

# 钢筋混凝土空心墩柱

## 1 试件参数

为研究 CFRP 加固桥墩的冲击性能，设计 9 个试件。试件截面均为矩形空心截面，外边长为 500mm×500mm，壁厚 120mm，桥墩高度为 2750mm。在桥墩底部设计尺寸为 500mm（高）×800mm（宽）×1300（长）mm 的横梁，用于边界条件设定。混凝土强度均采用强度等级为 C35 的混凝土，钢筋均采用 HRB400 级钢筋。保护层厚度为 15mm。试验变化参数有：（1）纵筋配筋率；（2）配箍率；（3）轴压比；（4）是否加固。

表 1 试件参数

编号	截面 B(mm)	截面 H(mm)	壁厚 b(mm)	墩高 (mm)	纵筋直径 (mm)	纵筋 数量	箍筋(横向钢筋) 直径(mm)	箍筋(横向钢筋) 间距(mm)
1	500	500	120	2750	8	28	8	100
2	500	500	120	2750	8	32	8	100
3	500	500	120	2750	8	24	8	100
4	500	500	120	2750	8	28	8	125
5	500	500	120	2750	8	28	8	150
6	500	500	120	2750	8	28	8	100
7	500	500	120	2750	8	28	8	100
8	500	500	120	2750	8	28	8	100
9	500	500	120	2750	8	32	8	100

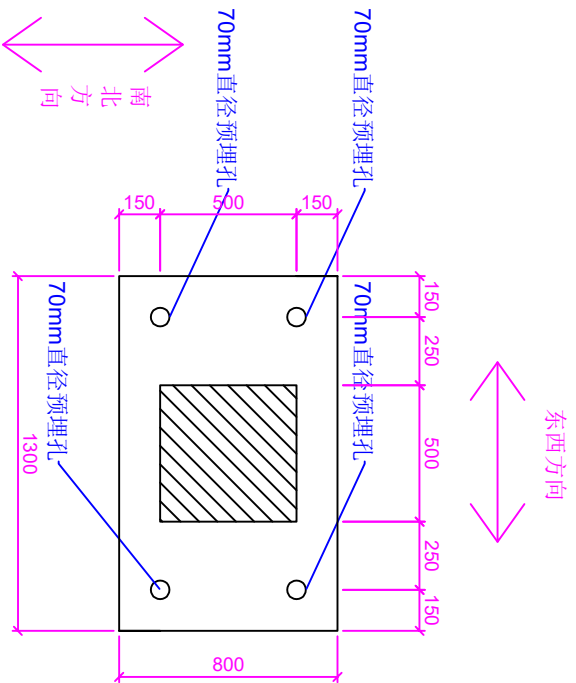
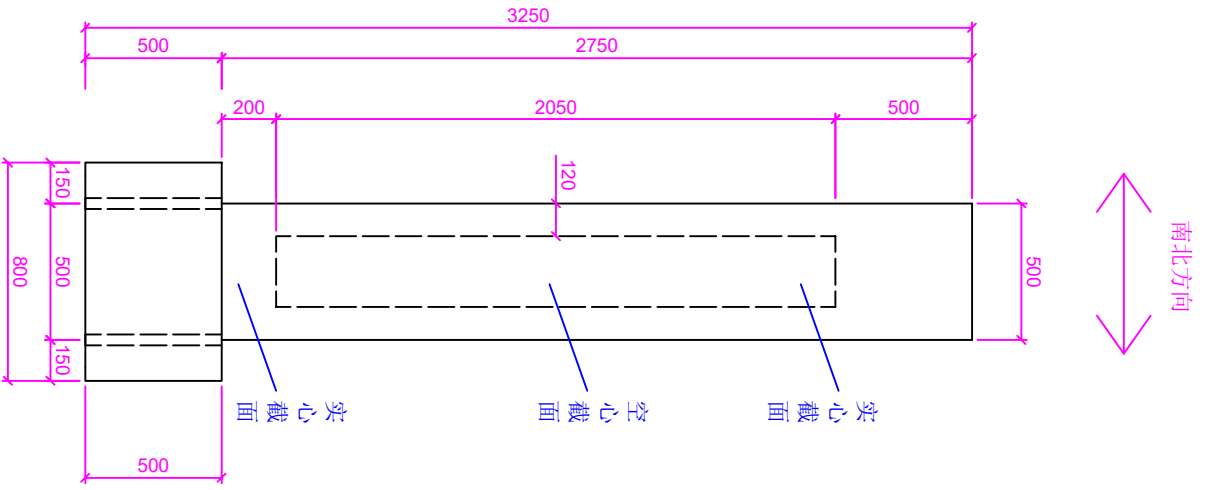
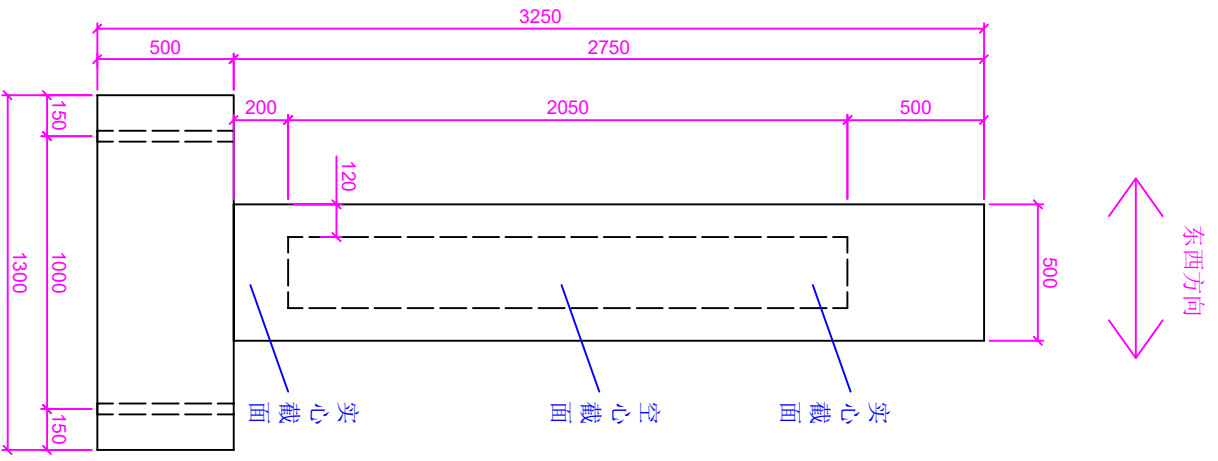
表 2 底梁参数

截面宽 度(mm)	截面高 度(mm)	长度 (mm)	纵筋直径 (mm)	纵筋数量	箍筋(横向钢筋) 直径(mm)	箍筋(横向钢筋) 间距(mm)
800	500	1300	20	顶部 6 根 中部 2 根 底部 6 根	8 (4 肢箍)	100

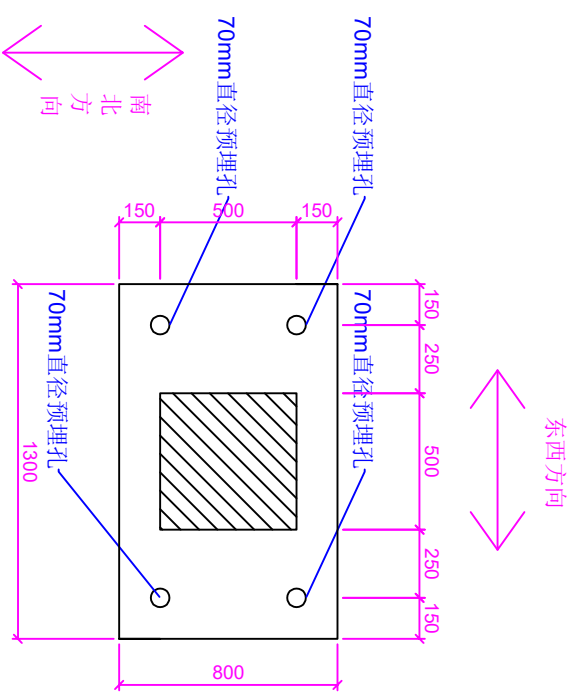
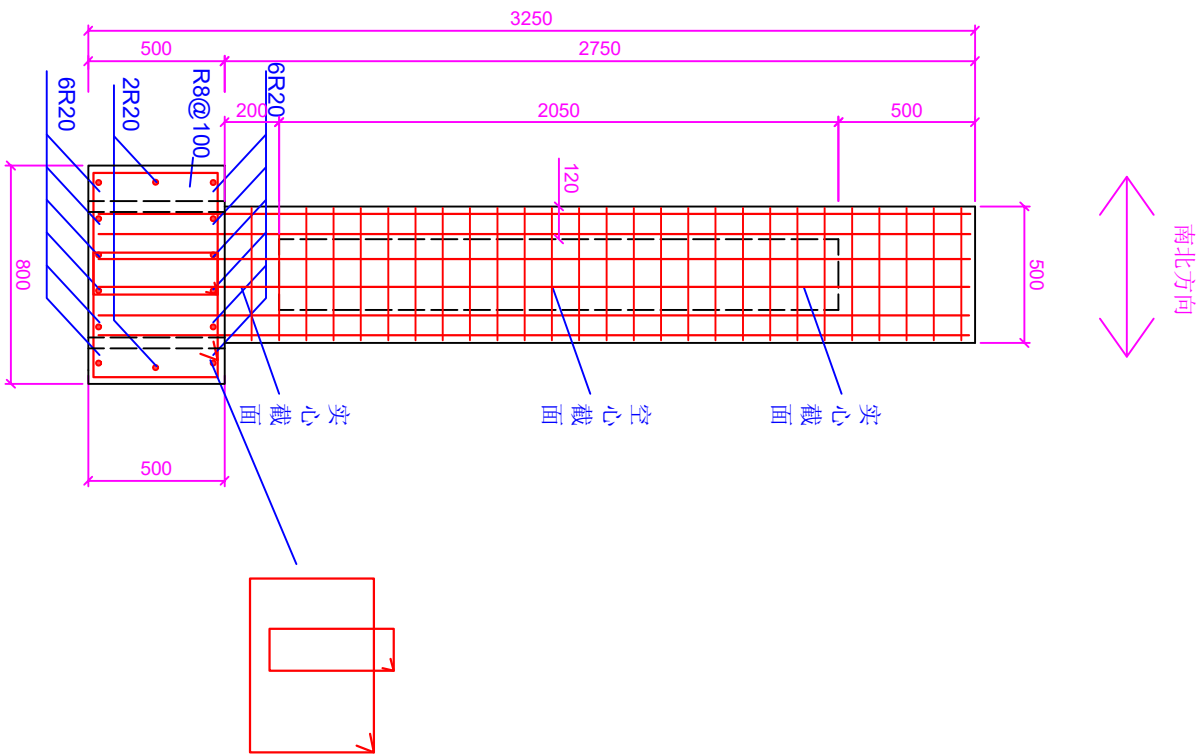
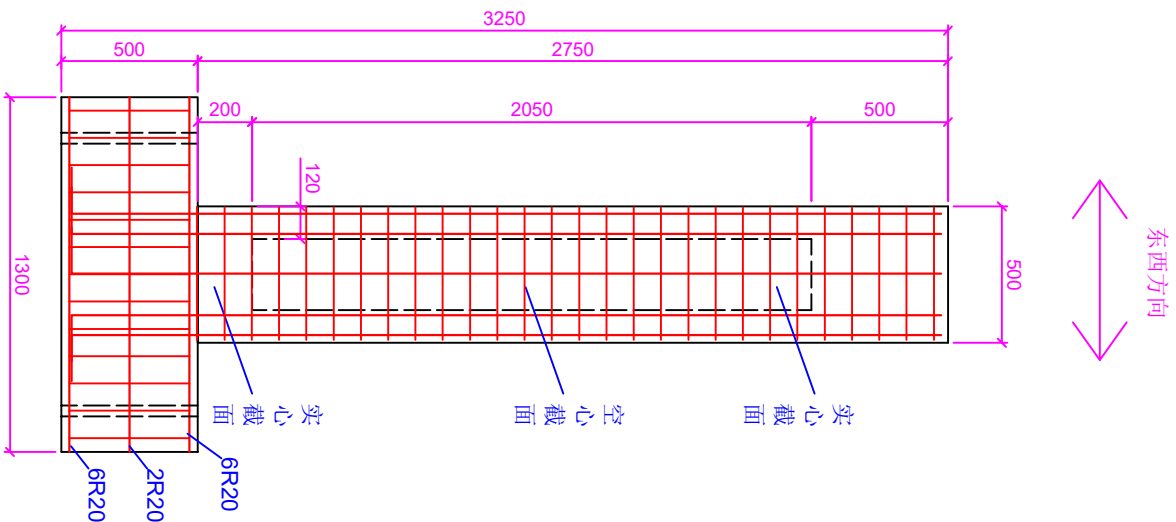
## 2 钢筋应变片

表 3 应变片数量

编号	纵筋 3AA	箍筋 3AA	单个试件 3AA
1	24	12	36
2	24	12	36
3	24	12	36
4	24	12	36
5	24	12	36
6	24	12	36
7	24	12	36
8	24	12	36
9	24	12	36
总计			324



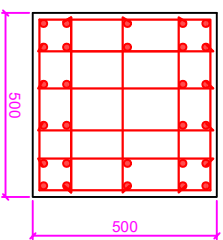
1-整体尺寸



2-整体配筋

实心截面

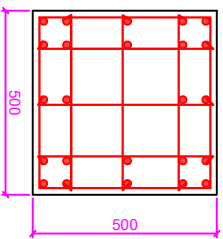
南北方向



横向钢筋：直径8mm，间距100mm

东西方向

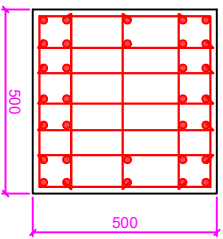
南北方向



横向钢筋：直径8mm，间距100mm

东西方向

南北方向

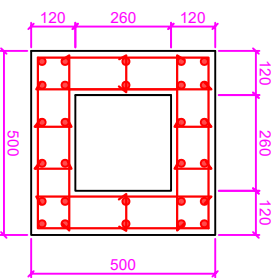


横向钢筋：直径8mm，间距100mm

东西方向

空心截面

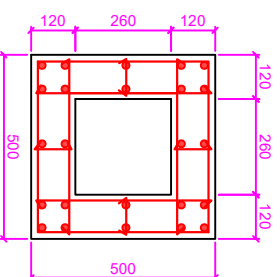
南北方向



横向钢筋：直径8mm，间距见参数表

东西方向

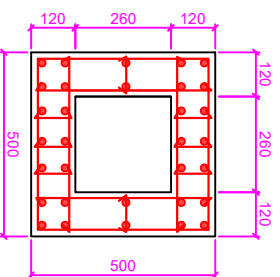
南北方向



横向钢筋：直径8mm，间距见参数表

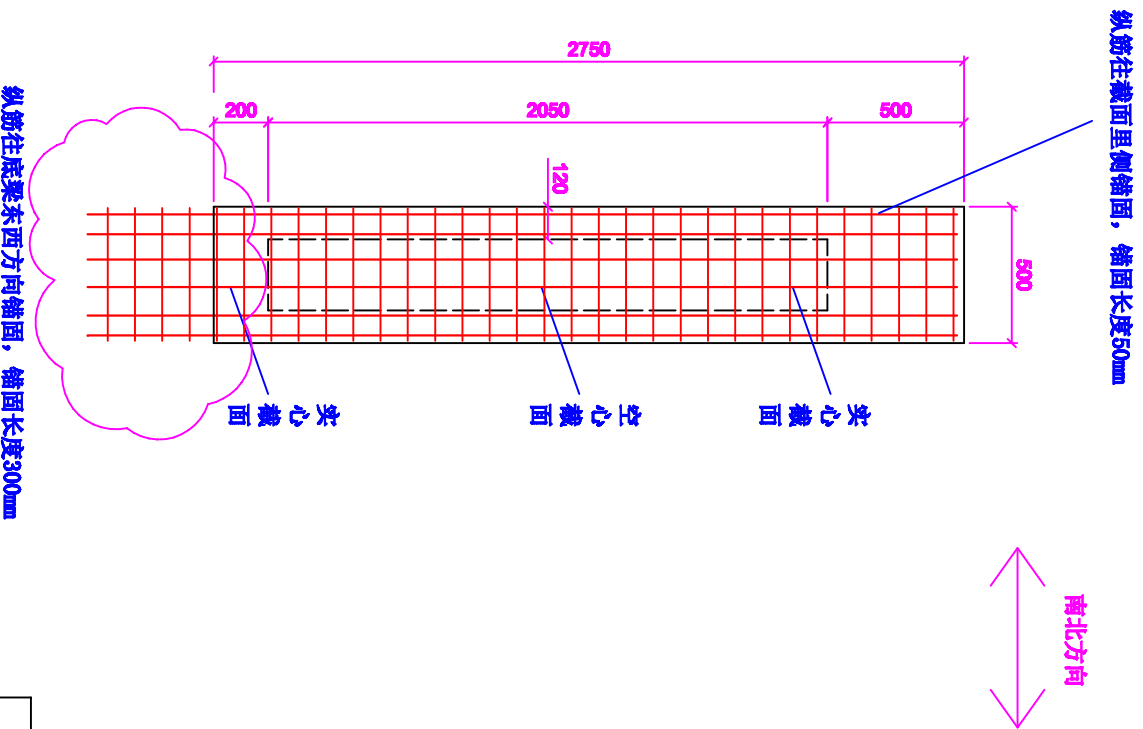
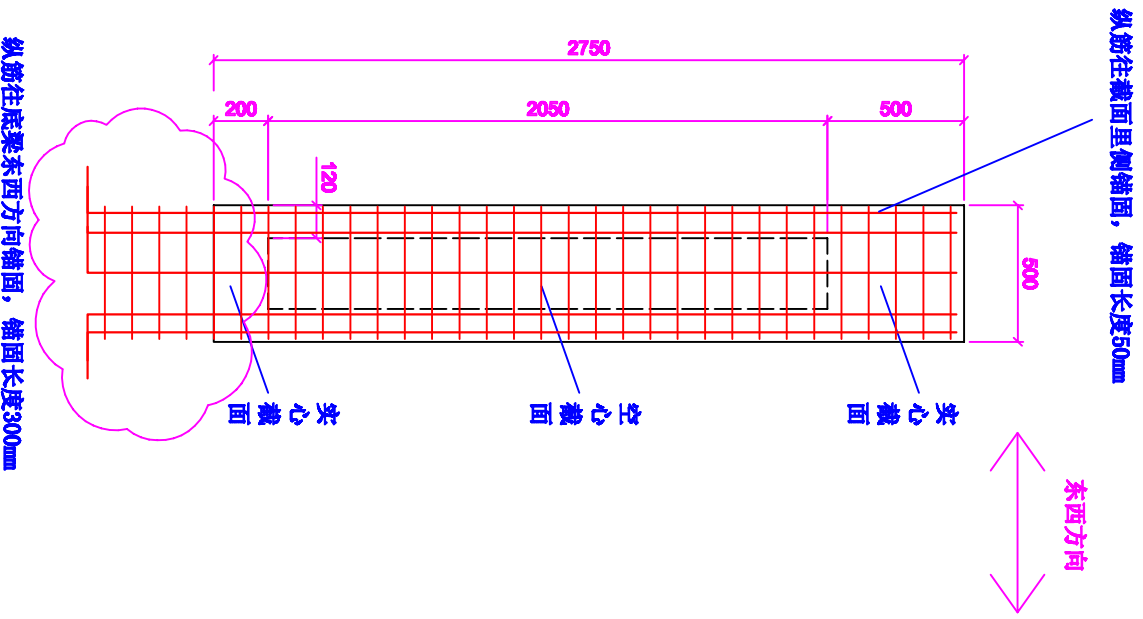
东西方向

南北方向

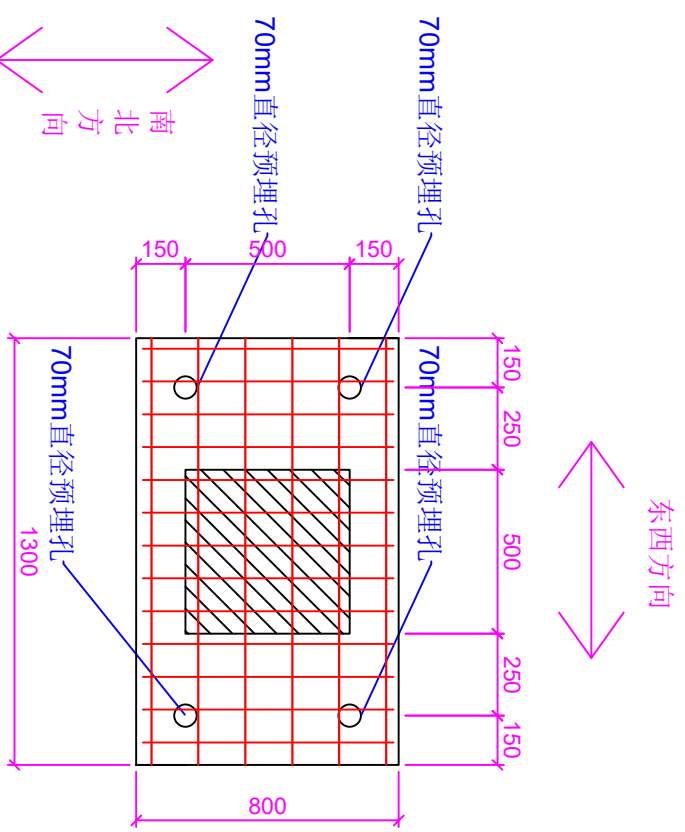
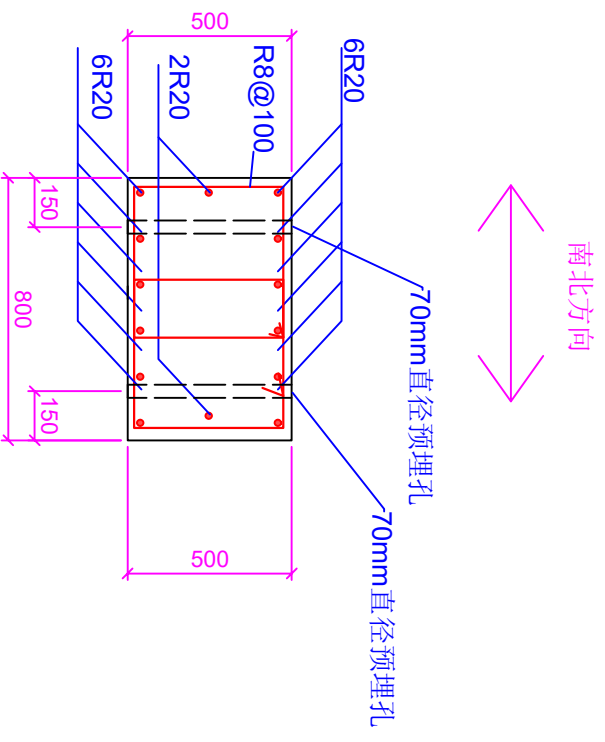
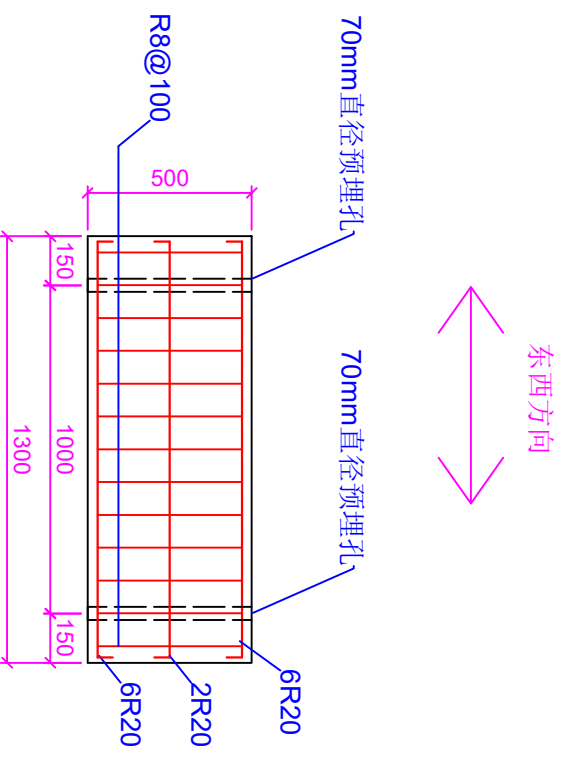


横向钢筋：直径8mm，间距见参数表

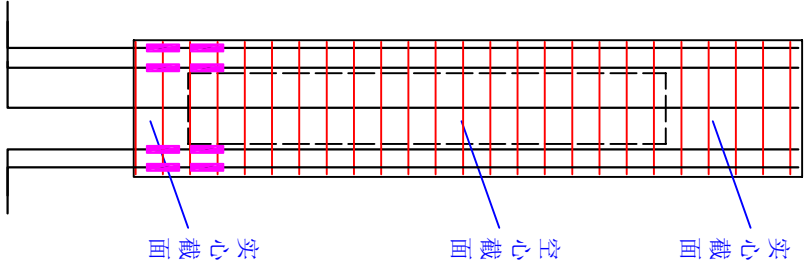
东西方向



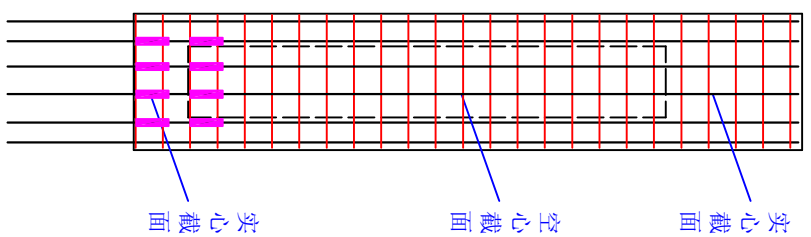
4-墩身配筋



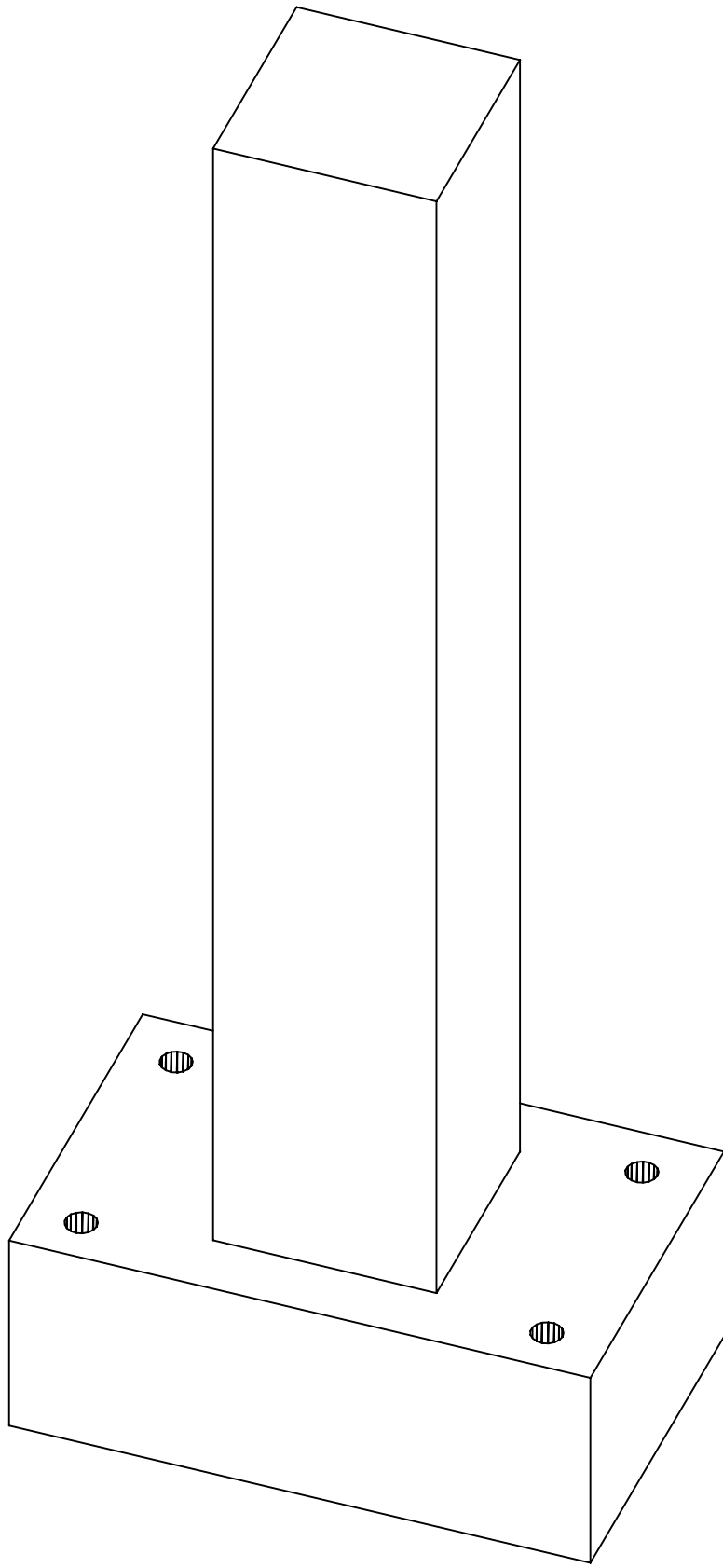
东西方向



南北方向



6-钢筋应变片





# FRP-混凝土试件

## 1.1 研究目的

## 1.2 试件设计

### 1.2.1 试验参数

本试验研究目的是通过双剪切粘结试验，了解钢纤维混凝土不同断裂模式（剪切、剪切和剥离组合）下与 FRP 材料之间的粘结性能。

混凝土选用 C35 普通混凝土和 UHPC。C35 普通混凝土组成材料是水、水泥、砂、石子，其配合比为：水：水泥：砂：石子= 0.44 : 1 : 1.225 : 2.485。本试件的钢纤维混凝土是在 C35 混凝土的前提下加入 1%的端钩型钢纤维。UHPC 配合比为：水泥：硅灰：砂：水：外加剂：钢纤维=0.924： 0.176： 1.1： 0.154： 0.023： 0.195。

粘合剂采用常用的 FRP 片材粘结剂（神力牌环氧树脂 A、B 胶），使用时按重量比 1:1 配制。FRP 材料与试件之间存在 40mm 的未粘结区域长度。

传力筋采用 HRB400 级月牙肋钢筋，钢筋直径为 20mm，单根长为 550mm，弹性模量为 200GPa，抗拉强度为 400MPa。本次试验钢筋作为辅助加载使用，其力学性能对试验结果没有影响。

试件总共 50 个（每个共有 2 块混凝土块+FRP，共计 100 个混凝土块），试验的变化参数有：（1）FRP；（2）初始角度；（3）混凝土类型。FRP 材料分别采用 CFRP 板和 FRP 布。具体参数详情可见表 1。

表 1 构件参数详情

试件编号	数量	混凝土类型	设计初始角度	钢纤维类型	纤维掺量 (体积%)	纤维直径/长度 (mm)	FRP 类型	FRP 长度 (mm)	FRP 宽度 (mm)	未粘结区域 长度 (mm)
SFRC-EHT-R-0	2	钢纤维混凝土	0	端钩型 (End hook type)	1%	0.75/35	CFRP 板	610	50	40
SFRC-EHT-R-3	2	钢纤维混凝土	3	端钩型 (End hook type)	1%	0.75/35	CFRP 板	610	50	40
SFRC-EHT-R-5	2	钢纤维混凝土	5	端钩型 (End hook type)	1%	0.75/35	CFRP 板	610	50	40
SFRC-EHT-R-10	2	钢纤维混凝土	10	端钩型 (End hook type)	1%	0.75/35	CFRP 板	610	50	40
SFRC-EHT-0	2	钢纤维混凝土	0	端钩型 (End hook type)	1%	0.75/35	FRP 布	610	50	40
SFRC-EHT-3	2	钢纤维混凝土	3	端钩型 (End hook type)	1%	0.75/35	FRP 布	610	50	40
SFRC-EHT-5	2	钢纤维混凝土	5	端钩型 (End hook type)	1%	0.75/35	FRP 布	610	50	40
SFRC-EHT-10	2	钢纤维混凝土	10	端钩型 (End hook type)	1%	0.75/35	FRP 布	610	50	40
SFRC-EHT-15	2	钢纤维混凝土	15	端钩型 (End hook type)	1%	0.75/35	FRP 布	610	50	40
SFRC-EHT-20	2	钢纤维混凝土	20	端钩型 (End hook type)	1%	0.75/35	FRP 布	610	50	40
UHPC-EHT-R-0	2	UHPC	0	-	-	-	CFRP 板	610	50	40
UHPC-EHT-R-3	2	UHPC	3	-	-	-	CFRP 板	610	50	40
UHPC-EHT-R-5	2	UHPC	5	-	-	-	CFRP 板	610	50	40
UHPC-EHT-R-10	2	UHPC	10	-	-	-	CFRP 板	610	50	40

UHPC-EHT-0	2	UHPC	0	-	-	-	FRP 布	610	50	40
UHPC-EHT-3	2	UHPC	3	-	-	-	FRP 布	610	50	40
UHPC-EHT-5	2	UHPC	5	-	-	-	FRP 布	610	50	40
UHPC-EHT-10	2	UHPC	10	-	-	-	FRP 布	610	50	40
UHPC-EHT-15	2	UHPC	15	-	-	-	FRP 布	610	50	40
UHPC-EHT-20	2	UHPC	20	-	-	-	FRP 布	610	50	40

## 1.2.2 试件的设计与制备

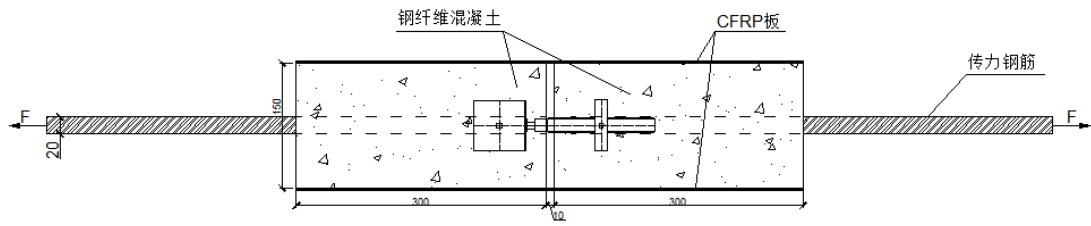


图 1-1 SFRC-EHT-0 俯视图

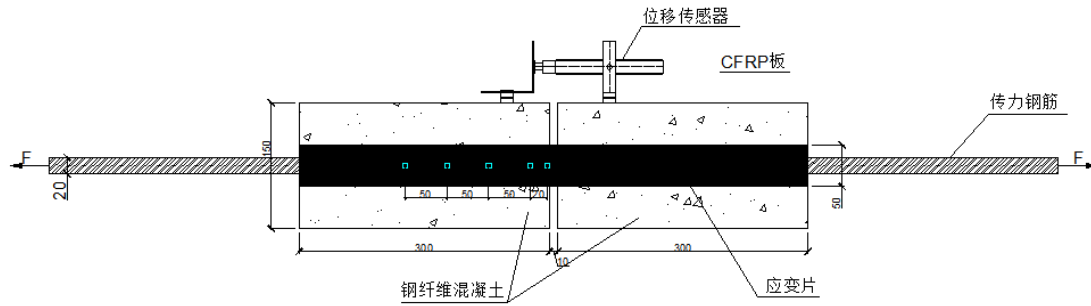


图 1-2 SFRC-EHT-0 主视图

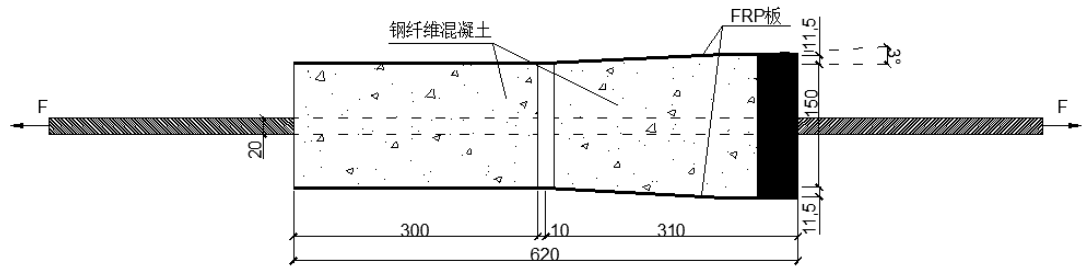


图 1-2 SFRC-EHT-3 俯视图

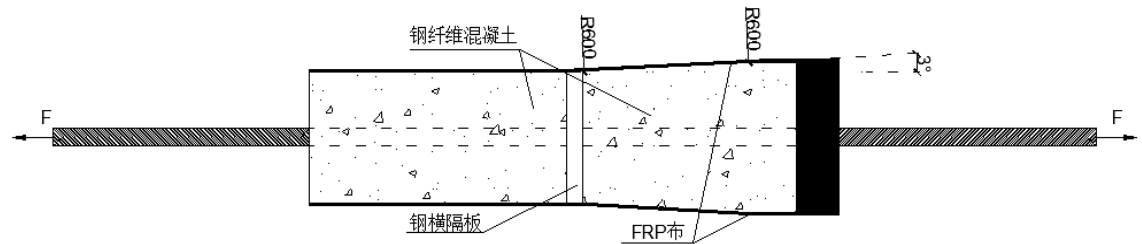


图 1-2 SFRC-EHT-R-3 俯视图

图 1 构件示意图

### (1) 试件的设计与制作

本研究采用双剪试验方法，在混凝土的浇铸过程中埋入钢筋，钢筋贯穿混凝土试块的横截面形心，并在混凝土截面一端延伸出一段为试件的受拉加载提供方便。为保证钢筋在混凝土中始终保持水平，防止偏心。在等截面与非等截面之间放置一个提前做好孔洞的钢质或木质的横隔板。在涂环氧胶粘剂前，将混凝土表面用盘式砂光机打磨光滑后，用钢丝刷和喷风

清理干净，去除水泥膏和灰尘。用硬橡胶滚轮在处理过的表面涂上底漆。底漆固化后，再涂腻子。在腻子上涂环氧树脂，定位 CFRP 板，对混凝土表面施加微压。将试件的一端用四面缠绕的横向碳纤维布约束，只迫使另一端的板脱粘。加载过程中，依靠混凝土与钢筋的粘结以及混凝土与钢筋横肋的咬合作用，来防止钢筋的拔出。

试件的尺寸考虑到试验加载设备的最大加载量程和试验空间的要求，并参考了日本混凝土协会的建议（JCI 1998）[128]，有弧度的分别制作了  $0^\circ$ 、 $3^\circ$ 、 $5^\circ$ 、 $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $20^\circ$  六个不同的角度的构件，无弧度的制作了  $0^\circ$ 、 $3^\circ$ 、 $5^\circ$ 、 $10^\circ$  四种不同角度的构件。制作的试件示意图，以  $0^\circ$ 、 $3^\circ$  有弧度和  $3^\circ$  无弧度的构件为例。详图如图 1 所示。

# 立方体混凝土

- (1) 150mm<sup>3</sup>立方体的 UHPC 试块 30 个;
- (2) 150mm<sup>3</sup>立方体的 C35 钢纤维试块 60 个;
- (3) 150mm<sup>3</sup>立方体的 C35 试块 10 个;