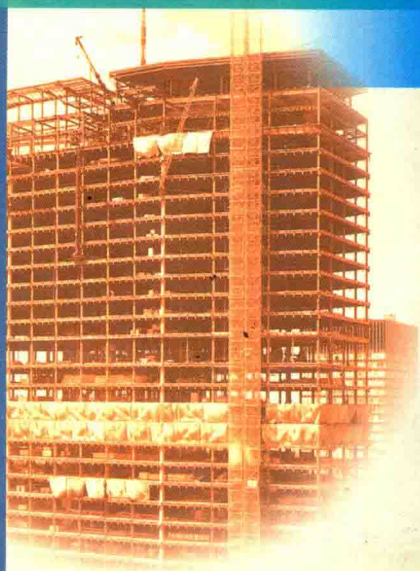


李宗明 主编

建筑工程 病害诊断 与防治

文集

JIANZHU GONGCHENG
BINGHAI ZHENDUAN
YU FANGZHI WENJI



黄河水利出版社

建筑工程病害诊断与防治文集

李宗明 主编

黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程病害诊断与防治文集/李宗明主编. —郑州:
黄河水利出版社, 2002.9

ISBN 7-80621-596-4

I. 建… II 李… III. 高层建筑-工程施工-质量管理-文集 IV. TU974-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 063077 号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371-6022620

E-mail:yrp@public2.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会勘测规划设计研究院印刷厂

开本:850mm × 1 168mm 1/32

印张:4.75

字数:118 千字

版次:2002 年 9 月第 1 版

印数:1-1 000

印次:2002 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-596-4/TU·24

定价:12.00 元

前 言

随着我国经济建设的迅速发展,建筑物这类特殊的商品已广泛进入流通领域。建筑工程质量越来越受到社会各界的关注,然而,由于影响建筑工程质量的因素很多,生产环节繁杂,所以在建筑材料的选用、工程设计、工程施工以及使用管理过程中,稍有不慎,即会造成工程的隐患。同时,建筑工程质量问题在建筑结构上的反映因受到不同因素的影响和制约而千差万别。检测方法的多样性也可能造成检测结果的差异,为此,对于建筑工程质量的鉴定,不仅需要执业者具有坚实的基础理论知识和丰富的实践经验,而且需要在广泛调查研究、认真分析诸多相关资料的基础上,结合工程实际状况,准确地作出判断,进而依据相关标准对建筑物的可靠度等级进行评定,对产生裂缝等不良现象的原因进行分析,对工程病害是否影响建筑物的使用功能作出定论。

据不完全统计,我国现拥有近 50 亿 m^2 的城镇建筑,这是人们从事各种生产活动的基本场所,也是我国提高人民生活水平的物质基础,同时又是广大建筑业职工辛勤劳作的结晶。但是由于种种原因,这些建筑有的超期服役,有的病魔缠身,有的甚至生命垂危,直接威胁着广大人民群众生命和财产的安全。统计数据表明,我国危险住房约 3 000 万 m^2 ,工业建筑中危房约 1 300 万 m^2 ,这些建筑不能不说是人们生活中的重大隐患。笔者从事工程检测工作近 20 年,深深地体会到此乃人命关天的大事,不得不引起我们的高度重视,对现役建筑的病害产生的原因及防治对策进行认真的研究,是当前工程质量鉴定与管理从业人员义不容辞的责任。现将本人及同仁们在检测加固工作中的体会总结后发表,以期和更多同仁们商榷。由于编者水平有限,望能得到同仁们的指教。

李宗明

二〇〇二年七月二十六日

目 录

喷射混凝土加固砖砌墙体	李宗明 张光海(1)
河南省高层建筑基础设计与施工中若干问题的分析与建议	张伟民(8)
超声回弹综合法检测泵送混凝土抗压强度技术研究	王占林 赵 瑞 郭运成(17)
低应变测试技术在灌注桩检测中的应用	周均增 阮 红 张旗兵(22)
混凝土结构中钢筋腐蚀的成因、危害和处理	王占林(28)
增大截面法提高结构刚度的应用实例	王立奎 梁方荣(34)
综合法加固在工程上的应用	刘红阳(37)
浅析小住宅建设中存在的问题 ...	柳臣忠 张继承 王 坤(42)
工程质量检测工作管理浅析	陈长生 徐 勃(45)
对建设监理行业发展中存在的几个问题的思考	梁方荣(48)
纯弯曲状态下素混凝土的疲劳强度分析 ...	严晓新 陈长生(54)
多种检测方法综合判定桩身质量实例	周均增 郭秀春(64)
河道节制闸维修加固工程实例分析	杜晓毅 王 捷(68)
预制桩测试技术的几点看法	周均增 文拾命(71)
用粘结钢板的方法加固钢筋混凝土构件 ...	李宗明 王素芳(75)
粘结钢板法对混凝土梁的抗扭加固	李宗明 严晓新(82)

现有建筑钢筋混凝土构件中钢筋实际应力的测定

..... 严晓新 张伟民(88)

搭接接头的二维应力分析 张光海 李宗明(90)

粘接夹层梁的振动分析 严晓新 李宗明(105)

粘接接头的弹塑性应力及裂纹扩展的一维有限元分析法

..... 严晓新 庞康民(118)

边界元法对粘接连接体的三维弹性分析

..... 严晓新 张伟民(132)

粘接剂在建筑工业中的展望 李宗明 梁方荣(144)

喷射混凝土加固砖砌墙体

李宗明

张光海

(华北水利水电学院) (河南省建筑科学研究院)

一、前言

在现存建筑物体系中,旧有无筋砖砌体结构是地震灾害中破坏最严重之一。减轻这些建筑物地震灾害的工作已进行多年,随着人们对中度地震灾害认识的日益加深,加以人们对现在建筑物更倾向于加固而不是拆除重建的趋向,提高无筋砖砌体结构对抗震安全度的需要显得越来越为重要,然而砖砌体结构的改造加固技术的科学试验研究却相当欠缺。

应用最广的抗震加固技术是在砖砌体结构的墙面上加一层加筋喷射混凝土,通常需要拆除附砌在实心墙上的一层或二层半砖墙体,锚拉筋锚固在保留的墙体中,配以钢筋,再在拆除单砖墙的地方喷射混凝土。

设计的基本假定是:保留下来的墙体承受自重,而新的配筋喷射混凝土墙体承受全部侧向荷载及地震荷载。

进行砖墙加固的研究有两个目的:首先测试加筋喷射混凝土墙体以测定砖墙与喷射混凝土组合结构的整体性能并研究喷射混凝土和砖墙之间的粘结是否足以在平面荷载作用下完全发挥组合作用;其次是对喷射混凝土薄层或砂浆这种造价可能较低的加固方法进行试验,为开发一种适用于中等烈度地震区的修复技术而做起步工作。本研究是探讨喷射混凝土薄层中采用钢板网来配筋

的可能性,以后还将试验研究多层组合墙板在平面外荷载作用下新砖和旧砖上的粘结作用。

二、模型试验

第一批模型试验的目的是研究在平面内对角方向的受拉性能及砖和混凝土的粘结,试件尺寸为 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的墙板。法塔尔提出了一种简单方法以测试对角线方向的砌体剪拉强度,该方法是对一层或多层方形砖墙体沿对角线方向加载。为便于确定已加固的砌体结构在平面内的承载能力,选用 ASTM 制定的 E519 型试验方法。为便于搬运,初步试验中采用 1m 和 1.3m 的墙板,尽管在粘结性能上 1m 和 1.3m 试件没有明显的差别,在随后的试验中还是采用了较大的墙板。

12 块单砖厚墙板在砌筑 2 周后用干拌混凝土喷射,喷射混凝土的体积为 1 份 I 型波特兰水泥和 3 份砂,然后从喷射混凝土 90d 后的若干墙片上取芯,芯样直径为 28mm 、长 71mm ,其平均抗压强度为 54.7MPa 。按照 ASTM C39—80 进行修正后,相当于 f_c 为 47.6MPa ,标准误差为 3.9MPa ,9 块墙板喷射混凝土层厚度为 89mm ,3 块为 38mm 。 89mm 厚的喷射混凝土层内配筋为中心间距为 150mm 的钢筋焊接网片,W4 钢筋的抗拉屈服强度为 279MPa ,极限强度为 294MPa ,极限应变为 0.0042 。 38mm 厚的喷射混凝土层内配有用以抹灰的网眼钢板,其数量垂直方向为 $42\text{mm}^2/\text{m}^2$,水平方向为 $148\text{mm}^2/\text{m}^2$,钢板的极限强度为 125MPa 。

根据喷射混凝土的厚度,各向焊接网的配筋率为 0.19% 。或按墙板总厚度为 0.09% ,配筋量小不致使喷射混凝土的强度有明显的增加,但配置一些钢筋还是必需的,因此无论是焊接的钢筋网还是网眼钢板,都将阻止喷射混凝土下垂,垂直和水平钢筋的总和为总配筋率的 0.18% ,这个数量大致满足配筋砖结构的最小配筋率。网眼钢板较轻,用于喷射薄层混凝土表面,当地瓦工为修复建

筑而重新抹灰时就采用这类配筋。

为了研究砖—喷射混凝土的粘结效应,砖墙在喷射混凝土时的表面条件是变化的,试验墙板 D_1 、 D_2 、 D_3 保持干燥,而 W_1 、 W_2 、 W_3 和 X_1 、 X_2 、 X_3 板则用水浸透。 E_1 、 E_2 、 E_3 在喷射前 10min 刷一层环氧树脂。上述各情况下,砖均为平整而清洁的,刮平灰缝但不凿入,少量灰缝还突出墙面,单层砖试件 C_1 和双层砖墙片 CC_1 没有喷射混凝土,其他三个标准试件和 C_1 、 CC_1 同时砌筑,并一起送去作破坏试验,它们的砂浆与砖之间抗拉粘结强度较低。

三、试验结果及讨论

沿对角线加荷的 D_1 墙板,用标距为 610mm 的机械式应变仪测量每个面上沿对角线方向的应变,用指针式量表测量各面的平面外位移。对每块经加固的墙板沿对角线加载,直至达到极限荷载,极限荷载减至 60% 左右之前,挠度不断增加。随即卸荷,然后将墙板转动 90° ,并沿另一对角线加荷。对每块墙板绘制一条荷载—变形滞回曲线,对所有墙板,荷载中心都在墙板的中央平面上,这样对于喷射混凝土层厚 89mm 的墙板,荷载即作用在砖与混凝土之间的结合面上。加载时最大的拉力将沿此平面产生,如结合较弱则使此砖混凝土组合体产生分层现象。

表 1 总结了试验结果,表中所列为初始荷载下和另一条施加周期荷载时沿对角线出现裂缝时荷载及极限荷载值。 CC_1 和 C_1 两个标准试件仅在一个方向加荷,达到极限荷载时,每个试件都完全破坏,而所有加固后的墙板尽管在周期加荷后有严重开裂,但仍保持完整。

(一)概述

最令人满意的试验结果是每一种喷射混凝土加固方法对单层砖厚砖墙的加固效果均极为明显。按静载极限强度,各向配筋率为 0.19%、厚 89mm 的喷射混凝土层使砖墙抗剪能力增加 1 700%;

厚度为 38mm、平均配筋率为 0.25% 时抗剪能力增加 680%，标准试件 C_1 、 CC_1 沿着竖缝和平缝开裂。加固后砌体表面则通过砖块产生斜向裂缝，即使较薄的喷射混凝土面层也充分发挥了砖砌体的强度作用，好像砂浆提供了显著的有抗拉能力的粘结力。无论

表 1 用实心砖砌筑的 $1m \times 1m$ 墙板试验结果

试件	表面情况	喷射厚度 (cm)	配 筋	对角方向开裂 荷载 (kg/cm^2)	对角方向极限 荷载 (kg/cm^2)
C_1	—	—	—	0.435	0.43/0
CC_1	—	—	—	8.725	1.26/0
D_1	干	7.9	焊接网片	6.14/4.23	8.56/5.92
D_2	干	9.7	焊接网片	5.89/4.33	10.37/5.779
D_3	干	8.6	焊接网片	6.48/5.11	9.27/7.84
E_1	涂环氧	7.9	焊接网片	5.38/4.13	8.56/7.27
E_2	涂环氧	9.7	焊接网片	5.32/6.14	12.93/7.34
E_3	涂环氧	9.7	焊接网片	5.56/3.19	9.7/7.04
W_1	湿	8.6	焊接网片	5.37/5.84	9.98/5.99
W_2	湿	9.9	焊接网片	5.77/2.67	10.41/7.48
W_3	湿	8.9	焊接网片	6.17/4.09	10.56/6.13
X_1	湿	3.8	网眼钢板	4.57/1.58	4.71/4.85
X_2	湿	3.8	网眼钢板	4.14/2.77	4.28/3.34
X_3	湿	3.6	网眼钢板	3.51/1.55	3.66/2.88

是网眼钢板还是焊接钢筋网片都有足够的配筋量，因而使裂缝开展后是非弹性变形以及在周期循环荷载作用下的变形成为可能。未加固的墙体则没有迟滞开裂强度。虽然滞回曲线所表示的延性并不像钢筋混凝土的那样，但是与未加固的墙体相比，它的非弹性

变形能力使抗震性能大为提高。

(二) 粘结

表面处理的类型(干、湿或环氧树脂)对 D、E、W 和 X 试件的开裂或极限强度的影响不太明显。完成加荷程序后,在砖墙的表面将砖从喷射混凝土层上敲掉,以使结合面可见。砖砌体与喷射混凝土之间粘结的实际脱开情况是:干试件超过 40%,湿试件为 30%,环氧树脂涂层为 10%。一般在砖砌体和喷射混凝土内可以观察到平行于砖和混凝土交界面的平面内裂缝。

在达到极限荷载后因表面条件不同而存在的性能上的差别在荷载—挠度曲线上可得到明证。经环氧处理的试件强度降低最小,而其非弹性变形则增加;干试件的强度降低最大。从抗震的角度来讲,湿试件及环氧试件有较大的能量消耗能力,所以抗震性能比干试件好,湿试件和涂环氧的试件之间的能量耗散差别则很小。

以后将试验确定锚钢筋的影响和它们在多层砖墙中的连接作用,以说明在所有加固后的试件中喷射混凝土层和砖砌体的良好结合。单层砖墙与喷射混凝土的联结不需采用锚拉筋。

(三) 强度

由于加固组成部分的共同作用,要确定钢筋和喷射混凝土各自对砖墙板强度所起的作用大小是困难的。通过有限元法和材料强度分析可确定墙板的应力状态。

对角线方向裂缝通常同时在砖和喷射混凝土中产生,因此开裂时的拉应力按试件的总厚度来计算。全部加固墙板开裂时的平均拉应力为 1.14MPa,此值对砖而言其相对值约为 4,对混凝土表面而言其相对值约为 2。实际上,平面外的弯曲是存在的。根据应变和侧向变形的测量以及弹性有限元分析,砖沿对角线的相对刚度仅相当于喷射混凝土的 3%,极限强度主要取决于喷射混凝土的对角线方向的抗剪能力。这一次所有经加固的试件,其喷射混凝土的平均极限拉应力的计算值均为 3.9MPa,这个应力值和

3.8mm厚的喷射混凝土相同,且与配筋量无关。

(四)钢筋的影响

焊接钢筋网片放置于距交界面约 25mm 处,网眼钢板则放置在距砖墙面约 6mm 处,钢筋对由于集中荷载引起的平面外弯曲没有明显的影响,当喷射混凝土的对角线方向裂缝产生后钢筋则明显受拉。配筋使对角线方向的开裂面不致分离并使加荷至极限值。对于 D、W 和 E 墙板试件在各个半周期循环荷载试验中,极限荷载比开裂时的荷载平均高出 60%。如果所有垂直于裂缝的钢筋达到屈服点时的力等于最大拉应力理论值乘以对角线方向横截面的面积,则钢筋起作用的最最终 P_d 荷载值为 84kN。这就是说,对角线方向的极限抗拉能力大于观察所得的砖和喷射混凝土的抗拉能力与钢筋计算屈服强度之和。

对于网眼钢板(X 墙板)而言,极限荷载比开裂荷载(60kN)平均高出 31%,由于配置了网眼钢板,沿对角线方向的计算荷载为 21kN,此值小于开裂和极限荷载的差值。最重要的发现是,即使是极低的配筋量也能提高其在周期循环荷载下每个方向的对角线抗拉能力。

(五)喷射混凝土薄层

在美国南卡罗本纳州(东部地震活动区的一个地区),为了从建筑学的角度修复非配筋砖砌体房屋的外表,未采用手工抹灰,而采用 13~25mm 的喷射混凝土薄层,所以对此薄层作了试验。如此薄层可用于一个现存承重墙,既不拆除一层单砖厚的砖墙,又未明显增加建筑物的自重。与采用 76~152mm 厚的喷射混凝土相比,由于喷射混凝土数量的减少,以及免去砖的拆除而明显降低加固费用,其潜在的成本降低以及现在的应用表明,薄层喷射混凝土更适用于东部地区的抗震加固。

如前所述,尽管砖与砂浆的粘结抗拉强度不高,X 墙板喷射的薄层混凝土仍能充分发挥砖的剪切强度,少量网眼钢板则使墙板

具有一些非弹性变形和能量耗散能力。

四、结语

38mm 厚和 89mm 厚的混凝土喷射层对单层砖厚的砖砌体具有很好的加固作用,即使原砂浆几乎失去抗拉强度,在开裂时喷射混凝土仍能充分发挥砖的抗剪能力。

在极限荷载作用下,其对角线方向的强度仅取决于配筋喷射混凝土的抗拉能力,配筋量较少的焊接钢筋网片或网眼钢板则能延缓开裂和提高其非弹性变形能力。

不管砖表面在喷射混凝土前的条件(干、湿、涂环氧树脂)如何,砖和混凝土总能共同工作。在整个荷载周期循环过程中混凝土和砖保持粘结,但涂环氧树脂层和湿的砖表面墙板的非弹性变形能力明显地大于干墙板。

综上所述,本研究证明了采用配筋喷射混凝土在平面内施加周期循环荷载时对砖砌体的加固作用,应用配有金属网眼板的喷射混凝土是一种有效的加固方法,在中等地震烈度区域内应用比较经济。根据这些有限的的数据,喷射钢筋混凝土加固砌体的极限强度的保守计算可以只考虑喷射混凝土层的抗剪强度。现在的设计原则比较现实,即砖砌体承受自重,喷射混凝土承受地震荷载。

河南省高层建筑基础设计与 施工中若干问题的分析与建议

张伟民

(河南中房股份有限公司)

近年来,高层建筑发展迅速,据不完全统计,截至 1984 年底,全国 8 层以上的房屋已达 1 000 万 m^2 以上,河南省的高层建筑也呈现发展趋势。由于高层建筑对地基的承载力有较高的要求,同时对建筑物本身的沉降和变形的要求和限制较严,这就迫使在基础处理与设计施工中耗费巨资,以保其安全。然而,实践又使我们对某些要求和限制提出了质疑。20 世纪 50 年代,某设计院采用素混凝土基础建造的五六层民用建筑,至今完好无缺;高 23 层的某宾馆的箱形基础按现行规范设计后把受力钢筋减去 50%,几年来,各项指标仍能满足要求。这就使人产生疑问:目前是否需要做如此严格的要求和限制,现行设计规范是否合理,设计计算理论是否完善,等等。故本人拟结合国内外地基基础设计与施工的现状 & 河南省的基本情况谈一点肤浅的认识,藉以引起同行专家们的重视。

一、充分认识基础上的区域特征,编制河南省基础设计施工规范

众所周知,土是最古老的工程材料,然而《土力学》成为一门技术科学却仅有 50 多年的历史。有人把目前的《土力学》称为一门罗曼蒂克的科学,笔者认为并不过分。这里除主观因素外,还直接

受土特征的复杂性的影响。

土的成因复杂、土类众多,每一种土的力学性质又因其密度、含水量、结构、温度、孔隙水和化学成分不同而各异。即使是一给定的试样,其力学性质还取决于应力状态、应力历史、加荷速率和排水条件等许多因素,土的力学性质的试验成果会因试验方法和技巧的不同而有较大的出入。鉴于上述因素,不加分析的套用国家统一规范及仅依靠室内试验提供的依据来做设计是不科学的,并且耗资巨大(据统计,基础部分的费用约占工程总投资的 30% 左右);套用外地经验,由于地质构造各异,又往往使设计人员胸中无数。因此,进一步认识河南省地基区域特征,是一个亟待解决的问题。

河南省地域辽阔,土质相当复杂,仅以郑州东部和豫东地区的轻亚粘土为例即可可见一斑。由于历史上黄河的泛滥频繁,形成的新近沉积层在水平和垂直方向上岩性都有较大的变化。常常有以轻亚粘土为主的轻亚粘土、亚粘土互层,在静水环境下还有粘土薄层。这种新近堆积土的土质极不均匀,褐黄色轻亚粘土中常含有黄褐色亚粘土块或砂粒,还可见少量碎砖瓦、木炭屑和经搬运磨圆度较好的小姜石块。同时由于该土堆积年代较短,因此土的结构强度较差,钻取探样很易扰动、压密,特别是在地下水位较高的地区,钻孔坍塌几乎很难取到原状土样。取到的试样,震动水析现象也很严重,土样稍经搁置,土柱便下沉,上部积水,致使试验结果严重失真,设想利用这些室内试验所得数据来进行计算,岂有不脱离实际之理。

豫东地区的另一个显著特点是地下水位较高,如按照现行《高层建筑箱形基础设计与施工规范》(JGJ6—80)之规定,地震区箱形基础的埋深不宜小于建筑物高度的 $1/10$,这恐怕在豫东地区是难以实现的。即使做复杂的地基处理实现了上述要求,其耗资的数量和施工的难度也是很大的。笔者并不否认,规范(JGJ6—80)是

根据国内工程的实践经验和参考国外有关文献确定的,但由于实测资料数量和地区的局限性,某些要求不尽合理。同时据笔者所知,国外有些国家,如美国等,对地震区建筑物基础的埋深并无要求,而一些有要求的国家则是根据其具体情况决定的。如日本,东京地区一般在埋深 $10 \sim 20\text{m}$ 处,有一层“东京砾石层”非常坚硬,地耐力可达 98Pa ,所以高层建筑一般都坐落在该层上。日本武藏大学教授望月重来华讲学时,也讲没有此一般要求(即埋深 $H/10$)。清华大学陈旦教授也认为埋深不一定太大, $H/10$ 太多了些。

综上所述,笔者认为,不在同地质条件下,完全要求基础的统一埋深是不科学的,也是不现实的。当然基础埋得深些,使它对上部结构产生了一定嵌固作用,是有效的,但嵌固作用不一定靠增加深度来实现,加大基础底盘面积,也可以起到类似作用,而且嵌固后,主要是可以减少上部结构的地震位移,以减少震害,如果上部结构设计得当,对主体结构注意构造加强延性,也还是可以达到抗震总要求的。

如果能结合本地区的具体情况,对上述高层建筑基础埋深问题进行必要的分析和研究,提出更加切合地区特点的规定,将能取得更好的技术经济效益。

上海 1981 年颁布了《上海市软土地基上高层建筑箱形基础设计试行规定》,北京地区也正在制定《北京平原地区地基基础设计与施工规范》,这些规定就充分考虑了当地地基土的区域特征,使设计更加合理化,不但节约了材料,而且满足了建筑物的正常使用的需要。因此,主张河南省设计、施工、研究单位通力合作,对正在进行施工的工程做原位观测,积累资料,进而参照外地经验,编制出河南省地基基础设计与施工的若干规定,从而指导设计与施工。

二、完善和提高试验室量测技术,加强基础理论研究

基础的设计主要是考虑土体变形和稳定,无论是分析土体的

变形问题还是稳定问题,首先是确定土的力学指标,然后进行动力或静力计算,只有当土的力学性质的量测技术和力学计算都比较符合实际情况时,才能取得可靠的结构。随着计算机和计算技术的发展,《土力学》中的计算方法有了较大的改进,它必然对土的力学性质的量测精度提出更高的要求。在这种要求下,近年来的力学性质的量测技术有了不少的改进,新颖的仪器也不断出现,这就要求从事研究的人员进一步深化自己的理论,尽快掌握新的量测技术。笔者认为,在试验仪器和量测技术上河南省与其他先进省也存在一定的差距,现举例略加说明。

自太沙基于 1923 ~ 1938 年发现土的有效应力是决定其力学性质的主要因素后,人们一直围绕有效应力测试问题进行着多方面的探讨和研究,虽然迄今为止还无法直接测定有效应力,但根据实测的总应力和孔隙压力可以推算出来,所以在力学性质试验中,总应力和孔隙压力的量测是一个基本的测试工作。

由于三轴试验具有能控制试样排水条件,试样中的应力相对比较明确,能量测孔隙压力等优点,近三十年来已得到广泛的应用。但是笔者认为三轴试验并不完善,其主要缺点之一仍旧是试样中的应力和应变还不够均匀,试样在接近破坏时不是被压成鼓形,就是被挤成颈状,这样,试样中的应力显然是不均匀的;三轴试验的另一缺点是不能全面反映中间主应力的影响。此外在常规三轴试验中,孔隙压力的量测误差往往比较大,特别是非饱和土的孔隙压力,更难测准。因此,在完善试验手段的过程中,必须注意到这一点,否则,将不能满足试验要求,造成不必要的浪费,笔者建议在以下诸方面进行改进。

1. 分别量测非饱和土孔隙水张力和气压力

在非饱和土中,孔隙水 and 气之间的弯液面造成孔隙气相的压力,不同于孔隙水相的压力,而且孔隙水还往往处于受拉状态。因此,需分别测得孔隙水压力和气压力,才有可能准确地确定土的有