

麦秆压缩剪切特性的研究

孙 骊 赵豪杰 李锁牢

(西北农业大学机电学院,陕西杨凌 712100)

摘 要 用数理统计的方法在万能试验机和压力试验机上对干麦秆、浸湿麦秆和绿麦秆的压缩剪切力学特性进行了研究。得出了麦秆的力与变形、湿度、面积、外径的多元线性回归方程和在指定条件下的力与变形的关系,还测出了麦秆的强度模量值。

关键词 麦秆,压缩特性,剪切特性

分类号 Q66

麦类作物是我国的主要粮食作物之一。据 1996 年统计^[1],全国 1995 年共计小麦播种面积为 28.86 Mhm²,产量 102.22 Mt。为了给茎秆深加工的机械设计提供数据和量化作物抗倒伏性能,测定和研究它的机械特性是十分必要的。O'dogherty M J^[2]的研究指出:麦秆的拉伸强度为 21.2~31.2 MPa,剪切强度为 4.91~7.26 MPa,杨氏模量为 4.76~6.58 GPa,刚性模量为 267~547 MPa。并指出成熟度、湿度、温度对这些基本参数都有不同程度的影响。有关植物材料的压缩成型和废弃物应用的研究中^[3,4],对玉米秸秆的力学特性及工程效果亦有论述。本研究主要对上年收获的干麦秆和乳熟期的绿麦秆的压缩、剪切性能及麦秸的压缩性能做了测试和研究,供工程应用参考。

1 材料和方法

采用贮存 10 个月的冬小麦茎秆和本年度乳熟期的冬小麦绿茎秆为麦秆试样,在万能试验机及测试系统上采集数据。取本年度适时收获的麦秆群为麦秸的试样,在压缩试验台上进行麦秸压缩试验。

1.1 试样准备

挑选完好的麦秆,剥净麦秆外部包叶,剪取根部以上第二节的节间部分,制成 90 mm 长、粗细均匀的 45 个干麦秆和 30 个绿麦秆的无节试样;再从第二和第三节之间剪取 90 mm 长的干麦秆和绿麦秆的有节试样各 20 个。节的位置基本在试样中部。试样两端修整平齐。共计 115 个试样。麦秸压缩试验选用的试样截取 280 mm 长的茎秆,放入压缩试验台的压缩盒内进行测试。

1.2 试验装置

试验装置如图 1 所示,试样放在由上下框架组成的压缩夹具中,位移由位移调节装置调整,由百分表测量数据。力值由电子称的读数经标定转换测得。测量前由游码调平测力

收稿日期 1998-01-14

课题来源 杨凌基金资助项目,95J-50

作者简介 孙骊,女,1944 年生,副教授

杆并用砝码在夹具处进行标定 万能试验机带有压缩转荷器及剪切盒。W Z6-I 型磁力表及百分表的量程为 0~ 10 mm,精度为 0. 01 mm.电子称量程为 0~ 2 000 g,精度为 0. 1 g.麦秸的压缩试验在装有 CIZ-1应变仪、位移传感器 0~ 10 t荷重的压力传感器、A /D转换板和微机的专用压缩试验台上进行测试,可直接得出力 变形的关系。

1. 3 试验内容

麦秆试验包括横向压缩 轴向压缩和剪切试验三大类 其中分别对干麦秆和绿麦秆、有节和无节、干麦秆和湿麦秆等不同情况分别进行测试和数据处理 试样的物理特性参数包括外径 内径 横断面面积 湿度等。试验中试样的变形范围为 0~ 3. 5 mm,力的变化范围为 0~ 300 N.麦秸压缩试验可直接得出力 变形曲线

1. 4 试验过程

试验前移动游码,调平测力杆,使电子称上有 1 900 g 左右的称量,消零后在试样夹具处加标准砝码,进行力值标定。然后放入试样,转动位移调节时,电子称显示力值,即可采取一组数据,依次逐个对试样进行测试 绿茎秆试样在采摘后立即测量,以防水分变化 湿茎秆试样为干茎秆在水中浸泡 24 h,取出自然风干 10 min测湿重后进行测量。茎秆的湿度用烘干法测取。麦秸试验时将试样自然装填入压缩盒,直接测出力 变形关系曲线。

2 结果与分析

1)试验结果的多元线性回归数据见表 1.

表 1 多元线性回归数据表

项目	序号	试 样	试样号	多元回归系数					检验 (∇ 0. 05)	
				A	B	C	D	E	F	R
横向压缩	1	干麦秆、无节	46- 55	13. 71	0. 03	- 0. 23	18. 14	11. 27	664. 16	0. 95
	2	绿麦秆、无节	36- 45	66. 79	0. 11	- 18. 03	1480. 06	44. 93	0. 52	0. 08
	3	干麦秆、无节、吸湿	56- 60	15. 79	- 36. 73	- 0. 12	- 0. 10	74. 32	240. 40	0. 93
	4	绿麦秆、有节	61- 70	43. 10	- 303. 86	- 1. 02	97. 87	170. 33	594. 06	0. 95
	5	干麦秆、有节	71- 75	50. 57	1484. 43	- 1. 72	264. 43	- 601. 33	187. 70	0. 91
轴向压缩	6	干麦秆、无节	81- 90	56. 84	9. 95	2. 06	- 1. 55	1. 38	315. 46	0. 98
	7	干麦秆、有节	111- 115	47. 79	14. 71	1. 81	1. 61	7. 64	323. 21	0. 98
	8	绿麦秆、无节	91- 100	41. 85	9. 32	1. 11	- 2. 85	2. 81	146. 38	0. 93
	9	绿麦秆、有节	101- 110	35. 84	12. 28	0. 71	0. 01	6. 52	229. 31	0. 95
	10	干麦秆、无节、吸湿	76- 80	56. 84	9. 95	2. 06	- 1. 55	1. 38	315. 46	0. 98
剪切	11	干麦秆、无节	1- 10	43. 33	- 283. 54	8. 06	30. 31	- 101. 54	449. 13	0. 92
	12	干麦秆、无节、吸湿	11- 15	42. 47	- 18. 94	7. 11	- 28. 66	99. 70	431. 30	0. 96
	13	干麦秆、有节	16- 25	42. 21	30. 22	0. 05	15. 11	- 52. 34	156. 74	0. 83
	14	绿麦秆、无节	26- 35	0. 25	- 5. 95	11. 43	26. 94	- 57. 12	3. 46	0. 21

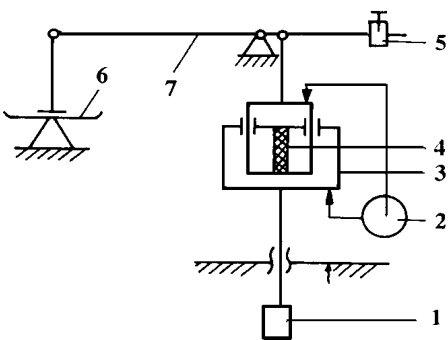


图 1 麦秆试验装置示意图
1.位移调节; 2 位移测量; 3.压缩夹具;
4.试样; 5.游码; 6.电子称; 7.测力杆

力与变形、湿度、面积、外径的关系式为:

$$Y = AX_1 + BX_2 + CX_3 + DX_4 + E$$
(1)

式中, Y 为力值 (N); X_1 为变形 (10^{-2} mm); X_2 为湿基含水量 (g /kg); X_3 为承压面积 (mm^2); X_4 为外径 (mm), $A B C D E$ 为回归系数

力与变形的关系见表 2,可表示为:

$$Y = AX + B$$
(2)

式中, Y 为力值 (N); X 为变形 (10^{-2} mm), $A B$ 为回归系数.

表 2 力 变形回归数据表

项目	序号	试样状况	试样号	一元回归系数		检验 ($\alpha=0.05$)		强度 /MPa	模量 /MPa
				A	B	F	R		
横向压缩	1	干麦秆, 无节	46~ 55	15. 92	3. 78	596. 18	0. 94	0. 3~ 0. 7	0. 4~ 0. 2
	2	绿麦秆, 无节	36~ 45	5. 00	7. 58	131. 55	0. 91	0. 1~ 0. 2	0. 1~ 0. 3
	3	干麦秆, 无节、吸湿	56~ 60	11. 29	13. 93	366. 89	0. 96	0. 2~ 0. 3	0. 2~ 0. 3
	4	绿麦秆, 有节	61~ 70	28. 49	4. 16	664. 26	0. 98	0. 3~ 0. 6	0. 4~ 0. 9
	5	干麦秆, 有节	71~ 75	97. 90	68. 02	194. 70	0. 93	0. 5~ 0. 9	0. 7~ 1. 2
轴向压缩	6	干麦秆, 无节	81~ 90	39. 48	3. 49	286. 93	0. 98	8. 8~ 12. 1	625~ 902
	7	干麦秆, 有节	111~ 115	41. 44	3. 45	269. 75	0. 98	13. 2~ 18. 5	1170~ 1734
	8	绿麦秆, 无节	91~ 100	28. 02	2. 65	17. 81	0. 85	2. 9~ 5. 1	260~ 765
	9	绿麦秆, 有节	101~ 110	27. 08	1. 87	283. 56	0. 98	3. 1~ 5. 2	280~ 737
	10	干麦秆, 无节、吸湿	76~ 80	39. 48	3. 49	286. 93	0. 98	6. 3~ 8. 6	605~ 866
剪 切	11	干麦秆, 无节	1~ 10	50. 10	26. 30	139. 98	0. 92	10. 9~ 16. 9	
	12	干麦秆, 无节、吸湿	11~ 15	37. 16	0. 08	631. 73	0. 98	13. 2~ 17. 7	
	13	干麦秆, 有节	16~ 25	54. 19	19. 51	77. 26	0. 89	7. 9~ 34. 5	
	14	绿麦秆, 无节	26~ 35	45. 39	19. 11	1087. 47	0. 99	7. 9~ 20. 3	

2)横向压缩时,除绿麦秆无节 2 状态外,方程均显著相关。有节干麦秆 5 所受横向压力对湿度影响最敏感。有节状态 4、5 中外径也对压力的影响敏感。力-变形关系均呈线性相关,表达了茎秆弹性变形段的特征。茎秆的强度和模量值有节状态均大于无节状态。吸湿后的值小于干麦秆。

3)轴向压缩时,有节状态 7、9 所受轴向力对湿度的影响敏感。干麦秆的强度和模量值均大于绿麦秆。它的多元回归及一元回归结果见表 2。

4)剪切时,在弹性范围内呈线性相关。干麦秆的强度和模量值大于绿麦秆。回归方程见表 1。

5)麦秸的压缩试验曲线如图 2 所示。在湿基含水量为 450 g /kg 且体积应变为 $\epsilon_v = \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta h}{h} \approx 0.6$ 时,压缩力达 3 920 N 以后即使变形很小,也需增加很大的力。

3 结 论

1)小麦茎秆的横向压缩力、轴向压缩力和剪切力与变形、湿度、面积、外径的关系,可用多元线性回归方程表示。力-变形关系可用一元线性回归表示。上述关系式表示茎秆在弹性范围内的力学特性。

2) 麦秸压缩时, 当体积压缩量 $\propto \frac{\Delta V}{V}$ 达到 0.6 左右时, 若再加大压缩量, 将需增加很大的力。在麦秆压缩加工时, 不同条件下存在的这个极限力值是设计时的基础数据之一。

3) 麦秆的位置、成熟度、存放条件、有无节结等, 对其力学特性有很大影响。本试验得出的数据可供参考。

4) 麦秆的压缩、剪切特性的研究对收获机械、加工机械的设计、作物抗倒伏能力的量化描述、开发麦秸利用新途径都有一定的意义。在更广泛的范围测量和研究乃是今后的任务。

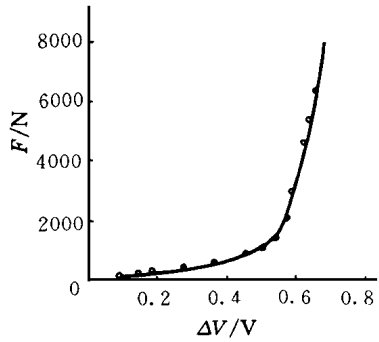


图 2 麦秸的压缩曲线

参 考 文 献

- 1 中国农业年鉴编委会. 中国农业年鉴. 北京: 中国农业出版社, 1996
- 2 Odogherty M. J. A study of the physical and mechanical properties of wheat straw. J Agric Engng Res, 1995, 62 133 ~ 142
- 3 郭康权, 赵 东, 查养社, 等. 关于植物材料压缩成型的研究. 见: 廉振民编. 中国科协首届青年学术年会陕西卫星会议论文集. 西安: 陕西师范大学出版社, 1993
- 4 杨中平, 杨林肯, 郭康权, 等. 玉米秸秆工业化处理技术的试验研究. 农业工程学报, 1996(4): 185~ 188

Compression and Shear Properties of Wheat Stalk

Sun Li Zhao Haojie Li Suolao

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwestern
Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract On the basis of mathematic statistics analysis, the author studied compression and shear properties of dry stalk, soaking stalk and green stalk of wheat by universal testing machine and pressure tester, established the multiple linear regression equation of force between deformation, moisture content, section area and external diameter, gave the relation between force and deformation of wheat stalk under the given condition, also measured the strength modulus of wheat stalk and relation between force and deformation when it compressed.

Key words wheat stalk, characteristic of compression, characteristic of shear