

落体衝突時におけるラーメの定数に関する実験的検討

(株)構研エンジニアリング ○正会員 山内 翼 名古屋工業大学 正会員 前田 健一
(株)構研エンジニアリング 正会員 鈴木健太郎 名古屋工業大学 学生員 松尾 和茂
東電設計(株) 正会員 中瀬 仁 東電設計(株) 正会員 中釜 裕太

1. はじめに

本研究では、反発係数の定量化を最終目的とし、異なる地盤に重錘を落下させた場合のラーメの定数を推定して衝突エネルギーと被衝突体強度とラーメ定数との関係を整理する。

2. 実験概要

2.1 実験方法

実験はクレーンで重錘を吊り上げ、着脱装置により重錘を対象地盤に自由落下させて実施した。図-1に実験概要図、表-1に結果一覧を示す。表中の衝撃力およびラーメ定数はコンクリートの場合加速度センサによる計測値から算出した。土砂およびアスファルト地盤においては高速度カメラによる計測値より算出した。

2.2 計測方法

高速度カメラを用いた加速度の計測は、重錘にターゲットを貼り付け PTV 解析によって行った。

表-1 実験結果一覧

重錘質量 (t)	落下高さ (m)	被衝突地盤	回数	速度エネルギー (kJ)	衝撃力 (kN)	ラーメ定数 (kN/m ²)
0.110	1	コンクリート	3	1.1	703~751	1,800,000~ 2,100,000
0.110	1	土砂	3	1.1	67~78	5,100~6,000
0.110	1	アスファルト	3	1.2~1.7	150~170	38,000~ 51,000
0.110	3	アスファルト	3	3.1~1.7	178~276	11,000~ 33,000
0.110	5	アスファルト	3	5.5~6.5	302~313	19,000~ 21,000
0.309	1	コンクリート	3	3	1,432~1,471	1,900,000~ 2,200,000
0.309	1	アスファルト	1	2.5~3.1	280	32,000
0.309	3	アスファルト	1	8.8	362	12,000
0.309	5	アスファルト	1	15.2	549	15,000
0.309	7	アスファルト	1	21.5	602	12,000
0.340	3	アスファルト	1	9.6	451	17,000
0.890	1	土砂	3	8.7	572~664	33,000~ 48,000
0.890	1	コンクリート	3	8.7	2,698~2,805	1,600,000~ 1,700,000
0.890	3	コンクリート	1	26.2	4,483	1,100,000
2.000	1	コンクリート	3	19.6	3,393~3,601	730,000~ 850,000
2.000	3	コンクリート	1	58.8	5,142	400,000
8.300	1	土砂	1	81.4	917	2,600
8.300	1	アスファルト	1	81.4	1,457	8,200

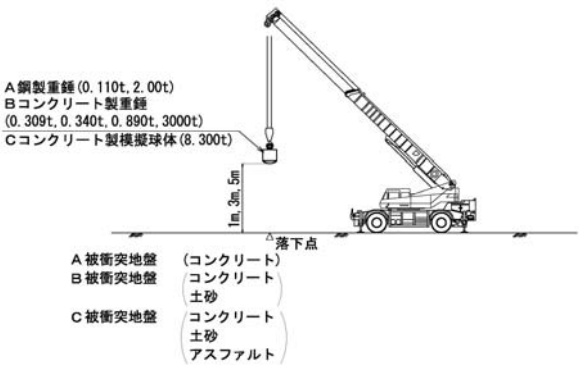


図-1 実験概要図

ターゲットのパターンから座標値を求め、移動距離を微分することで速度を、速度を微分することで加速度を算出した。カメラのフレームレートは 400fps(2.5ms 間隔)で撮影した。加速度センサは定格容量 500G、レンジは 1000 μ 、サンプリング周波数は 10kHz とした。

2.3 地盤条件

それぞれの地盤において平板載荷試験を行った。地盤反力係数はコンクリートが 7.37×10^{-3} (N/mm³)、アスファルトが 1.64×10^{-3} (N/mm³)、土砂が 0.63×10^{-3} (N/mm³)であった。

キーワード：衝撃，ラーメ定数，落石，重錘落下実験
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

3. 実験結果

衝撃力は重錘質量に加速度を乗じて、ラーメの定数は落石対策便覧の推定式から逆算してそれぞれ求めた。

$$P_{max}=2.108 \cdot (m \cdot g)^{2/3} \cdot \lambda^{2/5} \cdot H^{3/5} \cdots (1)$$

(P_{max} : 落石の衝撃力 (kN), m : 落石の質量 (ton), g : 重力加速度, H : 落下高さ (m), λ : 被衝突体のラーメ定数 (kN/m²))

表-1 よりコンクリート地盤, 重錘質量 0.11t, 落下高さ 1m の場合にラーメ定数は最大 (2,100,000 kN/m²) となり, 土砂地盤, 重錘質量 8.3t, 落下高さ 1m の場合にラーメ定数は最小 (2,600 kN/m²) となった。

図-2 にコンクリート地盤における位置エネルギーEとラーメ定数の関係を示す。コンクリート地盤の場合エネルギーが大きいほどラーメ定数は小さくなる。

図-3 にアスファルト地盤における位置エネルギーEとラーメ定数の関係を示す。全体的にはエネルギーが大きいほどラーメ定数は小さくなる傾向があるが、8.3t のケースなど一部相関関係が明瞭でない場合も見受けられた。

土砂の場合はエネルギーとラーメ定数に明瞭な相関関係は認められなかった。

地盤反力係数とラーメ定数の関係を表-2 に示す。地盤反力係数が大きいほどラーメ定数も大きい傾向が認められる。

表-2 地盤反力係数とラーメ定数の関係

地盤の種類	コンクリート	アスファルト	土砂
地盤反力係数 (N/mm ³)	7.37×10^{-3}	1.64×10^{-3}	0.63×10^{-3}
ラーメ定数 (kN/m ²)	800,000～ 2,000,000	9,000～ 40,000	2,500～ 50,000

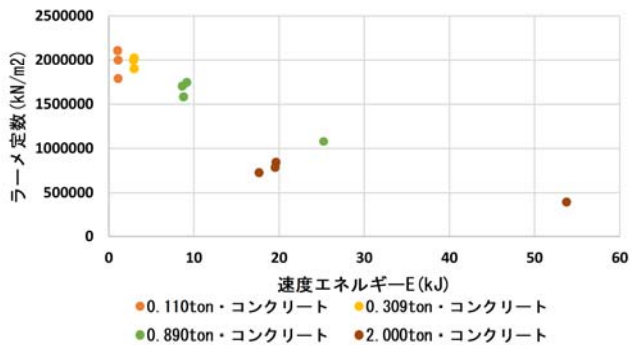


図-2 コンクリート地盤の場合の速度エネルギーとラーメ定数の関係

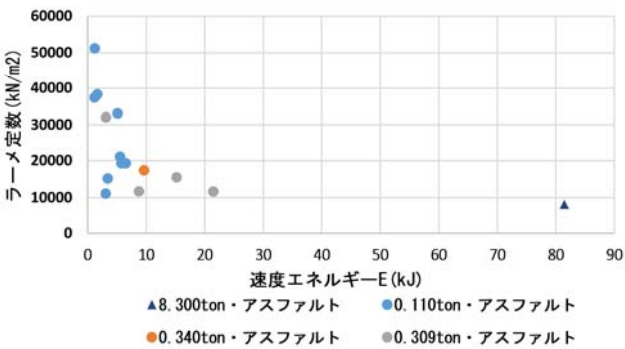


図-3 アスファルト地盤の場合の速度エネルギーとラーメ定数の関係

4. まとめ

本研究では、異なる3種類の地盤に質量および落下高さを変えて試験体を落下させた場合のラーメ定数について検討を行い、結果として以下のことがわかった。

- 1) 本実験範囲では、ラーメの定数は被衝突体がコンクリートの場合約 800,000～2,000,000kN/m², 土砂の場合約 2,500～50,000kN/m², アスファルトの場合約 9,000～40,000kN/m² と地盤によっておおよそその値が推定できた。
- 2) コンクリート地盤およびアスファルト地盤においては、同一地盤に衝突させる場合、エネルギーが大きいほどラーメ定数は小さくなる傾向が認められた。

これらラーメ定数は衝突体および被衝突体の強度、エネルギーおよび接触面積等によって変化するものと推察されるため、引き続きパラメータを変化させた検討が必要と考えられる。今後は反発係数とラーメ定数の関係について考察を行っていく。

謝辞：

本研究を行うにあたり、国立研究開発法人 土木研究所寒地土木研究所の寒地構造チームの皆さまに多大なるご支援を戴いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献：

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧，2017.12