

## (26) 治山・砂防堰堤に対する転石の衝撃力について

信州大学農学部 堀内照夫・宮崎敏孝  
一志設計事務所 片瀬 覚

治山・砂防堰堤を設計する場合、従来は、外力として水圧、堆砂圧を考えて安定条件を検討し、揚圧力、地盤力については特別の場合のほかは考慮する必要はないとしてきてきた。また、土石流で流送される転石の衝撃力については、衝撃力をものと適確に把握することが困難であったこと、及び、治山・砂防堰堤は築設後すみやかに満砂するので衝撃力を直接受けることが少ないと理由で考慮されなかった。<sup>1)</sup>ところが、最近、土石流によって流送される転石の衝撃力によって、満砂している治山・砂防堰堤の袖部が破壊される事例が多くなっている。<sup>2), 3)</sup>このことは、近年、治山・砂防堰堤を山間奥地の河川、すなわち、土石流が発生する危険性の多い野渓へ築設しなければならない状況が増大しているにも拘らず、衝撃力を考慮した断面決定及び対応がなされていないことに起因している。そして、この傾向は、今後ますます多くなると推察され、土石流中の転石による衝撃力を推定し、その破壊機構を把握して対応策を検討することは緊急の要件である。土石流中の転石が治山・砂防堰堤に衝突するときの衝撃力を推定する試みは、京都大学防災研究所、建設省松本砂防工事事務所の共同研究<sup>4)</sup>により、焼岳、上々堀沢における土石流観測から始められた。その過程で、既設砂防堰堤にアルミ製圧痕板を設置し、流動する転石が圧痕板に衝突したときに形成される圧痕の直径から衝撃力相当荷重を測定し、最大 $6 \text{ ton}$ の衝撃力が記録された。また、鳥山<sup>5)</sup>は、天竜川右支矢田切沢上流オシボロ沢(長野県上伊那郡飯島町)に築設された鋼製スクリーン堰堤が土石流によって破壊された。その破壊状況を調査し、鋼製スクリーン堰堤斜梁柱の先端に大転石が衝突し、曲げ破壊をおこしたとして破壊荷重を求め、 $2.5 \text{ ton}$ であると推定した。その後、奥田<sup>6)</sup>、水山<sup>7), 8)</sup>らによって完全弾性球体の衝突理論に基く衝撃力推定式が提示されたが、前者は岩石物性値が十分でない段階での問題点を、後者はエネルギー損失の評価の仕方による留意点をあげ、ともに現実の現象に近い実験によって検討することの必要性を指摘している。一方、コンクリートの力学的性質として繰返し荷重が加わる場合、作用する応力度が小さければ、疲労限度の存在は確認されていないことが認められている。<sup>9)</sup>これらのことから、土石流中の転石が治山・砂防堰堤に衝突する場合を考えると、粒径の小さいもの(衝撃力が小さい)が多数(上述10)の実験では $2 \times 10^6$ 回)衝突しても耐えられるが、応力度の大きい、大転石の衝突によって破壊されることが推定される。そこで、治山・砂防堰堤を破壊させる衝撃力は単体の單一運動による衝撃力を推定することを考えればよいことになる。

1. 実験方法 実際の現象に近い実験を行なうためには衝突物体として転石を用い、マスコンクリートに衝突させることが必要であるが、自然石を使用する場合、実験の再現性が困難である。そこで、実験に再現性をもたせ、操作が簡単である鋼球を衝突物体として使用し、アルミ板、モルタル供試体に衝突させたときに形成される圧痕径から衝撃力相当荷重を求める方法を採用した。(図-1, 2)

2. 較正直線 圧痕径から衝撃力相当荷重を求めるため、予め、実験に供した材料と同質のアルミ板、モルタル供試体に四錐体、球形体アタッチメント及び使用した鋼球を接触させ、コンクリート压

縮試験機にて所定の静荷重をかけて圧痕を形成させて圧痕径を測定し、静荷重と静荷重に相当する圧痕径との回帰直線を求めて較正直線とし、(図-3)鋼球を供試体に衝突させたときに形成される圧痕径と較正直線から衝撃力に相当する荷重を読みとつて衝突物体の衝撃力をとした。

3. 実験の結果 アルミ板に円錐体の、モルタル供試体に球形体のアタッチメントを接触させ、また、モルタル供試体に直接鋼球を衝突させ、衝撃力と衝突物体の運動エネルギーの関係を求め、衝撃力  $P = \beta W^m H^n$  におけるべき数を検討すると鋼球をモルタル供試体に衝突させた場合の衝撃力は、鋼球を同一重量をもつ軽石に置きかえたとして、軽石の半径  $R$  のほぼ 2 乗に比例し、衝突速度  $V$  のほぼ 1.2 乗に比例するとみなすことができようである。

一方、完全弾性球体の衝突理論に基いて求められている衝撃力は  $P = \alpha R^2 V^{1.2}$  であらわされるとされている。<sup>3) 4)</sup> このことから鋼球がモルタルに衝突するときの衝撃力についても完全弾性球体の衝突理論をあてはめることができ近似的に可能であると推定された。そこで実験で得られた衝撃力  $P$  (ton) について、鋼球の重量  $W$  (kg)、落下高  $H$  (cm) のべき数を規定して

$$P = A W^{\frac{2}{3}} H^{\frac{2}{3}} = A \left(\frac{4}{3} \pi w\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{H}{2g}\right)^{\frac{2}{3}} R^2 V^{1.2} \text{ とし、} \quad \text{図-3 静荷重と圧痕径 (モルタル供試体: 直接)}$$

$$\text{比例係数 } \alpha = A \left(\frac{4}{3} \pi w\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{H}{2g}\right)^{\frac{2}{3}} \text{ を求め、平均的な値を示すと次のようになつた。} \quad (w = 2600 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{円錐体・アルミ板} : P = 50 R^2 V^{1.2}$$

$$\text{球形体・モルタル供試体} : P = 90 R^2 V^{1.2}$$

$$\text{モルタル供試体直撃} : P = 160 R^2 V^{1.2}$$

4. 参考文献 1) 遠藤: 砂防工学 2) 堀内ら: 鋼製スクリーン堰堤の施工実態調査 3) 堀内: 砂防堰堤の摩耗について 4) 水山: 砂防ダムの災害実態調査 5) 舟田ら: 燃岳、浦川における土石流調査 6)

鳥山ら: オンボロ沢鋼製堰堤の被害調査報告 7) 舟田: 巨大礫の衝撃力—焼岳の実測例を参考にして 8) 水山: 砂防ダムに対する土石流衝撃力算定とその問題点 9) 水山ら: 砂防ダムに対する土石流衝撃力実験 10) 遠藤ら: コンクリート工学ハンドブック

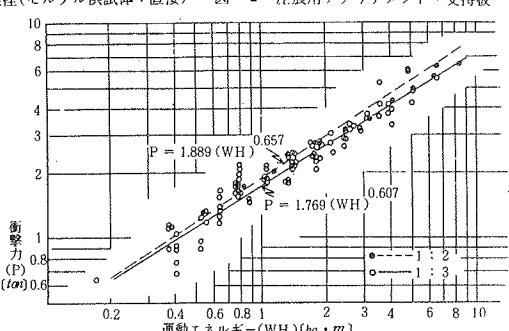
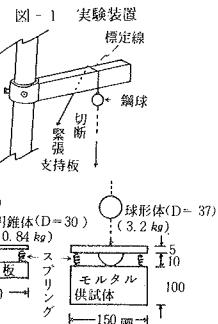
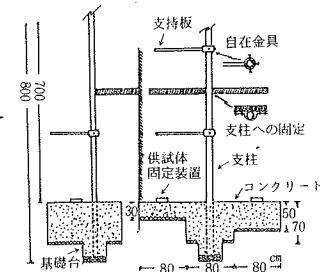
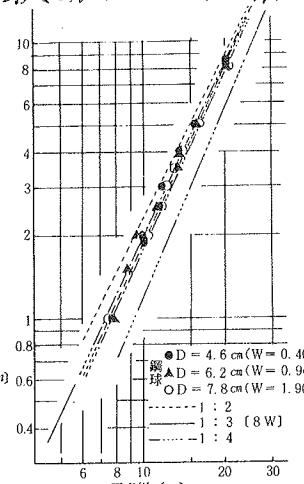


図-4 衝撃力と運動エネルギーの関係(4) (鋼球・モルタル供試体: 5 W)

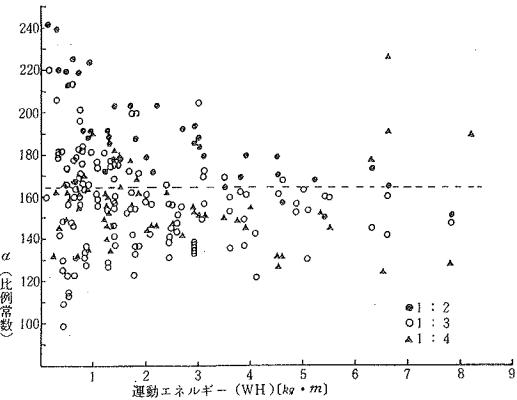


図-5  $P = \gamma R^2 V^{1.2}$  の  $\gamma$  (鋼球・モルタル供試体)