

津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方

目次

1. はじめに
2. 設計にあたっての想定津波の考え方
 - 2-1 これまでの想定津波の考え方
 - 2-2 中央防災会議における今後の想定津波の考え方
 - 2-3 他事業における想定津波の考え方
 - 2-4 下水道施設における想定津波
3. 処理場、ポンプ場における機能確保の考え方
 - 3-1 処理場等の各機能に要求される耐津波性能
 - 3-2 基本機能の確保
 - 3-3 全体機能の復旧
4. 施設設計における配慮事項
 - 4-1 対象とする施設
 - 4-2 処理場等の対象施設、設備の考え方
 - 4-3 構造躯体における具体的対応策
 - 4-4 開口部、機械・電気設備（屋内）における具体的対応策
 - 4-5 その他施設における具体的対応策
5. おわりに

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震は、東北地方太平洋沿岸を中心に人命、財産、公共施設等に大きな被害をもたらしたが、とりわけ津波によるものが甚大であった。

震災発生からすでに、約9ヶ月が過ぎ、被災を受けた111の処理場、111のポンプ場は徐々に復旧しているが、平成23年12月5日現在、津波により甚大な被害を受けた15の処理場、19のポンプ場がなお稼働停止中であるなど、今回の震災では、従前の耐震対策中心の下水道施設の対策のあり方課題を残した。

また、「下水道の地震対策マニュアル2006年版（日本下水道協会）」では、津波対策として、吐け口ゲートへの配慮が示されているのみであった。波力、漂流物による衝突加重等を含めた津波に対する被害は想定していなかったのである。さらに、想定すべき津波高さに対して、どのように対処するかについて計画・設計上の考え方が整理できていなかった。

本提言では、当委員会においてすでにとりまとめて公表した「下水道施設復旧にあたっての技術的緊急提言」（H23/4/15）、「段階的応急復旧のあり方」（H23/6/24）、「東日本大震災で被災した下水道施設の本復旧のあり方」（H23/8/15）を踏まえ、今次津波で被災した下水道施設以外の全国の下水道施設に適用すべく『津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方』を取りまとめた。

2. 設計にあたっての想定津波の考え方

2-1 これまでの想定津波の考え方

災害対策基本法では、国（中央防災会議）は防災基本計画、地方自治体は地域防災計画等の防災計画を作成することとされている。このうち、防災基本計画（H20/2/18作成）における津波対策の役割分担については、第4章第1節に下記の記述がある。

防災基本計画（H20/2/18）第4章第1節（抜粋）

○地方公共団体は、津波によって浸水が予想される地域について事前に把握し、浸水予測地図等を作成するとともに、当該浸水予測図に基づいて避難地、避難路等を示す津波ハザードマップの整備を行い、住民等に対し周知を図るものとする。また、国〔内閣府等〕は、津波の危険性のある区域において、浸水予測図や、津波避難計画の作成支援、津波ハザードマップ作成マニュアル等の普及促進により、津波ハザードマップの作成支援を行うものとする。

また、津波ハザードマップ作成における整備主体の考え方は、「津波・高潮ハザードマップ作成マニュアル（H16/4）」に記載されている。

基本的には、ハザードマップの作成に必要な条件設定やシミュレーションは市町村が行うが、複数の自治体がまたがる場合や単独の自治体で実施困難な場合は、国及び都道府県が作成の支援を行うとされており（図1参照）、想定津波の決定主体は地域によって異なっているのが現状であった。

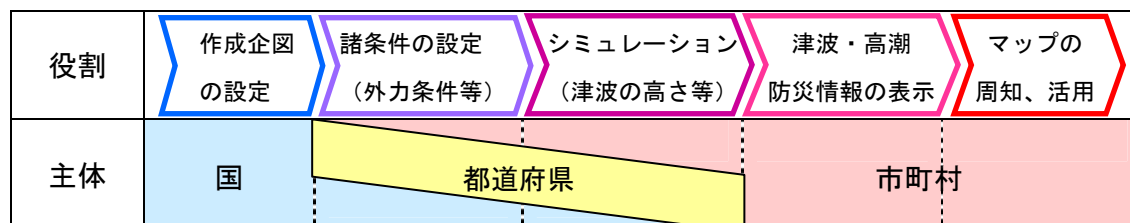


図1 津波・高潮ハザードマップの作業フローと役割分担

なお、今回の震災後に総務省が全国の海岸部を有する自治体（被災自治体除く）を対象に行った調査（「地域防災計画における地震・津波対策の充実・強化に関する検討会」第3回会合資料より(平成23年10月11日)）では、61%の自治体が津波被害を想定済みであった。

2-2 中央防災会議における今後の想定津波の考え方

東北地方太平洋沖地震による津波（以下、今次津波）の発生メカニズムが、通常の見溝型地震が発生する深部プレート境界のずれ動きだけではなく、浅部プレート境界も同時に大きくずれ動いたことによって、巨大な津波と広範囲で、奥域まで浸水域が拡大し、従前の想定を越える結果となった。

第28回中央防災会議（H23/10/11）に報告された「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告（H23/9/28）」（以下、専門調査会報告）によると、防災対策で対象とする地震・津波の考え方は、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討すべきとされている。

さらに、津波対策を構ずるにあたってのこれからの想定津波の基本的考え方として、二つのレベルの津波を想定する必要があるとされている。一つは、発生頻度は極めて低いものの、甚大な被害をもたらす「最大クラスの津波」であり、もう一つは、発生頻度は高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす「頻度の高い津波」である。

前者の最大クラスの津波に対しては、住民等の生命を守ることを最優先とし、住民の避難を軸に、とりうる手段を尽くした総合的な津波対策が求めら

れている。また、後者の発生頻度の高い津波に対しては、海岸保全施設等の整備による対策を進めていくとされている。

2-3 他事業における想定津波の考え方

今回被災地域における海岸保全施設の速やかな復旧計画策定に資するため、平成23年7月8日に農林水産省、国土交通省等より「設計津波の水位の設定方法等について」が発出されている。この中では、過去に発生した実績津波高さの整理を行い、十分にデータが揃わない場合はシミュレーションによって津波高さを算定することとされている。さらに、設計津波の対象津波群の設定を行った後に、設計津波の水位の設定を行うとされている。

また、国土交通省より平成23年7月11日に「平成23年東北地方太平洋沖地震による津波対策のための津波浸水シミュレーションの手引きについて」が発出されている。これをもとに、被災地域である岩手県、宮城県、福島県では平成23年9月から10月に、海岸堤防高さが設定されている。ここでは、被災地域では最大クラスの津波を今次津波高さとし、頻度の高い津波を海岸堤防施設等の計画津波高さとしている。

一方、港湾事業においても、国土交通省交通政策審議会港湾分科会防災部会で「港湾における総合的な津波対策のあり方（中間とりまとめ）」を平成23年7月6日にとりまとめた。これを受けて、各地方整備局において、地震・津波対策検討会議（仮称）を設置し、平成23年12月を目途に、地震・津波対策基本方針を策定する予定になっている。

加えて、平成23年12月6日に「津波防災地域づくりに関する法律」（以下「津波防災地域づくり法」）が成立し、法律には、「都道府県は基本方針に基づき津波浸水想定を設定する」と明記され、今後はこの浸水想定に基づき地域の津波対策が行われる。

2-4 下水道施設における想定津波

① 被災地域の本復旧における想定津波

今次津波の被災施設を本復旧するにあたっての津波対策に用いる津波レベルは「東日本大震災で被災した下水道施設の本復旧のあり方」（H23/8/11：以下、第3次提言）に示されている。第3次提言では、本復旧に向けた下水道施設（被災施設）の耐津波設計においては、2-1で述べた最大クラスの津波に相当する今次津波で観測された津波高を用いることを基本としている。また、立地する地形等の条件により、必要に応じて、当該津波の高さに対応する波圧、掃流力、漂流物による衝撃力等について検討の上、考慮するとされている。

なお、発生頻度の高い津波に対しては、原則として新たな海岸保全施設の設置により内陸への浸入が防げることにより、計画・設計上の配慮は不要とされている。ただし、海岸保全施設等整備の進捗状況を勘案しつつ、下水道施設としての対応を考慮すべきとされている。

② 今後の想定津波

【最大クラスの津波】

今次津波の被災地域以外でも、今後東海・東南海・南海地震等の被害が想定される。これら地域では、最大規模の津波の高さが、中央防災会議東南海・南海地震等に関する専門調査会で過去に試算されている。しかしながら、今次津波の発生メカニズムは、過去のシミュレーションの前提条件とは大きく異なっているとされており、今後新たな津波試算等が必要と考えられる。

一方、中央防災会議では、『今回のマグニチュード9.0の地震による巨大な津波は、いわゆる「通常海溝型地震の連動」と「津波地震」が同時に起きたことにより発生した。このような地震は、東北地方太平洋沖地震が発生した日本海溝に限らず、南海トラフなど他の領域でも発生する可能性がある。したがって、今後の津波地震の発生メカニズムと、通常海溝型地震と津波地震の連動性の調査分析が進み、その発生メカニズムが十分に解明されることが、今後の海溝型巨大地震に伴う津波の想定を行うために重要である。(専門調査会報告8P)』と報告されている。

平成23年8月、内閣府に、想定すべき最大クラスの対象地震の設定方針、地震動等を検討するために「南海トラフの巨大地震モデル検討会」が設置された。ここでは、過去に南海トラフのプレート境界で発生した地震に係る科学的知見に基づく各種調査について防災の観点から幅広く整理・分析し、東海・東南海・南海地震の新たな想定地震の設定方針の設定や地震動・津波高さ等の推計を実施するとされている。

さらに、平成23年12月頃を目途に想定震源域、波源域の設定の考え方をとりまとめ、平成24年春に予定されている文部科学省地震調査研究推進本部による南海トラフの地震の長期評価の検討を反映させることとしている。その後、東海・東南海・南海地震の新たな想定地震の設定方針、地震動・津波高さの推計結果をとりまとめることとしている。このため、平成24年度以降に、これら地震の最大クラスの地震動・津波高さが設定されることになる。

今後は、東海地震等のエリアを含めた全国で、津波防災地域づくり法の規定により、都道府県知事が設定・公表する「津波浸水想定」(津波により浸水

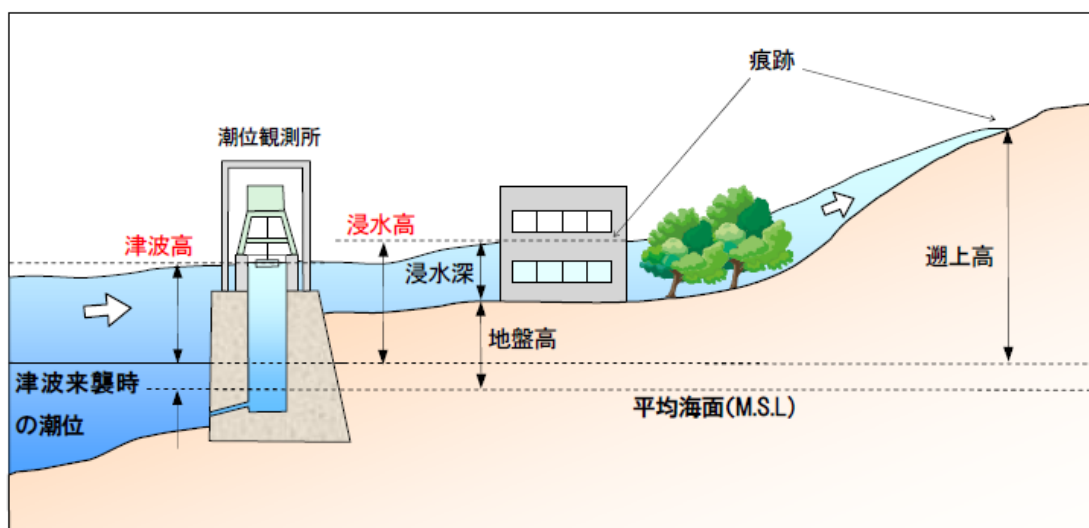
するおそれがある土地の区域及び浸水した場合に想定される浸水)に基づいて、下水道施設の津波対策を講じることとするものとする。

【頻度の高い津波】

海岸保全施設等を整備・管理する海岸管理者は、被災地域においては、頻度の高い津波である設計津波高をすでに設定しており、今後、被災地域以外においても順次設定、整備されることになると見込まれる。このため、被災地域以外においては、海岸管理者の定める津波高を頻度の高い津波とする。

発生頻度の高い津波については、東日本大震災で被災した施設と同様に、海岸保全施設により防護されるべきものであることから、原則として下水道施設における計画・設計上の配慮は不要とする。

しかし、海岸保全施設整備の進捗状況等を勘案しつつ、必要に応じて下水道施設として頻度の高い津波への対応を考慮すべきことは、被災施設の場合と変わらない。



最大潮上高：各地区で津波が到達する最高の標高
津波高：汀線、海岸線における標高
津波浸水深：各地の地表面からの水面の高さ

図 2：津波の高さ（和歌山県HPより）

3. 処理場、ポンプ場における機能確保の考え方

3-1 処理場等の各機能に要求される耐津波性能

下水道地震・津波対策技術検討委員会第3次提言によると、処理場及びポンプ場における耐津波性能は以下のとおりである。

表1 処理場・ポンプ場施設の耐津波性能

| 施設種別 | 管路施設 | | ポンプ場 | | 処理場 | | |
|---------|----------------|-----|------------------|-----|---|------------------|--------------|
| | 重要な幹線等 (※1) | その他 | 重要な幹線の下流 (※2) | その他 | 流入きよ沈砂池(※3) 放流きよバイパス水路 自家発電機管理棟(※4) | 沈殿池等(※5) 消毒設備 | 左記以外 (※6) |
| 耐津波要求性能 | ● | △ | ● | △ | ○ | ● | △ |

○・・・機能確保

●・・・一時的な機能停止はありうるが迅速な復旧が可能(概ね1週間以内)

△・・・機能停止後、早期の復旧が可能(概ね6ヶ月以内)

(※1) 下水道施設の耐震対策指針と解説に基づく「重要な幹線等」を指す。

(※2) 第3次提言3-2の(1)で設定した「重要な幹線等」に係るポンプ場を指す。

(※3) 揚水ポンプを含む。

(※4) 管理棟のうち、操作計装部分及び避難所。

(※5) 最初沈殿池、反応タンク、最終沈殿池を含む。

(※6) 高度処理施設、汚泥処理施設など。

第3次提言では、処理場、ポンプ場の施設機能に応じて耐津波要求性能を区分している。これは、下水道施設においては、海岸保全施設のように津波高さで一義的に施設の津波対策が決定されるものではなく、処理場、ポンプ場の有する各機能の重要度に応じて、求められる津波対策が異なっており、機能別に防護・復旧のあり方を検討することが不可欠であるためである。

このため、被災後においても必ず保持しなければならない処理場・ポンプ場(以下、処理場等)の基本機能と、被災後ある程度時間が経過して復旧すればよい処理場等の全体機能を分けて津波への対応策を決定することが肝要である。

3-2 基本機能の確保

処理場等における下水処理機能は、沈砂、揚水、沈殿、生物処理、消毒、汚泥濃縮、汚泥脱水、汚泥焼却などの機能に分けることができる。これら機能のうち、第3次提言では、下水道の基本機能は、汚水を排除する機能と消毒機能であるとされている。

これは、発災直後においても、し尿は発生し続け、さらに水道の復旧や地下水の浸入によって下水量が回復あるいは増大することになる。発生した下

水を排除できなければ、生活空間に下水が滞留することによって、水系伝染病等のリスクが拡大することになり、被災者等に環境衛生上の危機を招くことになる。このため、被災直後においても、被災者等の生活空間から、下水の確実な排除と、排除された下水の消毒は、必ず実施されなければならない。

このように、排除機能、消毒機能は、必ず確保されなければならない基本機能であり、「最大クラスの津波」が発生した際にも機能が確保されるような設計としなければならない。

3-3 全体機能の復旧

第3次提言では下水道の全体機能について、「最大クラスの津波」に対しての被害は許容するものの迅速に（概ね1週間以内）復旧させる機能（沈砂、沈殿、汚泥脱水）と、早期に（概ね6ヶ月以内）復旧させる機能（生物処理、汚泥濃縮、汚泥消化、汚泥焼却等）の2つに分けている。

迅速に（概ね1週間以内）復旧させる機能は、基本機能の次に復旧させなければならない機能であり、下水を収集し、揚水した後に簡易な処理として「沈殿処理」を継続的に行う機能である。次に、早期に（概ね6ヶ月以内）復旧させる機能は、処理場が被災前に有していた機能である。

一方、「頻度の高い津波」に対してどこまで守るべきかは、海岸保全施設等による防護が原則であり、防潮堤等の整備の進捗度合い等を勘案して必要がある場合に限り、下水道管理者自ら対策を講じるべきものであることに留意しつつ、個別に検討するものとする。

以下に、「最大クラスの津波」への対応について整理する。

表2: 想定津波の防護レベルと処理場等の機能

| 津波レベル | | 機能回復時間 | 防護すべき施設・設備 |
|-----------------------|------------------------|-------------|---------------------------------|
| 最大クラスの津波 高←防護レベル→低 | 頻度の高い津波*1 高←防護レベル→低 | | |
| | | 必ず確保すべき機能*2 | 揚水施設 |
| | | 迅速に復旧すべき機能 | 沈砂設備, 沈殿池, 消毒設備*3, 脱水設備 |
| | | 早期に復旧すべき機能 | 生物処理施設, 汚泥濃縮設備, 汚泥消化施設, 汚泥焼却設備等 |

※1) 頻度の高い津波に対する防護は、海岸保全施設等による防護が原則。

※2) 必ず確保すべき機能は、汚水の排除機能と消毒機能とする。

※3) 消毒機能は次亜塩素酸等の消毒剤を添加することで確保できるため消毒設備は迅速に復旧すべき機能に分類。

4. 施設設計における配慮事項

4-1 対象とする施設

今回の「津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方」の対象施設は、被災地域を含む津波被害が想定される地域に存する処理場等とする。今後、被災地の復興のみならず、東海・東南海・南海地震等の発生が想定される中、これら地域における下水道施設の防災対策としての設計の考え方を整理することが必要となっている。このため、改築、増設段階で防災対策を施す場合や、新設にあわせて防災対策を施す場合に、設計上配慮すべき事項を整理したものである。

4-2 処理場等の対象施設、設備の考え方

処理場等の土木建築施設については、大きく構造躯体、開口部の2つに分けられる。構造躯体は、土木構造物であり、津波の波圧、掃流力、漂流物による衝撃力等を受ける。開口部は、窓、扉、ダクト等であり、津波被災時には海水等の浸入口となる。機械・電気設備のうち屋外にあるものや浸水高より低い位置にあるものは、津波による海水の浸水により甚大な被害をうける可能性がある。

4-3 構造躯体における具体的対応策

第3次提言において、処理場等の全体機能が遅くとも概ね6ヶ月以内（早期に）の復旧を目途としていることを考慮すれば、土木建築施設の構造躯体は、地震力による損壊はもとより、最大クラスの津波の波圧、掃流力、漂流物による衝撃力等に耐えることが求められる。

4-4. 開口部、機械・電気設備（屋内）における具体的対応策

開口部設備、機械・電気設備（屋内）（以下、開口部等という）の2つのカテゴリについては、最大クラスの津波、または頻度の高い津波に対して、どのような対応策を取るかは、処理場等の施設・設備の機能の重要度に応じて決定される。

対応方針はその安全度によって、以下の通り分けられる。

- ①リスク回避：浸水高さ以上に設置する。（最も安全）
- ②リスク削減：対応津波に対して強固な防水構造とする。（安全）
- ③リスク保有：浸水を許容する構造でも良いとする。

これら3つの対応方針は、津波のレベルに応じて、表3のように処理場等の各機能に振り分けられる。

表3:最大クラスの想定津波と対応策

| | 必ず確保すべき基本機能 | 迅速に復旧すべき機能 (概ね1週間以内) | 早期に復旧すべき機能 (概ね6ヶ月以内) |
|-------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 対応策 | リスク回避 (やむを得ない場合は、リスク削減) | リスク削減 | リスク保有 |
| 具体的対策 | 浸水高以上に設置 (やむを得ない場合は、強固な防水構造) | 強固な防水構造 | 浸水を許容 |

*ただし、構造躯体については、最大クラスの津波の波圧、衝撃力等に耐える耐力を備えるものとする。

すなわち、最大クラスの津波高さに対して「必ず確保すべき基本機能」に分類される施設・設備における開口部等については、リスク回避（浸水高以上に設置する）及び、やむを得ない場合に限りリスク削減（強固な防水構造とする）という2つの対応策により基本機能を確保する。

「迅速（概ね1週間以内）に復旧すべき機能」に分類される施設・設備における開口部等については、リスク削減（強固な防水構造とする）の対応策を講じる。

「早期（概ね6ヶ月以内）に復旧すべき機能」に分類される施設・設備における開口部等については、リスク保有する。

なお、下水の排除機能に不可欠なポンプ設備のように必ず防護すべき基本機能であるにも関わらず、リスク回避策（最大規模の浸水高さより高い位置に設置）を採用できない設備もある。このような場合には、リスク回避ではなくリスク削減の対応策を次善対応策として選択することが重要である。

4-5. その他施設における具体的対応策

一方、屋外に設置されている汚泥焼却炉、乾燥炉、砂ろ過設備、操作盤などの施設・設備については、機能上「迅速に復旧すべき機能」「早期に復旧すべき機能」の2機能に分類される。そのため、各施設・設備の機能の重要度に応じて、対応策を実施するものとする。

5. おわりに

下水道施設のうち、処理場等は、揚水、沈殿、生物処理、消毒、脱水などの多くの機能に分けることができる。津波の被災後の復旧段階においては、被災者等の環境衛生が確保できるよう、これら機能を順次回復させることが肝要である。このため、今回の「津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方」では、環境衛生上の重要度に応じて処理場等の機能を分類し、いかに対応策を講じていくべきかを整理した。

将来発生が懸念される南海トラフの海溝型巨大地震は、巨大な津波だけで

はなく、地震の強い揺れも甚大となる可能性もある。今後、被災地域だけでなく、東海、東南海、南海地震等の被災想定区域において、津波、地震被害への早急な防災対策の実施が求められる。

参表 1：最大クラスの津波に対する処理場等の施設と具体的対策事例

| 施設名 | 施設・設備カテゴリー | 具体的対応策 | | |
|-------------------|------------|---------------------------|-------|------------|
| | | リスク許容 | リスク削減 | リスク回避 |
| 流入渠 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| 調整・滞水施設 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| | 開口部設備 | ◆：浸水を許容 | | |
| | 機械・電気設備 | ◆：浸水を許容 | | |
| 沈砂池施設 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| | 開口部設備 | ◆：浸水を許容 | | |
| | 機械・電気設備 | 強固な防水仕様 | | |
| ポンプ場施設 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| | 開口部設備 | 原則、浸水高以上の設置、やむを得ない場合は防水構造 | | |
| | 機械・電気設備 | 原則、浸水高以上の設置、やむを得ない場合は防水構造 | | |
| 沈殿池施設 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| | 開口部設備 | ◆：浸水を許容 | | |
| | 機械・電気設備 | 強固な防水仕様 | | |
| 反応タンク施設 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| | 開口部設備 | ◆：浸水を許容 | | |
| | 機械・電気設備 | ◆：浸水を許容 | | |
| 高度処理施設 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| | 開口部設備 | ◆：浸水を許容 | | |
| | 機械・電気設備 | ◆：浸水を許容 | | |
| 消毒施設 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| | 開口部設備 | 原則、浸水高以上の設置、やむを得ない場合は防水構造 | | |
| | 機械・電気設備 | 原則、浸水高以上の設置、やむを得ない場合は防水構造 | | |
| 汚泥濃縮施設 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| | 開口部設備 | ◆：浸水を許容 | | |
| | 機械・電気設備 | ◆：浸水を許容 | | |
| 汚泥消化施設 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| | 機械・電気設備 | ◆：浸水を許容 | | |
| 汚泥脱水施設 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| | 開口部設備 | 強固な防水仕様 | | (主機類設置フロア) |
| | 機械・電気設備 | 強固な防水仕様 | | (主機類) |
| 汚泥焼却施設 乾燥、有効利用 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| | 開口部設備 | ◆：浸水を許容 | | |
| | 機械・電気設備 | ◆：浸水を許容 | | |
| 受変電施設 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| | 開口部設備 | 原則、浸水高以上の設置、やむを得ない場合は防水構造 | | |
| | 機械・電気設備 | 原則、浸水高以上の設置、やむを得ない場合は防水構造 | | |
| 自家発電施設 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| | 開口部設備 | 原則、浸水高以上の設置、やむを得ない場合は防水構造 | | |
| | 機械・電気設備 | 原則、浸水高以上の設置、やむを得ない場合は防水構造 | | |
| 中央監視制御施設 | 構造躯体 | 最大クラス津波に耐える耐力 | | |
| | 開口部設備 | 原則、浸水高以上の設置、やむを得ない場合は防水構造 | | |
| | 機械・電気設備 | 原則、浸水高以上の設置、やむを得ない場合は防水構造 | | |