如何理解规范

——两位工程师的对话

高大钊



数月前,在一次闲谈时,张工和李工的对话引起我极大兴趣。谈话内容对加深理解规范很有帮助。征得他们同意,凭记忆发表如下,以飨读者。

一、土的抗剪强度指标

李:我们最近在设计一个基坑,根据地方规范,土的抗剪强度指标是用直剪的固结快剪,而国家规范的新规定是用三轴不固结不排水剪指标,不知是出于什么考虑?

张:我想,大概是因为三轴试验是比较合理的一种试验方法,可以控制排水条件,应力条件也比较明确。至于不固结不排水剪,从理论上说,如果不考虑扰动的话,那应当是反映了土的天然强度。

李:就拿我们这个地方的主要土层来说吧,直剪的固结快剪指标的内摩擦角大约在18°左右,粘聚力大约是12 kPa,而三轴不固结不排水剪指标可能在35 kPa左右,用这两套指标计算的结果相差很大哩。

张:是吗?

李:比方说开挖深度是5m的基坑,地面荷载20kPa,在开挖面以上作用于围护结构上的土压力合力,用三轴不固结不排水剪指标计算得到的还不到直剪固结快剪指标计算结果的一半,作用点至开挖面的距离也只有一半。不知道是直剪的结果太保守呢还是三轴的结果太危险?

张:噢!是这样吗?那差别确实太大了点。你有没有计算过拉力区的高度?相差多少?

李:拉力区高度?什么是拉力区高度?

张:啊!小李,你离开学校没有几年,怎么把土力学的概念都忘记了?你刚才不是讲土压力的合力吗?那土压力分布的三角形顶点到地面的距离就称为拉力区高度,表示这个高度范围内土与墙面之间没有压力,当然土与墙面之间也不可能产生拉力。从理论上说,由于土的粘聚力的作用,这个高度的土体能保持直立的坡面,不支撑也不会滑动。

李:那不是太好了,围护结构的顶面可以做得低一些,那就经济了不是?对了,您刚才说的这个高度也相差很大,用直剪指标时,1m都不到,而用三轴不固结不排水剪指标计算的结果却接近3 m了。

张:小李,不要太乐观了,土力学的问题并没有这样简单,不能简单地根据计算的结果下结论,如果土的指标用得不合适,计算的结果就没有任何用处。

李:那么用什么指标合适呢?

张:每一个指标都基于一定的物理概念,用三轴不固结不排水剪试验求得的土的天然强度,或者称为总强度,只有粘聚力而没有摩擦角。但如果从不同的深度取土测定不固结不排水强度,对于正常压密的土,则可发现,不固结不排水强度随深度而增大,也就是说在不同的应力历史条件下,得到的天然强度是不同的。对于这种凝聚性材料,能否用经典的土压力理论计算还是一个值得讨论的问题,我建议你看一看《岩土工程学报》2000年第3期沈珠江院士的一篇文章,"基于有效固结应力理论的粘土土压力公式",相信对你会有帮助(为了便于理解,请参见图1。编者)。

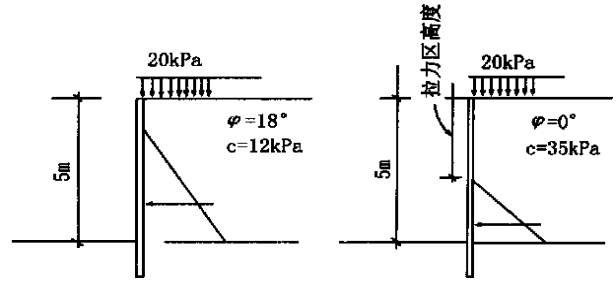


图1　土压力的分布

二、褥垫层

李:谢谢你。我再请教个问题,在地基处理的新规范中,褥垫层的使用放在很突出的地位,我不清楚为什么要采用褥垫层,什么情况必须用,什么情况不一定用。

张:褥垫层?噢,过去在山区处理软硬不均地基

收稿日期〕 2002-6-12

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

时就采用过,对于调节不均匀沉降有很好的效果。后来听说在CFG桩的使用中采用了褥垫层,因为CFG桩的刚度比较大,设置褥垫层可调节反力的分布。

李:不仅是CFG桩,采用水泥搅拌法和高压喷射注浆法加固地基时,都规定了使用褥垫层,而老规范是没有这个规定的。

张:是吗?都推广使用了?

李:是啊,前些日子,我设计了水泥搅拌桩加固地基,审图时没有通过,说不符合国家标准的新规定,执行新规范就要采用褥垫层。

张:有那么严重吗?

李:审图说,对高压喷射注浆,规范写的是"宜",还可以商量,而对水泥搅拌桩,规范写的是"应",就没有商量余地了,必须不折不扣地执行,我们院的老总还批评我没有学好新规范哩。

张:啊!那为难你了。其实,这些都是经验的总结,订到规范里是为了对工程师有所帮助,岩土工程是经验性非常强的一门技术,要因地制宜,还需要不断的发展。

李:发展?不敢不敢。照规范做我总没有错了,省得吃整改,太平点。

张:那你为什么不采用褥垫层呢?

李:我倒是琢磨过这个问题。规范条文说明中说褥垫层可以调整竖直荷载的分担,褥垫越薄,桩分担的荷载越多。设置褥垫不是为了使桩少承担一些荷载,让地基土多承担一些荷载吗?

张:是啊!就是这个道理,其实并不是什么太高深的理论问题。

李:那么,张工,我问你,为什么要采用水泥搅拌桩加固地基?

张:那是地基土太差了,希望水泥搅拌桩分担一些荷载,既满足地基承载力的要求,也可以减少沉降量。

李:是啊!采用水泥搅拌桩是为了让桩来帮土的忙,但又害怕桩喧宾夺主,又采用褥垫层来制约它,是不是这个逻辑?

张:哈哈,小李,你真会说笑话,你说形成了一个悖论,是不是?

李:不不,张工,这可是你说的,我没有那么说。

张:为什么那么害怕?这是讨论学术问题么,有什么可以害怕的?

李:我还在想,真要让桩少分担些荷载,还有更经济的办法。

张:什么办法?

李:将置换率减小点,桩距放大点不就可以达到目的了。我真不明白,为什么多用了桩,再用褥垫层去削弱它的作用?

张:也许是桩端的土层太好了,桩的沉降太小,土的作用发挥不出来。

李:可是,我这个工程,桩端并没有好土,桩有足够的沉降,我还害怕沉降太大了。张工,您说我错在哪里啊?

张:是啊!岩土工程问题,条件千变万化,用一个模子怎么能都装进去呢?"实事求是"话好讲,真要做到可难啦!小李,你还是一个肯动脑筋的年轻人,希望你能保持这种精神,还有什么问题要讨论吗(为了便于理解,请参见图2。编者)?

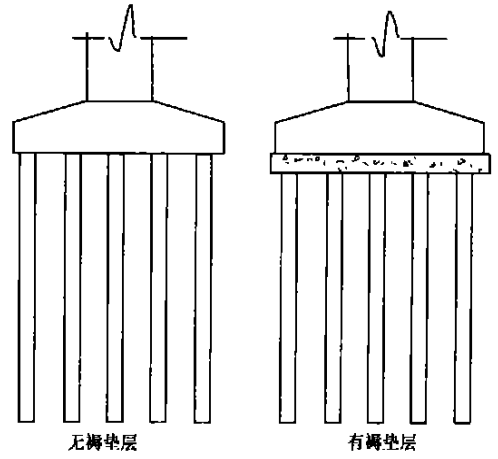


图2 褥垫层

三、地基承载力

李:还有一个问题,可能我是书呆子,太咬文嚼字了。我总在想,要执行好规范,必须对规范的条文有深刻的理解,还必须从总体上去理解规范。

张:非常正确,对规范是需要咬文嚼字,也需要从总体上去理解,最好的办法是前后的条文对照起来理解。

李:可是,我发现矛盾了。

张:规范是人制订的,智者千虑,必有一失,规范有些漏洞是很难避免的,你说说看,是什么问题。

李:我手头正好有这本规范,你看5.2.3条,"地基承载力特征值可由载荷试验或其他原位测试、公式计算、并结合工程实践经验等方法综合确定"。

张:看到了,这条有什么问题?

李:没有问题。再看5.2.4条的这个公式:

$$f_a = f_{ak} + \eta_b \gamma (b - 3) + \eta_d \gamma_m (d - 0.5)$$

公式中的f_a称为修正后的地基承载力特征值,

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

f_{ak} 称为地基承载力特征值,按上面的 5.2.3 条确定。是吗?

张:对,是这个意思,这应当也没有什么问题。

李:再看 5.2.5 条"根据土的抗剪强度指标确定地基承载力特征值可按下式计算",这个地基承载力特征值的计算公式是:

$$f_a = M_b\gamma b + M_d\gamma_m d + M_c c_k$$

张:噢,我明白了,你的意思是这 3 条之间存在矛盾,闭合不起来。我想你的问题大概是:(1) f_a 究竟是地基承载力特征值还是修正后的地基承载力特征值?(2) 地基承载力特征值的符号究竟是 f_a 还是 f_{ak}?

李:是的,技术标准对术语和符号的规定应当是非常严格和科学的,同一个物理量只能用一个符号来表示,同一个符号也只能表示一个物理量,刚才这三条似乎不符合这些原则。

张:其实这并不仅仅是一种表示方法的问题,而可能是对于新提出的术语,推敲得不够的缘故。你看,在术语和符号这一章中,有一条关于"地基承载力特征值"的定义是这样写的,"指由载荷试验测定的地基土压力变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的压力值,其最大值为比例界限值"。这个定义,是比较狭义的。这也许是最初的思路,但后来的条文中,却明显的扩大了。

李:在哪些方面扩大了呢?

张:如果严格按照这个定义,在 5.2.3 条中应当把"公式计算"这几个字去掉,在 5.2.5 条中也不应当采用"地基承载力特征值"的术语,因为它并不符合第 2 章所下的定义。这样,5.2.3 条和 5.2.4 条就没有矛盾了。但同时,在后面桩基础中,又将特征值推广到单桩承载力。这样一来,特征值这个词就泛化了,似乎应当在第 2 章中对"特征值"下个定义,而不是对"地基承载力特征值"下定义,你说对不对?

李:是啊!那公式计算的结果用什么术语恰当呢?总不能称为"修正后的地基承载力特征值"吧!

张:按照规范的逻辑,似乎称为"地基承载力计算值"更妥贴一些。

四、设计控制

李:谢谢张老指点,使我看得更深一层了。噢,我还想请教一个问题,是最后一个了,不好意思打扰您那么长的时间。

张:没有关系。

李:80 年代我读书的时候,土力学教科书上用的是"极限承载力"和"容许承载力"的术语。后来 90 年代的规范里,用的是设计值和标准值的术语,现在又改为特征值了。据条文说明,好像是说原来标准值一词的翻译有问题,正确的术语应当叫特征值,但不明白为什么对抗剪强度指标仍然用标准值的术语。张老,您能否给我梳理一下,这些术语之间究竟有什么样的关系。

张:啊,那么复杂的术语系统,我怕也说不确切,试试看。我认为这里存在两套不同的术语系统,从两个不同的角度来给设计参数定名。第一个系统是土力学基础工程的系统,无论是天然地基或者桩基,都存在极限状态和工作状态两个不同的设计控制点。

李:是否可以说,对应于极限状态的承载力称为极限承载力,那么对应于工作状态的为什么称为容许承载力呢?

张:可能有不同的设计控制方法,以应力~应变曲线,或者压力~变形曲线上的第 1 转折点控制,在结构设计中称为容许应力法,土力学中称为容许承载力法,认为只要基底反力小于容许承载力,就能保证建筑物的安全。但后来发现这种方法不一定能控制得好。例如,荷载的可能变化,或者第 1 转折点至第 2 转折点之间的余地太小,万一超过了转折点,就很快接近极限状态,那就危险了,所以还需要研究第 2 个转折点。

李:噢!采用极限承载力时,怎么控制设计呢?

张:将极限承载力除以安全系数就得到容许承载力,安全系数取 2~3,这种方法称为安全系数法,为了与多系数法区别,又称为总安全系数法。总安全系数中包括了可能的各种因素,但缺乏定量的依据,完全是经验性的。人们不满意总安全系数法太模糊,就提出了多系数的方法。

李:多系数法是什么意思呢?

张:将可能影响后果的因素分别用不同的系数来控制,如超载系数、材料均质系数和工作条件系数等。

李:那就是分项系数了?

张:不!是两会事。这种多系数法是分别考虑各种因素的影响,其数值是分别确定的,无法统一考虑相互的影响。而分项系数则是建立在概率极限状态基础上,用统一的极限状态方程求解,得到用以分别表示作用和抗力的设计值与标准值的关系。简单地说就是作用效应的设计值等于作用效应的标准值乘以荷载分项系数,而抗力的设计值则等于抗力的标准值除以抗力分项系数。

李:就以地基承载力为例吧,地基容许承载力是

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

标准值还是设计值?

张:你又迷糊了不是?讲到地基承载力的标准值和设计值,这与容许承载力是从完全不同的角度来研究地基承载力问题的结果,不能混为一谈。设计值是对极限状态问题进行概率分析的结果,是设计控制点的概率表示方法。地基极限承载力的标准值除以分项系数就得到地基承载力的设计值。既然分项系数与总安全系数不同,因此地基容许承载力也就不同于地基承载力设计值了。

李:那标准值又是什么概念呢?

张:按照国际标准化组织的说法,标准值是性能指标或设计参数的代表性数值,也是一种概率意义的取值,你看规范中关于抗剪强度指标的标准值计算方法,就是一种概率取值方法。

李:那规范的特征值并没有概率的含义啊!

张:是啊,据我个人的看法,规范定义的特征值和国际标准化组织定义的标准值之间似乎看不出内在的必然联系。

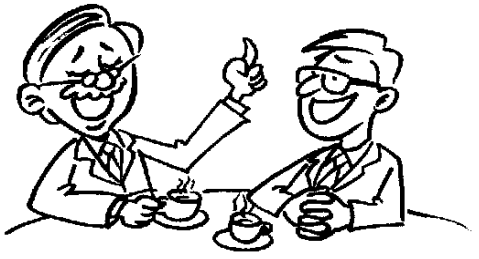
李:我似乎清楚了一些,非常感谢您的解释。

张:不,我不是规范编制组的成员,按照规定,规范编制组才有解释权。我们讨论对规范理解只是一种交流,不一定全面,也可能不符合规范编制的原意。但我认为,进行这种讨论是非常必要的,不同的看法是很正常的,正确的东西是愈讨论愈清楚的。何况规范是要求大家执行的技术文件,弄不清楚怎么正确执行呢?

李:张老,我们单位像我这样的人还不少,对规范还有许多不理解的地方,是不是理解的要执行,不理解的也要执行,在执行中加深理解?

张:怎么说呢?有些东西并不完全是技术问题,涉及公众利益和安全,涉及经济政策的法规性条文,那不是你理解不理解的问题,必须执行。但技术问题,特别是因地制宜的问题,规范应当规定必须做什么和不允许做什么。至于怎么做,怎么计算,构造怎么处理,那没有惟一解,做得好不好就看各人的水平了。不然,要你们工程师干什么?当然,对规范条文应当努力去理解它,不清楚的地方可以讨论,也可以向编制组讨教。

李:谢谢张老的教诲。



《世界三大海底隧道工程》概述

采用盾构掘进施工隧道已有170余年历史,城市地铁、越江和越海交通隧道、引水和排水隧道、市政公用地下管道等工程广泛采用盾构施工技术。近10年来举世瞩目的英法海峡隧道、日本东京湾公路隧道、丹麦斯多贝尔特大海峡隧道相继建成,成为盾构隧道工程史上的奇迹。本书汇编了三大海底隧道工程的技术,同时也介绍了当前盾构隧道的新发展。

1993年建成的英法海峡隧道,全长48.5km,海底段37.5km,隧道最大埋深100m。海峡隧道由2条外径8.6m的铁路隧道和1条外径5.6m的服务隧道组成。隧道掘进施工共采用11台盾构掘进机。盾构机型有2种,一是土压平衡盾构掘进机,一是混合型双护盾全断面掘进机。混合型双护盾盾构掘进施工创造了单向掘进21.1km的最长纪录,同时又创造了月掘进1487m的纪录。英、法两侧的6台盾构在海底实现对接,盾构在深层高水压下的密封防水技术、钢筋混凝土管片衬砌的结构和防水、长距离掘进的运输等技术难题的解决,体现了盾构隧道施工技术的最新水平。英法海峡隧道的建成,亦是融英、美、法、日、德等先进国家盾构施工技术于一体的最高成就。

丹麦斯多贝尔特大海峡隧道是跨海工程的一部分,长7.9km,由2条外径8.5m的铁路隧道组成,隧道最大埋深75m,采用4台直径8.78m的混合型土压平衡盾构掘进机施工。由于隧道穿越的地层为冰碛和泥灰岩,均为含水层,渗透水量大,因而比英法海峡隧道的掘进施工更为困难。工程中曾发生涌水险情,采用了海底井管降水、冻结、气压等辅助施工法解决了困难。隧道施工历经艰险,为隧道建设史提供了宝贵的经验。

日本东京湾横断公路隧道是目前世界上最长的海底公路隧道,长9.4km,由2条外径13.9m的单向公路隧道组成,最大埋深50m,采用8台直径14.14m的泥水平衡盾构掘进机施工。盾构设计采用最先进的自动掘进管理系统、自动测量管理系统和管片自动拼装系统,8台盾构在海底实现了对接,体现了高新技术在隧道工程中的应用。东京湾横断公路隧道已在1998年建成通车,标志着盾构隧道施工最先进的技术水平。

日本在新颖盾构掘进机的研究方面,取得了一系列成果,各种异形断面的盾构掘进机层出不穷。矩形、椭圆形、马蹄形盾构已应用于工程,双圆型、多圆型盾构已在铁路和公路、地铁隧道等工程中应用。

我国盾构隧道施工技术在90年代也得到了较大发展,上海地铁1号线和2号线施工采用10台土压平衡盾构完成约40km区间隧道施工,广州地铁也用1自土压盾构和2台泥水加压盾构完成8.8m区间隧道施工。过江公路隧道、引水和排水隧道、市政公用隧道也越来越多地采用盾构法施工,秦岭铁路隧道、引大入秦和引黄入晋等引水隧道已采用TBM掘进机施工。

21世纪是我国地下空间开发利用的发展时期,《世界三大海底隧道工程》科技新书的出版,为我国从事盾构隧道工程的广大技术人员提供世界盾构隧道工程的新技术、新设备、新工艺、新材料发展的宝贵资料。

摘自《桥梁与隧道工程网》文章作者:傅德明

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net