

1 まえがき

最近のシールド工法は、地盤の諸性質や環境保全の立場から、掘削工法にさまざまな工夫がなされて、めざましい発展をとけている。こういう状況の中でも圧気工法は、過去の実績からいまだまだ捨てがたく、その他の補助工法と組合せて大きな成果をおさめている。

圧気シールドの設備計画をおこなう際、空気消費量を正確に推定することが常に問題となるが、自信をもつて決めかねているのが実情であろう。これは、地中を流れる空気力学がいまだ理論的に解明されていないところに原因があるように思われる。こういう場合には経験則を対置して問題の処理に当るのが順当な方法であろう。

圧気シールドの空気消費量を算定する経験式といえば、Hewett Johannessson の式があるが、今回わが国で実施した圧気シールドでの空気消費量を実測した28例のデータについて検討した。その結果、新しい経験式を提案したが、空気消費量の計算精度をより高めることに役立ては幸いである。

2 圧気シールドの空気消費量に関する諸条件

1) 従来の経験式の条件

Hewett Johannessson の経験式は、周知のとおり $Q = K D^2$ ① でしめされている。ここに、 Q = 所要空気量 (m^3/min)、 K = 土質による係数 (一般土の平均 = 3.65、砂質土及び砂礫 = 7.3)、 D = トンネルの直径 (m) である。式に与えられている条件は、トンネルの掘削規模と大々つな土質要素の二つだけとなっている。これだけの条件でよいのかどうかを再検討してみる必要があらう。

2) 理論空気消費量の条件

空気消費量を概念的に規定するならば、次式であらわされよう。 $Q = Q_f + Q_t + Q_s + Q_e$ ②
式中、 Q = 理論空気消費量、 Q_f = 切羽面よりの漏気量、 Q_t = テールよりの漏気量、 Q_s = セグメントの隙間よりの漏気量、 Q_e = ロック閉閉による消費量である。 Q_f 、 Q_t 及び Q_s の値は、トンネルの掘削規模、土質、地下水位、及び圧気圧等によつて左右される。シールドの施工者の経験を聞くと、ロックの閉閉回数は、トンネルの掘削規模にほぼ比例するとのことである。経験式には、以上の諸条件を考慮する事が大切である。

3) 異常漏気の条件

ここでいう異常漏気とは、噴発現象に近い状態に達したときの漏気のことを想定している。異常漏気の例をみると、土被り厚さや被覆の程度不足、構造物の基礎、生物による穴跡、クラウトやボーリングの孔、池や川への接近など障害環境に直面している場合が多い。これらの条件は、事前によく調査して、異常漏気をおこさないように対処することの方が重要であつて、異常漏気量までを期待した空気消費量の算定式は、技術的に意味はない。

3 空気消費量の算定式

1) 経験式

前に検討した諸条件を要約して、経験式に最小限度考慮すべき条件は、① トンネルの規模 (断面積) ② 土質 ③ 圧気圧の三つである。以上の条件を導入して ① 式にかわるべき経験式をしめすと、次のようになる。

$Q = K_a \cdot P \cdot A$ ③ ここに Q = 所要空気消費量 (m^3/min)、 P = 圧気圧 (kg/cm^2)、 A = トンネルの断面積 (m^2)、 K_a = みかけの漏気係数である。

2) みかけの漏気係数 K_a の値

みかけの漏気係数 K_a は、土質によつて決まる値である。そこで、トンネル直径 D と圧気圧 P が明らかなもので、空気消費量 Q を実測した資料をもとにして、みかけの漏気係数 K_a を検討してみた。もちいた資料は、28例

で、直径1.5m~3.0mのもの9例、3.0m~6.0mが16例、6.0m~12.0mが3例であり、施工地域別では、東京20例、大阪3例、神奈川3例、愛知2例である。

③式より、 $K_a = Q / p \cdot A$ ④ が得られ、この式で計算した値を砂礫、砂質土、粘性土ごとに分類して、その値の分布と実用上の範囲をしめすと、図-1及び表-1のようになる。

図-1 みかけの漏気係数 K_a の分布

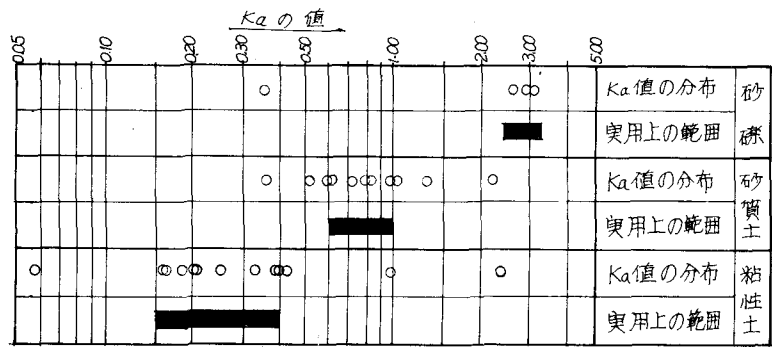


表-1 K_a の値

土質	実用上の範囲	平均値
砂礫	2.5~3.1	2.70
砂質土	0.6~1.0	0.78
粘性土	0.15~0.4	0.23

4 算定式の信頼度

空気消費量の実測値を Q 、計算値を Q' として、従来の経験式で計算した値と、新しい算定式で計算した値とを比較すると、図-2及び図-3となる。この図での特徴をみると、従来の経験式で計算した値は、実測値の2~5倍となるものが多く、新しい算定式によれば、計算値が実測値の±30%の範囲に入るものが大半を占めている。(平均 K_a をもちいて計算)

計算値/実測値= m の値をとってみると、図-3では $m=0.7\sim1.3$ の範囲にあつて、 m の下限値を0.7とみなせば、実際の圧気設備を計画する場合には、計算値の $1/0.7=1.43$ 倍(実用的には1.5倍)の安全率を考慮する必要がある。

5 まとめ

要約すると次のようになる。

1) 圧気シールドの空気消費量は、トンネルの規模、土質、圧気圧などの条件によつて左右され、算定式としては、 $Q = K_a \cdot p \cdot A$ であらわした方が、より妥当性を得ている。

2) みかけの漏気係数 K_a は、我が国の施工例28のデータをもちいて整理すると、砂礫で2.70、砂質土で0.78、粘性土で0.23となる(但しいずれも平均値)

3) K_a の平均値をもちいて、新しい算定式で空気消費量を計算してみると、実測値に対して±30%の範囲におさまるものが多く、従来の経験式よりも信頼度が高いといえる。

図-2 従来の経験式による値と実測値の比較

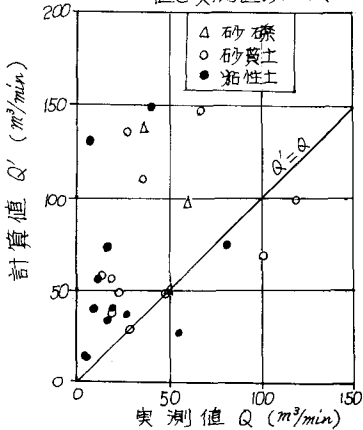
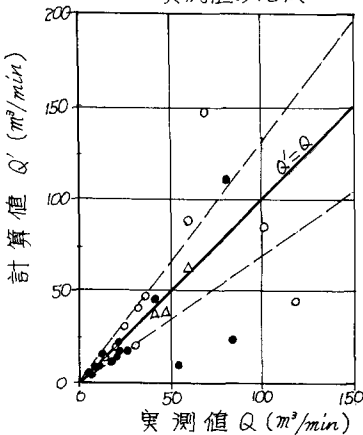


図-3 提案式による値と実測値の比較



(参考文献)

- 1) 土木学会編「わが国シールド工法の実施例」オ1集
- 2) 矢野信太郎著「シールド工法」鹿島研究所出版会、昭和40年12月、