

二層緩衝構造の緩衝性能に関する数値解析的検討

構研エンジニアリング 正員 川瀬 良司 室蘭工業大学 正員 岸 徳光
北海道開発局 正員 池田 憲二 北海道開発局 正員 今野 久志

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。妥当性検討後、実験結果を補足する形で二層緩衝構造の緩衝性能に関して数値解析的な検討を行った。実験結果との比較検討項目は、重錘衝撃力およびコンクリート基礎部に伝達する伝達衝撃応力である。なお、本数値解析には汎用プログラム LS-DYNA を用いた。

2. 数値解析仮定

表 - 1 解析ケース一覧

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、第二項には載荷速度を示している、表層 RC 版はすべて 10 cm である。載荷方法は単一載荷とし、表層 RC 版は常に未使用なものを用いている、図 - 1 および図 - 2 には試験体の形状寸法およびコンクリート基礎部に設置したロードセルの設置状況を示している。

2.2 緩衝構造のモデル化

図 - 3 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 50 mm 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ャブルモデルを用いている。本モデルで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判定され、その後、

試験体名	EPS 材の厚さ E (mm)	載荷速度 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	

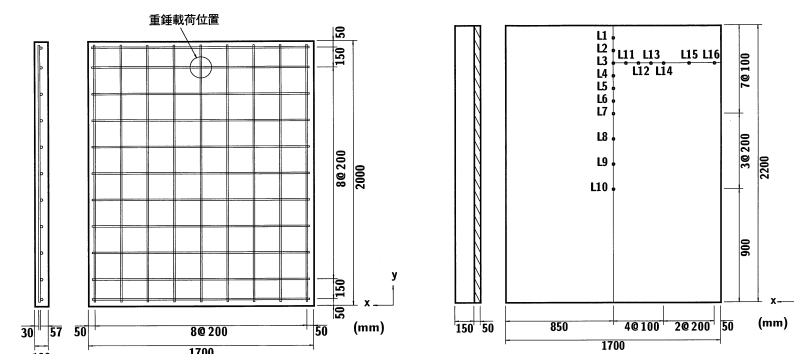


図 - 1 試験体の形状寸法

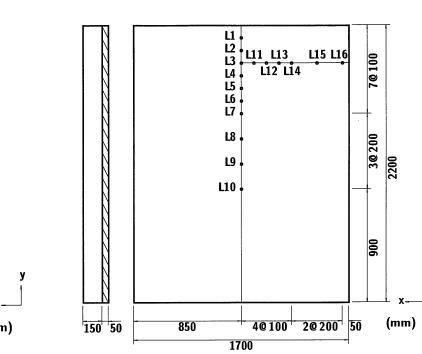


図 - 2 ロードセルの設置状況

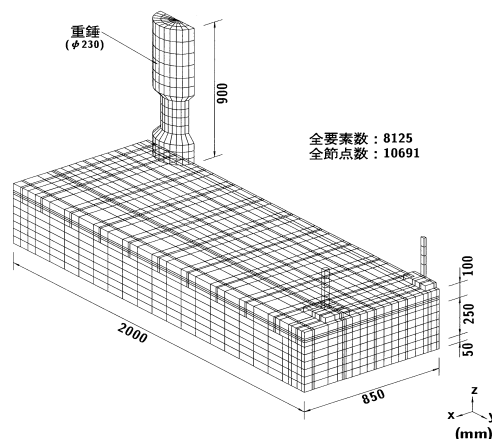


図 - 3 要素分割図

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

引張応力がいずれの方向にも伝達されないように定義されている．ここでは降伏応力として圧縮強度を仮定し，引張側のカットオフ値は降伏応力の 1/10 と仮定した．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にした．ここでは，既往の研究成果に基づき， $H' = E_s/100$ 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ている．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. 数値解析結果

3.1 重錘衝撃力

図 - 4 には，E250-V6.3 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，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．

3.2 伝達衝撃応力

図 - 5 には，E250-V6.3 における伝達衝撃応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．ここでは，y 方向（高さ方向）に設置したロードセル L1～L10 から得られた実験波形に着目し，解析結果との比較を試みている．図の横軸には測定点 L1 を原点とした場合の高さ方向距離を示している．また，奥行き方向には時間軸を，縦軸には伝達衝撃応力を取っている．なお，全計測時間は 100 msec である．図より，実験結果は高さ方向にほぼ均一の伝達衝撃応力分布波形を示しており，二層緩衝構造の分散効果を確認することができる．また，数値解析結果は実験結果と比較的類似した分布を示していることがわかる．

3.3 重錘衝撃力と伝達衝撃力の関係

図 - 6 には重錘衝撃力および伝達衝撃力の時系列分布に関する数値解析結果を示している．伝達衝撃力は緩衝材全面に発生する伝達衝撃応力分布を各時間ごとに集積することにより評価している．最大伝達衝撃力と最大重錘衝撃力を比較すると，衝突速度の増加にともない最大重錘衝撃力と最大伝達衝撃力の差が大きくなりその比は 0.65～0.87 になっ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および二層緩衝構造の緩衝特性を把握することを目的として，汎用プログラム LS-DYNA を用いて数値解析を行った．検討結果，本解析手法を用いることにより，二層緩衝構造の緩衝特性を適切に算定評価できることが明らかとなった．

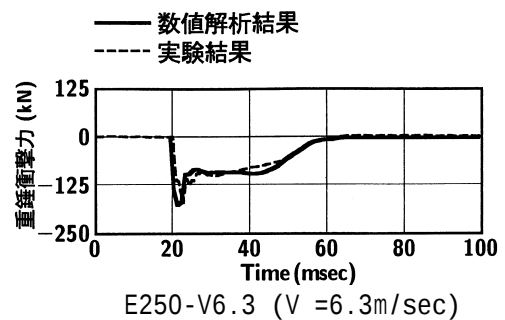
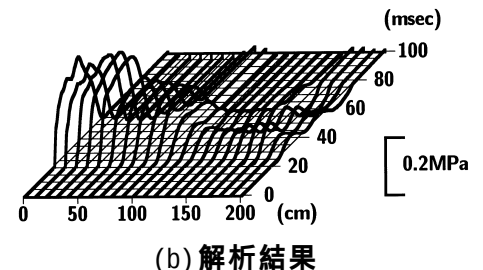
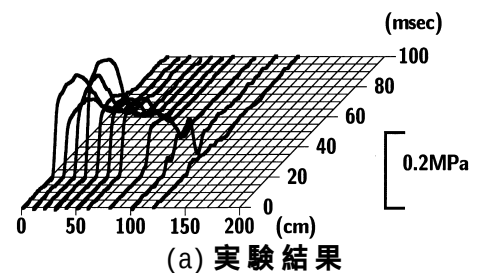


図 - 4 重錘衝撃力波形に関する比較



E250-V6.3 (V = 6.3m/sec)

図 - 5 伝達衝撃応力波形に関する比較

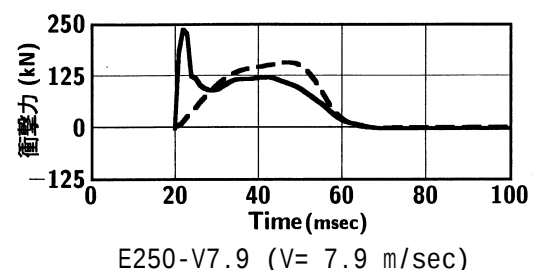
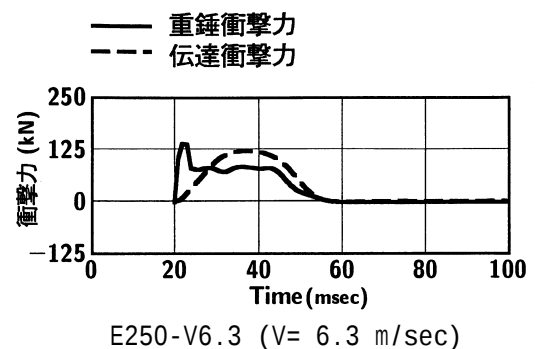


図 - 6 重錘衝撃力・伝達衝撃力分布