

2層緩衝構造を設置した実規模落石防護擁壁の耐衝撃性実験

(株)構研エンジニアリング 正員 川瀬 良司 (独)北海道開発土木研究所 正員 今野 久志
室蘭工業大学 正員 岸 徳光 (独)北海道開発土木研究所 正員 岡田 慎哉

1. はじめに

現在、落石防護擁壁（以下、擁壁）は、落石対策便覧に基づき擁壁を剛体と仮定し、落石の持つ運動エネルギーと支持地盤の弾性振動時の最大ポテンシャルエネルギーとが等価であるとの考えの基に設計が行われている。著者らは、落石衝突時にひび割れやコンクリート片の剥離・剥落が発生していることから、擁壁の背面に2層緩衝構造（表層材がRC版、裏層材が発泡スチロール（以下、EPS）材）を設置する方法を提案し、緩衝性能および応力分散性能に関する検討を行っている。本研究では、2層緩衝構造を設置した実規模落石防護擁壁の重錘衝突実験を行い、無筋コンクリート（C）製、鉄筋コンクリート（RC）製と比較することにより耐衝撃性の向上効果について検討を行ったので報告する。なお、実験時の測定項目は、重錘衝撃力波形、擁壁各点の変位であり、実験終了時のひび割れ分布も観察している。

2. 実験概要

2.1 実験方法 擁壁は、一般的に良質な支持層に根入れされていることから、本実験では擁壁の転倒および損傷のみに着目することとし、コンクリート基礎にストッパーを設けて水平移動を拘束することとした。衝撃荷重は、載荷部が球状で2,000 kgの鋼製重錘を振り子運動によって作用させることとした。C製、RC製の場合に関しては、予備試験体を用いた繰り返し載荷によって終局時の載荷速度を把握し、その衝突速度と同一の速度による単一載荷実験を行うこととした。



写真 - 1 実験風景

また、2層緩衝構造を用いる場合に関しては、予備実験結果から緩衝構造が壊滅的に損傷に至るまで擁壁にひび割れが発生しないことが明らかになっていることより、各衝突速度に対する実験は、緩衝構造のみを取り替えることとした。写真-1には実験風景を示している。

2.2 実験ケース 擁壁の断面形状は、擁壁高さ： $H=2.0\text{ m}$ 、天端および基部の壁厚： 0.4 m 、 1.0 m 、延長：擁壁高さの4倍である 8.0 m とした。表-1には実験ケースの一覧を示している。重錘衝突位置は、全て設計時の最も厳しい条件である基部から $0.9H(1.8\text{ m})$ の点に限定した。実験時のコンクリートの力学特性は、C製、RC製、緩衝構造を設置する場合の擁壁、緩衝構造用RC版の平均圧縮強度は、それぞれ $f_c=18.7\text{ MPa}$ 、 26.4 MPa 、 22.3 MPa 、 25.0 MPa である。RC製の鉄筋量は、断面に対して 0.2% 程度とし、SD345 D16を幅および高さ方向に 300 mm ピッチで配置している。緩衝構造用のRC版は単鉄筋とし、直交方向の鉄筋比を等しく 1.0% 程度で、版厚が 10 cm 、 15 cm の場合に対してそれぞれSD345 D13、D19を 200 mm ピッチに配置している。図-1には2層緩衝構造を設置した落石防護擁壁形状とRC版の形状寸法および配筋状況を

表 - 1 実験ケース一覧

実験ケース	構造形式	緩衝構造		衝突速度 V (m/s)
		EPS材厚 (cm)	RC版厚 (cm)	
C-V4	無筋構造	-	-	4.0
RC-V6	鉄筋構造	-	-	6.0
C-E25-R10-V1	無筋構造	25	10	1.0
C-E25-R10-V3				3.0
C-E25-R10-V5				5.0
C-E25-R10-V7				7.0
C-E25-R10-V9				9.0
C-E25-R10-V11				11.0
C-E50-R15-V1		50	15	1.0
C-E50-R15-V3				3.0
C-E50-R15-V5				5.0
C-E50-R15-V7				7.0
C-E50-R15-V9				9.0
C-E50-R15-V11	11.0			

キーワード：落石防護擁壁，2層緩衝構造，耐衝撃性，重錘衝突実験

連絡先：〒065-8510 北海道札幌市東区北18条東17丁目1-1 Tel:011-780-2813, Fax:011-785-1501

示している。

3. 実験結果

3.1 重錘衝撃力波形 図 - 2 には、重錘衝撃力波形を示している。図より、C-E50-R15-V11 の場合には、RC 版衝突時における 10 ms 間に高周波成分が発生するが、その後振幅が同程度の波形が 40 ms 程度継続し、さらに 30 ms 程度で緩やかに零レベルに至る台形分布性状を示している。C-E25-R10-V11 の衝撃力波形に着目すると、衝突開始から 45 ms 後に最大衝撃力が発生している。これは、衝撃エネルギーが大きいことにより、重錘が RC 版や EPS 材を貫通して擁壁に衝突するためと推察される。

3.2 最大重錘衝撃力と衝突速度の関係 図 - 3 には最大重錘衝撃力と重錘衝突速度の関係を示している。衝突速度が同程度の場合における最大重錘衝撃力は、C 製、RC 製に比べ C-E25-R10 が 1/3 程度以下、C-E50-R15 が 1/2 程度以下の値であり、2 層緩衝構造を設置することにより、緩衝性能が向上することが明らかになった。C-E50-R15 の場合には、衝突速度が 7 m/s 以上において最大重錘衝撃力がほぼ一様な分布を示しており EPS 材の塑性変形によってエネルギーが吸収されているものと考えられる。このことから、EPS の緩衝効果、RC 版の衝撃力分散効果を考慮すると、RC 版の厚さは、重錘質量が 2,000 kg、衝突速度が 11 m/s 程度に対して 15 cm 程度が妥当であるものと考えられる。

3.3 最大変位と衝突速度の関係 図 - 4 は最大変位と重錘衝突速度の関係を示している。C-E25-R10 と C-E50-R15 を比較すると、 $V = 11$ m/s の場合を除きほぼ同程度で、重錘衝撃エネルギーに対応して増加していることが分かる。また、C-V4、RC-V6 の場合には、ひび割れの発生によって衝突エネルギーが吸収され変位が減少するものと考えられる。

4. まとめ

本実験では、2 層緩衝構造を設置する場合の落石防護擁壁の耐衝撃性を検討するために、重錘衝突実験を行い、C 製、RC 製の場合の実験結果と比較検討を行った。本研究で得られた結果を要約すると、

- (1) 2 層緩衝構造の RC 版の厚さは、EPS 材の緩衝効果、RC 版の分散効果を考慮すると、15 cm 程度が妥当である。
- (2) 2 層緩衝構造を設置することにより、RC 製に比較してエネルギー的に 3 ~ 4 倍程度に耐衝撃性が向上する。

参考文献

- ・ (社)日本道路協会：平成 12 年度版落石対策便覧，2000.6
- ・ 岸 徳光，川瀬 良司，池田 憲二，松岡 健一：二層緩衝構造の緩衝特性に関する重錘落下実験と数値解析的検討，構造工学論文集，Vol.47A,pp. 1621-1632,2001.3.

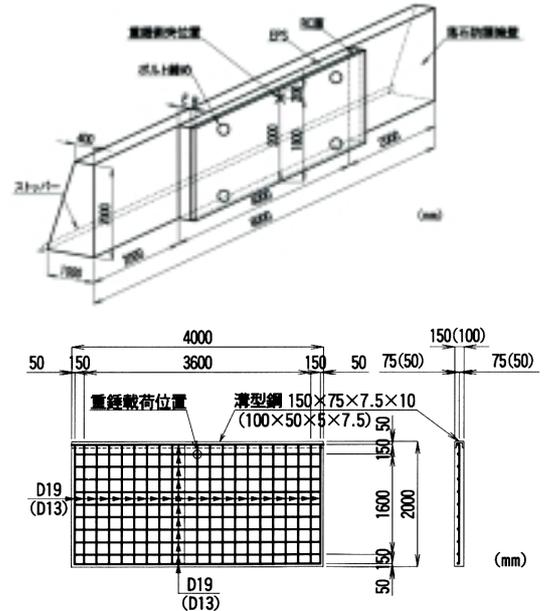


図 - 1 2 層緩衝構造供試体形状と RC 版形状

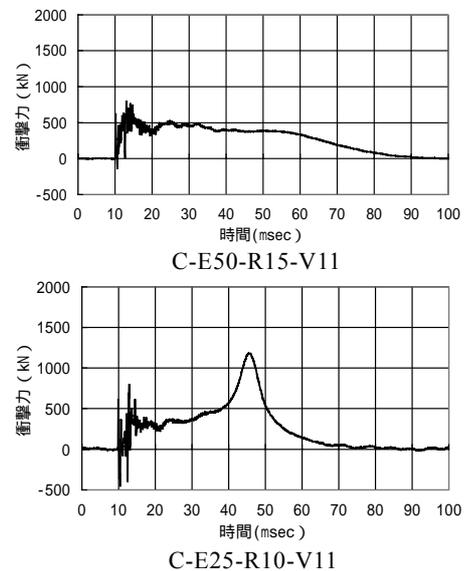


図 - 2 重錘衝撃力波形

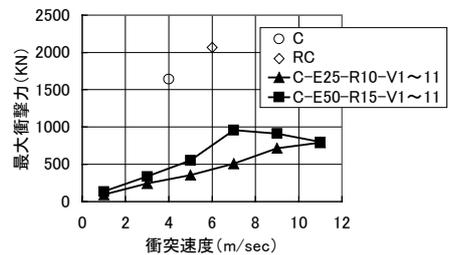


図 - 3 最大重錘衝撃力と衝突速度の関係

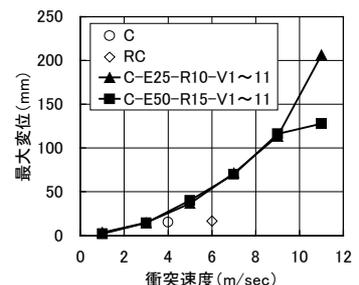


図 - 4 最大変位と衝突速度の関係