

敷砂緩衝材を設置した二辺支持 RC 版の重錘落下衝撃実験

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

1. はじめに

本研究では、ロックシェッドの性能照査型設計法を確立するための基礎的な検討として、数値解析に資するための耐衝撃挙動データ収集を目的に、敷砂緩衝材を設置した二辺支持 RC 版の静的および衝撃載荷実験を実施した。

2. 実験概要

本実験に用いた RC 版は、寸法が 2,000×2,000×150mm の単鉄筋 RC 版である。鉄筋は D13 を用い、版中央部より 150mm 間隔で格子状に配置している。写真-1 には、衝撃載荷実験の状況を示している。実験は、質量 500kg で先端部の直径が 230mm の平底鋼製重錘を所定の高さから厚さ 125mm の敷砂緩衝材を設置した試験体中央に落下させることにより行っている。表-1 には、試験体の一覧を示している。表中の試験体名は、第一項目に支持条件 (S2: 二辺支持) を示し、第二項目は載荷方法 (S: 静載荷, IC: 繰返し衝撃載荷, IS: 単一衝撃載荷) を示している。



写真-1 実験状況

繰返し衝撃載荷実験は、初回の重錘衝突速度を 1m/s、その後の増分速度を 1m/s として RC 版が終局に至るまで載荷を行った。なお、本実験では、押抜きせん断破壊により RC 版裏面のかぶりコンクリートの剥落が顕在化する状態を終局と定義した。このことによる最終の衝突速度は 9 m/s であった。単一衝撃載荷実験については、繰返し実験の最終衝突速度 9m/s で実施したところ、押抜きせん断破壊が生じたため、衝突速度 8m/s および 8.5m/s の単一載荷実験を実施している。

表-1 試験体一覧

試験体名	載荷方法	重錘質量 m (kg)	衝突速度 V (m/s)	入力エネルギー E (kJ)
S2-S	静的	-	-	-
S2-IC	繰返し	500	1~9	0.25 ~ 20.3
S2-IS8.0	単一		8.0	16.0
S2-IS8.5			8.5	18.1
S2-IS9.0			9.0	20.3

3. 実験結果

3. 1 各種応答値と入力エネルギーとの関係

図-1 (a)~(d) には、重錘衝撃力、支点反力、最大変位および残留変位と入力エネルギーとの関係を示している。(a) 図より、繰返し載荷実験による最大重錘衝撃力は、値にばらつきが見られるものの入力エネルギーに対応して増加する傾向が示されている。また、繰返し載荷と単一載荷との差異は余り見られない。(b) 図より、最大支点反力について見ると、繰返し載荷実験では RC 版の損傷の累積とともに最大支点反力の増加割合が小さくなる傾向が示されおり、 $E=16\text{kJ}$ ($V=8\text{ m/s}$) において最大値を示した後、最終の実験ケースである $E=20.3\text{kJ}$ において支点反力が減少に転じている。単一載荷実験では、入力エネルギーの増加に対応して線形に増加しており、 $E=20.3\text{kJ}$ において繰返し載荷実験の結果と同程度の値を示している。(c), (d) 図の最大変位および残留変位については、入力エネルギーが $E=9\text{kJ}$ ($V=6\text{ m/s}$) までは、残留変位がほぼ零であることから RC 版は弾性的な挙動を示しており、最大変位は入力

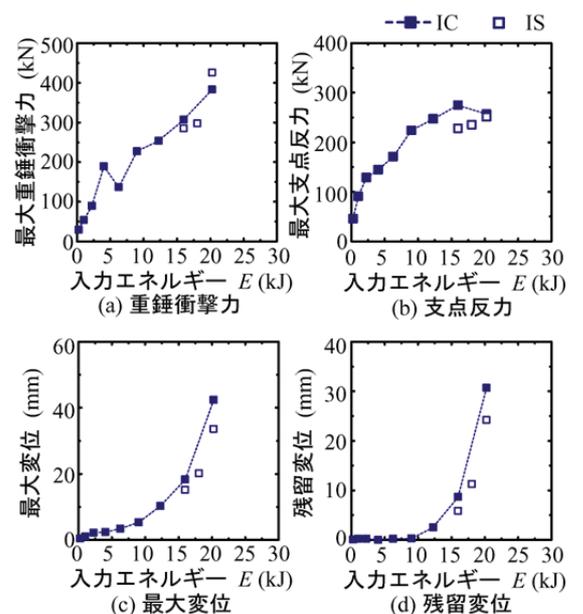


図-1 各種応答値と入力エネルギーの関係

キーワード ロックシェッド, 性能照査型設計法, 二辺支持, RC 版, 衝撃荷重載荷

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 (独)寒地土木研究所 TEL.011-841-1698

エネルギーの増加に対応してほぼ線形に増加していることが分かる。入力エネルギーがさらに増加すると損傷が累積されることにより最大変位および残留変位が2次関数的に増加している。筆者らが過去に実施したRC梁に関する衝撃载荷実験では、最大変位および残留変位は終局に至るまで、入力エネルギーに対応してほぼ線形に増加する結果が得られており、本実験結果とは異なる傾向となっている。これは、RC版では繰返し载荷による損傷が载荷点直下に集中し、局部的に剛性が大きく低下していくためと推察される。単一载荷実験では同一の衝突速度において繰返し载荷実験よりも最大応答変位および残留変位ともに小さな値を示しているが入力エネルギーに対する増加傾向は繰返し载荷実験とほぼ同様である。

3. 2 支点反力-载荷点変位関係

図-2には、単一衝撃载荷実験の支点反力-载荷点変位関係と静载荷実験の荷重-変位関係を併せて示している。

押抜きせん断破壊に至った静载荷実験S2-Sと単一衝撃载荷実験S2-IS9.0の荷重-変位関係を比較すると、単一衝撃载荷実験では一旦除荷状態になる部分があることや最大荷重が静载荷実験より大きい点を除けば、荷重の立ち上がり勾配から最大変位発生後の除荷状態に至るまで、全体的には類似の性状を示していることがわかる。また、最大支点反力を動的耐力と仮定し、この値を実験により求められた静的押抜きせん断耐力で除して動的応答倍率を求めると、1.2 (250.8kN/211.7kN) となる。ここで、振動便覧式により入力エネルギー20.3kJ (m=500kg, H=2.34m) の条件下において衝撃力250.8kNを与えるラーメの定数を逆算すると、 $\lambda=1,300\text{kN/m}^2$ となる。このことは、静的押抜きせん断耐力と動的応答倍率により動的耐力を求め、振動便覧式を用いることで押抜きせん断破壊に至らしめる落石エネルギー(落石質量と落下高さ)を算定できる可能性を示唆している。

3. 3 入力エネルギーと吸収エネルギーの関係

図-3には、敷砂およびRC版の吸収エネルギーと重錘による入力エネルギーの関係を示している。ここで、敷砂およびRC版の吸収エネルギーは、それぞれ重錘衝撃力と重錘貫入量および重錘衝撃力と载荷点変位の履歴曲線より求めている。図より、入力エネルギーが小さい範囲では敷砂による吸収エネルギーが非常に大きく、入力エネルギーの増加とともにRC版による吸収エネルギーの割合が増加している。押抜きせん断破壊が発生した最終ケースでは、RC版の吸収エネルギーは入力エネルギーの約30%となっている。

4. まとめ

本研究では、ロックシェッド等の性能照査型設計法を確立するための基礎的な検討として、敷砂を設置した二辺支持RC版の終局までの耐衝撃挙動データを取得することを目的に、静载荷実験および衝撃荷重载荷実験を実施した。本実験で得られた結果をまとめると以下の通りである。

- 1) 静载荷実験を含めたいずれの载荷方法に対しても曲げひび割れが卓越して発生するが、最終的な破壊モードは押抜きせん断破壊である。
- 2) 最大応答変位および残留変位は入力エネルギーの増加に対応して2次関数的に増加する。
- 3) 最大支点反力を動的耐力と仮定すれば、ラーメ定数を適切に設定し、振動便覧式を用いることで終局落石条件を算定できる可能性が示された。
- 4) 入力エネルギーの小さい範囲では敷砂による吸収エネルギーが大きい、RC版の損傷進展とともにRC版による吸収エネルギーが増加し、押抜きせん断破壊に至る状況では入力エネルギーに対して30%程度である。

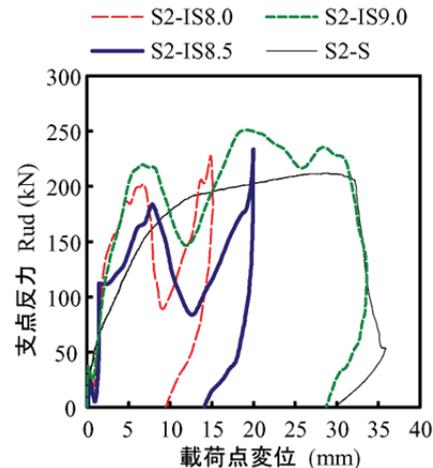


図-2 支点反力-载荷点変位関係

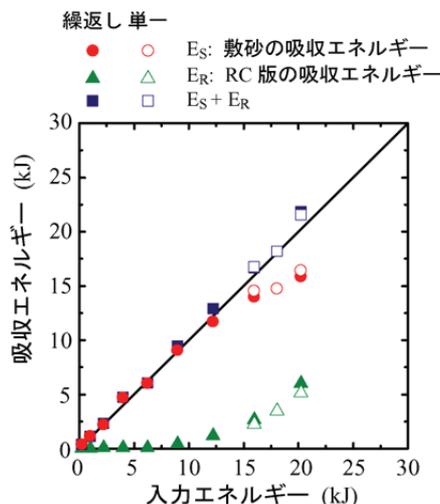


図-3 敷砂およびRC版の吸収エネルギーと入力エネルギーの関係