

盾构隧道穿越桥梁桩基托换工程施工技术

高永坡 周靓坤 周宇 孟庆丰

北京中兵岩土工程有限公司 北京 100053

【摘要】：地铁盾构施工，隧道无法绕开桩基础，需穿越桥梁，桥墩桩基础侵入盾构隧道区域，为了解决区间盾构穿越问题，需对桩基础进行托换处理。本文以此工程为实例，对有限空间的桥梁桩基托换设计及施工工艺进行分析，为类似工程的施工提供参考。

【关键词】：桩基托换；盾构隧道；桥梁加固

Construction Technology of Pile Foundation Replacement of Shield Tunnel

Yongpo Gao, Jingkun Zhou, Yu Zhou, Qingfeng Meng

Beijing Zhongbing Geotechnical Engineering Co., Ltd. Beijing 100053

Abstract: In the subway shield construction, the tunnel cannot bypass the pile foundation, so it needs to cross the bridge, and the pier pile foundation invades the shield tunnel area. In order to solve the problem of shield crossing in the interval, it is necessary to replace the pile foundation. This paper takes the project as an example, and analyzes the design and construction technology of bridge pile foundation replacement in limited space, so as to provide a reference for the construction of similar projects.

Keywords: Pile foundation support replacement; Shield tunnel; Bridge reinforcement

1 工程概况及难点分析

既有桥梁为二孔六米净跨钢筋混凝土板桥，桥梁墩台为单排桩柱式框架结构，桥台桩基为 30*35*700cm 的钢筋混凝土预制方桩；桥墩桩基为 30*35*1200cm 钢筋混凝土预制方桩，入土深度中部 9 米；方桩中心间距为 1.34m，为浅层摩擦桩。该桥约有 16 根桥墩桩与地铁盾构施工相冲突，侵入盾构隧道的最大深度为 2.34 米。

场地土层情况如下：

①-1 杂填土，厚度 0.6m~1m；

②-2 素填土，厚度 1.1m~1.9m；

②-1d3 粉砂，厚度 6.5m~8.0m，压缩模量 11.4Mpa，中低压缩性；

②-2c3 粉土，厚度 2.5m~4.0m，压缩模量 7.8Mpa，中压缩性，塑性指数 8.6；

②-2b3-4 淤泥质粉质黏土，厚度 2.2m，压缩模量 3.8Mpa，高压缩性，塑性指数 14.7；

②-4b2 粉质黏土，厚度 3.6m~6m，压缩模量 5.8Mpa，中压缩性，塑性指数 13.5。

本工程主要施工难点：

(1) 桥顶路面交通流量十分大，施工时不能阻断交通；

(2) 桥下面板底至河床表面最大净高 2.7m，有限空间作业，大型机械无法施工；

(3) 拔桩难度大，原有桩长 12m，极有可能存在接头，容易断桩；

(4) 变形控制要求严格，盾构隧道下穿桥梁主要影响范围内土层以软土和砂土为主，地质条件比较复杂，砂土透水性强，软土极易坍塌。并且桥梁修建年代较早（20 世纪 60 年代修建），设计及施工过程中必须严格控制沉降、结构变形，确保施工过程中及盾构穿越期间桥梁结构及上部路面道路的安全稳定、正常使用，对施工管理要求较高。

2 桩基托换施工工艺

托换体系主要由三个部分组成：新浇筑承台，在拔桩期间提供反力，在托换完成后提供承载力。

新打入微型桩及新做混凝土立柱，与承台连接，分担承台荷载。

托换期间的临时支撑体系及应力监测装置，可在不影响上部结构安全和正常桥梁交通的条件下，完成受力体系的转换。

为避免盾构施工对桩基的影响，将可能受到盾构影响的 16 根 12m 长的桥墩桩拔至距离距隧道顶距离 3m 以外，在河床位置修建一宽 3.0m、厚 1m 通长的 C40 混凝土承台，将所有的桥墩桩包围在内。在承台中部及两端各增设共 6 根直径为 400mm、长度为 25m（中部）、20m（两端）的锚杆静压桩代替初始单桩。拔桩前在相应的立柱两侧增设临时的钢管支撑，新建立柱截面尺寸 500mm×500mm。对桥下河床土体满布注浆加固，控制标高至盾构隧道顶部及隧道周围 3m 范围。

大致施工工艺流程如下：

承台施工→锚杆静压桩施工→临时支撑→拔桩施工→新立柱施工→注浆

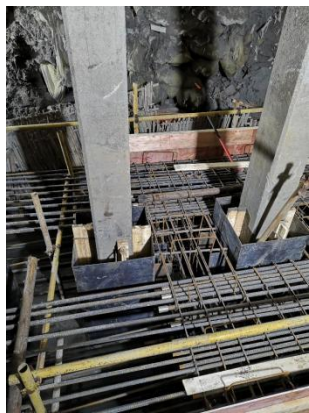
在承台施工前，施工段上下游部分离桥边桩 6m 左右处设

置土工布吹填土袋+防水土工布围堰，围堰底部设置直径 0.5m 排水管，保证河水正常流通，并在桥下集水明排，使桥下具备基本干燥的施工条件。

2.1 承台施工

承台基坑开挖深度约 1.2m，1:1.2 放坡开挖，坑底采用木桩和土袋压脚，并在基坑内侧压入 60cm 高薄钢板，防止流砂涌入坑内。

施工完成的承台宽 3.0m，厚 1.0m，混凝土强度 C40，将所有桥墩桩包围在内，为提早到达压桩要求的强度，实际浇筑时混凝土强度为 C45。



承台钢筋绑扎及预留孔洞



承台混凝土浇筑

施工要点：

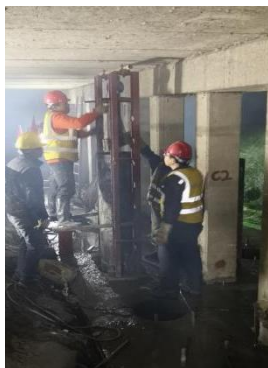
①地下水的控制，根据实际施工情况选择集水明排、井点降水、钢板桩止水等地下水控制方法。

②承台钢筋绑扎时做好压桩孔、拔桩孔、注浆孔、锚杆、临时支撑螺栓等构件预留工作。

2.2 锚杆静压桩施工

桩体采用直径 400mm，壁厚 10mm 钢管，桩锚为 1000mm*1000mm 混凝土现浇盖板。桩体通过自制小型压装机压入，施工流程如下：

预留压桩孔→预留锚杆→就位压桩机→压桩→接桩→压桩→焊桩帽钢筋→封桩



压桩施工

施工要点：

①压桩垂直度控制，压桩过程中倾斜度过大会导致压桩无法顺利进行，同时也会导致桩体承载力不满足要求。

②接桩时焊缝应饱满，待焊缝冷却后方可压桩。为防止压桩时侧摩阻力过大，桩应一次连续压至设计标高，停压的时间间隔不宜过长（不超过 24 小时）。

2.3 临时支撑

临时支撑立柱采用直径 500mm、厚度为 10mm 的钢管。

立柱分为上下两段，上下两段中间设置超薄千斤顶，在桥体盖梁布置应变片，通过应变片对盖梁的应变状态进行实时动态监测，及时分析结构受力状态，并根据受力状态适时调整立柱顶部的千斤顶支撑轴力，确保盖梁及上部结构体系在施工过程中处于正常状态。

下段立柱底法兰环形钢板与承台内预埋构建通过螺栓进行连接，上段立柱通过 2cm 厚的钢板将千斤顶提供的力传至桥原有梁。并对梁两侧设置限位钢板，防止梁体侧向位移。



临时支撑及新做立柱



临时支撑顶部千斤顶

2.4 拔桩施工

根据本工程实际情况，采用了一种狭窄空间内的拔桩工艺。拔桩前，在原有桩周边压入钢护筒，将原有桩体与周边土体隔离，并采用水冲、钻孔等方式对原有桩周边土进行松动，降低摩阻力，增加拔桩施工的稳定性及施工效率。通过型钢与原有桩体连接，在两侧布置两个 100t 同步千斤顶，对称均匀施加力，将桩体拔出。



拔桩施工

施工要点:

①试桩, 确定适合的拔桩工艺并确定桩体的完整性(是否存在接头等), 本工程采用钢梁与桩体原有钢筋焊接, 由钢梁承担上顶力将桩体拔出。

②压入拔桩护筒, 压入约 3m 护筒, 防止在拔桩过程中承台下部土体空洞。

③用高压水对护筒内土体进行冲刷, 减小侧摩阻力, 降低拔桩风险。

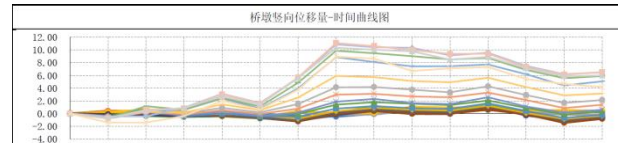
④拔桩时两侧千斤顶顶升应同步, 对每次拔桩时液压表读数记录、分析, 出现异常及时处理。

2.5 新立柱施工及注浆

拔桩完成后, 将原有桩体钢筋凿出, 进行钢筋绑扎、混凝土浇筑, 并在新立柱下设置柱基, 将桥面荷载传至承台。

为了保证托换后桥梁结构的稳定性并减小不均匀沉降, 同时减小盾构隧道掘进过程对桥梁的扰动影响, 对承台及下部桩基进行注浆加固处理。注浆孔间距 1.0m, 控制标高至盾构隧道顶部及隧道周围 3m 范围。采用水泥-水玻璃双液注浆, 水泥浆

液和水玻璃液体体积为 1:0.5, A 液水泥浆水灰比 1.0:1.0, 水泥采用 425#硅酸盐水泥; B 液为中性水玻璃, 水玻璃模数在 2.4~3.2 之间。



桥墩竖向位移量-时间曲线图

桩基托换工程已顺利完工, 项目实施过程中, 桥梁整体保持稳定、交通正常、金川河道引排水正常。监测数据表明, 托换完成后桥面各监测点最大沉降仅为 6.8mm, 桥面无新增裂缝。盾构穿越桥梁期间, 对桥梁的柱体进行了持续监测, 盾构穿越期间最大沉降量 11.07mm, 盾构穿越趋于稳定后, 最大沉降量 6.51mm, 达到了设计的预期效果。

该工程成功实现了狭窄空间下老旧桩基的托换, 为区间盾构穿越创造了条件, 避免了既有桥梁拆建带来的巨额管线改迁投入和主干道交通中断带来的社会影响, 为之后类似工程的设计施工积累了经验。

参考文献:

- [1] JGJ94-2008.建筑桩基技术规范[S].
- [2] JGJ123-2012.既有建筑地基基础加固技术规范[S].
- [3] JTG/TJ23-2008.公路桥梁加固施工技术规范[S].