

中华人民共和国行业标准

铁路特殊土路基设计规则

TBJ 35—92

主编单位：铁道部第一勘测设计院

批准部门：铁 道 部

施行日期：1992年9月1日

- q_u ——胀限下无侧限抗压强度；
 S ——总沉降量；
 S_c ——固结沉降量；
 $S_{s,f}$ ——竣工后的沉降量；
 s_r ——饱和度；
 s_0 ——地基抗剪强度增长线在地面上的截距；
 s_u ——每分层的平均抗剪强度；
 T ——荷载与地基分条重力在圆弧上的切向分力；
 \bar{U} ——地基平均固结度；
 w_m ——最大分子吸水量；
 w_n ——天然含水量；
 w_t ——总含水量；
 w_L ——液限；
 w_p ——塑限；
 φ ——内摩擦角；
 φ_{cu} ——固结不排水剪切的内摩擦角；
 φ_f ——峰值内摩擦角；
 φ_y ——残余内摩擦角；
 λ ——抗剪强度随深度的递增率；
 α ——残余剪切强度系数；
 ζ ——沿垂直方向振动衰减系数；
 η ——不均匀系数。

关于发布《铁路特殊土路基设计规则》 等六个铁路工程建设标准规范的通知

铁建函[1992]276号

《铁路特殊土路基设计规则》(TBJ35—92)、《铁路装配式小桥涵技术规则》(TBJ107—92)、《铁路程控数字交换通信工程设计规定》(TBJ36—92)、《铁路隧道喷锚构筑法技术规则》(TBJ108—92)、《铁路钢桥高强度螺栓连接施工规定》(TBJ214—92)和《铁路光缆数字通信工程施工规定》(TBJ215—92),经审查批准,现予发布,自1992年9月1日起施行。

本规范由部建设司负责解释。

铁 道 部

一九九二年六月四日

编 制 说 明

本规则是根据铁道部铁基〔1986〕1316号文件的通知，由我院负责主编，第三、四勘测设计院参加，共同编制完成的。在编制过程中，进行了调查研究，吸取了科研成果，总结了工程实践经验，经广泛征求意见、反复修改、协调、审查后定稿。

编制内容除对《铁路路基设计规范》(TBJ1—85)第七章“特殊土地地区路基”进行充实外，还增加了黄土路基、季节性冻土路基和振动液化土路基。本规则共分八章，另有六个附录；内容包括：总则、软土路基、膨胀土（裂土）路基、黄土路基、盐渍土路基、季节性冻土路基、多年冻土路基和振动液化土路基。

特殊土性质复杂，在其上修筑路基，技术难度较大、病害多。因此，特殊土路基设计，必须以土的工程性质为依据，以成熟的工程实践经验为基础，因地制宜地采取有效的预防或整治措施；同时还应不断地总结经验、研究新问题，补充完善本规则。

在执行过程中，希各单位结合工程实践和科学研究，总结经验，积累资料。如发现需要修改和补充之处，请将意见及有关资料寄铁道部第一勘测设计院（甘肃兰州和政路75号，邮政编码730000），并抄送铁道部建设司标准科情所，供今后修订时参考。

铁道部第一勘测设计院

一九九一年七月

主要符号

- a_0 ——钢轨接头处路基面上的振动加速度；
 a_c ——相应于要求填料一定相对密度的临界加速度；
 a_h ——路堤顶面下 h 深度处的最大振动加速度；
 C_c ——压缩指数；
 C_u ——不排水抗剪强度；
 c ——粘聚力；
 D_r ——相对密度；
 d_{10} ——有效粒径；
 d_{50} ——平均粒径；
 e_0 ——土的天然孔隙比；
 e_{0i} ——第 i 层土的初始孔隙比；
 e_{si} ——第 i 层土的稳定孔隙比；
 F ——安全系数；
 F_s ——自由膨胀率；
 H ——路基边坡高度；
 H_{\min} ——路堤最小高度；
 h_c ——毛细水强烈上升高度；
 h_s ——蒸发强烈影响深度；
 h_f ——有害冻胀深度；
 h_w ——冻胀期地下水埋藏深度或地面积水深度；
 $h_{w'}$ ——非冻胀期地下水埋藏深度或地面积水深度；
 I_p ——塑性指数；
 i ——水沟纵坡；
 K ——压实系数；
 N_{1d} ——填土荷载重力在圆弧上的法向分力；

目 录

第一章 总 则	1
第二章 软土路基	2
第一节 一般规定	2
第二节 路 堤	2
第三节 稳定与沉降计算	3
第四节 地基加固	5
第三章 膨胀土(裂土)路基	7
第一节 一般规定	7
第二节 路 堑	9
第三节 路 堤	9
第四节 基 床	10
第五节 边坡防护加固	11
第四章 黄土路基	13
第一节 一般规定	13
第二节 路 堑	14
第三节 路 堤	17
第四节 基 床	18
第五节 边坡防护加固	19
第六节 路基排水	19
第七节 陷穴处理	21
第五章 盐渍土路基	23
第一节 一般规定	23
第二节 路 堤	24
第三节 边坡防护加固	27
第四节 地基处理	28
第六章 季节性冻土路基	29
第一节 一般规定	29

第二节	防治措施	30
第七章	多年冻土路基	32
第一节	一般规定	32
第二节	富冰冻土、饱冰冻土和含土冰层地段路基	35
第三节	沼泽地段路基	36
第四节	冰丘、冰锥和热融湖(塘)地段路堤	36
第五节	路基排水	37
第六节	取土坑和弃土堆	38
第八章	振动液化土路基	39
第一节	一般规定	39
第二节	防止振动液化的措施	39
第三节	路堤断面形式及防护	40
第四节	地基加固	41
第五节	施工要求	42
附录一	季节性冻土最大冻结深度线图	插图
附录二	多年冻土地基沉降量的计算	43
附录三	多年冻土保温层厚度的计算	46
附录四	振动液化土的计算参数	48
附录五	浸水护坡面层设计要素的计算	51
附录六	本规则用词说明	54
附加说明		55
	《铁路特殊土路基设计规则》条文说明	57

第一章 总 则

第1.0.1条 为了统一铁路特殊土路基工程设计的技术要求,提高设计质量,制订本规则。

第1.0.2条 本规则适用于国家铁路网中标准轨距铁路特殊土路基工程的设计。

第1.0.3条 特殊土是指土体具有特殊成分、结构、状态,并形成特殊工程性质的土。

特殊土路基是指在特殊土地区修筑的路基,且特殊土的工程性质影响路基的坚固、稳定、耐久性需作处理者。

第1.0.4条 特殊土路基设计,必须根据当地特殊土的工程性质,并结合路基位置,分析其对路基工程的不良影响及危害程度,有针对性地采取经济、合理的预防或整治措施。

第1.0.5条 特殊土路基设计采用的主要物理力学指标,应以取土试验或原位测试所测定的指标值为主要依据,并经综合分析确定。

第1.0.6条 特殊土路基设计,应积极采用经实践检验,行之有效的新技术、新结构、新材料、新方法。

第1.0.7条 铁路特殊土路基设计除应符合本规则外,尚应符合铁道部现行的《铁路路基设计规范》和其他有关标准规范的规定。

第二章 软土路基

第一节 一般规定

第2.1.1条 软土是指近代水下沉积的饱和粘性土,具有含水量大、渗透性弱、天然强度低、压缩性高等特性。

第2.1.2条 软土可按下列物理力学指标值进行判别:

天然含水量: $w_n \geq w_L$;

天然孔隙比: $e_n > 1.0$;

压缩模量: $E_s < 4000 \text{kPa}$;

渗透系数: $k < 1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$;

不排水抗剪强度: $C_u < 30 \text{kPa}$ 。

第2.1.3条 在软土地区,线路应以路堤通过,其高度不宜小于1.2m。

第2.1.4条 软土地区路基位置的选择应符合下列要求:

- 一、应选在软土范围窄,厚度薄的地段。
- 二、在低缓丘陵地区,路基应避免封闭或半封闭洼地。
- 三、在山间谷地,路基应避免设在软土底面横坡较陡处。
- 四、在河流中下游地带,路基应设在高级阶地。
- 五、在沉积平原地区,路基应远离河流、湖塘和人工渠道。

第二节 路堤

第2.2.1条 填筑临界高度应根据填土重量由稳定检算确定,也可用适宜的估算公式计算确定,必要时可作填筑试验确定。

第2.2.2条 设计临界高度应根据填土重量与列车荷载由稳定检算确定。

第2.2.3条 在软土地基上设计路堤,必须考虑地基的稳定和沉降的影响。

第2.2.4条 路堤应有足够的天然护道宽度,并不得在路堤坡脚两侧地面取土、挖沟,若必须取土时,其天然护道宽度应由稳定检算确定。

第2.2.5条 在软土地区增建的第二线宜离开既有线,新、老线坡脚间的净距宜大于较高路堤高度的2倍,个别并行地段,应考虑新线路基变形对既有路基的影响。

采用排水固结措施的路堤,如需预留第二线,可一次建成双线路堤。

第2.2.6条 I、II级铁路路堤竣工后的地基沉降量不宜大于0.5m。

第2.2.7条 路堤顶面每侧加宽量,应根据路堤竣工后的沉降量与道床边坡坡度由计算确定。

第2.2.8条 填筑路堤时必须控制填筑临界高度以上的填土速度,填土速度应满足下列要求:

一、填筑时间不小于地基抗剪强度增长需要的固结时间。

二、控制观测桩的位移,每天水平位移不得大于20mm,竖向位移不得大于15mm。

三、一天内填土厚度不得大于0.5m。

第2.2.9条 为减少路堤竣工后的地基沉降量可采用排水固结措施,并应提前安排施工。施工完毕后应停放一段时间,必要时可采用增加预压荷载进行预压。

有架桥作业的桥头路堤,必须进行试压或预压。

第三节 稳定与沉降计算

第2.3.1条 软土地基上路堤的滑动稳定性分析,可采用圆弧法检算,其安全系数应根据软土不同情况选用下列公式计算:

一、当软土沉积较厚,抗剪强度随深度成比例增加时

$$F = \frac{\sum (s_0 + \lambda h) l}{\sum T} \quad (2.3.1-1)$$

式中 F ——安全系数；

s_0 ——地基抗剪强度增长线在地面上的截距(kPa)；

λ ——抗剪强度随深度的递增率(kPa/m)；

h ——地基分条深度(m)；

l ——分条的弧长(m)；

T ——荷载与地基分条重力在圆弧上的切向分力(kN/m)。

二、当软土层次较多，抗剪强度随深度无明显规律时，可分层求取平均值

$$F = \frac{\sum s_u l}{\sum T} \quad (2.3.1-2)$$

式中 s_u ——每分层的平均抗剪强度(kPa)。

当软土层次较多，其中较厚层次的抗剪强度随深度有明显规律时，可综合公式(2.3.1-1)、(2.3.1-2)计算。

三、当考虑地基固结时

$$F = \frac{\sum (s_0 + \lambda h) l + \sum \bar{U} N_n \text{tg} \varphi_{c_u}}{\sum T} \quad (2.3.1-3)$$

$$\text{或 } F = \frac{\sum s_u l + \sum \bar{U} N_n \text{tg} \varphi_{c_u}}{\sum T} \quad (2.3.1-4)$$

式中 \bar{U} ——地基平均固结度；

N_n ——填土荷载重力在圆弧上的法向分力(kN/m)；

φ_{c_u} ——地基土固结不排水剪切的内摩擦角(°)。

四、当地基表层铺设土工合成材料加固时，由其承受的拉力应纳入抗滑力部分。

五、对软土层较薄的地基，还应以复式圆弧检算其滑动稳定性。

第2.3.2条 软土天然抗剪强度宜用三轴不排水抗剪强度，或现场十字板剪切强度，或无侧限抗压强度之半。当无上述试验条件时，可用直剪仪的快剪强度。

第2.3.3条 路堤的安全系数应符合下列规定:

- 一、不考虑列车荷载作用时,安全系数可采用1.15~1.25;
- 二、考虑列车荷载作用时,安全系数可采用1.05~1.15。

第2.3.4条 软土地基的沉降量应包括路堤作用下的固结沉降量及路堤与列车荷载作用下的瞬时沉降量。

一、固结沉降量可用分层总和法按下式计算:

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{e_{0i} - e_{1i}}{1 + e_{0i}} h_i \quad (2.3.4-1)$$

式中 S_c ——固结沉降量(m);
 e_{0i} ——第*i*层土的初始孔隙比;
 e_{1i} ——第*i*层土的稳定孔隙比;
 h_i ——第*i*层土的厚度(m)。

对于正常固结的软土,可用下式计算:

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{C_c}{1 + e_{0i}} \lg \frac{p_{0i} + \sigma_i}{p_{0i}} \cdot h_i \quad (2.3.4-2)$$

式中 C_c ——压缩指数;
 p_{0i} ——第*i*层土自重应力(kPa);
 σ_i ——填土荷重对第*i*层土的附加应力(kPa)。

二、瞬时沉降量可选用适宜公式计算,或以固结沉降量的0.2~0.4倍估算。

第四节 地基加固

第2.4.1条 当路堤高度大于设计临界高度,建成后即行通车的路堤,应根据地貌特征、软土成因及成层情况、软土底面横坡、路堤高度、现场条件、施工期限、机具设备、填料等,选用增强地基稳定的措施。

第2.4.2条 当软土层厚度小于3m、表层无硬壳、软土呈流塑状态时,可采用抛石挤淤,或换填与抛石相结合的措施。

第2.4.3条 当路堤用地不是良田时，可采用反压护道。反压护道宜用单级，其高度可为路堤高度的 $1/3 \sim 1/2$ ，但应小于填筑临界高度，其宽度应由稳定检算确定；如用多级，应根据占地多少和稳定检算确定。

第2.4.4条 当路堤高度大于设计临界高度 $1 \sim 2\text{m}$ ，且沉降不控制时，可采用土工合成材料加固。

第2.4.5条 当路堤高度为设计临界高度的 $1.5 \sim 2$ 倍，若软土层不厚、表层无硬壳或硬壳厚小于 2m 时，可采用砂垫层加固；若软土层很厚时，宜采用砂井（包括套管砂井、射水砂井、袋装砂井）、塑料排水板等排水固结措施加固。

第2.4.6条 套管砂井、射水砂井、袋装砂井、塑料排水板等排水固结措施的选用，应根据造价、施工机具及对周围环境的影响综合研究确定，其直径、间距和深度，应根据地基情况、通车期限、固结要求等，按渗透固结理论计算确定。

砂井内应灌入中、粗砂、灌砂率不应小于 90% ，并应保证灌砂的连续性。

第2.4.7条 当路堤高度大于设计临界高度 2 倍，单以排水固结仍不能满足稳定要求时。可采用排水固结与土工合成材料或反压护道综合加固措施。

第2.4.8条 当沉降要求严格时，可采用预压排水固结加固。当工期紧时，也可采取砂桩、石灰桩、深层搅拌桩（包括粉体喷射桩与浆液喷射桩）、旋喷桩等措施，但必须先作现场试验，确认技术上可行，并作经济比选后确定。

第2.4.9条 当软土层较薄、底面横坡较陡，路堤可能沿该层面滑动时，宜采用侧向齿墙或桩架支挡等有效措施，有条件时也可采用反压护道。

第2.4.10条 当路堤竣工后的沉降量大，不能满足本规则第2.2.6条要求，且占地多时，应与设桥方案作比较，即使设桥造价略贵，也应以桥通过。

第三章 膨胀土(裂土)路基

第一节 一般规定

第3.1.1条 膨胀土是指具有裂隙性、胀缩性和超固结性的高塑性粘土,具有失水收缩开裂、吸水膨胀软化并强度大幅度衰减等特性,其粘土矿物成份以伊利石和蒙脱石为主。

第3.1.2条 膨胀土应按下列条件进行判别:

一、具有表3.1.2所列的野外地质特征,且自由膨胀率 $F_f \geq 40\%$ 的土,应判定为膨胀土。

二、当野外地质特征明显具有表3.1.2所列特征,同时自由膨胀率 $F_f \geq 35\%$;或野外地质特征不明显具有表3.1.2所列的特征,但自由膨胀率 $F_f \geq 45\%$ 时,也应判定为膨胀土。

膨胀土的野外地质特征

表3.1.2

项目	特征
地层	以第四系中、上更新统为主,少量为全新统和新第三系
地貌	分布于山前丘陵区,盆地边缘区及河谷高阶地区为主,岗顶多呈浑圆状,无明显的天然陡坎,自然坡度平缓
颜色	以褐黄、棕黄、棕红、黄褐、灰白、灰绿色为主,且常呈夹层出现,其中灰白、灰绿色土质更差
粘性	土质细腻,手触摸有滑感,雨天走路易粘鞋底
含有物	含有钙质结核(砂、僵石),有时富集成层,并有豆状铁锰质结核
结构	结构致密,土块破碎后呈菱块状,更细小的碎屑呈鳞片状,俗称鸡粪土
裂隙	裂隙发育,有2~3组以上的裂隙,裂面光滑或有擦痕,或为铁锰胶膜附着,裂隙中常有灰白、灰绿色粘土矿物充填
崩解性	含水率低于硬塑状态的土块浸水,很快沿裂隙崩解
胀缩性	晴天新挖的坑壁,裂隙迅速张开,土块易剥落;雨后表层裂隙很快闭合,坑壁土体易沿裂隙坍塌

第3.1.3条 膨胀土路基的设计应按膨胀土强度指标进行分类,分类等级列于表3.1.3。必要时可按物理化学指标进一步评定。

膨胀土强度指标分类

表3.1.3

边坡破坏形式	指标名称	分类等级		
		弱	中	强
深层破坏	残余内摩擦角 $\varphi_r(^{\circ})$	>20	20~15	<15
	残余剪切强度系数 α	<0.4	0.4~0.6	>0.6
浅层破坏	胀限(单向膨胀)下无侧限抗压强度 $q_s(\text{kPa})$	>25	25~15	<15

注:①表内 $\alpha = \frac{\varphi_l - \varphi_r}{\varphi_r}$,式中 φ_l 为峰值内摩擦角, φ_r 为残余内摩擦角。

②分类等级弱、中、强分别为抗剪强度衰减微弱、中强、强烈。

③深层破坏是指边坡整体破坏,有坍塌与滑坡;浅层破坏是指边坡局部破坏,有冲蚀与溜坍。

第3.1.4条 路基设计应考虑膨胀土下列特性的影响:

一、膨胀土的表层为气候影响层,厚度为0.8~2.0m,其强度明显低于下部的强度。

二、膨胀土地层开挖后将产生不可逆的卸荷膨胀。

三、膨胀土具有可逆的湿胀干缩效应,经多次胀缩循环后,胀缩能量仍将保持一相对稳定值。

四、膨胀土的裂缝发育,通常具有2~3组以上互相交错的裂隙,从而降低土体强度,影响路基边坡的稳定性。

五、膨胀土强度随变形明显衰减,其残余强度远低于峰值强度。

第3.1.5条 路基应避免高路堤及深长路堑。如不能避免,应与桥隧通过的方案进行综合比选确定;以路基通过时,必须有保证路基稳定的措施。

当堑顶附近有重要建筑物时,路基宜远离建筑物或以隧道通过,否则应采取稳定堑坡的措施。

第3.1.6条 路堑的坡脚应避免位于两种不同分类等级膨胀

土层交界面处，如不可避免，且交界面下部为强膨胀土时，必须采取排水和边坡支挡措施。

第3.1.7条 当土中裂缝构造面明显或有软弱夹层时，线路宜垂直软弱层面走向通过，并应采取稳定边坡的措施。

第二节 路 堑

第3.2.1条 路堑边坡坡度应根据土的性质，软弱层和裂缝面的组合关系，当地气候特点，水文地质条件，自然山坡，人工边坡的稳定坡度等综合确定。

第3.2.2条 边坡高度不大于10m的路堑，边坡坡度和平台的设置，应根据土的分类等级和边坡高度，按表3.2.2所列数值设计。同时还应及时采取防护加固、排水、保湿等措施。

路堑边坡坡度和平台宽度 表3.2.2

边坡高度 (m)	边 坡 坡 度			边坡平台宽度(m)			侧沟平台宽度(m)		
	弱	中	强	弱	中	强	弱	中	强
<6	1:1.5	1:1.5~ 1:17.5	1:1.75 ~1:2.0	可不设			1.0	1.0~ 2.0	2.0
6~10	1:1.75	1:1.75 ~1:2.0	1:2.0~ 1:2.5	1.5~ 2.0	2.0	≥2.0	1.5~ 2.0	2.0	≥2.0

边坡高度大于10m的路堑，其边坡坡度应根据本规则第3.2.1条的要求确定，同时还必须采取稳定堑坡的措施。

第3.2.3条 路堑弃土应远离堑顶或弃于低侧山坡，至堑顶边缘的距离不宜小于10m。

第三节 路 堤

第3.3.1条 用膨胀土填筑路堤，其边坡坡度应根据路堤边坡的高度、填料重塑后的性质、区域气候特点，并参照既有路堤的成熟经验综合确定。

边坡高度不大于10m的路堤边坡坡度和平台的设置，可按表

3.3.1所列数值设计。

边坡高度大于10m的路堤宜个别设计。

路堤边坡坡度和平台宽度

表3.3.1

边坡高度 (m)	边坡坡度		边坡平台宽度 (m)	
	弱	中	弱	中
<6	1:1.5	1:1.5~1:1.75	可	不 设
6~10	1:1.75	1:1.75~1:2.0	2.0	≥2.0

第3.3.2条 用膨胀土作路堤填料,土块应击碎,基床以下填土的压实系数不得小于0.90。

第3.3.3条 强膨胀土不得作为路堤填料,如不得已而采用时,必须外包一层低塑性土、砂类土或改良土,包层厚度垂直坡面方向不得小于1.5m。

第3.3.4条 膨胀土路堤应预留沉降加宽量,可根据路堤高度,每侧加宽0.5~1.5m。

第四节 基 床

第3.4.1条 膨胀土不得作为基床土,如不得已而采用时,应根据膨胀土的分类等级采取下列措施:

一、路堑基床从路肩至其下0.5m范围内换填低塑性土、砂类土、或其他适合的填料,否则应进行土质改良或采取其他适宜的加固措施。对强膨胀土、地下水发育、运营中处理困难的路堑,基床的换填深度应加深至0.6~1.2m,并应采取地下排水措施(设纵横向排水渗沟、渗管等)。

二、路堤基床应从路肩至其下0.5m,采用低塑性土、砂类土或其他适合的填料填筑,对强膨胀土可加深至0.6~1.2m。

第3.4.2条 基床土质改良的掺料,常用石灰或水泥,也可用沥青、粉煤灰、矿渣、石膏、水玻璃等。

第3.4.3条 基床表层可选用适宜的土工合成材料分别作为