

白衣庵滑坡的新认识^{*}

刘海燕^① 伍法权^① 祁生文^① 常中华^① 李淑进^② 张素梅^③

(①中国科学院工程地质力学重点实验室 北京 100029)

(②济宁金源煤矿 微山 277600)

(③石家庄经济学院资源学院 石家庄 050031)

摘 要 白衣庵滑坡是奉节地区争议最大的一个滑坡,本文通过大量细致的地面工作,从外围逐点逼近的工作方法,再结合一些探槽并辅以大面积的可控源音频大地电磁法(简称 CSAMT)对白衣庵滑坡进行调查。作者得出以下新认识(1)鸡骨梁前缘剖面出露岩体结构完整,不应是滑坡体(2)李家沟两侧岩体连续,不能作为滑坡边界(3)白衣庵滑坡东侧边界大致以卢家沟为界,西侧在水井槽东侧部位,上部东侧边界靠近柑子林,其后部可达老苍屋平台一带。

关键词 白衣庵滑坡 可控源音频大地电磁法 滑坡边界 岩体结构 三峡

中图分类号 P642.22 文献标识码 :A

SOME NEW FINDINGS ON THE BOUNDARIES OF BAIYI'AN LANDSLIDE IN FENGJI , THREE GORGES

LIU Haiyan^① WU Faquan^① QI Shengwen^① CHANG Zhonghua^① LI Shujin^② ZHANG Sumei^③

(①Key Laboratory of Engineering Geomechanics ,Chinese Academy of Science ,Beijing 100029)

(②Jinyuan Coalmine of Jining ,Weishan ,Shandong 277600)

(③Colloge of Resource ,Shijiazhuang University of Economics ,Shijiazhuang 050031)

Abstract The Baiyi'an landslide in Fengji region ,Three Gorges is a landslide without a consensus understanding among the researchers. The paper includes detailed geological mapping on the slope surface. The exploratory trench and CSAMT are also used The field data show some new findings of the landslide. At first ,the integrity outcrop at the front of Jiguliang is not the landslide substance. Next ,because the rock mass is connected at the two sides of Lijiagou ,o Lijiagou is not the boundary of landslide. Moreover ,Lujiagou is the eastern boundary of Baiyi'an landslide ,and the eastern Shuijingcao is the western boundary of Baiyi'an landslide ,and the Ganzilin is the upside boundary at the eastern side ,and the Laocangwu platform is the rearward region of the landslide.

Key words Baiyi'an ,Landslide ,CSAMT ,Boundary of landslide ,Texture of rock mass ,Three Gorges

1 引 言

白衣庵滑坡是奉节地区争议最大的一个滑坡 ,

位于奉节老县城西约 1.5km 的长江北岸,东西两侧分别以钟家沟和老龙洞沟两大冲沟为界。

前人关于白衣庵滑坡的研究较多,从 1960 年白衣庵被认作滑坡开始到今天,多家单位进行研究,得

^{*} 收稿日期 :2006 - 04 - 28 ,收到修改稿日期 2006 - 05 - 10。
基金项目 :中国青年科学基金资助项目(编号 #0302032) ,国家自然科学基金资助项目(编号 90302011)。
第一作者简介 :刘海燕(1978 -) ,女 ,博士研究生 ,主要从事工程地质专业研究。Email :lhylsj@mail.iggcas.ac.cn

出观点各不相同^[1~4]。(1)南江水文地质工程地质队认为,白衣庵滑坡是一个以古滑坡为主体的古、老、新滑坡组合体,滑坡主体处于稳定状态。但三峡水库建成后,白衣庵滑坡的稳定性将有显著降低,有潜在失稳的危险。(2)长江水利委员会三峡勘测研究院认为白衣庵滑坡是发生于中、晚更新世的古滑体,目前整体基本稳定,局部存在解体。三峡水库建成后,可能诱发库岸再造问题,但不影响滑坡的整体稳定性。(3)中国地质环境监测院和中国科学院地质与地球物理所研究认为白衣庵是滑坡。目前白衣庵古滑坡本身虽然稳定,但它却在缓慢解体过程中。

前人的这些研究成果深化了对白衣庵地区的认识,但是截止目前对滑坡还没有形成统一观点。2003年7月在白衣庵卢家沟一带发生柑子林滑坡,导致老仓屋一带房屋多成为危房。在老仓屋平台前缘可见斜坡变形形成的裂缝。二十亩地一带更见明显斜坡变形迹象,其后缘弧状拉裂缝可达5~6cm。这些变形迹象是否意味着白衣庵是一复活的滑坡,还是白衣庵斜坡本身的变形破坏所致?为了弄清问题原因,研究工作还需要深化。造成白衣庵滑坡认识较大差异的主要原因在于奉节地区斜坡变形常呈似滑非滑、似塌非塌的状态,很难用常规的变形破坏模式来描述。白衣庵是不是滑坡,其现今和水库蓄水后的稳定性如何,都需要更深入的认识。

2 白衣庵滑坡的地质特征

白衣庵滑坡从西向东依次发育的冲沟有李家沟、无名沟、水井槽、卢家沟、易家沟等。其中李家沟、无名沟、水井槽呈南北向展布。卢家沟及易家沟则呈东南方向展布^[5]。图1中两点划线为前人认定的白衣庵滑坡边界。

白衣庵地区出露的地层主要有中三叠系巴东组第三段(T_{2b}^3)、第四段(T_{2b}^4)和上三叠系须家河组(T_{3xj})以及第四系松散堆积体。

白衣庵地区位于川东褶皱带的巴务河向斜北西翼近翘起端,在龙池坪背斜以南,七曜山背斜以北,属新华夏系第三沉降带之四川沉降褶皱带东缘。滑坡区内地层揉皱较强烈,致使岩层产状紊乱,岩层倾角变化大($3^{\circ} \sim 25^{\circ}$),产状一般为 $NE20^{\circ} \sim 60^{\circ}$,倾SE。本区节理比较发育,主要是构造节理、层面节理以及卸荷裂隙。图2为白衣庵地区所测大量的节理裂隙统计等面积投影的极点等密度图。投影采取等面积 Fisher 网,上半球投影。图中位于赤平大圆

中部为岩层产状,岩层近于水平。受褶皱影响,节理主要有 NE 和 SW 两组倾向(图3)。因所测区域包括了巴务河向斜近轴部和翼部的一系列小向斜背斜褶曲,故产状分布范围既有 NW,也有 SE。

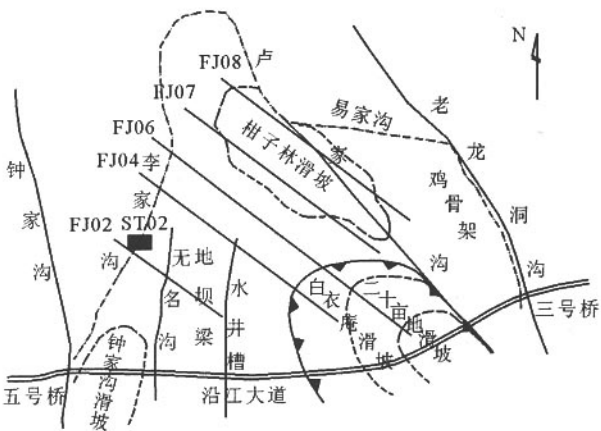


图1 地形示意图

Fig. 1 Sketch map of landform

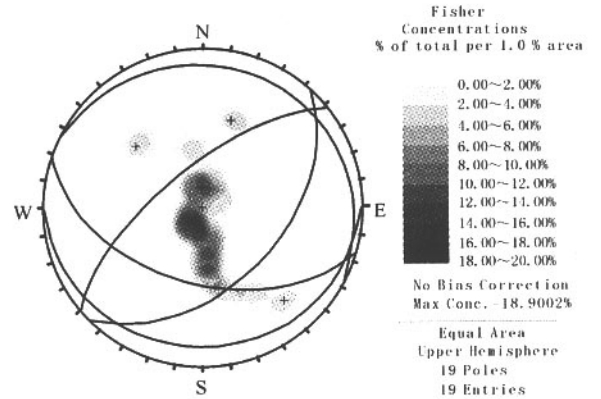


图2 节理极点等密图

Fig. 2 Pole isopycnic map of joints

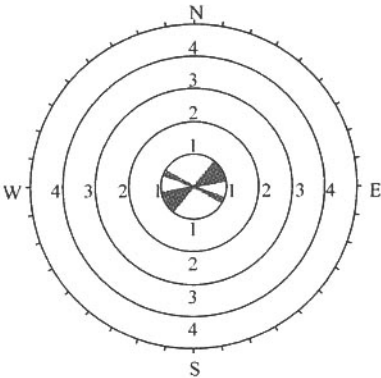


图3 节理玫瑰花图

Fig. 3 Rose map of joints

3 白衣庵滑坡东侧边界

在资料基础上,作者主要采取大量细致的地面调查,从外围逐点逼近的工作方法,再结合一些必要的探槽并辅以大面积的可控源音频大地电磁法(简称 CSAMT)来深化认识^[6]。

为了验证两沟体是否为白衣庵滑坡真实边界,地面调查从沟底开始。

老龙洞沟调查发现沟底有少量的流水,很好的基岩露头,两侧岩体连续。

鸡骨梁前缘顶部开挖出的剖面,岩体结构破碎,呈现散体结构特征。但是在未开挖之前,呈直立的坡体,岩体结构为典型的层状碎裂结构。但由于坡内、坡外没有明显的界面,呈渐变关系,显然无法用滑坡概念来描述。前缘开挖排水沟长达 30 多米,宽约 1.5 m,深约 1 m,沟内见巴东组第三段的浅黄色泥灰岩,层面发育,近于水平,产状稳定 $20^\circ \angle 19^\circ$,岩体结构完整。

在鸡骨梁—火烧屋脊一带布置可控源音频大地电磁法剖面,编号分别为 FJ07、FJ08、FJ09。研究区地表的第四纪松散堆积体包括表层的壤土、残积层、坡积层以及崩滑堆积体在电性方面均显示低阻特征。基岩一般呈中高阻特性,随含水量的增加以及裂隙发育程度的加剧,电性特征会向中阻转化。巴东组第四段的紫红色泥岩一般应呈中阻特性,随含水量的增加以及裂隙发育程度的加剧,电性特征会向低阻转化,而巴东组泥灰岩一般应呈高阻特征,但遇岩溶以及渗入性风化后,会向中阻方向转化,甚至呈现低阻特性。图 4 以 FJ07 测线为例,线条圈定地区显示低阻特征,对应的是柑子林滑坡堆积体。但是在这块区域中间,又有两个中阻的圈闭区,说明在柑子林滑体中存在局部含水较少、扰动较小的中阻区。其后部低阻区对应的是火烧屋脊斜坡一带。这一带由于种植的大片果园,壤土较厚加之大量的果园灌溉,地下水位较高,因此呈现低阻特征。下部中高阻区,对应的是基岩。该圈闭区在坡表暴露,对应的恰好是上部卢家沟左侧之陡壁,巴东组第四段的紫红色泥岩出露,因此显示中高阻特征,中高阻中间,有一些低阻的圈闭,可能是富水的岩体。底部呈现高阻特征,并且低阻以及中阻圈闭明显减少,对应的是埋藏较深的完整基岩。

测线 FJ08 低阻圈闭体呈零星不规则分布,整体呈现中高阻特征,火烧屋脊与鸡骨梁的山体的电阻

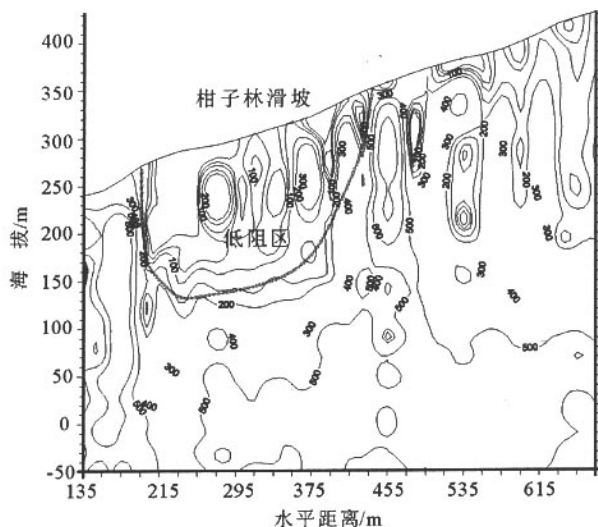


图 4 FJ07 测线 CSAMT 反演电阻率断面及地质解译图

Fig. 4 CSAMT resistance section and the geological interpretation map of FJ07 survey line

率变化连续,没有成为拆离的孤立地质体。CSAMT 反演电阻率断面均显示电阻率在火烧屋脊与鸡骨梁一带变化连续,无异常,没有孤立的地质体。

综上所述,鸡骨梁山体不应是滑坡堆积体,火烧屋脊岩性与鸡骨梁山体岩性正常接触,易家沟和老龙洞沟不应作为白衣庵滑坡东侧边界。

4 白衣庵滑坡西侧边界

地面踏勘选择顺钟家沟和李家沟两个方向穿插。在李家沟与钟家沟交汇点可见巴三段灰岩,沟两侧岩性一致、连续,未见滑动迹象。据资料竖井 sh1 位于李家沟内高程约 330 m 之处^[2],位于白衣庵滑坡边界以内。在竖井深约 6.3 m 以及 10.2 m 的泥岩块石和充填物上面均见有擦痕,这是以李家沟作为白衣庵滑坡边界的重要证据。但是仔细研究发现,这两处擦痕的产状并不一致,6.3 m 处的擦痕倾向 SW,10.2 m 处的擦痕倾向 SE,二者倾向是相反的。前者与白衣庵滑坡的滑动方向相反,后者也与其不符。这说明,白衣庵地区构造作用强烈,层间错动剪切或构造运动造成的擦痕以及由于巴东组地层的特点导致的结构崩溃造成的擦痕不能忽视,擦痕方向变化较大,从而造成滑坡的误判。

跨李家沟布置探槽 ST01 和 ST02,前者高程为 370 m,后者高程为 320 m。探槽跨李家沟方向延伸约 10 m,宽约 1~2 m,深度约 1 m。从 ST02 揭露的巴

东组第三段中厚层灰岩跨李家沟约 10m 是连续的,没有滑坡滑动的迹象。

为了更为清楚的说明问题,跨越李家沟在 SE 约 35° 方向布置编号为 FJ01、FJ02、FJ03 三条 CSAMT 勘探线。以 FJ02 为例(图 5),勘探线的电阻率剖面有以下特点,表层一定深度范围内基本上属于中低阻区,低阻、中阻相间随机分布,对应地表一定深度范围的松散堆积体,注意到李家沟两侧有两个低阻的圈闭,对应的是沟两侧的覆盖层和强烈卸荷的岩体。中低阻区以下是比较均一的高阻区,对应的是较为完整的基岩。从电阻率剖面来看,电性在李家沟两侧连续变化。

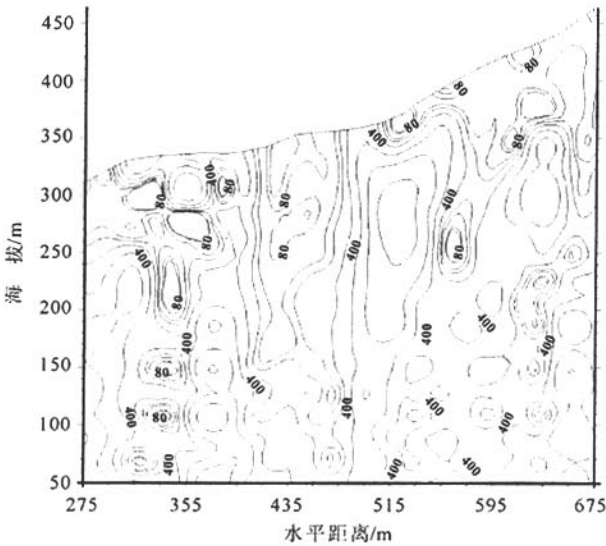


图 5 FJ02 CSAMT 反演电阻率断面及地质解译图
Fig. 5 CSAMT resistance section and the geological interpretation map of FJ02 survey line

综合上述,李家沟不能作为白衣庵滑坡西侧边界。

5 白衣庵滑坡新边界的确定

为了准确圈定滑坡的新边界,地面调查选择逼近法。西侧从李家沟开始向东部追踪踏勘。李家沟和无名沟所限范围内岩体结构混乱,在剖面顶部可见紫红色似层状堆积,前缘还可见紫红色的大块石。根据岩层的颜色判断应为巴东组第四段。无名沟以东则为泥黄色巴东组第三段泥质灰岩。从地貌上看,以李家沟为西侧边界,以无名沟为东侧边界,后缘平台在 270m 一带,形成一滑坡,该滑坡就是钟家沟小滑坡(图 6)。

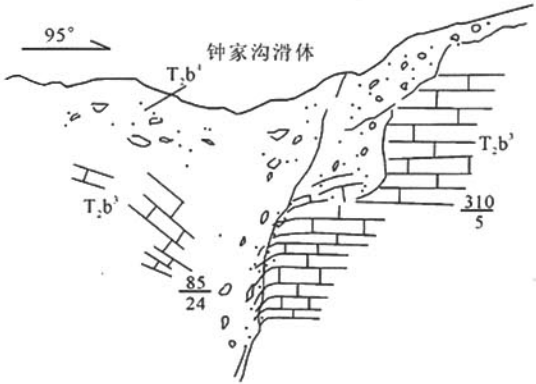


图 6 钟家沟小滑坡剖面示意图
Fig. 6 Sketch map of Zhongjiagou landslide section

堤坝梁前缘开挖剖面强烈风化呈块石状,但在水井槽两侧可见呈层性很好的基岩,连续延伸至水井槽之东(图 7)。由于巴东组第三段泥灰岩在水井槽两侧完整连续,水井槽不能作为白衣庵滑坡边界,部分文献取水井槽为白衣庵滑坡边界,是不合适的。因此白衣庵滑坡边界只能在水井槽之东。



图 7 水井槽两侧完整岩体
Fig. 7 Integrity rock at two sides of Shuijingcao

在沿江大道开挖水井槽—二十亩地段剖面,看到大片巴东组紫红色泥岩出露,岩性和其西侧巴东组浅黄色泥灰岩相抵触,呈不正常接触关系(图 8)。

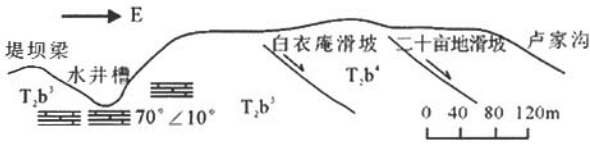


图 8 水井槽—卢家沟剖面素描图
Fig. 8 Sketch map of section from Shuijingcao to Lujiagou

在二十亩地的小路陡壁上可见地下水沿紫红色泥岩顶面渗出,喜水草沿该面生长(图9)。在该处开挖一小槽,发现在紫红色泥岩表面明显的擦痕,擦痕倾伏SE方向,倾向约25°~30°左右(图10)表明在该处发生了沿紫红色泥岩顶部的滑动,在小路顶部也可看到明显的滑坡平台。



图9 地下水沿紫红色泥岩顶面渗出
Fig. 9 Groundwater seep along the mauve mud surface

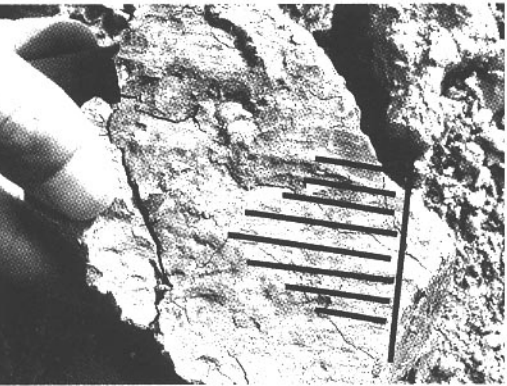


图10 紫红色泥岩顶面的擦痕
Fig. 10 Scrape on the top of mauve mud

在水井槽—卢家沟段布置编号为 FJ04、FJ05、FJ06 勘探剖面,测线 FJ04 与测线 FJ05 距离老苍屋平台较近,低阻区恰好能反映该处松散堆积的特点, FJ05 测线前端的低阻圈闭区,与本文分析的滑坡发育位置也比较吻合(图11)。测线 FJ06 反映出的低阻带很少,而且成无规律零散分布,主要体现为高阻地带,基本上应是完整基岩分布地带。

综合以上分析内容,在水井槽东侧巴东组第四段紫红色泥岩出露,并与左侧的浅黄色泥灰岩相抵触。而在其上部有一大平台,后缘有明显的圈椅状地貌,判断该处应为白衣庵滑坡之边界,西侧边界至卢家沟。图12是在江边远眺的滑坡地貌,虚线是滑

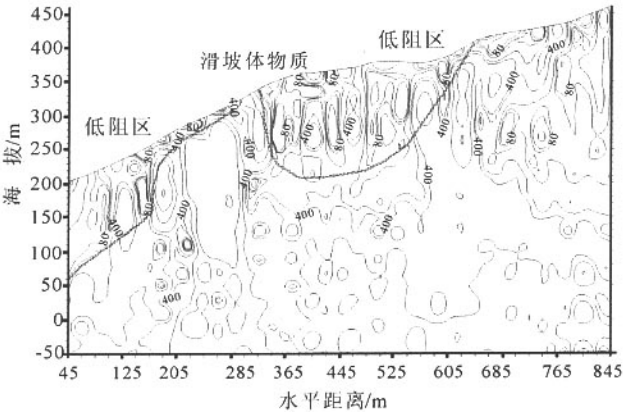


图11 FJ05 CSAMT 勘探线电阻率反演及地质解译图
Fig. 11 CSAMT resistance section and the geological interpretation map of FJ05 survey line



图12 远眺滑坡圈椅状地貌
Fig. 12 The chair landform of landslide overlook

坡的大致边界。

6 结 论

- (1)鸡骨梁沿江大道剖面出露的巴东组第三段岩体结构完整,鸡骨梁不应是滑坡体;
- (2)李家沟两侧岩体连续,不能作为白衣庵滑坡西侧边界;
- (3)沿江大道剖面在钟家沟小滑坡、二十亩地大滑坡两处不连续外,其余均是连续并有较好的岩体结构;
- (4)白衣庵滑坡东侧边界大致以卢家沟为界,西侧边界在水井槽东侧,上部边界东侧靠近柑子林,其后可达老苍屋平台一带(图1)。

参 考 文 献

[1] 中国科学院地质与地球物理研究所. 奉节新城区滑坡及斜坡变形成因与防治工程研究[R] 2005.
Institute of geology and geophysics, Chinese academy of science.

The cause of deformation and control engineering of slope or landslide at the new city , Fengjie county[R] 2005.

[2] 长江水利委员会综合勘测局. 长江三峡工程库区奉节县白衣庵滑坡治理规划阶段工程地质勘察报告[R], 1999.

Synthesis survey bureau of Yangtze River hydro – committee. The report of engineering geology about Baiyi’ an landslide at the stage of prevention and planning , Changjiang Three Gorge reservoir , Fengjie country[R] ,1999.

[3] 刘传正,李铁峰,邹正盛等. 三峡库区白衣庵滑坡地质研究 [J]. 工程地质学报 2002 ,11(1) :3 ~9.

Liu Chuanzheng , Li Tiefeng , Zou Zhengsheng , et al. . Geological study on the Baiyi’ an landslide in the Three Gorges reservoir area [J]. Journal of Engineering Geology , 2002 ,11(1) 3 ~9.

[4] 中国科学院地质与地球物理研究所. 三峡库区蓄水斜坡地下

水动力场变化及滑坡稳定性研究报告[R] 2002.

Institute of geology and geophysics , Chinese academy of science.

The research report on the changing of groundwater dynamical field at the slope and the stability of landslide in the Three Gorges reservoir area[R] , 2002.

[5] 殷跃平. 长江三峡库区移民迁建新址重大地质灾害及防治研究 [M]. 北京 地质出版社 2004.

Yin Yueping. Major geologic hazard and prevention on the relocation site at the Three Gorges. Beijing : Geologic Press , 2004.

[6] 石昆法. 可控源音频大地电磁法理论与应用[M]. 北京 科学出版社 , 1999.

Shi Kunfa. The theory of CSATM and its application. Beijing : Science Press , 1999.

第六届亚洲区域会议——工程地质中的地质灾害

SIXTH ASIAN REGIONAL CONFERENCE ON

GEOHAZARDS IN ENGINEERING GEOLOGY

会议时间：

2007 年 10 月 16 ~ 19 日

地 点：

韩国 首尔

联系传真：

+ 82 - 2 - 871 - 8938

注册费：

2007 年	2007 年
7 月 4 日前	7 月 4 日后
正式代表： 250 美元	300 美元
学生代表： 100 美元	100 美元
陪同人员： 100 美元	100 美元

会议联系人：

Prof. Hyeong – Dong Park

Secretary – General , 6th Asian Regional Conference on

Geohazards in Engineering Geology

School of Civil , Urban & Geosystem Engineering , Se-

oul National University

San 56 - 1 Shilim - dong Gwanak - gu , Seoul , 151 -

744 , Korea

Telephone ： + 82 - 2 - 880 - 8808 /

Fax ： + 82 - 2 - 871 - 8938

Email ： iaeg@ plaza. snu. ac. kr

Web ： www. engeo. or. kr

关于会议正式注册表格亦可到 [www. enggeo. org](http://www.enggeo.org) 下

载