二層緩衝構造を設置した落石防護擁壁の重錘衝突実験

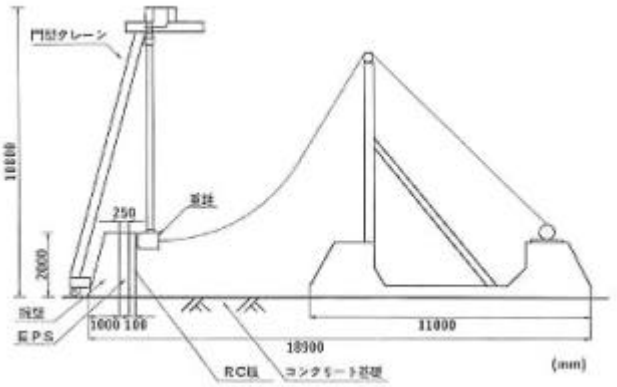
開発土木研究所　正員　今野久志
開発土木研究所　正員　池田憲二
室蘭工業大学　正員　岸　徳光
構研ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ㈱　正員　川瀬良司

1. はじめに

著者らは、これまでに落石防護擁壁の合理的な耐衝撃設計手法を確立することを目的として、断面形状を実規模程度とした落石防護擁壁模型に関する重錘衝突実験や三次元弾塑性衝撃応答解析を実施してきた[1)]。さらに、これら防護擁壁の耐衝撃性を向上させるための一案として発泡スチロール（EPS）と RC 版より構成される二層緩衝構造を考え，本緩衝構造の緩衝性能に関する室内重錘衝突実験や数値解析的検討を実施している。本論文では、上記検討結果を基に実施した二層緩衝構造を設置した実規模程度の落石防護擁壁試験体を用いた重錘衝突実験の結果について述べる。

2. 実験概要

実験に用いた擁壁試験体は、天端幅 40cm、基部壁厚 100cm、高さおよび道路方向幅がそれぞれ 200cm の無筋コンクリート擁壁である。また、緩衝材として使用した二層緩衝構造は、裏層 EPS 材が厚さ 25cm、表層 RC 版が厚さ 10cm で直交する補強筋の鉄筋比がそれぞれ 1%の単鉄筋 RC 版である。実験は、図－1 に示す実験装置により質量 1ton の鋼製重錘（直径 50cm）を擁壁基部から 180cm の高さに水平衝突させて行っている。実験では、擁壁の転倒および損傷にのみ着目し検討することから、試験体をコンクリート基礎上に設置し水平方向の移動をアングル材により拘束して行っている。載荷方法は、緩衝材を設置しない状態では重錘衝突速度を V=1m/sec から 1m/sec 刻みで増加させて行う繰り返し載荷方式を採用し、擁壁に発生したひびわれが完全に貫通し破壊に至るまで実施した。また、このときの最終衝突速度における単一載荷実験も行っている。二層緩衝構造を設置したケースに関しては、緩衝材を設置しない場合の最終衝突速度より V=1m/sec（途中より 2m/sec）刻みで増加させ単一載荷実験法により実施している。また、各載荷速度における緩衝材は常に未使用のものを用いている。計測項目は重錘加速度および擁壁各部の変位である。



図－1　実験状況概要

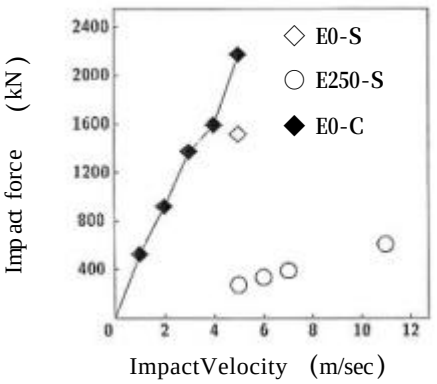
3. 実験結果

3. 1　衝突速度と最大重錘衝撃力の関係

図－2 には、重錘衝突速度と最大重錘衝撃力の関係を示している。図の凡例は EPS 材の厚さ、載荷方法（繰り返し:C、単一:S）をハイフンで結んで示している。なお、最大重錘衝撃力は重錘に設置した加速度計より得られた最大加速度に重錘重量を乗じて求めている。緩衝材を設置していない E0-C の実験に関しては衝突速度 V=5m/sec において重錘衝突部を中心として発生したひびわれが擁壁背面まで貫通しコンクリートに段差を生じたため実験を終了している。また、緩衝材を設置した E250-S に関しては、実験装置の制約から衝突速度 V=11m/sec で実験を終了した。図より、最大重錘衝撃力は重錘衝突速度に比例して大きくなっ

キーワード：落石防護擁壁、重錘衝突実験、二層緩衝構造、衝撃応答解析、EPS
連絡先：〒 062-8602　札幌市豊平区平岸 1-3　開発土木研究所　TEL 011-820-2765　FAX 011-820-2714

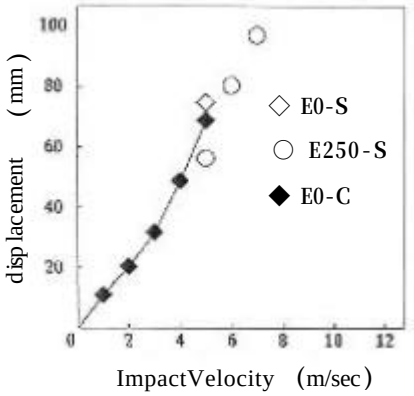
ていることがわかる。緩衝材を設置しない場合の繰り返し載荷実験 E0-C と単一載荷実験 E0-S を比較すると、単一載荷の最大重錘衝撃力は繰り返し載荷の場合に比較し 30 %程度小さくなっている。また、衝突速度 V=5m/sec における E0-S と二層緩衝構造を設置した場合（E250-S）について比較すると、E250-S は E0-S の 13 %程度となっており、衝突速度に対する最大重錘衝撃力の増加割合も E250-S の方が小さくなっている。これより、緩衝構造を設置することによって最大重錘衝撃力を大幅に減少させることが可能であることがわかる。



図－２　衝突速度と最大重錘衝撃力の関係

3. 2　衝突速度と擁壁の浮き上がり量の関係

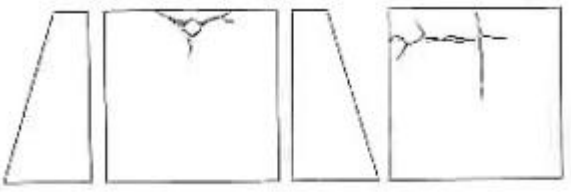
図－３には、重錘衝突速度と擁壁底部の浮き上がり量（擁壁背面より 200mm 内側で測定）の関係を示している。ここで、E250-S の衝突速度 V=9m/sec および V=11m/sec については正確な擁壁浮き上がり量を測定できなっかたことから図中には示していない。図より、擁壁の浮き上がり量は重錘の衝突速度に比例して大きくなっていることがわかる。衝突速度 V=5m/sec における E0-S と E0-C を比較すると、E0-S の擁壁浮き上がり量の方が 10 %程度大きくなっている。これは E0-C は繰り返し載荷によって試験体が損傷しているため重錘の衝突エネルギーがある程度緩和されるのに対して、E0-S は未使用試験体に対する単一載荷であるため、重錘の衝突エネルギーが直接擁壁の回転エネルギーに転換されたためと考えられる。V=5m/sec における E250-S の擁壁浮き上がり量は、緩衝材によるエネルギー吸収により E0-S に対して 20 %程度小さくなっているが、衝突速度に対する擁壁浮き上がり量の増加率は E0-S とほぼ同様な傾向を示している。



図－３　衝突速度と擁壁浮き上がり量の関係

3. 3　ひびわれ分布

図－４には、緩衝材を設置していない E0-S（V=5m/sec）における実験終了後のひびわれ分布を示している。衝突面については載荷点部にひびわれが集中する傾向が見られる。また背面については載荷点裏面の縦方向には曲げひびわれが、また水平方向には押し抜きせん断型のひびわれが発生していることがわかる。また、擁壁側面には明確なひびわれは発生していない。なお、二層緩衝構造を設置した E250-S については、最終衝突速度 V=11m/sec においても、表層 RC 版は大きく損傷するものの擁壁には損傷が発生していないことを確認している。



図－４　ひびわれ分布(E0-S、V=5m/sec)

4. まとめ

1)落石防護擁壁に対して、EPS および RC 版より構成される二層緩衝構造を適用することによって、擁壁に作用する落石衝突エネルギーを低減でき、損傷を効果的に防止することが可能である。

2)二層緩衝構造を設置することにより、許容落石エネルギーを緩衝材を設置しない場合に対して４倍程度以上とすることが可能となる。

参考文献

1)岸　徳光、佐藤昌志、今野久志、松岡健一：落石防護擁壁模型の重錘衝突実験と数値解析的検討、構造工学論文集、Vol.45A、pp.1677-1688、1999.3