

出 版 序

最近，科学技术的进步不论在哪个领域都有惊人的发展，即使在混凝土工程领域也不例外。因此在上次土木学会上，采用了最新成果、大幅度地修订了土木学会的《混凝土标准规范》。

新规范修订的地方虽然涉及到全体，而特别显著的部分就是混凝土结构部分的设计篇。它改变了过去的容许应力设计法转而采用了极限状态设计法。可是对于一般技术人员或学生来说对它还不够熟悉，各种安全系数的选定及其他难懂的要素也比较多。

本丛书就是考虑到上述各点，将按“极限状态设计法”进行混凝土结构物的设计方法，作一浅显易懂的解说为目的而出版的。其有代表性的结构物，就是由第1卷混凝土桥的设计、第2卷承受土压结构物的设计、第3卷桥梁下部、基础结构物的设计，共3卷组成的。

各位执笔者都是从活跃在设计第一线的优秀实干家中选出来的。他们对有代表性的混凝土结构物就其设计方法举例示范的同时，还将解释作了简明易懂地记述。因此对于一般技术人员或学生来说，相信它会成为绝好的手册并立刻得到您的喜爱。

当此丛书执笔之时，谨向予以协助的有关团体、企业的各位，在此致以深深的谢意。

国策正胤

1987年1月

本书如能为正确而迅速地普及极限状态法发挥作用，实在是编者的愿望。

第1卷调查主任 西泽纪昭

1987年1月

序

在第1卷中使用的结构物是简支的混凝土梁桥。正因为它是最简单最基本的结构物，所以认为把在1986年土木学会制订的《混凝土标准规范》中新采用的“极限状态设计法”的设计程序作一入门响导性地示例是很合宜的。

无论对于过去很长一段时间里已经习惯于容许应力设计法的设计人员，还是对于今后要学习混凝土结构物的设计的学生来说，极限状态法存在着较为难于下手的一面。比如新术语多所以在理解其定义时需要作相当大的努力，同时在熟记几十个新记号时也必须付出很多的劳动，等等这样一些在接触到新规范时遇到的必然障碍，也许是极限状态法变态反应的原因之一。

尤其与材料、荷载、结构等有关的各种安全系数和修正系数有很多。要把这些系数按最终极限状态、使用极限状态、疲劳极限状态以及耐震等等各种状态一个个地进行研究。为要自如地分别运用它们并选择适当的数值，可以说是需要有相当的经验和技术来判断才行。

本文把难于深入、难于熟习的极限状态设计法尽可能用轻柔的笔调，用举例示范的方法，写出使读者能合理地设计出对路而又耐久的混凝土结构物，同时对这一方法的本质又能深入理解的设计程序，并加了必要而充分的说明。在本书中通过铁路桥和公路桥，进而是钢筋混凝土（RC）、预应力混凝土（PC）及预应力钢筋混凝土（PRC）等各种结构的设计算例，将极限状态法的本质正确地表达出来，正是三位著者努力的结果。在此深表敬意。

第 1 章 简支 RC T 形梁桥（铁路桥）

第 1 章 目 录

前 言	2
1. 设计条件	4
1.1 基本条件	4
1.2 荷 载	4
1.3 使用材料	4
1.4 安全系数及修正系数	7
1.5 荷载组合	10
1.6 形状尺寸与断面形状	12
2. 板的设计	15
2.1 悬臂板的设计	15
2.2 中间板的设计	25
3. 主梁的设计	71
3.1 荷 载	71
3.2 断面内力的计算	77
3.3 最终极限状态的检算	83
3.4 使用极限状态的检算	103
3.5 疲劳极限状态的检算	107
4. 设计图	116

前 言

本算例是遵照土木学会《混凝土标准规范》(1986年10月)而编制的单线铁路钢筋混凝土T形梁的算例。这次是根据已变成极限状态设计法的规范作的,它比以前用容许应力法的规范有大幅度的修订。

极限状态法与容许应力法的最大不同点就是,以前用一个容许应力,对结构的破坏安全性、裂纹等使用状态的全部进行一次检算,一改而为现在的将各个安全度分别地进行检算。这样做乍一看也许觉得麻烦,然而通过对各个检算项目采用适当的检算方法进行检算,可以知道结构物在设计上对什么部位应更严格些,从而才有可能采取更合理的设计和对策。但是,在铁道结构物的设计上,现在用于设计的国铁建造物设计标准已经采用了按这个极限状态设计法的观点所主张的形式,并未感到像这本规范那样大的不知如何下手。

把各个检算项目叫做极限状态。在规范中原则上规定为有关的最最终极限状态、使用极限状态和疲劳极限状态这样三个极限状态。

当进行这种极限状态的检算时,为对其安全性进行评价,所以就需确定各个不同结构物的安全系数。这因荷载的特性、结构物的特性等而不同,所以当结构物为特定时就需分别将它们确定下来。在这个规范中显示出该安全系数是有某一幅度的。本算例既要体现出这本规范的精神还要在著者负责任的前提下确定安全系数。今后,当迁到实际结构物的设计时,要对这个安全系数作充分讨论,并由各个有关单位把它确定下来。本算例中适用的主要规范如下,仅表示其简称。

(1) 规范：コンクリート標準示方書 設計編（土木学会 昭和61年10月）

简称：规范

(2) 规范：建造物設計標準鉄筋コンクリート建造物及び無筋コンクリート建造物

（日本国有鉄道 昭和58年2月）

简称：「RC 標準」

1. 设计条件

1.1 基本条件

1) 结构形式

形式 单线RC简支T形梁（铁路桥）

桥长 19.98m, 直线

跨度 19.10m

轨道结构 混凝土板整体路轨

2) 环境条件 一般

1.2 荷 载

1.2.1 恒 载

1) 固定恒载 单位重量按规范表4.2.1

2) 轨道重量 混凝土板轨道（一般区间）1.8tf/m（「RC 标准」）

3) 栏杆重量 单侧0.3tf/m

4) 电缆管道 0.05tf/m

1.2.2 活 载

1) 列车荷载（解释图1.1, 「RC 标准」） KS-16（标准值）
1.2级线

2) 冲击系数（解释表1.1, 「RC 标准」）

3) 人群荷载300kgf/m²（用于悬臂板的设计, 「RC 标准」）

1.3 使用材料

混凝土 设计标准强度 $f_{ck}' = 240\text{kgf/cm}^2$

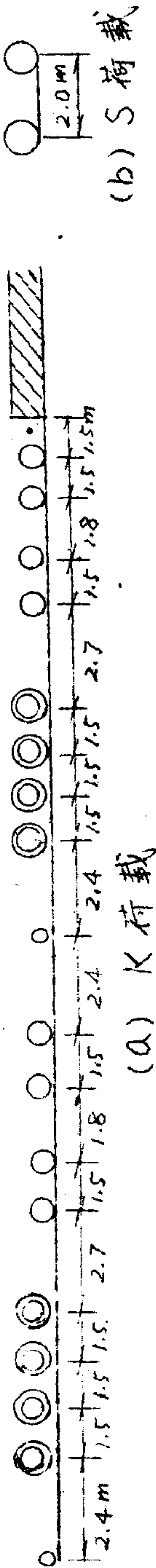
钢 筋 SD35 $f_{sk}' = 3500\text{kgf/cm}^2$

$f_{uk}' = 5000\text{kgf/cm}^2$

(解释)

Δ1.2.2(1) (前面标Δ者即对该节的解释, 以后类同)

记号	荷 载 (tf)																tf/m	记号	荷载 (tf)
	6	12	12	12	12	8	8	8	6	5	12	12	12	12	8	8	8		
K-12	6	12	12	12	12	8	8	8	6	5	12	12	12	12	8	8	4	S-12	14.6
K-13	6.5	13	13	13	13	8.6	8.6	8.6	8.6	6.5	13	13	13	13	8.6	8.6	4.3	S-13	15.8
K-14	7	14	14	14	14	9.3	9.3	9.3	9.3	7	14	14	14	14	9.3	9.3	4.6	S-14	17.1
K-15	7.5	15	15	15	15	10	10	10	10	7.5	15	15	15	15	10	10	5	S-15	18.3
K-16	8	16	16	16	16	10.6	10.6	10.6	10.6	8	16	16	16	16	10.6	10.6	5.3	S-16	19.5



解释图1.1 KS荷载

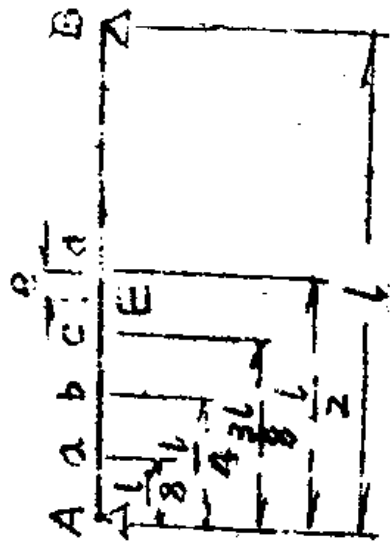
Δ1.2.2(2)

解释表1.1 冲击系数 (KS荷载)

跨度l (m)	0	5	10	20	30	40	50	70	100
冲击系数	0.60	0.48	0.43	0.37	0.34	0.32	0.30	0.27	0.24

列车荷载产生的内力示于解释表1.2。

解释表1.2 剪力，桥墩反力及弯矩



活荷载KS-16 (每轨)
(E点为最大弯矩发生点)

跨度 l(m)	剪 力 (tf)					桥墩反力 (tf)	弯 矩					e(m)	l(m)
	S _A	S _a	S _b	S _c	S _d		M _a	M _b	M _c	M _d	M _E		
15.0	35.08	28.21	21.46	15.35	9.947	51.97	52.90	88.80	106.3	113.8	114.5	0.454	15.0
15.5	35.82	28.81	21.89	15.67	10.16	53.48	55.81	93.78	115.0	123.3	121.0	0.454	15.5
16.0	36.55	29.39	22.30	15.96	10.36	55.08	58.77	99.11	121.7	127.4	127.5	0.454	16.0
16.5	37.29	29.96	22.81	16.25	10.56	56.66	61.80	104.5	128.4	134.5	134.5	0.049	16.5
17.0	38.01	30.53	23.28	16.55	10.74	58.36	64.88	110.0	135.1	141.7	141.7	0.049	17.0
17.5	38.74	31.10	23.78	16.88	10.92	60.13	68.03	115.6	142.0	148.8	148.8	0.049	17.5
18.0	39.46	31.66	24.16	17.21	11.16	61.86	71.24	121.3	148.9	156.0	156.6	0.428	18.0
18.5	40.17	32.22	24.57	17.52	11.38	63.52	74.16	127.1	155.8	163.8	164.4	0.428	18.5
19.0	40.95	32.78	24.98	17.80	11.58	65.13	77.86	133.1	162.9	172.2	172.3	0.428	19.0
19.5	41.79	33.33	25.39	18.13	11.79	66.75	81.42	139.0	170.1	180.7	180.7	0.029	19.5
20.0	42.66	33.85	25.79	18.47	11.97	68.36	85.27	145.1	177.4	189.2	189.2	0.029	20.0
20.5	43.60	34.41	26.20	18.80	12.15	69.92	89.24	151.3	184.9	197.7	197.7	0.029	20.5
21.0	44.50	34.95	26.60	19.11	12.32	71.46	93.33	157.5	192.8	206.2	206.2	0.037	21.0
21.5	45.42	35.50	27.00	19.40	12.55	72.94	97.78	163.9	201.2	214.8	214.8	0.102	21.5
22.0	46.43	36.14	27.40	19.69	12.76	74.44	102.2	170.3	209.6	223.4	223.5	0.167	22.0
22.5	47.38	36.76	27.80	19.97	12.97	75.94	106.7	176.9	218.1	232.4	232.7	0.280	22.5
23.0	48.29	37.45	28.20	20.26	13.16	77.40	111.5	183.6	226.8	242.0	242.0	0.215	23.0
23.5	49.16	38.16	28.60	20.54	13.35	78.84	116.4	191.4	235.6	251.6	251.6	0.149	23.5
24.0	50.00	38.84	29.00	20.83	13.54	80.23	121.2	199.4	244.4	261.2	261.2	0.083	24.0
24.5	50.92	38.53	29.39	21.10	13.76	81.60	126.1	207.6	253.4	270.8	270.8	0.029	24.5
25.0	51.79	40.29	29.78	21.39	13.98	82.94	131.0	216.3	263.2	280.9	280.9	0.460	25.0

1.4 安全系数及修正系数

材料系数 γ_c :	最终极限状态	}	1.3	
	疲劳极限状态			
		使用极限状态	1.0	
γ_s :	最终极限状态	}	1.0	
	使用极限状态			
		疲劳极限状态	1.0	
构件系数 γ_b :	最终极限状态	{	剪切及扭转	1.3
			弯 曲	1.15
		疲劳极限状态	1.0	
结构物系数 γ_i :	最终极限状态		1.2	
	使用极限状态	}	1.0	
	疲劳极限状态			
荷载修正系数 (列车荷载) $\rho_f=0.9$				

[解释]

规范中安全系数与修正系数的有关条款如下:

2.5 安全系数修正系数

(1) 安全系数为材料系数 γ_m 、荷载系数 γ_f 、荷载组合系数 ψ 、

结构解析系数 γ_a 、构件系数 γ_b 及结构物系数 γ_c 。

(2) 修正系数为与特性值和标准值（或公称值）不同的有关材料修正系数 ρ_m 及荷载修正系数 ρ_f 。

(3) 安全系数及修正系数，必须采用同所检算的对象的极限状态相应的适当的值。

(4) 材料系数为，考虑了由材料强度的特性值向所不希望的方向的变动、试件与结构物中材料特性的差异、材料特性涉及到极限状态的影响、材料特性的经常变化等以后而确定的。

混凝土的材料系数 γ_c ，一般在最终和疲劳状态下可用1.3，在使用极限状态下可用1.0。

钢材的材料系数 γ_s ，一般在最终、使用和疲劳极限状态可用1.0。

(5) 材料修正系数 ρ_m 是考虑了材料强度的特性值与标准值的不同后确定的。

(6) 荷载系数 γ_f 为考虑了由荷载特性值向所不希望的方向的变动、荷载计算方法的不准确性、荷载特性涉及到极限状态的影响、环境作用的变动等之后而确定的。

荷载系数 γ_f 一般在最终极限状态下为1.0~1.2（下限为较危险的情况时为1.0~0.8），在使用和疲劳极限状态下可用1.0。

(7) 荷载修正系数 ρ_f 为考虑了荷载作用的特性值与标准值或公称值的不同后确定的。

(8) 荷载组合系数 ψ 为考虑了同时作用的荷载的发生概率后而确定的。

(9) 结构解析系数 γ_a 为考虑了计算断面内力时结构解析的不

准确性等后面确定的。 γ_a 一般可用1.0~1.2。

(10) 构件系数 γ_b 为考虑了构件屈服强度计算上的不准确性、构件尺寸偏差的影响、构件的重要性即所研究的构件达到某一极限状态时给整个结构物的影响后，确定的系数。

构件系数 γ_b 是对应于构件屈服强度的计算公式分别确定的。

(11) 结构物系数 γ_i ，为考虑了结构物的重要性达到极限状态时给予整个结构物的影响等之后确定的。

结构物系数 γ_i 一般可用1.0~1.2。

规范解释中作为标准的安全系数之值示于解释表1.3。

解释表1.3 标准安全系数值

安全系数	材料系数 γ_m		构 件 系 数	结构解 析系数	荷 载 系 数	结构物 系 数
	混凝土 γ_c	钢材 γ_s				
极限状态			γ_b	γ_a	γ_f	γ_i
最终极限状态	1.3	1.0	1.15 ~1.3	1.0 ~1.2	1.0 ~1.2	1.0 ~1.2
使用极限状态	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
疲劳极限状态	1.3	1.0	1.0 ~1.1	1.0	1.0	1.0 ~1.1

1.5 荷载的组合

1.5.1 最终极限状态

悬臂板： $1.2 \times (\text{恒载} + \text{列车荷载} + \text{冲击荷载}) + 1.1 \times (\text{人群荷载} + \text{风荷载})$

中间板、主梁： $1.2 \times (\text{恒载} + \text{列车荷载} + \text{冲击荷载})$

1.5.2 使用极限状态

(1) 挠度 (「RC标准」)

主梁：列车荷载的挠度容许值按解释表1.4。

(2) 裂纹

主梁、中间板、悬臂板，均按恒载作用下进行检算。

1.5.3 疲劳极限状态

用于疲劳检算的列车荷载及列数示于解释表1.5。

〔解释〕

△1.5.2(1)

解释表1.4 挠度容许值

既有 线	跨度 l (m)	$0 < l < 50$		$l > 50$	
		$\frac{l}{800}$		$\frac{l}{700}$	
新 干 线	跨度 l (m)	$0 < l < 40$	$40 < l < 50$	$50 < l < 100$	$l > 100$
	2 联以上	$\frac{l}{1800}$	$\frac{l}{2000}$	$\frac{l}{2500}$	$\frac{l}{2000}$
	连续时				
	仅 1 联时	$\frac{l}{1600}$			

△1.5.3

解释表1.5 疲劳检算荷载

项 目	内 容			
设计而用年数	100 年			
线路股数	1. 2级线及电车专用线仅为双线，3. 4级线亦可单线上下行。			
用于疲劳检算 的列车荷载	一般线	旅 客	现行特快(181系，481系等)快车 (153系m451系等) 由15辆组成并 乘100%	
		货 物	EF15+ワム车(满载) 50辆	
	电车专 用 线	电车 1	100~103系 10辆组成并乘250%	
		电车 2	100~103系 10辆组成并乘100%	
冲击系数	检算疲劳的列车荷载冲击系数为标准荷载冲击系数的3/4			
列车列数 (列/日)	线路等级	种 别	上 行	下 行
	1·2级线	旅 客	80	80
		货 物	75	75
	3·4级线	旅 客	35	35
		货 物	5	5
	电车专用线	电车 1	75	75
电车 2		200	200	

1.6 形状尺寸与断面形状

(1) 断面形状尺寸 (解释图1.2)

这种断面形状的假定在计算上是最费工时的。断面假定过大或过小都需要再次修正反复计算。为了减少反复计算的次数,参考以往的同类结构的断面形状来假定是很重要的。为要选定经济的断面,将断面变换成3种左右的尺寸进行比较就可以决定出适当的形状尺寸。

铁路桥的RC T形梁的经济高跨比是在 $\frac{1}{12}$ 左右。下翼缘的宽

度一般按可以确保在上下三层内能布置下受拉主筋的大小即可确定。腹板的厚度要看从下翼缘灌注混凝土是否容易、是否满足抗剪强度而由设计确定。

本算例中, 高跨比为 $\frac{1.6\text{m}}{19.1\text{m}} = \frac{1}{11.9}$, 板厚为20cm。

(2) 断面形状尺寸的假定

当假定T形梁的断面形状尺寸时, 要注意以下几点 (解释图1.3)。

① 悬臂板与中间板均采用均衡配筋来确定 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 。

② 按主梁平均分担荷载来确定 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 。

如解释图1.4那样来假定断面形状尺寸。

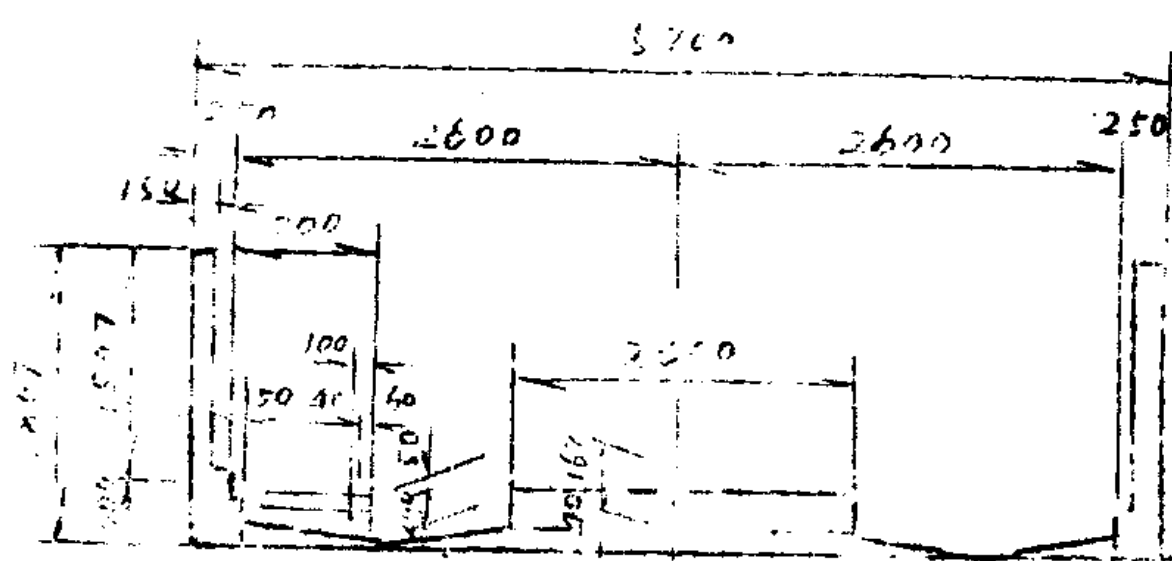
荷载修正系数 ρ_r , 是为把荷载的标准值修改为特性值而采用的系数。对于铁路桥, 由于它的最大荷载的大小是依法确定和管理的, 所以把所定的标准值就看作特性值是妥当的。现在1、2级线的

活载大小虽然确定为KS-16，但这是在蒸汽机车的时代定下来的与现状不相匹配。因此作了改进，把现在的荷载体系由KS荷载体系改为EA荷载体系。这就是以电力机车荷载为基础的荷载体系。所以在本算例中考虑到已变更了的EA荷载的大小，为使与之对设计产生大致同样的影响所以采用了荷载修正系数0.9，从而作成了该算例。

在规范中设置多个上边那样的安全系数和修正系数，是在了解了前述的想法后确定的。本算例中也沿用了规范的观点，使用了安全系数和修正系数。在结构物为特定的铁路桥和公路桥等的规范中，认为这些系数能够起到限制作用了。在这种情况下，特定结构物的规范中在总结了这些系数后以荷载系数的形式来处理实际上是很方便的，结果也就采用了与本算例不同的规范的形式。

〔解釋〕

Δ1.6(1)



解释图1.2 桥面形状尺寸