

察尔汉盐湖岩盐 物理力学性质的初步研究

本所 二室

察尔汉盐湖是氯化物型的干盐湖。其中将有铁路南北贯穿，以岩盐为主的易溶盐类堆积，形成一种特殊的路基基底。盐湖岩盐的物理力学性质及路基的稳定性，成为多年来众所关心的一个问题。

察尔汉盐湖岩盐地层是第四纪晚更新世和全新世的产物，地质年代新，盐层埋藏浅（上层最深23.5米，沿线最深17.7米）未经长期的地质成岩作用，颗粒之间互相连结较弱，不同于一般坚硬的沉积岩；化学沉积，盐晶犬牙镶嵌，晶间接触面具有不同程度的连结力，又不同于一般的第四纪土质堆积。

新构造运动在盐湖南北造成北西至北西北和北东至北东东走向的断裂和背斜隆起，对盐湖的发展影响较大。然而，对盐湖地层的

产状未起剧烈作用；不仅盐层埋藏平坦，而且除个别钻孔在1.0~1.8米深的细中粒白色石盐原状中心发现25°倾角的平整弱面以外，至今未见其他斜交于层理的结构弱面，可以把岩盐地层看成层状的连续介质。

盐层富含高矿化度潜水（晶间卤水），并同周边淡水及盐下低矿化度承压水保持水力联系，尤其是北部的上层承压水层，向湖心延伸尖灭，水头高出地面0.2—1.87米，成为盐溶的主要原因。盐湖北部和东部，盐溶广泛分布，威胁铁路路基稳定性。

盐湖的形成和发展，受气候条件的制约。岩盐地层不仅直接受蒸发、降雨和气温升降的作用，而且气候变化，还通过周边淡水补给，间接影响盐湖的水涨水落、盐溶盐

5.本工艺流程，经试验证明，完全可以按 Na^+ 、 K^+ 、 $\text{Mg}^{2+} // \text{Cl}^- - \text{H}_2\text{O}$ 体系为依据进行计算。

参考文献

- [1] 上海化工研究院，冷分解法加工光卤石矿制取钾肥试验工作总结，（1967年）
- [2] 上海化工研究院，察尔汉钾肥厂、察尔汉钾肥精钾车间试验，（1964年）
- [3] 中国科学院盐湖研究所，达布逊湖东北湾近期沉积光卤石制取精钾浮

选工艺的研究（中间试验），（1976年）

- [4] 本所：技术情报室，《盐湖科技资料》第一、二辑，（1976年）死海的开发利用。
- [5] А. Б. Здановский Справочник по Растворимости солях Систем, 1954, 745~748
- [6] 化学工业部第一设计院，氯碱工业理化常数手册，（1969年）
- [7] Handbook of Chemistry and Physics. 51 TH

析。

综括盐湖的上述自然地质特点：

平坦、连续介质，为铁路路基提供有利的工程地质条件；

成层、程度不同的弱连结，形成一定的基底结构型式；

充水（晶间卤水及其与低矿化度水的水力联系）、易变（盐溶盐析），则成为影响路基稳定性的重要因素。

卤水的大规模开采，将改变充水和盐的溶析状况，导致岩盐物理力学性质的改变。

盐湖岩盐的基本力学属性

似均质性 盐湖岩盐，不仅具有沿垂直方向分层的特征，而且层内沿垂直和水平方向，含泥率、粒度、孔隙度、固结程度等变化剧烈。空间上的这种变异，导致力学性质的严重不均匀。同一般的岩、土相比，有过之而无不及。从图1所示岩盐力学性质指标的频数分布状况可见，在不大的空间范围内，岩盐的力学性质指标明显地偏离其平均值。如盐岩单向抗压强度的偏离范围达到平均值的 ± 0.7 ，标准离差为0.27。然而频数的分布却是有规律的，近似于正态分布。因此从统计观点来看，可以把岩盐看作具有较大离散程度的均质体，或称“似均质体”。

各向异性 各向异性是沉积岩的普遍属性。如地下深层岩盐，垂直层理和平行层理单向抗压强度的比值为1.5*。盐湖固结岩盐的各向异性情况如表1所示。

对于软硬互层的试样，垂直层理压缩时，软层起决定作用，平行层理压缩时，硬层起决定作用。因此，此值小于1。例如829—2组试样，由致密的细中粒白色岩盐分层与经淋滤的松软含泥岩盐分层组成。 $\sigma_{ya \perp} = 10.3 \sim 15.1$ (平均13.4) 公斤/厘米²， $\sigma_{ya \parallel} = 21.0 \sim 51.2$ (平均36.9) 公斤/厘米²， $\frac{\sigma_{ya \perp}}{\sigma_{ya \parallel}} = 0.36$ 。对于岩体来说，薄层软硬互层的影响能否忽略，尚待研究。

散粒盐层，如盐湖北部边缘强烈溶蚀地

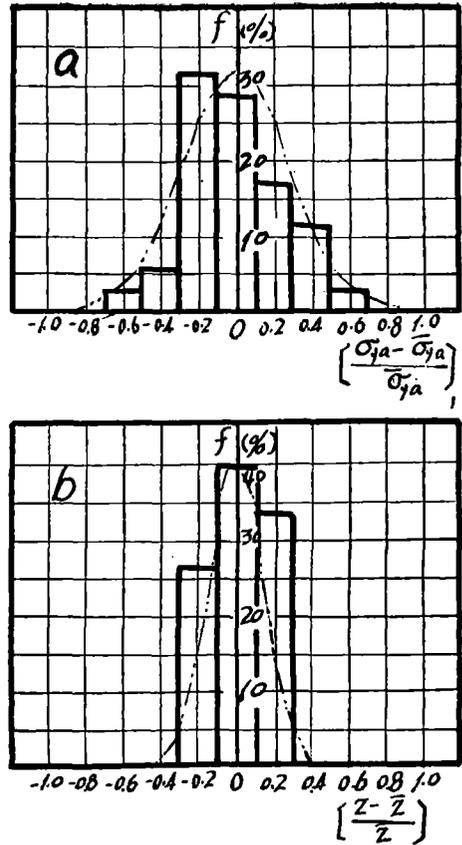


图1 盐湖岩盐力学性质指标的频数分布

(a) ChII-1.2、829-2岩盐单向抗压强度 σ_{ya} ， $\bar{\sigma}_{ya}$ -平均值；(b) 钻孔取样点C的岩心完整率Z， \bar{Z} -平均值；

f 相对频数%

----- 正态分布曲线(标准离差分别为0.27和0.14)

带，岩盐颗粒分布紊乱，无方向性，可近似地看作各向同性。

我们建议，应力分析时，可以暂按表2数据进行计算。准确的比值尚待大量试验后，修正确定。

悬殊的固结程度 根据取样试验数据，

* Н. М. Проскуряев и. А. Р., «Физико-механические свойства соляных пород». Издательство «Недра», 1973.

表 1

盐湖岩盐垂直和平行层理的力学性质指标比值

取样点编号	岩 性	位 置	垂直或 平行层 理	试样 数量	单向抗压强度 σ_{ya} (公斤/厘米 ²)	弹性模量 E(公斤/厘米 ²)	$\frac{\sigma_{ya \perp}}{\sigma_{ya \parallel}}$	$\frac{E_{\perp}}{E_{\parallel}}$
ChI ₁₋₁	中粗粒岩盐 粒度: 4~10毫米 含泥: 3.8~13.0%	抽水试验区 ChI 线距渠道 约40米,探坑, 深0.40~0.70 米	⊥	13	16.0±3.4	1367±466	1.45	1.54
			∥	5	11.1±3.3	888±441		
ChI ₁₋₂	中粗粒岩盐 粒度: 4~10毫米 含泥: 3.8~8.3%	(同 上) 深0.70~1.05米	⊥	5	25.8±3.7	2041±701	1.22	1.30
			∥	2	21.2±3.6 (20.4, 21.9)	1574±1740 (1436, 1711)		

注: 按置信度 95%, 计算 σ_{ya} 和 E 的置信范围。⊥ 和 ∥ 的差异显著性均经过 t 检验。

表 2 垂直与平行层理力学性质指标比值(建议暂用值)

盐 湖 岩 盐 类 型	单向抗压强度 $\sigma_{ya \parallel}$ (公斤/厘米 ²)	建议暂用比值 $\sigma_{ya \perp}/\sigma_{ya \parallel}$ 和 E_{\perp}/E_{\parallel}
固 结 体 及 弱 固 结 体	≥1.5	1.4
散 粒 体	<1.5	1.0

可以把察尔汉盐湖岩盐大致分为四类(表 3)。作为路基基底主体是弱固结和固结盐层。盐湖南、北边缘地段的散粒盐层, 对路基稳定性的影响不可忽视。

表 3 察尔汉盐湖岩盐的力学性质类型

序号	类型	盐晶结合方式及特点	力学性质	举 例	与一般岩土比较
I	散 粒 体	颗粒之间无粘结力或粘结力极微; (1) 纯属盐粒堆积; (2) 湿度大, 含泥率高的岩盐, 盐晶之间被半流动状泥土充填。	$\sigma_{ya} < 1.5$ $E < 150$ $C < 0.3$	(1) 盐湖南、北边缘地区, 尤其是北缘强烈溶蚀地段; (2) 盐层底部与泥层接触处的稀湿含泥石盐。	相当于砾砂或角砾
II	弱 固 结 体	颗粒之间粘结力较弱, 可用手分开; (1) 盐晶粒相互嵌合; (2) 泥土作胶结物(湿度较大); (3) 盐晶面间具有较弱的粘结力。	$\sigma_{ya} = 1.5 \sim 5$ $E = 150 \sim 400$ $C = 0.3 \sim 1.0$	盐湖的大部分地区	相当于一般的或半胶结的角砾土、砾石土。
III	固 结 体	颗粒之间具有较大的粘结力; (1) 盐晶面间粘结力较大; (2) 泥土作胶结物(湿度较小, 干燥)。	$\sigma_{ya} = 5 \sim 50$ $E = 400 \sim 4000$ $C > 1.0$	(1) 盐层的中、下层; (2) 盐壳。	相当于极软岩。
IV	强 固 结 体	颗粒之间粘结力很大, 破坏时出现晶内破碎现象。	$\sigma_{ya} > 50$ $E > 4000$	干硬盐壳及干硬的底层粗、巨粒岩盐。	相当于软岩。

注: σ_{ya} ——单向抗压强度, 公斤/厘米²; E——弹性模量, 公斤/厘米²; C——抗剪强度或内聚力, 公斤/厘米²。

粘弹性 盐湖岩盐尽管固结程度悬殊，但是，在应力 σ 和应变 ϵ 之间(图 2)或者压力 P 和下沉量 S 之间(图 3)，都具有一般弹性和线性变形体所具有的良好线性变形阶段。

同时，由图3a曲线 2 的卸载线段和图 4 单向压缩增卸载曲线可见，盐湖岩盐同一般岩石类似，在比例极限以下，卸载后，保持较大的残余变形。

图 3 所示载荷试验压力——下沉量曲线还表明，卸载后出现程度不同的弹性后效现象，即卸载后随时间延续，出现数量不大的弹性恢复。

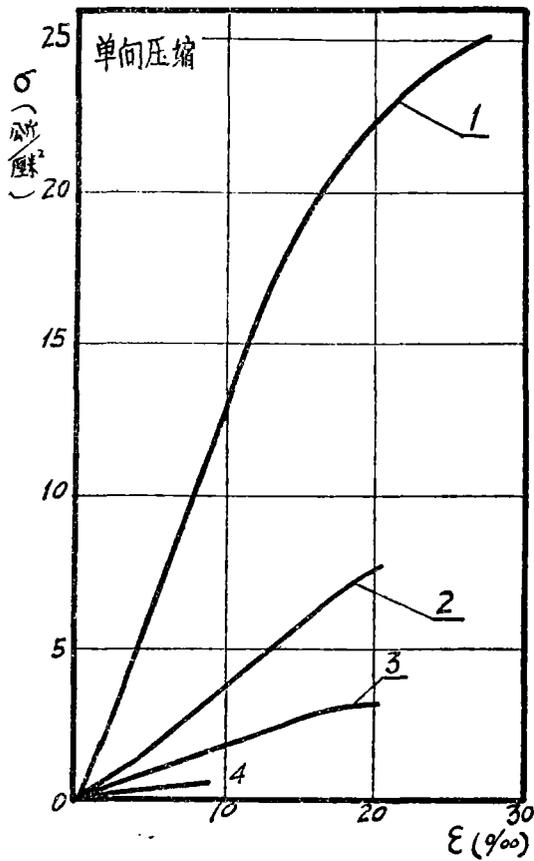


图 2 盐湖岩盐的应力——应变曲线

1—CR2-1, $\sigma_{ya} = 25.2$ 公斤/厘米², $E = 1310$ 公斤/米厘², 2—ChI2-1BO1, $\sigma_{ya} = 7.6$, 3—ChI3-2CO3, $\sigma_{ya} = 3.2$, $E = 173$; 4—X2BO1, $\sigma_{ya} = 0.61$, $E = 33.8$

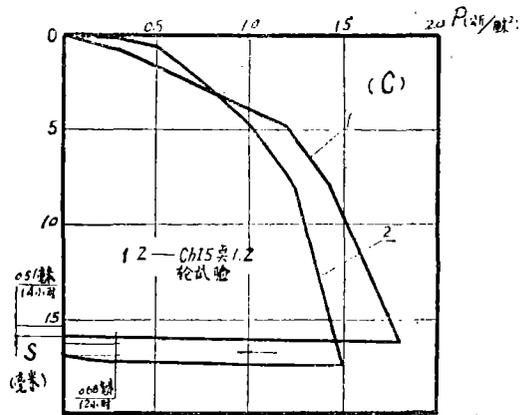
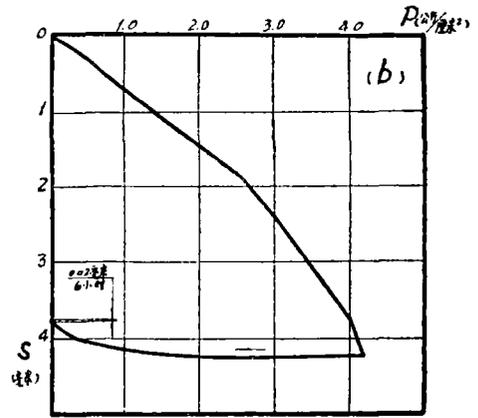
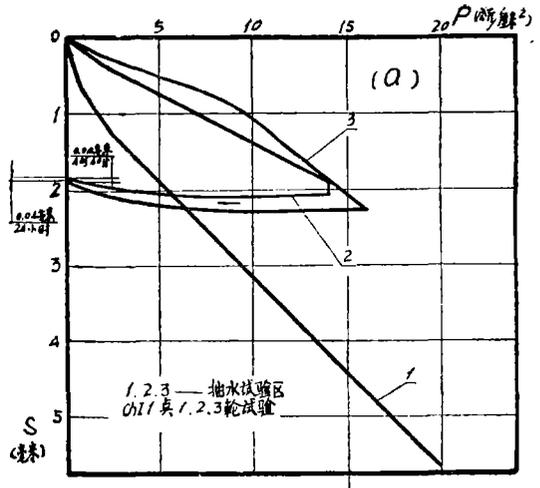


图 3 静力载荷试验压力——下沉量曲线

P——压力 S——下沉量

- (a) ChI 1 试验点, 抽水试验区 32° 方向 40 米
- (b) ChI 4-2 点 同上 970 米,
- (c) ChI 5-1a, ChI 5-2 点 同上 1100 米
(试验点位置见图 2)

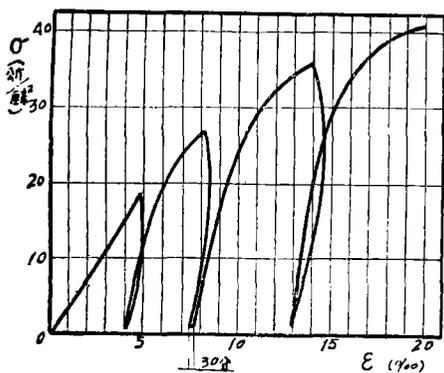


图4 盐湖岩盐单向压缩增卸载应力—应变曲线
试样编号 CR 1—3X, $\sigma_{yu} = 40.9$ 公斤/厘米², $E = 4020$ 公斤/厘米²

盐湖岩盐同盐晶和地下深层岩盐一样,

具有显著的蠕变特性(图5)。当应力较小时,应变 ϵ —时间 t 曲线逐渐变缓,属稳定型蠕变(图5a)应力较大时,应变随时间延续而剧增,直至破坏,属非稳定型蠕变(图5b),对散粒岩或强度很低的固结岩盐来说,变形的时间效应,还同松散颗粒之间的压密、滑移有关。

因此,盐湖岩盐,同一般岩石类似,既具有弹性,又具有塑性、弹性后效、蠕变等特性,是一种粘弹性体。

综上所述,我们认为,察尔汉盐湖岩盐,大部分属于似均质各向异性的粘弹性弱固结和固结体,局部为散粒体和强固结体。可按弹性体(或线性变形体)分析应力、应变,并适当考虑时间效应。

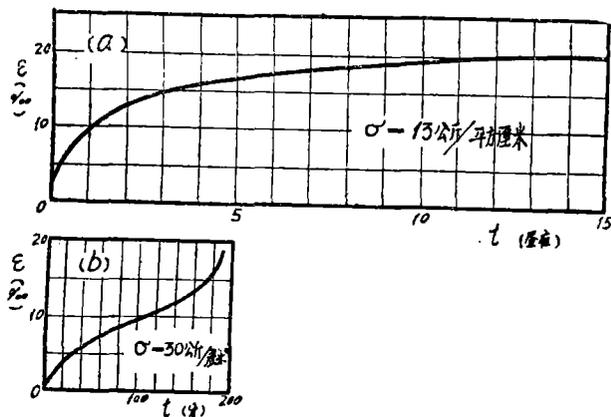


图5 盐湖岩盐蠕变曲线

(a) 试样号: Ru 2; (b) 试验号: Ru 1, 破坏;
取样位置 DK 894 + 550 N80°E 20米附近

盐湖岩盐的易变性

盐湖岩盐的易变性,主要地表现为盐溶和盐析两方面。

盐溶及岩盐力学性质的变化 盐湖北部和东部,盐溶广泛分布*。盐溶的基本方式有溶孔、溶洞和溶陷等三种。溶洞,改变路基基底的结构型式,影响路基的稳定性;溶陷,表现为盐层和地表的沉陷;溶孔,则以

增大盐体孔隙度的方式,改变岩盐的物理力学性质。

溶孔有以下三种具有方式:

1. **颗粒溶蚀**——岩盐颗粒普遍地受到溶

* 1.铁道部科学研究院西北所、第一设计院,《察尔汉盐湖上能否修筑铁路的研究》,1967年5月。

2.铁道部科学研究院西北所、第一设计院、中国科学院盐湖研究所,《察尔汉盐湖岩盐溶洞处理的初步意见》,1975年10月。

蚀, 盐晶棱角浑圆、晶面退缩不平、晶粒坑蚀穿孔, 以致颗粒缩小散离、骨架解体。这种溶蚀, 发生在低矿化度水大量入渗的强烈溶蚀地带, 如盐湖北缘靠近溶沟地段的散粒盐层。这种溶蚀方式对岩盐力学性质的影响, 可以通过孔隙度变化和地表沉陷来显示。

2. 穿孔溶蚀——如上文所示, 低矿化度承压水通过泉眼上升, 溶蚀岩盐, 形成直径为1~3厘米的垂直孔洞。未与泉水接触的岩盐骨架结构仍保持原状, 按这种溶蚀方式继续发展, 溶蚀孔洞增多和扩大, 最后同样

会导致骨架解体, 盐粒散离, 直至形成溶洞。但是, 在溶蚀前期, 虽也表现为孔隙度的增大, 对力学性质的影响却不同于颗粒溶蚀。由于骨架受溶只限于局部(溶蚀孔洞), 力学性质的变化较慢。盐湖北部溶洞区大部分盐层溶蚀, 属于这种方式。

3. 淋滤溶蚀——盐壳因雨水下渗, 淋滤成蜂窝状溶蚀小孔。在含泥较少的地区, 形成一种不定形的类似陶质的多孔岩盐。其孔隙度虽大, 强度并不降低。如表4所示, 孔隙度大于40%, 强度达11.6~35.0公斤/厘米², 远远超出弱固结岩盐的强度范围。

表4 829地区盐壳底部淋滤岩盐的物理力学性质

序号	与层理方向的关系	试样高宽比*	干容重 γ (克/厘米 ³)	孔隙度 n^{**} (%)	单向抗压强度* σ_{ya} (公斤/厘米 ²)
1	⊥	2.14	1.16	46.5	11.6
2	⊥	2.04	1.26	42.0	17.6
3	∥	1.95	1.22	43.8	21.8
4	∥	1.95	1.20	44.7	20.4
5	∥	1.59	1.23	41.0	35.0

备注 * 试样底宽4.5~6.4厘米。

** 按比重为2.17计算。

除淋滤溶蚀外, 第一、二种溶孔都削弱岩盐强度。岩盐试样的溶蚀试验表明, 弹性模量E与孔隙度n之间具有某种回应关系, 初步地表示如下(图6)。

盐析及岩盐力学性质的变化 晶间卤水所含盐份, 在蒸发或冷冻条件下析出于盐晶之间。盐析的结果, 一方面是缩小岩盐孔隙, 充实岩盐骨架, 增强晶间连结力, 从而提高岩盐的力学性能; 另一方面是体积膨胀, 在结晶力的作用下, 表层盐壳沿水平方向相互推挤, 以至隆起、翘曲、直立。

盐湖北部边缘X1点(DK893+548)载荷试验(X1c)的异常现象, 也说明了盐析的力学效果。X1c载荷试验于11月22日至28日间进行, 昼夜气温变化幅度为+10~22.5℃, 卤水温度为-1~12℃。该处卤水浓度受上升泉水的影响, 分布极不均匀, 卤

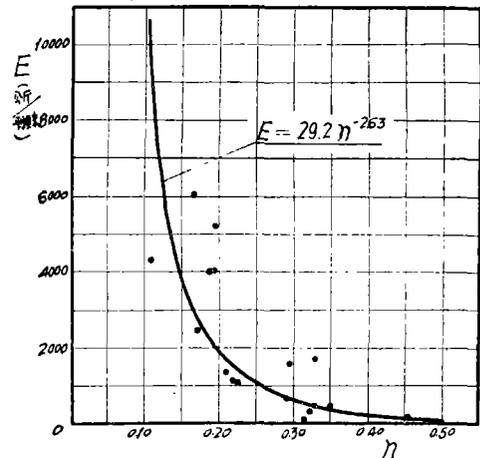


图6 不同溶蚀程度岩盐弹性模量与孔隙度关系

E 弹性模量, 单向压缩试验, 试样高宽比1.42~1.62, 饱和度4.3~29.5%, 取样地点DK 894+550附近, 深2.23~5.39米, 试样烘晒, 制成后, 浸淡水溶蚀, n—孔隙度, 以小数表示, ·—实际数据

水比重由1.149至1.210。盐层厚薄及松散程度也差异很大。随水温下降,析出水石盐($\text{NaCl}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$),日间温度回升,则部份溶解。如图7所示,随着盐析、盐溶,载荷试验P—S曲线变缓、变陡,呈阶梯状。夜间盐析,下沉速度变小,甚至出现承载面上升的现象。同9月26日至29日进行试验的邻近的X1a点(气温 $3.3\sim 20.7^\circ\text{C}$)相比,变形模量 E_b ,由28.4公斤/厘米²增大到294公斤/厘米²。

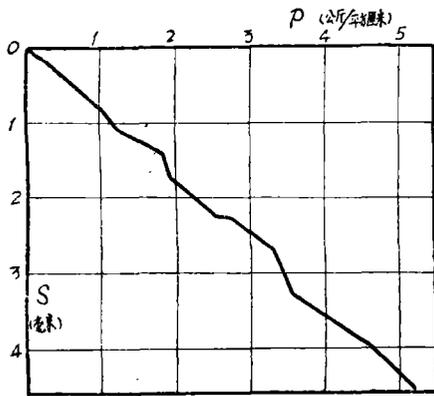


图7 X1c点压力p—下沉量S曲线

该试验点简易贯入试验*的数据也同样说明降温盐析所引起的力学性质变化。3~10月间, X1点岩盐的平均贯入度 $N_p=6$,至11月下旬增大到 $N_p=32$ (水温 -12°C)。如图8所示,平均贯入度 N_p 及水温的变化曲线,起伏基本一致,表明了二者之间的依存关系。

总的来说,盐析增强岩盐基底,有利于路基稳定。

基底岩体的结构型式及承载能力

岩盐成层沉积,决定盐湖路基底的基本结构型式是板状结构。只有在上层相当厚的情况下,基底结构转变为半无限体。可以认为,在察尔汉盐湖地层中,均质半无限体结

构,只是板状结构的一种特殊状况。

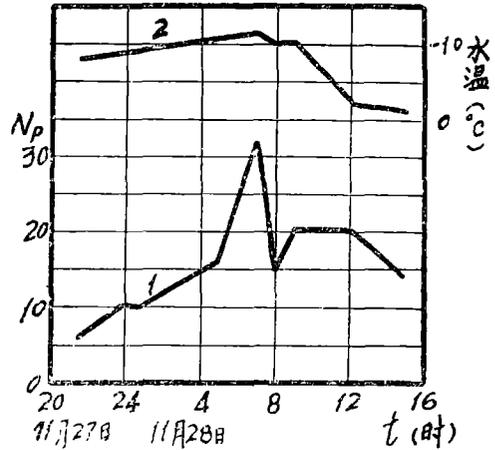


图8 降温盐析对贯入度的影响

试验地点: X1 (DK 393+548)

1. 贯入度 N_p ; 2. 卤水温度

根据岩盐试样物理力学性质测定资料和钻孔取样岩心完整率,可将基底无溶洞岩体的结构型式具体地分为(详见表5):

- A、单盐板(上盐下土);
- B、组合盐板(上软下硬);
- C、组合盐板(上硬下软)。

在盐湖北部的盐溶地区、盐湖中部的厚层岩盐地区及盐湖南部含光卤石、水氯镁石地区,分别进行了静力载荷试验。

静力载荷试验,圆形加荷板面积1000厘米²。承载面与潜水面一致。载荷试验结果如表6和图9所示。

试验结果表明,就现状而言,沿线大部分地段修筑路堤式路基,无论对于静载荷列车动载荷来说,基底具有足够的承载能力;盐湖北部盐溶地段、以及南部边缘盐层厚度小于0.5米的地段,应采取适当措施,保证路基的稳定性。

* 圆柱形贯入端头,端面积1厘米²,贯入深度10厘米,重2.5公斤,落锤高度40厘米。

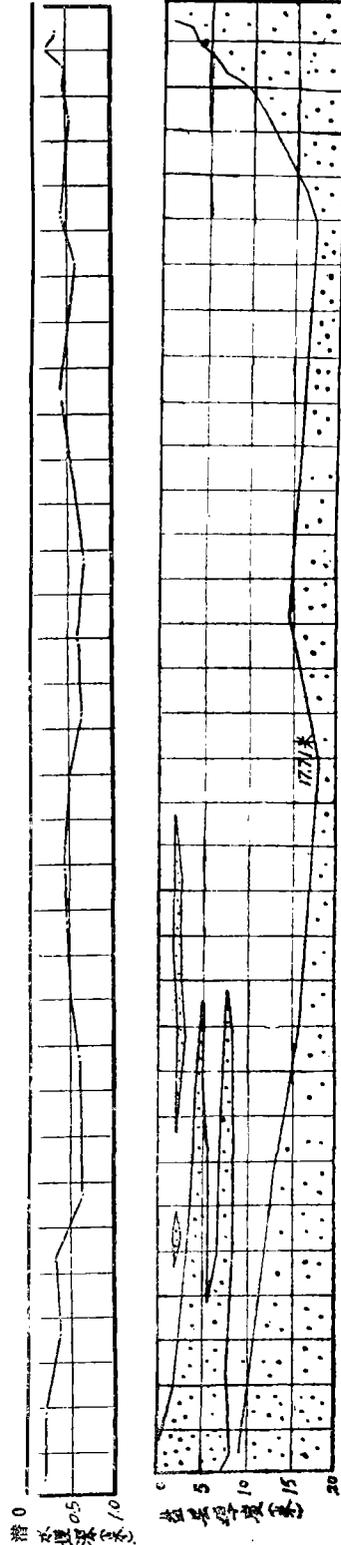
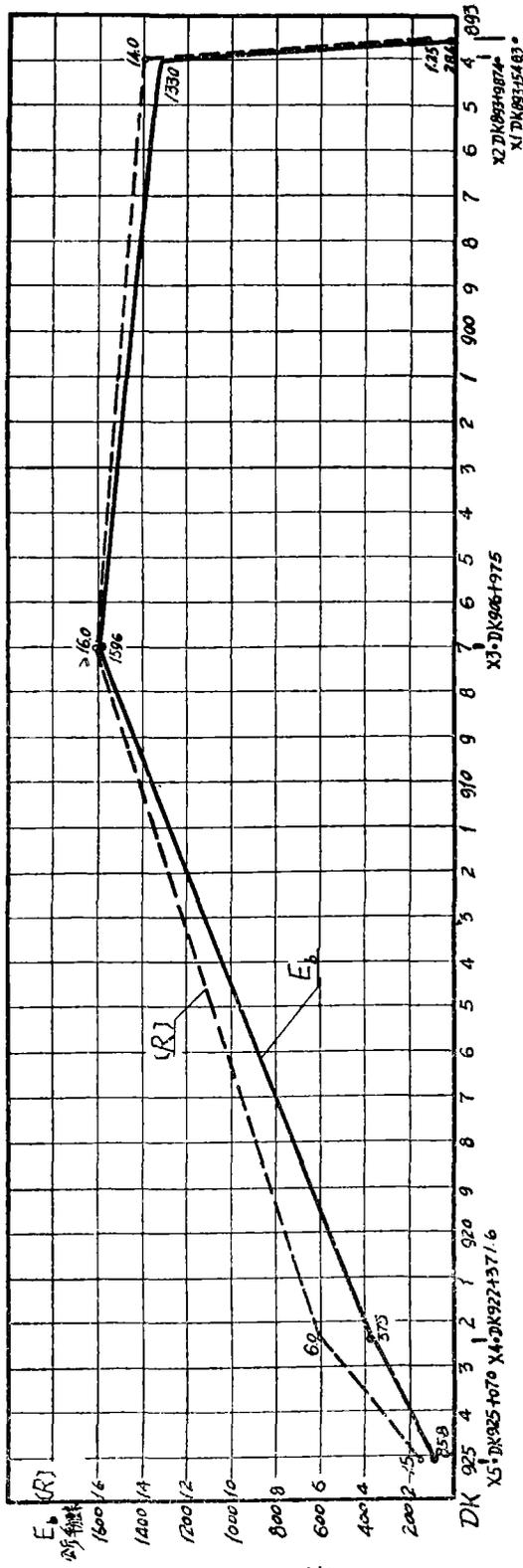


图9 察尔汉盐湖铁路路基盐基底承载能力及盐层厚度分布图
 静力载荷试验：加荷载面积1000厘米²(ϕ 356.8毫米)，承载面与潜水面大致相平， E_b —变形模量；(R)—允许承载力，根据比例极限确定，有 \triangleright 号者，未超过比例极限， \square —土层，以砂粘土、粘砂土为主，局部为粘土、粉砂。(层厚、水深，据铁道部第一设计院资料)

表 6

察尔汉盐湖铁路沿线基底岩盐承载能力

试验点编号	X1	X2	X3	X4	X5
位置	DK893+548	DK893+987.4	DK906+975 右0.70米	DK922+371.6 右2.30米	DK925+070
变形模量 E_b^* (kg/cm ²)	28.4	1330	1596	375	85.8
允许承载力 $[R]$ (kg/cm ²)	1.25**	≥14.0	≥16.0	6.0	1.50
平均贯入度 N_0	6	9	36	22	7

* 计算中, 取波松比 $\mu = 0.30$ (下同)

** 该点地处溶沟, 盐层厚度及物理力学性质极不均匀。 $[R] = 1.25$ 公斤/厘米², 仅适于盐层厚度接近0.65米 (不包括盐壳) 盐层变薄处, $[R]$ 较小。

弹性模量与抗压强度之间的 线性关系

根据不同位置、不同层位的61个岩盐试样(高宽比不小于2)试验数值的统计, 可得如图10所示弹性模量 E 与单向抗压强度 σ_{ya} 之间的线性回应关系。按不通过原点计算, 回应关系式为:

$$E = 75.7 + 69.4 \sigma_{ya}, \quad (1)$$

相关系数 $\gamma = 0.93$ 。从图中实验点分布状况及相关系数接近1来看, E 和 σ_{ya} 之间具有

十分良好的相关性。

如果按照单向抗压强度为零、弹性模量也等于零、直线通过原点的回应关系进行统计, 并考虑相关系数 $\gamma > 1$, 则关系式为:

$$E = 77.0 \sigma_{ya}, \quad (2)$$

弹性模量与抗压强度之间线性相关的机理以及回应关系线是否通过原点的问题, 有待进一步研究。然而, 确定无疑的是, 二者之间存在着紧密相关的回应关系。它反映了盐湖岩盐变形特性与强度特性之间相互依存, 为我们分析影响因素、简化测试方法和检验测试结果, 提供了便利。

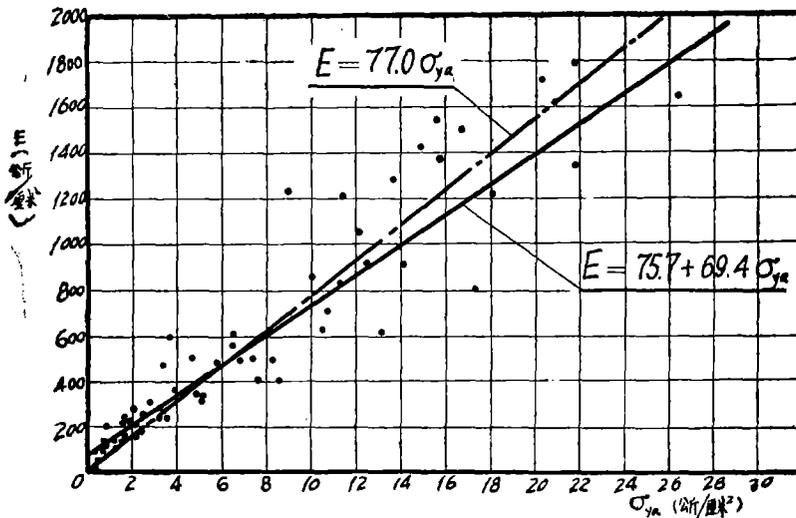


图10 盐湖岩盐的弹性模量 E 与单向抗压强度 σ_{ya} 的关系 ($H/B \geq 2$)

- 实验数据 ($\sigma_{ya} < 30, E < 2000$);
- 不通过原点的回应关系线;
- - - 通过原点的回应关系线

湿度对岩盐力学性质的影响

影响盐湖岩盐力学性质的因素较多,除第一部分已述的层理方向的影响和时间效应以外,主要的还有:孔隙度(可作为容重、比重的表征因素)、粒度、含泥率、钾镁含量和湿度等,它们主要通过改变颗粒之间的结合方式(盐晶直接结合或泥分胶结、散粒堆积或嵌合等)和结合力,影响岩盐的力学性质。

在无溶蚀条件下,湿度对岩盐力学性质的影响,主要表现为:

卤水渗入颗粒接触界面,引起颗粒之间连结力的弱化;

含泥率较多的情况下,盐晶被泥分分割、包裹,湿度大小,改变泥分的流塑状态,岩盐的力学性质受泥分状态的控制;

卤水蒸发析盐,岩盐骨架的厚实程度和接触面积增大,相互结合力增强。

我们对岩盐试样进行浸卤和不浸卤的对比试验,结果如图11所示。不浸卤试验,包括钻孔取样后部分卤水渗出即进行试验和试样风干后试验。浸卤试验,是对同一层位、含泥率和孔隙度相差不大的平行试样(高宽比相近),在卤水浸泡的条件下进行的。软化系数 K_s 为浸卤(饱和温度)和不浸卤单向抗压强度之比。

由图11可见,随着岩盐强度的增大,短时浸卤的影响就减小。 σ_{ya} 超过 15 公斤/厘米²

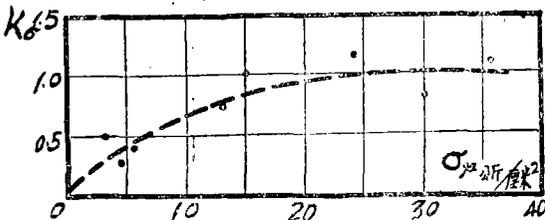


图11 盐岩湖盐的浸卤软化系数 K_s 。

σ_{ya} —不浸卤抗压强度; •—实验数据

米², 软化系数 K_s 波动于 1 上下, 即湿度影响不明显。对于固结较弱的岩盐, 如 $\sigma_{ya} = 3 \sim 6$ 公斤/厘米², 则软化系数仅 0.25~0.50。含泥较多的弱固结岩盐, 浸卤坍塌, 软化系数 K_s 趋于零。

鉴于基底岩盐饱和卤水, 因此, 在确定力学性质时, 主要取饱和度为 100% 的试验数据, 也包括一部分钻孔取样后当即试验接近饱和的试验数据, 饱和度不低于 75%。

小 结

初步研究表明, 察尔汉盐湖大部分岩盐属于似均质各向异性的粘弹性弱固结和固结体, 局部为散粒体和强固结体。可以按弹性体(或线性变形体)分析应力、应变, 并应适当考虑时间效应。岩盐基底的基本结构型式, 是上盐下土、上软下硬或上硬下软的板状结构。盐溶、盐析等易变性是影响路基稳定性的的重要因素。

盐湖岩盐地层, 就现状而言, 除盐湖南、北边缘地段允许承载力 $[R] \leq 1.25 \sim 1.50$ 公斤/厘米², 变形模量 $E_b \leq 28.4 \sim 85.8$ 公斤/厘米², 需要采取措施进行处理外, 大部分地段都具有足够的承载能力, 可以保证铁路路基稳定。但是, 北部盐溶地区沿线的暗洞分布状况及形态、尺寸, 务必查清; 大规模开采卤水时盐溶发展及路基稳定变化趋势, 必须作出尽可能准确的预测。

盐湖岩盐的弹性模量和单向抗压强度 σ_{ya} 之间具有良好的线性回应关系, 它反映了盐湖岩盐变形特性和强度特性之间的相互依存关系, 将为分析影响因素, 简化测试方法和检验测试结果提供方便。

盐湖岩盐的力学性质与孔隙度、湿度等物理性质之间, 具有比较明显的依存关系, 通过进一步的试验, 加以确定之后, 有可能为路基稳定性研究提供依据。