文章编号:1005-0523(2009)03-0020-06

盖挖法临时路桥体系的设计方法研究

詹 超,杨龙才,何太洪

(同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室,上海 201804)

摘要:为了尽量降低地铁车站施工对既有地面交通的影响,盖挖法是经常采用的一种施工方法,其中构建一个稳定、可靠的临时路桥系统是盖挖法施工中的一个关键环节,这方面目前我国尚没有专门的设计规程加以约束。结合某地铁车站盖挖法施工的实际工程,就临时路面板的设计计算、军便梁体系的设置参数以及军便梁与围护结构的相互作用等方面展开计算分析,获得了诸多有益的结论,同时为盖挖法临时路桥体系设计计算提供了一般原则。

关 键 词:盖挖法;临时路桥体系;路面板;军便梁;数值模拟

中图分类号:TU352.11 **文献标识码**:A

盖挖法广泛地应用于城市地铁车站建设中,其主要目的在于把地铁建设对城市交通的影响降至最低,以实现城市基础设施建设和环境的友好及和谐。盖挖法施工的成功关键之一在于临时路桥系统的设计、施工及维护,因为临时路桥体系一旦出现问题,则既要中止工程施工,又会严重影响交通,给临时路桥系统的恢复带来困难,城市交通会出现梗塞。目前临时路桥体系较多采用军便梁、贝雷梁等标准化构件[1],但是目前还没有专门的设计规范加以约束和规范。由于临时路桥体系的使用时间往往较长,如何保证其在整个施工及使用过程中的安全,是盖挖法施工需要着力解决的一个重要问题。本文拟结合具体的工程实例,针对盖挖法临时路桥体系的设计方法进行研究。

某地铁车站骑跨地面交通繁忙的十字路口。车站主体结构长为166.7 m,宽20.5 m,底板埋深17.7~19.3 m,顶板覆土约3.5 m,围护结构采用φ800@1 200 mm钻孔灌注桩,根据交通疏解要求,车站主体中间扩大部分(跨度为25.5 m)采用盖挖法施工。该工程所处地层自上而下分别为杂填土,中粗砂,砾砂,粉质粘土,砾砂,地下水位埋深7.30~10.60 m,为第四系孔隙潜水,补给来源主要为大气降水,砂层中含水丰富,含水层透性强,一般在50~110 $m\cdot d^{-1}$之间。临时路桥体系拟采用盖板梁和首道支撑分离的设置方案,主要由路面层(100 mm沥青混凝土)、钢筋混凝土路面板(2.7 m×1.0 m×0.15 m)、六四式铁路军便梁等构成,临时路桥体系的竖向承载由围护结构承担。

1 路面板设计分析

1.1 路面板的设计计算

盖挖法路面板设计的关键在于路面板的支承方式、路面板上荷载的取值及荷载布置方式。路面板的支承方式应根据路面板与盖板梁体系的关系确定,因路面板与军便梁之间采用U型螺栓连接,应采用简支板的方式进行设计。

临时路面体系的荷载包括恒载、活载的作用,恒载可按结构构件的设计尺寸与材料的重力密度确定;活载由汽车荷载和冲击荷载两部分组成。针对城市道路的汽车荷载分为城A级和城B级两个等级,在盖挖法临时路桥体系设计中汽车荷载等级的选取宜根据当地交通管理部门的规定实现,汽车冲击荷载取为汽车荷载乘以冲击系数μ。

临时路面体系上荷载的布载方式应根据梁的设置方式、车行方向和盖板方向的关系等综合确定[2]。

当盖板纵向与行车方向垂直时,路面板承载的最不利情况发生在同一轴两轮的中心和路面板中心重

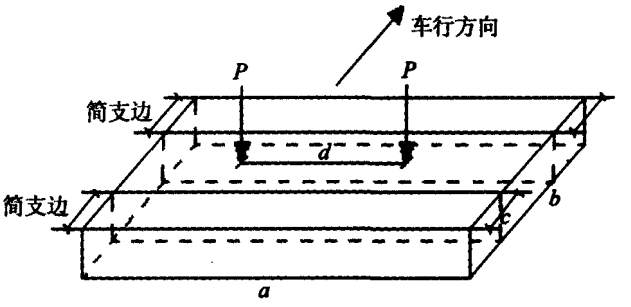
收稿日期:2008-04-11

作者简介:詹 超(1983-),男,江西上饶人,工学硕士研究生,研究方向为道路与铁道工程、结构工程和岩土工程。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

合的条件下,参见图 1 所示。

当盖板纵向与行车方向一致时,路面板承载的最不利情况的布载方式应根据图 2 所示两种不同的布载方式分别进行计算,选择较不利的结果;但需注意图 2 中的 d 为承重轮纵向间距。



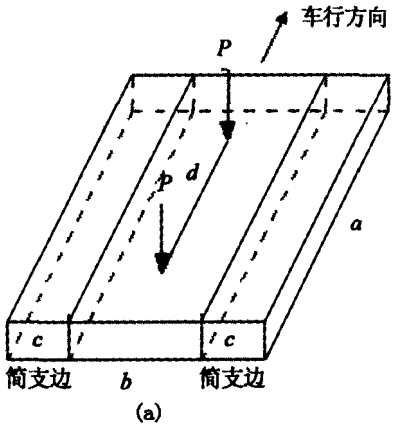
a,b 分别为路面板的长度和宽度;c 为路面板简支边宽度;d 为车轮横向间距;P 为车轮轮重最大值。

图 1　盖板纵向与行车方向垂直时路面板计算图式

1.2　实例分析

临时路桥体系拟采用盖板梁和首道支撑分离的设置方案,主要由路面层(100 mm 沥青混凝土)、钢筋混凝土路面板(2.7 m × 1.0 m × 0.15 m)、六四式铁路军便梁等构成,临时路桥体系的竖向承载由围护结构承担。

某地铁车站的路面板采用钢筋混凝土路面板,尺寸为 2 700 mm × 1 000 mm × 150 mm,军便梁间距为 1.0 m,军便梁纵向与行车方向一致,采用车道荷载进行计算(其原因 2.1 节有详细论述),临时路面体系的荷载根据该工程的交通管制情况取城 B 级进行计算。对比分析前述的计算工况,易知图 2(a)所示工况为最不利布载工况,d 取 1.2 m,针对该工况运用 Sap-2000 建立路面板的有限元模型进行分析,采用壳单元来模拟路面板,同时对受军用梁支承作用的路面板单元进行竖向约束,其计算模型如图 3 所示。



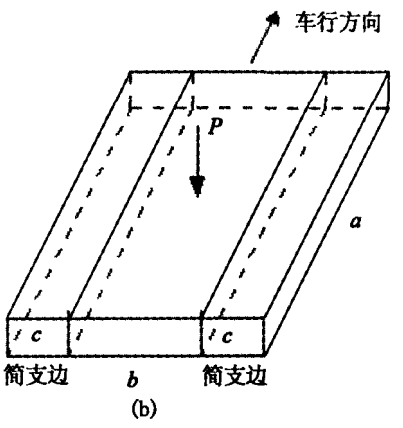


图 2　盖板纵向与行车方向平行时路面板计算图式

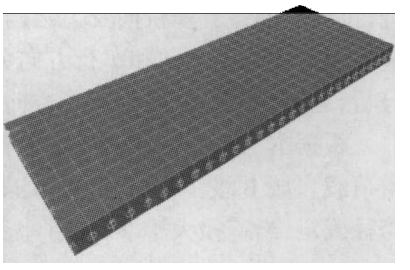


图 3　钢筋混凝土路面板有限元模型图

计算所得的路面板弯矩分布见图 4 ~ 5 所示,路面板底部纵向正应力图见图 6 ~ 7 所示,有限元计算的结果汇总于表 1。

由图 4 ~ 7 可知,路面板沿宽度方向的弯矩和应力呈波浪形分布,沿长度方向的弯矩和应力呈马鞍形分布,其最大值点出现在车轮所在位置。

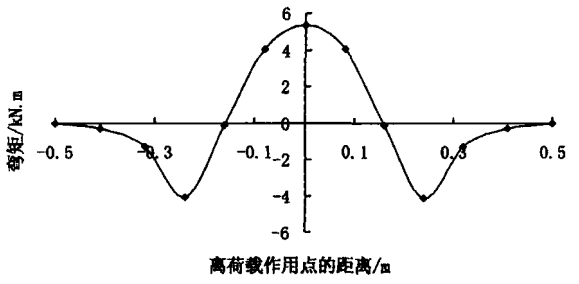


图 4　路面板沿宽度方向的弯矩图

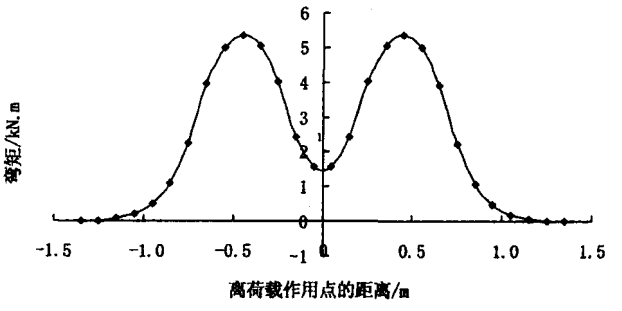


图 5　路面板沿长度方向的弯矩图

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

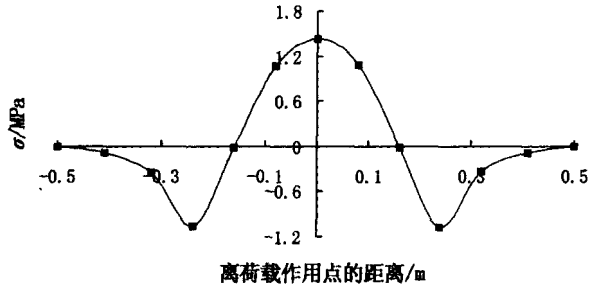


图6 路面板底部宽度方向的正应力图

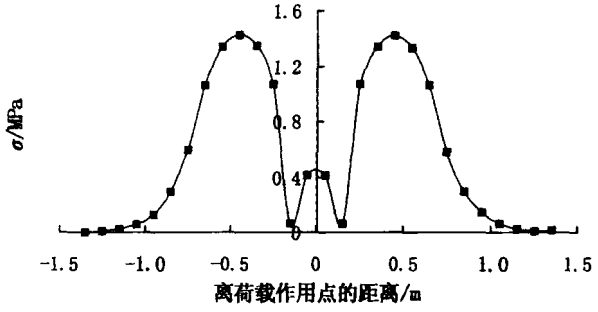


图7 路面板底部长度方向的正应力图

表1 路面板有限元分析结果汇总表

项目	最大弯矩 /kN.m	顶部最大拉应力 /MPa	顶部最大压应力 /MPa	底部最大拉应力 /MPa	底部最大压应力 /MPa
计算值	5.30	1.09	1.41	1.42	1.10
抗拉(压)强度设计值		1.43	14.30	1.43	14.3

由表1汇总的结果可知,路面板底部的最大拉应力值较大,接近其抗拉强度设计值,说明路面板设计的关键因素为底部的拉应力水平。

2 军便梁体系布置研究

2.1 主要的计算参数

根据城市桥梁设计荷载标准第4.1.2条的规定,当计算纵桥向受力结构时(如主梁)应采用车道荷载进行计算,而计算横桥向受力结构(如桥台)时,应采用车辆荷载进行计算。因此,军便梁体系的布载方式应根据军便梁的方向和车行方向关系确定,当军便梁的方向与车行方向一致时,应采用车道荷载进行计算分析,当军便梁的方向与车行方向垂直时,则应采用车辆荷载进行分析。

根据本工程周围环境的交通管制情况及军便梁布置方向,确定军便梁的设计计算荷载定为城B级车道荷载。城B级车道荷载应按均布荷载加一个集中荷载计算,均布荷载和集中荷载的标准值应按桥梁的跨径确定,当跨径大于20 m且小于等于150 m时:计算弯矩时,均布荷载 q_M 采用9.5 kN·m^{-1};计算剪力时,均布荷载 q_Q 采用11.0 kN·m^{-1},所加集中荷载 P 采用160 kN(见图8)。当车道数等于或大于4条时,计算弯矩不乘增长系数;计算剪力应乘增长系数1.30[3]。

军便梁实际布置为三维桁架结构,各榀军便梁间设置了纵向平行弦桁架作为纵向连接系,增大其刚度,出于计算方便上的考虑,采用纵向分配系数来考虑三维桁架在空间上对力的传递作用[4],简化为单榀军便梁进行计算分析,针对后续计算所涉及的军便梁间距,求得1 m间距的军便梁纵向分配系数值为1/3,1.2 m间距的军便梁纵向分配系数值为2/5,针对该军便梁进行分析的有限元中模型图如图9所示。

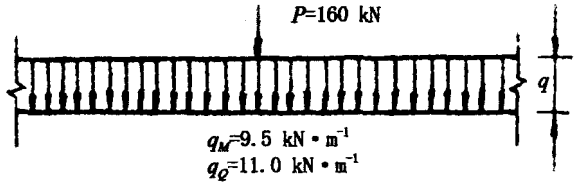


图8 城B车道荷载

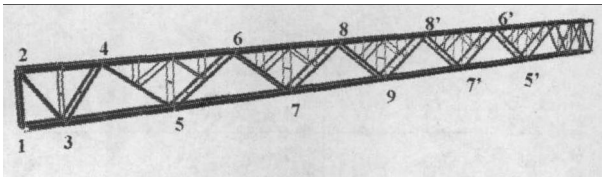


图9 25.5 m单跨六四军便梁有限元模型图

2.2 军便梁与冠梁连接方式

军便梁和围护结构的连接通常只能为简支以及两端铰接两种情况,对两种情况均进行计算加以分析,

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

军便梁中心距取 1.0 m。钢梁的挠度限值:$f/L < L/900$;转角限值:$\theta < 3.5$ ‰[5]。现将两种情况的军便梁主要杆件内力及挠度计算结果分别汇总于表 2 及表 3。

表 2　支座不同连接形式军便梁杆件内力表　　kN

轴力	杆件编号	简支	两端铰接	杆件允许
上弦杆	2-4	-31.65	-31.65	-710
	8-8′	-268.17	-268.17	-920
下弦杆	1-3	-2.23	-152.46	
	3-5	61.41	-91.05	1 000
	9-7′	244.09	91.62	1 000
腹杆	1-2	-48.73	-48.73	-540
	2-3	57.06	57.06	550
	3-4	-53.65	-53.65	-410
	4-5	70.54	70.54	420
	5-6	-59.40	-59.40	-420

表 3　支座不同连接形式军便梁杆件挠度与转角表

分类	简支	两端铰接	限值
挠度/cm	4.70	3.16	2.83
转角/‰	5.22	3.51	3.50

对比表 2 和表 3 可以看出,简支和铰接两种连接方式,跨径 25.5 m、间距 1 m 的军便梁强度均能满足要求,铰接的变形较之简支的变形减少了约 33%,对比下弦杆 3-5 和 9-7′的内力可以发现,铰接方式可以使下弦杆内力更加均匀,杆件受力更加合理。因此,建议军便梁与围护结构的连接采用铰接的方式。

2.3　军便梁设置间距

当军便梁的设置间距发生变化时,单根军便梁承担的荷载会发生变化,当军便梁间距从 1 m 增大至 1.2 m 时,军便梁荷载的纵向分配系数从 1/3 增大至 2/5。现对跨径 25.5 m 的军便梁,支座约束取铰接的连接方式,对 1.0 m 和 1.2 m 两种不同的军便梁间距进行分析,其计算结果详见表 4 和表 5。

由表 4 和表 5 的计算结果可知,在两种不同的军便梁间距下,杆件的内力均在杆件的允许值范围内,但最大挠度发生了变化,间距 1.2 m 军便梁的最大挠度及梁端转角均较间距为 1.0 m 的相应物理量提高了约 15%。考虑到机动车和非机动车道的荷载差异,以及过大的挠度和转角会对行使车辆及基坑的安全都将带来不利影响,建议在机动车道区域设置军便梁的间距为 1.0 m,而非机动车道军便梁的间距可取 1.2 m。

表 4　不同间距军便梁杆件内力表　　kN

轴力	杆件编号	简支	两端铰接	杆件允许
上弦杆	2-4	-31.65	-36.25	-710
	8-8′	-268.17	-309.84	-920
下弦杆	1-3	-152.46	-175.44	1 000
	3-5	-91.05	-105.04	1 000
	9-7′	91.62	106.01	1 000
腹杆	1-2	-48.73	-55.78	-540
	2-3	57.06	65.34	550
	3-4	-53.65	-61.56	-410
	4-5	70.54	80.99	420
	5-6	-59.40	-68.56	-420

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表5 不同间距军便梁杆件挠度表

分类	间距1.0 m	间距1.2 m	限值
挠度/cm	3.16	3.64	2.83
转角/‰	3.51	4.03	3.50

2.4 军便梁的合理跨度

针对军便梁间距在1.0 m、不设置中间柱的条件下，其挠度和转角都大于规定限值的情况，为了进一步探讨和研究军便梁的合理跨度，以铰支约束为基础，分析计算了不同跨度的挠度和转角，参见表6。由计算结果可知，在军便梁的单跨跨度不大于23.0 m的条件下，可以满足相关要求。

表6 铰支条件下不同跨度军便梁刚度计算

单跨跨度/m	计算挠度/cm	计算转角/‰	挠度限值/cm	转角限值/‰
23.0	2.45	3.04	2.61	3.5
24.0	2.82	3.28	2.72	3.5
25.5	3.16	3.51	2.83	3.5

考虑到盖挖法施工基坑宽度对于某个具体的车站而言，往往是不能改变的，故可通过设置中间柱来减少军便梁的跨度，表7给出了在施加中间柱的情况下军便梁的变形情况，由表7可知，设置中间柱能有效控制和减少挠度及梁端转角，结构的刚度大幅度提高。

表7 有中间柱条件下军便梁挠度与转角表

项目	设置中柱结果	限值
挠度/cm	0.44	1.44
转角/‰	0.97	3.5

3 临时路桥体系与围护结构的相互作用

临时路桥体系作为承载构件，支承在围护结构上，需考虑两者之间的相互作用。运用有限元软件Plaxis建立有限元模型如图10所示，模型计算高度取为两倍桩长，宽度为85 m，土体采用莫尔-库仑模型，围护结构桩按照抗弯刚度等效用板单元模拟。

3.1 围护结构变形对军便梁内力的影响

军便梁与顶冠梁铰接，因此，基坑开挖引起的圈梁变形将对军便梁产生初始变形，从而使军便梁杆件产生内力。因此通过计算基坑变形，获得围护结构顶部变形，进而对初始变形下军便梁内力进行计算。

在不考虑临时路桥体系的情况下，基坑开挖到坑底时总体围护结构水平变形不大，最大为11.8 mm，发生在离基坑底部以上2.15 m处，顶部水平位移为0.3 mm。

对两端铰支的军便梁施加水平位移为0.3 mm的初始条件，杆件内力变化甚微。再进一步考虑对军便梁施加3 mm的初始位移，杆件的最大内力产生在端部，近支座位置，端弦杆内力约400 kN，远小于杆件内力的许可值。因此在实际工程中，土方开挖导致的围护墙顶位移对军便梁的强度影响可以忽略不计。

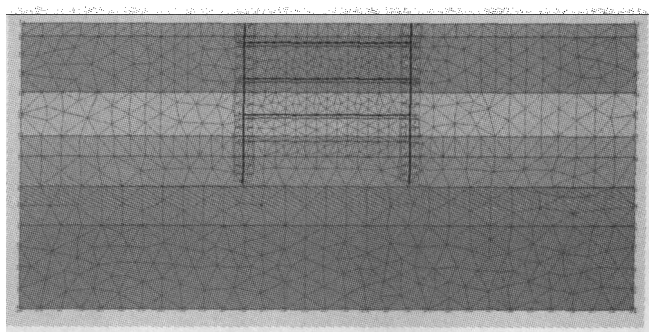


图10 计算有限元模型

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.2 临时路面体系对围护结构变形的影响

由于临时路面体系承受上部的交通荷载,均需要通过临时路桥体系传递给围护结构,对于军便梁和围护结构采用铰支连接方式的情况,则围护结构将承担竖向压力和水平力,采用上弦杆承载时,水平力的方向指向坑外。

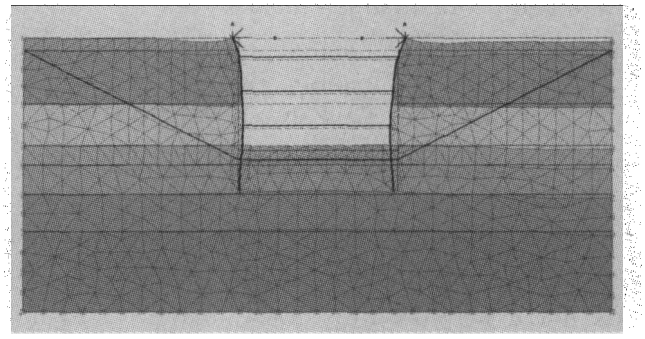


图11　铰支连接、上弦杆承载下围护结构变形示意图

在军便梁和围护结构采用铰支连接、上弦杆承载的条件下,围护结构的变形计算结果参见图11。此时围护结构的最大变形量为12.4 mm,并发生在离基坑底部以上2.49 m处,顶部水平位移为-11.3 mm。在不考虑临时路桥体系的情况下,围护结构的最大水平变形量为11.8 mm,顶部水平位移为0.3 mm。上述结果表明,当军便梁和围护结构采用铰支连接时,临时路桥系传递给围护结构的垂向力及向外的水平力会导致冠梁顶部产生向外较大的水平位移,此时当采用钢管支撑时,应注意及时对基坑的首道支撑轴力进行复加,以防支撑脱落。

4 结论

在盖挖法施工中,临时路面体系是主要的承载构件。本文通过对临时路桥体系设计的深入研究,结合具体的工程实例,获得了以下认识:

(1) 临时路桥系的盖板设计关键是盖板梁上汽车荷载的布置方式,应根据梁的设置方式、车行方向和盖板方向的关系等综合确定,荷载的等级宜根据当地交通管理部门的规定实现,路面板设计的关键因素为路面板底部的拉应力水平。

(2) 通过对军便梁和围护结构的不同连接方式计算分析表明,军便梁两端铰接比简支方式更有利于控制军便梁的挠度和转角,提高临时路桥系的刚度。在相同的跨度及连接方式条件下,较小的军便梁间距也能减小军便梁的挠度和转角。

(3) 以钢梁的挠度限值不超过 $L/900$、转角限值不超过3.5‰为标准,军便梁单跨跨度在23.0 m以下可以满足强度和变形上的要求,当跨度大于23.0 m,其设计控制因素在于刚度(挠度、转角),而不在强度,当临时路桥系的使用时间较长且跨度较大时,应考虑设置中间柱。

(4) 围护结构与临时路桥体系的相互作用的研究结果表明:土体开挖引起的围护结构变形在军便梁中产生的次生应力很小,可以忽略不计。在军便梁两端铰支、上弦杆承载的条件下,临时路桥系传递给围护结构的垂向力及向外的水平力会导致冠梁顶部产生一定的向外水平位移,此时当采用钢管支撑时,应注意及时对基坑的首道支撑轴力进行及时的复加,以防支撑脱落。

(5) 通过实例分析,给出了盖挖法临时路桥体系的主要设计计算原则和方法,以及相应的设计参数,相信对同类工程具有一定的借鉴意义。

参考文献:

[1] 雷坚强.移动贝雷梁柱支架施工是的稳定性问题研究[D].重庆:重庆交通大学,2008.

[2] 李铁生,周生华,徐正良.地铁车站盖挖法竖向支承构件设计方法研究[J].结构工程师,2007,23(1):10-13.

[3] 中华人民共和国建设部城市建设研究院.CJJ77-98城市桥梁设计荷载标准[S].北京:中国建筑工业出版社,1998.

[4] 甘百先,地铁车站盖挖顺作法施工技术研究[D].成都:西南交通大学,2003.

[5] 王承礼,徐名枢.铁路桥梁[M].北京:中国铁道出版社,1990.225.

(下转第41页)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Improved Algorithm of Nonlinear System Identification Using RBF Neural Network

MENG Sha-sha, SUN Bao-hua, Yang Hui, ZHONG Lu-sheng

(School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Using the nonlinear-mapping features of neural network, a method for nonlinear system identification using neural network is presented in this paper. It uses RBF neural network to identify and compares two different algorithms of RBF neural network. The simulation results indicate that the new algorithm of nonlinear system identification is fast to learn and precise to identify.

Key words: RBF neural network; nonlinear system; system identification

(责任编辑:王建华)

(上接第25页)

On Design Method of Temporary Pavement and Bridge System by the Cover-excavation Method

ZHAN Chao, YANG Long-cai, HE Tai-hong

(Key Laboratory of Road and Traffic Engineering in Education Ministry, Tongji University, Shanghai, 201804, China)

Abstract: In order to minimize the influence of subway station construction on the existing ground traffic, the cover-excavation method is widely used. In this case, a keypoint is to build a stable and reliable temporary road and bridge system. There is no specific design specification in this field. Combining with a project of metro station constructed by cover-excavation method, the design calculation of temporary pavement slab, the parament configuration of military beam system, the interaction of military beam and enclosure structure are studied. Many useful conclusions are obtained to provide general principles of design calculation for temporary road and bridge system by cover-excavation method.

Key words: cover-excavation method; temporary road and bridge system; pavement slab; military beam; numerical simulation

(责任编辑:刘棉玲)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net