

建筑物地基沉降的规律与特征分析

——基于多个著名建筑物与城市地面出现的沉降为案例

张振海

(上海新荣阳投资控股集团, 上海 200082)

摘要: 地基沉降涉及到建筑物的质量与寿命, 研究其规律与特征并充分利用, 将有助于提高建筑物的质量与寿命。研究通过分析建筑物地基沉降的3个阶段, 以一些世界著名建筑物与城市地面沉降为案例, 阐述国内外沉降计算的4种方法, 阐述地基沉降与时间的相关性, 剖析沉降的弊端与有效利用, 总结防范超量沉降的方法, 最后阐述非均匀沉降的补救措施, 用于指导工程建设的实践。

关键词: 沉降阶段; 计算方法; 完成时间; 防范方法

中图分类号: TU470

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2021)05-0402-07

Analysis on law and characteristic of building foundation settlement

——Based on the settlements of several famous buildings and urban land as cases

ZHANG Zhen-hai

(Shanghai Xinrongyang Investment Holding Group, Shanghai 200082, China)

Abstract: Foundation settlement is related to the quality and life of buildings. In order to improve the quality and life of buildings and make full use of it, the laws and characteristics of foundation settlement are studied. By analyzing the three stages of building foundation settlement, this paper takes some world-famous buildings and urban land settlement as cases. Four methods of settlement calculation at home and abroad are described. The correlation between foundation settlement and time is expounded. Analysis on the disadvantages and effective utilization of settlement is conducted. Summary of the methods to prevent excessive settlement is provided. The remedial measures of non-uniform settlement are described. The summary of this paper can be used to guide the practice of engineering construction.

Key words: settlement stage; calculation method; completion time; prevention method

0 引言

地基沉降与变形是整个地基基础工程中众多难题之一, 至今尚未完全解决此问题。特别是中国的地基工程方面, 在设计的根源方面就存在一些缺陷, 对沉降方面的重视程度不足(相比更重视承载力的方面), 此问题是基于历史的原因, 在新中国成立后, 于1954年引进了前苏联地基规范《天然地基设计暂行规范》(规结7-54), 此规范对后期中国地基设计方面影响巨大。由于此规范不考虑地基的沉降控制, 因此对此后的中国地基工程在设计方面的演变与发展产生了许多负面的影响^[1]。

(1) 公式表达

地基沉降主要发生在土壤结构中, 其沉降一般分为3个部分: 瞬始沉降、固结沉降和蠕变沉降, 用公式(1)表达为:

$$S_{\text{总}} = S_d + S_c + S_s \quad (1)$$

式中: S_d 为瞬始沉降, 系第一阶段的土壤剪切应变成形; S_c 为固结沉降, 系第二阶段的土壤孔隙水在排出后及消散的过程中其骨架产生变形而形成; S_s 为蠕变沉降, 系第三阶段的孔隙水在消散后及其骨架本身的蠕动变化而形成。

(2) 3个阶段

3个部分的沉降按其发生的时间顺序,可以划分为3个阶段:第一阶段表现的主要形式为瞬始沉降(固结与蠕变也同时发生,即3种沉降同时发生),时间发生在建设开始至建设完成,约在2年期间内完成(占总沉降量约60%左右)。第二阶段表现的主要形式为固结沉降(蠕变也同时发生,即两种沉降同时发生),时间发生在建设完工后1~5年之间。第三阶段表现的形式为蠕变沉降(固结也同时发生,即两种沉降同时发生),时间发生在建设完工5年后,最长时间可达千年。如意大利的比萨斜塔,从1173年建设开始至2001年纠偏的加固完成;又如中国的虎丘斜塔,从959年建设开始至1981年纠偏时加固完成,这两个著名的建筑物在大约千年的时间内,沉降的现象仍在持续。根据3个阶段的沉降规律,又表现出不同的特征,具体如表1所示。

(3) 完成时间

到目前为止,基于以下4个方面为依据,地基

沉降的科学研究尚未发现有效的证据或者试验可以得出明确的沉降完成时间。

a) 抽取样本。根据上海市抽取33幢建筑物为样本,按其沉降观测的统计数据,此33幢建筑物在建成10年后的沉降速度为2.5~3.0 mm/年,没有明显迹象表明沉降已停止^[2]。

b) 维也纳固结试验。维也纳工业大学的土力学实验室,为了研究土体蠕变变形的持续时间,从1971年开始经过42年的加载至2013年,土体变形仍在继续发展,这种变形只会减速而不会停止,即形成“维也纳固结试验沉降曲线”^[3]。

c) 著名建筑物案例与统计。统计一些著名建筑物沉降的累计量,从几年到千年的时间内,没有明确显示沉降完成的时间,详见表2所示。

d) 城市地面案例。不但建筑物具有沉降的特征,城市的地面也发生类似的情况而且无明确的沉降结束时间。如雅加达与新奥尔良,其地面由原来高于海平面至目前已低于海平面,如表3所示。

表1 沉降的分类阶段与特征

Table 1 Classification stage and characteristics of settlement

沉降阶段	沉降名称	沉降持续时间/年	沉降完成量/%	特征
第一阶段	瞬始沉降	0~2(施工开始至施工结束)	约60	土壤受剪切的应变,颗粒之间骨架的空隙减小
第二阶段	固结沉降	2~5	约20	颗粒之间孔隙水消散,颗粒之间骨架进一步减小
第三阶段	蠕变沉降(次固结沉降)	5~1 000	约20	颗粒之间骨架变形与颗粒自身体积变化

数据来源:根据本文整理

表2 著名建筑物沉降统计表

Table 2 Settlement statistics of famous buildings

建筑物名称	始建年	最近观测年	沉降累计量/m	沉降持续时间/年	沉降形成原因
比萨斜塔	1173	2013	3.0	840	软土地基固结沉降与地下水位变化
加拿大特朗斯康谷仓群	1911	1916	4.0 (修复后)	6	土壤承载力小于荷载值,只达到约1/3,土壤遭到剪切破坏
西安大雁塔	652	2009	>0.4	1 357	黏土地基固结沉降与地下水位变化
苏州虎丘塔	959	1981	>0.4	1 022	黏土地基固结沉降
上海展览中心	1954	2000	1.9	46	软土地基固结沉降
日本关西机场	1987	2015	13.1	28	软土地基固结沉降(仍以0.06 m/年的速度下沉)
墨西哥市艺术宫	1904	2020	4.0	116	软土地基固结沉降与地下水位变化
墨西哥特斯科科湖地区公园	1974	1981	4.0	5	地下水位变化与软土地基固结沉降(系主动利用沉降达到造湖的目的)

数据来源:根据本文整理

表3 一些城市沉降统计表
Table 3 Settlement statistics of some cities

建筑物名称	始建/测年	终观测年	沉降累计量	沉降持续时间/年	沉降形成原因
延安新区	2012	2016	2.9 mm/月	4 (工后 15 个月)	湿陷性黄土固结沉降
深圳蛇口填海	2008	2012	4.9 m	4	淤泥地基固结沉降与新填黏土固结沉降
天津市城区	1959	1998	2.8 m	39	地下水位下降与地基固结沉降
上海市城区	1920	1991	1.8 m	71	地下水位下降与软土地基固结沉降
印尼雅加达市	1945	2020	4.0 m	55	地下水位下降与软土地基固结沉降
墨西哥城	1900	2000	9.0 m	100	软土地基固结沉降与地下水位变化
新奥尔良市	1700	2020	3.0~4.5 m	320	软土地基固结沉降

数据来源: 根据本文整理

1 计算沉降的方法

1.1 4种计算方法

归纳现行中国国内地基沉降的计算方法主要有4种: 弹性理论法、压缩模量(或工程实用)法、

经验法(或现场试验法)、数值算法^[4]。其中前3种方法为常用类型, 而第4种方法由于计算的复杂性以及模型的不准确性, 导致其使用受到限制, 但此类型在理论分析上较为精确, 因此用于理论论证上具有优势。4个类型中又分为各自的子类型, 并各具特色, 如表4所示。

表4 现行地基基础沉降计算的方法分类
Table 4 Classification of current foundation settlement calculation methods

一级分类	二级分类	特征
弹性理论 (弹性)法	线性弹性力学理论法(胡克定律), 分为均质与非均质; 前者又分为各向同性与各向异性	将土体视为弹性体, 测定其弹性系数, 再利用弹性理论计算土体中的应力与土的变形量
	曲线(非线性)弹性力学理论法	
压缩模量 (工程实用)法	单向压缩沉降法(分层总和法)	按弹性理论计算土体中的应力, 通过试验提供各项变形参数, 利用分层叠加原理, 考虑到土层的非均质、应力应变关系的非线性以及地下水位变动等实际存在的复杂因素。其中的曲线拟合法是利用现场已经测到的初期沉降资料, 绘制沉降进程曲线, 预估后期沉降量的方法
	三向效应(斯肯普顿-别伦 Skempton-Bjerrum)法	
	切线模量(简布 Janbu)法	
	应力路径(拉姆 Lambe)法	
	物态界面(剑桥模型 Cam-Clay model)法	
组合经验与理论 (现场试验)法	三向压缩(黄文熙)法	采用现场测试结果, 借经验相关关系, 求得土的压缩性指标, 再代入理论公式求解
	曲线拟合(按现场观测资料)法	
	荷载试验法	
	动力触探法 静力触探法 旁压仪法	
组合数值与解析法	有限单元法	以有限单元法为主, 应用计算机为运算工具, 利用其他理论, 借助有限单元法离散化特点, 计算复杂的几何与边界条件、施工进度、土的应变关系的非线性以及应力状态进入塑性阶段等情况
	差分法	
	集总参数法	

资料来源: 根据本文整理

表4是归纳与总结近代以来多种国内外计算的方法, 其中最具有代表性的方法有分层沉降总和算法与桩基础沉降算法, 阐述如下:

(1) 分层沉降总和算法。此方法运用较广泛, 其物理意义简单明了, 同时计算参数也容易获得, 因此在工程界广泛使用。根据 $e-p$ 曲线, 各层

土的压缩量公式为： $s=(e_{1i}-e_{2i}/1+e_{1i})H_i$ 。式中： e_{1i} 为第*i*层压缩前对应的孔隙比； e_{2i} 为第*i*层压缩后对应的孔隙比； H_i 为第*i*层土壤的厚度。

(2) 桩基础沉降算法。桩基沉降的常用方法有两种：一是布辛尼斯克实体基础法，将全部荷载集中作用在桩尖平面上，以桩尖平面为半无限元表面，与浅基础一样用分层总和法计算，桩尖平面以上中的应力与应变和桩土的相互作用全部忽略不计；二是明德林法，将每根桩的荷载分为端阻力与侧阻力，根据荷载或者统计经验确定所占的比值，将端阻力假定沿桩身矩形分布或三角形分布，将逐根桩的应力叠加，算出地基中的附加应力，再利用分层总和法计算桩基沉降。

1.2 计算结果误差的原因

地基沉降计算的结果，不论采用任何一种类型的计算方法，在目前阶段尚不能达到完全准确，都存在着一定程度的误差，形成的主要原因有两个：

(1) 片面性。以最常用与最初研究形成的弹性理论与压缩模量两种方法为例，其参数只能反映土壤体积压缩产生的变化，而不能反映土壤的剪切变化，因而需要进行扩大性的修正，扩大的系数为1.1~1.4倍，这样才能弥补由于剪切变化产生的沉降部分的数量。

(2) 扰动性。土壤参数均来自取样后送达实验室进行，必然存在从原始现场到实验室样本的扰动，而土壤扰动后产生力学性能变小，因而需要进行缩小性的修正，缩小的系数为0.2~1.0倍，这样才能减小由于扰动造成的沉降部分量。

2 地基沉降与时间的相关性

2.1 定性分析

按表1所述，瞬时沉降是在约2年的时间内完成，并且此部分沉降的数量往往占到总沉降量的大部分比率，约为60%左右。其后的固结沉降速度放慢，在约2~5年的时间内完成。最后则是蠕变沉降，此过程非常漫长，达几十年或上百年，甚至上千年。

地基沉降与时间呈非线性的正相关性。总体的规律是先快后慢，反映在坐标轴（时间为横轴，沉降为纵轴）第一象限内为向上凸起曲线，起点位于坐标轴零点，终端无限接近于某一个与水平轴平行的一条直线或到达此直线。

2.2 定量分析

虽然无法精确计算地基沉降与时间之间的关

系，但可以按经验法进行两者之间关系的定量计算，如双曲线式的计算方法与对数曲线式的计算方法，可以表示它们之间的数量相关性，如下所述：

(1) 用双曲线式的计算方法，其公式表达为： $s_t=(t/(a+t))s$ 。式中： s_t 为在时间*t*（从施工期一半起算）时的实测沉降量； s 为待定的地基最终沉降量； a 为经验参数。

(2) 用指数（对数）曲线式的计算方法，其公式表达为： $s_t=(1-e^{-at})s$ 。式中： e 为自然对数的底； a 为经验参数。利用实测的*s-t*曲线后段资料，可求得地基最终沉降量*s*值，并可推算任意时间*t*时的沉降量*s_t*。

3 沉降的弊端与有效利用

3.1 沉降的弊端

建筑物或者地面的沉降一般产生负面的影响，往往会产生建筑物功能的丧失，甚至扩大到对城市范围内的不良影响，阐述如下：

(1) 对建筑物的影响。建筑物沉降产生的影响，总体是以负面为主。建筑物直接受力和在土壤上或软土地基上，即使是承载力满足荷载的要求，但如果沉降超出正常范围，也会产生一些不良的影响，如建筑物凹陷低于周围地面、墙体开裂、结构受到破坏、甚至会导致建筑物倒塌。

以上海展览中心为例。从1954年（建造时点）—2000年（测量时点），共46年期间内沉降量达到1.9m，严重影响建筑物的正常使用。又如比萨斜塔、虎丘斜塔则面临倒塌的风险，而加拿大特朗斯康谷仓群则是直接倒塌。

(2) 对城市的影响。沉降不但影响建筑物，甚至影响到更大的城市范围，如中国上海城区、中国天津城区、美国新奥尔良市区、墨西哥城等城区则是由于沉降的原因造成一些不利的因素，特别是印尼雅加达市则面临着首都被迫迁移的问题。

3.2 有效利用

相反掌握了沉降的规律，也可以利用沉降进行兴利除弊。如中国延安新区挖土填沟与深圳蛇口填海是利用沉降的规律进行地基的处理；又如墨西哥特斯科科湖地区公园，也是利用了沉降的原理，利用抽水降低水位形成一个湖泊基础坑体（连续5年抽水，使地面下降4m），而不是采用挖土的方式（后者的成本远远高于前者）^[5]。

以中国延安新区为例。此新区挖了33座山峰填入到相应的沟壑中，其中最大填方深度达120m，

总土方量近 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。从 2012 年 4 月份开始, 通过“削山、填沟、造地、建城”, 计划用 10 年时间, 最终造出 78.5 km^2 的新区建设面积, 相当于在城市周边的山头与沟壑地带建造了一个两倍于原有老城区的新城。它是目前中国湿陷性黄土地区最大的岩土工程, 整个场区填方区与挖方区面积均等, 且具有自重湿陷性。填方区与挖方区呈现“齿牙交错”的无规则带型分布。采用的处理方法有换土垫层法、强夯法、灰土挤密桩法、预浸水或桩基础等多种方法。目前新城建设后使用功能正常, 说明利用沉降规律进行建设是成功的。

4 防范超量沉降的方法

基于原状土壤沉降数量大且不易控制的原因, 可以进行预留沉降差量的被动方法——按黏性土压实系数 K 的取值 $0.90 \sim 0.95$ 之间, 防范沉降量的数值按计算或填土高度 $0.5\% \sim 5\%$ 之间进行预留 (即将填土高度高出设计平面的数量值), 则此高出部分, 可以在沉降相对稳定后, 用于抵消沉降量, 达到设计所需要的平面^[6]。

而更重要的则需要预防为主的方法, 常用的方法有 4 个类型: 采用预压法、置换法、搅拌法、桩基础等方法^[7], 如表 5 所示。

表 5 防范超量沉降的方法

Table 5 Methods to prevent similar quality accidents

方法名称	基本原理	防范效果
预压法	提前将临时荷载加在基础上, 达到沉降的目的, 其后再施工的方法	效果良好
	将高压缩性土换为低压缩性材料	效果良好
搅拌法	加入水泥或石灰等材料与土壤搅拌, 形成低压缩性混合物	效果优良
桩基础	素土挤密桩	效果优秀
	碎石桩、灰土挤密桩	效果优秀
	中短型刚性桩	效果非常优秀
	超长型刚性桩	效果超级优秀

资料来源: 根据本文整理

随着建筑物高度的增长、荷载的加大, 采用桩基础可以增大荷载且同时控制沉降, 起到了双重功

能的作用。特别是采用超长桩 ($L > 50 \text{ m}$) 的超高层建筑, 其基础沉降一般都在 $0.06 \sim 0.1 \text{ m}$, 沉降表现在 (断) 平面上也比较均匀。实测的沉降量也比按规范规定计算出的沉降量数值小。如以上海金茂大厦为例, 实测沉降量为 0.082 m , 而理论沉降计算值为 0.085 m , 两者接近并且实测值小于理论计算值, 控制的效果超级优秀。

5 非均匀沉降的补救措施

既有建筑物由于沉降产生倾斜后常用纠正加固的方法, 本文归纳为以下 9 个类型, 并且在相关案例中进行实践性的应用, 如表 6 所述。

建筑产生倾斜后, 需要对产生倾斜的原因进行分析, 以及选择适当的方法进行纠偏, 总结得出需要因地制宜或多种方法综合运用, 以著名的比萨斜塔与苏州虎丘斜塔为案例, 分析如下。

5.1 虎丘斜塔案例^[8]

纠正或补救的措施分为 4 个部分: “围、灌、盖、换”, 具体如下:

(1) 塔周围浇筑混凝土桩: 在离塔外侧约 2.9 m 开挖直径为 1.4 m 的孔洞, 深约 $3.7 \sim 10.68 \text{ m}$, 控制桩深入到岩层不小于 0.8 m 。用钢筋混凝土现浇 44 根混凝土桩, 桩与桩外侧相切形成一个整体式篱笆桩墙体, 上部配圈梁 (宽 $1.4 \text{ m} \times$ 高 0.4 m), 将桩连为一个整体。

(2) 灌水泥浆: 在围桩范围内钻 161 个孔 (孔钻入岩石内 0.1 m , 平均深度比桩略浅), 直径为 70 与 90 mm 两种, 水泥灌浆的压力控制在 $0.2 \sim 0.3 \text{ MPa}$ (在塔体近端处控制在 0.15 MPa), 灌浆量达 26.64 m^3 , 是钻孔体积的 4 倍, 在围桩范围内形成一个整体的密实体。

(3) 盖钢筋混凝土板: 采用 $0.40 \sim 0.65 \text{ m}$ 变厚钢筋混凝土板 (在沉降大的一侧采用 0.65 m 厚板, 相反在另一侧采用 0.4 m 薄板), 盖板起到上部加固与防水渗入的双重功能。盖板分为 33 块进行开挖与跳花式施工, 在塔身一侧上环顶住塔身基础, 在圈梁一侧钢筋连接, 目的是盖板起到支撑与连接的作用。盖板的排水坡度控制在 37° 。

(4) 置换碎砖: 将砖砌体的破碎部分进行更换, 原则是“修旧如旧、维持原状”, 即仍采用原塔身同样颜色的青砖, 强度需要达到 20 MPa 以上。目的是将破碎部分经修缮后达到与原有砖砌体的强度与稳定性要求。

表6 纠偏建筑物常用的方法与其相关的机理

Table 6 Common methods and related mechanisms of deviation correction of buildings

方法名称	基本原理	适用范围	应用案例
人工升降地下水水位纠倾法	利用地下水水位出现水力坡降, 产生附加应力差, 调整倾斜	地基土渗透性大于 10^{-5} mm/s, 而不均匀沉降量较小, 且升降水不影响邻近建筑物	西安大雁塔 (邻近降低水位, 区域提升水位) 比萨斜塔周围停止取水
堆载纠倾法	通过堆载增加沉降较小一侧的地基附加应力, 使该侧地基变形, 调整倾斜	适用软土及松散填土等软弱地基, 且基底附加应力较小的小型建筑物	比萨斜塔 (未成功)
地锚法	在沉降较小一侧的地基处增加预应力构件, 再使用向下的锚件固定在深层部位, 形成一个向下的拉力, 调整倾斜	适用软土及松散填土等软弱地基	比萨斜塔 (预备方案)
浸水纠倾法	通过沉降较小侧土体内成孔, 再在孔内浸水, 使地基土湿陷, 迫使该侧建筑物下沉, 从而达到调整倾斜	适用于湿陷性黄土地基上整体刚度较大的建筑物的纠倾	暂无著名案例
钻孔取土 (掏土) 纠倾法	采用钻机钻取基础底下或侧面地基土, 使地基土产生侧向挤压变形	适用于软土地基	比萨斜塔 (成功纠偏)
水冲掏土纠倾法	在沉降较小一侧用压力水冲刷, 使地基土局部掏空, 增加地基土的附加应力, 使该侧地基土下沉, 调整倾斜	适用于砂性土地基或有砂垫层的基础	暂无著名案例 (类似于比萨斜塔掏土式, 成功纠偏)
井式纠倾法	在沉降较小一侧设置若干沉井, 在井壁上冲切, 解除部分地基应力, 使该部分地基土下沉, 调整倾斜	适用于黏土、砂土、软土等	类似于比萨斜塔 (成功纠偏)
“围、灌、盖、换”组合法	首先在建筑物四周用柱或连续墙形成一个围挡结构, 其次在围挡结构内在沉降较多一侧灌入高压混凝土浆料, 形成挤压应力达到调整倾斜	适用于黏土、砂土、软土等	虎丘斜塔 (成功纠偏)
新建基础法	新建混凝土基础达到荷载要求, 其次用千斤顶或牵引力逐步纠正	适用于黏土、砂土、软土等	加拿大特朗斯康谷仓群 (成功纠偏)

资料来源: 根据本文整理

5.2 比萨斜塔案例^[9]

纠正或补救的措施分为4个部分: 方案、监测、防范、施工, 具体如下:

(1) 方案: 经过8年之久的论证才最终选定纠偏方法: 从斜塔的北侧地基下抽出部分沙土, 使斜塔的倾斜自然北移。

(2) 监测: 共架设120部精密仪器, 从各个角度和高度严密监测斜塔的动静, 从而提供数据用于方案与施工的决策。

(3) 防范: 为防止塔身发生意外变形或倒塌等情况, 采用几条钢索环绕捆住斜塔的二层, 向北拉住塔身 (即倾斜的反方向)。

(4) 施工: 抽土采用41条抽土管深度插入20m深的北侧塔基地下进行, 经过一段时间的抽土施

工, 到2001年6月倾斜角度回到安全范围之内, 比萨斜塔的安全性重新得到保障, 一个世纪的纠偏愿望终于得以实现。

6 结 论

通过本文分析发现, 地基的沉降到目前为止尚未发现有明确完成的时间, 只能是无限接近于某一个固定数值, 并且随着环境的变化仍会继续发展 (可能是良性, 也可能是恶性), 因此需要在建设的设计与施工过程中进行防范, 充分利用其规律与特征, 达到趋利避害的目的, 防范沉降的发生是一个系统性的工程工作, 宜从勘探、设计、施工、工艺、使用等全生命周期进行综合治理, 才能达到防

患于未然。

参考文献

- [1] 邱明兵. 建筑地基沉降控制与工程实例[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [2] 李广信, 张丙印, 于玉贞. 土力学[M]. 第二版. 北京: 清华大学出版社, 2013.
- [3] 沈扬, 等. 土力学原理十记[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015: 97.
- [4] 李广信. 高等土力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2019.
- [5] 顾宝和. 岩土工程典型案例述评[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [6] 巨玉文. 黄土高填方路堤综合压实技术及沉降规律[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [7] 龚晓南. 地基处理手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.
- [8] 陶逸钟. 苏州虎丘塔——中国斜塔的加固修缮工程[J]. 建筑结构学报, 1987(6): 1-10.
TAO Yi-zhong. Reinforcement and repair project of China inclined tower-Suzhou Huqiu Tower[J]. Journal of Building Structures, 1987(6): 1-10.
- [9] 曾国熙. 比萨斜塔的历史、现状及加固方案[J]. 地基处理, 1993, 3(4): 6-24.
ZENG Guo-xi. History, present situation and reinforcement scheme of Leaning Tower of Pisa[J]. Journal of Ground Improvement, 1993, 3(4): 6-24.

【简 讯】

第十五届全国桩基工程学术会议（一号通知）

第十五届全国桩基工程学术会议拟于 2021 年 11 月在浙江杭州召开, 会议以桩基技术创新发展为主题, 届时将邀请桩基工程领域的知名专家学者作特邀报告、大会报告、专题报告, 展现新时代桩基工程领域的最新研究成果与工程应用技术。组委会热忱邀请本领域的专家、学者、工程技术人员、在校研究生积极参与, 共同探讨与交流桩基工程领域最新成果和技术!

会议主题:

- (1) 桩基基本理论与试验研究
- (2) 桩基工程设计与实践
- (3) 桩基工程施工新方法及装备
- (4) 桩基动力响应与防震、减振技术
- (5) 桩基工程新材料与制作新工艺
- (6) 桩基工程检测与监测
- (7) 桩基工程典型案例与事故处理
- (8) 海洋工程中的桩基技术

(9) 桩基工程技术标准有关问题

(10) 其他与桩基有关的工程技术问题

会议展览:

会议期间将举办桩基产品、岩土仪器设备展示及新产品专题报告, 欢迎有关厂商、公司报名参加赞助, 具体细节请联系会议秘书处。

组委会联系方式:

联系人: 丁元新

联系电话: 13626711239

投稿邮箱: dyx@zju.edu.cn

联系地址: 杭州市浙江大学紫金港校区安中大楼

邮政编码: 310058

会议展览展示:

《基础工程》杂志社

王菲: 18612335955

周梅: 15910323004

李荣霞: 15300268669