

## 水道施設の耐震診断・耐震補強設計

### 「水道施設耐震工法指針・解説 2022年版」への対応

#### ● 耐震性能から要求性能へ

「水道施設耐震工法指針・解説 2022年版」が2022年6月に改訂されました。今回の改訂に当たっては、2011年東北地方太平洋沖地震をはじめ、数多くの地震被害事例から得られた知見や教訓を踏まえ、①要求性能の定義、②危機耐性の導入、③性能規定型設計の徹底、④合理的な解析手法の選定の4つの方針に主眼が置かれています。

##### ①要求性能の定義

従前では、水道施設に求められる性能は耐震性能1～3と区分されていました。改訂により性能設計を進めるべく、要求性能として「使用性」、「復旧性」、「安全性」、「危機耐性」が定義され、施設ごとに限界状態が設定されています。

##### ②危機耐性の導入

危機耐性は、安全性で定義した事象を超えて安全性が損なわれた場合にも水道施設が危機的な状況に至る可能性を小さくする性能であり、今回の改訂で新たに取り入れられた、想定外や不確実性に対応する概念となります。

##### ③性能規定型設計の徹底

地震時に各々の水道施設が保有すべき要求性能を確保できるよう、性能規定型設計を軸とする内容になっています。これにより、対象施設(又は構成部材)ごとに限界状態を設定し、要求される性能を満足するように設計します。

##### ④合理的な解析手法の選定

水道施設の構造・地盤条件に応じ、動的解析や非線形解析等の様々な解析手法から最適な方法を設計者が選定する必要があり、地震動の作用を適切に考慮でき、地震時挙動を精度よく評価できる動的解析を用いることが標準とされています。



図1 水道施設耐震工法指針・解説 2022年版

出典：公益社団法人日本水道協会

#### ● 合理的な耐震設計のご提案

耐震対策(補強・更新)は、その方法によっては、非常に高額な費用の発生を伴う場合があります。さらに、施設の運用を停止できないため耐震補強が実施できない構造物や管路が多く、特に基礎杭や基礎地盤の液状化対策等は構造物直下を対象とするため施工が困難な場合があります。また、簡易な解析手法を用いた耐震診断では、過去の地震被害において報告がないような現象を示すことも多く見られ、解析結果と実際の現象に大きな乖離が生じる場合もあります。こういった課題により、円滑に耐震対策が進まないケースも見られるのが現状と考えます。

そこで、当社では、実際の地震被害をできるだけ“精度良く”評価できる手法の適用を第一とし、水道施設の様々な被害シナリオについて具体的にイメージした高度な解析を行うことで無駄な投資を避け、各水道施設に要求される地震時の性能に見合った合理的な耐震対策の選定が何より重要と考えています。これは、設計者判断によることが多いため、水道施設を対象とした高度な解析により照査した実績が求められます。

## ● 当社実績の一例

被害シナリオ分析に基づく合理的な耐震設計事例(浄水場新設計)では、以下のような提案を行いました。

- 耐震計算法: 動的非線形解析
- 解析モデル: 地盤-構造物連成モデル(地盤:FEMモデル)、3次元性を考慮
- 被害シナリオ: 地盤変状や地震時の地盤応答が施設に与える影響が大きいため、地盤の変化を詳細に評価
- 危機耐性: 想定困難な地震動・地盤変状、地盤変位、津波を考慮

その他、地上水槽(PC製・鋼製)、埋設管路等の耐震化について、お気軽にご相談ください。

被害シナリオ	概要図	被害概要	被害シナリオ	概要図	被害概要
①構造物の損傷		比較的大きな内陸型活断層である湖西岸断層の影響により、大きな地震作用(揺れ、地盤変位)が生じ、構造物にひび割れなどが生じる。	②構造物全体の歪み		主に液状化現象の影響により、構造物全体が浮上、隆起、沈下、傾斜などが生じ、主に水理的影響により機能が維持できなくなる。また、構造自地から漏水。
③構造部材の変位		構造物の各部分において、ひび割れなどの被害が生じ、設備の落下やズレなどが生じる。	④構造物の揺れ		構造物の各部分において、ひび割れなどの被害が生じなくても、揺れの影響により設備が固定されている金具類が脱落する。
⑤構造物の取合い管の抜け		構造物と周辺地盤(液状化に伴う浮上や沈下)の相対変位による影響に伴い、管路取り合い部に大きな変位が生じる。	⑥近接断層による断層地表面変位		極めて近接する湖西断層などの影響により、構造物や管路の変位及び地表面に断層のような地表面のズレが生じる。
⑦構造物周りの陥没		構造物周辺の埋戻し部においては想定困難なメカニズムにより、掘削断面の形状効果やゆすり込み沈下などの影響により、局部的な大きな沈下が生じ、道路機能の維持や設備機能の維持が困難となる。	⑧盛土斜面の表面崩壊		盛土斜面の表面における陥没による道路機能の維持が困難となる。
⑨盛土境界付近の埋設管破損		盛土と盛土地盤の境界付近において、地震時に大きな相対変位が生じ、設備間を含む埋設管路に相対変位が生じる。	⑩津波浸水被害		浄水場内の津波浸水深さは数十センチレベルであり、浸水による構造物の損傷などは考えにくい。液状化による浄水場全体の地盤沈下後の浸水による、浮遊物などの衝突や設置による維持管理機能障害。
⑪液状化などによる地表面地盤の沈下		表層地盤の液状化に伴う沈下により、各施設へのアクセスが困難となり、表層地盤に埋設する設備の管路に機能障害が生じる。	⑫地盤変状		液状化に伴う側方流動や基礎間の傾斜に伴う地表面の崩壊への変状により、構造物や管路等が大きく変位する。

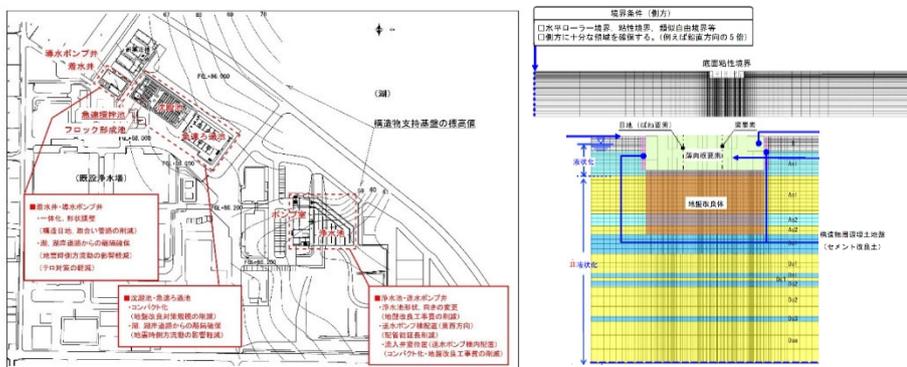


図2 被害シナリオ分析に基づく合理的な耐震設計事例(浄水場新設計)

公益社団法人 日本水道協会「水道施設耐震工法指針・解説 2022年版 III 設計事例編」を加工して作成

## ● 高度な技術の開発・追求

当社では、耐震関連技術を通じ水道事業に貢献するため、図3のような社内・社外の取り組みを実施しています。また、土木学会や耐震基準類の改訂作業等の社外活動を通じて、地震被害の分析やそれに整合する耐震計算法の検討を日々実施しています。それらの成果を公表することで、多くの方からの意見をいただき、さらに検討を行っています。

この取り組みにより、精度の高い耐震診断や効果的な耐震対策を、比較的安価な設計費用にて提供できるシステムを構築しています。

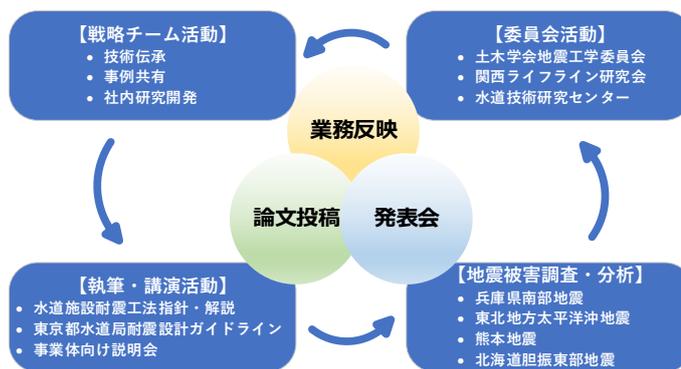


図3 社内外の活動と耐震関連技術の向上

