

全国第三次工程地质大会

论文选集

中国地质学会工程地质专业委员会 編

(上 卷)



成都科技大学出版社

序 言

为了系统总结我国近年来工程地质研究工作的新进展,在全国范围内交流工作经验和学术观点,推动工程地质工作者更好地为发展生产力和社会主义四个现代化建设服务,促进工程地质学作为一个有广阔应用前景的边缘学科的迅速发展,中国地质学会工程地质专业委员会第二届第四次会议(1986.7.20—22,大连)讨论决定,于1988年内召开全国第三次工程地质大会,并发出以下几个专题的征文通知:

1.岩土体工程地质特性的研究:其中包括软弱岩和膨胀岩、断层岩及破碎岩、风化岩等特殊岩体;黄土、红土、软土、膨胀土、滑带土等特殊土。

2.与地面工程有关的工程地质研究:包括大型地面工程(水电、道路、城市、海港、露天采场等)的工程地质实例;地面开挖边坡稳定性工程地质;复杂地基工程地质及地面施工工程地质。

3.与地下工程有关的工程地质研究:包括大型地下工程(水电、道路、城市、海港、矿山等)工程地质实例;地下洞室围岩(土)体稳定性;地下工程施工工程地质;地下工程引起的地面变形及破坏等。

4.地质灾害工程地质研究:包括自然地质灾害与人类活动引起的地质灾害,如大型崩塌及滑坡,泥石流,地面塌陷,地震、水库诱发或矿山开采诱发地震,以及地震引起的大范围砂土液化等。

5.环境与区域工程地质研究:包括区域构造稳定性工程地质,地面沉降,城市环境工程地质,超大型建筑物规划及可行性研究中的区域及环境工程地质,国土开发规划的区域及环境工程地质等。

6.工程地质勘测试验中的新技术新方法:包括遥感遥测技术,地球物理方法,大型原位测试,数值模拟及地质力学模拟,以及工程地质数据库等。

7.其它:包括工程地质事业发展中的横向联合与交流,工程地质教育事业的发展与展望等。

征文得到全国工程地质工作者的热烈响应,截至1988年3月底,工程地质专业委员会秘书处共收到论文300余篇,涉及到上述各个专题的各个方面,具有广泛的代表性。其中不少论文密切结合实际,或具有较高的理论水平,反映了我国工程地质工作者近年来在社会主义四化建设中所作的贡献和在学术上所取得的进展。特别值得注意的是,系统科学方法论及系统工程方法,模糊聚类分析、模糊综合评判及其它模糊数学方法,应用电子计算技术进行数值模拟的多种方法,如有限元法、边界元法及离散元法等,在工程地质研究中已得到较为广泛的应用。在我国,作为地质学分支学科的工程地质学,正在沿着与土力学、岩石力学相结合,广泛吸收现代数学、现代力学的最新成就,充分运用现代计算技术及其它新技术,在多学科交叉与综合的方向上阔步前进。在推动我国工程地质学发展的科技工作者队伍中,已有一批青年人显示出他们的优势,他们勇于接受新事物,善于吸收现代数理力学等学科中的

新成就,熟悉现代计算技术,只要他们面向实际,重视地质与力学的结合,就能有所创新或有所突破。

为了更有效地交流这些贡献和进展,同时也考虑到全国性工程地质学术会议的组织工作也需要有所改进,从以宣读论文为主的泛泛交流转向对大家关心和感兴趣的专题的深入讨论。经工程地质专业委员会二届五次次会议认定,从提交的300余篇论文中评选出197篇收入《全国第三次工程地质大会论文选集》,由成都科技大学出版社于大会召开前分为上、下两卷,近200万字,公开出版,并在会议开始时分发给与会代表。这样大会就可以不再宣读论文,而只进行综述报告和专题报告,有较充分的时间进行小组讨论或专题讨论,以便于总结经验,展望未来,对我国工程地质学的发展真正起到促进作用。

为了做好评审工作,在1988年3月工程地质专业委员会及国际工程地质协会中国国家小组联席会议的后期,组成了有教授、副教授,研究员、副研究员和高级工程师共35人参加的评审组,用了5天时间对提交的论文进行了逐篇评审,最后将选出的论文收入《论文选集》公开出版。由于时间仓促,且为了贯彻双百方针,评审工作并未涉及论文的立论论据。评审之后也仅仅由《工程地质信息》编辑部进行了必要的编辑加工,所以在这里强调一下“文责自负”的原则是有必要的。由于文集篇幅所限,尚有一百数十篇论文未能收入《论文选集》发表,尚祈这些论文的 authors 们鉴谅。

希望本《论文选集》的出版,能为我国从事教学、科研、生产的工程地质工作者提供一批有参考价值的文献。希望它能对促进工程地质的发展和提高工程地质工作水平起到应有的作用。

本《论文选集》能够如期和读者见面,要特别地对35位评审专家致以谢意,通过他们的辛勤劳动才得以向读者推荐这一批论文。我们还要感谢《工程地质信息》编辑部的李太熙工程师和罗岚编辑,他们为《论文选集》的编辑加工、印刷出版、组织并进行清样校对等,做了大量工作;成都地质学院工程地质教研室的许多教师,也参加了本文集的编辑和校对工作。他们为本文集的编辑与出版付出了辛勤的劳动,在此一并表示感谢。

中国地质学会第二届工程地质专业委员会主任委员

教授

张傅元

1988.9

目 录

(上 卷)

序 言	张倬元
-----	-----

1. 岩土体工程地质特性的研究

晚更新世黄土的准均质单元	陈 云等 (1)
黄土地区地形地貌及其变化对工程地质条件的影响	张原丁 (3)
中国西北黄土中构造节理及地质工程意义	孙广忠 (8)
我国黄土的孔隙分类和工程性质	雷祥义 (15)
黄土试样震陷变形试验与震陷曲线方程的研究	黄国海等 (24)
预浸水改善自重湿陷地基的机理及条件	关文章 (30)
用强夯法消除黄土的湿陷性一例	冯广第等 (37)
湖北郧县膨胀土的工程地质特性	李生林等 (41)
膨胀土和膨胀岩阳离子交换容量及可交换阳离子的测定	徐晓岚等 (48)
红土特性的微观基础	谭罗荣 (52)
煤灰土的组构特征	康渔源 (59)
火电厂子坝粉煤灰地基的研究	吴中文等 (63)
宁波软土流变特性及在稳定性评价中的应用	苏伯岑 (66)
高岭石试样的固结与结构特性	裘孟辛 (73)
中国某海湾海洋沉积土的微结构特征	张梅英等 (78)
海岸带混合土工程地质特性试验研究	贾文祥等 (85)
对湛江市湛江组粘土容许承载力确定方法的探讨	张惠英等 (89)
成都粘土微结构特征与力学性质的关系	彭盛恩 (94)
成都粘土的力学特性	赵泽三等 (102)
南京次生粘性土工程地质特征研究	韦 杰 (109)
安徽硬粘土的工程地质特征及工程实践	廖济川 (114)
河北磁县粘土的工程地质特性	李望潮 (120)
粘性土结构与地面沉降	阎世骏 (126)
黑龙江省松嫩平原分散土的分散性机制研究	孙懋文 (130)
黄河下游延津地区粉性土的工程地质性状	李亚莉等 (137)
论砂土振动液化的标志	伍跃进 (143)
庐山红色泥砾的工程地质特性和成土作用	彭汉兴

用pF值评价土的工程性质的探讨	邓毅(151)
粘土地基中“后生软土”产生的条件和分布规律	陈之禄(158)
天津市浅层地基的工程地质特征	张景恒等(163)
预压排水砂井加固软土地基经验与教训——福州火电厂工程实例剖析	陈淦等(172)
一门新的分支学科——海洋土力学	郭见扬(182)
断层泥的物理性质及分布特征的工程地质的研究	张咸恭等(186)
泥化夹层强度的模糊综合评判	肖树芳等(191)
长江葛洲坝工程坝基软弱夹层的沉积规律及其工程地质意义	项伟(200)
某工程软岩强度的时间效应研究	刘谦等(207)
龙羊峡花岗岩体中断裂内白色夹泥的形成机制探讨	韩文峰等(213)
大瑶山隧道F ₁ 地段的岩石微观分析和工程地质预测	曾正文等(222)
风化煌斑岩工程地质特性初探	夏玉斌等(229)
吉林东部山区强风化花岗岩的工程地质特性	王春久(236)
大同云岗石窟石雕表面和表层的粉状物及其在石雕风化中的作用研究	曲永新等(241)
小浪底水库粘土岩的物理化学力学特性的初步研究	唐晓岚(247)
断层岩的工程地质研究评述	韩文峰等(251)
岩体力学性质的结构效应	孙广忠等(257)
论岩体结构的物质基础——工程地质岩组研究	许兵等(263)
岩体结构面起伏特性的力学效应研究	李荣强等(267)
结构面在岩体的力学作用中起控制作用的机理研究	张文彬(274)
岩体水力特性及其影响因素	刘继山(281)
十三陵抽水蓄能电站地下厂房砾岩的工程地质特征	韩志诚等(285)
高地应力地区岩体变形特性	郭志(291)
岩体改造原理及技术	黄运飞等(296)
工程岩体定量分带方法的探讨	董兆祥等(304)
岩体系统工程稳定分类及模糊数学综合评判	
——以十三陵抽水蓄能电站地下厂房为例	谭以安等(309)

2. 与地面工程有关的工程地质研究

葛洲坝坝基岩体沉降预测分析	张勇等(319)
潇河拦河坝沉降原因研讨	李美志(326)
坝基岩体抗滑稳定分析中软弱层带抗剪参数偏低的主要原因分析	聂德新等(332)
太平湾电站坝基岩体工程地质特征及基础处理	刘普(338)
陈村重力拱坝坝基构造岩补强与防渗作用分析	李瑞普(346)
升钟水库拦河大坝的基础处理	韦俊行(350)
天福庙拱坝右坝肩工程地质条件及稳定性分析	任茂昆(356)
瀑布沟坝边坡工程岩体分类探讨	曾本伦(361)

二滩电站坝址岩体初始应力场特性的研究	姚宝魁等(366)
坝基岩体分类与质量评价	孙万和等(375)
砂砾石坝溃决后坝基物质再沉积的研究	
(以伊拉克底比斯大坝修复工程为例)	臧军昌(382)
青海高原东部南门峡水库喀斯特坝址区渗漏问题分析	杨丙章等(387)
四川关口水库分水岭渗漏探讨	高进仕等(394)
黄土斜坡地段水利工程的地质问题	濮声荣(398)
刘家峡水库坝岸特点及其某些规律的认识	刘国昌等(404)
岩石边坡破坏概率研究	傅永胜等(411)
结构条件振动效应与铁路岩质边坡振动特性	李秉生等(416)
边坡滑面空间形态及其强度参数的联合反算	周创兵等(423)
风化花岗岩边坡稳定性特征	刘明俊(430)
我国公路桥基的工程地质研究	张洪煦(435)
新开河桥桥基冻拔变形形成机理分析	连国经(441)
东北某露天矿边坡大型倾倒滑移体的形成机理分析	卢世荣等(446)
大冶铁矿扩帮区边坡稳定性研究要点	牟会宠(454)
南芬露天铁矿深部开采边坡稳定性的计算与分析	李九鸣等(462)
攀兴铜矿边坡稳定性破坏概率计算与分析	徐克林等(469)
略谈地震反应分析与抗震设计	范士凯(475)
失效概率计算及其在地基设计中的应用探讨	杨宝山(481)
对超高层建筑地基勘察技术标准的设想与建议	林宗元(491)
贵州饭店工程地质问题(复杂地基工程地质实例)	屈儒敏等(497)
岩石地基的承载力问题	陈嘉生(506)
建筑物地基不均匀变形与上部结构的共同作用	刘振国(513)
重庆市区人工洞室顶上建筑物基底岩体安全厚度选择方法初探	何高毅等(520)
深基础工程基坑涌水量预测及降水方法——以鄂城墩联合大厦工程为例	余长好(525)
秦始皇陵工程地质述评	高维华等(530)
龙门石窟边坡岩体动力稳定性离散元分析	潘别桐等(536)

3. 与地下工程有关的工程地质研究

洞库爆破围岩分类	尤大鑫等(545)
爆破裂隙的形成机制与发育规律	陈建平(551)
洞室围岩破坏机制及因素敏感性的有限元分析	尚岳全等(558)
用边界元法研究地下孔洞 $K-\xi$ 的关系	李强等(564)
层状岩体中地下洞室的地质元稳定性分析方法	王思敬等(569)
地下工程围岩中不稳定块体的判断和锚喷支护计算方法	方玉树(575)
二向不等压地应力场中隧道围岩粘弹性位移反分析	徐谋进(581)

最大压密体应变与均质围岩的允许位移·····	李铁汉(590)
水电工程声波围岩分类指标的探讨·····	张承娟(598)
模糊综合评判及其在乌江东风水电站围岩稳定性分类中的应用·····	陆兆溱等(606)
黄河小浪底水利枢纽地下洞群试验研究·····	郑凉臣(613)
大瑶山隧道F ₂ 断层带坍方分析·····	张可诚(618)
大瑶山隧道主要工程地质问题·····	王石春等(624)
大瑶山隧道九号断层水文地质特征·····	窦培松(631)
南岭隧道岩溶管道涌泥及治理经验·····	吴治生等(637)
西坪隧道的岩土工程·····	史玉新等(644)
白家湾隧道区工程地质特征及围岩稳定性评价·····	王松龄等(653)
苏州西部反倾斜地层采空区的斜坡破坏模式·····	孔宪立等(660)
煤矿浅部采空区岩层移动规律性研究·····	狄乾生等(666)

晚更新世黄土的准均质单元

陈 云 李铮华

(中国地质科学院水文地质工程地质研究所)

作为典型陆相沉积,黄土—古土壤序列的地层学、古气候学和年代地质学的研究,已取得不少成果。但其工程地质研究尚感不足。近来,随着地区开发,愈益要求深入了解常作为建筑物地基基础晚更新世黄土的工程地质性质。本文以洛川黄塬黄土为例,依其自身性质变化的规律,划分它的相对均质单元,也称准均质单元,以便于工程地质评价与预报。

一、剖面与取样

洛川是我国黄土高原东部的一个典型黄土塬,位于陕西延安以南,关中北山以北,东西分别以黄龙山和子午岭为界。洛川县城正好大致座落在塬的中心。据城南的黑木沟揭露和附近的钻探表明,第四纪黄土堆积厚达140m。按黑木沟秦家寨剖面实测,除去现代耕作层全新世的黄土堆积(厚1.45m)外,属于晚更新世的塬上第一层黄土,厚8.35m。

工作表明,一层黄土的沉积需数万至十几万年或更长,在基本一致的沉积环境下的不同沉积时段,其沉积速率未必相同。同一层黄土物质来源的丰富程度,搬运介质的特性等,表现在时间系列分配上也不尽相同。因此,一层黄土,尤其在垂向剖面上不可能绝对均质。根据黄土自身性质的变化划分其相对均质单元,具有明显的工程地质意义。鉴此,按上述剖面分别在距地表2.5m、5m、9m处采取原状土样,各点再取三个平行试样并当场蜡封。

二、试验结果

过去的工作表明,同一地区同一层位的黄土,其粒度变化是不大的,而其物理力学性质,如孔隙性、压缩性以及湿陷性等,常有较明显的差异。从结构的观点看,孔隙比的大小,直接表示了黄土的疏松与致密程度;与孔隙比密切相关的压缩性,是黄土的主要力学性质指标,湿陷性更是黄土的重要特性。因此,决定以它们为主要试验项目。试验结果列于表1。

三、晚更新世黄土的准均质单元

由表1看出,洛川塬晚更新世黄土(第一层黄土)的孔隙性、压缩性、湿陷性等工程地

质性质指标在剖面上的变化情况相当近似。在1号样与补号样位置, 2号样与3号样位置, 它们的数值比较接近, 后两个取样层位的数值都比前两个的大, 而同一取样层位的三个平行样的试验结果则大致相同, 充分表明这层黄土的工程地质性质在剖面上客观地存在一种优与劣的变化韵律。根据这种韵律有可能将这层黄土划分出若干个对应的三维单元, 使同一单元里, 其工程地质性质大体一致, 故称之为准均质单元。具体划分的办法是, 将表1绘制成直角坐标系图(图1), 并取上述指标与深度关系曲线之峰或谷的平均宽度来对应剖面上的位置。

晚更新世黄土的工程地质性质 表1
(以洛川原第一层黄土为例)

样品号	取样深度 (m)	孔隙比 (e)	压缩系数 (a)(MPa ⁻¹)	相对湿陷系数 (δ)
L ₁	l ₁₋₁	1.041	0.28	0.046
	l ₁₋₂	1.083	0.38	0.044
	l ₁₋₃	1.084	0.38	0.055
L ₂	l ₂₋₁	1.273	0.82	0.085
	l ₂₋₂	1.273	1.66	0.099
	l ₂₋₃	1.256	1.20	0.071
L _补	l _{补1}	/	0.26	0.031
	l _{补2}	1.08	0.24	0.023
	l _{补3}	/	0.34	0.050
L ₃	l ₃₋₁	1.222	1.52	0.066
	l ₃₋₂	1.256	2.38	0.070
	l ₃₋₃	1.273	2.08	0.101

由图1得出, 洛川原第一层黄土被分成埋深大致2—4 m、4—6 m、6—8 m、8—10 m四个单元。由上而下分别称Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ单元。据统计, Ⅱ、Ⅳ单元的孔隙比要较Ⅰ、Ⅲ单元大17%左右; 压缩系数大将近4倍; 相对湿陷系数大2倍还强。Ⅰ、Ⅲ单元和Ⅱ、Ⅳ单元性质虽然近似, 但彼此分隔, 因而是相对独立的。由此有理由认为, 该层黄土客观上存在四个准均质单元, 充分体现了其工程地质性质的差异性, 反映了一层黄土的形成, 并非始终处于完全一致的环境, 而是一个可分阶段的比较复杂的过程。这就提示我们, 长期来以地层为单位, 用地质比拟法进行区域工程地质评价这种做法, 是应当十分谨慎的。

不久前, 李虎候先生系统测定了上述洛川这层黄土的热释光年龄, 结果表明, 该层黄土开始堆积于距今10万多年前, 在其形成的不同时期中, 沉积速率是很不相同的。上述Ⅳ、Ⅱ单元正是在沉积速率较大的两个时期形成的, 它们分别距今大致6万年前和3万年前。当时, 黄土物质来源丰富, 来不及缓慢堆积, 因而形成欠压实结构, 有较大的孔隙比、压缩性和湿陷性强烈等特点。Ⅲ、Ⅰ单元的形成则经历了较长的过程, 不到2 m厚的黄土, 堆积了近3万年, 因而有可能在其他条件类似的情况下, 比起Ⅳ、Ⅱ单元堆积得比较密实, 具备相对良好的工程地质性质。

该层黄土在我国黄土地区有极广泛的分布, 常是工业和民用建筑物的地基。该层黄土一般上覆1 m左右的全新世黄土, 也有相当地域则直接出露地表。工程建设中通常将建筑物基

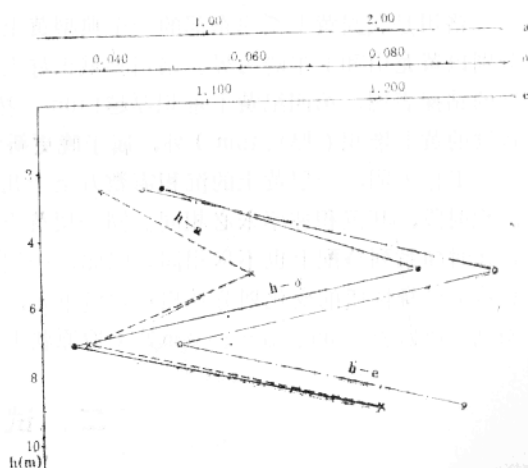


图1 晚更新世黄土的工程地质性质随深度变化图
h—深度(m); a—压缩系数(MPa⁻¹); δ—相对湿陷系数; e—孔隙比。

黄土地区地形地貌及其变化 对工程地质条件的影响

张 原 丁

(兰州煤矿设计研究院地质测量队)

第四纪构造运动及气候变化对甘肃黄河河谷地区及其周围地区的黄土沉积和分布产生了深刻影响。地形地貌及小气候因素对黄土的堆积及其剥蚀产生重要作用,使之显现出不同的工程地质特性。对于这些问题的研究有助于我们掌握各不同地区、不同地貌单元黄土的工程特性,使勘察更为灵活、主动。

一、构造运动及气候变化对黄土堆积的影响

兰州、靖远的黄河河谷一带,由于第四纪地壳上升运动强烈,中更新世以前的石质黄土分布在高阶地之上,兰州地区以黄河五、六级阶地以上为最厚。靖远地区石质黄土分布在海拔1800m以上,在此标高以下以 Q_3 、 Q_4 黄土为主。 Q_3 黄土不整合覆盖于 Q_1 、 Q_2 和其它地层之上。

黄河以北的九洲台,呈一孤立残垣,其上黄土厚度达338m,比其周围的黄土高出约200多米。但是在厚层黄土之下同为甘肃期夷平面的 Q_1 黄河冲积卵石层,为黄河的最高级阶地,下伏基岩。大大小小的阶顶均被 Q_3 黄土覆盖,但是 Q_3 黄土厚度一般不超过30m或40m,主要由老黄土组成。各阶与九洲台相比,黄土厚度差异达200m左右。可见在 Q_3 风积黄土沉积

础座落在目前地面下1或2m以上。若遇后一种情况,就恰好将基础置于上述Ⅱ单元,反而比开挖前的地基差,给建筑物带来多余的隐患。

综上所述,晚更新世黄土准均质单元的划分,对于评价和预测黄土的工程地质性质,佐证黄土堆积过程的复杂性和阶段性,是颇有现实意义的。

参 考 文 献

- (1) 陈云, 陕西黄土工程地质性质研究, 地质出版社, 1986。
- (2) 李虎候, 马兰黄土的形成年龄, 科学通报, 1986, 第5期。

之前,老黄土就已受到严重剥蚀。这也可以用当时的古气候进行解释,即在中更新世末及晚更新世初的间冰期,气候较湿润多雨,同时地壳上升运动较强烈,使前期老黄土受到严重剥蚀。而后的晚更新世后期的冰期干冷气候,又使风积马兰黄土大规模覆盖。九洲台前缘被剥蚀的老黄土上覆盖着 Q_3 黄土,但厚薄很不一致,一般厚度约1~20m,与老黄土呈不整合接触。由于两种黄土软硬差别很大,野外很容易鉴别。室内试验结果也差异显著。现在在九洲台南坡黄河最高级阶地卵石层标高以上所取的 Q_3 黄土和 Q_1 、 Q_2 老黄土各34组黄土样的一些主要物理力学指标统计如表1。

表1

		W_1 %	Wp %	I_p	W %	ρ_d g/cm^3	e	a_{1-2} MPa_{-1}	δ_s	δ_{zs}
Q_3 黄土	最小值	23.25	15.12	3.13	4.23	1.22	1.022	0.05	0.075	0.061
	最大值	26.12	16.93	9.93	9.82	1.32	1.221	0.99	0.175	0.133
	平均值	24.97	16.02	8.95	7.35	1.27	1.133	0.17	0.119	0.092
Q_1 及 Q_2 黄土	最小值	24.05	15.19	8.55	6.94	1.46	0.751	0.93	<0.015	<0.015
	最大值	25.83	17.04	10.43	10.69	1.55	0.859	0.07	<0.045	<0.015
	平均值	25.59	16.23	9.09	8.5	1.49	0.809	0.05	<0.015	<0.015

注:统计的 Q_3 黄土样均在10m以上深度; Q_1 及 Q_2 黄土样约80%在10m以上。

从统计结果可看到二者的工程地质性质差别很大。老黄土为超固结土,由于上覆土被大量剥蚀,土中由应力释放而产生斜节理,呈碎块状断口,其承载力高可达400KPa以上。在200KPa压力下浸水无湿陷性。但 Q_3 黄土结构疏松,湿陷性非常强烈。

全新世又是一个温暖期,较湿润,前期黄土再次经受剥蚀。由于全新世又有若干小的干湿、冷暖变化,在某些局部地区沉积了不厚的风积黄土,但总的看来地形高处及陡坡处是以剥蚀为主。低洼处及河谷较平坦的阶地接受次生黄土堆积,同时掺杂了部分风积黄土。阶地黄土的风积速度赶不上风蚀、雨蚀速度,但在较平坦的梁顶及塬顶能沉积不厚的风成黄土。

晚更新世的气候、环境决定了 Q_3 风积黄土湿陷性最强。全新世的气候条件决定了 Q_4 黄土湿陷性一般小于 Q_3 风积黄土。老黄土由于受到后期严重剥蚀,多呈超固结状态,由于应力释放而产生多组节理,易于产生滑坡,但亦有较高的承载力。

兰州的第四纪差异性升降运动非常强烈,九洲台厚层黄土下的 Q_1 冲积卵石层高出现黄河河面200多米,但其前缘的七里河坳陷区的同期卵石层却沉积在现河床底部,最深达400多米。坳陷区南侧的晏家坪黄土沉积厚度为413m,其底部埋藏深度比现黄河河面还低300多米。黄河南岸皋兰山 Q_1 黄土下的 Q_1 砾岩为洪积形成,胶结坚硬。上部的石质黄土不太均匀,显出水成特点,颜色微红。而九洲台的同期黄土不如这里胶结得好,颜色为褐灰黄色,质地较纯,显出风积特征。九洲台的 Q_1 卵石层纯为黄河冲积形成,无胶结。这些差异由兰州的古地形造成。第四纪以前由于兰州以南的马衔山脉不断隆起,造成了兰州的南高北低之势。黄河南岸较之现北岸接受了更多的洪积物质,水的淀积作用使之胶结得更好。

二、地形及气候对黄土堆积的影响

在工程实践中,我们发现有一定坡度的梁、塬上 Q_3 风积黄土湿陷性强烈程度超过塬、梁

较平坦部位的 Q_3 及 Q_4 黄土,更超过河谷地区阶地上的黄土。在风少而风速较小地区的 Q_3 风积黄土较之风多而风速大地区的 Q_3 风积黄土湿陷性要强烈。即使在同一地区,由于地形和风速的原因,地形的不同部位黄土的湿陷性也有一定的差别。

造成这种差别的原因是多样的,既与其生成期的干燥气候和古地形有直接关系,也与后期的剥蚀及地形条件有关。用欠压密理论可以解释这种差别。地形起伏较大的高坡处,在接受黄土堆积时,由于排水条件良好,降水浸湿带很薄,并因地形起伏大使地表蒸发面积大,蒸发迅速,胶结盐类淋溶损失小,黄土能保持较高孔隙度。较为湿润的 Q_4 期,大气降水对 Q_3 黄土的湿陷性有一定程度的减弱。但在黄土岭上排水条件好,因此受后期降水影响较小。 Q_4 期岭区高坡处的 Q_3 黄土以受剥蚀为主。一般 Q_3 黄土的密度由地表向下逐渐增加,使深部黄土的湿陷性减弱,受剥蚀后上部的高湿陷性土层不断减薄,剩余的底部黄土湿陷性相对减弱。

随地形的不同,大气降水的面积侵蚀强度亦不同。侵蚀量随坡度增大而增加。当坡度增至 15° — 20° 时,侵蚀量成倍增加,但是超过 25° — 30° 时侵蚀量又相对减少。因此黄土岭的侧下方侵蚀严重,而岭顶侵蚀较弱,保留了较厚的高湿陷性黄土。

在降雨量较少的干旱地区,风蚀作用明显。一般3—4级风就可吹起尘土,当风速达到 7 m/s 以上时,田里的表上也容易被风吹跑。甘肃和陕西靠近沙漠地区风速较大,年平均风速在 3 m/s 以上。因此黄土被严重风蚀,一些地区的马兰黄土被吹蚀殆尽。甘肃靖远的王家山及红会地区风多而风速较大,春季风速最大,几乎无日不起风,因而风蚀作用很强;岭区 Q_3 黄土吹蚀严重,老黄土大面积裸露。由于降雨量少,地表径流没有足够的搬运能力,因而在沟谷处及背风处接受风蚀及雨蚀产物,形成巨厚的湿陷性黄土。故而这一地区的黄土丘陵呈侵蚀堆积地貌,丘陵平缓、圆滑、沟谷宽阔、平坦。甘肃春季最干旱,并且西北风较盛。山地丘陵的迎风侧的坡脚风速明显减弱,易于黄土堆积。而背风侧有一风影区,在旋涡和负压作用下产生升力作用,使坡面吹蚀,尘土降落在风速减低的坡脚处。这就造成了不同地形、地貌的黄土被剥蚀和堆积的分带特性。从而使一些地区,例如王家山地区存在阴坡黄土较之阳坡黄土的湿陷性强的规律。

但是在某些雨蚀作用较强的地区却呈现出与上述相反的规律。许多地区阴坡、陡坡处湿陷性黄土薄,而坡脚及平缓处堆积了较厚的次生黄土,显现出较高的湿陷性及压缩性。阳坡陡坡处 Q_3 黄土被剥蚀的速度慢,显现出较强的湿陷性,而坡脚堆积的次生黄土相对较薄。据刘东升的资料,根据1957年~1958年甘肃南小河阴坡气象观测,阳坡的气温、地温、土壤蒸发量比阴坡高,而相对湿度阳坡比阴坡低。阴坡寒冻时间长,如1960年12月到1961年2月,阳坡0~10cm深度的平均地温在摄氏零度以下者只有5天,而阴坡为73天。土壤水份以1962年9月14日为例,阳坡草地0~30cm深处水份为12.36%,而阴坡为21.38%。由于阴坡湿度大,因此对降雨的吸收量小,径流量大,带走的表土就多;并且阴坡冷冻期长,表土的团粒结构遭到破坏,土质松散,易被剥蚀。据甘肃天水水保站测得,一次降雨14.5mm,产流期平均降雨强度 0.5 mm/min ,在 17° 的坡耕地上,因前期降雨的时间已久,土壤含水量低,其侵蚀量为 1.0 t/ha (吨/公顷);而另一次仅降雨3.2mm,径流期平均降雨强度 0.5 mm/min ,因前一日已降雨22.0mm,土壤含水已达饱和,同样在 17° 的坡耕地上,侵蚀量却达到 2.2 t/ha 。降雨量前者比后者大4.5倍,后者的侵蚀量反而比前者大1.2倍,由此可见土壤的含水量与侵蚀量有很密切的关系。阴坡较之阳坡更易遭受剥蚀,坡脚处更易堆积新近堆积黄土。

三、低阶地黄土堆积

低阶地沉积环境复杂,因此黄土的工程地质特性差异较大。由于兰州地区黄河河谷以上升运动为主,一、二级阶地的冲积黄土很薄,主要以洪积黄土为主,掺杂风积黄土。其来源于高阶地及梁峁区,主要以片流形式沉积,沿各冲沟口,呈扇形分布。二级阶地前缘黄土较薄,一般以Ⅰ级非自重湿陷性黄土为主。而中部以及后缘黄土逐渐增厚,可厚达20多米,多数为Ⅱ、Ⅲ级自重湿陷性黄土。一级阶地卵石层上的冲积土层较薄,上部以耕植土为主,厚约2~5 m,含大量煤灰渣,多蚯蚓孔洞及其粪便,具轻微湿陷性,但为高压缩性土。二级阶地后缘由于存在较多的被掩埋的冲沟及不均质的洪积碎石类土及塌滑堆积的新近堆积黄土,因此容易对建筑造成危害。

兰州河谷两侧出露基岩不同,直接影响到其下坡方向二级阶地黄土的工程性质。一般靠近红色地层(如第三系地层)的阶地后缘,黄土中接受了大量红色碎屑物质的沉积,往往土层的可压缩性大,结构性差,湿陷迅速且影响深度大。这可能是黄土中混入了更多的砂粒及易溶盐类,使土质不均,架空结构发育,透水性增强所致。

四、关于新近堆积黄土的讨论

近些年来在某些勘察工作中对新近堆积黄土的划分有扩大化的趋势,使某些设计偏于保守。由于载荷试验的局限性,我们对新近堆积黄土的鉴定主要靠野外判断及一些其他的原位测试与室内土工试验。高压缩性是绝大多数新近堆积黄土的重要特征。兰州的许多地区在低阶地上广泛分布着厚约2~5 m高压缩性黄土,勘察中往往将这些黄土划为新近堆积黄土。但是在五十年代及六十年代初,兰州的许多三、四层的建筑物就座在这种土层上,地基处理措施也非常简单。许多建筑物使用至现在仍完好无损,有的仅产生一些轻微裂缝,多数建筑物的开裂是由于后期不均匀的浸水湿陷造成。纯由于承载力不足而产生的事故不多。因此这种地层的湿陷性问题是首要的,而承载力问题是次要的。承载力按一般湿陷性黄土考虑也无妨,但是防水措施必须严密。

在二级阶地中部,高压缩性黄土厚度分布较均匀。如兰州的盘旋路、定西路一带,师院、铁院、政法学院一带。在政法学院,我们在黄土的2~3 m深度内取样四组,分别进行了150和200 KPa压力下的压缩和浸水试验。土样的饱和度平均约为64.7%,干密度平均约为1.32 g/cm³。在200 KPa压力下的压缩系数平均为0.77 MPa⁻¹,湿陷系数平均为0.020。而在150 KPa压力下压缩系数平均为0.8 MPa⁻¹,湿陷系数平均为0.034。在200 KPa压力下求得的湿陷系数小于自重湿陷系数(自重湿陷系数平均为0.021)。从以上对比中我们可以看到它具备新近堆积黄土的特征。按新近堆积黄土对待,它的〔R〕值仅为80 KPa。但是在头期勘察中按一般湿陷性黄土对待,〔R〕值采用120 KPa,建筑基本完好,仅在局部因浸水而产生一些小的裂缝。

从上述分析中还得到启示,对建筑物产生危害的新近堆积黄土的多发区,一般室内试验测得的湿陷等级较低。尤其在初勘或一次性勘察中使用200 KPa压力求得的湿陷系数和压缩系数均偏小,有可能人为降低湿陷等级或将湿陷性场地误判为非湿陷性场地。在湿陷等级很

低的场地,一般建筑类别较低的建筑物,防水措施较差,容易造成基础浸水。

多数新近堆积黄土含水率较高,有的地区新近堆积黄土的含水率达到18—20%左右。有的则已接近湿陷的起始含水率,稍一浸水或稍一增加压力,即开始湿陷。因此它需要的浸水量很小,湿陷很敏感。防水措施应当高于一般湿陷性黄土地区。

可以认为对于一些压缩性和土质较均匀的新近堆积黄土,在建筑物体形较简单,荷载较均匀的情况下,可适当提高一些承载力。根据载荷试验,可以看到P—S曲线的比例界限到破坏界限,呈曲线缓慢过渡,不同于硬黄土转折明显。由此可考虑允许地基土有一定程度的塑性变形。黄土本身结构利于排水固结,因此压密较快,抗剪强度亦随之增加。苏联某地也曾采用过在建筑物施工过程中,对湿陷性地基土进行有计划的、均匀的浸水,利用建筑物的自重压密地基土,消除湿陷性,这都值得我们借鉴。

五、人类活动对湿陷性黄土的影响

人类活动使阶地黄土的湿陷性复杂化。这类场地的勘察中应注意场地的浸水历史、浸水方式及其分布范围。

我们在勘察工作中发现,在曾受过较长时间浸水的地段,黄土的自重湿陷性消失,一般5 m深度以下湿陷性也消失,如水渠、水坑等地段。在甘肃靖远魏家地竖井居住区,同一地貌单元的两个探井相距仅30多米,但是,湿陷性差别很大。水渠处探井自重湿陷消失,4.5 m以下湿陷性也消失,仅能定为Ⅰ级非自重湿陷性黄土。而同一地段的另一探井位于耕地中,它的自重湿陷性黄土层厚达11.5 m,为Ⅱ级自重湿陷,在兰州西北师院的勘察工作中这类现象更是屡见不鲜。人类的浇灌活动使场地的湿陷性变得复杂了。在这类场地布置勘探点位置时应特别慎重。

受到长期浇灌的农田里,黄土的湿陷性被削弱。在较厚层的湿陷性黄土地区,往往自重湿陷被消除,5 m以下的黄土湿陷性往往也被消除。但是较薄的湿陷性黄土下存在透水性较强的碎石类土时,上部黄土的自重湿陷性不易被消除。如兰州的师院民族宿舍楼场地,湿陷性黄土厚度约5 m,下伏卵石层。该场地位于植物园内,为浇灌地,浇灌历史超过25年。但是5 m深度以上所取的20个土样中,只有两个无湿陷性。其它土样的平均湿陷系数为0.045。2 m以上所取的10个土样中,有5个有自重湿陷性。10个土样的平均自重湿陷系数为0.0175。政法学院所占用的水浇地,与师院场地类似,并且地下水位埋深在4 m左右,可是平均自重湿陷系数为0.021。究其原因是因为土层薄而下伏强透水的卵石层,致使上部黄土的浸水不够充分。由此可知,在此种场地不能采用预浸水方式处理湿陷性黄土。

参 考 文 献

- 〔1〕 王久炎等, 1976~1980年黄土与第四纪地质, 陕西人民出版社。
- 〔2〕 刘东升, 黄土与环境, 科学出版社, 1985年。
- 〔3〕 A. A. 穆斯塔伐耶夫, 湿陷性黄土上地基与基础的计算, 水利电力出版社, 1984年。
- 〔4〕 陈永宗, 黄河中游黄土丘陵地区坡地的侵蚀发育, 科学出版社, 地理集刊, 1976年12月, 第10号。

中国西北黄土中构造节理及 地质工程意义

孙 广 忠

(中国科学院地质研究所)

一、中国西北黄土分层

据作者研究结果,中国西北黄土可划分为两层:上部为新黄土*;下部为老黄土*(图1)。

隴西地区			地层时代	隴东地区		
地层名称	厚度(m)	剖面		剖面	厚度(m)	地层名称
近代堆积层	15		新第四纪(Q ₄)		15	近代堆积
新黄土沉积	60				60	新黄土沉积
老黄土沉积	250		晚第四纪(Q ₃)		150	老黄土沉积
			中第四纪(Q ₂)			
湖相沉积	> 100		早第四纪晚期(Q ₁₋₂)		30	河湖相沉积
冰碛层	300		早第四纪早期(Q ₁₋₁)		巨厚(不詳)	冰碛层
红粘土层			新第三纪(N)			红粘土岩层

图1 中国西北黄土区第四纪地层划分方案

• 老黄土相当于刘东生命名的离石黄土; • 新黄土相当于刘东生命名的马兰黄土。

新黄土与下部的老黄土呈不整合接触(图2)。新黄土中柱状节理发育。

老黄土构造变形十分普遍, 见有层面倾斜(图2)、弯曲现象, 个别地区见有断层, 普遍发育有构造节理。

二、黄土中构造节理

1958年作者进行铁路黄土边坡考察时, 在兰银路石洞寺及邱家堂路堑剖面中见到黄土中发育有构造节理。随后相继在陇东、陇西、山西等地也发现黄土中普遍发育有构造节理, 并且兰银路邱家堂、石洞寺一带还发现老黄土层发生褶曲现象。进一步观察发现, 西北黄土中节理主要发育在老黄土中。新黄土中发育有柱状节理, 未发现构造节理。

老黄土中的构造节理在剖面上, 有的呈直立产出, 有的呈斜交产出(图3、4)。在平面分布上亦见有“X”型分布。图4所示为于山西省万荣县东丁桥冲沟沟底所见, 老黄土中NS及N35°W两组节理呈“X”分布, 锐角指向NNW。

作者对山西、陕西境内黄土中节理的研究结果发现, 区域内最发育的节理, 主要为N—S、E—W、NW—W及NE—E四组。尤其是晋南地区最为典型。该区的主要冲沟及地裂缝方向便是受这四组节理控制的, 而且不受地形影响。

图5为黄土中冲沟发育分布之一角。图中所示的冲沟分布极有规律, 它主要受近南北向(N—S—N30°E)及近东西向(E—W—N70°W)两组节理控制。这种现象在晋中南部地区十分显著。王景明等的统计资料有力的证明了这一事实(图6)。

三、西北黄土中地裂缝与构造节理关系

1983年7月28日, 山西省万荣县薛店

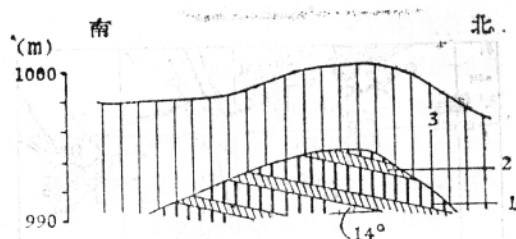


图2 永寿梁西太峪坡黄土剖面

1. 老黄土 2. 古土壤 3. 新黄土

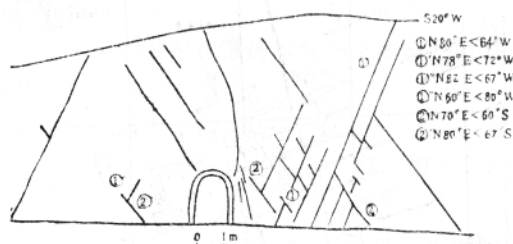


图3 陕北洛川县腰峁河隧道进口左侧路堑边坡上的黄土节理素描图(钟世航 1984)

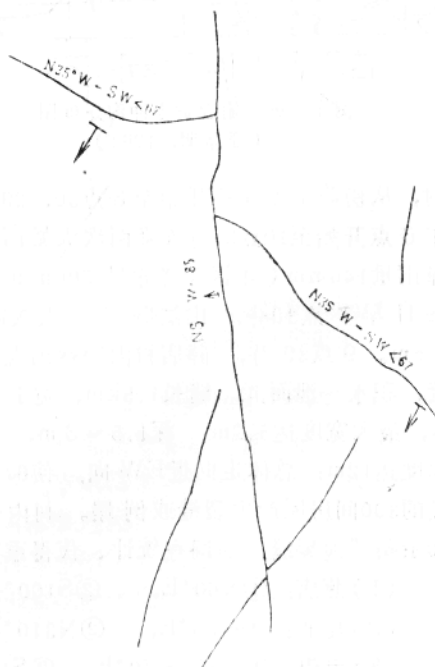
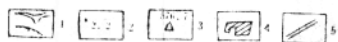


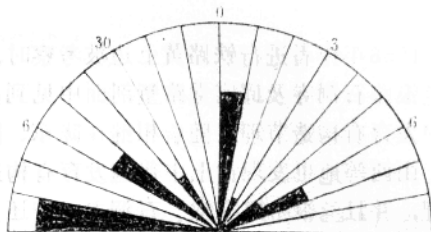
图4 万荣县东丁沟底老黄土中“X”节理



村,从傍晚7点30分开始至8点30,29日上午6点开始至10点30分连降两次大暴雨,总降雨量140mm(本区年降水量500mm)。29日早7点30分,山洪爆发,水头高达1.5m。9点30分,薛店村内突然出现地裂缝,积水一泄而光。缝长1.5km,宽1~2m,最大宽度达5.2m;深1.5~3m,最大深度达12m;总体走向近EW向。使67户村民的300间房屋产生裂缝或倒塌。村内一眼10余条“地裂缝”的调查统计、获得重要地

-

黃土切沟



黄土构造节理

[illegible]

图7 万荣地区地裂缝(流海缝)分布图