

沙土环境下拱型履带板履刺高度的建模仿真与试验

何弘瑞 李军

陆军装甲兵学院车辆工程系, 北京 100072

[摘要] 现如今履带车辆多在软土、沙土等非规则路面上行驶作业, 其中由于沙土路面的物理特性复杂多变, 流动性强, 履带车辆在沙土路面上的附着性能自然也要下降许多。影响车辆附着性能的因素错综复杂, 其中包括: 动力输出、动力传动、地面条件等等。笔者着重从地面力学的角度研究制约履带车辆附着性能的主要因素: 履带板履刺结构。土壤, 选用典型细沙土路面作为研究对象。履带, 选用拱型履刺结构的履带板作为与土体相互作用研究对象。研究了不同的履刺高度对履带车辆在沙地中行驶时附着特性的影响。

[关键词] 沙土; 拱型履带板; 建模仿真; 土槽实验

DOI: 10.33142/aem.v1i6.1235

中图分类号: TU623.5

文献标识码: A

Modeling Simulation and Test of Prick Height of Arched Track Shoes in Sandy Environment

HE Hongrui, LI Jun

Vehicle Engineering Department of Army Armored Forces Academy, Beijing, 100072, China

Abstract: Nowadays, track vehicles are mostly operating on irregular road surface such as soft soil and sand soil. Due to complex and changeable physical characteristics and strong mobility of sand road surface, adhesion performance of crawler vehicles on sand road surface will naturally decline a lot. It is complex of factors affecting adhesion performance, which including power output, power transmission, ground conditions and so on. Author focuses on study of main factors that restrict adhesion performance of tracked vehicles from perspective of ground mechanics: track shoe thorn structure. It selects typical fine sand road as research soil. For crawler, arch shoe is selected as research object of interaction between crawler and the soil. Effect of different prick height on adhesion characteristics of tracked vehicles in sand was studied.

Keywords: sand; arched track shoes; modeling and simulation; soil groove experiment

引言

履带行走机构较轮式行走机构而言; 具有更低的接地压力比、更好的通过性和更全面的地面环境适应能力; 因此履带行走机构往往在行驶路面、地形较为复杂的情况下运用更加普遍; 如坦克、轻型作战车辆等军用车辆和挖掘机、推土机等重型工程车辆。然而普通履带在沙地上的行驶能力也不竟如人意; 同轮式车辆一样; 履带车辆行驶时也会出现履带较大滑转的现象; 使行驶速度大幅下降; 影响机动性能。笔者将从拱型履带板履刺高度入手; 通过建模仿真与实地试验; 验证沙地环境下拱型履带板履刺高度对附着力的影响。

1 履带板与沙地附着力模型的有限元仿真

1.1 Abaqus 有限元建立沙土与履带板相互作用模型

运用 Solidworks 三维建模软件建立拱型履刺履带板以及沙土地面的三维仿真软件, 将模型导入 Abaqus 有限元软件中, 在三维模型的基础上输入参数, 建立沙土的弹塑性本构模型以及履带板弹性模型。之后设置沙土地面模型与履带板模型的各项接触参数, 完成网格的划分并进行多次仿真, 结束后导出仿真数据并分析仿真结果。

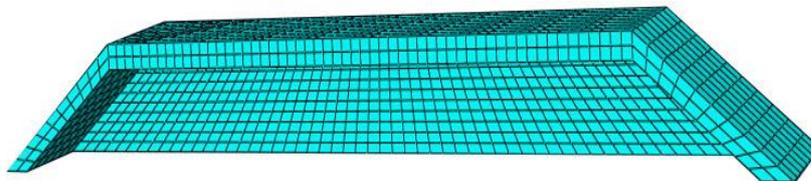


图1 拱型履刺履带板模型及网格

拱型履刺履带板的尺寸定为 $480 \times 100 \times 30$ mm, 材料设定及网格划分同w型履刺履带板。沙土地面的三维模型尺寸定为 $1500 \times 2000 \times 1000$ mm, 依据第二章实验测得的沙土样本数据, 完成沙土地面三维模型弹性与 DP 线性塑性属性的

赋予, 整体网格尺寸定位50 mm, 与履带板相接触部分局部网格尺寸定为10 mm。

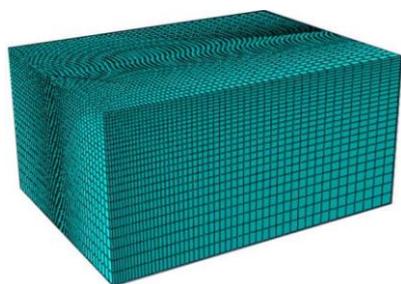


图2 沙土地面三维模型及网格

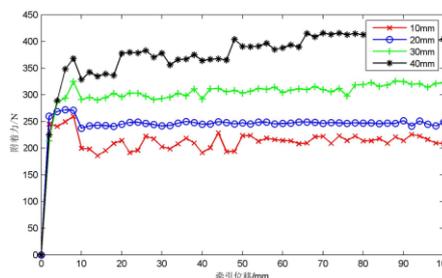


图3 拱型履刺履带板履刺高度仿真结果

1.2 履刺高度对附着力模型的影响

取履带板法向压力为50 kPa, 剪切速率为20 mm/s, 履刺厚度为10 mm, 履刺变形角为25°, 履刺高度为10 mm、20 mm、30 mm、40 mm, 研究履刺高度不同时对履刺履带板的影响。导出试验开始5s内的试验数据, 用 Matlab 整理得履带板位移-履带板附着力之间的关系。

由仿真结果图 3 可知履刺高度对附着力的影响较为明显且履刺高度越低, 其影响越大。10 mm和20 mm高度的履刺履带板其位移在0-20 mm存在较大突变, 而30 mm和40 mm高度的履刺履带板则不存在这种突变, 说明随着履刺高度的增加, 对维持剪切破坏初期沙土的稳定性有较大帮助。同时, 随着牵引位移的增大, 履带板底部沙土逐渐压实, 附着力逐渐趋于稳定。

2 履刺形状参数对沙地附着力的影响试验

试验将以履刺各形状参数为自变量, 尽可能保证其他参数的一致性, 探究履刺各形状参数对附着力的影响大小, 同时依据附着力试验的结果也能判断本文所建立的履带板-沙土附着力模型的误差大小。

2.1 试验方案

利用土槽实验台进行试验, 台车匀速拉动履带板进行沙土剪切, 通过传感器和采集软件获得剪切位移-剪切力曲线, 从而获得不同位移时履带板的附着力, 比较不同履刺参数的履带板的附着力, 研究履刺形状参数对附着力的影响。

(1) 试验设备

表1 试验设备

设备类型	设备名称	设备型号
土槽设备	土槽	1500×230×120 (cm)
数据采集设备	计算机	4GHZ, 250G, 4M
	拉线位移传感器	5v, 量程 150cm, 脉冲输出
	Z 型拉力传感器	10v, 量程 200kg, 脉冲输出
牵引设备	伺服驱动器	AXM110. 180. 4
	伺服电机	U1330F. 15. 3BN3KYb1
	牵引台车	自主设计
附属设备	配重砝码	0-200g
	刮刀, 铁锹	-
	卷尺	0-3m

(2) 待测履带板履刺参数分组

表2 待试验履刺履——带板履刺结构参数

类型	编号	履带板长度/mm	履带板宽度/mm	履刺高度/mm	履刺厚度/mm	履刺八字角度/°
拱型履刺	1	480	80	30	10	90
	2	480	80	20	10	90
	3	480	80	50	10	90

同组同参数履刺履带板进行三次试验,如出现较大误差(超过 25%)时,说明该组试验出现问题,应当舍弃重新进行,去三次平均值作为最终该组履刺履带板的试验结果。

2.2 履刺高度对牵引试验的影响

履刺高度对附着力模型的影响试验方案:履带板法向压力为46.7 kPa,剪切速率为20 mm/s,数据收集装置的采样周期选为200 ms,拱型履刺履刺厚度为10 mm,履刺八字角为90°,即表 5.3 中 1、2、3 组。试验前测量第一块履带板履刺土壤参数,等试验结束后再次填平沙土并压实,保证两种履带板所作用沙土参数数值相同。对拱型履刺履带板的试验参数为20 mm, 30 mm, 50 mm三种履刺高度,如图 4 所示。选用履刺履带板各 3 个高度进行试验。



图 4 不同高度履刺形状

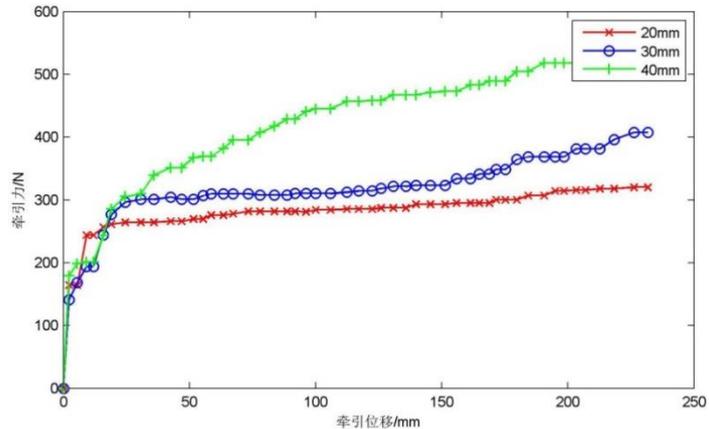


图 5 履刺高度对附着力—位移关系的影响曲线

由图 5 可得,拱型履刺履带板的附着力随着位移的增大而增大,并在达到一定值之后逐渐趋于稳定。履刺高度的增加,相应附着力峰值也增加,且拱型履刺履带板的增加幅度要大于w型履刺履带板,这说明履刺高度对拱型履刺履带板的影响更大。取稳定后数据段平均值计算最终附着力和单位附着力,如表所示:

表 3 附着力/单位附着力—履刺高度试验结果

	最终附着力 (N)	单位附着力 (kPa)
2cm 拱型履刺	286.78	31.715
3cm 拱型履刺	337.23	27.680
5cm 拱型履刺	461.61	23.330

由表 3 中平均附着力值可以看出,沙地环境下履带板附着力受履刺高度参数的影响较大,随着履刺高度的增加附着力增加迅速。但对比单位附着力可以发现,履刺的增高会使得单位附着力的减小,这是因为履刺高度对面积的影响要大于其对附着力的影响。

结论

本文通过对拱型履带板履刺高度的建模仿真与实地试验,得出了沙土环境下拱型履带板附着力与履刺高度之间的相互关系,同时通过实地试验,验证了仿真模型的准确性,为今后研究不同结构履带板的不同参数在沙土环境下的建模仿真提供理论依据。

[参考文献]

[1]杨聪彬.高速履带与软地面附着特性与优化研究[D].北京:北京理工大学,2015.
[2]胡滨锐,方文熙.土槽试验装置的研究和分析[J].福建农机,2010(03):48-50.
[3]范雅操,德福,刘谦贵.从单块履带板试验看某些因素对履带拖拉机牵引性能的影响[J].吉林工业大学学报,1982(1):33-41.

作者简介:何弘瑞(1995-),男,江西,硕士研究生,主要从事车辆电池与地面力学相关方面研究。李军(1963-),男,教授,博士,主要从事装甲车辆设计已经地面力学方面研究。