

# 前 言

根据住房城乡建设部《关于印发〈2015年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2014〕189号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结工程实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 材料；4. 构件设计；5. 施工；6. 检验。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，由华南理工大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送华南理工大学土木与交通学院（地址：广州市天河区五山路381号，邮编：510640）。

本标准主编单位：华南理工大学

广州建筑股份有限公司

本标准参编单位：深圳市建筑设计研究总院有限公司

中国建筑科学研究院有限公司

北京建筑大学

北京工业大学

广西大学

深圳大学

西安建筑科技大学

广州市建筑科学研究院有限公司

广州市设计院

广东省建筑设计研究院

广州市恒盛建设工程有限公司

中建三局第二建设工程有限责任公司  
广州市市政集团有限公司  
许昌金科资源再生股份有限公司  
江苏绿和环境科技有限公司

本标准主要起草人员：吴 波 王 龙 赵新宇 刘琼祥  
简思敏 赵霄龙 曹万林 邢 峰  
陈宗平 康 澜 唐孟雄 周文娟  
李福安 胡贺松 王松帆 陈 星  
罗赤宇 杨 勇 江涌波 魏开雄  
刘金刚 刘添俊 闫 兵 陈卫文

本标准主要审查人员：周绪红 徐厚军 蒋丽忠 王玉银  
李秋义 谭 平 徐其功 张广志  
陈守辉 郑建东

住房城乡建设部  
浏览专用

## 目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	材料	7
3.1	混凝土	7
3.2	钢材及连接材料	10
4	构件设计	11
4.1	柱	11
4.2	梁	19
4.3	板	25
4.4	墙	26
5	施工	28
6	检验	30
	本标准用词说明	32
	引用标准名录	33

## Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Materials	7
3.1	Concrete	7
3.2	Steel and Connection	10
4	Design of Structural Members	11
4.1	Column	11
4.2	Beam	19
4.3	Slab	25
4.4	Wall	26
5	Construction	28
6	Inspection	30
	Explanation of Wording in This Standard	32
	List of Quoted Standards	33

# 1 总 则

**1.0.1** 为在建筑工程中合理应用再生混合混凝土组合结构，做到安全适用、技术先进、经济合理、保证质量，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于抗震设防烈度不高于 8 度地区的建筑工程中再生混合混凝土组合结构的设计与施工。

**1.0.3** 再生混合混凝土组合结构的设计与施工，除应符合本标准外，尚应符合国家现行相关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

- 2.1.1** 特征尺寸 characteristic size  
混凝土块体不同方位外接圆柱体直径的最小值。
- 2.1.2** 旧混凝土块体 old concrete lump  
特征尺寸介于 60mm~300mm 的旧混凝土块状物。
- 2.1.3** 再生混合混凝土 compound concrete made of old concrete lumps and new concrete  
旧混凝土块体与新混凝土混合浇筑形成的混合物。
- 2.1.4** 替代率 replacement ratio  
再生混合混凝土中旧混凝土块体的质量与再生混合混凝土总质量之比。
- 2.1.5** 再生混合混凝土组合构件 composite structural member composed of steel and compound concrete  
再生混合混凝土与型钢组合而成的结构构件。
- 2.1.6** 钢管再生混合混凝土柱 steel tubular column filled with compound concrete  
钢管内部浇筑再生混合混凝土的柱。
- 2.1.7** H 型钢部分外包再生混合混凝土柱 partially encased H-shaped steel column cast using compound concrete  
H 型钢的翼缘和腹板所围区域内浇筑再生混合混凝土的柱。
- 2.1.8** U 形外包钢再生混合混凝土梁 U-shaped steel beam filled with compound concrete  
U 形外包钢内部浇筑再生混合混凝土的梁。
- 2.1.9** H 型钢再生混合混凝土梁 H-shaped steel reinforced compound concrete beam

钢筋再生混合混凝土内部配置 H 型钢的梁。

**2.1.10** 压型钢板再生混合混凝土组合楼板 composite slab with profiled steel sheet cast using compound concrete

压型钢板上浇筑再生混合混凝土的组合楼板。

**2.1.11** 外置钢板再生混合混凝土剪力墙 exterior steel-plate shear wall filled with compound concrete

两片外置钢板之间浇筑再生混合混凝土的剪力墙。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 材料性能

$E_{c,com}$  ——再生混合混凝土的弹性模量；

$E_s$  ——钢材的弹性模量；

$G_{c,com}$  ——再生混合混凝土的剪切模量；

$f_a$  ——钢材的抗拉和抗压强度设计值；

$f_{af}$  ——H 型钢翼缘的抗拉和抗压强度设计值；

$f_{ak}$  ——钢材的屈服强度；

$f_{aw}$  ——H 型钢腹板的抗压强度设计值；

$f_c$  ——翼板混凝土的轴心抗压强度设计值；

$f_{c,com}$  ——再生混合混凝土的组合轴心抗压强度设计值；

$f_{ck,com}$  ——再生混合混凝土的组合轴心抗压强度标准值；

$f_{cuc,old}$  ——旧混凝土的立方体抗压强度推定值；

$f_{cuk,com}$  ——再生混合混凝土的组合立方体抗压强度标准值；

$f_{cuk,new}$  ——新混凝土的立方体抗压强度标准值；

$f_{t,com}$  ——再生混合混凝土的组合轴心抗拉强度设计值；

$f_{tk,com}$  ——再生混合混凝土的组合轴心抗拉强度标准值；

$f_v$  ——钢材的抗剪强度设计值；

$f_{y1}$  ——梁底纵向钢筋的抗拉强度设计值；

$f'_{y1}$  ——梁底纵向钢筋的抗压强度设计值；

$f_{y2}$  ——负弯矩区翼板有效宽度范围内纵向钢筋的抗拉强度设计值；

$\epsilon_{cu}$  ——非均匀受压时混凝土的极限压应变。

### 2.2.2 作用与作用效应

$M$  ——弯矩设计值；

$N$  ——柱的轴向压力设计值，或与柱横向剪力设计值相应的柱轴向压力设计值；

$N_{u,cs}$  ——不考虑套箍效应时钢管和内部混凝土的截面受压承载力设计值之和；

$N_{u,ws}$  ——不考虑套箍效应时外包钢板和内填混凝土的截面受压承载力设计值之和；

$V$  ——剪力设计值；

$\sigma_s$  ——受拉侧翼缘的应力。

### 2.2.3 几何参数

$A_a$  ——钢管的横截面积，或剪力墙横截面的钢板总面积，或U形外包钢的横截面积；

$A_b$  ——U形外包钢底板的横截面积；

$A_c$  ——钢管内部混凝土的横截面积，或剪力墙横截面的混凝土面积，或柱横截面的混凝土面积；

$A_f$  ——U形外包钢翼缘的横截面积，或H型钢翼缘的横截面积；

$A_{sl}$  ——梁底纵向钢筋的横截面积；

$A_{s2}$  ——负弯矩区翼板有效宽度范围内纵向钢筋的横截面积；

$A_w$  ——H型钢腹板的横截面积；

$a$  ——受拉侧翼缘合力点至等效截面近边缘的距离；

$a'$  ——受压侧翼缘合力点至等效截面近边缘的距离；

$a_s$  ——梁底纵向钢筋截面形心至梁底面的距离；

$b_c$  ——U形外包钢内填混凝土的宽度；

$b_e$  ——翼板的有效宽度；

$b_f$  ——H型钢的翼缘宽度；

$c'$  ——假想保护层厚度；



- $e$  —— 轴向压力作用点至受拉侧翼缘合力点的距离；
- $e'$  —— 轴向压力作用点至受压侧翼缘合力点的距离；
- $e_a$  —— 附加偏心距；
- $e_i$  —— 初始偏心距；
- $e_0$  —— 轴向压力对截面重心的偏心距；
- $h_c$  —— 翼板的厚度；
- $h_{eff}$  —— 受拉侧翼缘合力点至等效截面受压边缘的距离；
- $h'_{eff}$  —— 受压侧翼缘合力点至等效截面受拉边缘的距离；
- $h_{eq}$  —— 等效截面高度；
- $h_w$  —— H 型钢的腹板高度，或 U 形外包钢的腹板高度；
- $h_0$  —— H 型钢上翼缘和纵向受拉钢筋合力点至截面受压区边缘的距离；
- $t_b$  —— U 形外包钢的底板厚度；
- $t_f$  —— U 形外包钢的翼缘厚度，或 H 型钢的翼缘厚度；
- $t_w$  —— U 形外包钢的腹板厚度；
- $W_{pn}$  —— U 形外包钢横截面对过其形心水平轴的塑性净截面模量；
- $W_{sc}$  —— 弯矩作用平面内的截面抗弯模量；
- $x$  —— 混凝土等效受压区高度；
- $y_1$  —— U 形外包钢横截面形心至翼板混凝土等效受压区形心的距离；
- $y_2$  —— 梁底纵向钢筋截面形心至翼板混凝土等效受压区形心的距离；
- $y_3$  —— U 形外包钢横截面形心至梁底面的距离；
- $y_4$  —— U 形外包钢横截面形心至塑性中和轴的距离；
- $y_5$  —— 翼板横截面形心至梁底纵向钢筋截面形心的距离；
- $y_6$  —— 翼板内纵向钢筋截面形心至梁底纵向钢筋截面形心的距离。

#### 2.2.4 计算系数及其他

- $\alpha_1$  —— 新混凝土的 300mm 立方体抗压强度与 150mm 立

方体抗压强度之比；

$\alpha_2$  ——旧混凝土的 300mm 立方体抗压强度与 150mm 立方体抗压强度之比；

$\alpha_3$  ——再生混合混凝土的 300mm 立方体抗压强度与 150mm 立方体抗压强度之比；

$\beta_m$  ——等效弯矩系数；

$\gamma_{RE}$  ——承载力抗震调整系数；

$\eta$  ——再生混合混凝土中旧混凝土块体的替代率；

$\theta$  ——钢管再生混合混凝土柱的套箍系数；

$\lambda$  ——柱的剪跨比；

$\lambda_a$  ——柱的长细比；

$\varphi$  ——柱的稳定系数。

## 3 材 料

### 3.1 混 凝 土

**3.1.1** 再生混合混凝土组合构件所采用的新混凝土，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定，且砂率不宜小于 45%；压型钢板再生混合混凝土组合楼板所采用的新混凝土的粗骨料最大粒径不宜大于 16mm，其他再生混合混凝土组合构件所采用的新混凝土的粗骨料最大粒径不宜大于 20mm。

**3.1.2** 再生混合混凝土组合构件所采用的旧混凝土的最大氯离子含量和最大碱含量，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

**3.1.3** 再生混合混凝土组合构件所采用的旧混凝土的立方体抗压强度推定值，宜根据直径 100mm、高度 100mm 的旧混凝土芯样的实测抗压强度，按照现行行业标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384 的规定进行确定，也可根据直径 70mm、高度 70mm 的旧混凝土芯样的实测抗压强度进行确定。

**3.1.4** 钢管再生混合混凝土柱、H 型钢部分外包再生混合混凝土柱和外置钢板再生混合混凝土剪力墙，应采用立方体抗压强度推定值不低于 25MPa 的旧混凝土；U 形外包钢再生混合混凝土梁、H 型钢再生混合混凝土梁和压型钢板再生混合混凝土组合楼板，应采用立方体抗压强度推定值不低于 15MPa 的旧混凝土。

**3.1.5** 同一再生混合混凝土组合构件中的旧混凝土，应具有相同的立方体抗压强度推定值；当同一构件中含有立方体抗压强度推定值不同的两批旧混凝土时，应采用较低的立方体抗压强度推定值进行构件设计；同一楼层相同类型的再生混合混凝土组合构件中的旧混凝土，应具有相同的立方体抗压强度推定值。

**3.1.6** 钢管再生混合混凝土柱、U形外包钢再生混合混凝土梁、外置钢板再生混合混凝土剪力墙所采用的旧混凝土块体的特征尺寸，不宜大于构件横截面直径或短边方向尺寸的1/3，且外置钢板再生混合混凝土剪力墙所采用的旧混凝土块体的特征尺寸不宜大于相邻连接之间水平净距的1/2；H型钢部分外包再生混合混凝土柱所采用的旧混凝土块体的特征尺寸，不宜大于构件横截面短边方向尺寸的1/4；压型钢板再生混合混凝土组合楼板所采用的旧混凝土块体的特征尺寸，不宜大于板筋净间距的70%，且不应大于压型钢板肋顶以上混凝土厚度的70%。

**3.1.7** 再生混合混凝土的组合立方体抗压强度标准值，应按下列公式计算：

1 当新混凝土的立方体抗压强度标准值与旧混凝土的立方体抗压强度推定值之差小于15MPa时，应按下列公式计算：

$$f_{\text{cuk,com}} = f_{\text{cuk,new}} \times (1 - \eta) + f_{\text{cue,old}} \times \eta \quad (3.1.7-1)$$

2 当新混凝土的立方体抗压强度标准值与旧混凝土的立方体抗压强度推定值之差不小于15MPa时，应按下列公式计算：

$$\begin{aligned} f_{\text{cuk,com}} = & [(\alpha_2/\alpha_1) \times (f_{\text{cue,old}}/f_{\text{cuk,new}})]^{0.86\eta} \\ & \times \alpha_1 (1 - \eta) f_{\text{cuk,new}}/\alpha_3 \\ & + [(\alpha_1/\alpha_2) \times (f_{\text{cuk,new}}/f_{\text{cue,old}})]^{1.1\eta} \\ & \times \alpha_2 \eta f_{\text{cue,old}}/\alpha_3 \end{aligned} \quad (3.1.7-2)$$

$$\alpha_3 = \alpha_1 \times (1 - \eta) + \alpha_2 \times \eta \quad (3.1.7-3)$$

式中： $f_{\text{cuk,com}}$ ——再生混合混凝土的组合立方体抗压强度标准值（N/mm<sup>2</sup>）；

$f_{\text{cuk,new}}$ ——新混凝土的立方体抗压强度标准值，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定取用（N/mm<sup>2</sup>）；

$f_{\text{cue,old}}$ ——旧混凝土的立方体抗压强度推定值（N/mm<sup>2</sup>）；

$\eta$ ——再生混合混凝土中旧混凝土块体的替代率；

$\alpha_1$  ——新混凝土的 300mm 立方体抗压强度与 150mm 立方体抗压强度之比，C50 及以下新混凝土取 0.87，C70 新混凝土取 0.94，二者之间按线性插值取用；

$\alpha_2$  ——旧混凝土的 300mm 立方体抗压强度与 150mm 立方体抗压强度之比，取为 0.87；

$\alpha_3$  ——再生混合混凝土的 300mm 立方体抗压强度与 150mm 立方体抗压强度之比。

**3.1.8** 再生混合混凝土中旧混凝土块体的替代率，宜为 25%~35%，且不应大于 40%。

**3.1.9** 再生混合混凝土的组合轴心抗压强度标准值  $f_{ck,com}$  和组合轴心抗拉强度标准值  $f_{tk,com}$ ，应按表 3.1.9 取用。

表 3.1.9 再生混合混凝土的组合轴心抗压、抗拉强度标准值 (N/mm<sup>2</sup>)

强度类别	再生混合混凝土的组合立方体抗压强度标准值 $f_{cu,k,com}$						
	20	25	30	35	40	45	50
$f_{ck,com}$	12.1	15.0	18.1	21.1	24.1	26.5	28.7
$f_{tk,com}$	1.39	1.60	1.81	1.98	2.15	2.26	2.38

**3.1.10** 再生混合混凝土的组合轴心抗压强度设计值  $f_{c,com}$  和组合轴心抗拉强度设计值  $f_{t,com}$ ，应按表 3.1.10 取用。

表 3.1.10 再生混合混凝土的组合轴心抗压、抗拉强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)

强度类别	再生混合混凝土的组合立方体抗压强度标准值 $f_{cu,k,com}$						
	20	25	30	35	40	45	50
$f_{c,com}$	8.6	10.7	12.9	15.0	17.2	19.0	20.8
$f_{t,com}$	1.00	1.14	1.29	1.41	1.54	1.62	1.70

**3.1.11** 再生混合混凝土的弹性模量  $E_{c,com}$  宜按表 3.1.11 取用，当有可靠试验依据时也可采用实测数据。再生混合混凝土的剪切模量  $G_{c,com}$ ，可按弹性模量值的 0.4 倍采用。

表 3.1.11 再生混合混凝土的弹性模量 ( $\times 10^4 \text{ N/mm}^2$ )

再生混合混凝土的 组合立方体抗压强 度标准值 $f_{cuk,com}$	20	25	30	35	40	45	50
$E_{c,com}$	2.04	2.24	2.40	2.52	2.60	2.68	2.76

### 3.2 钢材及连接材料

**3.2.1** 再生混合混凝土组合构件所采用的结构钢，应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

**3.2.2** 再生混合混凝土组合构件所用结构钢的强度设计值、屈服强度和物理性能指标，应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 或《连续热镀锌钢板及钢带》GB/T 2518 中相同牌号和相同成型工艺结构钢的对应值取用。

**3.2.3** 再生混合混凝土组合构件中钢材连接所采用的焊条、焊丝、焊剂、普通螺栓、高强度螺栓，应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。再生混合混凝土组合构件所采用的栓钉及其力学性能指标，应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433 的规定。

**3.2.4** 再生混合混凝土组合构件中的焊缝质量等级和焊缝强度设计值，以及普通螺栓连接的强度设计值、高强度螺栓连接的钢材摩擦面抗滑移系数值和设计预拉力，应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。再生混合混凝土组合构件中单个抗剪栓钉的承载力设计值，应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定计算。

**3.2.5** 再生混合混凝土组合构件所采用的钢筋，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

**3.2.6** 再生混合混凝土组合构件所用钢筋的强度设计值、强度标准值和弹性模量，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中相同牌号钢筋的对应值取用。

## 4 构件设计

### 4.1 柱

4.1.1 圆钢管再生混合混凝土柱的钢管外径与壁厚之比不应大于  $150R_1$ ，方钢管再生混合混凝土柱的钢管横截面边长与壁厚之比不应大于  $60R_2$ ，其中  $R_1$  和  $R_2$  应分别按下列公式计算：

$$R_1 = 235/f_{ak} \quad (4.1.1-1)$$

$$R_2 = \sqrt{235/f_{ak}} \quad (4.1.1-2)$$

式中： $f_{ak}$  —— 钢材的屈服强度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )。

4.1.2 当钢管外径与壁厚之比不大于  $135R_1$  时，圆钢管再生混合混凝土柱的轴心受压和偏心受压承载力应符合现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的规定；当钢管外径与壁厚之比大于  $135R_1$  但不大于  $150R_1$  时，圆钢管再生混合混凝土柱的轴心受压和偏心受压承载力应符合下列规定：

#### 1 轴心受压

$$N \leq \varphi [f_{sc} (A_a + A_c)] \quad (4.1.2-1)$$

$$f_{sc} = (1.14 + 1.02\theta) f_{c,\text{com}} \quad (4.1.2-2)$$

$$\theta = \frac{A_a f_a}{A_c f_{c,\text{com}}} \quad (4.1.2-3)$$

式中： $N$  —— 柱的轴向压力设计值 ( $\text{N}$ )；

$\varphi$  —— 柱的稳定系数，按现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的规定取值；

$\theta$  —— 钢管再生混合混凝土柱的套箍系数；

$f_{c,\text{com}}$  —— 再生混合混凝土的组合轴心抗压强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；

$f_a$  —— 钢材的抗压强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；

$A_a$  —— 钢管的横截面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$A_c$  —— 钢管内部混凝土的横截面积 ( $\text{mm}^2$ )。

## 2 偏心受压

当  $N/N_u \geq 2\varphi^3\eta_0$  时:

$$\frac{N}{\varphi N_u} + \left(\frac{a}{d}\right) \left(\frac{\beta_m M}{M_u}\right) \leq 1 \quad (4.1.2-4)$$

当  $N/N_u < 2\varphi^3\eta_0$  时:

$$\frac{-bN^2}{N_u^2} - \frac{cN}{N_u} + \left(\frac{1}{d}\right) \frac{\beta_m M}{M_u} \leq 1 \quad (4.1.2-5)$$

$$N_u = f_{sc}(A_a + A_c) \quad (4.1.2-6)$$

$$M_u = W_{sc} f_{sc} [1.1 + 0.48 \ln(\theta_k + 0.1)] \quad (4.1.2-7)$$

$$\theta_k = \frac{A_a f_{ak}}{A_c f_{ck,com}} \quad (4.1.2-8)$$

$$a = 1 - 2\varphi^2\eta_0 \quad (4.1.2-9)$$

$$b = \frac{1 - \zeta_0}{\varphi^3\eta_0^2} \quad (4.1.2-10)$$

$$c = 2(\zeta_0 - 1)/\eta_0 \quad (4.1.2-11)$$

$$d = 1 - 0.4N/N_E \quad (4.1.2-12)$$

$$\eta_0 = \begin{cases} 0.5 - 0.2445\theta_k & (\theta_k \leq 0.4) \\ 0.1 + 0.14\theta_k^{0.84} & (\theta_k > 0.4) \end{cases} \quad (4.1.2-13)$$

$$\zeta_0 = 0.18\theta_k^{-1.15} + 1 \quad (4.1.2-14)$$

$$N_E = \pi^2 E_{sc} (A_a + A_c) / \lambda_a^2 \quad (4.1.2-15)$$

$$E_{sc} = (251.4 + 150154/f_{ak}) \times (1.14 + 1.02\theta_k) f_{ck,com} \quad (4.1.2-16)$$

式中:  $M$  —— 弯矩设计值 ( $\text{N} \cdot \text{mm}$ );

$W_{sc}$  —— 弯矩作用平面内的截面抗弯模量 ( $\text{mm}^3$ );

$\beta_m$  —— 等效弯矩系数, 按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定取用;

$f_{ak}$  —— 钢材的屈服强度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$f_{ck,com}$  —— 再生混合混凝土的组合轴心抗压强度标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );



$\lambda_a$  —— 柱的长细比。

**4.1.3** 方钢管再生混合混凝土柱的轴心受压和偏心受压承载力，应符合现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的规定。

**4.1.4** 当钢管外径与壁厚之比不大于  $135R_1$  时，圆钢管再生混合混凝土柱的受剪承载力应符合现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的规定；当钢管外径与壁厚之比大于  $135R_1$  但不大于  $150R_1$  时，圆钢管再生混合混凝土柱的受剪承载力应符合下列公式规定：

$$V \leq \{ (1 + 1.17\theta) [0.68 / (\lambda + 0.75) + 0.41n - 0.15n^2 - 0.48] + 0.58\theta \} A_c f_{c,com} \quad (4.1.4-1)$$

$$n = N / (A_a f_a + A_c f_{c,com}) \quad (4.1.4-2)$$

式中： $V$  —— 剪力设计值 (N)；

$\lambda$  —— 柱的剪跨比 ( $\lambda \leq 0.5$ )；

$N$  —— 与柱横向剪力设计值相应的柱轴向压力设计值 (N)；

$A_a$  —— 钢管的横截面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$A_c$  —— 钢管内部混凝土的横截面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$f_a$  —— 钢材的抗拉和抗压强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；

$f_{c,com}$  —— 再生混合混凝土的组合轴心抗压强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；

$\theta$  —— 钢管再生混合混凝土柱的套箍系数。

**4.1.5** 方钢管再生混合混凝土柱的轴压比限值，应符合现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的规定。钢管外径与壁厚之比不大于  $135R_1$  的圆钢管再生混合混凝土柱的轴压比限值，应符合现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的规定；当钢管外径与壁厚之比大于  $135R_1$  但不大于  $150R_1$  时，圆钢管再生混合混凝土柱的轴压比不宜超过 0.65。轴压比应取考虑地震组合的柱轴向压力设计值与  $N_{u,cs}$  之比， $N_{u,cs}$  应按下列公式计算：

$$N_{u,cs} = A_a f_a + A_c f_{c,com} \quad (4.1.5)$$

**4.1.6** H型钢部分外包再生混合混凝土柱(图4.1.6)的钢拉杆的两端应与H型钢的翼缘可靠焊接,钢拉杆可采用屈服强度标准值不小于300MPa的普通钢筋,钢拉杆的直径不应小于8mm,钢拉杆的间距宜取为100mm~150mm。当钢拉杆与H型钢翼缘采用角焊连接时,角焊缝的焊脚尺寸不应小于钢拉杆直径的0.6倍。

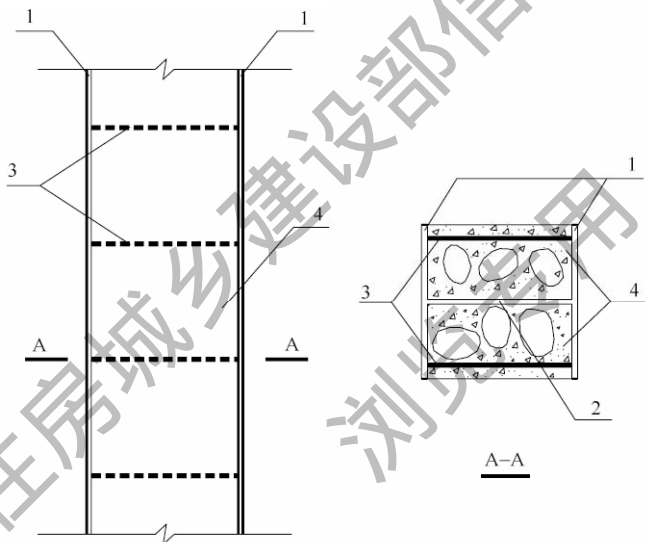


图 4.1.6 H型钢部分外包再生混合混凝土柱

1—H型钢翼缘; 2—H型钢腹板; 3—钢拉杆; 4—再生混合混凝土

**4.1.7** H型钢部分外包再生混合混凝土柱的轴心受压承载力应符合下列规定:

1 无地震作用时

$$N \leq 0.9\varphi(0.85A_c f_{c,com} + A_f f_{af} + A_w f_{aw}) \quad (4.1.7-1)$$

2 有地震作用时

$$N \leq 0.9\varphi(0.85A_c f_{c,com} + A_f f_{af} + A_w f_{aw}) / \gamma_{RE} \quad (4.1.7-2)$$

式中： $N$ ——柱的轴向压力设计值（N）；

$\varphi$ ——柱的稳定系数，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中钢筋混凝土轴心受压构件的稳定系数取用；

$A_c$ ——柱横截面的混凝土面积（ $\text{mm}^2$ ）；

$A_f$ ——H 型钢翼缘的横截面积（ $\text{mm}^2$ ）；

$A_w$ ——H 型钢腹板的横截面积（ $\text{mm}^2$ ）；

$f_{c,\text{com}}$ ——再生混合混凝土的组合轴心抗压强度设计值（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ）；

$f_{af}$ ——H 型钢翼缘的抗拉和抗压强度设计值（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ）；

$f_{aw}$ ——H 型钢腹板的抗压强度设计值（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ）；

$\gamma_{RE}$ ——承载力抗震调整系数，取为 0.8。

**4.1.8** H 型钢部分外包再生混合混凝土柱的强轴方向偏心受压承载力应符合下列规定（图 4.1.8）：

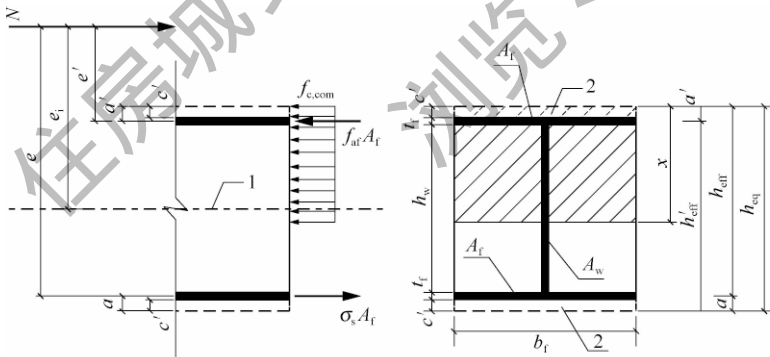


图 4.1.8 H 型钢部分外包再生混合混凝土柱的强轴方向偏心受压承载力计算

1—截面重心轴；2—假想混凝土保护层

无地震作用：

$$N \leq f_{c,\text{com}} b_1 x + f_{af} A_f - \sigma_s A_f \quad (4.1.8-1)$$

$$Ne \leq f_{c,\text{com}} b_f x \left( h_{\text{eff}} - \frac{x}{2} \right) + f_{\text{af}} A_f (h_{\text{eff}} - a') \quad (4.1.8-2)$$

有地震作用:

$$N \leq (f_{c,\text{com}} b_f x + f_{\text{af}} A_f - \sigma_s A_f) / \gamma_{\text{RE}} \quad (4.1.8-3)$$

$$Ne \leq \left[ f_{c,\text{com}} b_f x \left( h_{\text{eff}} - \frac{x}{2} \right) + f_{\text{af}} A_f (h_{\text{eff}} - a') \right] / \gamma_{\text{RE}} \quad (4.1.8-4)$$

$$e = e_i + \frac{h_{\text{eq}}}{2} - a \quad (4.1.8-5)$$

$$e_i = e_0 + e_a \quad (4.1.8-6)$$

$$h_{\text{eff}} = h_{\text{eq}} - a \quad (4.1.8-7)$$

$$h_{\text{eq}} = h_w + 2t_f + 2c' \quad (4.1.8-8)$$

$$a = a' = 0.5t_f + c' \quad (4.1.8-9)$$

$$c' = 0.5f_{\text{aw}} A_w / (f_{c,\text{com}} b_f) \quad (4.1.8-10)$$

式中:  $N$  —— 柱的轴向压力设计值 (N);

$h_w$  —— H 型钢的腹板高度 (mm);

$t_f$  —— H 型钢的翼缘厚度 (mm);

$b_f$  —— H 型钢的翼缘宽度 (mm);

$x$  —— 混凝土等效受压区高度 (mm);

$\sigma_s$  —— 受拉侧翼缘的应力, 正值代表拉应力, 负值代表压应力 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$h_{\text{eq}}$  —— 等效截面高度 (mm);

$h_{\text{eff}}$  —— 受拉侧翼缘合力点至等效截面受压边缘的距离 (mm);

$a$  —— 受拉侧翼缘合力点至等效截面近边缘的距离 (mm);

$a'$  —— 受压侧翼缘合力点至等效截面近边缘的距离 (mm);

$e$  —— 轴向压力作用点至受拉侧翼缘合力点的距离 (mm);

$e_i$  —— 初始偏心距 (mm);

$e_0$  —— 轴向压力对截面重心的偏心距，取为弯矩设计值  $M$  与轴向压力设计值  $N$  之比，当需要考虑二阶效应时， $M$  应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定进行计算（mm）；

$e_a$  —— 附加偏心距，应取 20mm 和偏心方向截面最大尺寸的 1/30 两者中的较大值（mm）；

$c'$  —— 假想保护层厚度（mm）；

$\gamma_{RE}$  —— 承载力抗震调整系数，取为 0.8。

**4.1.9** 当按本标准第 4.1.8 条的规定计算时，H 型钢部分外包再生混合混凝土柱尚应符合下列规定：

**1** H 型钢受拉侧翼缘的应力  $\sigma_s$  可按下列情况确定：

当  $x \leq \frac{\beta_1 h_{\text{eff}}}{1 + \frac{f_{\text{af}}}{E_s \epsilon_{\text{cu}}}}$  时，构件为大偏心受压

$$\sigma_s = f_{\text{af}} \quad (4.1.9-1)$$

当  $x > \frac{\beta_1 h_{\text{eff}}}{1 + \frac{f_{\text{af}}}{E_s \epsilon_{\text{cu}}}}$  时，构件为小偏心受压

$$\sigma_s = E_s \epsilon_{\text{cu}} \left( \frac{\beta_1 h_{\text{eff}}}{x} - 1 \right) \quad (4.1.9-2)$$

式中： $E_s$  —— 钢材的弹性模量（N/mm<sup>2</sup>）；

$\epsilon_{\text{cu}}$  —— 非均匀受压时混凝土的极限压应变，当再生混合混凝土的组合立方体抗压强度标准值不超过 50MPa 时， $\epsilon_{\text{cu}}$  取为 0.0033；

$\beta_1$  —— 系数，当再生混合混凝土的组合立方体抗压强度标准值不超过 50MPa 时， $\beta_1$  取为 0.8。

**2** 当  $x < 2a'$  时，应将式（4.1.8-2）和式（4.1.8-4）分别替换为式（4.1.9-3）和式（4.1.9-4）进行计算。

$$Ne' \leq f_{\text{af}} A_f (h_{\text{eq}} - a - a') \quad (4.1.9-3)$$

$$Ne' \leq [f_{\text{af}} A_f (h_{\text{eq}} - a - a')] / \gamma_{\text{RE}} \quad (4.1.9-4)$$

$$e' = e_i - \frac{h_{\text{eq}}}{2} + a' \quad (4.1.9-5)$$

式中： $e'$ ——轴向压力作用点至受压侧翼缘合力点的距离 (mm)。

3 当 H 型钢部分外包再生混合混凝土柱承受小偏心受压，且  $N$  大于  $f_{c,com} b_t h_{eq}$  时，尚应按下列公式进行验算：

无地震作用：

$$Ne' \leq f_{c,com} b_t h_{eq} (h'_{eff} - \frac{h_{eq}}{2}) + f_{af} A_f (h'_{eff} - a) \quad (4.1.9-6)$$

有地震作用：

$$Ne' \leq [f_{c,com} b_t h_{eq} (h'_{eff} - \frac{h_{eq}}{2}) + f_{af} A_f (h'_{eff} - a)] / \gamma_{RE} \quad (4.1.9-7)$$

$$e' = \frac{h_{eq}}{2} - a' - e_0 + e_a \quad (4.1.9-8)$$

式中： $h'_{eff}$ ——受压侧翼缘合力点至等效截面受拉边缘的距离 (mm)。

**4.1.10** 钢管再生混合混凝土柱与钢筋混凝土梁的连接不宜采用穿心式节点构造；钢管再生混合混凝土柱与钢梁的连接采用内加强环节点构造时，旧混凝土块体的特征尺寸应小于内加强环中心孔洞直径的 1/2。

**4.1.11** 方钢管再生混合混凝土柱与钢梁或钢筋混凝土梁、板的连接设计，应符合现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的规定。钢管外径与壁厚之比不大于  $135 R_1$  的圆钢管再生混合混凝土柱与钢梁或钢筋混凝土梁、板的连接设计，应符合现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的规定。

**4.1.12** 当圆钢管再生混合混凝土柱的柱身钢管外径与壁厚之比大于  $135 R_1$  但不大于  $150 R_1$  时，应对节点域内及其附近的钢管进行局部加厚，局部加厚处的钢管外径宜与柱身钢管相同，局部加厚处的钢管外径与壁厚之比不应大于  $135 R_1$ ，局部加厚钢管向上和向下伸出节点域的长度应不小于钢管外径的一半，局部加厚钢管和柱身钢管宜采用全熔透焊缝对接，此时钢管再生混合混

凝土柱与钢梁或钢筋混凝土梁、板的连接，可按现行国家标准《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936 的规定设计。

## 4.2 梁

**4.2.1** U形外包钢再生混合混凝土梁（图 4.2.1）的 U 形外包钢宜采用冷弯型钢，其横截面宽度不宜小于 200mm，钢板厚度不宜小于 4mm。

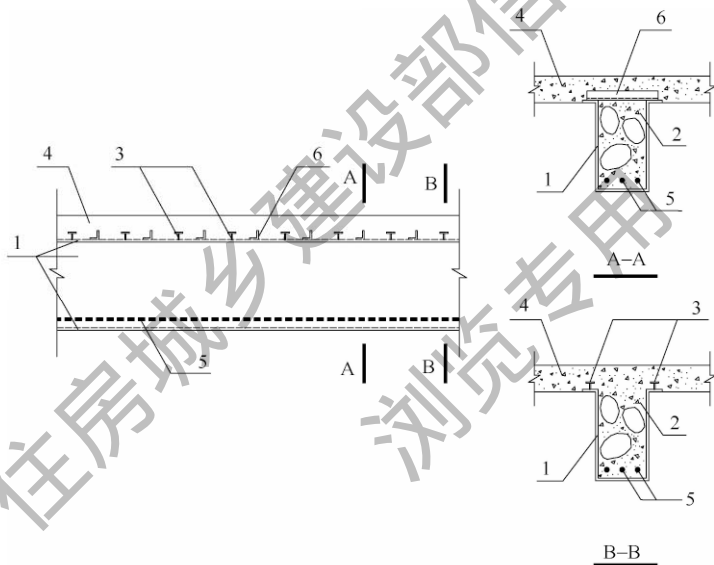


图 4.2.1 U 形外包钢再生混合混凝土梁

- 1—U 形外包钢；2—再生混合混凝土；3—抗剪栓钉；  
4—钢筋混凝土翼板；5—纵向钢筋；6—拉结件

**4.2.2** U 形外包钢再生混合混凝土梁的 U 形外包钢上翼缘应从梁的两侧面向外延伸，单侧上翼缘的宽度不应小于 100mm。两侧上翼缘的上表面应沿梁纵向布设抗剪栓钉，栓钉中心至上翼缘边缘的距离不应小于 50mm，栓钉顶面的混凝土保护层厚度不宜小于 15mm，栓钉直径规格宜选用 19mm 和 22mm，栓钉长度不

宜小于 4 倍栓钉直径。两侧上翼缘之间应焊接拉结件，拉结件可采用横跨两侧上翼缘且沿梁纵向间隔布设的角钢或槽钢，其沿梁纵向的布置间距不宜小于 200mm，且不宜大于 500mm。

**4.2.3** U 形外包钢再生混合混凝土梁正弯矩区段的梁底配置有纵向受拉钢筋时，其与 U 形外包钢的净间距不应小于钢筋直径和 20mm 两者的较大值。

**4.2.4** U 形外包钢再生混合混凝土梁负弯矩区段的纵向受拉钢筋配置，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

**4.2.5** U 形外包钢再生混合混凝土梁的正截面受弯承载力计算时，钢筋混凝土翼板的有效宽度应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定计算，并将相关公式中的板托顶部宽度取为梁的横截面宽度。

**4.2.6** 完全抗剪连接 U 形外包钢再生混合混凝土梁正弯矩区段的正截面受弯承载力，应按下列规定计算：

1 塑性中和轴在钢筋混凝土翼板内（图 4.2.6-1）时：

无地震作用：

$$M \leq A_a f_a y_1 + A_{s1} f_{y1} y_2 \quad (4.2.6-1)$$

有地震作用：

$$M \leq (A_a f_a y_1 + A_{s1} f_{y1} y_2) / \gamma_{RE} \quad (4.2.6-2)$$

$$x = (A_a f_a + A_{s1} f_{y1}) / b_c f_c \quad (4.2.6-3)$$

式中： $M$ ——弯矩设计值（ $N \cdot mm$ ）；

$x$ ——混凝土等效受压区高度（ $mm$ ）；

$A_a$ ——U 形外包钢的横截面积（ $mm^2$ ）；

$A_{s1}$ ——梁底纵向钢筋的横截面积（ $mm^2$ ）；

$f_a$ ——钢材的抗拉和抗压强度设计值（ $N/mm^2$ ）；

$f_{y1}$ ——梁底纵向钢筋的抗拉强度设计值（ $N/mm^2$ ）；

$f_c$ ——翼板混凝土的轴心抗压强度设计值（ $N/mm^2$ ）；

$y_1$ ——U 形外包钢横截面形心至翼板混凝土等效受压区形心的距离（ $mm$ ）；



$y_2$  ——梁底纵向钢筋截面形心至翼板混凝土等效受压区形心的距离 (mm);

$b_c$  ——翼板的有效宽度 (mm);

$h_c$  ——翼板的厚度 (mm);

$\gamma_{RE}$  ——承载力抗震调整系数, 取为 0.8。

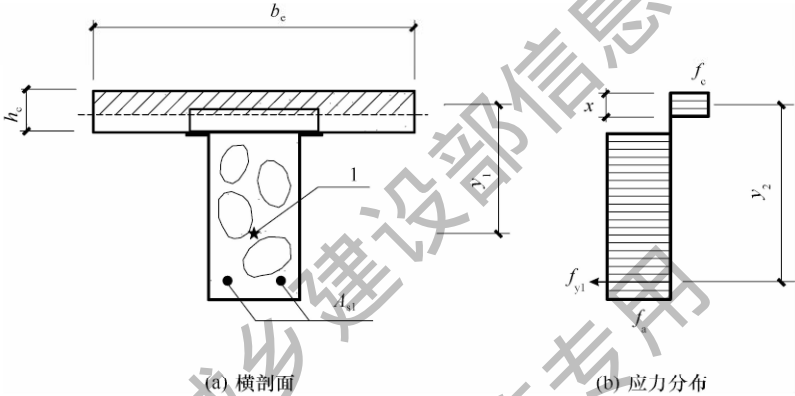


图 4.2.6-1 塑性中和轴在钢筋混凝土翼板内的梁截面应力分布  
1—U 形外包钢形心

2 塑性中和轴在 U 形外包钢腹板内 (图 4.2.6-2) 时:  
无地震作用

$$M \leq W_{pn} f_a - 4y_4 t_w f_a (y_3 + y_4/2 - a_s) + b_c f_c h_c y_5 + b_c f_{c, com} (x - h_c) (y_5 - x/2) \quad (4.2.6-4)$$

有地震作用

$$M \leq [W_{pn} f_a - 4y_4 t_w f_a (y_3 + y_4/2 - a_s) + b_c f_c h_c y_5 + b_c f_{c, com} (x - h_c) (y_5 - x/2)] / \gamma_{RE} \quad (4.2.6-5)$$

$$x = [(A_a - 2A_f) f_a + 4t_w (h_c + t_f) f_a + A_{s1} f_{y1} - b_c h_c f_c + b_c h_c f_{c, com}] / (b_c f_{c, com} + 4t_w f_a / \beta_1) \quad (4.2.6-6)$$

式中:  $W_{pn}$  ——U 形外包钢横截面对过其形心水平轴的塑性净截面模量 ( $\text{mm}^3$ );

- $A_f$  —— U 形外包钢翼缘的横截面积 ( $\text{mm}^2$ );  
 $t_f$  —— U 形外包钢的翼缘厚度 ( $\text{mm}$ );  
 $t_w$  —— U 形外包钢的腹板厚度 ( $\text{mm}$ );  
 $b_c$  —— U 形外包钢内填混凝土的宽度 ( $\text{mm}$ );  
 $f_{c,\text{com}}$  —— 再生混合混凝土的组合轴心抗压强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );  
 $y_3$  —— U 形外包钢横截面形心至梁底面的距离 ( $\text{mm}$ );  
 $y_4$  —— U 形外包钢横截面形心至塑性中和轴的距离 ( $\text{mm}$ );  
 $y_5$  —— 翼板横截面形心至梁底纵向钢筋截面形心的距离 ( $\text{mm}$ );  
 $a_s$  —— 梁底纵向钢筋截面形心至梁底面的距离 ( $\text{mm}$ );  
 $\beta_1$  —— 系数, 当再生混合混凝土的组合立方体抗压强度标准值不超过  $50\text{MPa}$  时,  $\beta_1$  取为  $0.8$ 。

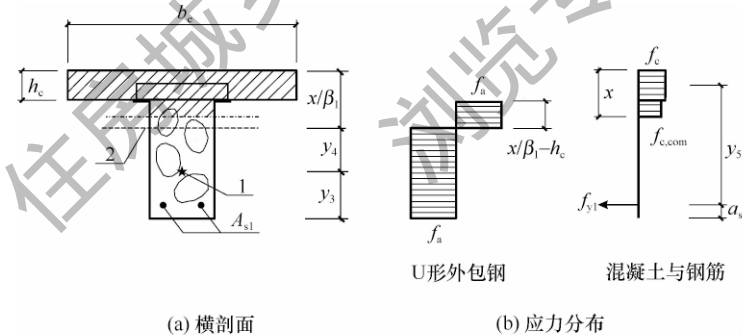


图 4.2.6-2 塑性中和轴在 U 形外包钢腹板内的梁截面应力分布

1—U 形外包钢形心; 2—塑性中和轴

**4.2.7 完全抗剪连接 U 形外包钢再生混合混凝土梁受弯矩区段的正截面受弯承载力, 应按下列公式计算 (图 4.2.7):**

无地震作用:

$$M \leq W_{\text{pn}} f_a - 4y_4 t_w f_a (y_6 + a_s - t_b - y_4/2 - x/\beta_1)$$

$$+ b_c f_{c, \text{com}} x (y_6 + a_s - t_b - x/2) + A_{s1} f'_{y1} y_6 \quad (4.2.7-1)$$

有地震作用:

$$M \leq [W_{\text{pn}} f_a - 4 y_4 t_w f_a (y_6 + a_s - t_b - y_4/2 - x/\beta_1) + b_c f_{c, \text{com}} x (y_6 + a_s - t_b - x/2) + A_{s1} f'_{y1} y_6] / \gamma_{\text{RE}} \quad (4.2.7-2)$$

$$x = [(A_a - 2A_b) f_a + A_{s2} f_{y2} - A_{s1} f'_{y1}] / (b_c f_{c, \text{com}} + 4 t_w f_a / \beta_1) \quad (4.2.7-3)$$

适用条件:  $x \geq 2a_s$

式中:  $A_b$  —— U形外包钢底板的横截面积 ( $\text{mm}^2$ );

$t_b$  —— U形外包钢的底板厚度 (mm);

$A_{s2}$  —— 负弯矩区翼板有效宽度范围内纵向钢筋的横截面积 ( $\text{mm}^2$ );

$f'_{y1}$  —— 梁底纵向钢筋的抗压强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$f_{y2}$  —— 负弯矩区翼板有效宽度范围内纵向钢筋的抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$y_6$  —— 翼板内纵向钢筋截面形心至梁底纵向钢筋截面形心的距离 (mm)。

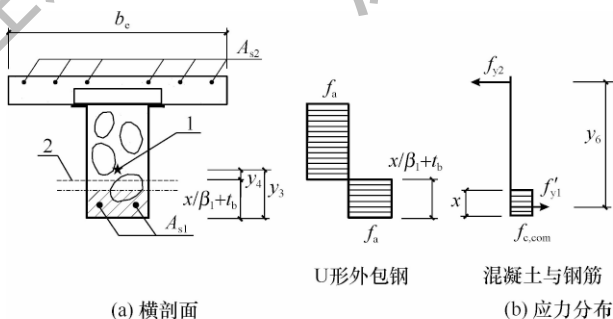


图 4.2.7 负弯矩区段梁截面的应力分布

1—U形外包钢形心; 2—塑性中和轴

#### 4.2.8 U形外包钢再生混合混凝土梁的受剪承载力应符合下列

规定：

$$V \leq 2h_w t_w f_v \quad (4.2.8-1)$$

$$h_w / t_w \leq 80 \sqrt{235 / f_{ak}} \quad (4.2.8-2)$$

式中：V——剪力设计值（N）；

$h_w$ ——U形外包钢的腹板高度（mm）；

$t_w$ ——U形外包钢的腹板厚度（mm）；

$f_v$ ——钢材的抗剪强度设计值（N/mm<sup>2</sup>）；

$f_{ak}$ ——钢材的屈服强度（N/mm<sup>2</sup>）。

**4.2.9** U形外包钢再生混合混凝土梁的抗剪栓钉应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定计算，并将相关公式中的混凝土力学性能参数取为翼板混凝土的力学性能参数。

**4.2.10** U形外包钢再生混合混凝土梁的挠度计算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的规定，并将相关公式中的混凝土力学性能参数取为翼板混凝土的力学性能参数，相关公式中的钢梁截面面积应取为U形外包钢的横截面积。

**4.2.11** H型钢再生混合混凝土梁应采用焊接H型钢，H型钢的两端应焊有上翼缘，其余部位不应焊有上翼缘（图4.2.11）。

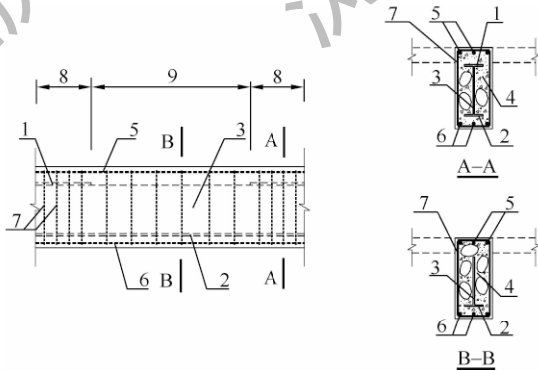


图 4.2.11 H 型钢再生混合混凝土梁

1—上翼缘；2—下翼缘；3—腹板；4—再生混合混凝土；

5—上部纵向钢筋；6—下部纵向钢筋；7—箍筋；

8—有上翼缘段；9—无上翼缘段

**4.2.12** H型钢再生混合混凝土梁每端的H型钢上翼缘，应延伸至按正截面受弯承载力计算不需要上翼缘的截面以外不小于 $h_0$ 处， $h_0$ 为上翼缘和纵向受拉钢筋合力点至截面受压区边缘的距离。

**4.2.13** H型钢再生混合混凝土梁的上部纵向钢筋不应超过两排；当采用两排上部纵向钢筋时，两排纵向钢筋不应错位布置。旧混凝土块体的特征尺寸应小于纵向钢筋的水平净间距、紧邻H型钢腹板的纵向钢筋与腹板的水平净间距、非加密区箍筋的净间距三者的较小值。

**4.2.14** H型钢再生混合混凝土梁的正截面受弯承载力、斜截面受剪承载力计算以及裂缝宽度验算和挠度验算，应符合现行行业标准《组合结构设计规范》JGJ 138对型钢截面为充满型实腹型钢的型钢混凝土框架梁的相关规定。对于无H型钢上翼缘的梁段，计算时上翼缘的宽度和厚度应取为0。

### 4.3 板

**4.3.1** 压型钢板再生混合混凝土组合楼板宜选用闭口型或缩口型压型钢板，旧混凝土块体的特征尺寸宜比压型钢板的单槽槽口最小浇筑宽度小50mm。

**4.3.2** 压型钢板再生混合混凝土组合楼板的总厚度不应小于125mm，压型钢板肋顶以上混凝土厚度不应小于85mm。

**4.3.3** 对于耐火极限要求为1.0h的简支压型钢板再生混合混凝土组合楼板，当其常温下的跨中组合弯矩设计值与跨中受弯承载力设计值之比不大于0.6时，可不涂抹防火涂料。对于耐火极限要求为1.5h的简支压型钢板再生混合混凝土组合楼板，当其常温下的跨中组合弯矩设计值与跨中受弯承载力设计值之比不大于0.3时，可不涂抹防火涂料；当该比值大于0.6但不大于0.8时，应在压型钢板底面涂抹厚度不小于10mm的非膨胀型防火涂料。

## 4.4 墙

**4.4.1** 外置钢板再生混合混凝土剪力墙(图 4.4.1)的外包钢板和内填再生混合混凝土之间的连接可采用对拉螺栓、栓钉、T形加劲肋、缀板等形式。墙的总厚度不应小于 180mm, 墙的两端宜设置矩形钢管混凝土端柱, 外包钢板与矩形钢管之间宜采用焊接连接, 矩形钢管内部可采用再生混合混凝土。

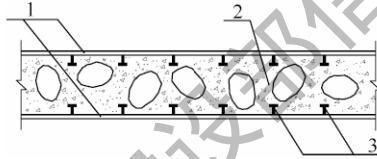


图 4.4.1 外置钢板再生混合混凝土剪力墙

1—外包钢板; 2—再生混合混凝土; 3—连接示意

**4.4.2** 当外包钢板和内填再生混合混凝土之间的连接采用对拉螺栓时, 竖向每列对拉螺栓应上、下对齐; 当采用栓钉时, 竖向每列栓钉应上、下对齐, 两片外包钢板上的栓钉应前、后对应; 当采用 T 形加劲肋和缀板时, T 形加劲肋和缀板应沿竖向布置, 两片外包钢板上的 T 形加劲肋和缀板应前、后对应。

**4.4.3** 外置钢板再生混合混凝土剪力墙中单片钢板的厚度不宜小于 6mm, 墙的总厚度与单片钢板厚度之比不宜超过 85。

**4.4.4** 考虑地震作用的外置钢板再生混合混凝土剪力墙在重力荷载代表值作用下的设计轴压比限值, 应按表 4.4.4 取用。设计轴压比应取剪力墙的轴向压力设计值与  $N_{u,ws}$  之比, 其中  $N_{u,ws}$  应按下式计算:

$$N_{u,ws} = A_a f_a + A_c f_{c,com} \quad (4.4.4)$$

式中:  $A_a$  ——剪力墙横截面的钢板总面积 ( $\text{mm}^2$ );

$A_c$  ——剪力墙横截面的混凝土面积 ( $\text{mm}^2$ );

$f_a$  ——钢材的抗压强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$f_{c,com}$  ——再生混合混凝土的组合轴心抗压强度设计值  
( $N/mm^2$ )。

表 4.4.4 外置钢板再生混合混凝土剪力墙的设计轴压比限值

抗震等级	一级	二、三级
设计轴压比限值	0.45	0.55

住房和城乡建设部信息中心  
浏览专用

## 5 施 工

**5.0.1** 旧混凝土块体进场后，应根据块体的特征尺寸和立方体抗压强度推定值分类堆放，块体不应含有泥块、砖瓦、沥青、木头、塑料、玻璃、纸张、树叶、树枝等杂物，块体表面应无污染并清洗干净。

**5.0.2** 再生混合混凝土组合构件中，旧混凝土块体替代率的波动幅度不应超过预定数值的 $\pm 5\%$ 。与新混凝土混合之前，旧混凝土块体表面应充分浇水湿润。

**5.0.3** 新混凝土宜采用自密实混凝土，自密实混凝土应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 的规定。浇筑时新混凝土的倾落高度不宜大于 5m，当倾落高度超过规定时，宜采用串筒、溜槽、溜管等辅助装置进行浇筑。

**5.0.4** 压型钢板再生混合混凝土组合楼板以及梁高不超过 500mm 的 U 形外包钢再生混合混凝土梁的混凝土浇筑，应符合下列规定：

1 应先将全部旧混凝土块体一次性均匀分散投放在压型钢板上表面，或 U 形外包钢所围空腔内部；

2 应持续浇灌新混凝土，并采用插入式振动棒对旧混凝土块体和新混凝土的混合物进行充分振捣；

3 振捣时相邻插点之间的水平距离不宜超过 500mm，振动棒应插至压型钢板或 U 形外包钢底板的上表面，并向四周撬动。

**5.0.5** 钢管再生混合混凝土柱、H 型钢部分外包再生混合混凝土柱、外置钢板再生混合混凝土墙，以及梁高大于 500mm 的 U 形外包钢再生混合混凝土梁的混凝土浇筑，可采用从上部开口往下的人工浇捣法，浇筑时应符合下列规定：

1 应先浇灌一层厚度约 100mm 的新混凝土；



2 投放一层旧混凝土块体，块体应在水平方向均匀分布，其堆积高度不宜超过 400mm；

3 再浇灌一层新混凝土，浇灌高度不宜超过 500mm；

4 应采用插入式振动棒对旧混凝土块体和新混凝土的混合物进行充分振捣，振捣时相邻插点之间的水平距离不宜超过 300mm，振动棒应插至前一层旧混凝土块体的底面以下；

5 应反复交替进行旧混凝土块体的投放和新混凝土的浇灌并不断振捣，每层旧混凝土块体的投放必须在前一层新混凝土初凝之前完成。

**5.0.6** H 型钢再生混合混凝土梁的混凝土浇筑应符合下列规定：

1 应先浇灌一层新混凝土并充分振捣，该层新混凝土应淹没 H 型钢的下翼缘；

2 当梁高不超过 500mm 时，应将全部旧混凝土块体一次性均匀分散投放在模板所围空腔内部，然后应持续浇灌新混凝土，并应采用插入式振动棒对旧混凝土块体和新混凝土的混合物进行充分振捣，振捣时相邻插点之间的水平距离不宜超过 500mm，振动棒应插至梁底模板的上表面或 H 型钢下翼缘的上表面，并向四周撬动；

3 当梁高大于 500mm 时，应采用旧混凝土块体投放和新混凝土浇灌反复交替进行并不断振捣的施工方法，每层旧混凝土块体的堆积高度不宜超过 400mm，块体应在水平方向均匀分布，每层新混凝土的浇灌高度不宜超过 500mm，应采用插入式振动棒对旧混凝土块体和新混凝土的混合物进行充分振捣，振捣时相邻插点之间的水平距离不宜超过 300mm，振动棒应插至前一层旧混凝土块体的底面以下。

**5.0.7** 在制作、运输、装卸、吊装、堆放、安装、混凝土浇筑过程中，应采取保证再生混合混凝土组合构件中的型钢不发生非弹性变形的可靠措施。

## 6 检 验

**6.0.1** 施工现场应制备再生混合混凝土立方体试件，并应与再生混合混凝土组合构件同条件养护。试件的组合抗压强度，应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的相关规定分批检验评定，其强度试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定，评定过程中试件的组合抗压强度标准值可按本标准第 3.1.7 条确定。再生混合混凝土立方体试件的制备，应符合下列规定：

1 针对同一配合比的新混凝土和具有相同立方体抗压强度推定值的旧混凝土，当旧混凝土块体的替代率保持不变时，每浇筑不超过 100m<sup>3</sup> 的再生混合混凝土，应制备不少于 2 组试件；

2 当新混凝土的配合比、旧混凝土的立方体抗压强度推定值、旧混凝土块体的替代率任意一项发生改变时，应针对改变后的再生混合混凝土制备不少于 2 组试件；

3 试件边长应大于旧混凝土块体特征尺寸的 2 倍；

4 应将预先浇水湿润后的旧混凝土块体一次性均匀投放在试件模板所围空腔内部，然后浇灌新混凝土，应采用插入式振动棒对旧混凝土块体和新混凝土的混合物进行充分振捣，振捣时振动棒应插至底模板的上表面，并向四周撬动。

**6.0.2** 检验评定再生混合混凝土组合立方体抗压强度所采用的试件尺寸以及强度的尺寸换算系数，应按表 6.0.2 取用。

表 6.0.2 再生混合混凝土立方体试件的尺寸及强度的尺寸换算系数

试件尺寸 (mm)	强度的尺寸换算系数
150×150×150	1.00
300×300×300	0.87

续表 6.0.2

试件尺寸 (mm)	强度的尺寸换算系数
400×400×400	0.83
500×500×500	0.77
600×600×600	0.71

**6.0.3** 对涉及再生混合混凝土组合构件安全的部位，应进行再生混合混凝土浇筑质量的实体检验。

**6.0.4** 再生混合混凝土浇筑质量的实体检验宜采用超声法检测技术，不宜采用钻芯法检测技术；也可采用型钢外贴压电材料和再生混合混凝土内嵌压电材料的检测方法，对型钢与再生混合混凝土之间的界面剥离以及再生混合混凝土的浇筑质量进行检验。

**6.0.5** 当同条件养护的再生混合混凝土立方体试件的组合抗压强度被评定为不合格时，应按国家现行相关标准的规定，委托检测机构对再生混合混凝土组合构件进行检测鉴定。

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 2 《钢结构设计标准》GB 50017
- 3 《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 4 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
- 5 《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936
- 6 《连续热镀锌钢板及钢带》GB/T 2518
- 7 《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433
- 8 《组合结构设计规范》JGJ 138
- 9 《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283
- 10 《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384