

衝撃荷重作用時におけるアーチ構造の敷砂緩衝材の緩衝効果

(株) 構研エンジニアリング 正会員 ○鈴木 健太郎 寒地土木研究所 正会員 岡田 慎哉
 国土交通省北海道開発局 非会員 萩野 博紹 (株) 構研エンジニアリング 正会員 牛渡 裕二
 寒地土木研究所 正会員 表 真也 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

1. はじめに

本研究では、RC 製アーチ構造に敷砂緩衝材を設置した場合の緩衝効果を把握することを目的に、実トンネル坑口部を用いた重錘落下衝撃実験を実施した。実験は、重錘の落下高さを漸増させた繰り返し载荷により行った。検討項目は、重錘衝撃力、伝達衝撃力である。なお、本実験を実施した試験体は、別線ルート開通に伴い平成 14 年度から廃道となった区間のトンネル坑口を使用している。

2. 実験概要

2.1 試験体

図-1(a)図は実験に用いた RC アーチ構造の形状寸法、(b)図は配筋状況、(c)図は伝達衝撃応力測定位置をそれぞれ示している。試験体に用いた RC アーチ構造の断面形状は、覆工部材厚：600 mm、上半内空半径：4,152 mm、側壁部高さ：1,725 mm、道路軸方向の 1 ブロック延長：6,000 mm である。試験体のコンクリートの圧縮強度は 27.5 MPa であった。覆工主鉄筋には D13～D22、配力筋には D13 がそれぞれ 250 mm 間隔で配筋されており、そのかぶりは 100 mm となっている。なお、鉄筋の材質は全て SD295A、敷砂緩衝材の厚さは 900 mm としている。

実験ケースは、落下高さを $H = 2.5, 5, 10, 20$ m と変化させた全 4 ケースである。

2.2 実験方法

実験は、質量 10,000 kg の鋼製重錘をクローラクレ-

ンを用いて所定の高さまで吊り上げ、アーチクラウン部に自由落下させることにより行っている。実験時における敷砂緩衝材の平均湿潤密度および平均含水比は、それぞれ $1,660 \text{ kg/m}^3$ および 8.4 % である。重錘は、直径 1.25 m、高さ 95 cm の円筒状で、底部が半径 100 cm の球状となっている。

本実験の測定項目は、重錘頂部表面に設置したひずみゲージ式加速度計（容量 500 G、応答周波数 DC ～ 5 kHz）による重錘衝撃力、覆工表面に凹凸が生じないように埋設された衝撃応力測定用ロードセル（受圧径 32 mm、容量 9.8 MPa、応答周波数 DC ～ 1 kHz、図-1(c)図参照）による伝達衝撃力である。また、実験時の各種応答波形は、サンプリングタイム 0.1 ms でデジタルレコーダにて一括収録を行っている。

3. 衝撃実験結果

3.1 伝達衝撃応力分布

図-2(a)図および (b) 図には、それぞれ衝突エネルギー $E_k = 1.0 \text{ MJ}$ (落下高さ $H = 10 \text{ m}$) および 2.0 MJ ($H = 20 \text{ m}$) の場合における横断方向および道路軸方向の各伝達衝撃応力の 3 次元分布波形を示している。(i) 図において、横軸は横断方向のロードセル位置を示しており、青の実線が载荷位置直下の波形である。また、縦軸は応力振幅、奥行方向は時間を表しており、重錘衝突の 50 ms 前からの波形分布を示している。(ii) 図については、横軸を道路

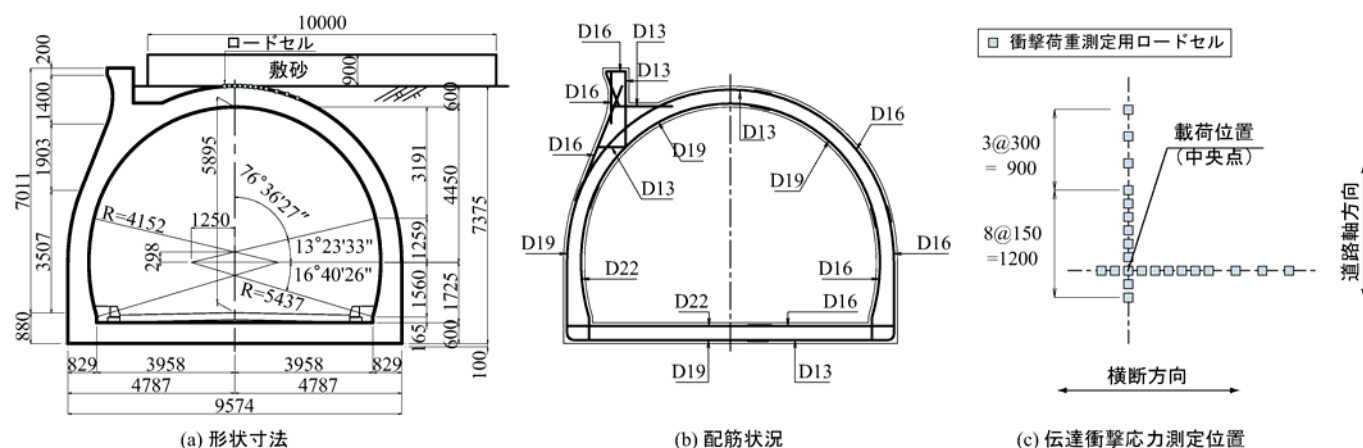


図-1 試験体概要

キーワード：RC 製アーチ構造、重錘落下衝撃実験、敷砂緩衝材、緩衝効果

連絡先：〒065-8510 札幌市東区北 18 条東 17 丁目 1-1 構研エンジニアリング TEL 011-780-2815 FAX 011-785-1501

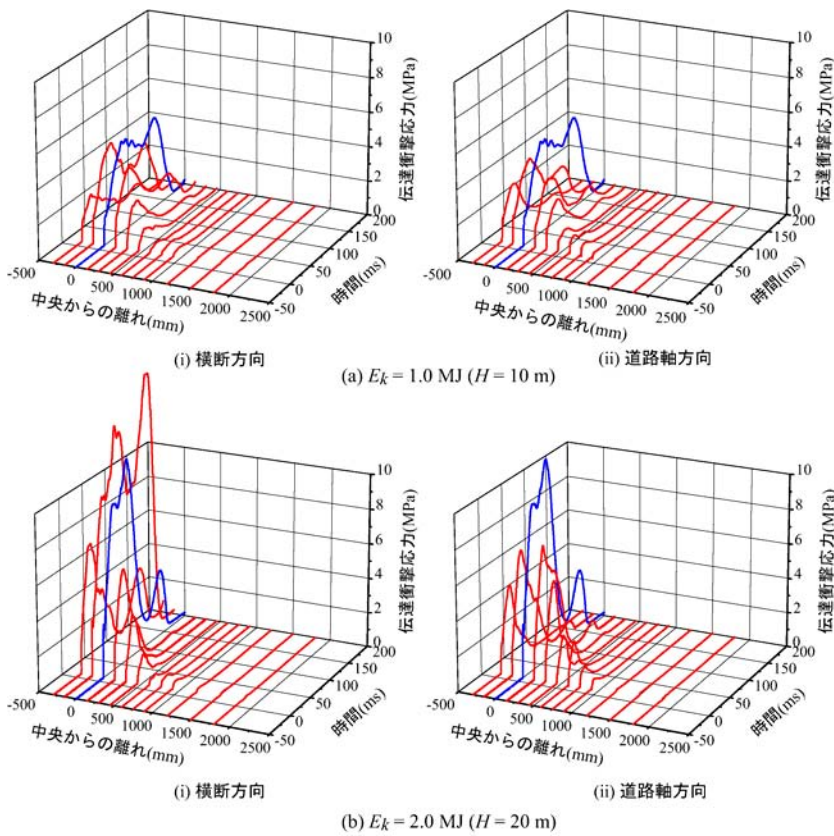


図-2 伝達衝撃応力分布波形

軸方向とした場合の分布波形である。

(a) 図の $E_k = 1.0 \text{ MJ}$ の場合には、横断方向および道路軸方向ともに中央から 1,000 mm 程度の範囲まで伝達衝撃応力が分布していることが分かる。また、最大 2 MPa 以上の大きな伝達衝撃応力は载荷点中央から 500 mm 程度の範囲に分布している。

(b) 図の $E_k = 2.0 \text{ MJ}$ の場合では、载荷点中央部において 5 MPa 程度以上の大きな伝達衝撃応力が発生しているものの、その発生領域は 1.0 MJ の場合と同様に、横断方向および道路軸方向ともに载荷点中央から 500 mm 程度の範囲に分布している。以上より、RC アーチ構造に敷砂緩衝材を設置した場合における衝撃荷重は、本実験の範囲内において载荷点中央から 500 mm 程度の分布幅に伝達される傾向にあることが明らかになった。

3.2 衝撃力波形

図-3 は、 $E_k = 0.5 \text{ MJ}$ 以上における重錘衝撃力および伝達衝撃力の波形を示している。なお、伝達衝撃力は、伝達衝撃応力が载荷点中央部に関して軸対称に分布するものと仮定し、応力を集積評価し算出している。

重錘衝撃力波形と伝達衝撃力波形を比較すると、両者ともにほぼ同様な波形性状を示している。また、伝達衝撃力波形は、重錘衝撃力波形に対して 10 ms 程度波形の立ち上がりに遅れが生じているものの、荷重継続時間および最大応答値発生時刻は両者でほぼ等しい。さらに、

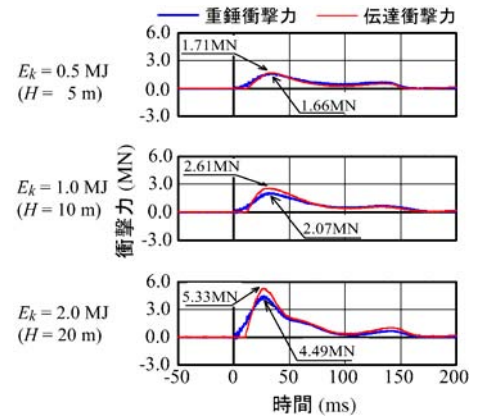


図-3 衝撃力波形

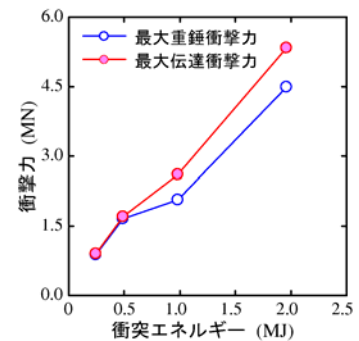


図-4 衝撃力と衝突エネルギーの関係

いずれのケースも最大伝達衝撃力は最大重錘衝撃力を上回る傾向にあることが分かる。

3.3 衝撃力と衝突エネルギーの関係

図-4 には、重錘衝撃力および伝達衝撃力の最大値と衝突エネルギーの関係を示している。

図より、衝突エネルギーが $E_k = 1.0 \text{ MJ}$ 以上となる場合には、伝達衝撃力が重錘衝撃力よりも大きく示されており、その比率は 1.2 倍程度となっている。以上より、敷砂緩衝材を設置した場合のアーチ構造において、伝達衝撃力は重錘衝撃力より大きくなることが明らかになった。なお、これらの敷砂緩衝材を設置した場合の重錘衝撃力および伝達衝撃力は、本実験ケース以下の衝突エネルギーで重錘を RC アーチ構造に直接衝突させた場合の重錘衝撃力よりも小さくなることを確認している。

4. まとめ

本研究では、RC 製アーチ構造に敷砂緩衝材を設置した場合の緩衝効果を把握することを目的に、実トンネル坑口部を用いた重錘落下衝撃実験を実施した。本研究により得られた事項を整理すると、以下のように示される。

- (1) RC アーチ構造に敷砂緩衝材を設置した場合における衝撃荷重は、本実験の範囲内において载荷点中央から 500 mm 程度の分布幅に伝達される。
- (2) RC アーチ構造に敷砂緩衝材を設置した場合における伝達衝撃力は、重錘衝撃力よりも大きく示される。