

サンドクッションを有する構造物の重錘衝突による弾塑性挙動の評価

北川ヒューテック	学	○高下 直人
金沢大学	正	梶谷 浩
金沢大学	学	江野 翔紀
金沢大学	学	藤田 青

1. 研究の背景および目的

ロックシェッドなどの落石防護構造物には、衝撃緩衝用に砂などのクッション材が設置される場合が多い。この緩衝材の研究は長年行われているが、性能設計を考える上で緩衝材を通して構造物に伝達される衝撃力の評価や緩衝効果は、十分に明らかにされているわけではない。

そこで本研究では、構造物を安全かつ合理的に設計するため、具体的には衝撃挙動の解明や評価を行うために H 形鋼はり上のサンドクッションへの重錘衝突実験を行い、3次元個別要素法によるモデル構築あるいは発生衝撃力や緩衝効果の再現性の比較・検討を行った。

2. 重錘衝突実験の概要

写真-1 は、重錘衝突実験で用いる実験供試体である。重錘は鋼製で平底、直径 14cm の円柱形状、質量は 450kg または 300kg で、所定の高さから自由落下させ衝突実験を行った。緩衝材は川砂を使用し、鋼製土槽内に 30cm×40cm×24cm の厚さで敷き詰めた。H 鋼は、スパン長 1.5～4m で、断面形状を剛性の強い順に、B, A, C の 3 種類使用した。実験では、図-1 に示すように、重錘の加速度、重錘の反力、土槽と H 鋼の間の反力、支点反力、H 鋼中央の変位、重錘の変位、H 鋼中央上フランジ(上端から 3cm 下方に設置)および下フランジの軸方向ひずみを測定した。なお、重錘変位の測定場所については、ガイドレール付近に独立させて設置している。



写真-1 実験供試体

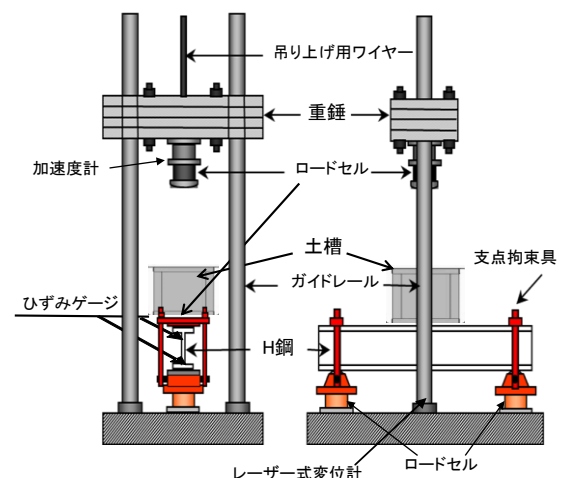


図-1 測定項目と測定位置

3. 実験結果

図-2 は、重錘衝撃力の時間変化の一例を示したものである。同エネルギー条件だが、スパン長が長いほど衝撃力の最大値が小さく、作用時間が長いことが分かり、振幅が大きくなる。スパン長が長いほどスパン中央部の曲げモーメントは大きくなっていくので、H 鋼のたわみが大きくなり、H 鋼を変形させることにエネルギーが多く使用されるので、衝撃力は小さくなると考えられる。また、H 鋼の断面形状の違いについては、B 断面、A 断面、C 断面の順にたわみ量が増え、上記と同様のことが言える。

図-3 は、伝達衝撃力を H 鋼の変位で積分して求めた伝達エネルギーの最大値を、重錘のもつ初期エネルギーで除して求めたエネルギー伝達率である。これをみると、スパン長が長いほど伝達率が大きいことや、H 鋼断面形状の違いで、剛性が弱いほど伝達率が大きい

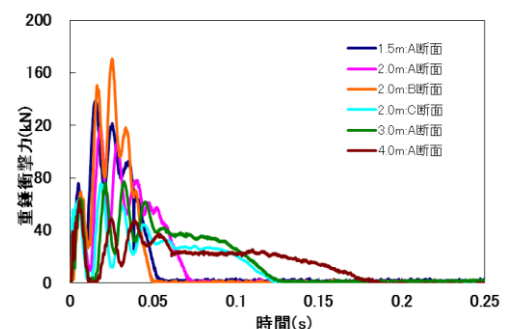


図-2 重錘衝撃力の時間変化

キーワード 落石、衝撃、重錘落下実験、サンドクッション材、DEM

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学 TEL 076-234-4603

ことが分かる．よって，同エネルギー条件で，かつ同じ緩衝材を用いていても，H 鋼のスパン長や断面形状の違いによって，緩衝材の吸収エネルギーにかなりの差が出ることが分かる．

図-4 は，各エネルギーの時間変化の一例である．重錘衝突時に運動エネルギーが減少していき，H 鋼ひずみエネルギーが急激に増加していく．重錘運動エネルギーが最初にゼロになるときに H 鋼ひずみエネルギーが最大値をとることが分かる．その後，H 鋼の復元力の作用によって重錘運動エネルギーが一時的に若干量増加している．ひずみエネルギーは，ピーク値をとった後，H 鋼の復元力の作用によって減少し，その後はひずみの残留によって一定となる．H 鋼運動エネルギーについては，H 鋼ひずみエネルギーに比べて非常に小さいので，伝達されたエネルギーの大部分はひずみエネルギーであることが分かる．

4. 個別要素法による解析モデルのパラメトリックスタディ

重錘衝突実験において，H 形鋼はりがたわむことで土槽全体が振動を起こす．本研究では，これを再現するために土槽底面を 1 自由度非減衰自由振動バネとし，砂粒子および重錘を剛体球状要素と仮定した 3 次元個別要素法によるサンドクッション材を有する構造物の衝撃伝達挙動の解明を試みた．土槽が振動する解析モデルについて，各条件を設定し，衝撃力，底面変位，力積，エネルギーに関する評価をパラメトリックに行った．

解析結果の一例を図-5 に示す．縦軸左を衝撃力(kN)，縦軸右を変位(mm)とした衝撃力と変位の波形である．図-5(a)と図-5(b)では，土槽底面の質量のみが異なり，図-5(a)では土槽質量 550(kg)とし，図-5(b)はその 1/10 の 55(kg)となっている．両者を比較すると，図-5(b)の方が各衝撃力は小さくなるが，底面変位の振幅は大きくなり，底面変位の周期が短くなることが分かる．

5. まとめ

本研究では，緩衝材を用いた構造物の，衝撃荷重に対する弾塑性挙動を解明・評価することや，衝撃応答解析法の改善と汎用性の向上を目的として，重錘衝突実験及び個別要素法解析を行った．実験については，様々なケースによるデータの蓄積によって，構造物の弾塑性挙動やサンドクッション材の緩衝効果の解明，評価を行うことが出来た．解析については，モデルの構築，評価は出来たが，実験結果を再現することが出来なかった．主な原因は，重錘が落下し続けるなどである．よって，更なるモデルの改善が必要である．

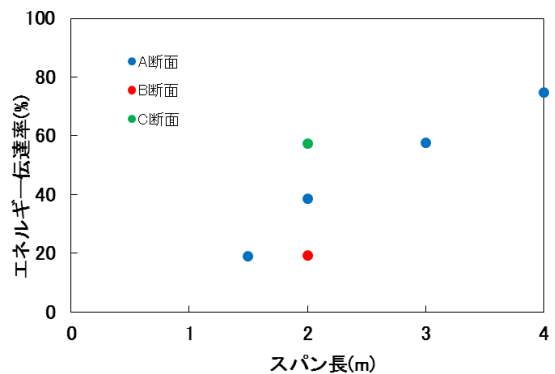


図-3 エネルギー伝達率

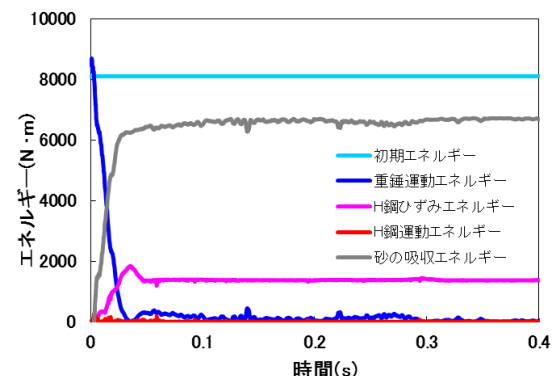
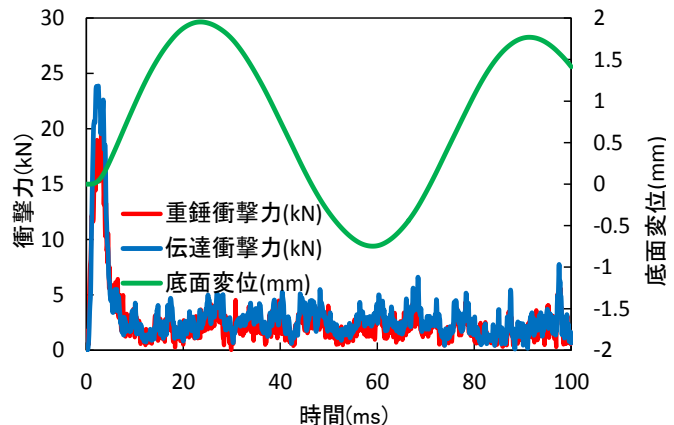
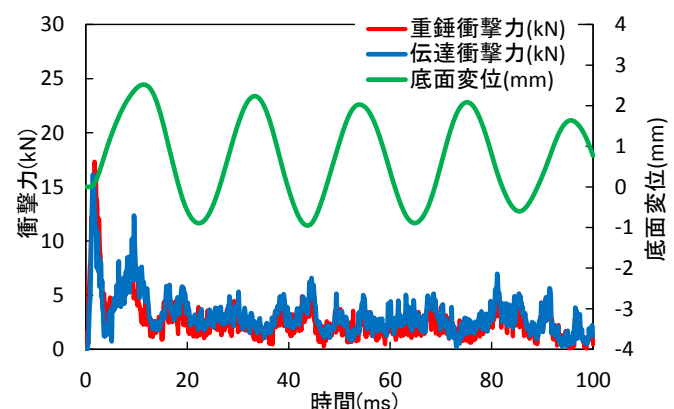


図-4 エネルギーの時間変化



(a) 底面質量 550kg の場合



(b) 底面質量 55kg の場合

図 5 個別要素法による解析例