

砂防堰堤放水路の形状に関する実験的研究
 —鋼製スクリーン堰堤堰冠部の取付角度について—

信州大学農学部 堀内照夫, 鳥山清美, 宮崎敏孝

鋼製スクリーン堰堤は、昭和40年以降、治山の分野で、主として中、小溪流に対して、山脚の固定、侵食の防止を目的として築設されている。筆者らは、過去3年、長野県下における鋼製スクリーン堰堤の施工実績を調査し、いくつかの問題点を指摘した。今回は、そのなかで、コンクリート基礎工との関連において、下流部保護の問題をとりあげ、堰冠部に傾斜をつけることによって越流する流水、混合石礫をできるかぎり遠方へ落下させることを目指して基礎的な研究を行った。

鋼製スクリーン堰堤の築設は、越流する石礫がコンクリート基礎部を直撃しないようにする配慮から、コンクリート基礎工を放水路天端の直下部までにとどめている施工例が多い。そのため、バットレス固定の基礎工が十分でなく、縁部が落石の衝撃を受けて破壊されている。このことは、コンクリート基礎工の衝撃破壊にとどまらず、バットレスの固定に重大な影響を及ぼすと考えられる。この場合、コンクリート基礎工を下流側へ延ばせば水叩工の役割を果たし、下流部の洗掘はカバーすることはできるが、落石がバットレスの固定部を衝撃するのは避けることはできない。鋼製スクリーン堰堤の堰冠縁の幅は408～425mmで、この部分を下流側へ傾斜をつけることによって、落石の到達距離が最大になるような傾斜角を求めようと考えた。現実的には越流水中の混合石礫は流水中に含まれるもの、転動、滑動するものに分れて一様でなく、運動は複雑であって、これを理論的に解くことは困難である。従って実験的に求める必要があるが、本研究では特殊な条件について考察した。

1. 斜面を飛び出す物体の運動

図-1のように、ある物体が傾斜角 α をもった斜面ABをAから長さ s だけ転がり落ち或は滑り落ちて、B点において速度 V_s で飛び出した場合を考えると、到達距離 X は次式で与えられる。

$$X = -\frac{V_s^2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g} + \frac{V_s}{g} \cos \alpha \sqrt{V_s^2 \sin^2 \alpha + 2g(Y - s \sin \alpha) + S \cdot \cos \alpha}$$

飛び出し速度 V_s について物体が斜面を転がり落ちる場合(転落)と滑り落ちる場合(滑落)を考える。図-2の転落の場合には、飛び出し速度 V_s は $X = S$ とおいて、 $V_s = \sqrt{V_0^2 + \frac{10}{7} g \cdot S \cdot \sin \alpha}$ 図-3の

滑落の場合は摩擦係数を μ とすると、 $V_s = \sqrt{V_0^2 + 2gS(\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)}$ となる。

到達距離 X は、 S, Y, α, V_s の函数である。ここでは石礫をできるだけ遠くに落とすことを考えて角度をつけるわけであるから、 X の最大になる角度——最大到達角度——を求めてみると図-4のようになる。

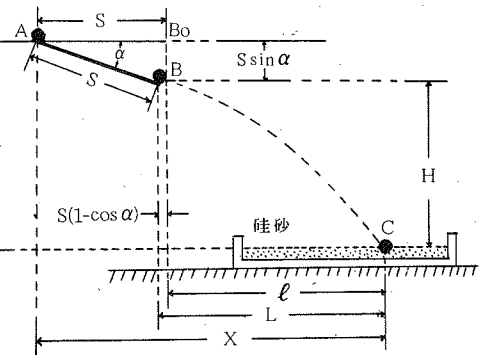


図-1 実験装置、到達距離

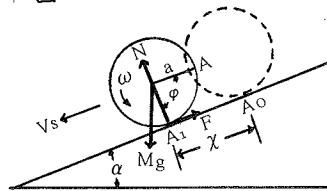


図-2 斜面を転がる球の運動

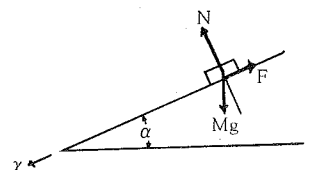


図-3 斜面を滑落する物体の運動

この図から次のことがわかる。

- (1). 初速が増すにつれて最大到達角度は小さくなる。
- (2). 高さが増すにつれて最大到達角度は大きくなる。
- (3). 摩擦係数などが大きいほど飛び出し速度は小さくなり、従って最大到達角度は大きくなる。

実際の石礫は斜面上を単なる転落や滑落だけで落下しないから、両者の中間的なものを考え、また、現実的に問題になるのは初速が小さいときであるから、斜面の傾斜角としては25°~35°程度をつけるのが良いと思われる。

2. 実験および結果

前述の理論を確かめるために実験を行った。実験は図-1に示した装置を使用し、小さな角度でも落下し、測定しやすい球体(鋼球、磁裂球、ガラス球、自然石、大豆、小豆)を用い、斜面長さ $s=30\text{cm}$ とし、落下高、傾斜角を変化させて、到達距離を測定した。その結果を整理したのが図-5である。また、空気抵抗などを無視して、実験値から飛び出し速度を逆算し、球の理論値との比(速度比)を求めて比較した。

3. 考察

(1). 斜面を転がる球の運動は

$$V_s = \sqrt{V_0^2 + \frac{10}{7} g \cdot s \cdot \sin \alpha}$$

で示され、鋼球を使用した実験結果は、この運動方程式を十分満足することを示した。

(2). 磁裂球、ガラス球、自然石など球形が不整のために到達距離は小さくなったが、速度比を示すと、鋼球：96%、磁裂・ガラス球：91%、自然石：79%であった。球の運動に類似しており、この式は実用的にも適用できることを示唆した。

(3). 鋼製スクリーン堰堤堤冠部につける傾斜角すなわち最大到達角度は実験の結果も25°~35°が適当であることを示した。

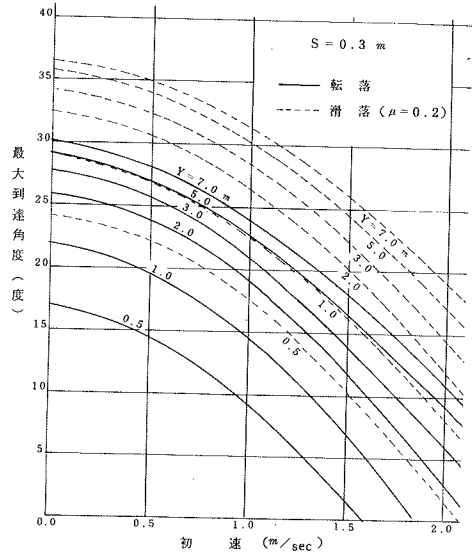


図-4 初速、落下高の相違による最大到達角度の変化

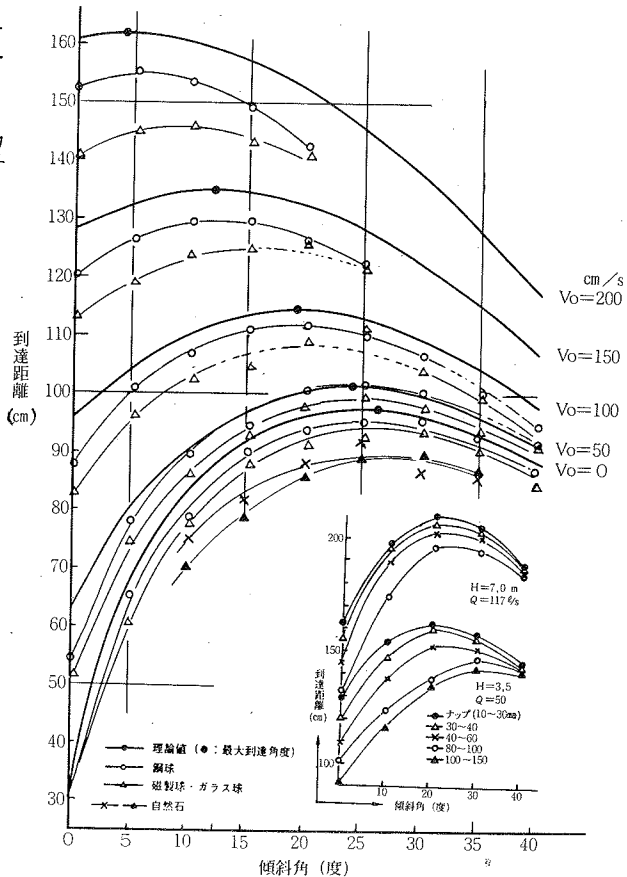


図-5 初速の相違による到達距離の変化