鋼・コンクリート合成構造型落石覆工に関する衝撃応答解析の適用性

(独)北海道開発土木研究所 正員 岡田 慎哉 室蘭工業大学 正 徳光 (独)北海道開発土木研究所 正 員 今野 北海道開発局 久志 正 員 佐藤 昌志

1.はじめに

本研究では、敷砂緩衝材を設置した鋼・コンクリート合成構 造型落石覆工に関する衝撃応答解析手法の確立に向けた検討を 行うことを目的として, 屏風岩覆道の耐衝撃性能照査実験に関 する動的応答解析を試み,実験結果との比較によりその妥当性 を検討した.なお,数値解析には三次元衝撃応答解析用汎用コ ード LS-DYNA を用いている.

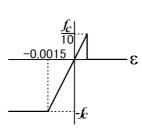
2.実験概要

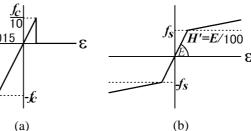
同落石覆工の性能照査実験は屏風岩覆道の層雲峡側端で実施 された. 屏風岩覆道は頂版部に鋼・コンクリート合成構造を, 柱部にコンクリート充填角型鋼管柱を用いた柱式落石覆工であ る.図-1に屏風岩覆道の概略形状図を示す.頂版の合成構造 は,200 ~ 300 mm 間隔で縦横に配置された長さ 300 mm,外 80 mm のガス管を厚さ 9 mm の 2 枚の鋼板で挟みこみ, M22 高力ボルトで固定し超流動コンクリートを充填したもの である.また,柱部は,1辺 400 mm の正方形断面を有する角 型鋼管柱にコンクリートを充填したものであり,2.000 mm 間隔 で道路軸方向に配置されている.なお,側壁部および底版部は 従来と同様 RC 構造となっている.本実験は同覆道の頂版上に 2,000 kg の鋼製重錘を落下・衝突させることで実施している.

本実験の測定項目は、重錘加速度、伝達衝撃応力および頂版 各点の変位である.

3.数值解析仮定

図 - 2 には解析に用いたモデルを 示している.本解析では,覆工本体, 重錘および敷砂緩衝材を一部簡素化 してモデル化し,解析に用いることと した. すなわち, 合成構造の鋼管, ボ ルトおよびナットは、その大きさが構





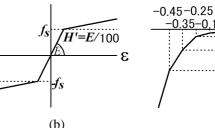
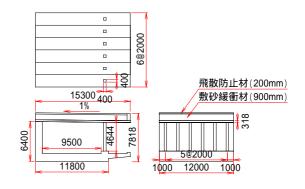


図 - 2

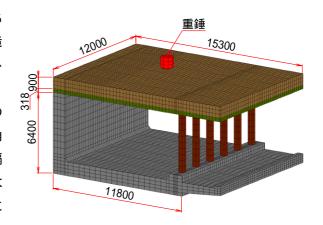
図 - 3 各材料の応力 - ひずみ曲線

造全体に比べて小さいことより簡素化し梁要素を用いてモデル化した.同様に合成構造の鋼板は板要素を用いて いる.それ以外の部位(重錘,敷砂緩衝材を含む)に関しては固体要素を用いてモデル化している.また,底版 部,側壁部の RC 部材に関しては,鉄筋のモデル化を行わず,コンクリート要素の材料定数を変化させることに より考慮することとした.なお,解析に際して周辺地盤は考慮していない.

境界条件は覆工下部の一面を全て完全固定条件として設定している、また、重錘と敷砂との間には接触面を定 義し,重錘要素に実験の衝突速度を初速度として入力することで頂版上の敷砂緩衝材に衝突させている.解析モ



屏風岩覆道概略形状図 図 - 1



解析モデル

(MPa)

-1.5 ε -3.0

-8.0

(c)

-16.0

デルの総節点数,総要素数はそれぞれ 35,226,44,966 である.

本数値解析では、合成構造および敷砂緩衝材は弾塑性体とし、その構成材料であるコンクリート、鋼材および砂質土要素は、LS-DYNAに組み込まれている物性モデルを用いてモデル化した、図・3には数値解析に用いた各材料の応力・ひずみ曲線を示している。(a)図には充填コンクリートの応力・ひずみ曲線を示している。充填コンクリートは、材料試験結果より図のようなバイリニア型にモデル化した.ひび割れは要素の引張応力が圧縮強度の1/10 に達した段階で応力を解放することによりモデル化した.(b)図には鋼板およびボルトの応力・ひずみ曲線を示している.鋼板およびボルトは塑性硬化を考慮したモデルとし、従来の研究成果より塑性硬化係数 H'を弾性係数の 1/100 とした.(c)図には砂質土の応力・ひずみ曲線を示している.砂質土に関してもコンクリート要素と同様にカットオフを考慮している.また、側壁、底版部の RC 部材および重錘は完全弾性体と仮定した.

4.実験結果と数値解析結果に関する考察

本解析により得られた結果を実証実験結果 (落下高さ H=10m) と比較検討し、その適用性について考察した。図 - 4 には重錘衝撃力波形を示している。図より、重錘衝撃力波形は重錘衝突初期において、解析結果に高周波成分が励起され、最大値が実験結果の 2 倍程度の応答となっているものの、衝突後 25 msec 以降の応答波形は両者ともほぼ同一の分布性状を示している。

図 - 5(a)には重錘落下点直下の伝達衝撃応力波形を示している. 図より,数値解析結果は実験結果よりも波動初期の立ち上がり勾配が小さく,その最大値も実験に比べ小さい.また,ピーク後の波動は急激に零レベルまで減少している.しかしながら,その全体的な応答性状は実験結果と同様の傾向を示している.

図 - 5(b)には重錘落下点直下のひずみ波形を示している.解析結果の第1波目の応答は実験結果に比較して若干小さいものの, その傾向は大略よく一致している.しかしながら,リバウンドの応答となる第2波目以降の応答の再現性は乏しい.

図 - 5 (c)には重錘落下点直下の変位波形を示している.解析結果のひずみ波形同様応答初期の第1波目の応答は実験結果と比較的よく類似しているものの,リバウンドの応答となる第2波目以降の応答がほとんど再現されていない.

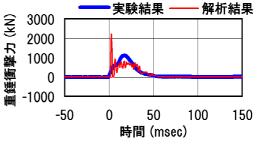
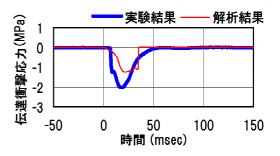
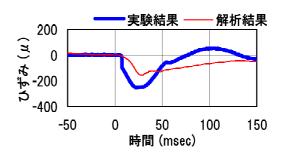


図 - 4 重錘衝擊力波形



(a) 伝達衝擊応力波形



(b) ひずみ波形

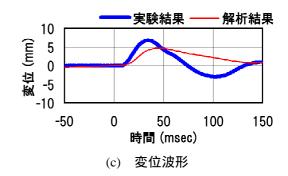


図 - 5 重錘落下点直下における 上鋼板の各応答波形

5.まとめ

本研究では、鋼・コンクリート合成構造を用いた落石防護覆工に関する動的応答解析を実施し、実証実験結果と比較する形でその適用性について検討を行った、本研究より次のような結果が得られた、すなわち、

- 1) 本解析手法により,重錘衝撃力の大略な評価は可能であるが,詳細な挙動検討は難しい.
- 2) 本解析により、伝達衝撃応力は重錘衝撃力同様、大略評価可能である.
- 3) 本解析により, 第1波目のひずみおよび変位応答は比較的良好に再現されている.
- 4) しかしながら,第2波目以降のリバウンド時におけるひずみおよび変位応答の再現は困難である.