

敷砂緩衝材の含水状態が緩衝性能に及ぼす影響

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○内藤 直人
 名古屋工業大学 正会員 前田 健一
 室蘭工業大学大学院 正会員 小室 雅人
 構研エンジニアリング 正会員 鈴木 健太郎
 室蘭工業大学大学院 正会員 山口 悟

1. はじめに

社会インフラの大更新時代に差し掛かった我が国では、老朽化した構造物の長寿命化が重要課題の一つである。我が国で多発する落石の対策工も例外ではなく、その効率的な対策方法の提案、評価手法の提案が急務である。また、近年、土木構造物の設計法は性能照査型設計法への移行が進められており、より詳細な照査方法の確立が求められる。

本研究は、ロックシェッド上面に設置される敷砂緩衝材を対象に、その緩衝効果発揮メカニズムを明確にし、敷砂緩衝材の性能評価を行うことが目的である。

そこで、本実験では、敷砂の含水状態が緩衝性能に及ぼす影響を明らかにするため、乾燥砂と不飽和砂に対し重錘落下衝撃実験を実施した。

2. 重錘落下衝撃実験の概要

本実験に使用した実験装置の概要を図-1に示す。敷砂は鋼製底盤にボルト結合した鋼製砂枠の中に敷き詰めた。実験では、鋼製底盤に面一で設置された起歪柱型ロードセル(受圧面の直径20mm、容量10MPa)で伝達衝撃応力を計測、鋼製底盤を支持する9個の起歪柱型ロードセル(受圧面の直径87mm、容量100kN)で計測した値を合計することで伝達衝撃力を算出した。重錘は、载荷部直径200mm、質量400kgで、重錘衝撃力は、重錘先端部に組み込まれているロードセルで計測、さらにレーザ式変位計を用いて重錘貫入量を計測した。

本研究では、敷砂内の水の存在が緩衝性能へ及ぼす影響を明確に見るため、全ての実験ケースが同一間隙比となるよう巻き出し厚さ100mmで締め固めた。敷砂厚 T は300mmに設定した。重錘は、敷砂との衝突速度 V が2~5m/sとなる高さから自由落下させた。表-1には実験ケース一覧を示す。なお、本実験に用いた敷砂の比重は 2.828g/cm^3 、A-b法(締固め)による最大乾燥密度は 1.694g/cm^3 、最適含水比は

15.9%である。乾燥砂は焼き砂、不飽和砂は自然含水比程度の湿潤状態で実験を行った。

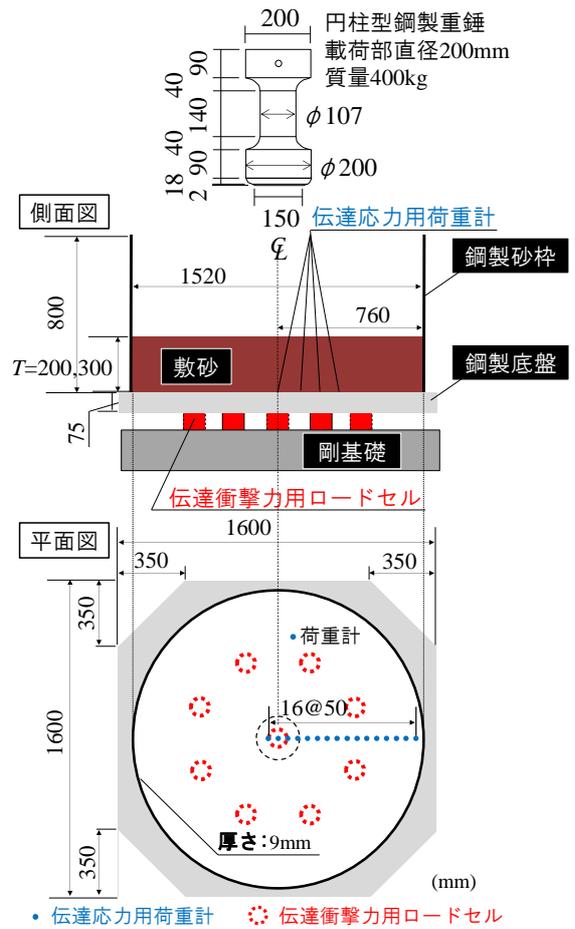


表-1 実験ケース一覧

試験体名	敷砂条件			衝突速度 $V(\text{m/s})$
	層厚 $T(\text{mm})$	間隙比 e	含水比 $W(\%)$	
D30-V2.0	300	0.67	1.39 (気乾)	2.00
D30-V3.0				3.00
D30-V4.0				4.00
N30-V2.0			6.97	2.00
N30-V3.0				3.00
N30-V4.0				4.00
N30-V5.0			5.00	

キーワード 敷砂緩衝材, 衝撃力, 含水状態

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市御器所町 名古屋工業大学 16号館 227号室 TEL052-735-5497

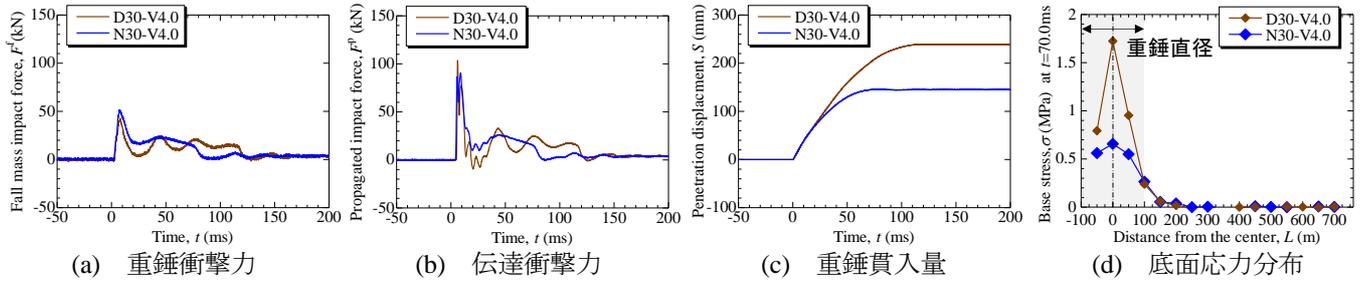


図-2 乾燥砂と不飽和砂の衝撃特性；衝突速度 $V=4.0\text{m/s}$

3. 重錘落下衝撃実験の結果と考察

図-2 に各種衝撃応答波形を示す。図-2(a)から、重錘衝撃力の最大値は不飽和砂の方がわずかに大きく、図-2(b)から、伝達衝撃力の最大値は、乾燥砂の方がわずかに大きいことが分かる。不飽和砂は、第1波目の衝撃力を発現した後に、なだらかな第2波を迎え $t=80\text{ms}$ 付近で衝撃力は0になる。しかし、乾燥砂は、衝撃力波形が第4波まで続き $t=120\text{ms}$ 付近で0となる波形性状を示す。図-2(c)から、乾燥砂の重錘貫入量の最大値は、不飽和砂の2倍近い貫入量となることが分かる。また、乾燥砂、不飽和砂ともに、重錘貫入量が最大値になる時刻とほぼ同時刻に衝撃力が0になることが分かる。含水状態により重錘貫入量及び衝撃力波形の波形性状が異なる原因として、乾燥砂は水を含まないため、不飽和砂に比べてせん断抵抗が小さく、強い圧縮力に耐え切れずに横に逃げてしまうため重錘の貫入が進むことが考えられる。

図-2(d)には、 $t=70\text{ms}$ のときに敷砂底面に伝達する応力 σ の分布を示す。不飽和砂の最大伝達応力は $\sigma=0.66\text{MPa}$ であるのに対し、乾燥砂の最大伝達応力は $\sigma=1.72\text{MPa}$ となる。乾燥砂は不飽和砂の3倍近くも大きい応力の伝達が確認された。したがって、適度に水を含んだ砂の方が、荷重分散効果が高いと言える。これは、不飽和砂に比べて乾燥砂の方がより深く貫入することが影響すると考えられる。

図-3 から、入力エネルギーの増加に伴い衝撃力の最大値は増加傾向にあることが分かる。不飽和砂の方が、重錘衝撃力がわずかに大きくなる理由として、乾燥砂に比べてせん断抵抗が大きく、重錘の貫入抵抗が大きいことが起因していると考えられる。また、伝達衝撃力の最大値は、小さい入力エネルギーの時は不飽和砂の方が大きく、入力エネルギーが大きい時は乾燥砂の方が大きくなる。これは、伝達衝撃力が最大値の時、ほとんど重錘は貫入していないため、含水状態の違いによって応力波の伝播挙動が異なることが影響していると考えられる。その詳しい原因の解明については、今後さらなる検討が必要である。

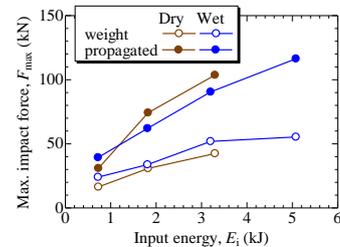


図-3 含水状態が最大衝撃力に及ぼす影響

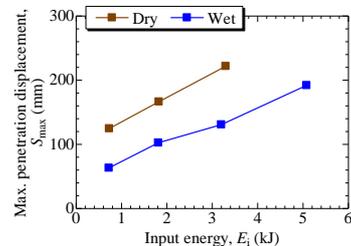


図-4 含水状態が最大貫入量に及ぼす影響

さらに、図-4 から、乾燥砂、不飽和砂ともに入力エネルギーの増加に伴って、重錘の最大貫入量が線形に増加することが分かった。そして、乾燥砂は不飽和砂の2倍程度大きい貫入量となることが確認された。

4. まとめ

重錘衝撃力の最大値は、不飽和砂の方が乾燥砂よりわずかに大きくなる傾向がある。また、重錘貫入量の最大値は乾燥砂が不飽和砂の2倍程度大きいことが分かった。さらに、不飽和砂の方が、底面応力分布の最大値は小さくなり、乾燥砂の方が、底面応力分布が局所化する傾向が確認された。敷砂中の水の存在は、荷重分散効果という点で、敷砂の緩衝性能を向上させる効果があることが分かった。

謝辞

この研究の実施にあたり、室蘭工業大学大学院建築社会基盤系専攻土木コース構造力学研究室の学生の皆様に多大なるご支援を戴いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) 羽柴寛文, 前田健一, 内藤直人, 山口 悟, 牛渡裕二, 鈴木健太郎, 川瀬良司: 落石特性の異なる水平堆積層内の衝撃力伝達挙動に関する二次元個別要素法解析, 土木学会論文集A2 (応用力学), Vol.68, No.2, pp.443-454, 2012.9.