

発生し終息した後までの、各段階における対応の基本原則や留意事項を整理した。また、運転方法の軽微な変更や装置の仮設などにより高濁度原水への対応能力を向上させる方法を示し、水道技術管理者等が中心となって、高濁度原水への対応方策を検討する際の参考資料としての利用を想定した。また、本研究で実験等により検討・検証した高濁度原水への対応技術を技術紹介の章へ記載し、浄水処理の改善・強化方策として現場実務へ応用しやすくした。さらに、平素の状況において日常的に管理すべき事項及び準備しておくべき対応技術を示した。

「資料編」では、「手引き(案)」に記載した技術的用語、降雨が浄水処理に及ぼす影響について模式図を用いて解説するとともに、浄水処理における水質管理の意義・要点、薬品注入等に関する早見表、凝集沈澱で発生するスラッジ量の簡易な計算方法、事業体の水質事故対応マニュアル等の事例を記載した。

3) 有用性の検証

(1) ケーススタディによる「手引き(案)」の評価

梅雨時期や台風時期に、上流域の降雨により、原水の濁度が数百度から千度程度に上昇し、低アルカリ度となる Mk 浄水場においてケーススタディを実施し、「手引き(案)」の有用性を検証した。この事業体は、市町村合併により旧町から市へ移管されたことを機に、浄水場の改善を行い、施設水準の向上や維持管理の強化を図った。主な改善点は、水安全計画の策定を行い、浄水場の現状把握とリスク分析から水質管理基準を設定して、それに応じた対応を実施している。原水や浄水処理過程において水質管理基準値を逸脱した場合には、状況の確認、薬品注入の強化、二段凝集処理など具体的な対応を実施することとしている。また、管理基準値の逸脱が大きくなる又は管理基準値を継続的に維持できない場合には、そのレベルに応じた管理体制が執られていることが分かった。

また、「手引き(案)」に示した浄水場の運転管理体制・状況等を自己診断するためのチェックシート内容と Mk 浄水場における課題改善事例との比較を行った結

果、表 7 に示すとおり多くの点で一致が見られたことから、「手引き(案)」の有用性が確認された。このうち、主な一致点は以下に示すとおりであった。

- ・二段凝集処理によるろ過水濁度管理
- ・沈澱池傾斜管の傾斜角度及び高さの変更による沈澱処理能力の強化
- ・取水場での濁度計、pH 計、電気伝導率計、魚類監視装置及びテレメータ設備の整備による原水水質変動の早期把握及び河川協議会との連携

(2) 活用に関する調査の実施

中小事業体を対象に作成した「手引き(案)」に関するアンケート調査を行った結果、表 8 に示すとおり、半数近くの事業体が取り組みたい改善項目として「対応マニュアルの作成」を回答した。また、二段凝集処理、原水高濁度時の凝集剤注入適正化など、「手引き(案)」で提案した技術の導入についても活用したいとの回答があった。

また、「手引き(案)」の活用に関する有識者へのヒアリングでは以下の指摘があった。

- ・特に技術職員の少ない事業体では、活用の際に技術的なアドバイスの必要なケースが想定される。
- ・今後の課題として「手引き(案)」には継続的なフォローアップが必要である。
- ・事業体の技術水準を考慮した浄水場の設計、維持管理手法を確立する必要があると考えられ、「手引き(案)」で提案した技術を浄水場の設計に盛り込むことにより維持管理の簡素化を図るべきである。

表 8 「手引き(案)」を活用して取り組みたい改善内容 (調査対象件数 27 件)

取り組みたい改善項目	回答数
(原水水質悪化)対応マニュアルの作成	12
(原水水質悪化時の取水)ピークカットの実施	7
二段凝集処理の実施	6
原水高濁度時の凝集剤注入適正化	5
水質計器の充実	5
薬品注入位置や注入順序の見直し	1
薬品注入能力の強化	1
ジャーテストの実施	1

D. 考察

1 薬品注入の適正化に向けた検討

実施設での実用性が評価された凝集剤注入率算定式は、個々の浄水場でジャーテストを実施し、原水の色度、pH 及びアルカリ度の実測値について、それぞれの関数式を整理して係数 a、b へ対応させることで簡便な凝集剤注入指標として適用が可能である。

有機色度成分（ここではフミン酸ナトリウム）を含む原水では、濁質の除去に加え、有機色度成分の除去に消費される分の凝集剤増量が必要である。これを考慮した適正な凝集剤注入率を用い、降雨による原水水質変動に応じたタイミングで注入することが原水高濁度時の凝集・沈澱不良への対応方策となる。なお、凝集剤注入率の変更は、原水濁度上昇時には早目、下降時には遅めにすることで、より安定した処理を行うことができる。

アルカリ度は凝集・沈澱処理における重要なファクターであり、研究結果で示したアルカリ度の指標を基に、降雨に伴う原水濁度上昇時にアルカリ剤の注入を行うなど、アルカリ度の管理を適正に行う必要がある。また、EC はアルカリ度との強い相関が認められたことから、個々の浄水場ごとに相関を求めた上で、アルカリ度代替指標として用いることが可能である。EC 計は、アルカリ度計よりもコストが小さく維持管理が容易なことから、中小事業体に適したアルカリ度管理指標として有効である。また、EC 計の導入が困難な場合には、あらかじめ手分析で EC 及びアルカリ度を測定し、それらの相関を求めた上で、測定が簡易的な EC 値によってアルカリ度管理を行うことができる。

このような薬品注入に係る指標を薬品注入管理へ適用し、さらに水質計の整備や薬品注入設備の改善に生かすことで、高原水濁度への適正な対応が可能となる。

2 ろ過水濁度の安定的な管理に向けた検討

二段凝集処理は、凝集・沈澱不良が生じた場合でもろ過水濁度を安定的に管理できる実用的な技術であり、有機色度成分を含む高濁度原水に対しても有効である。また、簡易な設備で維持管理が容易であることから、中小事業体が導入しやすい技術である。この技術の導入に際しては、原水水質によ

って間欠的な処理も可能であるほか、ろ過抵抗の上昇が見られる場合には、ろ過池の複層化が有効な対策となる。

3 水質管理が容易な薬品注入の検討

高塩基度 PAC は原水の pH、アルカリ度の調整が困難な中小事業体に適した凝集剤である。また、既存の PAC 注入設備を利用できるほか、PAC よりも劣化が遅いなど、導入や維持管理の容易な点も評価できる。この導入に際しては、注入によるアルカリ度や pH の変化をあらかじめ把握し、効果の検証を行うことが必要である。

4 「高濁度原水への対応の手引き(案)」の作成

中小事業体の抱える浄水処理の課題を捉えて具体的な解決方策を提案し、さらにレビュー等の結果を反映したことにより、事業体の視点に立った実用的な「手引き(案)」となった。中小事業体では、この活用による自発的な課題改善意欲が見られたことから、「手引き(案)」が目標とした事業体自らによる課題認識とその解決を促すものと期待できる。

一方、浄水処理の課題とその解決方策は個々の事業体、浄水場で異なり、技術レベルや財政状況も多様であることから、活用に際しては中小事業体への技術的支援を要するケースが想定される。また、既存の指針等に基づく標準的な浄水場の設計や維持管理に「手引き(案)」の提案内容を加えることで、個々の事業体に即した施設整備や維持管理の実現が可能になるものと考えられる。今後は、「手引き(案)」の内容について、技術革新、自然的・社会的環境の変化に応じた継続的なフォローアップを実施することが課題である。

【耐震化促進等に関する検討】

B. 研究方法

中小事業体における耐震化を促進するため、平成 23 年度には 3 段階の判定による簡略化した簡易耐震診断手順を提案し、さらに、平成 24 年度にはこの診断手順を具体的な判定基準とこれに基づく診断実施フローを示したが、平成 25 年度は、水道事業体等

によるレビュー結果及び意見に基づき、このフローを使いやすくブラッシュアップした。

有蓋・無蓋池状構造物の簡易耐震診断表については、平成 23 年度に既往簡易耐震診断表の問題点の把握を行い、平成 24 年度に詳細耐震診断結果と既往簡易耐震診断表の適用結果の比較によって既往簡易耐震診断表の有する矛盾を解決する改善を行った。平成 25 年度は、追加収集した耐震構造物のデータにより、この新簡易耐震診断表の精度向上を図るとともに、ケーススタディによって改善効果と診断の有効性を検証した。

平成 24 年度に、「耐震性」及び構造物の地震被災時の給水等への「影響範囲」を考慮した耐震性改善必要度を算出し、これによって詳細耐震診断実施の優先順位付けを行う手法を提案したが、平成 25 年度は、レビューにおける意見等に基づいて一部追加・修正した。

検討結果及びその経緯を基に、平成 24 年度に中小事業体による使用を念頭に置いた「浄水施設簡易耐震診断の手引き 一大地震に備えて一」の原案を作成したが、平成 25 年度は、この原案の中小事業体での試用・レビューを通じて使いやすさ・読みやすさなどを確認・推敲した。

なお、平成 24 年度に実施した浄水施設等の簡易耐震診断のケーススタディ結果を用いて、平成 25 年度は全国の浄水施設等の耐震性の状況を把握した。

以下、具体的な研究方法を示す。

1 簡易診断手順の検討

平成 23 年度は、東北地方太平洋沖地震及び兵庫県南部地震以降の近年の地震における浄水施設等の被害実態（ただし津波被害を除く。）を把握し、簡易耐震診断手順を検討し、中小水道事業体における耐震化を促進するため、「地盤液状化の有無（地盤条件）」、「建設年代（適用耐震工法指針）」、「構造的強度」を判定項目とする 3 段階の判定による簡略化した簡易耐震診断手順を提案した。また、平成 24 年度には、この手順を具体化し、竣工年度（建設年代）などの判定基準を示すとともに、診断実施フローとして示したが、平成 25 年度は、このフローの試用並びに査読及び水道事業体による

レビュー結果に基づき、この診断実施フローの一部を修正するとともに、使いやすくブラッシュアップした。

2 簡易耐震診断表の改善

平成 23 年度に有蓋・無蓋池状構造物の既往簡易耐震診断表の問題点を把握・抽出したが、平成 24 年度は、浄水施設の詳細耐震診断結果を収集し、既往簡易耐震診断表による診断結果との比較によってその問題点の解決策を検討して、新たな簡易耐震診断表案を提案した。特に、構造的強度の評価方法は、「壁の多さ」の評価基準を見直すとともに、新たに「壁の厚さ」を評価項目として加えるなどの工夫を施した。

平成 25 年度は、詳細耐震診断結果から耐震性の有無が判明している有蓋及び無蓋構造物のデータを更に追加収集し、これによって平成 24 年度で設定した構造的強度の基準値の検証と精度向上を図るとともに、ケーススタディにおける試用によって一層使いやすい簡易耐震診断表に改良した。また、既往診断簡易耐震診断表と新簡易耐震診断表との双方を用いたケーススタディ結果を比較し、新診断表の改善効果を検証するとともに、耐震性の有無が判明している構造物に簡易耐震診断を実施し、構造物の耐震性の有無と、簡易耐震診断表の耐震性の高低について比較検討を行い、新診断表適用の有効性を検証した。さらに、有蓋・無蓋池状構造物以外の構造物については有蓋・無蓋池状構造物の検討に倣って簡易耐震診断表の改善を検討した。

3 詳細耐震診断実施の優先順位設定方法の検討

簡易耐震診断は、構造物の「耐震性の程度」（高い・中・低い）を判定するものであり、想定地震動に対する「耐震性の有無」及び補強の必要性・方法は詳細耐震診断を実施する必要がある。この詳細耐震診断実施の優先順位付けの方法として、平成 24 年度に、「耐震性評価点」と構造物が被災した場合の給水等への「影響範囲」によって「耐震性改善必要度」を求め、これによって簡易耐震診断後の詳細耐震診断実施の優先順位付けを行う方法を検討した。

平成 25 年度は、バックアップ給水の有無

などの状況に応じて耐震性改善必要度の補正を行えるようにし、レビューにおける修正意見等を反映して一部追加・修正した。

4 「浄水施設簡易耐震診断の手引き(案)」の作成

平成 23 年度・24 年度の検討成果及び経緯を基に、新簡易耐震診断表の適用方法・留意点、詳細耐震診断実施の優先順位設定方法などをまとめ、中小事業体の使用を念頭に置いた「浄水施設簡易耐震診断の手引き(案)」を平成 24 年度に作成した。平成 25 年度は中小事業体における試用（ケーススタディ及びレビュー）による読みやすさ、使いやすさ等に対する意見を反映して推敲・ブラッシュアップし、使いやすい「手引き(案)」とした。

5 浄水施設等の耐震性の現況把握

平成 24 年度に実施した浄水施設等の簡易耐震診断のケーススタディ結果を利用し、全国の浄水施設等の耐震性の状況（高い・中・低い）を把握した。

（倫理面への配慮）

本研究に係わる実験は、ヒトや動物への影響を及ぼすことはなく、倫理面への問題は生じない。

C. 研究結果

1 簡易耐震診断手順の検討

平成 23 年度に実施した東北地方太平洋沖地震及び兵庫県南部地震等の近年発生した地震における被害実態調査の結果、地震動そのものによる浄水施設等の被害は軽微であり、液状化等の地盤変状に伴う被害がほとんどであったことから、こうした実態を考慮し、最初に液状化等の発生の可能性に基づく評価、次に適用耐震工法指針の変遷を考慮した竣工年度による評価、更に構造物の地震動への抵抗力としての構造的強度に基づく評価、という段階的な簡易耐震診断手順を提案し、平成 24 年度にはこれを具体化し、評価・判断の基準を示す診断実施手順をフローとして示したが、平成 25 年度に実施した診断実施手順の試用並びに査読及び水道事業体によるレビューの結果、以下のような意見があり、これに沿ってフローを修正し、図 26 のとおりとした。

- ・想定地震動は震度階とすべきである。
- ・耐震性の判定における「耐震性が極めて低い場合」は具体性に欠けるので「補強して耐震化するか否か」を判断すべきである。
- ・簡易耐震診断表の適用範囲を示すべきである。

2 簡易耐震診断表の改善

1) 構造的強度評価基準の検証

平成 23 年度に、詳細耐震診断済み（及び新設の耐震性あり）の構造物の構造諸元のデータを収集して既往簡易耐震診断表を適応し、その問題点・課題を改善することにより新たな簡易耐震診断表を検討したが、詳細耐震診断済み（及び新設の耐震性あり）の構造物はほぼ浄水池・配水池等の有蓋構造物と沈澱池・ろ過池・着水井等の無蓋構造物で占められ、その他の取水堰・井戸・隧道などのデータ収集は困難であった。

このため検討対象を有蓋・無蓋の構造物とし、平成 24 年度に有蓋構造物として 11 事業体の 20 施設、無蓋構造物として 10 事業体の 17 施設のデータを用いて検討した結果、構造的強度に大きく影響する評価指標としての「方向別壁面積／池面積」は評価基準値を変えることとし、1,000 m³未満は 0.07、これ以上は 0.04 とした。（図 27 参照）

平成 25 年度は有蓋・無蓋池状構造物に関する同様のデータを追加収集し、合計で有蓋構造物：13 事業体 66 施設、無蓋構造物：12 事業体 36 施設のデータを使用し、平成 24 年度で設定した評価基準の検証を行った。（図 28 参照）

その結果、1,000 m³未満は 0.07、これ以上は 0.04 と設定した基準値に多少の外れるものもあったが、この基準値におおむね一致していることが改めて証明された。

また、図 29 は、図 28 と同様に有蓋・無蓋池状構造物に関する収集データを追加して、耐震・非耐震の配水池・沈澱池の側壁高さと同様に側壁厚さ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、そのほとんどの側壁厚が側壁高の 10% 以下であり、耐震構造物については、おおむね側壁高の 10% 以上である傾向が示され

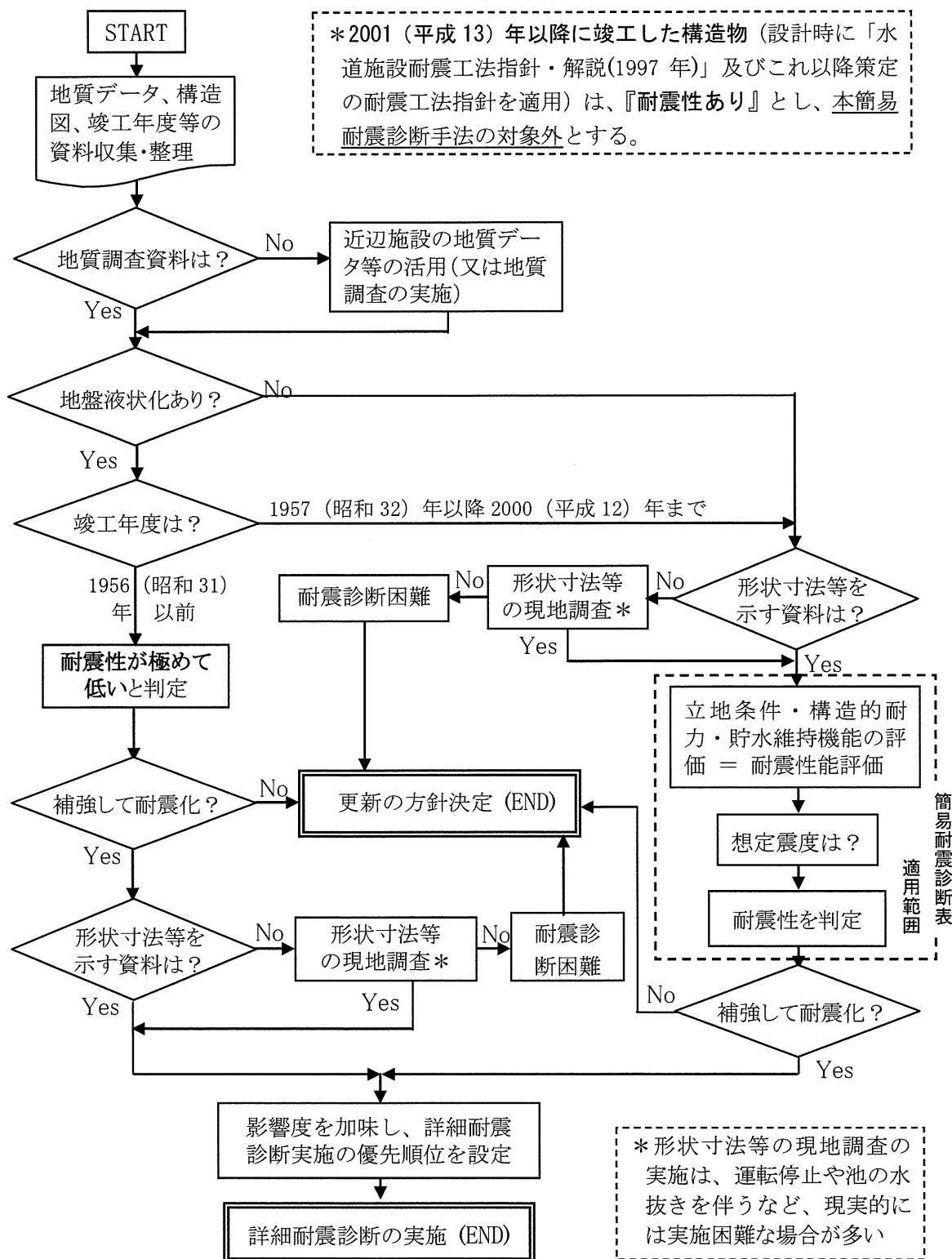


図 26 簡易耐震診断の実施手順

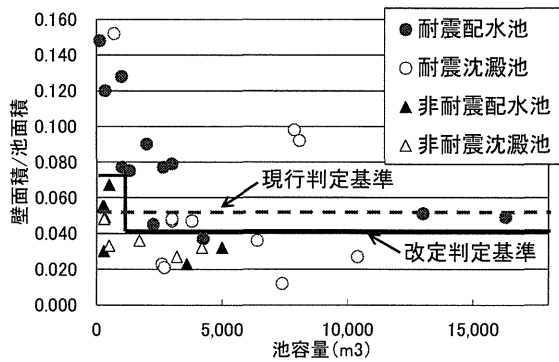


図 27 壁/池面積比と池容量の関係(H24)

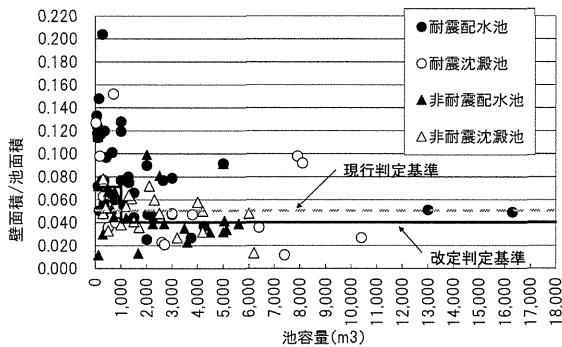


図 28 壁/池面積比と池容量の関係(H25)

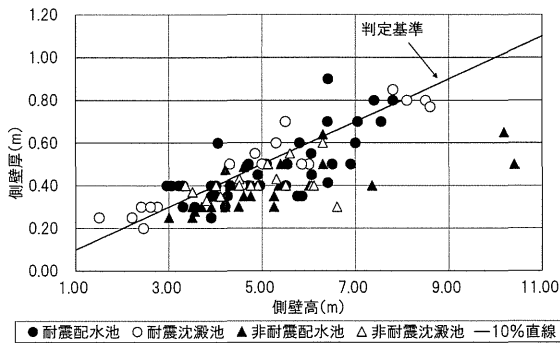


図 29 側壁高と側壁厚の関係

ており、0.1 として設定した側壁厚／側壁高の評価基準値判定基準は有効であるとの結果を得た。

2) 耐震性判定基準及び想定震度等の変更

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、次のとおり設定した。

耐震性高い：12>

耐震性中：12～24

耐震性低い：24<

想定震度については、「震度 5 強、6 弱」と「震度 6 強、7」の 2 段階評価とし、震度 5 弱では施設被害事例が少ないことから除外したほか、その他の評価項目については、現在では実績が稀なもの、土木技術水準に沿わない項目については、主に項目削除や名称変更などにより適宜変更した。

3) 新簡易耐震診断表の提案とケーススタディ結果に基づく改良

検討成果を基に、有蓋・無蓋池状構造物の新簡易耐震診断表の原案を平成 24 年度に提案し、平成 25 年度に実施したケーススタディにおける試用を通じて改良を加え、最終案として表 9 のとおり提案した。なお、表 9 は適用例を示しているが、この診断表は、評価項目ごとに該当する区分を利用者が選定して、それに応じた点数を評価点数として入力し、全評価点の積によって耐震性を判定するものである。

平成 25 年度における主な改良点は以下のとおりである。

- ・耐震性判定については、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の比較を可能にするため、最下段に耐震評価点（10 点満点換算値）を算出し、この値によって比較する。この数値が大きいほど耐震性が低いことを示す。
- ・診断表の右欄に「平均値」を求め、幾何平均値と 10 点満点換算値を計算することとした。この数値が大きいほど耐震性能上の弱点となっていることを表し、立地条件、構造的強度、水密性のどの部分が耐震性能上の弱点となっているかを把握するためのものである。

4) 有蓋・無蓋池状構造物以外の構造物の新簡易耐震診断表の検討

有蓋・無蓋池状構造物以外の構造物については、詳細耐震診断の事例の収集が困難であったため、既往簡易耐震診断表の統計的解析に基づく改善は行えなかった。このことから、有蓋・無蓋池状構造物の新簡易耐震診断表の検討結果を参考に、想定震度の変更、評価項目の名称変更などを適宜行った。さらに、「管路の耐震化に関する検討会資料（平成 16 年度、厚生労働省）」に基づいて、場内配管の簡易耐震診断表を新た

表9 新簡易耐震診断表（有蓋・無蓋池状構造物）（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		
		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	
			基準値未満	1.5		
		側壁厚 側壁高	0.1以上	1.0	1.0	
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

に作成した。

5) 新簡易耐震診断表の改善効果と有効性の検証

簡易耐震診断表の改善に当たって検討対象とした耐震性が既知の 20 有蓋池状構造物及び 17 無蓋池状構造物について、既往簡易耐震診断表及び新簡易耐震診断表を適用し、耐震性判定結果を比較して、新簡易耐震診断表の改善効果と耐震性評価の有効性の検証を行った。有蓋池状構造物の既往簡易耐震診断表の適用例を表 10 に、新簡易耐震診断表の適用例を表 11 に示す。また、これらの適用例における両診断表による耐震性評価点を図 30 に示す。

既往簡易耐震診断表適用の場合及び新簡易耐震診断表適用の場合の耐震性評価点を比較すると、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、新簡易耐震診断表適用の場合は、すべてこの矛盾は解消されており、新簡易耐震診断表の改善効果が見られた。

また、図 31 は、無蓋池状構造物の既往簡易耐震診断表及び新簡易耐震診断表の適用例における耐震性評価点を示すが、おおむね有蓋構造物と同様の改善効果が見られるが、唯一の例外である構造物 O 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り、耐震性が低い結果となっている。これは、簡易耐震診断では鉄筋量を考慮せず、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と考えられる。

表 11 及び図 30 の有蓋構造物における新簡易耐震表適用結果は、非耐震構造物（7 例）は耐震構造物（13 例）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、図 31 の無蓋構造物における新簡易耐震診断表適用結果は、非耐震構造物（5 例）は、耐震性構造物の 12 例に対し、前述のとおり診断手法の差が表れている O を除くすべての構造物よりも耐震性が低くなっていて、妥当な簡易耐震診断結果となって

いる。これらの結果から、新簡易耐震診断表の耐震性の判定は有効と判断できる。

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が多い。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。

3 詳細耐震診断実施の優先順位設定方法の検討

耐震性強化のためには、簡易耐震診断結果を基に、耐震性強化の必要な部材及び箇所の判定と強化策を見出すため、詳細耐震診断を実施することになるが、簡易診断における耐震性の強弱が必ずしも詳細診断実施の優先順位を直接的に示すものではなく耐震性ととも、地震被害時の給水等に与える影響の大きさを勘案して、総合的に優先順位を定める必要がある。

こうしたことから、構造物の被害に伴う給水への影響等を「影響範囲（影響度）」として考慮し、耐震性の強弱とともに総合的な優先順位を決定することとした。

1) 耐震性と被災確率・被害程度の関係

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した。

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

表 10 既往簡易耐震診断表による有蓋池上構造物の診断結果

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

表 11 新簡易耐震診断表による有蓋池上構造物の診断結果

評価項目		評価方法 ()内は重み係数				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	R	S	T	
耐震性能	立地条件等 (外的条件)	地盤種別	I種 (0.5)	II種 (1.5)	III種 (1.8)	1.5	1.5	1.8	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5
		液状化	なし (1.0)	おそれあり (2.0)		あり (3.0)	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	2.0
		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	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
		位置	地下 (1.0)	半地下 (1.1)		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	1.2	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1
	構造の強度 (内的条件)	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)	1.5	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
		方向別池面積 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	1.5	1.0	1.0
		側壁厚 側壁高	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	1.5	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		劣化度	小 (1.0)	中 (1.5)		大 (2.0)	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
	貯水保持力 (基本機能)	可機管	あり (1.0)		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
		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
想定震度		SI-1 (2.2)		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	
耐震性						54.68	36.45	72.17	18.23	20.05	20.05	20.05	5.40	5.40	1.98	2.97	1.98	2.97	2.16	5.94	1.80	1.98	8.91	5.94	11.88	

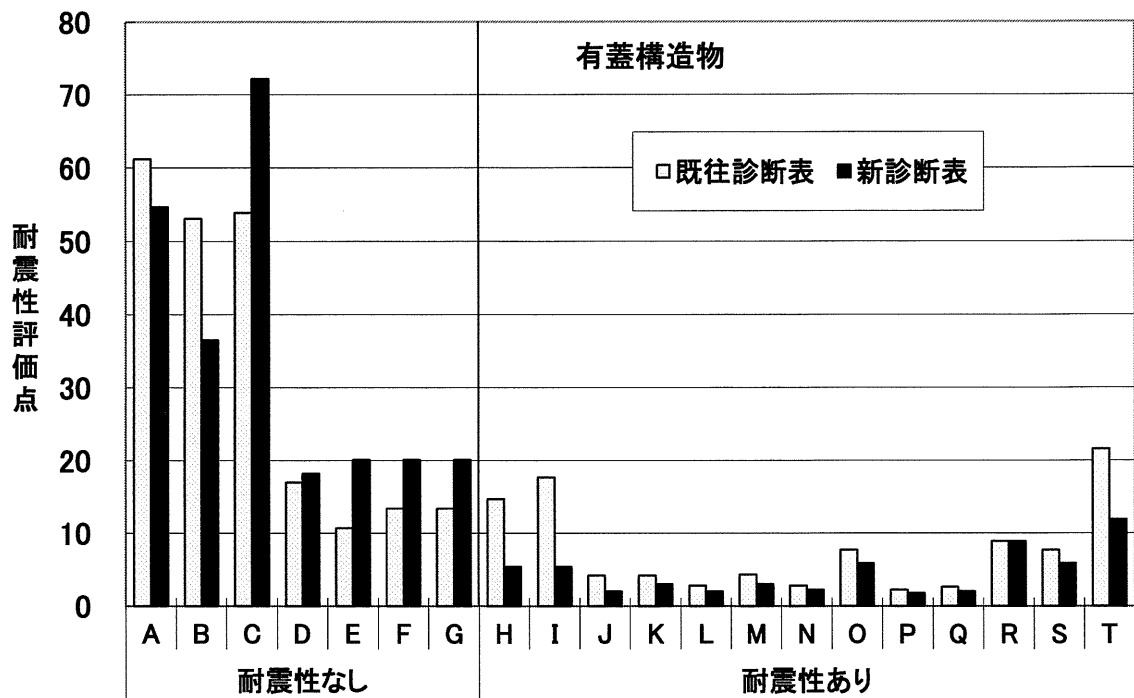


図 30 既往簡易耐震診断表と新簡易耐震診断表の診断結果の比較（有蓋構造物）

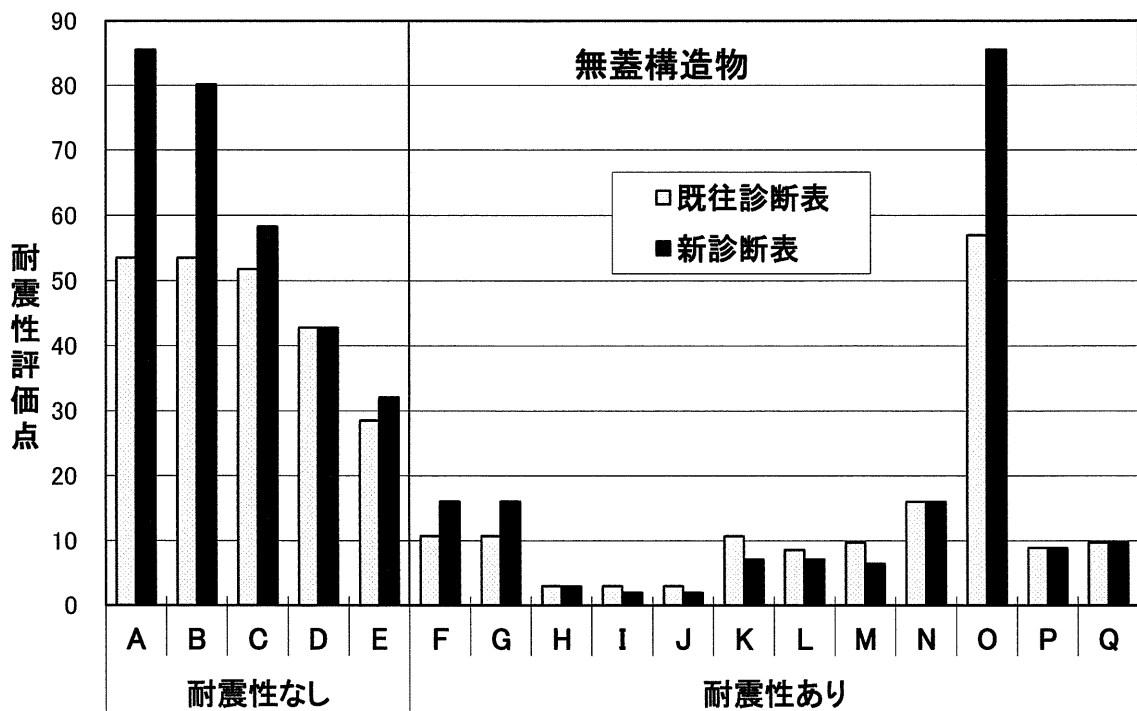


図 31 既往簡易耐震診断表と新簡易耐震診断表の診断結果の比較（無蓋構造物）

表 12 影響範囲算出表（適用例）

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. 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定める。 3項目以上:4点 2項目:3点 1項目:2点 0項目:1点 ・地域防災計画等に位置づけられた病院など、災害時の拠点医療施設への影響がある。 例)「減断水等による医療活動の困難さなど」 ・防災拠点、避難所、応急給水拠点など発災後の対応活動の拠点となる施設への影響がある。 例)「緊急用水確保の困難さなど」 ・政治行政機能など、都市機能を支える重要施設に悪影響を及ぼす。 例)「水冷式冷房の停止による電子計算機の機能麻痺など」 ・工場や生産施設など、地域の経済活動を支える重要施設・大口需要者に悪影響を及ぼす。 例)「冷却水や原料水の停止による運転停止・生産停止など」		4
	④その他考慮すべき事項	以下の項目の中から該当する項目を選択し、その数により判定点を定める。 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
				3.13

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。

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、この方法を採用した。

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した。

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判断するため、平成 20 年度～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」に「その他考慮すべき事項」として浄水の貯留や二次被害を考慮した項目を加え、それぞれの範囲と大きさを評価し、次式によって数値化することとした。

なお、判定に当たっては、被害による悪

$$\text{影響範囲} = (\text{給水件数への影響} \times \text{施設能力への影響} \times \text{社会的影響} \times \text{その他の影響})^{1/4}$$

影響とともに、悪影響を「生じるおそれ」を考慮する。

影響範囲は、表 12 に示す影響範囲算出表によって算出する。この表 12 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。

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。（図 32）

詳細耐震診断実施の優先順位は、簡易耐震診断による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

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

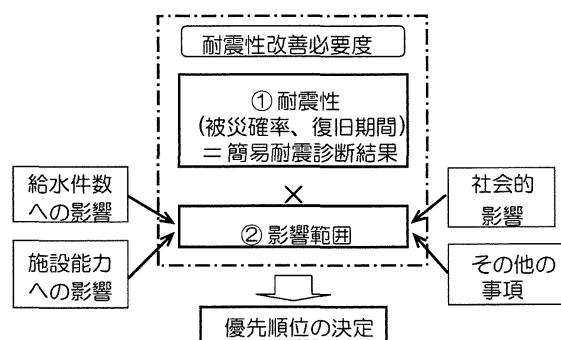


図 32 優先順位の設定

られた数値の高いものほど優先順位を高く設定する。この手法は、単なる耐震性の高低だけでなく、給水への影響や社会的影響を考慮できるため、市町村合併等により多数の施設が存在する事業者にとって有効な手段になると考えられる。

表 13 に、耐震性改善必要度の算出と優先順位設定の例を示す。

なお、バックアップ給水（他の機場や配水系統などからの管路による応援給水）が期待できる場合には、耐震性改善必要度が下がることから、バックアップ給水に対する依存度及び信頼度に応じて、耐震性改善必要度を補正できることとした。

表 13 耐震性改善必要度の算出と優先順位設定の例

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
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

4 「浄水施設簡易耐震診断の手引き(案)」の作成

平成 24 年度に作成した「浄水施設簡易耐震診断の手引き」原案を有識者 2 名による査読によって記述内容・構成等の推敲を行

うとともに、6つの中小事業体の職員による「手引き」原案のレビューを実施し、読みやすさ・使いやすさ等の意見を聴取して「手引き(案)」の充実を図った。
主な意見は以下のとおりである。

- ・ 難解な用語は避けてほしい。
- ・ 診断サンプルによって診断の方法を説明してほしい
- ・ 診断事例をできる限り掲載してほしい
- ・ 技術者が3人のみだが、冒頭部だけ読めば診断ができるのはありがたい。
- ・ 使ってみた結果、ほぼ想定どおりの結果を得たので、良いと思う。
- ・ 建造物の耐震性を大まかにでも判断できれば内部資料として使用できる。

表 14 「浄水施設簡易耐震診断の手引き(案)」の構成

はじめにお読み下さい 本書の使い方
簡易耐震診断の基礎知識
簡易耐震診断とは — 目的と精度 —
簡易耐震診断の対象 — 適用範囲と条件 —
このデータがあれば診断できる

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
1.2 簡易耐震診断表
1.3 詳細耐震診断実施の優先順位

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
2.2 浄水施設の耐震化等の現況
2.3 耐震診断手法の概要
2.4 新簡易耐震診断表
2.5 詳細耐震診断実施の優先順位

資料編
【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】新簡易耐震診断表
【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

よくある質問 (FAQ)

これらの意見を基に、中小事業体における利用を特に考慮し、診断モデルを用いた平易な解説により理解を容易にするとともに、冒頭部(全14頁)のみの理解で簡易耐震診断の実施と詳細耐震診断の優先順位付けをマスターできるように配慮して「手引き」の原案をブラッシュアップし、最終案とした。また、簡易耐震診断表、影響範囲算出表等は、必要なデータ(判定値)を入力するだけで耐震評価点等の結果を算出できるように作表し、これ格納したCD-ROMを「手引き(案)」に添付した。

表14に「浄水施設簡易耐震診断の手引き(案)」の構成を示す。

5 浄水施設等の耐震性の現況把握

平成25年度までにケーススタディを実施した事業体のデータから、耐震性がない又は耐震性が不明の有蓋・無蓋池状建造物を新簡易耐震診断表によって診断した耐震性判定結果を図33に示す。この図は22施設のデータを人口規模別に表したものであるが、耐震性が高いと判定された施設は皆無であり、すべての施設において、給水人口規模による差異はなく、耐震性が中又は低いとの判定結果であり、大半が「低い」であった。

このような結果から、データ数が少ないものの、中小事業体の有蓋・無蓋建造物は比較的耐震性が低い施設が多く存在していると考えられる。

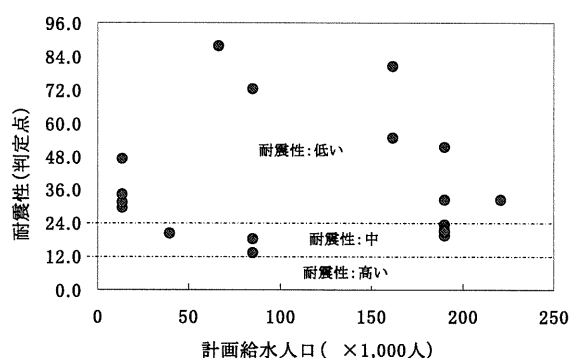


図 36 耐震性の判定

D. 考察

近年の地震被害事例に基づく耐震診断手順案を、一層使いやすく分かりやすい診断実施の具体的なフローとして示した。また、有蓋・無蓋池状建造物の既往簡易耐震診断

表の問題点を改善して新簡易耐震診断表とするとともに、被災時の給水への影響度合等を考慮した詳細耐震診断実施の優先順位付けの手法を提案した。こうした成果を基に、中小事業体における使用を念頭に置いた分かりやすい「浄水施設簡易耐震診断の手引き(案)」としてまとめた。

これらは中小事業体によるケーススタディ及びレビューにおいて試用され、その妥当性等が確認されたところであり、特に、新簡易耐震診断表についての改善効果・有効性が検証された。また、小規模事業体でのレビューでは、「冒頭の部分だけを読んで実際に診断ができた」との声も寄せられ、中小事業体における汎用性もあると考えられる。

本研究においては有蓋・無蓋構造物以外の構造物に関する簡易耐震診断表は、詳細耐震診断事例の収集が困難なため統計的解析を行えず、既往簡易耐震診断表の一部を改善するに止まったが、今後、これらの構造物の詳細耐震診断実施を促してその診断データを収集し、簡易耐震診断手法の精度向上に努める必要がある。

また、事業体におけるケーススタディによって得られたデータを基に、新簡易耐震診断表による耐震性判定結果を検討したところ、中小事業体の有蓋・無蓋構造物は比較的耐震性が低い施設が多く存在していると考えられるが、今回の検討では、データ数が少ないこと、比較的地震対策の意識の高い事業体中心のデータであることから、より多くの普遍的なデータの収集に努めて、確度の高い状況を確認する必要がある。

東南海地震の到来が懸念され、水道施設の耐震化が喫緊の課題となっている現在、中小事業体における耐震化促進のため、この「手引き(案)」の周知及び活用のための継続的な普及・啓発活動が必要不可欠である。

この作成に当たっては、最新の耐震工法指針等の指針・規定・検討書などを基にしたが、これらの変遷や地震被害等の知見の集積及び技術の進展とともに、記載内容は必要に応じて改定する必要がある。また、「手引き(案)」では、津波被害については考慮していない。津波被害は水道施設の立地条件、特に土地の標高に左右されるが、今後、津波被害に関する知見を収集整理して

津波への防災対策・減災対策、更にはバックアップ対策などを検討して盛り込む必要があると思われる。

E. 結論

本研究は多くの課題が顕在化している中小事業体に対して適切な改善強化方策や施設更新によるリスク低減策を「手引き(案)」として提示することにあるが、これを活用する水道技術者の専門性を考慮し、検討課題ごとに「手引き(案)」を策定した。

1 原水水質悪化への対応の検討

中小事業体から原水水質悪化に対する浄水処理の課題を把握し、その課題解決に向けた方策の検討を実施した。その結果と課題改善の実例を合わせ、中小事業体向けに導入しやすく有効な浄水処理技術の改善・強化方策を提案する「高濁度原水への対応の手引き(案)」を作成した。これを支援ツールとして中小事業体が活用し、原水水質悪化に対応した適切な改善・強化方策を実施することにより、水道施設並びに水質管理におけるリスク低減が可能となる。

2 耐震化促進等に関する検討

我が国における浄水施設の耐震化の状況は依然として低く、中小事業体を中心に耐震化への取り組みが遅れていることから、東北地方太平洋沖地震等の地震被害実態を踏まえた簡易耐震診断手順を提案するとともに、既往簡易耐震診断表を改善した「新簡易耐震診断表(案)」の提案と、被災時の影響度合を考慮した詳細耐震診断実施の優先順位決定方法を提案した。これらはケーススタディにより有効性が確認され、また中小事業体にとって使いやすかつ高度な技術力を要しないことから、今後、中小事業体をはじめ我が国の水道事業における浄水施設等の耐震化促進に大きく寄与するものと期待できる。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

1 論文発表

M. Miyajima “Resilient Water Supply

System for Earthquake and Tsunami”, *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA*, **63**(2), pp.86-94, 2014.3.

2 学会発表

井本祐司、鎌田素之、山口太秀、相澤貴子「高濁度原水における二段凝集処理最適化の検討」、『第 50 回環境工学研究フォーラム講演集』、p.137、2013.11.

相澤貴子、安藤茂、富井正雄、伊藤雅喜、堤行彦、鎌田素之「高濁度原水に対する実用的な中小水道事業体向け支援対応方策」、『第 16 回日本水環境学会シンポジウム講演集』、pp.177-178、2013.11.

安積良晃、中山宏二、中川勝裕、富井正雄、安藤茂、藤原正弘、相澤貴子「中小水道事業体支援を目的とした原水水質悪化に対する方策の検討 (I) – 浄水場の運転管理に関するアンケート調査結果等に基づく考察 –」、『第 64 回全国水道研究発表会講演集』、pp.208-209、2013.10.

堤行彦、伊藤雅喜、鎌田素之、佐藤仁是、安積良晃、富井正雄、相澤貴子「中小水道事業体支援を目的とした原水水質悪化に対する方策の検討 (II) – 高濁時凝集剤注入管理指標とアルカリ度代替指標に関する実施データ解析と評価 –」、『第 64 回全国水道研究発表会講演集』、pp.210-211、2013.10.

向後隆蔵、早川英司、三好礼子、伊藤雅喜「中小水道事業体支援を目的とした原水水質悪化に対する方策の検討 (III) – 小型浄水処理装置による高濁度時の濁度漏出条件の検討 –」、『第 64 回全国水道研究発表会講演集』、pp.212-213、2013.10.

早川英司、向後隆蔵、三好礼子、伊藤雅喜「中小水道事業体支援を目的とした原水水質悪化に対する方策の検討 (IV) – 小型浄水処理装置による高濁度時の濁度漏出抑制方策の検討 –」、『第 64 回全国水道研究発表会講演集』、pp.214-215、2013.10.

鎌田素之、井本祐司、山口太秀、海老江邦雄、相澤貴子「中小水道事業体支援を目的とした原水水質悪化に対する方策の検討 (V) – 集塊化開始時間測定法による新たな凝集処理制御に関する検討 –」、『第 64 回全国水道研究発表会講演集』、pp.216-217、2013.10.

桐村昭充、渡部和弘、長田克也、鈴木泰

博、武内辰夫、宮島昌克、相澤貴子「近年の地震被害実態に基づく新簡易耐震診断手法の提案」、『第 64 回全国水道研究発表会講演集』、pp.660-661、2013.10.

M. Miyajima “Performance of Drinking Water Pipelines in Liquefaction Areas in the 2011 Great East Japan Earthquake”, *International Journal of Landslide and Environment*, **1**(1), pp.61-62, 2013.10.

Y. Tsutsumi, M. Itoh, M. Kamata, M. Fujiwara, S. Ando, M. Tomii, Y. Asaka, K. Nakayama and T. Aizawa “Evaluation of Water Quality Indicators Related to Water Treatment Processes and Practical Treatment Method against High Turbidity Raw Water”, *Proceedings of the 5th IWA Aspire conference & exhibition*, [USB Flash Disk] 09D1-5, p8, 2013.9.

N. Mizuno, M. Suzuki, T. Onuma, K. Taira, T. Aizawa “Water Quality Surveys of Shallow Wells Damaged by Tsunami in the Great East Japan Earthquake -Case of Minamisanriku-cho in Miyagi Prefecture-”, *Proceedings of the 8th US-Taiwan-Japan Workshop on Water System Seismic Practices*. pp.373-383, 2013.8.

M. Miyajima “Verification of a Prediction Method of Earthquake Damage to Water Supply Pipeline by Using Damage Data of the 2011 Great East Japan Earthquake”, *Proceedings of the 8th US-Taiwan-Japan Workshop on Water System Seismic Practices*. pp.43-49, 2013.8.

Y. Imoto, M. Kamata, D. Yamaguchi and T. Aizawa “Application of Two-stage Coagulation for High Turbidity Raw water”, *Proceedings of JWET2013*, p.16, 2013.6.

A. Kirimura, Y. Suzuki, T. Aizawa, M. Fujiwara and M. Miyajima “Simplified Evaluation Method of Seismic Resistance for Water Treatment Facilities”, *Proceedings of 6th China-Japan-US Trilateral Symposium on Lifeline Earthquake Engineering*, [CD-ROM], 2013.5.

M. Miyajima “Damage to Water Supply Pipelines in the 2011 Great East Japan

Earthquake”, *Proceedings of 6th China-Japan-US Trilateral Symposium on Lifeline Earthquake Engineering*, [CD-ROM], 2013.5.

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1 特許取得

該当なし

2 実用新案登録

該当なし

3 その他

該当なし

Ⅱ. 分担研究報告

水道事業体における浄水処理関連データの収集分析とその応用に関する研究

研究分担者 堤 行彦 福山市立大学都市経営学部 教授

研究要旨

水道事業体の実施設における浄水処理関連データを収集・解析し、高濁度時における凝集沈澱処理の具体的な対策手法のいくつかが昨年度提案された。その提案結果を踏まえ、さらに実施設におけるデータ解析と提案された対策手法の検証を行った。

その結果、①本研究で提案された簡易凝集剤注入式 ($Al = a \cdot T^{b+1}$) は実施設での適用に有効な方法であること、②電気伝導率 (EC) 現場連続測定用工業計器がアルカリ度の代替指標として利用可能であることが実施設の工業計器による検証においても確認ができたこと、③二段凝集の中小規模水道への適用については、攪拌強度の大きな値は必要とせず沈澱池越流渠への凝集剤滴下、アンスラサイトを砂層上部に 5cm 程度敷くことで二次凝集剤の注入率を 5mg/l 以下程度までろ過池のろ抗上昇を管理できる可能性があること、④超高塩基度 PAC (塩基度 70%) は従来の PAC (塩基度 50%) より、安定した濁度管理、pH の低下抑制、残留アルミニウム管理、凝集剤によるアルカリ度消費の抑制に効果があること、などが成果として得られた。

A. 研究目的

水道事業体の実施設における浄水処理関連データを収集・解析し、高濁度時における凝集沈澱処理の具体的な対策手法のいくつかが昨年度提案された。その提案結果を踏まえ、さらに実施設におけるデータ解析と提案された対策手法の検証を行った。その結果をもとに中小規模水道が実用的で導入可能な対応技術であるかについて示すことを目的とする。

B. 研究方法

水道事業体の浄水処理に関する実施設データと凝集沈澱処理の具体的ないくつかの対策手法との整合性の確認、特に運転管理条件や原水及び処理水の水質分析データとの関連について解析を行うこととした。

実施設データに対する評価、確認には、その施設での原水によるジャーテストも必要に応じて行った。

(倫理面への配慮)

本研究においては、研究対象者の人権擁護を必要とする調査又は人権への不利益を生ずる調査は行わず、また実験動物を用いる実験を実施しないことから、倫理面への問題は生じない。

C. 研究結果

1. 高濁度時凝集剤注入式の検証

多様な原水を持つ浄水場ごとで対応可能な高濁度時凝集剤注入方法として、ジャーテストを必要としない以下のような累乗式(1)と(2) (ここでは簡易凝集剤注入式と呼ぶ)が本研究成果として提案されている。

$$Y = a \cdot X^b \quad \text{----- (1)}$$

ここで、Y : Al/T 比 Al (凝集剤(mg/L))

T : (濁度 (度))

X : 濁度(T)

a、b : 係数

従って、各原水の凝集剤注入量は、

$$Al = a \cdot T^{b+1} \quad \text{----- (2)}$$

一方、同様の目的で集塊化開始時間測定法についても提案がなされている¹⁾²⁾。そこで、この簡易凝集剤注入式が既存の浄水場(Hr 浄水場)の最適注入率と適合し、かつ集塊化開始時間測定法による方法とも適合するか検証を行なった。

事前に Hr 浄水場のデータを基に求めた係数 a (30.097)、b (-0.678) の値を累乗式(1)に導入し、ある時期の高濁度時凝集剤注入率の実施設データと比較した結果が Fig.1 である。実線が簡易凝集剤注入式で求めた Al (PAC 注入率) / T (濁度) と T (濁

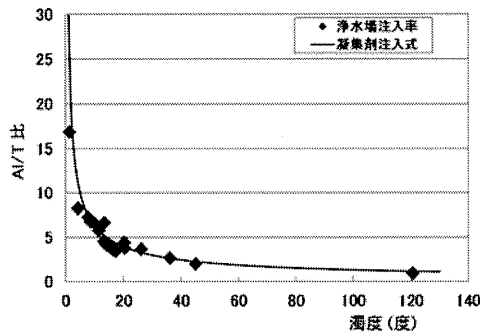


Fig.1 Hr 浄水場注入率との適合性

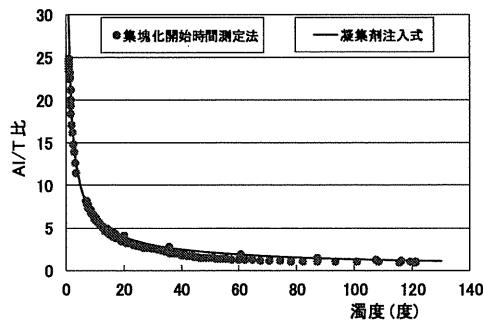


Fig.2 集塊化開始時間測定法との適合性

度)で、◆印はHr 浄水場で実施された最適注入率であるが、非常に強い相関を示している。

また、Fig.2で示すように簡易凝集剤注入式と集塊化開始時間測定法の比較でも、Al (PAC 注入率) / T (濁度) と T (濁度) でほぼ同様の値を示すことも分かった。

以上のことから、簡易凝集剤注入式は各浄水場で必要とされる凝集剤注入率を求める有効な方法の一つとなり得ることが期待できる。

2. アルカリ度代替指標としての EC (実施設工業計器による検証)

アルカリ度代替指標として EC (電気伝導度) が使用できることが報告されている¹⁾が、実施設での EC 工業計器による確認を行うために Nk 浄水場におけるアルカリ度及び EC の工業計器とアルカリ度手分析データによる検証を行った。Fig.3 には、原水のアルカリ度計 (現場連続測定用工業計器) と EC 計 (現場連続測定用工業計器) の平成 12 年度 1 年を通じたデータの相関を示した。ややばらつきはあるものの十分利用可能な相関がみられる。また、Fig.3 にはアル

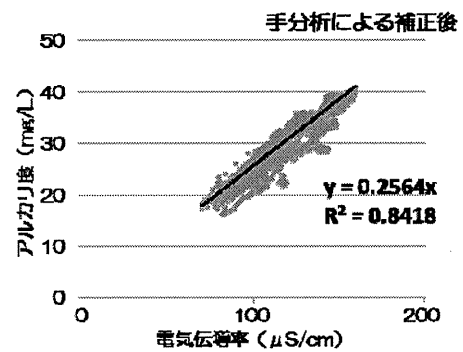
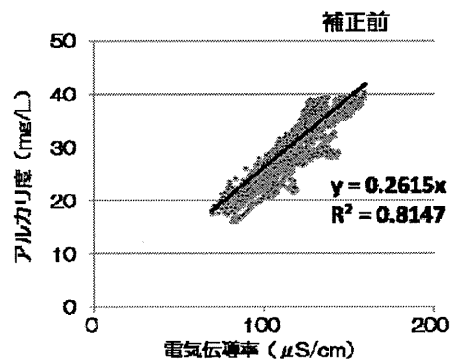


Fig.3 アルカリ度と EC の現場工業計器による相関

カリ度の手分析データで補正した相関も示した。さらに強い相関が得られ、EC 計が現場での工業計器においても利用可能であることが検証できた。

3. 二段凝集の中小規模浄水場への適用におけるろ過池での対応方法

中小規模水道における高濁度時対応技術として、二段凝集の有効性が報告されている¹⁾。その中で、二段凝集を行う際の留意事項の一つとしてろ過池のろ過継続時間の極端な短縮を抑制することである。

その対応技術の一つとして、ろ過池のろ層上部にアンスラサイトを敷設する方法がある。Fig.4 は Ny 浄水場におけるアンスラサイト層 (層厚 5cm、有効系 0.7~1.5mm、均等係数 1.5 以下) 敷設の実施設実施例を示したデータである。濁度がやや高い期間と濁度は低い藻類の多い期間での原水濁度、沈澱濁度、二段凝集の凝集剤注入率 (二次凝集剤)、砂ろ過処理水を示している。両期間ともアンスラサイトを敷設することで、従来二段凝集を行っていない期間に比べろ過継続時間の短縮が起こっておらず凝集剤