造物に対して「耐震性あり」の判定となる場合があることを示している。このことは、小規模構造物ほど池面積は小さくなるが、壁の面積（壁の厚さ）は施工上の制限からあまり小さく（薄く）することができないためであると考

えられる。

こうしたことから、現行の判定基準である一律 0.05 から、池容量 1,000m³未満では 0.07、1,000m³以上では 0.04 として、池容量に応じて評価基準を変えることにより規模別に適正な評価が可能となると考えられる。

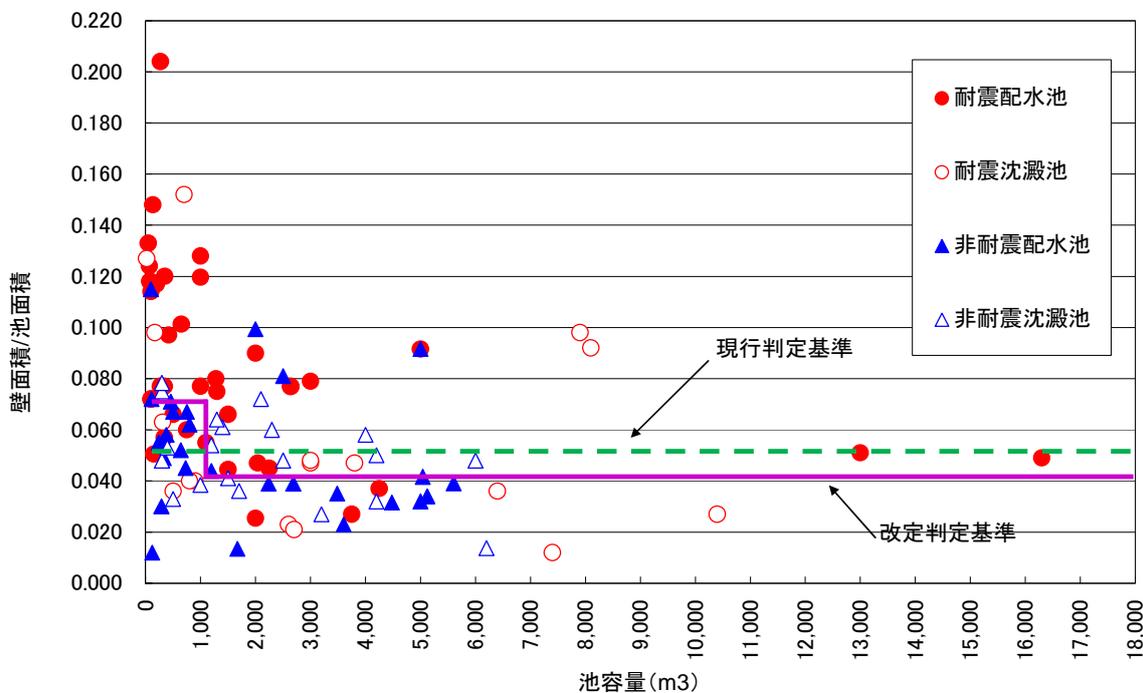


図 R4.1 方向別壁面積/池面積比と池容量の関係

2) 側壁の厚さ

次に、強度及び耐震性に大きく影響する他の評価項目として「側壁の厚さ」について検討した。一般に、鉄筋コンクリートは、作用する圧縮力にはコンクリートが働き、引張力には（稀には圧縮力にも）鉄筋が効果的に作用するという原理から、側壁の強度はコンクリートの厚さが支配的要因ではあるものの、鉄筋量も考慮する必要がある。しかし、中小水道事業体における竣工配筋図（使用鉄筋の太さや間隔を示す図面）の保有状況を調査したところ、旧基準適用構造物の 30～40%が鉄筋量不明となっており（章末の参考「配水池・沈澱池等の竣工図等の保有状況」を参照のこと）、鉄筋量を考慮した側壁厚さの評価が困難である。こうしたことから、側壁強度の支配的要素であるコンクリート厚さのみを評価することとした。

図 R4.2 は耐震・非耐震の配水池・沈澱池の側壁高さと同壁厚の実績値を示したものである。鉄筋量を無視しているため数値にややバラツキを生じているが、非耐震構造物では、側壁厚はすべて側壁高の 10%以下であり、耐震構造物についても、概ね側壁高の 10%である傾向が示されていることから、判定基準として有効であると考えられる。

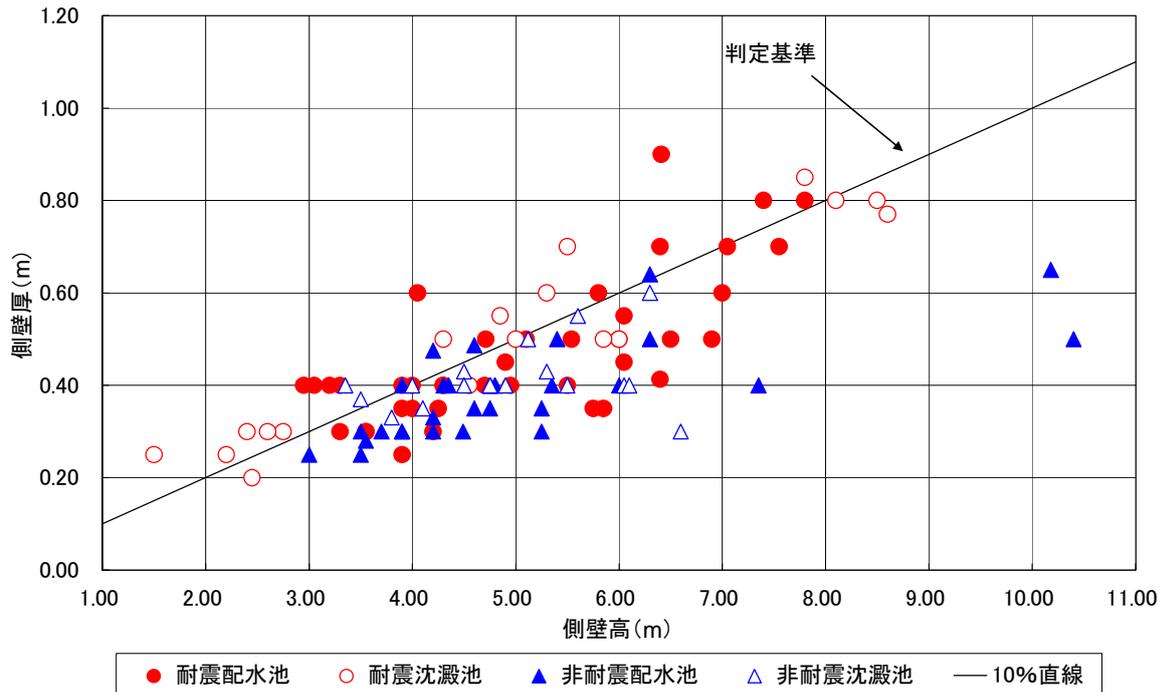


図 R4.2 壁の高さと厚さの関係

3 新たな簡易耐震診断表の提案

(1) 新簡易耐震診断表における評価項目

有蓋及び無蓋の池状構造物の新簡易耐震診断表は、基本的に既往の簡易耐震診断表の評価項目をベースとし、現況の土木技術水準などを踏まえて評価項目の追加・削除を行った。その際の基本的な考え方として、評価項目を「立地条件等」、「構造的強度」、「貯水機能保持力」の3つの大項目に分類し、これら进行评估の上、想定地震動レベルを考慮することとした。

表 R4.8 に、有蓋・無蓋構造物の新簡易耐震診断表の評価項目を示す。

・立地条件等

東日本大震災により被災し構造物等に大きな被害が発生した地域では液状化や盛土地盤の崩壊などが見受けられたことから、構造物が築造されている場所の影響は非常に大きいと考えられるため、「立地条件等」として、既往簡易耐震診断表の評価項目である「地盤」、「液状化」、「施工地盤」、「位置」の4項目を設定する。

・構造的強度

構造物本体の強度に関する項目として、設計時に適用した耐震工法指針の構造物強度に与える影響は極めて大きい。「竣工年度」は、旧「建設年代」と同様に設計時の適用耐震工法指針による評価を意図するものであるが、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わけを行った。また、「側壁厚の側壁高に対する比率」は新たな評価項目であり、壁厚さの適切さを評価するものであり、特に「無蓋池状構造物」における「総深」の評価に代わるものといえる。また、構造物の経年化が著しいと構造物の強度を低下させることから、「老朽度」は「劣化度」と変えて評価項目とし、「側壁厚と側壁高」を合わせた4項目により「構造的強度」として評価する。

表 R4.8 新簡易耐震診断表における評価項目（有蓋及び無蓋構造物）

評価項目		区分	
耐震性能	立地条件等	地盤種別	I 種
			II 種
			III 種
		液状化	なし
			おそれあり
			あり
		施工地盤	地山、切土
			傾斜地等
			山頂
			盛土
	位置	地下	
		半地下	
		地上	
	構造的強度	竣工年度	1983～2000年
			1970～1982年
			1957～1969年
			1956年以前
		方向別壁面積 池面積	基準値以上
			基準値未満
	側壁厚 側壁高	基準値以上	
基準値未満			
劣化度	小		
	中		
	大		
水密性	可撓管	あり	
		なし	
	伸縮目地	なし	
		あり	
想定震度		5+、6-	
		6+、7	

※1997年以降の耐震工法指針適用の施設については「耐震性あり」とし、簡易耐震診断の対象外とする。

・水密性（貯水保持力）

池状構造物と場内配管との接続部の可撓管、及び RC 構造物の伸縮目地は、対象構造物の水密性・貯水保持力という基本性能に大きく影響する。可撓管の評価は既往診断表と同様であるが、伸縮目地については、旧「良、不良」の判定が目視では困難であるため、「なし、あり」の評価に変更した。

・震度階（想定地震の震度）

簡易耐震診断が対象とする浄水施設等の構造物は「重要度」が高いことから、想定地震動レベルは、以下に示すレベル 1 又はレベル 2 の地震動のうち、原則としてレベル 2 地震動とする。

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

さらに、レベル 2 地震動に対応する想定地震の震度は、当該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。この震度階には震度 5 弱を入れていないが、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、これを除外する。

- 1) 震度 5 強又は震度 6 弱
- 2) 震度 6 強又は震度 7

・ 削除項目

「材質」については、レンガ造り・石造りは歴史的遺産として保存される場合を除いて極めて稀であり、今回調査の建造物を含め、現存する水道施設の建造物はそのほとんどが鉄筋コンクリート建造物であるため、新簡易耐震診断表の評価項目としては除外した。また、有蓋建造物の構造的強度の評価として使用されていた「総深」、「型式」、「上置土圧」について、「総深」は「側壁厚と側壁高」で評価でき、「型式」、「上置土圧」は今回収集した建造物の調査結果から、建造物の強度を表す指標としての相関が非常に低く、大きな影響を与えないことから、これらを除外する。

(2) 重み係数

新簡易耐震診断表における各評価項目の重み係数は、既往の簡易耐震診断表における設定値をベースとし、これを実際の建造物に適用したケーススタディを実施し、整合性の取れない場合など、必要に応じて設定変更を行うこととした。

(3) 耐震性の判定基準

有蓋・無蓋建造物の耐震性は、「立地条件等」、「構造的強度」、「水密性」の総合評価結果として「耐震性能」を求め、更に、想定する「震度」を考慮し最終的な評価結果として判定する。

新簡易耐震診断表では評価内容及び評価項目数が既往診断表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、新診断表による耐震診断を実施した 69 の建造物のデータを用い、ROC 解析による統計的手法によって耐震性判定基準を策定した。

ROC 解析の結果、「耐震性あり、耐震性なし」を区分する判別値は、耐震性の総合得点で $18.03 \approx 18$ である。簡易耐震診断表の耐震性判定は「高い」、「中」、「低い」の 3 段階であることから、この判別値を中心に幅を持たせて判定値とすることとし、試行錯誤的な検討の結果から ± 6 の幅を持たせ、以下のとおり設定する。

耐震性高い： $(18 - 6 =) 12 >$ (既往診断表では、無蓋建造物 $7 >$ 、有蓋建造物 $10 >$)

耐震性中： $12 \sim 24$ (同 無蓋建造物 $7 \sim 15$ 、有蓋建造物 $10 \sim 17$)

耐震性低い： $(18 + 6 =) 24 <$ (同 無蓋建造物 $15 <$ 、有蓋建造物 $17 <$)

この耐震性判定値を、耐震性の有無が既知の建造物データに当てはめると、図 R4.3 に示す分布状況となる（ただし、この図では得点が 48.0 を超える「耐震性なし」の 13 建造物及び「耐震性あり」の 3 建造物は、図の枠外であるため表示していない）。

この図では、「耐震性なし」の建造物は 1 件を除いて「耐震性が低い」及び「中」に分布しており、また、「耐震性あり」の建造物は若干の例外はあるものの「耐震性が高い」及び「中」に分布している。こうしたことから、詳細耐震診断結果と整合性のある結果が概ね得られることが示され、簡易的な耐震性判定基準として十分な精度を持つものと考えられる。

ただし、簡易耐震診断は、鉄筋コンクリート壁の厚さのみを評価し鉄筋量の多少を評価していないこと、建造物の基礎形式も考慮していないことなどの耐震性判定の精度低下を招く要素も含むものであって、このことは簡易耐震診断の限界を示唆していると言える。

注) ROC 解析は、第 2 次世界大戦中に飛行機を発見するレーダーシステムの性能評価を目的として

考案された方法であり、放射線画像診断の判断意思決定評価、CAD システムの性能評価をはじめ、様々な問題に用いられている解析手法である。

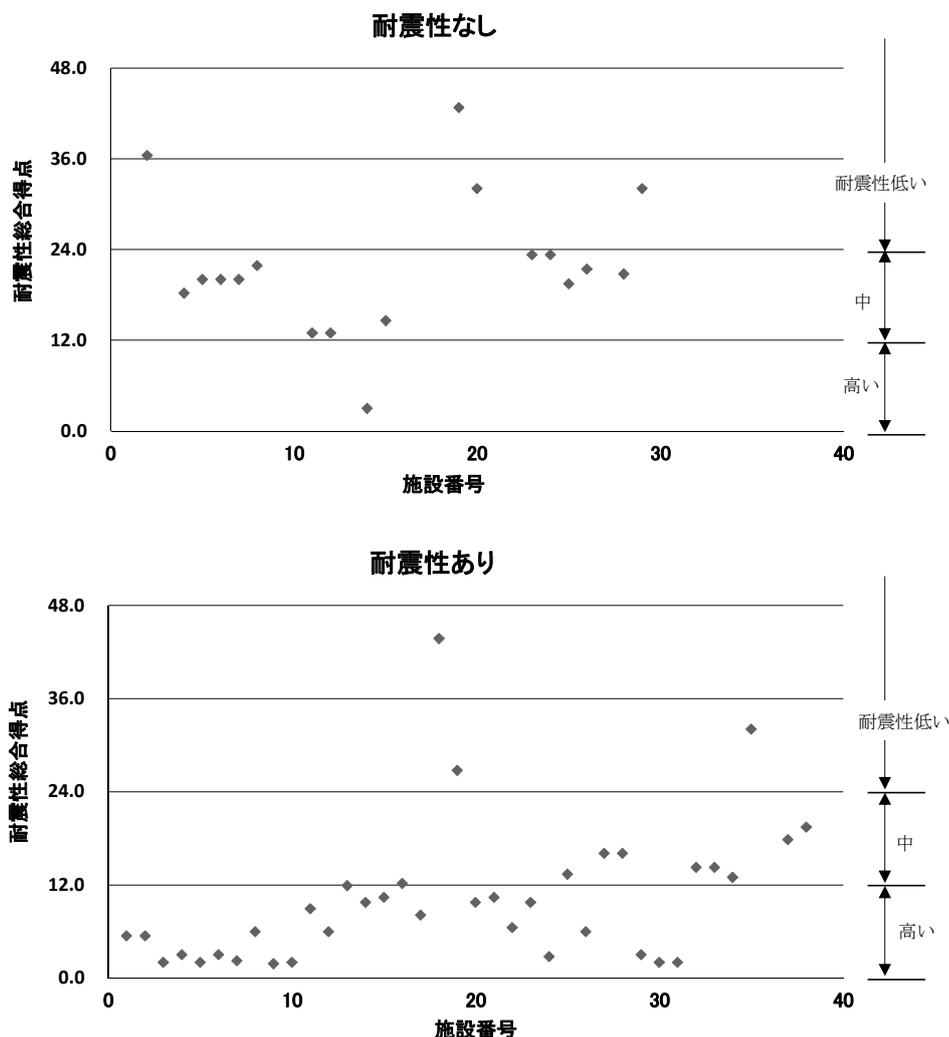


図 R4.3 新たな耐震性判定基準の適用結果

(4) 新簡易耐震診断表

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、表 R4.9 のとおり作成した。評価方法は、既往簡易耐震診断表と同様にすべての項目の重み係数の積を行い耐震性の評価を行う。

新簡易耐震診断表においても、評価点の数値が大きいほど耐震性が低いことを示す。

なお、「有蓋・無蓋池状構造物」以外の構造物に関する簡易耐震診断表については、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改善を行った。また、「場内配管」の簡易耐震診断表は存在しなかったが、「平成 18 年度 管路の耐震化に関する検討会」（厚生労働省）の資料に基づき、新たに作成した。

「有蓋・無蓋池状構造物」以外の構造物の簡易耐震診断表及び「場内配管」の簡易耐震診断表は【資料 5】簡易耐震診断表に記載した。

表 R4.9 有蓋及び無蓋構造物の新簡易耐震診断表

種別		有蓋・無蓋池状構造物（浄水池・配水池、沈澱池・ろ過池等）					
名称		〇〇市水道部 ●●第2浄水場 横流式薬品沈澱池					
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 474.5 m ³ 基準値0.04 > 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) 密性能	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

4 ケーススタディによる新簡易耐震診断表の改善効果及び診断の有効性

(1) 新簡易診断表の改善効果

表 R4. 9 の新簡易耐震診断表を用いて、予め対象構造物の耐震性が判明している表 R4. 2、表 R4. 3 の有蓋構造物及び無蓋構造物を対象に耐震性評価を行うケーススタディを実施した。その耐震性評価結果を、有蓋構造物については表 R4. 10 に、無蓋構造物については表 R4. 11 にそれぞれ示す。

また、これらの構造物は既に既往簡易耐震診断表を適用した結果が得られている（表 R4. 4 及び表 R4. 5）ので、図 R4. 4 及び図 R4. 5 に、これらの既往簡易耐震診断表及び新簡易耐震診断表の耐震性判定結果を比較して示した。（有害構造物についての図 R4. 4 は表 R4. 4 と表 R4. 10 を比較、無蓋構造物についての図 R4. 5 は表 R4. 5 と表 R4. 11 を比較した。いずれの表においても、耐震性評価点の数値が大きいほど耐震性は低い。）

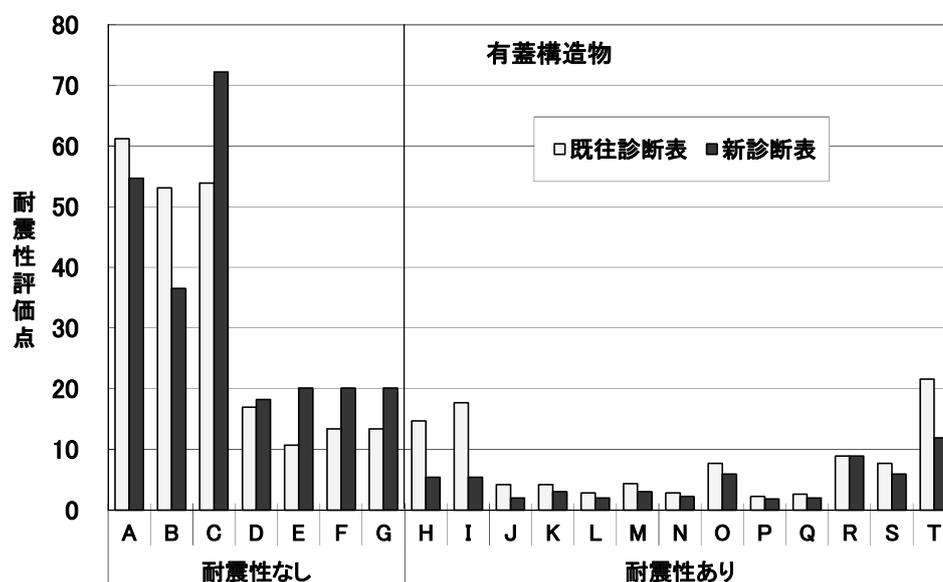


図 R4. 4 既往簡易耐震診断表と新簡易耐震診断表の診断結果の比較（有蓋構造物）

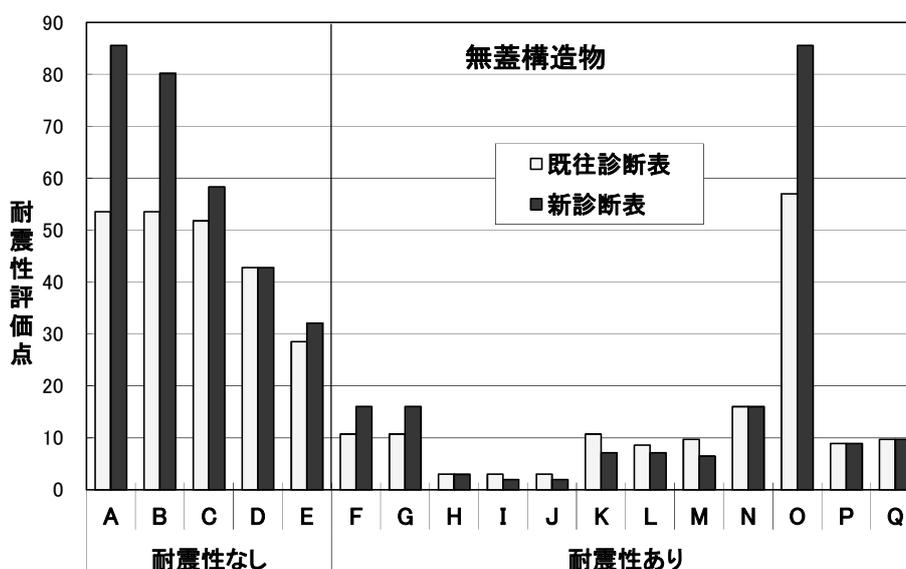


図 R4. 5 既往簡易耐震診断表と新簡易耐震診断表の診断結果の比較（無蓋構造物）

表 R4.10 新簡易耐震診断表によるケーススタディ結果 (有蓋構造物)

評価項目	評価方法 ()内は重み係数										耐震性																	
	I種 (0.5)		II種 (1.5)		III種 (1.8)		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T		
地盤種別	なし		おそれあり		あり		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	1.5		
	液状化						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	1.5	
施工地盤	地山、切土		傾斜地等		山頂		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	1.0	
	地下		半地下		地上		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	1.1	1.1
竣工年度	1983年～ 2000年		1970年～ 1982年		1957年～ 1969年		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	1.0	1.0
	方向別油面積 壁面積		基準以上 (1.0)		基準未満 (1.5)		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	1.0	1.0
側壁厚 側壁高	基準以上 (1.0)		基準以上 (1.0)		基準未満 (1.5)		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	1.0	
	劣化度		小 (1.0)		中 (1.5)		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	1.0	1.0
可撓管	あり (1.0)		なし (2.0)		なし (2.0)		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	1.0	
	伸縮目地		耐震 (1.0)		非耐震 (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	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
想定震度	SI-1 (2.2)		SI-2 (3.6)		SI-2 (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	3.6	3.6	
	耐震性		耐震性		耐震性		54.68	36.45	72.17	18.23	20.05	20.05	20.05	20.05	5.40	5.40	1.98	2.97	1.98	2.16	5.94	1.80	1.98	8.91	5.94	1.98	11.88	11.88

表 R4.11 新簡易耐震診断表によるケーススタディ結果（無蓋構造物）

評価項目	評価方法 ()内は重み係数(点数)				耐震性																
	I種 (0.5)	II種 (1.5)	III種 (1.8)		A	B	C	D	E	耐震性 あり											
地盤種別	なし	おそれあり (2.0)	あり (3.0)		1.5	1.0	1.0	1.0	1.5	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	液状化 (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
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)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	地下 (1.0)	半地下 (1.1)	地上 (1.2)	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	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
竣工年度	1983年～ 2000年 (1.0)	1970年～ 1982年 (1.5)	1957年～ 1969年 (1.6)	1956年以前 (1.8)	1.6	1.5	1.8	1.0	1.8	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	1983年～ 2000年 (1.0)	1970年～ 1982年 (1.5)	1957年～ 1969年 (1.6)	1956年以前 (1.8)	1.6	1.5	1.8	1.0	1.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.6	1.0	1.0
方向別池面積 壁面積	基準以上 (1.0)	基準未満 (1.5)	基準未満 (1.5)	基準未満 (1.5)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	基準以上 (1.0)	基準未満 (1.5)	基準未満 (1.5)	基準未満 (1.5)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
側壁厚 側壁高	基準以上 (1.0)	基準未満 (1.5)	基準未満 (1.5)	基準未満 (1.5)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	基準以上 (1.0)	基準未満 (1.5)	基準未満 (1.5)	基準未満 (1.5)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
劣化度	小 (1.0)	中 (1.5)	大 (2.0)	大 (2.0)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	小 (1.0)	中 (1.5)	大 (2.0)	大 (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	1.0	1.0	1.0	1.0
可とう管	あり (1.0)	なし (2.0)	なし (2.0)	なし (2.0)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	あり (1.0)	なし (2.0)	なし (2.0)	なし (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	2.0	1.0	1.0
伸縮目地	なし (1.0)	あり (2.0)	あり (2.0)	あり (2.0)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	なし (1.0)	あり (2.0)	あり (2.0)	あり (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	2.0	1.0	1.0
想定震度	5+, 6- (1.0)	6+, 7 (3.6)	6+, 7 (3.6)	6+, 7 (3.6)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	5+, 6- (1.0)	6+, 7 (3.6)	6+, 7 (3.6)	6+, 7 (3.6)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	16.04	16.04	2.97	1.98	1.98	7.13	7.13	6.48	16.04	85.54	8.91	9.72
耐震性能					85.54	80.19	58.32	42.77	32.08	16.04	16.04	2.97	1.98	1.98	7.13	7.13	6.48	16.04	85.54	8.91	9.72
耐震性能					耐震性																

既往簡易耐震診断表による耐震性評価点と新簡易耐震診断表によるそれとを比較すると、既往簡易耐震診断表適用の場合は、「耐震性あり」にもかかわらず「耐震性なし」よりも耐震性が低い（耐震性評価点の数値が大きい）という矛盾を生じている構造物が幾つか見られるが、新簡易耐震診断表を適用すると、無蓋構造物 0 を除くすべてでこの矛盾は解消されていて、新簡易耐震診断表の改善効果が見られる。

なお、唯一の例外である無蓋構造物 0 は、側壁の量・厚さともに不十分のため大きな数値の評価点となって耐震性が低い結果となったが、簡易耐震診断では鉄筋量を考慮せずにコンクリート厚さのみを評価していることから、診断手法の違いによって詳細耐震診断結果との差が出たためであると考えられ、簡易耐震診断の限界を示唆している。

(2) 新簡易診断表の有効性

表 R4. 10 の有蓋構造物の新簡易耐震表適用結果を見ると、非耐震構造物（7 例）中の最小点は 18.23 であり、耐震構造物（13 例）の最大点（11.88）よりも数値が大きく、耐震性が低い判定結果を得ており、非常に良好な簡易耐震診断結果である。

一方、表 R4. 11 の無蓋構造物では、非耐震構造物（5 例）中の最小が 32.08 点であるのに対して、耐震性構造物 12 例のうち 1 つ（無蓋構造物 0）が非耐震構造物の最小点より大きな値（85.54 点）を示したが、その他の構造物についてはいずれも妥当な簡易耐震診断結果となった。

これらの結果を総括すると、37 例の構造物のうち 36 例の耐震性判定が妥当な結果を得たことになり、新簡易耐震診断表の有効性が検証された。

なお、無蓋構造物 0 の判定結果に関しては、前項で述べたように、鉄筋量を考慮しない診断手法であるために生じる矛盾であると考えられる。

また、無蓋構造物の耐震性評価点は有蓋構造物と比較すると数値が大きくなる傾向にあるが、この原因としては、このケーススタディにおける有蓋構造物は主に配水池であり、配水池は山間部など地盤条件の良い地域に築造されているのに比べ、無蓋構造物は浄水場などの沈澱池や沈砂池であり、地盤条件が悪い河川付近や低地に築造される場合もある。このため、無蓋構造物では立地条件である「地盤」の評価点が大きくなるため、必然的に総合的な耐震性の判定において数値がやや大きくなる傾向にあると考えられる。

5 その他の構造物の簡易耐震診断表

取水堰、深井戸など、有蓋・無蓋構造物以外の構造物についても、有蓋・無蓋構造物と同様に耐震性を評価し、影響範囲を考慮して優先順位を決定する必要がある。

有蓋・無蓋構造物は最新耐震工法指針を適用した事例や詳細耐震診断実施済のものが多いが、取水堰、深井戸などは、このような事例が極めて少なく、検討に必要なデータの収集ができないことから、無蓋・有蓋構造物と同様に統計的な手法によって簡易耐震診断表を改定することは困難である。

このため、無蓋・有蓋構造物における検討結果を参考にしつつ工学的判断により簡易耐震診断表を改定することとする。また、評価項目の数が各構造物によって異なることから、耐震性の高低を示す耐震性評価点（評価平均値）の数値の幅が異なるため、異種の構造物間の優先順位を検討するには、この評価平均値を 10 点満点に換算して点数調整を行う必要がある。

(参考) 配水池・沈澱池等の竣工図等の保有状況

浄水池・配水池及び沈澱池等の竣工図保有状況を参考表 R4.1～参考表 R4.3 示す。

構造図については、浄水池・配水池：77%、沈澱池等：97%、また、配筋図についても、浄水池・配水池：71%、沈澱池等：91%、と保有率が極めて高い結果となった。なお、D市・E市では構造計算書の有無についても回答していただいたが、これについては、浄水池・配水池：12%、沈澱池等：17%、保管状況は低い結果であった。

こうした保管状況は、各事業者におけるリスク管理の意識の高さが影響することが考えられ、過去の新潟地震や特に近年の新潟県中越・中越沖などの地震経験のあるD市・E市は高い数値となっていることも考えられ、全国ベースでは幾らか割り引いて考える必要がある可能性を示唆している。

B市、C市では、データは少ないため浄水池・配水池と沈澱池を合わせて考えると、構造図保有率が、浄水池・配水池・沈澱池等：67%、配筋図は53%、である。

以上の調査結果から、以下の考察が得られる。

1. 構造図はおよそ70～80%程度の保有率と考えられ、壁厚等の部材厚を考慮する判定指標は有効と考えられる。一方、配筋図は50～70%の保有率とやや低く、鉄筋量を考慮した部材耐力による耐震性評価の前提とすることは、簡易耐震診断実施の事業者を制限しかねないリスクを伴う。
2. 詳細耐震診断の際には、構造図及び配筋図の保有が必須条件である。詳細耐震診断は、与条件の地震動に対して、部材応力が許容範囲にあるか否かを構造計算して判定するものであるため、計算に当たっては、部材の厚さと配筋量が与えられなければ計算ができないからである。

もし、これらの竣工図がない場合には、実測によって構造寸法を計測し、鉄筋探査機等により配筋状況を把握（推定）することとなるが、その場合底版は池を空にする必要があり、調査は困難を伴う。

「竣工図の有無」は、「液状化の有無」、「建設年代（適用設計基準）」と同様に、詳細耐震診断や更新等の抜本対策に進む前の大きな判断岐路になるものと考えられる。

参考表 R4.1 浄水池・配水池の竣工図面等の保有状況の集計（旧基準）

調査項目 水道事業体名	調査報告 池数	旧基準 適用 池数	旧基準						
			構造図		配筋図		構造計算書		
			○	×	○	×	○	×	不明
A市	4	0							
B市	7	7	7	0	7	0			7
C市	27	26	15	11	11	15			26
D市	10	10	10	0	10	0	2	8	
E市	24	22	18	4	18	4	2	22	
小計	72	65	50	15	46	19	4	30	33
該当率		100.0	76.9	23.1	70.8	29.2	11.8	88.2	-

参考表 R4.2 浄水池・配水池の竣工図面等の保有状況の集計（新基準）

調査項目 水道事業体名	新基準 適用 池数	新基準							
		構造図		配筋図		構造計算書			
		○	×	○	×	○	×	不明	
A市	4	4	0	4	0			4	
B市	0								
C市	1	1	0	1	0			1	
D市	0								
E市	2	2	0	2	0	0	2		
小計	7	7	0	7	0	0	2	5	
該当率		100.0	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	-

参考表 R4.3 沈澱池等の竣工図面等の保有状況の集計

調査項目 水道事業体名	調査報告 池数	旧基準 適用 池数	旧基準						
			構造図		配筋図		構造計算書		
			○	×	○	×	○	×	不明
A市	1	1	1	0	1	0			1
B市	0								
C市	2	2	1	1	0	2			2
D市	12	12	12	0	12	0	2	10	
E市	17	17	17	0	16	1	3	14	
小計	32	32	31	1	29	3	5	24	3
該当率		100.0	96.9	3.1	90.6	9.4	17.2	82.8	-

※D市・E市のデータは、沈砂池・着水井・ろ過池等を含む

※新基準適用の沈澱池等の報告はない

【資料 5】 簡易耐震診断表

1 「有蓋・無蓋池状構造物」以外の構造物等の簡易耐震診断表

既に新簡易耐震診断表の例として有蓋・無蓋池状構造物（配水池・浄水池、沈澱池・ろ過池等）の簡易耐震診断表を示した。

一方、「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。また、「場内配管」の簡易耐震診断表は「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。

この資料編では、これらの構造物等の新簡易耐震診断表を示すが、これらは実施例による詳細検討を行った結果に基づくものが多いので、「参考」の扱いとする。

また、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、耐震性評価のための竣工年度の扱いも異なることに留意願いたい。

なお、これらの新簡易耐震診断表及び有蓋・無蓋池状構造物の新簡易耐震診断表は、本手引きの必要なページをコピーして使うこともできるが、添付の CD-ROM に Microsoft Excel による電子版の診断表が格納されており、 部分に必要なデータを入力すると評価点が自動計算されるので、これを活用すると比較的容易に簡易耐震診断を実施することができる。

本資料で「参考」として示す「有蓋・無蓋池状構造物」以外の構造物の新簡易耐震診断表

取水・導水施設	浅井戸、深井戸、取水堰、取水塔、取水門、導水隧道、開渠・暗渠
送水・配水施設	配水池、配水塔、PC タンク、高架水槽
共通	場内配管

（有蓋・無蓋池状構造物の診断表も「再掲」として示す。）

表 R5.1 浅井戸の簡易耐震診断表（参考）

種別	浅井戸					担当者	
名称						作成年月	
評価項目		区分	点数	評価点	平均点	備考	
耐震性能	立(外的条件)	地盤種別	I種	1.0		(0.00) 0.00	
			II種	1.5			
			III種	1.8			
		液状化	なし	1.0			
			おそれあり	2.5			
			あり	5.0			
	構造的強度	材質	鉄筋コンクリート	1.0		(0.00) 0.00	
			レンガ その他	2.0			
		井戸深さ	5m \geq	1.0			
			5m<	1.5			
		内径	3m<	1.0			
			3m \geq	1.2			
	部材の劣化度	小	1.0				
		大	2.0				
	水密性	可とう管	あり	1.0		(0.00) 0.00	
なし			2.0				
想定震度		震度5+、6-	2.2				
		震度6+、7	3.6				
耐震性		高い(6.0>)		0.00			
		中(6.0~9.0)					
		低い(9.0<)					
耐震性評価点		評価平均値		(0.00)	(参考)最大値	2.16	
		10点満点換算値		0.00			

注) ()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。

表 R5.2 深井戸の簡易耐震診断表（参考）

種 別		深井戸				担当者	
名 称						作成年月	
評 価 項 目			区 分	点 数	評価点	平均点	備 考
耐 震 性 能	立 外 的 条 件 （ 地 盤 種 別 ）	地盤種別	I 種	0.9		(0.00) 0.00	
			II 種	1.1			
			III 種	1.2			
	構 造 的 強 度 （ 内 的 条 件 ）	ケーシング径	350mm<	1.0		(0.00) 0.00	
			200～350mm	1.1			
			200mm>	1.2			
		ケーシング 接合方法	溶 接	1.0			
			その他	1.5			
		部材の劣化度	小	1.0			
	大		2.0				
	水 密 性	可とう管	あり	1.0		(0.00) 0.00	
			なし	3.0			
	想 定 震 度			震度5+、6-	2.2		
				震度6+、7	3.6		
耐 震 性			高い（4.0>）		0.00		
			中（4.0～8.0）				
			低い（8.0<）				
耐 震 性 評 価 点			評価平均値	(0.00)	(参考)最大値	1.90	
			10点満点換算値	0.00			

注) ()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。

表 R5.3 取水堰の簡易耐震診断表（参考）

種別		取水堰				担当者	
名称						作成年月	
評価項目		区分	点数	評価点	平均点	備考	
耐震性能	立地条件 (外的条件)	地盤種別	I種	0.5	(0.00) 0.00		
			II種	1.5			
			III種	1.8			
		液状化	なし	1.0			
			おそれあり	1.5			
			あり	2.0			
		洗掘の程度	小	1.0			
			中	1.5			
			大	2.0			
	構造的強度 (内的条件)	材質	鉄筋コンクリート	1.0	(0.00) 0.00		
			石造 その他	1.2			
		堰長	60m \geq	1.0			
			60m $<$	1.2			
	想定震度		震度5+、6-	2.2			
震度6+、7			3.6				
耐震性		高い(4.5 $>$)		0.00			
		中(4.5 \sim 6.5)					
		低い(6.5 $<$)					
耐震性評価点		評価平均値		(0.00)	(参考)最大値	1.83	
		10点満点換算値		0.00			

注) ()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。

表 R5.4 取水塔・配水塔の簡易耐震診断表（参考）

種 別		取水塔 配水塔				担当者	
名 称						作成年月	
評 価 項 目		区 分	点 数	評価点	平均点	備 考	
耐 震 性 能	（ 立 外 地 的 条 件 ）	地盤種別	I 種	0.5		(0.00) 0.00	
			II 種	1.5			
			III 種	1.8			
		液状化	なし	1.0			
			おそれあり	1.5			
			あり	2.0			
	構 造 的 強 度 （ 内 的 条 件 ）	材 質	鋼	0.9		(0.00) 0.00	
			鉄筋コンクリート	1.0			
			レンガ その他	1.8			
		高 さ	5m>	1.0			
			5m～10m	1.4			
			10m<	1.7			
		部材の劣化度	小	1.0			
			中	1.5			
			大	2.0			
想定震度		震度5+、6-	2.2				
		震度6+、7	3.6				
耐 震 性		高い (5.0 >)		0.00			
		中 (5.0 ~ 7.0)					
		低い (7.0 <)					
耐 震 性 評 価 点		評価平均値		(0.00)	(参考) 最大値	2.07	
		10点満点換算値		0.00			

注) ()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。

表 R5.5 取水門の簡易耐震診断表（参考）

種別	取水門					担当者	
名称						作成年月	
評価項目		区分	点数	評価点	平均点	備考	
耐震性能	（ 外的 条件 ）	地盤種別	I種	0.5		(0.00) 0.00	
			II種	1.5			
			III種	1.8			
		液状化	なし	1.0			
			おそれあり	1.5			
			あり	2.0			
	構造的強度 （ 内的 条件 ）	材質	鉄筋コンクリート	1.0		(0.00) 0.00	
			石積み・ブロック積	1.8			
		高さ	3m>	1.0			
			3m～6m	1.5			
			6m<	2.0			
		部材の劣化度	小	1.0			
			中	1.5			
	大		2.0				
想定震度		震度5+、6-	2.2				
		震度6+、7	3.6				
耐震性		高い(6.0>)		0.00			
		中(6.0～10.0)					
		低い(10.0<)					
耐震性評価点		評価平均値		(0.00)	(参考)最大値	2.13	
		10点満点換算値		0.00			

注) ()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。

表 R5.6 導水隧道の簡易耐震診断表（参考）

種 別		導水隧道					担当者	
名 称							作成年月	
評 価 項 目		区 分	点 数	評価点	平均点	備 考		
耐 震 性 能	立(外的 地 条 件)	偏 圧	なし	1.0	(0.00) 0.00			
			あり	2.0				
		地質の変化	なし	1.0				
			あり	1.5				
	構(内的 造 的 条 件)	覆 工	コンクリート巻 (鉄筋 伸縮可撓性)	0.8	(0.00) 0.00			
			コンクリート巻	1.0				
			なし	1.2				
		変 状	なし	1.0				
			あり	2.0				
想定震度		震度5+、6-	2.2					
		震度6+、7	3.6					
耐 震 性		高い (4.0>)		0.00				
		中 (4.0~7.0)						
		低い (7.0<)						
耐 震 性 評 価 点		評価平均値		(0.00)	(参考)最大値	1.92		
		10点満点換算値		0.00				

注) ()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。

表 R5.7 開渠・暗渠の簡易耐震診断表（参考）

種別		開渠 暗渠				担当者	
名称						作成年月	
評価項目		区分	点数	評価点	平均点	備考	
耐震性能	（外的条件）	地盤種別	I種	0.5		(0.00) 0.00	
			II種	1.5			
			III種	1.8			
		施工地盤	地山、切土	1.0			
			傾斜地	1.5			
			埋立地、盛土	2.0			
	構造的強度（内的条件）	材質	鉄筋コンクリート	1.0		(0.00) 0.00	
			石積・ブロック積	1.5			
			その他	1.8			
		部材の劣化度	小	1.0			
			中	1.5			
			大	2.0			
		崩壊の有無	なし	1.0			
			埋没あり	1.5			
			崩壊あり	5.0			
	水密性	伸縮目地	なし	1.0		(0.00) 0.00	
あり			2.0				
想定震度		震度5+、6-	2.2				
		震度6+、7	3.6				
耐震性		高い(4.5>)		0.00			
		中(4.5~9.0)					
		低い(9.0<)					
耐震性評価点		評価平均値		(0.00)	(参考)最大値	2.41	
		10点満点換算値		0.00			

注) ()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。

表 R5.8 PC タンクの簡易耐震診断表（参考）

種別		PCタンク				担当者	
名称						作成年月	
評価項目		区分	点数	評価点	平均点	備考	
耐震性能	立地条件 (外的条件)	地盤種別	I種	0.5	(0.00) 0.00		
			II種	1.5			
			III種	1.8			
		液状化	なし	1.0			
			おそれあり	2.0			
			あり	3.0			
		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			
	構造的強度 (内的条件)	高さ	10m>	1.0	(0.00) 0.00		
			10~15m	1.5			
			15m<	2.0			
		防錆対策	あり	1.0			
			なし	2.0			
		部材の劣化度	小	1.0			
	中		2.0				
	大		5.0				
	水密性	防水工	あり	1.0	(0.00) 0.00		
			なし	1.5			
可とう管 (場内配管接続部)		あり	1.0				
		なし	2.0				
想定震度		震度5+, 6-	2.2				
		震度6+, 7	3.6				
耐震性		高い (6.0>)		0.00			
		中 (6.0~12.0)					
		低い (12.0<)					
耐震性評価点		評価平均値		(0.00)	(参考)最大値	2.19	
		10点満点換算値		0.00			

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) 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年以降に竣工した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PCタンクは、『耐震性あり』と判定してよい。
- ただし、上述のPCタンクはPC部のタンク本体を意味する。RC構造が一般的な床板・底板などは、別途に詳細診断を要するほか、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）

表 R5.9 高架水槽の簡易耐震診断表（参考）

種別		高架水槽				担当者	
名称						作成年月	
評価項目		区分	点数	評価点	平均点	備考	
耐震性能	（外的条件）	地盤種別	I種	0.5		(0.00) 0.00	
			II種	1.5			
			III種	1.8			
		液状化	なし	1.0			
			おそれあり	2.0			
			あり	3.0			
	（内的条件）	高さ	8m>	1.0		(0.00) 0.00	
			8~16m	1.5			
			16m<	2.0			
		材質	鋼	0.9			
			鉄筋コンクリート	1.0			
		支持構造	壁・ラーメン	1.0			
			多柱構造 骨組構造	2.0			
		基礎構造	一体構造	1.0			
			独立構造	2.0			
		部材の劣化度	小	1.0			
			中	2.0			
			大	3.0			
	水密性	可とう管 (場内配管接続部)	あり	1.0		(0.00) 0.00	
			なし	2.0			
想定震度		震度5+、6-	2.2				
		震度6+、7	3.6				
耐震性		高い(8.0>)		0.00			
		中(8.0~16.0)					
		低い(16.0<)					
耐震性評価点		評価平均値		(0.00)	(参考)最大値	2.14	
		10点満点換算値		0.00			

注) ()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。

表 R5. 10 場内配管の簡易耐震診断表（参考）

種別	場内配管				担当者	
名称					作成年月	
項目	管種	継手	点数	評価点	備考	
使用管種及び継手の種類	ダクタイル鋳鉄管	NS形継手等 ^(注1)	1			
		K形継手等 ^(注2)	2又は1			
		A形継手等 ^(注3)	3			
	普通鋳鉄管・高級鋳鉄管		4			
	鋼管	熔接継手	1			
	配水ポリエチレン管	融着継手 ^(注4)	2又は1			
	水道用ポリエチレン二層管	冷間継手	3			
	硬質塩化ビニル管	RRロング継手 ^(注4)	2又は1			
		RR継手	3			
		TS継手	4			
石綿セメント管		4				
系統評価点				0	各評価点のうち、最大値を採用	
耐震性	高い (1点)			L2地震動に対応可能		
	中 (2点)			L1地震動に対応可能		
	低い(3又は4点)			L1地震動に対応不十分又は困難		
耐震性評価点	10点満点換算値		0.00	(参考) 最大値: 4.00		

本診断表は、「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。
この診断表における耐震性の判定については、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)の評価点とする。

なお、簡易耐震診断表では、評価点の数値が高いほど耐震性が低いため、次のとおりとした。

評価点=4-(「検討会」における耐震性判定点(0~3点))

(注1) S形継手、SII形継手を含む。

(注2) 平成11年以降に出荷されたT形継手は、K形継手と同等とする。

K形継手等のダクタイル鋳鉄管は、「良い地盤」においては、1点とみなすことができる。

なお、「良い地盤」とは、以下の①~⑤以外とし、各水道事業者等において地質分布・断層の有無を的確に把握するなど、十分検討して上で判断するものとする。また、「K形継手等を有するダクタイル鋳鉄管の耐震適合地盤判定支援ハンドブック」(2010年12月、水道技術研究センター)を参考にすることもできる。

①埋立地や盛土地盤 ②液状化及び側方流動の可能性のある地盤

③地すべり地帯(山崩れ、山腹崩壊の生じやすい地盤、山稜の法先、法肩、その他地形の急激に変化する場所などに位置する地域) ④軟弱地盤 ⑤活断層地帯

(注3) 平成11年以前に出荷されたT形継手は、A形と同等とする。

(注4) 耐震性能が検証されるには未だ時間を要すると考えられることから、地盤との関係や使用実績により、事業体等の判断により2点又は1点とする。

本表に記載されていない「その他」の管種の扱いについては、その管材質や継手の特性及び製造年代を考慮し、さらに本表記載管種の耐震性などを参考にして、水道事業者等ごとに評価点を決定することとする。

表 R5.11 有蓋・無蓋池工構造物の簡易耐震診断表（再掲）

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					作成年月	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	(0.00) 0.00	
			II種	1.5		
			III種	1.8		
		液状化	なし	1.0		
			おそれあり	2.0		
			あり	3.0		
		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		
		施工位置	地下	1.0		
			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	(0.00) 0.00	
			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		
			基準値未満	1.5		
		側壁厚 側壁高	0.1以上	1.0		
			0.1未満	1.5		
		部材の劣化度	小	1.0		
			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	(0.00) 0.00		
		なし	2.0			
	伸縮目地	なし	1.0			
		あり	2.0			
想定震度		震度5+、6-	2.2			
		震度6+、7	3.6			
耐震性		高い(12.0>)		0.00		
		中(12.0～24.0)				
		低い(24.0<)				
耐震性評価点		評価平均値		(0.00)	(参考)最大値	
		10点満点換算値		0.00	1.90	

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

2 浄水施設の簡易耐震診断事例

2.1 有蓋・無蓋池状構造物

有蓋池状構造物の簡易耐震診断事例として、浄水池の診断モデルを表 R5.12 に、その診断例を表 R5.13 に示す。

また、無蓋池状構造物の診断事例は、「1章 はじめよう！ 簡易耐震診断」において診断手法の説明に用いた薬品沈澱池の診断例を参照願いたい。

表 R5.12 簡易耐震診断モデルの浄水池のデータ

項目	データ	備考
事業体名	△△町水道課	
診断対象施設名	〇〇浄水場	
診断対象構造物	1号浄水池	
池数、有効容量	常用 2池、150m ³ /池	
想定震度	気象庁震度階 7	
竣工年度	1976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	地下	
部材の劣化度	中	
可とう管	なし	
伸縮目地	なし	
側壁高	3.98m	
壁厚	側壁 0.3m	
柱寸法	0.35m×0.35m	
構造寸法		

表 R5.13 モデル浄水池の簡易耐震診断例

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	〇〇浄水場 1号浄水池				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	(0.84) 4.76	
			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	1.0		
			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) 8.06	
			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	1.0		基準値0.07
			基準値未満	1.5			0.0716>0.07
		側壁厚 側壁高	0.1以上	1.0	1.5		0.3/3.98=0.075
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 密性能)	可とう管 (場内配管接続部)	あり	1.0	2.0	(1.41) 7.05		
		なし	2.0				
	伸縮目地	なし	1.0	1.0			
		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>)		12.15			
		中(12.0～24.0)	*				
		低い(24.0<)					
耐震性評価点		評価平均値		(1.25)	(参考)最大値	1.90	
		10点満点換算値		6.58			

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

2.2 場内配管

場内配管の診断モデルを図 R5.1 に、このうち浄水処理系配管の診断の事例を表 R5.14、表 R5.14 に示す。

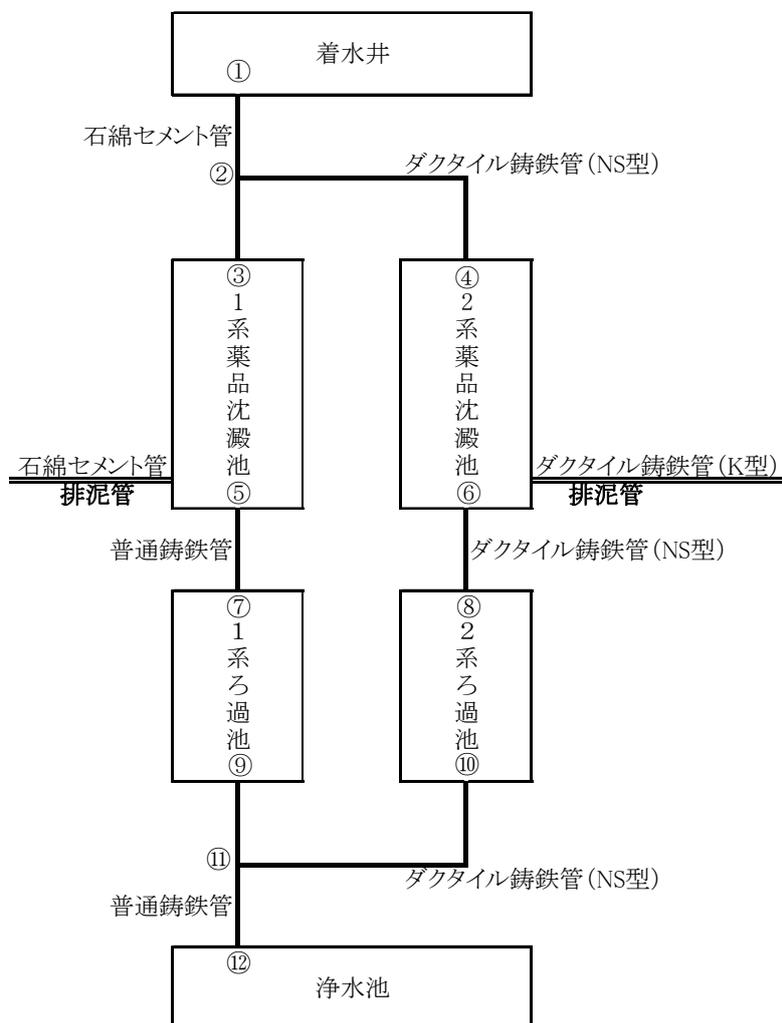


図 R5.1 簡易耐震診断モデルの場内配管のデータ

この診断モデルの場合、場内配管の系列は、次のように分けることができる。

浄水処理 1 系、浄水処理 2 系 及び 排泥管 1 系、排泥管 2 系

場内配管の簡易耐震診断では、評価は使用されている管種によって評価することから、各系列の管種の構成は、次のとおりである。

浄水処理 1 系： ①-③石綿セメント管、⑤-⑦普通鉄管、⑨-⑫普通鉄管

浄水処理 2 系： ①-②石綿セメント管、②-④ダクタイル鉄管 (NS 型)、⑥-⑧ダクタイル鉄管 (NS 型)、⑩-⑪ダクタイル鉄管 (NS 型)、⑪-⑫普通鉄管

排泥管 1 系： 石綿セメント管 排泥管 2 系： ダクタイル鉄管 (K 型)

診断事例として浄水処理 1 系及び浄水処理 2 系の簡易診断表適用例を表 R5.14、表 R5.15 に示す。

表 R5. 14 モデル場内配管の簡易耐震診断例

種別	場内配管（浄水処理系、ろ過池洗浄排水系、沈澱スラッジ送泥系、ろ過池洗浄水系など）				
名称	浄水処理1系				
項目	管種	継手	点数	評価点	備考
使用管種及び継手の種類	ダクタイル鋳鉄管	NS形継手等 ^(注1)	1		
		K形継手等 ^(注2)	2又は1		
		A形継手等 ^(注3)	3		
	普通鋳鉄管・高級鋳鉄管		4	4	⑤-⑦、⑨-⑫部
	鋼管	熔接継手	1		
	配水ポリエチレン管	融着継手 ^(注4)	2又は1		
	水道用ポリエチレン二層管	冷間継手	3		
	硬質塩化ビニル管	RRロング継手 ^(注4)	2又は1		
		RR継手	3		
		TS継手	4		
石綿セメント管		4	4	①-③部	
系統評価点				4	各評価点のうち、最大値を採用
耐震性	高い（1点）				L2地震動に対応可能
	中（2点）				L1地震動に対応可能
	低い（3又は4点）	*	4		L1地震動に対応不十分又は困難
耐震性評価点	10点満点換算値		10.00		（参考）最大値：4.00

種別	場内配管（浄水処理系、ろ過池洗浄排水系、沈澱スラッジ送泥系、ろ過池洗浄水系など）				
名称	浄水処理2系				
項目	管種	継手	点数	評価点	備考
使用管種及び継手の種類	ダクタイル鋳鉄管	NS形継手等 ^(注1)	1	1	
		K形継手等 ^(注2)	2又は1		
		A形継手等 ^(注3)	3		
	普通鋳鉄管・高級鋳鉄管		4	4	⑪-⑫部
	鋼管	熔接継手	1		
	配水ポリエチレン管	融着継手 ^(注4)	2又は1		
	水道用ポリエチレン二層管	冷間継手	3		
	硬質塩化ビニル管	RRロング継手 ^(注4)	2又は1		
		RR継手	3		
		TS継手	4		
石綿セメント管		4	4	①-②部	
系統評価点				4	各評価点のうち、最大値を採用
耐震性	高い（1点）				L2地震動に対応可能
	中（2点）				L1地震動に対応可能
	低い（3又は4点）	*	4		L1地震動に対応不十分又は困難
耐震性評価点	10点満点換算値		10.00		（参考）最大値：4.00

【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

バックアップ給水とは、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応援給水を意味するもので、構造物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（影響範囲）の回避又は低減が可能になる場合がある。このようなときには、対象構造物の役割の重さに変化し、詳細耐震診断実施及び耐震化の優先順位に影響を与えることから、バックアップ給水を考慮して適切な補正を行う必要がある。

なお、バックアップ給水は管路によって行われることとし、運搬輸送による応急給水は原則として含まない。

(1) バックアップ給水の有無と水量を考慮した耐震性改善必要度の補正

1) バックアップ給水の有無

バックアップ給水は、前述のとおり、他の機場（取・浄水場や送配水ポンプ所等）、隣接配水系統、又は他の事業体などからの管路による応援給水を意味する。この応援給水は、「地震によって構造物が被災して運転停止した」状況を想定したものであるが、詳細耐震診断の対象となる構造物は耐震性の低いものが多く、被災時の被害程度が大きいことから、復旧には多くの日数を要すると考え、応援給水は比較的長期間にわたることも想定しておく必要がある。こうしたことから、次の条件を満たす場合を「バックアップ給水あり」とする。

- ・バックアップ（応援）給水は、管路によって行われること（バックアップする側の施設と管路の連絡があること）。

- ・バックアップする側の水源及び取水・浄水・送水の能力に十分な余裕があること。

なお、これらの条件を満たさない場合には、「バックアップ給水なし」として、耐震性改善必要度の補正は行わないものとする。

2) バックアップの給水量

バックアップする側の水源・施設能力等の状況によって、バックアップ給水の量が定まる。必要水量に対するバックアップ水量の比率を「バックアップによる補完率」とし、この率が高いほど給水への影響は小さくなることから、構造物の耐震化に向けての詳細耐震診断実施の優先順位は低くなる。補完率は、100%（必要水量の全量がバックアップされる）から0%（バックアップ給水なしと同じ）の値となる。

3) バックアップへの依存度

この依存度は、バックアップの「信頼度及び期待度」ともいうことができる。

すなわち、バックアップ給水を期待しても、バックアップする側の機場・管路が地震被害を受け、その能力を発揮できない場合も考えられるので、バックアップする側の機場・管路等の耐震性の有無又は高低の程度に応じて「バックアップ給水の信頼性」を考える。

また、対象構造物の「存在意義」を考えなければならない場合もある。例えば、バックアップ側の施設は十分に信頼でき、水量補完も十分であるが、非常時水源の確保や水運用リスクの低減の観点からこの構造物の耐震化の優先度を上げたい場合などである。こうした場合には、「バックアップ給水への期待度」を下げる。

これらの「信頼性及び期待度」は定量的な判定は困難な場合が多いが、施設状況や事業方針などを勘案して、「バックアップへの依存度」を 0.00 から 1.00 の間で設定する。この依存度が低いほど対象構造物の耐震化に向けての詳細耐震診断実施の優先順位は高い。

4) 耐震性改善必要度の補正

バックアップ給水の有無と水量を考慮した補正は、既に求めた耐震性改善必要度に、次式の補正係数を乗じて行う。

バックアップ給水に係る補正係数

$$= \{100 - (\text{バックアップによる補完率} \times \text{バックアップへの依存度})\} / 100$$

耐震性改善必要度（補正後）

$$= \text{耐震性評価点} \times \text{影響範囲} \times \text{バックアップ給水に係る補正係数}$$

表 R6.1 は、バックアップ給水に係る補正係数の早見表である。この表に記載のない任意の補完率及び依存度に対する補正係数は、上式の定義により計算して求めることができる。

表 R6.1 バックアップ給水による補正係数

補完率(%) 依存度	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.25	1.00	0.98	0.95	0.93	0.90	0.88	0.85	0.83	0.80	0.78	0.75
0.50	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
0.75	1.00	0.93	0.85	0.78	0.70	0.63	0.55	0.48	0.40	0.33	0.25
1.00	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.00

注) 本表は、「水道施設機能診断マニュアル」(平成 23 年 6 月、水道技術研究センター)の中の【資料 10】バックアップ水量を考慮したときの改善優先度の算定 から引用した。

なお、耐震性が「低い」と判定された構造物に関する優先順位については、「バックアップ給水あり」とした補正を行うと、補正係数の設定が不適切な場合には、その構造物の詳細耐震診断実施・耐震化の優先順位を不当に下げることがあるので、補正係数は慎重かつ適切に設定する必要がある。特に、大規模な地震はエネルギーが大きいため広範囲な地域に被害を与えることが多く、バックアップ給水を行う側の施設が被害を受けることがある。こうした事態を考慮し、バックアップ給水を行う側の耐震性を十分に検討してバックアップ給水の依存度を設定する必要がある。

(2) 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例

表 R6.2 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。

また、参考までに、同じ条件でバックアップ給水を考慮しない場合の耐震性改善必要度の算出と優先順位の設定の例（第 2 章の 2.5.2 優先順位の設定で示した表 2.7）を R6.3 に再掲するが、これとバックアップ給を講書した場合とを比較すると、優先順位が明らかに変化しているのが分かる。

表 R6.2 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例

構造物名	耐震性評価点 (10点満点換算値)	影響範囲	バックアップ給水に係る補正係数	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	1.00	15.47	5	バックアップなし
薬品沈澱池2	6.68	3.13	0.80	16.73	2	
ろ過池1	6.89	2.00	0.70	9.65	9	
ろ過池2	6.63	1.86	1.00	12.33	8	バックアップなし
浄水池1	6.89	2.63	0.80	14.50	6	
浄水池2	8.21	2.45	1.00	20.11	1	バックアップなし
配水池1	6.95	2.38	0.95	15.71	3	
配水池2	7.53	2.21	0.93	15.48	4	
配水池3	7.21	2.21	0.55	8.76	10	
配水池4	7.11	2.21	0.83	13.04	7	

表 R6.3 耐震性改善必要度の算出と優先順位の設定例

(バックアップ給水を考慮しない場合) [再掲]

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	

(3) バックアップ給水以外の条件への対応

詳細耐震診断の優先順位に影響する事項として、バックアップ給水のほかに水道事業体個々の独自の基本方針（施設の統合・再編、他事業体との連携・共同管理、給水人口・需要量減少への対処方針等）や将来水需要推計量、財政状況、実耐用年数の見極めなどがあり、これらを考慮した上で耐震化計画策定時に実施優先順位を設定することとする。

これらの事項については、各事業体の事情に応じて補正係数等の調整を行っていただきたい。

【資料 7】 地盤液状化の判定方法

液状化の判定には、

- ① 該当箇所の 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る方法
- ② 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）が掲載されており、これを活用して判定する簡易的な液状化判定方法

があるが、これらの方法が適用できない場合には、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」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ことができる（以下の表 R7.1 を参照のこと）。これは、液状化の可能性が、その地点の地下水位や地盤 N 値、粒径等のデータなどにより判定でき、この判定が地形区分にある程度対応することから、これを利用して推定する方法がある。

さらに、地域によっては、この微地形分類に類似する土地条件図が、国土交通省ハザードマップポータルサイトや県のホームページに掲載されているので、判定の際に有用である。

※国土交通省ハザードマップポータルサイト

(<http://disaportal.gsi.go.jp/totijouken/index.html>)

表 R7.1 地盤表層の液状化可能性の程度

液状化可能性の程度		微地形区分
極大	非常に大きい	埋立地、盛土地、旧河道、旧沼地、蛇行洲、砂泥質の河原、人工海浜、砂丘間低地、堤間低地、湧水地点
大	大きい	自然堤防、湿地、砂州、後背湿地、三角州、干拓地、緩扇状地、デルタ型谷底平野
小	小さい	扇状地、砂礫質の河原、砂礫洲、砂丘、海浜、扇状地型谷底平野
無	無し	台地、丘陵地、山地

（「平成 10 年度版 液状化ゾーニングマニュアル（国土防災局）」の微地形区分による判定基準におけるレベル 2 地震動における地盤表層の液状化可能性の程度の表を加工）

また、次ページの表 R7.2 に建築学会による判定表を示す。国土防災局による表 R7.1 とは微妙に異なっているが、こちらも参考にされたい。

表 R7.2 微地形から見た液状化可能性（微地形区分による概略判定）

〔文献 1〕の p. 89 の表 5. 6. 1 から引用・加工〕

地盤表層の液状化可能性の程度	微地形区分
大	自然堤防縁辺部、比高の小さい自然堤防、蛇行州、旧河道、旧池沼、砂泥質の河原、砂丘末端緩斜面、人工海浜、砂丘間低地、堤間低地、埋立地、湧水地点（帯）、盛土地 ^{注)}
中	デルタ型谷底平野、緩扇状地、自然堤防、後背湿地、湿地、三角州、砂州、干拓地
小	扇状地形谷底平野、扇状地、砂礫質の河原、砂礫洲、砂丘、海浜

注) 崖、斜面に隣接した盛土地、低湿地、干拓地・谷底平野の上の盛土地を指す。これ以外の盛土地は、盛土前の地形区分と同等に扱う。

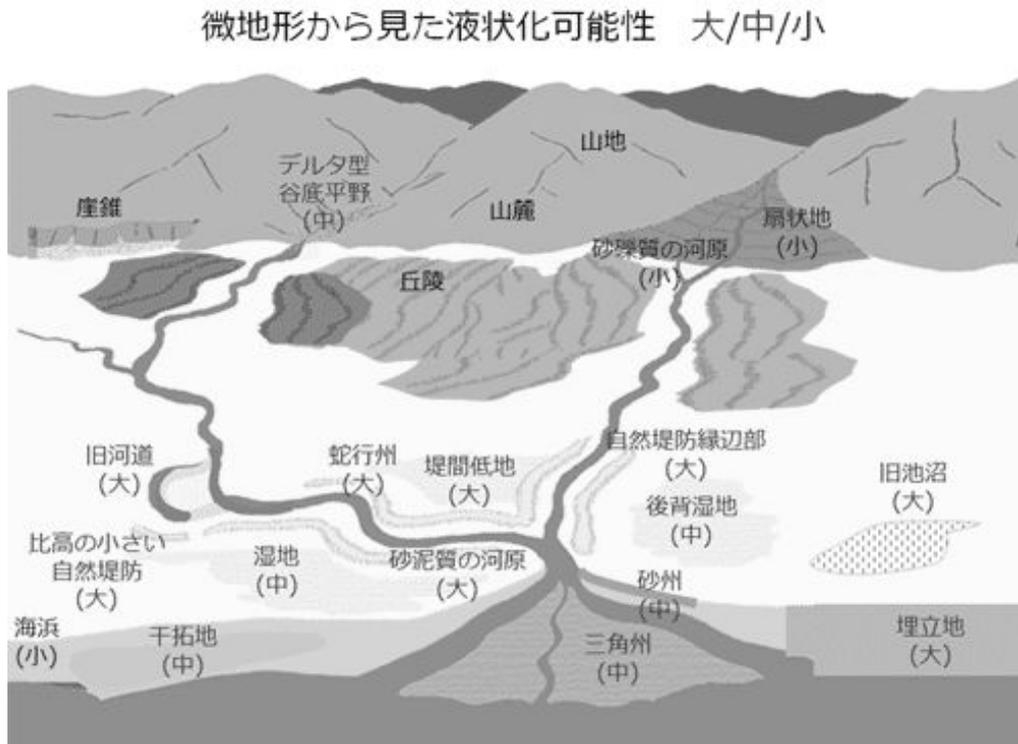


図 R7.1 地形模式図による微地形区分²⁾

引用文献

- 1) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針、日本建築学会、2008. 3
- 2) 金哲鎬・松下克也・岡野泰三・安達俊夫・藤井衛：スウェーデン式サウンディング試験孔を利用した有孔パイプによる地下水位の測定法、日本建築学会大会（東北）学術講演会ポスターセッション、講演番号 20318、2009. 8

【資料 8】 耐震性改善工法

8.1 地盤液状化対策工法

1 液状化対策工法の分類

液状化対策工法は、改良原理、改良方法に着目すると、表 R8.1 のような液状化の発生そのものを防止する対策工法、液状化の発生は許すが構造的に抵抗する対策工法に分類される。

表 R8.1 液状化対策工法の分類

参考文献(1)から引用・編集

		原理	方法	工法
液状化の発生そのものを防止する対策	土の性質の改良	密度の増大	密度増大工法	縮固め工法 特殊石灰パイル工法 コンパクショングラウチング工法
		固結	固結工法	深層混合処理工法 グラウト工法 事前混合処理工法
		粒度の改良	置換工法	置換工法
		飽和度の低下	地下水低下工法	ウェルポイント工法
	条間応力・空隙力の改良に形関及する	有効応力増大		
		過剰間隙水圧抑制・消散	過剰間隙水圧消散工法	ドレーン工法
		過剰間隙水圧遮断	せん断変形抑制工法	連続地中壁による工法 鋼材を用いた工法
	構許液造す状的に抵抗は	堅固な地盤による支持		杭基礎など
		基礎の強化		杭基礎、布基礎、護岸の強化
		浮き上がり量の低減		鋼材を用いた工法、重量増
地盤変位への追従			可撓性継手	
液状化後の変位の抑制			ジオテキスタイル工法、鋼材を用いた工法 こま形基礎	

本章では、上に示す液状化対策工法のうち、設計する上での取扱いに着眼して以下の 11 工法を紹介する。

(1) 地盤系設計法を用いる対策工法

液状化判定された領域に対策を実施するが、その対象範囲を地盤として取り扱い、液状化対策を設計するものである。

a) 振動締め固め工法

- ① サンドコンパクションパイル工法
- ② 振動棒工法
- ③ バイブロフローテーション工法
- ④ 重錘落下締め固め工法（動圧密工法）

b) 特殊石灰パイル工法

- c) コンパクショングラウチング工法
- d) ドレーン工法

(2) 構造系設計法を用いる対策工法

液状化判定された領域に実施した対策工そのものを構造物として取り扱い、液状化対策工を設計するものである。

- a) 深層混合処理工法
- b) 薬液注入工法
- c) 鋼材を用いた対策工法
- d) ジオテキスタイル工法

2 地盤系設計法を用いる対策工法

2-1 振動締固め工法

(1) サンドコンパクションパイル工法(SCP工法)

SCP工法は、大径のよく締め固めた砂杭を地中に造成し、地盤を改良する工法である。

施工は、上下に振動する振動機を上端に備えたケーシングパイプを地中に貫入し、下端より中詰め材を供給しながら、地盤に振動を加えることにより地盤を締め固めるものである。

SCP工法の中には、①ケーシングパイプの引抜き打戻しを繰り返して砂杭を作る打戻し締固め工法、②ケーシングパイプ先端に装備した拡径締固め装置で砂杭をつくる工法、③先端振動により締め固める工法の3種類に分類される。各工法の工法イメージ図及び施工状況を以下に示す。

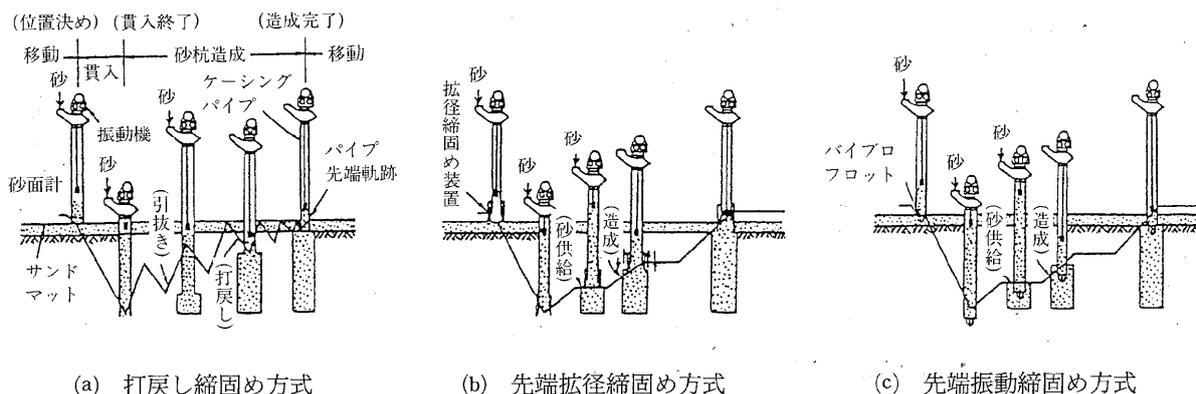


図 R8.1 サンドコンパクションパイル工法の施工方法

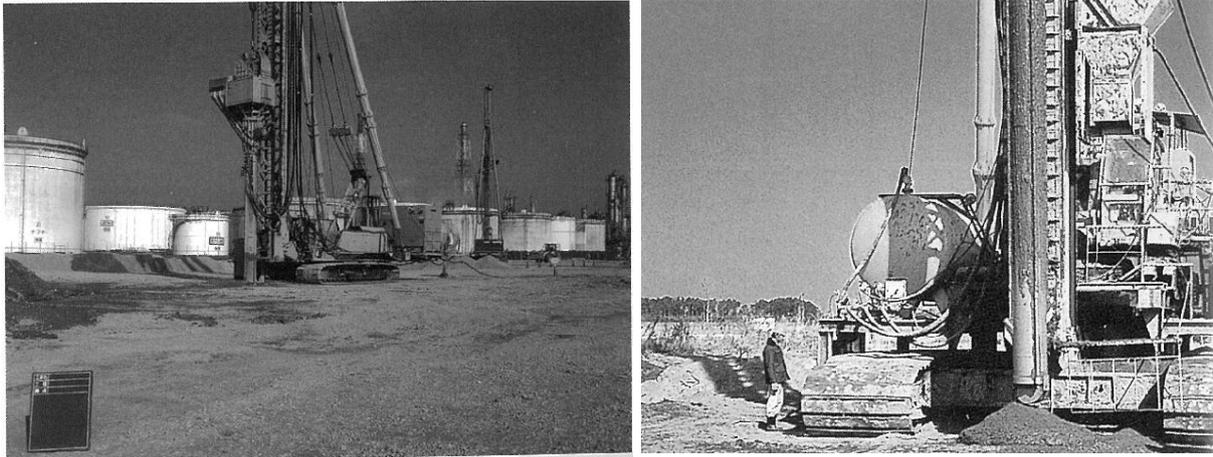


図 R8.2 サンドコンパクションパイル工法の施工状況

(2) 振動棒工法

上下振動する起振機を上端に備えたロッドを地中に貫入し、地表より中詰め材を供給しながら地盤に振動を加えることにより地盤を締め固める工法である。以下に施工手順図を示す。

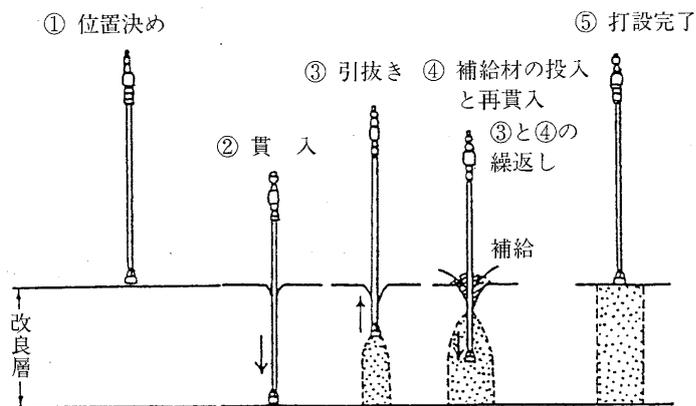


図 R8.3 振動棒工法の施工方法

(3) バイブロフローテーション工法

水平振動するバイブロフロットの先端から水を噴出させながら所定の深度まで貫入させた後、地表より補給材を介して地盤に振動を加えることにより地盤を締め固める工法である。バイブロフローテーション工法は先端から噴出する材料による工法種類があるが、以下に代表的な施工手順図を示す。

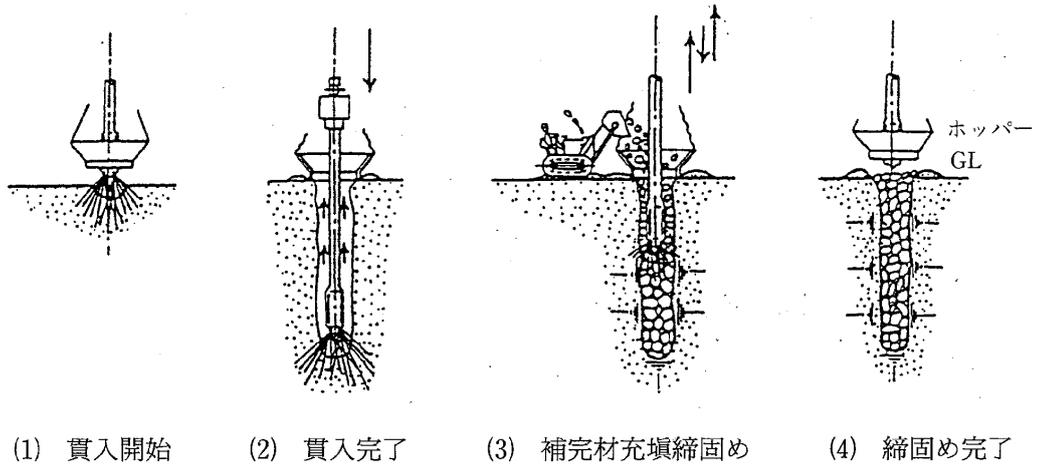


図 R8.4 バイブロレーション工法の施工方法

(4) 重錘落下締固め工法 (動圧密工法)

鋼製又は (鋼+コンクリート) 製の重錘をクレーン又は特別の装置を用いて高所から地盤に繰返し落下させ、地盤表面に衝撃力を加えることによって、地盤を深部まで締め固め・強化する工法である。以下に標準的な施工姿図と状況写真を示す。

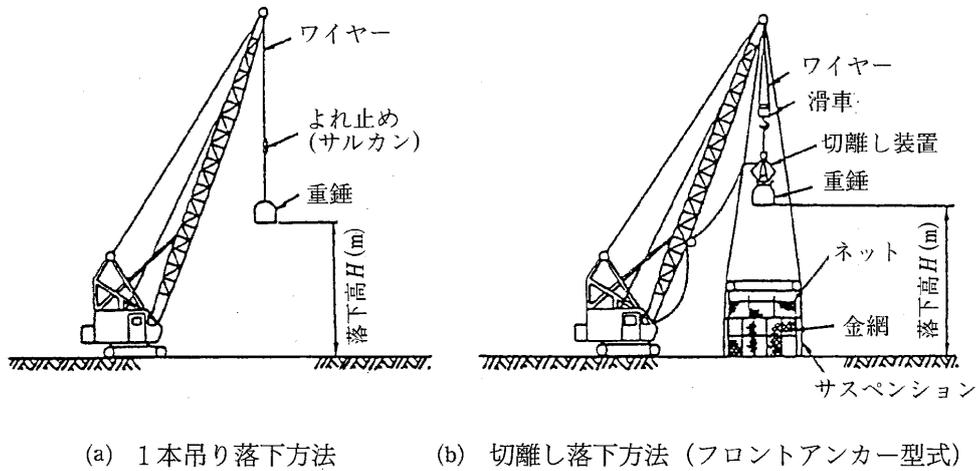


図 R8.5 重錘落下工法の施工姿図

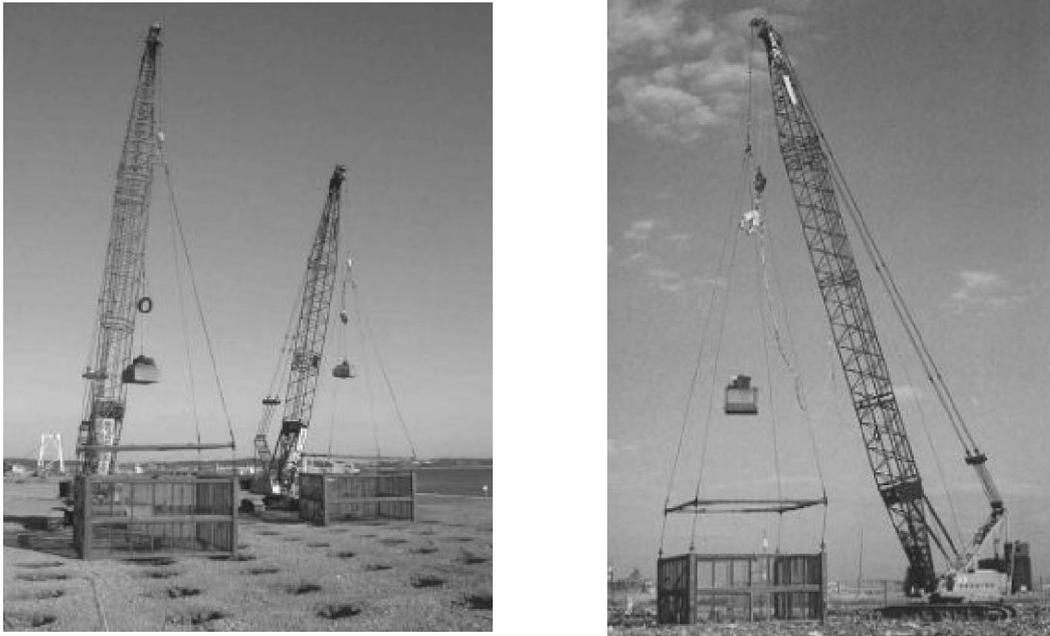


図 R8.6 重錘落下工法の施工状況 参考文献(2)から引用

2-2 特殊石灰パイル工法

特殊石灰パイル工法は、特殊石灰と水滓又はセメント、石膏並びに砂の混合材料を地盤中にパイル状に造成する。その時の材料の水和反応による膨張圧とケーシングの貫入圧によって、地盤を静的に締め固め、密度の増大、地盤の側方拘束の増加を図り、硬化するパイル体との複合地盤を形成せしめて液状化を防止する工法である。

打設はケーシングオーガー方式にて、ケーシングパイプを所定の深度まで貫入し、パイプ内に材料を入れたのち、内部を圧気調整しながらケーシングを回転させて引き抜き、地盤中に直径 50cm の石灰パイルを造成する手順となる。以下にパイルの打設手順図を示す。

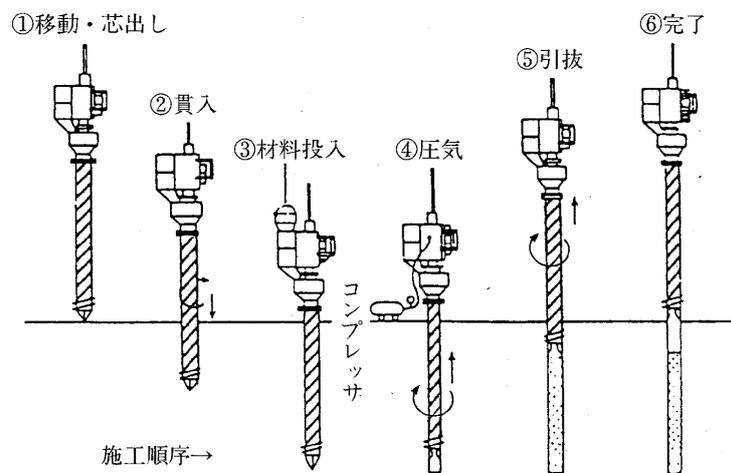


図 R8.7 特殊石灰パイル工法の施工手順図

2-3 コンパクショングラウチング工法

コンパクショングラウチング工法は、流動性の極めて小さいソイルモルタルを地盤中に圧入し球根状の固結体を連続的(串団子状)に造成する工法で、この固結体による締固め効果で周辺の地盤を圧縮強化する工法である。

コンパクショングラウチング工法の施工法には、改良していく順序が異なる①ボトムアップ方式、②トップダウン方式の2とおりがある。

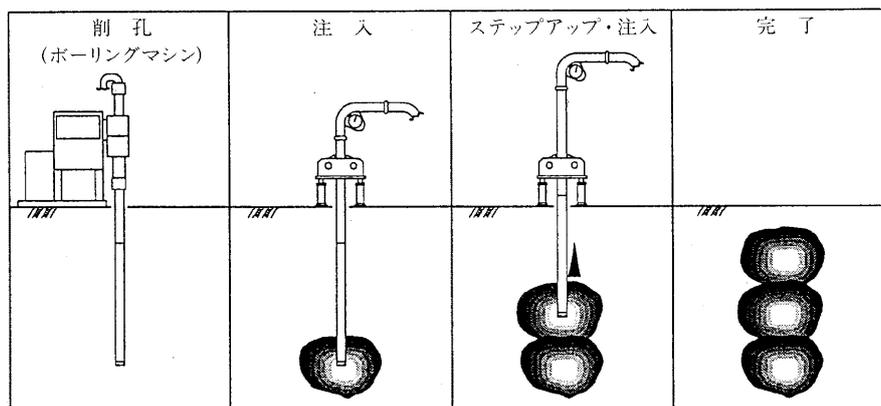


図 R8. 8a 標準的な施工手順図 (ボトムアップ方式)

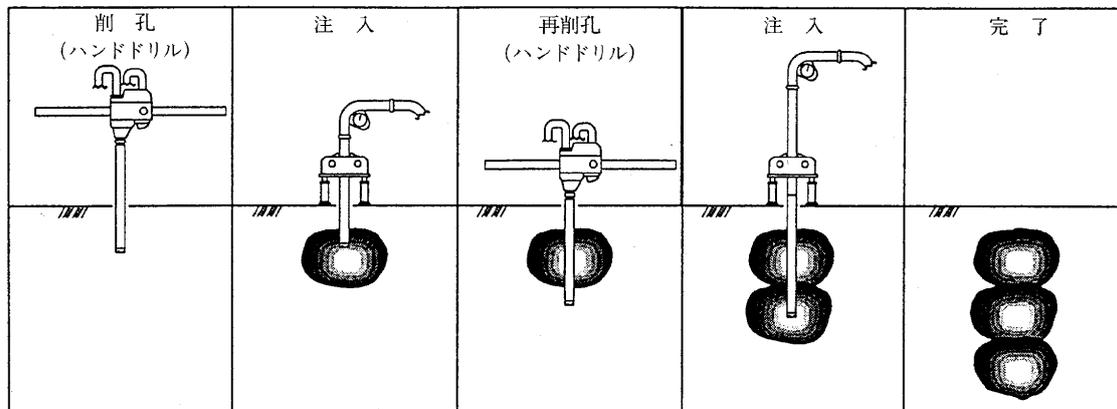
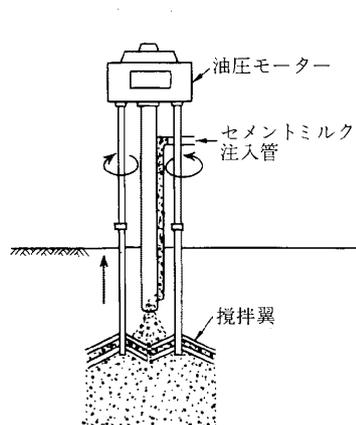
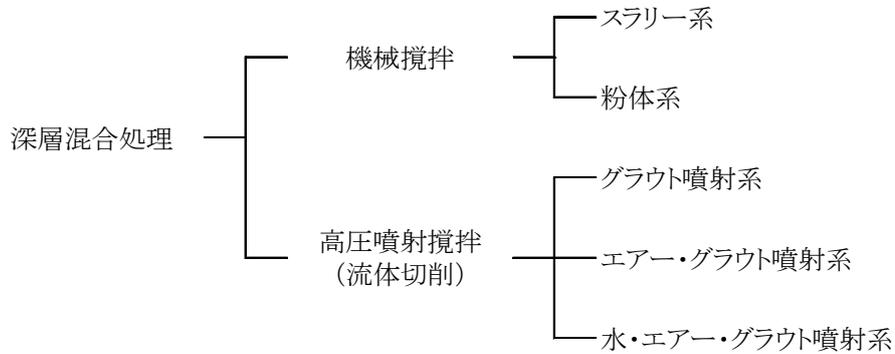


図 R8. 8b 標準的な施工手順図 (トップダウン方式)

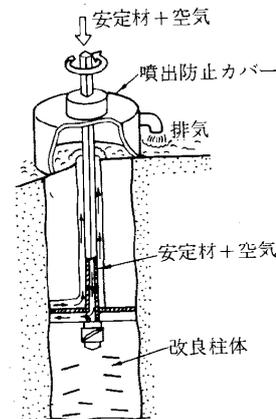
2-4 深層混合処理工法

(1) 工法種類

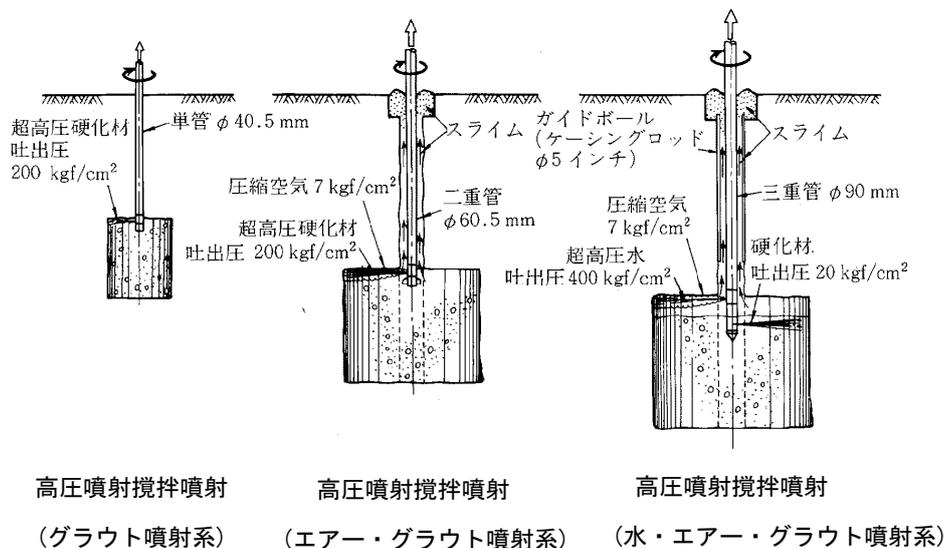
深層混合処理工法は、セメント系又は石炭系安定材を用いて地盤を化学的に改良する工法である。深層混合処理工法は、その施工方法から機械攪拌工法と高压噴射攪拌(流体切削)工法に大別され、さらに地盤を固化する材料によって以下のように細分される。



機械攪拌(スラリー系)



機械攪拌(粉体系)



高压噴射攪拌噴射

(グラウト噴射系)

高压噴射攪拌噴射

(エア-グラウト噴射系)

高压噴射攪拌噴射

(水-エア-グラウト噴射系)

図 R8.9 深層混合処理工法 工法概念図

(2) 機械攪拌工法

機械攪拌工法は、攪拌軸を回転させながら改良深度まで下げ、所定の深度に達した後に引き抜きと改良材の噴射攪拌を並行して行うものである。

噴射攪拌を行う改良材には、改良材をプラントでスラリー状にし、対象土と改良材スラリーを攪拌翼で均一混合させるスラリー系と、改良材をスラリー化せず、粉体のまま空気輸送し、攪拌翼で掘削した空間へ填充し、土と混合させる粉体系がある。

以下に機械混合攪拌工法の標準的な施工手順及び施工状況を示す。

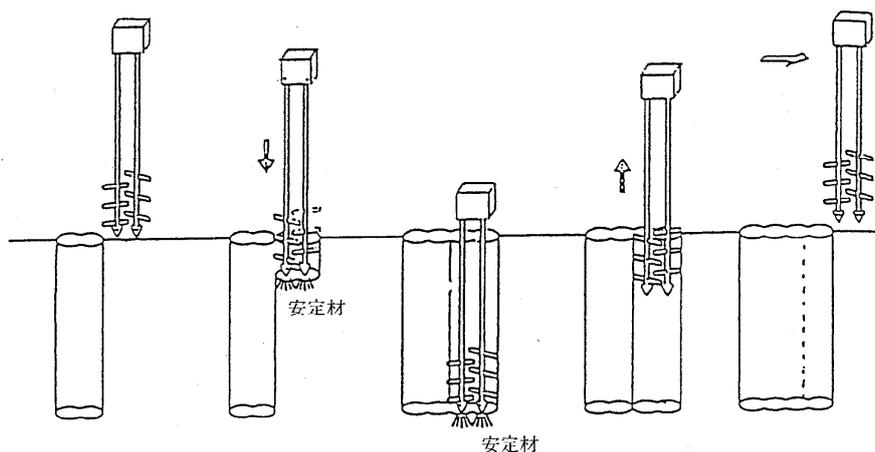


図 R8.10 機械攪拌工法 施工手順図

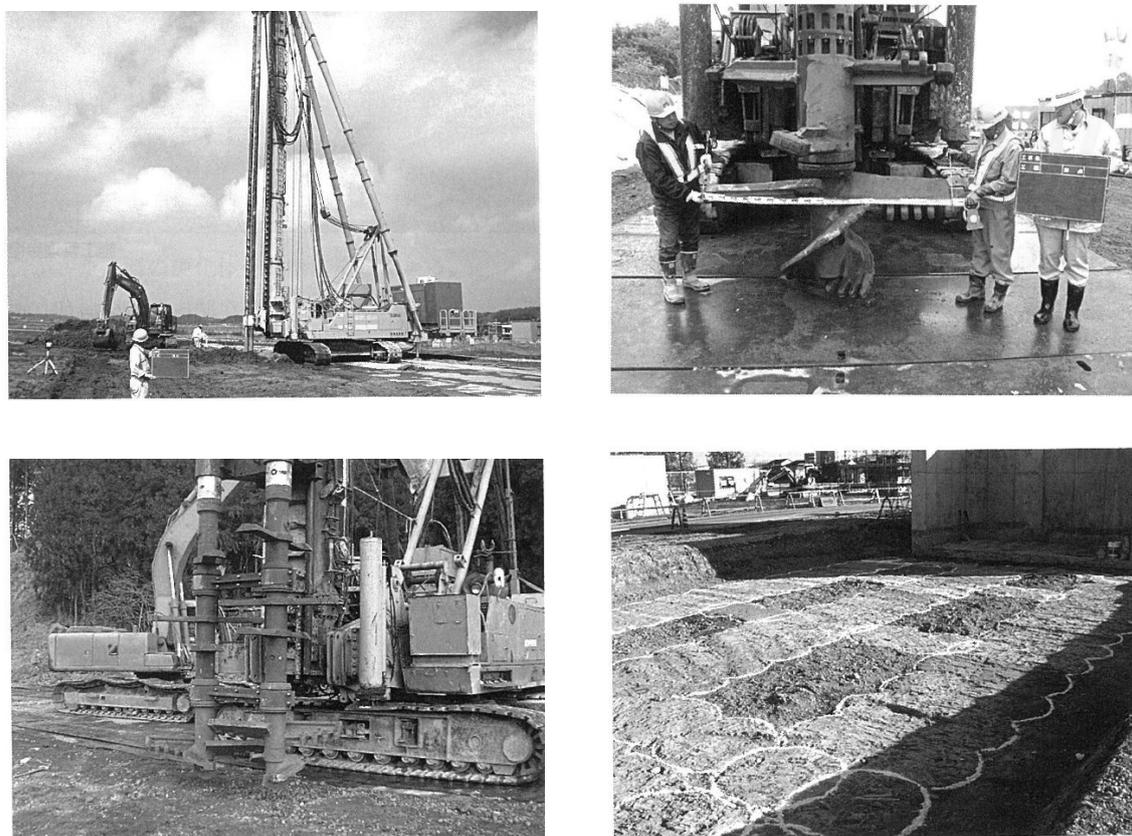


図 R8.11 機械攪拌工法 施工状況 参考文献(2)から引用

(3) 高圧噴射攪拌工法

ロッドと称する鋼管を使用して、所定の深度まで削孔した後にロッドを引き上げながら回転させることで、掘削孔周辺の地山を切削攪拌して改良地盤を造成する工法である。

ロッド種類と切削攪拌方法の違いにより以下の3種類に分類される。

以下に工法概要及び各工法における施工状況を示す。

① 単管工法（グラウト噴射系）

単管を使用して、切削攪拌を硬化材で行う。

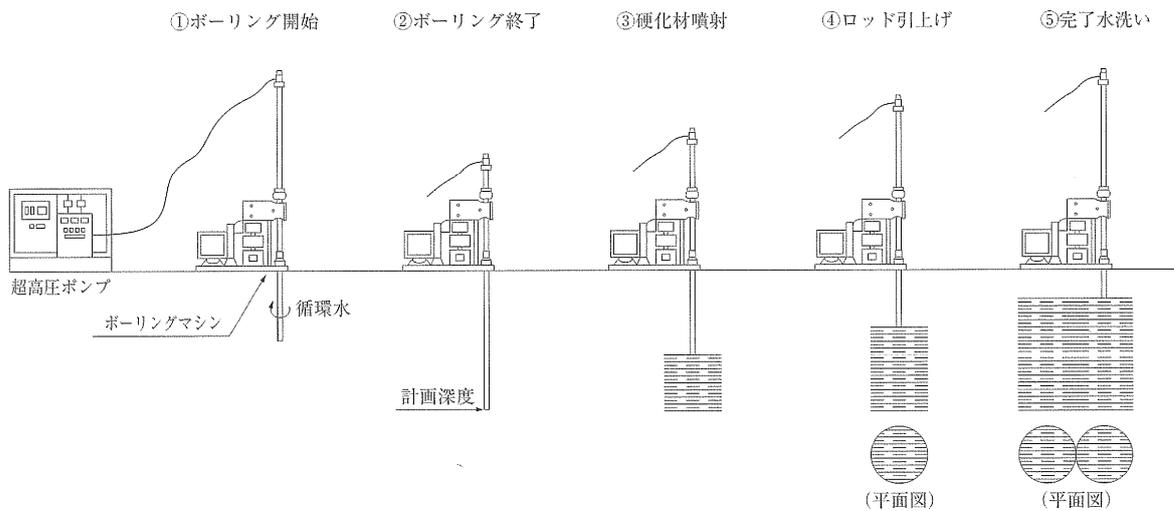


図 R8.12 単管工法 施工手順図 参考文献(2)から引用

② 二重管工法（エア－グラウト噴射系）

二重管を使用して、切削攪拌を硬化材とエア－で行う。

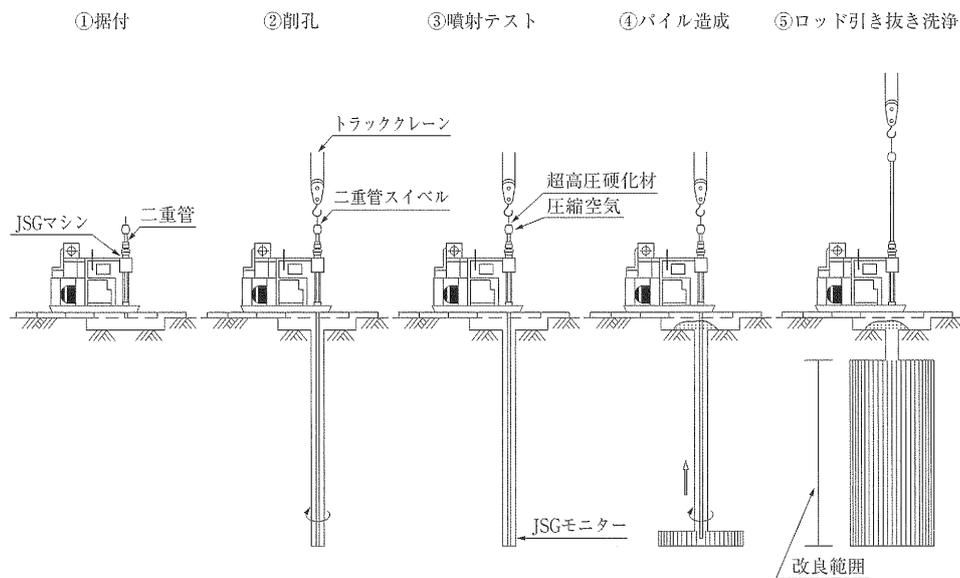


図 R8.13 二重管工法 施工手順図 参考文献(2)から引用

③ 三重管工法（水・エア－・グラウト噴射系）

三重管を使用して、切削を水とエア－を噴射・回転しながらで行い、ロッド下端から硬化材を充填する。

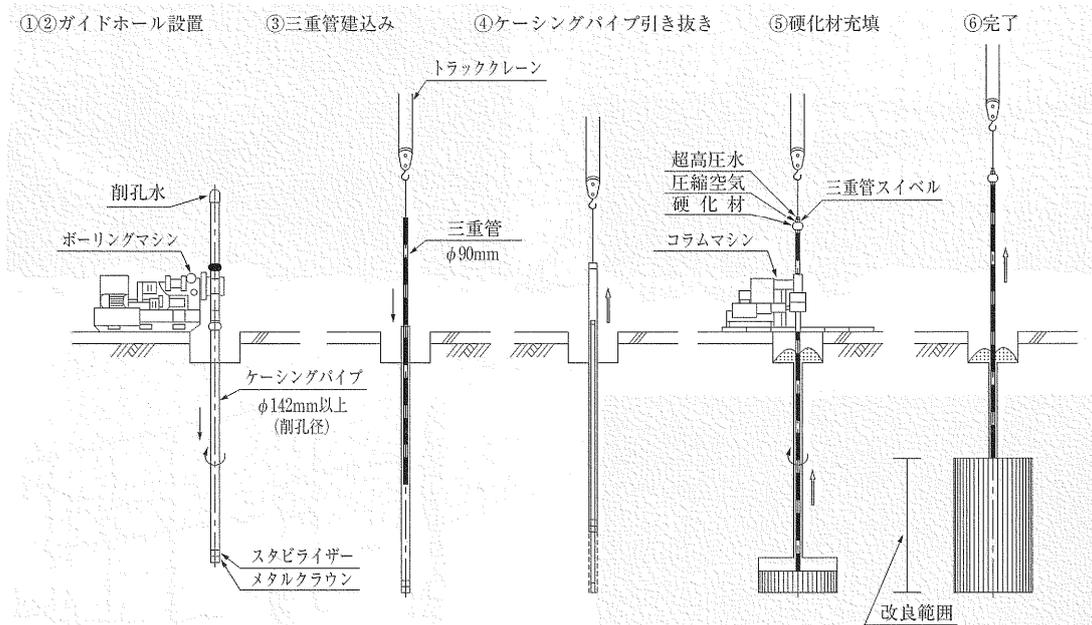


図 R8.14 三重管工法 施工手順図 参考文献(2)から引用

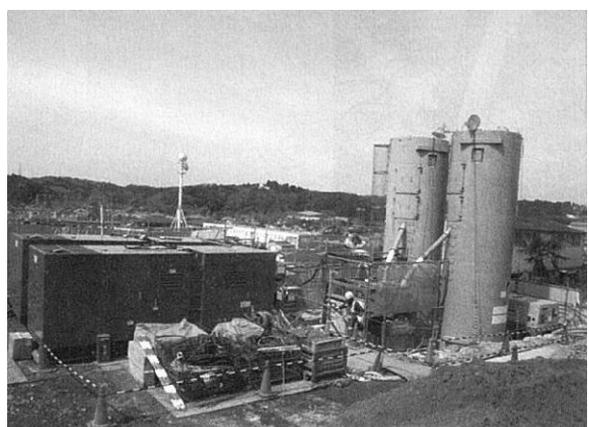


図 R8.15 高圧噴射攪拌工法 施工状況 参考文献(2)から引用

2-5 薬液注入工法

薬液注入工法は地盤改良の一種で、薬液等を地盤に注入し、地盤の透水性を減少させたり、地盤の強度を増加させる工法である。ここでいう薬液とは、任意で固化時間を調整できる材料であり、現在は水ガラス系薬液を主体として2〜3の硬化剤、助剤を添加するもの限定して使用している。薬液注入の代表的な工法として、以下の3工法が挙げられる。

① 二重管ストレーナ工法（単相方式）

二重管注入ロッドと称する管材を所定の深度まで削孔した後、所定の注入範囲外への拡散を防止し、限定された部分に薬液をとどめるよう短いゲルタイム（薬液が凝固する時間）で注入する方式である。

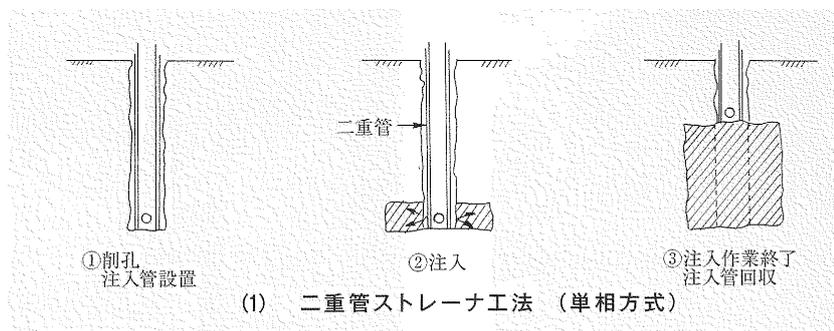


図 R8.15 二重管ストレーナ工法(単相方式)の施工手順 参考文献(2)から引用

② 二重管ストレーナ工法（複相方式）

二重管注入ロッドで所定の深度まで削孔した後、短いゲルタイムで一次注入して、土中の空隙の大きい部分に粗詰注入してから、長いゲルタイム薬液で二次注入して地盤のより小さい間隙に浸透させることを目的とした工法である。

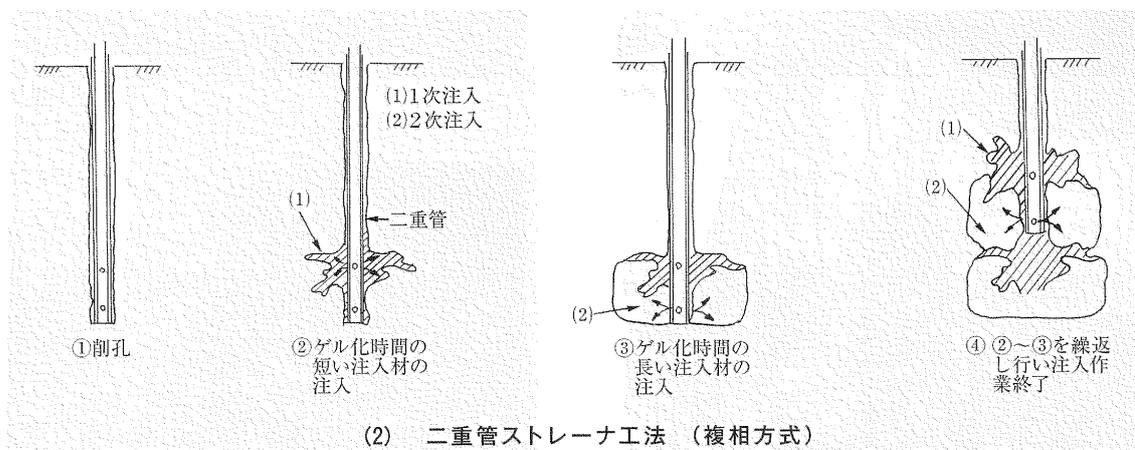


図 R8.16 二重管ストレーナ工法(複相方式)の施工手順 参考文献(2)から引用

③ 二重管ダブルパッカー工法

ケーシングで所定の深度まで削孔し、スリーブ付の注入管(外管)を建て込み、ケーシングと外管の間にシール材を充填してケーシングを引き抜き、ダブルパッカーを装着した注入内管を挿入して、長いゲルタイムの薬液を小さな注入速度でゆっくり注入することにより、均質な改良を行う工法である。

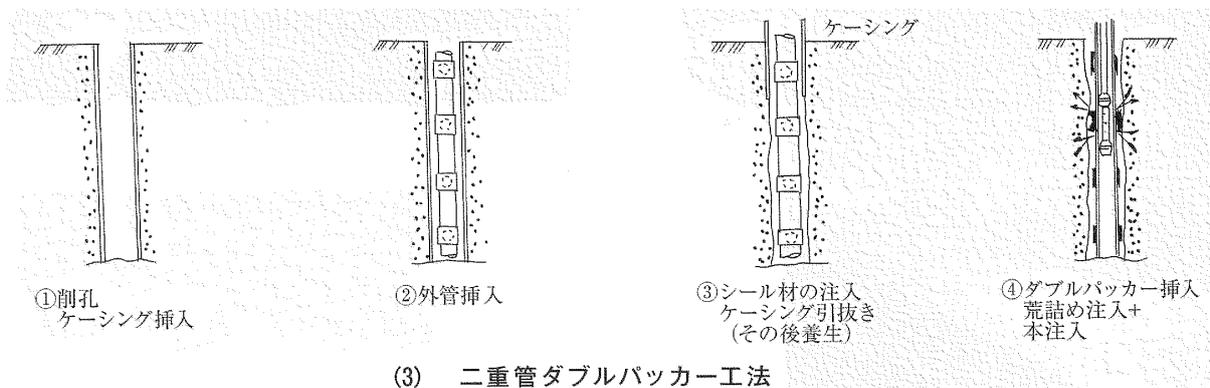


図 R8.17 二重管ダブルパッカー工法の施工手順 引用文献(2)から引用

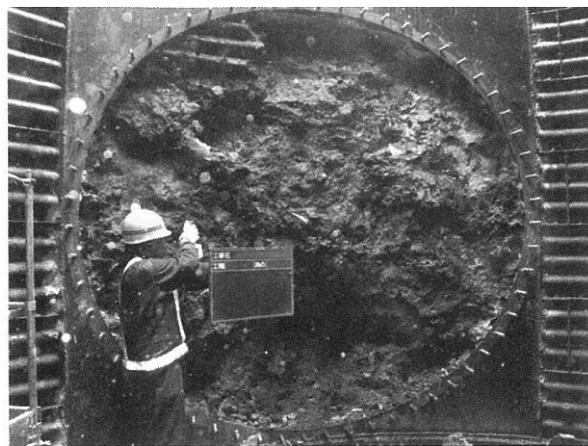
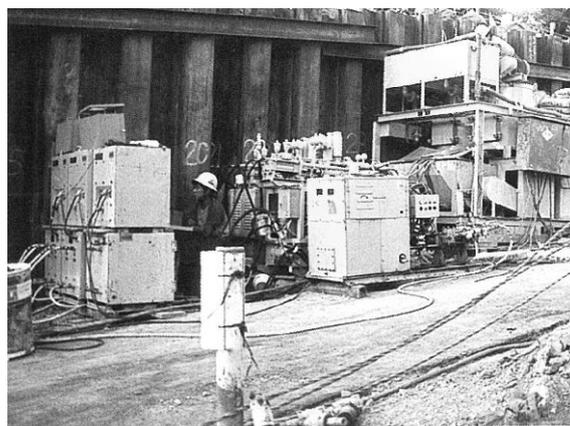


図 R8.18 薬液注入 施工状況 参考文献(2)から引用

2-6 ドレーン工法

ドレーン工法は、碎石や人工材料を地盤中に設置することにより地盤の透水性を高め、地震時に砂層内で生じる過剰間隙水圧を速やかに消散させることにより液状化を防止しようとする工法である。使用するドレーン材の種類によって自然材料を用いる工法と人工材料を用いる工法の2つに大別される。

自然材料を用いる工法は、地盤中に透水性の高い碎石をドレーン材として設置し、地震時に発生する過剰間隙水圧を速やかに消散させることにより、地盤の液状化やそれに伴う構造物の被害を防止する工法で、通常グラベルドレーン工法と呼ばれる。

人工材料を用いる工法は、ドレーン材として合成樹脂製の細径有孔長尺材を使用する。この方法ではドレーン径がグラベルドレーン工法の1/5～1/10となるので、打設間隔は狭くなり、打設本数は増加する。しかし、小さい貫入力でドレーン材を打設できるので、施工機械を小型化できる。以下にグラベルドレーン工法の施工手順及び施工状況を示す。

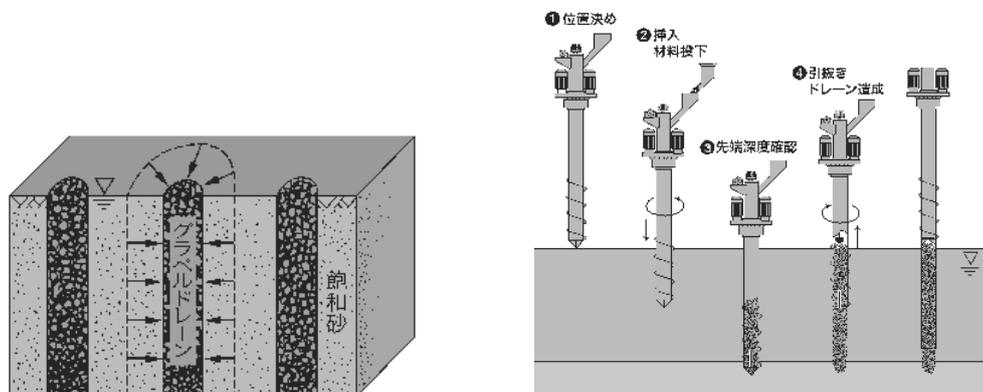


図 R8.19 グラベルドレーンの改良イメージ・施工手順



図 R8.20 グラベルドレーンの施工状況

2-7 鋼材を用いた対策工法

鋼材を用いた対策工法は、非液状化層で支持された鋼材によって地震時の地盤変形に抵抗し、地盤の側方変形の抑制、盛土構造物の沈下・破壊等を抑制する工法である。

液状化対策として設置する鋼材には、鋼矢板、鋼管矢板、あるいはこれらの鋼材に排水部材を取り付けた排水機能付き鋼材がある。このうち、鋼矢板の施工に用いられる工法には以下のようなものがある。

- ① ハンマによる打撃工法
- ② バイブロハンマによる振動工法
- ③ 圧入機による圧入工法
- ④ オーガー併用工法

ここでは、一般的に使用頻度が高いバイブロハンマによる振動工法、圧入機による圧入工法の工法概要を記述する。

(1) バイブロハンマによる振動工法

バイブロハンマによって発生する鉛直方向の振動を鋼矢板などの鋼材に伝え、鋼材周面及び先端の土の抵抗を減少させ、バイブロハンマと鋼材の自重を利用して鋼材を打ち込む工法である。バイブロハンマには電動モータで2軸偏心の振り子を回転させ振動を発生させる「電動式」と油圧シリンダの往復運動等による「油圧式」がある。

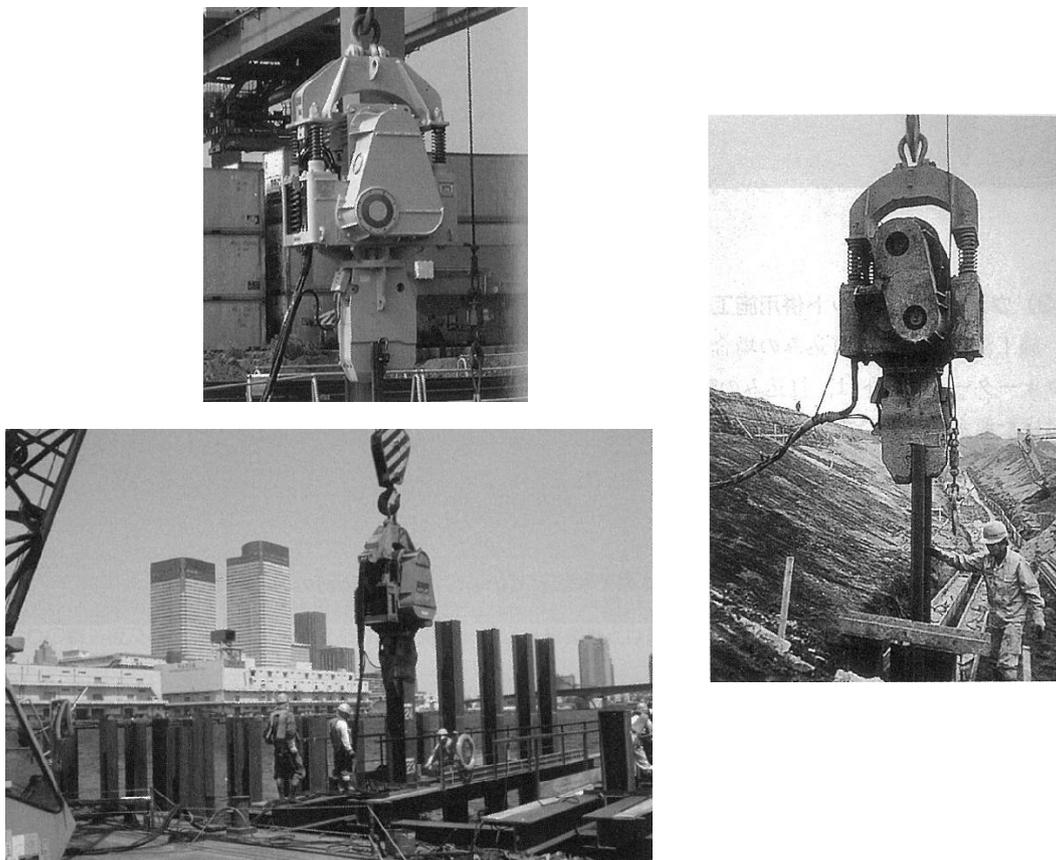


図 R8.21 バイブロハンマによる振動工法 参考文献(2)から引用

(2) 圧入機による圧入工法

圧入引抜機をすでに打ち込んだ鋼矢板、鋼管矢板に自立させた後にこれらで反力を取り、油圧シリンダの伸縮により鋼矢板、鋼管矢板を圧入又は引き抜く工法である。

機械本体がコンパクトで狭い場所での施工に適し、騒音・振動の心配も少ないため、都市部での施工など、近年適用が増加している工法である。

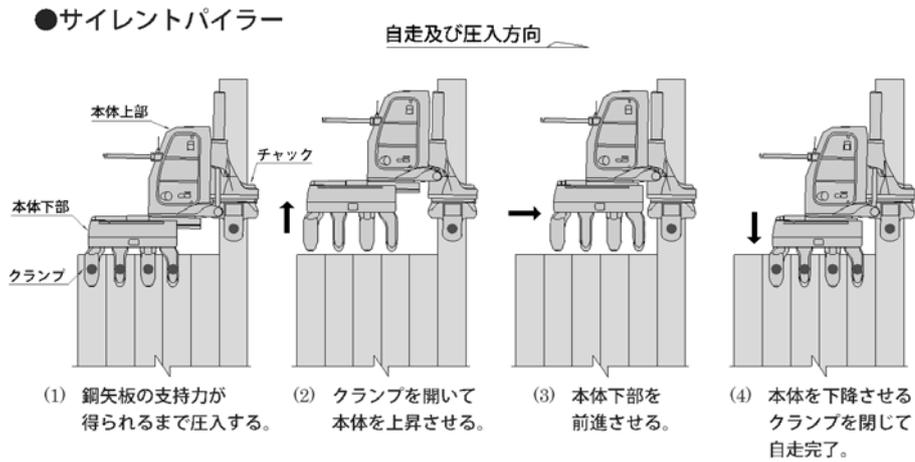
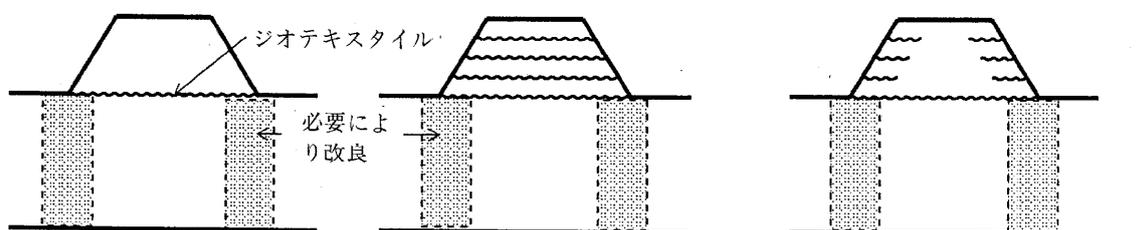


図 R8.22 圧入機による圧入工法 全国圧入協会HPから引用

2-8 ジオテキスタイル工法

液状化対策としてのジオテキスタイル工法は、盛土底面及び盛土内にジオテキスタイル(引張り補強材)を敷設して、軟弱地盤が液状化を生じた際に盛土の機能障害を最小限に留めることを目的とするものである。したがって、一般の液状化対策工が積極的に液状化の発生を抑制することを目的とするため、基本的な考え方が異なる。

以下に示す図 R8. 23 は、ジオテキスタイル工法を単独に使用する方法と他の工法と組み合わせる方法について模式的に示したものである。後者の場合は、基本的に盛土を補強することによって、特に地震時の耐久性を確保することが目的である。敷設様式としては、盛土の底面に 1 層敷設する方法及び盛土の底面と法面部の安定のために短いジオテキスタイルを多層敷設する方法に分類される。



(a) 盛土底面 1 層敷設 (b) 盛土底面・盛土内多層敷設 (c) 盛土底面・のり面 (短い) 敷設

図 R8. 23 ジオテキスタイル工法の敷設様式 参考文献(1)から引用

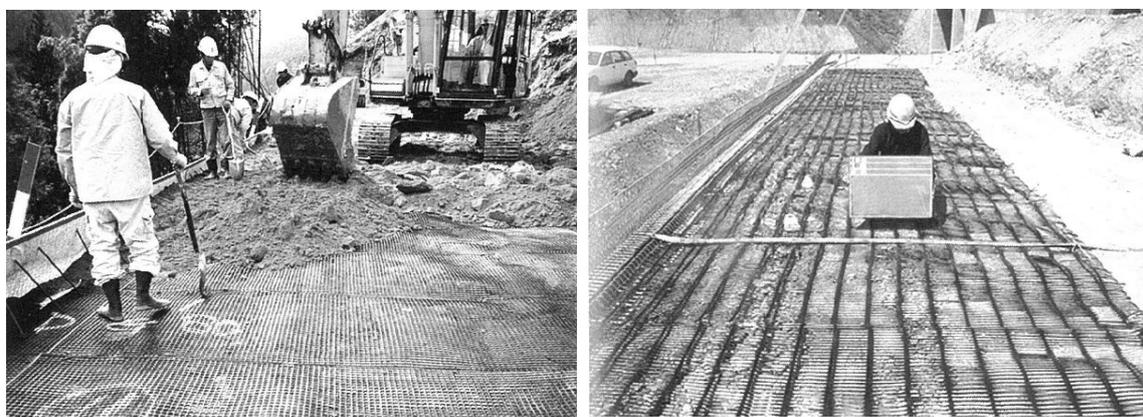


図 R8. 24 ジオテキスタイル施工状況 参考文献(1)より引用

参考文献

- (1) 液状化対策工法設計・施工マニュアル(案)、平成 11 年 3 月、建設省土木研究所耐震技術研究センター動土質研究室 他
- (2) 改訂 5 版 土木施工の実際と解説、2012 年 7 月、一般財団法人建設物価調査会
- (3) 軟弱地盤対策工法 ―調査・設計から施工まで―、平成 9 年 6 月、社団法人地盤工学会
- (4) 全国圧入協会ホームページ <http://www.atsunyu.gr.jp/>

8.2 耐震補強工法

構造物の耐震性向上のために行う補強工法として、

- ・ 構造部材補強工法
- ・ 伸縮目地補強工法

の2例を以下に紹介する。

なお、これらのほか、耐震補強工法とは異なるものであるが、地震動により構造物に働く力を低減して耐震性の向上方策とする場合がある。例えば、配水池等の有蓋池状構造物における「頂版の上置土の撤去」によって、配水池の耐震性の向上を図った事例がある。

1 構造部材補強工法

主な構造部材の補強工法としては以下の工法が考えられる。

これらの補強工法のうち、代表的なものとして(1)～(3)の工法の概要をエラー! 参照元が見つかりません。に示す。これらの工法のうち、(4) 鋼板補強工法は、コンクリート部材に鋼板を張って(又は棒鋼等を巻きつけて)補強するもので主に柱などの補強に用いられる。(5) 鉄骨ブレース工法は、構造物の開口部などを鉄骨の補剛材により補強するもので、主に建築構造物の耐震補強に用いられる。

- (1) 鉄筋コンクリート増打ち工法
- (2) 炭素繊維シート接着工法
- (3) 後(あと)施工せん断補強筋工法
- (4) 鋼板補強工法
- (5) 鉄骨ブレース工法

(1) 鉄筋コンクリート増打ち工法 (曲げ及びせん断に対して有効)

鉄筋コンクリート部材を増打ちすることにより、曲げ耐力とせん断耐力を向上させる補強工法である。補強工法としては一般的な工法であるが、施設の有効容量が減少すること及び部材の形状変更を生ずるため、補強後の運用面に留意が必要である。

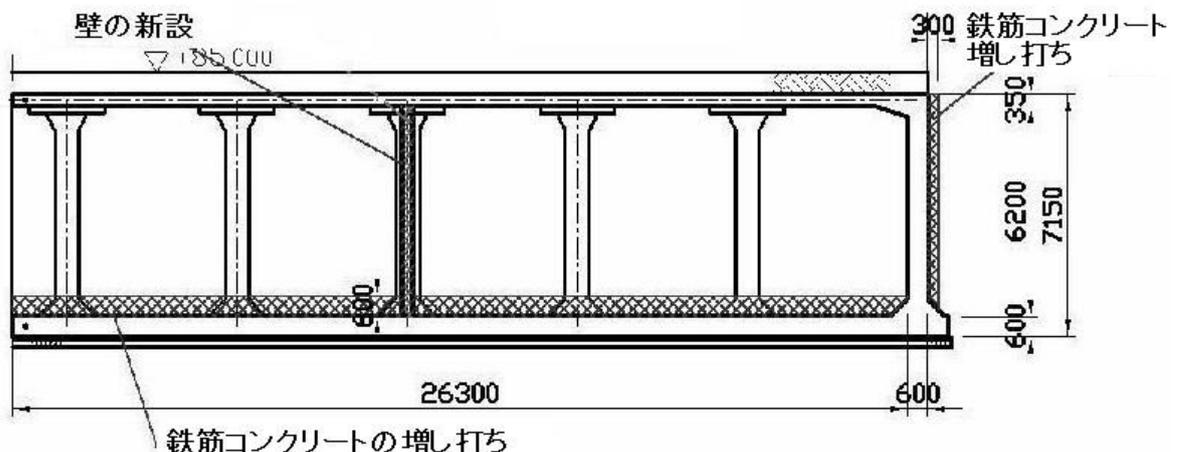
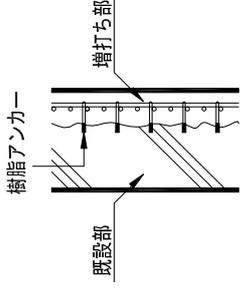
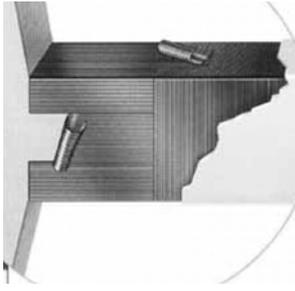
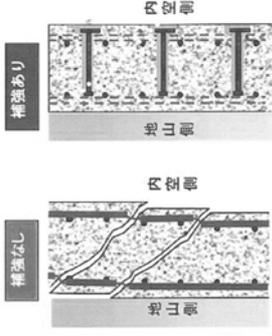


図 R8.25 鉄筋コンクリート増打ち工法の施工例

表 R8.2 補強工法一覧

工法	鉄筋コンクリート増打ち工法	炭素繊維シート接着工法	後施工せん断補強筋工法
効果	曲げ耐力・せん断耐力向上	曲げ耐力・せん断耐力向上	せん断耐力向上
対象部材	柱・梁・底版・壁	柱・梁・底版・壁	柱・梁・底版・壁
工法概要図			
実績及び特徴	<ul style="list-style-type: none"> 一般的な工法として施工実績は多い。 重量の増加が、他の補強工法に比べて大きい。 耐久性は高い。 断面が増加するため、構造物の機能に支障をきたすことがある。 	<ul style="list-style-type: none"> 橋脚等の施工実績は多い。 コンクリート面との接着作業の良否が補強効果に大きく影響を及ぼす。 腐食がなく、長期的な耐久性に優れている。 水中施工での実績はない。 重量の増加はほとんどない。 	<ul style="list-style-type: none"> 橋脚等の施工実績は多い。 重量の増加はほとんどない。 補強鉄筋を既設断面内に納めれば、断面増加はない。 既設鉄筋に干渉しないよう考慮する必要がある。
施工性	<ul style="list-style-type: none"> 既設部のコンクリート面のはつりや、新設部分のコンクリート打設が必要となる。 狭い箇所での作業性は悪い。 コンクリートの養生に時間がかかると、工期が長くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 手作業であるため、施工場所を選ばない。 対象面の形状や障害物の有無による制約がない。 	<ul style="list-style-type: none"> 補強鉄筋を挿入するため、施工スペースの確保が必要となる。 狭い箇所での作業性が悪い。 気中施工が通常である。
補強要領	<ul style="list-style-type: none"> 引張側の曲げ耐力の向上を図る場合は、有効であるが、圧縮側の曲げ耐力の向上を図る場合は、補強厚さが大きくなる。 せん断耐力の向上を図る場合は、新設部分にせん断補強筋を挿入することで、せん断耐力が大きく向上する。 	<ul style="list-style-type: none"> 梁,柱については、四周に炭素繊維シートを貼り付けることにより、曲げ、せん断耐力の向上が見込まれる。 底版、壁については、引張側に貼り付けることにより、曲げ耐力の向上が見込まれる。(せん断耐力の向上は図られない。) 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋径を大きくすれば、せん断耐力を大きく向上させることができる。
備考	<ul style="list-style-type: none"> 補強に関する基準がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 補強に関する基準がある。 	<ul style="list-style-type: none"> (財)土木研究センターにおいて、建設技術審査証明(建設審査証 第0522号)を取得している。

(2) 炭素繊維シートによる補強工法

(壁部材に対しては曲げ引張り、柱・梁部材に対しては曲げ、せん断に有効)

炭素繊維シートによる補強工法は、炭素繊維シートと呼ばれる軽量かつ高強度で耐久性に優れた繊維を補強材料とし、これを構造物の表面に接着して補強層を形成し構造体を補強する工法である。

水中での施工、特に水道施設における池内の施工事例がないので、池内の柱などの補強工法として採用する場合には、貯留水水質に与える影響（素材及び接着剤等からの浸出液の性状）に十分な配慮が必要である。

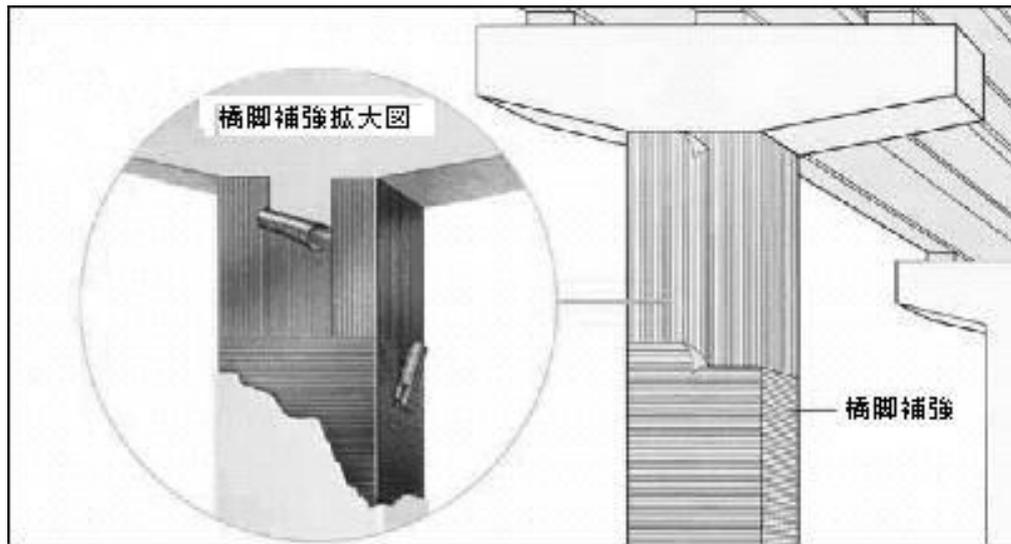


図 R8.26 炭素繊維シートによる補強概要図

(3) 後施工せん断補強鉄筋による補強工法（せん断に対して有効）

後施工せん断補強鉄筋工法とは、既設コンクリート壁を背面側鉄筋の位置まで削孔し、グラウト充填後、鉄筋を挿入して固着する工法である。既設構造物の内側からせん断補強を行うことが可能であり、既設躯体と一体化するため、耐久性に優れている。

ただし、曲げ耐力への補強効果はないため、曲げ耐力が不足する箇所については、部材の増打ちを併用して用いる必要がある。

後施工せん断補強鉄筋工法には、幾つかの種類がありその例を以下に示す。各工法は、適用条件や、せん断耐力の補強効果（有効率）、経済性など、その特徴が異なるため、補強工事で実際に採用する場合には、詳細設計の段階でその適用性について十分な比較検討が必要である。

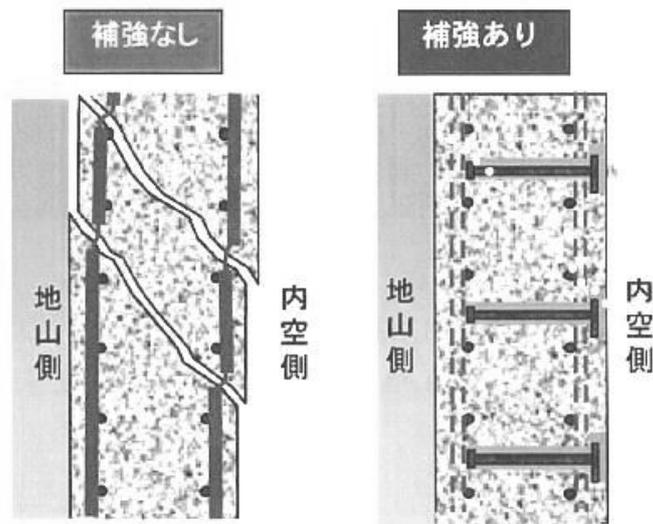
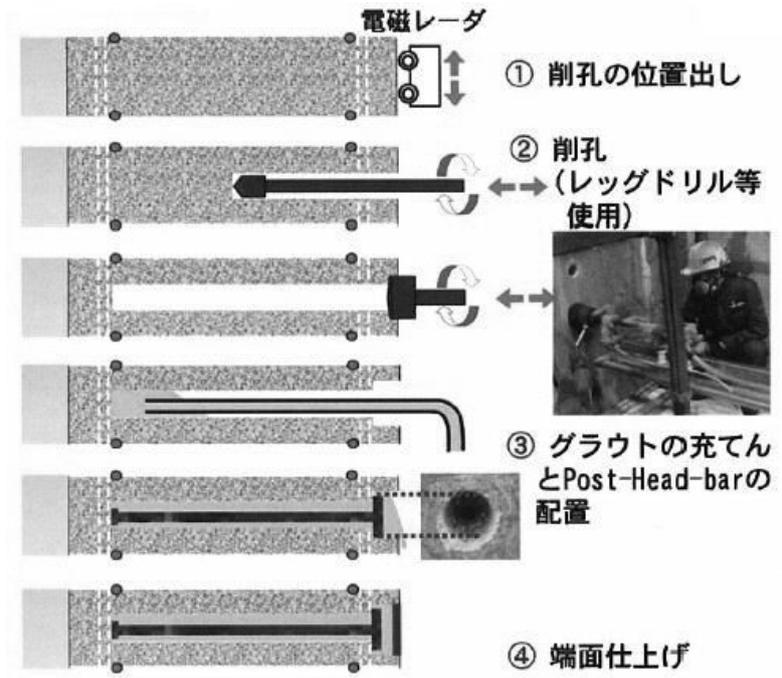


図 R8.27 後施工鉄筋補強筋工法による補強概要図

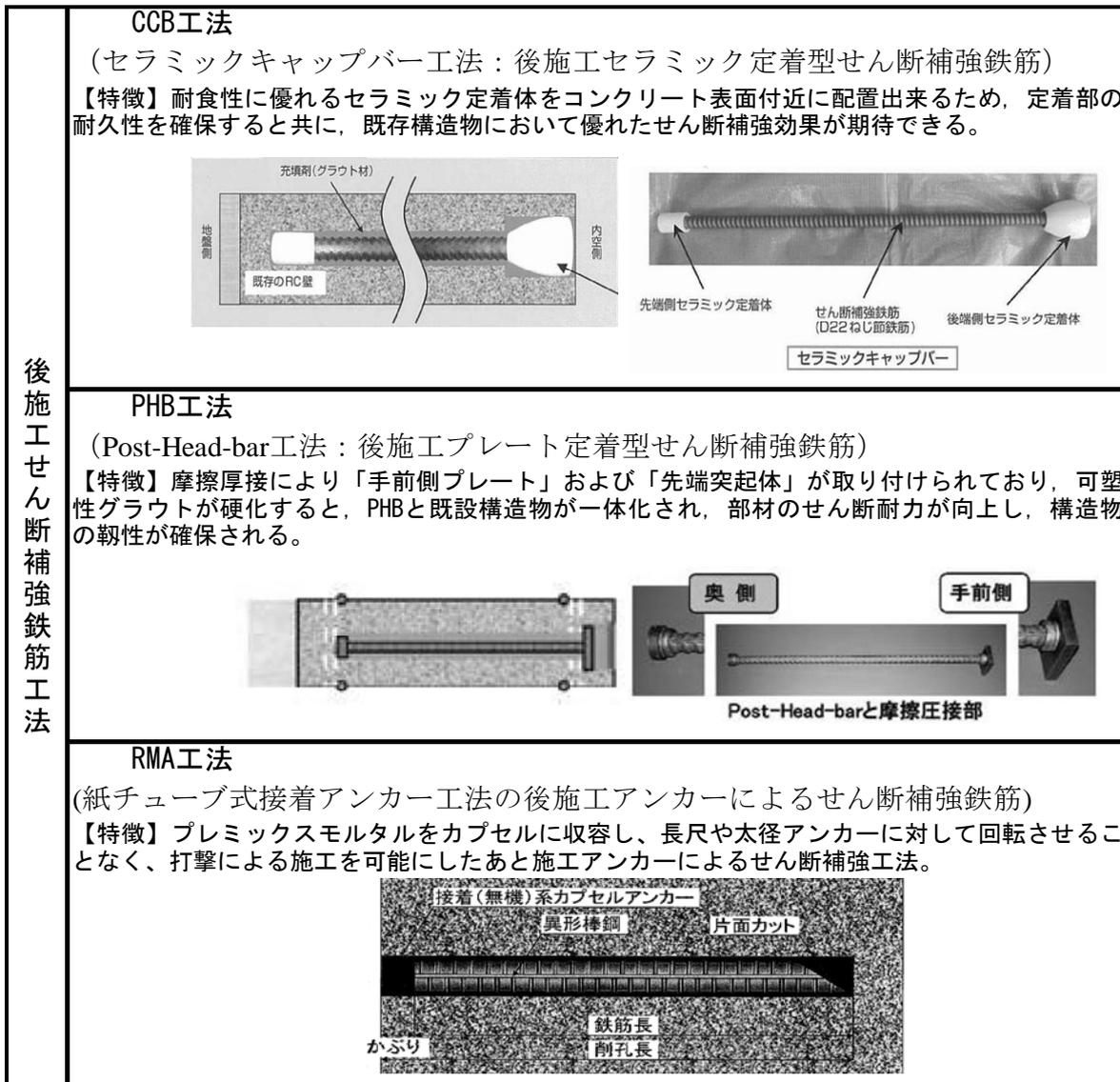


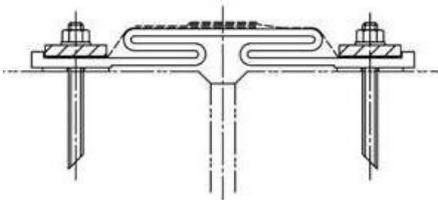
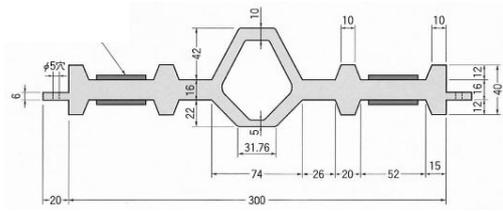
図 R8. 28 後施工せん断補強筋工法の種類

2 伸縮目地補強工法

伸縮目地の水密性補強材の概要を表に示す。

- ・費用面は耐震用止水可とう継手の約 1/5 程度であって優れている。
- ・耐震性能は、耐震用止水可とう継手と耐震用止水板は、ほぼ同様である。

表 R8.3 伸縮目地補強材の概要

項目	耐震用止水可とう継手	耐震用止水板
概略図		
特徴	既存コンクリート構造物において、目地部の躯体表面に伸縮ゴムをアンカーボルトと押さえ板で押さえつけて固定する後（あと）施工タイプの可撓継手である。	躯体築造時に伸縮目地部に用いるゴム製止水板であり、躯体に埋め込む。センターバルブ方式となっているため構造物の変位に対し追随する。 既設構造物では、増打ちによる耐震補強の際に採用可能。
伸縮量	沈下量 100mm、伸び量 100mm	沈下量 100mm、伸び量 95mm

補強材料の選定

伸縮目地補強材は、伸縮量などの耐震性能に大きな差がないため、躯体の補強工法に合わせて、増打ちによる補強の場合には、経済性に優れている耐震用止水板を採用し、増打ちコンクリートに埋め込んで補強を行う。増打ちによる補強を行わない場合には耐震用可とう継ぎ手による補強を行う。

増打ち補強を行う場合 ： 耐震用止水板を採用する。

増打ち補強を行わない場合 ： 耐震用可とう継ぎ手を採用する。

よくある質問（FAQ）

よくある質問 (FAQ) 目次

手引きの読み方

Q1-1：この手引きは、どの部分から読めばよいか？ …………… FAQ-1

簡易耐震診断全般

Q2-1：簡易耐震診断の目的は？ …………… FAQ-1

Q2-2：簡易耐震診断の精度は？ …………… FAQ-1

Q2-3：簡易耐震診断と詳細耐震診断の違いは？ …………… FAQ-1

Q2-4：簡易耐震診断はどのような場合に行うのか？ …………… FAQ-1

Q2-5：簡易耐震診断は、技術者以外が行えるか？ …………… FAQ-2

Q2-6：簡易耐震診断は、一人の担当者が実施してよいか？ …………… FAQ-2

Q2-7：簡易耐震診断には、どのようなデータや資料を用意すればよいか？ …………… FAQ-2

Q2-8：簡易耐震診断に必要なデータや資料が十分に揃わないときは、どうすればよいか？
…………… FAQ-2

簡易耐震診断の実施

Q3-1：取水場・浄水場等における土木構造物すべてについての簡易耐震診断を実施しなければならないか？ …………… FAQ-3

Q3-2：簡易耐震診断対象構造物の選定及び優先順位付けは、どのようにすればよいか？
…………… FAQ-3

Q3-3：簡易耐震診断表による耐震性判定結果が「高い」であったことから、その土木構造物は「耐震性あり」と判断してよいか？ …………… FAQ-3

Q3-4：簡易耐震診断において“耐震性が高い”との結果を得たので、詳細耐震診断も耐震補強も必要ないのではないかと？ …………… FAQ-3

Q3-5：簡易耐震診断表の判定結果が“耐震性が低い”でありかつ耐震性判定点の数値が非常に大きいので、この結果を基に施設更新の方針を決めてよいか？ …………… FAQ-3

Q3-6：簡易耐震診断によって“耐震性が高い”との診断結果を得たため、更新しないで今後も使いたい、詳細耐震診断を実施する必要はあるか？ …………… FAQ-4

簡易耐震診断表

Q4-1：評価区分と評価点の判定などが分からないときは、どうすればよいか？ …………… FAQ-4

Q4-2：地盤種別や液状化についての判定が困難なときは、どうすればよいか？ …………… FAQ-4

Q4-3：傾斜地を切土・盛土で整地し、基礎杭を打った上に施工した構造物の施工地盤は、「地山・切土」、「傾斜地」、「埋立地・盛土」のどの区分を選択すべきか？ …………… FAQ-4

Q4-4：薬品沈澱池などのように、底版が傾斜し深さが変化している場合は、側壁高はどの部分の壁の高さか。また、部分的に流出ピット部が深い場合はどうか？ …………… FAQ-4

Q4-5：想定震度はどのように決めればよいか？ …………… FAQ-5

Q4-6：幾何平均値とは何か？なぜこのような値を使うのか？…………… FAQ-5

詳細耐震診断実施の優先順位

Q5-1：浄水施設等の土木構造物を耐震化するには、すべての構造物の詳細耐震診断を実施しなければならないか？…………… FAQ-6

Q5-2：耐震性が高い・低いの評価だけで詳細耐震診断実施の優先順位は決まらないのか？…………… FAQ-6

Q5-3：耐震性改善必要度は、詳細耐震診断実施だけでなく、耐震補強計画に当たっての補強の優先順位付けにも使えないか？…………… FAQ-6

Q5-4：小規模な浄水施設等は、地震被害による影響給水件数・水量が一般的に小さいことから詳細耐震診断の実施や耐震化が後回しになるのではないか？…………… FAQ-7

手引きの読み方

Q1-1：この手引きは、どの部分から読めばよいか？

(答え) 本手引きは、目次の直後にある“はじめにお読みください 本書の使い方”にも書いてあるように、その後ろに続く“簡易耐震診断の基礎知識”を必ず読んでください。その上で、“1章 はじめよう！ 簡易耐震診断 —新簡易耐震診断表の使い方—”を読むと、この章の14 ページ分を読むだけで簡易耐震診断の実施手法をマスターできます。

なお、1章を読んで疑問を生じた場合や、詳細を知りたい場合には、“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—”や“資料編”に詳しい内容が書かれていますので、これらをお読みください。

簡易耐震診断全般

Q2-1：簡易耐震診断の目的は？

(答え) この手引きにおける簡易耐震診断は、簡易耐震診断表を用いて浄水施設（取水・送配水施設の一部を含む）の耐震性を簡易的に判定し、「詳細耐震診断実施の優先順位を設定する」ことを目的とするもので、また、「耐震化計画を検討する際の参考として使用する」こともできます。

Q2-2：簡易耐震診断の精度は？

(答え) この手引きにおける簡易耐震診断は、対象とする土木構造物の耐震性を簡易的に判定するもので、建設年次や簡便な耐震計算による手法、既往の地震被害事例による手法などの簡易診断手法のうち、簡易耐震診断表を用いる手法です。この簡易耐震診断表では、構造物の設置条件（地盤種別、液状化の有無など）、構造的強度（壁の多さ・厚さ）、水密性（可とう管・伸縮目地の有無）を評価して点数化し、これを基に耐震性の「高い・中・低い」という程度を判定します。したがって、構造物の部材応力をチェックする詳細耐震診断と比べると耐震性判定の手法がまったく異なり、その判定の精度が低いため、詳細耐震診断の結果を保証するものではありません。

Q2-3：簡易耐震診断と詳細耐震診断の違いは？

(答え) 簡易耐震診断が、対象とする土木構造物の耐震性を簡易的に判定するのに対し（Q2-2参照）、詳細耐震診断は、構造物の部材の地震時発生応力等を求めて許容値と比較することにより耐震性の「あり・なし」を判定するとともに、強度の劣る部材とその補強策の必要性を検討することができます。したがって、耐震性強化の検討（どの部材をどの程度、どのように補強するかなど）は、詳細耐震診断結果を基に行われます。

Q2-4：簡易耐震診断はどのような場合に行うのか？

(答え) 浄水施設等のすべての土木構造物について詳細耐震診断による耐震性の「あり・なし」

の判定することは、費用面や時間的な制約から事実上困難なことです。したがって、どの構造物を優先して詳細耐震診断の対象とするか、という優先順位の設定のために簡易耐震診断を行います。また、この診断結果は、耐震化計画を検討する際の参考として使用することができます。なお、優先順位は、簡易耐震診断結果による「耐震性評価点」と被災時の「影響範囲（給水件数等への影響度合）」によって求められる「耐震性改善必要度」の大きさに応じて設定されます。

Q2-5：簡易耐震診断は、技術者以外が行えるか？

(答え) 技術者以外が簡易耐震診断を実施することは可能です。ただし、必要なデータや資料（Q2-7 参照）の中には、地盤種別の判定や液状化の有無、部材劣化度、可とう管の判別など、技術的な判断が必要なことから、技術者等からのアドバイスを必要とする場合があります。

Q2-6：簡易耐震診断は、一人の担当者が実施してよいか？

(答え) 一人の担当者が実施することは十分可能です。簡易耐震診断表の評価項目はほとんどが客観性のあるものですが、部材の劣化度などは主観的な判断が入りますので、対象構造物を良く知る複数の人に相談することが望まれます。

Q2-7：簡易耐震診断には、どのようなデータや資料を用意すればよいか？

(答え) 簡易耐震診断の実施に必要なデータや資料は、「簡易耐震診断の基礎知識」の中に詳しく書かれています（冒頭部のvページ）ので、詳しくはそちらをお読みいただくとして、ここでは概略を書きます。

最も一般的な診断対象である浄水池・配水池などの有蓋池状構造物や沈澱池・ろ過池などの無蓋池状構造物では、以下の資料が必要です。

- ・ 地質データ
- ・ 構造物の形状寸法の分かる構造図
- ・ 竣工年度
- ・ 場内配管接続部の可とう管の種類、及び構造物の伸縮目地の有無・種類の分かる資料

Q2-8：簡易耐震診断に必要なデータや資料が十分に揃わないときは、どうすればよいか？

(答え) 地質データや液状化危険度、想定震度などは、都道府県や市町村などの防災担当部署が作成する地域防災計画に記載されている場合があります、それらを参考にすることができます。

一方、構造物の形状寸法、竣工年度、可とう管の種類などは、外部の情報に頼ることができず、独自のデータや資料を揃えなければなりません。構造物の形状寸法は、実測することも不可能ではありませんが、掘削や池を空にする必要があるなど、費用と技術的困難を伴う場合があります。

また、正確なデータが無くても、竣工年度のように類推できるデータもあり、あきらめずに簡易耐震診断を実施することが肝心ですが、耐震性評価の面でやや精度が落ちる点に留意してください。

簡易耐震診断の実施

Q3-1：取水場・浄水場等における土木構造物すべてについての簡易耐震診断を実施しなければならないか？

(答え) すべての構造物について簡易耐震診断を実施することが理想ですが、費用面や時間的な制約を考えると、現実的ではないことが多くあります。実際には簡易耐震診断の対象構造物の選定が必要になりますが、選定及び優先順位付けの方法は、次項の Q3-2 をお読みください。

Q3-2：簡易耐震診断対象構造物の選定及び優先順位付けは、どのようにすればよいか？

(答え) 対象構造物の選定の際に考慮すべき点は、以下のとおりです。

- ① 何期かに分けて建設したものであれば、最も古い時期に築造した構造物
- ② 池面積に比べて比較的壁の数が少ないもの(壁の比較的多いろ過池よりも、沈澱池など)このような比較的条件の良くない構造物を優先的に実施します。

なお、これらの優先順位の高いものの結果が“耐震性が極めて低い”となったときは、構造物の中で最も条件の良さそうな、最も新しく建設したもの、壁の数の多いもの(急速ろ過池など)について簡易耐震診断を実施して、両方の結果を基にこの浄水場の簡易耐震診断結果をまとめることにより、この浄水場内の古い構造物から新しい構造物まで、全体の耐震性のおおまかな目安を得ることができます。

Q3-3：簡易耐震診断表による耐震性判定結果が「高い」であったことから、その土木構造物は「耐震性あり」と判断してよいか？

(答え) 簡易耐震診断は、対象とする土木構造物の耐震性を簡易的に評価して耐震性の程度、すなわち「高い・中・低い」を判定します。一方「耐震性あり・なし」は、想定する地震動に対する「耐震性能を満足しているか否か」すなわち耐震補強の要・不要を示すもので、詳細耐震診断によって判定されます。このように、診断手法が全く異なるため、簡易耐震診断による「耐震性が高い」の判定結果から「耐震性あり」と判断することはできません。

Q3-4：簡易耐震診断において“耐震性が高い”との結果を得たので、詳細耐震診断も耐震補強も必要ないのではないか？

(答え) Q3-3 の (答え) に示すように、簡易耐震診断は、土木構造物の耐震性の「高い・中・低い」を判定するもので、耐震補強の要否を判断できません。したがって、詳細耐震診断を実施して「耐震性あり・なし」すなわち「耐震性能を満足しているか否か」を判定し、その結果に応じて耐震補強の要否を判断する必要があります。

Q3-5：簡易耐震診断表の判定結果が“耐震性が低い”でありかつ耐震性判定点の数値が非常に大きいので、この結果を基に施設更新の方針を決めてよいか？

(答え) 簡易診断の結果に基づいて施設更新の方針を決定することはありうることです。

例えば、幾つかの種類の池状構造物の簡易診断結果がすべて“耐震性が低い”であり、しか

も評価点の数値が極めて大きい(耐震性が極めて低い)場合は、構造的強度が劣るだけでなく、地盤種別や液状化などの立地条件が劣悪なため、補強困難という結果を得る場合が多くあります。このようなケースでは、詳細耐震診断を実施せずに更新の方針を決定することは十分ありうることです。

ただし、施設更新は、単に耐震性だけに着目するのではなく、劣化状況、水理・水質に関する性能・機能の状況などを総合的に考慮して決定すべきものであることに留意してください。

Q3-6：簡易耐震診断によって“耐震性が高い”との診断結果を得たため、更新しないで今後も使いたいが、詳細耐震診断を実施する必要はあるか？

(答え) Q3-4 の (答え) に示すように、簡易耐震診断結果の“耐震性が高い”は、必ずしも詳細耐震診断による“耐震性あり”を保証するものではありませんから、今後もその施設の使用を継続するのであれば、詳細耐震診断を実施して耐震補強の要否を正確に把握し、必要に応じて補強しなければなりません。

簡易耐震診断表

Q4-1：評価区分と評価点の判定などが分からないときは、どうすればよいか？

(答え) 判定が困難な場合には、数値の大きい点数を、すなわち耐震性が低くなるように点数を選んで評価点としてください。また、簡易耐震診断の経験者などに問い合わせるのもよいでしょう。

Q4-2：地盤種別や液状化についての判定が困難なときは、どうすればよいか？

(答え) この手引きでは、地盤種別や液状化の判定を簡易的に行って耐震診断を行う手法を示していますが、こうした簡易的な判定が困難な場合には、Q4-1 の答えと同様に、数値の大きい点数を、すなわち耐震性が低くなるように点数を選んで評価点としてください。また、簡易耐震診断の経験者や、地盤や液状化に詳しい専門家に問い合わせるのもよいでしょう。最後の手段としては、“簡易”とは矛盾しますが、参考文献等を基に詳細判定を行うことも考えられます。

Q4-3：傾斜地を切土・盛土で整地し、基礎杭を打った上に施工した建造物の施工地盤は、「地山・切土」、「傾斜地」、「埋立地・盛土」のどの区分を選択すべきか？

(答え) この簡易耐震診断の手法では、基礎杭の支持力や地震時の建造物への影響等については検討しません。このことから、基礎杭がないものとして施工地盤を選択してください。

Q4-4：薬品沈澱池などのように、底版が傾斜し深さが変化している場合は、側壁高はどの部分の壁の高さか。また、部分的に流出ピット部が深い場合はどうか？

(答え) 底版が傾斜している場合や、場所によって深さが変わる場合には、最も深い場所にお

ける壁の高さを側壁高としてください。ただし、流出ピットのように小区画で部分的な深さの変化は、壁の強度に大きく影響しない限り、無視してよいでしょう。

Q4-5：想定震度はどのように決めればよいか？

(答え) 想定地震は、給水に甚大な影響を与える可能性の高い地震を選定しますが、浄水施設や重要度の高い配水池は一般的にレベル2地震動を、一部の配水池(代替施設のあるもの)などはレベル1地震動を想定することとなっていますので、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)を選定します。本手引きでは、想定震度階は5+、6-、6+、7のいずれかとしています。

注) レベル1地震動とレベル2地震動

レベル1地震動：対象建造物の設置地点において発生するものと想定される地震動のうち、この建造物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：対象建造物の設置地点において発生するものと想定される地震動のうち、最大規模の強さを有するもの

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等を基に各地域で個別に設定すべきものであり、国の防災基本計画や地域防災計画において想定されている地震を参考に設定することができます。

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ますので、想定震度の設定に当たって参考にすることができます。

Q4-6：幾何平均値とは何か？なぜこのような値を使うのか？

(答え) 幾何平均値(相乗平均値ともいいます)は(すべてのデータを掛け合わせた値)の $[1/(\text{データ数})]$ 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 $1/n$ 乗の値であって、データ数が異なってもほぼ同じ桁の計算結果が得られます。

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

有蓋・無蓋建造物の新簡易耐震診断表には11の評価項目がありますが、他の建造物では5～9項目です。耐震性評価のための総合得点はすべての評価点を掛け合わせた値(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、総合得点では種類の異なる建造物の耐震性の比較が困難です。こうしたことから、「評価平均値」としての“幾何平均値”を求め、更に、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、すべての建造物で耐震性を比較する際のベースを統一しました。

また、「立地条件等」、「構造的強度」、「水密性(貯水保持力)」の総合評価結果として「耐震性能」を求めますが、“幾何平均値”及び“10点満点換算値”は、この建造物の耐震性に関する

る弱点の指標として用いられ、大きな数値を示すほど耐震性が劣って弱点となっていることを示します。すべてを掛け合わせた結果だけでは弱点を見出しにくいのですが、“10 点満点換算値”が他の中項目に比べて大きな値を示す場合には、耐震性能の低下に大きく影響していることが分かります。

詳細耐震診断実施の優先順位

Q5-1：浄水施設等の土木構造物を耐震化するには、すべての構造物の詳細耐震診断を実施しなければならないか？

（答え）簡易耐震診断結果に応じて施設更新の方針決定を行う場合には、詳細耐震診断を実施する必要はありませんが、今後もその施設の使用を継続するのであれば、詳細耐震診断を実施して耐震性の有無を判定するとともに耐震性に劣る構造部材を正確に把握して、必要であれば補強する必要があります。すなわち、耐震化のためには詳細耐震診断は不可欠であるといえます。

なお、耐震化のためには対象としたすべての構造物についての詳細耐震診断実施が理想的ですが、診断の費用面や時間の制約などを考慮すると、必ずしも現実的ではない場合があります。こうした場合には、詳細耐震診断の対象の選択又は優先順位付けが必要になります。

優先順位付けは、耐震性評価点とともに、構造物が地震で被災したときの影響範囲（給水件数への影響や、浄水場能力への影響、社会的影響など）を考慮して求める耐震性改善必要度を基に設定します。こうした内容は、1.3 詳細耐震診断実施の優先順位に記載されていますので、そちらをお読み下さい。

Q5-2：耐震性が高い・低いの評価だけで詳細耐震診断実施の優先順位は決まらないのか？

（答え）評価された耐震性は、地震動に対する抵抗性の強弱を示すだけでなく、被害発生確率や復旧期間の目安となる指標と考えられますので、これだけを基にして詳細耐震診断の優先順位を設定することは可能です。しかし、被災したときの影響の度合いが構造物ごとに異なって違い（差）があるときは、耐震性と同時にこの「影響度合の差」を考慮する必要があります。こうしたことから、耐震性と影響度合（影響範囲）を考慮した耐震性改善必要度に応じて優先順位を設定することとしています。

なお、被災しても、他の浄水場や配水系統からの管路によるバックアップ給水（応援給水）がある場合には、優先順位が下がることが考えられますので、バックアップの信頼性や依存度に応じて、耐震性改善必要度を補正することとしています。

Q5-3：耐震性改善必要度は、詳細耐震診断実施だけでなく、耐震補強計画に当たっての補強の優先順位付けにも使えないか？

（答え）耐震補強の優先順位は、補強部材の位置・数量をはじめ、施工の難易度、コストなど、別途に考慮すべき多くの事項があることから、耐震性改善必要度は参考にできるとしても、優

先順位付けの直接的な指標として使うのは難しいと思われます。

Q5-4：小規模な浄水施設等は、地震被害による影響給水件数・水量が一般的に小さいことから、詳細耐震診断の実施や耐震化が後回しになるのではないか？

（答え）小規模浄水施設等では被災時の影響給水件数や水量が小さいため、耐震性改善必要度が小さくなる傾向にあり、詳細耐震診断の実施などが後回しになることがありますので、被災時の応急給水方法など、施設面だけでなくソフト面を含めた震災対策を立てておく必要があります。

また、地域の事情によっては、小規模施設ではあっても、非常給水用の浄水確保のために優先的に詳細耐震診断や耐震化を事業方針とする場合がありますが、こうした場合には、影響範囲の算出表の「その他考慮すべき事項」において、点数を上積みするなどの調整を行うとよいでしょう。