

# 苏通大桥主 5 号墩钻孔平台设计

任回兴<sup>1,2</sup>

(1 华中科技大学 土木工程与力学学院, 湖北 武汉 430074;

2 中国路桥集团 第二公路工程局, 陕西 西安 710065)

**摘 要:** 苏通长江大桥基础施工处在复杂的地质、水文以及气象条件下, 针对苏通大桥主 5 号墩钻孔施工, 介绍其工作平台的结构选择、工况分析、荷载取值方法以及施工结构的处理要点, 该平台的设计成功, 为跨江大桥或其它类似工程提供宝贵的设计思路和经验

**关键词:** 苏通大桥; 主 5 号墩; 桩基础; 钻孔平台; 施工工况

**中图分类号:** U 442.5+3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7037(2005)01-0030-05

## 1 工程概况

苏通长江大桥(简称大桥)是江苏省规划建设的最下游跨江大桥, 主跨采用 1 088 m 的双塔斜拉桥, 大桥的建设将代表我国乃至世界 21 世纪的建桥水平。主 5 号墩为大桥南主塔墩, 基础采用钻孔桩群桩基础。桩基为 131 根  $D 2.8 \sim 2.5$  m 钻孔桩(护筒内径 2.8 m), 梅花形布置, 按照摩擦桩设计, 桩长 114 m。由于需要承受较大的水平力, 考虑护筒与桩基共同受力。承台为哑铃形, 在每个塔柱下承台为  $51.35 \text{ m} \times 48.1 \text{ m}$ , 其厚度由边缘的 5 m 变化到最厚处的 13.324 m, 顶部与塔柱的接触面垂直于索塔塔柱的中心线。两承台之间采用  $12.65 \text{ m} \times 28.1 \text{ m}$  系梁相连, 系梁的厚度 6 m。承台设有 4 根备用桩位(图 1)。

大桥的建设条件有四大特点: 气象条件差、水文条件复杂、基岩埋藏深及通航标准高。

气象条件差表现在长江口附近台风影响频繁, 龙卷风经常出没, 对结构和施工影响较大。水文条件复杂主要反映在以下三个方面: 项目所在河段为强潮汐河段, 涨落潮流速流向多变; 水深流急, 1999 年实测垂线平均流速达  $3.86 \text{ m/s}$ , 点流速  $4.47 \text{ m/s}$ ; 江面宽阔, 桥位处江面宽达 6 000 m。桥位基岩埋深一般在 270 m 以下, 覆盖层的上部以淤泥和粉砂为主, 较好持力层在 -80 m 以下。大桥通航标准净空采用代表船型 5 万吨级集装箱船控制, 净空高度要求不小于 62 m, 净空宽度采用代表船型 4.8 万吨级大型驳船船队控制,

净空宽度要求不小于 891 m; 同时还要求边孔满足净空宽度不小于 220 m, 净空高度要求不小于 24 m 的辅助通航孔和净空宽度不小于 220 m、净空高度要求不小于 39 m 的专用通航孔。要保证在如此复杂条件下顺利完成桩基础施工, 选择合适的平台结构形式和安全经济的分析方法, 显得尤为重要。

## 2 钻孔平台结构方案选取

### 2.1 钻孔平台功能选定

主 5 号墩距离岸线约 1.5 km, 为保证生产生活, 将平台分为上游的办公箱变区、中间的钻孔区和下游的混凝土拌和区。办公箱变区主要安放平台上的办公室、箱式变压器及发电机组, 确保施工用电供应; 钻孔区即钻孔灌注桩布置区, 是钻孔平台最主要的功能区; 混凝土拌和区将安装混凝土拌和站, 负责桩基础、封底和承台混凝土的生产(图 2)。

### 2.2 钻孔平台的结构选定

按照施工布局, 总体上有两种方案, 一种是常规支架施工平台, 另一种就是钢护筒平台方案。

**a 支架施工平台方案** 平台钢管桩共 153 根, 其中支撑桩 129 根, 靠船桩 24 根。平台最上游和最下游各设有两排八字桩, 以增加平台抵抗流水压力的能力及减小平台顶面位移。平台钢管桩共有斜桩 56 根, 倾角  $12.5^\circ$ , 钢管桩直径为  $\Phi 1.4 \text{ m}$ , 由壁厚为  $\delta = 20 \text{ mm}$  的钢板卷制而成。

平台主分配梁为 8 排横桥向贝雷架, 次分配

梁采用 31 组 I 60 轻型工字钢, 上铺 20 槽钢做为脚手板支撑梁 钢护筒在+ 1.5 m 和+ 5.29 m 的位置设置两道平联, 其中上层平联同时作为泥浆连通管和平台顶分配梁支撑梁, 平联与钢护筒进

行焊接连接, 节点按刚性节点处理 平台上的主要起重设备采用 3 台移动式动臂吊机, 吊机轨道梁布置于钢护筒顶(图 3).

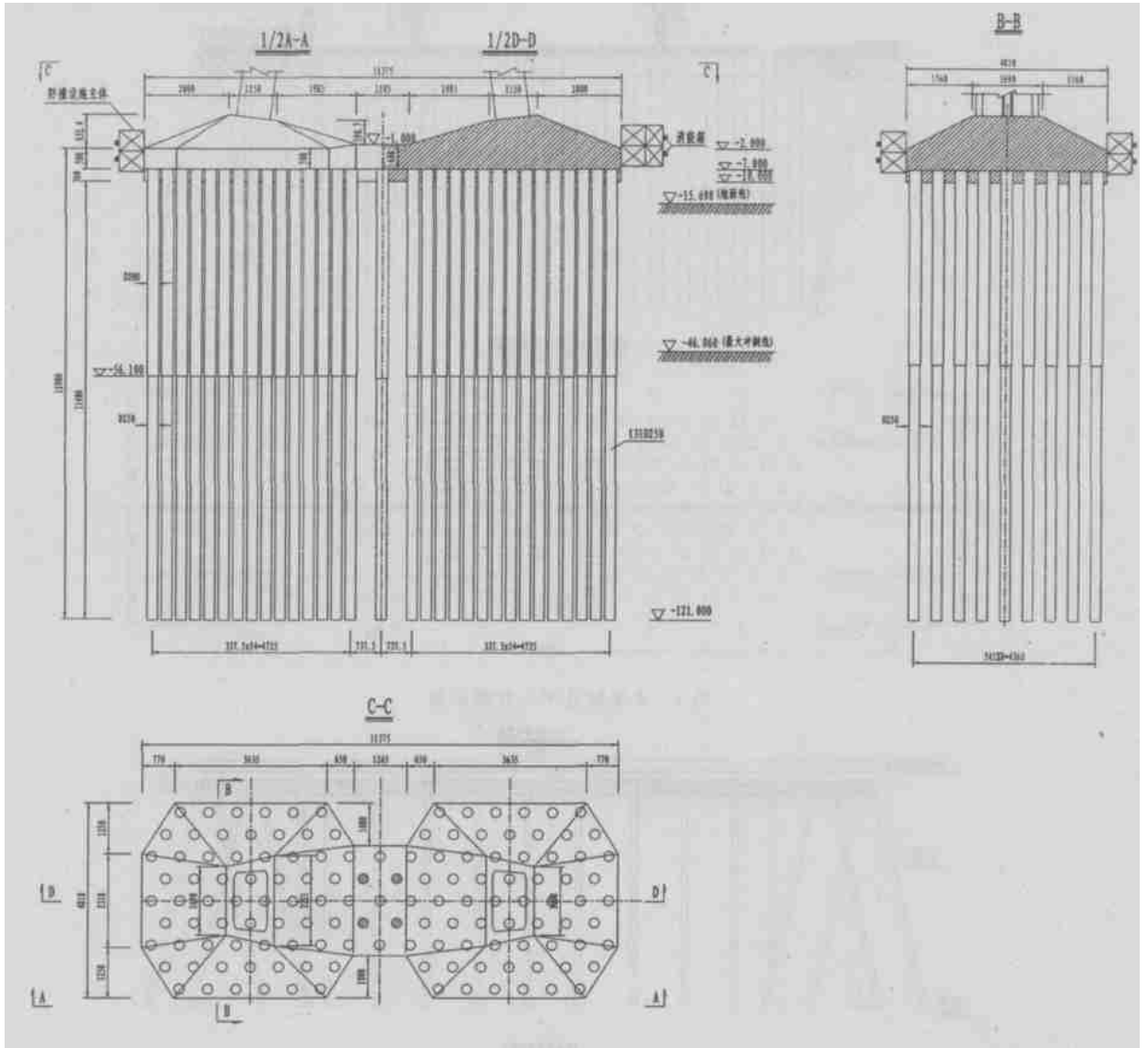


图 1 主 5 号墩基础结构布置示意

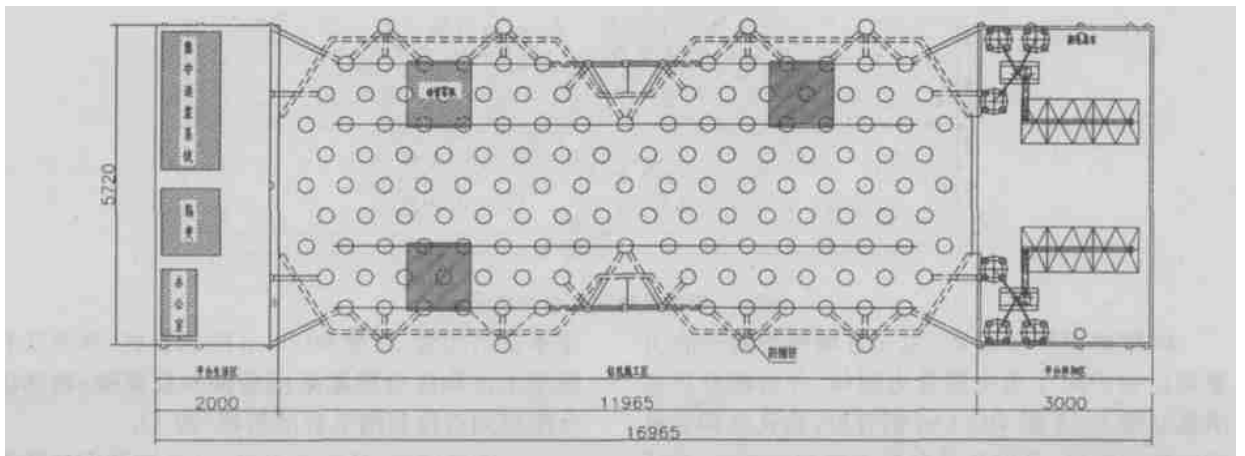


图 2 主 5 号墩基础结构平面布置示意

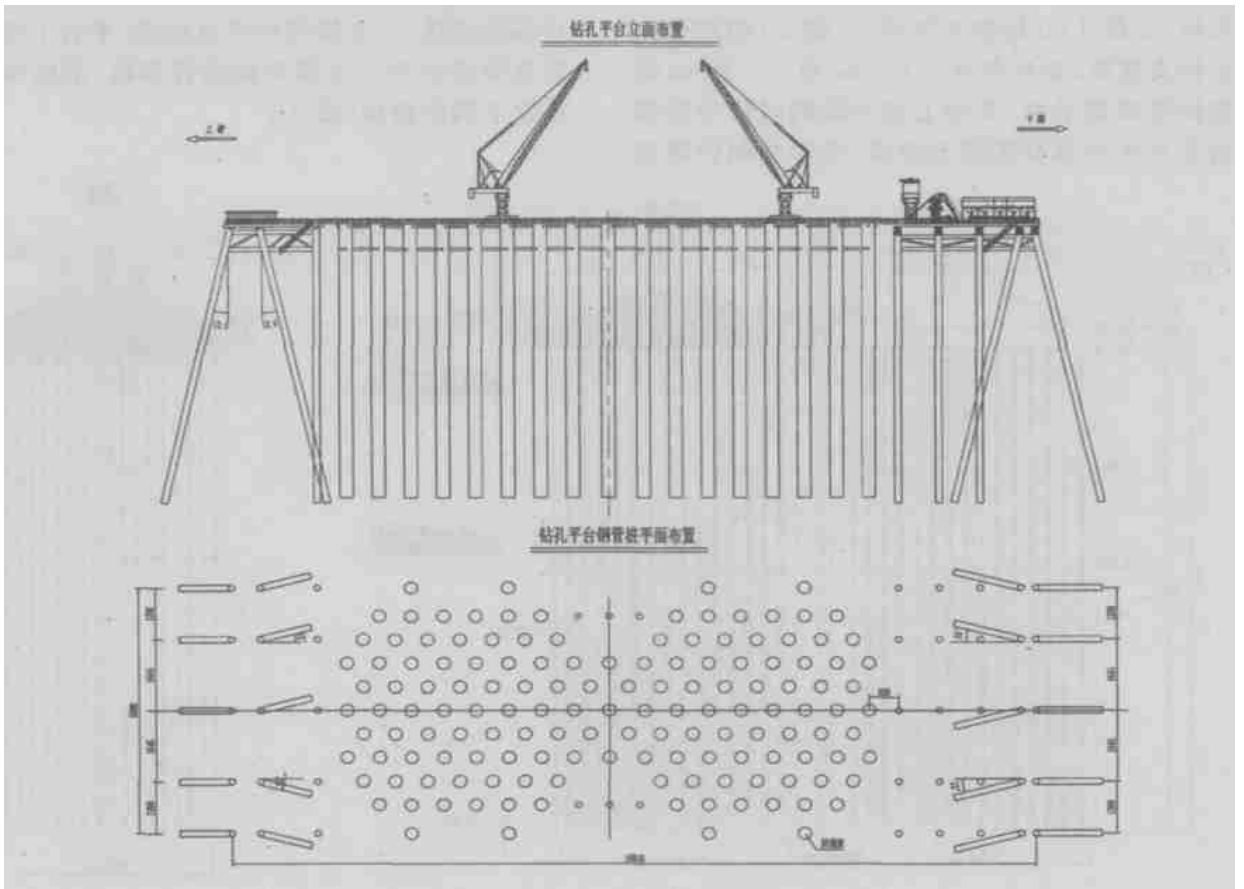


图 3 支架钻孔平台方案示意

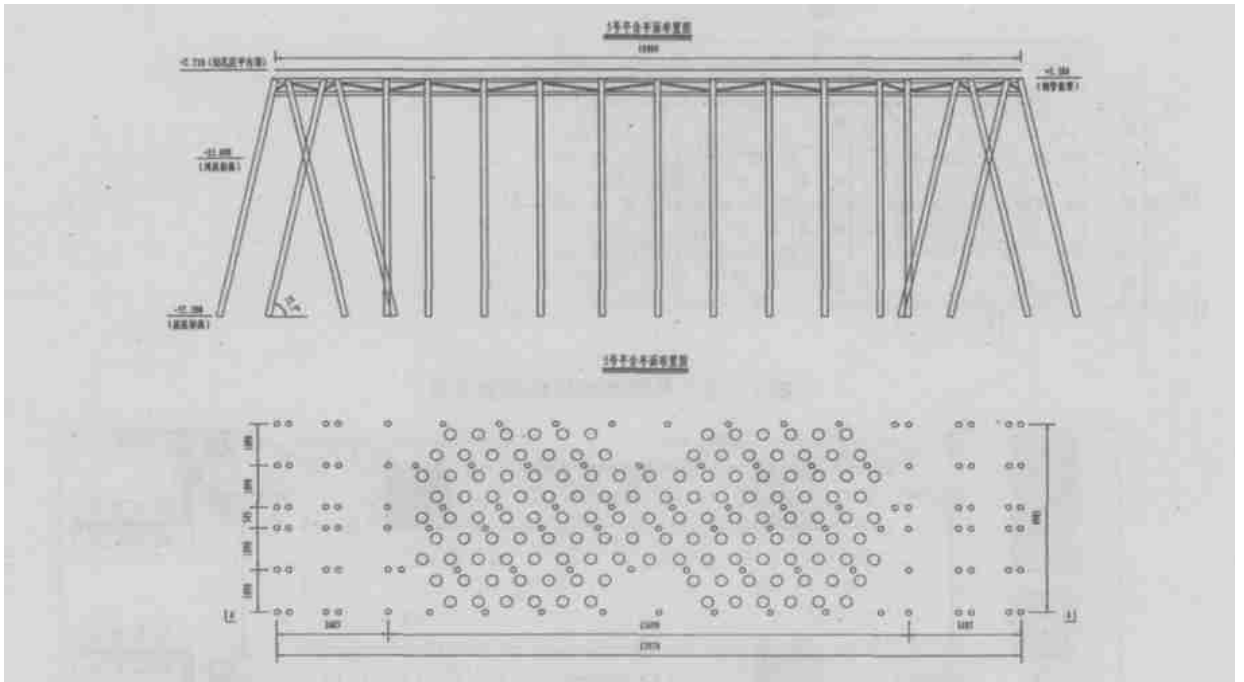


图 4 钢护筒钻孔平台方案示意

b 钢护筒平台方案 主 5 号墩钢护筒平台方案是以钢护筒作为主要受力结构,办公箱变区主承重结构为 15 根  $\Phi 1.4\text{ m}$  钢管桩;钻孔区即钻孔灌注桩布置区,是钻孔平台最主要的功能区,主承重结构为 135 根  $\Phi 2.85\text{ m}$  钢护筒;混凝土拌和区

主承重结构为 25 根  $\Phi 1.4\text{ m}$  的钢管桩 办公区和混凝土拌和区分配梁采用型钢和贝雷架,钻孔区分配梁则直接利用承台吊箱板(图 4)。

c 方案比较 从施工进度、经济性及安全性等方面综合比较,钢护筒施工平台属于最优方案,推

荐采用(表 1).

表 1 钻孔平台方案比较

	钢护筒钻孔平台	支架钻孔平台
优点	直接利用钢护筒和钢吊箱底板作为平台结构的一部分, 工程量少三个功能区域彼此联系又自成体系, 拆装量小增大构件截面尺寸, 增加整体的刚度, 结构受力好	构件相对标准, 加工简单. 可以根据施工进度情况确定钻孔与平台搭设充分重叠施工, 结构受力安全
缺点	钻孔区主受力杆件不标准, 加工较为复杂	施工工作量较为庞大, 经济性差. 采用标准构件时, 补强局部构件工作量大, 平台搭设工期较长

表 2 主要荷载数据表

	荷载	说明
I	单根钢管桩流水压力 19.7 t, 单根钢护筒的流水压力 22.1 t; 单根钢管桩和钢护筒波浪力 6.5 t, 作用于顶端. 风压 0.8 kN/m <sup>2</sup> , 平台重 2 880 t(钢板、分配梁、贝雷片)	平台形成后, 平台上和钢护筒波浪力无竖向荷载
II	4 台动臂吊机施工(1 200 t), 水平力 12 × 4 = 48 t	
III	单个吊机单侧最大压力 250 t, 相对另一侧 85 t	
IV	钻机 8 台(各 140 t). 办公区重 40 t(2.5 kN/m <sup>2</sup> ); 箱变设备重 15 t; 料场砂石重 600 t; 水泥罐和筒仓 760 t(8 个).	平台钻孔办公区和拌和站工作
V	纵桥向水平锚力 7 t; 横桥向水平推力 14 t	撞船力

### 3 结构设计

#### 3.1 设计参数取值

a 水文地质条件 水位: 取 20 年一遇最高水位 + 4.3 m; 流速: 主墩 5% 频率设计落潮垂线平均流速为  $v = 2.89 \text{ m/s}$ ; 流向: 水流方向与基础轴线的夹角为  $8^\circ \sim 10^\circ$ ; 取  $\alpha = 10^\circ$  计算; 浪高: 3.4 m.

b 地质条件 河床标高: - 20.0 m; 地质资料: 从河床至 - 52.0 m 范围内主要为亚粘土、粘土, 局部位置有淤泥质亚粘土, 从 - 52.0 m 往下进入砂层, 主要是粉砂与细砂, 局部位置有粗砂; 河床冲刷: 因为已实施防护工程, 综合考虑冲刷深度取 5.0 m.

c 气象条件 基本风压: 因没有风速实测资料, 根据 JTJ 021-89 《公路桥涵设计通用规范》中“附图 3 全国基本风压分布图”, 取基本风压为  $0.8 \text{ kN/m}^2$  (风速约为  $35.78 \text{ m/s}$ ); 验算风压: 验算风压取值为  $1.100 \text{ N/m}^2$  (12 级飓风, 风速约为  $41.95 \text{ m/s}$ ).

#### 3.2 计算荷载及工况

a 主要荷载(表 2). 风荷载: 按 JTJ 021-89 《公路桥涵设计通用规范》取基本风压 800 Pa; 波浪力: 每根桩作用力为 65 kN, 作用在钢管桩顶; 流水压力: 按倒三角形沿水深(水面至 - 25 m)分布, 每根钢管桩作用力为 197 kN; 平台自重: 办公区、贝雷和分配梁. 施工荷载: 钻机(考虑提钻按 140 t 计)及砂石料; 动臂吊机: 吊重时偏载, 单侧最大作用力 250 t, 相对应的另一侧作用力为 85 t; 驳船撞击力及锚船力: 每根靠船桩横向撞击力为 14 t, 纵桥向锚力为 7 t

b 荷载组合与工况 根据平台的设计以及施工方案, 按照表 2 的荷载分四种工况进行荷载组合计算

工况一: 整体平台形成阶段(荷载 I + 荷载 V).

工况二: 钻孔阶段(荷载 I + 荷载 II + 荷载 III + 荷载 IV + 荷载 V).

工况三: 钻孔区部分拆除后办公区和拌和区的使用阶段(荷载 I + 荷载 IV).

工况四: 振动下沉首根钢护筒阶段(荷载 I 中的流水压力、波浪力、风力和自重).

#### 3.3 计算模型与结果

a 模型建立 利用 SA P2000 有限元分析程序建立三维有限元模型, 钢管、平联和分配梁作为杆件, 钢管桩顶与贝雷分配梁铰接(竖向约束、水平自由), 其余均为固接(图 5).

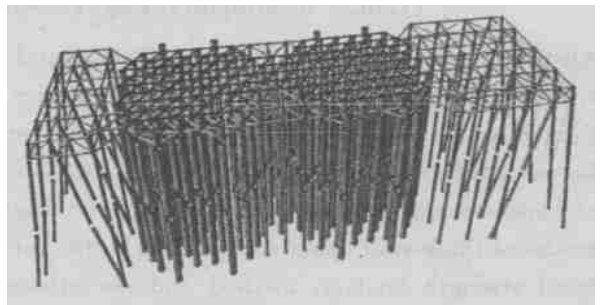


图 5 平台总体计算模型

b 边界条件 在设计冲刷线处(- 25 m)加自由度约束, 按弹簧处理, 在桩底 - 57.3 m 处按固接处理

c 计算结果分析 通过整体模型计算分析, 钢管桩平台方案有较大抗水平波浪和水压力荷载能力, 各杆件应力均在 Q 235A 钢材和 Q 345C 钢材(护筒)容许应力范围内, 平台设计变形和应力能满足施工需要(表 3).

表 3 主要部位最大应力汇总表

部位	最大轴力 /t	最大弯距 /t·m	最大应力 /MPa
斜剪刀撑	110(- 60)	6	129
平联	104 (- 87)	17	77
直钢管桩	310(拌和区)	135	99
斜钢管桩	354(- 66)	156	114
钢护筒	306(动臂吊机处)	645	57
变形	平台横桥向最大变形 45 mm, 顺桥向 6 mm, 竖向 5 mm		

通过 4 个月的艰苦奋战,大桥主 5 号墩的 131 根钻孔桩全部完成 通过施工平台的设计,为工程施工提供有利的保障,在此期间,平台经受过两次 9 级以上的台风和一次天文大潮加台风的考验,平台岿然不动

参 考 文 献

[1] JTJ 041-2000,公路桥涵施工技术规范[S]  
 [2] JTJ 071-98,公路工程质量检验评定标准[S]

Platform Design for Drilling Construction of Pier 5 in Sutong Bridge

REN Hui-xing<sup>1,2</sup>

(1. School of Civil Eng. & Mechanics, HU ST, Wuhan 430074;

2. Second Road Eng. Bureau, China Road & Design Co., Xi'an 710065, China)

**Abstract:** Sutong Bridge lies in the bad geological and complicated hydrographic and changeful meteorological conditions. Some factors of Pier 5 during construction is introduced which include the choose of the platform configuration, the analysis of the work condition, the choose of loads and the main managements of construction. The successful design of this bridge provides some suggestive design methods and experiences for the same kind of engineering.

**Key words:** Sutong Bridge; pier 5; piles foundation; platform for drilling construction; work conditions

(上接第 29 页)

Analysis on Bond Strength at the Interface of Centrifuge Concrete Filled Steel Tube

YUAN Wei-bin<sup>1</sup> JIN Wei-liang<sup>1</sup>

(1. Inst. of Structural Eng., Zhejiang Univ., Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** According to the former experimental research on bond-slip performance between steel and concrete in composite structures, the mechanics of the bond between tube and centrifuge concrete in Centrifuge Concrete Filled Steel Tube (CCFT) structures are analyzed, based on which bond strength between tube and centrifuge concrete in CCFT structures is theoretically derived. A calculation model of bond strength and ultimate load of bond fracture are established by using the Tefers mechanical model of thick-wall cylinder subjected to the internal pressure. Examples are provided to validate the bond strength analysis method and the effects of bond strength caused by steel ratio, concrete strength levels and microscopic deviation are discussed. All these may contribute to the further analysis of performance of bond relation between tube and centrifuge concrete in CCFT structures.

**Key words:** centrifuge concrete filled steel tube (CCFT); bond strength; slip; thick-wall cylinder