

## 既設マンホールを主体とした耐震補強設計における構造解析手法選定の一考察

(株)日本水工コンサルタント 名古屋事務所 正会員 ○大原 隆一郎

### 1. はじめに

下水道施設である現場打ちマンホールの耐震設計は、下水道施設の耐震対策指針と解説<sup>1)</sup>により“その構造の特徴及び形状等に留意し、鉛直断面と水平断面に対して実施する”ことが明記されている。そこで、実務においては地中構造物の耐震計算手法である応答変位法により算出した荷重を用いて、フレーム計算による構造解析により鉛直断面と水平断面に対する耐震設計を実施している。耐震設計に用いる荷重は、常時荷重（静止土圧＋水圧＋地表面荷重）と地震時荷重を重ね合わせた荷重であり、常時荷重は深さ方向に増加することから最深部（マンホール基部）における荷重が最も大きくなる。そのため、マンホール基部における断面力が最も大きくなり構造設計における決定断面となる。近年、既設マンホールに対する耐震性能照査が実施され、耐震性能が不足していると判定された既設マンホールに対する耐震補強設計が必要となっているが、耐震補強グレードが過大ではないか？構造解析手法を見直すことにより現状よりも経済的な対策工にならないか？などの意見もあると思われる。

本稿は、既設マンホールにおける耐震補強グレード低減を図ることを主たる目的とし、仮想構造物（既設マンホール）に対して複数の解析手法により比較検証した結果を取りまとめたものである。

### 2. 検討条件

本検討においては、 $N=15$  の良質な砂質土地盤内に建設されているマンホールを想定している。断面形状はCASE1 : B4.0m×L4.0m×H6.0m、CASE2 : B4.0m×L6.0m×H6.0m、CASE3 : B4.0m×L8.0m×H6.0m の3種類とした。

構造解析手法は、【手法①】2D-面内フレーム計算（下図、計算断面）、【手法②】2D-面外フレーム計算（側壁、格子解析）、【手法③】3D-平板要素計算（全体モデル、FEM解析）の3種類<sup>2)</sup>で実施した。

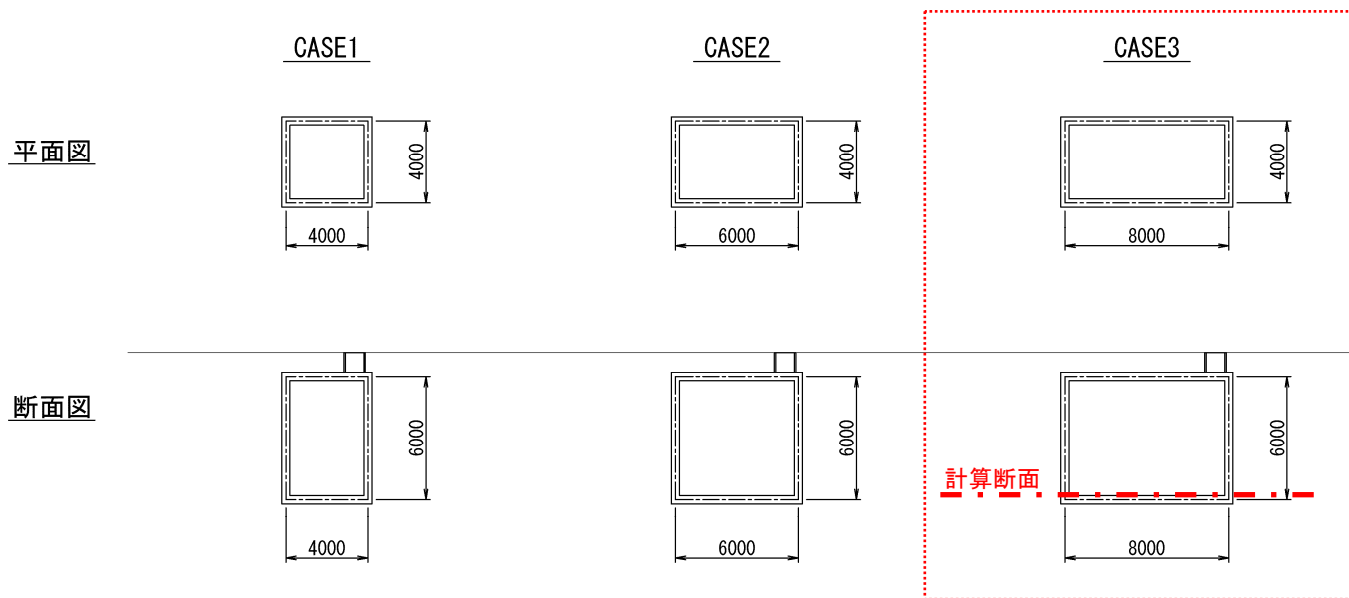


図1 検討断面図

### 3. 検討結果

水平方向および鉛直方向における最大断面力を表1に整理する。フレーム計算結果に対する面外フレームおよび平板要素計算結果の比率は大きく異なり、計算結果の差異は非常に大きなものとなる。

キーワード 地中構造物, 下水道施設, 耐震設計, 構造解析

連絡先 〒453-0016 愛知県名古屋市中村区竹橋町 5-10 オイセウビル 7F (株)日本水工コンサルタント TEL 052-451-2391

表 1 計算結果

| X: 水平方向       |  | CASE1   |        |        | CASE2   |         |        | CASE3   |         |         |
|---------------|--|---------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| 断面力           |  | フレーム    | 面外フレーム | 平板要素   | フレーム    | 面外フレーム  | 平板要素   | フレーム    | 面外フレーム  | 平板要素    |
| 曲げモーメント(kN・m) |  | -113.87 | -97.49 | -74.19 | -238.11 | -163.81 | -97.74 | -441.44 | -164.33 | -114.93 |
| 比率            |  | 1.00    | 0.86   | 0.65   | 1.00    | 0.69    | 0.41   | 1.00    | 0.37    | 0.26    |
| せん断力(kN)      |  | 213.68  | 151.34 | 155.79 | 331.26  | 199.97  | 192.66 | 448.09  | 187.40  | 214.45  |
| 比率            |  | 1.00    | 0.71   | 0.73   | 1.00    | 0.60    | 0.58   | 1.00    | 0.42    | 0.48    |

| Y: 鉛直方向       |  | CASE1   |        |        | CASE2   |         |         | CASE3   |         |         |
|---------------|--|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 断面力           |  | フレーム    | 面外フレーム | 平板要素   | フレーム    | 面外フレーム  | 平板要素    | フレーム    | 面外フレーム  | 平板要素    |
| 曲げモーメント(kN・m) |  | -221.56 | -84.91 | -74.00 | -199.20 | -173.79 | -170.44 | -206.00 | -231.91 | -251.84 |
| 比率            |  | 1.00    | 0.38   | 0.33   | 1.00    | 0.87    | 0.86    | 1.00    | 1.13    | 1.22    |
| せん断力(kN)      |  | 57.75   | 156.11 | 164.97 | 54.61   | 219.85  | 247.17  | 56.65   | 255.40  | 301.57  |
| 比率            |  | 1.00    | 2.70   | 2.86   | 1.00    | 4.03    | 4.53    | 1.00    | 4.51    | 5.32    |

※フレーム、面外フレーム、平板要素のうち、最大断面力を赤字で示す。

表 2 CASE3 における計算結果比較表

|                 | 曲げモーメント図                                          | せん断力図                                 |
|-----------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 【手法①】フレーム(2D)   | ※フレーム計算はCASE3の最深部(マンホール基部)における水平断面(X方向)での計算結果である。 |                                       |
|                 | <p>&lt;X 方向&gt;      &lt;Y 方向&gt;</p>             | <p>&lt;X 方向&gt;      &lt;Y 方向&gt;</p> |
| 【手法②】面外フレーム(2D) | <p>&lt;X 方向&gt;      &lt;Y 方向&gt;</p>             | <p>&lt;X 方向&gt;      &lt;Y 方向&gt;</p> |
| 【手法③】板要素(3D)    | <p>&lt;X 方向&gt;      &lt;Y 方向&gt;</p>             | <p>&lt;X 方向&gt;      &lt;Y 方向&gt;</p> |

#### 4. まとめ

手法①結果を用いて耐震補強設計を実施する場合、手法②、③結果と断面力が異なるため、耐震補強の結果にも影響する。水平方向は、手法①の断面力が大きくなるため耐震補強のグレードも大きなものとなる。鉛直方向は、せん断力は小さくなるため耐震補強対策が不足する可能性がある。曲げモーメントは対象部材(側壁)の縦横比により結果が一樣ではないことから、解析手法選定と結果採用には注意が必要である。

実務に際しては、指針に記述してあるとおり“その構造の特徴及び形状等に留意し”構造解析手法を選定する必要がある。今後は、最適な構造解析手法選定について研究を進めていきたい。

#### 参考文献

- 1) 日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説 2014年5月、下水道施設耐震計算例 2015年6月
- 2) 使用ソフト：①マンホールの設計 (FORUM8)、②版の格子解析 (ネオセルコ)、③Engineer's Studio (FORUM8)