

土壤压实特性及其在农业生产中的应用

张家励^① 傅潍坊 马虹
(吉林工业大学)

提 要 通过对所做室内、外土壤压实试验结果的分析讨论,证明室内落锤击实试验所得到的农业土壤压实特性与田间试验结果相一致。因而可直接利用室内试验结果作为合理设计镇压器的依据,亦可作为提出农业作业机械对土壤的允许负荷的基本依据。

关键词 土壤压实特性 落锤击实试验 镇压器

The Soil Compactive Characteristics and Their Application in Agricultural Production

Zhang Jiali Fu Weifang Ma Hong
(Jilin University of Technology)

Abstract The experimental results of soil compaction in laboratory and field were obtained. It is found that the test results in laboratory agree with that obtained in field test. The laboratory results can be used directly as the basis of designing roller and determining the allowable load of agricultural machinery on soil.

Key words Soil compactive characteristics Proctor-test Roller

1 引 言

对人类的生活,土壤压实问题具有两重性:一方面,人们在修路、筑堤、建房时,希望以最低能量消耗获得最大压实效果;另一方面,为了使作物生长良好,又不希望土壤被压得太实。

作物生长赖以土壤的肥力,这种肥力是土壤中的水、肥、气、热的综合作用结果。土壤被压实后,由于土壤中孔隙减小,使土壤的渗水性和透气性降低,由此造成水土流失和侵蚀。又由于不能充分供给氧气和排除 CO₂、H₂S、CH₄ 等有害气体,阻碍根系正常新陈代谢和其它生理功能。由于土壤中的气、热交换不充分,影响土壤中起保氧作用的微生物的生存和繁衍,导致土壤肥力下降^[1]。大量的试验研究表明,合适的土壤压实,对作物生长是有利的。例如在吉林省西部干旱地区,播种后进行苗眼镇压,使土壤压实到干密度为 1.27 g/cm³ 可起到提墒保苗作用,使得出苗早、出苗齐、出苗壮,达到增产效果。

值得研究的问题是,对于不同种类、不同含水量的土壤应采用什么样的镇压器来压实才

收稿日期:1995—02—20

①张家励,副教授,长春市斯大林大街 吉林工业大学工程机械系,130025

能获得适合作物生长的压实程度呢?众所周知,田间试验是很烦杂的,是否可以用室内试验方法来解决这个问题,这是本文所要探讨的。

2 试验方法

试验土壤为吉林通榆县田间淡黑钙土,属轻粘壤土,最大颗粒直径 0.25~1.00 mm,约占 2.85%,最小颗粒直径 0.001 mm,约占 20.09%,有机质含量为 1.231%,土质均匀。

2.1 落锤击实试验

采用符合 DIN18127 标准规定的击实仪和击实方法进行试验,测取不同土壤含水量时的土壤湿密度,计算得到土壤干密度。分别选用重量为 13.4 N, 18.1 N, 25 N, 34.6 N 的击实锤击实,击实次数分别为每层 8 次、16 次、25 次。试验前,土壤疏松,不含任何杂物。

2.2 土壤静压实试验

用直径为 100 mm 的圆形压板压缩装在直径为 100 mm 的圆形试筒内的土壤,压实荷载分别为 36.2 N~427.1 N 十种不同小荷载。分别测取土壤压实后沉陷量和含水量,计算得到土壤的干密度和变形模数。

3 试验研究的理论基础

3.1 土壤压实特性

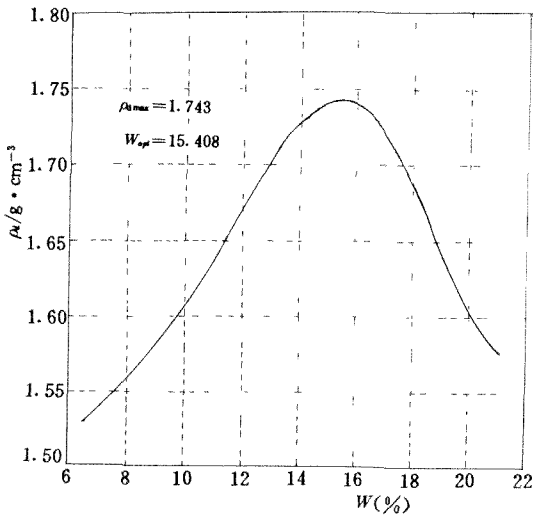


图 1 土壤压实特性曲线

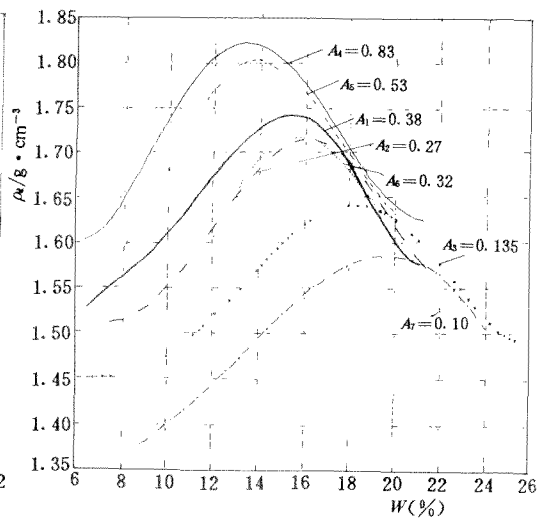


图 2 不同比压实功时的土壤压实特性曲线

图 1~3 为试验测取的土壤压实特性曲线。图中用比压实功 A 表征施加的荷载大小:

$$A = \frac{nGH}{V} \quad (\text{MNm/m}^3) \quad (1)$$

式中 n 为落锤击实次数; G 为落锤重量; H 为落锤自由下落高度; V 为试筒体积。

图 1 表明,在某一荷载作用下,土壤的干密度只在某一含水量(W_{opt})时才达到最大。该含水量称为最优含水量^[2]。图 2 表明在不同荷载作用下,最优含水量不同,荷载越大,最优含水

量越小,土壤越干旱,压实密度越大,但需施加很大的荷载。图 3 全面而清楚地表明土壤压实后的干密度与施加的荷载和相应的土壤含水量之间的关系。例如,欲把含水量为 16% 的土壤压实达到干密度为 1.27 g/m³,所需施加的荷载即比压实功 $A \approx 0.047 \text{ MNm/cm}^3$ 。该曲线具有很大的实用价值。实际上,田间土壤被压实大多为车轮的碾压造成的,必须找出夯实与碾压压实之间的关系。

3.2 土壤压实与应力的关系

土壤被压实是土壤受载后产生变形的结果,它与土壤的应力有关。根据土力学和弹性力学理论^[2],土壤压实主要与土壤的平均法向应力 σ_p 有关。当压陷深度很小时:

$$\sigma_{CP} = \frac{\sigma_{\max}}{2} \quad (2)$$

根据土壤压实理论^[3],夯实时土壤表面的最大应力的经验关系式是:

$$\sigma_{\max} = \frac{2G \sqrt{2g \cdot H}}{F \cdot g \cdot t} \quad (3)$$

式中 F 为击实锤与土壤接触的底面积, t 为冲击时间。当夯实松散土壤时,取 $t=0.016$ 秒。碾压时,土壤表面的最大应力的经验关系式是:

$$\sigma_{\max} = \sqrt{\frac{q \cdot E}{R}} \quad (4)$$

式中 $q = \frac{Q}{B}$, 为压滚单位长度上的压力(线压力), Q 为压滚重量, B 为压滚宽度, E 为土壤变形模数, R 为压滚半径。

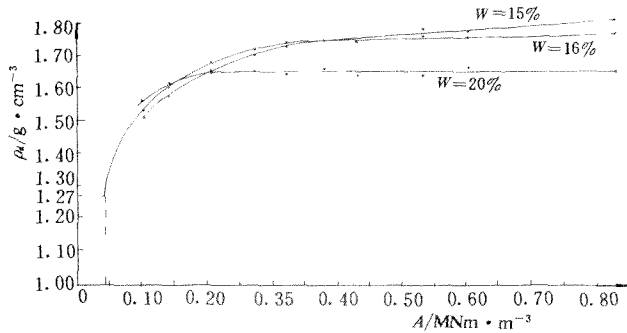


图 3 ρ_d-W-A 关系曲线

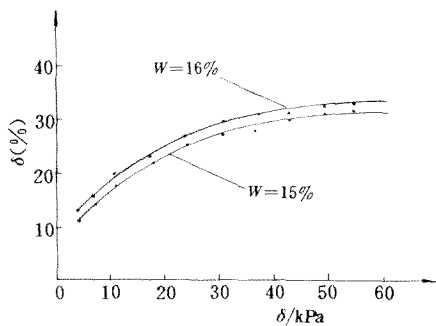


图 4 $\delta-\sigma$ 关系曲线

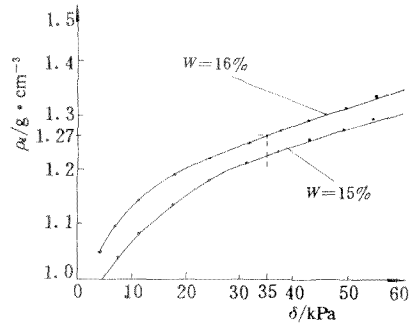


图 5 $\rho_d-\sigma$ 关系曲线

图 4 为圆形压板压实时,土壤密度变化百分比 δ 为所承受的压应力 σ_{CP} 之间的关系。试验结果表明,它们具有对数函数关系,可用以下经验公式表示^[4]:

$$\delta = a \cdot \ln \frac{\sigma_{CP} + b}{\sigma_{CP^0} + b} \quad (5)$$

式中, σ_{CP^0} 为压实之前承受过的最大平均应力; a, b 是与土壤种类、含水量等有关的系数。试

验测出该种土壤在含水量为 16% 时, a 值为 9.66, b 值为 0.1。

图 5 为土壤压实干密度 ρ_s 与应力 σ 的关系曲线, 它也具有对数函数的关系。

4 结论与讨论

本研究的目的是, 利用室内试验方法找到合理确定镇压器设计参数(例如压辊的重 Q 、半径 R 等)的科学依据, 并对田间作业的机械重量提出允许的极限值。

下面举例说明本试验结果的具体应用。

采用重量 $Q=1300$ N、半径 $R=0.3$ m、宽度 $B=0.2$ m、压滚镇压含水量为 16% 的淡黑钙土, 压实干密度可达 1.27 g/cm³。

由图 5 的 $\rho_s-\sigma$ 曲线上查得, 当 $\rho_s=1.27$ g/cm³ 时, 土壤表面的最大应力为 35 kPa。再由图 6 的 $\sigma-E$ 曲线查得土壤的变形模数 $E=91$ kPa, 利用式(4)得到碾压时应有的土壤表面最大应力为:

$$\sigma_{\max} = \sqrt{\frac{1300 \times 91}{0.2 \times 0.3 \times 10^3}} = 44.4 \text{ kPa}$$

计算表明, 用此压辊在田间碾压时的土壤表面应力(44 kPa)比室内试验的应力(35 kPa)略大, 这是因为田间被压土壤周围是松软的。但它们二者的结果基本上相一致。

若用夯实达到以上土壤表面最大应力值, 所需施加的比压实功可由下式确定:

$$A = \frac{n\sigma_{\max}}{494.62} \quad (\text{MNm/m}^3) \quad (6)$$

式(6)是在 $F=19.635$ cm²、 $H=30$ cm、 $t=0.016$ s 条件下由式(3)推导的, n 为击实次数。

取 $n=75$ 得:

$$A = \frac{75 \times 44}{494.62} = 0.067 \text{ MNm/m}^3$$

从图 3 的 ρ_s-W-A 曲线中查得, 当土壤含水量为 16% 及其土壤压实干密度 $\rho_s=1.27$ g/cm³ 时所需施加的比压实功 $A=0.047$ MNm/m³, 与上述计算结果相一致。

上述试验结果与分析表明, 利用室内的夯实试验和静压实试验, 可以推导出任意土壤含水量情况下为达到某种压实程度所需施加的荷载和镇压器压辊的其它参数。

参 考 文 献

- 1 J Letey. 土壤物理性质和作物生产的关系. 土壤, 1987, 2: 62~66
- 2 孙一源等著. 农业土壤力学. 北京: 农业出版社, 1985, 344~345
- 3 Н Я 哈尔胡塔著. 压实土壤的理论及机械. 北京: 水利电力出版社, 1957, 23~60, 106~108
- 4 E M 库普里亚诺夫著. 土的压实与沉降. 北京: 水利电力出版社, 1957, 58~70

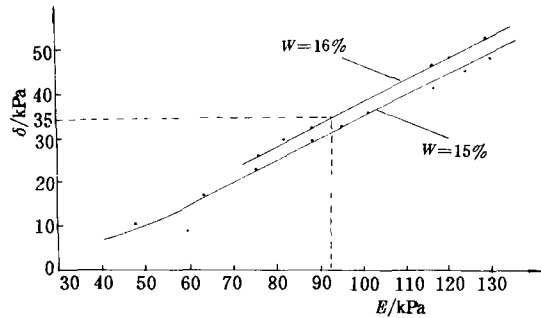


图 6 $\sigma-E$ 关系曲线