

I-522

敷砂材の物理特性が緩衝性能に及ぼす影響

開発局開発土木研究所 正員 佐藤 京
 開発局開発土木研究所 正員 佐藤 昌志
 室蘭工業大学 正員 松岡 健一
 開発局開発土木研究所 正員 西 弘明

1. はじめに

落石覆工の屋根部には、落石等の衝撃力が直接構造物に加わらないように緩衝材として、一般に敷砂が設けられている。この敷砂の物理的特性は使用する砂ごとに異なり同じ砂においても常に一定ではなく含水比や締固め度により緩衝性能が大きく異なると考えられる。

そこで本論文では、敷砂材の粗粒率や含水比、また、締固め度を変化させた場合の実規模屋外実験を行い、これら敷砂材の物理特性が緩衝性能に及ぼす影響について検討した。

2. 実験の概要

実験施設の概要を図-1に示す。緩衝砂を鉄筋コンクリート剛基礎の上に設置し、その中心部に重量3tfの重錘（直径100cm、高さ97cmで底部は球状）を所定の高さから自由落下させて行っている。

本実験では、栗丘産と山口樽川産の産地の異なる2種類の砂を用いている。平均粒径および粗粒率が大きい栗丘産を粗砂とし、山口樽川産を細砂としている。表-1に各砂の物性値を示す。

実験ケースは、基本ケースとしてS90、細砂のS90f、含水比を高めたS90Wとタンパーによる締固めを行ったS90Tの4ケースである。表-2に実験ケースを示す。なお、敷砂緩衝材の厚さは全てのケースで90cmで、重錘の落下高さは5m間隔で最大30mまで行っている。

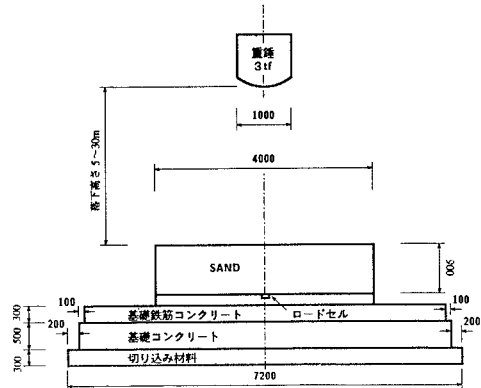


図-1 実験施設

表-1 敷砂材の物性値

産地	呼び名	絶乾比重	吸水率 %	均等係数	平均粒径 D_{50} mm	曲率係数 U_c	粗粒率 $U_{c'}$
栗丘	粗砂	2.55	1.64	4.85	0.85	0.87	2.91
山口樽川	細砂	2.46	3.42	2.38	0.18	1.01	0.74

3. 実験結果および考察

3.1. 重錘衝撃力および伝達衝撃力の経時変化

図-2には、落下時の重錘に生じる加速度から算定した重錘衝撃力と剛基礎に発生している伝達衝撃応力の総和として与えられる伝達衝撃力の経時変化を示した。なお、ここでは落下高さ30mの結果のみ示している。

S90では、約10msec程遅れて伝達衝撃力が立ち上がり始めている

が、両衝撃力ともほぼ同時刻に最大値に達している。この場合、最大値と比較すると伝達衝撃力は重錘衝撃力の約1.3倍程度大きな値となっている。

次に含水比を大きくしたS90Wについてみると、基本ケースのS90と同様の傾向を示していることが分かるが、両波形とも立ち上がりと減衰がS90と比べ、急激になっているようである。このケースでは、伝達衝撃力の最大値は重錘衝撃力の約1.7倍程を示している。

これに対し、S90fは伝達衝撃力がやや遅れて立ち上がるものの両波形ともほぼ同様の傾向を示している。すなわち、重錘衝撃力波形は急激に立ち上がり、約20msec後に最大値を示している。その後、小さな第2ピークを示して

表-2 実験ケース

実験ケース名	敷砂産地	敷厚 (cm)	重錘重量 (tf)	落下高さ (m)	実験時の平均含水比 (%)	平均相対密度 (kg/cm^3)	備考
S90	栗丘	90	3	5~30	5.4	49.4	粗砂
S90f	山口樽川	90	3	5~30	22.5	63.9	細砂
S90T	栗丘	90	3	5~30	5.4	66.8	タンパー使用
S90W	栗丘	90	3	5~30	8.2	52.4	散水

いる。また、この場合、それぞれの最大値もほぼ同じ値となっている。

ここでは示していないが伝達衝撃応力では、載荷点中央の最大値は、S90fの方がS90の約1/2とかなり小さな値を示していたが、伝達衝撃力と比較しても約2/3の値となっている。伝達衝撃力と伝達衝撃力の最大値がともに粗砂より細砂が小さいことは、細砂の方が緩衝性能に優れていることを示していると考えられる。

S90Tの波形は、S90と同様な傾向を示しており、両衝撃力はほぼ同時刻にピークを示している。また、重錘衝撃力の最大値を他のケースと比較すると最も大きな値となっている。

この実験範囲ではS90fを緩衝材として用いた場合、他のケースよりも緩衝効果が良好であることを確認できた。また、S90Tのように締固め度を増すと、覆工本体に加わる伝達衝撃力が他のケースより大きい値となるとともに載荷点部に発生する応力が大きく、応力集中を起こしやすいことが考えられる。

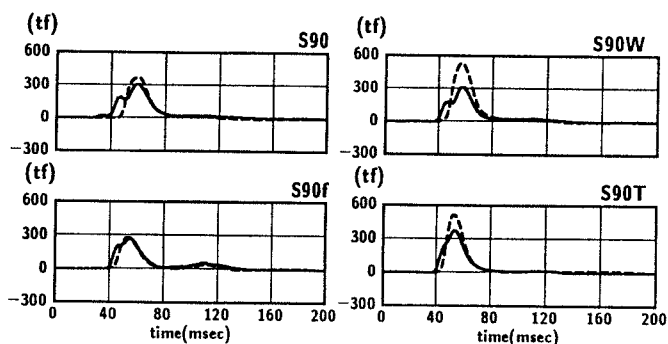
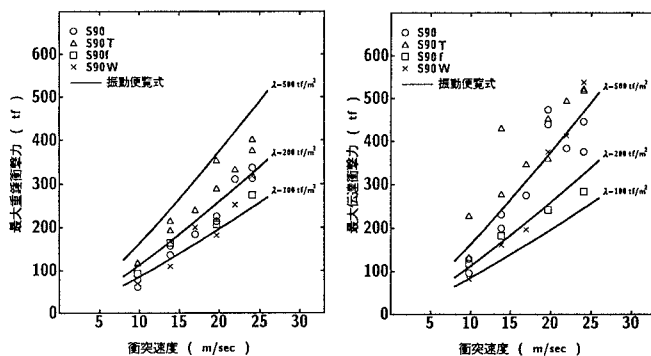


図-2 衝撃力の経時変化

3.2. 最大衝撃力

衝突速度と最大重錘衝撃力および最大伝達衝撃力の関係を図-3に示す。(a)図には重錘衝撃力を示した。低速度衝突では各ケースの衝撃力の差は大きくはないが高速度衝突時に特徴が示されている。ここで用いた粗粒率の小さなものは含水比が大きいことから相対密度は大きい均等係数も小さく、空隙率は大きいことが予想され、緩衝効果が大きいものと考えられる。粗砂を用い、タンパーを使用したものは含水比が小さいものの相対密度が大きく、かなり締固められており、剛性が高いことから、最も大きな衝撃力を示したのと考えられる。



(a)最大重錘衝撃力

(b)最大伝達衝撃力

図-3 衝突速度と最大衝撃力

(b)図は伝達衝撃力を同様に示したものである。

伝達衝撃力の全体的な傾向を概観すれば、重錘衝撃力に比べて変動が大きいが同様の傾向が見られる。S90とS90Wは、ほぼ同程度であり、この程度の含水比の変化でははっきりした傾向は現れないと考えられる。これに対して、S90Tは、S90に比べて2割程度大きく、締固めの影響が現れている。また、S90fはこれらの中では最も小さな伝達衝撃力を示している。このことから、この程度の衝撃力に対しては、粗粒率の小さなものが緩衝効果が大きいことが分かる。

4. まとめ

この実験の範囲で分かったことを以下にまとめる。

- 1) 全てのケースにおいて、最大重錘衝撃力より最大伝達衝撃力の方が大きい値を示している。特に、S90のケースでは、平均して約1.7倍程度と大きな値であった。
- 2) S90とS90Wでは、重錘衝撃力に有意な差は見られなかった。伝達衝撃力でも速度による変化はあるが全体として、はっきりとした差は見られない。
- 3) 締固め度が高い場合は、低いものよりも大きな重錘衝撃力および伝達衝撃力が生じている。しかし、粗粒率の低い砂で含水比が高い場合には、締固め度が高くても重錘衝撃力や伝達衝撃力が低下している。
- 4) この実験においては、相対密度の大きな細砂を用いた場合、他のケースよりも良好な緩衝効果が見られた。