

备案号：J11690-2010

DB

浙江省工程建设标准

DB33/T 1048-2010

刚-柔性复合桩基技术规程

Technical code for Rigid-flexible composite pile foundation

2010-09-06 发布

2010-11-01 实施

浙江省住房和城乡建设厅 发布

浙江省工程建设标准

刚-柔性复合桩基技术规程

Technical code for Rigid-flexible composite pile foundation

DB33/T 1048-2010

主编单位：温州市建筑设计研究院

参编单位：浙江大学土木工程学系

浙江省建筑设计研究院

温州大学建筑与土木工程学院

杭州市建筑设计研究院有限公司

宁波市建筑设计研究院有限公司

温州市民用建筑规划设计院

浙江嘉华建筑设计研究院有限公司

温州同力岩土工程技术开发有限公司

批准部门：浙江省住房和城乡建设厅

施行日期：2010年11月1日



浙江工商大学出版社

2011 浙江

浙江省住房和城乡建设厅文件

建设发〔2010〕223号

关于发布浙江省工程建设标准 《刚-柔性复合桩基技术规程》的通知

各市建委（建设局），绍兴市建管局、义乌市建设局，省级有关厅、局，省建设集团、省标准设计站、各有关单位：

根据我厅《二〇〇八年度浙江省工程建设地方标准编制计划》（建设发〔2008〕342号），温州市建筑设计研究院主编完成了《刚-柔性复合桩基技术规程》，已通过审查和公示，现批准为浙江省工程建设标准，编号为DB33/T 1048-2010，自2010年11月1日起施行。

本标准由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，温州市建筑设计研究院负责具体内容的解释，浙江省标准设计站组织发行。

浙江省住房和城乡建设厅

二〇一〇年九月六日

前 言

“刚-柔性复合桩基”是在疏桩基础上发展起来的一种基础处理技术，适合于淤泥、淤泥质土、粘性土、粉土等土层。为在刚-柔性复合桩基设计与施工中贯彻国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，根据浙江省建设厅建设发（2008）342号文件编制计划要求，规程编写组在总结我省近年来刚-柔性复合桩基研究成果以及设计、施工等实践经验基础上，广泛听取各方面意见，通过多次讨论、修改和完善，制定了本技术规程。规程中所涉及的有关发明专利，使用者可按国家有关规定与专利持有人协商处理（温州同力岩土工程技术开发有限公司、温州市车站大道学院大厦1104；邮编：325000；电话（传真）：0577-88117629；网址：www.wztl2003.com；Email：wztl2003@163.com；联系手机：013758726051）。

各单位在实施本规程过程中，如有问题或修改意见，请与温州市建筑设计研究院联系（Email：wzadri@zqh.com），以供今后修改参考。

主编单位：温州市建筑设计研究院

参编单位：浙江大学土木工程学系

浙江省建筑设计研究院

温州大学建筑与土木工程学院

杭州市建筑设计研究院有限公司

宁波市建筑设计研究院有限公司

温州市民用建筑规划设计院

浙江嘉华建筑设计研究院有限公司

温州同力岩土工程技术开发有限公司

主要起草人：管自立 张清华

(以下按姓氏笔画排列)

王建才 许国平 邱忠虎 张慧敏 金国平

施祖元 倪士坎 龚晓南 蔡袁强

主要审查人：樊良本 周茂新 干 钢

(以下按姓氏笔画排列)

王建民 方鸿强 李海波 姜天鹤 赵宇宏

徐新跃

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 基本规定	5
4 设计	6
4.1 一般规定与构造	6
4.2 计算	7
5 施工	12
6 检验	13
本规程用词用语说明	15
条文说明	17

CONTENTS

1	General Principals	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Basic Requirements	5
4	Design	6
4.1	General	6
4.2	Calculation	7
5	Construction	12
6	Detection	13
	Explanation of Wording in This Specification	15
	Explanation of Provisions	17

1 总 则

1.0.1 为保证在刚 - 柔性复合桩基设计与施工中做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境, 根据浙江省工程建设发展需要制定本规程。

1.0.2 本规程适用于淤泥、淤泥质土、粘性土、粉土等土层地基的刚 - 柔性复合桩基的设计、施工、检验。

1.0.3 本规程适用于建筑桩基设计等级为丙级、乙级的工业与民用建筑(包括构筑物)的复合桩基设计。

1.0.4 刚 - 柔性复合桩基的设计与施工, 应根据岩土工程勘察资料, 综合考虑结构类型、荷载特征、施工方法以及环境条件等影响因素, 注重概念分析, 做到优化设计、精心施工。

1.0.5 刚 - 柔性复合桩基设计采用的荷载及其效应组合应按现行有关标准、规范执行。

1.0.6 对于特殊土地基中和腐蚀介质作用下的刚 - 柔性复合桩基以及本规程未作规定的其他内容应按现行国家有关标准、规范执行。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 刚 - 柔性复合桩基 rigid - flexible composite pile foundation
在刚性桩的桩间土设置柔性桩，由刚性桩和柔性桩与桩间土形成的复合地基共同承担荷载与控制沉降的桩基础（见图 2.1.1）。

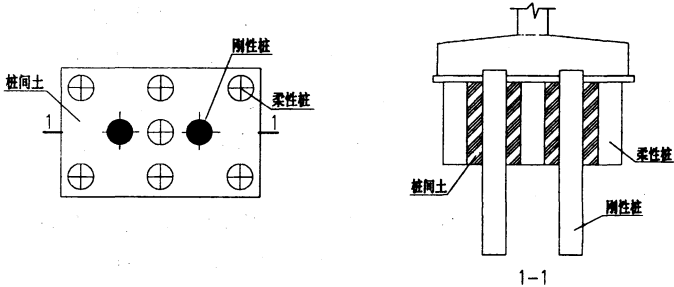


图 2.1.1 刚 - 柔性复合桩基示意图

2.1.2 荷载分配率 load distribution rate

刚性桩承担的基础荷载与基础的总荷载的百分比。

2.1.3 刚性桩工作状态系数 working state coefficient of rigid piles

刚性桩设计承载力发挥值与单桩承载力特征值之比。

2.2 符号

2.2.1 几何参数

A_p ——桩身截面面积；

A_0 ——柔性桩形成的复合地基计算面积；

A ——复合桩基基础面积；

d ——桩身设计直径；

u_p ——桩的截面周长；

m ——柔性桩的面积置换率；

n_c ——刚性桩桩数；

η ——荷载分配率；

S ——复合桩基在荷载效应准永久组合值作用下的桩承台沉降量；

S_p ——刚性桩在荷载效应准永久组合值作用下引起的桩承台沉降量；

S_m ——柔性桩形成的复合地基在荷载效应准永久组合值作用下引起的桩承台沉降量。

2.2.2 作用和作用效应

F ——作用于复合桩基荷载标准组合值；

F_c ——刚性桩所承担荷载标准组合值；

F_m ——柔性桩形成的复合地基所承担荷载标准组合值；

Q_{ik} ——偏心竖向荷载效应准永久组合作用下，第 i 根刚性桩的竖向力；

G_c ——刚性桩所承担的竖向荷载准永久组合值，包括承台自重；

Δ_{pi} ——第 i 层土的平均附加压力增量。

2.2.3 抗力和材料性能

R_k ——刚性桩单桩竖向承载力特征值；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

q_{ii} ——第 i 层土的桩侧摩阻力特征值；

q_p ——桩端土承载力特征值；

f_{ik} ——桩间土承载力特征值；

f_{pk} ——柔性桩形成的复合地基承载力特征值；

R_o ——柔性桩单桩竖向承载力特征值；

Q ——相应于荷载效应基本组合时的刚性桩单桩竖向力设计

值;

E_{spi} ——第 i 层土体复合压缩模量;

E_p ——柔性桩压缩模量;

E_s ——桩间土压缩模量。

2.2.4 计算系数

ξ ——刚性桩工作状态系数;

ψ_c ——基桩成桩工艺系数;

β ——柔性桩形成的复合地基桩间土承载力折减系数;

η_c ——桩基承台效应系数;

ψ ——沉降计算经验修正系数。

3 基本规定

3.1.1 刚 - 柔性复合桩基设计前, 应完成以下工作:

- 1 搜集详细的岩土工程勘察资料、上部结构及基础设计资料等;
- 2 了解当地相关的桩基、复合桩基、复合地基等施工的经验与条件;
- 3 调查近邻建筑、地下工程和有关地下管线等情况;
- 4 了解建筑场地的环境情况。

3.1.2 刚 - 柔性复合桩基设计时, 应根据上部结构、地基土特性等合理选择刚性桩和柔性桩桩型, 并按沉降控制为目的进行复合桩基设计, 合理确定荷载分配率, 合理布置刚性桩和柔性桩, 以满足建筑物对基础承载力和变形的要求。

3.1.3 刚 - 柔性复合桩基方案完成后, 对桩基设计等级为乙级及场地复杂的工程应选择有代表性场区进行相应的现场试验或试验性施工, 并进行必要的测试, 以检验设计参数和处理效果。

3.1.4 施工技术人员应掌握刚 - 柔性复合桩基的施工方法、技术要求和质量标准等。施工中应有专人负责质量控制和监测, 并做好施工记录。

3.1.5 采用刚 - 柔性复合桩基的建筑物或构筑物, 在其施工过程及建成后使用期间, 应进行系统的沉降观测直至沉降稳定。

4 设计

4.1 一般规定与构造

4.1.1 刚性桩可采用钢筋混凝土灌注桩、预制混凝土桩、预应力混凝土管桩等；柔性桩可采用水泥搅拌桩、高压旋喷桩、低强度素混凝土灌注桩等。

4.1.2 刚性桩应采用摩擦型桩，并应使桩端穿过按天然地基土计算的压缩层范围，进入压缩性相对较低的土层。

4.1.3 刚性桩的中心距应根据设计要求的承载力、土性、施工工艺等确定，宜为 $(4 \sim 6)d$ ，并不应小于 $3.5d$ (d 为桩身设计直径)。

4.1.4 刚 - 柔性复合桩基的荷载分配率应根据建筑物对沉降控制要求，并结合当地经验确定，一般取 $(50 \sim 60)\%$ ，且不宜小于 40% 。

4.1.5 刚 - 柔性复合桩基设计布桩时，应以柱下（或墙下）荷载中心就近布置刚性桩，并应使刚性桩的承载力合力点与永久荷载合力作用点重合，柔性桩围绕刚性桩作匹配的布置。

4.1.6 刚 - 柔性复合桩基础承台型式设计，应考虑建筑物上部结构型式、柱网尺寸、荷载特征、施工工艺等因素，可采用独立桩承台基础、条形桩承台基础或筏板式桩承台基础。

4.1.7 刚 - 柔性复合桩基基础的构造设计，应结合复合桩基布桩特点，按现行国家标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定执行。

4.1.8 刚 - 柔性复合桩基础与桩的连接构造应符合下列规定：

- 1 刚性桩嵌入基础承台内长度不宜小于 50mm ；
- 2 混凝土桩的桩顶纵向主筋应锚入基础承台内，其锚入长

度不宜小于 35 倍纵向主筋直径；

3 柔性桩桩顶一般不设褥垫层，顶面同基础垫层。

4.2 计 算

4.2.1 刚 - 柔性复合桩基承载力计算应符合下列公式：

$$F = F_c + F_m \quad (4.2.1-1)$$

$$F_c = \eta F \leq n_c \xi R_k \quad (4.2.1-2)$$

$$F_m = (1 - \eta) F \leq A_0 f_{spk} \quad (4.2.1-3)$$

式中 F ——作用于复合桩基荷载标准组合值；

F_c ——刚性桩所承担荷载标准组合值；

F_m ——柔性桩形成的复合地基所承担荷载标准组合值；

η ——荷载分配率；

n_c ——刚性桩桩数；

R_k ——刚性桩单桩竖向承载力特征值；

A_0 ——柔性桩形成的复合地基计算面积；

f_{spk} ——柔性桩形成的复合地基承载力特征值；

ξ ——刚性桩工作状态系数，取 1.0。

4.2.2 刚性桩单桩竖向承载力特征值应通过现场静载荷试验确定，初步设计时可按下列公式估算：

$$R_k = u_p \sum_{i=1}^n q_{si} l_i + q_p A_p \quad (4.2.2)$$

式中 u_p ——桩的截面周长；

q_{si} ——第 i 层土的桩侧摩阻力特征值；

q_p ——桩端土承载力特征值；

l_i ——第 i 层土的厚度；

n ——桩长范围内所划分的土层数；

A_p ——桩身横截面积。

4.2.3 刚性桩桩身强度应满足桩的超荷承载力设计值要求，对钢筋混凝土预制桩和灌注桩轴心受压时，按下式验算：

$$\xi Q \leq \psi_c A_p f_c \quad (4.2.3)$$

式中 ξ ——刚性桩工作状态系数，取 1.4 ~ 1.6（如有可靠的工程经验时取低值）；

Q ——相应于荷载效应基本组合时的刚性桩单桩竖向力设计值；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 取值；

ψ_c ——基桩成桩工艺系数。

4.2.4 基桩成桩工艺系数 ψ_c 应按下列规定取值：

1 混凝土预制桩、预应力混凝土空心桩： $\psi_c = 0.85$ ；

2 泥浆护壁灌注桩、部分挤土灌注桩、挤土灌注桩； $\psi_c = 0.7 \sim 0.8$ ；

3 软土地区挤土灌注桩： $\psi_c = 0.60$ 。

4.2.5 柔性桩形成的复合地基的承载力特征值应通过复合地基载荷试验确定，初步设计时也可按公式（4.2.5）进行计算；当柔性桩加固范围以下存在软弱下卧层时，应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定进行下卧层承载力验算。

$$f_{spk} = \frac{mR_a}{A_p} + \beta (1 - m) f_{sk} \quad (4.2.5)$$

式中 f_{spk} ——柔性桩形成的复合地基承载力特征值；

R_a ——柔性桩单桩竖向承载力特征值；

m ——柔性桩的面积置换率；

A_p ——桩身截面面积；

f_{sk} ——桩间土承载力特征值；

β ——柔性桩形成的复合地基桩间土承载力折减系数，宜根据试验或类似土质条件工程经验确定；当柔性桩采用水泥搅拌桩时可按表 4.2.5 选用。

表 4.2.5 柔性桩形成的复合地基桩间土承载力折减系数 β

水泥搅拌桩桩端支承土特性	软土	硬土
β	0.5 ~ 0.9	≤ 0.4

4.2.6 刚 - 柔性复合桩基基础面积 A ，可按公式 (4.2.6 - 1) 计算；也可按公式 (4.2.6 - 2) 进行计算：

$$A = A_0 / \eta_c \quad (4.2.6 - 1)$$

$$A = A_0 + n_c \Omega \quad (4.2.6 - 2)$$

式中 A ——复合桩基基础面积；

A_0 ——柔性桩形成的复合地基计算面积；

η_c ——桩基承台效应系数，可按现行国家标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定取值。

n_c ——刚性桩桩数；

Ω ——刚性桩应力圆面积。见本规程条文说明图 5。

4.2.7 刚 - 柔性复合桩基刚性桩合力中心应与建筑物竖向永久荷载重心轴重合。当不能重合时，在荷载效应准永久组合值作用下，偏心距 e 应符合下式要求：

$$Q_{ik} = \frac{G_c}{n_c} \pm \frac{G_c \cdot e \cdot x_i}{\sum x_i^2} \leq 1.1 R_k \quad (4.2.7)$$

式中 Q_{ik} ——偏心竖向荷载效应准永久组合作用下，第 i 根刚性桩的竖向力；

G_c ——刚性桩所承担的竖向荷载准永久组合值，包括承台自重；

n_c ——刚性桩桩数；

x_i ——与偏心方向一致时刚性桩 i 至群桩形心的垂直距离；

R_k ——刚性桩单桩竖向承载力特征值。

4.2.8 刚 - 柔性复合桩基承台计算按现行国家标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定执行，其中刚性桩应考虑超荷承载，刚性桩工作状态系数 ξ 一般取 1.4 ~ 1.6。由柔性桩形成的复合地基承担的荷载值则相应予以减小。

4.2.9 刚 - 柔性复合桩基沉降按图 4.2.9 示, 按下列公式计算:

$$S = \psi (S_{sp} + S_m) \quad (4.2.9)$$

式中 S ——复合桩基在荷载效应准永久组合值作用下的桩承台沉降量;

S_{sp} ——刚性桩在荷载效应准永久组合值作用下引起的桩承台沉降量;

S_m ——柔性桩形成的复合地基在荷载效应准永久组合值作用下引起的桩承台沉降量;

ψ ——沉降计算经验修正系数, 无当地经验时, 可取 1.0。

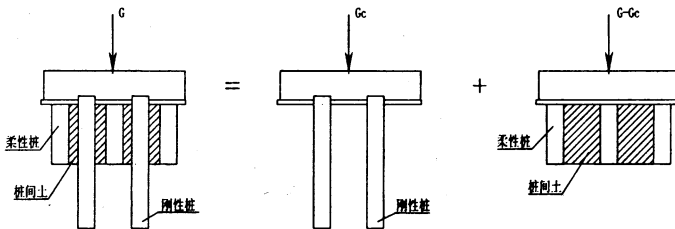


图 4.2.9 刚 - 柔性复合桩基沉降计算模拟图

4.2.10 刚性桩在荷载效应准永久组合值作用下引起的桩承台沉降量 S_{sp} 的计算可按现行国家标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定执行。当有可靠工程静载荷试桩曲线时, S_{sp} 也可按条文说明的方法进行计算。

4.2.11 柔性桩形成的复合地基在荷载效应准永久组合值作用下引起的桩承台沉降量 S_m 按下列公式计算:

$$S_m = S_{m1} + S_{m2} \quad (4.2.11 - 1)$$

$$S_{m1} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta p_i}{E_{spi}} h_i \quad (4.2.11 - 2)$$

$$E_{sp} = mE_p + (1 - m) E_s \quad (4.2.11 - 3)$$

式中 S_{m1} ——柔性桩形成的复合地基加固深度范围内的压缩沉降;

S_{m2} ——在加固体深度底部的附加压力引起的沉降, 可按

现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 的有关规定进行计算；

Δp_i ——第 i 层土的平均附加压力增量；计算柔性桩形成的复合地基顶部的附加压力 p_0 应考虑复合地基的滞后效应；

h_i ——第 i 层计算土层的厚度；

E_{spi} ——第 i 层土体复合压缩模量，按式 (4.2.11-3) 计算；

E_p ——柔性桩压缩模量；

E_s ——桩间土压缩模量。

5 施 工

5.1.1 刚性桩及柔性桩的施工应按设计要求、现行有关标准和规范执行。

5.1.2 刚 - 柔性复合桩基施工顺序应按下列要求：

- 1 刚性桩为挤土桩或部分挤土桩时，应先施工刚性桩；
- 2 刚性桩为非挤土桩时，施工顺序不限。

5.1.3 施工前应平整场地，清除地上和地下的障碍物。遇有明浜、池塘及洼地时应抽水和清淤，回填粘性土料并予以压实，不得回填杂填土或生活垃圾。

5.1.4 柔性桩施工前应根据设计要求进行工艺性试桩，试桩数量不得少于 2 根。

5.1.5 柔性桩施工桩顶标高应高于设计桩顶标高（300 ~ 500）mm，桩顶端质量较差的桩段应采用人工凿除。

5.1.6 对于带地下室的工程，基坑开挖宜在柔性桩施工完成 28d 后进行，在接近柔性桩施工桩顶标高时，应采用人工开挖。

5.1.7 桩的施工允许偏位按现行国家标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 和《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定执行。

6 检 验

6.1.1 桩的质量控制应贯穿施工的全过程。桩的施工过程中必须随时进行并检查施工记录和计量记录，并对照规定的施工工艺对每根桩进行质量评定。

6.1.2 刚 - 柔性复合桩基础的桩身质量和承载力检验应满足以下要求：

1 所有的刚性桩都应进行低应变动力检测；

2 刚性桩的承载力检验桩数量不应少于总桩数 1%，且不少于 3 根。对桩基础设计等级为乙级及场地复杂的工程，应进行不少于 1 组刚 - 柔性复合桩承载力检验；

3 当柔性桩为水泥搅拌桩、高压旋喷桩时，其桩身质量和承载力检验按现行国家标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定执行。

4 当柔性桩为低强度素混凝土灌注桩时，应抽取不少于总桩数的 10% 的桩进行低应变动力检测。其承载力检验应采用复合地基载荷试验，并宜在成桩 28d 后进行，试验数量宜为总桩数 0.5% ~ 1%，且每个单体工程的试验数量不少于 3 根。

6.1.3 刚 - 柔性复合桩承载力检验的承压板可用方形或矩形，其面积为本规程 4.2.6 条确定的刚 - 柔性复合桩基础面积。承压板应有足够刚度，一般采用预制或现浇的钢筋混凝土板，或直接采用按设计要求的现浇混凝土桩承台。

6.1.4 刚 - 柔性复合桩承载力检验的加载方式和竖向极限承载力的确定等可按现行国家标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定执行。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/977002136163006132>