

《先张法预应力高性能预制混凝土桩》

JC/T ××—××××

编制说明

《先张法预应力高性能预制混凝土桩》

行业标准制定工作小组

2025年1月

目 录

一、工作简况	1
(一) 任务来源	1
(二) 主要工作过程	2
(三) 主要参加单位及分工	5
二、标准编制原则和依据	7
(一) 标准编制原则	7
(二) 标准条款介绍	7
三、主要试验（验证）情况	19
四、标准中所涉及的专利	19
五、产业化、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况	21
六、采用国际标准和国外先进标准的情况	21
七、本标准与现行的相关法律、法规、规章及相关标准（包括强制性标准）协调性情况	22
八、重大分歧意见的处理经过和依据	22
九、标准性质的建议说明	22
十、贯彻标准的要求和措施建议	23
十一、废止现行相关标准的建议	23
十二、其他说明	23

一、工作简况

(一) 任务来源

2023年8月,《先张法预应力高性能预制混凝土桩》行业标准的制定工作计划由中华人民共和国工业和信息化部在《关于印发2023年第二批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》(工信厅科函〔2023〕42号)和全国水泥制品标准化技术委员会在《关于下达2023年第二批行业标准制修订计划的通知》(水制标秘字〔2023〕13号)中下达,标准项目周期为24个月,计划号为2023-0641T-JC,主要起草单位为中国混凝土与水泥制品协会、建华建材(中国)有限公司等,由全国水泥制品标准化技术委员会负责技术归口和管理。

据不完全统计,我国每年预制桩的产量近5亿延米,产值超过800亿元,生产企业数量超过600家。国内的预制混凝土桩中,管桩的使用占比超过了90%,外径主要为300mm~1400mm,其他预制桩主要为空心方桩和实心方桩,边长主要为300mm~700mm。现有的管桩、方桩等预制桩的混凝土强度等级主要集中在C80及以下,主筋配置以单一的预应力混凝土钢棒为主,桩身混凝土用原材料的配置主要适用于中等及以下腐蚀环境。国外混凝土强度等级为C80以上、多元化预应力主筋、可用于强腐蚀环境的高性能混凝土桩技术已应用较为成熟,如日本的超高强管桩、混合配筋管桩和可用于强腐蚀环境的管桩已成功应用20余年,具有完备的应用标准、生产工艺标准和产品标准。在2000年就已将超高强混凝土管桩、混合配筋管桩纳入了日本的工业产品标准《Precast prestressed concrete products》(JIS A5373-2000),并在2004年、2010年、2016年历经三次修订形成JIS A5373-2016。该标准将管桩按桩身混凝土强度等级的不同分为C80、C85、C105、C123四个等级、将管桩按配筋形式的不同分为PHC管桩和PRC管桩。而目前国内还未有高性能预制混凝土桩的国家及行业通用标准。随着混凝土技术的发展,国内C100及以上等级的混凝土、混合配筋管桩、可用于强腐蚀环境下的防腐蚀管桩研制和应用已经比较成熟,较多的企事业单位进行了大量的高性能混凝土相关性能研究,对高性能强混凝土桩的各项力学材料性能和桩身性能进行大量的试验验证,提出基于工程应用的技术参数并成功研制了超高强混凝土管桩(混凝土强度等级大于C105)、混合配筋管桩、防腐蚀管桩并应用于工程中。

通过大量工程应用表明,混合配筋预制桩可有效解决管桩在8度抗震设防区域和支护工程应用时存在的延性不足、抗弯性能差等问题,防腐蚀预制桩可有效解决预制桩在强腐蚀区域应用时桩身和接头的防腐性能较差等问题,超高强预制桩可有效解决管桩穿透密实砂层,同时当工程中需要更高的竖向承载力时,可结合劲性复合桩、旋挖植桩、内钻锤击

等工法，使预制桩的单桩竖向承载力标准值由预制桩桩身强度控制，充分发挥预制桩的经济性。据不完全统计，每年国内高性能预制混凝土桩的工程应用已超过 2000 万米，而现行行业及国家标准关于混凝土设计强度的取值最高只有 C80，已不能满足 C80 以上高强混凝土工程的需要。

结合大量的试验研究及工程应用，国家标准《先张法预应力混凝土管桩》(GB/T 13476-2023, 2023 年 8 月发布)、行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》(JGJ/T406-2017, 2017 年 8 月)、《铁路桥梁先张法预应力混凝土管桩》(Q/CR825-2021, 2021 年 4 月发布)、广东省地方标准《锤击式预应力混凝土管桩工程技术规程》(DBJ/T 15-22-2021, 2021 年 2 月发布)、湖南省地方标准《预应力混凝土空心桩技术规程》(DBJ43/T 386-2022, 2022 年 1 月发布)、中国混凝土与水泥制品协会标准《桥梁工程用预制混凝土管桩技术规程》(TCCPA 37 TCBMF 193, 2022 年 7 月发布)、上海市工程建设团体标准《预应力混凝土增强型管桩》(T/SCDA 099-2022, 2022 年 6 月发布)、内蒙古自治区地方标准《预应力混凝土预制桩技术标准》(报批稿)等标准均已将高性能预制混凝土桩相关内容(超高强、混合配筋、防腐等)纳入了标准中，但现行的国家标准和行业标准中均尚未全面涵盖此类成果，有必要对近年来取得的成熟技术成果进行总结和提升。高性能预制混凝土桩行业标准的编制可有效拓宽预制桩的应用范围，推进行业的可持续发展。因此，编制国内第一本先张法预应力高性能预制混凝土桩(以下简称高性能桩)行业标准成为必要。

(二) 主要工作过程

项目下达后，中国混凝土与水泥制品协会牵头组建了《先张法预应力高性能预制混凝土桩》行业标准制定项目筹备小组，并启动了《先张法预应力高性能预制混凝土桩》行业标准的制定工作。

2024 年 5 月 11 日~12 日，标准制定启动会暨第一次工作会在江苏省镇江市召开(见图 1、图 2)，会上成立了标准编制组。中国混凝土与水泥制品协会、建华建材(中国)有限公司、天津大学、华东建筑设计研究院有限公司、安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司、国家建筑工程质检中心、珠海市交通勘察设计院有限公司、中铁上海设计院集团有限公司、中国寰球工程有限公司北京分公司、中国天辰工程有限公司、电力规划设计总院、安徽省建筑科学研究设计院、南京水利科学研究院、常州市名信中元勘察设计有限公司、山东晟通水利工程有限公司、北京中岩大地科技股份有限公司、宁波中淳高科股份有限公司、天津建城基业集团有限公司、广东力源液压机械有限公司等勘察、设计、生产、施工、检测等在内的 22 家单位的 28 名代表参加了本次会议，涵盖工业与民用建筑、公路、

铁路、电力、水利等行业。全国水泥制品标准化技术委员会秘书长薛万银、中国混凝土与水泥制品协会特别副会长王肇嘉出席本次会议，会议由中国混凝土与水泥制品协会副秘书长张庆欢主持。



图 1 会议现场及线下参会代表合影



图 2 线上会议参会代表

与会代表听取了标准编制技术背景、前期调研及准备工作、标准主要内容及编制依据

等情况汇报，与会代表围绕标准各章节的主要内容，对编制大纲及《先张法预应力高性能预制混凝土桩（草案）》进行了深入讨论并提出修改建议。重点对高性能桩的主要分类、技术要求、原材料及混凝土指标等多方面进行了充分交流，明确了参编单位的分工及标准编制进度，并针对标准框架、重要性能指标、必要试验验证项目等关键问题提出了意见和建议。

2024年12月18日召开第二次工作会议（图3），会议采取线上视频的方式召开，中国混凝土与水泥制品协会、建华建材（中国）有限公司以及勘察、勘测、设计、生产、施工、检测等20家单位的23位专家和代表参加了本次会议。会议由中国混凝土与水泥制品协会标准质量部副主任徐曦主持。

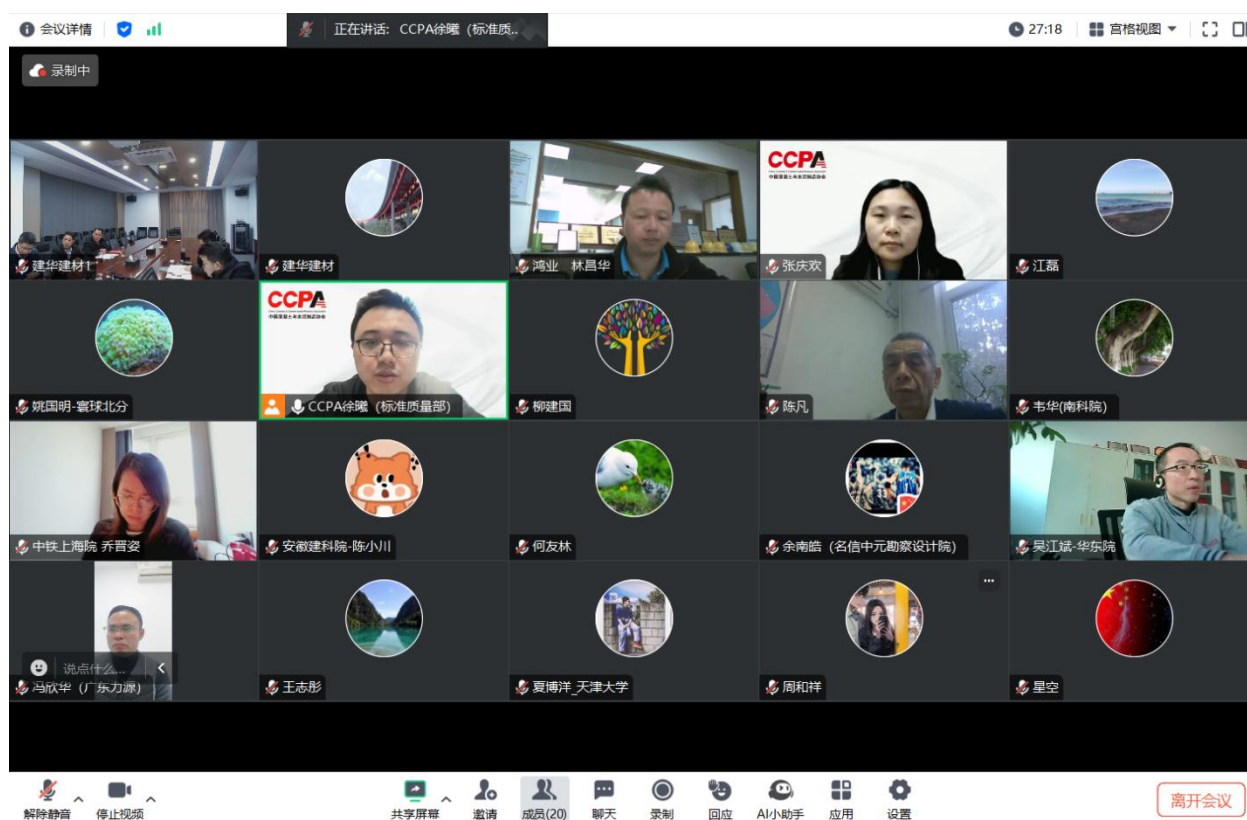


图3 线上会议参会代表

会上，建华控股集团研发管理中心陈巧高级工程师首先向参会代表汇报了《先张法预应力高性能预制混凝土桩》标准征求意见稿（初稿）的主要内容整体情况及编制情况，并详细介绍了该标准的主要条款、试验验证情况、前期主要完成工作、编制进度及工作安排以及需重点关注和讨论的问题等。随后，会议对《先张法预应力高性能预制混凝土桩》标准征求意见稿（初稿）进行了逐条讨论。参会代表围绕标准各章节的具体内容和技术要求，立足于标准的先进、合理、可操作性，同时，对标准编制过程中涉及的耐久性试验方法、

检验方法和检验周期等进行了深入探讨和交流，并提出了多条意见和建议。标准讨论环节由建华控股集团研发管理中心负责人金忠良主持。

会议总结阶段，中国混凝土与水泥制品协会副秘书长张庆欢感谢了各参编单位和相关企业事业单位为前期编制工作的顺利推进的付出，肯定了本次工作会议取得了预期的效果，同时强调了试验验证在标准制定过程中的重要性并请各参编单位继续支持。

本次会议结束后，标准编制组将汇总整理会上和会后的意见与建议，完成《先张法预应力高性能预制混凝土桩》征求意见稿后，向行业内外有关单位广泛征求意见。

2024年12月31日，主编单位根据各编制组成员的意见进行了修改和完善，并发微信群再次征求意见，共收集意见5份，修改意见共60余条，绝大部分修改意见均进行了采纳。

2025年1月14日，根据反馈意见完成修改形成征求意见稿。

(三) 主要参加单位及分工

本文件负责起草单位：中国混凝土与水泥制品协会、建华建材（中国）有限公司、天津大学、华东建筑设计研究院有限公司、安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司、国家建筑工程质检中心、珠海市交通勘察设计院有限公司、中铁上海设计院集团有限公司、中国寰球工程有限公司北京分公司、中国天辰工程有限公司、电力规划设计总院、安徽省建筑科学研究设计院、南京水利科学研究院、常州市名信中元勘察设计院有限公司、山东晟通水利工程有限公司、北京中岩大地科技股份有限公司、宁波中淳高科股份有限公司、天津建城基业集团有限公司、广东力源液压机械有限公司，具体分工见表1。

表1 主要参加单位及分工表

单 位	主要工作分工
中国混凝土与水泥制品协会、建华建材（中国）有限公司	在标准编制过程中，统筹、协调及组织各阶段任务的实施，线上及线下调研组织，工作会议组织，编写、汇总整理各章节内容。
建华建材（中国）有限公司、华东建筑设计研究院有限公司、天津大学、安徽省建筑科学研究设计院、宁波中淳高科股份有限公司、国家建筑工程质检中心	负责部分章节的牵头及编写、参加调研验证工作。
华东建筑设计研究院有限公司、安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司、国家建筑工程质检中心、珠海市	负责部分技术指标的试验验证工作

单 位	主要工作分工
交通勘察设计院有限公司、中铁上海设计院集团有限公司、中国寰球工程有限公司北京分公司、中国天辰工程有限公司、电力规划设计总院、安徽省建筑科学研究设计院、南京水利科学研究院、	
常州市名信中元勘察设计有限公司、山东晟通水利工程有限公司、北京中岩大地科技股份有限公司、宁波中淳高科股份有限公司、天津建城基业集团有限公司、广东力源液压机械有限公司	配合调研及试验验证工作。

各章节的牵头单位及参与单位见表 2。

表 2 各章牵头单位及参与单位

序号	章节	主要内容	牵头单位	参与单位
1	范 围	规定本标准包含的章节及适用范围	建华建材（中国）有限公司	中国寰球工程有限公司北京分公司、南京水利科学研究院、中国天辰工程有限公司、电力规划设计总院、北京中岩大地科技股份有限公司、
2	规范性引用文件	本标准所涉及的相关规范明细		
3	术语和定义	对高性能桩、混合配筋桩等术语进行定义		
4	分类和标记	对高性能桩的品种、规格、标记、结构尺寸等进行规定		
5	一般要求	对高性能桩的原材料（砂石、水泥等）、钢筋加工及钢筋笼骨架要求等进行规定		
6	技术要求	对高性能桩的控制指标，包括混凝土参数、耐久性指标、桩身性能（抗弯、抗剪等）要求等进行规定	华东建筑设计研究院有限公司	中国寰球工程有限公司北京分公司、安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司、常州市名信中元勘察设计有限公司、中铁上海设计院集团有限公司、南京水利科学研究院、中国天辰工程有限公司、电力规划设计总院、北京中岩大地科技股份有限公司、山东晟通水利工程有限公司
7	试验方法	对高性能桩的耐久性、桩身抗弯与抗剪、尺寸允许偏差等指标的检测方法进行检测要求进行规定	天津大学	南京水利科学研究院、北京中岩大地科技股份有限公司、山东晟通水利工程有限公司
8	检验规则	对高性能桩的检验项目、取样、检验要求、判定规则等进行规定	安徽省建筑科学研究设计院	中国寰球工程有限公司北京分公司、常州市名信中元勘察设计有限公司、南京水利科学研究院、山东晟通水利工程有限公司
9	标志	对高性能桩的桩身标志内容及标志的位置进行规定	宁波中淳高科股份	北京中岩大地科技股份有限公司

序号	章节	主要内容	牵头单位	参与单位
10	贮存、吊装和运输	对高性能桩的吊装、堆放、运输等方面进行规定	有限公司	中国天辰工程有限公司、北京中岩大地科技股份有限公司
11	产品合格证	对高性能桩在交货时所提供的产品合格证应包括的内容进行规定	国家建筑工程质检中心	国家建筑工程质检中心
12	附录	对高性能桩的桩身配筋及力学性能参数进行规定	建华建材(中国)有限公司	华东建筑设计研究院有限公司、天津大学

二、标准编制原则和依据

(一) 标准编制原则

本标准具体编制内容将根据 GB/T 1.1《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》和国家现行相关标准的有关规定要求进行编写并符合以下要求：

1. 贯彻国家有关法规和政策，明确先张法预应力高性能预制混凝土桩标准，做到安全适用、技术先进、经济合理。
2. 标准格式统一、规范，符合 GB/T1.1-2020 的要求。
3. 标准内容符合统一性、协调性、适用性、一致性、规范性规则要求。
4. 吸纳前期研究成果，结合编制组试验研究成果，体现标准的先进性。
5. 标准实施后符合预制桩行业发展需求。

本标准编制将根据先张法预应力混凝土管桩产品国家标准、预应力混凝土管桩物流服务规范、混凝土质量控制标准、预应力混凝土空心方桩行业标准等，结合目前我国预制桩生产企业的高性能混凝土桩产品生产过程实际现状，结合预制桩行业的发展趋势，力求做到标准技术指标先进合理，可操作强，适合行业和企业生产实际。标准将针对近年来我国预制桩行业研发的高性能掺合料、高性能混凝土离心及养护工艺、植桩工法等先进材料及制造工艺和快速发展的新型施工工法的技术参数、工艺操作规程，结合工业与民用建筑、铁路、港口等工程用特殊要求的预制桩进行调研，力求标准更加科学、先进、合理，并具有一定的前瞻性。

(二) 标准条款介绍

本标准共分 10 章及 2 个附录，分别是：1.范围；2.规范性引用文件；3.术语和定义；4.分类和标记；5.一般要求；6.技术要求；7.试验方法；8.检验规则；9.标志、产品合格证；10.堆放、吊装和运输。附录 A（规范性）高性能桩抗弯、抗剪性能；附录 B（资料性）高性能混凝土桩抗压、抗拉性能。标准有关条文说明如下：

1 范围

规定了本标准内容和适用范围。本标准规定了先张法预应力高性能预制混凝土桩（以下简称高性能桩）的分类和标记、一般要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、产品合格证以及贮存、吊装和运输。

本标准适用于通过对混凝土材料、混凝土配合比、养护工艺、产品结构、配筋形式等方面的调整形成的高性能混凝土桩，主要用于工业与民用建筑、市政、桥梁、铁路、公路、电力、水利水运等建设工程中作基桩材料。

2 规范性引用文件

根据 GB/T1.1—2020 第 8.6.3.2 条规定，本章列出了标准正文中所引用的全部标准文件。标准编号中明确了年代号的，引用了标准文件的具体条款内容。

3 术语和定义

本标准需要界定的术语和定义主要为：高性能混凝土、先张法预应力高性能预制混凝土桩、超高强混凝土桩、混合配筋桩、耐腐蚀桩。

关于“高性能混凝土”主要参照了国家标准《高性能混凝土技术条件》(GB/T41054-2021) 和行业标准《高性能混凝土评价条件》(JGJ/T385-2015) 进行定义，同时在山西省的地方标准《高性能混凝土配合比设计规程》(DBJ04/T338-2017) 中，针对高性能混凝土的定义为“采用常规材料和生产工艺，具有混凝土结构所要求的各项力学性能，且具有高耐久性、高工作性和高体积稳定性的混凝土。”故本标准的术语“高性能混凝土”的定义为直接引用 GB/T 41054—2021 的第 3.1 条规定。

其中混凝土具有优异的力学性能主要指混凝土的超高抗压强度，对于提升预制桩的水平承载力主要是通过增加纵向受力钢筋，因此，术语“先张法预应力高性能预制混凝土桩”定义为“采用先张法预应力张拉工艺并结合高性能混凝土或增加普通钢筋作为纵向受力钢筋的预制混凝土桩，简称高性能桩。”包含了两个层面，一是通过混凝土方面的提升而性能的高性能，二是通过配筋结构的调整形成的高性能。

4 分类和标记

由于分类较多，其对应的代号也较多，为了更清晰地明确高性能桩的品种与代号，采用表格的形式列出不同高性能桩的名称、简称、代号、桩身混凝土强度等级，具体详见本标准的表 1。

高性能桩按混凝土有效预压应力值或桩身抗弯性能分为 AB 型、B 型、C 型等。结合实际应用情况，型号未纳入 A 型，并对各高性能桩的结构形状、壁厚等进行图示和列表。

高性能桩按外径分为 400mm、450mm、500mm、550mm、600mm、700mm、800mm、

1000mm、1200mm、1300mm、1400mm 等规格，按截面边长分为 350mm、400mm、450mm、500mm、550mm、600mm、700mm 等规格。

高性能桩以代号、外径（截面边长）、型号、壁厚（内径）—长度、混凝土强度等级及本文件编号顺序进行标记。

5 一般要求

5.1 原材料

本标准规定高性能桩生产所用的全部原材料及配套材料的质量要求，包括水泥、骨料（细、粗）、钢材、水、外加剂、掺合料等。

所有原材料应符合相关现行国家标准或行业标准的技术要求，重点对 C105 及以上的原材料进行了规定。

5.1.1 水泥

本标准规定高性能桩生产用水泥宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥。水泥性能应符合 GB 175 的规定。水泥强度等级的最低要求为 42.5 级，对于超高强桩，混凝土的强度等级不宜低于 52.5 级。

5.1.2 骨料

5.1.2.1 细骨料

本标准规定细骨料宜采用硬质天然砂或机制砂，其质量应符合 GB/T 14684-2022 中 I 类砂的规定，对于混凝土强度等级大于 C105 的，机制砂的单级最大压碎指标不应大于 15%。不应采用海砂。

5.1.2.2 粗骨料

本标准规定粗骨料宜采用碎石或破碎的卵石，其质量应符合 GB/T 14685-2022 中 I 类碎石的规定，对于混凝土强度等级大于 C105 的，碎石或卵石的压碎指标不宜大于 8%。碎石或卵石的针、片状颗粒量不应大于 5%。

本节规定了细骨料、粗骨料进厂时，应对相应的含泥量（石粉含量）、压碎指标、针片状颗粒含量等主要性能指标进行检验，严禁使用海砂用于高性能桩中。对于有抗冻、抗渗或其他特殊要求的高性能桩，其所使用的骨料应符合相关标准的有关规定。

5.1.3 钢材

对于钢材，本节分别对钢筋和钢板作出了规定。

5.1.3.1 钢筋

本标准规定预应力钢筋宜采用预应力混凝土用钢棒，其质量应符合 GB/T 5223.3-2017 的规定，且抗拉强度不小于 1420MPa，规定塑性延伸强度不小于 1280MPa，1000h 应力松弛率不大于 2.0%，断后伸长率应大于 GB/T 5223.3-2017 表 7 中延性 35 级的规定要求。

纵向受力普通钢筋宜采用热轧带肋钢筋，其质量应符合 GB 1499.2 的规定。螺旋筋宜采用低碳钢热轧圆盘条、混凝土制品用冷拔低碳钢丝，其质量应分别符合 GB/T 701、JC/T540 的有关规定。

当端部需要设置锚固钢筋时，锚固钢筋宜采用低碳钢热轧圆盘条或钢筋混凝土用热轧带肋钢筋，其质量应分别符合 GB/T 701、GB 1499.2 的规定

5.1.3.2 端板及套箍

本标准规定高性能桩桩端采用端板时，端板的性能应符合 JC/T 947 的规定，材质应采用 Q235B，端板的厚度和环宽应不小于 JC/T 947 的规定。当采用其他结构及性能的端板时，应经试验验证，确认质量满足要求时方可使用。

本标准规定桩套箍材质的性能应符合 GB/T 700 中 Q235 的规定。

5.1.4 水

本标准规定混凝土拌合用水应符合 JGJ 63 的规定，和其他同类水泥制品标准相同。

5.1.5 外加剂

本标准规定根据需要可选用合适的混凝土外加剂，其性能应符合 GB 8076 的规定，不得使用氯盐类或其他对钢筋有腐蚀作用的外加剂。外加剂的选择应与生产工艺相适应，并经试验确定。

5.1.6 掺合料

本标准规定拌制混凝土时可掺入适量的矿渣微粉、粉煤灰、硅灰、硅砂粉、蒸养混凝土制品用掺合料等。掺量应经过试验后确定。各种掺合料的质量和应应用应符合相应的产品标准和应用规程。

5.2 一般要求

5.2.1 预应力钢筋的加工

本标准规定钢筋应清除油污，切断前应保持平直，不应有局部弯曲，切断后端部应平整。同根高性能桩中钢筋长度的相对差值：长度小于或等于 15m 时不应大于 1.5mm，长度大于 15m 时不应大于 2mm。当钢筋设置镦头时，钢筋镦头部位的强度不应低于该材料抗拉标准强度的 90%。

5.2.2 钢筋骨架

本标准规定用于桩基工程的高性能桩，其预应力钢筋的最小配筋率不应低于 0.5%，并不应少于 6 根，间距允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。螺旋筋的直径不应小于本标准表 5 的规定。两端螺旋筋加密区长度为外径或边长的 3 倍~5 倍，且不得小于 2000mm，螺旋筋的净距为 50mm，其余部分螺旋筋的间距为 80mm。钢筋骨架的制作应采用自动焊接工艺成型。当需全程加密时，螺旋箍筋的全程净间距不宜大于 65mm，两者的螺旋箍筋配筋率是相同的。

5.2.3 钢筋骨架质量控制

本标准规定钢筋和螺旋筋的焊接点的强度损失不应大于该材料抗拉强度的 5%。骨架成型后，各部分尺寸应符合如下要求：

- a) 预应力钢筋间距偏差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ ；
- b) 箍筋的间距偏差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

5.2.4 锚固筋及连接

在高性能桩制作中，端部设置锚固筋时，应符合设计文件的要求。多节高性能桩连接时，根据实际工程实际情况，可采用焊接连接、机械连接或焊接加机械组合连接。

6 技术要求

6.1 混凝土质量

混凝土强度等级是混凝土最重要的质量指标，本标准规定混凝土质量控制应符合 GB 50164 的规定。高性能桩脱模时，超高强混凝土桩和耐腐蚀混凝土桩的混凝土抗压强度不宜低于 70MPa，其他高性能桩的混凝土抗压强度不得低于 45MPa。产品出厂时，高性能桩用混凝土抗压强度不得低于其混凝土设计强度等级值。

本标准中，纳入了混凝土强度等级超过 C80 的高性能桩，现有 GB50010 混凝土强度等级最高为 C80，铁路规范中混凝土强度等级最高为 C60，本技术标准结合相关标准、相关论文数据及试验研究，对 C80 及以上混凝土的材料参数进行了说明。

- a) 不同规范标准混凝土强度、弹性模量的比较
 - i. 轴心抗压强度

现有混凝土轴心抗压强度研究成果如图 4 所示，图中 C80 及以上数值根据规范 TB10092 的公式顺延推算得出。

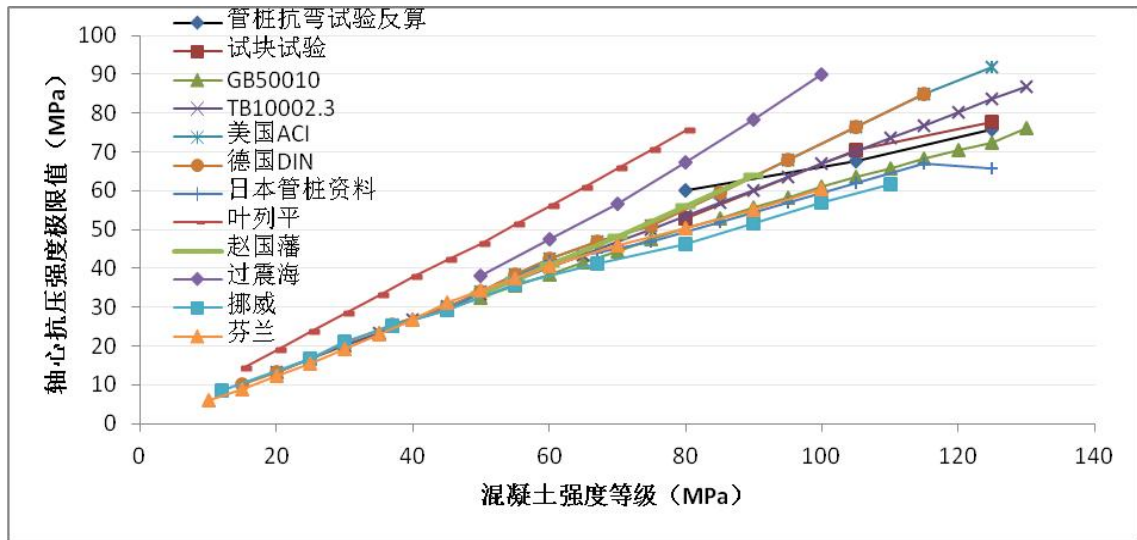


图 4 轴心抗压强度结果对比图

根据图 4 结果可知，混凝土强度等级低于 C50 时有很好的 consistency，随着混凝土强度等级提高，差异逐渐增大。

ii. 轴心抗拉强度

混凝土的轴心抗拉强度结果对比分析如图 5 所示。

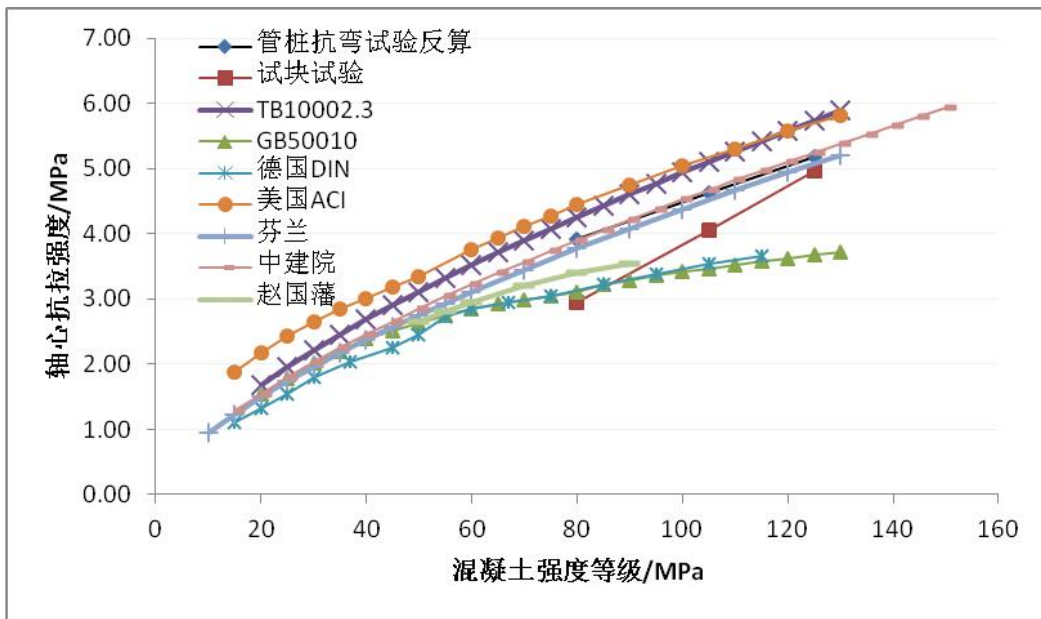


图 5 轴心抗拉强度结果对比图

根据图 5 所示结果可知，混凝土强度等级低于 C50 的轴心抗拉强度有很好的 consistency，但随着强度等级的提高，差异显著增大。规范 GB50010 顺延计算的结果明显保守，与实际试验结果相差较多。

iii. 弹性模量对比分析

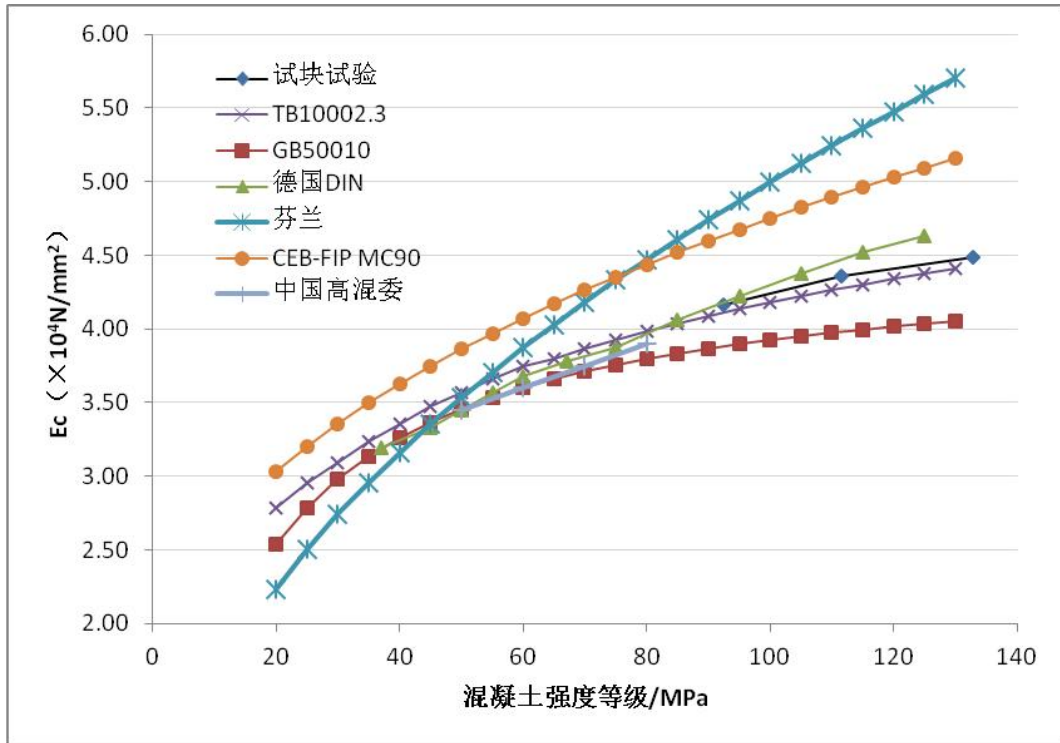


图 6 弹性模量结果对比图

根据图 6 所示结果可知，在混凝土强度等级低于 C50 时，德国、芬兰、国标以及中国高混委给出的计算模式或数值具有比较好的一致性，随着强度等级的提高，弹性模量差异逐渐增大。在 C80 以后，规范 GB50010 顺延计算的结果安全储备大，建议采用规范 GB50010 所提供的计算公式计算 C80 以上的混凝土弹性模量。

b) C80及以上混凝土试块试验

(1) 立方体抗压强度 – 轴心抗压强度关系分析

编制组抗压强度极限值试验数据与 GB50010 计算值对比如图 7、图 8 所示。

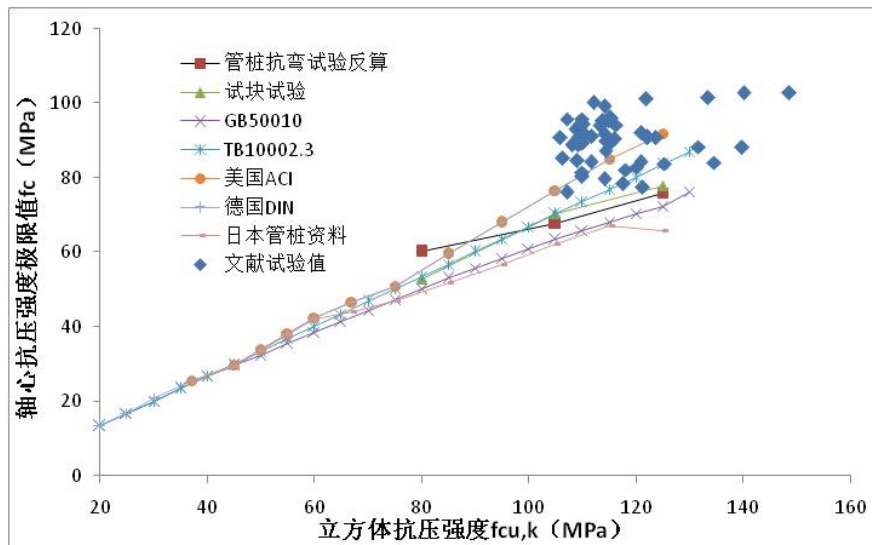


图 7 部分文献的抗压强度试验数据与 GB50010 计算结果对比

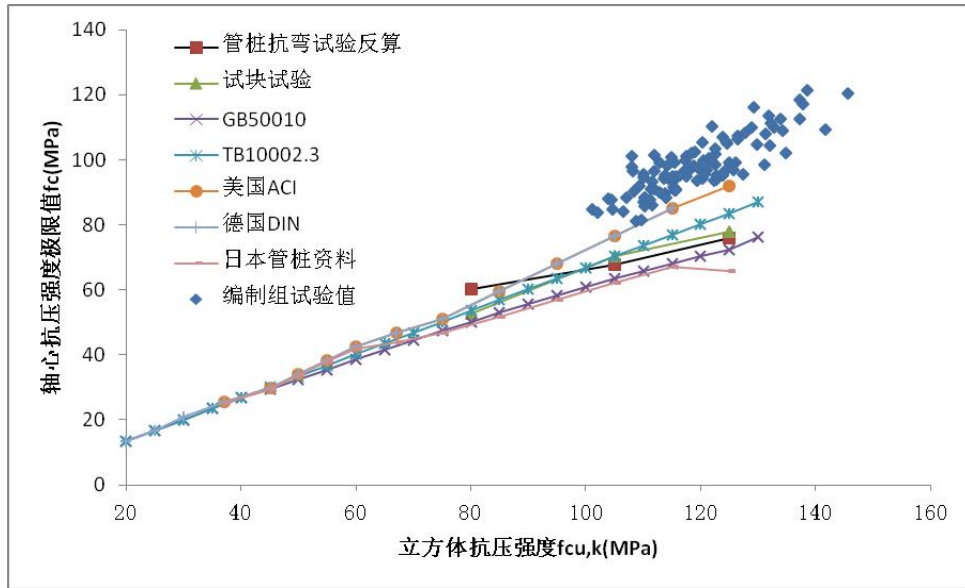


图 8 编制组抗压强度试验数据与 GB50010 计算值比对

从图 7、图 8 可知，已有文献的试验数据及编制组进行验证性试验数据，试验值均高于《混凝土结构设计规范》GB50010-2010 的规定值。对于 C80 及以上混凝土的轴心抗压强度，所得的结果是偏安全的。

(2) 轴心抗拉强度分析

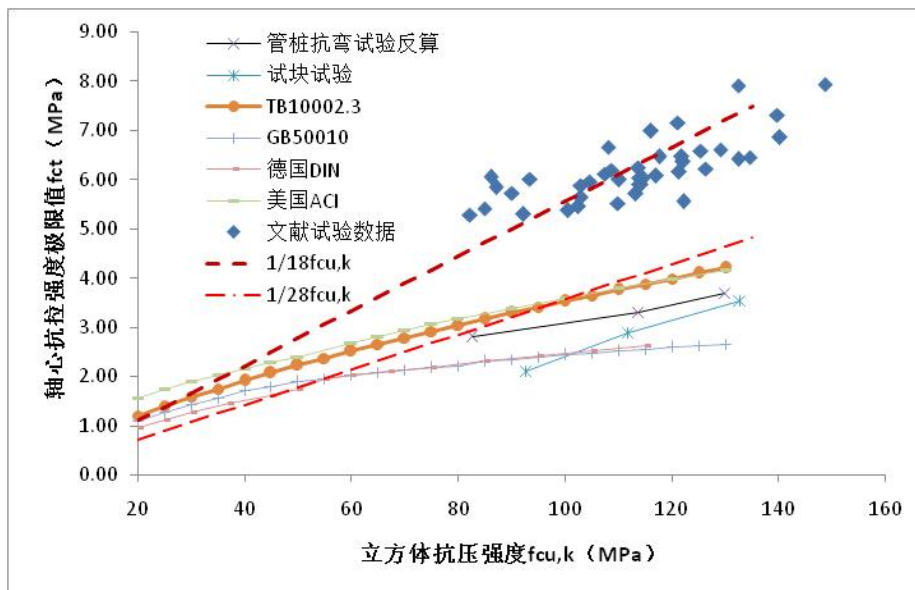


图 9 部分文献轴心抗拉试验数据与 GB50010 计算结果比对

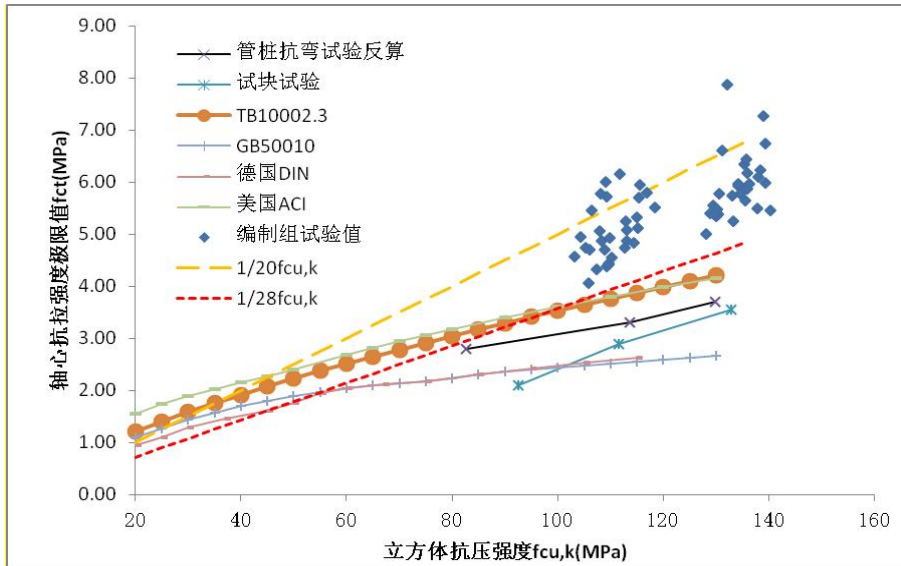


图 10 编制组轴心抗拉试验数据与 GB50010 计算值比对

从图 9、图 10 可知，对于 C80 及以上的超高强混凝土的抗拉强度，编制组进行验证性的试验数据的轴心抗拉强度与立方体抗压强度的比值在 1/20~1/28 区间，若根据 GB50010 的公式进行计算，其计算结果均与现有的试验数据偏差较大，不符合实际情况。根据试验数据及实际应用，对于超高强的混凝土轴心抗拉强度，取其立方体抗压强度的 1/28 是偏安全的。

(3) 弹性模量分析

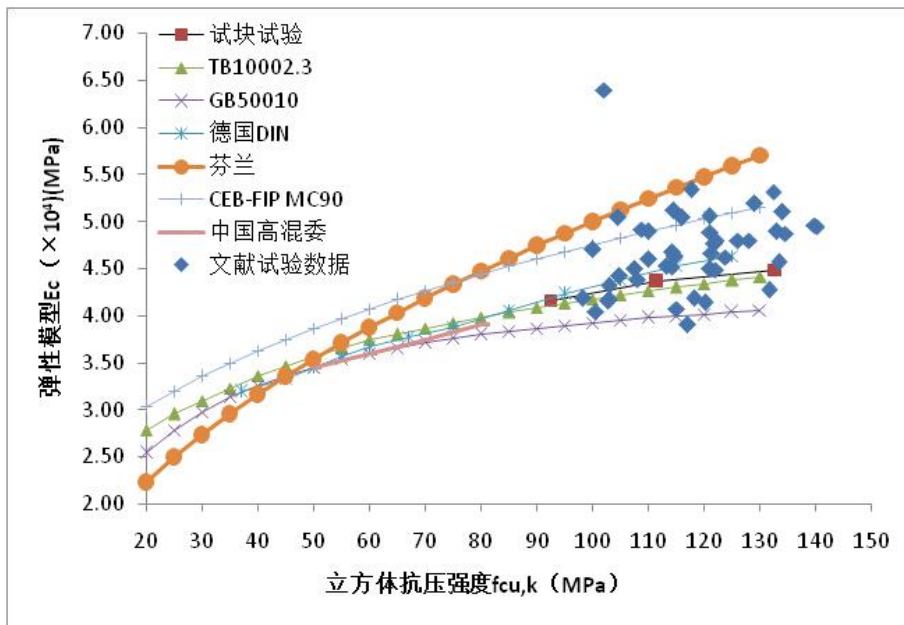


图 11 部分文献的弹性模量试验数据与 GB50010 计算结果比对

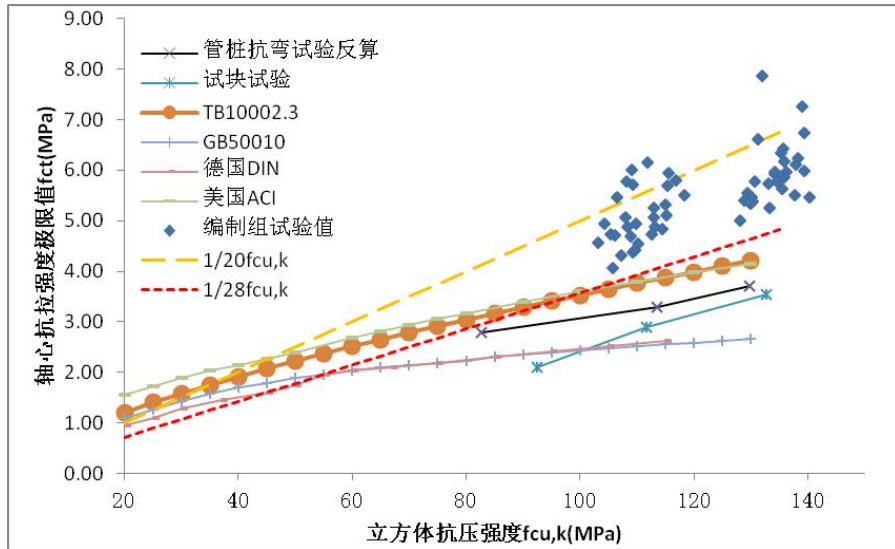


图 12 编制组弹性模量试验数据与 GB50010 计算值比对

从图 11、图 12 可知，对于 C80 及以上的混凝土弹性模量，试验结果均大于 GB50010 的计算值，超高强混凝土的弹性模量根据 GB50010 的计算是偏安全的。

(4) 结论

C80 混凝土轴心抗压极限强度、轴心抗拉极限强度、弹性模量值采用 GB50010 规定值是偏安全的，本标准 C80 混凝土轴心抗压极限强度、轴心抗拉极限强度、弹性模量数值按 GB50010 相关规定采用，C80 以上混凝土轴心抗压极限强度、轴心抗拉极限强度、弹性模量数值按试验数据及实际应用，计算确定了管桩抗裂弯矩、抗弯弯矩、抗裂剪力，统一高性能桩产品检验要求。混凝土强度等级为 C105、C125 的混凝土性能参数应按本标准的表 6 采用。

6.2 外观质量及尺寸允许偏差

本条是对高性能桩外观质量及尺寸允许偏差的要求，明确应符合本标准表 7 和表 8 的相应规定。外观质量包括粘皮和麻面、桩身合缝漏浆、局部磕损、内外表面露筋、表面裂缝、桩端面平整度、断筋、脱头、桩套箍凹陷、内表面混凝土塌落等，尺寸允许偏差包括桩长、端部倾斜、边长（或外径）、最小壁厚、桩身弯曲度、端板的尺寸等。

6.3 混凝土保护层

本标准规定高性能桩的钢筋混凝土保护层厚度不应小于 35mm。这个是最低要求，也是符合国家强制性规范条文的最低要求，对于特殊要求环境下的高性能桩，保护层厚度应符合相关标准或规程的要求。

6.4 抗弯抗剪性能

本标准的附录 A 作为规范性附录，提供了高性能桩的抗弯及抗剪性能指标，这些指标也是作为高性能桩进行出厂和型式检验的指标，检验的结果应符合附录 A 的规定。

6.5 耐久性

高性能桩混凝土及桩身防腐要求应符合本标准表 9 和表 10 的规定，当高性能桩桩身防腐不满足本标准表 10 规定的防腐指标规定时，应采取相应措施进行防护，并应符合表 11 的规定。这些指标的制定主要根据 GB/T 50046-2018 进行制定的。当有特殊要求时，应符合其所在工程建设领域的相关标准的规定。

7 试验方法

7.1 混凝土抗压强度

本标准针对混凝土试件的留置、试验方法进行了规定，其中对于试件的留置进行规定如下：当混凝土配合比调整或原材料发生变更时，应制作 3 组标准试件，并与高性能桩同条件养护。每一个工作班连续 12 小时内拌制的同配合比混凝土：

a) 采用免压蒸工艺的高性能桩，应制作 3 组试件。其中：一组试件检验高性能桩脱模时混凝土抗压强度，一组试件检验 3d 的混凝土抗压强度，其余组备用。

b) 采用蒸压养护工艺的高性能桩，应制作 3 组试件。其中：一组试件检验高性能桩脱模时混凝土抗压强度，一组试件检验压蒸出釜后 1d 或冷却至常温的混凝土抗压强度，其余组备用。

进行混凝土抗压强度等级检验时，本标准规定了试件在拆模后放入标准养护室养护至 28d。采用压蒸养护工艺时，并与高性能桩同条件养护，出釜后冷却至常温。混凝土抗压强度试验方法应符合 GB/T 50081 的有关规定。

7.2 抗弯、抗剪试验试验方法

高性能桩的抗弯、抗剪试验应符合管桩国家标准 GB/T 13476、空心方桩行业标准 JG/T 197、实心方桩行业标准 JC/T 2723 的有关规定。这些相关标准中均已有详细的试验方法，本标准直接引用。

7.3 混凝土耐久性试验方法

本标准规定，高性能桩的混凝土耐久性试验方法应符合 GB/T 50082 的规定。

7.4 混凝土保护层厚度

本标准对于混凝土保护层厚度的检验主要根据管桩国家标准 GB/T 13476-2023 进行制定，包括了破损法和非破损法，这两种方法对于当前来说是最合理也是最符合实际情况的检验方法。本标准也明确规定，当进行仲裁或发生争议时以破损法测量为准。

7.5 尺寸的检查

本标准规定：尺寸的检查工具与方法见表 12，其中端板的厚度、外观质量和尺寸允许偏差检测按 JC/T 947 的有关规定执行。

8 检验规则

主要分为出厂检验和型式检验，其中本标准规定，出厂检验的项目主要包括混凝土抗压强度、开裂弯矩、外观质量、尺寸偏差等。型式检验的项目包括混凝土抗压强度、抗弯性能、混凝土保护层厚度、外观质量和尺寸允许偏差等项目，必要时由双方协商，还可增加试验项目。如无特殊要求，高性能桩接头处的抗弯性能和抗剪性能可以不检验。

出厂检验和型式建议的抽查批次及抽样与现行预制桩相关标准一致。

9 标志、产品合格证

本章节是对产品标志、产品合格证的规定。本标志应标在高性能桩表面距端头 1000 mm ~ 1500 mm 处。标志应包含制造厂厂名或注册商标、高性能桩标记、制造日期或高性能桩编号等。

本标准规定的产品合格证应包括下列内容：

- a) 合格证编号、本文件编号；
- b) 高性能桩品种、规格、型号、长度、壁厚及数量等；
- c) 混凝土强度等级；
- d) 尺寸偏差；
- e) 制造厂厂名、制造日期、出厂日期；
- f) 检验员签名或盖章(可用检验员代号表示)。

10 堆放、吊装和运输

10.1 贮存

本标准对高性能桩的贮存条件、堆放防护和堆放层数作出了规定，要求堆放场地坚实平整；堆放应采取有效安全保护措施；堆放层数应符合本标准表 13 的规定。

10.2 吊装

本标准规定不同长度的高性能桩在起吊时吊点设置。长度小于 15m 的单节高性能桩的吊装采用两支点法或两头勾吊法，长度大于 15m 的单节高性能桩的吊装采用多点吊。吊钩与高性能桩的水平夹角不小于 45°。单吊点起吊时，严禁拖行。装卸应轻起轻放，严禁抛掷、碰撞、滚落。主要是防止吊装过程中发生安全隐患。

10.3 运输

为防止高性能桩在运输过程中发生安全隐患，标准明确规定了在运输过程中的支承要求应符合本标准 10.1.2 条的规定，各层间应设置垫木，垫木应上下对齐，材质一致，同层垫木应保持在同一平面。在运输过程中应采用可靠的防滑、防滚等安全措施且应捆绑牢固。

附录 A（规范性）高性能桩抗弯、抗剪性能

附录 A 规定了高性能桩的抗弯、抗剪性能指标，这些指标是在进行出厂检验和型式检验时的主要依据。

附录 B（资料性）高性能桩抗压、抗拉性能

附录 B 作为资料性附录，列出了高性能桩的抗压、抗拉性能指标，这些指标是主要为了便于设计人员进行使用，无需另行计算，也是为了更便于本标准的推广与应用。

三、主要试验（验证）情况

编制组在启动工作会议后，在听取专家建议的基础上，对《先张法预应力高性能预制混凝土桩（草案）》进行了仔细认真的修改和完善，提出了《先张法预应力高性能预制混凝土桩》建材行业标准征求意见稿。在此同时，对“标准征求意见稿”中提出的技术指标及试验方法开展试验验证，主要对混凝土强度及性能参数等项目，开展实验验证工作。其中，产品耐久性能实测值见表 3。

表 3 产品耐久性能实测

标准、实测值 耐久性项目		国家标准			高性能混凝土 实测
		标准 值	使用范围	使用年 限	
抗冻性能	动弹性模量	≥80	严寒地区及除冰盐等其他氯化物环境	100 年	87.0
	循环次数	F400			F400
	质量损失	≤5.0			0.2%
抗硫酸盐性能		KS120	严重硫酸盐腐蚀环境	/	KS120
抗渗性能		国家标准最高 P12			P15
混凝土电通量 (C)		≤1000	严重氯盐腐蚀环境	100 年	454
氯离子扩散系数 (RCM) (10 ⁻¹² m ² /s)		≤4.0	严重氯盐腐蚀环境	100 年	0.90

编制组收集了部分强腐地区应用的工程案例，如港珠澳大桥人工岛（图 13）、宝钢湛

江钢铁厂（图 14）、山东神华国华寿光电厂一期（图 15）、山东滨州北海汇宏新材料有限公司（电解铝）项目（图 16）等工程广泛应用，所使用的高性能混凝土桩均满足设计要求。



图 13 港珠澳大桥人工岛



图 14 宝钢湛江钢铁厂



图 15 山东神华国华寿光电厂一期



图 15 山东滨州北海汇宏新材料（电解铝）项目

编制组收集整理了部分超高强预制桩应用的工程案例，如连锁铁路五峰山大桥桩基工程、连锁铁路邵伯立交桥桩基工程、南宁轻工商城桩基工程等项目（表 4），所使用的高性能混凝土桩均满足设计要求。

表 4 部分超高强高性能预制桩工程案例

工程名称	试验桩号	类型	桩径 (m)		桩长 (m)	持力层	竖向极限承载力标准值 (KN)	备注
			外芯	内芯				
连锁铁路五峰山大桥桩基工程	1#	搅拌植桩	1000	800	45	细砂	12000	PHC800AB130C105
	2#	搅拌植桩	1000	800	45	细砂	12000	
	5#	灌注桩	1000		58	中粗砂	9000	C40

	6#	灌注桩	1000		58	中粗砂	12000	
连镇铁路邵伯立交桥桩基工程	1#	搅拌植桩	1000	800	38	粘土	12000	PHC800AB130C105
	2#	搅拌植桩	1000	800	38	粘土	12000	
	4#	灌注桩	1000		50	粘土	11000	C40
	5#	灌注桩	1000		50	粘土	12000	
南宁轻工商城桩基工程	1#	灌注桩	800		21	中风化泥砂岩	4500	C35
	2#	灌注桩	800		21	中风化泥砂岩	4500	
	4#	旋挖植桩	800	600	18	强风化泥砂岩	6000	PHC600AB110C105
	5#	旋挖植桩	800	600	18	强风化泥砂岩	6000	

四、标准中所涉及的专利

本标准中不涉及专利与相关的知识产权。

五、产业化、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

先张法预应力高性能预制混凝土桩是可用于工业与民用建筑、市政、桥梁、铁路、公路、电力、水利水运等工程所使用的一种基桩材料，据不完全统计，我国每年预制桩的产量近 5 亿延米，产值近 800 亿元，生产企业数量近 600 家。随着我国工程建设的不断提升，先张法预应力高性能预制混凝土桩也将得到大力发展，生产规模将进一步扩大。

《先张法预应力高性能预制混凝土桩》建材行业标准的发布实施，将进一步规范高性能预制桩的质量要求、试验方法、检验规则等，进一步规范高性能预制桩生产企业和高性能预制桩施工企业的质量控制，以适应高性能预制桩的发展需要，为工业与民用建筑、市政、铁路、公路、桥梁、水利等工程建设的技术进步和质量提升提供可靠的保证。

本标准的制定，有利于高性能预制桩生产企业及使用单位的产品质量提升，促进高性能预制桩产品的技术进步和推广应用，进一步提高建设工程的工程安全和工程质量，具有很好的技术经济效益和社会效益前景。

六、采用国际标准和国外先进标准的情况

经检索，目前国外尚无同类专项相关标准。涉及高性能强混凝土桩的标准主要为日本的工业行业标准《Precast prestressed concrete products》(JIS A5373-2016)，其他国家暂无高性能

混凝土桩的专项产品标准，主要技术要求对比情况如下：

表 5.1 与国外高性能混凝土桩标准对比

标准	本标准	日本 ^[1]	美国	欧洲
适用范围	C100、C110、C120	圆柱体强度 80、85 相当于 150×150×150mm 标准立方体强度 C85、C105、C123	无单独的国家或行业 管桩标准，以企标为 准	无单独的国家或 行业管桩标准，以 企标为准
技术要求	(1) 同养护条件下立方体 轴心抗压极限强度、弹性模 量等满足《混凝土结构设计 规范》GB50010 -2010 相关规定。 (2) 预制桩抗弯、抗剪性 能满足表中检验值，与 GB/T 13476、JG/T197 等相 当。	(1) 同养护条件下立方体轴心抗压 极限强度等满足相关规定，其中立 方体轴心抗压极限强度 C85 为 72MPa。 (2) 预制桩抗弯、抗剪性能、轴压 抗弯满足检验值		
检验方 法	同 GB/T 13476、JG/T 197 等	(1) φ150×300mm 标准试块强度试 验， (2) 预制桩抗弯、抗剪试验	ACI 318M-05 ^[2] 规定 采用φ150×300mm 标 准试块强度试验	德国、英国及许多 欧洲国家采用边 长 150mm 立方体 试件。

[1] JISA 5373-2016 预制预应力混凝土制品；

[2] ACI 318M-05 美国混凝土结构建筑规范和注释。

本标准项目对应的国外先进标准主要为日本工业行业标准《Precast prestressed concrete products》(JIS A5373-2016)，在标准制定过程中将结合国内实际情况及日本已有的研究成果进行选用，使本标准更加符合我国的实际情况。

七、本标准与现行的相关法律、法规、规章及相关标准（包括强制性标准）

协调性情况

本标准符合现行的相关法律、法规、规章及相关标准（包括强制性标准）的要求，具有一致性。

本标准与《先张法预应力混凝土管桩》(GB/T 13476)、《预应力混凝土空心方桩》(JG/T 197) 等标准的主要技术要求保持一致性，符合现行的相关法律、法规、规章及相关标准的要求。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在编制过程中，未产生重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

建议将本标准作为推荐性标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

本标准发布实施后，相关部门应督促检查本标准的实施情况，并制定相应的实施方法，使本标准得到认真执行，真正起到指导生产、保证质量、促进产品质量提高的作用。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他说明

无其他说明事项。