

弱含水层干扰井群人工井点降水水位降深研究

赵文忠

(河北省邢汾高速公路筹建处,河北 石家庄 050090)

摘要:一般情况下按隔水层考虑的粘土层及粉质粘土层,由于其内部存在微结构决定的特殊地下水,在工程中需作降水处理。弱含水层的降水设计计算与富水层不同,弱含水层渗透系数远小于富水层,在其他条件相同的情况下,其影响半径也远小于富水层,故在弱含水层降水过程中出现井内动水位与基坑底面静水位相差较大的现象。在弱含水层干扰井群降水计算时,不能按各单井等涌水量考虑,且不一定所有井都对计算点水位降深产生干扰。以长春站南北广场地下通道工程为背景,提出了弱含水层干扰井群降水计算方法,即在确定对计算点产生干扰的井数基础上,考虑各井涌水量不等,推导了弱含水层干扰井群水位降深计算公式。最后进行了具体工程实例中实测结果与计算结果的比较验证。

关键词:弱含水层;粘土;干扰井群;影响半径

中图分类号:P641 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-0300(2009)03-0047-06

1 引言

在深基坑和地下构筑物的施工过程中往往会遇到地下水位高于开挖作业面的情况,井点降水作为行之有效的人工降低地下水位的方法,一般应用于地下水涌水量较大的富水层,如砂性土层、卵石层及砂砾层等,而对于粘性土层渗透系数相当小,一般按隔水层考虑^[1-6]。

而长春站南北广场地下通道工程场区工程勘探地质资料显示,地层主要为粉质粘土及粘土层,从水文地质观点出发,因其渗透系数很小,应视为隔水层,可是当工程深度在地下水位以下时,黄土中仍有一定数量的地下水流出,其储存量还是较大的^[7-10]。更值得一提的是降水井中的动水位与挖孔桩或基坑底面的静止水位相差10余m,随工作面的加深,这种差值也逐渐增加。由此可见,黄土中部分地下水既不同于松散砂砾石层中的孔隙水,也不同于粘土颗粒与水膜关系的结合水,而是由黄土微结构所决定的特殊类型地下水。文献[7]认为长春市地下水类型有两种,其一为伊通河谷中的孔隙潜水或微承压水;其二为黄土中的“空洞水”和“裂隙水”。“空洞水”是由于黄土层中有大量空洞,最大直径3.5 mm,最小直径0.1 mm,以直径0.2~0.3 mm最多,而且其垂直方向的渗透性大于水平方向的渗透性。“裂隙水”是指对于棕红色粘土和粉质粘土,在其顶部和中间夹几层“裂隙粘土”,开挖基坑过程中也赋存少量的地下水,当开始揭露时无地下水渗出或流动,不久在土坡表面有一层雾状水珠,然后汇成细小水流,因而在开挖过程中无水,一旦停工慢慢会有少量地下水渗出和积存。黄土中的“空洞水”和“裂隙水”的存在,造成一般按隔水层考虑的粘土层及粉质粘土层需进行人工降水,且应按弱含水层进行降水设计计算。

2 弱含水层干扰井群降水理论分析

2.1 弱含水层降水分析

一般人工井点降水工程要求将地下水位降至开挖底面以下0.5 m^[11],对于富水层降水井内水头值与基坑底部水头值基本一致,而对于上述弱含水层这种设计不能满足降水要求。目前长春市针对该种粉质粘土和粘土层,降水井设计一般采用经验数据,即降水井井深为开挖基坑深度的1倍,即若基坑开挖深度

收稿日期:2009-05-07

作者简介:赵文忠 男 1971年出生 高级工程师

为 8 m, 则降水井深度为 15 ~ 16 m, 井距最大的为 10 m, 一般为 6.0 ~ 6.5 m^[7]。如果从水文地质角度出发, 粘土层及粉质粘土层按弱含水层考虑, 因其渗透系数 k 很小(与砂土层相差几十倍至上万倍), 造成影响半径 R 往往小于井点系统的引用半径, 故需加深降水井深度、减小井距才能达到降水效果。如图 1 所示, 对于渗透系数大的富水层其影响半径大, 而渗透系数小的弱含水层其影响半径小, 在要求相同水位降深的情况下, 弱含水层的降水井井深大、井距小才能满足相应降水要求。

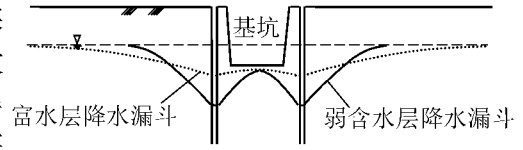


图 1 渗透系数与降水漏斗关系示意

对于需降水的粘土及粉质粘土层, 由于无相对隔水层存在, 其地下水类型只能按潜水考虑。

2.2 富水层潜水干扰井群降水计算

在潜水干扰井群计算中, 引入势函数, 对于潜水井有, 当各井的涌水量相等(即 $Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$), 且影响半径 $R \geq (4 \sim 5)R_0$ (R_0 为井群的引用半径)时, 可近似地认为每个井距补给边界的距离都等于 R , 则得潜水干扰井群工作时所求点 A 处的水头值 h_A 的表达式^[2]

$$h_A^2 = H_0^2 - \frac{Q}{\pi K} \left[\ln R - \frac{1}{n} \ln r_{A1} r_{A2} \dots r_{An} \right] \quad (1)$$

式中, H_0 为潜水面至潜水含水层隔水底板高度; Q 为干扰井群总涌水量; K 为潜水含水层渗透系数; R 为影响半径; n 为井数; $r_{A1}, r_{A2}, \dots, r_{An}$ 分别为 A 点距各井的距离。

2.3 弱含水层潜水干扰井群降水计算

由于弱含水层渗透系数 k 及影响半径 R 均较小, 当影响半径 $R < (4 \sim 5)R_0$ 时, 每个井距补给边界的距离不能认为都等于 R , 而分别为 $R_1, R_2, \dots, R_n$, 这时潜水干扰井群工作时所求点 A 处的水头值 h_A 的表达式应为

$$h_A^2 = H_0^2 - \frac{Q}{n\pi K} \ln \frac{R_1 R_2 \dots R_n}{r_{A1} r_{A2} \dots r_{An}} \quad (2)$$

式中, $R_1, R_2, \dots, R_n$ 分别为井点系统各井距所求点 A 补给边界的距离; 其余符号意义同前。

而且当弱含水层的影响半径小于井点系统的引用半径时, 并不是整个井点系统的降水井都对计算点 A 产生水位降深干扰, 这就需要判断对 A 点产生降水干扰的降水井数量 n 及井位, 然后再计算 A 点的水头值 h_A 。

3 计算实例

3.1 工程背景

长春站南北广场地下通道, 为连接铁路长春站南、北广场的地下人行通道, 通道全长约 274 m。其中暗挖段, 里程为 DK0+063.279 ~ DK0+218.679, 全长 155.4 m。结构形式为三拱两柱, 开挖跨度 16.2 m, 开挖高度 7.3 m, 最大埋深 5.0 m。长春站南北广场地下通道南北向正交横穿铁路长春站站场, 暗挖段共穿越 12 股客运轨道、2 股货运轨道和部分驼峰线, 并穿越 4 座站台及 4 个邮政通道。

地质情况: 0 ~ -2.17 m 为杂填土, 褐黑色; -2.17 ~ -8.57 m 为粉质粘土, 呈褐黄色, 湿粘性较好; -8.57 m 以下为粘土, 呈褐黄色, 湿、可塑状。水位埋深 -2.1 ~ -3.8 m, 主要含水层为粉质粘土层, 渗透系数为 0.87 m/d。该种粉质粘土及粘土层如按隔水层考虑不必降水, 可当工程深度在地下水位以下时, 土层中仍有地下水流出, 而且该种土遇水即完全失去自稳性, 降水效果不易控制, 故降水效果成为施工成败关键。

地下通道暗挖段因受地表轨道、站台及邮政通道的影响, 降水井无法按设计要求布设; 根据现场实际情况, 以通道中心线为轴线, 沿通道两侧(井中心横向间距 21 m)布置两排, 共布设 28 眼降水井, 井深 18 ~ 20 m、井径 600 mm, 降水井沿隧道轴线间距 8 ~ 14 m 不等, DK0+126、136 位置, 因通道两侧无井位, 故在通道中线上各布设一眼降水井, 当中洞开挖掌子面距降水井 6 m 时, 用注浆方法将降水井回填, 开挖时将井管破除即可。暗挖段降水井井位布置平面如图 2 所示。

3.2 降水计算

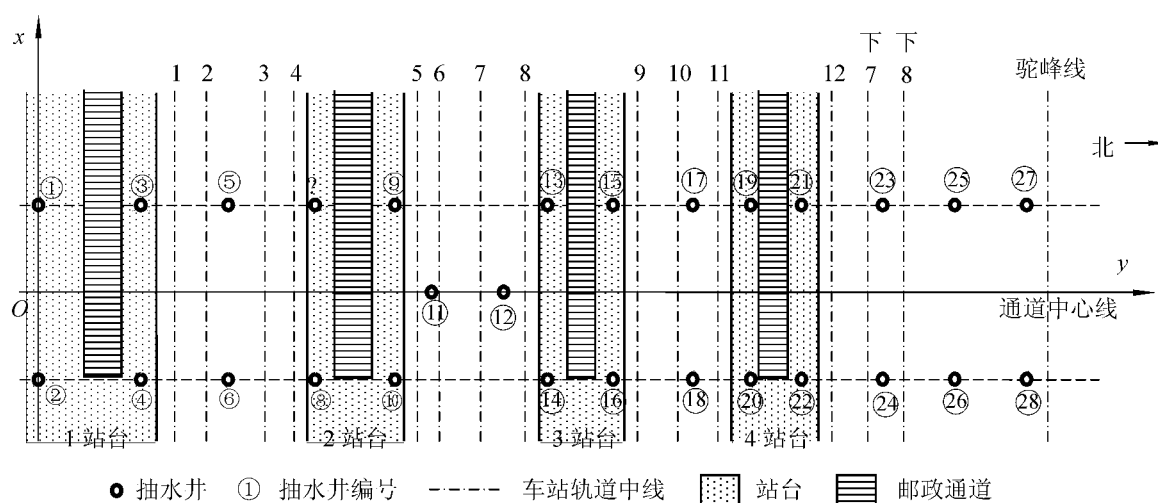


图2 地下通道暗挖段降水井井位布置

3.2.1 模型建立

基于上述弱含水层潜水干扰井群降水计算理论,结合本工程水文地质特点,建立如图3所示的地质

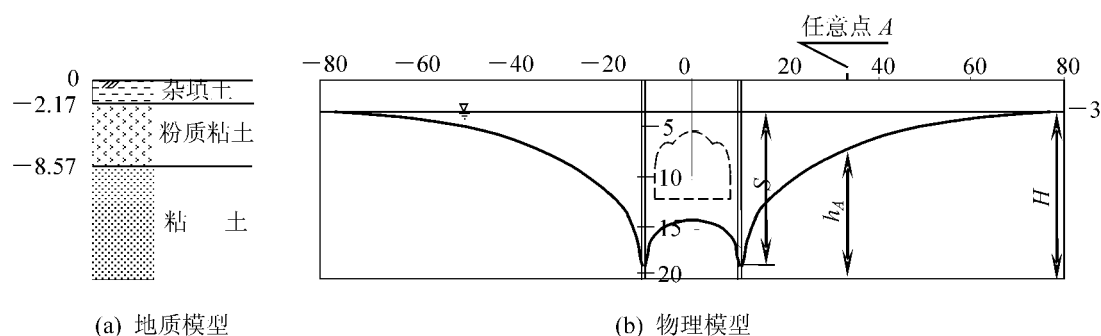


图3 模型建立(单位:m)

模型和物理模型。对于原地下水位到井内动水位的距离 S 的取值,水位应降至基坑底面以下 $0.5 \text{ m}^{[11]}$,按常规取井点系统的平均水位降深应为 10 m 左右,但由于本工程中含水层渗透系数及影响半径均较小,如取 $S = 10 \text{ m}$,则主体结构中心处水位降深远远达不到设计水位降深的要求,故根据所用降水井的井深为 $18 \sim 20 \text{ m}$,选取 $S = 15 \text{ m}$,即井内动水位距地面 18 m 。对于含水层厚度 H 的取值,由于抽水井为非完整井, H 应转换为有效深度 H_0 ,取 $H_0 = 1.9(S + l) = 32.3 \text{ m}$,其中, l 为滤水管工作部分长度。

影响半径 R 取值采用常用的经验公式。对于渗透系数 K 的取值,粉质粘土层与粘土层的渗透系数不同,取加权平均值 $K = 0.18 \text{ m/d}$ 。影响半径 $R = 72.3 \text{ m}$ 。

3.2.2 计算A点水头值

由于本工程中影响半径小于井点系统的布置长度,只有部分井对任意计算点 A 的水位降深产生干扰,所以首先应确定对 A 点产生影响的井数 n (即先计算各井距 A 点的距离 r_{Ai} ,如 r_{Ai} 小于 R 则该井为 A 点的干扰井)。另外因降水井影响半径较小,不能认为各井涌水量相等,实际情况为井点系统南北两端的降水井地下水补给最充分,受其他井涌水干扰小,其单井涌水量最大,而中间的、号井涌水量最小。可利用“大井法”计算 A 点影响范围内干扰井群的涌水量

$$Q = \frac{1.366k(2H - S)S}{\lg R' - \lg r_0} \quad (5)$$

式中, r_0 为对 A 点产生干扰的井群引用(等效)半径,对于矩形基坑根据长宽比的不同有不同计算公式; R' 为对 A 点产生干扰的井群等效影响半径($R' = R + r_0$)。

然后计算 A 点距各井距离 $r_{A1}, r_{A2}, \dots, r_{An}$,以及各井距 A 点补给边界的距离 $R_1, R_2, \dots, R_n$;最后利用式(2)即可求解 A 点的水头值 h_A ,从而可得降水后水位埋深 $Z_A = H + 3.0 - h_A$ 。

3.2.3 计算结果

根据上述 Z_A 值,绘制相应的降水漏斗。由于弱含水层影响半径小的特点,在整个井点系统的降水漏斗中每个抽水井附近形成局部较深的坑状降水漏斗,这一点与前述弱含水层的实际降水效果相吻合。图 4 为整个井点系统全部工作时所形成的降水漏斗曲面。考虑到降水井是分期启用的,计算了北端 6 个井工作时的降水漏斗曲面如图 5 所示。

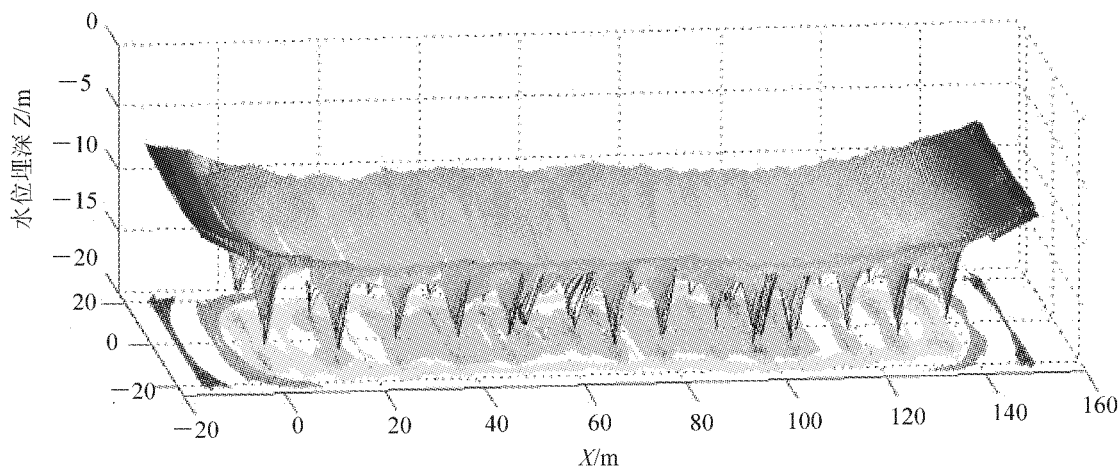


图 4 整个井点系统全部工作时的降水漏斗曲面

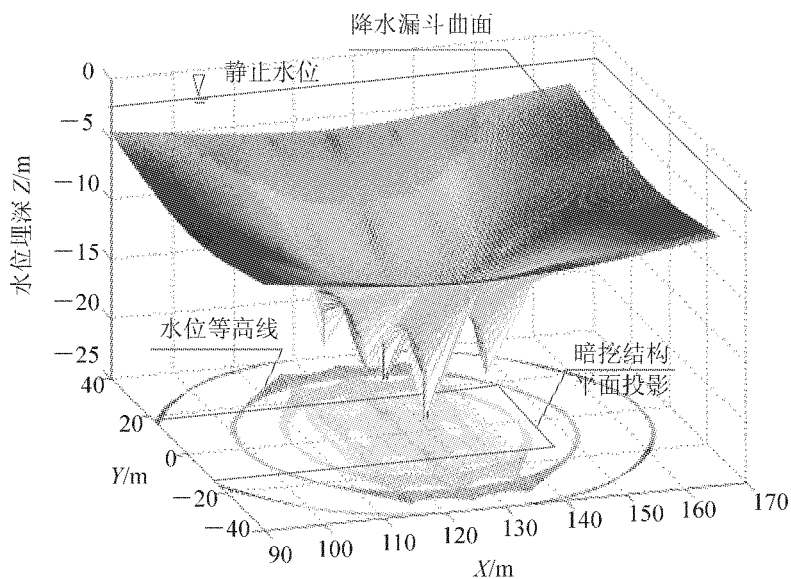


图 5 北端 6 个井工作时的降水漏斗曲面

图 5 为 DK0+072 ($X=0$)、DK0+079 ($X=7$)、DK0+086 ($X=14$) 横断面降水漏斗曲线;图 6 为 DK0+170 ($X=98$)、DK0+173.5 ($X=101.5$)、DK0+177 ($X=105$) 横断面降水漏斗曲线;图 7 为 $Y=0$ (通道轴线处)、 $Y=4.25$ (通道中间立柱处)、 $Y=8.1$ (通道侧墙处)、 $Y=10.5$ (井排处) 纵断面降水漏斗曲线。

3.4 实测与计算结果的比较

整个井点系统全部井工作时的降水计算结果,井位处水位降深至 15.8 ~ 18.2 m;对于地下通道暗挖段结构处的水位降深,除通道南、北两端外(未考虑两端施工竖井自身大口井的降水作用),其余中间部位地下水位均降至结构底板以下。现场实测结果,井内水位一直保持在轨面下 18 m 左右,降水效果较稳定。

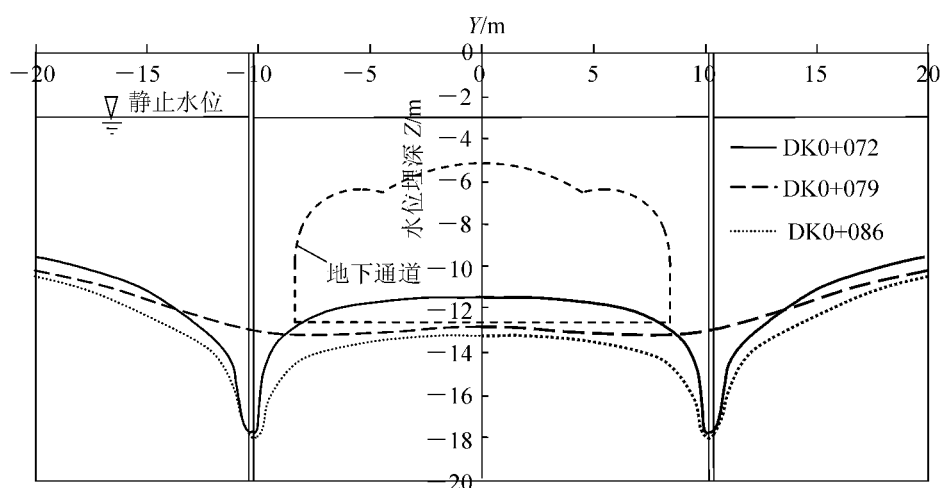


图6 DK0+072,079,086 横断面降水曲线

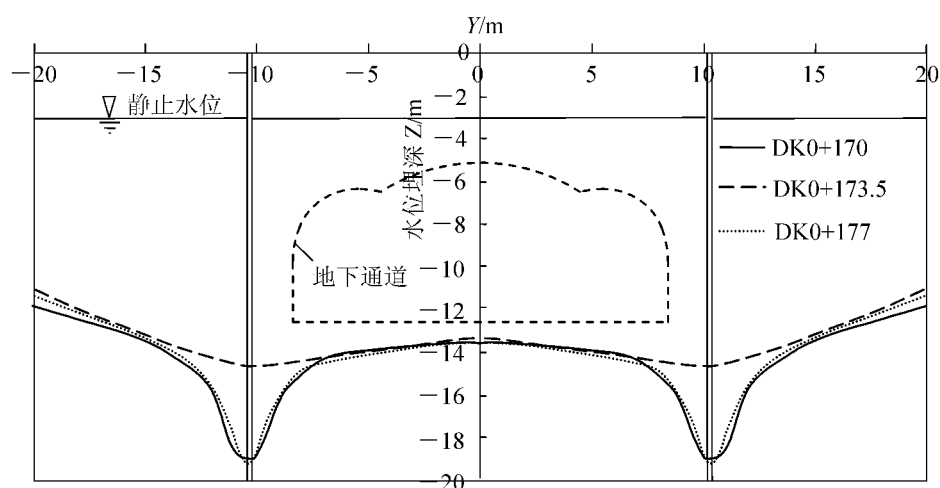


图7 DK0+170,173.5,177 横断面降水曲线

比较降水计算结果与实测结果,降水漏斗曲面及曲线规律与实测结果相同,都是在井位处形成局部漏斗,而且局部漏斗范围小,计算水位降深值略大于实测值。

4 结束语

弱含水层干扰井群降水计算与富水层不同,表现为:其一,由于弱含水层渗透系数较小、影响半径也较小,当影响半径小于井点系统引用半径时,并不是井点系统所有井都对计算点产生水位降深干扰;其二,弱含水层干扰井群工作时,不能认为各单井涌水量相等,也就使每个井距计算点补给边界的距离不等,即分别为。在具体计算实例中,水位降深计算结果与实测结果规律吻合,数值略偏大。

参 考 文 献

- [1] 刘建航,侯学渊. 基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997:232-320.
- [2] 任天培. 水文地质学[M]. 北京:地质出版社,1986:114-137.
- [3] 夏明耀,曾进伦. 地下工程设计施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1999:615-740.
- [4] 鞠建英. 实用地下工程防水手册[M]. 北京:中国计划出版社,2002:72-100.
- [5] 陈虹. 群井降水的实用计算方法[J]. 岩石力学与工程学报,1997,16(2):118-124.
- [6] 任红林,杨敏. 基坑工程井点降水分析计算[J]. 水文地质工程地质,2000(1):31-35.
- [7] 王钢城,郑毅,张庆云. 长春黄土状土的水文、工程地质特性及降水方案的确定[J]. 长春地质学院学报,1994,24(3):309-311.

- [8]李瑞生. 长春市深部地下水赋存规律之我见[J]. 吉林地质, 1995, 14(4): 63-68.
- [9]易云华. 粘性土层基坑开挖降水方案设计与施工[J]. 电力勘测, 2001(2): 41-45.
- [10]赵立智, 孙伟光. 长春辉达大厦深基坑护壁及施工降水[J]. 哈尔滨建筑工程学院学报, 1994, 27(6): 82-87.
- [11]中国建筑科学研究院. JGJ120-99 建筑基坑支护技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.

Study on Water Level Subsidence Due to Interferential Well Group Dewatering in Weak Aquifer

Zhao Wenzhong

(Xing-Fen Expressway Preparatory Office of Hebei Province, Shijiazhuang 050090, China)

Abstract: Dewatering is necessary in silty clay and clay bed, which is regarded as water insulation layer, because of the internal special underground water. The dewatering calculation in weak aquifer differs from that in rich aquifer, with a far weaker permeability and, while other conditions being the same, with considerably smaller influence radius. During dewatering in weak aquifer, therefore, there is a large difference between the dynamic water level inside the well and the static water level under excavation bottom. The calculation cannot be accounted for according to the water inflow into each well, and it is uncertain that all wells influence the water depth decreasing. The routine calculation method usually causes larger results. On basis of the underground passage project between south and north square of Changchun Station, the dewatering calculation method for interferential well group in weak aquifer is presented. Accounting for unequal inflow of the wells, the formula is deduced for dewatering depth of interferential well group in weak aquifer based on determination of a number of wells interfering a certain point. Finally, the calculation result is compared and checked with the field survey data.

Key words: weak aquifer; clay; interferential well group; radius of influence

(上接第 46 页)

参 考 文 献

- [1]何光春. 加筋土工程设计与施工[M]. 北京: 人民交通出版社, 2000.
- [2]欧阳仲春. 现代土工加筋技术[M]. 北京: 水利水电出版社, 1993.
- [3]交通部公路科学研究院. JTGE40—2007 公路土工试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [4]中华人民共和国水利部. GB/T50123—1999 土工实验方法标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 1999.

Evaluation of the Stability of Slope with Reinforced Soil

Li Shujie

(Shi-huang Expressway Construction Management Section in Hebei Province, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: With such good characteristics as high strength, low elongation and good contact with soil, geogrid is used as the main reinforcement material. After placed in the appropriate location in soil, it can effectively reduce the vertical settlement and lateral deformation of soil. According to the non-linear finite element analyses under different load operating conditions at the slope top, the plastic zone size and distribution, the level stress and deformation, the vertical stress and settlement rules are studied and evaluated.

Key words: geogrid; reinforcement; finite element; evaluation