

64. 堤外地に建設する南美原揚水機場計画について

札幌開発建設部 桐田三好

1. 概要

南美原揚水機場は篠津地域総合開発事業の一環工事として、地域の東南端部を流下する石狩川と、篠津川に囲まれた 1,446.7 町歩の袋地帯に対し、直接石狩川よりかんがい水を揚水する揚水場である。その所要揚水量は普通期 5.196 m³/sec、特殊期 6.757 m³/sec であるが、幹線水路は延長 4 km で、ほぼ地区の中央部を縦走し、7本の支線に分派される。

2. 機場建設計画について

本揚水機場は、地勢の状況から地区の北東端部の石狩川河川距離標 36.5 km 附近に選定した。該地点は恰も数年前石狩川改修工事によつて切替えられた新河川部であり、河岸線の変動・河床の変動も旧河川部に比すれば当然不安定なものと想定されるので、旧河川入出口を含む上下流約 3 km に亘り綿密な深淺測量を実施し、この結果と石狩川治水事務所において昭和 27 年に実測した大横断測量の結果とを比較検討し、かつ将来の治水計画による上下流部の法線関係・護岸工事の計画等を併せて考慮し、治水事務所側の見解を容入して、河岸に近接しかつ最も水脈が安定するであろうと思われる地点を選定した。なお位置選定の今一つの条件としては、基礎地盤の問題があるが、この地質は当初計画地点より有利な状況にあると目される地点である。次に本機場の計画の概要を述べる。

(1) 機場を堤外地に計画したこと

機場の建設位置は、次の諸点を考慮して堤外地に選定した。すなわち現在の河川洪水敷は約 400 m の巾を有するものであり、もし機場を堤内地に建設するならば、導水のために 400 m 有余の長い暗渠工を施設しなければならない。その暗渠工の費用は極めて老大なものとなり、経済的にまず考慮を要するばかりでなく、かかる長い距離の、しかも地質軟弱な箇所施工することは決して容易なものでない。よつて機場を堤外地に建設しうらばと種々検討した。まず根本的な問題である河川洪水敷中に構造物を建設することの可否については、石狩川治水事務所から「構造物自体の安全を保持できるならば差支えない」との返答を得た。そこで機場建家構造は洪水の場合を考慮して設計することとし、かつ機場は吸水槽にできるだけ近接せしめることが望ましいので、将来石狩川治水計画による河道の拡巾の計画に支障を与えぬ程度の、最小限に後退した地点(河岸法肩より約 60 m)をポンプ場中心とした。吸水槽は導水の容易かつ安全を確保するために、他に類例を見ないほど河岸より突出せしめることとした。かくしてこの吸水槽よりポンプ中心まで約 60 m を吸水管により吸込み、ポンプ中心より築堤下を経て堤内地の吐出槽まで約 320 m を吐出管により送水する計画を立てた。この場合ポンプ自体については管路の長いことは(管内流通の大小が大きく影響するはもちろんである)水頭損失を増し、かつ動力を増大せしめる欠点はあるが、前者のように導水路を暗渠工として機場を堤内地に建設する工費に比べれば問題なく低廉で、対比の余地がないと思われる。よつて本計画においては機場を堤外地に建設することとしたものである。

(2) 機種および口径・台数の決定について

機種は揚程および外水位等の影響を考慮して、最近の代表傾向として注目されてきた堅型渦巻ポンプを選び、電動機床版はポンプベースより 8 m 上位に設置し、洪水時の安全を確保した。なお配電盤および操作盤はさらに上部のフロアーに設置することとした。口径および台数の決定については、施設費および将来の維持管理・経常

費の軽減を図り、同型同性能のポンプを2台設置し、その吸込口径は1,300 mmで吐出口径は1,200 mmとした。このタイプのポンプでは目下のところ、わが国最大のものである。

(3) 揚程および所要動力

揚程および所要動力は後記の計算書に示されるが、総括すれば次のとおりである。

実揚程	9.41 m
損失水頭	2.50 m
全揚程	11.91 m ≒ 12.00 m
所要動力	550 KW ≒ 750 HP (三相交流同期モーター使用)

(4) 水撃防止について

吐出管および吸水管路が長いので、water hammer 現象も予想されるので、sluice valve と緩閉式チェック弁を併用することとした。

(5) 主要構造物基礎工法について

機場および吐水槽基礎は friction による杭打基礎とし、吸水槽は施工の安全を図り井筒基礎とした。

(6) 吸、吐水管について

water hammer, 基礎地盤の状態および経済的な見地から、施工の容易なアスファルトジュート巻鋼管を使用することとした。吸水管内径1,400 mmとし、吐水管は2台のポンプからの吐出管1,200 mmを内径2,000 mmの合流管一連により吐水槽に送水する計画である。

(7) 電気設備について

電気関係設備は機場が立体的構造で、かつ面積も比較的小さいことなどを考慮し、操作の簡便・経常費の節減を図り、全自動式 one man control 方式を採用した。

(8) ポンプ計算書

1) 設計基準

- a. 揚水量 = 6,757 m³/sec
- b. 口径 = 1,200 mm
- c. 台数 = 2台
- d. 吐出水位 = 11.11 m
- e. 吸込水位 = 1.70 m (平均低水位)

2) 損失水頭の計算

流入損失水頭

極く小さな値であるから無視できるので省略する。

3) 摩擦損失水頭

$$1,400 \text{ mm 吸込管内流速 } v_1 = \frac{3.3785}{\frac{\pi}{4} \times 1.4^2} = 2.196 \text{ m/sec}$$

$$\text{速度水頭 } \frac{v_1^2}{2g} = \frac{2.196^2}{19.62} = 0.246$$

a.) 吸水管入口における損失水頭 (h_i)

$$h_i = c_{ib} \frac{v^2}{2g}$$

$$c_{ib} = 0.1 \text{ (ラツバ管のみ)}$$

$$h_i = 0.1 \times 0.246 = 0.025$$

b.) 直管部分の損失水頭 (h_p)

Darcy 公式採用新管に対し, 将来の生鏽腐蝕を見越し, 設計としては 50% 増しとする。

$$h_p = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\lambda = \text{摩擦係数} = \left\{ 0.02 + \frac{1}{2,000 \times 1.4} \right\} \times 1.5$$

L = 直管部分の長さ = 55.80 m

$$\therefore h_p = 0.0305 \times \frac{55.80}{1.4} \times 0.246 = 0.299$$

c.) 曲管部分の損失水頭 (h_b)

90° 曲管の略算式として次式を採用する。

30° 曲管なるゆえ 2/3 の値をとる。

$$h_b = c_b \frac{v_1^2}{2g} \times \frac{2}{3} \times 3$$

$$\frac{r}{R} = 0.28 \quad c_b = 0.153$$

$$\therefore h_b = 0.153 \times 0.246 \times 2 = 0.075 \quad (3 \text{ 箇所分})$$

d.) 円錐部分の損失水頭 (h_c) Weisbach の実験式 (図 64-1)

$$v_2 = \frac{4 \times 3.785}{\pi \times 1.32} = 2.547 \text{ m/sec}$$

$$\frac{v_2^2}{2g} = 0.331$$

$$h_c = c_e \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = 0.2 \times \frac{6.487 - 4.822}{19.62} \\ = 0.2 \times 0.085 = 0.017$$

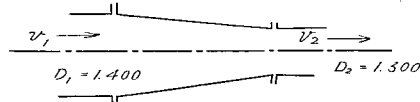


図 64-1

4) 吐出側損失水頭の計算

ポンプ吐出口径 1,200 mm 管内流速 $v_3 = \frac{4 \times 3.785}{\pi \times 1.2^2} = 2.989 \text{ m/sec}$

速度水頭 $\frac{v_3^2}{2g} = \frac{2.989^2}{19.62}$

a.) チェック弁による損失 (h_v)

$$h_v = c_v \times \frac{v_3^2}{2g} = 1.0 \times 0.455 = 0.455 \text{ m}$$

b.) 円錐管部分の損失水頭の計算 (h_e) (図 64-2)

$$v_3 = 2.989 \text{ m/sec}$$

$$v_4 = \frac{4 \times 6.757}{\pi \times 2.0^2} = 2.152 \text{ m/sec}$$

$$\frac{v_4^2}{2g} = \frac{2.152^2}{19.62} = 0.236$$

$$h_{e1} = c_e \times \frac{(2.989 - 2.152)^2}{2g} = 0.2 \times \frac{0.710}{19.62} = 0.2 \times 0.036 = 0.007 \text{ m}$$

$$h_{e2} = c_e \times \frac{(2.152 - 1.494)^2}{2g} = 0.15 \times 0.022 = 0.003 \quad \therefore v_5 = \frac{4 \times 6.757}{3.14 \times 2.4^2} = 1.494$$

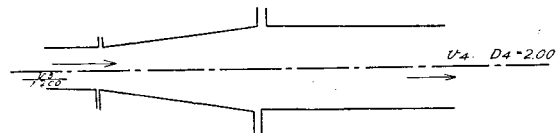


図 64-2

$$h_e = h_{e1} + h_{e2} = 0.007 + 0.003 = 0.01 \text{ m}$$

c.) 直管部分の損失水頭 (h_p)

$$h_p = \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{v_4^2}{2g}$$

$$\lambda = \left\{ 0.02 + \frac{1}{(2.000 \times D)} \right\} \times 1.5 = 0.0304$$

$$l = 286 \text{ m} \quad v_4 = 2.152 \text{ m/sec} \quad \frac{v_4^2}{2g} = 0.236$$

$$\therefore h_p = 0.0304 \times \frac{286}{2.0} \times 0.236 = 4.3472 \times 0.236 = 1.026 \text{ m}$$

d.) 曲管部分の損失水頭 (h_b)

$$h_{b1} = c_b \frac{v_1^2}{2g} \times \frac{2}{3} \times 4$$

$$\frac{r_1}{R_1} = \frac{1.0}{3.0} = 0.33 \quad c_b = 0.158 \quad 30^\circ \text{ 曲管}$$

$$h_{b1} = 0.158 \times \frac{2.152^2}{19.62} \times \frac{2}{3} \times 4 = 0.158 \times 0.236 \times \frac{8}{3} = 0.097$$

$$h_{b2} = c_b \frac{v_2^2}{2g} \times \frac{1}{3} = 0.012$$

$$\Sigma h_b = 0.099 + 0.012 = 0.111$$

e.) 流速急変による損失水頭 (h_s) (残留速度損失水頭)

$$h_s = c_s \times \frac{(v_4 - v_5)^2}{2g}$$

$$c_s = 1, \quad v_5 = 0$$

$$\therefore h_s = 1 \times 0.236 = 0.236 \text{ m}$$

5) 損失水頭の合計

$$\text{吸水側損失水頭} \quad \Sigma h_s = 0.416 \text{ m}$$

$$\text{吐水側損失水頭} \quad \Sigma h_d = 1.838 \text{ m}$$

$$\text{損失水頭合計} \quad = 2.254 \text{ m}$$

ただし損失水頭の値は施工後において、不慮の摩擦損失も考慮されるので、損失水頭 $\Sigma h = 2.50 \text{ m}$ とする。

$$\text{吸込側実揚程} \quad H_s = 2.30 \text{ m} \quad \therefore \text{実揚程} \quad \Sigma H = 9.41 \text{ m}$$

$$\text{吐出側} \quad H_p = 7.11 \text{ m}$$

$$\text{全揚程} \quad TH = 9.41 + 2.50 = 11.91 \text{ m}$$

6) ポンプ動力計算

$$W.H.P = \frac{Q \times H \times P}{4,500} = \frac{202.71 \times 11.91}{4 \times 5} = 5365 \text{ HP}$$

$$S.H.P = 536.5 / 0.81 = 662 \text{ HP}$$

$$R.H.P = 662 \times 1.15 = 761 = 750 \text{ HP}$$