

容積式グラインダーポンプ施設

設計要領書

(農業集落排水事業)

1. はじめに

容積式グラインダー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。
容積式グラインダーポンプの特徴、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。

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

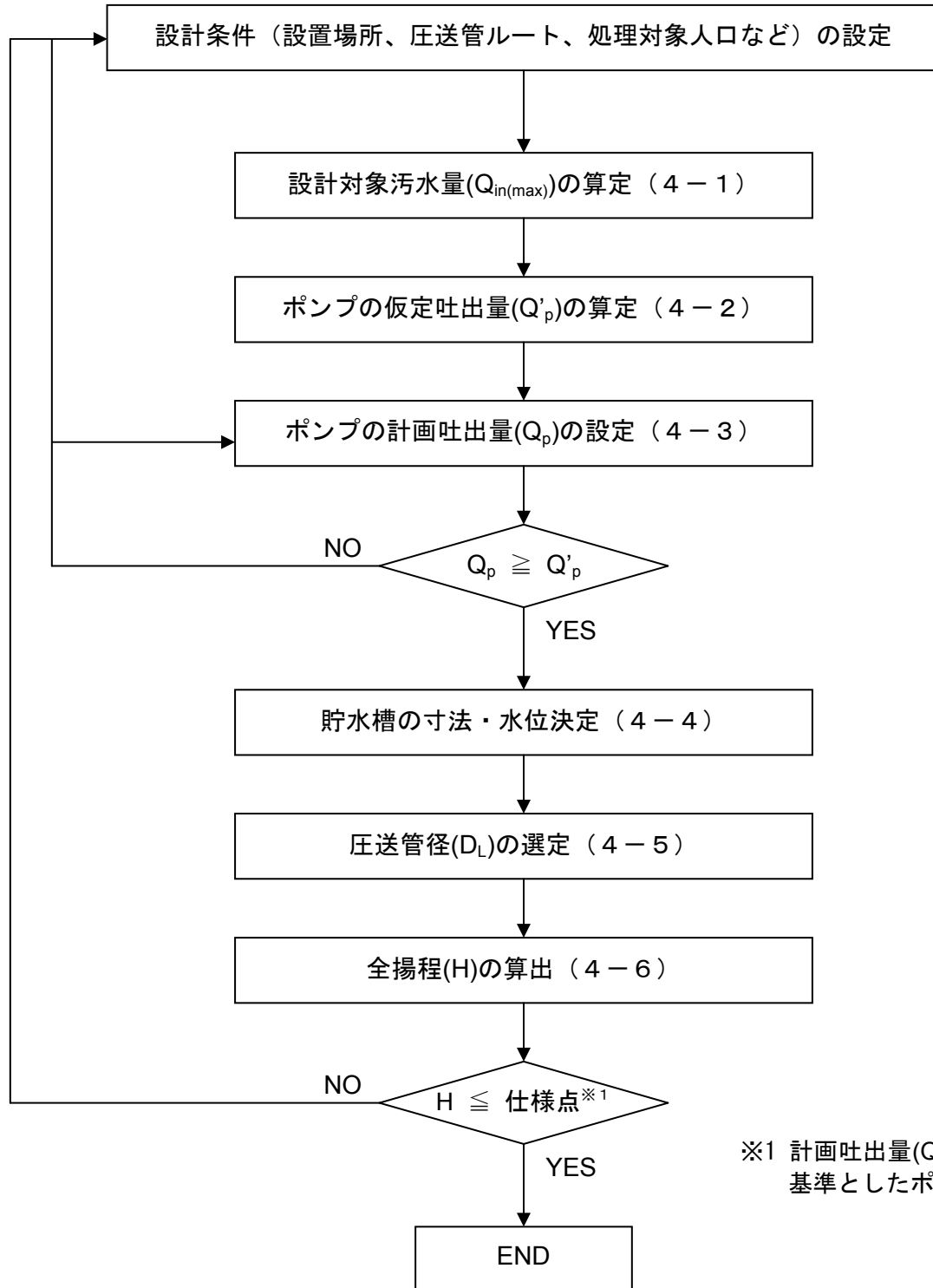
管路最高点地盤高

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 FRPタンク

3. 設計フロー



※1 計画吐出量(Q_p)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 設計対象汚水量($Q_{in(max)}$)の算定

設計対象汚水量は、時間（1分間）最大汚水量とし、処理対象人口を基に算定する。ただし、集会所、民宿、食堂などの一般家庭と異なる施設が接続する場合は、実際の水道使用量を調査するなど注意が必要である。

1) 設計ピーク比(R_L)

日最大汚水量の時間（1分間）平均値と1分間最大汚水量の比（ピーク比）を次式により算出する。

$$R = 190 P^{-0.7}$$

R : ピーク比(-)
P : 処理対象人口(人)

設計ピーク比(R_L)については、 $R > 2.5$ のときは $R_L = R$ 、 $R \leq 2.5$ のときは $R_L = 2.5$ とする。

2) 設計対象汚水量($Q_{in(max)}$)

設計対象汚水量は次式により算定する。

$$Q_{in(max)} = (0.30 R_L + 0.03) P \div 1440$$

$Q_{in(max)}$: 設計対象汚水量(m^3/min)
 R_L : 設計ピーク比(-)
P : 処理対象人口(人)
0.30 : 1人1日最大汚水量($m^3/人 \cdot 日$)
0.03 : 不明水量($m^3/人 \cdot 日$)

4-2 ポンプの仮定吐出量(Q'_p)の算定

ポンプの仮定吐出量は、原則として設計対象汚水量を下回らない吐出量とする。

ただし、接続戸数が1~数戸（一般家庭）の場合には、ポンプ吐出量が設計対象汚水量に対して不足してもその差分量が比較的小さいほか、可能な限りモーター出力の小さいポンプを使用することが経済的に有利であることから、一部を上流側の管路等で貯留するものとする。

安全性と経済性を考慮して、仮定吐出量を接続戸数に応じて表-1より設定する。

表-1 接続戸数別のポンプの仮定吐出量

接続戸数(戸)	1~2	3~4	5~7	8以上
仮定吐出量(m^3/min)	0.04	0.06	0.08	設計対象汚水量を上回る吐出量とする

4-3 ポンプの計画吐出量(Q_p)の設定

一般にポンプの計画吐出量は、予想される全揚程に対しポンプの性能曲線より仮設定し、管路（管径）及び全揚程の反復計算を行った上で確定される。

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、計画吐出量は仕様点と等しく設定し、前項の仮定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。

$$Q_p \geq Q'_p$$

Q_p : ポンプの計画吐出量(m³/min)
 Q'_p : ポンプの仮定吐出量(m³/min)

表-2 容積式グライNDERポンプの仕様点

0.040m ³ /min × 15m, φ32 × 0.75kW (単相 200V-50Hz)
0.040m ³ /min × 26m, φ32 × 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 8 戸以上あるいは商店など設計対象汚水量が大きい場合、デュプレックスタイプでも仮定吐出量を上回らない場合もある。

仮定吐出量が表-2 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) 有効容量(V₁: LWL~HWL)

有効容量は、ポンプの設計対象汚水量と計画吐出量より次式にて求める。

a) $Q_{in(max)} \geq Q_p / 2$ の場合

$$V_1 = T_{min} \times Q_p / 4$$

b) $Q_{in(max)} < Q_p / 2$ の場合

$$V_1 = T_{min} \times Q_{in(max)} \times (Q_p - Q_{in(max)}) / Q_p$$

V_1 : 有効容量(m³)
 $Q_{in(max)}$: 設計対象汚水量(m³/min)
 Q_p : ポンプ計画吐出量(m³/min)
 T_{min} : 最小起動間隔(min)[=6min]
 (モーター出力が 0.75kW~3.7kW の場合)

2) 非常時容量(V_2 : HWL~GL-0.1m)

一般に非常時容量は、事故停電の時間を 2 時間以内と想定し、停電中の排水量が比較的少ないものとして日平均汚水量の 2 時間分の容量とし、次式により求める。

$$V_2 = 0.27 P \times 2 / 24$$

V_2 : 非常時容量(m^3)
 0.27 : 1 人 1 日平均汚水量($m^3/人 \cdot 日$)
 P : 処理対象人口(人)

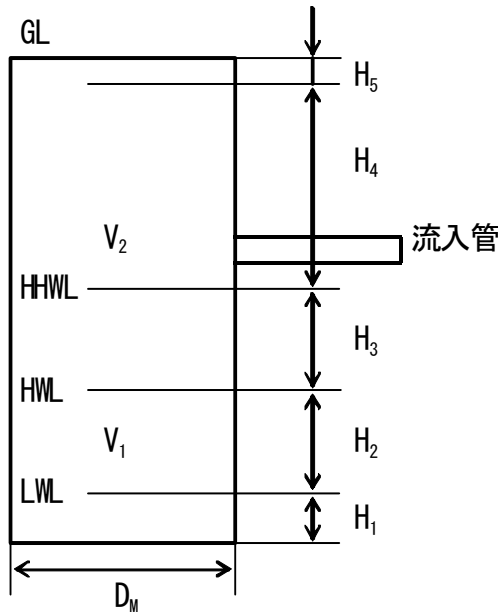


表-3 貯水槽の水位設定

貯水容量	水位設定	
—	H ₁	330mm ^{※2}
V ₁	H ₂	200mm ^{※2}
V ₂	H ₃	250mm ^{※2}
	H ₄	※2
—	H ₅	100mm

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 H₁~H₃ の算出は不要である。H₄ のみ V₂ および D_M から算出する。その際、HWL 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 H₃+H₄+H₅ 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 H₄ 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_L)の選定

管径は計画流量により選定され、計画流量はポンプの計画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-4に確率論的手法により設定された設計同時運転台数を示す。

表-4 設計同時運転台数

ポンプ台数 N (台)	設計同時運転台数 NR (台)
1	1
2~5	2
6~12	3
13~20	4
21~29	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定する。

$$Q_L = Q_p \times NR$$

Q_L : 計画流量(m³/min)

Q_p : ポンプ 1 台当たりの計画吐出量(m³/min)

[各ポンプの計画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_L)

一般に前節で求めた計画流量に対し、流速が 0.6~3.0m/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、3.0 は管の磨耗等を考慮した最大流速である。

容積式グラインダー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 φ50

4-6 全揚程(H)の算出

選定されたポンプが支障なく稼働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_a)

実揚程は最終端レベルよりポンプ所の HWL を減じて求める。

$$H_a = g - h$$

H_a : 実揚程(m)
 g : 最終端レベル(m)
 h : GP HWL(m)

2) 摩擦損失(H_f)

累積摩擦損失は、次式により算出する。

$$H_f = \sum h_f$$

H_f : 累積摩擦損失(m)
 h_f : 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。

$$h_f = L \times I$$

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。

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

C : 係数[=140]
(硬質塩化ビニル管及びポリエチレン管、 ϕ 150 以下の場合)
 D_L : 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_d)

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)

全揚程は上記 1) ~ 3) の合計である。

$$H = H_a + H_f + H_d$$

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

全揚程の算出はポンプの計画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無いと判断される。

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）