

敷砂緩衝材を設置した RC 製ロックシェッド模型の耐衝撃挙動

寒地土木研究所 正会員 西 弘明 寒地土木研究所 正会員 今野 久志
 寒地土木研究所 正会員 山口 悟 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光
 室蘭工業大学 正会員 栗橋 祐介

1. はじめに

本文では、ロックシェッドの合理的な耐衝撃設計法を確立するための基礎的な研究として実施した、現行設計と同様に緩衝材として頂版上に 90 cm 厚の敷砂を設置した実ロックシェッドの 1/2 縮尺模型試験体を用いた重錘落下衝撃実験結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

図 - 1 には、実験に使用した RC 製ロックシェッド模型試験体の形状寸法を示している。試験体は、実験ヤードの大きさ、破壊までの重錘衝突エネルギー等を考慮し、外幅 5.5 m、道路軸方向長さ 6.0 m、側壁高さ 3.5 m の箱形構造の一般的な RC 製ロックシェッドの 1/2 縮尺模型としている。内空断面は幅 4.5 m、高さ 2.5 m であり、内空の四隅にはハンチを設けている。部材厚さは、頂版、底板、柱、側壁共に 0.5 m である。鉄筋比については一般的なロックシェッドと同程度とし、頂版下面および上面の軸方向鉄筋として D 22 を 125 mm 間隔（主鉄筋比約 0.7%）で配置し、頂版の配力筋は軸方向鉄筋の 3 分の 1 を目安に上面、下面共に D 13 を 125 mm 間隔で配筋している。鉄筋の材質は全て SD 345 であり、力学的特性は降伏強度が 378 ~ 400 MPa、引張強度が 539 ~ 571 MPa で、鉄筋のかぶり、芯かぶりが 60 mm である。コンクリートの設計基準強度は 24 N/mm² であり、実験時の圧縮強度は 29.7 N/mm² である。

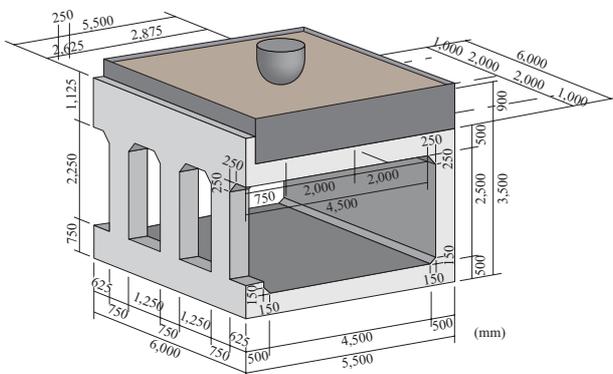


図 - 1 試験体の形状寸法

キーワード：RC 製ロックシェッド，重錘落下衝撃実験，衝撃挙動，性能照査型設計法，敷砂緩衝材

連絡先：〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1-3-1-34 寒地土木研究所寒地構造チーム TEL 011-841-1698 FAX 011-841-3502

表 - 1 実験ケース

実験ケース	緩衝工	重錘質量 M(kg)	载荷方法	落下高さ H(m)	衝突エネルギー E _k (kJ)
S-II-H1.0	90cm	10,000	繰返し	1.0	98
S-II-H2.5				2.5	245
S-II-H5.0				5.0	490
S-II-H10.0				10.0	980
S-II-H15.0				15.0	1470
S-II-H20.0				20.0	1960
S-II-H25.0				25.0	2450

2.2 衝撃実験概要

実験は、敷砂を 90 cm の厚さで設置した試験体の頂版中央部に質量 10,000 kg の鋼製重錘をトラッククレーンにより所定の高さまで吊り上げ、自由落下させることで実施した。使用した鋼製重錘は、直径が 1.25 m、高さ 95 cm で底部より高さ 30 cm の範囲が半径 1 m の球状となっている。実験に使用した敷砂は、アスファルト合材用の細目砂であり、表乾密度は 2.56 g/cm³ である。実験に際しては頂版上に型枠を設置し、厚さ 25 cm ごとに足踏みによって締め固めを行い所定の厚さとした。実験時の湿潤密度は 1.531 g/cm³、含水比は平均 11.4% である。なお、各実験ケース終了後には、所定の厚さに再設置している。表 - 1 には、実験ケースの一覧を示している。実験は、頂版中央部での繰返し载荷を行っており、弾性範囲内と想定される実験ケースとして落下高さ H = 1.0 ~ 25 m の 7 ケース実施した。実験ケース名は、第 1 文字目に敷砂緩衝材を示す記号として S を、第 2 文字目には繰返し载荷実験を示す II、第 3 文字目には H の後ろに重錘の落下高さ (m) を付し、それらをハイフンで結んで示している。

本実験における計測項目は、1) 重錘の頂部表面に設置したひずみゲージ式加速度計（容量 200 G および 500 G、応答周波数 DC ~ 3.5 kHz および 5 kHz、サンプリングタイム 0.05 ms）3 個による重錘衝撃力、2) 非接触式レーザ変位計（測定範囲 ± 100 mm、応答周波数約 1 kHz、サンプリングタイム 1 ms）による試験体変位、3) 鉄筋に貼付したひずみゲージによる鉄筋歪みで、デジタルデータレ

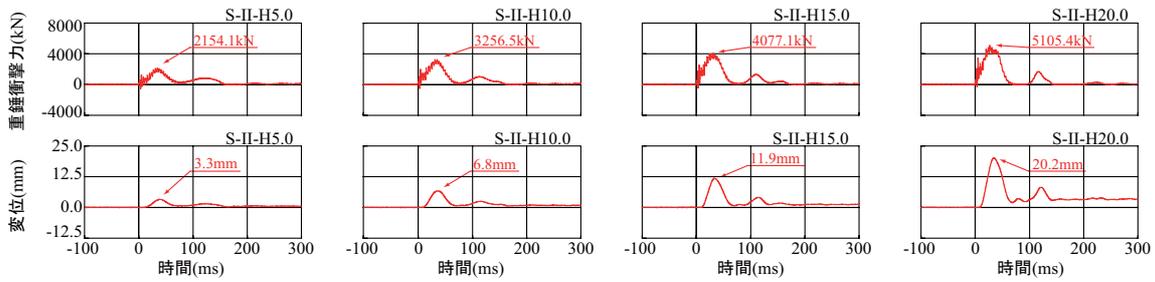


図 - 2 各種応答波形

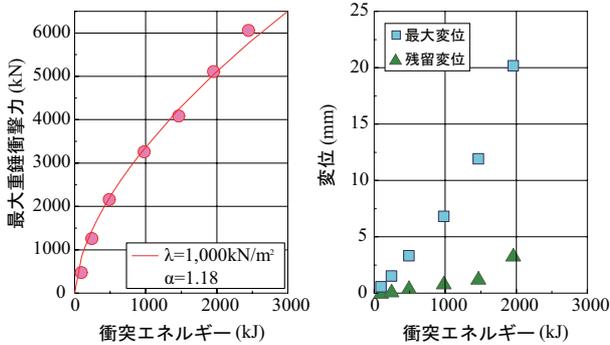


図 - 3 各種応答値と衝突エネルギーの関係

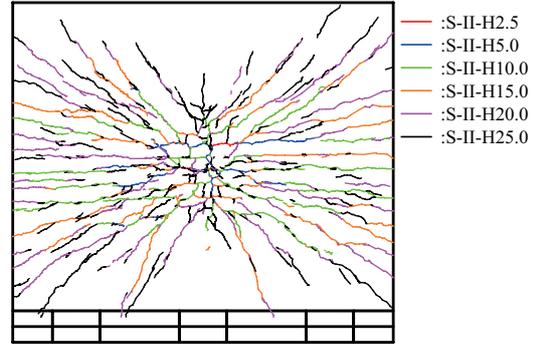


図 - 4 頂版裏面ひび割れ状況

コードにて一括収録を行っている。また、各実験終了後には、試験体のひび割れ状況をスケッチしている。なお、落下高さ 25m の実験 S-II-H25 では、頂版裏面コンクリートが剥落する可能性があったため変位は計測していない。

3. 実験結果

3.1 各種応答波形

図 - 2 には、 $H=5m\sim 20m$ 落下時における重錘衝撃力波形および載荷点直下の変位波形を示している。

重錘衝撃力波形に着目すると、第 1 波目は落下高さの増加と共に振幅が大きくなっていくが継続時間は約 70 ms 程度である。また、第 2 波目については落下高さの増加と共に振幅が若干増加する傾向を示すと共に、ピーク値発生時刻は落下高さの増加と共に遅くなる傾向を示した。

載荷点直下変位波形について着目すると、いずれの実験ケースにおいても重錘衝突時刻より 10 ms 程度遅れて励起されている。波形性状については重錘衝撃力波形にほぼ対応した形状となっており、落下高さの増加とともに残留変位も増加する傾向を示した。

3.2 各種応答値と衝突エネルギーの関係

図 - 3 には、最大重錘衝撃力、最大変位、残留変位の各応答値と衝突エネルギーの関係を示している。最大重錘衝撃力と衝突エネルギーの関係より、最大重錘衝撃力は落下高さの増加と共に増大しており、その値は振動便覧式におけるラーメ定数を $1,000\text{ kN/m}^2$ とし、敷砂厚と落石直径の比から決定される割り増し係数を考慮することによって評価可能であることが分かる。また、最大変位、

残留変位と衝突エネルギーの関係より、最大変位および残留変位ともに、衝突エネルギー $E_k = 1,470\text{ kJ}$ まで衝突エネルギーの増加に対応して線形に増大しているが、 $E_k = 2,000\text{ kJ}$ ではそれ以前の増加傾向よりも大きな値を示している。

3.3 ひび割れ発生状況

図 - 4 に示す各実験ケース終了後の頂版裏面のひび割れ状況より、衝突エネルギーの小さい S-II-H5.0 まではスパン中央部に曲げひび割れが発生し、S-II-H10.0 において載荷点を中心とする放射状のひび割れが発生している。さらに衝突エネルギーが増大に対応して曲げひび割れおよび斜めひび割れの密度が増加していくが、最終的にはひび割れが裏面全体に分散すると共に載荷点直下では格子状のひび割れとなり、コンクリートが剥落間近の状態に至ったものと推察される。

4. まとめ

- 1) 最大重錘衝撃力は、振動便覧式におけるラーメ定数を $1,000\text{ kN/m}^2$ とし、敷砂厚と落石直径の比から決定される割り増し係数を考慮することで評価可能である。
- 2) 載荷点直下の最大変位および残留変位は、衝突エネルギーの増加に対応して増大するが、繰り返し載荷による頂版部の損傷累積により剛性が大きく低下した場合には残留変位が急増する。
- 3) 敷砂緩衝材を設置した場合の RC 製ロックシェットの頂版部には曲げ破壊型のひび割れ損傷が卓越して発生する。