ソイルセメントを用いた三層緩衝構造の耐衝撃挙動に関する弾塑性応答解析

室蘭工業大学大学院	学生会員	○平田	健朗
(株)構研エンジニアリング	正会員	牛渡	裕二
釧路工業高等専門学校	フェロー	岸	徳光

1. はじめに

本研究ではソイルセメントにジオグリッドを埋設し,か つ EPS ブロックと併用した場合の緩衝効果を適切に再現 可能な解析モデルの構築を目的として、三次元弾塑性有 限要素解析を試み.別涂実施した重錘落下衝撃実験結果¹⁾ との比較を行った.

2. 試験体概要

図1には、実験装置の概要を示している。本実験装置 は、鋼製底盤(1.6 m 四方、厚さ 75 mm)と底盤を支持す る9個の反力測定用ロードセルから構成されている.

実験は、本装置上に設置した提案の三層緩衝構造に対 して, 重錘を所定の高さより自由落下させることにより 実施している.

本実験における測定項目は、重錘衝撃力、伝達衝撃力お よび重錘貫入量である. なお, 重錘衝撃力は重錘に組み込 まれている衝撃荷重測定用ロードセル、伝達衝撃力は底 盤を支持している9個のロードセル,および重錘貫入量 はレーザ式非接触型変位計を用いて測定することとした。

本数値解析では、重錘衝突速度がV=4.0, 6.0, 8.0 m/s の場合における実験結果を対象に数値解析を実施し,実 験結果との比較によって適切な材料構成則モデルの構築 を行った.

3. 有限要素モデル

Sill EPS ブロック

図2には、本研究で対象とした数値解析モデルの要素分 割状況を示している。なお、この数値解析モデルは、構 造および荷重条件の対称性を考慮して 1/4 モデルとした。

ジオグリッド

応力計

室蘭工業大学大学院	正会員	小室	雅人
(株)構研エンジニアリング	フェロー	川瀬	良司

使用した要素は、ソイルセメント、EPS ブロック、重錘 および底盤に関しては8節点固体要素を,またソイルセ メントに埋設するジオグリッドに関しては4節点シェル 要素を使用した。なお、実際のジオグリッドはメッシュ 状であるが、本数値解析ではその軸剛性が等価となるよ うにシェル要素でモデル化している.

4. 材料構成則

図3には、各材料の応力-ひずみ関係を示している.

(a) 図には、ソイルセメントの応力--ひずみ関係を示し ている、ソイルセメントの応力-ひずみ関係は、配合や 重錘衝突速度等に大きく影響を受ける。本数値解析では、 圧縮強度や弾性係数を変化させた数多くの予備解析結果 を踏まえて図に示すような弾塑性体モデルを適用した。

また、重錘によるソイルセメントのせん断破壊を再現す るために、図4に示すようにかぶり部および載荷点直下 の半径約70mm以外の範囲には、最大主ひずみが5%に 達した段階で要素が消去される破壊条件を付加している.

(b) 図に示す EPS ブロックの応力-ひずみ関係には,静 的な応力-ひずみ関係を基本として、弾性係数等を変化 させた数多くの予備解析結果を踏まえて、除荷時のエネル ギー消失を考慮した非線形弾性体モデルを適用した。ま た、除荷に関しては、単位体積当たりのひずみエネルギー に比例して挙動するように設定した.

ジオグリッドに関しては,別途実施した引張試験結果を もとに,弾性体と仮定しており,密度 ρ_g ,厚さ t_g ,弾性 係数 E_e およびポアソン比 v_e は,それぞれ 0.289 ton/m³, 2 mm, 0.4 GPa および 0 と設定した.

5. 数値解析結果および考察

図5には、数値解析から得られた重錘衝撃力、伝達衝撃



キーワード:ソイルセメント,ジオグリッド,有限要素法,材料構成則, EPS, 重錘落下衝撃実験 連絡先:〒050-8585 室蘭工業大学大学院 くらし環境系領域 社会基盤ユニット TEL/FAX:0143-46-5228

総節点数:約130.000

総要素数:約120.000







図4 破壊条件の適用状況





(a) 数值解析結果 (t = 100ms)

(b) 実験結果

図 6 試験体の破壊状況 (V = 8.0 m/s)

カおよび重錘貫入量の時刻歴波形について,実験結果と 比較して示している.

まず,(a)図に示す重錘衝撃力波形の実験結果に着目す ると,衝突初期に振幅が大きく周期の短い第1波と振幅が 小さく周期の長い第2波から構成されていることが分か る.また,衝突速度Vが大きくなるにしたがい,第2波 の継続時間が長くなる傾向にある.一方,数値解析結果 では,いずれの衝突速度Vにおいても,実験結果と同様 に載荷初期に急激に衝撃力が励起されている.また,第2 波目の最大値に着目すると,数値解析結果は実験結果よ り若干大きく評価しているものの,継続時間に関しては 概ね再現できていることが分かる.

次に,(b)図に示す伝達衝撃力波形の実験結果に着目す ると、いずれの衝突速度Vにおいても、最大値が120kN、 継続時間が40ms程度の正弦半波状の波から構成されて いる.一方、数値解析結果では、いずれの衝突速度Vに おいても、除荷時に高周波成分が励起されており、最大 値においては若干大きく評価しているものの、数値解析 結果は実験結果と類似の傾向を示している.

(c) 図に示す重錘貫入量波形に着目すると、実験結果の

最大重錘貫入量は,衝突速度Vの増加に伴い増加する傾向が確認される.また,数値解析結果においても実験結 果と同様な傾向が見られる.特に,伝達衝撃力の継続時 間である 40 ms までに着目すると,いずれの衝突速度V においても,数値解析結果は実験結果を精度よく再現で きている.

これより、本解析手法は提案の三層緩衝構造の緩衝性 能をほぼ適切に評価されているものと判断される。

図6には、V=8.0 m/s における解析終了時(t = 100ms) および実験終了後における三層緩衝構造の破壊状況を示 している.図より、両者の破壊状況を比較すると、数値 解析結果では重錘直下に放射状の破壊が生じており、そ の形状は実験結果をほぼ再現していることが分かる.こ れより、提案の破壊条件を用いることにより、実験結果 を概ね再現可能であることが明らかになった.

6. **まとめ**

- 提案の構成則モデルを用いることにより、実験結果の重錘衝撃力、伝達衝撃力、重錘貫入量を概ね適切に再現可能である。
- ソイルセメント、ジオグリッド、EPS ブロックから 構成される三層緩衝構造の衝撃吸収性能は、提案の 破壊条件を用いることにより適切に評価可能である ものと判断される。

参考文献

 鈴木健太郎,牛渡裕二,岸 徳光,栗橋祐介:落石防護擁 壁用三層緩衝構造の緩衝性能に及ぼすソイルセメント中の 芯材ジオグリッド位置の影響,コンクリート工学年次論文 集, Vol.34, pp.709-714, 2012

-522-