

三重県工業用水道の耐震診断・対策・対応状況について

三重県企業庁工業用水道事業課

1. はじめに

本県の工業用水道事業は、北伊勢臨海部の石油化学を中心とする工業の発展に伴う水需要増大への対応や、地盤沈下に対する地下水代替用水を供給するため、昭和31年に四日市工業用水道の給水を開始して以来、給水能力及び区域の拡充等を重ね、現在は、北伊勢工業用水道、松阪工業用水道、中伊勢工業用水道、多度工業用水道の4つの事業を展開し、全体で最大給水能力911,500 m³/日を有し、県内の92社105工場に良質な工業用水道を供給することで、産業の発展、県土の保全に寄与している。(図-1参照)

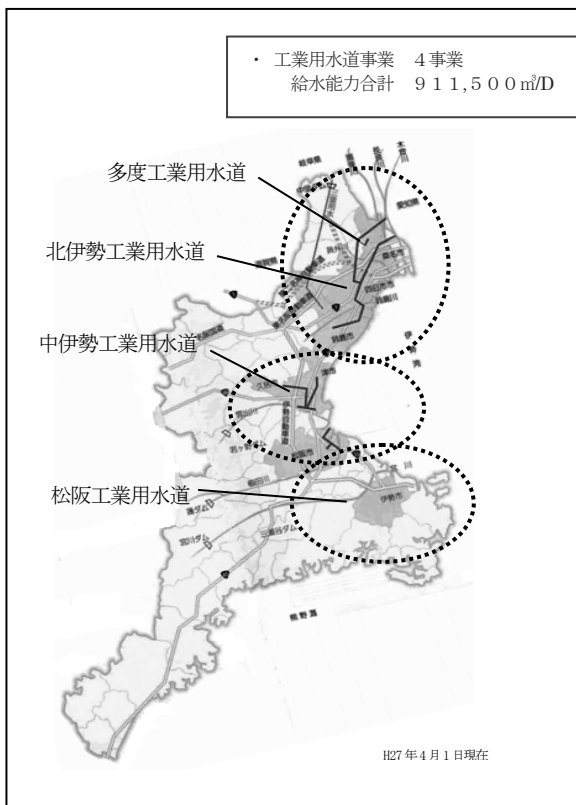


図-1 三重県企業庁の工業用水道事業概要

工業用水道の導水管・配水管の延長は350.0 kmに及び、これら管路については建設後30年から50年以上

経過している。これまで主に耐震性が高いと考えられる鋼管やダクタイル鋳鉄管により主要幹線の更新を行ってきたが、老朽劣化などにより漏水が危惧されるコンクリート管や鋳鉄管も残っている。

また、水管橋、浄水場など主要施設については耐震診断を行なった結果、大規模地震に対する耐震性が低いとされた施設が存在する。

2. 施設耐震化の基本的考え方

2.1 防災管理計画について

三重県企業庁では県の地域防災計画を基に三重県企業庁防災危機管理推進計画を定め、工業用水道事業に関わる耐震計画についてもこの中で定めている。

基本的な施設耐震化の考え方は次ぎのとおりである。(図-2参照)

① 応急復旧期間

応急復旧期間の目標設定であるが、被災後6週間以内としている。これは、一般に被災後の工場の操業は、被災した水道、道路等の社会基盤が復旧してから開始されると考えられることによる。

② 優先順位

耐震補強に係る優先順位の考え方であるが、主要施設において被災した場合、人命や社会的に重大な被害を及ぼすと思われる浄水場、取水所等、主要施設の耐震化を実施している。

③ 配水管の保管機能

配水管の複線化及び補強として、地震災害による二次災害の影響を低減化するために配水管の複線化、連絡施設の設置及び管路の補強を行っている。

④ 津波対策

津波対策については、津波浸水予測調査結果を基に当庁施設の浸水箇所の把握を行うとともに、津波浸水

区域内の主要な施設について、必要な津波対策（減災対策）の検討を行っていく。

施設耐震化の基本的考え方

- 1 応急復旧期間の目標設定**
 応急復旧期間の目標を6週間以内
- 2 耐震補強に係る優先順位の考え方**
 - ① 主要施設
 人命や社会的に重大な被害を及ぼすと思われる浄水場、取水所等、主要施設の耐震化を実施。
 - ② 水管橋
 応急復旧に長期間を要するφ1000mm以上の水管橋の耐震化を優先的に実施
- 3 配水管の複線化及び補強**
 耐震化の補完機能として配水管の複線化・ループ化、連絡施設の設置及び管路の補強を行う。
- 4 津波対策**
 津波浸水予測調査結果を基に企業庁施設の浸水箇所の把握を行うとともに、津波浸水区域内の主要な施設について、必要な津波対策（減災対策）の検討を行います。
 なお、今後は、関係機関の基準・指針等の策定・改定状況を見定め、津波対策の検討を実施予定。

図-2 施設耐震化の基本的考え方

3. 耐震設計の基本方針について

3.1 設計指針について

工業用水道施設の設計は基本的に（社）日本工業用水協会の「工業用水道施設設計指針・解説」に基づき実施している。耐震設計については、（社）日本水道協会の「水道施設耐震工法指針・解説」に準拠することとしているため、「水道施設耐震工法指針・解説」に基づき行うこととなる。

また、平成25年3月には経済産業省より「工業用水道施設 更新・耐震・アセットマネジメント指針」が策定されたが、耐震対策においては「水道施設耐震工法指針・解説」を踏襲しているため、基本的な考え方に変更はない。（図-3参照）

耐震設計の基本方針

- 設計指針**
 工業用水道施設の設計
 （社）日本工業用水協会の「工業用水道施設設計指針・解説」に基づき行う。
 上記指針では、耐震設計については、
 （社）日本水道協会の「水道施設耐震工法指針・解説」に準拠。
- ↓
- 「**同指針・解説（2009年）**」に基づき行う。
- 基本的な考え方の概要**
 設計地震動のレベル及び施設の重要度に応じて、地震時にそれぞれの工業用水道施設が保持すべき耐震性能を確保できるように設計します。
 また、工業用水道施設の構造特性、周辺の地盤特性を考慮し、それらに適合した耐震設計法を用いるものとします。

図-3 耐震設計の基本方針

3.2 工業用水道施設の耐震に関する考え方

当庁の工業用水道施設の耐震に関する考え方として、取水施設から基幹管路まで重要な施設であるため、ランクA1と位置付けている。

これにより最大規模の地震（レベル2地震動）が発生した場合でも損傷が軽微であって、修復が容易なものにとどまり、施設の機能の保持が可能となるように対策を行なっている。（図-4参照）

当庁の工業用水道施設の耐震に関する考え方

施設の重要度と耐震水準
 主要な建築物、土木構造物及び水管橋 → 重要度高 **ランクA1**

耐震補強を実施
 レベル2地震動が発生した場合でも、**施設の機能の保持が可能**

施設	内容	重要度
取水 浄水	基幹的重要施設であり、他に代替施設がなく、破損した場合に重大な二次被害を生ずる恐れが高い	ランクA1
浄水 配水	基幹的重要施設であり、他に代替施設がなく、破損した場合に重大な二次被害を生ずる恐れが高い	ランクA1
貯水	原水確保のため、特に重要度の高い施設であり、他に代替施設がなく、破損した場合に重大な二次被害を生ずる恐れが高い	ランクA1
基幹 管路	漏水事故の二次災害防止の観点からも、重要度の高い基幹的重要施設であり、他に代替施設がなく、破損した場合に重大な二次被害を生ずる恐れが高い	ランクA1

図-4 三重県企業庁の施設管理の概要

4. 耐震診断の実施について

診断に当たってまず一次診断を行い、その結果と重用度によって優先順位をつけて二次診断及び耐震設計を実施している。

一次診断を行う際の最大震度としては海洋型の南海トラフ地震の場合、三重県全域では震度6弱～7を想定し、内陸直下型地震では北勢地域においては震度6弱から震度7、中勢地域において震度5強から震度6強を想定している。（図-5参照）

当庁の工業用水道施設の耐震に関する考え方

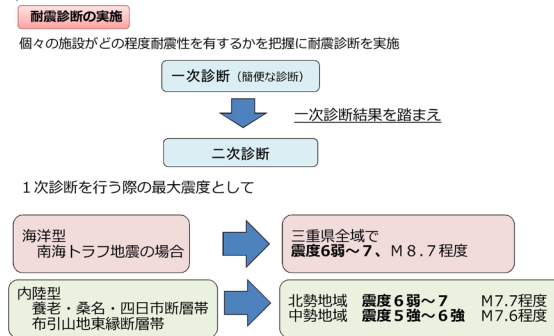


図-5 耐震診断

5. 施設の耐震化について

5.1 建築物の耐震化

建築物の耐震診断についてだが、診断基準については、「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準」により実施している。判断としては、構造耐震指標 IS 値が 0.75 以上かつ累積強度指標×形状指標が 0.45 以上のものを適合とした。現在有人施設など重要な建築物の耐震化工事は終了している。(図-6 参照)

建築物				
耐震診断				
対象	事務所建物、浄水場管理本館、施設建物等の主要な建築物（有人施設）			
基準	「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準」(社)日本建築防災協会 2009年改訂版			
判断	新耐震設計基準（昭和56年施行）で設計された建物は耐震補強は不要。それ以外の主要建物については、一次診断を実施。診断結果と建物の重要性を考慮し二次診断を実施。 判断基準：構造耐震指標 $I_s \geq 0.75$ かつ累積強度指標 $C_{tr} \times$ 形状指標 $S_o \geq 0.45$			
主要建築物の耐震診断例				
施設名	建築年度	判断基準	補強の要否	備考
北勢水道事務所	平成15年	新構造基準	補強不要	
中勢水道事務所	平成9年	新構造基準	補強不要	
長太加圧ポンプ所建屋	昭和53年	適合	補強不要	
伊坂浄水場管理本館	昭和42年	不適合	補強必要	H25年度補強済
高野浄水場旧管理本館	昭和46年	不適合	補強必要	H16年度補強済

図-6 建築物の耐震診断

主要建築物の耐震化については、耐震診断により耐震補強が必要とされた耐震工事を順次行なっており、残り1施設について平成28年度に実施する予定である。(図-7 参照)

建築物

今後の耐震化方針

取水所・浄水場等の主要建築物
耐震診断により3施設耐震補強の対象
平成27年度末時点で、2施設が完了予定

主要建築物の耐震化

事業名	施設	施設名	対象施設	完了	H28年度
				予定	実施予定
北伊勢工業用水道事業	11	・千本松原取水所建屋 ・野代導水ポンプ所建屋 ・伊坂浄水場管理本館	3	2	1
多度工業用水道事業	3		-	-	-
中伊勢工業用水道事業	5		-	-	-
松阪工業用水道事業	3		-	-	-
計	22		3	2	1

図-7 建築物の耐震化計画

5.2 土木構造物の耐震化

土木構造物の一次診断については厚生省から出されている「地震対策に関する調査報告書」に基づき行なった。判断基準として、海洋型と内陸直下型の地震が想定されることから、北勢地域における一次診断基準を震度5、6で「高」かつ震度7で「中」以上とし、中

勢地域における一次診断基準を震度5で「高」かつ震度6で「中」以上として満足しないものについては優先的に二次診断及び耐震設計を実施することとなった。

(図-8 参照)

今後の耐震化方針として、取水所・浄水場等の主要施設については、耐震診断により耐震補強が必要とされた11施設について耐震補強を実施して行くこととなっており、平成27年度末時点で7施設が完了予定である。(図-9 参照)

土木構造物

耐震診断

対象	取水施設、導水施設、浄水施設、配水施設の主要な土木構造物			
基準	「地震対策に関する調査報告書」(厚生省編)に基づく評点法（一次診断）			
判断	個々の施設について震度5、6、7に対する評価点を算出			
	一次診断の判断の基準			
	地域	震度5	震度6	震度7
	北勢地域	高	中	中
	中勢地域	高	中	中
一次診断において耐震性が低いと診断されるものから優先的に、二次診断を行う。				

耐震診断例

施設名	施工年度	震度5	震度6	震度7	備考
千本松原取水所 ポンプ井	S38	中	低	低	地盤条件が悪い
野代導水所 沈澱池	S36	低	低	低	地盤条件が悪い
沢地浄水場 沈澱池	S36	高	高	中	
伊坂浄水場 沈澱池	S42	高	中	中	
山村浄水場 沈澱池	S47	高	中	低	

図-8 土木構造物の耐震診断

土木構造物

今後の耐震化方針

取水所・浄水場等の主要施設については、耐震診断により耐震補強が必要とされた11施設が対象
平成27年度末時点で、7施設が完了予定。

浄水施設等主要構造物の耐震化

事業名	施設	施設名	対象施設	完了予定	H28~実施予定
北伊勢工業用水道事業	31	・千本松原取水所（2施設） ・野代導水ポンプ所（2施設） ・沢地浄水場（3施設）等	10	6	4
多度工業用水道事業	10		-	-	-
中伊勢工業用水道事業	3	高茶屋配水池	1	1	0
松阪工業用水道事業	7		-	-	-
計	51		11	7	4

図-9 土木構造物の耐震化計画

5.3 水管橋の耐震化

水管橋の一次診断の基準については、厚生省の「地震対策に関する調査報告書」に基づき行なった。判断としては、個々の施設について震度5、6、7に対する評価点を算出し、各水管橋の耐震性を判断している。

一次診断の結果、49橋のうち47橋が耐震補強の必要があると判断することとなった。(図-10 参照)

水管橋

耐震一次診断

対象	74橋ある水管橋のうち、大口径又は橋長の長い水管橋49橋については一次診断を実施しました。
基準	「地震対策に関する調査報告書」（厚生省編）に基づく評点法（一次診断）
判断	個々の施設について震度5、6、7に対する評価点を算出することで、各施設の耐震性を判断します。 一次診断の結果、49橋のうち47橋が耐震補強の必要があると判断されました。

耐震一次診断例

施設名	管径	施工年度	震度5	震度6	震度7
開栄橋水管橋（西工水）	φ350	S29	低	低	低
三滝川水管橋（一期）	φ800	S32	低	低	低
具弁川水管橋（二期前期）	φ1100	S35	中	低	低
朝明川水管橋（三期）	φ1200	S41	高	中	低
山村水管橋（四期）	φ1800	S49	高	中	中

図-10 水管橋の耐震診断

水管橋の耐震化方針として、74橋のうち36橋は小規模で比較的復旧が容易又は別ルートで配水可能であり、4橋については設置年度が新しく耐震基準を満足しているため、残り34橋について耐震化の対象としている。

計画では平成27年度末で27橋完了予定としており、残る4橋については、平成28年度以降計画的に実施する予定である。（図-11参照）

水管橋

今後の耐震化方針

36橋	・単純パイプ形式など小規模で比較的復旧が容易、又は、別ルートで配水可能
4橋	・設置年度が新しく、耐震基準を満足している。

水管橋全体数 74橋 74-36-4=34橋を対象
平成27年度末 27橋完了予定
残る4橋については、平成34年度の完了を目指す。
小規模で比較的復旧が容易、又は、別ルートで配水可能な水管橋（36橋）については、河川改修時等、必要に応じて耐震化を実施します。

水管橋の耐震化

事業名	施設	施設名	対象施設	H27年度完了予定		H28～実施予定	
				完了予定	H28～実施予定	完了予定	H28～実施予定
北伊勢工業用水道事業	69	・具弁川水管橋 ・三滝川水管橋等	31	27	1		
多度工業用水道事業	-	水管橋なし	-	-	-		
中伊勢工業用水道事業	5	・岩田川水管橋 ・安濃川水管橋等	3	0	3		
松阪工業用水道事業	-	水管橋なし	-	-	-		
計	74		34	27	4		

図-11 土木建造物の耐震化計画

5.4 導・配水管路の耐震化

H27年4月1日現在、当庁の工業用水道の管路延長は350.0kmである。管種は、鋼管、ダクタイル鋳鉄管、コンクリート管及び鋳鉄管である。

耐震化の考え方として鋼管やダクタイル鋳鉄管は埋設地盤の状況によるが、一般的に震度5～6程度の耐震性を有している。コンクリート管や鋳鉄管は老朽化及び不等沈下による継ぎ手部分からの漏水事故を未然に防止する必要がある。そういった理由からコンクリート管74.9kmについて更生工事を順次行っており、現在約65.9km完了している。（図-12参照）

導・配水管路

導・配水管路における各管種別の延長

管の種類	全延長	更生実施済	（単位：km）	
			更生後延長	構成率
鋼管	106.9	-	注1 172.8	49.4%
ダクタイル鋳鉄管	140.9	-	140.9	40.2%
コンクリート管	74.9	65.9	9.0	2.6%
鋳鉄管	27.3	-	注2 27.3	7.8%
計	350.0	65.9	350.0	100.0%

注1：更生（PIP）済みPC管の延長を加えた延長
注2：9.0kmのうち0.7kmをH28年度末までに実施予定

導・配水管路の耐震化に係る考え方

鋼管	一般的に震度5～6程度の耐震性を有している。
ダクタイル鋳鉄管	過去の震災をみても、本体の損傷による被害はほとんど見られない。大規模地震が発生した場合でも大きな被害がないものと考えられます。
コンクリート管	経年変化による老朽化及び交通量の増加に伴う管路の不等沈下の進行による継ぎ手部分からの漏水事故発生を未然に防止する必要があります。
鋳鉄管	

図-12 導・配水管路の耐震化の考え方

図-13は事業別の耐震管及び耐震適合管の延長を表したものである。厚生労働省が取りまとめた「管路の耐震化に関する検討会報告書において、良い地盤条件におけるK形継手等を有するダクタイル鋳鉄管は、耐震性のある管として評価できるとの報告がなされている。表に記載の耐震適合管延長はダクタイル鋳鉄管（K形継手）の延長に対して各事業毎の延長に対する非液状化率を乗じて算出を行った。また、耐震管については鋼管、ダクタイル鋳鉄管の離脱防止継手を対象としており延長を積み上げたものである。

現時点での耐震適合管の割合は60%程度であり、今後残りの40%について対策を行なっていく必要がある。

導・配水管路

今後の耐震化方針

厚生労働省が取りまとめた「管路の耐震化に関する検討会報告書（平成19年3月）」において、地震に対する管路の耐震性能が明示されています。
耐震適合管とは、耐震管とダクタイル鋳鉄管（K形継手等）のうち、地盤条件から耐震性能を満たすと整理することが出来るものを指します。

導・配水管路のうち耐震適合管の延長

事業名	全延長	（単位：km）			
		耐震適合管		耐震適合管割合	
		耐震管	耐震管割合	耐震管割合	耐震管割合
北伊勢工業用水道事業	295.5	186.2	201.0	63.0%	68.0%
多度工業用水道事業	0.3	0	0.3	0%	100%
中伊勢工業用水道事業	38.9	1.9	8.0	6.1%	20.5%
松阪工業用水道事業	15.3	0.6	1.6	4.2%	10.4%
計	350.0	188.7	210.9	54.1%	60.2%

耐震管：鋼管、ダクタイル鋳鉄管（離脱防止継手）
耐震適合管：ダクタイル鋳鉄管（K形継手）の延長 × 非液状化率

図-13 導・配水管路の耐震化計画

液状化区間の対応については、「三重県地域防災計画被害想定調査報告書」における南海トラフ地震発生時の液状化の危険度が高いと想定される区域の管路延長と、「水道の耐震化計画等策定指針の解説」における管路の被害率設定値から被害件数を想定し、東日本大震災の被害等も考慮して、管弁類等の応急復旧用資材の備蓄計画を策定している。

5.5 機械・電気・計装設備の耐震化

機械・電気・計装設備についてだが、基準については個々の設備は「配電盤・制御盤の耐震設計指針」や「工業用水道施設設計指針・解説」に基づき製作されている。

判断基準としては大規模地震によって、それ自体が破壊されることは想定し難く、設備類が地震によって機能を失うケースとしては建物自体の破壊による場合や、ケーブルの切断等による停電の発生や通信障害等が主となる。構造チェック及び設備の外観、据付け状況のチェックを主体に確認した結果、現状において特に問題は無いと判断している。

機械・電気・計装設備

耐震診断

対象	事務所建物、浄水場管理本館、施設建物等の 主要な建築物（有人施設）
基準	個々の設備は「配電盤・制御盤の耐震設計指針」（日本電機工業会）、「工業用水道施設設計指針・解説」（日本工業用水協会）に基づき製作されています。
判断	耐震診断については公的にルール化されたものはなく、過去の大規模地震による被災状況、図面上での構造チェック、設備の外観、据付け状況の目視によるチェックを主体に確認した結果、特に問題はありません。

今後の耐震化方針

問題がないと判断されることから、耐震化工事は実施しませんが、改良や修繕を行う際には、重要機器類の床面への固定や照明設備が配電盤・制御盤の上に落下しないなど災害の影響を最小限にとどめるための対策及び復旧の容易化を考慮します。

図－14 機械・電気・計装設備の耐震化

6. 現在行なっている耐震工事について

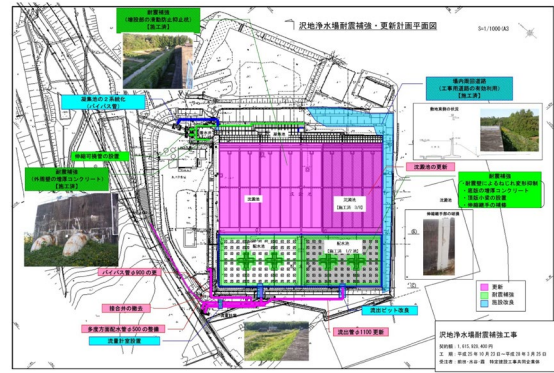
現在耐震補強を行なっている沢地浄水場だが、沈澱池、配水池を主に耐震補強工事行い、今年度完成予定となっている。沢地浄水場の耐震補強工事に関しては、配水運用の制約から全2系統のうち、1系統ごとの施工を行っており、沈澱池の施工については処理能力の確保、経済性を考慮し一旦取り壊しを行い、同じ場所に新設沈澱池を建設することとなった。

沢地浄水場耐震補強工事

構造	RC構造	着工前
処理能力	2.5万m ³ /日（三重県事業全体約9.1万m ³ /日）	
給水開始年度	昭和37年	
一次診断年度	平成7年度	
一次診断結果	震度5 高	
	震度6 高	
	震度7 中	
二次診断年度	平成22年度	
基本設計	平成23年度	
詳細設計	平成24年度	
耐震工事	工 期：平成25年10月23日から平成28年3月25日	

図－15 沢地浄水場耐震補強工事

沢地浄水場耐震補強工事



図－16 沢地浄水場耐震計画平面図

沢地浄水場耐震補強工事

1系沈澱地完成



図－17 沢地浄水場耐震補強工事

7. おわり

耐震補強工事に関しては、多額の改良工事費が必要となるため、減価償却費がかさみ料金算定にも影響が出る。三重県においては建設当時の減価償却が完了しつつある中で、耐震補強による減価償却が新たに発生して行くこととなるため、両者のバランスを考慮耐震化計画を進めて行く予定であり、当分の間料金は据え置く方針である。また、工水ユーザに対して、毎年開かれる連絡会議の場にて耐震化計画について説明を行なっている。

今後、発生確率が高いとされる南海トラフ地震等の巨大地震に対し、耐震対策を計画的に進めるとともに、老朽劣化対策等の計画的な施設改良を行い安定供給の強化が図られるように事業の推進に努めていきたいと考えている。