

マンホールの設計・3D配筋

III

マンホールの設計・3D配筋

定価(税別) ￥264,000.-

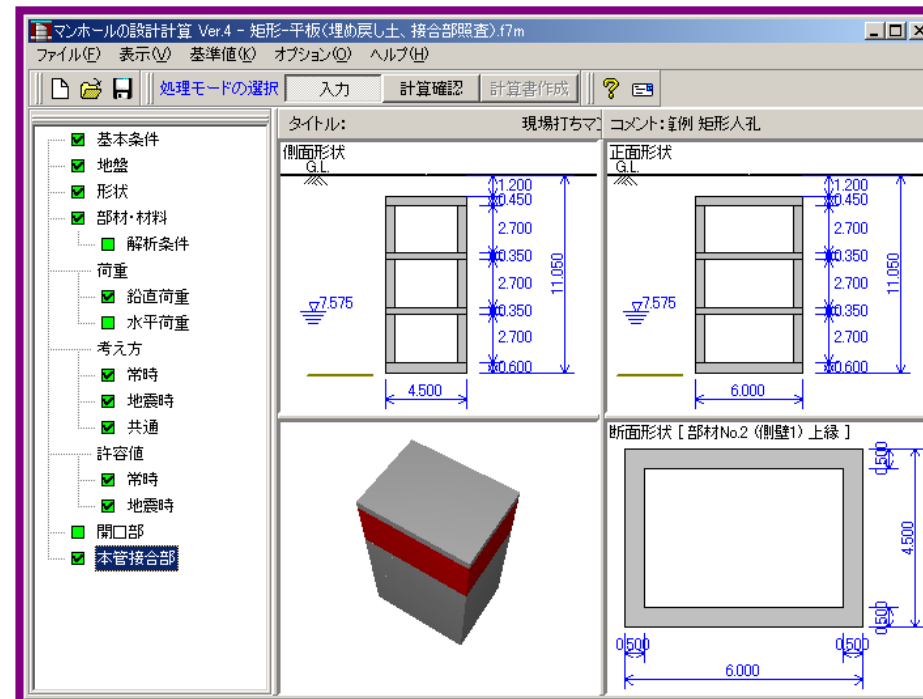
マンホール、集水桝の設計計算プログラム

適用基準

- ・特殊人孔構造計算の手引き(H16.6)
- ・下水道施設の耐震対策指針と解説-2014年版(H26.5)
- ・下水道施設の耐震対策指針と解説-2006年版(H18.8)
- ・下水道施設耐震設計例―管路施設編-2015年版(H27.6)
- ・下水道施設耐震設計例―管路施設編-2001年版(H13.4)
- ・道路橋示方書・同解説 I、IV、V(H24.3)
- ・道路土工 カルバート工指針(H11.3)
- ・鉄筋コンクリート構造計算用資料集(H14.2)
- ・構造力学公式集 昭和61年版(H15.3) 等

製品概要

マンホールの常時、レベル1、レベル2地震時および集水桝の常時、レベル1地震時の計算から図面作成までを行うプログラム。



マンホールの設計・3D配筋

マンホール 常時の検討 概要

- 主に「東京都下水道サービス(株)、特殊人孔構造計算の手引き」に準拠。
- 各部材(頂版、中床版、底版、側壁)の設計及び安定計算を行う。
- 平版解析等により断面力を算出し、許容応力度法により照査。
- 頂版、底版は1部材のみ指定可能。部材数は無制限。
- 中壁の考慮が可能。
- 部材毎に鉄筋コンクリート、無筋コンクリートの指定が可能
- 開口部の照査が可能。

矩形マンホール	平板解析(床版、側壁)
	水平方向ラーメン(側壁)
	鉛直方向連続梁(側壁)
	鉛直方向ラーメン(床版、側壁)
円形マンホール	平板解析(床版)
	リング構造解析(側壁)
	シェル構造解析(側壁)

マンホール 常時の検討 平板解析

The diagram shows two types of plate supports. On the left, a circular plate is shown with a fixed support around its entire circumference, indicated by hatching and arrows pointing outwards. Below it, a rectangular plate is shown with fixed supports on all four sides, also indicated by hatching and arrows. On the right, a rectangular plate is shown with fixed supports on three sides (top, left, and bottom) and a free edge on the right side. The dimensions L_x and L_y are indicated for the rectangular plates. A load q_1 is shown acting on the top edge, and a load q_2 is shown acting on the right edge.

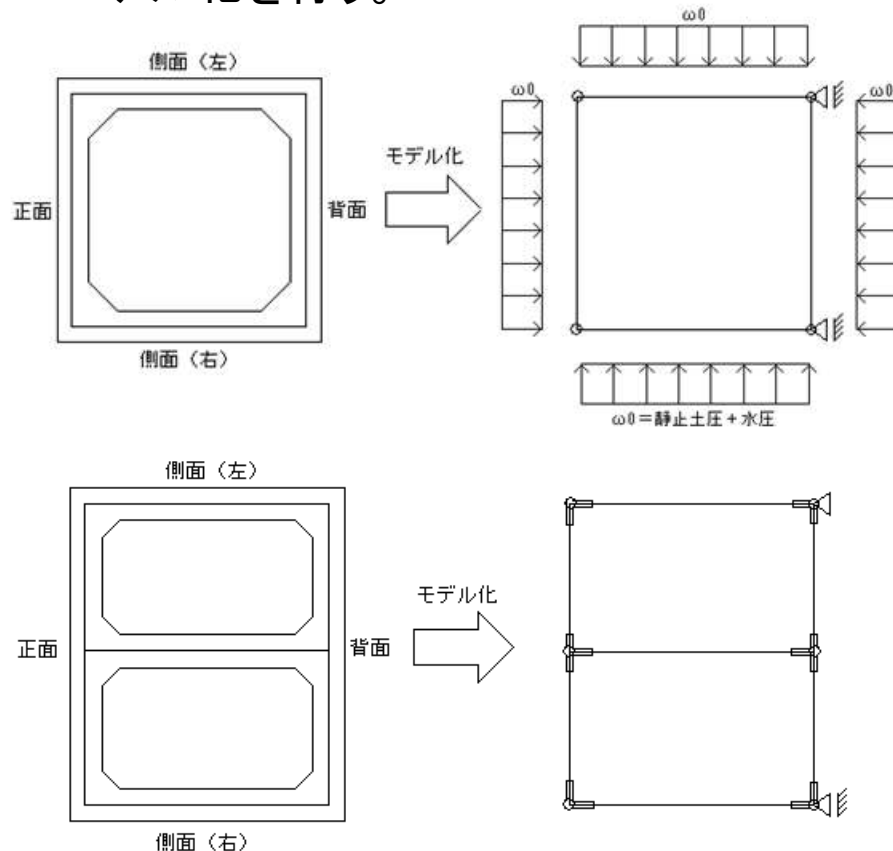
- ・鉄筋コンクリート構造計算用資料集
(建築学会)
- ・構造力学公式集
(土木学会)

マンホールの設計・3D配筋

マンホール 常時の検討 水平ラーメン解析

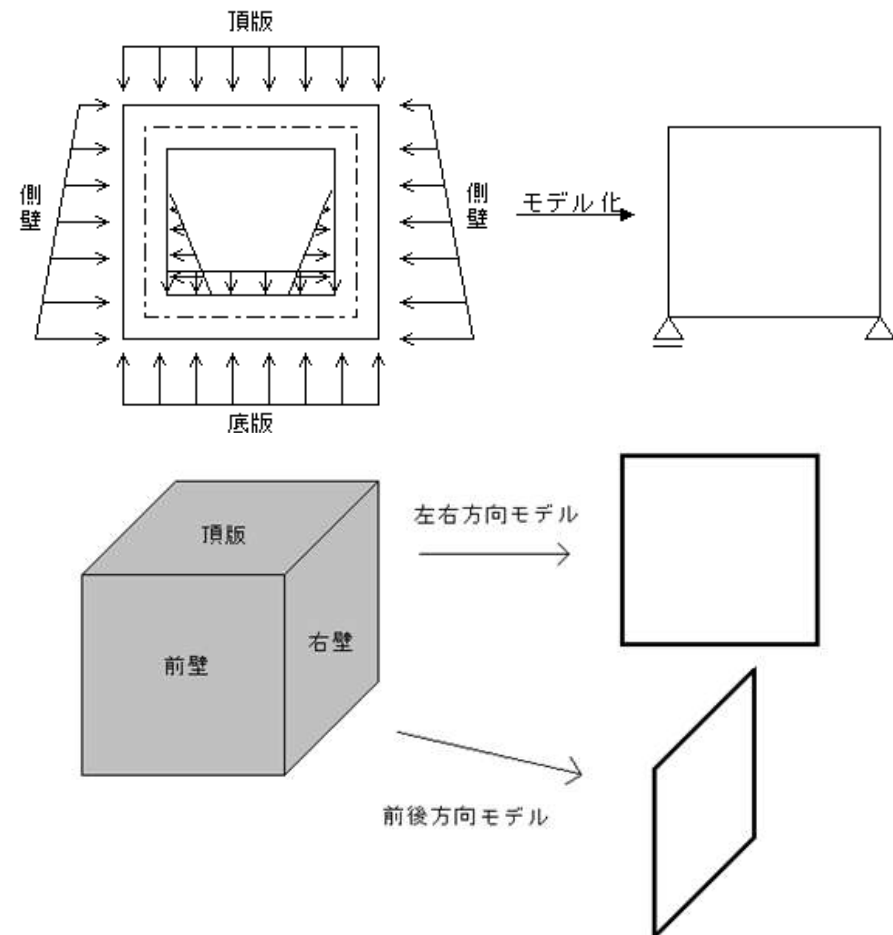
水平ラーメン解析

- ・剛域の有無は選択可能。
- ・中壁がある場合には、中壁を考慮してモデル化を行う。



鉛直ラーメン解析

- ・矩形の頂版，側壁，底版を鉛直方向のラーメン構造としてモデル化する。



マンホールの設計・3D配筋

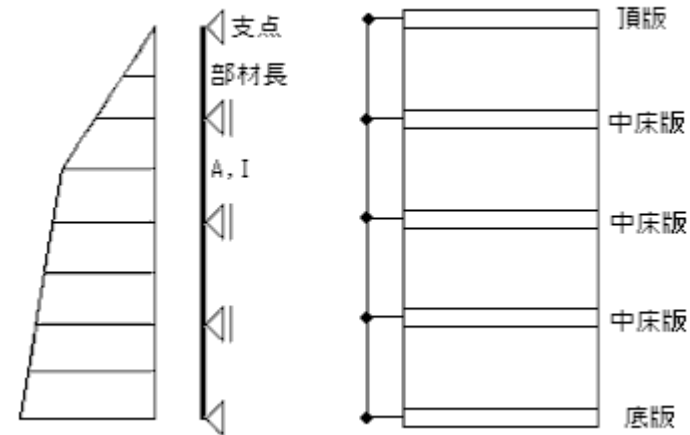
マンホール 常時の検討 鉛直方向連続梁

頂版、中床版、底版の軸線位置を支点とする縦方向の連続梁としてモデル化する。

前後壁のモデルと左右壁のモデルを作成して計算する。

頂版、底版の支点条件は選択可能。

中床版を支点として見なせない場合は、中床版の位置に支点を設けないこともできる。



支点条件

頂版	ヒンジ、固定から選択
中床板	鉛直ローラー
底版	ヒンジ、固定から選択

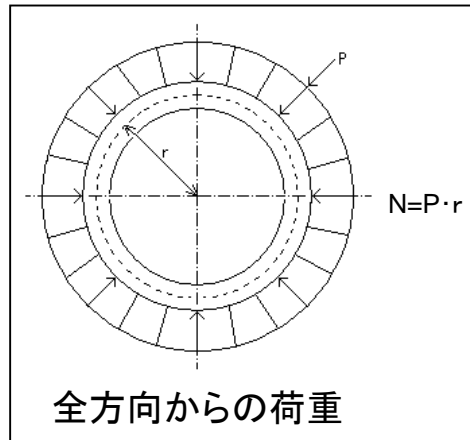
作用荷重は、静止土圧＋水圧を考慮

マンホールの設計・3D配筋

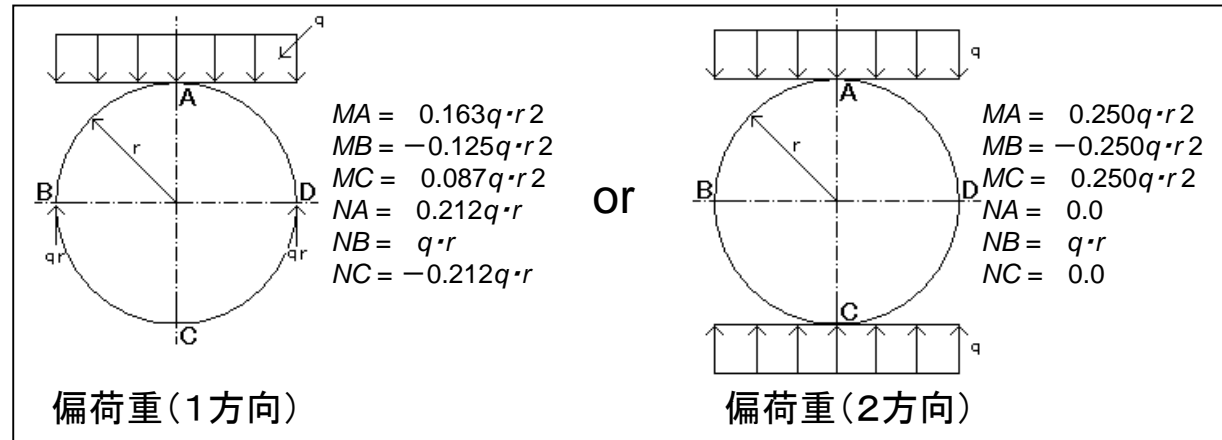
マンホール 常時の検討 円形側壁

リング構造解析

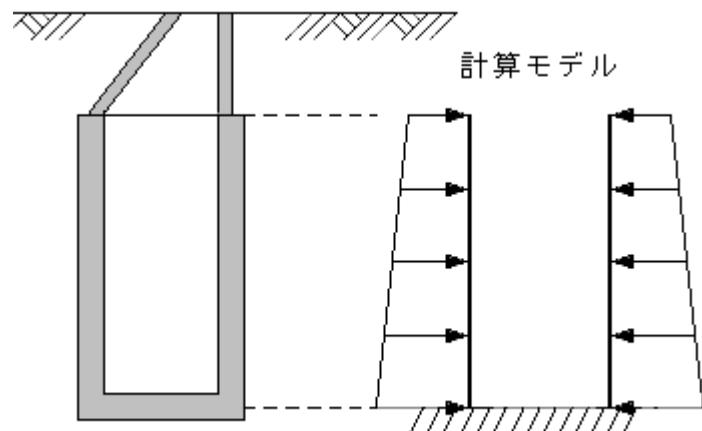
偏土圧は常時土圧(+水圧)の20%(変更可)



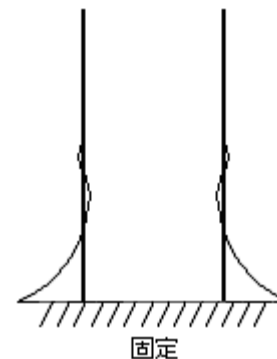
+



円筒シェル解析



曲げモーメント



外側引張位置(固定端)と
内側引張位置の検討を行う

マンホールの設計・3D配筋

開口部の検討

- 開口部の検討は、開口計算モデルを作成する事により行う。
- 入力された開口寸法より、開口計算モデルの自動生成が可能。

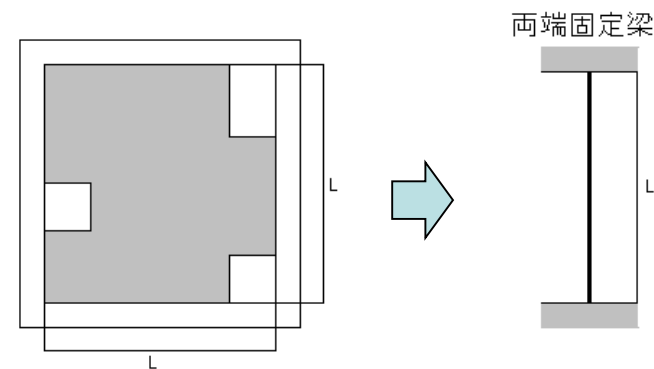
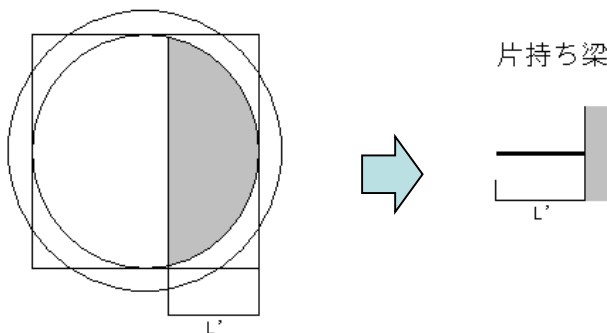
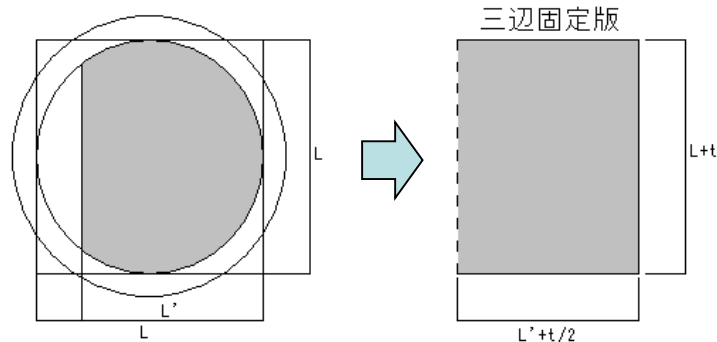
解析条件

平板解析 (矩形)	四辺固定支持 四辺単純支持 三辺固定一边自由支持 三辺固定一边単純支持 二辺固定二辺単純支持 一边固定三辺単純支持
平板解析 (円形)	周辺固定支持 周辺単純支持
梁モデル	両端固定梁 片持ち梁 単純梁

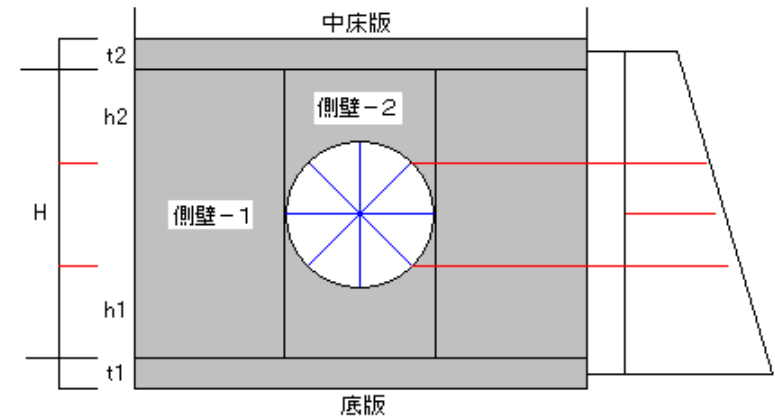
▲開口部 入力画面

マンホールの設計・3D配筋

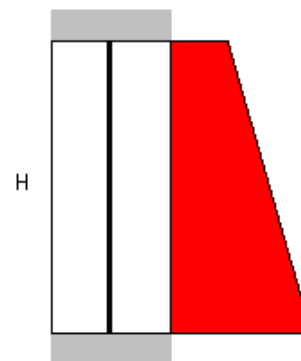
開口部の検討 モデル化の例



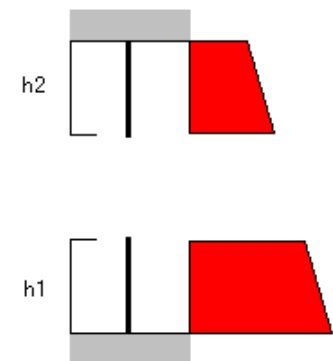
▲頂版、中床版のモデル化の例



1) 両端固定梁 (開口範囲外: 側壁-1)



2) 片持ち梁 (開口範囲内: 側壁-2)



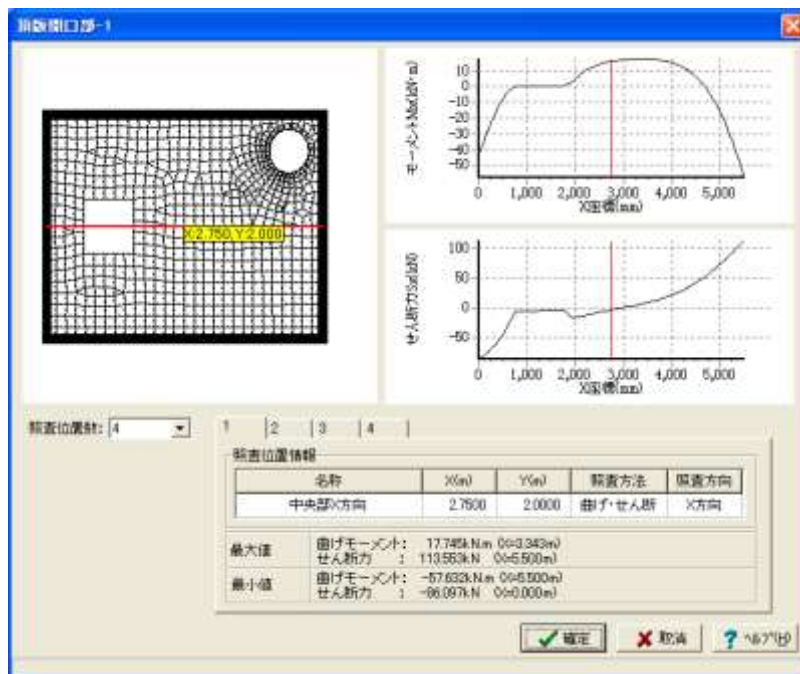
▲円形側壁のモデル化の例

マンホールの設計・3D配筋

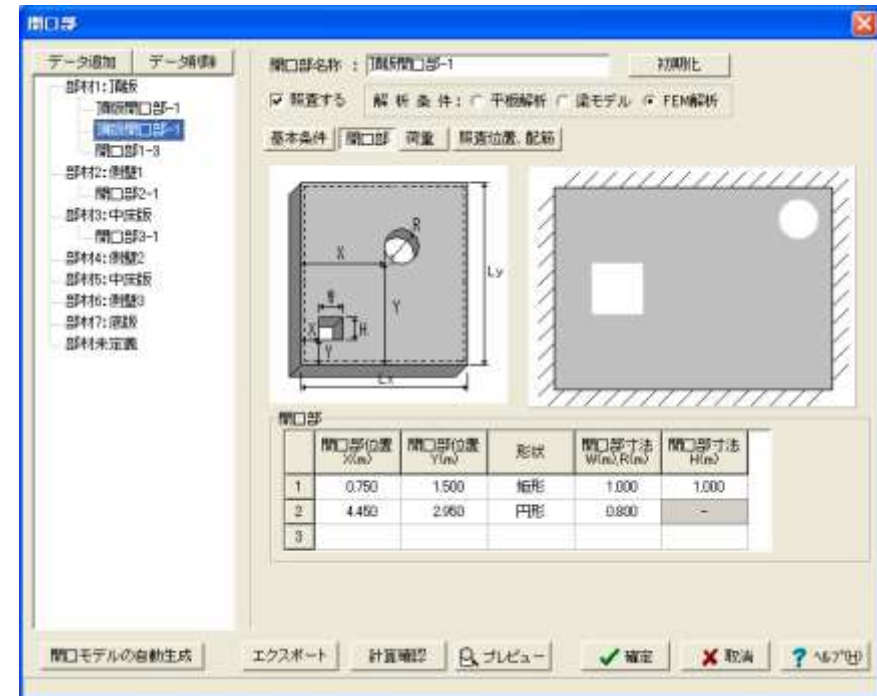
開口部の検討(開口部照査拡張オプション) FEM解析

FEM解析モデルの特徴

- ✓開口を含めた平板モデルを作成可能
- ✓計算モデルの自動生成
- ✓開口部分は自動的に荷重を控除



▲照査位置の検討画面



- ✓メッシュ分割サイズの変更可能
- ✓照査位置を任意に指定可能
- ✓実際の断面力の分布を確認しながら照査位置を検討

マンホールの設計・3D配筋

マンホール 地震時の検討 概要

- 社)日本下水道協会、下水道施設の耐震対策指針と解説－2014(2006)年版
- 社)日本下水道協会、下水道施設耐震設計例－管路施設編－2015(2001)年版
に準拠した、応答変位法による照査を行う。
- 応答変位法とは、地震時に地盤に生じる変位を計算し、これを地下構造物に作用させて構造物の変位、断面力等を計算する手法。
- L1地震時は許容応力度法, L2地震時は限界状態設計法により照査。
- 地震動の方向は、前後、左右の指定が可能で、両方向同時に計算可能。
- 浮き上がりの検討、本管接合部の照査が可能。

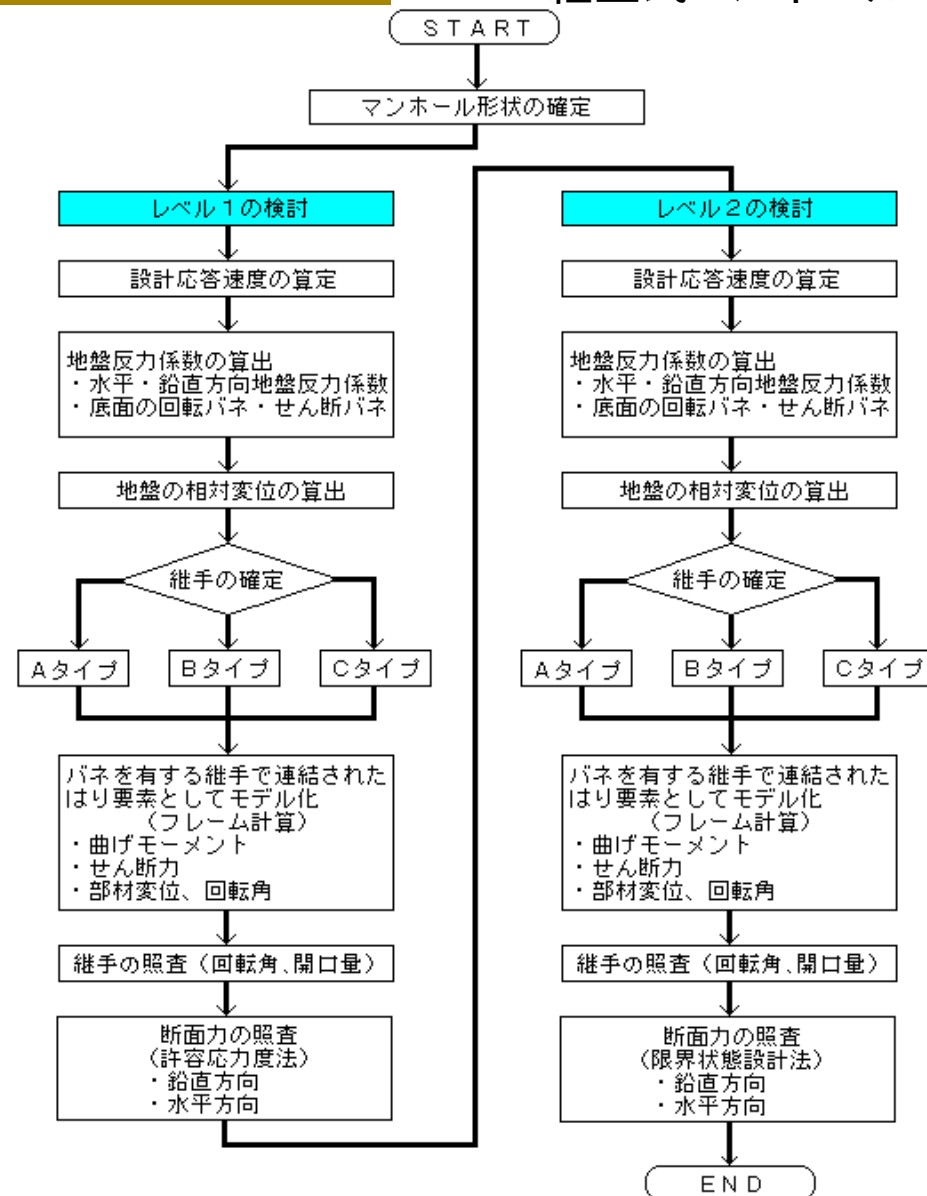
マンホールの設計・3D配筋

マンホール 地震時の検討 フロー

現場打ちマンホール



組立式マンホール



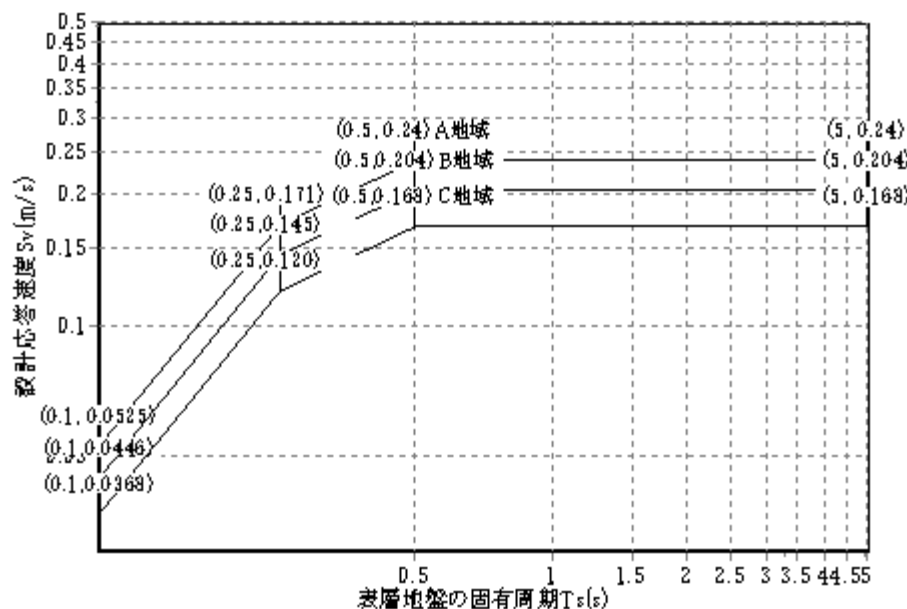
マンホールの設計・3D配筋

マンホール 地震時の検討 地盤変位

・地盤の固有周期 T_s

$$T_s = 1.25T_G$$

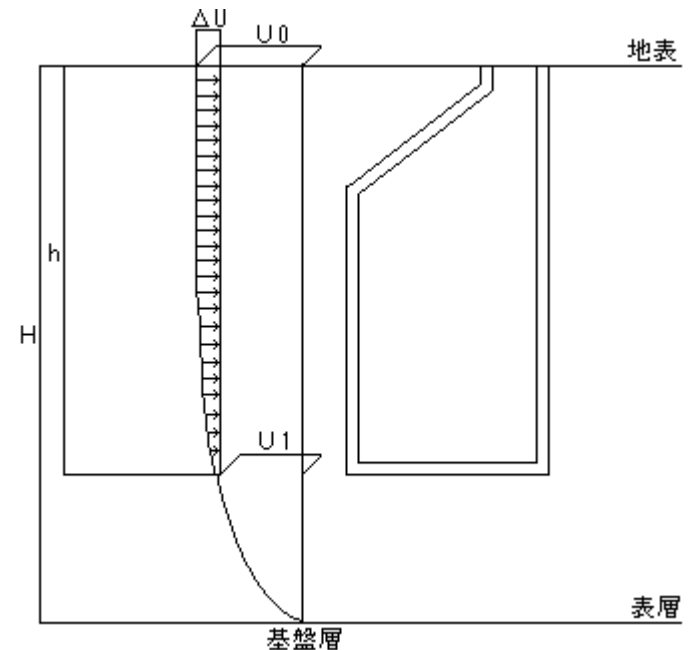
T_G : 地盤の特性値



▲レベル1地震動の設計応答速度 S_v

・地盤の変位振幅

$$U_h(z) = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_s \cdot \cos \frac{\pi \cdot z}{2 \cdot H}$$



・ T_G , S_v , 地盤変位の直接指定も可能

マンホールの設計・3D配筋

マンホール 地震時の検討 地盤反力係数

- 下水道施設の耐震対策指針と解説 2006年版

$$k_{hi} = k_{h0} \cdot \left(\frac{B_h}{0.3} \right)^{-3/4}$$

k_{hi} : 水平方向地盤反力係数(kN/m³)

k_{vi} : 鉛直方向地盤反力係数(kN/m³)

$$k_{vi} = k_{v0} \cdot \left(\frac{B_v}{0.3} \right)^{-3/4}$$

B_h : 基礎の換算載荷幅(m) ($= \sqrt{A_h}$)

B_v : 基礎の換算載荷幅(m) ($= \sqrt{A_v}$)

$$k_{h0} = k_{v0} = \frac{1}{0.3} \cdot \alpha \cdot E_0$$

- 下水道施設の耐震対策指針と解説 2014年版

$$k_h = \frac{\pi \cdot E_D}{4 \cdot (1 - \nu_D^2) \cdot H_w}$$

k_h : 水平方向地盤反力係数(kN/m³)

k_v : 鉛直方向地盤反力係数(kN/m³)

$$k_v = \frac{\pi \cdot E_D}{4 \cdot (1 - \nu_D^2) \cdot B_w}$$

E_D : 表層地盤の動的変形係数(kN)

ν_D : 表層地盤の動的ポアソン比

$$E_D = 2 \cdot (1 + \nu_D) \cdot G_D$$

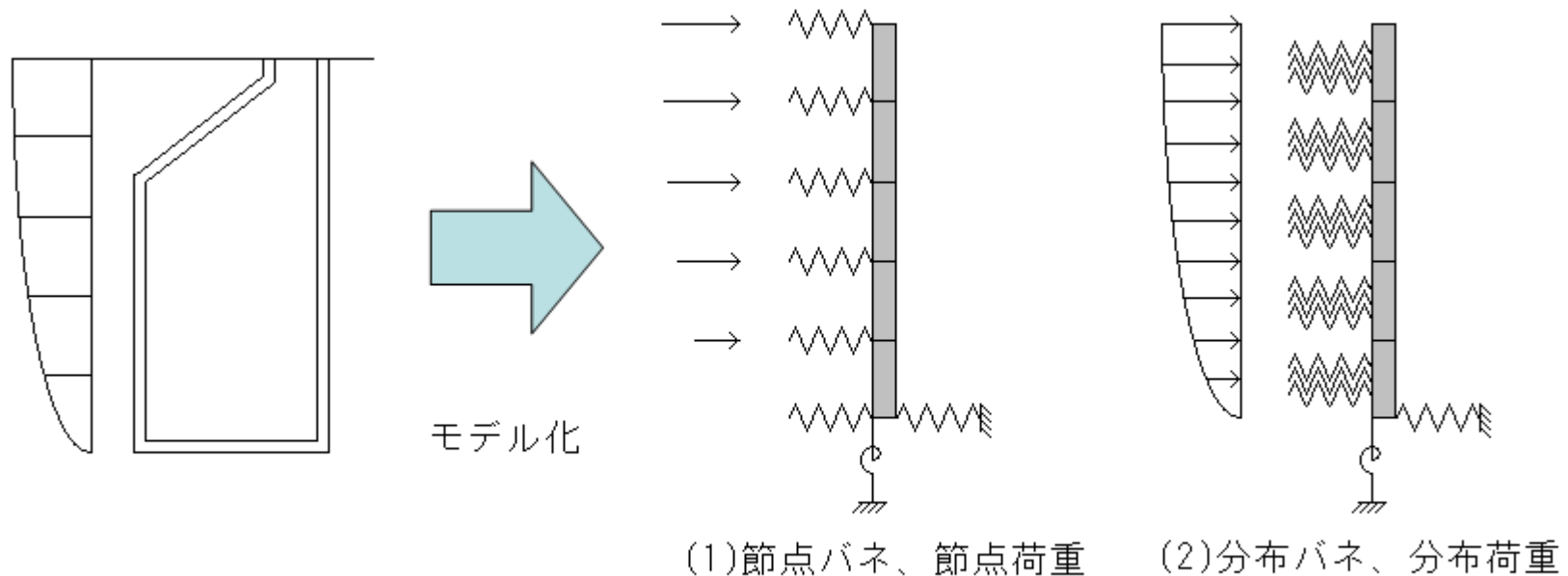
H_w : マンホール底面下端からマンホール蓋上端までの高さ(m)

B_w : マンホール底面幅(m)

G_D : 表層地盤の動的せん断弾性係数(kN/m²)

マンホールの設計・3D配筋

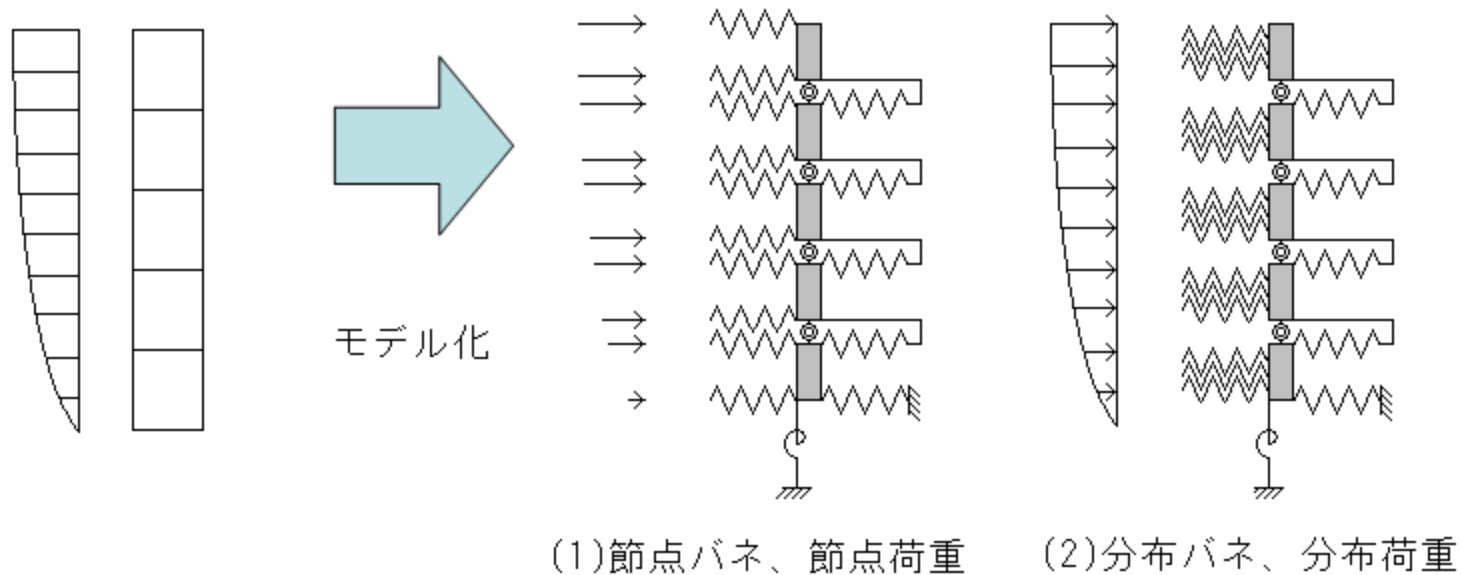
マンホール 地震時の検討 解析モデル(現場打ちマンホール)



部材を弾性体とし、地盤の相対変位を地盤の水平バネを介して強制変位として作用させ、部材に発生する断面力を求める。

マンホールの設計・3D配筋

マンホール 地震時の検討 解析モデル(組立式マンホール)



部材間に回転バネとせん断バネを有する複数の継手で連結されているはり要素としてモデル化する。

このはりモデルに地盤の相対変位を地盤の水平バネを介して強制変位として作用させ、継手部や部材に発生する断面力を求める。

マンホールの設計・3D配筋

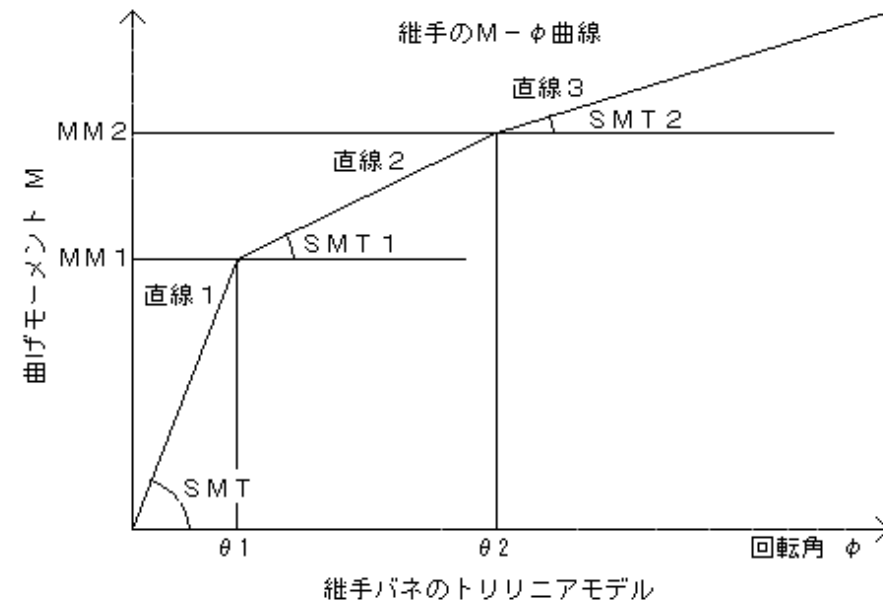
マンホール 地震時の検討 継手バネ(組立式マンホール)

組立式マンホールの継手は、構造特性より

- ・弾性シール(Aタイプ)
- ・プレート接合(Bタイプ)
- ・ボルト接合(Cタイプ)

の3種類に分類され、トリリニア(3直線)のバネとしてモデル化される。

継手部に生じる曲げモーメントに応じて回転バネを変更する必要があるため、荷重増分法による計算を行う。



変形因子	Aタイプ	Bタイプ	Cタイプ
直線 1	マンホール自重による軸圧縮力の解放域		
直線 2	弾性シールの弾性域	弾性シールの弾性域	ボルト箱変形の弾性域
直線 3	弾性シールの塑性域	金属プレートの弾性域	ボルト箱変形の塑性域

マンホールの設計・3D配筋

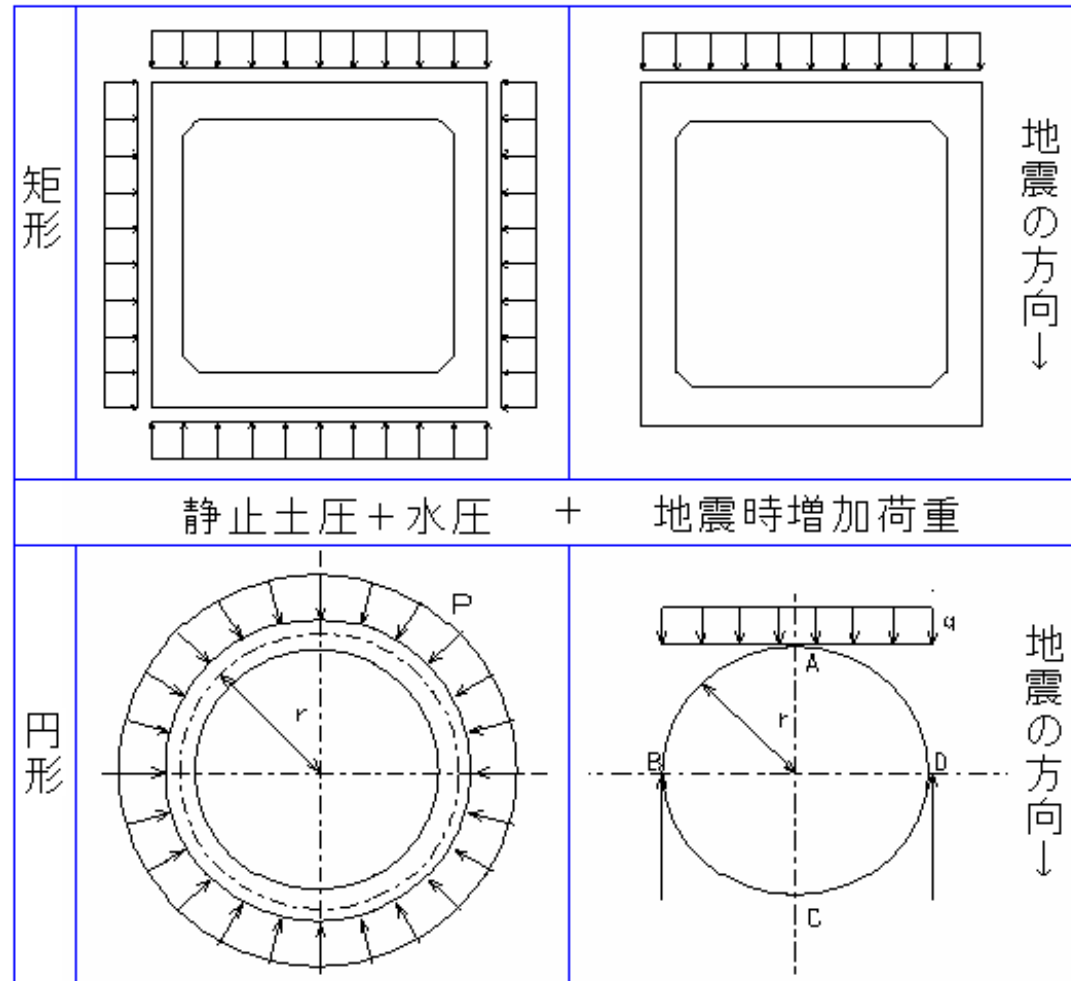
地震時の検討 水平方向の検討

常時荷重＋地震時増加荷重を考慮。

・地震時増分

鉛直方向のFrame計算で算出された部材の変位と地盤の相対変位との差に地盤反力係数を乗じて算出

矩形のモデルでは、剛域を考慮する事も可能



マンホールの設計・3D配筋

断面照査

許容応力度法

- 曲げ応力度
- せん断応力度
 - コンクリート示方書(最大せん断応力度)
 - 土工指針(平均せん断応力度)
 - 道路橋示方書(平均せん断応力度)
- 斜引張鉄筋
 - せん断応力度がNG且つせん断補強筋の入力がある場合
- 付着応力度
 - 照査の有無の指定
- 最小鉄筋量
 - 照査の有無の指定

限界状態設計法

- 曲げ耐力の照査
曲げ耐力 M_u 計算時の収束条件
 - N 一定
 - M/N 一定
- せん断耐力の照査
 β_n の算出方法
 - $M_d = M_{ud} / 2$
 - $M_d = M_d$

マンホールの設計・3D配筋

マンホール 安定照査 支持力の検討

- 地盤反力度による照査

$$q \leq q_a$$

q : 地盤反力度(kN/m²)

q_a : 許容地盤反力度(kN/m²) ※入力

- 築造前後の重量比による照査

$$W_s / W \geq 1.0$$

W_s : マンホール体積分の地盤重量(kN)

W : 躯体自重(kN)

- 許容鉛直支持力度による照査

H24道路橋示方書Ⅳ(下部構造編)P329による

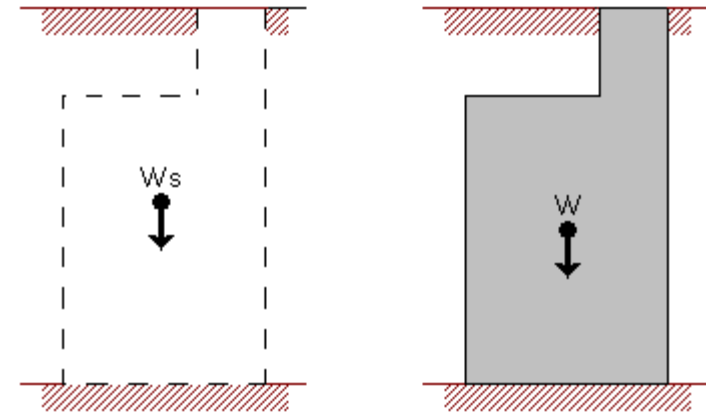
ケーソン基礎形式として算出した許容

支持力度と地盤反力度を比較

$$q \leq q_a$$

$$q_a = \frac{1}{n} \cdot (q_d - \gamma_2 \cdot D_f) + \gamma_2 \cdot D_f$$

$$q_d = \alpha \cdot c \cdot N_c + \frac{1}{2} \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$$



マンホールの設計・3D配筋

マンホール 安定照査 浮き上がりの検討

•浮き上がりの検討(常時)

$$\frac{W}{U} = \frac{W + W_f}{V_w \cdot \gamma} \geq F_s$$

W : マンホール重量(kN)

Wf: マンホールの側壁面での摩擦抵抗力 (kN)

U : 浮力 (kN)

Vw: マンホール地下水位以下の体積(m³)

γ : 水の単位体積重量(kN/m³)

Fs: 安全率

•液状化の影響を考慮した浮き上がりの検討(地震時)

$$F_s = \frac{\bar{W}}{U} = \frac{W + W_f}{V_w \cdot \gamma_w + V_l \cdot \gamma_l}$$

W : マンホール重量(kN)

Wf: 構造物の側壁面での液状化層を除く部分の
常時摩擦抵抗力 (kN)

U : 浮力 (kN)

Vw: 構造物本体の非液状化層の地下水位以下の
部分の体積(m³)

γ : 水の単位体積重量(kN/m³)

Vl : 構造物本体の液状化層の位置にある部分の
体積 (m³)

γl: 液状化した泥土の単位体積重量(=18kN/m³)

マンホールの設計・3D配筋

マンホール 安定照査 浮き上がりの検討(2)

- 下水道施設の耐震対策指針と解説 2014年版ではマンホール浮上判定が明記された

$$F_s = \frac{W + Q}{U_s + U_d} > 1.0$$

U_s : マンホール底部に働く静水圧による揚圧力(kN)

U_d : マンホールに働く過剰間隙水圧による揚圧力(kN)

【ケース1】揚圧力＝泥水比重×地下水位以下の体積

【ケース2】揚圧力＝マンホール底部に働く有効上載圧（共同溝設計指針）

W : マンホール底部に働く鉛直荷重(kN)

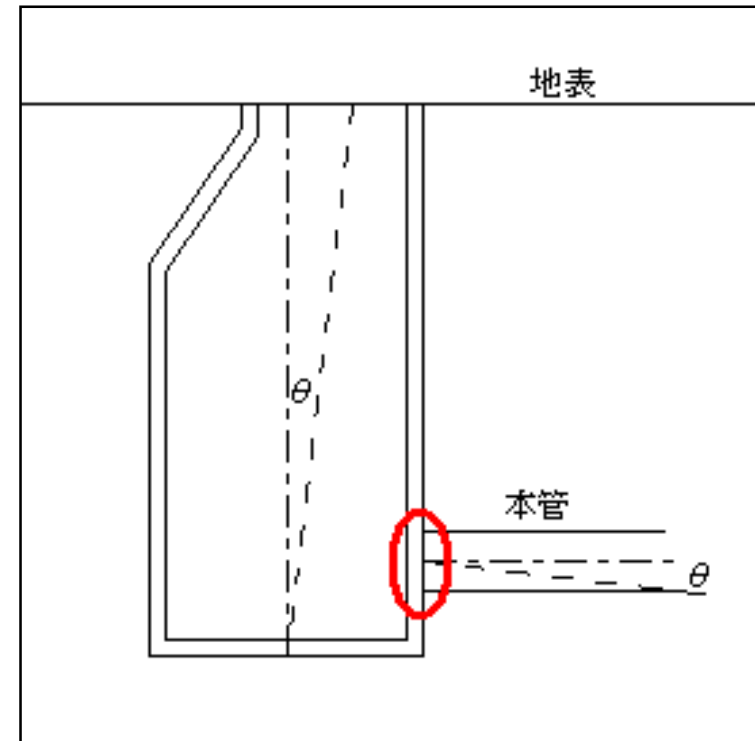
Q : マンホール側壁に働く摩擦力(kN)

マンホールの設計・3D配筋

マンホール 本管接合部の照査

■マンホールと本管の接合部の照査

- ・地震動による屈曲角
- ・拔出し量
 - 地震動による
 - 液状化に伴う地盤の永久ひずみによる
 - 傾斜地での永久ひずみによる
 - 地盤の液状化に伴う地盤沈下による
 - 地盤の硬軟急変化部を通過する場合



本管接合部

☒ マンホールと本管の接合部の照査を行う

コメント: 下水通排水工法用鉄筋コンクリート管 (1000mm)

管種
☐ 埋設管 ☒ 埋設管以外

接合方法
☒ 2次元配筋法 ☐ 3次元配筋法

マンホールの深さ ☐ 直接指定: 10.470 (m)
照査検討位置(地表面からの深さ): 9.200 (m)
管外径 D: 0 (mm)
管厚 t: 0 (mm)
有効長 L: 2.430 (m)
ヤング係数 E: 0 (N/mm²)
マンホールスパン L₀: 20.000 (m)
基礎のせん断破壊速度 V_{ss}: 300.000 (m/s)

☒ 地盤の液状化に伴う永久ひずみによる拔出し量の検討
☐ 隣接近傍における液状化地盤 0.500
☒ 標準線から100m以上離れた液状化地盤 0.200
液状化した地盤の最大変位(単位): 0.00031 (m)

☐ 傾斜地での永久ひずみによる拔出し量の検討
☐ 地盤の液状化に伴う地盤沈下による拔出し量の検討
液状化した地盤の沈下量: 0.120 (m)

☐ 地盤の硬軟急変化部を通過する場合の拔出し量の検討
地盤ひずみ: 0.01 (%)

☐ 急曲線での影響を考慮する
曲率半径 R (単位: m): 0.000
曲線部への半径内側の偏心量 E (単位: mm): 0.000
曲線部への半径外側の偏心量 E (単位: mm): 0.000

許容屈曲角 ϕ
入力方法: ☒ 度分秒 ☐ 度
Level1: 1° 27' 30" (0.02545 rad)
Level2: 2° 55' 0" (0.05091 rad)

許容拔出量 ϕ
Level1: 300 (mm)
Level2: 600 (mm)

角度の出力形式
☐ 度分秒 ☒ rad

確定 取消 ヘルプ

マンホールの設計・3D配筋

液状化の判定

- 道路橋示方書 V 耐震設計編による液状化の判定
 - ・ 液状化の判定(レベル1地震時、レベル2地震時)
 - ・ 土質定数の低減係数DEの算出(レベル1地震時、レベル2地震時)
 - N値側定点毎
 - 地層毎
- ・ 下水道施設の耐震対策指針と解説 2014年版は道路橋示方書 V(H24/H29)に準拠

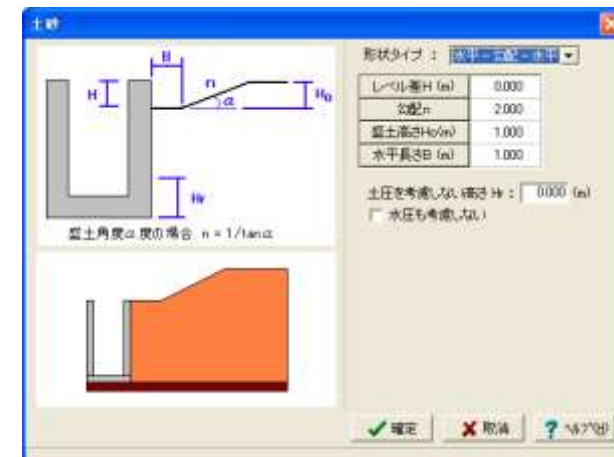
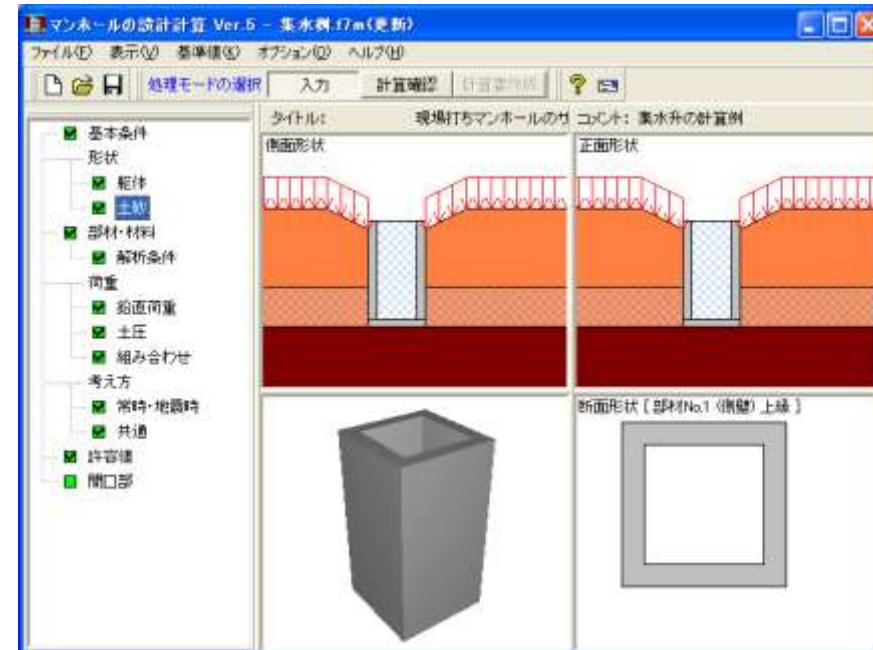
▲地層データ入力画面

▲N値側定点データ入力画面

マンホールの設計・3D配筋

集水桝の検討 概要

- 矩形の頂版、側壁、底版の検討が可能
- 常時、レベル1地震時の許容応力度法による照査が可能
- 土砂形状の考慮
水平，一定勾配，勾配－水平，
水平－勾配，水平－勾配－水平，
任意形状
- 試行くさび法，クーロン，土圧係数指定，
静止土圧による土圧算出
- 地震時の照査は、応答変位法ではなく、
震度法により行う
- ◆ 側壁の解析条件
 - ・ 平板解析（四辺固定、三辺固定、二辺固定）
 - ・ 水平方向ラーメン
 - ・ 三辺固定版＋両端固定梁



マンホールの設計・3D配筋

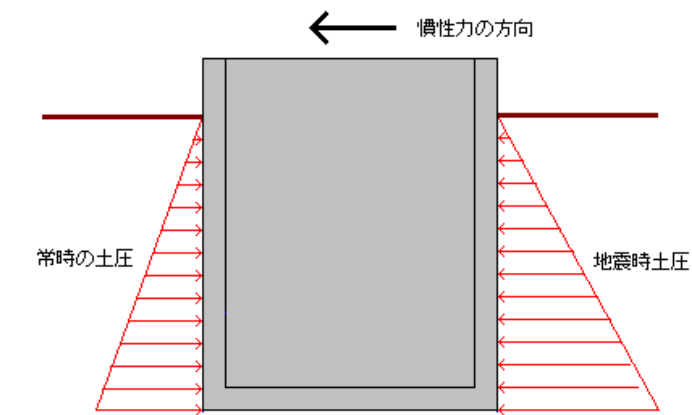
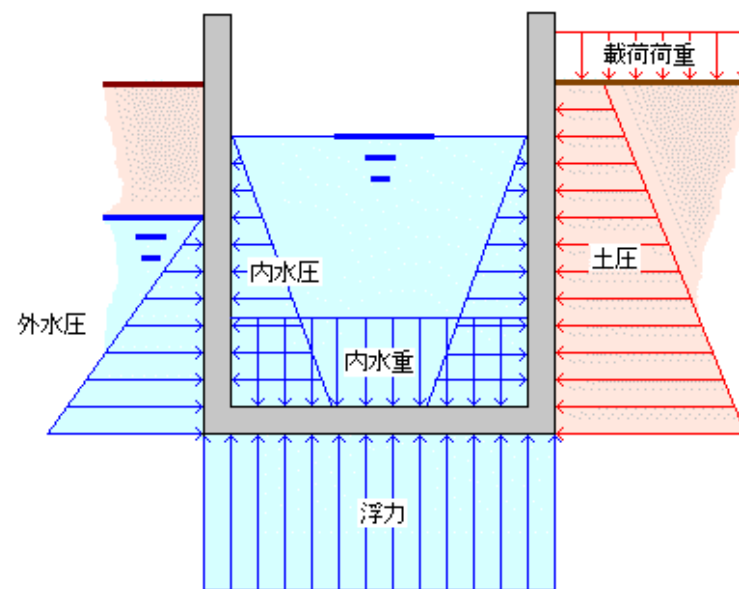
集水桝の検討 作用荷重

■設計時に考慮する荷重

- ・自重
- ・土圧
- ・浮力
- ・水压
- ・内水重
- ・地震時慣性力(自重、内水重)
- ・任意鉛直荷重

✓ 載荷荷重は土圧にのみ影響

✓ 地震時荷重として、作用方向に対して地震時慣性力、地震時土圧を考慮



マンホールの設計・3D配筋

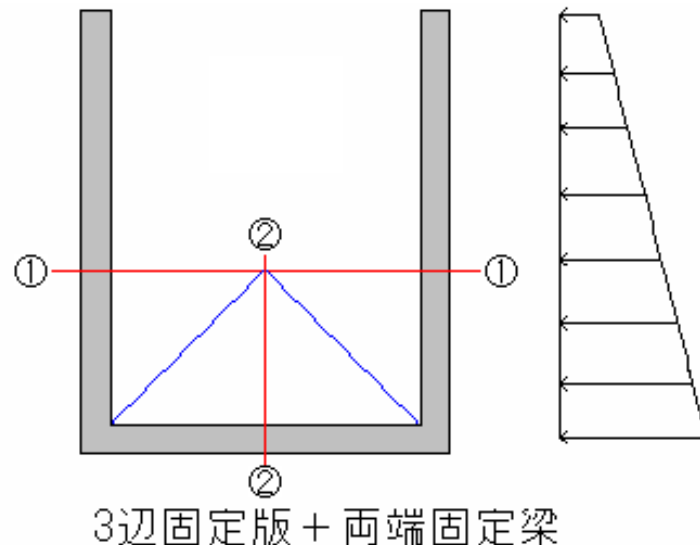
集水桝の検討 解析モデル(三辺固定版＋両端固定梁)

- 三辺固定版＋両端固定梁
(国交省 近畿地方整備局 設計便覧)

■断面力の算出

45度分布位置より上①－①断面
→両端固定梁

45度分布位置より下②－②断面
→三辺固定版により算出

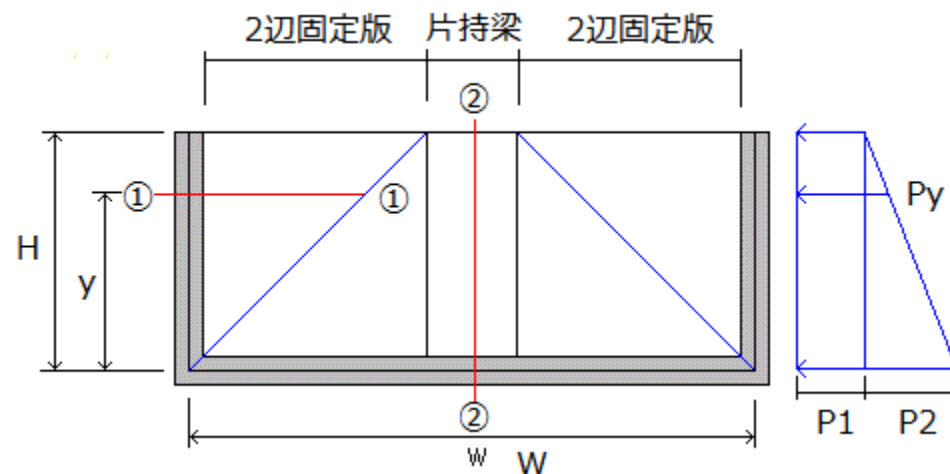


側壁が幅広 ($W > 2H$) の場合は、
二辺固定版＋片持ち梁で照査を行う

■断面力の算出

二辺固定版・・・慣用法により水平方向の
断面力が最大となる①－①断面で照査

片持ち梁・・・底版を固定端とした
②－②断面で照査



マンホールの設計・3D配筋

集水桝の検討 安定照査(支持力の検討)

・ 許容鉛直支持力度

H24道路橋示方書Ⅳ(下部構造編)P297による荷重の偏心傾斜などを考慮した底面地盤の極限支持力度

$$q \leq q_a$$

$$q_a = q_d / n$$

$$q_d = \alpha \cdot \kappa \cdot c \cdot N_c + \kappa \cdot q \cdot N_q \cdot S_q + 1/2 \cdot \gamma_1 \cdot \beta \cdot B_e \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma$$

土地改良事業計画設計基準 設計「農道」P554による許容支持力度

$$q \leq q_a$$

(a)長期許容支持力度(常時)

$$q_a = \frac{1}{3} \left(\alpha \cdot c \cdot N_c + \frac{1}{2} \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q \right)$$

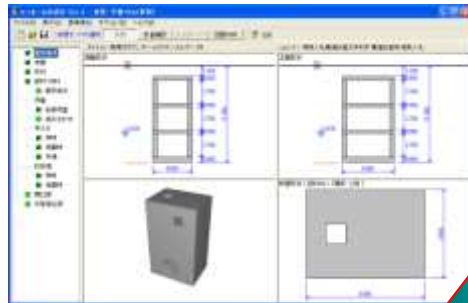
(b)短期許容支持力度(地震時)

$$q_a = \frac{1}{2} \left(\alpha \cdot c \cdot N_c + \frac{1}{2} \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q \right)$$

土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」「ポンプ場」による許容支持力度

「マンホールの設計・3D配筋」の図面作成

マンホールの設計・3D配筋



データ連動

最小限の図面作成
情報の入力と拡張

土木構造物設計
マニュアル(案)

土木構造物標準設計第
2巻 擁壁類

土木製図基準

CAD製図基準(案)

調査等業務の電子
納品要領(案)

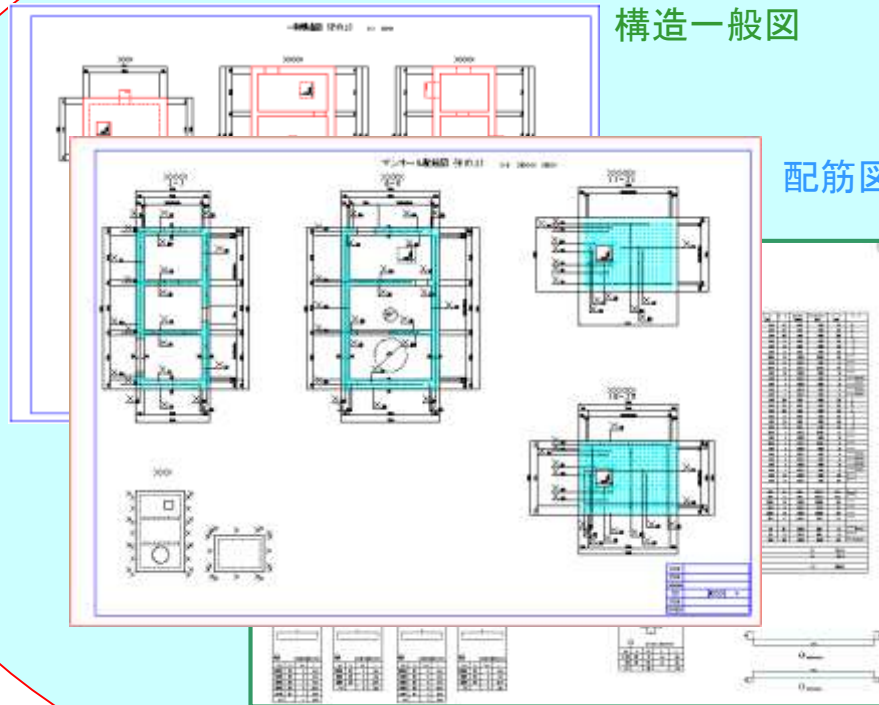
「マンホールの設計・3D配筋」 図面作成

電子納品



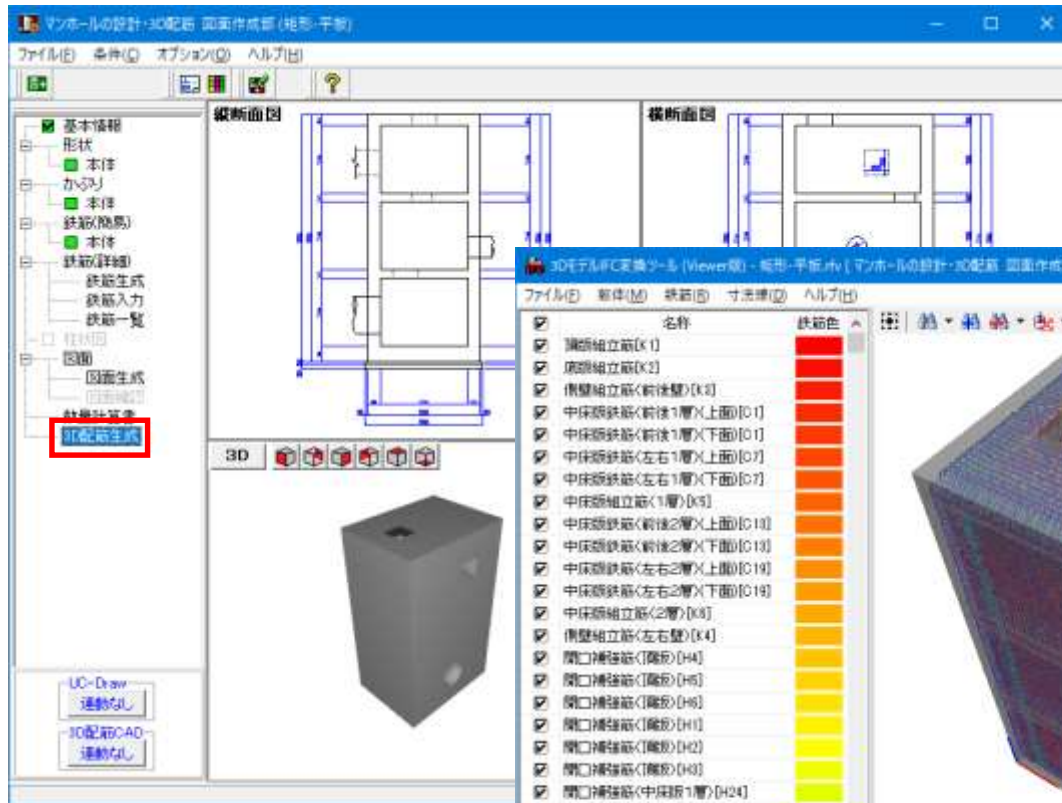
構造一般図

配筋図



「マンホールの設計・3D配筋」の図面作成

3D配筋生成

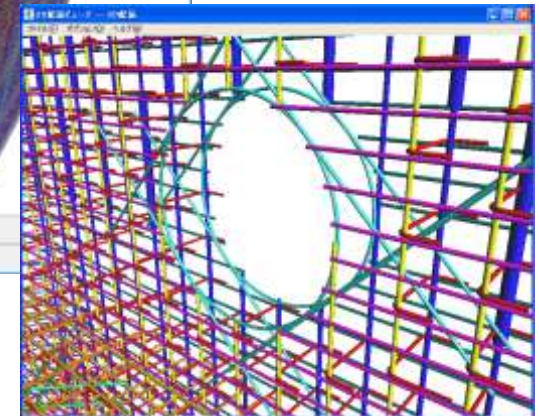


3DモデルIFC変換ツール

出力形式
IFC、3DS、Allplan、
DXF、DWG、PDF
および
3D配筋CAD 形式

拡大表示
配筋状態の確認
干渉確認など可能

実際の鉄筋径で
配筋状態を3次元表示





「マンホールの設計・3D配筋の概要」の解説を終わります。