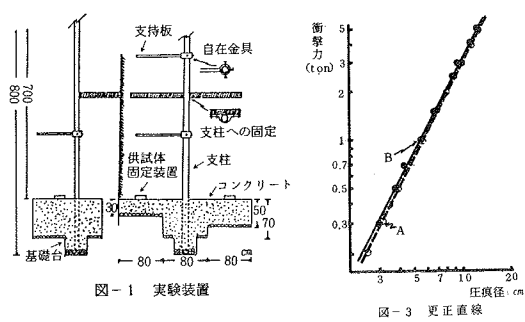


1 まえがき 昨年度の砂防学会では、土石流に含まれて移動する転石が砂防ダムに衝突するときの衝撃力を考慮し、転石の代わりに鋼球をモルタル供試体に衝突させ、モルタルの圧痕径から衝撃力に相当する静荷重を求め、その結果について報告した。そして、鋼球がモルタルに衝突するときの衝撃力についても、完全弾性球体の衝突理論が近似的にあてはまることが示され、衝撃力 $P^{(com)}$ は転石の半径を $R^{(m)}$ 、衝突速度を $V^{(25)}$ として、 $P = 160 R^2 V^2 \dots \dots$ ①が得られた。求めた比例定数はバラツキが大きい。精度的には劣るが、かなり実情に合っているという感觸を得た。また、この種の問題は最大値を考慮することが本旨であろうが、実験の規模、経過をふまえて平均的な値で示した。①式によると衝突物体の衝撃力はきわめて大きなものになるが、この実験の過程で緩衝体を考えると、緩和効果が期待できる可能性を示した。既設の治山・砂防ダムは、現在までに10万余基が築設されているが、土石流の衝撃力に対する安定条件は考慮されていない²⁾。そして、現実的には土石流の直撃を受けると、袖部が打継目から破壊されるケースが多くなっている³⁾。したがって、少なくとも、野溪の最前線に築設されている治山・砂防ダムに対しては土石流対策がとられる必要がある。そこで、このような状況に対処することをアプローチし、袖部に砂礫を盛り上げることにより土石流の衝撃力を緩和させることを想定し、砂礫堆の緩和効果について実験的に検討した。

2 実験方法 図-1は鋼球を所定の速度で衝突させるための鋼球落下装置である。鋼球の落下地点に図-2に示す衝撃力測定用のアルミ板と圧痕形成用コーンをもったアタッチメントを組合せて設置し、アタッチメントの上部に標準砂を詰め、マット状の砂袋を緩衝体として置き、この砂袋を介して鋼球を衝突させた。衝撃エネルギーの一部はこの緩衝体に吸収されるので、アルミ板には残りのエネルギーに相当するものが圧痕として形成される。そこで、砂袋を使用しない場合の衝撃力との比を求め、衝撃力緩和効果とした。砂袋は平均的な厚さが2cmになるよう薄手のビニールシートで整形し、所定量の標準砂を詰め、袋とじとし、マットの使用枚数によって緩衝体の厚さを規定した。鋼球の種類、衝突速度を変化させて実験を行ない、同一条件の衝撃試験を3回繰返した。圧痕径は石能投影機で10倍に拡大し、4方向の直径を規定して平均圧痕径を求めた。また、砂袋では、マット内における標準砂の厚さを一様にするのが困難で、厚さの不整に起因する影響および、衝撃力が小さいと袋地の影響があらわれたので、これを除くため、アタッチメントを図-2に示す箱型とし、標準砂、砂礫(1.7~5.0^{mm})を入れて緩衝体とした。

3 実験の結果と考察 衝撃力相当荷重(衝撃力)と圧痕径の関係は図-3のように対数グラフで直線を示し、修正直線とした。以後、修正直線からそのときの圧痕径に相当する衝撃力を求めた。図-4は縦軸に衝撃力、横軸に緩衝体の厚さをとってプロットしたものである。これを見ると、緩衝体としての標準砂、砂礫の厚さが僅か1~2cm程度で衝撃力は急激に低下するが、ある厚さ以上になると衝撃力低下の割合はほぼ一定になった。そして、鋼球の大きさ、衝突速度が変わると緩衝体の厚さに関係して衝撃力低下の割合もほぼ一様になった。そこで、緩衝体として砂礫堆を用いた場合の緩和

効果を平均化するため、各の実験値をまとめ、衝撃力、砂礫堆の厚さを無次元化して示した。すなわち、緩衝体を設けない場合の衝撃力を1.0とし、緩衝体を用いた場合の衝撃力との比を緩和比(y)として縦軸にとり、鋼球の半径と砂礫堆の厚さとの比を半径比(x)として横軸にとって図-5に示した。大きさの異なる3種の鋼球を落下高(衝突速度)を変えて実験した。測定値はかなりバラついてはいるが、球径の大小による相違は不明確で、衝突速度ごとの回帰式を求めると点、破線のようになる。これをみると、衝突速度が大きくなるに従って緩和効果があることがわかる。そして、衝突速度の1.2乗、つまり衝撃力に比例するが、衝突速度4.43, 6.10, 8.16%の実験範囲内では、衝突速度の影響は少ない。そこで、実験値を全部まとめると実線で示す回帰直線が得られ



$y = 0.065 + 0.125x$ なる回帰式となる、
 図-6(概要集には掲載しない)は緩衝体として砂礫を用いたものである。標準砂と異なり粗粒で、水分条件を無視すれば河床堆積砂礫に近似している。結果は、 $y = 0.071 + 0.163x$ ③ が得られた。実際の土石流では、かなり大きい転石が移動するが実験に使用した鋼球はせいぜい直径13cm程度の玉石に相当し現象と異なる。しかし、径が大きくなれば安全側に働くので、不特定の転石について衝突速度を想定し、衝撃力を緩和するために砂礫堆の厚さを推定するという実用面を考えるとおよそその目安が得られると考える。

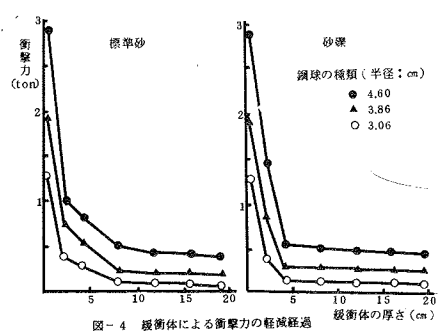
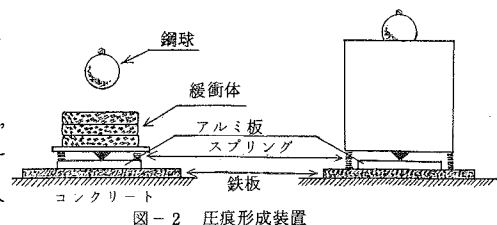


表-1は衝撃力緩和比を想定した場合、緩衝体としての砂礫堆の厚さをまとめたものである。これをみると、半径比を0.1~2.5、つまり鋼球半径の10~25倍とした実験の範囲内で、衝撃力を0とすることはしないものの、土石流で移動する転石の直径の2~3倍程度の厚さに砂礫堆を設ければ衝撃力は1%以下に緩和することのできる可能性を示した。

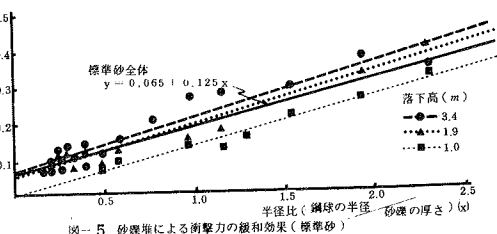


表-1 砂礫体の厚さ

緩和比	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
半径比 [※]	0.38	0.50	0.71	1.26	5.62

※鋼球(転石)の半径に対する倍数

4 参考文献 1)堀内ら: 治山・砂防堰堤に対する転石の衝撃力について、2)遠藤: 砂防工学 3)堀内ら: 鋼製堰堤の施工実態調査、4)水山: 砂防ダムの災害実態調査