

土壌の受食性試験法に関する研究

京都大学防災研究所 正会員 芦田和男

シ シ シ 澤井健二

京 都 府 シ オ 齊藤 修

まえがき 土壌侵食を考える上で、土のもつ受食性は非常に重要な因子であるが、これには粒径・密度・含水比のほか多くのものが関係し、非常に複雑である。そこで、本研究では、土壌の受食性を「単純化されたある特定の条件下での外力と侵食速度の関係」としてとらえ、それを定量的に評価する内筒回転式受食性試験法を考案・開発した。

1. 内筒回転式受食性試験法 従来の侵食試験法には、現地調査・実測、人工降雨による試験、開水路あるいは管路を用いたもの、回転内筒(外筒回転式)、Jetによるものなどがあるが、原位置で手軽に行えるものがなく、その開発が切望されている。そこで、図-1のような内筒回転式受食性試験法を考案した。装置は、写真-1に示すようなもので、支持台はチャンネルをH型にボルトで止め、パイプで高さを変えられるような構造にしてある。回転部分はモーターを使用し、その軸にトルクメーターをつけ、円筒を連結させた。せん断力 τ は、壁面全体のせん断力のモーメントの和としてトルクメーターで測定され、侵食速度 E は、供試体に供給する水量と水位の関係から、内径の変化を求めて算定する。いま、供試体の高さを H 、回転を始める前の内径を r_1 、停止後のそれを r_2 、トルクを M 、回転時間を t とすると、

$$E = \frac{r_2 - r_1}{t} \dots\dots (1) \quad \tau = \frac{M}{2\pi r^2 H} \dots\dots (2)$$

ただし、 $\bar{r} = \frac{r_1 + r_2}{2}$ である。このようにして求まるせん断力と侵食速度の関係によって、個々の土壌の受食性を定量的に評価することができる。

2. 共軸円筒内の流れ 図-2は円筒の中央高さでの流速分布を表したもので、外壁で0、内壁で内筒の周速になるものと考えられるが、中間領域では内筒に近づくにつれ、わずかに増加しているものの、内筒の周速の約40%でほぼ一定とみなせる。

また、流れが高さ方向に一様であるとして、二次流の影響を省略すれば、遠心力と重力のつり合いから、水面勾配は、

$$\frac{dh}{dr} = \frac{v^2}{g r} \dots\dots (3)$$

となり、外筒付近で緩く、中間領域でほぼ一定、内筒付近で急になると考えられる。とこ

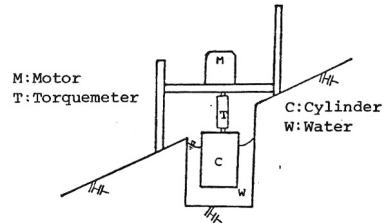


図-1 内筒回転式原位置受食性試験法

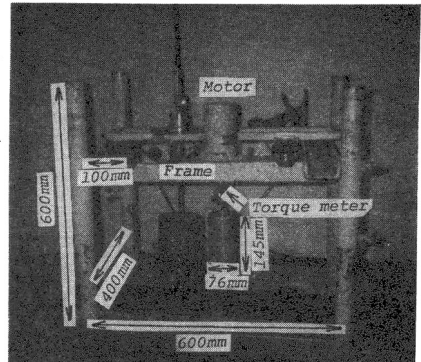


写真-1 試験装置の試作品

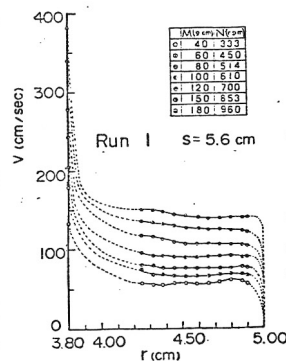


図-2 流速分布

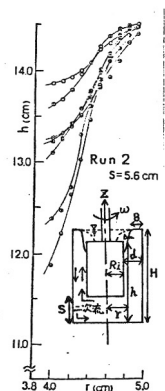


図-3 水面形

ろが、図-3に示すように実際の水面形は、内筒付近で勾配が緩くなる傾向がある。この最も大きな原因は、底面摩擦による内筒側で下から上へ流れる二次流であると考えられる。

ところで、せん断力 τ を定める式(2)は、側面に比べて底面の摩擦が十分に小さい場合の近似式であるが、本実験においてこの条件が満たされているか否かを検討するために、レイノルズ数($Re = \frac{dR_z w}{\nu}$)とトルク係数($C_M = \frac{M}{\frac{1}{2} \rho \omega^2 r^2 h}$)の関係をプロットし、Taylorの理論直線¹⁾と比較したのが図-4である。

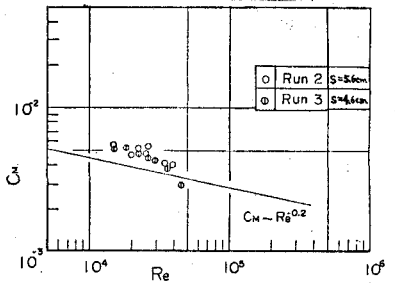


図-4 Reと C_M の関係

実験値の方がやや大きくなっているのは、底面摩擦による直接的なトルクの増大のほかに、二次流などの複雑な流れの機構を反映しているものと考えられる。

3. 人工試料を用いた侵食実験 粘着性材料として、ベントナイト(Series B)および砂にベントナイトを10%混合したものの(Series S)を用い、含水比 W とトルク M を変化させて、受食性試験を行った。ただし、含水比はベントナイト分に対するものである。実験は、パイプ状の供試体を作り、試験装置にセットして水浸状態で10分間放置させた後、一定時間内筒を回転させて、断面変化を測

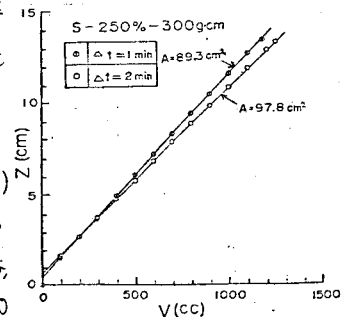


図-5 供試体の断面変化(給水量と水位の関係)

定した。図-5は、Series S- $W=250\%$ - $M=300g/cm$ の断面変化を表したものであり、壁面はほぼ一様に後退していることがわかる。図-6は、式(1)および式(2)から算定した壁面せん断力と侵食速度の関係をプロットしたものである。

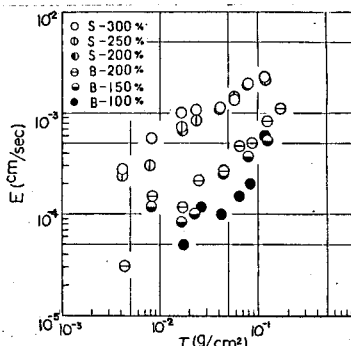


図-6 内筒回転式侵食試験による τ と E の関係

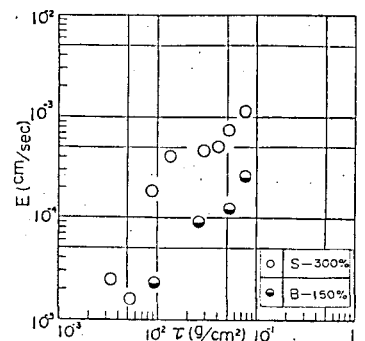


図-7 水路実験による τ と E の関係

4. 開水路流れによる侵食との対応

図-7は、上と同じ人工試料を

用いて行った開水路侵食試験による、せん断力と侵食速度の関係を示したものである。図-6と図-7を比較すると、同一の材料、同一のせん断力に対する侵食速度は、内筒回転式の方が2~3倍大きくなっており、現在のところ充分な対応がついていない。この原因としては、回転流れと開水路流れの構造の違い、二次流の影響、側面侵食と底面侵食の違い(重力の影響)、剥離した土砂による摩擦効果や流れの変化などが考えられ、今後検討を進めたい。

むしろ本試験法は、土壌の受食性を調べる上で有望な方法であることがわかったが、粘着性材料を含んでいない試料や含水比が極端に大きいか極端に小さい試料では、垂直な壁面を作成することができず、適用限界の生じることが考えられるので、今後自然土に対する適用性を検討し、実用化を図りたいと考えている。

参考文献 1) Schlichting, Boundary-Layer Theory, McGRAM HILL, PP.500~508.