



ACTA GEOLOGICAL SINICA OF HENAN

河南地球科学通报

2009年卷(下册)

河南省地质学会 主办
河南省地质调查院 协办
河南省国土资源科学研究院



中国大地出版社



河南地球科学通报

2009 年卷

(下 册)

河南省地质学会 主办

河南省地质调查院 协办

河南省国土资源科学研究院

中国大地出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

河南地球科学通报. 2009 年卷 / 段子清主编. —北京:
中国大地出版社, 2009. 8
ISBN 978-7-80246-248-9

I. 河… II. 段… III. 地球科学—文集 IV. P-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 130917 号

责任编辑: 卢晓熙

出版发行: 中国大地出版社

社址邮编: 北京市海淀区学院路 31 号 100083

电 话: 010-82329127 (发行部) 010-82329008 (编辑部)

传 真: 010-82329024

网 址: www.chinalandpress.com 或 www.中国大地出版社.中国

印 刷: 河南新起点印务有限公司

开 本: 889mm × 1194mm 1/16

印 张: 33.5

字 数: 990 千字

版 次: 2009 年 8 月第 1 版

印 次: 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1-1000 套

书 号: ISBN 978-7-80246-248-9/P · 127

定 价: 130.00 元(上、下册)

版权所有 · 侵权必究

目 录

上 册

· 基础地质 ·

河南省古生代古生物区与古地理变迁	王建平 裴 放	1
诠释大庙组	金守文	16
河南华北型石炭—二叠纪地层划分与时代对比	裴 放	21
河南平顶山地区下寒武统朱砂洞组地质特征及成因	裴 放 巴 燕 王朝栋 等	34
罗山盆地地热资源地质条件初析	贺 华 张建良 焦二中	45
卢氏盆地古近纪盆地演化特征及岩相古地理	崔霄峰 杨俊峰 卢书炜 等	50
东海浪岗山岛屿黄土的物质来源初探	曹希强 皮明建	56
西藏结则茶卡高位湖岸线形成以来的湖泊记录及演化	杨俊峰 赵 虹 王跃峰 等	62
基于 TES 算法的地表温度反演应用研究	许军强 白朝军 孙 珂 等	68
第四纪全新世中期中原气候环境的特征	李满洲	72
大别山北缘上天梯—皇城山一带火山岩相构造	彭 翼	77
华北陆块南缘（河南部分）中晚元古代盆地建造分析	李志晖 赵大鹏	83
舞阳凹陷古近系核桃园组岩相古地理研究	李凤勋 熊 翠 马荣芳 等	89
河南鲁山地区太古宙变形侵入岩地球化学特征及构造背景	崔霄峰 丁见广 岳国利 等	93
霍拉山推覆带构造特征及油气勘探潜力分析	张 辉 金贝贝 林水清 等	99
西藏羊八井地质公园地质构造与特提斯演化	张元国	105

· 矿产地质 ·

秦岭—大别山花岗岩成矿的主要特征	卢欣祥 罗照华 李明立 等	112
栾 + 川县三合金矿地质特征及找矿方向	曹月怀 巩明阳 程书乐	114
嵩县油路沟铅矿区矿床成因浅析	刘玉清	120
小秦岭金矿田典型矿床成矿物理化学条件探讨	付治国 郑红星 瓮纪昌 等	124
豫西煤系高岭岩矿床特征及利用方向	王书华 张孔敏 王彩勤	131
洛宁县沙坡岭铅矿区地质特征及找矿标志	陈书中	135
石膏矿床的地质特征及对硫化矿床的指示意义	吕宪河 陈俊魁 高廷臣 等	140
内蒙古包尔敖包地区物化探异常特征及钨矿、铁矿找矿效果	白国典 张彦启 邱庆伦 等	144

西藏当雄—嘉黎一带铜铅锌多金属矿地质特征及找矿远景	吕宪河 王亚平 陈俊魁 等	151
栾川石煤矿床地质特征及分布规律浅析——以栾川县葛板沟石煤矿区为例	张云政 翁纪昌 陈 雷 等	157
洛阳市农用地矿产资源勘查开发前景	岳 洁	163
河南大安玄武岩及其应用前景	付法凯	169
河南栾川北岭金矿床地质特征及找矿方向	范明泰 付法凯 汪江河	174
河南汝阳东沟钼矿床控矿地质特征及成因与找矿标志	李保亭	179
河南省金矿资源潜力分析及对整装勘查工作的初步探讨	王建平 岳铮生 徐新光 等	181
河南省卢氏县葫芦山铅锌矿床成因浅析	刘占辰 赵承勇 陈松林 等	186
河南省嵩县中部钼矿床特征及找矿前景分析	常云真 王 琦	190
栾川县白沙洞铅锌矿床地质特征	郑红星 李文智 赵荣军	196
栾川县三道庄钨钼矿深部下层矿特征及其找矿意义	王新建 铁建康 智宏若 等	205
破山银矿床氧化带划分及氧化程度的研究	李连涛	211
西藏昂张铅锌矿区找矿潜力分析	岳国利 李 伟 杨桂松 等	217
西天山地区松树沟铜矿地质特征及其找矿意义	杨长青 刘 伟 王春松 等	221
新疆和静县松树沟矿区及其外围地球化学异常特征	刘 伟 杨长青 王春松 等	227
豫西雷门沟钼矿地质地球化学特征及其意义	时永志 王宪伟	233

下 册

· 水工环地质 ·

CFG 桩浅部缺陷的分析研究	闫怀先 胡国隆 尹学旺	237
1000KN 无粘结预应力锚索在高切坡加固工程中的应用	王景强	242
CFG 桩水平裂缝缺陷的分析研究	赵文勇 闫怀先 王无限	247
RTK 实时动态技术在地质勘查测绘中的应用	乔天荣 陈 云 申开洪 等	252
基于 GIS 的洛阳市矿山地质环境分区评价	李昆仲 许清丽 杨 凡	257
浅谈 SNS 柔性防护网在山体高边坡中的应用	李文勇	263
郑东新区成湖工程地质问题分析	张书光 王志宏 姚振国	266
梁北矿瓦斯抽放井施工工艺	陈 震 耿明奇	270
河南济源市下冶铝土矿区泥石流潜势度评价	杨永千 燕红丽	275
矿山分项工程方法在地质灾害危险性评估中的应用——以荥阳某石灰岩矿山为例	冯乃琦 杨 扬 余珍友 等	279
金刚石绳索取芯在破碎地层中钻进浅析	王江平 时志兴	284
灵宝小秦岭黄金矿山冒顶事故常见原因及预防措施	李永江 姚永成	287
某复杂地质条件下地基处理与评价的工程实例	杨伯轩	290
翟沟矿区构造对地下水的控制作用分析	王军强 穆宝红	294
河南省南阳盆地地下水水质评价	黄光寿 吴祖成 左正金	299

测量技术在滑坡监测中的应用	王传先 时湘江 吕国娟	305
降水对矿山废渣堆作用的环境效应研究——以河南巩义嵩山北坡五指岭硅石矿为例	陈学林 秦琬玲	309
河南省陕—新铝土矿带小口径钻探技术	吴建军	313
河南省矿山地面塌陷治理研究	常珂 齐登红	316
风动潜孔锤在滑坡治理中的运用	汪卉 田福池	323
黄土滑坡的形成机理	张洪欣	326
地质灾害调查和评估分级典型案例分折	庞良 刘晓莉 李学问	330
液动冲击回转钻进解决“打滑”地层钻进难题	汪卉 田福池	334
登封市祁沟煤矿区地质环境保护与综合治理研究	章煜	338
河南省平原区浅层地下水动态演变特征	王萍 王锐 王继华	343
凤凰山石灰岩矿环境恢复治理中和谐生态植物的选取	杨皓宇 张艺露 石阳	338
巩义市铁生沟滑坡特征及防治	郭文秀 庞继群 方士军	343
河南省矿坑突水影响因素与防治措施	陈松林 王锐 赵承勇	347
河南省石人山风景区地质灾害防治区划与对策	武萍	362
河南省荥阳市地质灾害影响因素浅析	徐振英	367
济源某基坑降水详谈	杜平伍	319
济源市矿山环境现状与趋势分析	郭文秀 张艺露	373
矿区地质灾害预测及应对措施研究——以西峡县方庄金银矿为例	李光 柯志平 张博等	378
矿山地质环境治理项目设计的几点体会	郭新华	382
灵宝市阳店镇庙头村滑坡结构特征分析	商真平 姚兰兰 郭玉娟等	386
灵宝小秦岭金矿区引发地方病的分析探讨	郭文秀 张艺露 郭新华	390
卢氏县地质灾害现状、发展趋势及防治对策研究	张红亮	393

· 综合研究 ·

河南省地矿科技六十年回顾	张画眠 张天义	397
中国云台山世界地质公园“云台地貌”形成机制探讨	王凤云 李万忠	402
综述城市地质研究主要内容及方法	张艺露 郭文秀 方士军	409
地勘单位投资管理的现状及其对策	施晓莉	418
地质找矿理论方法的新思考	张春雷	421
农用地价格研究	王涛 皮明建 高鹏	427
浅谈人工智能技术在档案管理中的应用和加强应用的必要性	郭小磊	431
探讨土地整理中土方计算的应用	彭凤珍	433
突发地质灾害应急平台建设简述	霍光杰	436
一株硅酸盐杆菌的紫外诱变育种	王娟 徐靖 宋祥宇	440

· 技术方法及应用 ·

我国地热资源勘探技术及其应用	许军强 白朝军 王跃峰	444
----------------------	-------------	-----

高密度电法测量在陕县赵里河铝土矿区确定隐伏断层的应用	薛海涛 刘亚南 李书文 等	449
浅谈利用 MAPGIS 进行数字化地形图图斑面积的量算	皮明建 王 涛	454
地下金属管线埋深探测技巧小结	袁洪斌 罗玉彬	458
AutoCAD 中线型的定制和使用	丁文利 魏 磊	461
层滑导致的煤厚不可采点在资源量估算时的处理方法	李惠杰	464
快速获取空间坐标在 MAPGIS 中的实现	刘献华 王凌云 许清丽 等	466
双频激电法在老龙窝铅锌矿区普查中的应用	李山坡 刘宝宏 王庆周	469
物探高磁、双频激电方法组合在探测磁铁矿中的应用	张银芳 李继超 丁守良 等	473
河南省矿产资源非涉密信息公开查询系统建设技术思路	夏梦丽 王文卿 潘振祥	477
储量技术在鄂尔多斯盆地北部上古生界天然气勘探开发中的应用	王向黎	480
物元分析与模糊识别在地质环境评价上的应用分析——以小秦岭金矿区为例	邢永强 王宏伟 董 宏	487
直流激电法在栾川南泥湖钼矿田外围找矿中的应用	殷建武	495
地质环境破坏现状三维景观可视化的实现	戴立乾 魏也纳	499
天然电场选频法及其在煤矿采空区的应用	李双虎 展 锋 苏永锋	505
室内试验在矿山副井工程（水文）勘察中的应用	王玉林	509
利用 MAPGIS 的扫描矢量化地形图精度分析	魏瑞莲	514
地质灾害经济评价的方法及其作用		517

CFG 桩浅部缺陷的分析研究

闫怀先 胡国隆 尹学旺

(化工地质郑州地基基础检测中心, 河南郑州, 450011)

摘 要: 本文着重讨论目前建筑工程领域广泛使用的 CFG 桩质量检测方面的问题, 对造成 CFG 桩浅部断桩、深部断桩的检测信号特征及其形成原因进行了详细的探讨, 对深部异常信号桩根据应力波理论、地层情况及现场开挖手段综合分析判断, 结合工作实例进行解析。

关键词: CFG 桩; 浅部断桩; 深部断桩; 深部异常信号桩

0 前 言

水泥粉煤灰碎石桩(简称 CFG 桩)是指由水泥、粉煤灰、碎石、石屑或砂等混合料加水拌和形成的高粘结强度桩。而由 CFG 桩、桩间土和褥垫层一起组成复合地基是地基处理方法之一, CFG 桩复合地基法以其具有适用性广、承载力提高幅度大、施工简便、工期短、造价低廉等技术优点, 应用范围由初期的多层建筑已向高层建筑发展, 使得 CFG 桩桩身质量控制尤为重要。目前, 低应变反射波法检测是普查 CFG 桩施工质量的重要手段。

1 工程概况

郑州市某村庄改造安置项目高层住宅位于郑州市西南部, 结构形式为框架剪力墙结构, 采用主楼筏板、地下室独立基础的基础形式, 建筑层数为地上 32 层和地下 3 层, 设计地基类型为 CFG 桩复合地基, 桩径 400mm, 有效桩长 14.0m, 正方形布桩, 桩间距 1300mm, 桩端持力层为第⑧层粉质粘土, 设计桩身混凝土强度等级为 C25, 设计复合地基承载力特征值 550kPa、单桩竖向抗压承载力特征值为 710kN。

2 工程地质概况

场地地貌单元区域上属于山前冲洪积倾斜平原, 地貌单一, 地形平坦, 地下水稳定水位埋深 29.0m 左右, 在勘探深度范围内将地层共分为 15 层, 为第四系冲洪积粉土、粉质粘土、粉砂和钙质胶结层。各地层情况及桩身示意图如表 1。

3 低应变检测及解析

根据现场静载试验情况, 结果表明该工程复合地基承载力特征值和单桩承载力特征值均满足设计要求。

CFG 桩桩身完整性检测采用低应变反射波法, 用于查明桩身缺陷及其位置, 判定桩身完整性类别。使用仪器设备为 PIT-V 桩身完整性检测仪, 传感器类型为加速度计, 激振装置为 PVC 力锤。

作者简介: 闫怀先 (1961~), 男, 高级工程师, 长期从事物探及工程桩检测工作。

根据低应变检测情况，检测结果可分为以下几种类型：完整桩、浅部断桩、深部断桩、深部曲线异常桩。

表 1 各层土承载力特征值、压缩模量及压缩性评价表

层号	岩土名称	承载力特征值 (kPa)	压缩模量 (MPa)	压缩性评价	桩身示意图
(1)	粉土	160	11.0	中	
(2)	粉砂	200	18.5	低	
(3)	粉土	140	9.0	中	
(4)	粉砂	220	20.0	低	
(5)	粉土	230	16.0	低	
(6)-1	粉质粘土	240	10.0	中	
(6)	粉砂	200	18.5	低	
(7)	粉质粘土夹粉土	220	9.0	中	
(8)	粉质粘土	240	16.5	低	
(9)	粉质粘土	200	8.0	中	
(10)	粉质粘土	220	9.0	中	
(11)	粉质粘土夹粉土	240	10.0	中	
(12)	粉质粘土	280	11.3	中	
(13)	钙质胶结层	320	21.0E ₀	低	
(14)	粉质粘土	300	12.0	中	
(15)	中砂胶结层	400	26.0E ₀	低	

3.1 完整桩

完整桩低应变实测曲线为 2L/c 时刻（桩底）前无缺陷反射波，有桩底反射。6[#]、44[#]和 75[#]桩低应变实测曲线如图 1 所示。根据完整桩低应变测试曲线，按有效桩长 14.0m 计算得该工地桩身平均波速为 3800m/s，并以此平均波速作为该工地判断缺陷位置的依据，与缺陷桩现场开挖后实际测量的缺陷位置基本吻合。

3.2 浅部断桩

浅部断桩的低应变信号波形特征为低频大摆动。典型实测曲线见图 2。因尺寸效应及测试盲区等技术原因，浅部缺陷还不能确定缺陷位置的具体深度，经现场开挖验证，实量测断桩深度分别为：0.50m，0.74m，0.56m 和 0.45m。造成浅部断桩的原因有：一类是机械开挖造成的，往往是在开挖的初始阶段，因挖掘手经验和现场定位不准，造成的浅部断桩较多，往后阶段一般断桩率要小得多；另一类是在截桩头时，因切割面太小造成的，

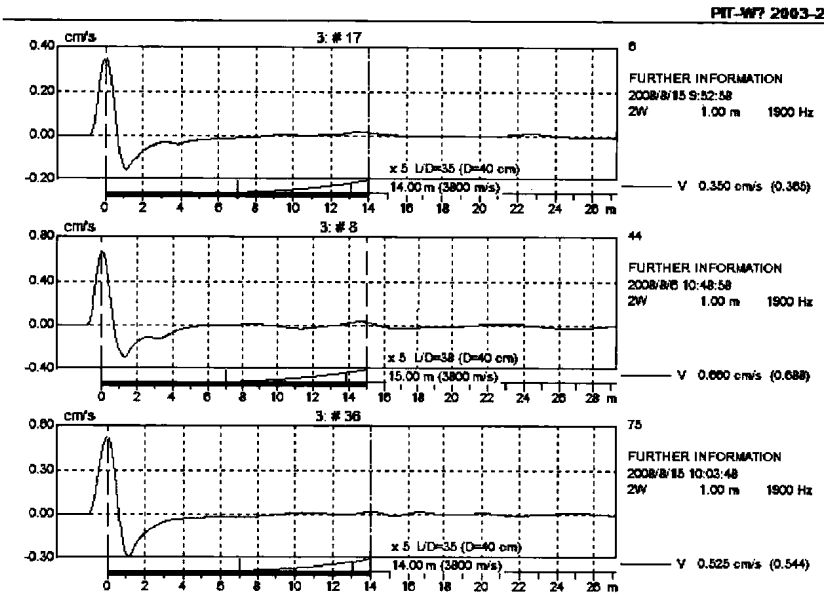


图 1 6[#]、44[#]和 75[#]桩低应变实测曲线图

根据经验一般外径切割面深度大于8cm左右比较安全,不会因在推倒桩头的过程中造成浅部断桩。就后一类而言,如桩身上下强度、截面尺寸均匀一致,按作用力理论,桩只会在受切割的部位脆断,不会在切割面以下部位脆断,有的桩在切割面以上部位脆断更是说明该位置桩身强度偏弱。浅部地层的密实度、桩身强度与形成浅部断桩的深度也有关系,浅部地层松软而桩身强度高,形成断桩部位较深,反之,则浅些。保护性桩头,一般设计50cm,如桩头较短、浮浆较深或保护性地层较浅,均容易在后期施工中造成浅部断桩。机械开挖造成的断桩深度在100cm左右的居多,切桩引起的断桩深度,一般在50cm左右。

3.3 深部断桩

深部断桩曲线为 $2L/c$ 时刻前出现严重缺陷反射波或周期性反射波,无桩底反射。典型实测曲线见图3。分析断桩部位深度分别在3.46m、2.20m和2.30m;经现场开挖(见下图4.656#桩开挖照片和图5.658#桩开挖照片所示),实地量测断桩深度分别为2.30m和2.38m,误差小于5%。原因分析:两根桩断裂面新鲜,且断面混凝土骨料石子有掰断现象,应为成桩后期达一定强度时受外力所致。假设桩上部只受水平力影响,一般断面较浅,与浅部地层密实度有关,断面一般在1m左右,而该处桩断面较深,分析是受水平和竖向力共同作用的结果,经监理证实,因一挖掘机在此作业,突降暴雨,挖掘机未及时开出,后又在积水情况下多次试图开出挖掘机,使埋深较浅的桩顶裸露受挖掘机自重和履带水平力的影响,出现较深部的断桩现象,经确认断桩范围仅在挖掘机来回碾压的影响范围内。若在桩身凝固前因未跳打原因形成的断桩,断面骨料石子不会有掰断现象,且断面也不会太新鲜,大致可排除打桩操作技术原因造成的。

3.4 深部曲线异常桩

典型深部异常曲线见图4。此类异常现象在该项目某轴线部位比较集中分布,为慎重和安全考虑,即建议委托方开挖,以查明原因。从实测曲线图分析,上述3根桩桩身缺陷位置分别为4.70m、4.25m和4.33m,缺陷部位信号同向反射十分明显,有二次反射,桩底反射不明显,无法准确判定缺陷性质(深部断桩、桩身截面变化或地层变化),因此不能明确判定该类桩的完整性类

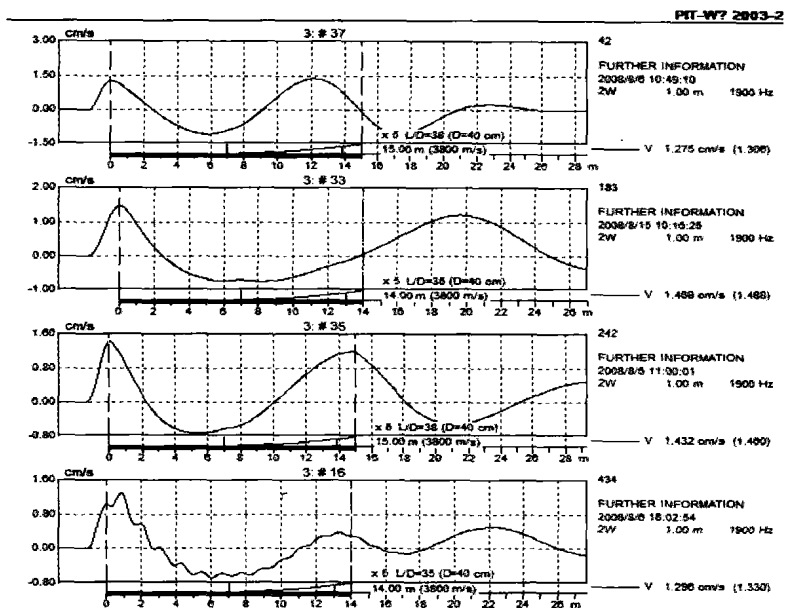


图2 42#、183#、242#和434#桩低应变实测曲线图

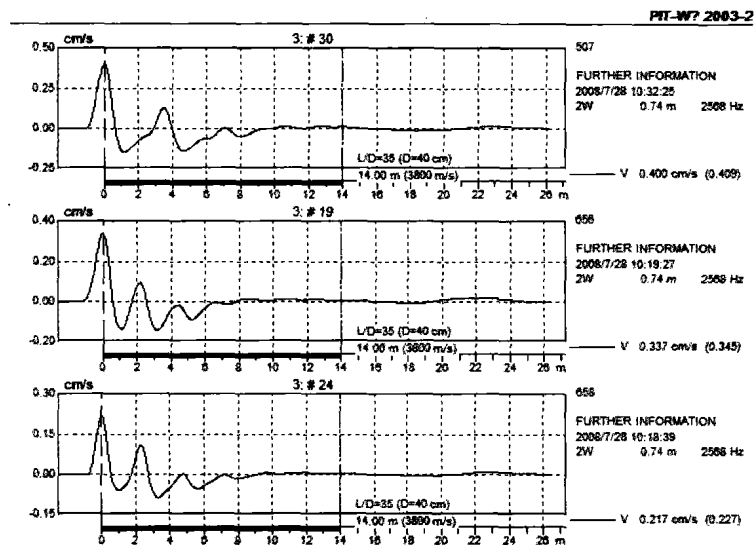


图3 507#、656#和658#桩低应变实测曲线图

别。考虑深部开挖的成本和对场地桩间土造成破坏,仅挑选其中一根桩进行开挖验证,开挖后发现为上部渐扩下部缩颈,缩颈部位有少量夹泥,未发现断裂、空洞等其他缺陷。量测“缺陷”起始深度为4.34m,最大深度为4.50m,缩颈部位水平方向缩进42mm左右,缩颈桩身周长1275mm,计算出该处桩身直径为406mm,不小于设计桩径,而其上下部桩径折算为490mm,桩径最大处506mm。因此该“缺陷”是由于桩身截面变化所引起的,因该处强烈的同向反射信号,从而减少了传播至桩底的信号,造成桩底反射不明显,根据开挖情况判定该种类型的桩为I类桩。

另外,我们还可以通过553#桩在开挖前、开挖至2m及5m后采集到的低应变反射波信号(图5),从应力波理论来分析,造成曲线图形态差异的原因。

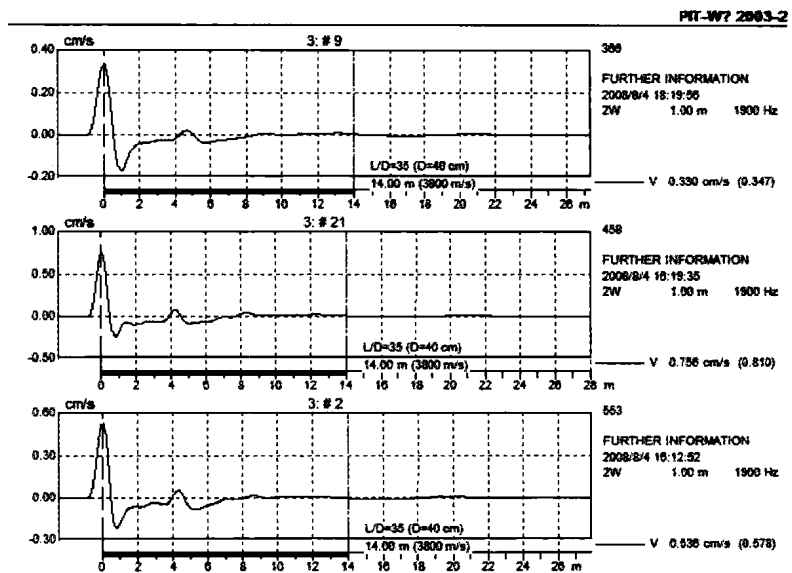


图4 曲线6 366 #、458#和553#桩实测曲线图

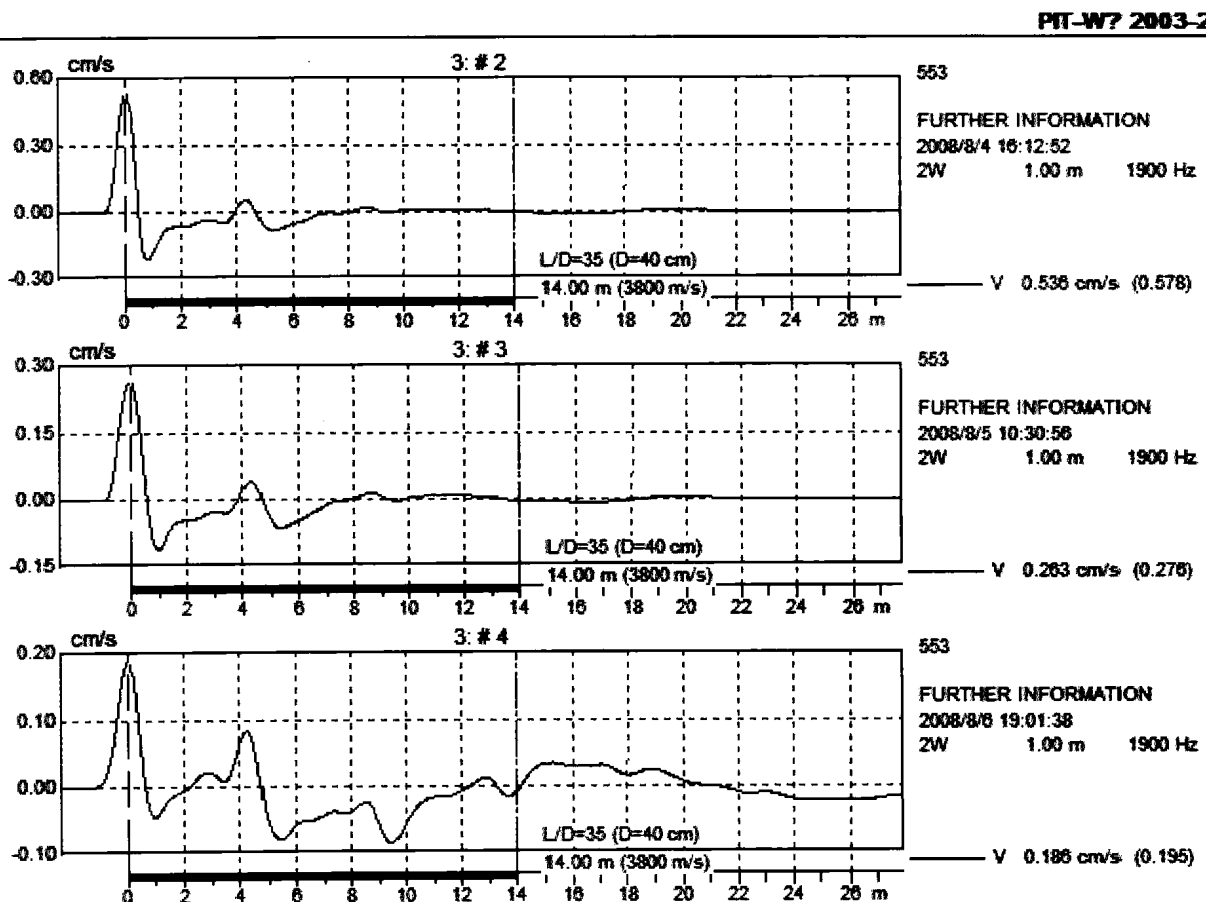


图5 553#桩开挖前、中、后低应变实测曲线图

1、从实测曲线图上分析,按照平均波速3800m/s计算,开挖前、开挖至2m及5m采集的信号曲线异常峰值分别为4.33m,4.30m,4.25m,很明显异常位置判定变浅,说明应力波沿桩身向下传

播速度与桩周土阻力大小有关,开挖后桩周土阻力降低,桩复合波阻抗 Z 减少,波速相对就增大;

2、在开挖至 5m 后采集的曲线图上 9.45m 处负反射比开挖前、开挖至 2m 时的峰值明显清晰,应是土阻力变化即阻抗 Z 陡然增大产生的异向反射。

4 结 语

影响桩低应变曲线形态的因素是多方面的,在检测过程中,除应按照应力波理论分析外,还必须结合工程的实际情况,了解地层分布、打桩情况,根据各类桩的不同特点,结合开挖验证手段,仔细分析研究才能得出正确的结论,否则简单地把貌似缺陷的异常信号判为缺陷桩是不科学的。

参考文献(略)

(Zhengzhou Ground Foundation Examination Center of Chemical Geology,Zhengzhou,450011)

Abstract: This article focuses on the area of the current building works are widely used in testing the quality of CFG pile of questions,CFG pile causing shallow cut pile, cut pile deep Detect signal characteristics of the formation of a detailed exploration of the deep pile abnormal signal in accordance with the stress wave theory, the formation and the means of a comprehensive analysis of the excavation site to determine, combined with examples of the work parse.

Keywords: CFG pile; shallow defects; deep pile breaking; Pile at the deep have abnormal signal

1000kN 无粘结预应力锚索在高切坡加固工程中的应用

王景强

(河南省岩土工程有限公司, 河南洛阳, 471023)

摘 要: 本文通过 1000kN 无粘结预应力锚索在高切坡加固中的应用, 介绍了其设计概况、施工工艺, 对施工中存在的问题进行了总结分析, 为类似工程提供了参考经验。

关键词: 边坡加固; 无粘结锚索; 施工

1 工程概况

1.1 工程地点及规模

新镇水厂高切坡是三峡库区高切坡防护工程湖北省第三标段(秭归Ⅱ标)的 29 处高切坡之一, 位于秭归县归州新镇, 位置如图 1 所示, 工程编号为 ZG0028。

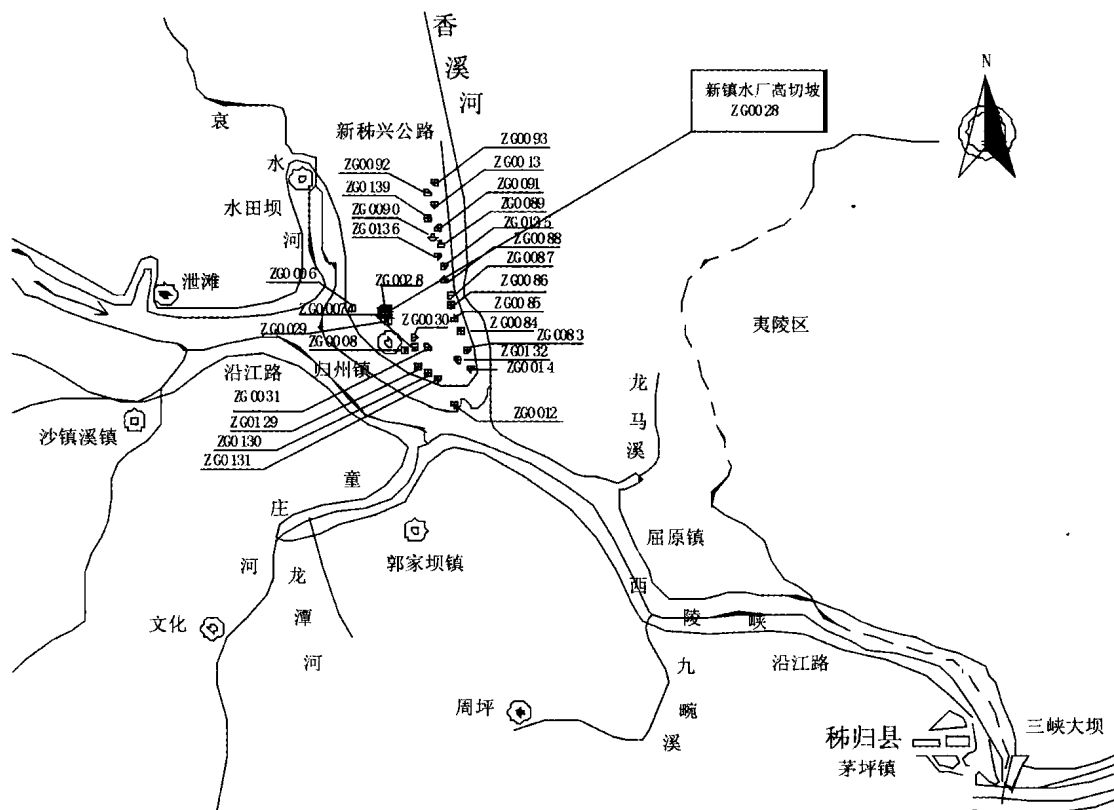


图 1 归州新镇水厂高切坡位置示意图

作者简介: 王景强 (1979 ~) 男, 工程师, 从事地质灾害勘察、设计、评估、施工技术及管理工

新镇水厂高切坡北起水厂，南至水厂道路与桔源路交叉口附近，系 1998 年新建水厂、居民点场平开挖形成的岩质顺向高切坡。规划的新镇水厂高切坡类型为 I 3 类，坡高 30m，长度 150m，影响人口 113 人，建筑面积 8000m²，安全等级为一级。

切坡坡顶高程 280 ~ 306m，自该高程以下至 260 ~ 270m 高程一线为自然斜坡，坡高 20 ~ 30m，高程 260 ~ 270m 以下至坡脚为切坡陡坎，坡面起伏，呈锯齿状。

1.2 边坡地质情况

切坡区域地处鄂西中低山区巫峡与西陵峡间的秭归盆地，主要为侵蚀构造中、低山地貌类型，发育多级夷平面，分水岭地段峰高相近，盆谷宽展。

勘察区内地表出露的基岩地层主要为侏罗系 (J) 碎屑岩地层。有侏罗系下统香溪组 (J_{1x})、中至下统聂家山组 (J_{1-2n}) 与中统上沙溪庙组 (J_{2s})。

切坡区域在大地构造上位于扬子准地台 (I 级) 上扬子台褶带 (II 级) 中鄂西褶断区 (III 级)。鄂西褶断区分为 5 个 IV 级构造单元，测区属于其中的秭归台褶束区，秭归台褶束主体是三叠系和侏罗系地层组成的秭归向斜，归州镇全境位于秭归向斜。

水厂切坡位于秭归县归州镇屈家沟左侧，地貌单元属长江临江一级斜坡地带，原始地形坡度 25° ~ 35°，坡面较完整，构造上属秭归向斜东翼。

顺坡长方向，水厂高切坡呈两凹夹一凸的平卧“W”形，坡面起伏，水厂及居民点处呈半圆形凹槽，切脚陡坎高度 8 ~ 25m。

经工程地质测绘及勘探揭露，勘察区分布主要为侏罗系中统上沙溪庙组 (J_{2s})，零星分布第四系残、坡积层 (el - dlQ)、崩积层 (colQ) 和四系滑坡堆积 (delQ)。

侏罗系中统上沙溪庙组 (J_{2s})：主要为厚 ~ 巨厚长石石英砂岩、中厚层粉砂岩和少量薄层状泥岩，是场地切坡的主要岩性。

滑坡堆积层 (delQ)：主要为切脚岩体滑坡所致，主要为块石、孤石，局部夹粉质粘土及碎石土，结构稍密，厚度 0.5 ~ 2m。

崩积层 (colQ)：主要为碎石土夹块石，结构松散，厚度一般 0.5 ~ 2m。

残坡积层 (el - dlQ)：粉质粘土夹碎石，稍密，零星分布于坡顶以上斜坡地带，厚度 0.5 ~ 1m。

钻孔揭露斜坡岩体自上而下可划分为强、中等风化、微风化三带，三带间无明显分界，岩体风化具不均一性。

1.3 锚索设计情况

锚索采用钢绞线加工成型，每孔锚索所用钢绞线截面为 $7 \times 7\phi$ ，钢绞线强度标准值不低于 1860MPa，锚索锚固力设计标准值为 100t。

锚索长度有 15m 和 18m 两种，布设倾角 12°，锚固段长度为 7m，布设间距 6m × 5m (水平 × 竖直)。

两种锚索布置区域详见下图：

100t 级锚索设计要求的设计参数为：锚索由 7 根钢绞线组成，公称直径 $\Phi 15.24\text{mm}$ ，标准强度 1860MPa；锚索孔径为 $\Phi 150\text{mm}$ ，注浆采用 42.5R 水泥，净压力 0.3 ~ 0.7MPa，浆液胶凝体强度 40MPa，采用二次性灌浆，锚具和夹片采用 OVM15 型。

2 无粘结预应力型锚索试验

2.1 试验的目的

在锚索大面积施工前，通过在现场具有代表性的部位的锚索施工，进一步了解边坡的地质情况，校核设计参数，发现和初步解决锚索后续施工中可能出现的问题，并有针对性的优化锚索施工方案；通过对锚索张拉结果的分析，找出在此种地质情况下，锚索质量的影响因素及影响程度；检验并提高操作人员的施工能力和技术管理水平。

2.2 试验方案

现场选用六组锚索, 15m 的 3 组, 18m 的 3 组。通过对这 6 组锚索钻孔、灌浆、特别是张拉结果的分析, 进一步了解锚索加固区域的地质赋存情况, 找出无粘结锚索施工过程中的质量影响因素, 并针对试验锚索施工中存在的问题, 有针对性地提出解决方案。

2.3 现场存在的问题

(1) 锚索造孔方面: 局部岩层硬度较大, 耐磨钻头损耗多, 造成钻进速度慢。除此之外, 有的局部地质情况较差, 在锚索钻孔过程中, 经常出现卡钻及埋钻现象, 勉强成孔后出现孔壁塌陷, 锚索无法下索。

(2) 锚索灌浆方面: 由于岩体节理裂隙很发育的原因, 灌浆量较大。浆液扩散到其下 10 ~ 20m 的范围, 有浆液从岩体裂隙中渗出。

(3) 锚索张拉方面: 采用河南开封中原预应力设备厂的千斤顶 (YDC1500KN), 由于张拉过程中钢绞线自然回缩及群锚效应等原因, 锚索的应力损失局部较为明显。

2.4 存在问题的解决措施

根据以上 6 组试验锚索的试验结果, 锚索制作方面和结构方面不存在太大的问题, 针对锚索成孔、灌浆方面和张拉方面存在的问题, 现场采用以下措施进行解决:

(1) 锚索成孔。对于局部岩层较硬的地方, 采用金刚石耐磨钻头, 以较高的风压及较低的转速来提高钻进速度。塌孔严重的部位采用 M35 砂浆固壁 (水泥: 水: 砂子 = 1: 0.8: 0.6), 24 小时后重新钻进, 现场采用后造孔效果明显。

(2) 锚索灌浆。锚索灌浆主要是解决内锚段锚固问题。因此, 锚索灌浆一般采用 M40 砂浆 (灰: 砂: 水 = 1: 0.5: 0.5), 中间加入早强剂, 并采用间歇、待凝方式。

(3) 锚索张拉。根据上面分析, 局部应力损失比较明显, 为了使锚索达到理论的真实受力情况, 通过多次补偿张拉确保锚索受力符合设计要求。

3 1000KN 预应力锚索工艺控制

3.1 基本施工工序

施工平台搭设→布孔→编索→造孔→清孔、验孔→安装锚索→注浆→锚墩制作→安装外锚头→张拉→验收→封锚

3.2 布孔、钻孔施工

使用全站仪按设计要求将锚孔孔位准确地测放到边坡坡面上, 做好孔位标记。因地形等客观原因限制, 需调整孔位时, 应征得设计方的同意后方可调整, 本工程锚索的间距 6m, 排距 5m。

现场配备钻机无锡 MD-50 型潜孔钻机。设计的孔径为 150mm, 锚索的俯角为 12°。

在钻孔过程中, 应注意:

(1) 钻孔速度、返回介质的成分与数量、地下水等资料的收集与记录, 如果发现原设计的部位不适合做锚固段时, 应及时向监理人员汇报, 并增加锚索长度, 确保锚索内锚段位于稳固岩体中。

(2) 钻孔孔径、孔深均不得小于设计值, 钻孔倾角、方位角应符合设计要求。其允许误差为: 开孔扩展差不得大于 10cm; 孔斜误差不得大于孔深的 3%; 钻孔超径不得大于孔径的 3%。

(3) 钻孔过程中应进行分段测斜, 及时纠偏, 钻孔完毕再进行一次全孔测斜。

(4) 钻孔完毕后, 穿索前应用高压风、水管将钻孔冲洗干净。

(5) 钻孔完毕后验收合格后, 应做好孔口保护。

3.3 索体的制作与安装

编索工艺: 下料、清洗油脂→编束→安装隔离架、支撑环→安装注浆管→验收→库存。

(1) 锚索采用钢绞线加工成型, 每孔锚索所用钢绞线截面为 $7 \times 7\phi$, 钢绞线强度标准值不低于 1860MPa, 锚固段锚入稳定基岩的长度不小于 7m, 且为中风化或新选岩石。锚索由锚筋、对支架

和注浆管等几部分组成。

(2) 钢绞线下料：钢绞线切断采用砂轮机，要求切口整齐无散头现象，下料长度应考虑到砼垫墩厚度、千斤顶长度、工具锚和工作锚的厚度要求，适当保留余度。

(3) 锚索制作：锚索锚固段加工时应进行除油、除锈处理，自由段应进行无粘结处理，无粘结处理方式：首先在自由段涂抹黄油，然后加套将钢绞线和灌浆管等摊于工作台上，对不同的灌浆管进行编号，安装灌浆管，并检查管道是否通畅，并且管路系统耐压值不低于设计灌浆压力的1.5倍。对耐压值不够或不通畅者要更换。管道安装检查完后管口临时封闭，并挂牌编号；内锚固段范围内，每隔1m穿一对中支架，两对中支架间绑扎无锌铅丝一道。自由段每1.5m穿一对中支架，中间绑扎无锌铅丝一道，绑扎时应保证钢绞线平直，不得交叉，最后在锚索端头套上导向帽；锚索制作完毕后应妥善存放，并登记、挂牌，标明锚索编号、长度等。存放点要求防潮、防水、防锈、防污染。

3.4 锚索安装

(1) 宜采用人工辅以机械方法进行安装，锚索就位的曲率不小于3m。

(2) 穿索中不得损坏锚索结构，否则应予更换。

3.5 锚索注浆

注浆搅拌设备选用 NJ-1500L 高速搅拌机（注浆压力 0~1.5MPa，排浆量 30L/min）和 3SNS 型高压灌浆机（工作压力 $P=0\sim5\text{MPa}$ ，排浆量 10~200L/min）。

(1) 锚索所使用的砂浆或水泥浆，强度等级为 40MPa，砂子最大粒径应小于 5mm，在使用前先过筛，为保证砂浆与周围钻孔壁的紧密粘和，可掺入一定量的膨涨剂，膨涨剂掺入量不大于水泥用量的 1%，为提高水泥砂浆的早期强度，掺入水泥用量的 5% 早强剂，具体掺入量也可由试验确定。

(2) 锚索注浆分两次进行，一次注浆为常压注浆，注浆压力为 0.2~0.3MPa，注浆自孔底开始，自下而上进行，排除孔内积水和空气，为确保二次注浆质量，一次注浆应进行通孔返浆，一次注浆达孔口返浆后立即用 1:1 水泥砂浆封堵，深度约为 0.5m；二次注浆为加压注浆，一、二次注浆时间间隔一般为 24h 左右，应在一次注浆形成水泥结石体强度达到 3MPa 后，（具体时间由试验确定）进行二次注浆，二次注浆初凝 8h 后，方容许在两侧开钻新孔，同时施钻的两个锚孔间距应大于 4m，二次注浆劈裂压力为 4~5MPa，注浆压力为 2~3MPa，二次注浆结束前保压 30min，压力不低于 2MPa，注浆量的多少应通过试验确定，并报设计单位同意和监理工程师批准后方可采用。一次注浆可采用水泥砂浆。二次注浆采用纯水泥浆，水灰比分别为 0.4~0.45 和 0.5~0.6，可适当加早强剂和膨胀剂，控制 7 天强度为 20MPa，并应进行和易性及强度试验。

(3) 二次注浆钢管为花管，二次注浆管离锚头下端距离为 0.5m，在二次注浆管下端 10m 范围内每隔 1m 制成花管段，每段花管长度为 1m，开孔率为 20%，孔径为 8mm，管段开孔段用包装塑料胶布封口，二次注浆管一般避免有接头，若有接头应进行妥善处理，其接头部位应有足够的密封性能。

3.6 锚索张拉

(1) 张拉设备。按照张拉工艺，现场设备采用 YDC-1500KN 式千斤顶，主要技术参数为额定拉力 1500KN，配用油泵为 ZB4-500 型电动油泵。在正式张拉前，对上述设备均进行了标定。

(2) 锚索张拉操作：安装锚板、夹片、限位板、千斤顶及工具锚。安装前锚板上的锥形孔及夹片表面应保持清洁，为便于卸下工具锚，工具夹片可涂抹少量润滑剂。工具锚板上孔的排列位置须与前端工作锚的孔位一致，不允许在千斤顶的穿心孔中钢绞线发生交叉现象；锚索张拉锚固时先对单根钢绞线进行预紧，以使锚索各钢绞线受力均匀，再将所有锚索一起张拉到超张拉荷载时锁定。张拉控制以力值为主，张拉时按以下分级进行，并进行及时准确的记录。

100t 级锚索：5.5t→17.5t→36t→56t→70t→90t→100t。

张拉过程中当达到每一级的控制张拉力后稳压 5min 即可进行下一级张拉，达到最后二级张拉力后稳定 10min，变形情况稳定若无异常即可锚固。锚索张拉时应通知监理工程师到场，并即时准

确记录油压表编号、读数、千斤顶伸长值、夹片外露长度等。

(3) 锚索张拉灌浆完毕后,从锚具外端量起 50 ~ 100mm 钢绞线,将其余部分用砂轮切割机截去。最后浇筑锚墩封锚。

4 结 语

通过 1000kN 无粘结预应力锚索在破碎体高边坡加固应用方面的探讨,说明了锚索的工艺控制要点、以及高边坡安全监测的体会,具体如下:

(1) 受力结构合理。通过与本工程普通拉力型锚索的对比发现,采用无粘结预应力锚索更可避免自由段的压应力集中,使自由段应力分布更趋均匀,在锚索内锚段受力结构不好但又需要提高供较高锚固力的部位比较合适。

(2) 锚索补偿张拉。通过本工程可以看出,对于锚索循环多次张拉过程中产生的应力损失,可根据采用多次补偿张拉的方法进行应力补偿,以达到最好的锚固效果。

(3) 高边坡安全监测。作为有承载力要求的破碎体高边坡加固工程,确保后期的承载力要求非常关键,锚索施工完毕后,通过对布设在坡体上的变形位移观测点定期观测,以发现坡体是否处于移定的状态。

目前,本工程已经投入加载安全运行 1 年左右,通过边坡变形观测数据的分析,破碎段高边坡处于稳定状态,边坡加固效果良好。根据本工程的经验,对于破碎岩体边坡、断层、裂隙发育地段,采用无粘结预应力锚索可大大提高边坡的稳定性与可靠性,同时,采用合理有效的安全监测手段也是极为必要的,可以加以推广应用。

参考文献

- [1] 闫莫明,徐祯祥,苏自约主编.岩土工程锚固技术手册.北京:人民交通出版社,2004
- [2] SL46-94,水工预应力锚固施工规范[S].

1000kN Unbonded Prestressed Cables in High Slope Reinforcement Project

Wang Jingqiang

(*Geotechnical Engineering Co., Ltd. Henan, Luoyang, 471023*)

Abstract: This paper, introduces the overview of its design, construction techniques, the construction problems that exist in a summary analysis of similar projects for the experience of providing a reference.

Keywords: Slope reinforcement; unbonded cable; construction