

粘着性地盤の侵食速度

建設省土木研究所 ○欧 国強

石川 芳治

前田 昭浩

1. はじめに

粘着性地盤の流水による侵食の特性を究明するために、本研究では地盤侵食抵抗試験機(図-1)を用いて関東ロームの侵食特性と侵食速度を検討している。なお、試験方法については文献1)と2)を参考されたい。

2. 侵食速度の評価方法

地盤の侵食速度は本質的には地盤の侵食に対する抵抗力と水流の持つ侵食力によって決められここに述べるように2段階に分けて検討した。

2.1. 侵食速度～水理量

侵食速度式は

$$E = \alpha(u_x - u_{x0}) \text{ 或いは } E = \alpha(\tau - \tau_0)^{1/2} \dots (1)$$

で表されることが多いが、現時点では u_x や τ の測定は行っていないので、 u_x や τ の代わりに回転速度 N を指標とすると、(1)式は次のように書き換えることができる。

$$E = \alpha(N - N_0) \dots (2)$$

ここに、 E :平均侵食速度、 α :侵食係数、 u_x :摩擦速度、 u_{x0} :限界摩擦速度、 τ :底面付近の掃流力、 τ_0 :限界掃流力、 N :回転速度、 N_0 :限界回転速度である。ちなみに、 $u_x \leq u_{x0}$ 、 $\tau \leq \tau_0$ 、 $N \leq N_0$ の場合には $E = 0$ と見なせる。

平均侵食速度 E と回転速度 N との関係は図-2よりほぼ(2)式で近似できる。しかし、土の締め固め度(コーン指数 q_c 等で表す)が異なると、侵食係数 α の値(直線の傾き)および限界回転速度 N_0 の大きさが異なると考えられる。実験結果から、①均一土(同じ種類、同じ締め固め度)の場合には、 $\alpha = \text{const.}$ 、 N_0 (或いは u_{x0} 、 τ_0) $= \text{const.}$; ②土の種類が異なる、或いは同じ種類の土であっても締め固め度が異なると、 α や N_0 (或いは u_{x0} 、 τ_0)が異なる、すなわち α や N_0 (u_{x0} 、 τ_0)が土の種類と締め固め度の関数であることが分かる。そこで、次の評価方法を導入する必要があると考えられる。

2.2. 侵食速度～水理量+土質強度

上述のように、関東ロームの侵食速度は水

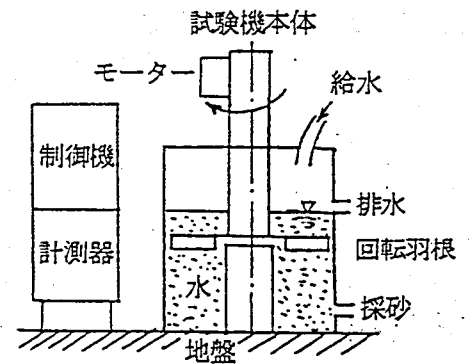


図-1 地盤侵食抵抗試験機概略図

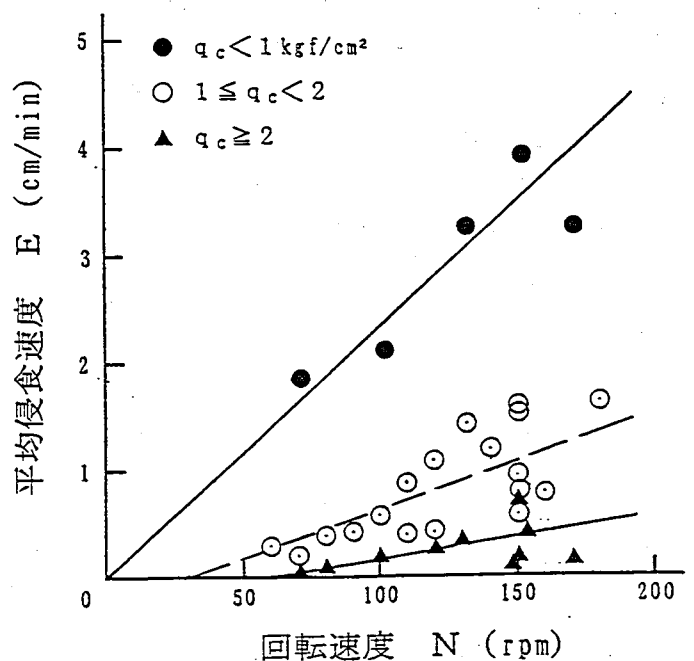


図-2 平均侵食速度と回転速度との関係
(関東ローム・土木研究所構内)

理量と土質強度定数により影響されることが分かった。土壌侵食に関連する土質強度定数については主に粘着力、内部摩擦角及び締め固め度を示すコーン指数等がある。本研究では、現場でも土層の性質（強度）が不攪乱のまま容易に測定できるコーン指数を土層の特性を表す指標として調査し侵食速度との関連について検討した。関東ロームの平均侵食速度とコーン指数の関係は回転速度を一定とすると図-3より次式で表される。

$$E = 1.4 q_c^{-1.5} \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 q_c ：コーン指数である。

以上より、土の平均侵食速度は一般的に次のように表せる。

$$E = \alpha' (u_x - u_{x0}) (q_{cc} / q_c)^\beta \dots (4)$$

ここに、 α' ：侵食係数、 β ：指数である。
 q_{cc} ：限界コーン指数であり、 $q_c \leq q_{cc}$ の時 $E > 0$ ； $q_c > q_{cc}$ の時 $E = 0$ で定義され、すなわちある水流に対して土が侵食するかしないかの境界である。ちなみに、「侵食しない」ということは厳密なものではなく、実用的な立場から「土砂の侵食速度が大きくなり、実的には無視できるような状態を指す」ということを意味する。

ここでは、(4)式を

$$E = \alpha' (N - N_0) (q_{cc} / q_c)^\beta \dots\dots\dots (5)$$

と表す。 α' 、 β は土の種類によって異なるが実験により求めることができる。例えば $N = 150 \text{rpm}$ で、 $E \leq 0.001 \text{cm/min}$ の時侵食が無視できると仮定すれば、図-3より限界コーン指数 $q_{cc} = 125 \text{kgf/cm}^2$ 、また図-2と図-3により侵食係数 $\alpha' = 6.68 \times 10^{-6}$ 、指数 $\beta = 1.5$ となる。この時、関東ロームの平均侵食速度の式は

$$E = 6.68 \times 10^{-6} (N - N_0) (q_{cc} / q_c)^{1.5} \dots\dots\dots (6)$$

となる。また、 N_0 は土壌の物理・力学的性質（例えば粒度分布、平均粒径、密度、粒子の配列、粘着力、コーン指数等）により左右され、 q_{cc} は土壌の物理・力学的性質だけでなく水流の強さや性質（ N 、 u_x 、 τ 、粘度等）に関係があると考えられる。これらの値はいずれも実験により求めることができる。

3. おわりに

以上、関東ロームを例にして粘着性地盤の侵食速度を推定する手法を検討し、いくつかの式を提案した。今後、回転流（地盤侵食抵抗試験機をつくる流体）自身の水理特性例えば回転速度 N と摩擦速度 u_x （または掃流力 τ ）との関連等を検討して行きたい。

最後、実験の一部を御協力頂いた筑波大学農林工学系前田勝弘氏に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 欧国強・石川芳治・前田昭浩・草野慎一 (1993)：地盤侵食抵抗に関する基礎的試験、平成5年度砂防学会研究発表会概要集、pp.197~198
- 2) 欧国強 (1993)：粘性地盤の侵食特性に関する研究、砂防学会ワークショップ「粘着性地盤の侵食機構に関する研究」（主催者：欧国強）資料集、pp.94~109

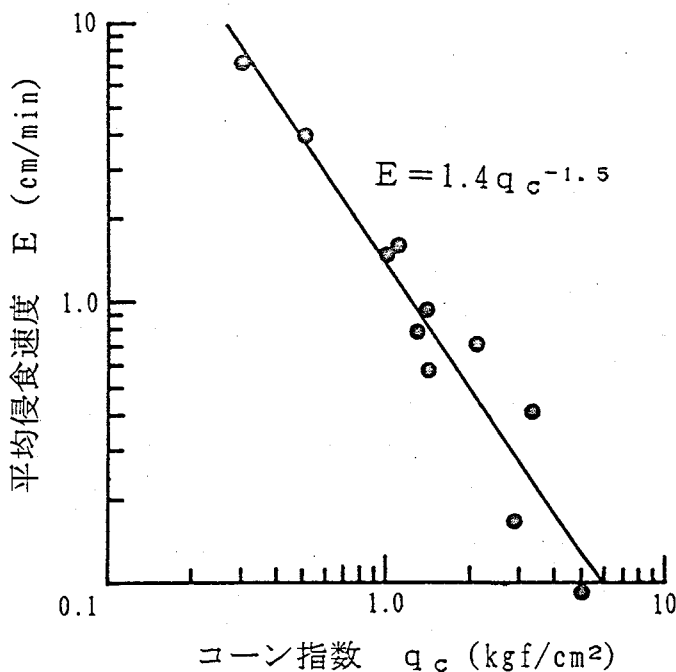


図-3 平均侵食速度とコーン指数との関係
 (関東ローム・ $N = 150 \text{rpm}$)