

衝撃荷重作用時におけるアーチ構造の三層緩衝構造の緩衝効果

寒地土木研究所 正会員 ○石川 博之 寒地土木研究所 正会員 今野 久志
 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
 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、三層緩衝構造を設置した場合の RC 製アーチ構造に関する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、緩衝工として三層緩衝構造を用い、重錘の落下高さを漸増させた繰り返し载荷法により行った。検討項目は、重錘衝撃力、伝達衝撃力である。

2. 実験概要

2.1 試験体

図-1(a)図は実験に用いたトンネル坑口部の形状寸法、(b)図はその配筋状況、(c)図は伝達衝撃応力測定平面位置図をそれぞれ示している。試験体に用いたトンネル坑口部の断面形状は、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。覆工主鉄筋には D13～D22、配力筋には D13 をそれぞれ 250 mm 間隔で配筋し、かぶりは 100 mm となっている。なお、鉄筋の材質は全て SD295A である。また、三層緩衝構造は、敷砂厚 500 mm、RC 版厚 200 mm、EPS 材厚 500 mm としている。

実験ケースは、落下高さを $H = 10, 20, 30$ m と変化させた全 3 ケースである。なお、試験体であるトンネル坑口部のコンクリートの圧縮強度は、36.1 MPa であった。

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、アーチ部中央点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材の平均湿潤密度および平均含水比は、 $1,610 \text{ kg/m}^3$ 、13.8 % である。また、三層緩衝構造の芯材に用いた RC 版は、形状寸法が $5.0 \times 5.0 \times 0.2$ m、圧縮強度 27 MPa、鉄筋比 1 % 以上の複鉄筋配筋となるように D22 (材質 SD345) を 250 mm 間隔とし、裏層材には密度 20 kg/m^3 の EPS を用いた。なお、各実験ケースにおいて、RC 版、EPS 材は常に未使用材を用いることとした。重錘は、直径 1.25 m、高さ 95 cm で底部が半径 100 cm の球状となっている。また、クレーン能力の限界が 30 m であることより、落下高さは 30 m までとしている。

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 $E_k = 1.0 \text{ MJ}$ ($H = 10$ m) および 3.0 MJ ($H = 30$ m) 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、原点が载荷位置を示している。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)図も横軸が载荷点直下を原点とした道路軸方向のロードセルの位置である。

(a)図の $E_k = 1.0 \text{ MJ}$ の場合では、载荷点直下で最大 0.23

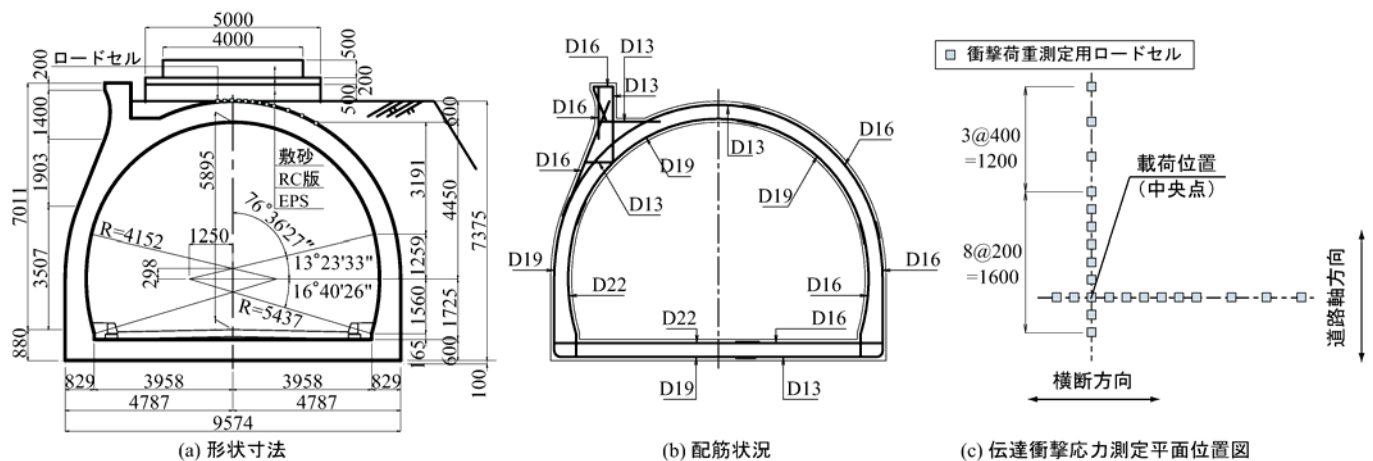


図-1 試験体概要

キーワード：RC 製アーチ構造、重錘落下衝撃実験、三層緩衝構造、緩衝効果

連絡先：〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 寒地土木研究所 TEL 011-841-1698 FAX 011-820-2714

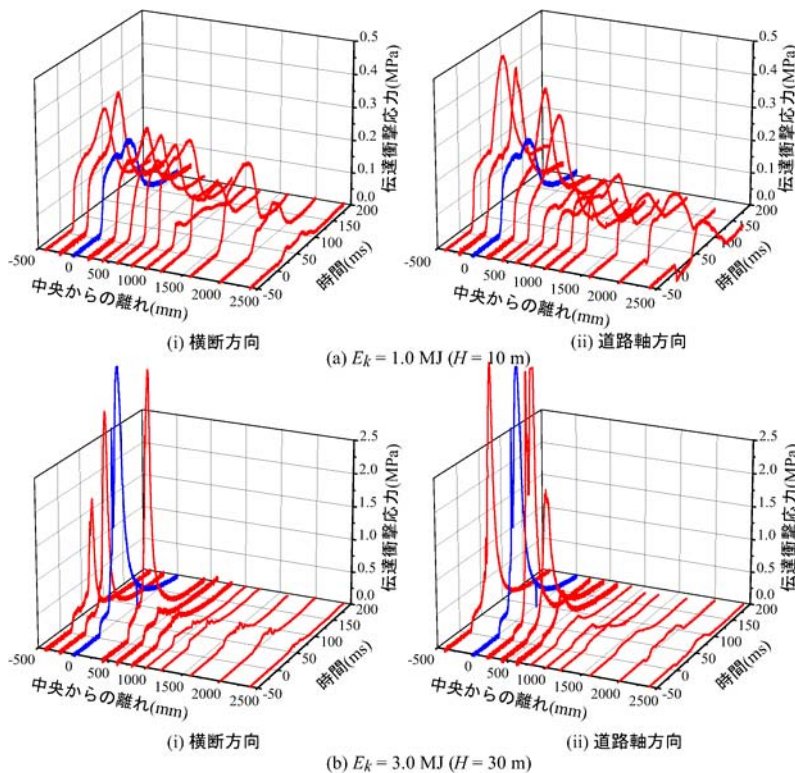


図-2 伝達衝撃応力分布波形

MPa 程度発生していることが分かる。これは EPS ブロックが 60 % 程度の圧縮されたひずみに相当し、EPS の吸収エネルギー限界値程度であることを示している。また、横断方向における伝達衝撃応力は時間的にほぼ台形状の分布性状となっており、0.1 MPa 程度以上の応力が RC 版全体に発生し、荷重分散性に優れていることが分かる。道路軸方向では、載荷点中央部において 0.4 MPa 程度の大きな応力の発生は確認できるものの、荷重分散傾向は横断方向とほぼ同様である。

(b) 図の $E_k = 3.0 \text{ MJ}$ の場合では、EPS の吸収エネルギー限界値を大きく超過し 3.8 MPa 程度の応答値を示している。また、載荷点中央部において 2 MPa 程度以上の最大伝達衝撃応力が発生しているものの、0.1 MPa 程度以上の伝達衝撃応力は 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 RC 版全体に発生していることが分かる。

3.2 衝撃力波形

図-3 には、 $E_k = 1.0 \text{ MJ}$ および 3.0 MJ に関する重錘衝撃力および伝達衝撃力の波形分布を示している。なお、伝達衝撃力は、伝達衝撃応力が載荷点中央部に関して軸対称に分布するものと仮定し、応力を集積評価している。重錘衝撃力波形および伝達衝撃力波形を比較すると、1.0 MJ の場合では伝達衝撃力波形は重錘衝撃力波形に対して 15 ms 程度波形の立ち上がりに遅れが生じている。3.0 MJ の場合では、伝達衝撃力の立ち上がりは 20 ms 程度遅

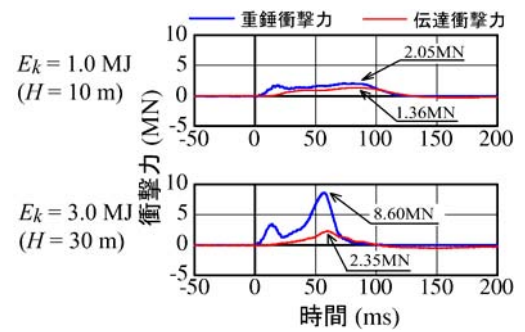


図-3 衝撃力波形

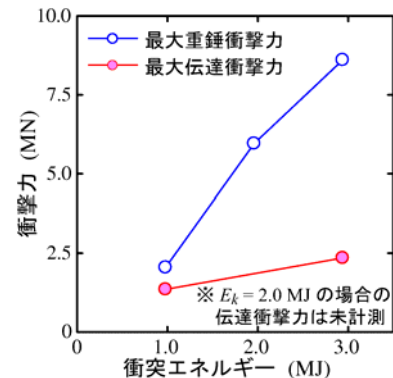


図-4 衝撃力と衝突エネルギーの関係

れており、1.0 MJ の場合の波形性状と異なることが分かる。また、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く、両者ともに最大伝達衝撃力は最大重錘衝撃力を下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、重錘衝撃力は、衝突エネルギーの増加に伴って最大応答値も増加することが分かる。また、伝達衝撃力は $E_k = 1.0 \text{ MJ}$ の場合で重錘衝撃力の 0.7 倍程度、3.0 MJ の場合では 0.3 倍程度となっている。以上より、三層緩衝構造を設置した場合のアーチ構造は、衝突エネルギーが増加するほど緩衝効果が大きくなる傾向にあることが明らかとなった。

4. まとめ

本研究では、これらの RC 製アーチ構造に関する三層緩衝構造の緩衝効果を把握することを目的に、実規模トンネル坑口部を対象とした重錘落下衝撃実験を実施した。検討結果を整理すると、以下のように示される。

- (1) 三層緩衝構造を設置した場合のアーチ構造の伝達衝撃応力は、横断方向および道路軸方向ともに時間的にほぼ台形状に RC 版全体に発生し、荷重分散性に優れる。
- (2) 三層緩衝構造を設置した場合のアーチ構造は、最大伝達衝撃力は最大重錘衝撃力を下回り、衝突エネルギーが増加するほど緩衝効果が大きくなる傾向にある。