

建筑结构新规范系列培训读本

建筑地基处理技术规范 理解与应用

(按JGJ 79-2012)

滕延京 主编

中国建筑工业出版社

建筑结构新规范系列培训读本

建筑地基处理技术规范理解与应用

(按 JGJ 79—2012)

滕延京 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑地基处理技术规范理解与应用/滕延京主编.
北京:中国建筑工业出版社,2013.2
建筑结构新规范系列培训读本
ISBN 978-7-112-15122-6

I. ①建… II. ①滕… III. ①地基-基础(工程)-技术规范-教材 IV. ①TU47-65

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第029149号

为了便于工程技术人员正确理解和应用新修订的《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2012,请参加规范编制的编委专家编写本书,介绍规范条文和编制的有关情况,重点讲解了新版规范修订的原则、修订内容、依据及适用范围,使设计人员能正确理解和应用规范进行工程设计和施工。

本书可供从事岩土工程及相关科研、教学、设计和施工的科技工作者以及大专院校师生学习参考。

* * *

责任编辑:杨 允 王 梅 咸大庆
责任设计:张 虹
责任校对:张 颖 赵 颖

建筑结构新规范系列培训读本 建筑地基处理技术规范理解与应用

(按 JGJ 79—2012)

滕延京 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:20 $\frac{3}{4}$ 字数:500千字

2013年4月第一版 2013年4月第一次印刷

定价:56.00元

ISBN 978-7-112-15122-6

(23104)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书编写组成员

主编：滕延京

成员：张永钧 闫明礼 张 峰 张东刚 袁内镇 侯伟生
叶观宝 白晓红 郑 刚 王亚凌 水伟厚 郑建国
周同和 杨俊峰

各章执笔人

第一章~第三章	滕延京
第四章	白晓红
第五章	郑 刚
第六章	王亚凌 水伟厚
第七章	
第一节	滕延京
第二节	张东刚
第三节	袁内镇
第四节	侯伟生
第五节	郑建国
第六节	滕延京
第七节	闫明礼
第八节	张 峰
第九节	周同和
第八章	杨俊峰
第九章	周同和
第十章	叶观宝

目 录

绪言	1
第一章 总则	7
第二章 术语	10
第三章 基本规定	11
第四章 换填垫层	43
第五章 预压地基	58
第一节 关于一级或分级加载的固结度计算	59
第二节 固结系数的确定	63
第三节 新近吹填深厚吹填土预压施工全过程的沉降及加固措施	65
第四节 复合地基的预压	70
第六章 压实地基和夯实地基	73
第一节 压实地基和夯实地基处理技术的进展	73
第二节 压实地基	73
第三节 夯实地基	85
第七章 复合地基	133
第一节 一般规定	133
第二节 振冲碎石桩和沉管砂石桩复合地基	136
第三节 水泥土搅拌桩复合地基	156
第四节 旋喷桩复合地基	180
第五节 灰土挤密桩、土挤密桩复合地基	191
第六节 夯实水泥土桩复合地基	199
第七节 水泥粉煤灰碎石桩复合地基	214
第八节 柱锤冲扩桩复合地基	224
第九节 多桩型复合地基	234
第八章 注浆加固	255
第一节 注浆加固技术的应用与发展	255
第二节 设计、施工和质量检测要求	257

第三节 工程实例分析 267

第九章 微型桩加固..... 272

第一节 微型桩技术的发展与加固机理 272

第二节 微型桩加固的设计计算 274

第三节 微型桩施工 275

第四节 微型桩复合地基试验研究与工程应用实例 276

第十章 地基处理检验与监测..... 285

第一节 地基处理检测与监测技术发展现状 285

第二节 地基处理检验 286

第三节 地基处理工程监测 300

绪 言

根据住房和城乡建设部建标〔2009〕88号文要求,中国建筑科学研究院会同有关勘察、设计、施工、科研、大专院校等单位对国家行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2002进行修订。参加工作的单位为:中国建筑科学研究设计院、机械工业勘察设计院、湖北省建筑科学研究设计院、福建省建筑科学研究院、上海现代建筑设计集团申元岩土工程有限公司、中化岩土工程股份有限公司、中国航空规划建设发展有限公司、天津大学、同济大学、太原理工大学、郑州大学综合设计研究院。修订组由15人组成。

规范编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考国外先进标准,与国内相关标准协调,并在广泛征求意见的基础上,修订《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2002。

2009年9月召开了修订组成立暨第一次工作会议,住房和城乡建设部标准定额司派员出席了会议。会上讨论和安排了本规范的修订内容、工作分工及进度计划。修订工作开始以后,修订组共召开全体会议5次,专题研讨会2次,修订组对所有重要的修订内容进行了深入细致的讨论,并与相关标准规范取得基本一致的意见。2010年9月形成规范征求意见稿,规范征求意见稿发往全国有关勘察、设计、施工、检测、科研、大专院校单位205个(其中设计院73个,科研单位22个,大专院校49个,检测单位25个,施工单位36个)和个人共计300份,并在网上发布征求意见通知和征求意见稿,共征集到单位和个人对规范修订的意见和建议835条。修订组根据征集到的意见进行了修改,于2011年3月形成了送审稿,并通过了主编单位的审查。

本次修订工作的修订原则是:

1. 在原规范设计原理、加固工法基础上,按处理后地基的工作性状对章节内容重新编排,改变按处理工法编排章节过多的困难,使之与勘察、设计、施工、检测工作的联系更加紧密。

2. 反映近年来地基基础领域科研方面成熟的成果,反映原规范实施以来设计和工程实践的成功经验。

3. 补充完善充实原设计规范中的部分内容。

4. 与相关规范协调,提高变形计算和耐久性设计水平。

主要修订内容:

1. 增加处理后的地基应满足建筑物承载力、变形和稳定性要求的规定;

2. 增加采用多种地基处理方法综合使用的地基处理工程验收检验的综合安全系数设计要求;

3. 增加地基处理采用的材料,应根据场地环境类别符合有关标准对耐久性设计的要求;

4. 增加处理后的地基整体稳定分析方法;

5. 增加加筋垫层下卧层验算设计方法的说明;

6. 增加真空和堆载联合预压处理的设计、施工要求；
7. 增加高夯击能的设计参数；
8. 增加复合地基承载力考虑基础埋深修正的有粘结强度增强体桩身强度验算方法；
9. 增加建筑工程采用水泥土搅拌桩复合地基处理的施工设备能力要求；
10. 增加多桩型复合地基设计施工要求；
11. 增加注浆加固内容；
12. 增加微型桩加固内容；
13. 增加检验与监测内容；
14. 增加复合地基增强体单桩静载荷试验要点；
15. 增加处理后地基静载荷试验要点；
16. 调整复合地基承载力和变形计算表达式；
17. 调整复合地基变形计算经验系数。

《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2002 修订送审稿审查会于 2011 年 4 月 21~22 日在北京召开。审查委员一致肯定本规范的修订工作，认为两年多来修订组通过广泛调查、分析研究，在完善规范内容、保证质量、与相关规范协调等方面做了大量工作。《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2002 修订送审稿进一步明确了各种处理地基的使用范围和计算方法，概念清楚，设计人员容易掌握；在全面修订的基础上，增加了处理地基的耐久性设计、处理地基的稳定性计算、真空和堆载联合预压处理、多桩型复合地基、注浆加固、微型桩加固、检验与监测等内容，能满足工程实践的需要；并完善了加筋垫层、高能级强夯、复合地基承载力和变形计算、处理地基的载荷试验等内容。修订后的规范内容更加充实和完善，在保证工程质量的基础上适当提高了地基处理工程的可靠性设计水平，反映了我国地基处理技术的特点和技术先进性。规范总体上达到国际先进水平。

地基处理技术，总是在建筑物利用天然地基而不满足设计的地基承载力、地基变形或稳定要求，以及基坑工程中降低地下水位引起地面沉降、地基土开挖引起支护结构侧向变形过大、承压水引起基底土隆起，或者在既有建筑加固改造中进行地基加固等情况时使用。近十年来，随着我国城市化进程以及地下空间的开发利用，可供建筑使用的土地面积的减少，以及人们对居住环境要求的提高，需要进行地基处理的土地面积在增加，而且地基处理的技术要求和难度都在增加。我国科技工作者在地基处理的科学研究以及工程实践中，对原有的地基处理工法提出了进一步的改进，又提出了新的地基处理方法，结合这次修订工作对规范条文进行了修订。本次规范修订增加的内容都是工程中需要解决的问题而对规范内容的充实和补充，对重要的内容均进行了专题研究，并多次会议讨论取得基本一致意见后成文。有些条文的规定在试验验证上还不充分，但给出了相对安全的要求和规定，保证工程需要。

地基处理工程设计的基本概念可认为有如下认识：

1. 处理后的地基，其承载力和变形的测试指标与天然地基基本一致时，长期荷载作用的变形比天然地基要大；
2. 由于土的成因或应力历史不同，相同的天然地基土性指标，采用相同的地基处理工艺，处理后的地基性状不尽相同，可能存在较大差异；
3. 采用多种地基处理方法综合使用，其最终结果不一定是“1+1=2”；

4. 地基处理的效果, 根据有限数量的竖向承载力、变形的检验结果评价满足设计要求时, 平面或竖向的不均匀也可能引起建筑物裂缝等问题, 检测技术的局限性可能使工程存在某些隐患;

5. 地基处理工艺较成熟, 不同的施工队伍的施工质量不尽相同;

6. 采用强夯、振冲、挤密等施工工艺, 处理施工结束, 场地土恢复期较短又马上进行基础施工时, 基础结构可能出现开裂或影响耐久性的微裂缝。

针对上述设计的基本概念, 地基处理工程应有相应的设计对策:

1. 地基处理工程在结果验证的基础上, 对承载力、变形设计指标的取值, 应比天然地基严格。由于地基处理工程检验的载荷板尺寸一般比天然地基试验的大, 考虑到长期荷载作用效应的影响, 本次规范修订对处理后的地基载荷试验, 地基承载力特征值根据不同的地基处理方法按变形取值时应取不大于 s/b 或 s/d 等于 0.01 所对应的压力 (s 为静载荷试验承压板的沉降量; b 和 d 分别为承压板宽度和直径), 对有经验的地区, 可按当地经验确定相对变形值, 但原地基土为高压缩性土层时相对变形值的最大值不应大于 0.015。

2. 地基处理工程设计采用的工程地质勘察报告, 应重视对土的成因和应力历史进行评价。现在大部分工程地质勘察报告内容不完整, 甚至这部分内容缺失, 增加了地基处理工程设计参数取值的不确定性, 以至于对处理后结果的评价与实际差异较大, 应进一步重视此工作, 提高岩土工程勘察报告的质量。

3. 多种地基处理方法综合使用的处理效果评价, 应采用接近于工程实际效果的大载荷板试验评价, 消除和减少采用各单一处理方法检验结果进行整体处理效果评价的缺欠。

4. 处理后的地基验收检验, 不仅应进行竖向承载力和变形处理效果的检验评价, 还应对处理的均匀性检验评价, 才能保证工程质量。本次修订对处理后地基的检验增加了均匀性检验的要求, 对复合地基增强体增加了施工后桩体密实度 (对散体材料桩) 和完整性 (对有粘结强度增强体) 检验的要求, 对有粘结强度增强体增加了单桩承载力检验要求。

5. 一个成熟的施工工艺, 应有严格的现场操作程序。由于目前工程管理对施工工艺的监督以及施工队伍自己的管理不到位, 国家对专利技术和专有技术的保护不到位, 致使某些好的施工技术, 由于施工队伍素质, 没有掌握其关键技术的控制, 致使地基处理的施工质量达不到设计要求, 或出现质量事故。例如长螺旋钻压灌混凝土成桩工艺, 提拔时应带压力灌注混凝土才能形成较大的桩端阻力和桩侧阻力。某些队伍为了抢进度或为了节省混凝土, 先提拔再实施压灌, 桩端阻力明显降低; 在提拔过程中如果速度过快, 可能节省混凝土, 但桩的侧阻力明显比带压力灌注、提拔速度慢的要低, 对于不同的土质条件应掌握提拔速度、灌注压力的施工参数, 才能保证质量。所以, 对新的地基处理工艺使用时不能掌握关键工艺施工要点, 施工质量大不相同。地基处理工程的施工管理很重要, 此次修订规范条文保留了施工管理要求的条文。

6. 采用强夯、振冲、挤密等施工工艺, 使原地基土层产生扰动, 处理施工结束后马上进行基础施工, 原地基土的应力恢复以及土颗粒接触的微调整, 可能会产生附加沉降, 严重时可使基础产生开裂或微裂缝, 该情况已在工程中多次出现。其问题的根本原因在于: 施工后检测结果满足设计要求, 并不等于满足结构施工要求。处理工程的地基土间歇时间, 因施工工艺对土的扰动恢复有关, 规范条文在各工法中均有规定, 工程中应严格遵守。

在 1991 年版和 2002 年版的地基处理技术规范中，章节编排的主线是以地基处理工法为主的方式。采用这种编排方式的优点是各章节编排格式统一，每章可分为一般规定、设计、施工、质量检验；每个工法可能有多种地基处理效果，可在条文里表达。例如振冲碎石桩法，既可用于松散砂土的挤密，消除地基土的液化，又可用于复合地基的竖向增强体；灰土挤密桩法既可用于消除黄土的湿陷性，又可用于复合地基的竖向增强体；水泥搅拌桩法、旋喷桩法既可用于复合地基的竖向增强体，又可用于隔水帷幕使用等。但作为规范编排也出现了一些困难，主要表现在我国科技人员发明了若干新的地基处理工法，特别是作为复合地基的竖向增强体使用，许多工法是在原工法基础上的改进。如果按原规范的编排方法，章节过多，且各章内容重复率过高。本次规范修订，提出了按处理后的地基性状进行章节划分的原则，即把章节编排为：1. 总则，2. 术语和符号，3. 基本规定，4. 换填垫层，5. 预压地基，6. 压实和夯实地基，7. 复合地基，8. 注浆加固，9. 微型桩加固，10. 检验与监测等。这样可把相同概念的处理技术归纳，把大量有关竖向增强体处理工法放入复合地基一章，解决了章节编排的困难，同时突出了“建筑地基”的特点，可使设计、施工、检测的工程技术人员可按处理后的地基工作特性把控有关技术要点，有的放矢。但这样的编排方式也有不足，主要表现在：当把一个工法放入主要处理目的时，这个工法的其他处理效果的表达比较困难，与章节内容似乎不协调。例如水泥搅拌桩、旋喷桩作为复合地基的竖向增强体，写入复合地基一章，其可作为基坑支护的隔水帷幕使用的内容只能作简单表达；振冲碎石桩，作为复合地基的竖向增强体，写入复合地基一章，其可用于松散砂土的挤密，消除地基土的液化的内容只能在该章一般性表达；灰土挤密桩作为复合地基的竖向增强体，写入复合地基一章，其可用于消除黄土的湿陷性的内容只能在该章一般性表达。对于仅需消除地基土的液化或消除黄土的湿陷性的处理内容，原编制了“挤密地基”一节，编写下来，与复合地基一章的内容重复率过高，本次修订定稿时取消了，但其内容仍很重要。水泥搅拌桩、旋喷桩作为基坑支护的隔水帷幕使用的内容在《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 中有更详尽的设计、施工要求的规定；在复合地基基本要求中规定必须消除地基土的湿陷性、可液化性等，应根据《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 以及《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关要求进行处理效果的检验和评价。

处理后的地基性状对该地基的适用范围、地基的承载力和变形验算方法、处理后地基检验要点等工程设计、施工、检测要素密切相关。换填垫层地基，适用于浅层地基处理，地基的承载力和变形特征是在满足下卧土层地基承载力的基础上确定换填厚度和范围，一般无需再进行下卧层承载力验算。因其一般用于采用独立基础和条形基础的中低层建筑，地基变形的计算工况较简单，检验时对换填土层的密实度控制严格，垫层的承载力检验采用荷载板试验。

预压地基适用于处理淤泥质土、淤泥、冲填土等饱和黏性土地基，对非饱和地基土也可采用堆载预压处理，提高承载力，减少地基变形。由于预压地基采用的处理工艺为堆载预压、真空预压、真空和堆载联合预压，其地基可达到的地基承载力与施加的预压荷载大小和地基土压密时间效应有关。一般用于场地处理，直接作为建筑物地基适用于中低层房屋。其地基承载力呈现上高下低的性状。为了减少房屋的总体沉降量，可采用超载预压的处理方法。由于弹性半无限体地基的受力特点，预压地基是在有限压缩层内满足地基承载力和变形要求的地基，当基础埋深加大，地基承载力有所降低。所以作为建筑地基使用，

其承载力和地基变形的检验评价应在设计标高进行。

强夯地基适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土、湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基。其处理深度和处理后地基的均匀性与夯击能、夯实工艺、夯点布置、夯击遍数有关。作为建筑地基使用，强夯地基是在有限压缩层内满足地基承载力和变形要求的地基，基础埋深加大，地基承载力有所降低。所以作为建筑地基使用，其承载力和地基变形的检验评价应在设计标高进行。强夯地基破坏了原地基土的结构，应在恢复期后才能进行基础施工。

强夯置换处理地基适用于处理对变形要求不严格的高饱和度的粉土与软塑～流塑的黏性土地基。由于土的性质决定，强夯置换处理地基墩体着底情况的质量非常重要，一般适用于作为多层房屋的地基使用。当强夯置换施工换填的石料最终可形成 2.0m 以上厚度的硬壳层时，这种地基可按复合地基设计，否则应按墩式基础设计。

压实地基适用于处理大面积填土地基。由于填筑厚度大，除分层控制压实质量外，其地基变形存在累积效应，即地基变形计算时应计入上部填土荷载引起的下卧土层变形。压实地基的均匀性与采用的施工设备和施工工艺有关，一般应进行平面和竖向的检验进行评价。压实地基的承载力评价还应注意其湿陷性的影响，必要时应进行浸水载荷试验评价。

挤密地基适用于松散土层的密实处理，砂土消除液化、消除土的湿陷性等的地基处理。挤密地基处理后的承载力应进行载荷板试验，其均匀性应通过静力触探、动力触探等检验判定。检验结果的评价可靠性与检验位置有关，且处理后地基的液化判定、湿陷性评价等方法 and 标准有待进一步研究。

复合地基按其定义，应满足增强体和地基共同承担荷载的要求。当地基土为欠固结土、膨胀土、湿陷性黄土、可液化土等特殊土时，设计采用的增强体和施工工艺应满足处理后地基土和增强体共同承担荷载的技术要求。所以，复合地基设计前，应在有代表性的场地上进行现场试验或试验性施工，以确定设计参数和处理效果。对散体材料复合地基增强体应进行密实度检验；对有粘结强度复合地基增强体应进行强度及桩身完整性检验。复合地基承载力的验收检验应采用复合地基静载荷试验，对有粘结强度的复合地基增强体尚应进行单桩静载荷试验。

注浆加固处理地基是将土壤固化材料通过压力或施工机械与土壤搅拌或注入，提高原地基土的承载力、变形或渗透特性的地基处理方法。常用于多层房屋的地基处理，或用于软土地基地铁隧道或地下工程地基土的超前处理、基坑工程为减少周边环境影响以及地下水渗透影响的超前处理等工程，对于既有建筑地基加固也可采用。注浆加固地基应根据处理要求进行相应的承载力、变形、渗透特性以及处理效果均匀性的检验。

微型桩加固主要应用于场地狭小，大型机械施工困难的地基处理工程，对于地震等震损建筑物以及既有建筑的地基基础加固处理也有大量应用，本次修订也将此内容列入规范。微型桩加固应按加固目的进行桩的承载力、变形特性检验，桩体材料设计尚应满足耐久性设计要求。

我国《建筑地基处理技术规范》已有二版，1991 年版和 2002 年版，此次修订的为 2012 年版。新规范是在原规范基础上总结科研和工程实践经验基础上制订的，代表了我国地基处理技术的先进水平。工程实践永远是规范编制的基础，规范修订应赋予新技术发展的空间。

20 世纪 80 年代末开始的复合地基处理技术的工程实践，已使该技术设计理论逐渐成熟，大量应用于高层和多层建筑地基处理，此次规范修订已把这些成熟的经验写入，使这些新技术能在工程实践中正确使用。

由于地质条件的复杂性和科研水平的限制，目前地基处理技术的设计计算方法并不能完全解决地基基础设计的全部问题，许多问题还要靠构造措施和信息法施工解决；同时工程建设的需要也会对地基处理技术提出新的问题。因此地基处理技术规范会随着工程需要和科研工作的深化不断进行修订，增加相应的内容，充实完善。

为了便于工程技术人员正确理解和应用 2012 版规范，请参加规范编制的编委编写本书，将规范条文和编制的有关情况介绍给大家，使设计人员能正确理解和应用规范进行工程设计和施工。本书可供从事岩土工程及相关科研、教学、设计和施工的科技工作者以及大专院校师生学习参考。

由于时间仓促，编写错误在所难免，敬请来函来信，编者均会作出满意答复。

第一章 总 则

《建筑地基处理技术规范》总则的内容包括以下四个方面：

1. 地基处理工程设计、施工控制的总原则

地基处理工程技术控制的总原则是：贯彻执行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。

国家规范制定的不同时期，体现了国家当时的技术经济水平。“安全适用、技术先进、经济合理”的内容，随时代发展、科技进步和经济实力提高，在不同时期也在不断变化。地基处理技术规范目前已有 1991 年版、2002 年版两个版本。1991 年版地基处理技术规范是在 1989 年版国家规范体系采用了概率极限状态设计方法，在基础设计中采用了荷载和抗力分项安全系数的基础上，按照国家标准《建筑地基基础设计规范》GBJ 7—89 的设计原则进行处理地基的承载力、变形、稳定性计算。1991 年版地基处理技术规范是国内第一本全面规范地基处理的设计、施工、质量检验工作的国家行业标准，体现了我国地基处理技术的水平和技术先进性。2002 年版地基处理技术规范是在国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2002 进一步明确了地基基础设计中概率极限状态设计方法的荷载组合条件和适用范围，强调按变形控制设计的原则的基础上，增加了强夯置换法、水泥粉煤灰碎石桩法、夯实水泥土桩法、水泥土搅拌法（干法）、石灰桩法和柱锤冲扩桩法等地基处理方法的设计和施工规定；对换填法、预压法、强夯法、振冲法、土或灰土挤密桩法、砂石桩法、深层搅拌法、高压喷射注浆法和复合地基载荷试验要点等内容作了修改、补充和完善；保持原规范体系不变，提高了变形计算设计水平。本次修订，按处理后的地基性状进行了章节安排，进一步明确了各种处理地基的使用范围和计算方法；在全面修订的基础上，增加了处理地基的耐久性设计、处理地基的稳定性计算、真空和堆载联合预压处理、多桩型复合地基、注浆加固、微型桩加固、检验与监测等内容；并完善了加筋垫层、高能级强夯、复合地基承载力和变形计算、处理地基的载荷试验等内容。修订后的规范内容更加充实和完善，在保证工程质量的基础上适当提高了地基处理工程的可靠性设计水平。

本次修订工作，对有充分研究和工程实践的处理方法，均在保证工程安全的条件下，给出较具体的计算分析方法和施工、检验要求；对工程急需解决，试验和工程实践的数据较少的处理方法，把保证工程安全的条件放在首位，给出了偏于安全的设计、施工、检验技术要求。

任何建筑物都通过基础，将上部结构的各种作用传给地基，处理后的建筑地基的功能要保证建筑物的稳定和正常使用要求。《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153—2008 对结构设计应满足的功能要求作了如下规定：（1）能承受在正常施工和正常使用时可能出现的各种作用；（2）保持良好的使用性能；（3）具有足够的耐久性能；（4）当发生火灾时，在规定的时间内可保持足够的承载力；（5）当发生爆炸、撞击、人为错误等偶然事件

时,结构能保持必需的整体稳固性,不出现与起因不相称的破坏后果,防止出现结构的连续倒塌。按规定,根据地基工作状态地基设计时应当考虑:(1)在长期荷载作用下,地基变形不致造成承重结构的损坏;(2)在最不利荷载作用下,地基不出现失稳现象;(3)具有足够的耐久性能。

因此,地基基础设计应注意区分上述三种功能要求,在满足第一功能要求时,地基承载力的选取以不使地基中出现较大塑性变形为原则,同时还要考虑在此条件下各类建筑物可能出现的变形特征及变形量。由于地基土的变形具有长期的时间效应,与钢、混凝土、砖石等材料相比,它属于大变形材料,从已有的大量地基事故分析,绝大多数事故皆由地基变形过大且不均匀所造成的。故在规范中明确规定了按变形设计的原则、方法;对于一部分地基基础设计等级为丙级的建筑物,当按地基承载力设计基础面积及埋深后,其变形亦同时满足要求时,可不进行变形计算。

对于处理后的建筑地基,要满足上述功能要求,必须按处理后的地基性状进行地基基础设计。处理后的建筑地基,满足建筑物在长期荷载作用下的正常使用要求必须满足下列条件:首先应满足承载力计算的有关规定,同时应满足地基变形不大于地基变形允许值的要求;对建造在处理后的地基上受较大水平荷载或位于斜坡上的建筑物及构筑物,尚应满足地基稳定性验算要求。

《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153—2008在设计使用年限和耐久性一节中用强条规定“工程结构设计时,应规定结构的设计使用年限”。对该条强制性条款的执行,本次修订后的地基处理规范规定:地基处理所采用的材料,应根据场地类别符合有关标准对耐久性设计与使用的要求。大量工程实践证明,地基在长期荷载作用下承载力有所提高,但处理采用的有粘结强度的材料应根据其工作环境满足耐久性设计的要求。《工业建筑防腐设计规范》GB 50046对工业建筑材料的防腐问题进行了规定,《混凝土结构设计规范》GB 50010对混凝土的防腐和耐久性提出了要求,应遵照执行。

2. 地基处理工程的技术先进性,施工可行性和经济性指标

地基土随成因、应力历史、颗粒组成、化学成分等不同,即使原位测试指标相同,其力学性质也有一定差异;同时,在同一地基内土的力学指标离散性一般较大,加上暗塘、古河道、山前洪积、溶岩等许多不良地质条件,必须强调因地制宜的原则。天然地基如此,地基处理的设计、施工应充分掌握这些特性,在保证处理后的地基满足工程正常使用要求的前提下,尽量采用地方材料和当地成熟的地基处理工艺,通过多方案的比对,选择最佳的地基处理方法。

地基处理技术水平的评价,应该采用技术经济的评价方法,即满足技术先进性、施工可行性和合理经济指标的要求。各地区的原材料情况、成熟施工技术和设备情况各异,必须因地制宜。一项好的地基处理工程成果,必须满足技术先进、施工可行、经济合理三项指标。

3. 本规范的适用范围

中国幅员广阔,湿陷性黄土、膨胀土、多年冻土等特殊土分布各异。根据多年建设经验,已编制了湿陷性黄土设计规范、膨胀土设计规范、冻土地基设计规范等。本规范基于这种情况,主要针对工业与民用建筑(包括构筑物)的地基处理提出设计原则、计算方法、施工技术和质量检验方法等,对于特殊土地基处理尚应符合有关规范的规定。处理地

基的抗震设计原则应满足抗震设计规范的有关规定；机械动力基础的地基处理应满足动力基础设计规范的要求。

这里指出，某些特殊土地基设计还没有专门规范规定，对这些特殊土地基的处理应根据原位测试结果和当地工程经验，结合工程要求进行；对于该地区无工程经验的地基处理工法，应进行必要的现场试验，根据测试结果评价其适用性，在试点工程的基础上，取得工程经验，再行推广使用。

4. 地基处理技术规范与相关规范的协调原则

2010 年版国家规范修订，相应的规范均有重大原则调整，地基处理技术规范已结合相关规范的修订，作为通用原则，不作重复。所以《建筑地基处理技术规范》的使用条件，必须结合相应规范配套使用，处理地基的设计原则应符合《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定，荷载取值应符合《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定；基础的计算尚应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定。其他房屋建筑结构的地基处理，应结合结构特性和建筑物对地基变形的适应能力，满足有关长期荷载作用下的正常使用要求。由于地基处理工程的经验性以及现场试验的重要性，对于有粘结强度加固材料的强度设计，计算时结构重要性系数不应小于 1.0，也不应在荷载作用标准值取值取小于 1.0 的荷载调整系数。

地基处理工程的安全性，设计计算方法的适用性十分重要。工程施工结束后必须进行必要的检验，检验合格后才能进行基础施工。设计人员应充分考虑，利用建筑物在长期荷载作用下建筑物的沉降观测以及地基反力、基础内力的监测结果，积累经验，实现地基处理的精品工程。

参 考 文 献

- [1] 国家标准，砌体结构设计规范 GB 50003—2011. 北京：中国建筑工业出版社，2011
- [2] 国家标准，建筑地基基础设计规范 GB 50007—2011. 北京：中国建筑工业出版社，2012
- [3] 国家标准，建筑结构荷载规范 GB 50009—2012. 北京：中国建筑工业出版社，2012
- [4] 国家标准，混凝土结构设计规范 GB 50010—2010. 北京：中国建筑工业出版社，2011
- [5] 国家标准，建筑抗震设计规范 GB 50011—2010. 北京：中国建筑工业出版社，2010
- [6] 国家标准，岩土工程勘察规范 GB 50021—2001. 北京：中国建筑工业出版社，2001
- [7] 国家标准，湿陷性黄土地区建筑规范 GB 50025—2004. 北京：中国建筑工业出版社，2004
- [8] 国家标准，工业建筑防腐蚀设计规范 GB 50046—2008. 北京：中国计划出版社，2008
- [9] 国家标准，工程结构可靠性设计统一标准 GB 50153—2008. 北京：人民出版社，2009
- [10] 国家标准，建筑地基基础工程施工质量验收规范 GB 50202—2002. 北京：中国计划出版社，2002
- [11] 国家标准，土工合成材料应用技术规范 GB 50290—98. 北京：中国计划出版社，1998
- [12] 国家标准，土工试验方法标准 GB/T 50123—1999. 北京：中国计划出版社，1999
- [13] 国家标准，混凝土结构耐久性设计规范 GB/T 50476—2008. 北京：中国建筑工业出版社，2008
- [14] 行业标准，建筑桩基技术规范 JGJ 94—2008. 北京：中国建筑工业出版社，2008
- [15] 行业标准，既有建筑地基基础加固技术规范 JGJ 123—2012. 北京：中国建筑工业出版社，2013

第二章 术 语

“复合地基”一词从 20 世纪 60 年代开始使用以来，国内科研人员也做了若干工作，但作为基本概念，国内学术界仍有不同的认识。早期的复合地基主要是指在天然地基中设置碎石桩以及石灰桩、搅拌桩形成的人工地基，随着加固体粘结特性的增强，国内又研制了各类强度的增强体形成的复合地基。随着土工合成材料在工程建设中的广泛应用，又出现了水平向增强体复合地基的概念。本规范“复合地基”术语，强调建筑工程使用的“复合地基”的概念，即部分土体被增强或被置换，而形成的由地基土和增强体共同承担荷载的人工地基。因此，对于地基土为欠固结土、膨胀土、湿陷性黄土、可液化土等特殊土时，设计时要综合考虑土体的特殊性质，选用适当的增强体和施工工艺，保证在建筑物正常使用期间，地基土和增强体共同承担荷载的设计要求。

为区别水平向增强体形成的复合地基。本规范所指“复合地基”，仅指由竖向增强体形成的复合地基。

参 考 文 献

- [1] 建筑地基基础设计规范 GB 50005—2011. 北京：中国建筑工业出版社，2012
- [2] 建筑地基基础设计规范的理解与应用. 北京：中国建筑工业出版社，2012

第三章 基 本 规 定

修订后的《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 在基本规定中应重点理解下列内容：地基处理设计的总原则；处理地基的承载力基础埋深修正、处理地基的整体稳定性分析、处理地基承载力的偏心荷载作用验算、多种地基处理方法综合使用的检验、地基处理的耐久性设计、地基处理的技术经济观点等。

一、地基处理设计的总原则

建筑地基处理设计的核心问题是使建造在处理地基上的建筑物满足地基承载力、地基变形和稳定性要求。所谓“建筑地基”是指建筑物下的地基，区别于堆场地基、路基等，其地基主要受力层的承载力与上部结构和基础的荷载传递特性和刚度有关，其地基变形不仅与地基处理层有关，还与下卧层有关，处理地基的稳定性计算也需考虑地基处理层与其下卧层土的计算参数的不同。

规范第 3.0.5 条规定：处理后的地基应满足建筑物地基承载力、变形和稳定性要求，地基处理的设计尚应符合下列规定：（1）经处理后的地基，当在受力层范围内仍存在软弱下卧层时，应进行软弱下卧层地基承载力验算；（2）按地基变形设计或应作变形验算且需进行地基处理的建筑物或构筑物，应对处理后的地基进行变形验算；（3）对建造在处理后的地基上受较大水平荷载或位于斜坡上的建筑物及构筑物，应进行地基稳定性验算。

换填垫层设计是按下卧土层的承载力要求确定换填厚度，不再存在软弱下卧层地基承载力验算问题。对压实、夯实、注浆加固地基及散体材料增强体复合地基等应按处理后地基土压力扩散角，按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的方法验算。对有粘结强度的增强体复合地基，增强体设计时，桩端一般应选择好的持力层，一般工程并不存在软弱下卧层地基承载力验算问题。由于有黏结强度复合地基设计采用的增强体的强度、刚度变化范围较大，目前对复合地基的整体破坏模式以及有软弱下卧层时的破坏机理尚未深入研究，本次修订尚未给出具有粘结强度的增强体复合地基软弱下卧层地基承载力验算的计算表达式。

有些学者按照有粘结强度增强体复合地基的荷载传递特性，为解决有粘结强度的增强体复合地基的桩端持力层选择问题，提出按实体深基础法验算软弱下卧层地基承载力，这对于增强体刚度及强度较大的条件是合理的。首先，地基的软弱下卧层地基承载力验算应归结为地基承载力设计的概念上，即地基承载力的选取以不使地基中出现较大塑性变形为原则，同时还要考虑在此条件下各类建筑可能出现的变形特征及变形量，所以应按埋深修正后软弱下卧层的地基承载力特征值作为评价标准；其次，基底附加压力的荷载传递应符合桩土荷载传递特性。根据数值分析的结果，材料刚度和强度较大的增强体复合地基，传递到增强体桩端地基土的附加应力扩散角在 $\varphi/3 \sim \varphi/4$ 之间，通过工程算例说明取 $\varphi/4$ 作为刚性桩复合地基的附加应力扩散角进行工程校核偏于安全。

1. 实体深基础法验算刚性桩复合地基的软弱下卧层地基承载力的数值分析结果 1