

土工問題

第二集

M. H. 高尔希登 等著

地质出版社

苏联德聶伯罗彼得罗夫斯克
卡岡諾維奇铁道运输工程师学院

土 工 问 題

第 二 集

M. H. 高尔希登 等著

地 质 出 版 社

1959·北 京

本文集系根据苏联德籍伯彼得罗夫斯克Л. М. 卡岡諾維奇铁道运输工程师学院土工研究部主任兼地基与基础教研室主任М. Н. 高尔希登 (Гольштейн) 博士主編的土工問題 (Вопросы геотехники) 1956 年莫斯科第一版譯出的, 它是苏联土工科学研究方面的最新成就的一部分。

文集中所載的十篇論文是該院土工科学研究部的工作人員在 М. Н. 高尔希登教授指导下所进行的研究成果, 其中包括: 土的工程性質, 黃土狀土的突陷性, 黃土的潤湿和压实, 冲填时砂的密度, 人工降低地下水位的工作效率, 反濾层的設計, 确定岩石压力的两种方法以及建筑物沉陷計算的新方法等等。

本文集可供水利、建筑、铁道、交通等部門的工程师、設計和施工人員以及土工科学研究人員等作参考。

本文集由丁国良等翻譯, 再浩校对。

土 工 问 題

第二集

著 者 М. Н. 高 尔 希 登 等

譯 者 丁 国 良 等

出 版 者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3号

北京市书刊出版业营业登记证出字第080号

发 行 者 新 华 書 店 科 技 发 行 所

經 售 处 各 地 新 华 書 店

印 刷 者 地 質 出 版 社 印 刷 厂

北京安定門外六鋪炕40号

印数(京) 1—3,400册

1959年8月北京第1版

开本 $787 \times 1092^{1/25}$

1959年8月第1次印刷

字数170,000

印张 $7^{17/25}$

定价(10)1.00元

目 录

序言.....	(4)
論土的結構与压缩性.....	M. H. 高尔希登 (7)
黄土狀土的突陷性.....	M. H. 高尔希登 (30)
人工压实时黄土狀土的潤湿.....	B. П. 維哈列夫 (49)
用各种方法压实黄土狀亞粘土的經驗.....	B. П. 維哈列夫 (67)
关于冲填建筑物中砂性土的密度問題.....	A. M. 阿罗諾夫 (95)
降低水位設備的工作效率的研究.....	И. А. 哈立勃尼可夫 (115)
論管涌的結構标准.....	A. Я. 杜洛夫斯卡婭 (134)
論用連續介質力学法确定岩石压力.....	B. A. 米久姆斯基 (143)
測定隧洞中岩石压力的試驗方法.....	B. A. 米久姆斯基 (163)
用位移法計算建筑物的沉降.....	И. З. 罗巴諾夫 (182)

序 言

苏联共产党第二十次代表大会所通过的苏联发展国民经济第六个五年计划，在建筑新的铁路、为了电气牵引而改建许多现有的铁路、铺设双轨等方面，载明了要进行大量的工作。这一规模巨大的建设工作，要求我们更有效地利用用于基本建设的物质资源和资金。

更充分的利用土的工程性质，使可以提高土坝的稳定性和建筑物地基的承载力，这对降低建筑工作的费用具有重大的意义。

这本文集所发表的有关土工基本课题的文章就是为上述问题而提供的，这些都是德森伯彼得罗夫斯克 Л. М. 卡冈诺维奇铁道运输工程师学院土工科学部在 М. Н. 高尔希登教授领导下所进行的研究成果。

所有这些研究都利用土工科学研究部所组织的土工科学研究站直接在现场进行的。由于在生产情况下发生了许多各式各样的土工问题，所以必须进行各种土工问题的研究。

М. Н. 高尔希登在“论土的結構与压缩性”一文中，探讨了某些有关表征粘性土的水的粘滞性和其中内聚力本质的资料；同时还研究了压缩试验的方法，以及影响到建筑物基础下受压层厚度和它们的沉降值的诸因素等问题。

М. Н. 高尔希登在“黄土状土的突陷性”一文中，分析了近年来所进行的研究成果；指出了室内试验黄土状土时确定其突陷性的最合理的方法；阐明了这些试验与荷载试验成果之间差异的原因；列出了突陷过程中黄土状土抗剪强度的研究成果。

文中推荐了有关由于承压土柱四周的浸湿土的压密，土从基础下挤向旁侧对突陷值的重大影响之原理。根据突陷过程的分析指出，现行的土层突陷性的分类法是不能令人满意的。

最后，列举了有关消除由于浸湿土在施工过程中在建筑物自重下的压密而产生突陷的方法之资料；同时也列举了用重型夯板预先压密

黃土狀土的實驗資料。

В.П.維哈列夫在“人工压实时 黃土狀土的潤湿”一文中，比較了在取土坑中和填筑地点潤湿土的功効；列出了現場确定未破坏結構黃土狀土的浸水量以及其潤湿性与土的物理性指标間的关系的試驗成果。同时还研究了土的含水量随時間改变的过程。

В.П.維哈列夫在“用各种方法压实黃土狀亞粘土的經驗”一文中，提出了用5吨和30吨羊足轆、30吨气胎轆轆压和用重型夯板夯实的試驗工作成果。当選擇人工压密黃土狀土的方法和比較各种不同类型压实机械的优缺点时，可利用这些研究成果。

А.М.阿罗洛夫的文章涉及到有关冲填建筑物中砂的密度問題(这一問題还很少研究)。根据試驗工作，指出了泥漿濃度、排漿方法和灘角三者对冲填砂密度有影响。研究了围堰所組成的冲填建筑物的边坡表层中砂的密度。叙述了冲填过程建筑体中随冲填强度而異的浸潤綫的觀測成果。

目前，建筑工程中的深层降低水位得到了廣泛的推行，且認為它是防护地下水流对基坑破坏的用費最少和最有效的方法。И.А.哈利勃尼可夫在“降低水位设备的工作效率的研究”一文中，給出了各种降低水位系統的研究成果。在文章中对喷射式井点管设备、ATH-10a型水泵和輕型井点设备所觀察到的效率进行了分析。文中包括这些降低水位方法的耗电量和效率的資料；并且还得出了采用这些方法的最优条件的結論。

当設計各种排水设备和反濾层时，土抵抗管涌的稳定性具有极大的意义。А.Я.杜諾夫斯卡婭在“論管涌的結構标准”一文中，分析了某些最近有关土中机械管涌的作品。

本文集中有两篇与岩石压力問題有关的論文。其中一篇为B.A.米久姆斯基的“論用連續介質力学法确定岩石压力”，他叙述了A.薩罗斯托維奇和K.B.芦別涅依脫在这方面的最近研究的实質。由于批判分析了这些作品，所以他得出了这样的結論：必須小心謹慎地使用芦別涅依脫的計算公式，这些公式仅有純理論的意义，它只是許多試圖应用連續介質力学方法来研究岩石压力問題的一种。

В. А. 米久姆斯基在另一篇“測定隧洞中岩石壓力的試驗方法”文章中，他研究了所謂“試驗圖法”的方法。文中列舉了在二個正在建築的隧洞中驗證這一方法的資料，同時也分析了試驗研究岩石壓力的其它方法。

在И. 3. 羅巴諾夫的論文中，他提出了計算建築物沉降的方法，且這種方法可以不要預先求出地基中的應力，这样就大大地簡化了沉降計算。

文集中所發表的作品，在頗大程度上是依據于Н. М. 格爾謝凡諾夫的有效而仍然遠未研究的概念。從上面所引述的簡要內容可以看出，這些論文主要是涉及土的力學性質以及與其性質有關的施工方法。

院長 В. А. 拉扎采 (Лазарян) 教授

論土的結構与压縮性

М. Н. 高尔希登 (Гольдштейн)

粘土的活性

土样的試驗成果与天然地层中土的性質間的相符程度問題是近代土力学中重大問題之一。研究这一問題的困难在于大多数土的力学性質非常不稳定。在不同因素作用下，这些性質經受着显著的变动。为了进行土样試驗，在野外取原狀土和在室内处理土样时，土的結構破坏的影响是特別重大的。

必須指出，在土的結構形成的过程中，起重大作用的是粘土的矿物成分、复合体 (комплекс) 和孔隙間溶液的化学成分以及顆粒成分三者。問題在于顆粒間結構粘結力的产生是发生在顆粒表面的过程，它与表面性質及其比面有关。在另一方面，初內聚力的大小及随后的固化，无疑地取决于填于顆粒間孔隙中的介質特性。

过去，对于各种粘土的力学性質的不同仅解釋为是由于比面的数值，因而，即土的顆粒成分有所不同。但不久就肯定了有性質上极不同的粘土矿物，如高岭土、伊利土和微晶高岭土的存在。同时也弄清楚了吸附离子成分間的差異对粘土与水的相互作用的特征有很大的影响。这些事实迫使某些研究者们走向对立的极端——提出了关于放弃粘土的顆粒分析而轉到仅按塑性指数进行土分类的問題。塑性指数是土中表面現象的最灵敏的定量指标；但是，在許多情况下，仅知道塑性指数是不够的。显然，表面現象的强度愈高，換句話說，即这种现象在粘粒表面上愈活动，那末相应于粘土同一塑性指数的粘粒相对含量將愈小。以粘土与水的相互作用的强度和土中表面活动性的粘粒数量加以比較的这种一种指标，是表征該活动性的方便指标。最好利用 В. А. 普里克隆斯基 (Приклонский) 所提出的 [1] 以土的塑性指数与粘粒含量百分数的比值作为这种指标。斯克勃頓 (Skempton) [2]、

2A603/02

3]称此一比值为粘土的活动性。今后將以字母 Γ 表示粘土的活动性:

$$\Gamma = \frac{w_n}{p}, \quad (1)$$

式中: w_n ——塑性指数;

p ——粘土粒(小于0.005公厘)的含量百分数。

今將粘土中所見到的某些矿物的活动性的資料列举如下[3],

石灰石.....	0.18	伊利土.....	0.9
白云母.....	0.23	鈣—微晶高嶺土.....	1.5
高嶺土.....	} 0.33 0.46	鈉—微晶高嶺土.....	7.2

因为土的塑性指数不仅与矿物成分有关,而且与吸附离子的成分有关,活动性指标完整地估計到这二种因素对于土与水相互作用的响。

大家知道,矿物顆粒本身的表面活动性可用吸附容量(交換容量)这一指标来估計。除了活动性指标外,斯克勃頓也利用这一指标来表达所研究的粘土的活动性。

确定吸附容量是相当复杂的,只有在化学方面受过專門訓練的人員才能做到。如將扩散层中包含相同离子的粘土加以比較,便可以避免这一困难。这样一来,就可以用确定粘土的所謂比較活动性的間接估計方法,以代替吸附容量的直接測定。为此,最方便的是利用为Na所饱和的粘土,因为在这种情况下发生了分散作用,同时土具有最大的水化能。

例如为鈉所饱和的斑脫土的塑性指数达到600,而將Na代之以Ca时,塑性指数减少到等于或小于80。为Na所饱和的高嶺土的塑性指数約为50,而为Ca所饱和时,則塑性指数降低到20。

在一定的粘土的扩散层中如使其为鈉所饱和,則得到最大可能的塑性指数,因而,也就得到一定矿物成分的粘土的最大活动性指标 $\Gamma_{\max}$,將表征塑性指数,同时作为与吸附容量相同的比較指标。

因为土中吸附离子的交換过程很容易完成,所以用鈉来饱和土是并不困难的,同时在任何試驗室中即使只有极有限的設備也都能办

到。

斯克勃頓根据活动性指标將粘土分成下列三类：

非活动性粘土.....	<0.75
正常粘土.....	0.75至1.25
活动性粘土.....	>1.25

粘 滯 水 (結合水)

近几年来研究使我們得到結論：极薄的結合水膜能显著地改变土的力学性。看来，水膜的厚度不致大于水分子直径的3—4倍，即最大为 $1 \cdot 10^{-6}$ 公厘，因此粘滯水量远比最大吸着含水量为小。

除了这一“强粘滯水”以外，粘土中还有所謂“弱粘滯水”，它与“强粘滯水”有相当明显的分界綫。根据A. A. 罗捷 (Роде) 的意见，弱粘滯水含量超过最大吸着水量的2—4倍。

依据許多研究者們 (H. И. 高尔布諾夫 (Горбунов) [4]、A. A. 罗捷 [5]等) 的意见，水主要是粘結在顆粒的表面上，同时在这种現象中扩散层阳离子的作用极小。但这一說法是有爭論的。看来，在形成弱粘滯水时，扩散层中阳离子的水化作用恰恰起了决定性的作用。否則难以想象一种阳离子代換另一种阳离子对稠性限度有很大的影响，也难以解釋电滲現象。当电滲时，扩散层中的阳离子向阴极移动，同时帶走了土孔隙中的水份。因此便发生极有效的排水，在阳极附近，含水量可达到远比搓滾限度为低的数值。如果不动的粘粒表面果真粘着这种水，那末在电流作用下，水份便不能从土中排出。因此，土中水的电滲运动应視為弱粘滯水随同粘結这种水的阳离子的排走的过程。

Б. В. 捷拉金 (Дерягин) 根据所进行的自平行縫之内壁之一面上落液法的試驗，于1950年3月13日至18日的全苏膠体化学會議上所作的报告中得出結論：粘滯液体层他称之为界面相 (граничная фаза) 与四周的容量相 (объемная фаза) 有显明的界綫。Б. В. 捷拉金指出：“有关分子定向随远离处在液体深处的亲液固体表面而逐漸减弱之老概念应予重新审查，此一概念几乎无需論証的和毫无例外地写在

所有物理化学和胶体化学的教科书中。定向不是逐渐消失的，而是在离固体壁某一距离处突然消失。”Б.В.捷拉金的这一結論具有很重大的意义，可是未注意到环绕在粘土顆粒四周的吸附离子的特殊作用，所以未能直接將其运用于土上。吸附离子当处于扩散层的形式，同时本身起水化作用时，毫无疑问也将会影响到粘土顆粒本身的界面相的特性，在很大的程度上“冲毀”此一显明的界限，这一点Б.В.捷拉金談到过。

各个研究者所发表的許多資料使我們想到，扩散层阳离子的成分不仅影响到弱粘滯水的数量，而且由于与顆粒表面电場相互作用也会影响到处一层的强粘滯水的粘結（связывание）。例如，当扩散层阳离子成分改变时，土的最大吸着水量也在改变。

初 內 聚 力

有关粘土中初內聚力本質的問題迄今仍不十分清楚。例如，П.А.雷宾捷尔（Ребиндер）和Н.Я.捷尼索夫（Денисов）〔6和7〕指出，只是当膠粒在最小亲水性点的端上相互接触时才产生初內聚力。

但是，大家知道，随着粘土的压密，由于顆粒接触表面的增加，土中的初內聚力亦有增長。同时，扁平的粘粒在压力作用下其方向或多或少是一致的，同时不是端与端的接触，而全部是或几乎全部是面与或面的接触。因此，如果这些表面甚至仅有个别部分是被粘滯水层所包围，那末，粘粒間的全部均匀的直接接触已不可能，它們被这些夹层所分开。

И.Н.安几波夫—卡拉大耶夫（Антипов-Каратаев）〔8〕和П.В.維尔雪尼（Вершинин）〔9〕認為：两个已經接触的顆粒間的初內聚力可用万—节尔—万里斯力确定，根据他們对于亚粘土質土壤的資料，該力达到0.2至0.5公斤/平方公分。因为这些力比粘滯水的楔入压力小几百倍，所以在水下便不可能保証粒間的内聚力。

例如，П.В.維尔雪尼自純矿物土体中不能得到水穩性的集合体，И.Н.安几波夫—卡拉达耶夫認為这是很自然的，因为正如上面談过的，粘着力（万—节尔—万里斯力）不可能抵抗吸附水层的楔入作

用。但是在土中摻入3—5%的腐殖質，便能保證集合体的水穩性。必須指出，与И. Б. 維爾雪尼的資料不同，純礦物土在完全不含腐殖質混合物時，也能够保證高度的水穩性。因此，在這種情況下，內聚力必然是由于另外一些力——顆粒表面間，擴散層陽離子間及土壤溶液的陰離子間的相互作用力所產生。毫無例外，水的定向偶極也有助于內聚力的產生，偶極的氫端可以形成所謂氫連結。粘粒間借助于由非晶質的二氧化矽和由三氧化鋁所組成的橋可形成連結。在每一種情況下，我們可以指出多種多樣的粘粒間的內聚力的自然類型及其形成方法。

可惜，土粒間一切連接類型的嚴格的化學研究和物理化學研究還剛剛開始，可是有關這一問題的許多很有趣的材料已經可以在土壤學著作中找到，其中闡述了土壤集成過程的研究。但是在純礦物土中也產生固化內聚力，在很多方面與土壤中的類似過程則有極大的區別。

固 化 內 聚 力

И. Н. 安凡波夫—卡拉达耶夫認為沉積岩从一开始就形成了微集成構造，这是由于土粒在万—节尔—万里斯力作用下相互粘着所引起。这是結構形成的第一階段。然后在土中可能循着兩條道路開始第二階段。

1. 在顆粒間形成鹽形式的礦物膠結物（例如 $mR_2O_3 \cdot nH_2O$ ），并且随之变为膠冻。

2. 由于顆粒的結晶格的已溶解表面之微体間的化學連接，形成膠結連結——顆粒間的結晶橋。

可以認為，原生風化產物轉變為次生物的長期成岩作用的过程，除了形成次生粘土礦物外，同時在粒間產生了化學結晶連結。

相對於土結構形成的兩階段的每種內聚力，Н. Я. 捷尼索夫（Денисов）〔7〕建議定名為初內聚力和固化內聚力。

必須指出，在土力學和土壤學中，“強度”概念的解釋是不同的，有時會引起誤會。在土力學中，土的暫時強度理解為強度；可是在土壤學中，強度則理解為土壤抵抗水的沖蝕作用的能力，理解為其

水穩性，而力學強度則稱之為粘結力（例如，參閱B.P.威廉士的著作〔10〕）。

在粘性土中和在土壤中形成連結的條件不同。在幾千年的時間內，土是相當固定的條件下與周圍的介質相互作用，並處於幾乎不變的應力狀態下，而土壤則承受強烈的大氣作用、生物影響以及農業工具的機械耕作。因此，常常不可能直接利用土壤學中極其豐富而有意義的研究來研究土的強度，同時必須考慮形成土壤和土結構的自然歷史條件下有所不同。

粘滯水的作用

目前在關於粘滯水在形成粒間連結的作用問題上存在着二種觀點。一種觀點是說顆粒被粘滯水的夾層所隔開，另一種觀點是說顆粒與顆粒是直接接觸的。

第一種觀點的維護者用粘土體積隨含水量的變化而有很大改變的事實來証實。這一觀點的反對者指出，這種觀點必須承認粘滯水有產生粒間內聚力的能力，然而，正相反，這種水却在楔開顆粒。

第二種觀點的維護者指出，粘滯水不是以連續水膜的形式包在粘粒的周圍，而是集中在晶體表面某些水化作用最活動的點上。因此，顆粒有部分表面允許有直接的或幾乎直接的接觸。只有這種接觸才可能保證粒間的內聚力，因為水份不可能產生這種內聚力。也僅僅在振動時破壞了粒間的直接接觸時，才可能有觸變現象。因為內聚力的破壞，引起了土的液化。

這一觀點的反對者指出，如果顆粒是直接接觸的，便不可能有象在粘土中常見的那種強烈的膨脹和收縮。還可以舉出許多反對這種和那種觀點的相反意見。由此可知，土力學中的這樣一個重大的問題還仍然沒有弄清楚，同時目前研究者們來注意這一問題乃是迫切需要的。

觸變和胶結

我們曾進行過下列試驗。將液性限度的古里海粘土膏裝在壓縮儀的環刀中，然後用土膏把環刀的四周塗滿，並放在完全密閉的容器中

保留很長的時間。此後，把環刀裝在壓縮儀上，並進行土的壓縮試驗。

所得到的自液性限度開始的壓縮曲線在半對數坐標上是一些直線。看來，在土樣儲備了四個月以後，在同一開始含水量下，當壓力範圍在0.25公斤/平方公分以內時，土的壓縮性顯著地減小。

如果在此範圍內，儲備前土樣的相對壓縮系數等於0.93，那末在儲備後它就等於0.17，即減小到5.5分之 $\frac{1}{5.5}$ 。因此，在土中是出現了結構連結，可是，這種連結在荷重為0.5公斤/平方公分時便被破壞，同時，在這一荷重下孔隙率等於新製備土樣被同一壓力0.5公斤/平方公分所壓成的孔隙率($e=1.51$)。繼續加荷後，兩個土樣的壓縮曲線幾乎是恰相吻合的。另一個同樣的土樣儲備了四個月以後又放在干燥缸中二月，它的含水量減低到15%。因為收縮的緣故，孔隙比自1.88降低到1.51。根據前述試驗，這一孔隙比相當於壓力為0.5公斤/平方公分時的數值。當壓縮這一土樣時，自然在開始時它較前者的壓縮小很多，可是只要壓力超過0.5公斤/平方公分，壓縮曲線恰與前者相平行，僅稍微向下移一點（圖1）。

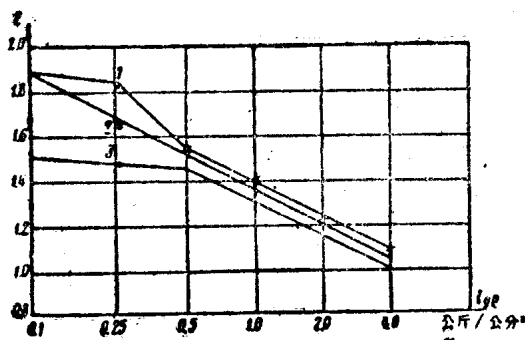


圖 1. 儲備對粘性土的壓縮性的影響

- 1—土樣儲備四月後壓縮；2—土樣儲備十五日後壓縮；
3—土樣儲備六月（具有部分收縮）後壓縮

因此，在土中發生了觸變性質的連結。這種連結在變形時會被破壞，使得土回到起始狀態，在相當的儲備以後，又重新恢復。

顯然，在這種連結下，顆粒間是沒有粘著（склеивание）或膠結的。我們認為，粘滯水定向的偶極分子與吸附陽離子的顆粒表面以及粒間介質的陰離子的電場的相互作用，也能够有助於粒間連結的形成。在土處於靜止狀態的長時期內，所有這些粒間介質的元體慢慢地移動，力圖占有使相互作用的電力能得到最大補償的位置，即相當于

潛能体系为最小的位置。这时发生了某种調整結構 (упорядоченная структура), 或者可称之为伪結晶結構。粒間連結的最大强度相当于这一状态。振动或其他机械作用相当容易地克服这些力的作用, 同时当結構的相互作用的元体的一定排列被破坏后, 土便发生液化。然后, 土在靜止状态中, 在相互吸引力和排斥力的作用下, 結構的这些元体重重新产生緩慢的相对位移, 由此就开始了某种均匀状态, 并且土的开始平均靜力强度开始恢复。由于发生了前述的膠狀和結晶連結, 因此在以地質年代衡量的漫長的靜止时期中, 促进了强度的增長。

类似連結的破坏是不可逆的。如果以图解繪出土固化与时间的关系 (图 2), 那末可以分出快触变固化和慢膠結固化的区段 [2]。在眞正的土中, 遇到两种类型的連結, 它們之間的关系可能是不同的。在結構未破坏的土中, 它的强度是这两类連結的結果。当結構破坏时, 这两类連結被破坏, 但儲备了一些时间以后, 触变連結便恢复了。

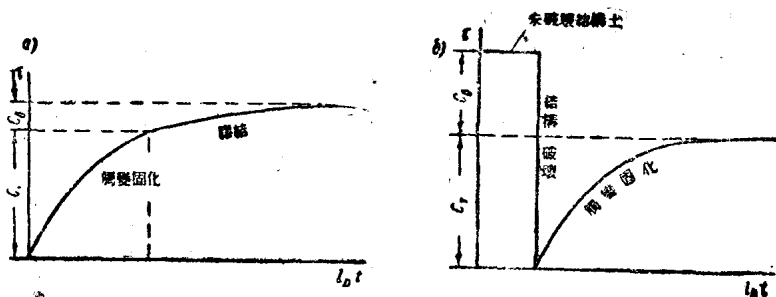


图 2. 粘性土的固化与时间的关系

a—土的初期 (成岩的) 固化图, б—結構破坏后的固化图,
 C_B —膠結固化, C_T —触变固化

按許多資料判定, 結構未破坏的各种粘土的强度值是相当接近的, 而在結構破坏 (保持天然含水量) 后, 强度可能极不相同。

土的触变性与其的含水量的关系是极有意义的。根据文献上所載的資料及我們的材料, 可以認為, 含水量愈小, 土的触变性愈小。当含水量接近于搓滾限度时, 土不会受到大的触变破坏。經過試驗的大量的半固体和难塑稠度下的过压粘性土, 是没有触变性的。

以上的說明使我們有根据去假定固化內聚力同样应分成触变 (可

逆的) 內聚力和膠結(不可逆的) 內聚力。

粘土触变固化所起的作用比更强固的、不可逆的膠結固化所起的作用来得愈小, 則在取土样和操作仪器等时, 粘土結構破坏的危險將愈小。

因为粘土在含水量接近于搓滚限度时, 触变性質便消失, 由此可以得出重要結論, 即如果取土相当仔細, 則在取土时天然結構的破坏对于低含水量的土和过压土的室內試驗成果的影响是不大的。

結構强度

必須將結構强度和結構壓縮性区分开来。下列比值称为結構强度系数:

$$K_{cn} = \frac{q_c}{q_n}, \quad (2)$$

式中: q_c ——結構未破坏(天然)时的强度;

q_n ——同一种土在同一含水量下結構破坏(重塑)时的强度[11]。

估計結構强度的这一方法的想法, 据我們所知, 是Д. Е. 波里兴(Польшин)所首先发表的。1944年泰沙基(К. Terzaghi) [12]提出了同样的方法, 称之为粘土的“灵敏度”, 并提出按此特征將粘土分成下列各类:

非灵敏性粘土	1
低灵敏性粘土	1至2
中灵敏性粘土	2至4
高灵敏性粘土	4至8
极灵敏性粘土	8至16
流粘土	>16

斯克勃頓[2]指出, 过压很强烈的粘土在地史时期中是“非灵敏性粘土”。低灵敏性粘土很少遇到, 而在正常压实的粘土中, 最通常的灵敏度是2—4, 可是灵敏度为4—9的遇到的相当多。他举了流粘土的例子, 其灵敏度約为150。1898年在加拿大这种粘土坍塌了1,000,000立方公尺, 流动历时3—4小时, 填滿了深及7.5公尺超过3公里距离的谷地。

斯克勃頓和洛賽 (Northey) [2] 的試驗成果極有意義，在這些試驗中曾用蒸餾水淋洗土樣，以改變溶於孔隙水中的鹽濃度。然後測出土的力學性的相應變化，特別是孔隙中溶液濃度對結構未破壞粘土的靈敏度的影響。試驗中得到的圖幅之一示於圖 3。孔隙水中鹽濃度的變化為 30% 至 0%，引起結構強度係數（按泰沙基的靈敏度指標）的變化自 5 至 60。

根據這些試驗，作者得出下列結論：

1. 當低、中靈敏性的粘土結構被破壞時，強度的下降可解釋為觸變的結果。可是在高靈敏性的粘土，觸變性看來是不起作用的。

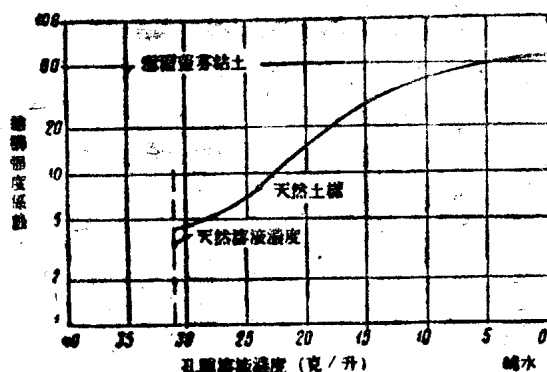


圖 3. 孔隙溶液濃度對結構破壞的粘土的靈敏度的影響

孔隙溶液的陰離子產生粘土粒間內聚力的作用的假定。用蒸餾水長期淋洗土使得氫離子代換吸附陽離子。同時在孔隙水的陰離子中 OH^- 大大占優勢。同時土粒間所產生的連接，由於粘滯水量的大大降低，而有別於高觸變性。

聯系到上面所談的，必須提一提建築法規與房屋和工業結構物天然地基設計標準及技術規範 (ННТУ 127—55) 中的某些矛盾。在這些標準的第 57 節中舉有具低結構粘性的粘性土地基的計算強度。在標準的第 67 節中指出，“具有高結構粘性的粘土和亞粘土（特別在比第四紀更古老的土中容易遇到）的地基計算強度，可根據同樣含水量的結構未破壞的和結構破壞的土樣的極限強度的比值，按比例提高”，即按結

2. 室內和野外的試驗指出，高靈敏性粘土可能發生在海洋粘土或河口粘土中，在這些粘土中，孔隙水的開始濃度後來由於淋洗而下降。但是必須進一步研究這一現象。

我們認為，這些資料在很大程度上証實了上述關於吸附陽離子和