

平面应变与常规三轴实验下黄土的力学特性分析

马林¹, 方娟², 申俊敏¹

(1. 山西省交通科学研究院 黄土地区公路建设与养护技术交通行业重点实验室 山西 太原 030006;

2. 西安理工大学 岩土工程研究所 陕西 西安 710048)

摘要: 黄土工程中存在着大量平面应变问题,但目前仍采用常规三轴实验的处理方法,通过对西安理工大学真三轴仪进行改装,实现平面应变实验,对比分析不同含水率、不同固结围压下平面应变实验与常规三轴实验的差异。研究表明:含水率对两种条件下土体的强度影响较大,围压次之;在相同条件下,平面应变条件下土体的强度要明显大于常规三轴下的土体强度,说明以往对平面应变问题的处理偏保守。研究对设计和施工起到了一定的指导作用。

关键词: 平面应变; 常规三轴; 强度; 含水率; 围压

中图分类号: TU41 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-0373(2013)03-0094-05

0 引言

平面应变状态是自然界中广泛存在的一种应力状态,如深基坑、挡土墙、路堤、大坝等,都可看做是平面应变工程问题。它是一种特殊的真三轴应力状态,即实现3个方向的应力不等 $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$,同时保证在中主应力平面内应变 $\varepsilon_2 = 0$ 。这种特殊性已被许多学者所关注。W. Kjellman^[1]研制的采用3组相互平行刚性板做成的试验装置进行平面应变测试,但仪器本身的复杂性及各方面的相互干扰使其没有得到广泛的应用。B. Jakobson^[2]采用了相同类型的平面应变试验仪,但各钢板之间交叉问题(边角效应)是该类仪器较难克服。C. C. Wood^[3]开发了长条形试样(长41 cm×宽5 cm×高10 cm)的Bishop-Cornforth型平面应变仪,该仪器基本实现了一个方向的应变为零,但因将 σ_2 方向长度加大,使其在该面上的摩擦力增大,在试验过程中对中主应力 σ_2 的量测精度下降。T. Shibata et al^[4]开发了小尺寸试样的平面应变仪,但 σ_2 加载装置移动的范围比较大,整个装置的试验过程实现起来较困难。

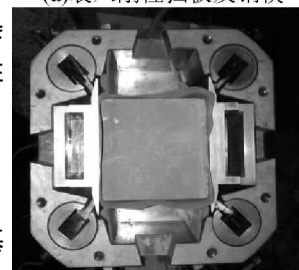
前人对平面应变的研究已做了大量工作,但对平面应变与常规三轴^[5]的对比分析却研究甚少。目前黄土工程中存在的大量平面应变问题,仍按常规三轴强度参数进行设计,对平面应变应力条件问题的研究欠合理。平面应变应力条件与常规三轴应力条件相差甚大,对工程影响有较大差异。因此分别在两种条件下进行试验,分析不同含水率、不同固结围压时两种试验条件下土体力学性质的异同,为工程设计提供依据。

1 试验方案与方法

所采用的平面应变仪是在西安理工大学邵生俊等^[6-7]研制的真三轴仪基础上改装而成,其基本形式为在真三轴压力室的一对侧面装入刚性挡板,并配有钢楔,另一对侧面保留原有的液压加载水囊,以此来实现平面应变状态,即保证在试验时中主应力 σ_2 的应变 ε_2 近似为零。其实物图如图1所示。



(a) 装入刚性挡板及钢楔



(b) 装入土样

图1 平面应变实物图

收稿日期: 2013-01-09

作者简介: 马林 男 1986年出生 助理工程师

影响土体力学性能的因素主要有含水率、固结围压,因此进行了4个含水率(18%、15%、10%、5%)、4个围压(50 kPa、100 kPa、200 kPa、300 kPa)的对比试验。

2 不同因素影响下土体力学指标对比分析

所选取的土样为某黄土地层的土体,其基本物性指标为:干密度为 1.6 g/cm^3 ,天然含水率为 14%,比重为 2.69,塑性指数为 13.35。可以看出试验用土的土质呈硬塑状,湿度较大,强度较高,为后面的分析提供了依据。

2.1 含水率对两种条件下土体力学性质的差异分析

对于土体强度的影响因素中,含水率是占据主导地位的因素。黄土的强度指标之一黏聚力由土粒子间形成的原始内聚力和颗粒间的胶结物质形成的加圈内聚力组成。原始内聚力与土的密度有关,加圈内聚力与土粒的矿物成分、形成条件和胶结物质的性质有关。当土体的含水率发生变化时,其强度也随之发生变化。主要表现为随着含水率的增大,土体的强度逐渐降低。主要原因是由于当土体中含水率增加时,土体中的部分可溶性胶结物质被溶解,致使其黏聚力降低。同时由于含水率的增加,颗粒间的水膜增厚,大大降低了颗粒间的摩擦作用,使得土体的强度降低。

分析平面应变试验条件和常规三轴试验条件下含水率对土体应力应变关系曲线的影响,如图2、图3所示。

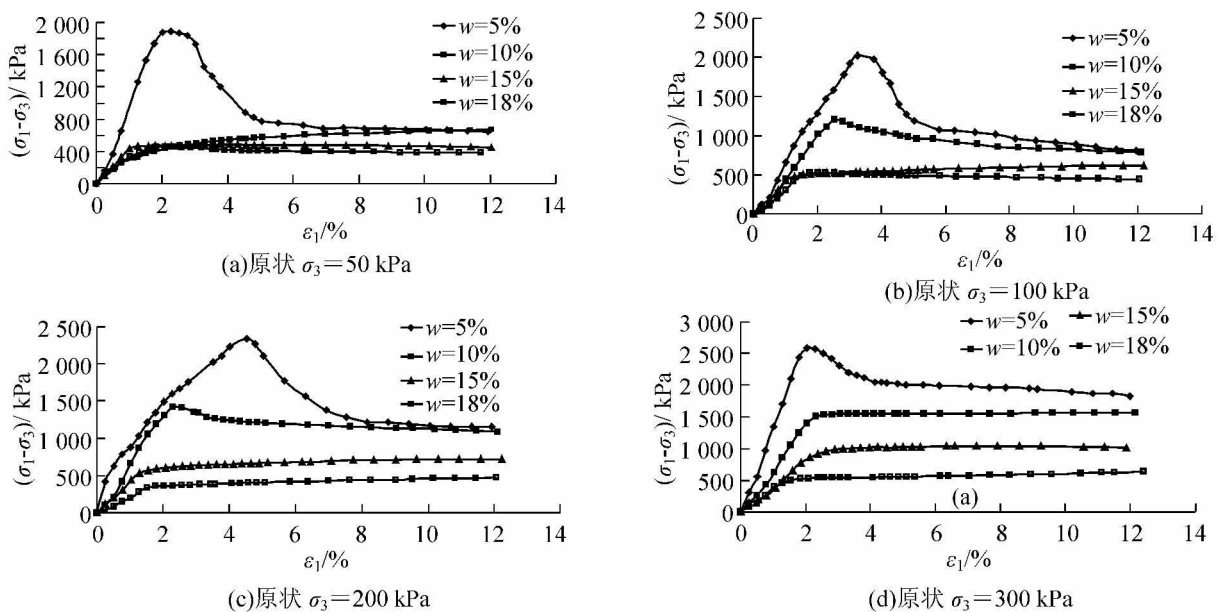


图2 平面应变条件下不同含水率时土体的应力应变关系曲线

从图2、图3中不难发现,两种条件下黄土的抗剪强度都随含水率的增加而减小。主要原因是随着含水率的增加,土颗粒间可溶性物质不断溶解在水中,使得形成颗粒间黏聚力的可溶盐迅速减少,致使黄土的破坏强度降低。从图4中可以明显的看出这一规律。从图2、图3还可以发现土体在低含水率时常规三轴得到的数据呈现出软化形态,而在平面应变条件下则变为弱硬化曲线,从这一点也说明土体的强度较常规三轴有所提高。

2.2 固结围压对两种条件下土体力学性质的差异分析

试验表明,固结围压对土的力学性质有重要影响,不同围压下土体的力学性质有明显差异。现进行不同围压下平面应变实验和常规三轴实验,对比说明围压在两种实验方法下的差异。

从图5、图6中可以看出,随着围压的增大土体的应力应变曲线在增高,亦说明土体的破坏强度在增大。原因主要是随着围压的增大,土体颗粒间的空隙不断减小,密实度不断提高,土体抵抗变形的能力大大增强。从图7中可以较为清晰地看出这一规律。

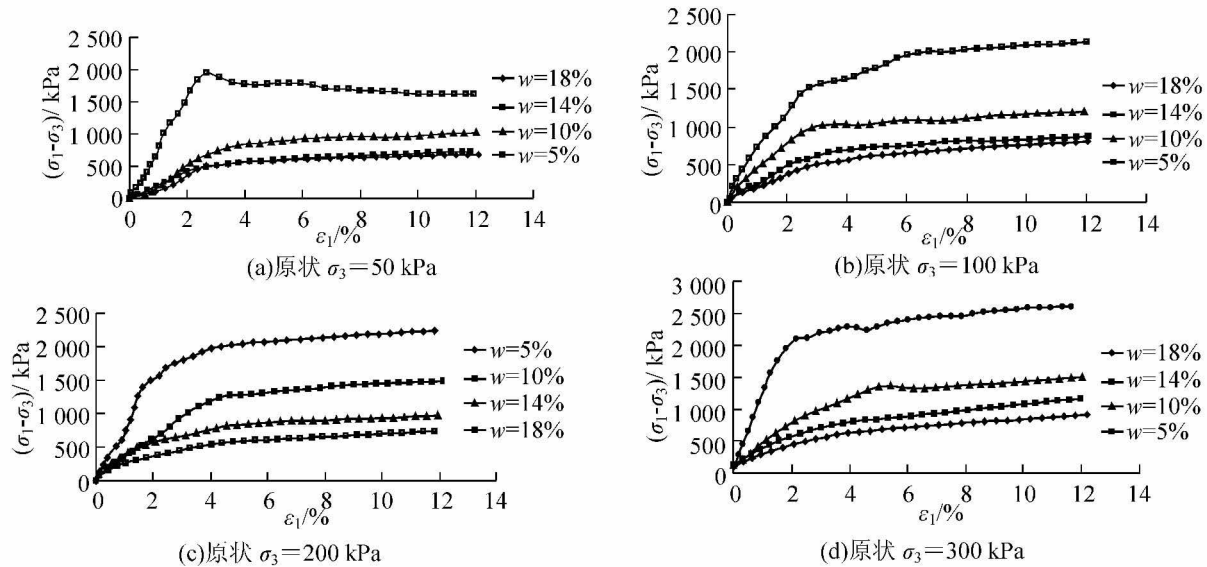


图 3 常规三轴条件下不同含水率时土体的应力应变关系曲线

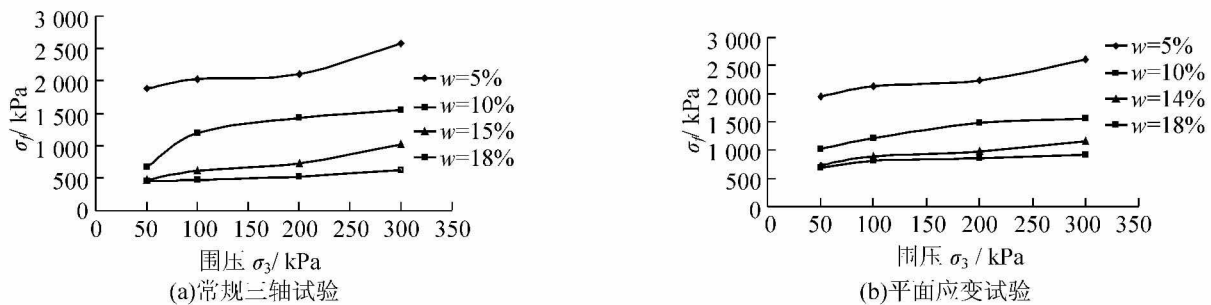


图 4 不同含水率时破坏应力与围压的曲线

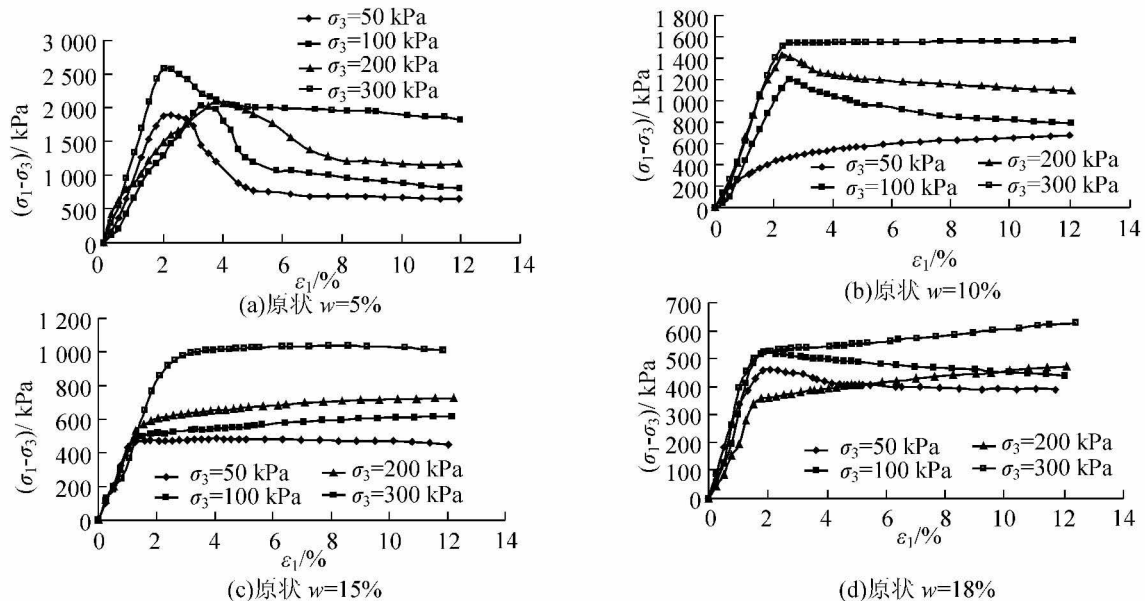


图 5 平面应变条件下不同围压时土体的应力应变关系曲线

2.3 土样状态对两种条件下土体力学性质的差异分析

常规三轴试验条件和平面应变条件存在明显差异,致使土体的破坏应力有所不同,即在同一围压、同一含水率下常规三轴试验条件下得到的土体破坏应力小于平面应变试验条件下的。原因是由于常规三

轴的应力状态为 $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$, 而平面应变的应力条件为 $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$, 对于相同 σ_3 下的土体而言, 平面应变条件下在 σ_2 方向表现出一定的应力富余量, 使得土体的强度增大, 破坏应力变大, 如图8、图9。

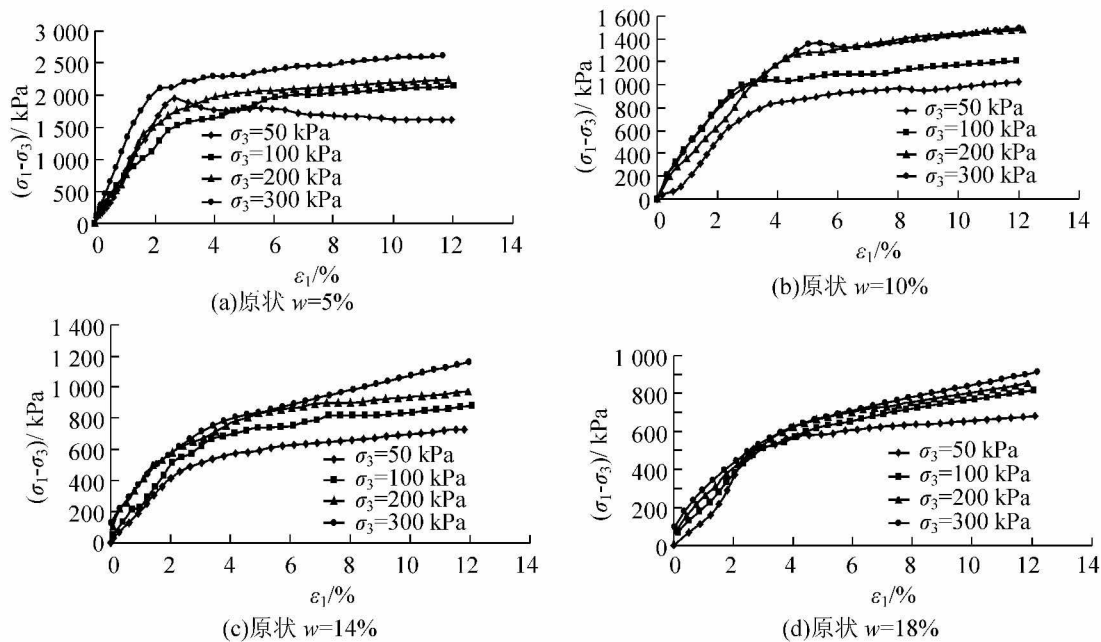


图6 常规三轴条件下不同围压时土体的应力应变关系曲线

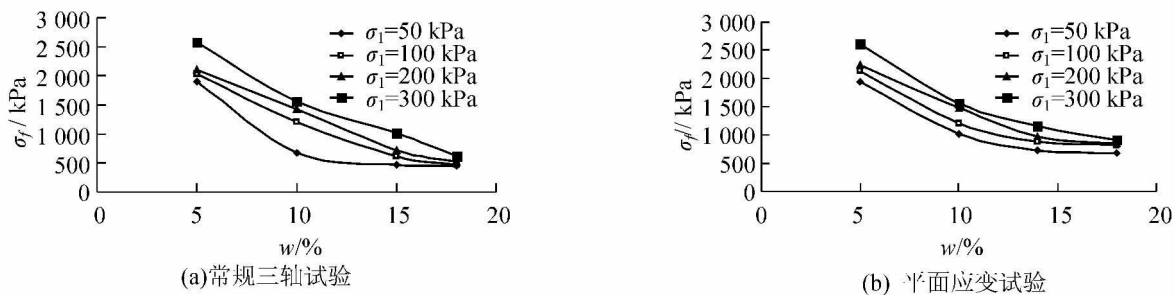


图7 不同围压时最大破坏强度随含水率的变化曲线

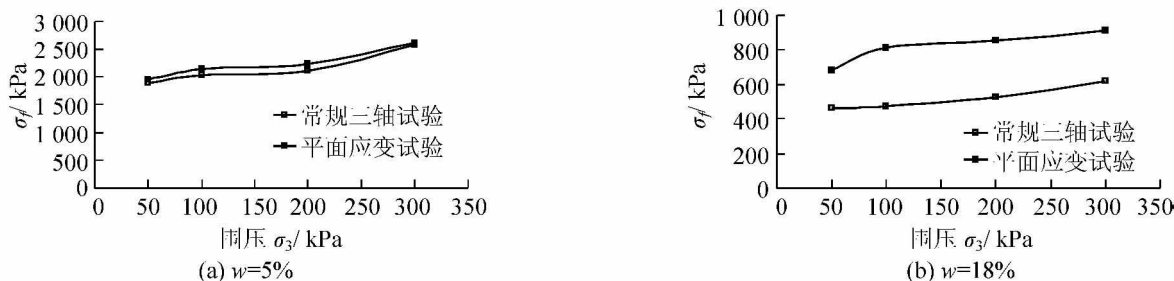


图8 两种条件下破坏应力随围压变化的对比曲线

3 结论

自然界中可等效为平面应变的基坑、堤坝、路堤等之前都是通过常规三轴试验获取其强度参数, 研究表明平面应变应力状态和常规三轴应力状态下土体的力学性质存在较大差异, 说明以往取得的土体力学参数欠合理。为此, 对其进行了研究, 得出以下结论:

(1) 含水率是影响土体强度的最敏感因素, 固结围压次之, 在研究过程中需对两因素进行专门研究。

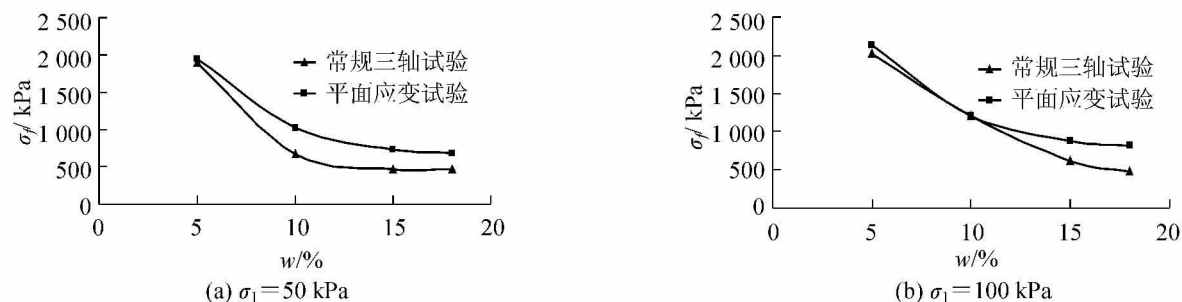


图9 两种条件下破坏应力随含水率变化的对比曲线

(2) 平面应变应力状态下得到的土体强度明显大于常规三轴应力状态时的, 在分析具体的工程问题时需采用相应的试验条件, 确保得出的力学参数可靠、合理。

参 考 文 献

- [1] Kjellman W. Report on an apparatus for consummate investigation of the mechanical properties of soils [C] // Proceedings of the 1st ICSMFE. [S. l.]: [s. n.], 1936.
- [2] Jakobson B. Some fundamental properties of sand [C] // Proceedings of the 4th ICSMFE. London: [s. n.], 1957.
- [3] Wood C C. Shear strength and volume change characteristics of compacted soil under conditions of plane strain [D]. London: University of London, 1958.
- [4] Shibata T, Karube D. Influence of the variation of the intermediate principal stress on the mechanical properties of normally consolidated clays [C] // Proc of the 6th ICSMFE. Toronto: Univ. of Toronto Press, 1965: 359-363.
- [5] 赵向敏. 路基填土 CBR 值试验研究分析 [J]. 山西交通科技, 2012, 6(3): 17-19.
- [6] 邵生俊, 罗爱忠, 邓国华, 等. 一种新型真三轴仪的研制与开发 [J]. 岩土工程学报, 2009, 31(8): 1172-1179.
- [7] 邵生俊, 陶虎, 许萍. 黄土结构性力学特性研究与应用的探讨 [J]. 岩土力学, 2011, 32(2): 42-50.

The Analysis of the Loess Mechanical Properties in Plane Strain and Conventional Triaxial Experiments

Ma Lin¹, Fang Juan², Shen Junmin¹

(1. Shanxi Transportation Research Institute, Key Laboratory of Highway Construction and Maintenance Technology in Loess Region, Taiyuan 030006, China; 2. Institute of Geotechnical Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: Plane strain problem is currently prevalent in the loess engineering. However, this problem is still dealt with using conventional triaxial test method. This paper modifies triaxial apparatus of Xi'an University of technology and realizes the plane strain experiments, and analyzes comparatively the differences in plane strain experiments and conventional triaxial experiments under different moisture content and different confining pressure. The study shows: Moisture content is of greater impact on the strength of the soil than confining pressure under the two conditions; the soil strength of the plane strain condition is significantly greater than conventional triaxial condition under the same conditions. This shows that the approach to deal with the plane strain problem was conservative in the past. The research may play a guiding role in the construction.

Key words: plane strain; conventional triaxial; strength; moisture content; confining pressure

(责任编辑 车轩玉)