ガリ浸食に関する研究

岐阜大学工学部　河村三郎

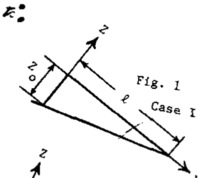
1. ガリ床面の時間的変動

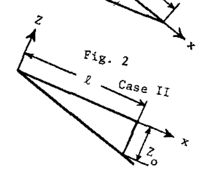
ガリ床面に沿って流下方向にx軸をとり，流砂の連続式，流砂量公式としてBrown形式の式，抵抗法則としてManning公式，および流水に関する運動方程式から次の熱伝導の式を誘導した。[1]

$$\frac{\partial z}{\partial t}=K\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \text{------------} (1),\quad \text{ここに}\ K=\frac{7(1+2p)\beta g q}{20(1-\lambda)\varphi}u_*^{2(p-1)} \text{------------} (2)$$

pとβ：流砂量公式から決定される常数，g：重力の加速度，q：単位幅流量，u_*：摩擦速度，λ：空げき率，$\varphi=u/u_*$，u：平均流速。pの値については，軽量骨材（1.00 mm），河川砂（0.44 mm），珪砂（1.18 mm）を使用したガリ浸食の実験から$p=2.0$が得られた。またKの値については，軽量骨材：$K=8.86\times10^{-1}\ m^2/sec$（5回の実験の平均値），河川砂：$K=1.82\times10^{-1}\ m^2/sec$，（5回の実験の平均値），珪砂：$K=1.26\times10^{-2}\ m^2/sec$（16回の実験の平均値）が得られた。

Figs. 1, 2に示した二つの場合について式(1)を解き，つぎの解析解が得られた：





Case I (Fig.1)

$$\frac{z(x,t)}{z_0}=-\left(1-\frac{x}{\ell}\right)+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2}{n\pi}\exp\left(-\frac{n^2\pi^2Kt}{\ell^2}\right)\sin\frac{n\pi x}{\ell} \text{------} (3)$$

Case II (Fig.2)

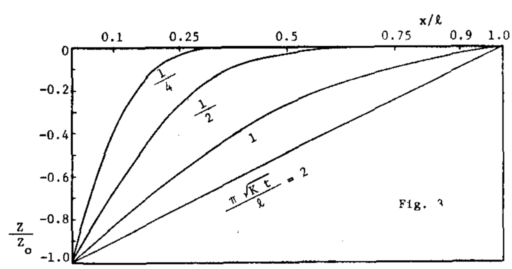
$$\frac{z(x,t)}{z_0}=-\frac{x}{\ell}+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2}{n\pi}(-1)^{(n+1)}\exp\left(-\frac{n^2\pi^2Kt}{\ell^2}\right)\sin\frac{n\pi x}{\ell} \text{-------} (4)$$

$\pi\sqrt{Kt}/\ell$ をパラメーターにとり式(3)と式(4)の関係をFigs. 3, 4に示した。

2. ガリ浸食による流出土砂量

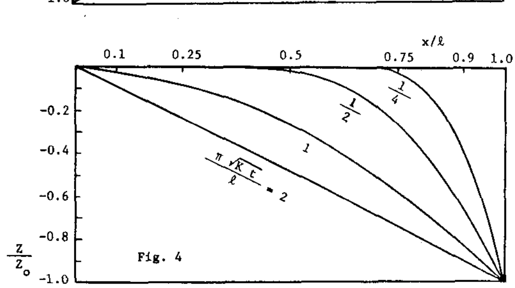
(A) 長方形断面：ガリの幅を$B(=const)$とすると，流出土砂量Q_Gは，つぎの式で与えられる：

$$Q_G=\int_0^{\ell}z(x,t)\cdot B\,dx \text{--------------} (5)$$



i) Case I：式(5)に式(3)を代入して積分すると，

$$\frac{Q_G}{Bz_0\ell}=\frac{1}{2}-\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2[1-(-1)^n]}{n^2\pi^2}\exp\left(-\frac{n^2\pi^2Kt}{\ell^2}\right) \text{--------} (6)$$



ii) Case II：式(5)に式(4)を代入して積分すると，式(6)と同一の結果が得られる。式(6)は$t\to\infty$のとき$(Q_G/Bz_0\ell)=1/2$となる。また$t=0$のとき，$\sum_{n=1}^{\infty}2\{1-(-1)^n\}/n^2=\pi^2/2$であるから$(Q_G/Bz_0\ell)=0$となる。$Q_G/Bz_0\ell$と$\sqrt{Kt}/\ell$との関係を示すと，Fig. 5のようである。$t=t_1$から$t_2$までの間に流出した土砂量は，式(7)のようになる：

$$\frac{\Delta Q_G}{B z_0 l} = \sum_{n=1}^{\infty}\left\{\frac{2[1-(-1)^n]}{n^2\pi^2}\exp\left(-\frac{n^2\pi^2 K t_2}{l^2}\right)\right\} - \sum_{n=1}^{\infty}\left\{\frac{2[1-(-1)^n]}{n^2\pi^2}\exp\left(-\frac{n^2\pi^2 K t_1}{l^2}\right)\right\} \quad \text{-------------- (7)}$$

$\sqrt{Kt_1}/l$ をパラメーターにとり $\Delta Q_G/Bz_0 l$ と $\sqrt{Kt_2}/l$ との関係を示すと Fig. 6 のようである。

<u>(B) 三角形断面</u>：Fig. 7 のようにガリの側面こう配を $1:m$ とすると，$B = 2mz$，

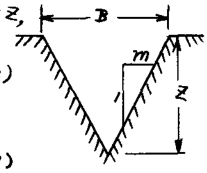


Fig. 7

断面積は $A = Bz/2 = mz^2$，したがって Q_G は，$Q_G = \int_0^l A\,dx = m\int_0^l z^2\,dx$ ------- (8)

式 (8) に式 (3) を代入して，式 (9) が得られた。

$$\frac{Q_G}{m z_0^2 l} = \frac{1}{3} - \sum_{n=1}^{\infty}\frac{4}{n^2\pi^2}\exp\left(-\frac{n^2\pi^2 Kt}{l^2}\right) + \sum_{n=1}^{\infty}\frac{2}{n^2\pi^2}\exp\left(-\frac{2n^2\pi^2 Kt}{l^2}\right) \quad \text{---- (9)}$$

$t\to\infty$ のとき $(Q_G/mz_0^2 l) = 1/3$ となる。$2mz_0 = B_0$ であるから $(Q_G/B_0 z_0 l) = 1/6$ となる。$t=0$ のときは，$\sum_{n=1}^{\infty} 1/n^2 = \pi^2/6$ であるから $(Q_G/mz_0^2 l) = 0$ となる。m をパラメーターにとり，$Q_G/z_0^2 l$ と $\sqrt{Kt}/l$ との関係を示すと Fig. 8 のようである。式 (8) に式 (4) を代入しても，式 (9) が得られる。

<u>文献</u>：1) 河村・横山・日柄，"ガリ浸食に関する研究，" 第28回年次学術講演会講演概要集，第2部，土木学会，昭和48年10月，pp. 329–330.

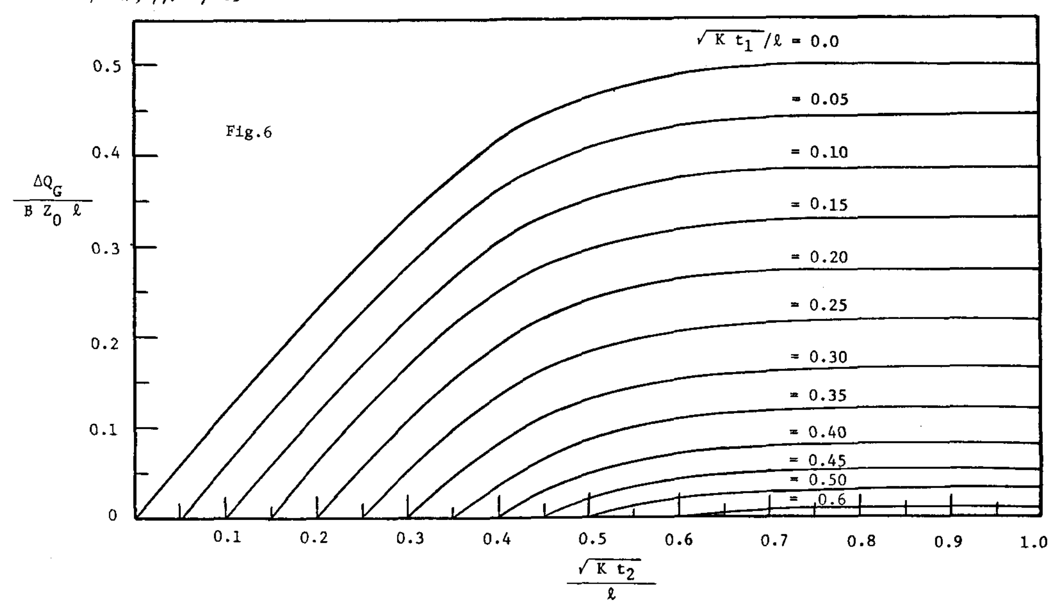


Fig.6

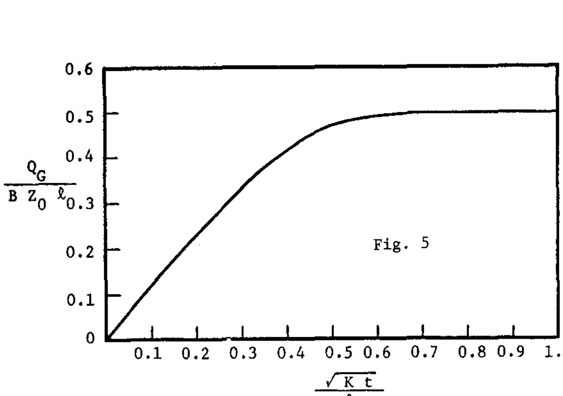


Fig. 5

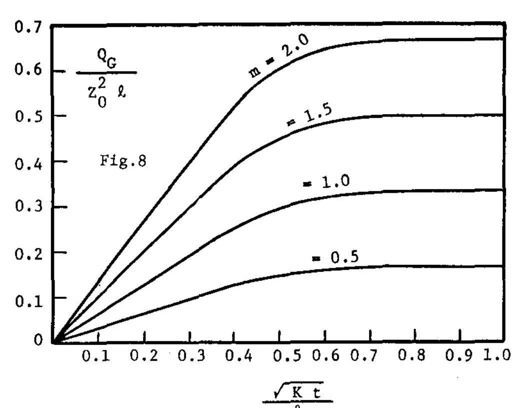


Fig.8