

衝撃を受けるRCはりの運動エネルギーおよび運動量の影響に関する一考察

金沢大学大学院 学 ○西村 洋平
金沢大学工学部 正 梶谷 浩
金沢大学大学院 正 梶川 康男

1. まえがき

山間部にも交通量の多い道路が建設される現代では落石災害が増加し構造物の安全性が大きな問題になっている。そのため、道路交通の災害に対する安全性の向上が望まれている。しかし衝撃荷重下での挙動は静的な場合と大きく異なり不明な点が多いのが現状である。本研究ではRCはりの衝撃挙動の解明を目指し、運動エネルギーと運動量をパラメータとする重錘落下衝撃実験および個別要素法による解析を行い検討した。

2. RCはりの衝撃実験

図-1 に本実験で使用した供試体の諸元を示す。図-2 には重錘落下式実験装置を示す。実験時には所定の質量に調整した重錘とロードセルを一体にしたものを供試体に自由落下させる。その際、ガイドレールに沿って落下させることで重錘の水平を保持した。また、供試体の跳ね上がりを防止するために支点部を拘束具で固定した。表-1 には供試体名、実験パラメータおよび実験結果を示す。表中のMV1～MV5 は重錘質量と衝突速度を組み合わせることにより、衝突時の重錘の運動エネルギーを一定とし、運動量を変化させた実験である。また、E1～E5 は同様に衝突時の重錘の運動量を一定とし、運動エネルギーを変化させて行った実験である。

3. 実験結果

(1) 破壊状況

図-3 に示すように MV シリーズの場合、衝突速度が大きい MV1 では他に比べ、はり上面の圧壊や剥離など局所破壊が顕著に見られる。重錘の運動量及び質量が大きい MV4 や MV5 では曲げひびわれの領域が広く、ひびわれの本数も多くなっており、全体的破壊が卓越する

ことがわかる。E シリーズの場合、衝突速度及び運動エネルギーが小さい E1 では、はり上面の圧壊・剥離はほとんど現れていないが、衝突速度及び運動エネルギーが大きい E4 や E5 では、はり上面の圧壊・剥離が顕著に現れ、曲げひびわれの領域も広がっており、局所破壊、全体的破壊ともに卓越することがわかる。

(2) 荷重・変位

表-1 の実験結果より、MV シリーズの荷重については衝突速度が大きいほど MV1 のように最大荷重が大き

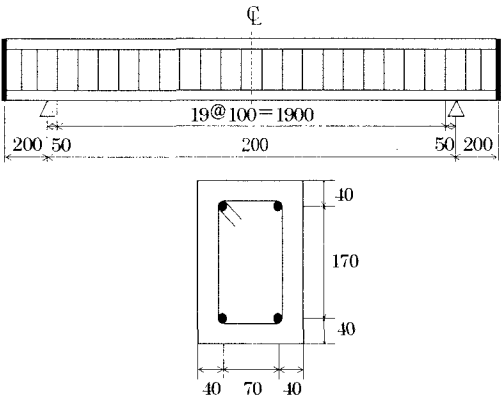


図-1 供試体諸元

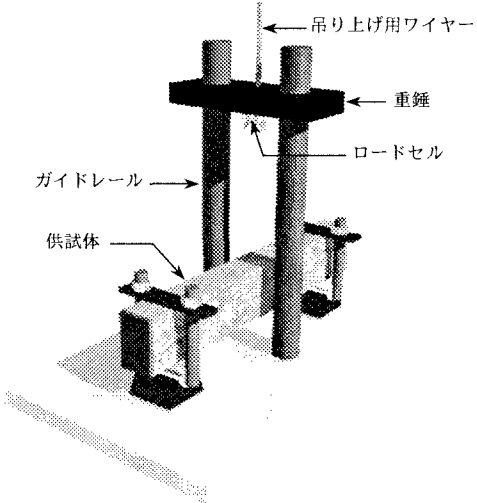


図-2 重錘落下式実験装置

表-1 供試体名と実験パラメータおよび実験結果

供試体名	実験パラメータ				実験結果			
	重錘質量 (kg)	衝突速度 (m/s)	運動エネルギー (kJ・mm)	運動量 (kJ・ms)	力積 (kJ・ms)	最大荷重 (kN)	荷重作用時間(ms)	最大変位 (mm)
MV1	60	6.26	1175.0	375.3	517.05	411.50	15.00	9.29
MV2	88	5.16	1172.9	454.7	1240.39	403.86	17.55	13.61
MV3	130	4.25	1172.1	551.7	1184.62	326.93	23.65	15.07
MV4	200	3.43	1175.0	686.0	1029.00	243.63	25.60	17.50
MV5	256	3.04	1178.0	777.1	1078.49	240.39	29.25	19.09
E1	298	1.98	584.1	590.0	1044.39	175.62	26.00	11.50
E2	214	2.76	817.3	591.7	829.77	185.42	24.60	13.40
E3	144	4.08	1199.5	587.8	1070.06	342.51	24.35	16.94
E4	116	5.07	1489.2	587.8	812.71	429.63	23.20	19.10
E5	102	5.77	1699.3	588.8	1283.90	422.58	24.75	21.69

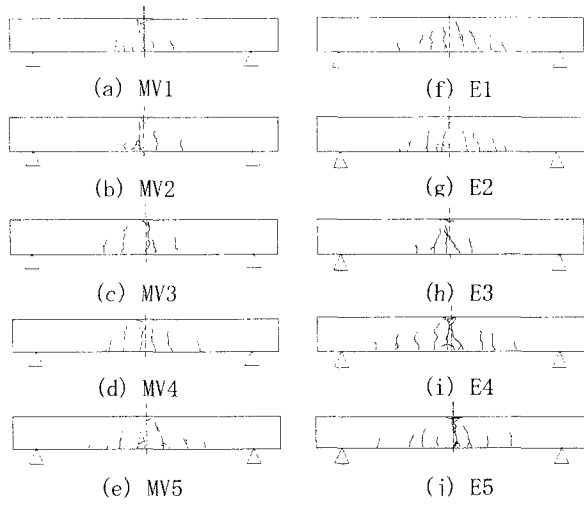


図-3 破壊状況

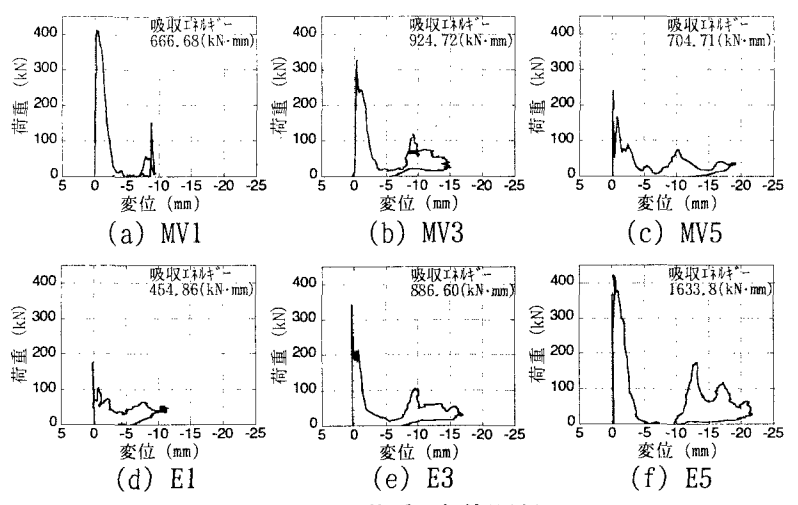


図-4 荷重-変位関係

く、運動量（重錘質量）が大きいほど MV5 のように作用時間が大きいことがわかる。変位は運動量（重錘質量）が大きいほど、最大変位が大きいことがわかる。E シリーズの場合、荷重は運動エネルギー（衝突速度）が大きいほど最大荷重が大きい、作用時間については運動エネルギーの相違によらずほぼ一定であることがわかる。変位については運動エネルギー（衝突速度）が大きいほど最大変位が大きいことがわかる。

(3) 吸収エネルギー

本研究では、はりの変形に費やされるエネルギー、すなわち荷重-変位曲線を積分して得られた値を吸収エネルギーと定義した。図-4 に荷重変位関係を示す。いずれも、衝突初期の荷重第 1 波と変位によって構成される 1 つ目のループと、その後の荷重第 2 波と変位によって構成される 2 つ目のループが確認できる。MV シリーズの荷重-変位曲線では、運動量が増えるにつれて 1 つ目のループは荷重方向に小さくなり、2 つ目のループは変位方向に大きくなる傾向にある。(1) の破壊状況と併せて考えると、1 つ目のループは局所破壊に、2 つ目のループは全体的破壊に対応していると推測できる。E シリーズの荷重-変位曲線では、運動エネルギーが増えるにつれてどちらのループも大きくなる傾向にある。これは運動エネルギーが増えるにつれて局所的破壊、全体的破壊ともに大きくなるという破壊状況と対応していると思われる。

4. 個別要素法による解析

(1) 解析方法

個別要素法では円形の剛体要素を並べ、要素と要素の間にばねとダッシュポットを挿入することで材料の性質を表現する。また、実験値、既往の研究を参考に材料のひずみ速度効果を考慮した結果、コンクリートについては圧縮強度を 2.4 倍、引張強度を 3.7 倍、鉄筋については降伏強度を 1.2 倍とした。

(2) 解析結果

解析と実験で荷重波形、変位波形および荷重作用時間などを比較した。その結果、MV シリーズでは MV1 のように比較的高速の衝突については実験を十分に再現できなかったが、MV3、MV5 のように比較的低速の衝突については実験をよく再現できた。図-5 に MV5 の荷重波形、変位波形を実験値と解析値で比較したものを示す。どちらの波形も比較的良好に再現できていることがわかる。E シリーズでも同様に比較的低速の衝突速度が小さいものでは実験をよく再現できた。今後、衝突速度の速いものの再現および今回の解析ではあまり問題になかった力積や吸収エネルギーについても再現できるようにしていきたい。

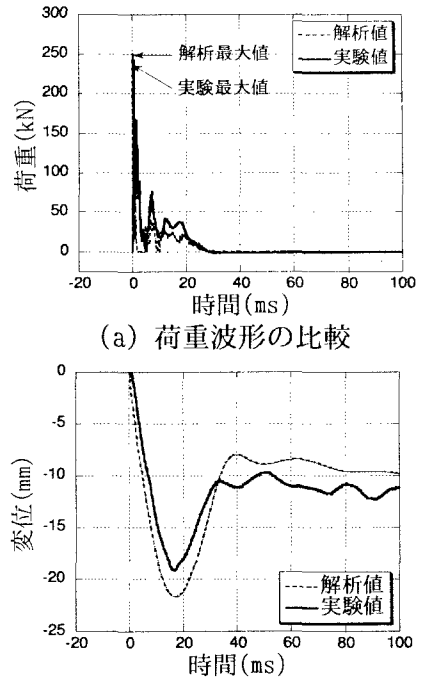


図-5 MV5 の解析結果