

基于建筑物管桩基础施工对邻近既有桥梁结构影响研究

文 / 李拥军 中厦规划勘测设计有限公司

李自林 天津城建大学土木工程学院

摘要：随着城镇化建设的加快，城市开发强度越来越高，邻近桥梁的建筑物施工也越来越多，为了减小建筑物桩基础施工时对既有桥梁结构的影响，需采用科学的分析方法，对具体影响因素和影响数值进行模拟分析。本文分析了建筑物管桩基础的施工技术要点及对桥梁结构影响的数值模拟计算结果，并结合实例研究分析管桩基础施工对邻近桥梁结构的具体影响，并提出改善建议和具体措施，确保施工影响控制在安全范围内。

关键词：管桩基础施工；桥梁结构；稳定性

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.12.053

引言

建筑物管桩基础施工会对周围环境产生一定的扰动，因此，在既有桥梁附近进行管桩基础施工时，需依照桥梁保护规范的控制要求，对其影响进行科学的评估，保证桥梁结构的稳定和安全。在实际施工过程中，为加强对既有桥梁的保护，采用科学的分析方法，结合影响数值模拟分析，得出准确的影响结果，为管桩基础施工控制提供数据支持，避免出现管桩基础施工影响邻近既有桥梁结构稳定性的问题。

一、管桩基础施工技术要点

(一) 试桩要求

管桩基础施工要先进行试桩，并确定施工参数。试桩阶段采用锤击桩机进行施工，施工前应根据地质情况选取不同位置试打3根，以取得正式施工所需要的施工控制数据及单桩竖向承载力特征值。

(二) 施工技术要点

管桩基础施工的主要技术要点包括：(1) 桩位就位，桩机安装要求平稳，桩架垂直度小于1%，桩尖中心点与桩位点对位偏差不得超过5cm。(2) 桩尖和桩身连接，桩尖和桩身需焊牢封闭；桩尖和桩端面的错位应 $\leq 3\text{mm}$ 。(3) 垂直度控制，桩尖插入桩位 \rightarrow 稳桩 \rightarrow 沉桩的全过程，都应使桩身、桩架（导杆）、桩锤保持垂直一致，垂直度偏差应 $\leq 0.5\%$ 。(4) 管桩接长，下节桩打（压）至露出地面约600mm时即可接桩，任一单桩的接头数量不超过3个。(5) 终桩，桩端持力层一般为强风化泥质砂岩，管桩收锤停打应同时满足：最后贯入度达到设计要求，桩长需达到设计要求和桩端进入持力层不小于1.0米。

二、管桩基础施工对邻近既有桥梁结构的影响分析

(一) 工程介绍

本研究以顺德区均安镇七滘工业区A1地块管桩基础施工为例，该地块总建筑面积为135458.73m²，建设8栋厂房，基础安全等级为二级，地基基础等级除14#楼为甲级外，其余均为乙级。桩基础主体结构为高强混凝土管桩，管桩规格为PHC500（AB）-125，管桩桩身混凝土强度为C80，桩尖采用十字形钢桩尖，采用液压锤击施工，总计施工数量为3000条。七滘大桥为跨越西江水系北海

水道的特大桥，现状为双向4车道，受施工影响范围的43#~68#墩的上部结构为16m跨预应力空心板，下部结构为双柱式混凝土桥墩及钻孔灌注桩基础，桩径1.5m，桩长为33.5~39.0m，桩端进入强风化粉砂质泥岩中，A1地块与七滘大桥的平面距离为43~57m，为了避免管桩基础施工对七滘大桥结构产生安全影响，需对管桩施工的影响进行定性及定量的模拟分析。



图1 项目地理位置图

(二) 桥梁保护规范控制标准

邻近公路桥梁的建筑物施工，需根据桥梁保护规范控制标准，严格控制施工影响，并符合《涉路工程安全评价规范》中的相关要求。(1) 桩顶水平位移不大于3mm。(2) 相邻墩台间不均匀沉降差值，不应使桥面形成大于0.1%的附加纵坡。

(三) 管桩施工对桥梁结构的影响数值模拟分析

管桩施工中使用的锤击沉桩过程较为复杂，且会形成对周围环境及既有构造物不同程度的影响，因此需针对该工程对邻近的七滘大桥结构的影响进行模拟分析，判断工程施工的安全性。影响数值模拟分析采用有限元分析软件MidasGTSNX，并分析锤击沉桩施工影响的主要因素。

1. 模拟假定条件

为了让数值模拟更具真实性和科学性，能够真实地反映出该工程施工对邻近七濠大桥结构的影响，设定以下假设条件：（1）管桩与桩基位于一定范围三维土体中，同一种土体采用各向同性连续材料；（2）桥梁结构的受力和变形都处于弹性范围内；（3）模型中的土层自上往下简化为成层土，划分土层的厚度及数量依据场地内各土层埋深的变异性及起伏性，经综合考虑确定；（4）由于有限元分析中要求网格连续且网格变形过大会导致数值发散，因此不支持模拟桩尖角过大的情况，同时由楔形体理论可知，平头桩在沉桩挤土中地基的破坏形式与带桩尖的桩体有一定相似性，故本次模拟假设桩底水平；（5）按闭口桩考虑，不考虑土塞效应；（6）场地的初始应力场考虑为土体的自重应力。

2. 模拟参数设定

运用有限元分析软件进行模拟的过程中，需对七濠大桥进行数据建模，拟定桥梁桥墩、盖梁、桩基等材料参数，施工区域的土体参数选取该地区的实际勘察报告。其中，设定的模型计算范围要充分考虑到锤击管桩施工的影响范围，并按照水平向 10 倍桥梁桩径考虑，东侧按 1 倍管桩桩长考虑，垂直向边界尺寸按 2 倍桥梁桩长考虑。

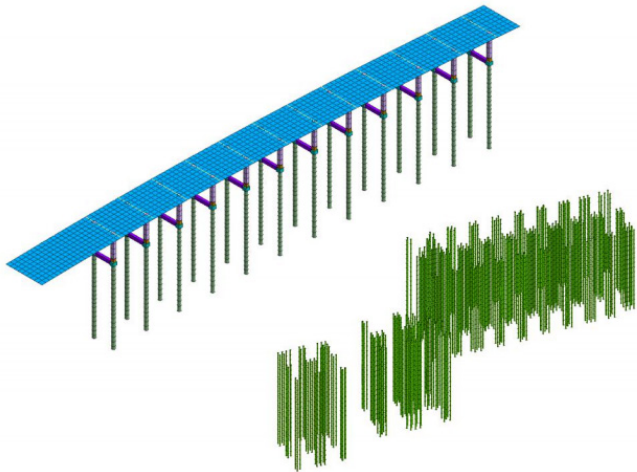


图 2 模拟桥梁与管桩相对示意图

模拟地层自上而下为填土、淤泥质土、中砂、淤泥质土、粉质黏土、强风化泥质粉砂岩。具体的土层参数设定见表 1。

表 1 模拟土层参数

地层	容重 (kN/m ³)	压缩模量 (MPa)	粘聚力 (kPa)
填土	19.2	4.41	21.2
淤泥质粉质黏土	17.1	2.91	5.4
中砂	19.5	15.00	2.0
粉质黏土	19.5	4.94	24.3
强风化泥质粉砂岩	20	5.81	42.5

3. 模拟影响阶段划分

由于管桩基础施工是动态的过程，各施工阶段对邻近七濠大桥桥梁结构的影响程度存在差异性，因此，在利用软件进行结构影像模拟过程中，需根据不同施工阶段产生的力学效应进行逐一分析。

（1）挤土效应分析。由于压桩过程是一个动态贯入过程，不同于一般的静力问题，施工阶段除了考虑不同位置管桩压入的先后顺序之外，还应该考虑管桩贯入时的挤土特征。研究中采用位移贯入法进行影响研究，即不添加任何外力情况下，桩基础施工产生的位移边界变化，对桥梁结构的影响。

（2）振动效应分析。由于锤击管桩的振动效应属于动力学分析范畴，本研究中利用动力学分析模板进行线性时程分析。即结构受力负荷作用下，运用动力平衡方程式计算任意时间内结构响应的过程。

4. 数值模拟影响结果分析

利用有限元分析软件 MidasGTS NX 进行结构影像模拟，得出以下分析结果。

（1）管桩施工对土体的影响。根据土体的位移云图（见图三），管桩施工完成后，最外侧管桩往西 12m 范围内土体变形较为明显，之后随着距离的增大，土体变形值急剧下降，直至距管桩约 36m 的位置，土体变形趋向于零，七濠大桥至管桩最西侧施工区域最近距离约 43m，已远离土体严重扰动区域，管桩施工对桥梁影响较小。

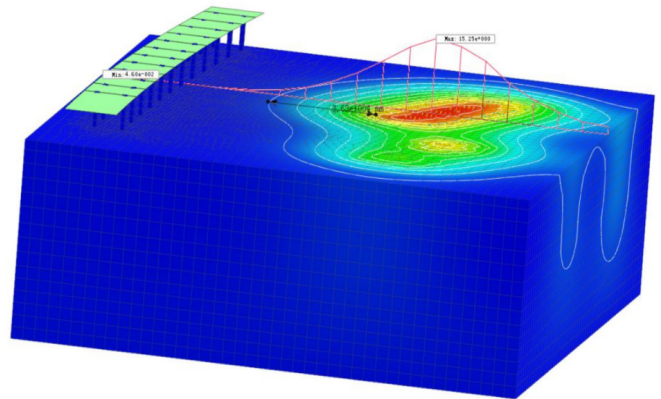


图 3 土体的位移云图

（2）根据桥梁桩顶及墩顶的位移云图及各方向位移统计值表格显示，管桩施工对桥梁桩基和桥墩都有一定的影响，但影响极小。桩顶和墩顶的位移变形主要体现在 X 方向（横桥向）和 Z 方向（沉降向）上，在 Y 方向（顺桥向）上的变形影响相对较小。X 方向上的位移均为负值，这表明在管桩的挤压作用下，既有桩基和桥墩表现为远离压桩区域的运动，随着压桩数量的增多，位移值逐渐增大，且靠近压桩区域的桩基和桥墩的水平位移绝对值大于另一侧的桩基和桥墩。Z 方向上的位移多为正值，这表明沉桩时，桩体的挤压作用除了引起周围土体的水平位移外，还会导致一定范围内地面的隆起和抬高，造成附近桥梁桩体的上浮，随着压桩数量的增多，位移值逐渐增大。

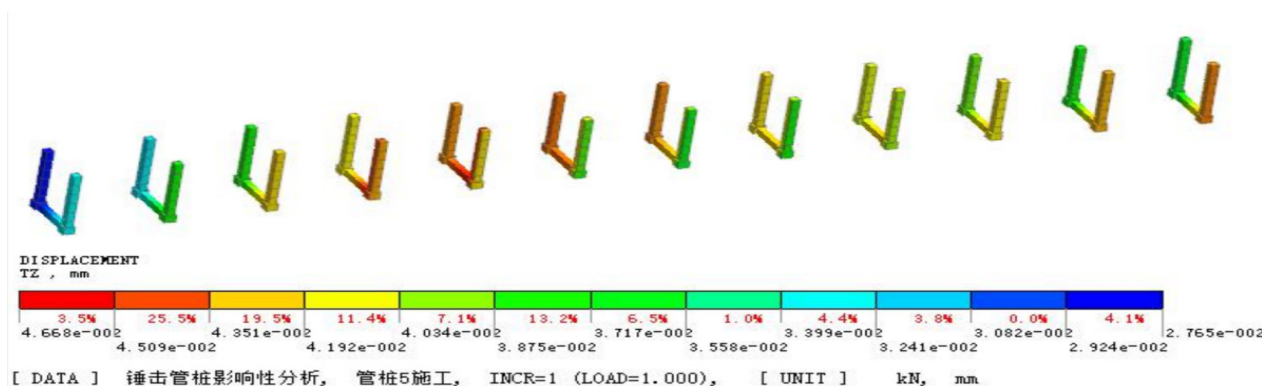


图4 墩顶位移云图

施工完成后，桩顶和墩顶各方向最大位移值如表2所示。

表2 桩顶和墩顶各方向最大位移值

位置	方向	计算数值/mm
桩顶	X	0.05662
	Y	0.01680
	Z	0.04463
墩顶	X	0.10907
	Y	0.02408
	Z	0.04433

(3) 在振动作用下，锤击所产生的弹性波应变能在土体中的传播，随着距离增大迅速衰减，所产生的附加位移最大值为 3.943×10^{-3} mm，最大振动速度为 4.113×10^{-6} mm/s，最大振动加速度为 3.887×10^{-4} mm/s。由此可见，由于振动的剧烈衰减性，施工振动对桥梁的影响很小。

三、邻近桥梁管桩基础施工的建议

由于建筑物管桩基础施工对周围建筑存在着一定程度的扰动及影响，为避免建筑管桩基础施工对邻近桥梁结构产生严重的影响，可采取以下改善性措施。

(一) 设计方面的控制措施

由于管桩施工过程中会产生一定的挤土效应，让周围土体结构发生变化，对邻近桥梁结构稳定性会产生一定的影响，比如，增加土体对桥梁结构的侧向压力，可能发生桩基位移或桥面结构开裂的现象。同时，挤土效应还能导致桥梁桥墩整体发生倾斜，可能造成桥梁结构稳定性的损坏。因此，在管桩基础施工中，要有效控制沉桩过程中出现的挤土效应，具体的操作方法有：(1) 有效控制桩体数量。由于不同的桩体数量会对周围既有建筑产生不同的影响程度，因此，在建筑桩基数量设计中，要保证整体布桩面积系数 $< 5\%$ ，避免桩体数量过大，而加大对周围构造物的影响。(2) 增加单桩设计长度。增加单桩设计长度可以有效提高单桩承载力，降低管桩施工产生的扰动范围。(3) 改变建筑桩型。采用非挤土桩施工手段，如钻孔灌注桩，或低挤土桩，如开口钢管桩、H型钢桩、空心方桩等，可一定程度上减小桩基施工的影响。

(二) 施工前的控制措施

在管桩基础施工前，可采取有效的防护措施，降低

施工对周围邻近桥梁结构的影响。(1) 开挖防挤沟。防挤沟能形成对挤压应力的阻断，可以有效降低管桩施工中对土体的挤压效应，具有很强的实用性，且操作简单，成本较低。(2) 设置相应的应力释放孔。应力释放孔能减小管桩施工对土体造成的挤压，待施工完毕后，再对应力释放孔进行回填。(3) 设置钢板桩格栅。在桥梁等构造物外围设置钢板桩格栅等结构性措施，以形成对周围构造物的保护。

(三) 施工过程的控制措施

为避免管桩施工对周围邻近桥梁结构的影响，还可加强施工过程控制。(1) 沉桩操作应选择背离既有建筑进行反向施工，并采用先钻孔沉入桩体，后施压的方式，尽可能减少对土体的挤压，降低挤土效应，可一定程度上减少对周围土体的位移影响；(2) 控制沉桩速率。制定科学的施工计划，规定每天压桩数量，避免同一时间出现大量的挤压应力，造成对周围土体的影响。(3) 控制沉桩速度。避免过快沉桩，防止土体孔隙中水压力产生侧向挤压力，造成土层的破坏，从而使土体隆起。(4) 采用间歇压桩方式，保证一定的压桩距离或时间间隔，方便地下水的消散。

结语

管桩基础是建筑物地基中较为常见的一种基础形式，但管桩施工对周围土体和邻近既有构造物会产生一定的影响，从管桩锤击施工对桥梁结构的影响数值模拟分析来看，管桩施工区域应与邻近桥梁或构造物保持一定的安全距离，在施工前应分析并评价其对邻近桥梁结构或构造物的影响，并加强对管桩基础施工的过程控制，最大限度降低管桩施工对邻近桥梁或其他构造物的影响。

参考文献

[1] 尹军. 桥梁桩基施工技术要点 [J]. 四川水泥, 2019, (01): 74.
 [2] 郑肇鑫. 桩基不均匀沉降对桥梁上部结构影响及监测分析 [J]. 交通科技与管理, 2024, 5 (20): 149-151.
 [3] 魏晓强. 桥梁结构耐久性的影响因素及优化设计研究 [J]. 工程技术研究, 2022, 7 (13): 200-202.

作者简介：李拥军（1979-），男，湖南益阳人，高级工程师，研究方向为路桥设计及技术管理。