

揚水ポンプの消費電力量計測による関門トンネル漏水流量の測定

鉄道総合技術研究所 正会員 坂井宏行
興和化成 正会員 平岩征一郎
九州旅客鉄道 日野登四男
正会員 ○ 江崎俊岳
鶴 英樹

1. 緒 言

山陽本線下関・門司間の関門トンネルは、戦前の 1942 年に完成した。これは世界最初に建設された海底トンネルであったため、その当時は漏水中に含まれる海水成分がもたらす種々の影響について議論はほとんどなされなかった。このため、トンネル内の排水処理に対して特別な配慮はなく、漏水流量の測定設備も整備されていなかった。ところが、漏水中に存在する高濃度の海水由来成分が、レールの腐食やコンクリート材料の劣化、電気設備の絶縁不良、排水工の機能低下を促進することがわかってきたので、現在では漏水流量をトンネル内の排水工の各位置において、三角ぜき法により測定している。この作業は当日の列車の運転状況に制限され、また、確保した列車間合いに限り許されるものであるため、短時間に手ぎわよく完了させる必要があり、結果的に多数の作業員を集中的に投入することをしいられる、きわめて効率の低い測定作業となっている。

しかし、この問題に対し、トンネル内に流入する漏水の総流量であれば、漏水が最終的に関門海峡へ放流されるさいに通過する揚水ポンプの運転実績を利用することができる。つまり、ポンプ運転時の消費電力量と総排水流量との関係をあらかじめ関数化しておくことで、計測した消費電力量の測定値から総排水量を求めることを試みた。その結果、関門トンネルにおいては、それら 2 者の間にきわめて良好な直線関係が成り立っていることを確認し、揚水ポンプの消費電力量を計測することで当該トンネルの総漏水量を簡易に、しかも、正確に測定できることを確認したので、その概要を報告する。

2. 実 験

2.1 関門トンネルの排水経路

関門トンネルには単線断面の本坑 2 本が平行して築造されており、本坑工事の着手前に試掘された調査坑がそれら両本坑の間にはさまれるように位置している。この調査坑は、現在、トンネル保守用の作業坑に転用されており、本坑に流入した漏水を陸上部に誘導するための重要な役割もになっている。それらの位置関係は図 1 および図 2 に示すとおりであり、トンネル内の漏水は、上下線別々に本坑の最深部（こう配変更点）に集約され、下り線

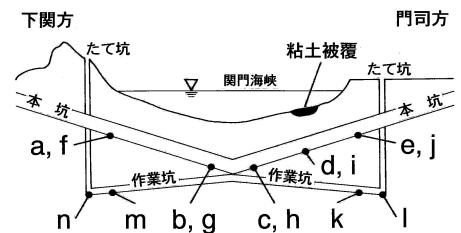


図 1 関門トンネル縦断面図

●：漏水の調査位置

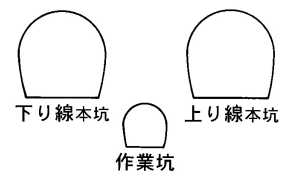


図 2 関門トンネル横断面図

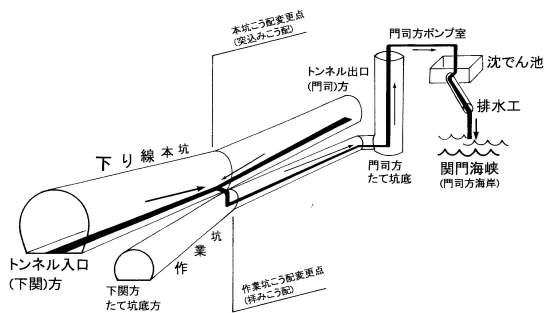


図 3 関門トンネル下り線系統の排水経路

の漏水は作業坑の門司方へ、上り線のそれは作業坑の下関方へそれぞれ排水されている。陸上部に位置しているたて坑上部には、このたて坑底に誘導された漏水を地上へ揚水するためのポンプが設備されており、関門トンネルのすべての漏水は、下り線系統にあっては門司方の、上り線系統にあっては下関方の海岸から関門海峡

キーワード： トンネル、漏水

連絡先（JR 総研）： 所在地, 185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38; 電話, 042-573-7265; FAX, 042-573-7398

へ放流されている。下り線の排水系統を図3に示すが、上り線の場合ではトンネル軸方向中間位置のこの配変更点を対称にした逆方向に排水されているほかは、下り線の排水方法とまったく同様である。

2.1 揚水ポンプの機能

関門トンネル全線に流入した漏水を地上に揚水し、関門海峡へ放流するために設備されているポンプはボア・ホール形で、門司方および下関方の両海岸にそれぞれ3台ずつ設置されている。ポンプ1台あたりの出力は30kWであり、排水機能は $1.4\text{m}^3\text{h}^{-1}$ である。ポンプには水槽（容積 80m^3 ）が付設されており、本坑から作業坑を経由してきた漏水はいったんこれに貯留される。そして、貯水が一定の高さに到達すると浮き子が押し上げられてポンプの開閉器に作用し、たて坑底から地上への揚水が始まる。そして、水槽内の排水が完了すると、ポンプは停止し、あらたな貯水が開始される。各ポンプの性能はほぼ同一であり、しかも3台のポンプはおよそ15分間おきに交互にはたらくので、排水機能に日較差はない。

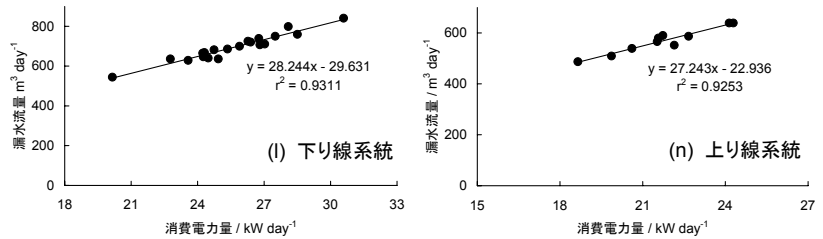


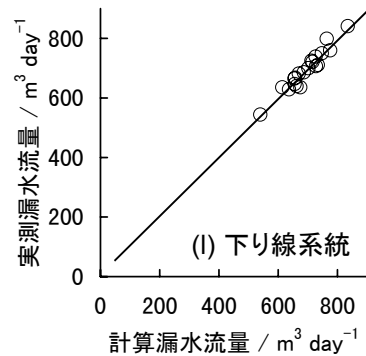
図4 揚水ポンプの消費電力量と総漏水流量との関係

2.2 揚水ポンプの消費電力量と総漏水流量の測定

24時間中に各ポンプが揚水するさいに消費する電力量を積算電力計で計測した。また、各たて坑底のポンプ付属の直方体形水槽へ3分間に貯留される漏水の高さを測定した。これに測量した水槽底面積を乗じて貯水速度を算出し、総漏水流量（ただし、上下線別、単位： $\text{m}^3\text{day}^{-1}$ ）を求めた。

3. 結 果

上下線各系統における揚水ポンプの1日あたりの消費電力量と上下線別の総漏水流量との関係を図4に示す。それらの関係は各系統とも直線関係となっており、その直線性はきわめて良好であった（最小二乗法により1次回帰させたそれら関数の直線性は、1次回帰直線の決定係数でそれぞれ、下り線系統で $r^2 = 0.9311$ 、上り線系統で $r^2 = 0.9253$ であった）。また、これらの回帰式によって求めた計算漏水流量と、水槽に貯留された漏水体積を実際に測量してえた漏水流量との関係を図5に示す。これに示すように、両者の関係は十分な精度で一致していることがわかる。



4. 考 察

揚水ポンプの消費電力量と総漏水流量とは1次直線関係となっており、総漏水流量はポンプの消費電力量によって算出することができる。また、この方法によりもとめた計算漏水流量は実測した総漏水流量とよく一致し、関門トンネルにおいては、その総漏水流量が揚水ポンプの消費電力量を計測することで間接的に、しかも正確に測定できることがわかった。

本法は、ポンプに取付けた積算電力計の電力量指示値を読み取るだけで総漏水流量を高精度で測定することができ、関門トンネルの漏水を管理するうえで、その省力化に寄与するものと考えられる。

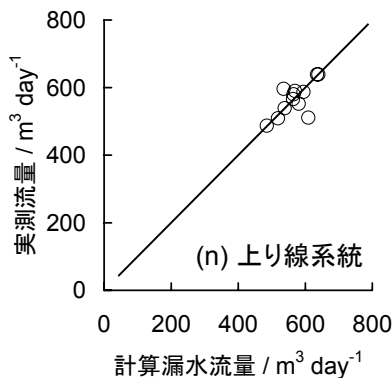


図5 計算漏水流量と水槽に貯留された漏水体積を実際に測量してえた漏水流量との関係