



亭枫公路“白改黑”工程的施工工艺和质量控制

钟 璿

(上海市公路管理处)

摘要:“白改黑”工程指水泥混凝土路面上加铺沥青混凝土面层的改造工程,其基层稳固处理有注浆稳固、断裂稳固和破碎稳固等方法,适用于不同的路况。本市公路从 2001 年起实施的此类工程时以注浆稳固法为主,去年开始尝试其他稳固处理方法。本文详尽介绍了采用注浆稳固法的“白改黑”工程的工艺、质量控制方法和工后观测结果。

关键词:“白改黑”;注浆稳固;工艺;质量

1 前言

亭枫公路是 320 国道上海段的一部分,建于 1990 年,原为水泥混凝土路面,路面宽度 16m,二级公路,是本市 1990 年前后始建的大批水泥混凝土路面之一。经过十余年的运行,特别是近年来汽车轴载重型化加剧,混凝土板块相继出现裂缝、断裂、错台等病害,路面损坏日益严重,直接影响行车质量,传统的养护手段已很难解决这个问题。而沥青路面与之相比较具有行车舒适、噪声低、养护维修方便等优点。为此,2001 年经上海市市政管理局批准对亭枫公路(75K+732~80K+668)段通过加铺沥青混凝土面层的方法来加以改造,即所谓的“白改黑”工程。

本文结合笔者的工作实践,总结分析 2001 年亭枫公路“白改黑”工程的施工工艺和质量控制情况,以及两年来的实际运行情况,希望有益于同类工程的实践。

2 施工工艺流程

“白改黑”工程是将原水泥混凝土路面稳固处理后作为路面基层,加铺沥青混凝土面层,形成一种刚性基层与柔性面层的组合结构。工程的主要内容包括:

(1)对原混凝土板块进行全面调查,包括断裂板块调查和空脱板块的实际弯沉检测;

(2)处理旧混凝土板块的病害,翻修多重断裂的板块;根据主点弯沉和差异弯沉两项指标判别脱空的板块,并对其进行稳固处理;

(3)对混凝土板块的所有接缝及裂缝重新灌缝,并铺设防水材料进行防渗处理;

(4)加铺土工合成材料(玻璃纤维格栅),防止加铺层产生反射裂缝;

(5)加铺沥青混凝土面层。

工艺流程图见图 1。

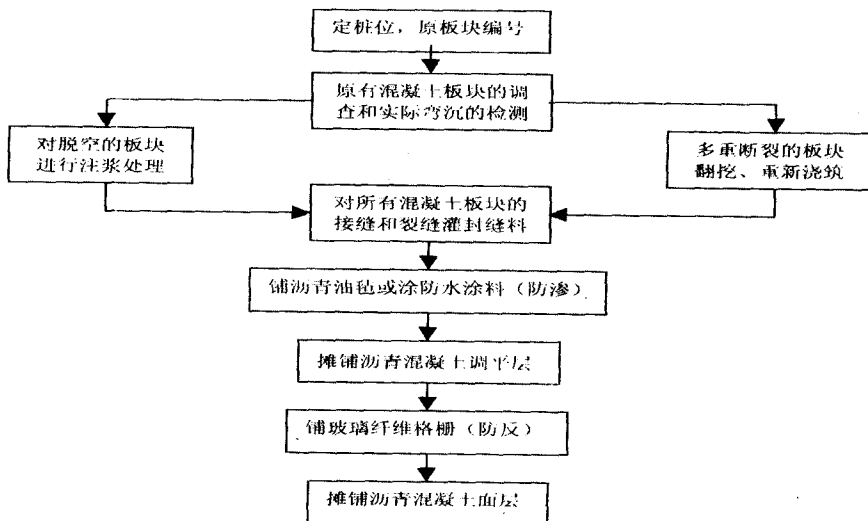


图 1 亭枫公路“白改黑”工程工艺流程图



3 原水泥混凝土板块调查

3.1 由于原水泥混凝土板块的损坏不是连续的,而原有的里程碑和百米桩不足以对损坏的水泥混凝土板块进行准确的定位,因此在对原板块进行调查前,必须重新确定桩位并逐块进行编号。

3.2 水泥混凝土面层的病害分为断裂类、竖向位移类、接缝类和表层类,其中断裂类和竖向位移类病害是“白改黑”后可能造成加铺沥青路面反射裂缝的主要原因,因此对原板块的调查包括针对断裂类病害的断裂板块调查和针对竖向位移类病害的空脱板块实际弯沉检测。此项调查工作是对原板块进行稳固处理的基础,应在施工图设计前完成,并逐一注明在施工图上。

3.3 断裂板块调查由人工目测进行。本工程将一块板有二条缝、裂成三块板及三块以上的断裂板块规定为需要翻挖后重新浇筑的板块,并同时调查需要用其他方式处理的断裂板块。

3.4 弯沉的原定义为路面或路基在荷载作用下产生的竖直弹性变形,是目前柔性路面和半刚性基层的主要设计指标之一;而水泥混凝土路面的弯沉则是指相邻板块在荷载作用下产生的高差,和柔性路面的弯沉是不同的概念,在“白改黑”工程中也习惯称之为“弯沉”。

本工程对需要翻挖后重新浇筑的板块以外的所有板块,委托专业测量单位采用改装的贝克曼梁弯沉仪按 BZZ-100 方式进行检测。改装后的贝克曼梁前臂长 4.28m,后臂长 1.82m,总长 6.1m;为减小贝克曼梁头部触地重量,提高灵敏度,在后臂末端附加配重(5kg 砝码盘)。测定时,按前进方向,先使测试车后轮位于横缝前的水泥板块上,紧靠横缝,但不压横缝后的水泥板块,使后板不受直接荷载。改装后的弯沉仪和测定方法见图 2 所示。

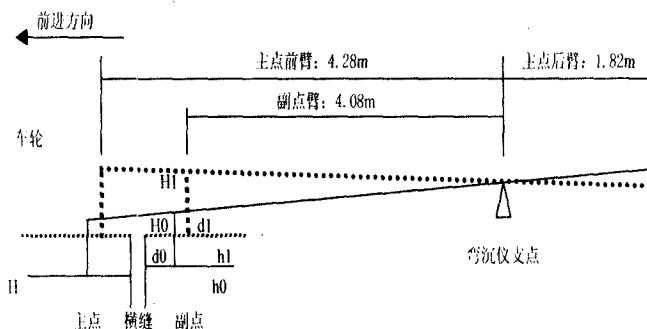


图 2 水泥混凝土板块“弯沉”检测示意图

主点弯沉的测量: 贝克曼梁头部于水泥横缝前 0.1m, 安置百分表于贝克曼梁尾部, 稳定后测试车缓慢驶离, 记录最大读数为初读数, 待路面回弹稳定后, 记录最小读数为终读数。

副点弯沉的测量: 把弯沉仪改装, 在弯沉仪头部以后 0.2m 位置增加装置加设副点读数表, 副点表落于横缝后 0.1m 的后板块上, 副点读数与主点读数同时进行。

3.5 主点弯沉=(主点初读数-主点终读数)×K1×K2

$$\begin{aligned} \text{副点弯沉} &= (h_1 - h_0) \times K_2 = [(H_1 - d_1) - (H_0 - d_0)] \times K_2 \\ &= \text{主点弯沉} \times (4.08/4.28) - (\text{副点初读数} - \text{副点终读数}) \times K_2 \end{aligned}$$

差异弯沉=主点弯沉-副点弯沉

式中 K1 为梁长系数: $K_1 = \text{前臂}/\text{后臂} = 4.28/1.82 = 2.352$

K2 为荷载系数, 按 (JTJ014-97) 8.0.8 条“不同荷载的弯沉值换算”规定

本工程将主点弯沉大于 0.20mm 和差异弯沉大于 0.02mm 的板块定义为需处理的空脱板块。

4 原板块的修复和稳固处理

4.1 在原板块的修复和稳固处理前, 应对施工桩位和板块编号进行复核, 务必与设计桩位和板块编号保持一致, 否则就可能误对好的板块进行处理, 而漏掉应该处理的板块。

4.2 对一块板有二条缝、裂成三块及三块以上的断裂板块, 不论是否空脱, 一律翻挖后重新浇筑, 按常规施工工艺进行, 应严格控制混凝土的抗折强度; 对其他断裂板块则按水泥混凝土路面养护质量要求进行修复; 由于处理后的板块不再作为面层, 因此对表层类病害一般不予处理。

4.3 水泥混凝土板块在重复荷载应力和水的侵蚀等作用下产生的板下脱空是竖向位移类病害的主要原因, 本工程中主点弯沉大于 0.20mm 和差异弯沉大于 0.02mm 需要进行稳固处理的空脱板块分别占 42.7% 和 6.2%, 稳固方式采用板下注浆法, 亦即将一定配合比的水泥浆以一定的压力注入水泥混凝土板块下、以填充其空隙, 这是本工程的关键工序之一。

本工程注浆浆液的设计水灰比为 (0.38~0.42):1, 并加以适量的铝粉和减水剂, 水泥浆液的强度应符合设计要求, 稠度必须控制好, 用稠度仪测定应满足 14~18s 的要求。



注浆过程中的质量控制对注浆后的效果至关重要。施工前应按设计要求核对需注浆的水泥板块的编号;注浆所用的表具应经计量部门标定;灌浆泵注入水泥浆的压力应满足设计要求(0.3~0.5 MPa);应有完整的交桩记录和注浆施工记录。在注浆过程中,只要出现以下情况之一时即可停机结束注浆:(a)压力表骤然升至 1.0 MPa 以上;(b)被注浆的板块周边及临近的板缝有大量浆液冒出;(c)被注浆的板块略有提升。

4.4 注浆的质量验收标准除了对水泥浆液的强度要求外,本工程还采用下述两种方法。

(1)对所有注浆的板块进行再次弯沉测量,凡主点弯沉仍大于 0.2 mm 须重新注浆,直到满足要求。本工程共注浆处理 851 块板块,其中有 5 块是经重测弯沉后重新进行了注浆的。

(2)通过钻芯取样来直观判断注浆层内部质量,,完整的芯样应包括面层、固化的注浆层和基层;如已折断,则要求折断面上下吻合、且面层的下面粘接有明显的固化注浆层时方视为合格。这一注浆质量验收标准已被《公路大中修工程质量检验评定标准》(SZ-24-2002)所采用。

5 板块防渗处理

5.1 为减少地表水通过水泥混凝土板块的接缝渗入土基,减少地下水通过旧混凝土板块接缝进入加铺层、浸湿加铺结构层材料,从而达到延长加铺层结构使用寿命的目的,必须对水泥混凝土板块进行防渗处理,包括各类板缝的处理和板面的防渗处理。

5.2 板缝处理即所谓的“灌缝”,水泥混凝土板块的所有横缝、纵缝以及各种裂缝均必须重新清理干净,用专门的路用填缝料填灌饱满。填缝料应选用粘结力强、回弹性能好、不渗水、高温时不流淌、低温时不脆裂、耐用、且施工方便的材料。

5.3 板面防渗处理方法通常有两种,即在板缝处铺设隔水材料或在板块上满涂防水涂料,本工程采用在水泥混凝土板块的所有横缝、纵缝及各种裂缝的骑缝处铺设改性沥青防水卷材的防渗处理方法。所采用的 APP 改性沥青防水卷材(2mm 聚酯胎 I 型)的纵横向最大拉力均为 450 N/50mm,最大拉力时延伸率均为 25%,并要求不透水、无裂纹,施工前应对其进行复试。

5.4 铺设改性沥青防水卷材前应做好路面清扫工作,卷材事先裁为 50cm 宽,铺设时用喷灯稍稍烘烤防水卷材的背面,骑缝贴在板缝上(纵向搭接长度为 8~

10cm),然后用轻型压路机碾压一遍,应无褶皱、焦化现象。施工时操作者应站在烘烤卷材的上风口以避免有毒气体的侵害。

改性沥青防水卷材是完全不透水的弹性材料,不但起到防渗作用,同时还能作为应力吸收夹层,对分散接缝区加铺层中因板块水平的相对位移而产生的应力有所作用。

6 防反射裂缝处理

6.1 相邻板块之间的水平和垂直相对位移而产生的应力是造成面层反射裂缝的主要原因。本工程采用在加铺层下铺设玻璃纤维格栅的方法,是用以抑制相邻板块间因温度变化而产生的水平拉应力的常用方法。国内外的许多研究表明,玻璃纤维格栅可抑制由交通荷载或热荷载引起的剪切或拉伸应力,释放应变,延缓反射裂缝和疲劳裂缝的产生和发展,并减小路面的弯沉量。

6.2 根据《公路土工合成材料应用技术规范》(JTJ/T019-98)的规定,本工程采用 250 g/m² 的玻璃纤维格栅,纵横向抗拉强度均要求大于等于 50 kN/m、伸长率均要求不大于 3%,并全部复试合格后方可使用。

6.3 玻璃纤维格栅铺设在水泥混凝土板块或调平层上,铺设前应先把水泥混凝土板块清扫干净。铺设时质量控制的关键是拉紧并固定,保证一定的预张力和搭接长度。原设计要求用钢钉固定,但开始施工时发觉水泥混凝土板块过于坚硬,每 m² 用 2 个钢钉固定,一枪打进去的钢钉成功率仅为 50% 左右,这样施工既浪费时间又很难保证质量。后全部换成带背胶的玻璃纤维格栅,这样尽管成本有所提高(带背胶的产品每 m² 比不带背胶的产品约贵 2 元,大约相当于 4 个钢钉的代价),但施工难度大大降低,固定效果好,既满足质量要求又保证了工期。

6.4 玻璃纤维格栅有“骑缝铺”和“满铺”两种铺设方法。

玻璃纤维格栅成本较高;施工有一定难度,且因施工车辆不可避免地刹车、转向、调头等情况会使得原本紧贴板块的玻璃纤维格栅拱起,在水泥混凝土板块和沥青混凝土面层中产生了隔层;而反射裂缝一般仅产生于相邻板块的接缝处。

鉴于上述考虑,本工程以“骑缝铺”为主,即以 1m 宽的玻璃纤维格栅对称地铺设在水泥混凝土板块的横缝和纵缝上;同时在 75K+772~76K+792 的路段上



进行“满铺”,以作比较。

7 摊铺沥青混凝土面层

7.1 根据断裂力学原理对加铺层内接缝区的应力状态分析可看出,行车荷载和温度变化是引起沥青混凝土加铺层产生反射裂缝的主要原因,其中交通荷载造成的相邻板块间的剪切应力主要靠增加沥青加铺层厚度来加以抑制。当加铺层底不添加夹层时,仅考虑荷载作用,加铺层的厚度要大于 20cm;在加上温度变化影响的话,厚度还要增加。采用适当的土工材料夹

层后,无论是荷载还是温度作用在加铺层底的不利应力值都大为减小,这样加铺层的厚度也就可减小。

本工程的沥青混凝土加铺层的设计为部分路段 2~3cm 的调平层上加铺 3cm AC-13I+6cm AC-25;并在 76K+302~77K+297 设沥青玛蹄脂碎石混合料试验段(4cm SMA-13+5cm AC-20)。

7.2 本工程的沥青混凝土及其摊铺质量按常规工艺控制,质量验收标准执行《公路大中修工程质量检验评定标准》(SZ-24-2002),竣工验收时路面的主要质量参数见表 2。

表 2 沥青混凝土竣工验收时的主要质量参数

检测项目	标准规定值或目标值	实测结果
压实度(%)	≥94	代表值:96.58;极值:全部合格
平整度 σ (mm)	规定值:≤2.5;示范工程目标值:≤2.0	实测平均值:1.04
厚度(mm)	设计值:90;代表值:≥82.8;极值:≥76.5	代表值:90.95;极值:全部合格

8 路面使用现状

8.1 本工程于 2001 年底竣工,工程质量经上海公路质量监督站核验评定为优良级;并经 2002 年和 2003 年上海市市政工程管理局组织有关专家的两次检查,于 2003 年被认定为“道路示范工程”。

8.2 本工程竣工后对施工路段的路面状况进行了连续观测,至 2003 年底各检查路段的路面状况指数 PCI、行驶质量指数 RQI、路面抗滑性能 BPN、路面质量指数 PQI 全部为优等,有关各方最为关注的路面反射裂缝的观测结果见表 3。

表 3 2003 年底不同施工方案路面裂缝情况比较

路段起迄桩号	面层结构	玻璃纤维格栅	裂 缝 情 况
75K+732-75K+772	3cm AC-13I	骑缝铺	无裂缝
75K+772-76K+302	+6cm AC-25	满铺	无裂缝
76K+302-76K+792	4cm SMA-13		无裂缝
76K+792-77K+297	+5cm AC-20	骑缝铺	仅 1 条长约 3m,宽约 1mm 的横缝
77K+297-78K+153	3cm AC-13I		15 条长 4~12m,间隔 10m 或 5m 的横缝,主要集中在 77K+800-79K 之间长 100m 左右的四个路段上
78K+153-80K+668	+6cm AC-25		

8.3 根据上述观测结果对本工程“白改黑”路段的路面使用状况可得出以下基本评价意见:

(1)从竣工通车一年后发现部分反射裂缝,至今在 5km 路段上不满 20 条的横向反射裂缝,所占比例很低,且数量未有明显增加趋势,说明本工程对原水泥混凝土板块的稳固处理和防反射裂缝处理措施是成功的。

(2) SMA 试验段和玻璃纤维格栅“满铺”对比段,至今几乎完好无损;反射裂缝相对集中的路段玻璃纤维格栅为“骑缝铺”,但 2002 年和 2003 年在亭枫公路其他路段继续实施的“白改黑”工程玻璃纤维格栅为

“骑缝铺”,未出现类似情况,因此可以说玻璃纤维格栅“骑缝铺”和“满铺”的效果差异不大。

(3)经过三冬两夏的运行,本工程除个别路段出现了少量横向反射裂缝和小坑槽、松散外,未出现影响行车安全的路面病害,路面各项技术质量指标全为优等。说明该“白改黑”工程的质量是过关的。

9 结语

亭枫公路(75K+732~80K+668)段实施的“白改黑”工程,是上海公路水泥混凝土路面改造成沥青混凝土



港城路透水性沥青路面 下排水通道的设置

商慧炎 施锦敏

(上海浦东城市建设实业发展有限公司)

摘要:雨水进入透水性沥青路面后,需在结构层建立排水通道,使雨水能被迅速有效地排出道路外。排水通道包括:铺筑稀浆封层作为隔水层,将平石改造成为具有排水管道的排水平石,改造雨水口井框,使其具有与排水平石相对应的孔道等。

关键词:透水性沥青路面;排水通道;施工工艺

透水性沥青混凝土路面是一种透水性较好的路面结构,它具有较大的空隙率(20%~25%),可使雨水迅速进入面层而不在路表形成水膜,从而提高了行车的安全性。透水性沥青路面的空隙为互通空隙,雨水可在其内部自由流淌,如水份滞留在面层内时间较长,就有可能在基层形成唧浆等病害。通过在结构层建立的排水通道,雨水能被迅速有效地排出道路外,使透水路面全无水害导致早期破坏之虞。近期在浦东港城路中修工程中修筑的沥青面层,就是这样的透水快、排水迅速、无扬尘、噪音小的透水路面。本文主要介绍如何在透水性沥青路面下建立排水通道,使进入透水面层的水分能迅速有效地排出道路结构外。

1 概况

港城路位于浦东北部,本次中修工程西起浦东北路口,东至杨高北路口,全长 2533m。原道路结构层为 30cm 三渣基层、9cm 粗粒式沥青碎石,加上 2.5cm 细粒式沥青混凝土。道路周围有港区仓库和集装箱运输公司等载重车辆集散地,经过重型车辆 10 余年的使用,道路许多路段出现坑槽或龟裂,有些还伴有车辙、沉陷。这次中修工程主要为路面改造,修复破损基层后铺筑透水性沥青路

面。工作内容主要包括:1)基层和结构层补强:对机动车道出现坑槽、车辙、沉陷等路段分别翻挖破损的原沥青混凝土面层或翻挖至三渣基底,再重新浇筑水泥混凝土基层或进行沥青混凝土衬垫;2)设置排水通道,包括:a.铺筑稀浆封层作为隔水层;b.将平石改造成为具有排水管道的排水平石,使汇集的水分能通过平石的管道排出;c.改造雨水进水口井框,使其具有与排水平石相对应的孔道,使雨水顺利排至窞井;3)铺筑透水面层。

2 机动车道部分路段基层翻挖补强

1)对全路段进行调查并进行弯沉测量,按路面损坏状况进行评估,确定如下需翻挖补强段落:

桩号	南半	桩号	北半
0+020~0+090	翻挖三渣	0+020~0+090	翻挖三渣
0+260~0+770	翻挖三渣	0+300~0+430	翻挖三渣
0+830~0+910	翻挖三渣	0+460~0+640	翻挖沥青碎石
1+050~1+100	翻挖沥青碎石	1+800~1+840	翻挖沥青碎石
1+160~1+540	翻挖沥青碎石	1+160~1+230	翻挖沥青碎石
1+660~1+810	翻挖沥青碎石	1+860~1+900	翻挖沥青碎石
2+240~2+360	翻挖沥青碎石	2+240~2+360	翻挖沥青碎石

2)主要施工要点:

路面的首次较大规模尝试,在借鉴外省市成功经验的基础上,通过对原路况的客观评价,以弯沉值作为依据,采用注浆法进行基层稳固处理。两年多的通车运行表明此项工艺是行之有效的,改造后的沥青路面行车条件得到了根本的改善,受到社会的广泛好评。

“白改黑”工程有多种不同的施工方法,仅基层稳固处理就有注浆稳固、断裂稳固和破碎稳固等不同方

法,适用于不同的路况。本工程采用的以弯沉值作为依据的注浆法稳固处理只是其中的一种,这也是近两年来上海同类工程采用的主要方法。今后需要根据各种不同的具体情况,不断改进、创新,逐步完善在白色混凝土上加铺沥青混凝土的设计方法、施工工艺和质量控制措施,使这一方法在公路建设领域发挥更大的作用。

test of composite pile under the loading of high subgrade in this project.

Key words: composite pile, soft soil foundation treatment, construction technology

Determine That Optimum Bitumen Content of Bituminous Mixtures And

Uses The Faithful Record In Computing Method *WANG Li-li, YANG Quan-hua, LV Xi-kun* (20)

Abstract: Determine that optimum bitumen content of bituminous mixtures in computing method taking analyzing in volume as basis, the speed is swift, the result is accurate, thus can dispense with content of the test of Marshall on goal ratio design phase.

Keywords: computing method; optimum bitumen content; goal ratio; dispense with; the test of Marshall

Construction Technology and Quality Control of The "Add-surfacing

AC Layer on the PCC" Project in Ting Feng Highway *ZHONG Ying* (24)

Abstract: The "Add-surfacing AC Layer on the PCC" Projects refer to the rehabilitation projects in which a layer of asphalt is paved on the damaged cement pavement. In this construction technique, different ways of base stability disposal, such as grouting stability, fracture stability, and crumbling stability, are used to deal with different damaged cement pavement conditions. In Shanghai, injection stability was used in this kind of road maintenance projects from 2001, but from last year, the other two base stability methods also began to be used. This article introduces, in details, the construction technology, quality control and follow-up survey of "Add-surfacing AC Layer on the PCC" projects using injection stability.

Key words: Add-surfacing AC Layer on the PCC, injection stability, technique, quality

Setting of Drainage Channel for Pervious Bituminous Pavement of Gang Chen Road

..... *SHANG Hui-yan, SHI Jin-min* (28)

Abstract: When the rainwater get into pervious bituminous pavement, it is necessary for the road structural layer to set up drainage channel to drain the water away rapidly. The drainage channel system include: paving confined bed; convert the flush curb into a drainage curb; improving the curb inlet basin by cut corresponding hole to the curb, and so on.

Keyword: Pervious Bituminous Pavement; Drainage Channel; Construcyion Technology

Application of HPC in Donghai Bridge Engineering

..... *SONG Jiang-bo, LV Wen-bin, WU Ke-qi, et al* (31)

Abstract: Through the application of HPC in Donghai Bridge Engineering, the workability of high-performance concrete was studied, we expect an effective technique to exert high workability of HPC.

Key words: High performance concrete; Construction; Application

Introduction of test on externally pre-stressed concrete continuous beams

..... *YANG Ye, CHENG Sao-zheng, LI Guo-ping* (33)

Abstract: In the paper, the service and ultimate-load behavior of a reduced scale model is studied, the prototype of this model is an externally pre-stressed concrete continuous box beam widely used at highway in China.

Key words: externally pre-stressed, continuous beams, model test

The study on construction method of pipe-roofing tunnel in saturated soft soil

..... *GE Jin-ke* (38)

Abstract: Taking into account the geological conditions, the pipe-roofing method is used in the cross project of Shanghai Hongxu-Beihong road. It is not only the first time using pipe-roofing method to construct tunnel in China, but also the largest and longest pipe-roofing tunnel in saturated soft soil in the world. According to project circumstance, the reliable advancing method which includes pipe and large-section culvert box advancing methods, is set up. At the same time, the construction risks and preventing methods are present.

Keywords: pipe-roofing tunnel, large-section culvert box, saturated soft soil

Risk Analysis of the Bridge Scheme and Tunnel Scheme for the Yangtze River

Crossing Project at the Yangtze River Delta *Tao Lue-bing, Zhang Kui-hong, Wang Bing-jian* (43)

Abstract: Risk analysis is one important part of the risk management system of a project. It is a discipline that studies the possibility of the difference between the reality and expectation, or even the possibility of the occurrence of an opposite result of expectation for a given event under a given condition within a given time-span. At present, it is at the beginning stage in China that risk analysis is introduced into large-scale project such as the Yangtze River Crossing Project. This paper deals with the technical flexibility and practical construction flexibility of several options on site selection and river crossing scheme. The fruit what the research bears shall enable the design institute and construction contractor to understand the risk what the project will face and