令和4年11月10日付【日本水道新聞】
日水協「水道施設耐震工法指針・解説」2022年版より
水コン協＜設計実務者の視点から＞
注目すべき改訂内容①・②・③

設計実務者の視点から

注目すべき改訂内容①

全国上下水道コンサルタント協会 大嶽 公康（NJS）

■指針の従前からの位置付け・活用状況

水道施設の施設基準は「水道施設の技術的基準を定める省令」であり、平成20年の省令改正においてレベル1地震動およびレベル2地震動に対して水道施設が備えるべき要件が定められている。本指針は省令と整合された規定であり、水道施設の耐震設計の実務においては実質的な耐震設計基準として扱われている。

2009年版の改訂では、従来の仕様規定型設計から性能規定型設計に本格的に移行し、経済性照査の導入や動的解析法の適用が規定された。それまでの水道施設の耐震設計には震度法などの静的解析法が用いられていたが、改訂後は、重要かつ大規模な新設構造物の設計や既設構造物の耐震診断・耐震補強設計において、動的非線形解析等の高度な解析が適用される事例が多くなった。対象地点の地震動特性、地形・地盤条件、構造物の特性等に応じて、適切な解析手法、設計条件を設定することにより、水道施設の地震時挙動を再現できる合理的な耐震設計が行われるようになっている。

■注目すべき改訂点

注目すべき今回の改訂点としては、性能規定化の徹底、要求性能の設定、危機耐性の導入、レベル2地震動の設定、高度な解析法の適用範囲の拡大が挙げられる。

【性能規定化の徹底】改訂指針では、性能規定化が徹底され、仕様規定型の記述（計算式や条件値など）が本編からほぼ削除されている。一方では、実務において設計者の参考となるように、参考資料と設計事例が大幅に充実して掲載されている。

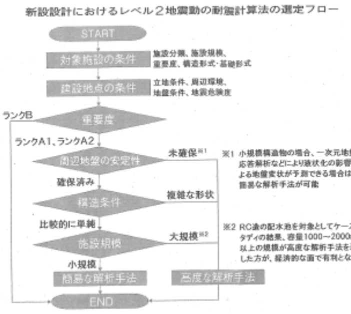
【要求性能の設定】要求性能とは、水道施設が地震等に対して備えるべき要件であり、使用性、復旧性、安全性および危機耐性が設定されている。使用性は、地震の影響等に対して、水道施設が保持すべき機能を損なうことなく、継続的に使用できる性能である。復旧性は、地震の影響等により機能が低下したとしても、損傷が軽微で水道施設の性能を早期に復旧できる性能である。安全性は、機能上重大な影響を及ぼすような損傷が発生することがない性能であり、これにより利用者や周辺の人の生命や財産を脅かさないための構造上の安全性を確保する。

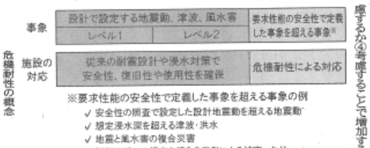
【危機耐性の導入】危機耐性とは、安全性で定義した事象を超えて水道施設の安全性が損なわれた場合に、水道施設が危機的な状況に至る可能性を小さくする性能である。要求性能の安全性で求められる性能は、水道施設機能に重大な影響を及ぼすような損傷が発生せず、利用者や周辺の人の生命や財産を脅かさないことであるが、この安全性が損なわれたとしても、水道施設は直ちに危機的状況に陥ることを避けなくてはならない。東日本大震災の福島第一原子力発電所の事故に代表されるような被害を契機に、要求性能の安全性で定義した事象を超える地震動等（いわゆる想定外の事象）により安全性が損なわれた場合への要求性能として、土木学会から危機耐性が提案されており、これを改訂指針では導入している。

【レベル2地震動の設定】レベル2地震動は、方法1～3により設定することを原則とし、方法4（1997年版指針で採用された兵庫県南部地震の観測記録を基に設定された地震動）は震度法等の静的線形解析の設計地震動として用いるものとされた。また、方法1～3においては、設計地震動が過小とならないように、Mw6・5～6・8程度の直下地震を下限として設定することが求められた。

【高度な解析法の適用範囲の拡大】水道施設の設計実務において動的解析法が普及しつつあること、地震時挙動を再現できる合理的な耐震設計が求められることから、改訂指針では動的解析法等の高度な解析法の適用が基本とされた。ただし、適用条件を満たす新設および既設構造物の耐震設計においては、震度法等の静的解析を用いた設計ができるものとされた。

新設設計におけるレベル2地震動の耐震計算法の選定フロー





注目すべき改訂内容②

全国上下水道コンサルタント協会 宮本 勝利（日水コン）

■はじめに

水道施設の耐震設計、とりわけ池状コンクリート構造物や地上水槽（PC製・鋼製）および水管橋を対象とした耐震設計の実務においては、本指針を使用する機会が多い。

本稿では、これらの施設を中心に、注目すべき改訂内容について、実務者側の視点から記述する。

■危機耐性に配慮した設計について

本指針の注目すべき改訂内容を一つ挙げるとすると、『危機耐性に配慮した設計』である。指針本編の「池状コンクリート構造物の耐震計算と性能照査」の項で図示したように（編集部注：3面に掲載の「池状構造物の耐震計算と性能照査の流れ（新設構造物、既設構造物）」を参照）、これまでの耐震設計にはなかった設計項目や考え方、さらなる計算の追加を必要とする場合がある。そのため、新たな技術的知見の導入や、作業量の増加を伴う場合があるなど、実務へのインパクトが最も大きい改訂と捉えている。

耐震設計の実務担当者においては、危機耐性に配慮することの重要性とともに、設計者の裁量が広がったことを認識しておくことが重要と考える。

耐震設計において、設計者に求められる技術や判断としては、①危機耐性を考慮するか否か②考慮する場合どのようなレベルの想定外の自然災害や施設被害を設定するか③考慮する際の対策として、どの段階（計画・基本設計・実施設計など）で考慮するか④考慮することで増加する費用との関係をどう評価するか――などである。

一方、危機耐性を考慮するに当たっては、現状では参考となる設計事例や実務に活用できる教科書的な文献が少ない。ただし、より安全な水道システムを、より効率的に構築する姿勢があれば、特段新しいメニューでもないようにも思う。設計者が対象とする水道施設の特徴や設置環境などを勘案し、さまざまな自然災害の規模や施設の被害シナリオをイメージし、計画段階から設計段階まで幅広く対策を検討する必要がある。したがって、これまで以上に設計者には積極的な検討を行う姿勢が求められると考える。

■各施設の改訂ポイント

【池状コンクリート構造物】耐震計算法の選定に関しては、動的解析などの高度な解析法の適用範囲が拡大された。その要因として、静的線形解析などの簡便な計算法に比べ工事費が安価にできる傾向に着目している点が重要である。

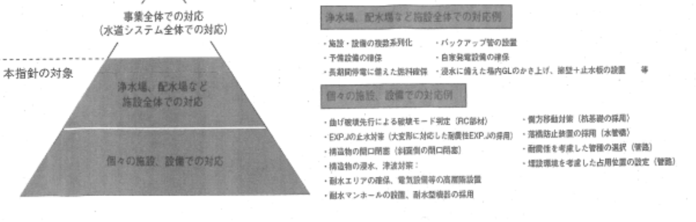
また、実際の被害事例を分析した結果も踏まえ、液状化など地盤変状の影響に関する記述や、指針の使用者からの意見も反映し、解析方法や解析モデルの特徴、選定方法に関する記述などを静的解析も含めて充実させた点もポイントである。

さらに、参考資料を大幅に増やした点や、設計事例集の記述を論文の様式としたことも含め、実務者には使いやすくなったと考えられ、合理的な耐震設計の進展に寄与すると考える。

【地上水槽（PC製・鋼製）】池状構造物の改訂ポイントに加えて、構造物固有周期や方法4による設計地震動の設定方法、および構造物特性係数の適用条件などについて改訂された点は実務への影響が非常に大きいと考える。

【水管橋】地震被害調査に基づき動的解析では地盤連成系モデルを標準とした点や、他基準類を参考に部分係数法を採用した点、レベル2地震動の照査対象に管体も加えた点などが実務に影響が大きい。このほか、和歌山市六十谷水管橋崩落事故の教訓を反映し、点検に関する記述が追加された点も、耐震対策は施設の健全性と一体として考える上で大変興味深い。

危機耐性の段階別対応と対応（例）



改訂に伴う実務上の対応

全国上下水道コンサルタント協会 古川 修三（東京設計事務所）

■はじめに

「水道施設耐震工法指針・解説2022」（以降「改訂指針」と略す）の発刊を受け、実務上、新たに考慮が必要な事項について、実務者側の視点から説明する。

■改訂指針に即した業務実施対応について

指針の内容が性能規定型に完全移行したことから、実務を行う技術者は、改訂指針の趣旨（特に要求性能）をよく理解し、地域ごと、施設ごとの特徴把握と求める要求性能をしっかり定める必要がある。

例えば、地震動の設定においては、近年発生した地震で、水道施設の地表面加速度が方法4（兵庫県南部地震の観測記録を基に設定された地震動）を超過する地点が多く発生していることから、レベル2地震動設定は方法1～3により設定することを原則としている。言い換えれば、水道施設耐震工法指針・解説1997年版から広く使用されてきた、方法4での地震動を使用する場合は注意が必要ということになる。

改訂指針参考資料1－4「方法1～3の下限地震動の例」を参考にされたい。

構造物の応答値の算定では、動的解析を基本としており、また部材ならびに材料の非線形特性を適切に評価できる解析モデル・手法を基本としている。このため、静的解析においても非線形解析を行うことが基本となり、これまで広く使用されてきた簡易手法の線形解析を今後使用する場合は、一定の条件を考慮して使用することが必要となる。

日本水道協会主催の「水道施設耐震技術研修会」が12月（東京）、2月（大阪）にそれぞれ2日間予定されており、水道施設の耐震化の概要から耐震設計の方法、施設別の耐震設計についての説明が行われる予定である。この研修会などを通じて、改訂指針に即した業務実施対応を図っていくことが必要である。

■設計委託費用、委託期間の確保

設計委託費用を算定する場合、基本となるものは、厚生労働省の「水道施設整備費に係る歩掛表 第三編 設計業務委託標準歩掛」（以降「標準歩掛」と略す）である。この標準歩掛は、前述した詳細な地震動の設定（方法1）、構造物の動的解析、静的非線形解析、危機耐性の検討について、現状では対応していないことに注意が必要である。また、特に動的解析は通常の数倍の期間が必要になるため、事業者側にも委託期間について配慮していただくよう働きかけが必要である。

■標準歩掛の改訂要望

標準歩掛を改訂指針に対応した歩掛にするため、全国上下水道コンサルタント協会（以降「水コン協」と略す）では、標準歩掛の改訂要望を随時行っていく予定である。また、動的解析については、まだまだ設計実績が乏しく、施設形態も多様であり、歩掛の標準化が困難な状況であるが、水コン協では、この動的解析作業の歩掛についても、実績の分析、作業内容の整理などを行い、数年後には標準歩掛の改訂要望が出せるよう努めていく予定である。