

输电线路地震液化地区基础选型及基础作用力取值研究

李旭¹ 狄继红²

1 电力规划设计总院 2 中国兵器工业北方勘察设计研究院有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i5.16919

[摘要] 本文结合某特高压直流输电线路液化地区的具体情况,通过经济技术分析并综合考虑环境和施工因素,表明输电线路地基液化地区选用灌注桩基础较为合理,并提出地震作用下基础作用力取值的简化方法,为将来工程设计提供参考。

[关键词] 液化地基; 振冲碎石桩; 灌注桩; 地震作用

中图分类号: P315 **文献标识码:** A

Study on foundation type selection and foundation force selection in seismic liquefaction area of transmission line

Xu Li¹ Jihong Di²

1 China Electric Power Planning&Engineering Institute

2 China North Industries Norengo Ltd.

[Abstract] This paper combined with the UHVDC transmission lines of liquefied area, the economic ,technical analysis and consideration of environmental and construction showed selection of pile foundation in liquefaction area is more economic and reasonable, and some simplified methods about foundation force under earthquake provide references for the future engineering design.

[Key words] liquefactional foundation; gravel pile; drilled pile; earthquake action

引言

岩土工程勘察与设计过程中,经常遇到饱和砂土、饱和粉土地震液化问题,其危害会导致建(构)筑物发生地基液化沉降,直接威胁到人们生命财产安全,且对工程安全、建设投资有较大的影响。抗震液化措施应根据判定的液化等级及建筑物的重要性,结合具体情况综合确定。目前规范中的众多抗液化措施主要针对建筑、公路、桥梁工程的基础工程等,本文结合某线路液化地区的具体情况,探讨输电线路工程地基液化地区基础选型与设计。

1 液化的机理和危害

目前,关于液化的概念主要沿用1979年美国土木工程师协会岩土工程分部土动力学委员会对液化一词的定义:即“液化是任何物质物化为液体的行为和过程”。

土体液化机理从力学性质来说,物质在固体状态时,同时具有抵抗体变(体积应变)和形变(剪应变)的能力。理想液体只具有抵抗体变的能力,而没有抵抗形变的能力。所以从力学观点看,液化现象可以说是它的抗剪强度在某种条件下趋于消失的过程。

地震液化的危害主要有以下四种形式:地基失效、侧向扩展及流滑、上浮、喷砂冒水。

2 输电线路规程、规范对地震液化地区地基基础处理的规定

《架空送电线路基础设计技术规定》(DL/T 5219-2023) 5.0.14条、《±800kV直流架空输电线路设计规范》(GB 50790-2013)12.0.9条规定,“对于地震烈度为7度及以上的地区的杆塔基础,当场地为饱和砂土和饱和粉土时,均应考虑地基液化的可能性,并采取必要的稳定地基或基础的抗震措施”。

3 液化地区基础选型

目前,常用的地基抗液化措施有挖换、加密、排水、桩基础等,以加密和排水法为主。

输电线路工程具有单基工程量小、施工分散、交通条件差等特点,加密法和桩基础法是较为适合的两种方法,加密法中振冲碎石桩法已经在部分线路工程中得到应用,本节比较振冲碎石桩和钻孔灌注桩在处理地基液化时的优劣。选取某±800kV直流输电线路工程中J27103A的基础作用力,以液化深度19m、9m,液化层厚度9m、5m作为典型液化地质条件,分别给出两种设计方案,其经济比较如表1、表2。

表1 液化深度19m两种设计方案经济比较

设计方案	混凝土(m ³)	碎石(m ³)	钢筋(kg)	总价(万元)	百分比
振冲碎石桩+	198.07	1938.95	17933.3	145.3	100%
斜柱板式基础					
钻孔灌注桩	504	0	82361	155.2	107%

表2 液化深度9m两种设计方案经济比较

设计方案	混凝土(m ³)	碎石(m ³)	钢筋(kg)	总造价(万元)	百分比
振冲碎石桩+	198.07	3877.9	17933.3	232.5	121.40%
斜柱板式基础					
钻孔灌注桩	631.8	0	105479.52	191.54	100%

可以得到以下结论:

- (1) 当液化深度9m时, 振冲碎石桩综合造价较灌注桩低7%。当液化深度为19米时, 灌注桩综合造价较碎石桩低20%。
- (2) 振冲碎石桩的施工周期比钻孔灌注桩长;
- (3) 两种方案均需湿作业, 振冲碎石桩需要对基础范围以外5m进行布桩, 对环境的影响大, 而钻孔灌注桩的作业面积较小, 对环境的影响也较小。

从以上三个因素可以看出, 工程中全部使用钻孔灌注桩处理地基液化问题经济合理。

4 地震作用下基础作用力取值的简化方法

依据《架空送电线路基础设计技术规定》(DL/T5129-2014)第9.4.10条规定, 桩基础抗震设计时, 基础作用力取值需要与地震作用组合。目前, 输电塔地震作用力计算没有成熟的设计软件, 需要借助通用有限元软件(ansys、SAP2000等)进行计算。本文结合输电塔的特点(高柔结构)、借鉴以前工程经验, 运用《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)中地震反应谱方法进行分析, 探讨地震作用下基础作用力取值的简化方法, 从而指导以后工程设计。

(1) 基础作用力取值的简化方法。《±800kV直流架空输电线路设计规范》(GB 50790-2013)中的11.2.1、11.2.3条内容规定:

结构或构件承载力极限状态, 应采用下列表达式:

$$\gamma_0(\gamma_G \cdot S_{Gk} + \psi \sum \gamma_{Qi} \cdot S_{Qik}) \leq R \quad (1)$$

结构或构件承载力的抗震验算, 应采用下列表达式:

$$\gamma_0 \cdot S_{GE} + \gamma_{EH} \cdot S_{EHk} + \gamma_{EV} \cdot S_{EVk} + \gamma_{EQ} \cdot S_{EQk} + \psi_{WE} \cdot S_{Wk} \leq R / \gamma_{RE} \quad (2)$$

对于风荷载起控制性作用的直线塔, 基础作用力主要由风荷载控制, 对比承载力极限状态和抗震验算两个表达式, 地震作用下风荷载与正常情况下风荷载的比值 α 为:

$$\alpha = \gamma_{RE} \cdot \psi_{WE} / \gamma_0 \cdot \gamma_Q = 0.16 \quad (3)$$

其中: $\gamma_0=1.1, \psi=1.0, \gamma_Q=1.4, \gamma_{RE}=0.8, \psi_{WE}=0.3$

对于线条张力荷载起控制性作用的耐张塔, 基础作用力主要由线条张力荷载控制, 对比承载力极限状态和抗震验算两个表达式, 地震作用下线条荷载与正常情况下线条荷载的比值 β 为:

$$\beta = \gamma_{RE} \cdot \gamma_{EQ} / \gamma_0 \cdot \psi \cdot \gamma_Q = 0.26 \quad (4)$$

其中: $\gamma_0=1.1, \psi=1.0, \gamma_Q=1.4, \gamma_{RE}=0.8, \gamma_{EQ}=0.5$

作用于输电塔上的荷载有自重荷载、风荷载、地震荷载和导线张力等, 铁塔为钢结构构筑物, 自身重量小, 且自震周期长, 地震力较小, 对基础作用力影响较小, 其它类型荷载大小直接影响基础作用力的大小, 如果能找出其它不同类型荷载大小, 与基础作用力的近似关系, 便能得到地震作用下基础作用力的

近似取值。选取某±800kV直流输电线路工程中直线塔ZK2710A、转角塔J27102A作为试算对象, 其计算结果如表3。

表3 各类荷载对基础作用力的贡献

塔型	荷载类型	重力		风+重力		张力+重力		重力+风+张力	
		基础作用力	对总基础作用力的贡献	基础作用力	对总基础作用力的贡献	基础作用力	对总基础作用力的贡献	基础作用力	对总基础作用力的贡献
ZK2710A	下压力(kN)	0	0%	1694	100%	0	0%	1694	100%
	下压力(kN)	483	19.50%	2469	99%	485	19.60%	2471	100%
J27102A	下压力(kN)	0	0%	1138	47.20%	2148	89%	2409	100%
	下压力(kN)	522	17.20%	1217	40.10%	2838	93%	3032	100%

从表3中看出, 直线塔ZK2710A的上拔力全部由风荷载产生, 下压力由风荷载和重力荷载产生, 其中风荷载的贡献率约为80%, 重力荷载的贡献率约为20%。考虑到铁塔为高柔结构, 地震力较小, 根据经验按照约5%考虑。由式3可知, 地震作用下, 基础上拔力可取最大基础作用力的20%, 基础下压力可取最大基础作用力的25%。

转角塔J27102A的上拔力主要由张力荷载产生的, 下压力由张力荷载和重力, 考虑到铁塔为高柔结构, 地震力较小, 根据经验按照约5%考虑, 由式4可知, 地震作用下, 基础上拔力可取最大基础作用力的28%, 基础下压力可取最大基础作用力的40%。

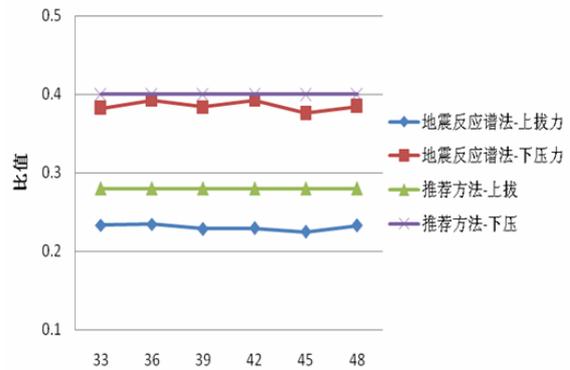


图1 J27102A塔地震基础作用力与正常运行基础作用力的比值

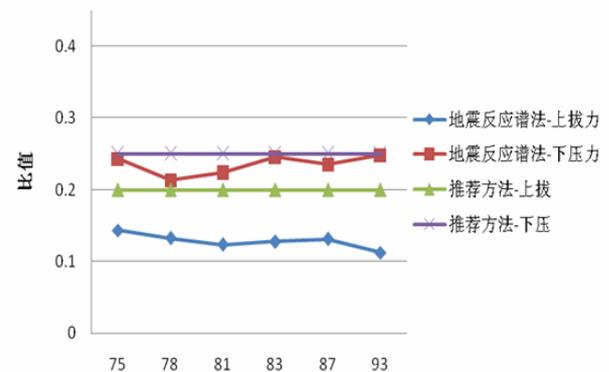


图2 ZK2710A塔地震基础作用力与正常运行基础作用力的比值

(2)简化方法与地震反应谱方法对比。某线路地震液化地段,设防烈度8度,二类场地、地震分组为第一组,特征周期为0.35,水平地震影响系数最大值为0.16。基于以上参数运用反应谱法理论进行计算,计算软件采用ANSYS。其计算结果对比如上图:

从上图可以看出,推荐方法计算结果均大于按照地震反应谱法计算的结果,基础抗震设计时,直线塔上拔力可取最大基础作用力的20%,下压力可取最大基础作用力的25%,耐张塔上拔力可取最大基础作用力的28%,下压力可取最大基础作用力的40%是可行的,为以后工程设计提供了参考。

5 结论及建议

基础抗震设计时,基础作用力取值采用简化方法是可行的。直线塔上拔力可取最大基础作用力的20%,下压力可取最大基础作用力的25%,耐张塔上拔力可取最大基础作用力的28%,下压力可取最大基础作用力的40%。

综合考虑技术经济、施工周期和环境因素,特高压直流线路

工程中全部使用钻孔灌注桩处理地基液化问题较合理。

[参考文献]

[1]王余庆,孙建生.挤密桩法在加固可液化地基中的应用[J].岩土工程报,1989,11(2):18-25.

[2]刘双.液化土地基处理中钻孔灌注桩的设计方法[J].城市道桥与防洪,2011,5(5):83-85.

[3]GB50011-2010,建筑抗震设计规范[S].

[4]GB 50790-2013,±800kV直流架空输电线路设计规范[S].

[5]GB50545-2010,110kV~750kV架空输电线路设计规[S].

[6]DL/T 5219-2005,架空送电线路基础设计技术规定[S].

作者简介:

李旭(1982-),男,汉族,河南邓州人,硕士研究生,高级工程师,从事输电线路设计咨询研究。