

落石による衝撃荷重の統計的評価について

金沢大学工学部 正 吉 田 博
 金沢大学工学部 正 棚 谷 浩
 金沢大学大学院 学 〇佐 藤 真

1. まえがき

山岳部の多い我国では、地方都市間を結ぶために山岳部を通過するような道路と建設しなければならない。その道路には、一般国道もあれば、高速自動車道もある。しかし、山岳部の道路は様々な危険にさらされており、その一つに落石がある。道路の性質上、一ヶ所の落石による被害が道路全体の機能低下に成りかねない。この落石から道路を守るために多数の落石覆が建設されてきたが、その設計に用いるべき落石の衝撃荷重については、まだ未知の部分が多い。通常、落石覆の上には、砂が敷かれているが、落石の規模に對してどのような砂をとれ程数くか、ということに関して明確な指標はない。そこで、本研究では、敷砂の種類とその層厚を変化させて落石実験を行なつた。その結果を現時点にてとりまとめここに報告する。

2. 落石実験方法

今回の実験には、3種類の敷砂を用いた。その粒径加積曲線を図1に、特性値を表1に示す。実験は、高さ24mの鉄塔の下にコンクリートの基礎を打ち、その上に土槽を設け、中に敷砂を入れた。そして、鉄塔上部にとりつけたクレーンによつて5, 10, 15, 20mの各高さまで重錘を吊り上げ、自由落下させた。重錘は、底面形状が球形（以後球底と呼ぶ）で重量が300, 1000, 3000 kgfのもの、底面形状が平たい（以後平底と呼ぶ）もので重量が1000 kgfのもの、4種類の重錘を用いた。また、敷砂層厚（以後単に層厚と呼ぶ）もTYPE 1を除いて80, 20, 50 cm（ただし3000 kgfの重錘に対しては、120, 90 cm）に変化させた。TYPE 1の砂については、300, 1000 kgfの重錘の場合に90 cm層厚、3000 kgfの重錘の場合に120 cm層厚とした。実験手順を図2に示す。図2の中の含水比、密度は、TYPE 1, TYPE 2の砂についてのみ測定した。

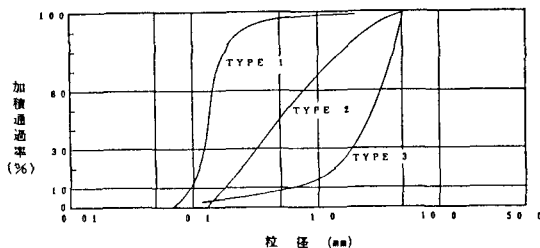


図1 敷砂の粒径加積曲線

表1 敷砂の特性値

砂 質	D_{10} (mm)	D_{30} (mm)	D_{60} (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

3. 土圧より求めた衝撃力の最大値の砂質別特性

過去に行なつた落石実験より衝撃力の評価方法には、重錘衝撃加速度より求まる衝撃力と、敷砂底で測定した土圧より求まる衝撃力の2通りあることが報告されている。しかし、実際の構造物上への落石実験とその動的応答解析結果より土圧から求めた衝撃力の方が有効であることも報告されている。よつて土

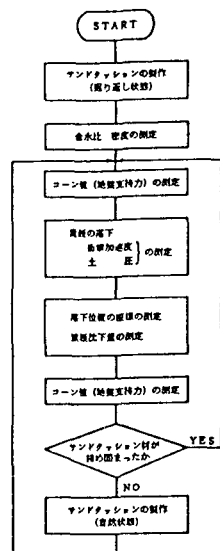


図2 実験手順のフローチャート

圧より求めた衝撃力（以後単に衝撃力と呼ぶ）との関連により実験結果の検討を行なう。

図3に球底1000kgfの重錘に対する衝撃力と落下高さの関係を砂質別に示す。層厚は90cmである。図より、同一落下高さに対してTYPE3, TYPE2, TYPE1の順で衝撃力が減小していることがわかる。

4. 衝撃力波形の砂質別特性

図4に球底1000kgf, 層厚90cmに対する落下高さ10m及び15mの両場合の衝撃力の時間的変化を砂質別に示した。この衝撃力波形は、同一条件のものを時間的に平均したものである。図より、落下高さが高くなるにつれて衝撃力の作用時間（衝撃力の立ち上がりから衝撃力がほぼゼロになるまでの時間）が短くなり、また砂質別に見ても同一落下高さに対して、TYPE1, TYPE2, TYPE3の順で衝撃力の作用時間が短くなっていることがわかる。

5. 数量化理論第I類による衝撃力の推定

説明変量(アイテム)に重錘重量, 落下高さ, 敷砂層厚, 敷砂砂質, コーン値を選び球底重錘のデータ42/個について, 目的変量を衝撃力の最大値として数量化理論第I類を用いて推定を行なった。各アイテムの範ちゅう(カテゴリ)分け, 計算結果のカテゴリ・ウエイト及び目的変量と各アイテム間の偏相関係数を表2に示す。説明変量に砂質という質的データを含むため, 質的データを扱うことが可能な数量化理論を用いた。推定の結果, 実測衝撃力と推定衝撃力の重相関係数は, 0.8645とあり, 満足できる範囲内にある。また, 推定値の平均値は, 62.69tonfである。表2中の各アイテムごとのカテゴリ・ウエイトの範囲と偏相関係数より, 重量が衝撃力に対して大きな影響を与えることがわかる。しかし, 層厚, 砂質を除いた同一条件に対して層厚が133.60tonf, 砂質が41.60tonfの変動を与えると考えられる。そこで, 平均値とカテゴリ・ウエイトより推定値を計算し, 図3に示した。その際コーン値には, 各砂質における最頻値を代入した。推定値を $\bar{y}_x$ とすると,

$$\bar{y}_x = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \alpha_{ij}^j x_{ij} + (\text{平均値}) \quad \text{ただし } \alpha_{ij}^j: \text{カテゴリ・ウエイト, } x_{ij}: \text{ダミー変数}(1 \times 0)$$

n : アイテム数, m_i : i 番目のアイテムのカテゴリ数

となる。TYPE2,3の一部を除き推定値は, 良い傾向を示している。故に衝撃力算定は, 砂質や層厚等を含めた検討がなされなければならないと考えられる。

参考文献 1) 吉田 稔彦・岡: 落石覆工屋根上へ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, 1985年10月 2) 河口至高: 多変量解析入門I, 森北出版

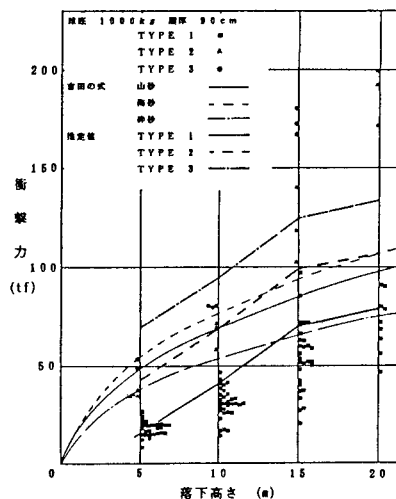


図3 衝撃力と落下高さ(砂質別)

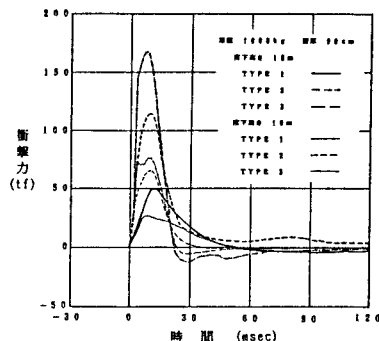


図4 衝撃力の時間的変化

表2 数量化理論第I類による推定結果

Item	Category	Cat Height	Partial Corr. Coeff.
重錘重量 (tf)	0.2	-65.25	0.7823
	1.0	0.28	
	2.0	153.48	
落下高さ (m)	5.0	-21.79	0.5126
	10.0	-6.26	
	15.0	23.67	
	20.0	32.12	
敷砂層厚 (cm)	50.0	23.89	0.3177
	70.0	35.41	
	90.0	4.95	
	120.0	-86.35	
砂質	TYPE 1	-12.44	0.2074
	TYPE 2	0.42	
	TYPE 3	25.67	
コ	0-25	-9.16	0.2055
	25-35	-9.20	
	35-45	-7.54	
	45-55	5.48	
	55-65	6.81	
	65-75	11.67	
(kg)	75-85	12.24	
	85-95	1.92	
	95-105	11.66	
	105-	19.46	