

緩衝材を設置しない 2/5 スケール RC 製ロックシェッド模型の重錘落下衝撃実験

(株) 構研エンジニアリング 正会員 ○吉井 康訓 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

(株) 構研エンジニアリング 正会員 川瀬 良司 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

1. はじめに

本研究ではロックシェッドの性能照査型耐衝撃設計法を確立するための基礎的な検討として、実ロックシェッドの 2/5 縮尺模型試験体を製作し、緩衝材を設置しない場合の耐衝撃挙動を把握することを目的に、入力エネルギーを変化させた重錘落下衝撃実験を実施した。

2. 実験概要

図-1 には、実験に供した RC 製ロックシェッド縮尺模型試験体の形状寸法を示している。模型は、外幅 4.4m、長さ 4.8m、高さ 2.8m の矩形断面であり、内空断面は幅 3.6m、高さ 2m で、頂版厚は 40cm である。なお、ロックシェッドの基部には 1,200mm 厚のコンクリート剛基礎を配置している。

図-2 には、試験体の道路軸直角方向断面の配筋図を示している。模型縮尺を考慮し、鉄筋比については実ロックシェッドと同程度とした。鉄筋は D13 および D16 を使用し、鉄筋の材質は全て SD345 である。鉄筋のかぶり、いずれの部材も芯かぶりで 60mm である。力学的特性は、D13 の降伏強度、引張強度がそれぞれ 413MPa、580MPa であり、D16 の場合は 430MPa、609MPa である。また、使用したコンクリートの設計基準強度は 24N/mm² であり、実験時の圧縮強度は 29.7N/mm² であった。

表-1 に、実験ケース一覧を示す。いずれの場合も、緩衝材を設置しない状態で実験を実施している。

実験ケース名は、第 1 文字目に緩衝材を使用していないことを示す N、第 2 文字目には重錘落下位置を示す C (中央)、第 3 文字目に重錘落下高さを示す H とその高さ (m) を付し、それらをハイフンで結んで示している。

実験は、質量 2,000 kg の鋼製重錘をトラッククレーンを用いて所定の高さまで吊り上げ、頂版中央に自由落下させることにより行っている。使用した鋼製重錘は、直径が 1.0 m、高さが 97 cm で、底部より高さ 17.5 cm の範囲が半径 80 cm の球状となっている。また、鋼製円筒の内部には鋼塊とコンクリートを充填して質量を調整している。

実験は、落下高さ $H = 0.25$ m から 0.25 m ピッチで落下

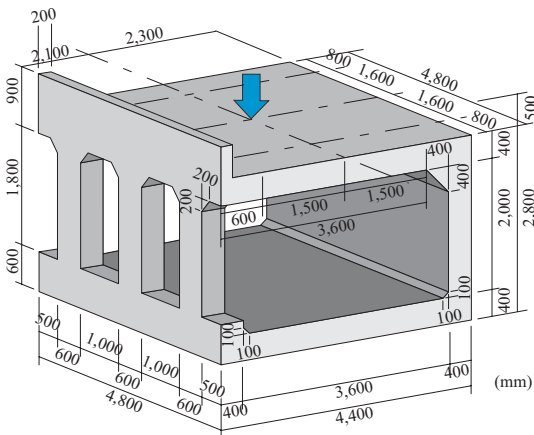


図-1 試験体の形状寸法および配筋状況

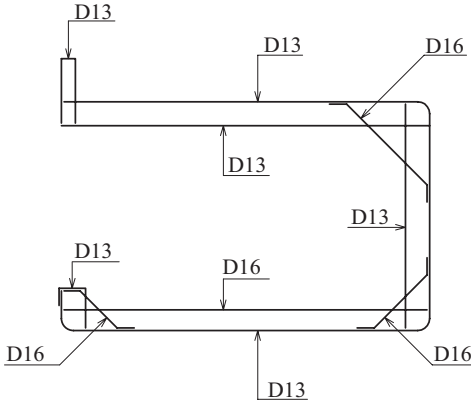


図-2 配筋状況

表-1 実験ケース一覧

実験 ケース名	重錘質量 M (kg)	落下高さ H (m)	入力エネルギー E_k (kJ)
N-C-H0.25	2,000	0.25	5
N-C-H0.50		0.50	10
N-C-H0.75		0.75	15
N-C-H1.00		1.00	20
N-C-H1.25		1.25	25

高さを漸増させ、頂版部に押し抜きせん断破壊が顕著に現れるまで実施した。

本実験における測定項目は、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 500 G、応答周波数 DC ~ 5 kHz) による重錘衝撃力、2) 非接触型レーザ式変位計 (容量 300 mm および 500 mm、応答周波数約 1 kHz) による内空変位である。これらの各センサーからの出力波形は、サンプリングタイム 0.1 ms でデジタルデータレコーダにて一括収録を行っている。

キーワード：RC 製ロックシェッド、重錘落下衝撃実験

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 011-780-2813 FAX 011-785-1501

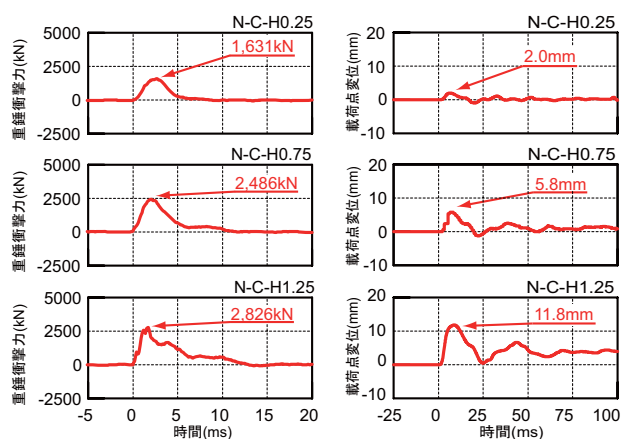


図-3 各種応答波形

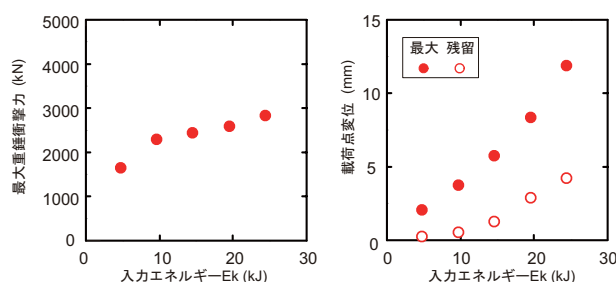


図-4 入力エネルギーとの関係

3. 実験結果

図-3には、落下高さ $H = 0.25$ m, 0.75 m, 1.25 m の場合における重錘衝撃力波形および載荷点変位波形を示している。なお、重錘衝撃力波形に関しては、ノイズを含んだ高周波成分を除去するため、波形収録後に 1 ms の矩形移動平均によりフィルター処理を施している。

重錘衝撃力波形より、落下高さの低い段階では正弦半波状の波形性状を示しているものの、落下高さが増加するに従って三角形状の波形に振幅が小さく周期の長い波形が合成された性状を示している。また、落下高さの増加と共に重錘衝撃力波形の立ち上がり勾配が大きくなるとともに早期に最大値に至っている。波形の継続時間は、N-C-H0.25 の場合で 5 ms 程度であり、N-C-H0.75, N-C-H1.25 では波形継続時間も増加し、 12 ms 程度となっている。

変位波形に着目すると、いずれの重錘衝撃力波形より若干遅れて励起しており、重錘衝突による正弦半波状の最大応答波形とその後に続く減衰自由振動波形より構成されている。最大変位は重錘衝突後約 10 ms 経過時点で発生しており、最大重錘衝撃力発生時間とは大きく異なっている。また、落下高さの増加と共に最大変位および波形の周期が増加する傾向が示されている。

図-4には、最大重錘衝撃力および載荷点変位と入力エネルギーの関係を示している。最大重錘衝撃力と入力

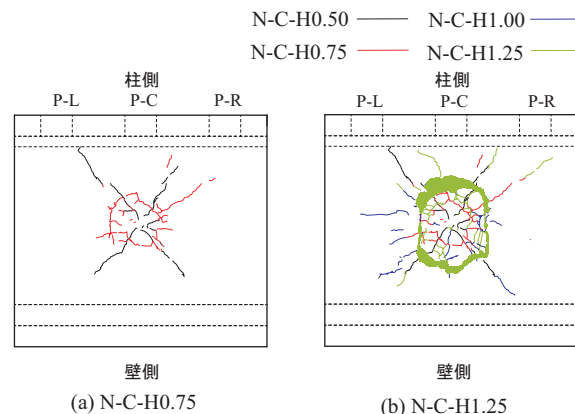


図-5 頂版下面のひび割れ状況

エネルギーの関係より、入力エネルギー $E_k = 15$ kJ を境にして、最大重錘衝撃力の増加割合が大きく変化していることが分かる。これは、繰り返し載荷による損傷の影響が現れているものと推察される。これは、後述するひび割れ状況からも確認できるように、押し抜きせん断破壊が顕著化したためと考えられる。

載荷点変位と入力エネルギーの関係より、最大変位は、入力エネルギー $E_k = 15$ kJ 以降の実験ケースにおいて、増加割合が若干増加する傾向が見られるものの、全体的には入力エネルギーの増加に対応してほぼ線形に増加している。残留変位は、入力エネルギーに対して増加割合が入力エネルギー $E_k = 15$ kJ を境に大きくなる傾向を示しており、繰り返し載荷による損傷の影響が現れている。

図-5には、実験終了後の頂版下面におけるひび割れ分布を示している。N-C-H0.75 では斜めひび割れが増加すると共に載荷点近傍部には道路軸方向の曲げひび割れおよび押し抜きせん断破壊を示す円形状のひび割れが一部に発生している。最終実験ケースである N-C-H1.25 では押し抜きせん断破壊により頂版コンクリートが完全に押し抜けられコンクリートが一部剥落していることが分かる。

4. まとめ

本研究より得られた結果を整理すると、以下のように示される。

- 1) 入力エネルギーの増加に対応して最大重錘衝撃力も増加するが、押し抜きせん断破壊型のひび割れが顕在化することにより、その増加割合は減少する傾向にある。
- 2) 入力エネルギーの増加に対応して載荷点変位はほぼ線形的に増加するものの、残留変位は押し抜きせん断破壊面が形成される場合に急増する傾向にある。
- 3) 敷砂緩衝材を設置しない条件下でのロックシェッド試験体中央部への重錘落下衝撃実験では、押し抜きせん断破壊により終局に至る。