

总263号

译 27 号

水利水电科技情报

国外水工建筑物混凝土与钢筋混凝土结构
极限状态计算方法参考资料

长江流域规划办公室技术情报科

一九七六年一月

学习外国的东西，是为了研究和发展中国的东西。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

目 录

国外混凝土建筑物设计方法的新动向	(1)
水工建筑物混凝土与钢筋混凝土结构设计新规范要点	(6)
按极限状态计算时对容许裂缝宽度的限制	(15)
钢筋混凝土结构按极限状态计算时的修正系数	(22)
按极限状态计算预应力混凝土结构	(25)
关于钢筋混凝土结构中裂缝限制的问题	(33)
采用下界近似法对平板进行极限状态的设计	(47)
苏联钢筋混凝土结构物的设计方法	(59)
水工建筑物混凝土强度标准	(65)
水工建筑物钢筋混凝土结构裂缝开展宽度的计算	(78)
河港水工建筑物按极限状态计算所采用的若干原则	(83)
按极限状态计算隧洞衬砌问题	(88)
极限设计法规条款阶段性报告	(97)

国外混凝土建筑物设计方法的新动向

(日本)朝仓肇

前言

设计建筑物时,须使建筑物具有适当的安全度,以防实际建筑物的强度低于设计强度和工作荷载超过设计荷载,或实际建筑物所产生的内力或应力和设计计算成果的误差等引起建筑物的破坏。

以往,一直采用在设计荷载条件下确定断面的方法,来确定安全度使由弹性理论求出的应力,低于材料强度除以适当安全系数相应的许可应力(但对预应力混凝土,也进行破坏的研究)。尽管有上述各种不明确的因素,但在方式上仍是通过低估材料强度来确定安全度。要更合理地设计建筑物,最好是进一步明确安全度的内容,即如能考虑材料和荷载等不明确因素各自的离差,分别确定安全度,则根据提高施工质量控制技术来减少强度的离差,更正确地掌握和预测荷载的实况及设计计算方法的改进,就能易于使安全度标准化。

此外,一般广泛采用由弹性理论求出的应力低于许可应力的计算设计荷载方法,也普遍认为有下列不适合的地方,即混凝土建筑物的混凝土并不是弹性体,材料强度和许可应力之比,和构件或建筑物的破坏强度与设计荷载之比不一定是一致的。

因此,历来基于弹性理论和许可应力的设计方法正在向下述设计方法转变,即除考虑混凝土的非弹性求出极限强度外,并分别考虑材料强度和设计荷载的安全度(以下称为极限状态设计方法);在许多国家的混凝土建筑物设计标准中,已采用这种极限状态设计方法(有的标准,称为极限强度设计方法或荷载系数设计方法,也比较适当,但本文为了简便计,称作极限状态设计方法)。

本文将这些国家采用极限状态设计方法的动向和基于极限状态设计方法的各种标准的概要简介如下。

一、各国采用极限状态设计方法的动向

当前,在混凝土建筑物的设计方法方面,采用极限状态设计方法的国家,已大大增加,有美国、英国、苏联、法国和西德等。以下介绍欧洲混凝土委员会(简称CEB)的活动情况和美国、英国和西德的标准。

1. 欧洲混凝土委员会 (CEB)

CEB是1953年成立的国际委员会，其宗旨是：“除了综合世界各国有关混凝土结构的各种理论和调整研究成果外，并仔细研究建筑物安全性的基本原理，进一步改进混凝土建筑物的实用设计方法”，世界上已有三十三个国家参加了该委员会，日本是由日本混凝土会议代表日本参加的。

该委员会于1964年发表了应用概率论设计方法的钢筋混凝土设计施工标准(1)，并于1970年和国际预应力混凝土协会(EIP)联合发表了包括预应力混凝土的国际混凝土建筑物设计施工准则(2)（以下简称CEB标准）。

CEB每18个月召开大会一次，为编制手册和下一次的修改而积极进行准备。

2. 美国

美国在美国混凝土协会(ACI)的钢筋混凝土建筑标准(3)（以下简称ACI标准）中，五十年代就有引用极限状态设计方法的动向，1963年修改标准时，就制订了以极限状态设计方法为中心的标准；但历来的许可应力设计方法也准许使用。1971年修订标准时，也采用了同样的方式。

在混凝土桥梁方面，美国各州公路工作者协会(AASHTO)历来是根据ACI标准制订公路桥设计标准(4)（以下简称AASHTO标准），而1966年制订了应用极限状态设计方法的试行方案(5)，1973年在修订AASHTO标准时，采用了这个方案，但许可应力设计方法也一并列入标准中，由设计人员判断选用。

3. 英国

英国于1972年修订混凝土建筑物设计标准CP110(6)时，采用了极限状态设计方法，看来这是受了CEB标准很大的影响。

在混凝土桥梁方面，有关桥梁的荷载等一般事项，一直是采用钢桥规范BS153(7)所列的内容，根据CP110进行设计，但于1972年修订CP110时，制订了应用极限状态设计方法的混凝土桥设计标准草案，并于1973年发表了这个草案(8)。

4. 西德

西德于1968年发表了混凝土和钢筋混凝土设计标准DIN1045(9)应用极限状态设计方法的草案，1972年制订了应用极限状态设计方法的标准。根据DIN1045的规定，对于预应力混凝土设计标准DIN4227(10)的修订，也进行了研究(11)。

作为混凝土桥梁标准的DIN1075(12)，是以混凝土桥梁为对象，具有补充和修改一般混凝土设计标准DIN1045的性质，因此，需要根据修订DIN1045而进行修订。

二、各种标准的概要

以下除简介各国标准中，美国ACI标准、英国CP110、西德DIN1045和CEB/FIP发

表的CEB标准的安全系数和设计计算的基本概念外,并介绍日本现行的设计方法。

表1 各种标准的荷载安全系数

ACI标准 (美国)	CP 110 (英国)	DIN 1045 (西德)	CEB标准	土木学会 PC准则	公路协会PC 规范
$1.4D + 1.7L$	$1.4D + 1.6L$	$1.75 \sim 2.10(D + L)$	$1.5(D + L)$	$1.3D + 2.5L$	$1.8(D + L)$ $1.3D + 2.5L$ 取较大者

(注) DIN 1045系根据破坏时断面的变形状态,规定采用 $1.75 \sim 2.10$ 。

(D为死荷载, L为活荷载—译注)。

1. 荷载安全系数

在各种标准中,求与死荷载(有的标准称作恒载、静载)和活荷载(有的标准称临时荷载、动荷载)的组合相对应的设计荷载所需荷载安全系数,如表1所示。

由表可明显看出,各种标准的数值有很大不同。且ACI标准和CP110对于死荷载和活荷载,采用不同的安全系数,而DIN 1045和CEB标准对于死荷载和活荷载,则采用同一安全系数。

一般产生离差可能性较小的死荷载安全系数,以小于活荷载安全系数比较合理,但对于实际荷载的离差或大小,如何确定设计荷载,与下述采用材料安全系数的方法和设计计算方法等有关,因此,不能一概而论。

当前,日本为了保证预应力混凝土破坏的安全,通过设计荷载乘以安全系数的荷载来校核断面,此时的安全系数如表1所示。土木学会1961年发表的预应力混凝土设计施工准则(以下简称PC准则),对于死荷载采用1.3,对于活荷载采用2.5;公路协会1968年发表的预应力混凝土桥梁规范(以下简称PC规范),除采用PC准则的安全系数外,并为了确保死荷载大于活荷载时的安全系数,对于死荷载和活荷载之和,规定了1.8的安全系数。

2. 材料安全系数

各种标准的材料安全系数如表2所示(ACI标准和DIN1045未特别规定材料安全系数)。

表2 各种标准的材料安全系数

	ACI标准 (美国)* ¹	CP 110 (英国)	DIN 1045* ¹ (西德)	CEB 标准
混凝土	1.0^{*2}	1.5	$1.42 - 1.83^{*3}$	1.5(现场浇筑) 1.4(工场预制件)
钢材	1.0^{*2}	1.5	1.0	1.15

注: *¹ACI标准和DIN 1045均未规定材料安全系数。

*²ACI标准中,另外规定了0.65—0.90的弹限应力折减系数。

*³此值系由给出与标准强度相对应的设计强度的表中,倒算而求出的。

但在各种标准中,质量控制标准和混凝土试件形状均不相同(ACI标准以圆柱体为标准,

CP110和DIN1045以立方体为标准), 因此, 这些系数之比并不表示真正的材料安全系数。

3. 对弯曲和轴向力的设计方法

无论在何种标准中, 原则上都是边缘变形与中性轴的距离成正比, 用下面所示的应力—应变成形等, 求出强度。

材料的应力—应变成形和极限应变, 如表 3 所示。

表 3 计算弯曲和轴向力时材料的力学性质

		ACI标准(美国)	CP110(英国)	DIN1045(西德)	CEB 标准
混凝土	应力—应变成形	未特别规定应力—应变成形。 但 $\delta_c \leq 280$ 公斤/厘米 ² 时, 上限应力为0.85, 每超过70公斤/厘米 ² , 再将减去0.05的数值乘 δ_c 。			
	极限应变	0.003	0.0035	0.0035	0.0035
钢筋	应力—应变成形				
	扬氏模量	20390公斤/毫米 ²	20410公斤/毫米 ²	21000公斤/毫米 ²	21430公斤/毫米 ²
	极限应变	未规定	未规定	0.005	0.01
预应力混凝土钢材	应力—应变成形	须由试验决定或 工场给定			原则上采用实际的钢材的曲线, 因制作方法的的不同, 给定了4种曲线
	扬氏模量	同上	17860公斤/毫米 ² 20410公斤/毫米 ²		20410公斤/毫米 ²
	极限应变	未规定	未规定		0.01

注: 1. δ_c δ_s 和 δ_h 系材料强度除以材料安全系数所求出的设计强度。

2. 在ACI标准中, 通过以上假定所求出的强度乘以弹限应力折减系数0.9。

3. 0.67系将立方体强度换算成抗弯强度的系数。

混凝土的上限应力是按以下方式求出的，即：以上述材料安全系数除标准强度所求得设计强度，CEB标准中，再乘以0.85，ACI标准中，根据强度再乘以小于0.85的数值。

对于混凝土的极限应变，都规定了压缩极限应变；对于钢材的极限应变，有规定和没有规定受拉极限应变的两种。

在日本的PC准则中，混凝土的压缩极限应变为 2.5×10^{-3} ，假定混凝土的应力为矩形分布，不考虑混凝土强度的降低。

4. 对剪切的设计方法

混凝土构件的剪切破坏，是一种远比受弯破坏复杂的现象，剪切破坏强度并不象受弯破坏强度那样容易从理论上求出。因此，在各种标准中，都主要是根据试验结果，确定研究剪切的方法。

以下介绍各种标准中对剪切设计方法的基本概念。

ACI标准中，仅研究设计荷载（乘荷载安全系数所求出的荷载）即可，通过剪应力进行研究。计算腹筋时，产生剪切裂缝前的荷载由混凝土承受一部分。此外，在预应力混凝土方面，产生剪切裂缝后，也允许预应力混凝土承受荷载。

在CP110中，也是仅研究设计荷载即可，通过剪应力进行研究。计算腹筋时，和ACI标准相同，考虑混凝土承受部分荷载。预应力混凝土方面，挠曲裂缝加剧，剪切裂缝产生前，仅在腹部产生剪切裂缝时，允许预应力混凝土承受荷载。

在DIN1045中，仅通过剪应力研究标准荷载（不乘荷载安全系数的荷载）即可进行研究。计算腹筋时，允许混凝土承受荷载（在修订前的1953年发表的预应力混凝土标准DIN 4227中，规定由主拉应力研究设计荷载和标准荷载，计算腹筋时，允许混凝土承受荷载）。

在CEB标准中，研究方法因设计荷载时可能产生挠曲裂缝而有所不同。不产生挠曲裂缝的断面，通过主拉应力进行研究；会产生挠曲裂缝的断面，通过剪应力进行研究。根据试验建立计算腹筋的公式，因而考虑混凝土和预应力的作用。为防止腹部产生过大的剪切裂缝，给出了研究设计荷载的公式。

在日本，钢筋混凝土系通过剪应力研究设计荷载；预应力混凝土则是通过主拉应力研究设计荷载和破坏。计算腹筋时，裂缝发生后，无论是钢筋混凝土，还是预应力混凝土，都不考虑混凝土承受荷载。

以上简介的是国外有关混凝土建筑物设计方法的最近动向。

（参考文献12种，从略）

邓宣仲译自日本《土木技术资料》1974年12月号

水工建筑物混凝土与钢筋混凝土结构设计新规范要点

(苏联)什维卓夫等

根据苏联国家建委1965年关于编制全苏规范、技术条件和技术规程的工作计划,编制了《水工建筑物混凝土与钢筋混凝土结构设计规定》草案(代替现行规范CH55~59)。参加编制新规范草案的单位有:全苏水工科研院(主办单位)、混凝土与钢筋混凝土科研院、全苏水工设计院等八个单位。

编制新规范的最重要前提是:要求提高水工建筑物混凝土与钢筋混凝土结构的可靠性和耐久性,以及使上述结构计算方法与工业、民用和交通运输建筑物相类似的计算方法规范化。

与现行规范CH55~59不同,《规定》将使水工建筑物混凝土与钢筋混凝土结构按极限状态计算方法规范化。此外,《规定》中包括有关经受多次重复荷载的钢筋混凝土结构构件计算和装配式预应力钢筋混凝土结构计算等章节,并发展了温湿作用下混凝土与钢筋混凝土建筑物构件的计算原则。

该规范草案,系根据1962~1965年由上述八个单位参加编制的《水工建筑物混凝土与钢筋混凝土结构极限强度计算原则》拟定的。在编制上述计算原则过程中,参照了建筑法规II-A、10-62《土建结构及基础设计原则》一节中的要求,引用了建筑法规II-13、1-62《混凝土与钢筋混凝土设计规范》一节的个别原则,参考了建筑法规其他章节和全苏建筑设计规范中的有关规定。

编制《规定》时,参考了全苏水工科研院和列宁格勒水工勘测设计科研院等单位所作的科研成果和试验性设计成果。

目前,水工建筑物混凝土与钢筋混凝土结构计算方法仍有某些缺点,其中最主要的是:规范中所规定的强度安全系数值,既未考虑作用在建筑物上荷载的特点及其性质,也未考虑荷载是否可能变化。所以,虽采用同一安全系数设计,但经受性质不同荷载作用的建筑物,在大多数情况下,其强度实际上也不相同。采用极限状态计算法,即可消除这一缺点。

根据建筑法规II-A、10-62节中的规定,《极限状态,系指到达这种状态时结构或基础不再满足运转中所提出的各项要求》。计算时,考虑下列三种极限状态:第一、按承载力;第二、按变形和位移值;第三、按裂缝形成或裂缝开展值。

正如建筑法规II-A、10-62节中所规定,《按极限状态计算的主要要求是:由计算中所考虑的作用力引起的应力、应变、位移和裂缝开展值,不得大于参照厂房及各种建筑物土

建结构和基础设计规范所定出的极限值》。

按照新规范草案，混凝土结构应按承载力进行计算，而对于按建筑物运行条件不允许产生裂缝的情况，应按裂缝形成来考虑。钢筋混凝土结构则应按承载力、变形和裂缝形成或裂缝开展进行计算。

按极限状态计算的最主要特点是：对确定建筑物受力情况的各主要因素，要作系统的考虑，其办法是计入下列计算系数值：超载系数 n 、材料均质系数 K 和工作条件系数 m 等。

超载系数 n ，决定着某一荷载在物理性能上是否会向不利方面超出其额定值。这种系数值（见表1），在《规定》草案中，参照现行规范和专门试验成果选用。

表1

荷载型式		荷载与作用力	超载系数 n
永久荷载		建筑物自重	1.05和0.95
		土重的垂直压力	1.10和0.90
		土壤主动压力	1.20和0.80
		山岩压力	1.5
		水库淤积的泥沙压力	1.2
		静水压力	1.0
		顺建筑物地下轮廓线的渗水压力	1.2和0.8
		建筑物内部渗水压力（浮托力）	1.0
临时荷载	长期荷载与瞬时荷载	计及水流脉动的水动压力	1.2
		波浪压力	1.1
		装卸、运输机械的垂直与水平荷载	1.3
		铁路车辆的垂直与水平荷载	按建筑法规 CH _{ИП} II—Д 7—62
		公路车辆的垂直与水平荷载	按建筑法规 CH _{ИП} II—Д 7—62
		人员、堆积货物、固定工艺设备重量的荷重	按建筑法规 CH _{ИП} II—А 11—62
		船只挤压与系锚荷载	1.2
		冰 荷	1.1
	特殊荷载	雪 荷	1.4
		风 荷	1.2
		温湿作用	1.0
		地震作用	1.0
		船只撞击	1.0

材料均质系数（ $K_s K_a$ ），与其额定值相较，表示材料强度特性是否会向不利方面变化，并用统计方法确定。混凝土与钢筋混凝土的额定值及均质系数，参照建筑法规II—A、10—62节中的规定选用。

工作条件系数 (m_δ, m_a 等) 考虑材料、结构构件及其连接部, 以及整个建筑物和结构等的受力特点。这些特点在计算中不能直接反映出来。这种系数值在《规定》草案中的选用, 与建筑法规 II-B、1-61 节有关规定相同。

此外, 为考虑水工建筑物的特点, 《规定》草案中引用了按建筑物等级和荷载及作用力组合划分的专用系数 m_{KC} 。确定系数 m_{KC} 值 (表 2) 时, 应使在不同加权平均超载系数时, 按两种不同计算方法 (按《规定》和现行规范 CH55~59 所采用的计算方法) 求出的成果数据一致。

表 2

结 构 型 式	工 作 条 件 系 数 $m_{K.C.}$							
	(建筑物级别)							
	I		II		III		IV	
	荷 载 与 作 用 力 组 合							
混凝土结构	主要的	特殊的	主要的	特殊的	主要的	特殊的	主要的	特殊的
	0.75	0.95	0.80	1.10	0.90	1.15	0.95	1.15
钢筋混凝土结构	0.80	1.00	0.90	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00

注: 水工建筑物按建筑法规 II—II, 1—62“河川建筑物设计纲要”有关章节和建筑法规 II—II, 2—62“海洋水工建筑设计纲要”分级。

混凝土结构的系数 m_{KC} 值按下式求算:

$$m_{K.C.} = \frac{n_{CP}}{K_3 K_\delta} \dots\dots\dots (1)$$

式中: n_{CP} ——加权平均超载系数;

K_3 ——现行规范 CH55—59 中表 6 所列的安全系数。

钢筋混凝土结构的 $m_{K.C.}$ 值, 由类似关系式确定, 同时也参考了列宁格勒水工勘测设计科研院与全苏水工科研院所作的比较性计算成果。

新计算方法中的计算公式, 在结构上与现行规范的公式略有不同。公式中明显地引用了系数 $m_{K.C.}$, 而对其他的工作条件系数, 或者包括在设计强度数值中, 或者明显地列在规范的个别项内。为简化叙述起见, 公式中不予明显地列入。

按承载力的计算条件, 一般由下式确定:

$$\sum N_i^H \dots\dots\dots \leq m_{KC} \Phi (R_\delta; R_a; S) \dots\dots\dots (2)$$

式中: N_i^H ——额定荷载;

$R_\delta; R_a$ ——混凝土和钢筋设计强度, 其值为额定强度 R_δ^H , R_a^H 与均质系数 K_a, K_δ 的

乘积；

S——断面的几何特性。

在复杂应力状态下受力的大体积水工建筑物的强度计算，在《规定》草案中，允许视作弹性体考虑，对于这类建筑物，尚无求算破坏阶段应力的方法；或者其极限状态条件，在各断面处不能以应力表示。同时，对于混凝土结构，在设计荷载下的应力，不得大于混凝土相应的设计强度，对于钢筋混凝土结构，混凝土压应力不得大于其设计抗压强度。而全部拉应力在钢筋应力不大于设计值时，则应全部由钢筋承担。

在确定计算系数值时，新计算方法的主要准则是，应与经建筑物多年施工运行论证了的现行计算方法中所选用的安全系数值结合考虑。

求算计算系数值的现行办法，在新的计算方法首次试用阶段中，是经过充分论证的，随后对个别系数值又作了校正。对计算关系式作了详细分析，又结合考虑式中引用的系数，表明对各种原始数据（混凝土和钢材标号、含筋率、超载系数等等）按现行方法和新方法分别计算所得的成果相一致。这样，今后进一步完善这种计算的任务就是，在设计实践中广泛使用新方法的基础上，深入研究建筑物工作条件的易变性和对一系列计算系数的修正。

在《规定》草案中，要求 I、II 级水工建筑物的设计，应按照经过论证允许计入其他计算系数值的单独的技术条件进行。按照上述要求，就能在设计时保证对建筑物施工运行的具体条件作全面的考虑。

在编制《规定》草案时，除直接与改用按极限状态计算方法有关的问题以外，还研究了水工建筑物混凝土和钢筋混凝土结构计算中一系列其他个别问题。

在现行规范 CH55-59 中，没有对结构计算经受多次重复荷载作用的规定。然而，许多水工建筑物结构，都要受多次重复荷载作用。这类建筑物（其中包括通航船闸闸室）各个构件在其整个使用期间，能经受约 10~50 万次重复荷载作用。所以《规定》中载有多次重复荷载的计算方法。这种计算之所以必要，是由于：第一，由于采用强度较高的材料，改善建筑物施工工艺和计算方法而使结构物轻型化，因而使多次重复荷载作用的影响增大；第二，较高强度钢筋的疲劳极限较低。由全苏运输建筑科学研究院提出而被建筑法规所采用的方法，全苏水工设计院科研所提出的钢筋疲劳强度的研究成果，以及全苏水工科研院所作的重复荷载作用下钢筋混凝土构件裂缝形成的研究成果等，均作为上述计算的基础。

下列计算原则，可作为原始依据：

(1) 钢筋混凝土结构疲劳强度计算，按额定荷载进行；

(2) 应力值按平面断面假设求出。按此假设，混凝土的应力值，沿构件断面高度，呈直线变化，此时，不考虑混凝土受拉。

(3) 引入按一定疲劳极限求出的混凝土和钢筋的特殊计算强度值 (R')。

计算强度 R' ，为混凝土和钢筋相应的计算强度值 (R_{HP} 、 R_H 、 R_a) 与系数 R_P 的乘积。系数 K_P 按照水工勘设科研院科研所专门制定的计算方法，根据应力变动特性 $P_{6\text{最小}}/6\text{最大}$ 求算。

与建筑法规所采用的计算方法不同，上述计算方法能考虑重复荷载的循环次数、钢筋直径对其疲劳强度的影响，以及水工建筑物施工中广泛采用的各种焊缝的影响等因素。在新规范草案中，还列出了重复荷载最小循环次数，从此着手，应依据不同的特性 P ，考虑混凝土与钢筋强度疲劳降低值。

为论证新计算方法的原则，全苏水工科研院于1963~1965年曾作了水工建筑物钢筋混凝土结构大比尺模型试验，从而弄清了这种结构过去尚不清楚的某些受力特性，并作了装配式整体梁的实验室试验（梁的截面为 0.4×1.0 米，长5米，含筋率 $\mu = 0.3$ ）、船坞式试验结构模型（墙的横断面 0.5×1.25 米， $\mu = 0.4\%$ ）和原型结构部分试验（墙的断面尺寸 2.0×5.0 ， $\mu = 0.4\%$ ）。上述试验表明：在参照现行规范CH55-59规定设计的构件中，在运转荷载作用下，出现了贯穿整个构件断面高度70~80%的稀疏裂缝。这些裂缝呈纺锤状。在纵向受拉钢筋区，其最大开展超过计算开展值的1~2倍。在重复荷载作用下，纺锤状裂缝开展扩大。坞式结构在运行荷载重复作用1000次循环以后，其模型两壁出现裂缝的图象示于图1。图2所示为受弯钢筋混凝土梁在破坏时刻出现的纺锤状裂缝全貌。出现这种裂缝的原因是，由于构件断面加筋部与其他部分的接触区出现剪力所致。这些剪力系因各裂缝断面和其间各断面处纵向钢筋应力差所引起的。由于有纺锤状裂缝的存在，就不得不估计到通过建筑物可能出现比现行规范CH55-59所考虑的更大的渗水，因而出现更大的浮托力。纺锤状裂缝不但使结构变形增大，同时，在无横向钢筋时，又使结构承受主拉应力的能力不足，从而缩短结构的寿命和降低结构质量。

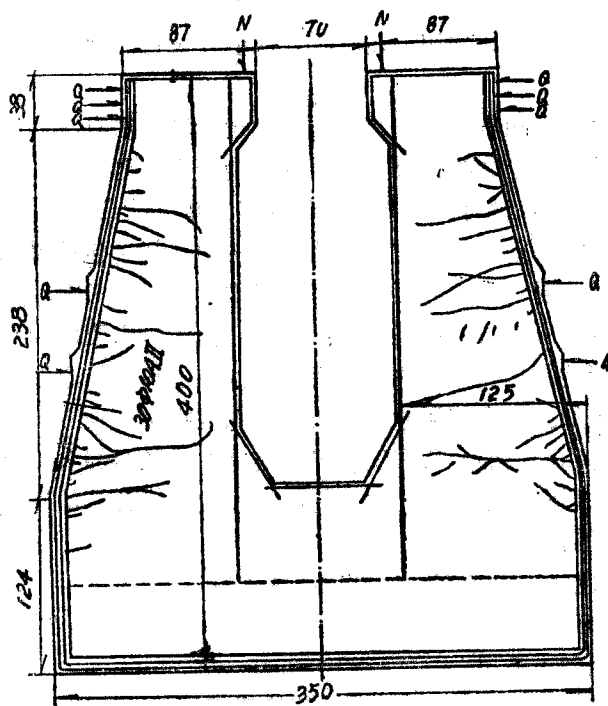


图1 坞式钢筋混凝土结构模型（经重复加荷1000次后的裂缝形状）

图2 钢筋混凝土梁破坏时的纺锤状裂缝（图略）

上述情况使《规定》不得不补充一系列附加的计算要求，旨在确保所设计的建筑物有足够的可靠性和耐久性。

这些要求主要是关于如何考虑建筑物内部的浮托力和布设横向钢筋。

参照上述钢筋混凝土结构大比尺模型试验成果，以及全苏水工科研院为研究建筑物构件内随其受力状态而变的浮托力所作的专门试验成果，建议把建筑物混凝土内水的浮托力，视作具有超载系数值为1的外力来考虑，而不降低建筑物的安全系数。此时，无裂缝的完整结构和按裂缝开展设计的结构，其浮托力的计算应有所不同。在抗裂结构中，浮托力按直线分布，并作用在：

(1) 建筑物受拉构件和上游面受拉的双值应力图的构件中的全断面面积（受力面积系数 $a_2 = 1$ ）上；

(2) 受压构件和上游面受压的双值应力图的构件中二分之一的断面面积（ $a_2 = 0.5$ ）上。

在按裂缝开展设计的结构中，浮托力取作用在全断面面积上呈具有水头纵座标的直角图的力，水头纵座标等于结构受拉面在水面以下到计算断面的深度。

上述荐用的浮托力算法，较之现行规范CH55~59所提出的计算方法，能计算更近似结构的实际受力条件，更能保证构件的强度相等，更能简化计算技术，无须作两次计算（考虑与不考虑浮托力）。而且，正如按现行规范CH55~59和《规定》草案所作的比较计算成果表明，新的浮托力算法，就整个说来，不会使用筋量过大。这种新的浮托力计算方法的一个很大优点是，对选择各种结构上和工艺上的措施（排水设施、防水等等）以降低渗水和浮托力，能进行经济论证。

对于大体积钢筋混凝土结构，《规定》草案与现行规范CH55~59一样，均采用按主拉应力计算横向钢筋的方法。在抗裂结构中，在满足 $\sigma_{TII} \leq m_{KC} R_p$ 的构件段上，主拉应力可全由混凝土承担（在这种情况下，从结构方面考虑，应进行横向加筋）。在按裂缝开展设计的结构构件中，主拉应力应全由钢筋承担，而不以是否满足 $\sigma_{TII} \leq m_{KC} R_p$ 为转移。

对于水工建筑物结构内部的梁和肋条，《规定》草案允许使用按建筑法规拟定的斜断面横向钢筋计算方法。在设计这种结构时，可以满足建筑法规II-B、1-62节规定的各项结构上的要求，其斜缝的计算开展宽度，不大于允许数值。

上述荐用的按主拉应力和在相应情况下按斜断面都能计算横向力的办法，给水工建筑物各种结构的合理设计提供了可能性。

《规定》草案中所采用的钢筋混凝土结构按裂缝形成及其开展的计算，实际上，与现行规范CH55~59所采用的没有什么区别。所不同的是，各种计算公式的写法，与考虑不同安全因素的计算方法相一致。此时，工作条件系数 m_{KC} ，根据建筑物级别和荷载与作用力组合决定着抗裂安全值的变化，可是，在现行规范中，受弯构件和偏心受压构件的安全系数却与这些因素无关。依照《规定》草案，按裂缝开展计算时考虑受拉混凝土受力的系数值 ψ ，应按建筑法规II-B、1-62节中所载的计算方法求出。

内力偶臂Z的计算已大大简化，允许按断面强度计算成果选用Z值，因而实际上并不会降低计算精度。在裂缝开展的计算中，还对某些计算系数进行了修正，也不再把混凝土的膨胀影响看作不完全确定的因素来考虑。规定的裂缝开展极限宽度，参照现行规范CH55~59选用。

新规范还对受侵蚀因素影响最大的结构区的应力值，作了限制性的规定。

钢 筋 断 面 面 积 (厘米 ²)			减少钢筋断面 (%)	增加钢筋断面 (%)
按C H55~59		按 《规定》		
不考虑浮托力	考虑浮托力			
8.2	—	7.3	11	—
18.0	—	15.8	12	—
43.3	—	38.2	12	—
83.8	—	74.0	11.5	—
685	—	601	12.2	—
593	—	620	12.2	—
735	—	646	12.2	—
652	—	572	12.2	—
130	164	177	—	7.9
7.2	7.4	8.1	—	9.5
78.5	64.2	79.4	—	1.1
164.4	125.0	155.0	5.7	—
12.0	16.8	19.5	—	16.0
7.7	—	7.1	7.8	—
63.3	—	67.8	—	7.1
35.2	—	40.9	—	16.2
44.5	—	39.0	12.4	—
17.2	23.1	26.6	—	15.1
12.4	14.5	16.7	—	15.4
14.8	14.8	13.3	15.0	—
7.9	8.4	9.6	—	14.3
70.2	—	65.8	6.3	—
88.6	—	108.0	—	21.9
6.98	—	6.93	0.7	—
13.2	—	15.5	—	17.5

与现行规范相比较，在混凝土与钢筋混凝土结构温湿作用计算一章中，还载有一系列补充规定和新的计算原则。在这些补充规定中，最重要的有：考虑温湿作用的计算情况附表、对这些不同情况选用的荷载与作用力计算组合、温湿作用下混凝土结构抗裂的计算准则、以及校核混凝土结构抗裂公式等重要内容。以瞬时试验时混凝土的极限延伸度 $\epsilon'_{\text{прег}}$ ，或其长期混凝土抗拉断强度 $R_{p.\text{дл}}$ ，规定作为抗裂标准。在校核抗裂的公式中，引入了一个温湿作用下的附加工作条件系数 $m_{\text{т.с}}$ ，其值由保证混凝土结构具有必要的抗裂安全系数的条件确定。系数值 $m_{\text{т.с}}$ ，与计算中所考虑的情况（施工或运行）、荷载和作用力（主要的和特殊的）计算组合有关。

《规定》草案中，包括有关简化挡土墙、板桩式码头、护坡等工程所采用的装配式预应力钢筋混凝土结构设计的章节。装配式预应力结构计算和结构设计方面的资料，均由国立河运设计院提供，基本上是根据建筑法规II-B，1-62节中所采用的计算方法编制的。

为了分析水工建筑物极限状态计算方法的经济效果，列宁格勒水工设计院和全苏水工科研院，曾根据新规范草案对水工建筑物混凝土与钢筋混凝土结构，作了试验性设计和比较性计算，从而可对各个建筑物按现行规范CH55~59和《规定》分别计算时所得的材料耗用量作一初步比较。列于表3*的比较性计算成果，经比较表明，钢材用量的增大或减少，在很大程度上，受超载系数大小的影响。对主要荷载为静水压力（ $n=1$ ）的结构，钢材用量可减少到10~15%，而当超载系数很大的荷载起决定性影响时，在个别断面中，则需增加钢筋用量。表中所研究的例子表明，新的计算方法与按单一安全系数计算方法相比较，可保证有较大的等强度值。

应当指出，所引用的数字多少带有一些假定性，因为这些数字仅仅是根据钢筋计算断面的比较得出的。显然，在作进一步实验性设计的基础上，根据建筑物结构详细研究的资料，可以得到混凝土和钢材用量较完全的数据。

必须指出，现在采用的新计算方法，不仅可以节约材料，而且可以提高建筑物的可靠性和耐久性。而且，极限状态计算方法的应用，为其进一步完善和提高所设计的建筑物的经济性，开辟了前景。

译自苏联《水工建设》1967，№ 2，34~39

（容致旋译 袁学光校）

*表3系按列宁格勒水工设计院所作的比较性计算成果编制的。编制此表时，参考了《规定》最后校订稿中个别修正值。

按极限状态计算时对容许裂缝宽度的限制

J. 库多克

一、概 述

为了保证钢筋的充分防腐性能,在按极限状态计算钢筋混凝土结构时〔1〕、〔10〕,应按第3极限状态的规定,不得超过弯曲裂缝容许缝宽。计算裂缝宽度的基础是穆腊舍夫的理论〔2〕,这种理论需要进行大量的计算工作。因此,应把第3极限状态同第1极限状态(承载力指标)结合起来,这就使裂缝宽度指标是多余的了。为此,应视配筋率 μ 而规定受拉钢筋的极限直径。下面对这两种极限状态的原理及它们之间的关系,通过单轴受弯荷载的矩形断面作一探讨。

二、承载力指标

1、混凝土结构

承载力可在假定一种弹—塑性的应力分布情况下确定(图1)。这种假定是以如下设想为基础的,即在极限状态中,当裂缝开始形成时,现有的拉应力已达到抗拉强度 R_{bz} 的数值,并在全塑化的受拉区产生作用;而现有的压应力显著地小于弯曲抗压强度,并排除受压区的塑化。

根据平衡原理,支承力矩 M_k 同裂缝力矩相等,即

$$M_k = R_{bz} \cdot W'_z \quad (1)$$

以

$$W'_z = 2 \left(\frac{1}{2} S_z + \frac{J_D}{h-x} \right) \quad (2)$$

式中 S_z 是受拉区的静力矩,

J_D 是受压区的惯性矩,同轴线有关。

对于所研究的矩形断面,按等式(2)得出下面阻力矩

$$W'_z = \frac{7}{24} \cdot b \cdot h^2 \quad (3)$$

或如规范所规定的

$$W'_z = 1.75 \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}$$

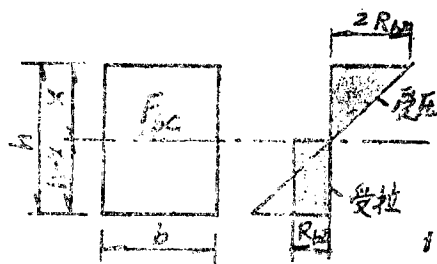


图1、纯弯曲时,混凝土断面中的应力分布

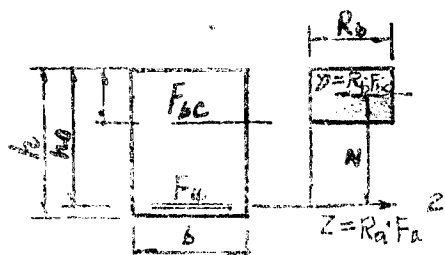


图2、纯受弯时钢筋混凝土断面内的应力分布