

# 大跨径桥梁区域稳定性及工程地质灾害评价

陈 策

(江苏省长江公路大桥建设指挥部, 江苏镇江 212002)

## Evaluation on the Regional Stability of the Long-Span Bridge and Engineering Geological Hazard

Chen Ce

**摘 要** 为保证大跨径桥梁安全与顺利施工,在前期进行地质灾害的研究是十分必要的。从地质学的角度,结合润扬大桥工程实例,对大跨径桥梁的区域稳定性进行评价,描述大桥区域的地质灾害以及预防措施。

**关键词** 大跨径桥梁 区域稳定性评价 地质灾害

2005 年 5 月建成通车的润扬大桥为中国最大的组合式桥梁,由南汊主跨 1 490 m 的悬索桥和北汊主跨 406 m 的斜拉桥组成;悬索桥跨径居世界第三,中国第一。由于大跨径桥梁工程的重要性,为保证桥梁的安全与顺利施工,在润扬大桥可行性研究之时,就对区域稳定性及地质灾害进行了详细而深入的研究。本文结合润扬大桥的工程实例,对大跨径桥梁的区域稳定性评价方法以及地质灾害研究作一些总结与论述,期望能够对我国今后的大跨径桥梁前期工作起到一定的借鉴作用。

收稿日期:2006-02-06

作者简介:陈 策(1975—),男,1998 年毕业于东南大学交通土建工程专业,工程师。

(2)可可西里山区段:以低温高含冰量冻土为主。北麓河盆地、尺曲谷地、唐古拉山区及山间盆地以高温低含冰量冻土为主;沱沱河盆地、布曲河谷地、温泉断陷盆地虽以高温低含冰量冻土和融区为主,但线路多次经过冻融过度带。上述 6 段冻土工程地质条件既有较好的一面,也有不利的一面,故综合评价为一般。

(3)昆仑山区和风火山区段:以低温区为主,地温条件有利,但高含冰量冻土和冻土不良地质现象相对发育,且线路通过斜坡地段较长,如处置不当,易产生热融滑塌、斜坡失稳等潜在地质隐患,工程地质条件较差。

### 1 区域稳定性评价

润扬大桥位于下扬子区,构造格局是薄皮和盆岭东西向构造和 K2 断陷盆地,该区中新代构造变形和岩浆活动强烈。为了保证大桥建设的安全,润扬大桥建设方委托南京大学地球科学系进行了区域稳定性和岩体质量研究。研究的范围以桥址为中心,半径约为 300 km,即东经 117~122°,北纬 30~35°。重点研究断裂的活动性和地表破裂、错动、蠕动等 3 类危害类型的强度和危害程度。

#### 1.1 区域地震活动特征分析

润扬大桥桥区属于华北地震区长江中下游南黄海地震带(扬州—铜陵地震带)内,又受郯庐地震带和上海—上饶地震带的影响。郯庐地震带和上海—上饶地

(4)楚玛尔河高原、乌丽盆地、通天河盆地:以高温高含冰量细颗粒冻土为主,且热融湖塘、冻土湿地等不良地质现象较发育,不利于工程的设置和稳定,其工程地质条件极差。

### 参 考 文 献

- [1] TB10013—2004 铁路工程物理勘探规程[S]
- [2] 铁道第一勘察设计院. 铁路工程地质手册[M]. 北京:中国铁道出版社,2002
- [3] TB10012—2001 铁路工程地质勘察规范[S]
- [4] TB10027—2001 铁路工程不良地质勘察规程[S]

震带活动水平不高,故对大桥区域影响最大的是扬州—铜陵地震带。据不完全统计,大桥区域和邻区历史上共发生地震 5~5.9 级 40 次,6~6.9 级 15 次,7 级和 8.5 级各 1 次。就江苏省陆路而言,镇扬地区是地震活动相对活跃的地段。

## 1.2 区域优势断裂评价

主要有三大断裂带影响大桥区域的稳定性,分别是郟庐断裂、茅东断裂和长江断裂。

郟庐断裂带江苏段长约 170 km,呈 NE5~15°向,宽 20~30 km,其最新活动性具有明显的分段性。历史强震常发生在与北西向活断裂交汇部位,且未来强震将集中在中段与北西向活断裂交汇而又缺少历史强震的空位,或已发生强震但距今较远的历史地震区。

茅东断裂段晚更新世仍有活动,自 1971 年以来,断裂带沿线地震较频繁。1974 和 1979 年茅东断裂东侧发生 5.5 级和 6 级地震,震中分别在溧阳西部上沛和上沛东 3 km 处。溧阳地震震中距桥址仅 80 km,茅东断裂带距桥址的最近距离只有 8.5 km。可见,茅东断裂带应是控制大桥工程区区域稳定性的主要优势断裂。

长江断裂自铜陵经芜湖、南京、镇江,至泰州、海安,长度大于 90 km。据 HQ13 线资料,断裂未切穿地壳,深度较郟庐断裂和茅东断裂小。虽然断裂不是发震构造,但其较大的规模对桥基岩体稳定性具有一定的影响。

## 1.3 场区优势断裂初步评价

经钻探、资料分析及野外地质调查得出,桥址区场区断裂主要有近 EW 至 NEE、NW、NNW 和 NNE 向 4 组。基于地质勘探、物探和地震等资料,对影响桥基稳定性的两条主要场区优势断裂——夹江断裂和世业洲断裂进行进一步的评价和分析。

夹江断裂总体走向呈 EW—NEE 向,倾向北,倾角较陡,宽度为 80~200 m。在布格重力图上为重力梯度带,北侧为重力低异常区,南边为高异常区;磁场表现为江北平静的磁场区和南边的磁异常区,分界线在夹江至瓜洲渡口的长江北岸一带。夹江断裂最新一次活动在 10 万年以前,自晚更新世以来已基本停止活动,该断裂不是活动断裂,更不是发震断裂。夹江断裂的走向与现今构造主压应力轴的断裂迭加角  $\alpha < 45^\circ$ ,表明断裂有重新错动的可能性。

世业洲断裂总体走向为 NW—NNW,倾向 SW,长约 7 km,宽为 300~400 m。重力、磁力场在杨家涵—三摆渡一线表现异常特征。断裂带内有晚第三纪的辉绿岩侵入。江苏省地震工程研究院研究表明,该断裂晚更新世以来已停止活动。世业洲断裂的走向与现今

构造主压应力轴的断裂迭加角  $\alpha < 30^\circ$ ,表明断裂有重新错动的可能性。

## 2 地质灾害及防治措施

### 2.1 洪水及河床演变

润扬大桥所处的镇扬河段,历史上曾是沙洲众多、主泓多变的长江河口地区所在,焦山以东更是江流浩瀚,沙洲遍布。该段泥沙堆积活动十分频繁,河口向东推进,镇江地区水域逐渐由河口演变成江心洲河道。镇扬河段河谷北以维扬蜀冈山脉、南以宁镇山脉为界,河道历史变迁限制在这一范围内;镇江以东河床为向南推进的单向变形,受宁镇山脉控制,深泓靠岸的南岸边界变形减缓,水道在多年河床演变过程中不断束窄。

根据《镇江扬州长江公路大桥对河势及防洪影响分析报告》,建桥后,南汊的悬索桥南主塔在堤内,北主塔在址外河道中的淤积边滩上,对河势的影响甚微。北汊的斜拉桥主塔靠近深泓,位于主流区;北主塔河床高程为 -9 m 左右,塔墩阻水面积约占过水面积的 7% (设计高潮位下),桥位断面平均流速增加约 0.11 m/s;南塔墩右侧水流强度略有增强,南岸的冲刷量有所增加,但只要在建南塔墩前对桥位南岸进行适当抛石护岸,对汊道流态及河势影响较小。

### 2.2 不良土壤

不良土壤会引起桥梁结构物基础的不均匀沉降,引起基础受力不均,导致基础的破坏,从而影响桥梁结构的稳定性。可导致路堤出现纵向裂缝,使边坡出现滑坡、坍塌。

根据地质勘察及土工试验结果,桥位区及北接线广泛分布有不同厚度、不同埋深的软土,土性为灰色淤泥、淤泥质(亚)黏土,局部夹薄层粉砂与粉砂互层,具有高含水量、高孔隙比、高压缩性、高灵敏度、低强度等特点;一般层厚 10 m 左右,局部厚达 20 m 以上,埋深超过 25 m,其地基承载力为 40~90 kPa;作为建筑物地基或路基时,极易产生触变和不均匀沉降等工程地质问题,在大范围高填土路段有可能对周围地段地面产生不均匀沉降。桥位区及北接线广泛分布的软土层中夹有饱和砂土透镜体或与砂土呈互层状。经砂土液化判别,地面下 15~20 m 范围内,砂性土大部分试验点有液化的可能性,液化等级以轻微液化为主,局部中等—严重液化。

在液化严重地段,应采用高架桥通过。桥梁桩基设计时适当考虑液化土层承载力折减因素,以及软土的负摩擦作用。对高填土路段,应在沉降稳定验算的基础上,决定选择采用堆载预压、粉喷桩等方法进行地

基加固处理。对以砂土液化为主的路段,采取挤密砂桩、可挤密碎石桩进行地基加固处理。对土质边坡应查明土质类型、软弱夹层、膨胀性等,根据土质的性质和岩石的种类、风化程度,选择不同类型边坡坡率,并进行稳定性验算。

### 2.3 岩溶与溶洞

据地质勘察资料,在镇句公路北侧 32.9 ~ 42.2 m 分布灰色弱风化角砾状灰岩,块状、短柱状,裂隙发育,有溶蚀现象,钻进时漏浆。42.2 ~ 47.3 m 为黄色亚黏土,夹石灰岩碎块,可塑—软塑状态。47.3 ~ 47.7 m 为灰色弱风化灰岩,块状、完整。推测 42.2 ~ 47.3 m 为溶洞,现已被亚黏土充填。

桥梁应尽量避开岩溶发育严重地区,桥位尽量选在岩层完整、洞穴顶板较厚处。在勘察过程中发现,溶洞由于上覆 32.9 m 土层,土性良好,且 32.9 ~ 42.2 m 为弱风化角砾状灰岩,结构较为完整;南边 60 m 处 ZK126 孔中,34.3 ~ 43.0 m 为弱—微风化角砾状灰岩,结构完整,未发现溶洞存在。镇句公路建成至今未发生异常现象,故初步判定该溶洞对路线影响不大。

### 2.4 滑坡及崩塌

据区域地质资料,宁镇地区  $Q_3$  下蜀土垂直节理发育,具棱柱结构,在地面及地下水作用下,边坡易滑塌。据遥感影像判释,在润扬大桥桥位区南岗地陡坡部位,见有两处小崩滑体,线路通过下蜀土分布区时应注意高边坡稳定问题,同时应防止对周围地段造成灾害。

对于大滑坡或滑坡体连续分布的区段,如果处理起来在技术上存在难度或经济上不可行,可以考虑使工程建筑设施避开滑坡的影响范围;对于中小型滑坡,工程建筑要避开其正在活动的前部,如果条件允许的话,也可以将小型滑坡全部清除。

滑坡整治的方法归结起来可以分为 3 类:一是消除或减轻水对诱导滑坡的影响;二是改变滑坡外形,增加滑坡的抗滑力;三是改变滑带土石性质,阻滞滑坡体的滑动。具体而言:对于由地下水作用引起的滑坡,应在弄清地下水补给来源、方式、方向、位置和数量的基础上,主要采用截水盲沟、盲洞、仰斜钻孔等工程加以排除;对于因江河冲刷引起的滑坡,应着重修筑河岸防护工程;对于因滑动带土质不良而引起的滑动,可考虑采用灌浆、焙烧等改良土质的办法,也可以采用疏干工程来减少水的作用。

### 2.5 人为地质灾害

大桥的施工建设会影响原有水利排灌系统、岸坡稳定和长江综合整治,导致一定量的水土流失。桥墩

施工产生的废渣等对水生态环境和渔业生产有不利影响。锚、塔基坑施工的大面积开挖可能使附近地面产生开裂、滑塌和小范围的地面沉降。设置大量取土坑进行路基填筑,减少了农田的面积以及农作物的产量。

对大面积的基坑开挖,应做好基坑的降水与支撑防护工作,设置止水帷幕;为避免邻近地面沉降,必要时可在基坑一侧设置回灌系统。为准确了解基坑降水所形成的不均匀沉降对周围土层的影响,应在施工期间进行全面的沉降观测,预测沉降变形发展并及时采取处理措施。取土坑的设置应经济、合理;一部分取土坑取土后可开发成鱼塘;一部分取土坑可在取土后退坑还田复植。另外,还可以采用调集外地荒山可利用土料的办法进行取土。

## 3 结束语

大跨径桥梁的建设往往具有以下几个特点。(1)重要性:大跨径桥梁都是贯通江河,是联络当地路网,拉动两岸经济的生命线工程,在国防、交通、经济发展方面都具有极其重要的地位。(2)复杂性:这里的复杂一是指建设条件复杂,由于桥梁的跨径大,桥梁建设时要详细研究桥址周边的地质、河势、水文、航运等建设条件;二是技术复杂,大跨径桥梁往往包含较多的专业,建设技术相当复杂。(3)耗资耗时巨大:由于大跨径桥梁建设的工程复杂性及艰巨性,工程浩大,所以往往都投资巨大,建设周期一般长达数年以上。

由于大跨径桥梁的以上特点,地质对其工程建设的影响显得尤其重大,不良的地质一旦成灾,对大跨径桥梁的结构造成危害,其引起的不良后果不堪设想。在建设之前,必须对工程所在地的地质情况进行详细的勘察,对工程区域的稳定性作出基本评价,同时应查明场区可能的地质灾害,加深对地质灾害类型和主要特征的认识,分析其成因,进行主动的预防,从而确保工程的可靠与安全。

### 参 考 文 献

- [1] 高冬光.公路桥涵设计手册桥位设计[M].北京:人民交通出版社,2001
- [2] 卫宏.川西山区公路边坡地质灾害研究[D].成都:成都理工学院,2000
- [3] 刘伟.西藏易贡巨型超高速远程滑坡地质灾害链特征研析[J].中国地质灾害与防治学报,2002,13(3)
- [4] 蒋正国,叶见曙,吴文.鄂黄长江公路大桥抗震设计研究[J].公路交通科技,2000(8)
- [5] 刘传正,李铁峰,程凌鹏等.区域地质灾害评价预警的递进分析理论与方法[J].水文地质工程地质,2004(4)
- [6] 周建普,李献民,王永和.潭邵高速公路膨胀土特性与外部影响因素的关系[J].水文地质工程地质,2003(5)