

两种不同混凝土结构设计规范的主要区别

王建伟¹, 孟宪萍²

(1. 黄河水利职业技术学院水利系, 河南 开封 475004; 2. 开封市供水总公司设计院, 河南 开封 475001)

摘要:《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)于2011年7月1日正式实施。以钢筋混凝土结构为例,介绍了《水工混凝土结构设计规范》(SL191-2008)与《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)在计算公式、材料、一般构造规定和结构构件设计构造规定等方面存在的主要不同。分析了两规范在受压计算公式、受剪计算公式、裂缝宽度计算公式、挠度计算公式、钢筋种类、混凝土等级、环境类别、混凝土保护层厚度、钢筋锚固长度、最小配筋率和构造规定等方面存在的差异。

关键词: 水工; 工民建; 混凝土结构; 设计规范; 规范区别

中图分类号: TU375 文献标识码: A 文章编号: 1672-643X(2012)01-0129-06

Main differences between design specification for two different concrete structures

WANG Jianwei¹, MENG Xianping²

(1. Water Conservancy Department of Yellow River Conservancy Technical Institute, Kaifeng 475004, China;

2. Kaifeng Design Institute of Water Supply Corporation, Kaifeng 475001, China)

Abstract: The “Code for Design of Concrete Structure” (GB50010-2010) has come into force recently since July 1, 2011. This paper introduced the main differences between the “Design code for hydraulic concrete structures” (GB50010-2010) and the “Code for design of concrete structures” (GB50010-2010) from calculating formulas, materials, general structural requirements and structural requirements and soon. The differences are analyzed between the two codes on formula of pressure calculation, formula of shear calculation, formula of crack width calculation, formula of deflection calculation, species of steel bar, concrete grade, environment type, concrete cover thickness, bar anchorage length, minimum reinforcement ratio and structural specifications.

Key words: hydraulic structure; civil engineering fitting; concrete structure; design specification; difference between two specifications

0 引言

目前,水利行业采用的混凝土结构设计规范是2008年11月10日发布,2009年2月10日实施的《水工混凝土结构设计规范》(SL191-2008)^[1](以下简称《水工规范》);工业与民用建筑采用的是2010年8月18日发布,2011年7月1日实施的《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)^[2](以下简称工民建规范),前者适用于水利水电工程中的素混凝土、钢筋混凝土及预应力混凝土结构的设计;后者适用于房屋和一般构筑物的钢筋混凝土、预应力混凝土和素混凝土结构的设计。本文以钢筋混凝土结构设计为例,主要从计算公式、材料、一般构造规定和结构构件设计构造规定等方面阐述两部不同混凝土结

构设计规范的主要不同之处。

1 计算公式的不同

两部规范主要在承载能力极限状态设计、正截面受弯承载力计算、受压承载力计算、斜截面受剪承载力计算、受扭承载力计算、裂缝宽度验算和受弯构件挠度验算等计算公式存在诸多不同之处,具体见表1。

2 材料的不同

2.1 钢筋的不同

《水工规范》规定的普通钢筋采用HRB400级和HRB335级钢筋,也可采用HPB235级和RRB400级钢筋,普通钢筋的强度设计值见表2^[4]。

表 1 计算公式的不同

计算类型	水工混凝土结构设计规范的计算公式		混凝土结构设计规范的计算公式		主要区别
承载力极限状态设计	$KS \leq R$ (1)		$\gamma_0 S \leq R$ (2)		(1) K 为承载力安全系数, 对一般结构基本组合取 1.2; γ_0 为结构重要性系数, 对一般结构不应小于 1.0 ^[3] 。 (2)《水工规范》中 S 的计算采用的永久荷载和可变荷载系数一般取 1.05 和 1.2;《工民建规范》中 S 的计算采用的永久荷载和可变荷载系数为 1.2 和 1.4。
					(1) 后者 M 中包含 γ_0 。
					(2) α_1 为系数, 当混凝土强度等级不超过 C50 时, α_1 取为 1.0, 当混凝土强度为 C80 时, α_1 取为 0.94, 其间按线性内插法确定。
正截面受弯承载力计算	$KM \leq f_c b x (h_0 - 0.5x) + f_y A_s' (h_0 - a_s')$ (3)		$M \leq \alpha_1 f_c b x (h_0 - 0.5x) + f_y A_s' (h_0 - a_s')$ (5)		(3) 公式(3)、(4) 的适用条件是 $x \leq 0.85\xi_b h_0$; 公式(5)、(6) 的适用条件是 $x \leq \xi_b h_0$ 。
	$f_c b x = f_y A_s - f_y A_s'$ (4)		$\alpha_1 f_c b x = f_y A_s - f_y A_s'$ (6)		
轴心受压承载力计算	$KN \leq \varphi (f_c A + f_y A_s')$ (7)		$N \leq 0.9\varphi (f_c A + f_y A_s')$ (8)		《工民建规范》中的受压承载力设计值乘以 0.9 的系数。
偏心受压承载力计算			$N \leq \alpha_1 f_c b x + f_y A_s' - \sigma_s A_s$ (15)		(1) 承载力安全系数 K 的区别、压力设计值 N 的计算不同。 (2) e 的计算方法不同。 (3)《水工规范》采用偏心距增大系数 η ,《工民建规范》采用弯矩增大系数 η_{ns} , 且计算公式不同。
	$KN \leq f_c b x + f_y A_s' - \sigma_s A_s$ (9)		$Ne \leq \alpha_1 f_c b x (h_0 - 0.5x) + f_y A_s' (h_0 - a_s')$ (16)		
	$KNe \leq f_c b x (h_0 - 0.5x) + f_y A_s' (h_0 - a_s')$ (10)				
	$e = \eta e_0 + h/2 - a_s$ (11)		$e = e_i + h/2 - a_s$ (17)		
	$\eta = 1 + \frac{1}{1400} \frac{e_0}{h_0} \left(\frac{l_0}{h} \right)^2 \zeta_1 \zeta_2$ (12)		$e_i = e_0 + e_a$ (18)		
			$M = C_m \eta_{ns} M_2$ (19)		
			$C_m = 0.7 + 0.3 M_1 / M_2$ (20)		
	$\zeta_1 = \frac{0.5 f_c A}{KN}$ (13)		$\eta_{ns} = 1 + \frac{1}{130 (M_2 / N + e_a) / h_0} \left(\frac{l_c}{h} \right)^2 \zeta_0$ (21)		
	$\zeta_2 = 1.15 - 0.01 l_0 / h$ (14)		$\zeta_c = 0.5 f_c A / N$ (22)		
斜截面受剪承载力计算	$KV \leq 0.7 f_t b h_0 + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + f_y A_{sb} \sin \alpha_s$ (23)		$V \leq \alpha_{cv} f_t b h_0 + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + 0.8 f_y A_{sb} \sin \alpha_s$ (25)		(1) α_{cv} 为截面混凝土受剪承载力系数, 对一般受弯构件取 0.7, 对集中荷载作用下的独立梁, $\alpha_{cv} = 1.75 / (\lambda + 1)$ 。 (2) 两者的箍筋受剪承载力系数分别为 1.25 和 1.0。 (3) 两者的弯起钢筋受剪承载力系数分别为 1.0 和 0.8。
	对承受集中力为主的重要的独立梁:				
	$KV \leq 0.5 f_t b h_0 + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + f_y A_{sb} \sin \alpha_s$ (24)				
剪扭构件承载力计算	$\frac{KV}{bh_0} + \frac{KT}{W_t} \leq 0.25 f_c$ (26)		$\frac{V}{bh_0} + \frac{T}{0.8 W_t} \leq 0.25 \beta_c f_c$ (30)		(1) 承载力安全系数 K 和扭矩、剪力设计值计算方法不同。 (2) 集中荷载作用下独立剪扭构件受剪承载力计算公式不同。 (3) 截面尺寸限制条件不同。
	$KT \leq 0.35 \beta_t f_t W_t + 1.2 \sqrt{\zeta} \frac{f_{yv} A_{st1} A_{cor}}{s}$ (27)		$T \leq 0.35 \beta_t f_t W_t + 1.2 \sqrt{\zeta} \frac{f_{yv} A_{st1} A_{cor}}{s}$ (31)		
	$KV \leq 0.7 (1.5 - \beta_t) f_t b h_0 + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0$ (28)		$V \leq 0.7 (1.5 - \beta_t) f_t b h_0 + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0$ (32)		
	$\beta_t = \frac{1.5}{1 + 0.5 \frac{V W_t}{T b h_0}}$ (29)		$\beta_t = \frac{1.5}{1 + 0.5 \frac{V W_t}{T b h_0}}$ (33)		

续表 1			
计算类型	水工混凝土结构设计规范的计算公式	混凝土结构设计规范的计算公式	主要区别
裂缝 宽度 验算	$w_{\max} = \alpha \frac{\sigma_{sk}}{E_s} (30 + c + 0.07 \frac{d}{\rho_{te}})$	$w_{\max} = \alpha_{cr} \psi \frac{\sigma_s}{E_s} (1.9c + 0.08 \frac{d_{eq}}{\rho_{te}}) \quad (38)$	(1) α 为考虑构件受力特征和荷载长期作用的综合影响系数,对受弯和偏心受压构件, $\alpha = 2.1$, α_{cr} 为构件受力特征系数,对受弯和偏心受压构件, $\alpha_{cr} = 1.9$ 。
	$d_{eq} = 4A_s/u$	$\psi = 1.1 - 0.65f_{tk}/(\rho_{te}\sigma_s) \quad (39)$	(2) 后式中增加纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ 。
	$\rho_{te} = \frac{A_s}{A_{te}}$	$d_{eq} = \frac{\sum n_i d_i^2}{\sum n_i v_i d_i} \quad (40)$	(3) 混凝土保护层 c 和钢筋直径 d 的计算系数不同。
	$A_{te} = 2a_s b (\text{受弯构件})$	$\rho_{te} = \frac{A_s}{A_{te}} \quad (41)$	(4) A_{te} 计算公式不同。
		$A_{te} = 0.5bh + (b_f - b)h_f \quad (42)$	(5) 公式(38) 中 σ_{sk} 是按荷载标准值计算的纵向受拉钢筋应力,公式(38) 中 σ_s 是按荷载的准永久组合计算额纵向受拉钢筋应力。
			(6) 钢筋换算直径计算方法稍有不同。
受弯 构件 挠度 验算	$f_{\max} = S \frac{M_k l_0^2}{B} \leq f_{\lim}$	$f_{\max} = S \frac{M_k l_0^2}{B} \leq f_{\lim}$	
	$B_s = (0.025 + 0.28\alpha_E\rho)(1 + 0.55\gamma_f' + 0.12\gamma_f)E_c b h_0^3$	$B_s = \frac{E_s A_s h_0^2}{1.15\psi + 0.2 + \frac{6\alpha_E\rho}{1 + 3.5\gamma_f}}$	(1) B_s 的计算公式不同。
	$B = 0.65B_s$	荷载标准组合: $B = \frac{M_k}{M_q(\theta - 1) + M_k} B_s$ 荷载准永久组合: $B = B_s/\theta$	(2) B 的计算方法不同。

表 2 水工混凝土结构设计规范规定的普通钢筋强度设计值

	种类	符号	f_y	f'_y
热轧钢筋	HPB235 (Q235)	Φ	210	210
	HRB335 (20MnSi)	Φ	300	300
	HRB400 (20MnSiV、20MnSiNb、20MnTi)	Φ	360	360
	RRB400 (K20MnSi)	Φ ^R	360	360

注:在钢筋混凝土结构中,轴心受拉或小偏心受拉构件的钢筋抗拉强度设计值大于 300 N/mm² 时,仍应按 300 N/mm² 取用。

《工民建规范》规定的纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 钢筋,也可采用 HRB335、HRBF335、RRB400 钢筋;箍筋宜采用 HRB400、HRBF400、HPB300、HRB500、HRBF500 钢筋,也可采用 HRB335、HRBF335 钢筋。与前者规范相比,淘汰了 HPB235 级低强度钢筋,增加了 HRB 500级高强度钢筋,增加 HPB300 作为最低强度 I 级钢筋和 F(细晶粒)系列钢筋,并明确将 400 MPa 级钢筋作为主导钢筋,提倡应用 500MPa 级钢筋,逐步淘汰 335 MPa 级钢筋。

普通钢筋的强度设计值见表 3。

2.2 混凝土的不同

《水工规范》规定的混凝土强度等级为 C15 ~ C60,《工民建规范》规定的混凝土强度等级为 C15 ~ C80。

表 3 混凝土结构设计规范规定的普通钢筋强度设计值		
牌号	抗拉强度	抗压强度
	设计值 f_y	设计值 f'_y
HPB300	270	270
HRB335、HRBF335	300	300
HRB400、HRBF400、RRB400	360	360
HRB500、HRBF500	435	435

《水工规范》规定钢筋混凝土结构构件的混凝土强度等级不应低于 C15,当采用 HRB335 级钢筋时,混凝土强度等级不宜低于 C20,当采用 HRB400 级和 RRB400 级钢筋以及承受重复荷载的构件,混凝土强度等级不得低于 C20。预应力混凝土结构构件的混凝土强度等级不应低于 C30;当采用钢绞线、钢丝作预应力钢筋时,混凝土强度等级不宜低于 C40。

《工民建规范》规定素混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C15,钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C20,采用强度级别 400MPa 及以上

的钢筋时,混凝土强度等级不应低于 C25。承受重复荷载的钢筋混凝土构件,混凝土强度等级不应低于 C30。预应力混凝土结构的混凝土强度等级规定与前者相同。两部规范的混凝土强度标准值和设计值的取值相同。

3 一般构造规定的不同

两部规范在环境类别、混凝土保护层、钢筋的锚

固、纵向受力钢筋的最小配筋率等一般构造规定方面存在差异。

3.1 环境类别

《水工规范》将水工混凝土结构所处的环境条件按表 4 分为 5 个类别。

《工民建规范》将混凝土结构所处的环境条件按表 5 分为 7 类^[5]。

表 4 水工混凝土结构所处的环境类别

环境类别		条 件
一	室内正常环境	
二	室内潮湿环境;露天环境;长期处于水下或地下的环境	
三	淡水水位变动区;有轻度侵蚀性地下水的地下环境;海水水下区	
四	海上大气区;轻度盐雾作用区;海水水位变动区;中度化学侵蚀性环境	
五	使用除冰盐的环境;海水浪溅区;重度盐雾作用区;严重化学侵蚀性环境	

表 5 混凝土结构的环境类别

环境类别		条 件
一	室内干燥环境;无侵蚀性静水浸没环境	
二 a	室内潮湿环境;非严寒和非寒冷地区的露天环境;非严寒和非寒冷地区与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境;严寒和寒冷地区的冰冻线以下与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境	
	干湿交替环境;水位频繁变动环境;严寒和寒冷地区的露天环境;严寒和寒冷地区冰冻线以上与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境	
二 b	严寒和寒冷地区冬季水位变动区环境;受除冰盐影响环境;海风环境	
三 a	盐渍土环境;受除冰盐作用环境;海岸环境	
三 b	海水环境	
四	受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境	
五		

3.2 混凝土保护层

《水工规范》规定纵向受力钢筋的混凝土保护层不应小于钢筋直径及表 6 所列数值,同时也不应小于粗骨料最大粒径的 1.25 倍。

表 6 水工钢筋混凝土结构规范规定的混凝土保护层最小厚度

项次	构件类别	环境条件类别				
		一	二	三	四	五
1	板、墙	20	25	30	45	50
2	梁、柱、墩	30	35	45	55	60
3	截面厚度不小于 2.5 m 的底板及墩墙	40	50	60	65	

《工民建规范》规定设计使用年限为 50 a 的钢筋混凝土构件中受力钢筋的保护层厚度不应小于钢筋直径 d ,最外层钢筋(箍筋或分布钢筋)的保护层厚度应符合表 7 的规定。设计使用年限为 100 a 的混凝土结构,混凝土保护层厚度应按上述规定数值

增加 40%。

表 7 混凝土结构设计规范规定的混凝土保护层最小厚度

环境等级			板墙壳		
梁柱			梁柱		
一	15	20	三 a	30	40
二 a	20	25	三 b	40	50
二	25	35			

3.3 钢筋的锚固

《水工规范》规定受拉钢筋的最小锚固长度 l_a 见表 8。受压钢筋的锚固长度不应小于表 8 所列数值的 0.7 倍。特殊情况下,最小锚固长度应进行修正^[6],修正后的最小锚固长度不应小于表 8 中所列数值的 0.7 倍,且不应小于 250 mm。

《工民建规范》规定受拉钢筋的基本锚固长度应按公式 $l_{ab} = \alpha f_y d / f_t$ 计算,受拉钢筋的锚固长度应根据具体锚固条件按公式计算,且不应小于

200mm。受压钢筋的锚固长度不应小于表 8 所列数值的 0.7 倍。

表 8 普通受拉钢筋的最小锚固长度 l_a						
项次	钢筋类型	混凝土强度等级				
		C15	C20	C25	C30	C35 ≥C40
1	HPB235 钢筋	40 d	35 d	30 d	25 d	20 d
2	HRB335 钢筋		40 d	35 d	30 d	25 d
3	HRB400 钢筋、 RRB400 钢筋		50 d	40 d	35 d	30 d

3.4 纵向受力钢筋的最小配筋率

《水工规范》规定的水工钢筋混凝土结构构件的纵向受力钢筋的配筋率不应下小于表 9 规定的数值。

《工民建规范》规定的钢筋混凝土结构构件中纵向受力钢筋的配筋百分率 ρ 不应小于表 10 规定的数值。

表 10 纵向受力钢筋的最小配筋百分率 ρ			
受力类型		最小配筋百分率	
受压构件	全部纵向钢筋	强度级别 500 N/mm ²	0.50
		强度级别 400 N/mm ²	0.55
		强度级别 300 N/mm ² 、335 N/mm ²	0.60
		一侧纵向钢筋	0.20
	受弯构件、偏心受拉、轴心受拉构件一侧的受拉钢筋		0.20 和 $45 f_t / f_y$ 中的较大值

表 11 两部规范构造规定的主要区别		
构件类别	水工钢筋混凝土结构设计规范	混凝土结构设计规范
板	(1)板中受力钢筋的间距:当板厚 $h \leq 200$ mm 时, $s \leq 200$ mm; 当 $200\text{ mm} < h \leq 1500$ mm 时, $s \leq 250$ mm; 当板厚 $h > 1500$ mm 时, $s \leq 300$ mm。	(1)板中受力钢筋的间距,当板厚不大于 150 mm 时不宜大于 200 mm; 当板厚大于 150 mm 时不宜大于板厚的 1.5 倍,且不宜大于 250 mm。
	(2)单向板中每米板宽内分布钢筋的截面面积不小于受力钢筋截面面积的 15% (集中荷载时为 25%)。	(2)当按单向板设计时,应在垂直于受力的方向布置分布钢筋,其配筋率不宜小于受力钢筋的 15%, 且不宜小于 0.15%。
	(3)分布钢筋的直径不宜小于 6 mm。承受分布荷载的厚板,分布钢筋的间距可为 200 ~ 400 mm。承受分布荷载的厚板,分布钢筋的直径可采用 10 ~ 16 mm。	(3)分布钢筋直径不宜小于 6 mm,间距不宜大于 250 mm。
	(4)板边嵌固于砖墙内的板,在板的顶部沿板边需配置垂直板边的钢筋,其数量按承受跨中最大弯矩绝对值的 1/4 计算。钢筋应从支座边伸出至少为 1/5 跨度的长度;单向板平行于板跨方向的板边,其顶部垂直板边的钢筋可按构造适当配置。	(4)按简支边或非受力边设计的现浇混凝土板,当与混凝土梁、墙整体浇筑或嵌固在砌体墙内时,应设置垂直于板边的板面构造钢筋,并符合下列要求:钢筋直径不宜小于 8 mm,间距不宜大于 200 mm,且单位宽度内的配筋面积不宜小于跨中相应方向板底钢筋截面面积的 1/3。与混凝土梁、混凝土墙整体浇筑单向板的非受力方向,钢筋截面面积尚不宜小于受力方向跨中板底钢筋截面面积的 1/3;该构造钢筋从混凝土梁边、混凝土墙边伸入板内的长度不宜小于 $l_0/4$,砌体墙支座处钢筋伸入板边的长度不宜小于 $l_0/7$ 。

4 结构构件设计构造规定的不同

两部规范在结构构件设计构造规定方面的主要区别见表 11。

表 9 钢筋混凝土构件纵向受力钢筋的最小配筋率 ρ_{min}			
分 类	钢筋等级		
	HPB235	HRB335	HRB400、RRB400
受弯构件、偏心受拉构件的受拉			
钢筋梁	0.25	0.20	0.20
板	0.20	0.15	0.15
轴心受压柱的全部纵向钢筋	0.60	0.60	0.55
偏心受压构件的受拉或受压钢筋			
柱、肋拱	0.25	0.20	0.20
墩墙、板、板拱	0.20	0.15	0.15

续表 11

构件类别	水工钢筋混凝土结构设计规范	混凝土结构设计规范
梁	(1) 在上部不应小于 1.5 倍钢筋直径,同时不应小于 30 mm 和最大骨料粒径的 1.5 倍。	(1) 梁上部钢筋水平方向的净间距不应小于 30 mm 和 1.5 d。
	(2) 梁的下部受力钢筋不宜多于两层,当两层布置不开时,允许钢筋成束布置,但每束钢筋以 2 根为宜。	(2) 在梁的配筋密集区域可采用并筋的配筋形式。并给出钢筋最大直径为 28 mm 及以下并筋数不宜超过 3 根;直径 32 mm 钢筋并筋数宜 2 根;直径 36 mm 及以上的钢筋不宜采用并筋。一般二根并筋,可在纵向或横向并列,三根并筋可排成品字形。
	(3) 抗扭纵向钢筋的配筋率 $\rho_{st} = A_{st}/(bh)$ 不应小于 0.3% (HPB235 级钢筋) 或 0.2% (HRB335 级钢筋);在弯剪扭构件中,箍筋配筋率不应小于 0.20% (HPB235 级钢筋) 或 0.15% (HRB335 级钢筋)。	(3) 梁内受扭纵向钢筋的最小配筋率 $\rho_{tl, \min}$ 应满足 $\rho_{tl, \min} = 0.6 \sqrt{T/(Vb)} f_t/f_y$ 的规定。在弯剪扭构件中,箍筋的配筋率 ρ_{sv} 不应小于 $0.28 f_t/f_y$ 。
	(4) 对薄腹梁,应在梁下部 1/2 梁高的腹板内沿两侧配置纵向构造钢筋,其直径为 10 ~ 14 mm,间距为 100 ~ 150 mm 并按下密上疏的方式布置。	(4) 薄腹梁或需作疲劳验算的钢筋混凝土梁,应在下部二分之一梁高的腹板内沿两侧配置直径 8 ~ 14 mm 的纵向构造钢筋,其间距为 100 ~ 150 mm 并按下密上疏的方式布置。
柱	当偏心受压柱的截面长边 $h \geq 600$ mm 时,在侧面应设置直径为 10 ~ 16 mm 的纵向构造钢筋,其间距不大于 400 mm。	偏心受压柱的截面高度不小于 600 mm 时,在柱的侧面上应设置直径不小于 10 mm 的纵向构造钢筋。

5 结 语

通过上述对比分析,对两部规范的内容可以得出以下结论:

- (1) 两部规范在设计基本原理、材料、一般构造规定和结构构件设计构造规定等方面存在很多共同或相似之处;
- (2) 两部规范在具体计算公式、材料、一般构造规定和结构构件设计构造规定等方面存在诸多不同之处;
- (3) 修订后的《工民建规范》结构构件的受剪承载力^[7]、轴心受压承载力较《水工规范》的安全储备有所提高;
- (4) 用 300 MPa 级钢筋取代 235 MPa 级钢筋,用 400、500 MPa 级钢筋取代 335 MPa 级钢筋,可以明显减少钢筋用量,对于不同情况差异较大,平均可减少用钢量约 15% 左右。
- (5) 修订后的《工民建规范》的受弯构件(梁)因计算公式修改,裂缝宽度控制大幅度减少(10%

~40%)。

参考文献:

[1] SL/T191-2008 水工钢筋混凝土结构设计规范[S]. 中华人民共和国水利部. 北京:中国水利水电出版社, 2009.

[2] GB50010-2010 混凝土结构设计规范[S]. 中华人民共和国建设部. 北京:中国建筑工业出版社,2011.

[3] 河海大学等四院校. 水工钢筋混凝土结构学[M]. (第4版). 北京:中国水利水电出版社,2009.

[4] 彭明,王建伟. 建筑结构[M]. (第2版). 郑州:黄河水利出版社,2009.

[5] 徐宁,顾祥林,黄庆华,等. 混凝土结构环境作用研究方法[J]. 结构工程师,2010,26(2):162-167.

[6] 李海涛,苏小卒,Andrew DEEKS. 中美拉伸锚固长度比较研究[J]. 结构工程师,2010,26(3):170-175.

[7] 王伟,苏小卒,赵勇. 钢筋混凝土界面抗剪承载力计算方法比较研究[J]. 结构工程师,2010,26(4):130-136.