

山东省工程建设标准

DB

DB 37/T 5212-2022

J XXXXX-2022

既有建筑地下增层技术规程

Code for basement-addition technology in existing building

(备案稿)

2022—01—04 发布

2022—04—01 实施

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局

联合发布

山东省工程建设标准

既有建筑地下增层技术规程

Code for basement-addition technology in existing building

(备案稿)

主编单位：山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司

参编单位：山东省建筑设计研究院有限公司

山东同圆设计集团有限公司

山东建筑大学

山东建固特种专业工程有限公司

青岛理工大学

批准部门：山东省住房和城乡建设厅

山东省市场监督管理局

施行日期： 年 月 日

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省质量技术监督局《关于印发〈2018年第一批山东省工程建设标准制修订计划〉的通知》（鲁建标字〔2018〕9号），规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国家有关标准，结合我省实际，编制本规程。

本规程的主要内容是：总则、术语和符号、基本规定、岩土水文地质勘察、既有建筑物检测鉴定、既有建筑地下增层方法、设计、施工及验收和相关附录。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理，山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司负责具体内容的解释。本规程在执行过程中如发现需要修改和补充之处，请将意见和有关资料反馈至山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司（济南市历山路96号，邮编：250013，联系电话：0531-86367234，电子邮箱：jgs@sdjzu.edu.cn），以供今后修订时参考。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人员和主要审查人员：

主编单位：山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司

参编单位：山东省建筑设计研究院有限公司

山东同圆设计集团有限公司

山东建筑大学

山东建固特种专业工程有限公司

青岛理工大学

主要起草人员：张 鑫 贾 强 刘华军 李安起 蒋士林 李当生 亓 勇 郭道通

张素磊 王 恒 刘国辉 张 于 程云生

主要审查人员：王有志 嵇 飙 徐新生 付安元 郭凌云 宋 杰 高 桐 宫文晋

梁汝鸣

目次

1 总则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 主要符号.....	3
3 基本规定.....	4
4 岩土工程勘察.....	5
5 既有建筑物检测鉴定.....	7
6 既有建筑地下增层方法.....	8
6.1 原址地下增层.....	8
6.2 移位地下增层.....	11
7 设计.....	13
7.1 设计原则.....	13
7.2 支护结构.....	14
7.3 托换桩.....	15
7.4 托换梁.....	19
7.5 托换承台.....	19
7.6 地基变形.....	20
7.7 基础.....	20
8 施工及验收.....	21
8.1 施工.....	21
8.2 监测.....	23
8.3 验收.....	24
本规程用词说明.....	25
引用标准名录.....	26
附：条文说明.....	27

1 总则

1.0.1 为了在既有建筑地下增层工程的设计、施工中贯彻国家的技术经济政策，做到技术可靠、安全适用、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于既有建筑增设或拓展地下空间。

1.0.3 既有建筑地下增层的设计、施工除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 地下增层 basement addition

在既有建筑下方利用基础托换或移位等技术增设或拓展地下空间，以达到增加使用面积、提升使用功能的目的。

2.1.2 托换桩 vertical components of underpinning piles

既有建筑地下增层过程中，土方开挖之前施作于拟建地下空间中，用于支撑上部既有建筑荷载的新增竖向托换构件。托换桩又分为临时托换桩和永久托换桩。

2.1.3 桩间侧向支撑 support between the piles

地下空间土方开挖期间设置在相邻托换桩间，通过增加桩身约束以提高基桩稳定性的支撑杆件。

2.1.4 托换梁 underpinning beam

设置在相邻托换桩间，从两侧夹持并支撑既有建筑竖向构件（墙柱）的梁，一般为深受弯构件。

2.1.5 托换承台 underpinning pile cap

从四周包裹既有建筑竖向构件（柱），并将荷载传递给下方托换桩的承台。

2.1.6 托换引起的地基二次沉降 additional settlement caused by underpinning

既有建筑地下增层过程中由于基础托换引起的建筑物地基二次变形。

2.2 主要符号

本规程所采用的主要符号如下：

2.2.1 作用效应

N —— 轴向力设计值。

2.2.2 材料性能

E_c —— 桩的弹性模量；

f_t —— 混凝土轴心抗拉强度。

2.2.3 几何参数

h_0 —— 桩的临界入土深度；

l_c —— 桩的计算长度；

l —— 桩的外露长度；

h —— 桩的实际入土深度；

h_j —— 托换承台的截面高度。

2.2.4 计算参数

T —— 桩土作用特征系数；

m —— 土体水平地基反力系数的比例系数；

μ —— 桩的计算长度系数。

3 基本规定

3.0.1 既有建筑地下增层工程的规划、消防、机电、设备等应符合国家现行有关标准的规定。

3.0.2 既有建筑地下增层设计前的准备工作应包括下列内容：

- 1 对场地进行岩土工程勘察；
- 2 调查周边相邻建（构）筑物、地下管线等情况；
- 3 收集既有建筑物地质勘察报告、施工图纸和竣工验收等相关资料；
- 4 对既有建筑地基基础、上部结构进行鉴定。

3.0.3 既有建筑地下增层应根据岩土工程勘察结果、既有建筑类型、基础类型、周边环境、开挖深度、施工条件等因素选择地下增层的方案。

3.0.4 既有建筑地下增层应根据上部结构、地下结构、地质条件、施工顺序、取土方式及施工进度等因素进行结构设计，包括下列设计内容：

- 1 支护结构设计；
- 2 托换桩设计，包括桩的承载力、稳定性计算；
- 3 托换梁或托换承台的承载力计算，与原有竖向构件结合面承载力计算；
- 4 地基变形计算及其对上部结构影响分析；
- 5 基础设计；
- 6 既有建筑上部结构的安全性和抗震性能若不符合现行规范要求，也应采取相应加固处理措施；
- 7 对地下水位高的地区，应进行基础及防水板的抗浮验算。

3.0.5 既有建筑原位地下增层施工应包括基坑土方开挖、设置托换桩、施作新增地下空间的其他构件、地下水控制等。

3.0.6 既有建筑地下增层施工过程中应对托换桩、托换梁（托换承台）、支护体系、地下水位、周边土体、地下管线、邻近建（构）筑物进行动态监测并及时反馈。

4 岩土工程勘察

4.0.1 既有建筑地下增层工程的岩土工程勘察应包括以下内容：

- 1 建设用地建筑红线范围、拟建工程平面布置、建筑坐标；
- 2 拟建地下空间工程结构特征、基础类型及埋置深度；
- 3 相邻建筑的建成时间、基础类型和埋深、上部结构现状及道路、地下管线及地下水位情况。

4.0.2 既有建筑地下增层工程岩土工程勘察除应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021、《建筑地基基础设计规范》GB50007、《建筑抗震设计规范》GB50011、《建筑边坡工程技术规范》GB50330 及《土工试验方法标准》GB/T50123 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 岩土工程勘察应重点查明竖向托换构件、围护结构影响范围内工程地质及水文地质条件；
- 2 岩土工程勘察报告应结合既有建筑地下增层工程的特点，除应满足一般岩土工程勘察报告内容要求外，尚需符合下列要求：
 - 1) 初步勘察阶段应初步查明既有建筑场地环境状况及工程地质条件，应对工程实施的可行性、合理性进行分析及评估；预测工程实施中可能产生的主要岩土工程问题；
 - 2) 详细勘察阶段应查明既有建筑场地范围内岩土层分布类型、规模、工程特性和不良性状；对地基的均匀性和承载能力进行评价；对工程可行性、合理性进行综合分析评估；判断工程实施中地基的稳定性；提供工程设计和施工所需的岩土工程参数及相关建议。

4.0.3 岩土工程勘察范围与测试应符合下列规定：

- 1 勘察范围宜包括既有建筑基础平面并外延至地下空间总开挖深度的 1~2 倍；当工程地质条件复杂或存在深厚的软弱土区域时，勘察范围宜适当加大，勘探点宜适当加密；
- 2 勘察点的深度宜根据建筑设计、场地岩土工程条件确定，勘察深度一般为拟建地下空间基础埋置深度的 2~3 倍，并且不小于《岩土工程勘察规范》GB50021 的相关要求；当场地工程地质条件复杂或存在深厚的软弱土区域，勘察深度宜适当加大；

- 3 移位地下增层时应重点对移动路线以及就位场地进行勘察；
- 4 水文地质测试参数宜包含下列内容：
 - 1) 各层地下水的类型、水位、水压、水质、水量补给和变化；
 - 2) 各含水层的渗透系数和渗透影响半径；
 - 3) 分析水位变化对地下增层施工工艺的影响，应采取的措施；
 - 4) 既有建筑场地周围地表水的径流状况；
- 5 工程地质测试参数宜包含下列内容：
 - 1) 岩土常规物理试验指标；
 - 2) 岩土抗剪强度及变形指标；
 - 3) 特殊性岩土指标，应作专项性测试。

5 既有建筑物检测鉴定

5.0.1 既有建筑地下增层设计前应由相应资质的机构对既有建筑进行鉴定。

5.0.2 既有建筑的鉴定应搜集的资料包括：

1 地质勘察报告，地基基础、建筑结构设计资料和图纸、隐蔽工程施工记录、竣工图、验收资料等；

2 结构维修、加固、改造记录；

3 当搜集的资料不完整，不能满足设计要求时，应进行补充检验。

5.0.3 根据不同结构类型，鉴定报告宜包括下列内容：

1 结构形式、基础形式、楼屋盖形式、墙体材料与砌筑方式等；

2 建筑结构布置、结构及构件尺寸与设计资料或图纸的符合性；

3 结构构件的裂缝、损伤和缺陷；

4 结构、构件变形，地基不均匀沉降情况；

5 建筑物装饰装修情况；

6 针对不同结构类型的建筑物，重点检测下列材料强度：

1) 钢筋混凝土结构的混凝土强度和钢筋性能；

2) 砖砌体结构砂浆和块材强度；

3) 钢结构的钢材强度，螺栓种类、布列方式、数量、高强螺栓终拧扭矩，焊缝质量等；

7 对结构和构件进行承载力验算，为地下增层设计和施工监测提供依据。

6 既有建筑地下增层方法

6.1 原位地下增层

6.1.1 原位地下增层宜利用托换桩等竖向托换构件支撑既有建筑上部结构，然后开挖土方、施作地下空间。其施工工艺流程图一般按图 6.1.1 进行。

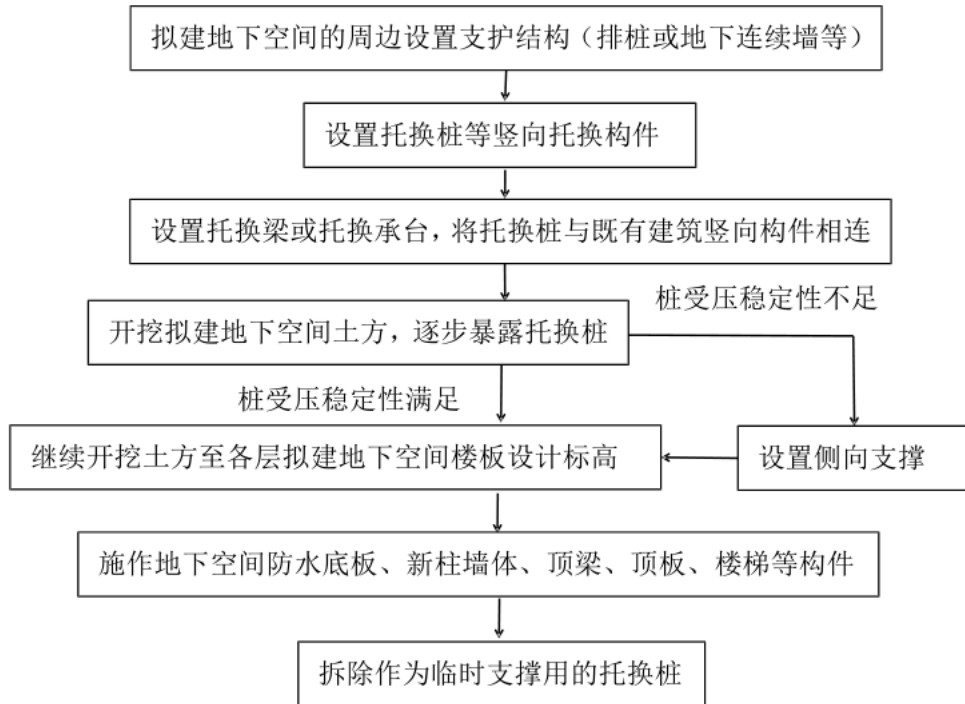
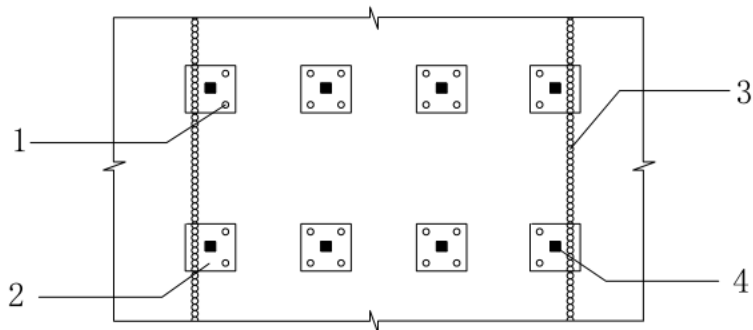


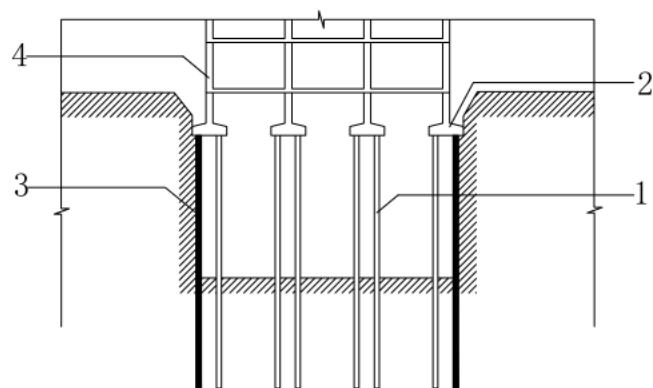
图 6.1.1 原位地下增层施工工艺流程图

6.1.2 当既有建筑竖向构件为柱时，托换桩按照设置位置可分为两大类：

1 托换桩可靠近柱并在柱的周边设置。此时柱的荷载通过托换承台传递到托换桩（图 6.1.2-1）；



(a) 平面图

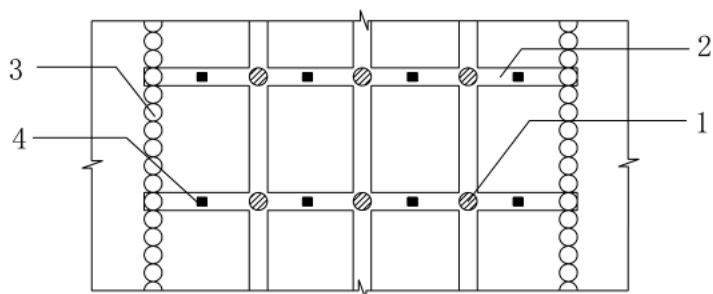


(b) 立面图

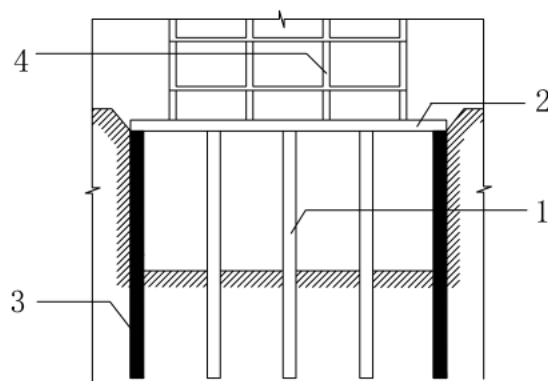
图 6.1.2-1 柱周边设置托换桩地下增层示意图

1-托换桩 2-托换承台 3-排桩或地下连续墙 4-既有柱

2 托换桩和柱可间隔布置，此时上部结构荷载通过托换梁传递到托换桩（图 6.1.2-2）。



(a) 平面图

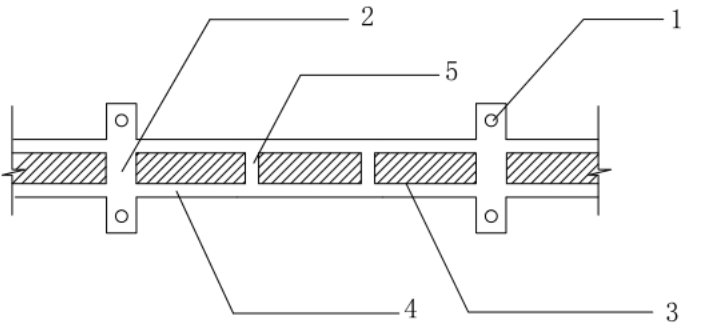


(b) 立面图

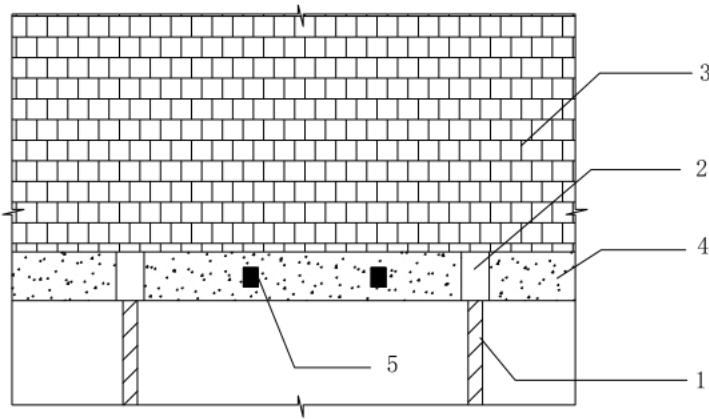
图 6.1.2-2 既有柱与托换桩间隔设置地下增层示意图

1-托换桩 2-托换梁 3-排桩或地下连续墙 4-既有柱

6.1.3 当既有建筑竖向构件为墙体时，宜在墙体底部两侧设夹墙梁，沿夹墙梁每隔一定距离设垂直穿过墙体的托换梁和连接键。托换梁两端由托换桩支撑（图 6.1.3）。



(a) 平面图



(b) 立面图

图 6.1.3 墙体结构托换地下增层示意图

1-托换桩 2-托换梁 3-既有墙体 4-夹墙梁 5-连接键

6.2 移位地下增层

6.2.1 当既有建筑外侧先建好地下空间时，可将建筑物移至新建地下空间的正上方，并将移位建筑物和地下空间连接，完成地下增层。其施工工艺流程图一般按框图 6.2.1-1 进行，示意图见图 6.2.1-2。

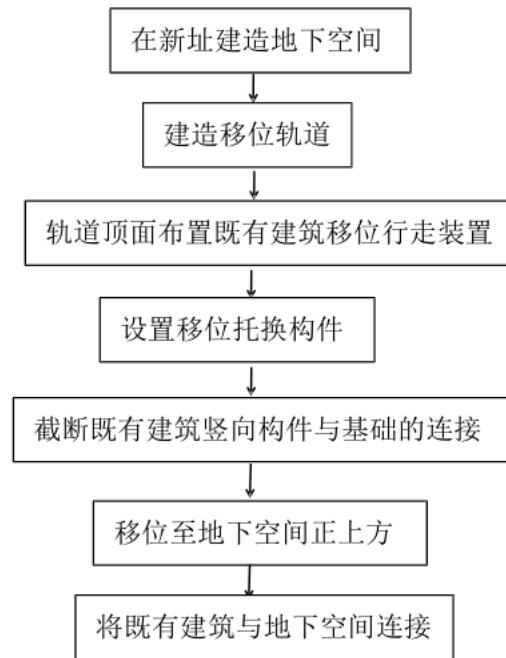


图 6.2.1-1 建筑物移位地下增层（先施工地下空间）施工工艺流程图

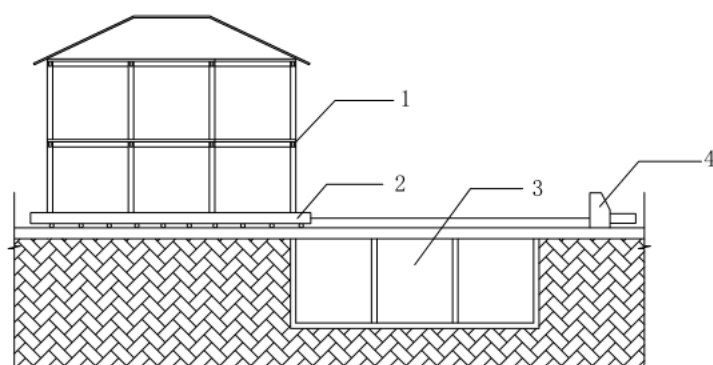


图 6.2.1-2 建筑物移位地下增层（先施工地下空间）示意图

1-既有建筑 2-托换结构 3-地下空间 4-牵引装置

6.2.2 当在既有建筑外侧或者在基础一侧先建好托换桩时，可将建筑物移至托换桩正上方并与托换桩相连，然后逐层开挖地下空间土方，施工地下空间梁板，完成地下增层。其施工工艺流程图一般按框图 6.2.2-1 进行，示意图见图 6.2.2-2。

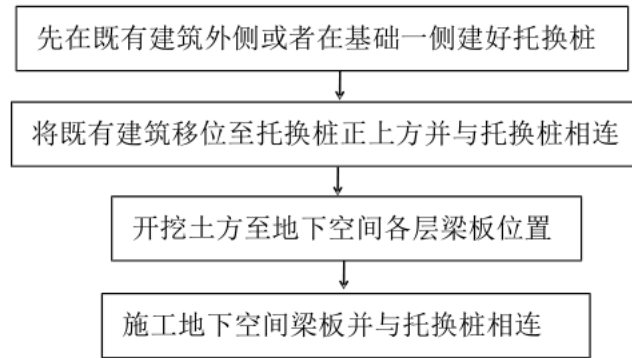


图 6.2.2-1 建筑物移位地下增层（先施工托换桩）施工工艺流程图

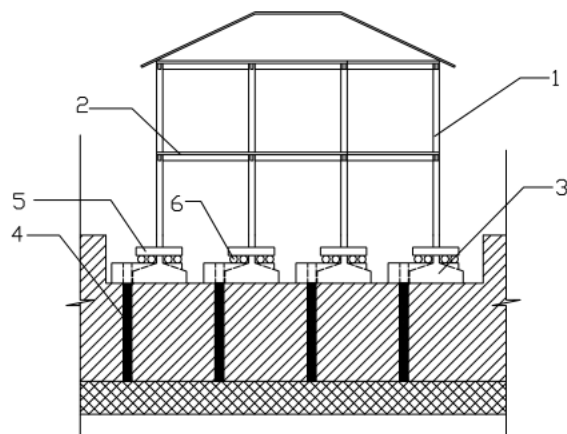


图 6.2.2-2 建筑物移位地下增层（先施工托换桩）示意图

1-上部结构竖向构件 2-梁板 3-基础 4-托换桩 5-托换梁 6-滚轴

7 设计

7.1 设计原则

7.1.1 既有建筑地下增层结构设计宜采用极限状态法，以分项系数的设计表达式进行设计。

7.1.2 结构设计极限状态应分为下列两类：

1 承载能力极限状态：结构构件达到最大承载能力；土体变形导致结构破坏或周边环境破坏。

2 正常使用极限状态：结构变形影响结构的正常使用、地下结构施工或周边环境的正常使用功能。

7.1.3 既有建筑地下增层结构设计应根据结构破坏可能产生的后果，采用不同的安全等级及结构的重要性系数，并应符合下列规定：

1 当托换结构作为永久结构时，其结构安全等级和重要性系数不得小于地下结构安全等级和重要性系数；

2 托换结构安全等级和重要性系数应按施工与使用两个阶段选用较高的结构安全等级和重要性系数；

3 当地下增层结构的部分构件只作为临时结构构件的一部分时，应按临时结构的安全等级及结构的重要性系数取用。当形成最终永久结构的构件时，应按永久结构的安全等级及结构的重要性系数取用。

7.1.4 既有建筑地下增层结构设计时的作用组合和分项系数应符合《工程结构通用规范》GB55001 的相关规定。

7.1.5 既有建筑地下增层结构设计的荷载应符合下列规定：

1 水平荷载：应包括施工阶段支护结构所传递的水压力、主动土压力或静止土压力、坑外地面荷载的侧压力。作为永久结构的构件在使用阶段，应包括外墙结构所传递的水压力，静止土压力、坑外地面荷载的侧压力。

2 竖向荷载：应包括地下增层施工各阶段结构构件自重及取土、运土时可能作用于结构上的施工荷载。作为永久结构在使用阶段的竖向荷载，应包括结构自重、活荷载、风荷载和地震作用引起的竖向力，作用于底板的水浮力。

7.1.6 采用桩基托换法既有建筑地下增层结构设计应进行下列计算和验算：

1 承载能力极限状态的计算和验算：

- 1) 支护结构的稳定性计算，包括整体抗滑移、抗倾覆；
 - 2) 降水设计计算，抗浮、抗隆起验算；
 - 3) 支护结构在施工和使用阶段受弯、受剪、受压承载力计算；
 - 4) 主体结构兼作围护结构、支撑结构时，结构承载力计算和稳定性验算；
 - 5) 托换桩的受压承载力和稳定性验算；
 - 6) 托换承台的抗弯和抗冲切验算；
 - 7) 托换梁的抗弯和抗剪验算；
 - 8) 托换构件与原竖向构件界面的抗剪承载力验算；
 - 9) 拟建地下空间的地基和基础承载力验算。
- 2 正常使用极限状态的计算和验算：
- 1) 主体结构兼作支护结构的沉降验算；
 - 2) 竖向托换构件（托换桩）的沉降计算；
 - 3) 支撑体系和围护结构的内力和变形宜采用空间作用的整体分析方法；当施工与使用阶段构件的使用条件变化时，应按最不利情况验算；
 - 4) 拟建地下空间的地基变形验算。

7.1.7 拟建地下空间顶板应作为上部结构嵌固部位进行设计。

7.1.8 采用移位方式地下增层结构设计应按建筑物移位的结构计算方法，应符合《建（构）筑物移位工程技术规程》JGJ/T239 的相关要求。

7.2 支护结构

7.2.1 既有建筑地下增层可在开挖基坑外单独进行基坑支护，也可利用新增地下空间外墙兼作支护挡墙。地下空间的梁、板或托换梁等水平构件可兼作支护的水平支撑。

7.2.2 当支护结构兼作地下空间外墙时，新增地下空间楼板可作为支护结构的水平支撑，围护结构与楼板处的支点可视为不动铰支点，支护结构可根据受力条件分段按平面问题进行计算。

7.2.3 支护结构在施工期间水平荷载和抗力标准值应按当地可靠经验确定，无经验时可按《建筑基坑工程技术规范》JGJ120 规定取值。

7.2.4 当进行构件的承载力及稳定性计算时，支护结构体系的内力及支点力的设计值应按其施工阶段和使用阶段各个工况中可能出现的最不利内力组合值进行计算。

7.2.5 在既有建筑地下增层结构的施工阶段，作为临时结构的各构件承载力计算，应符合国家现行有关标准的规定。

7.2.6 既有建筑地下增层支护结构，在使用阶段兼作永久结构的各构件承载力计算，应符合国家现行有关标准的规定。

7.2.7 地下连续墙在使用阶段作为地下空间的外墙，应符合下列要求：

- 1) 当不带内衬墙时，应按地下空间防水等级要求做好地下连续墙防水；
- 2) 当有内衬墙时，应按防水要求做好内衬墙防水及墙间的疏水排水设计；
- 3) 当排桩与内衬墙作为地下空间的外墙时，应按地下空间防水等级做好内衬墙防水。

7.3 托换桩

7.3.1 当托换桩作为施工完拟建地下空间后需拆除的临时托换构件时，可对施工荷载作用下的强度、稳定性进行验算。

7.3.2 当托换桩作为地下增层施工完成仍需使用的永久托换构件时，其设计不仅要考虑施工期间的荷载，还需按照永久设计状况和地震设计状况作用下对其强度和稳定性进行计算。

7.3.3 当托换桩稳定性不满足要求时，应通过增设侧向支撑的方式提高其稳定性。

7.3.4 根据材料的不同，托换桩的强度和稳定性计算应符合下列要求：

- 1 以钢管桩等单一材料桩基础作为竖向托换构件时，其强度和稳定性应按《钢结构设计标准》GB50017 中的压弯构件计算其强度和稳定性；
- 2 以钢筋混凝土桩作为竖向托换构件时，其强度和稳定性应按《混凝土结构设计规范》GB50010 中的轴心受压和偏心受压构件受压承载力公式计算；
- 3 构件稳定性的计算长度应按本规程 7.3.5 取值。

7.3.5 托换桩桩周土开挖过程中，桩的稳定性计算长度按照侧向支撑设置方式和桩身入土的深度不同，可依据图 7.3.5-1 步骤确定：

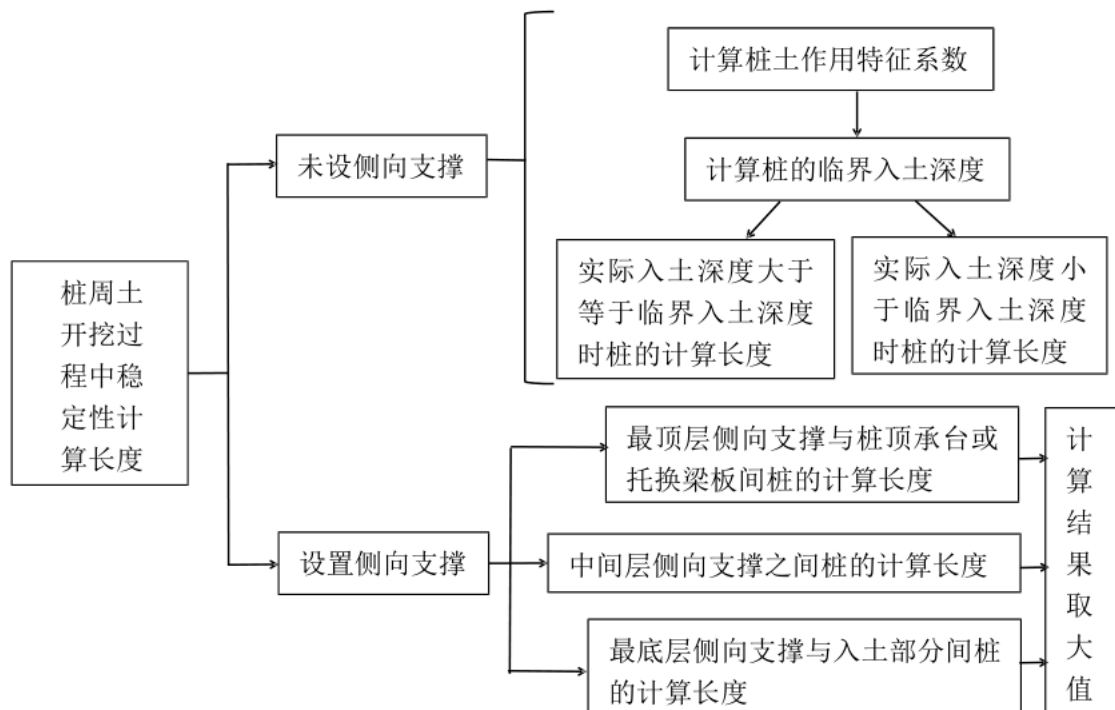


图 7.3.5-1 桩的稳定性计算长度确定步骤

1 未设置侧向支撑的桩（图 7.3.5-2），其计算长度按下列公式确定：

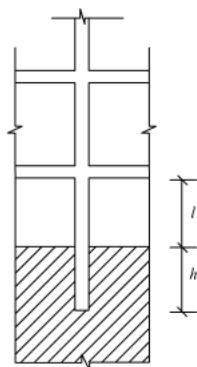


图 7.3.5-2 桩周土开挖过程中桩基稳定性计算长度示意图

1) 桩土作用特征系数 T ，应按下式计算：

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_c I}{m b_0}} \quad (7.3.5-1)$$

式中， E_c ——桩的弹性模量（ N/m^2 ）；

I ——桩的惯性矩（ m^4 ）；

m ——土体水平地基反力系数的比例系数（ MN/m^4 ）；

b_0 ——桩身计算宽度，通常取值为2倍的桩身直径（m）；

2) 桩的临界入土深度 h_0 ，应按下式计算：

$$h_0 = 4T \quad (7.3.5-2)$$

式中， h_0 ——桩的临界入土深度，m；

T ——桩土作用特征系数（m）；

3) 当桩的实际入土深度大于等于临界入土深度（ $h \geq h_0$ ）时，桩的计算长度应按下式计算：

$$l_c = \mu_1(l + 4T) \quad (7.3.5-3)$$

式中， l_c ——桩的计算长度（m）；

l ——桩的外露长度（m）；

h ——桩的实际入土深度（m）；

μ_1 ——计算长度系数：当桩顶为铰接时取 0.7；当桩顶为固接时取 0.5；

4) 当桩的实际入土深度小于临界入土深度（ $h < h_0$ ）时，桩的计算长度应按下式计算：

$$l_c = \mu_2(l + h) \quad (7.3.5-4)$$

式中， μ_2 ——计算长度系数：当桩顶为铰接，桩尖未嵌岩时取 1.0；当桩顶为铰接，桩尖嵌岩时取 0.7；当桩顶为固接，桩尖未嵌岩时取 0.7；当桩顶为固接，桩尖嵌岩时取 0.5；

2 设置侧向支撑的桩（图 7.3.5-3），其计算长度按下列几项公式计算结果的较大值确定：

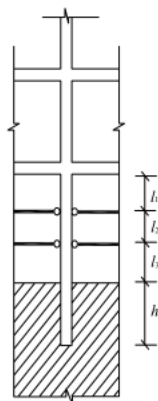


图 7.3.5-3 带侧向支撑桩基稳定性计算长度示意图

1) 当确定最顶层侧向支撑与桩顶承台或托换梁板间桩的计算长度时, 应按下式计算:

$$l_c = \mu_3 l_1 \quad (7.3.5-5)$$

式中, l_1 ——最顶层侧向支撑与桩顶承台或托换梁板间桩的实际长度 (m);

μ_3 ——设置最顶层侧向支撑时, 桩身计算长度系数。当桩身可靠地嵌入桩顶承台取 0.7; 其他情况取 1.0;

2) 当确定中间层侧向支撑之间桩的计算长度时, 应按下式计算:

$$l_c = \mu_4 l_2 \quad (7.3.5-6)$$

式中, l_2 ——中间层侧向支撑之间桩的实际长度 (m);

μ_4 ——设置中间层侧向支撑时, 桩身计算长度系数, 取 1.0;

3) 当桩的实际入土深度大于等于临界入土深度 ($h \geq h_0$) 时, 最底层侧向支撑与入土部分间桩的计算长度应按下式计算:

$$l_c = \mu_5 (l_3 + 4T) \quad (7.3.5-7)$$

式中, l_3 ——最底层侧向支撑与土层开挖面之间的距离 (m);

μ_5 ——计算长度系数, 取 0.7;

4) 当桩的实际入土深度小于临界入土深度 ($0 < h < h_0$) 时, 最底层侧向支撑与入土部分间桩的计算长度应按下式计算:

$$l_c = \mu_6 (l_3 + h) \quad (7.3.5-8)$$

式中, μ_6 ——计算长度系数: 当桩尖未嵌岩时取 1.0; 当桩尖嵌岩时取 0.7。

7.3.6 桩间侧向支撑的承载力应按下列规定进行验算:

1 按强度验算时, 应按下式验算:

$$\sigma = \frac{N_l}{A_c} \leq f \quad (7.3.6-1)$$

2 按稳定性验算时, 应按下式验算:

$$\frac{N_l}{\varphi A} \leq f \quad (7.3.6-2)$$

式中, σ ——侧向支撑应力值 (N/mm²);

A_c ——侧向支撑的净截面面积 (mm²);

A ——侧向支撑的毛截面面积 (mm²);

N_l ——侧向支撑的轴向力设计值，按本规程 7.3.7 条规定计算（N）；

φ ——侧向支撑的稳定性系数，若支撑材料为钢材，其长细比应根据《钢结构设计标准》GB50017 附录 C 轴心受压构件的稳定性系数取值；

f ——侧向支撑材料强度设计值，若支撑材料为钢材，其强度应按《钢结构设计标准》GB50017 第 3.4.1 条取值。

7.3.7 桩间侧向支撑约束桩时在支撑内所产生的轴向力设计值应按下式计算：

$$N_l = 0.2N \quad (7.3.7-1)$$

式中， N ——桩的受压承载力设计值（N）。

7.3.8 托换桩竖向极限承载力可按照《建筑桩基技术规范》JGJ94 中的原位测试或经验参数确定。当计算桩侧阻力时，可按照土方开挖后埋置在土体中桩身实际长度计算。

7.4 托换梁

7.4.1 当托换桩和上部结构柱间隔布置，上部结构柱与托换桩通过托换梁传递荷载时，托换梁的抗弯和抗剪承载力应按《混凝土结构设计规范》GB 50010 附录 G 的相关规定计算。

7.4.2 当该托换梁采用实腹式钢骨混凝土梁，其承载力计算方法可参考《组合结构设计规范》JGJ138 确定。

7.4.3 可采用凿毛、植筋等方法提高托换梁与原竖向构件之间的整体性，构造措施应符合《混凝土结构加固设计规范》GB50367 中 5.5 条相关规定。

7.5 托换承台

7.5.1 当既有建筑竖向构件周边设置后浇筑包裹式钢筋混凝土承台，向托换桩传递荷载时，承台的受弯、受冲切、受剪承载力验算可参照《建筑地基基础设计规范》GB50007 中 8.5.19 条相关规定计算。

7.5.2 可采用凿毛、植筋等方法提高托换承台与原竖向构件之间的整体性，构造要求应符合《混凝土结构加固设计规范》GB50367 中 5.5 条相关规定。托换承台的截面高度 h_j 应符合《建（构）筑物移位工程技术规程》JGJ/T239 中 5.4.3 条相关规定。

7.6 地基变形

7.6.1 地下增层完成后的最终沉降量和差异沉降量，应包含地下增层前已完成的部分和地下增层后二次产生的部分。

7.6.2 地下增层完成后最终沉降量和差异沉降量应符合《建筑地基基础设计规范》GB50007 相关要求。

7.6.3 地下增层托换桩为端承桩时，其地基变形应主要为桩身压缩变形。

7.6.4 当地下增层托换桩为摩擦桩时，桩基沉降计算可参考《建筑桩基技术规范》JGJ94，采用分层总和法计算土层沉降，并计入桩身压缩变形。其中，桩基沉降计算应考虑以下因素：

- 1 地下增层土方开挖引起的卸载效应及桩基托换引起桩侧和桩端土体有效应力变化对沉降影响；
- 2 降水和开挖卸载后土体回弹对桩基沉降的影响；
- 3 土方开挖引起拟建地下空间持力层超固结效应，造成的土体侧压力系数的变化。

7.7 基础

7.7.1 当采用桩基托换原位地下增层时，宜设计成桩筏基础。基础的设计应符合《建筑地基基础设计规范》GB50007 和《建筑桩基技术规范》JGJ94 的相关规定。

7.7.2 当采用移位地下增层时，基础的设计应符合《建（构）筑物移位工程技术规程》JGJ/T239 相关规定。

8 施工及验收

8.1 施工

8.1.1 既有建筑地下增层的施工准备工作应包括以下内容：

- 1 应针对施工过程编制专项施工方案；
- 2 进一步核查周边相邻建（构）筑物、地下管线等情况，进行设计条件复核及风险辨识和评估；
- 3 当相关技术资料 and 实际施工条件与设计不符时，应提请设计单位校核或调整设计方案；
- 4 应针对重大风险源编制应急预案，开展应急演练，储备应急物资。

8.1.2 基坑土方开挖前，应做以下准备工作：

- 1 探测开挖范围内有毒、有害气体情况；
- 2 对平面控制点、水准点加强保护，并应定期复测检查；
- 3 应根据施工进展设置用电和照明设施；
- 4 根据出土口的位置、间距、大小、数量等实际情况设置通风设施；
- 5 结合历史降雨最高水位设置防倒灌措施。

8.1.3 基坑土方开挖时，应遵循以下规定：

- 1 应加强对基坑内既有结构和托换桩的保护，其周边 0.5m 范围内土方采用人工开挖；
- 2 基坑开挖应遵循“时空效应”原理，分层、分段、均衡对称开挖，严禁超挖；开挖参数应视地质情况及支撑方式确定；
- 3 根据地层特性和地下水情况对围护排桩的桩间土体或地下连续墙墙段连接处进行防护；
- 4 土方运输方式应根据结构形式、埋深和出土口的设置及分布、施工工序等情况确定；
- 5 土方挖运设备应符合下列要求：
 - 1) 应根据出土口尺寸、土石方开挖范围内的结构净空尺寸、柱间净距、柱与墙间净距、架设支撑后的开挖层净高等因素综合确定；
 - 2) 运输设备的选型、配置应使装碴能力、运输能力与开挖能力相匹配；

3) 装运能力不应小于最大的开挖能力, 且应采用环保设备。

8.1.4 托换桩施工时, 应符合以下规定:

- 1 当托换桩受既有建筑层高等空间限制时, 宜采用锚杆静压桩、人工挖孔桩或泥浆护壁微型桩的成桩方法施工;
- 2 当托换桩受既有建筑层高限制需要接长时, 接头应采用焊接或机械连接的方式。不同托换桩的接头在竖向应相互错开的距离大于等于 0.5m;
- 3 托换桩施工期间桩身垂直度应符合下列要求:
 - 1) 当托换桩作为临时支撑时, 平面位置允许偏差应为 $\pm 10\text{mm}$, 垂直度允许偏差应为柱高 $1/300$;
 - 2) 当托换桩作为“以桩代柱”的永久型构件时, 安装精度应与结构柱允许偏差范围一致;
- 4 当托换桩采用静压桩的方式设置时, 应在桩身侧面预埋与侧向支撑的连接钢板, 钢板外侧可缠以胶带等保护措施, 以防泥浆或砂、石等填料沾染;
- 5 当梁板钢筋遇到托换桩无法穿过时, 应有保证钢筋贯通的节点设计。

8.1.5 当结构利用土模施工时, 开挖应符合下列规定:

- 1 应按梁、板结构断面形状开挖成槽;
- 2 距离结构设计标高 0.2m 内的土方应采用人工开挖;
- 3 墙柱接头处土方应开挖至接头以下至少 0.5m, 并呈倾斜状;
- 4 当基坑开挖下层土方时, 应随挖随清理上层结构底模。

8.1.6 当增设多层地下空间, 土方开挖至每层地下空间梁板设计标高时, 应立即施工梁板, 形成对托换桩的有效约束。

8.1.7 地下空间梁、板、柱等混凝土构件的施工工艺和质量要求可参照逆作法的相关要求。

8.1.8 施工过程中, 应采取有效的地下水控制措施, 并应符合下列规定:

- 1 基坑内地下水位不应高出坑底以下 0.5m;
- 2 应满足坑底抗管涌验算及坑底、侧壁抗渗流稳定要求。

8.1.9 移位地下增层的施工应符合《建（构）筑物移位工程技术规程》JGJ/T239 相关要求。

8.2 监测

8.2.1 既有建筑地下增层施工前应编制专项监测方案，施工过程中依据方案进行监测，并根据监测结果指导施工。

8.2.2 根据设计要求、施工工艺、变形控制要求、现有技术能力、对关键工程对象的认知程度，施工监测项目应包括以下内容：

- 1 支护结构内力、支护结构顶部水平位移、支护结构深层水平位移、支护结构竖向位移；
- 2 托换桩内力、托换桩倾斜、托换桩水平位移、托换桩竖向位移；
- 3 托换梁（承台）内力、托换梁（承台）位移；
- 4 既有建筑物倾斜度和裂缝；
- 5 临近建（构）物竖向位移、临近建（构）物裂缝；
- 6 地下水水位、地表竖向位移、地下管线位移。

8.2.3 托换梁（承台）、竖向托换构件、围护结构和主体结构监测项目的控制值应符合设计要求；基坑、周边建（构）筑物、管线控制值应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 的规定。

8.2.4 施工中应根据进度及时布点进行监测。

8.2.5 变形监测可采用水准仪及经纬仪或高精度全站仪，构件内力监测可采用应变片或光纤光栅。

8.2.6 监测数据分析和处理应符合下列要求：

- 1 应及时进行监测数据分析和处理，编制监测报告；
- 2 监测项目完成后应编制总报告，监测资料应及时反馈给相关单位；
- 3 当监测数据达到预警标准时，应增加监测频率；
- 4 当监测数据达到控制标准或工程险情发生时，应停止施工，启动应急处置措施。

8.3 验收

8.3.1 既有建筑地下增层施工完成后，由建设单位组织勘察、设计、施工、监理等部门进行验收。

8.3.2 质量验收应提交文件和记录包括以下内容：

- 1 岩土工程勘察报告、图纸会审记录、设计变更文件；
- 2 经审定的施工组织设计、施工方案；
- 3 桩位测量放线图及工程桩位线复核签证单；
- 4 桩身完整性检测报告及单桩承载力检测报告；
- 5 原材料出厂合格证和进场复试报告；
- 6 混凝土强度试验报告；
- 7 钢筋接头试验报告；
- 8 预应力筋用锚具，连接器的合格证和进场复试报告；
- 9 混凝土工程施工记录；
- 10 隐蔽工程验收记录；
- 11 分项工程验收记录；
- 12 预应力筋安装、张拉及灌浆记录；
- 13 工程重大质量问题的处理方案和验收记录；
- 14 其他必要的文件和记录。

8.3.3 工程观感质量验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 有关规定，现浇结构外观质量缺陷判定不应有严重缺陷。

8.3.4 质量验收应符合现行国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202、《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《组合结构设计规范》JGJ138 等有关规定。

本规程用词说明

为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，可采用“可”。

引用标准名录

- 1 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 2 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 3 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 4 《建筑边坡工程技术规范》 GB 50330
- 5 《土工试验方法标准》 GB/T 50123
- 6 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 7 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 8 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 9 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 10 《混凝土结构加固设计规范》 GB 50367
- 11 《建筑基坑工程监测技术规范》 GB 50497
- 12 《建筑结构可靠性设计统一标准》 GB 50068
- 13 《地下结构抗震设计标准》 GB/T 51336
- 14 《地下工程防水技术规范》 GB 50108
- 15 《民用建筑可靠性鉴定标准》 GB 50292
- 16 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 17 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB 50202
- 18 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 19 《工程结构通用规范》 GB 55001
- 20 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 21 《建筑基坑工程技术规范》 JGJ 120
- 22 《地下建筑工程逆作法技术规程》 JGJ-165
- 23 《建（构）筑物移位工程技术规程》 JGJ/T 239
- 24 《组合结构设计规范》 JGJ 138

山东省工程建设标准

既有建筑地下增层技术规程

DB37/T xxxx—2020

条文说明

目次

1 总则.....	29
2 术语.....	30
3 基本规定.....	31
4 岩土工程勘察.....	32
5 既有建筑物检测鉴定.....	33
6 既有建筑地下增层方法.....	34
7 设计.....	35
8 施工及验收.....	37

1 总则

1.0.1 本条规定是制定本规程的基本方针和原则。

1.0.2 本条规定明确了地下增层的范围：不仅无地下空间的既有建筑利用本技术可以增设地下空间，也可以在既有建筑原有地下空间基础上扩展地下空间。

1.0.3 本规程主要针对既有建筑地下增层的设计、施工编制而成，凡本标准未规定的部分应符合国家现行标准的有关规定。

2 术语

2.1.1 既有地下增层包括原位地下增层和移位地下增层。原位地下增层就是利用基础托换的方法在既有建筑物正下方增设或拓展地下空间；移位地下增层一般是在既有建筑外侧或基础一侧的下方增设或拓展地下空间。

2.1.2 既有建筑原位地下增层由于上部结构荷载已经存在，必须通过设置托换桩等竖向构件支撑上部结构，才能开挖拟建地下空间的土方，施作地下空间的构件。临时托换桩是指土方开挖前施作、结构施工完成后拆除的托换桩。永久托换桩是指土方开挖前施作用于结构施工中支撑既有建筑物的施工荷载，且结构施工后用于支撑既有建筑物永久荷载的托换桩。

3 基本规定

3.0.1 由于本规程的主要内容是针对既有建筑地下增层的结构设计和施工制定，因此需要提醒相关单位既有建筑地下增层工程的规划、消防、机电、设备等也应符合国家现行有关标准的规定。

3.0.2 既有建筑地下增层涉及到基坑土方开挖，基坑沉降和变形会影响到周边相邻的建（构）筑物、地下管线等。

3.0.4 既有建筑地下增层时由于上部建筑物荷载已存在，在下部地下空间施作期间，保证上部既有建筑的安全是该技术的关键。

4 岩土工程勘察

4.0.3 由于地下增层通常设置托换桩，因此勘察深度要求是一般为拟建地下空间基础埋置深度的 2~3 倍，但有一些托换桩桩尖处需要的岩土勘察参数可能更深，因此规定了不小于《岩土工程勘察规范》GB50021 的相关要求；勘察范围外延至地下空间开挖总深度的 1~2 倍，主要是基坑支护设置拉锚的要求。

移位地下增层时不仅就位位置需要设置地下空间，其岩土参数需要勘察；其移位路线上需要承担既有建筑物的荷载，地基承载力不足或较大的不均匀沉降会造成既有建筑物损坏或倾斜，因此沿途的轨道设计也非常重要。

5 既有建筑物检测鉴定

5.0.1 既有建筑经过多年的使用，材料性能可能已出现退化，因此不能凭借原有设计图纸和竣工验收资料进行地下增层的设计和施工，必须通过现场检测鉴定了解其现状。

6 既有建筑地下增层方法

6.1.2 既有建筑原位地下增层属于逆作法的一种，但与常规逆作法又有明显不同：常规逆作法利用临时立柱支承上部结构，由于上部结构尚未施作，所以立柱平面位置不受上部结构限制；但既有建筑地下增层时，由于上部结构竖向构件（墙柱）已经存在，所以新增的竖向托换构件，只能采用从既有建筑竖向构件的周边或者两相邻竖向构件中间位置设置，然后用托换承台或者托换梁将两者连接。

6.2.1 先建好地下空间再移动既有建筑物的关键技术是地下空间上方移位轨道的设计，该轨道承担既有建筑物移动荷载，应按影响线理论计算其承载力。地下空间可设置桩基础，也可不设。

6.2.2 先施工托换桩，将既有建筑物移动至托换桩正上方实现连接，再开挖土方，施作地下空间。该方法中的托换桩在既有建筑竖向构件的正下方，与原位地下增层的在竖向构件周边设置和间隔设置明显不同，受力更加合理。该托换桩在拟建地下空间中的部分也可以作为地下空间的竖向构件，实现“以桩代柱”。

7 设计

7.2.1 既有建筑地下增层时基坑侧壁必须有围护结构，这是本规程的强制性规定，是保证工程及周边建筑安全的必要措施。围护结构的设计应在既有建筑地下增层工程设计时综合考虑，与工程施工图一并设计。地下空间的外墙兼作支护挡墙及梁板或托换梁等水平构件兼作支护的水平支撑等措施可明显节省基坑支护的费用。

7.3.5 基于虚拟嵌固点法提出桩身部分埋入土体中的桩的稳定性计算公式。虚拟嵌固点法的原理如图 7-1 所示。

图 (a) 中高承台桩外露在土体以上部分长度 (即桩周土开挖深度) 为 l ，埋入土体中深度为 h 。随着桩入土深度的增大，土体对桩的约束作用也相应增强。桩的入土深度达到某一数值后 (图 (a) 中所示的入土深度 h_0)，在荷载作用下桩的位移和转角不再明显变化，桩的受压极限承载力也不会进一步提高。因此，称该深度 h_0 为临界入土深度。图 (b) 中所示是该桩的等效虚拟嵌固桩，其基本假定是忽略土表面至虚拟嵌固点之间土体的水平约束作用，该桩在深度 t 处嵌固。虽然该嵌固桩内力和变形与图 (a) 中的桩并不完全相同，但其受压稳定的承载力是相同的，这种处理方式可以使复杂的受压稳定性问题简化。该方法中如何确定嵌固点 t 的位置是关键。桩的受压屈曲稳定性与桩身特性 (弹性模量、惯性矩、截面尺寸)、桩周土 (土体的水平抗力系数、入土深度) 以及桩顶约束等有关，而虚拟嵌固点法中嵌固深度计算公式充分体现了各项参数的影响。

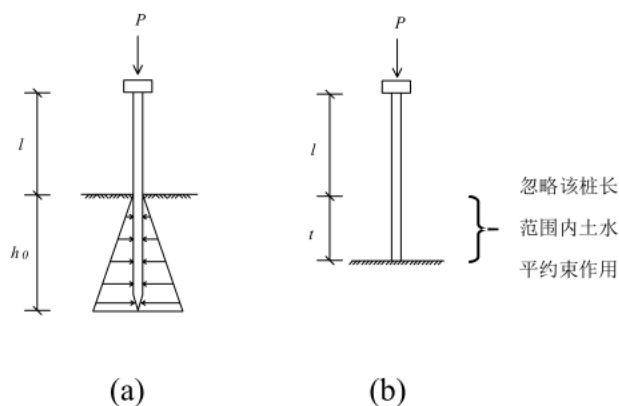


图 7-1 桩的等效嵌固点深度示意图

根据 JTS167-4-2012《港口工程桩基规范》有关规定，桩的弹性模量、惯性矩、桩的计算宽度以及土体的水平抗力系数对嵌固深度的影响可用桩土作用特征值 T 体现，其表达式为本规程中的公式 7.3.5-1。当钢管桩的入土深度大于临界入土深度时（ $h > h_0$ ），桩的入土部分处于完全嵌固状态。此时桩的计算长度系数根据桩底部为嵌固端确定。当桩的入土深度为 0 时，桩周土对桩身约束的影响不存在（未嵌固），其受压稳定性计算公式可用经典的压杆稳定性理论推出。桩底的约束接近于铰接。但是当桩的入土深度介于临界入土深度和 0 之间时，桩周土对桩身约束处于半嵌固状态。现有规范和相关研究根据桩顶和桩尖不同约束状态给出不同的计算长度系数的公式。

7.3.7 对于有侧向支撑的桩基稳定性，根据试验研究的结果，随着支撑线刚度的增加，桩基稳定性有增大的趋势。但是，当侧向支撑线刚度超过一定阈值，桩基屈曲极限荷载增加就不明显。根据张永庆硕士论文《带侧向支撑钢管桩桩周土开挖条件下稳定性研究》中的试验数据，侧向支撑最大值与托换桩轴力极限荷载比值在 0.2 左右。

7.3.8 由于在既有建筑物正下方施工托换桩，因此无法开展原位静载试验，其竖向极限承载力需要通过原位测试或经验参数确定。

7.4.1 由于既有建筑竖向构件向托换梁传递较大的集中力，从受剪角度梁的截面高度一般比较大，通常该托换梁跨高比多小于 5，因此该梁应按照深受弯构件设计。

7.4.2 在托换梁内设置实腹型钢，可有效提高梁的受剪承载力，减少梁的截面尺寸，也可提高地下空间的净高。

7.5.1 连接托换桩和包裹竖向构件的钢筋混凝土承台，在通过凿毛、植筋等构造措施保证其整体性的情况下，可按整体承台进行承载力验算。

7.5.2 由于承台是地下增层设置的构件，而且从四周包裹住既有建筑竖向传力构件，为保证承台的整体性，必须满足相应构造措施。

8 施工及验收

8.1.3 由于土方开挖形成的高差，在托换桩桩身内产生附加弯矩，影响桩身稳定性。因此，需要分层、分段、均衡对称开挖土方。

8.1.4 在既有建筑室内设置托换桩，受层高限制并减少对环境的影响，分段设置的静压桩、人工挖孔桩和小型泥浆护壁的灌注桩是首要选择。

8.1.6 在土方开挖阶段，由于托换桩桩身下段只受土方约束，受压稳定性较低。当地下空间的梁板设置后，对桩身下段的约束明显提高，可有效提高托换桩稳定性。因此，土方开挖至梁板标高，应尽快设置梁板。