

容積式グライNDERポンプ施設

設 計 要 領 書

(公共下水道事業)

1. はじめに

容積式グライNDERポンプを使用しての下水道整備について設計の概要を説明します。
容積式グライNDERポンプの特徴、設計手法を理解し、その性能を十分にご活用いただければ幸いです。

2. 設計条件

接続戸数

住民数 : 不明な場合、一般的に 1 世帯当たり 4 人と仮定する。

家庭汚水量原単位

G P 設置地盤高

流入管

管種

管径

管底高

圧送先地盤高

圧送距離

圧送管

管種

圧送先土被り

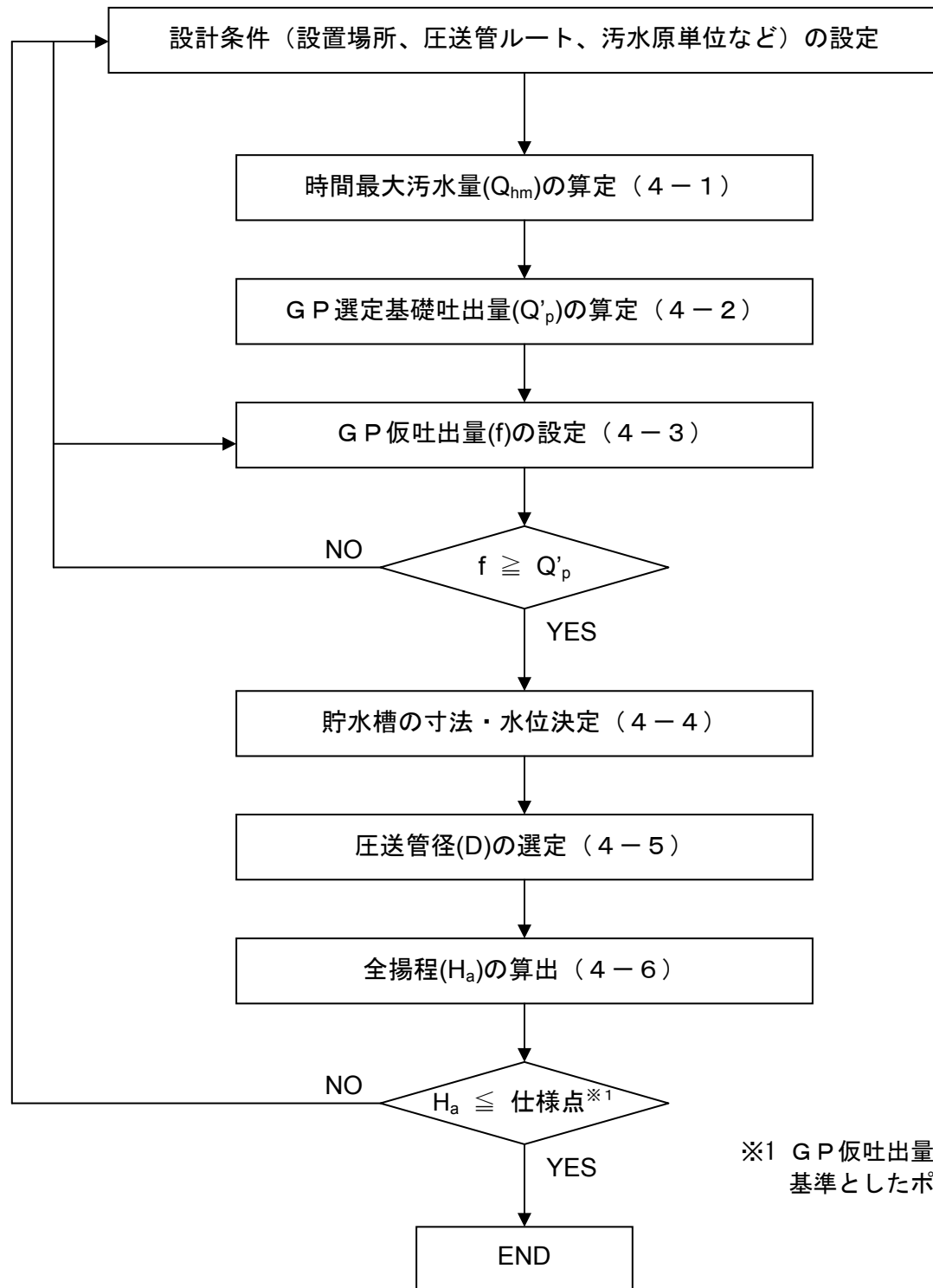
管路最高点地盤高

管路最高点圧送距離

管路最高点土被り

貯水槽の種類 : 人孔 or F R P タンク

3. 設計フロー



※1 G P 仮吐出量(f)の設定の際に
基準としたポンプ仕様点

4. 設計の概要

4-1 時間最大汚水量(Q_{hm})の算定

中継ポンプ所（マンホールポンプ）は、集水区域の面積から時間最大汚水量が算定されるが、容積式グライNDERポンプは 1 戸から多くても 5 戸程度が対象であるため、住民数を基に時間最大汚水量を算定する。

1) 日平均汚水量(e)

ポンプ所に流入する 1 日当たりの平均汚水量を次式により算定する。

$$\begin{aligned} e &= \text{接続戸数} \times \text{住民数} \times \text{家庭汚水量原単位} \\ e &: \text{日平均汚水量(m}^3/\text{日)} \end{aligned}$$

2) 時間最大汚水量(Q_{hm})

ポンプ所に流入する 1 時間当たりの最大汚水量を次式により算定する。

$$\begin{aligned} Q_{hm} &= \text{ピーク率} \times e / 24 \\ Q_{hm} &: \text{時間最大汚水量(m}^3/\text{h)} \\ e &: \text{日平均汚水量(m}^3/\text{日)} \end{aligned}$$

ピーク率とは平均汚水量に対する時間最大汚水量の比を表し、一般に接続戸数（人口）が少ない場合は Giff の式により算出された値が実状と一致している。

$$\begin{aligned} &\text{Giff の式} \\ \text{ピーク率} &= 5 / (P/1000)^{1/6} \\ P &: \text{人口(人)} \end{aligned}$$

4-2 G P 選定基礎吐出量(Q'_p)の算定

前項で求めた時間最大汚水量に対し必要なポンプの能力（吐出量）を算定する。

ポンプは頻繁に ON-OFF を繰り返すとその耐久性に大きく影響するため、1 時間当たり 10 回程度の起動を最大とし、1 回当たり 3 分程度の運転時間となるように、G P 選定基礎吐出量を設定する。

$$\begin{aligned} Q'_p &= Q_{hm} / 10 / 3 \\ Q'_p &: \text{G P 選定基礎吐出量(m}^3/\text{min)} \\ Q_{hm} &: \text{時間最大汚水量(m}^3/\text{h)} \end{aligned}$$

4－3 G P 仮吐出量(f)の設定

一般に管路（管径）設計上必要なG P 仮吐出量は、予想される全揚程に対しポンプの性能曲線より設定される。

しかしながら容積式グライNDERポンプの場合、揚程の変化に関わらず吐出量がほぼ一定であるため、G P 仮吐出量は仕様点と等しく設定し、前項のG P 選定基礎吐出量を上回るようシンプレックスタイプ（ポンプ1台）またはデュプレックスタイプ（ポンプ2台）を選定する。

$$f \geq Q'_p$$

f : G P 仮吐出量(m^3/min)
 Q'_p : G P 選定基礎吐出量(m^3/min)

表－1 容積式グライNDERポンプの仕様点

0.034 $m^3/min \times 28m$, $\phi 32 \times 0.75kW$ （単相 200V－50Hz）
0.039 $m^3/min \times 28m$, $\phi 32 \times 0.75kW$ （単相 200V－60Hz）

※デュプレックスタイプにおいて、単独交互運転の場合はポンプ 1 台、並列交互運転の場合はポンプ 2 台の吐出量にて仮定吐出量を上回るように設計する。

※接続戸数が 5 戸以上あるいは商店など日平均汚水量が大きい場合、デュプレックスタイプでもG P 選定基礎吐出量を上回らない場合もある。

G P 選定基礎吐出量が表－1 の仕様点を大きく上回る場合は、容積式グライNDERポンプは不適合である。僅かに上回っている場合は、予想される全揚程からポンプの性能曲線より吐出量を求めると、適応可能な場合もある。

4－4 貯水槽の寸法・水位決定

貯水槽の水位設定は、ポンプ停止水位(LWL)、ポンプ起動水位(HWL)、異常高水位(HHWL)を原則とする。各水位間の貯水容量を算出し、貯水槽の形状・寸法を決定する。

1) 常時運転容量(V_1 : LWL～HWL)

常時運転容量は、1 回当たりの運転時間が3 分程度となるように次式にて求める。

$$V_1 = f \times 3$$

V_1 : 常時運転容量(m^3)
 f : G P 仮吐出量(m^3/min)

2) 予備容量(V_2 : HWL～HHWL)

予備容量は、ピーク汚水として浴槽排水（浴槽内の残り湯 0.170 m^3 、排水時間 3 分と仮定）を想定し、次式により求める。

$$V_2 = (K \times H \times 0.170) - (f \times 3)$$

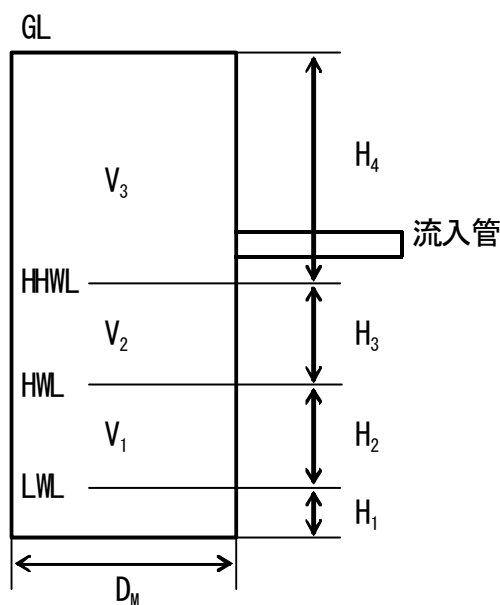
V_2 : 予備容量(m^3)
 K : 同時排出量(－)
[$K=0.5$ とする。ただし、一戸の場合は $K=1.0$ とする。]
 H : 接続戸数(戸)
 f : G P 仮吐出量(m^3/min)

3) 非常時容量(V_3 : HHWL～GL)

一般に非常時容量は、故障対応時間を 24 時間以内と想定し、その間に排出される汚水量を $0.300\text{m}^3/\text{戸}$ とし、次式により求める。

$$V_3 = H \times 0.300$$

V_3 : 非常時容量(m^3)
 H : 接続戸数 (戸)



表－2 貯水槽の水位設定

貯水容量	水位設定	
—	H_1	$330\text{mm}^{※2}$
V_1	H_2	$200\text{mm}^{※2}$
V_2	H_3	$250\text{mm}^{※2}$
V_3	H_4	$※2$

図－1 貯水槽の寸法

※2 容積式グラインダーポンプは水位計を内蔵しており各水位は固定であるため、基本的に $H_1 \sim H_3$ の算出は不要である。 H_4 のみ V_3 および D_M から算出する。その際、HHWL が流入管底高より高くないよう注意が必要である（高くなる場合は流入管底高～GL を H_4 と設定する）。また、ポンプ据付に必要なマンホール深さは 1700mm 程度であり、算出されたマンホール深さがこれに満たない場合は H_4 を補正する。

尚、FRPタンクについては貯水容量が決まっているため、基本的に計算は不要である。流入管の土被りからタンクの深さのみ選定する。

流入管土被り		FRPタンクの深さ
0.6m 以下の場合	→	1.7m
0.6m～0.9m の場合	→	2.0m
0.9m～1.2m の場合	→	2.3m
1.2m 以上の場合	→	適用外

4－5 圧送管径(D)の選定

管径は計画流量により選定され、計画流量はG P 仮吐出量及び設計同時運転台数により算定される。

1) 設計同時運転台数(NR)

圧送管路上にある N 台のポンプの内、同時運転するポンプの台数を求めるには、確率論的手法を用いる場合と、経験的に設定されている台数を用いる場合がある。

表－3 に経験的に設定された設計同時運転台数を示す。

表－3 設計同時運転台数

接続台数 N (台)	設計同時運転台数 NR (台)
1	1
2～3	2
4～9	3
10～18	4
19～30	5

※デュプレックスタイプにおいて、単独交互運転の場合は N=1 台、並列交互運転の場合は N=2 台として扱う。

※実態と著しく異なると考えられる場合には、別途検討する必要がある。

2) 計画流量(Q_L)

前節で求めた設計同時運転台数から、各管路区間の計画流量を算出する。

$$Q_L = f \times NR$$

Q_L : 計画流量(m³/min)

f : ポンプ 1 台当たりの仮吐出量(m³/min)

[各ポンプの仮吐出量が異なる場合は、その平均値を用いる。]

NR : 設計同時運転台数 (台)

3) 圧送管径(D)

一般に前節で求めた計画流量に対し、流速が 0.6～1.2m/s となるよう管径を設定する。ここで 0.6 は管内自己洗浄が行われる値であり、1.2 はそれを超えると摩擦損失の増加によりポンプに負荷が加わり不経済となる値である。

容積式グライNDERポンプによる低地対策（単独圧送）では、以下のように設定して差し支えない。

シンプレックスタイプ → 圧送管径 φ30

デュプレックスタイプ → 圧送管径 φ40／φ50（50Hz／60Hz）

4－6 全揚程(H_a)の算出

選定されたポンプが支障なく稼動可能であるか判断するために、全揚程を算出する。

1) 実揚程(H_s)

実揚程は最終端レベルよりポンプ所の LWL を減じて求める。

$$H_s = g - h$$

H_s : 実揚程(m)
 g : 最終端レベル(m)
 h : GP LWL(m)

2) 摩擦損失(H_L)

累積摩擦損失は、次式により算出する。

$$H_L = \sum h_L$$

H_L : 累積摩擦損失(m)
 h_L : 区間（当該管路）の摩擦損失(m)

ここで、区間（当該管路）の摩擦損失は次式により算出する。

$$h_L = L \times I$$

L : 当該区間（管路）長(m)
 I : 単位長さ当たりの摩擦損失(m/m)

また、単位長さ当たりの摩擦損失は以下の Hazen-Williams の式により算出する。

$$I = 10.666 \times C^{-1.85} \times (D/1000)^{-4.87} \times (Q_L/60)^{1.85}$$

C : 係数[=140]
 D : 当該区間管径(mm)
 Q_L : 当該区間の計画流量(m^3/min)

3) その他の損失(H_o)

接続管の継手や弁類、残留速度水頭などの損失は実用上 1.0m とする。

4) 全揚程(H_a)

全揚程は上記 1) ～ 3) の合計である。

$$H_a = H_s + H_L + H_o$$

尚、圧送管路が山なりになっている場合には、管路の最高点までについても同様に全揚程を算出し検討する。

4－7 判定

全揚程の算出は GP 仮吐出量に基づいて行っており、算出した全揚程が 4－3 にて基準としたポンプ仕様点を下回っていれば、容積式グラインダーポンプの適用に何ら問題はないと判断される。

5. おわりに

これまで容積式グライNDERポンプによる下水道整備の設計手法を中心に説明してきました。

容積式グライNDERポンプを使用することにより、下水道設計が簡単になるだけでなく、従来不可能とされてきた居住密度の低い地域及び低地域における下水道の促進ならびに下水道管渠費の削減につながれば幸いです。

6. 参考文献

「圧力式下水道システム技術指針（案）」 旧建設省土木研究所（1990 年）

「農業集落排水施設設計指針 本編」（社）地域資源循環技術センター（2007 年）

「農業集落排水施設設計指針 参考資料編」（社）地域資源循環技術センター（2007 年）

「小規模下水道計画・設計・維持管理指針と解説」（社）日本下水道協会（2004 年）