

I-171 敷砂上への落石による衝撃荷重と影響因子について

金沢大学 正 ○榎谷 浩

金沢大学 正 吉田 博

鹿島建設 佐藤 真

1. まえがき

山岳部の道路は、雪崩、崩落土砂、落石等の自然災害に常にさらされており、道路の性質上、一箇所の自然災害による被害が道路全体の機能低下になりかねない。これらの自然災害から道路を守るために、様々な防護構造物が建設されてきている。我々はそれらの自然災害の中でも特に落石現象に注目し、落石防護構造物に作用する衝撃力について研究を続けてきている。一般に、落石覆(ロックシェッド)上には、衝撃緩衝材として砂が敷かれているが、砂の緩衝効果については、まだ十分には解明されていない。本研究では、今までに行なわれた落石実験の結果および我々が新たに2種の砂について行なった実験結果をデータベース化してみた。また、砂の問題も含め、落石による衝撃力の推定を目的として、衝撃力に影響を与える諸因子について検討してみた。

2. 落石実験データベース

現在までに、落石による衝撃力に関して様々な研究がなされてきたが、落石時には、大規模な敷砂の破壊、流動が発生するため、十分な理論的解明はまだ成されていない。また、実験的研究においても、ある程度の限られた範囲内のものが多く、現在のところ統一的でかつ合理的な衝撃力推定は十分には成されていない。そこで我々は、図1に示すような手順で、今までに行なわれてきた落石実験結果をデータベース化してみた。

3. 実験結果の検討

今までに行なわれた研究により、落石の衝撃力の評価は、重錘に生ずる加速度より求まる衝撃力ではなく、敷砂底の土圧で評価するのが妥当であることが明らかとなっている。よって、衝撃力としては、土圧より求まる衝撃力を用い、我々が土圧の測定を行なった3種の砂に対して検討してみる。それらの砂の粒径加積曲線を図2に、特性値を表1に示す。実験は、コンクリートの基礎の上に土槽を設け、高さ24mの鉄塔上部に取り付けたクレーンによって、5, 10, 15, 20mの各高さまで吊り上げた重錘を自由落下させて行なう。敷砂層厚は、TYPE 1を除いて90, 70, 50cm(ただし、300kgの重錘に対しては、120, 90cm)を用いた。TYPE 1の砂については、300, 1000kgの重錘の場合に90cm厚、3000kgの重錘の場合に120cm厚とした。

図3は、球底1000kgの重錘で層厚90cmの場合と、球底3000kgで層厚120cmの場合について、落下高さや衝撃力の関係について示したものである。いずれにおいても、同一落下高さに対してTYPE 1に比べ、TYPE 2および3における衝撃力が大きいことがわかる。

図4は、球底1000kg、層厚90cmに対して、落下高さが10m及び15mの場合の衝撃力の時間変化を敷砂別に示したものである。これより、

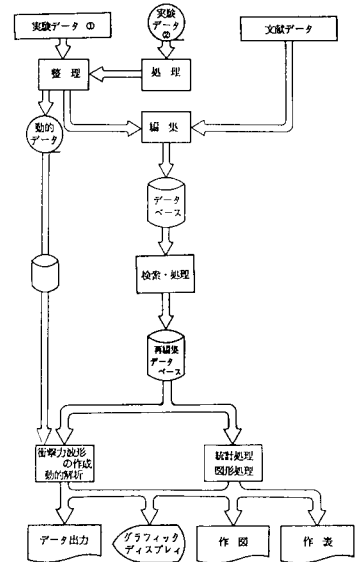


図1 落石データベースの流程图

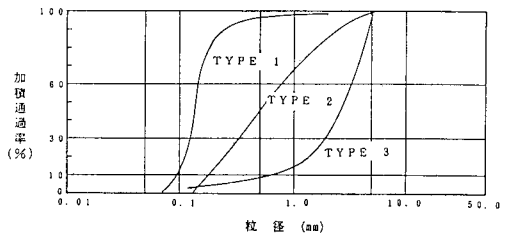


図2 敷砂の粒径加積曲線

表1 敷砂の特性値

砂質	D ₁₀ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₅₀ (mm)	均等係数	曲率係数
TYPE 1	0.095	0.125	0.145	1.53	1.13
TYPE 2	0.18	0.33	0.78	4.33	0.78
TYPE 3	0.62	1.90	3.30	5.32	1.76

落下高さが大きくなると衝撃力がほぼ零になるまでの時間(以後、静止時間と呼ぶ)が短くなり、砂別では、同一落下高さに対してTYPE 1 TYPE 2, TYPE 3の順で静止時間が短くなっていることがわかる。

表2は球底の重錘の全データに対し、衝撃力と様々な因子の相関係数を示したものである。これより、衝撃力は均等係数、重錘重量、落下高さとの正の相関を示していることがわかる。また静止時間は砂厚と重錘重量に関係していることもわかる。均等係数と砂厚として、重錘重量と砂厚の間に相関が認められるが、これらはデータ数の偏りのためである。

表3は敷砂の種類別に、表2と同様に、相関係数を示したものである。これらでは表2で認められたのと同様な相関が認められるが、さらに衝撃力と砂層厚の間には正の相関が認められる。

4. あとがき

以上のように3種の砂に対する落石実験結果に対して検討を加えてきたが、衝撃力に影響を与える重要な因子として、重錘重量、落下高さに加え、砂厚を表わす均等係数、静止時間、砂厚が掲げられることがわかった。ただし、静止時間は、均等係数や砂厚に関係しているので、衝撃力を次式のような形で評価できるのではないかと現在検討中である。

$$P = \frac{aW\sqrt{2gH}}{gT_0}$$

ここに、Pは衝撃力、aは定数、Wは重錘重量、gは重力加速度、Hは落下高さ、T₀は静止時間である。

参考文献

- 1) 吉田, 榎谷, 鈴木: 敷砂上の落石の衝撃加速度と衝撃土圧に関する実験的研究, 土木学会論文集, No. 352, PP61~70, 1984.
- 2) 吉田, 榎谷, 岡: 落石覆屋根上の落石による衝撃荷重特性について, 土木学会論文集, No. 362, PP461~470, 1985.
- 3) 吉田, 榎谷, 佐藤: 落石による衝撃荷重の統計的評価について, 土木学会中部支部研究発表会講演集, 1986.

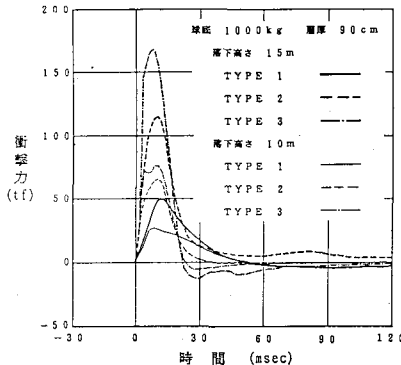


図4 衝撃力波形

表3 砂別の相関係数

(a) TYPE 1

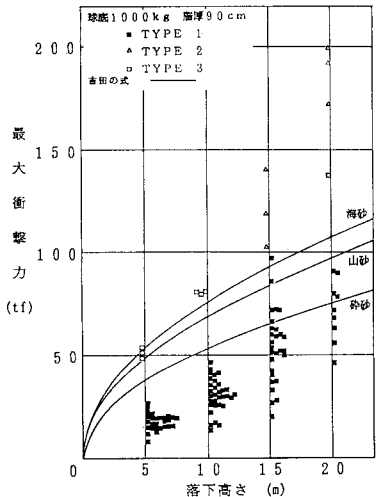
	衝撃力	重錘重量	落下高さ	静止時間
衝撃力	1.0	0.638	0.432	0.528
重錘重量	0.638	1.0	-0.102	0.691
落下高さ	0.432	-0.102	1.0	-0.234
静止時間	0.528	0.691	-0.234	1.0

(b) TYPE 2

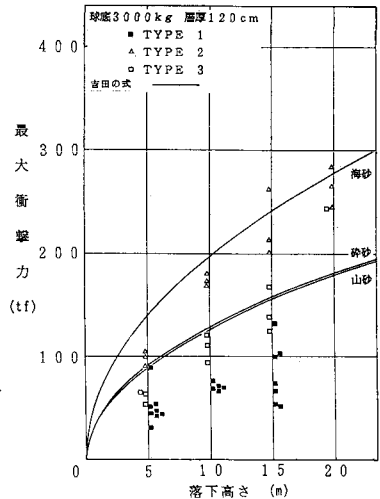
	衝撃力	砂層厚	重錘重量	落下高さ	静止時間
衝撃力	1.0	0.191	0.686	0.307	0.355
砂層厚	0.191	1.0	0.480	0.003	0.581
重錘重量	0.686	0.480	1.0	-0.127	0.656
落下高さ	0.307	0.003	-0.127	1.0	-0.156
静止時間	0.355	0.581	0.656	-0.156	1.0

(c) TYPE 3

	衝撃力	砂層厚	重錘重量	落下高さ	静止時間
衝撃力	1.0	0.298	0.643	0.339	0.251
砂層厚	0.298	1.0	0.577	-0.070	0.714
重錘重量	0.643	0.577	1.0	-0.156	0.800
落下高さ	0.339	-0.070	-0.156	1.0	-0.217
静止時間	0.251	0.714	0.800	-0.217	1.0



(a) 球底1000kg, 層厚90cm



(b) 球底3000kg, 層厚120cm

図3 落下高さと衝撃力

表2 衝撃力と各因子間の相関係数

	衝撃力	均等係数	砂層厚	重錘重量	落下高さ	静止時間
衝撃力	1.0	0.486	-0.021	0.614	0.245	0.167
均等係数	0.486	1.0	-0.425	0.197	0.000	-0.165
砂層厚	-0.021	-0.425	1.0	0.466	-0.05	0.541
重錘重量	0.614	0.197	0.466	1.0	-0.114	0.631
落下高さ	0.245	0.000	-0.050	-0.114	1.0	-0.207
静止時間	0.167	-0.165	0.541	0.631	-0.207	1.0