

(Ⅱ-1) 圧力式下水道システムの適用規模及び費用効果比較

東京理科大学 ○ 学生員 青木 拓生, 正員 柏谷 衛

1. はじめに

現在、我が国で使用されている自然流下式下水道は、都市部、住宅団地等の住居密集地区では非常に費用効果の高いシステムであるが、住居散在型の地方都市周辺部および農村集落では1戸当りの建設費が高くなり、これが原因となって地方では下水道普及が伸び悩んでいる。これに対して自然流下式下水道よりも建設費が安く、費用効果の高い代替下水道システムの開発が求められてきた。

本文ではこの代替下水道システムの一つであるグライNDERポンプを用いる圧力式下水道システムについて効果的な適用規模および適用規模と建設費およびライフサイクルコストについて考察した。

2. システム構成

圧力式下水道システムは図-1に示すように供用各戸または複数戸にグライNDERポンプ（以下GPという）ユニットを配し、下水中の夾雑物を破碎した上、加圧して下水処理場（または下水道幹線）に送り込む。このシステムのメリットはPVC小口径管を使用して地表面に沿った浅い掘削深度で管を布設していくこと、外部からの管内への地下水浸入がないために地下水位の高い所でも設置できること、また加圧によって下水搬送を行うので揚水箇所が必要となる低地や丘陵地形にも安価な建設費で適用可能なことである。

このシステムではPVCの小口径管を使用するので管壁への油脂や固形物の付着を防ぐために最低1日1回、最小洗掘流速（0.6m/s）以上で管内に汚水を流下させること、GPの同時運転台数を考慮すること、これが設計上の主たる条件となっている。

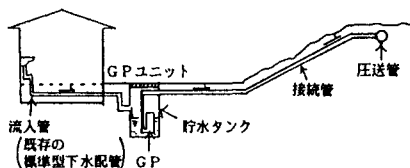


図-1 圧力式下水道システム構成図

3. モデルの設定

本研究では図-2に示すように住宅100戸（1戸に4人）のモデル地区を設定し、圧送管が圧送本管に全部合流したのち（B点）の500m先に下水処理場（C点）があると仮定した。一般住宅で使用されると考えられるGP（全揚程25.5m、最大揚水量125 l/min）で各住宅の間隔Aをそれぞれ10m, 50m,

100m, 150mおよび200mとした。また全住宅からの下水が集まった後に図-2に示したB点からC点までの区間、500mについて上り勾配になっているものとして、その高低差を0~25mと5m間隔に変化させたモデルを設定した。また図-3に示すようにGPユニットを単数または複数戸毎に1基置いた3ケース（ P_1 ：1戸に1基、 P_2 ：2戸に1基、 P_3 ：4戸に1基）を設定した。図-3から、GPユニット1基を使用する住宅戸数が増加すると各住宅からGPユニットまで自然流下で下水を搬送する距離が長くなり、ユニットの設置深度も大きくなって流入管およびGPユニットの建設費が高くなり、これによってGPユニット設置数の減少による建設費削減の効果が相殺されてしまい、経済的ではなくなる。このようなことを踏まえてGPの効率的な運転台数を検討し、その場合の費用効果を

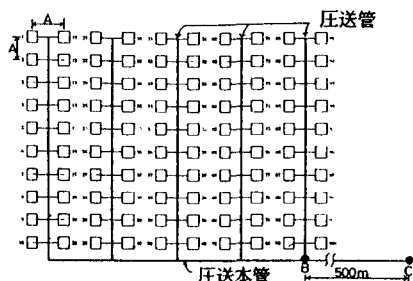


図-2 モデル設定

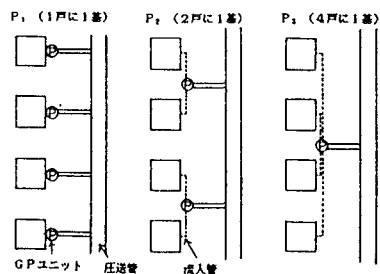


図-3 GPユニット設置数のケース設定
(各ユニットにGP1基を設置するものとする)

も検討した。

4. GPの送水可能な高さの計算

本研究で使用したGPの全揚程では管径を大にすれば最小洗掘流速が保てなくなり、管径を小とすれば損失水頭が増加して送水できなくなる点が出てくる。この高さをGPの送水可能な高さとした。住宅1戸当りの間隔(A)および各GP設置ケースに対するGPの送水可能な高さを図-4に示す。この図ではAが低下するにしたがってほぼ直線的に送水可能高さは低下し、ケースP₁、P₂、P₃の順でその低下率は大きくなる。この図でケースP₃のA=200mでは高さ0mでも送水することができないことが示されている。これはGPユニットを減らしてゆくにしたがって流入管深度が深くなってゆくためにケースP₁よりもケースP₂、P₃では貯水タンクが深い位置に設置されるためである。

5. 建設費に関する考察

GPシステム建設費の住宅密度変化に対する費用内訳の変化を図-5に示す。この図から、住宅密度の高い100戸/haの場合ではGPユニット設置費が約8千万円で建設費の約66%と最も高い割合を占めており、各戸の間隔が小さいので2戸または4戸に1台のユニットを設置しても住宅ユニット間の流入管布設費は安く済む。ケースP₃の建設費はケースP₁より約6千万円削減となる。人口密度が次第に低くなってゆくとP₂、P₃のケースではGPユニット設置費が削減された分よりも、各戸の間隔(A)が広がることにより流入管の布設費が増加して、ケースP₁よりも建設費が高くなった。0.44戸/haの場合には、ケースP₁はケースP₃に比べて建設費が約8千万円の減額となった。

6. ライフサイクルコストを用いた費用効果に関する考察

ライフサイクルコストを用いて、償却期間30年、年利7%として年間償却費を算出し、それに運転管理費を加えた年間経費と人口密度、ポンプ、ケース変化に対して比較検討を行った。年間経費の比較図を図-6に示す。

この図において、運転管理費は電気基本料金および使用料金、部品交換費と管路清掃費から成っているが、ケースP₁、P₂、P₃の順で低下していることが見いだされる。

本研究で使用したGPでは1戸/ha以下でケースP₃よりもケースP₂の年間経費が逆転し、1戸/haの場合、ケースP₃で約19百万円、ケースP₂で約17百万円であり、0.25戸/haになるとケースP₁、P₂はいずれも約27百万円でほぼ同額となった。この0.25戸/ha未満になると建設費で述べたように流入管布設費がより増加して最終的にはケースP₁が経済的に有利となるとと思われる。

7. まとめ

圧力式下水道システムのモデル設計において、GPユニットは価格が高い(1基当り50万円と推定)ので、GPユニット設置基数を減らすことは重要であるが、GPの性能と各住宅間の距離によってその経済性はかなり変化することが見いだされた。

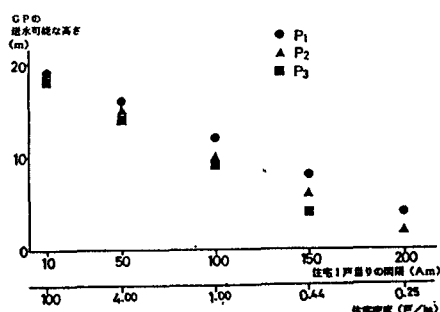


図-4 住宅1戸当りの間隔に対するGPの送水可能な高さ

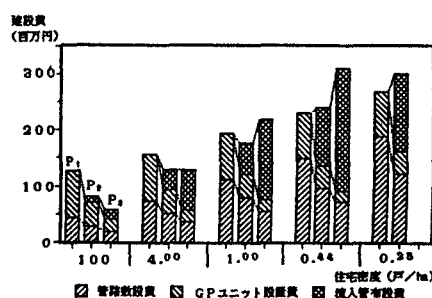


図-5 住宅密度に対する建設費変化

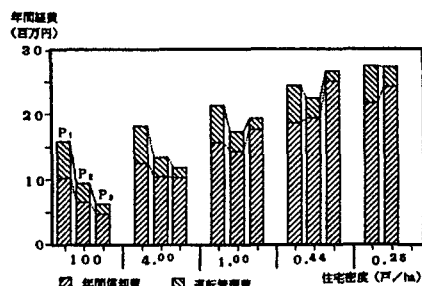


図-6 住宅密度に対する年間経費変化