

重錘落下衝撃下の二層緩衝構造に関する弾塑性衝撃応答解析手法の適用性

日本道路公団 正員 中山 伸一 室蘭工業大学 フェロー 松岡 健一
 北海道開発局 正員 池田 憲二 構研エンジニアリング 正員 川瀬 良司

1. はじめに

本研究では、二層緩衝構造を設置した場合の落石防護擁壁に関する数値解析の前段階として、二層緩衝構造の重錘落下衝撃実験に関する弾塑性衝撃応答解析を行い、実験結果と比較する形で本解析手法の妥当性について検討を行った。実験結果との比較検討項目は重錘衝撃力、コンクリート基礎部に伝達する伝達衝撃力および実験終了後のRC版のひび割れ状況である。なお、本数値解析にはLS-DYNAを用いた。

2. 数値解析仮定

2.1 解析ケース

解析に用いた試験体は表-1に示す計7体である、表中の試験体名の第一項には裏層EPS材の厚さ E (mm)を、第二項には载荷速度を示している。表層RC版はすべて10cmである。载荷方法は単一载荷とし、表層RC版は常に未使用なものを用いている、図-1には試験体の形状寸法およびRC版の配筋状況を示している。試験体は高さ2mの落石防護擁壁を想定して長さを2mとし、実験室の制約から幅を1.7mとした。

2.2 緩衝構造のモデル化

図-2には、要素分割の一例として試験体E250に関する要素分割図を示している。ここでは、緩衝構造の対称性を考慮して解析断面を1/2断面としてモデル化することとした。本数値解析に用いた要素タイプは8節点および6節点の三次元固体要素である。コンクリート基礎部は表面から深さ50mmまでをモデル化し、重錘は衝突部のRC版上に配置し、重錘の全節点には表-1に示した衝突速度を初速度として入力することによりRC版に衝突させている。また、EPSブロックとRC版、RC版と重錘の要素間には、面と面の接触・剥離を伴う滑りを考慮した接触面を定義している。

2.3 物性モデル

本数値解析にはすべての物性モデルに関してLS-DYNAにあらかじめ組み込まれている物性モデルを用いることとした。RC版のコンクリート部には引張による破壊を考慮した土質体クラッシュモデルを用いている。本モデルは要素の圧力がカットオフ値に達した段階で要素が破壊したと見なされ、引張応力がいずれの方向にも伝達されないように定義している。本研究では降伏応力として圧縮強度を仮定し、カットオフ値は降伏応力の1/10とした。一方、鉄筋の要素には降伏後の硬化係数 H' を考慮した等方弾塑性体モデルを用いることとした。ここでは、

表-1 解析ケース一覧

試験体名	EPS材の厚さ E (mm)	载荷速度 V (m/sec)	重錘質量 M (kg)
E125-V3.2	125	3.2	400
E125-V4.7		4.7	
E125-V6.3		6.3	
E250-V4.7	250	4.7	
E250-V6.3		6.3	
E250-V7.9		7.9	
E250-V9.5		9.5	

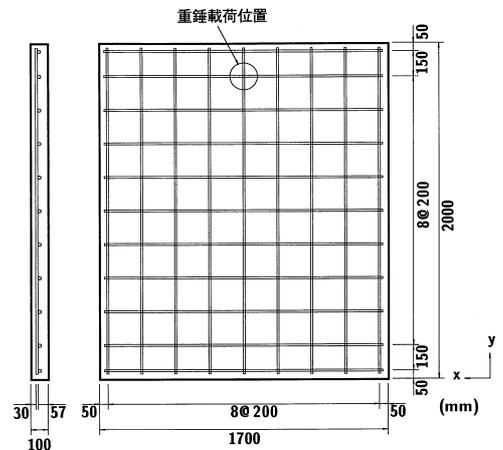


図-1 試験体の形状寸法

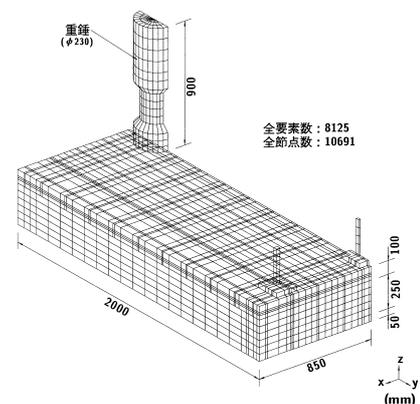


図-2 要素分割図

キーワード：落石防護擁壁，二層緩衝構造，衝撃応答解析，EPS

連絡先 〒065-8510 札幌市東区北18条東17丁目1-1 (株)構研エンジニアリング防災対策部 TEL 011-780-2816 FAX 011-785-1501

既往の研究成果に基づき、 $H=Es/100$ と仮定している。また、EPS 材の要素にはフォーム材等のモデル化によく用いられる等方クラッシュブルフォームを用いることにした。コンクリート基礎部および重錘に関しては、実験終了後のひび割れや著しい塑性変形が確認されなかったことよりいずれも弾性体とした。

3.1 重錘衝撃力

図 - 3 には、E125-V4.7、E250-V4.7 に関する重錘衝撃力波形を実験結果と比較して示している。図中の実線は解析結果を、点線は実験結果を示している。図より、いずれの試験体に関しても波動の立ち上がり勾配から減衰に至るまで数値解析結果は実験結果を比較的良好に再現していることがわかる。すなわち、両波形は衝撃初期に立ち上がり最大応答値を示した後、一旦減少している。その後、最大応答値の 2/3 程度の振幅を有する振動が 20~30 msec 継続した後に緩やかに減衰している。これより、本解析手法を用いることによって、重錘衝撃力を適切に算定評価できることが明らかとなった。

3.2 伝達衝撃応力

図 - 4 には、重錘落下点直下における伝達衝撃力波形に関する数値解析結果と実験結果を比較して示している。図中の実線は数値解析結果を、破線は実験結果を示している。図より、いずれの試験体に関しても波動の立ち上がり勾配から減衰に至るまで数値解析結果と実験結果は比較的良好に対応していることがわかる。

3.3 ひび割れ分布と最大主応力分布の関係

図 - 5 には実験終了時に RC 版に発生したひび割れ分布と数値解析結果の最大応答時の第一主応力分布図を比較して示している。図には、E125-V4.7 の数値解析結果を示している。本数値解析では引張圧力がカットオフ値に達すると要素が破壊されたとみなされ、主応力が零となる。本研究では載荷点部における要素の応力が有限な値から零状態に移る場合には、その要素にひび割れが発生しているものと評価して実験結果のひび割れ分布と比較することとした。図より、数値解析結果では衝突部を中心に同心円上の緑色分布を描いていることがわかる。また、これは実験終了後のひび割れ分布に比較的良好に類似していることがわかる。

4. まとめ

本研究では、単純な構成則を用いた二層緩衝構造に関する弾塑性衝撃応答解析手法を確立することを目的として、二層緩衝構造の重錘落下実験に関する弾塑性衝撃応答解析を試み、実験結果と比較することによって本解析手法の妥当性について検討を行った。なお、本数値解析には汎用プログラム LS-DYNA を用いた。検討結果、本解析手法を用いることにより、重錘衝撃力、伝達衝撃力および RC 版のひび割れ分布を適切に算定評価できることが明らかとなった。

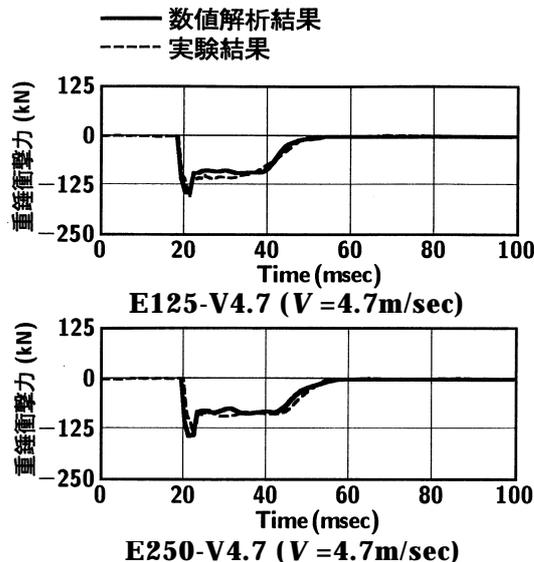


図 - 3 重錘衝撃力波形に関する比較

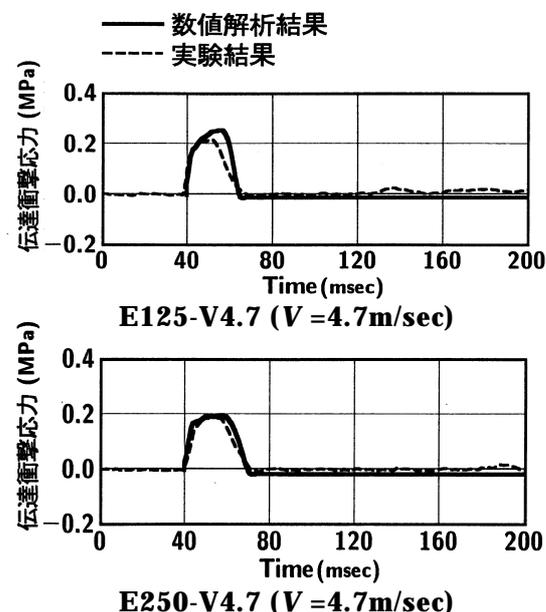


図 - 4 伝達衝撃力波形に関する比較

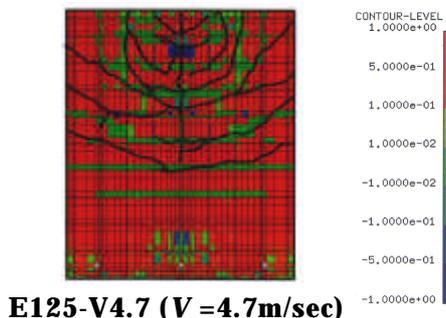


図 - 5 ひびわれ分布と最大主応力分布