

III-114

スラリー輸送用ポンプ部品の摩耗寿命予測

愛媛大学工学部 正会員 河原 荘一郎

愛媛大学工学部 正会員 室 達朗

愛媛大学工学部 正会員 深川 良一

1. まえがき 泥水シールド工事の円滑な施工を行うため、シールド工事現場で得られた隣交じり砂質土の特性およびポンプの特性を主要因としてスラリー輸送用ポンプ部品（フロントライナー、インペラー）の摩耗寿命を予測を行う。

2. ポンプ特性 現地シールド工事の概要は施工延長2130m、シールド外径384cm、総リング数2364、掘進速度5リング/日であり、A、B区間の両側より施工している。図1にスラリー輸送システムを示す。切羽またはクラッシャー直後に設置された排泥用 P_2 ポンプは負荷応答する回転速度350～1050rpmの変速ポンプ、排泥用末端ポンプ P_e は885/1185rpmの輸送システムのバランス保持用ポンプ、中間ポンプ P_{3-5} は1185rpmの定速ポンプである。図2にポンプの分解図を示す。ポンプ内に流入したスラリーはインペラーの回転によってケーシング上部の吐出口より排泥される。ポンプ部品は27%クロム鉄（Hv615）が使用されている。図3に P_2 、 P_e ポンプの回転速度 ω の変化及び稼働範囲を示す。 P_2 ポンプは、管内圧力の変動に伴って回転数を変動させている。

3. 地盤特性 図4に100リング毎の平均粒径 d_{50} の変化を示す。最大粒径4.8～19.1mm、平均粒径0.095～0.75mm、均等係数7.4～10.9である。A区間の約800リング以前は粘性土地盤で石英分を殆ど含まず、それ以外は砂礫質地盤である。石英分含有量は、目視観測によると砂礫質地盤では平均59.4%と殆ど変化がない。

4. ポンプ部品の摩耗特性 ポンプ部品の摩耗に影響を及ぼす要因としてポンプの特性（金属材質、部品形状、乾砂量、回転速度）及び地盤特性（平均粒径、石英分含有量、円摩度）が挙げられる。図5にポンプ部品の摩耗量 W と乾砂量 D 、リング数 R の関係を示す。摩耗量は施工終了時点のものである。

Cornet¹⁾は摩耗量 W (kgf)と平均粒径 d_{50} (mm)、乾砂量 D (tf)の関係を実験的に明らかにしている。

$$W = a \cdot (d_{50})^n \cdot D \quad a: \text{定数} \quad (1)$$

また、Wiedenroth²⁾はポンプ回転速度 ω (rpm)の影響を実験的に

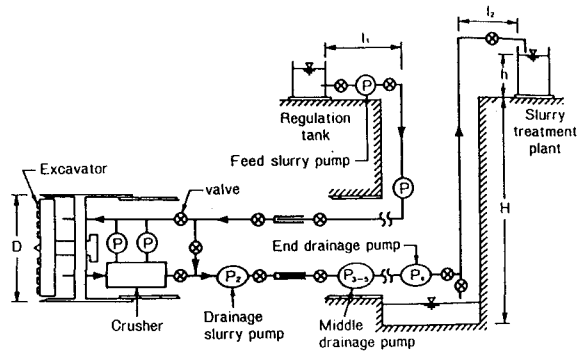


図1 スラリー輸送システム

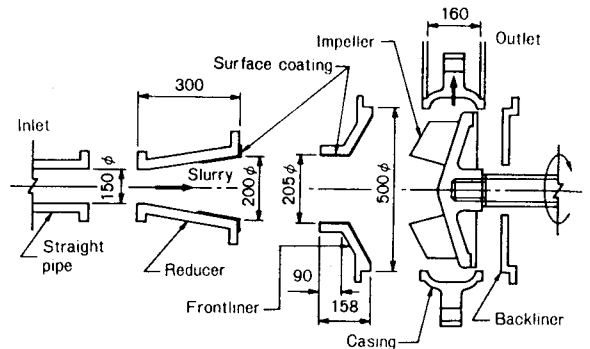
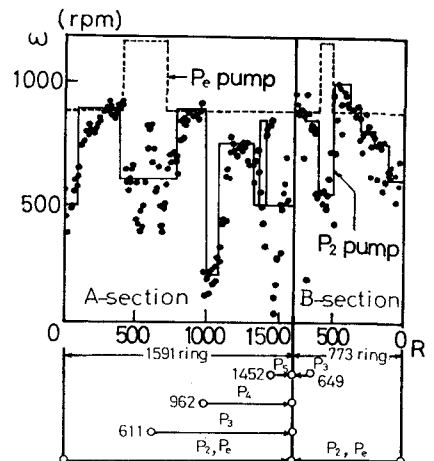


図2 スラリーポンプ分解図

図3 ポンプ回転速度 ω とリング数 R および稼働範囲

明らかにしている。

$$W = b \cdot \omega^k \cdot D \quad b: \text{定数} \quad (2)$$

ポンプ部品の摩耗に及ぼす d_{50} , ω の影響を評価するためにはそれ以外の要因が同一であることが望ましい。そこで平均粒径 d_{50} の影響を評価するため、定速回転の P_{3-5} (A区間) と P_3 (B区間) に対して実測値との誤差が最小になるように指数 n を決定する。また回転速度 ω の影響を評価するため、 P_2 , P_6 ポンプに対して ω , d_{50} が一定とみなしうる m 個 (図3の実線) の区間に分け、各区間の摩耗量 W_i を合計して全区間の摩耗量 W を得る

$$W = \sum_{i=1}^m c_i \cdot (d_{50i})^n \cdot (\omega_i)^k \cdot R_i \cdot D_0 \quad (3)$$

D_0 : 単位リング当りの乾砂量 (tf)

c_i は金属材料、石英含有量の変化がなければ各ポンプ部品で一定とみなせる。 ω 以外の影響を除くため、 P_2 , P_6 ポンプの摩耗量の比 W_{P2}/W_{P6} をとり、指数 k を決定する。以上の解析の結果、次式が得られる。

$$W = c \cdot (d_{50})^{0.75} \cdot (\omega)^{1.12} \cdot R_i \cdot D_0 \quad (4)$$

フロントライナー $c = 9.55 \times 10^{-7}$

インペラー $c = 2.93 \times 10^{-7}$

上式より計算した摩耗量 W_c と実測摩耗量 W_m の比較を図6に示す。解析値は実測値とほぼ一致している。

5. ポンプ部品の摩耗寿命予測 完摩時摩耗重量 W_c およびこの時までの使用可能リング数 R_c は(3)式より

$$W_c = c \cdot D_0 \sum_{i=1}^{mc} (d_{50i})^{0.75} \cdot (\omega_i)^{1.12} \quad (5)$$

$$R_c = \frac{1}{c \cdot D_0} \sum_{i=1}^{mc} \frac{W_i}{(d_{50i})^{0.75} \cdot (\omega_i)^{1.12}} \quad (6)$$

mc : W_c に達するまでの ω , d_{50} が一定とみなしうる区間数 R_c を決定するためには、(5)式を満足する区間 mc までリング数を合計する必要がある。室ら³⁾の現場計測によるとフロントライナーの完摩時摩耗量は新品時重量の約40%であることが判明している。

6. あとがき フロントライナー、インペラーの摩耗量に及ぼす砂礫の平均粒径、ポンプ回転速度の影響を定量的に表すことが可能となり、(6)式によってポンプ部品の摩耗寿命をリング数で予測する方法を明らかにした。

参考文献 1) Cornet, Ir R.: Wear in dredgers, The dock & harbour authority, pp.10-13, 1975.

2) Wiedenroth, W.: Wear tests executed with a 125mm I.D. loop and a model dredge pump, Proc. of 9th Int. Conf. on HYDRAULIC TRANSPORT OF SOLIDS IN PIPES, pp.317-330, 1984.

3) 室達朗, 深川良一: スラリー輸送用ポンプ部品の摩耗対策, 愛媛大学工学部紀要, 10, 4, pp.391-405, 1985.

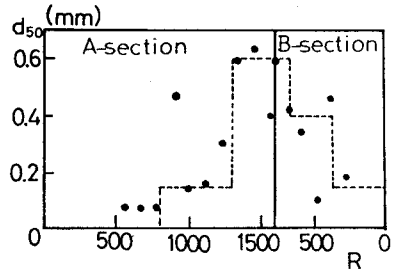


図4 平均粒径 d_{50} と
リング数 R の関係

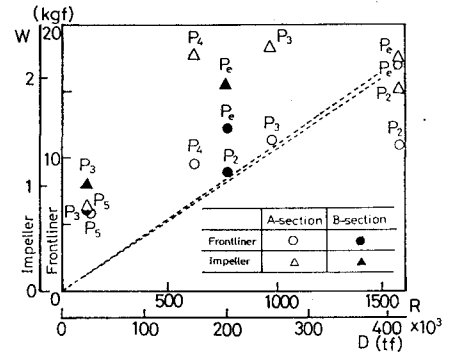


図5 摩耗量 W とリング数 R ,
乾砂量 D の関係

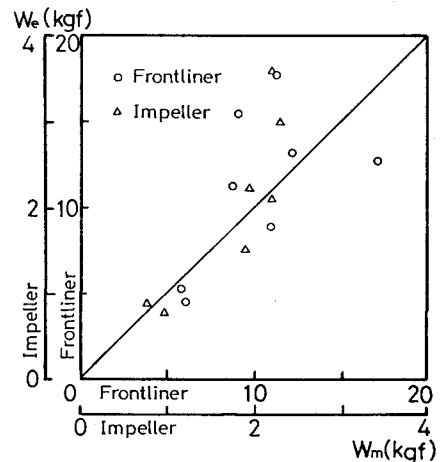


図6 摩耗量の実測値 W_m と
解析値 W_c の比較