

# 下水道施設の耐震・耐津波対策技術

## 下水道施設の地震・津波被害

### ◆ 地震による下水道施設の被害

近年の熊本地震では、直下型地震により熊本市をはじめとした周辺都市で管路施設及び処理場施設が甚大な被害を受け、公衆衛生の確保が課題となりました。



マンホール浮上



津波波力による破壊



津波による冠水

出典：仙台市 HP・YouTube

### ◆ 津波による下水道施設の被害

東北地方太平洋沖地震では、津波により沿岸部の下水処理場は壊滅的な被害を受けました。波力による構造物・機器の破壊、海水浸入による機能不全に陥った事例が多数あり、下水処理場の脆弱性が露呈されることとなりました。

## 下水道施設の耐震・耐津波対策の必要性

### ◆ 下水道施設の耐震・津波対策の必要性

「下水道施設耐震対策指針と解説2014年版」、「下水道施設耐震計算例2015年版」において耐震性能2'や耐津波設計の具体的かつ実現性の高い計算方法が示されました。大規模な地震の発生が懸念される昨今では、着実な耐震対策をより現実的かつ効率的に進めるために、高度な手法を導入し対策を早急に進める必要があります。

大地震	関東大震災 (M7.9)	十勝沖地震 (M7.5)	新潟県中越地震 (M6.8)
	福井地震 (M7.1)	宮城県沖地震 (M7.4)	東北地方太平洋沖地震 (M8.4)
	新潟地震 (M7.5)	兵庫県南部地震 (M7.2)	熊本地震 (M7.3)
耐震基準	市街地建築物法 市街地建築物法改正 (設計水平震度0.1) 建築基準法改定 (設計水平震度0.2)	建築基準法改正 (柱帯筋強化) 建築基準法改正 (既存不適格) 建築基準法改定 (新耐震) 建築基準法改定 (構造規定厳格化) 下水道施設の耐震対策四種改定	建築基準法改正 (既存不適格) 国土交通省事務連絡 (耐震診断の実施) 下水道施設の耐震対策指針改定 (耐震性能2'、耐津波)
年代	大正8年 大正12年 昭和23年 昭和39年 昭和43年 昭和46年 昭和56年 平成7年 平成10年 平成17年 平成19年 平成23年 平成26年 平成29年	大正8年 大正12年 昭和23年 昭和39年 昭和43年 昭和46年 昭和56年 平成7年 平成10年 平成17年 平成19年 平成23年 平成26年 平成29年	大正8年 大正12年 昭和23年 昭和39年 昭和43年 昭和46年 昭和56年 平成7年 平成10年 平成17年 平成19年 平成23年 平成26年 平成29年
耐震性	倒壊の危険あり	耐震性能確保	機能停止の恐れあり

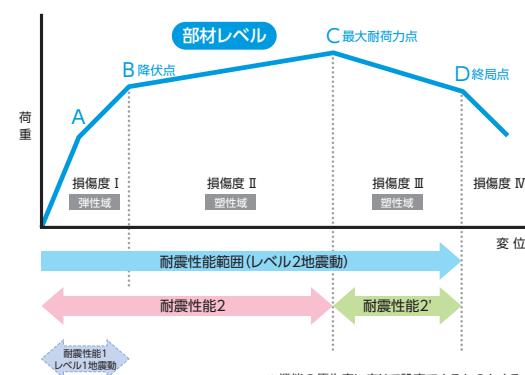
## 既設構造物の耐震対策技術

### 既設土木構造物の耐震補強工事が進めやすくなります

既設構造物の耐震化について  
は、「非線形解析」手法が導入され、高度な解析結果が得られることにより、従前に比べて補強範囲や補強量を大幅に低減することが可能になりました。

対象地震動	目標とする耐震性能		
	新設	既設	
レベル1地震動	耐震性能1	耐震性能1	
レベル2地震動	耐震性能2	耐震性能2' <span style="background-color: yellow;">優先度(影響度)に応じて</span>	
部材レベル		損傷度合い	
		損傷度 I 損傷はほとんどなし 損傷度 II 損傷は軽微で補修は容易 損傷度 III 損傷を受け、補修・補強が必要 損傷度 IV 破壊している	
施設全体としては、崩壊しない状態を確保する(層間変形角で照査)		これまでの範囲 一部の部材で許容する	
部材レベル	性能1	性能2	性能2'
損傷度	I	II	III (一部の部材のみ)

なお、損傷度Ⅲは、下水道の機能の確保に必要な重要構造部位  
(要求機能に係る構造耐力上重要な部材などに対して適用することはできない。)



※機能の優先度に応じて設定できるものとする。

## 既設構造物の耐震対策技術

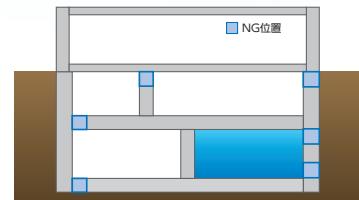
### 【耐震設計(診断)の見直しによる効果】

- 既設構造物(Ⅱ、Ⅲ類は除く)に対して非線形解析を行うと部材の損傷状況が明確になり、耐震性能2'を許容する部材であれば、BCPの策定と併せて補強範囲が低減できます。
- 非線形解析で得られる効果は(1)部材損傷レベルが明確になる。→「塑性ヒンジ」状態でなければ破壊モード判定が不要になる。→これによる補強部材が低減される。(2)さらに新たにせん断照査式が適用可能となる→せん断補強鉄筋量を大幅に低減できる。
- 補強範囲の低減により設備移設範囲なども減少し経済的でかつ現実的な耐震化事業を進めることができます。

#### 従来の場合(線形解析)

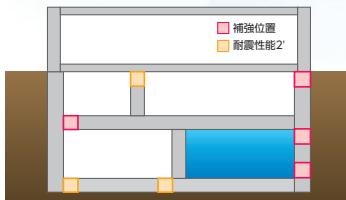
全てのNG箇所の補強が必要(曲げ補強、せん断補強、曲げ先行モード)

#### 【曲げNG】



#### 高度な解析手法(非線形解析)

要求性能に応じた耐震性能2'の設定、塑性ヒンジ箇所の確定(モード判定不要部材)、短期許容せん断力及び等価せん断スパンの適用により補強箇所が大幅に現象します。



#### 【せん断NG(破壊モード)】



補強工事の実行性が高い

補強工事の実行性が低い

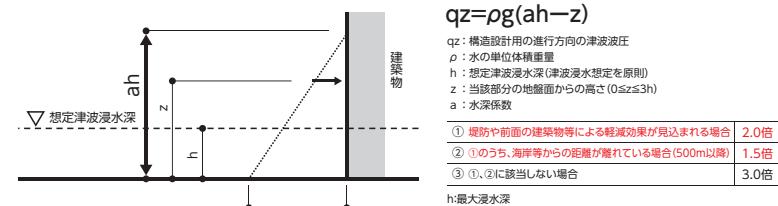
### 耐震性能2'の導入と非線形解析のメリット

## 耐津波対策技術

### 津波シミュレーションの活用により適切な耐津波対策が可能になります

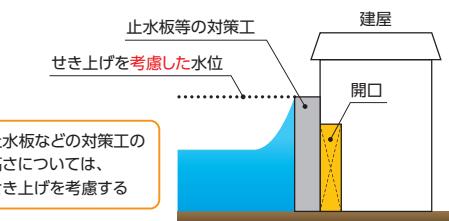
#### ◆想定する津波荷重

津波波圧は、都道府県の発表する想定津波浸水深をもとに算定しますが、この水深は周囲の遮蔽物などが非考慮のため高い水深となります。さらに波圧算定時の水深係数aの適切な設定ができないことが懸念されます。



#### ◆津波のせき上げ高

津波のせき上げ高は、都道府県の発表する想定津波浸水深と流速をもとに算定しますが。これらの想定によると地域によっては、最大浸水深が大きくせきあげの影響が大きくなる場合があるため、耐津波設計が厳しくなります。



### 【津波シミュレーションの活用による効果】

- シミュレーションによって詳細な検討が可能となり、周辺の遮蔽物の効果が明確になり、津波浸水深が下がる場合があります。
- 詳細な計算を実施するため、せき上げ高が大幅に下がる可能性があります。
- 現実的な数値をもって耐津波設計や段階的な整備、BCPの策定が可能になります。

