

文章编号:1671-8879(2005)02-0030-03

柔性基础下复合地基桩土应力比模型试验

方 磊, 谢永利

(长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064)

摘 要:在研制的模型箱内,应用 PVC 管件模拟桩体,气囊加载,应变片和压力盒测试应力,在不同地基土状态下,对柔性基础下复合地基的桩顶应力、桩间土应力、桩端承载力进行了测试,研究了不同工况下桩土应力比的变化规律,并与刚性基础下复合地基桩土应力比进行了对比分析,结果表明桩土应力比随着桩底持力层强度的提高而增大,随着桩间土密实度的增大而减小,随着上部荷载的增加而逐渐趋于稳定。

关键词:道路工程;复合地基;柔性基础;模型试验;桩土应力比

中图分类号:U416.1 **文献标识码:**A

Model experiment of pile-soil stress ratio of composite ground under flexible foundation

FANG Lei, XIE Yong-li

(Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: In model box, PVC pipe was utilized to simulate pile, the air chamber was loaded, the stress was tested with strain gauge and pressure gauge, the stress of pile tip and pile bottom and the stress of the earth between piles were measured, the changing law of the pile-soil stress ratio of the composite ground under flexible foundation was studied, the results were compared with the pile-soil stress ratio of the composite ground under rigid foundation. The results indicate that the pile-soil stress ratio increase with the stress of pile bottom, decrease when the earth density increase, become stability when load aggrandize.

Key words: road engineering; composite ground; flexible foundation; model experiment; pile-soil stress ratio

0 引 言

复合地基在土木工程中的广泛应用促进了复合地基理论的发展。尤其是从工业与民用建筑部门发展起来的刚性基础复合地基,目前已形成了相对完整的理论体系和设计方法,并且有效地指导着复合

地基的工程实践^[1]。随着公路建设的发展,复合地基在处理公路软基方面也得到了大量应用。而填土路堤的刚度较小,应视为柔性基础。

刚性基础复合地基理论建立的过程中,假设基础为刚性,基底处桩与桩间土的竖向变形相同,并且在复合地基内部任一水平面上桩与桩间土的竖向压

收稿日期:2004-02-29

基金项目:国家西部交通建设科技项目(2001 318 812 59)

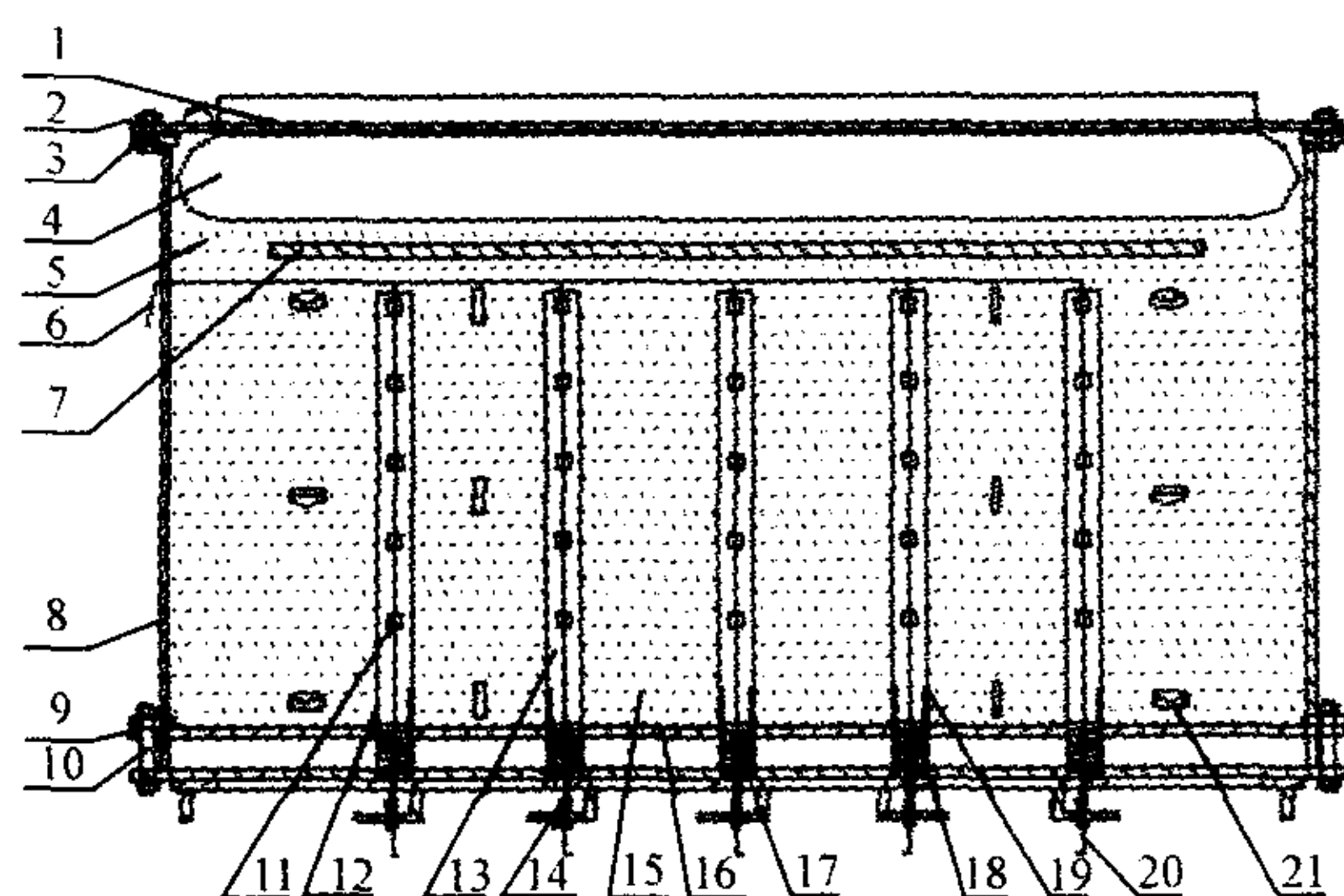
作者简介:方 磊(1975-),男,山东聊城人,长安大学博士研究生。

缩变形相同。而对于柔性基础下的复合地基,受力变形后基底处桩与桩间土的竖向变形是不相同的,因此,现行复合地基计算理论就不完全适用于柔性基础下的复合地基。鉴于此,本文应用模型试验,对柔性均布荷载作用下的复合地基进行了模拟,将试验结果与刚性基础下的复合地基进行对比分析,发现了影响复合地基作用机理的因素。

1 模型设计

做桩的模型试验时,一般设置模型箱或模型槽装填地基土介质。模型箱或模型槽尺寸应使所设置的模型桩或基础同模型箱、槽的侧壁和底部的距离满足内填介质为半无限体的条件。本文采用的复合地基模型箱为直径 120 cm,高 100 cm 的圆柱形钢模型箱。模型箱试验装置如图 1 所示。

试验选用外径为 40 mm 的 PVC 管件模拟桩体。桩体长径比为 12/1。应变片贴在桩体内侧,并涂环氧树脂保护,应变片导线设置在桩体内侧。这样可以保护应变片,同时避免应变片引出线对桩周土的扰动。本试验采用等边三角形布桩,桩间距为 4.5 倍桩径。试验选用人工筛选粒径在 0.1~1.0 mm 之间的天然风干河砂为桩间土填料。河砂比重为 2.65,最大干容重为 $18.09 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$, $e_{\min} = 0.465$,最小干容重为 $13.52 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$, $e_{\max} = 0.960$ 。在试验中,对填料密实度取两种状态,填料密实和填料松散。试验时取 10 cm 为一层分层填入模型箱,压实并控制密实度,使其符合要求。



1-顶盖;2-顶盖螺栓;3-进气管;4-气囊;5-砂垫层;6-导线;
7-刚性承载板;8-箱壁;9-密封垫;10-底板螺栓;11-应变片;
12-橡皮膜;13-桩体;14-调节螺栓;15-桩间土;16-底板;
17-弹簧;18-垫板;19-扎丝;20-拉杆;21-压力盒

图1 模型箱试验装置

2 测试方法和试验内容

复合地基的上部荷载通过空气压缩机-减压阀-气压表-橡胶气囊这一系统施加,荷载大小通过自动

控制式气压表控制和测量;复合地基的桩间土压力采用钢弦式压力盒-频率计测定;桩身压缩变形量通过应变片-应变仪测定;桩底沉降量采用大量程百分表测定。

试验分为两大类,一是柔性基础复合地基工况,加载方式为气囊加载,二是刚性基础复合地基有褥垫层工况,加载方式为钢板加载。每一大类中把填料相对密度分为两种。在每一种填料相对密度下,把桩端持力层的强度分为两种,在每一种强度下分5级施加上部荷载。在每一级压力下分别测量各种参数。

3 试验结果分析

在复合地基理论中,桩土应力比是指复合地基中桩顶平均应力与桩间土平均应力的比值,桩土应力比是反映复合地基工作性状的1个重要参数。桩土应力比受桩体材料、地基土性质、桩长、桩径、置换率、荷载水平、时间等诸因素的影响。

3.1 持力层强度不同时桩土应力比分析

持力层强度不同时桩土应力比如图2所示(文中的持力层强度 k_1 大于 k_2)。分析表明,对于柔性基础复合地基,无论桩间土的密实度大小,持力层强度越大,则桩土应力比越高,所以在计算柔性基础复合地基的桩土应力比时,应当考虑持力层强度的影响。在计算加固区沉降时,持力层强度不仅影响桩体的刺入量,而且影响桩土应力比,而桩土应力比是沉降计算的1个重要参数,所以持力层强度对加固区沉降计算有双重影响,要对其充分考虑。由图2可知柔性基础复合地基下,桩土应力比随着上部荷载的增加而趋于稳定。

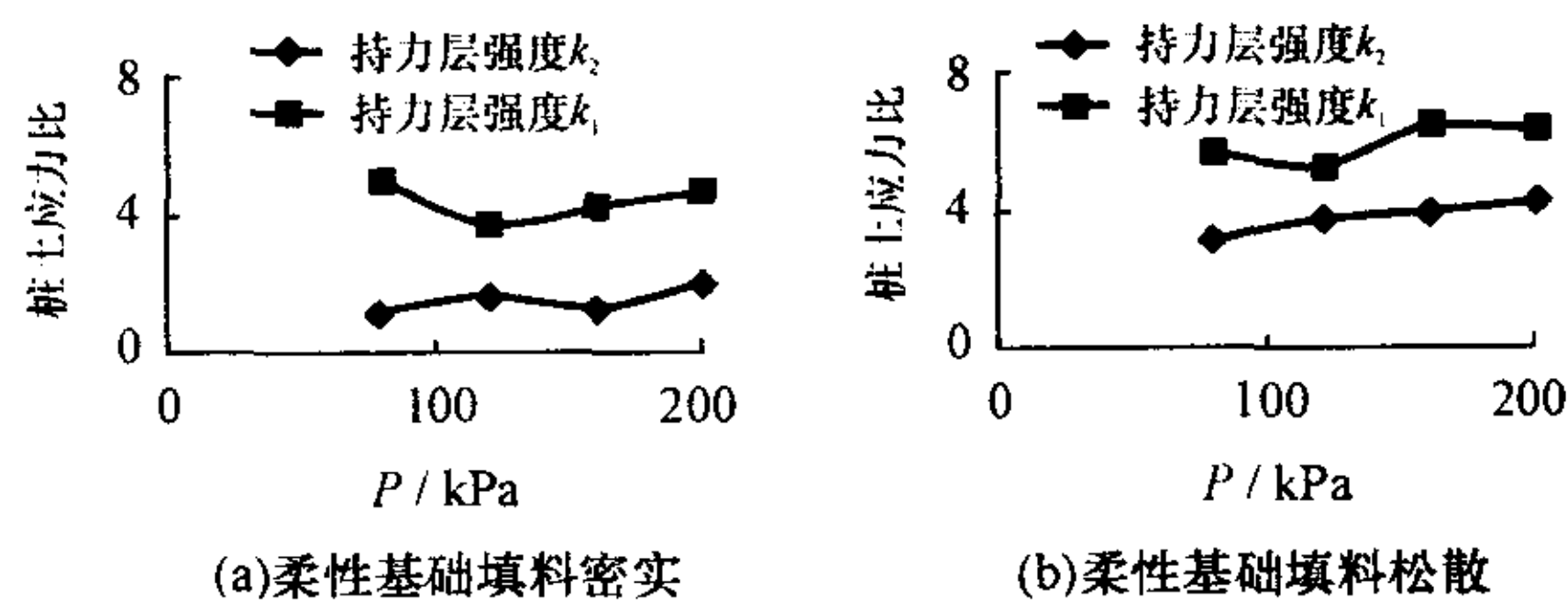


图2 持力层强度不同时桩土应力比对比图

3.2 填料密实度不同时桩土应力比分析

填料密实度不同时桩土应力比如图3所示。分析表明,无论持力层强度大小,填料松散的桩土应力比大于填料密实的情况,桩间土密度越大,桩土应力比越小。所以,对于桩间土较松散的情况,桩体承担的荷载较大,在计算柔性基础复合地基的桩土应力比时,应充分考虑桩间土的密实度。

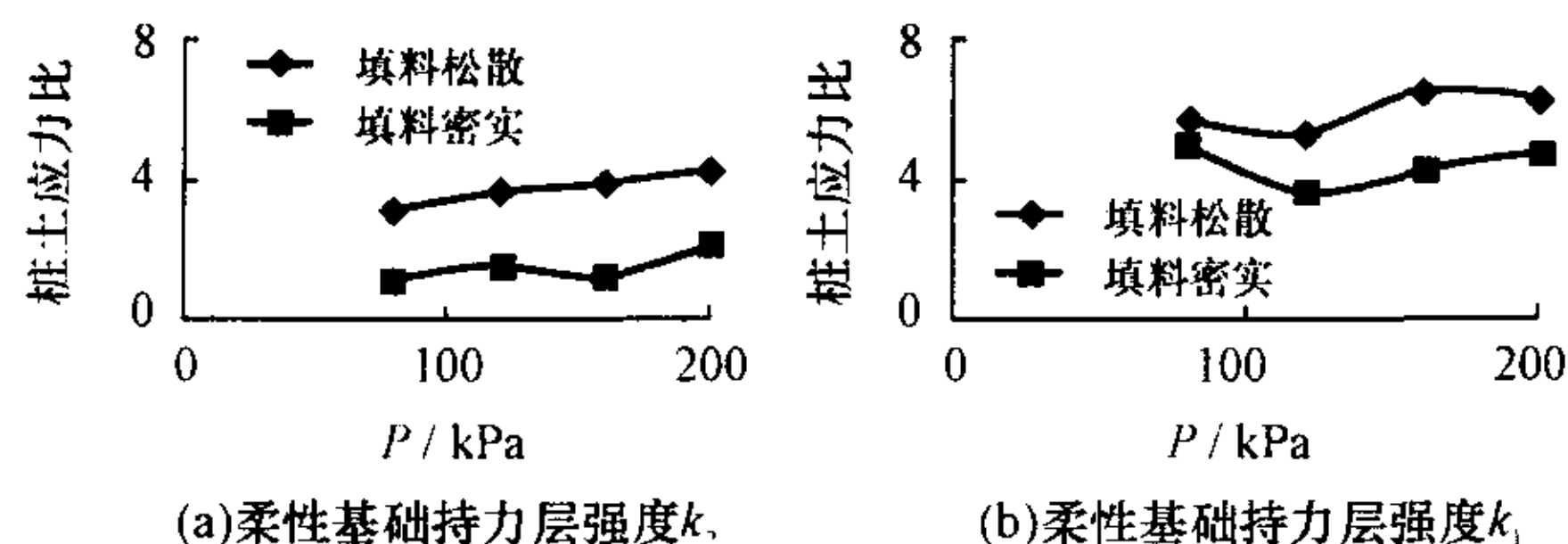


图3 填料密实度不同时桩土应力比对比图

3.3 复合地基基础不同时桩土应力比对比分析

刚性基础复合地基与柔性基础复合地基桩土应力比对比如图4所示。分析表明,在持力层强度为 k_1 时,无论填料密实还是松散,刚性基础下的桩土应力比都大于柔性基础的情况。在持力层强度为 k_2 时,刚性基础下的桩土应力比也大于柔性基础的情况。原因是柔性基础复合地基对桩土应力比有调节能力,可以在一定程度上减小桩体应力,并使桩间土的承载力得到充分发挥。

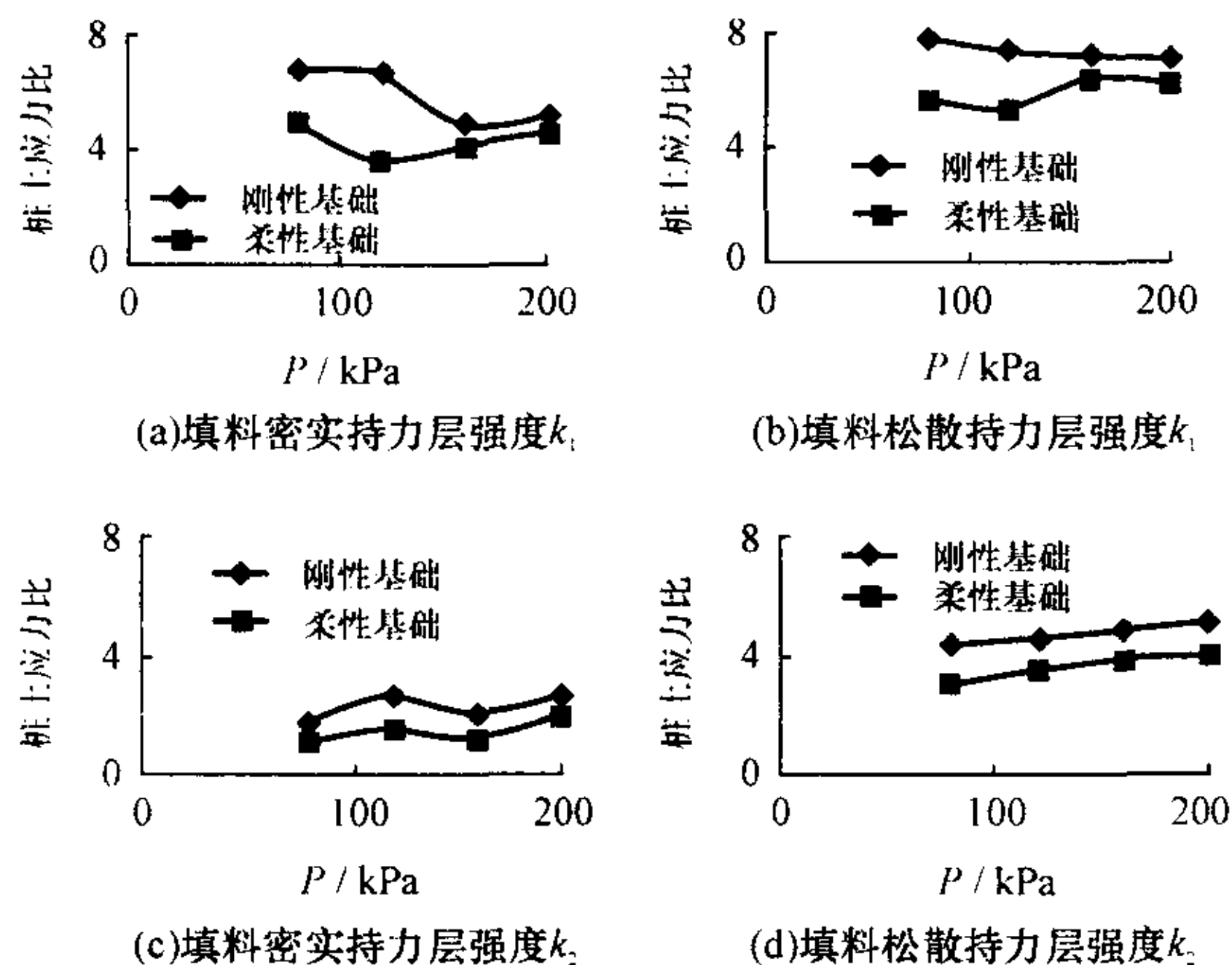


图4 刚性基础复合地基与柔性基础复合地基桩土应力比对比图

4 柔性基础复合地基桩土应力比

传统的刚性基础复合地基理论认为:由于土的应力应变关系是非线性的,大多数桩体的应力应变关系也是非线性的,两者的刚度差别较大,随着荷载水平的提高,桩土应力比是变化的,刚性桩复合地基,在复合地基破坏以前,桩土应力比随着上部荷载的增加而增加^[2~6]。

在本试验中,桩土应力比随着持力层强度的增加而增加,对于柔性基础复合地基持力层强度对桩土应力比有重要的影响,所以在计算柔性基础复合地基的桩土应力比时,应当考虑持力层强度的影响。在持力层强度较大时,桩土应力比随着上部荷载的增加缓慢的减小,并随着荷载的增加逐渐趋于稳定。在持力层强度较小时,桩土应力比随着上部荷载的增加缓慢的增加,也随着荷载的增加逐渐趋于稳定。所以,对于柔性基础复合地基,在复合地基破坏以前,由于柔性

基础对桩土应力的调节能力,使桩土应力比随着上部荷载的增加逐渐趋于稳定,这是柔性基础复合地基与传统的刚性基础下的复合地基的1个重要差别。

5 结 语

(1)当桩身长度小于有效桩长时,桩土应力比随着桩底持力层强度的提高而增大;随着桩间土密实度的增大而减小。

(2)桩土应力比随着上部荷载的增加而逐渐趋于稳定。

(3)在桩底持力层强度和桩间土密实度相同的情况下,刚性基础复合地基桩土应力比皆大于柔性基础复合地基桩土应力比。

参考文献:

References:

- [1] 龚晓南. 复合地基[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1992.
GONG Xiao-nan. Composite ground [M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 1992.
- [2] 段继伟, 龚晓南, 曾国熙. 水泥搅拌桩荷载传递规律[J]. 岩土工程学报, 1994, 16(4): 1~7.
DUAN Ji-wei, GONG Xiao-nan, ZENG Guo-xi. The law of cement mix pile's load transmission[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 1994, 16(4): 1~7.
- [3] 郑刚, 姜忻良. 水泥搅拌桩复合地基承载力研究[J]. 岩土力学, 1999, 20(3): 46~50.
ZHENG Gang, JIANG Yi-liang. Research on the bearing capacity of cement treated composite foundation [J]. Rock and Soil Mechanics, 1999, 20(3): 46~50.
- [4] 冯瑞玲, 谢永利, 方磊. 柔性基础下复合地基的数值分析[J]. 中国公路学报, 2003, 16(1): 40~42.
FENG Rui-ling, XIE Yong-li, FANG Lei. Numerical analysis of the composite ground under flexible foundation [J]. China Journal of Highway and Transport, 2003, 16(1): 40~42.
- [5] 杨晓华. 土工格室加固饱和黄土地基性状及承载力[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2004, 24(3): 5~8.
YANG Xiao-hua. Bearing capacity and behavior of saturated loess foundation reinforced by geocell [J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2004, 24(3): 5~8.
- [6] 景宏君, 张斌. 黄土路基强度规律[J]. 交通运输工程学报, 2004, 4(2): 14~18.
JING Hong-jun, ZHANG Bin. Loess subgrade strength law [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004, 4(2): 14~18.