

## 工程地质分区在济南奥体中心勘测中的应用

刘文峰, 吉龙江, 罗永现

(山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013)

**摘要:**对场地地质条件进行平面上合理的分区和评价,是岩土工程勘测工作的重要内容,也是地基基础方案设计的第一步。通过工程地质分区在济南奥体中心勘测中的实际应用,分析场地按地质条件细分对地基承载力、地基基础设计及场地类别划分的影响,指出工程地质条件的详细分区在重大工程建设中的重要性。

**关键词:**工程地质分区;断层;地基基础;地基承载力;济南奥体中心

**中图分类号:**TU42

**文献标识码:**A

济南奥体中心位于济南市东部新城,总建筑面积约35万 $\text{m}^2$ ,包括体育场、体育馆、网球馆、游泳馆。体育馆南北长约236 m,东西宽约170 m,圆形屋顶跨度直径122 m,是目前世界上最大跨度的弦支穹顶结构;设计观众规模为1.3万人座,采用钢筋混凝土框架剪力墙结构,屋面采用钢索穹顶结构,屋面高度约为40 m。体育馆最大轴力设计值达9700 kN;一层地下室。网球馆长约188 m,宽约130 m,设计观众规模为4100人座,采用钢筋混凝土框架剪力墙结构,屋面高度18~30 m。游泳馆长约188 m,宽约130 m,设计观众规模为4000人座,采用钢筋混凝土框架剪力墙结构,围墙及屋面采用空间钢架结构,屋面高度18~30 m。网球馆和游泳馆都是最大轴力设计值约6300 kN,均为一层地下室。

## 1 拟建场地工程地质条件

### 1.1 地层岩性

场区属于鲁中南低山丘陵水文地质区,泰山隆起北侧单斜构造水文地质亚区。场地地层:①层粉质粘土:棕红色,硬塑。分布于场区西南部及西部。②层中风化石灰岩:青灰色,隐晶质结构,层状构造;节理、裂隙发育、多为方解石充填,岩心呈柱状、短柱状,偶见块状,岩石质量指标 $RQD=70^{[1]}$ 。②-1层强风化石灰岩:该层为第②层岩石的强风化带。②-2层粉质粘土:棕红色,硬塑,混少量碎石,为溶

洞、溶槽及溶蚀裂隙的充填物,全充填;呈透镜体状分布。③层中风化角砾状泥灰岩:红色—黄色,碎屑结构,层状构造;角砾成分为石灰岩;岩心呈块状、短柱状, $RQD=10\sim 20$ 。③-1层强风化角砾状泥灰岩:该层为第③层岩石的强风化带。④层中风化石灰岩:青灰色,隐晶质结构,层状构造;节理、裂隙发育、多为方解石充填,岩心呈柱状、短柱状,偶见块状, $RQD=80$ 。④-1层强风化石灰岩:该层为第④层岩石的强风化带。④-2层粉质粘土:棕红色,硬塑,混少量碎石,为溶洞、溶槽及溶蚀裂隙的充填物,全充填;呈透镜体状分布。

### 1.2 场地构造

依据中国地震局工程力学研究所提供的《济南奥林匹克体育中心工程场地地震安全性评价报告》结论场地内不存在第四纪活动断层。依据工程地质测绘成果结合钻孔资料,场地内存在非活动断层,发育规模小,发育深度浅。奥体中心做为安全等级为一级<sup>[2]</sup>,地基基础设计等级为甲级的国家重大公共基础设施<sup>[3]</sup>,应充分考虑断层破碎带的影响<sup>[4]</sup>。

在拟建网球馆场区内存在2条小断层:F1,F2;拟建游泳馆场区内存在2条小断层F3和F4。

F1:该断层从场地中部偏西侧通过,宽度3.0 m,铅直厚度约30 m,产状 $305^\circ\angle 85^\circ$ ,上下盘均为石灰岩,上盘产状 $315^\circ\angle 6^\circ$ ,下盘产状 $330^\circ\angle 8^\circ$ 。

F2:该断层从场地东侧通过,宽度1.0 m,铅直

\* 收稿日期:2011-08-03;修订日期:2012-01-05;编辑:曹丽丽

作者简介:刘文峰(1977—),男,山东济南人,工程师,主要从事水工环地质技术工作;E-mail:wwwwhyliu@yeah.net。

厚度约 2.70 m,产状  $64^{\circ}/70^{\circ}$ 。上盘为石灰岩,产状  $22^{\circ}/7^{\circ}$ 。下盘顶部 2.0 m,为角砾状泥灰岩,产状  $318^{\circ}/7^{\circ}$ ;底部为石灰岩,产状  $320^{\circ}/5.5^{\circ}$ 。

F3:该断层从场地中部偏西侧通过,产状  $143^{\circ}/79^{\circ}$ ,宽度约 0.5~1.50 m,铅直厚度约 2.60~7.0 m。上盘为角砾状泥灰岩,产状变化很大;下盘为石灰岩,产状  $344^{\circ}/27^{\circ}$ 。

F4:该断层从场地中部偏东侧通过,产状  $326^{\circ}/82^{\circ}$ ,宽度约 0.3~0.7 m,铅直厚度约 1.80~5.00 m。上盘为角砾状泥灰岩,产状变化很大;下盘为石灰岩,产状  $30^{\circ}/12^{\circ}$ 。

## 2 工程地质分区

工程地质分区应首先考虑不良地质作用和场地地质构造对场地适宜性和稳定性的影响。其次是地基岩土质量特征及其工程特性的优劣,因其决定了是否存在采用天然地基的可能性,对于确定地基基础方案类型和论证地基处理方案非常重要。结合勘探钻孔揭露地质信息及 1:500 工程地质测绘成果,切实考虑断层破碎带对地基基础的影响,按场地特征将场区细分为 4 个工程地质区<sup>[5]</sup>。

I 区:主要为第四系土层,最厚 7.10 m,下伏中厚层石灰岩,顶部 3~5 m 为强风化带,有岩溶发育,发育带为棕红色粉质粘土充填。

II 区:主要为中厚层石灰岩,夹薄层角砾状泥灰岩,有少量贯穿性节理裂隙,裂隙面间距 0.8~1.40 m。一般为 2 组,有少量分离体,结构面互相牵制,岩体基本稳定,接近弹性各向同性体,岩体质量等级为 II 类<sup>[1]</sup>。

III 区:主要为断层及断层两侧的破碎带,断层、节理、片理、层理发育,裂隙面间距 0.20~0.45 m,一般 4 组以上,有许多分离体,整体强度很低,并受软弱结构面控制,稳定性差,岩体质量等级为 IV 类。

IV 区:主要为角砾状泥灰岩夹薄层泥灰岩,有层理、节理,常有层间错动,变形和强度受层面控制,压缩变形取决于岩性及结构面发育情况,岩体质量等级为 IV 类。

## 3 以网球馆和游泳馆为例进行分区研究

拟建网球馆场区主要受交叉的两条断层 F1 和 F2 控制影响,将两断层交叉区及断层两侧的破碎带

划为 III 区;场区西南部有上覆土层划为 I 区;中东部存在角砾状泥灰岩部分划为 IV 区;其余地块划为 II 区;其空间特征见图 1,对应的地质剖面图见图 2<sup>[5]</sup>。

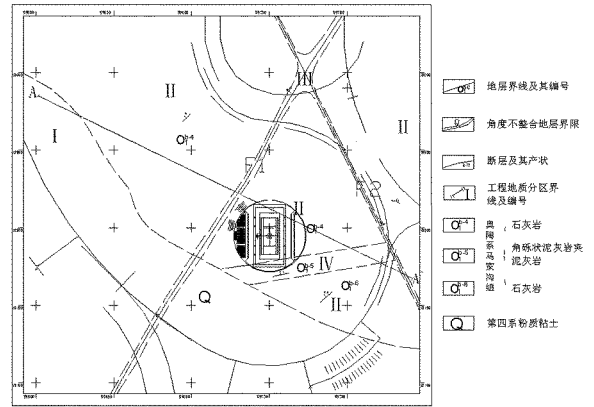


图 1 奥体中心网球馆工程地质分区示意图

1—地层界线及其编号;2—角度不整合地层界线;3—断层及其产状;4—工程地质分区界线及编号;5—奥陶纪马家沟组石灰岩;6—奥陶纪马家沟组角砾状泥灰岩夹泥灰岩;7—奥陶纪马家沟组石灰岩;8—第四系粉质粘土

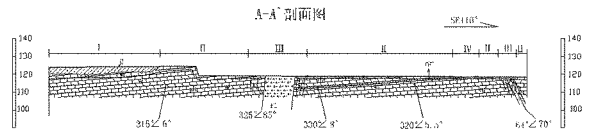


图 2 地质剖面图

拟建游泳馆场区主要受平行的 2 条断层 F3 和 F4 控制影响,将两断层两侧的破碎带及两断层间的狭长区域划为 III 区;场区西北部和东南部归为 II 区。其空间特征见图 3,对应的地质剖面图见图 4。

## 4 评价与方案

### 4.1 地震效应评价

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2001) 2008 年版第 3.2.2 条,3.2.3 条及 4.1.3 条规定,结合钻孔波速测试结果, I 区场地土类型为中软土,场地类别为 II 类,抗震设防烈度 6 度,设计基本地震加速度值为 0.05 g,设计特征周期为 0.40 s; II, III, IV 区,场地土类型为岩石,场地类别为 I 类,抗震设防烈度 6 度,设计基本地震加速度值为 0.05 g,设计特征周期为 0.30 s<sup>[6]</sup>。

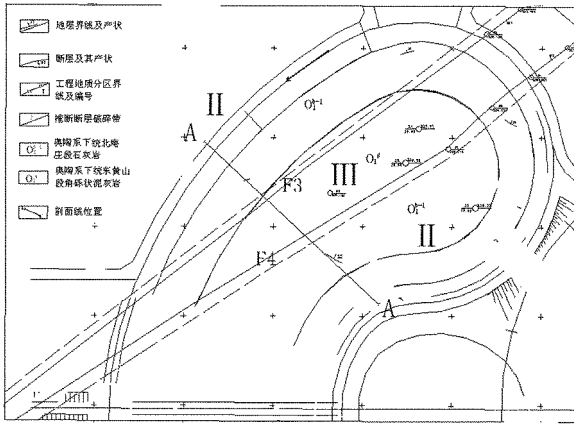


图 3 奥体中心游泳馆工程地质分区示意图

1—地层界线及产状;2—断层及其产状;3—工程地质分区界线及编号;4—推断裂破碎带;5—奥陶纪下统北庵庄段石灰岩;6—奥陶纪下统东黄山段角砾状泥灰岩;7—剖面线位置

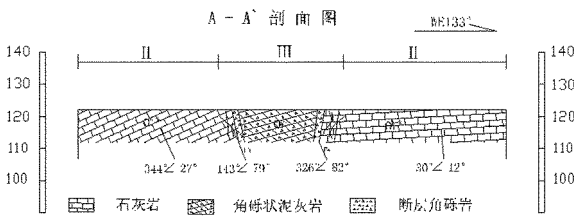


图 4 地质剖面图

### 4.2 地基土承载力评价

综合考虑各工程地质分区地基土强度和工程特性的差异,各区地基土承载力特征值应分开评价,各区地基土承载力特征值推荐值如表 1。

表 1 各区地基承载力特征推荐值

区号	岩土名称	承载力特征 fak
I	粉质粘土	160kPa
	强风化石灰岩	500kPa
	中风化石灰岩	2500kPa
II	强风化角砾状泥灰岩	300kPa
	中风化角砾状泥灰岩	400kPa
	强风化石灰岩	600kPa
III	中风化石灰岩	3000kPa
	石灰岩碎裂岩带	500kPa
IV	泥灰岩碎裂岩带	220kPa
	强风化角砾状泥灰岩	250kPa
	中风化角砾状泥灰岩	400kPa

通过表 1 可以看出,相同的地质岩性因在不同的地质分区,其推荐承载力特征值不一样,如同为强风化石灰岩在 I 区承载力特征值为 500 kPa, II 区承载力特征值为 600 kPa;强风化角砾状泥灰岩在 II 区承载力特征值为 300 kPa, IV 区承载力特征值

为 250 kPa。这样分区推荐承载力特征值更真实准确地反映了各区的差异,对地基基础设计是非常必要和特别重要的。

### 4.3 地基基础方案

综合考虑各区地基土工程特性的差异和断层破碎带的影响,各区建议地基基础方案如下:

I 区:建议采用天然地基,独立基础,当天然地基不能满足设计要求时,可采用人工挖孔灌注桩基础<sup>[7]</sup>。

II 区:主要为石灰岩,建议采用天然地基独立基础,当基底有角砾状泥灰岩时应清除。

III 区:主要为断层及断层两侧的破碎带,建议采用天然地基,独立基础或条形基础,建议超挖一定深度并适当扩大基础尺寸。

IV 区:主要为角砾状泥灰岩夹薄层泥灰岩,建议采用天然地基,独立基础。

## 5 结语

(1)工程地质分区对场地类别划分、地基土承载力、地基基础设计等方面都有影响,在重大基础设施建设中应予以重视。

(2)工程地质分区宜在完成勘探点平面布置图与地质剖面图的基础上进行。

(3)工程地质分区更详细的反映了场地工程地质情况;针对不同地质分区提供地基基础设计参数与方案,即保证了安全,又提高了经济效益。

(4)在存在断层及断层破碎带场区,工程地质分区应充分考虑断层及断层破碎带的影响。

### 参考文献:

[1] 建设综合勘察研究设计院. 岩土工程勘察规范(GB50021-2001)[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.

[2] 中国建筑科学研究院. 建筑抗震设计规范(GB50011-2001)[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.

[3] 中国建筑科学研究院. 建筑桩基技术规范(JGJ94-94)[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.

[4] 中国建筑科学研究院. 建筑地基基础设计规范(GB50007-2002)[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.

[5] 方鸿琪,杨闯中. 工程场地的特征与工程地质分区[J]. 工程地质学报,2002,10(3):244-247.

[6] 机械工业勘察设计院. 高层建筑岩土工程勘察规程(JGJ72-2004)[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2004.

[7] 《工程地质手册》编委会. 工程地质手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.

# Application of the Engineering Geological Zoning in Surveying Jinan Olympic Sports Center

LIU Wenfeng, JI Longjiang, LUO Yongxian

(Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** Reasonable zoning and evaluating geological conditions of the field on the plane are very important for geotechnical and engineering survey. It is also the first step of schematic design ground foundation. Through practical application of engineering geological zoning method in Jinan Olympic Sports Center, the effect of the field geological conditions on the ground bearing capacity, the ground foundation and the field sort plotting, the importance of zoning the field geological conditions in great engineering construction has been introduced in detail.

**Key words:** Engineering geological zoning; faults; ground foundation; ground bearing capacity; Jinan Olympic Sports Center