

ICS 93.080  
P66  
备案号: 37591-2013

# DB32

## 江苏省地方标准

DB32/T 2283-2012

---

### 公路工程水泥搅拌桩成桩质量 检测规程

Inspection Specification for Cement Mixing pile Quality of  
Highway Engineerings

2012-12-28 发布

2013-03-28 实施

---

江苏省质量技术监督局 发布

## 目 次

1 总则 .....	1
2 术语和符号 .....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	2
3 现场检测 .....	4
3.1 仪器设备.....	4
3.2 人员配备.....	4
3.3 检测桩的确定.....	4
3.4 开钻前准备.....	4
3.5 钻探及取样.....	5
3.6 标准贯入试验.....	5
3.7 芯样描述.....	6
4 室内试验 .....	8
4.1 试验设备.....	8
4.2 试验操作流程.....	8
4.2.1 收样验样 .....	8
4.2.2 开样切样 .....	8
4.2.3 记录测量 .....	8
4.2.4 试验 .....	8
4.2.5 试验成果整理 .....	9
5 质量检验与评判 .....	10
5.1 一般规定.....	10
5.2 水泥搅拌桩检测施工质量的基本要求.....	10
5.3 水泥搅拌桩质量评分标准.....	10
6 检测报告编制 .....	12
附录 A .....	13
附录 B .....	14

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》进行编制。

本标准参照《江苏省高速公路水泥搅拌桩检测工作实施细则》苏高技（2003）147号及《江苏省高速公路水泥搅拌桩检测工作实施细则》的补充规定苏高技（2003）250号，经过广泛调查研究，充分分析江苏省高速公路多年水泥搅拌桩成桩质量的规律，认真总结江苏省水泥搅拌桩检测的实践经验 and 研究成果，并在广泛征求意见的基础上制定而成。

本标准附录A为规范性附录，附录B为资料性附录。

本标准由江苏省交通工程建设局提出并归口。

本标准起草单位：江苏省交通工程建设局、江苏省交通科学研究院股份有限公司、江苏省交通规划设计院股份有限公司、东南大学、同济大学。

# 江苏省公路工程水泥搅拌桩成桩质量检测规程

## 1 总则

1.1 为加强江苏省公路工程水泥搅拌桩成桩质量控制，保证软基处理质量，推进水泥搅拌桩检测和质量评定科学化、规范化和制度化，制定本规程。

1.2 本规程适用于江苏省公路工程复合地基中水泥搅拌桩（粉喷桩和湿喷桩）的成桩质量检测与评定。

1.3 本规程规定了江苏省公路工程水泥搅拌桩成桩质量检测的检测方法和要求、检测频率、检测龄期、质量评判方法和报告格式。

1.4 本规程规定的检测方法针对水泥搅拌桩的成桩质量提出，对于单桩承载力和复合地基承载力应参照其他有关标准进行试验和评判。

1.5 对水泥搅拌桩桩身抗压强度和承载力有特殊设计要求的工程，除按本规程的方法进行质量检测 and 评判外，尚需满足相关要求。

1.6 江苏省公路工程水泥搅拌桩成桩质量检测除应执行本规程外，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

##### 水泥搅拌桩 (Cement Mixing Pile)

以水泥作为主要固化剂,通过特制的深层搅拌机械,在地基深处将软土和固化剂强制搅拌,利用固化剂和软土之间所产生的一系列物理化学反应,使软土硬结成具有整体性、水稳定性和一定强度的桩体。根据喷射水泥状态的不同,分为粉体喷射搅拌桩(粉喷桩)和湿法喷射搅拌桩(湿喷桩)。

#### 2.1.2

##### 水泥搅拌桩成桩质量 (Cement Mixing Pile Quality)

施工后所形成的水泥搅拌桩桩体的强度、完整性和均匀性。

#### 2.1.3

##### 钻芯法 (Core Drilling Method)

用钻机钻取芯样以检测桩长、桩身缺陷、桩身强度、均匀性和连续性,判定桩身质量的方法。

#### 2.1.4

##### 水泥搅拌桩桩体质量指标 (Cement Mixing Pile Quality Designation)

采用 108mm 直径的钻头回转钻进,对水泥搅拌桩进行连续取芯,回次钻进所取芯样中,长度大于或等于 7cm 水泥石芯样段长度之和与该回次进尺的比值,以百分数表示。

### 2.2 符号

$N$  ——标准贯入试验锤击数;

$N'$  ——经杆长修正后的标准贯入试验锤击数;

$n$  ——标准贯入试验中所选取的任意贯入量的锤击数;

$\Delta S$  ——标准贯入试验贯入度;

$\alpha$  ——标准贯入试验锤击数杆长修正系数;

$N'_{28d}$  ——经龄期折减、杆长修正后的标准贯入试验锤击数;

$R$  ——无侧限抗压强度试验值;

$R'$  ——经高径比修正后的无侧限抗压强度；

$R'_{28d}$  ——经龄期折减、高径比修正后的无侧限抗压强度；

$\beta$  ——无侧限抗压强度高径比修正系数；

$CMPQD$  ——水泥搅拌桩桩体质量指标；

$d$  ——桩身直径；

$l$  ——桩长；

$s$  ——桩间距；

$l_i$  ——任意芯样段长度；

$L$  ——回次进尺。

### 3 现场检测

#### 3.1 仪器设备

3.1.1 钻机配以钻头、芯样管、泥浆泵、标准贯入试验设备。

3.1.2 取样器、样盒、封样材料等

3.1.3 水平尺、钢卷尺、皮尺。

3.1.4 现场记录本、芯样标签、照相器材等。

#### 3.2 人员配备

3.2.1 现场负责人 1 名，全面负责现场工作。

3.2.2 每台钻机配备至少 1 名专业技术人员负责现场技术工作。每机组应安排机长 1 名、副机长 1 名、取样员 1 名、辅助人员 2~3 名。

3.2.3 现场记录员应经过专门培训，熟悉水泥搅拌桩质量和检测要求。

#### 3.3 检测桩的确定

3.3.1 检测桩的成桩龄期一般在 28d 以上，特殊情况下可申请提前检测。

3.3.2 检测单位或业主根据施工单位及监理单位提供的桩位图和施工记录等资料，随机选定检测桩。检测桩应尽可能覆盖施工单位每个施工机组，且分布均匀。检测频率为 7‰，且每个段落不低于 5 根。

3.3.3 收集检测桩附近的地质勘察报告，特别是各土层的标准贯入试验锤击数，必要时应做补充勘察工作。

#### 3.4 开钻前准备

3.4.1 备案：施工单位、监理单位对所选检测桩的有关资料在《水泥搅拌桩检测桩登记表》（见附录 B 表 B.1）上进行确认，所选的检测桩须在业主方备案。

3.4.2 定桩位：采用皮尺等测量方法确定检测桩的位置，检测孔位布置在水泥搅拌桩桩头，并偏离中心 100mm 左右。

3.4.3 平整场地：以便钻机顺利就位。

3.4.4 调整钻机水平和垂直度：用水平尺进行钻机水平和垂直度校正。

### 3.5 钻探及取样

- 3.5.1 钻进宜采用直径 108mm 钻头，特殊情况下可采用直径 91mm 钻头。
- 3.5.2 采用回转钻进法，严格控制回次进尺，每回次进尺不超过 1.5m。
- 3.5.3 当孔底有残留芯样或浮泥时，标准贯入试验前要进行清孔。孔内取样时应保证残留浮土厚度不大于取土器废土段长度。
- 3.5.4 芯样取出后，依次摆放整齐，及时填写回次芯样牌，每回次均应选取有代表性芯样样品进行无侧限抗压强度试验。每根桩至少取三个芯样（上、中、下），遇加固效果较差土层时，可采用取土器取样。芯样不成型，无法取得芯样时，应在记录表内说明。检测过程中，应至少能在桩体取出的芯样中选取一个无侧限抗压强度试验芯样，否则该桩判定为不合格桩。
- 3.5.5 原状芯样须立即进行芯样描述并编号，注明时间、地点、检测孔号、深度、取样人等，填写水泥石芯样标签表（附录 B 表 B.4）。每根桩钻探完成后，及时对所取芯样进行拍照。
- 3.5.6 芯样描述内容：外观特征、气味、密实程度、均匀性、含灰量、硬度和状态等。
- 3.5.7 桩体分层以回次为基础。根据桩体土质变化情况划分评分过程中的桩体分层，每层应具有芯样描述、标准贯入试验的资料，填写水泥搅拌桩检测表（附录 B 表 B.2）。
- 3.5.8 钻进深度应超过施工桩长 0.5m，并取出桩底土样进行描述记录，据此确定实际桩长和端承情况。
- 3.5.9 芯样应及时密封保存，并在 3d 内按本规程第 4 章规定进行无侧限抗压强度试验。

### 3.6 标准贯入试验

- 3.6.1 标准贯入试验孔采用回转钻进，下钻具时应缓慢下放，避免松动孔底土。当钻至试验标高以上 15cm 处，清除孔底残土后再进行试验。
- 3.6.2 沿桩体深度方向每隔 1.5m 进行一次标准贯入试验。当标准贯入试验锤击数小于 10 击时，应减小回次进尺，增加取芯。
- 3.6.3 标准贯入试验所用的钻杆应定期检查，钻杆相对弯曲应小于 1/1000。
- 3.6.4 标准贯入试验时，采用自动脱钩的自由落锤法进行锤击，并减少导向杆与锤击间的摩阻力，避免锤击时的偏心和侧向晃动。
- 3.6.5 标准贯入试验时，先将整个杆件系统连同静置于钻杆顶端的锤击系统一起下到孔底。标准贯入试验分两阶段进行：
- a) 预打阶段：先将贯入器打入土中 15cm，如锤击已达 30 击，贯入度未达 15cm，记录实际贯入度。
- b) 试验阶段：将贯入器再入土 30cm，记录每打入 10cm 的锤击数，累计打入 30cm 的锤击

数即为标准贯入击数。当累计击数已达 30 击，而贯入度未达 30cm，应终止试验，记录实际贯入度  $\Delta S$ ，按式 (3.6.5) 换算成相当于 30cm 的标准贯入试验锤击数  $N$ 。

$$N=30 \times \frac{30}{\Delta S} \quad (3.6.5)$$

式中： $N$ ——标准贯入试验锤击数；

$\Delta S$ ——对应锤击数的贯入度(cm)。

3.6.6 提出贯入器，对贯入器中的土样进行鉴别，描述记录。

3.6.7 实测标准贯入试验锤击数依据试验杆长按式 (3.6.7) 进行修正，标准贯入试验锤击数杆长修正系数见表 3.6.7。

$$N' = \alpha \cdot N \quad (3.6.7)$$

式中： $N'$ ——经杆长修正后的标准贯入试验锤击数；

$\alpha$ ——标准贯入试验锤击数杆长修正系数。

表 3.6.7 标准贯入试验锤击数杆长修正系数

探杆长度(m)	≤3	6	9	12	15	18	21
修正系数 $\alpha$	1.0	0.92	0.86	0.81	0.77	0.73	0.70

3.6.8 标准贯入试验锤击数经杆长修正后，再根据龄期折减。桩体龄期不足 28d 的，不考虑增加；桩体龄期超过 28d 的，每超过 1d 折减 1%，当折减率达到 30% 时，不再进行折减。

### 3.7 芯样描述

3.7.1 通过钻探进程和标准贯入试验判断桩身强度及桩体连续性，同时观察标贯器中水泥土搅拌的均匀程度、成桩状态以及端承情况，并判断桩长。描述内容包括：

- 芯样性质：分为土、水泥土、水泥；
- 颜色：分为灰色、灰黑色、灰黄色等；
- 状态：分为流塑、软塑、可塑、硬塑、坚硬，可按表 3.7.1-1 进行鉴别；

表 3.7.1-1 水泥土芯样状态现场鉴别

状 态	流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬
现场鉴别	土柱不能直立，自行变形	1、手捏很软，易变形； 2、用力不大就能按成坑。	手按有指印，但手捏不易变形。	1、手按无指印； 2、用力掰能裂开或成块。	干而坚硬，很难掰成块

- 搅拌均匀性：按表 3.7.1-2 的规定划分桩体搅拌均匀性。

表 3.7.1-2 水泥石芯样描述标准

搅拌均匀性	现场取芯情况
搅拌均匀	水泥石搅拌纹理清晰，无水泥粒块
搅拌不够均匀	水泥石搅拌纹理不连续，含水泥粒块且颗粒直径<2cm
搅拌不均匀	水泥石无搅拌纹理，夹水泥块或较多水泥富集块，且水泥石结块颗粒直径>2 cm

3.7.2 用直尺量取每节芯样长度  $l_i$ ，并按顺序记录（芯样长度小于 7cm 的不需记录），填入附录 B 中表 B.2，并按式（3.7.2）计算水泥搅拌桩桩体质量指标  $CMPQD$  值。

$$CMPQD = \frac{\sum l_i}{L} \times 100 \quad (3.7.2)$$

式中： $CMPQD$ ——水泥搅拌桩桩体质量指标（%）；

$L$ ——回次进尺（cm）；

$l_i$ ——该回次进尺中，长度大于或等于 7cm 芯样段的长度（cm）。

## 4 室内试验

### 4.1 试验设备

4.1.1 压力机或万能试验机及配套附件，压力机的精度为 0.1N。

4.1.2 切割机、磨石机。

4.1.3 切土刀、钢丝锯。

4.1.4 盛样盘、卡尺、直尺等。

### 4.2 试验操作流程

#### 4.2.1 收样验样

收到芯样后，按照送样单清点土样查核样数，履行相应手续，并及时进行无侧限抗压强度试验。

#### 4.2.2 开样切样

- a) 开样前检查芯样密封、标签完整、标签字迹清楚等情况。
- b) 开样时不得撕坏标签。
- c) 切样时两端面应平整，试样两端面不平整度误差不得大于 0.5mm。
- d) 两端面应垂直于试样轴线，最大偏差不得大于 1°。
- e) 试件高度与直径之比宜为 1.0~2.0（根据试样软硬程度作适当调整）。
- f) 切好的试样连同原标签送专人记录。

#### 4.2.3 记录测量

- a) 详细记录原始标签上的内容，包括工程名称、标段里程号、试样野外编号、芯样采集深度、采样日期、芯样状态（坚硬、硬塑、可塑、软塑、流塑）。
- b) 对试样进行室内描述，以校核野外记录。
- c) 制备好的试样须精确测量其高度、直径（精确到 1mm）。试样形状如有残缺应在记录表中注明，记录表格式参考附录 B 表 B.3。

#### 4.2.4 试验

- a) 将试件置于试验机承压板中心，调整球形座使试件两端面均匀接触。

b) 以每秒 0.2MPa~0.5MPa 的速率加荷（软弱土样可适当降低加荷速率），直至试样破坏，记录破坏荷载（精确到 0.1N）。

c) 试验宜在现场进行。

#### 4.2.5 试验成果整理

a) 按式（4.2.5-1）计算试件无侧限抗压强度：

$$R = \frac{P}{A} \quad (4.2.5-1)$$

式中： $R$ ——试件无侧限抗压强度（MPa）；

$P$ ——试件破坏荷载(N)；

$A$ ——试件截面积(mm<sup>2</sup>)。

针对试件的不同高径比，对试样的无侧限抗压强度按式（4.2.5-2）进行修正。

$$R' = R \times \beta \quad (4.2.5-2)$$

式中： $R'$ ——修正后的无侧限抗压强度值（MPa）；

$R$ ——试验测得的无侧限抗压强度值（MPa）；

$\beta$ ——高径比修正系数，按表 4.2.5 取用。

表 4.2.5 高径比修正系数标准值

高径比	<0.79	1.11	1.30	1.48	1.67	1.85	2
修正系数 $\beta$	0.85	0.89	0.93	0.96	0.97	0.98	1

b) 根据高径比修正后的无侧限抗压强度，还应按龄期进行折减，按折减后的强度  $R'_{28d}$  进行质量评判：桩体龄期不足 28d 的试样，直接记录其修正后的强度值  $R'$ ；对于桩体龄期超过 28d 的试样，强度须折算成 28d 强度，按每增加 1d 降低 1%对修正后的强度  $R'$  进行折减，最多折减 50%。

c) 将工程名称、标段里程号、试样野外编号、芯样采集深度、采样日期、芯样状态（坚硬、硬塑、可塑、软塑、流塑）、试样尺寸、破坏荷载、无侧限抗压强度等，记入附录 B 表 B.3。

## 5 质量检验与评判

### 5.1 一般规定

5.1.1 桩距、桩径、水泥参入量的检测控制由监理进行全程检验控制，检测单位应检查现场记录和电子记录。

5.1.2 桩长、桩身质量在施工单位自检基础上，进行进一步检测。

### 5.2 水泥搅拌桩检测施工质量的基本要求

5.2.1 施工记录齐全，记录正确。

5.2.2 桩距、桩径、水泥掺入量、桩长、倾斜度等指标须达到设计和规范要求，否则判定为不合格桩。

5.2.3 沿深度方向 0.3m 长度范围内桩身水泥含量过少，且芯样为软~流塑状态的软土或松散砂土时，判定该桩为断桩，属不合格桩。

5.2.4 实测桩长（施工、监理单位在附录 B 中表 B.2 中确认的长度）比设计值短 0.5m 以上时，判定该桩为短桩，属不合格桩。

5.2.5 加固淤泥质粘性土时，当标准贯入试验锤击数小于 4 击，且芯样无侧限抗压强度  $R$  小于 0.03MPa，或无法取得芯样，则判定为不合格桩。

5.2.6 检测前应通过资料收集或必要的补充勘察等手段取得原状土的标准贯入试验锤击数等参数，若桩身某层土平均标准贯入试验击数低于相应软土层平均标准贯入试验击数的 1.5 倍时可判为不合格桩。

### 5.3 水泥搅拌桩质量评分标准

#### 5.3.1 评分标准

根据芯样的硬度或状态、无侧限抗压强度、标准贯入试验锤击数、桩体质量指标，按以下原则以及表 5.3.1-1 和表 5.3.1-2 的规定对每层的各个指标分别计分。

a) 上、下部以 5m 划分：桩长在 5m 以内的，全桩均按上部标准评判；桩长大于 5m 的，0~5m 范围按上部标准评判，5m 以下部分按下部标准评判。

b) 标准贯入试验锤击数、无侧限抗压强度和桩体质量指标等指标在中间值时，采用线性插入法计分。

c) 当硬度或状态描述为两种状态之间时，取中值。

表 5.3.1-1 上部计分标准

硬度或状态		标准贯入试验		无侧限抗压强度		桩体质量指标	
硬度	记分	击数 $N'_{28d}$	记分	强度 $R'_{28d}$ (MPa)	记分	$CMPQD$ (%)	记分
坚硬	100	$\geq 25$	100	$\geq 0.50$	100	$\geq 55$	100
硬塑	75	15	75	0.30	75	40	75
软塑—可塑	25-50	5	50	0.05	50	25	50
流塑	0	$< 5$	0	$< 0.05$	0	$< 15$	0

表 5.3.1-2 下部计分标准

硬度或状态		标准贯入试验		无侧限抗压强度		桩体质量指标	
硬度	记分	击数 $N'_{28d}$	记分	强度 $R'_{28d}$ (MPa)	记分	$CMPQD$ (%)	记分
坚硬	100	$\geq 20$	100	$\geq 0.50$	100	$\geq 55$	100
硬塑	75	10	75	0.20	75	40	75
软塑—可塑	25-50	4	50	0.03	50	25	50
流塑	0	$< 4$	0	$< 0.03$	0	$< 10$	0

### 5.3.2 计分方法

a) 计算各层得分时，标准贯入试验锤击数按 70%计，无侧限抗压强度按 15%计，硬度或状态描述按 10%计，桩体质量指标按 5%计。

b) 当某层缺无侧限抗压强度的检测数据时，则不计该检测项目，按标准贯入试验锤击数 80%、硬度或状态描述 10%，桩体质量指标按 10%，计算该层分数。

c) 根据各层得分，采用层厚加权平均分别得出上、下部得分。

d) 上、下部的平均值为该桩综合得分。

### 5.3.3 总体评价

a) 上部应不低于 75 分，下部应不低于 60 分，否则判为不合格桩。

b) 各检测桩根据综合得分按以下标准分为四级：90~100 分为优，80~89 分为良，67.5~79 分为合格，小于 67.5 分为不合格。

## 6 检测报告编制

6.0.1 每次检测完成后，及时提交检测报告。

6.0.2 水泥搅拌桩检测报告应包括以下内容：

a) 概述：简要介绍工程概况，建设、勘察、设计、监理和施工单位，委托方名称，检测目的、检测依据、检测数量、检测日期以及检测成果汇总表，受检桩路段的工程地质情况（特别是各土层的标准贯入试验锤击数）等。

b) 检测试验方法：包括现场桩位的确定方法、现场测试方法以及室内试验方法。

c) 水泥搅拌桩桩身抽检成果表：包括检测孔号、所处位置、桩排号、龄期、每一深度处的标贯击数及无侧限抗压强度值，各桩评分计算资料，按附录 B 表 B.5 规定内容填写。

d) 水泥搅拌桩桩身抽检成果表（附录 B 表 B.2）：应采用现场原始记录复印件。

e) 水泥搅拌桩综合质量评定：对每根桩的桩身质量进行评分、判定，并对整批桩的桩身质量进行综合评价。

f) 附件：现场检测记录、业主委托检测文件、检测桩位图、芯样照片等

附录 A  
(规范性附录)

不合格桩处理办法

- A.0.1 不合格桩按照第 5 章进行判定，应做到事实清楚、证据充分、结论正确、判定公正。
- A.0.2 现场发现不合格桩，应及时向业主及有关质量检测部门报告。
- A.0.3 若某一检测段出现 1 根不合格桩，承包人可向业主提出申请复测。复测时在不合格桩附近随机抽取 2 根桩进行扩大检查。如 2 根桩全部合格，则该桩所代表的这批桩总体评定为合格，无需加桩。若 2 根桩中有 1 根不合格，则该检测段整批桩评定为不合格，需进行补桩。
- A.0.4 对于不合格桩，承包人可委托检测单位采用静力载荷试验等其他有效方法进行复核，但需制定合理的检测方案，报业主备案并经批准后方可进行。



表 B.2 水泥搅拌桩现场检测表

工程\_\_\_\_\_ 标段\_\_\_\_\_ 里程\_\_\_\_\_ 桩排号\_\_\_\_\_ 检测孔编号 \_\_\_\_\_  
 施工单位\_\_\_\_\_ 施工桩长\_\_\_\_\_ 实际水泥量 kg/m \_\_\_\_\_  
 总桩数\_\_\_\_\_ 施工日期 \_\_\_\_\_ 检测日期 \_\_\_\_\_ 龄期\_\_\_\_\_d

层号	层底深度(m)	层厚(m)	芯样名称	桩芯描述	状态	芯样长度(cm)	深度(m)	标贯击数 $N$	抗压强度 $R'$ (MPa)	桩体质量指标 $CMPQD$ (%)	备注
							0				
							1				
							2				
							3				
							4				
							5				
							6				
							7				
							8				
							9				
							10				
							11				
							12				
							13				
							14				
							15				

实测桩长为：\_\_\_\_\_；

评分的分层建议：\_\_—\_\_m； \_\_—\_\_m； \_\_—\_\_m； \_\_—\_\_m； \_\_—\_\_m； \_\_—\_\_m； \_\_—\_\_m； \_\_—\_\_m；  
 \_\_—\_\_m； \_\_—\_\_m； \_\_—\_\_m；

现场检测人员签字：机长\_\_\_\_\_； 现场记录人员：\_\_\_\_\_； 技术负责\_\_\_\_\_；

得分：上部\_\_\_\_下部\_\_\_\_； 综合质量评定意见\_\_\_\_； 审定\_\_\_\_\_。

表 B.3 室内无侧限抗压试验记录表

工程名称	里程	芯样编号	取样深度(m)	采样日期	平均直径(cm)	芯样高度(cm)	破坏压力(kN)	无侧限抗压强度 $R$ (MPa)	高径比修正后无侧限抗压强度 $R'$ (MPa)	芯样状态	备注

仪器操作：\_\_\_\_\_；切样：\_\_\_\_\_；记录：\_\_\_\_\_。

表 B.4 水泥土芯样标签

工 程 名 称	_____
标 段	_____
里 程 号	_____
检 测 孔 编 号	_____
取 样 深 度 ( 米 )	_____
芯 样 名 称	_____
颜 色	_____
状 态	_____
取 样 时 间	_____
现 场 记 录	_____

