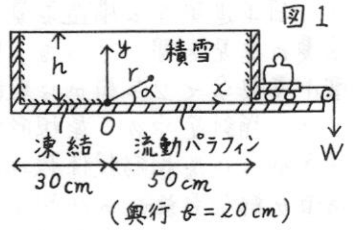
斜面積雪におけるクラックの発生と応力集中

遠藤八十一・秋田谷英次（北大・低温研）

斜面積雪におけるクラックの発生は、ある領域の積雪の斜面方向分力が積雪底面の支持力より大きくなることに基因する。このような領域の上流境界には大きな応力集中が起り、これがある値に達したときクラックが発生すると考えられる。そこで、図1のような実験を行ない図の0点近傍の力学的状態およびクラックの発生条件を調べた。



1.「0点近傍の応力分布と応力拡大係数」図1のような幾何学的状況における応力集中の問題は、破壊力学におけるき裂先端問題と類似で、線形粘性体に対する解（応力場、変位場）は次式で与えられる。

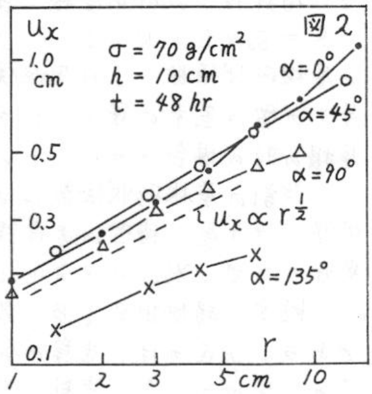
$$\left.\begin{matrix}\sigma_x\\ \sigma_y\\ \tau_{xy}\end{matrix}\right\} = \frac{K}{\sqrt{2\pi r}}\left\{\begin{matrix}\cos\frac{\alpha}{2}\left(2-\sin\frac{\alpha}{2}\sin\frac{3\alpha}{2}\right)\\ \cos\frac{\alpha}{2}\sin\frac{\alpha}{2}\sin\frac{3\alpha}{2}\\ \sin\frac{\alpha}{2}\left(1+\cos\frac{\alpha}{2}\cos\frac{3\alpha}{2}\right)\end{matrix}\right\} \quad (r \ll h) \qquad (1)$$

$$\left.\begin{matrix}u_x\\ u_y\end{matrix}\right\} = \frac{K}{G'(t)}\sqrt{\frac{r}{2\pi}}\left\{\begin{matrix}\cos\frac{\alpha}{2}\left(\kappa+1+2\sin^2\frac{\alpha}{2}\right)\\ \sin\frac{\alpha}{2}\left(\kappa-1-2\cos^2\frac{\alpha}{2}\right)\end{matrix}\right\} \quad (r \ll h) \qquad (2)$$

ここでKは応力拡大係数と呼ばれ、図1の場合

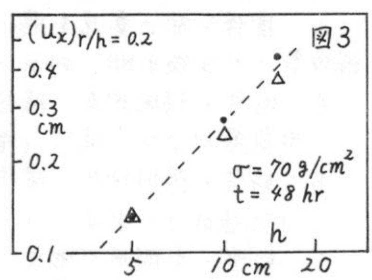
$$K \simeq \sigma\sqrt{h/2} \qquad (\sigma = W/(h\cdot b)) \qquad (3)$$

積雪における応力と歪速度の関係は線形ではない。しかし、低応力下では線形で近似できる。そこで、図1の実験により0点近傍の変位を測定し、上式が成立つか調べてみた。図2は、x方向の変位 u_x を r に対してプロットしたもので、0点近傍 $r \ll h$ における変位場は(2)式で近似（従って応力場は(1)式で近似）できることを示している。(3)式Kを(2)式に入れると、u_x は次式となる。



$$u_x = \frac{\sigma}{G'(t)}\sqrt{r\cdot h}\cdot g(\alpha) = \frac{\sigma\cdot h}{G'(t)}\sqrt{\frac{r}{h}}\cdot g(\alpha)$$

そこで、厚さ h が 5、10、15 cm の試料に同じ引張り応力 $\sigma = 70\ g/cm^2$ を負荷し、$r/h = 0.2$ における変位 $(u_x)_{r/h=0.2}$ を h に対してプロットした（図3）。$(u_x)_{r/h=0.2}$ は h に比例しており、図3はKが(3)式にほぼ従うことを示している。



2.「クラックの発生条件」応力拡大係数Kは0点近傍の応力場の強さの程度を示す係数である。そこで、Kが限界値 K_c に達した時、クラックが発生すると考えると、

破壊の起る負荷応力 $\sigma_c = K_c\sqrt{2/h}$ (4)

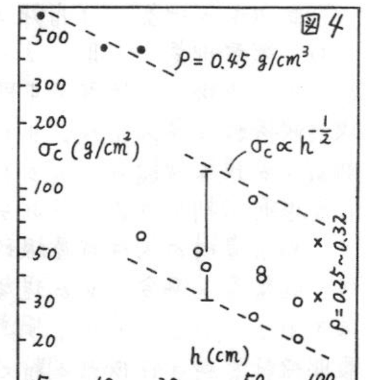


図4は、実験で得た σ_c と h の関係を示したもので、(4)式の破壊規準にほぼ従っている。更に多くの実験が必要である。