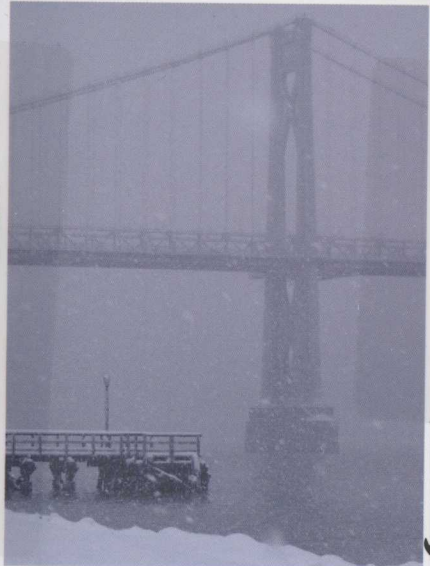


# 混凝土结构耐久性 设计指南及算例

[日] 日本土木学会 编  
向上 译



中国建筑工业出版社

# 混凝土结构耐久性设计指南及算例

[日] 日本土木学会 编

向上 译



YZLI 0890089055

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2009-7253号

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构耐久性设计指南及算例 / (日) 日本土木学会编; 向上译. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010

ISBN 978-7-112-11976-9

I. 混… II. ①日…②向… III. 混凝土结构-耐用性-结构设计 IV. TU370.4  
中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第055774号

原著: 日本土木学会出版「コンクリート構造物の耐久設計指針(案)」

本书由日本土木学会授权翻译出版

责任编辑: 刘文昕 何玮珂

责任设计: 姜小莲

责任校对: 兰曼利 赵颖

混凝土结构耐久性设计指南及算例

[日] 日本土木学会 编

向上 译

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

世界知识印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 7¼ 字数: 180千字

2010年9月第一版 2010年9月第一次印刷

定价: 28.00元

ISBN 978-7-112-11976-9

(19244)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

## 译者的话

最近 30 年，中国土木工程建设成果斐然，而其中的绝大部分楼房、桥梁、隧道、挡土墙、大坝、水渠和码头等采用的都是钢筋混凝土结构或预应力混凝土结构。毫无疑问，混凝土结构是当今最重要、最普遍、与人民生活最息息相关的结构。然而其耐久性的研究却没有受到与之地位同样程度的重视。虽然国家也制定了相关规范，但我国钢筋混凝土结构的耐久性研究与工业化国家相比，有很大差距。在工业化国家，耐久性一般能够保证结构正常使用 50 ~ 60 年，而我国的不少桥梁在启用后很短时间内就产生了有害裂缝，有些结构仅仅使用 10 年就需要加固，耐久性问题给国家造成了巨大的经济损失。

目前常见的钢筋混凝土结构的耐久性设计法是依据环境条件对混凝土保护层、钢筋间距、有害物质的含量等作出相关规定，也有全寿命周期的耐久性设计法，其方法是采用不同防护措施的全寿命周期进行耐久性设计，最后选定技术可靠、经济合理的设计方案。本指南提出的方法是对钢筋混凝土构件的截面进行定量地耐久性设计，其条件是方程式  $T_p \geq S_p$ 。其中， $S_p$  为环境指数，由结构所要求的免维修期及所处的环境条件（如盐害、冻融、温度、湿度等）而定； $T_p$  为耐久指数，是综合考虑了设计工作、构件的形状、钢筋的详细设计、施工图、混凝土裂缝、支撑系统、混凝土表面的处理、混凝土工、钢筋工、模板工、甚至施工人员的素质等因素后，以不同的权重而得出的。这些分值有的是理论分析的结果，有的则是经验或半经验数值，通过多因素定量地分析，得出了截面的耐久性条件，为最优的可以调整的方程式左项或右项的数值，从而得到最优的设计。

在附录中，本指南还从另一个角度提出了一套完整的耐久性设计方法，即“耐久极限设计原理”。通过耐久极限期间对钢筋混凝土构件进行耐久性设计，其条件是方程式  $T_s \geq T_d$ 。其中， $T_d$  为设计使用年限，由结构的重要度、规模、使用年限、维护管理水平及经济性等因素而定； $T_s$  为耐久极限期间，即钢筋混凝土结构从使用开始到产生有害裂缝的期间，是综合考虑了混凝土保护层、混凝土的中性化、混凝土的质量、结构所处的环境状况、配筋状况、混凝土表面的处理状况等因素后，得出的综合性时间指数。

本指南汇集了日本 70 多所知名大学和研究机构的成果及几百名学者的智慧，详细并非常深刻地量化了混凝土结构的耐久性设计。为帮助读者掌握耐久性设计方法，本指南提供了计算例题；为便于大规模的设计计算，本指南介绍了耐久性程序设计方法；为验证方法的可靠性，本指南还采用已有的工程实例进行了验证。本指南最大的特点就是

在最大范围内对最基本的耐久性问题进行了量化，可谓“无微不至”。其严密详尽的理论阐述、丰富的实例，的确荟萃了当今耐久性设计的精华。译者认为，本指南可成为从事混凝土结构耐久性设计的管理、设计、施工、维护工程技术人员的重要参考书。虽然本指南编制时并不针对工业与民用建筑结构，但众多专家和学者认为，这本指南完全可以作为该领域耐久性分析和研究的宝贵资料。

由于时间原因，本书的附录-4，即“用电脑程序对钢筋混凝土结构耐久性进行评价”已失去了部分意义，但其编制程序的一些思考方法仍有参考价值。另外，在本书的翻译过程中，译者发现了几处错误，经日方作者确认，一并在本次中文版发行之际改正了过来。

桥梁专家胡达和以及隧道专家王元湘对本书的翻译和出版给予了大力支持，对译者进行了多次技术性指导，解答了大量疑难问题，在此表示衷心地感谢。

感谢中交铁道勘察设计研究院院长仇湘在内的各位专家和领导，他们所作的不仅是为本书的翻译和出版提供了许多便利、帮助和鼓励，也是对我国混凝土结构耐久性研究的支持。

由于译者水平有限，书中难免有理解上的错误和译文不足之处，恳请读者批评指正。

向 上

2010年2月于北京

## 序

混凝土结构作为比较容易维护管理的结构，到目前为止为社会资本的积累作出了很大贡献，但近年来有人对其耐久性提出了疑问。人们逐渐要求获得更好的、耐久性能优越的混凝土结构、混凝土结构的维护管理方法以及对耐久性进行了特别考虑的系统设计方法。为适应这种要求，土木学会混凝土委员会在1986年10月改编发行的《混凝土标准规范（施工篇）》的附录里增加了《结构的维护管理（草案）》，并于1988年4月成立了耐久性设计委员会。这一切都是为了将耐久性考虑到混凝土结构的设计之中，即为了编制耐久性设计指南。他们的工作成果整理在1989年8月发表的《混凝土结构耐久性设计指南（草案）》中。这里面综合并定量地提出了耐久性设计的方法、具体的环境指数和耐久指数。这本《混凝土结构耐久性设计指南（草案）》虽然适用于各种混凝土结构，而且被寄予厚望用于建造耐久性要求很高的混凝土结构，但事实上在使用过程中出现了问题。于是，1992年1月在混凝土标准规范改编委员会里成立了耐久性·耐久设计部会，致力于修改《混凝土结构耐久性设计指南（草案）》的工作，随之，现在的《混凝土结构耐久性设计指南及算例》被整理编制了出来。

虽然本书中耐久性设计的概念、与耐久性相关的分析方法、环境指数的概念、耐久指数的概念以及其中所包含的因素，与已经出版发行的《混凝土结构耐久性设计指南（草案）》基本上没有变化，但耐久性分析的顺序、免维修期的设定以及环境指数和耐久指数的计算方法等，都能解答目前的难点或问题。关于环境指数和耐久指数的细部，还留有余地以便今后进行分析讨论。另外，本书与《混凝土标准规范》的关联性还没有得到充分考虑。除此之外，本书还具有对混凝土结构耐久性进行分析指导的“手册”性质，然而却归类于按照混凝土委员会到目前为止的对出版物分类中的“指南”一类。希望今后在建造耐久性能优越的混凝土结构时，本书能与《混凝土结构耐久性设计指南（草案）》同样适用。

在本书整理完成之时，我谨对全力支持本书的混凝土标准规范改编委员会、耐久性·耐久设计部会的各位委员，特别是对辻幸和主审表示深深的敬意。

日本土木学会混凝土委员会

委员长 长泷 重义

1995年3月

## 日本土木学会混凝土委员会 委员构成 (1993 年度 · 1994 年度)

顾问 岗田 清、小林 一辅、后藤 幸正、国分 正胤、樋口 芳朗、村田 二郎

委员长 ○长泷 重义 东京工业大学工学部

委员

- |        |                        |        |                 |
|--------|------------------------|--------|-----------------|
| 相原 功   | 株式会社大林组技术研究所           | 川村 满纪  | 金沢大学工学部         |
| ○秋元 泰辅 | 株式会社长大                 | ○河野 广隆 | 建设省土木研究所        |
| 鲇田 耕一  | 北见工业大学工学部              | 岸 清    | 东京电力株式会社原子能本部   |
| ○池田 尚治 | 横滨国立大学工学部              | 儿岛 孝之  | 立命馆大学理工学部       |
| 石桥 忠良  | 东日本旅客铁道株式会社<br>东京工事事务所 | 河野 清   | 德岛大学工学部         |
| 出光 隆   | 九州工业大学工学部              | ○国府 胜郎 | 东京都立大学工学部       |
| 犬饲 晴雄  | 株式会社 P.S. 第二技术部        | 小林 和夫  | 大阪工业大学工学部       |
| 岩崎 训明  | 东洋大学工学部                | 小林 茂敏  | 财团法人土木研究中心      |
| ○鱼本 健人 | 东京大学生产技术研究所            | ○小柳 洽  | 岐阜大学工学部         |
| ○金津 努  | 财团法人电力中央研究所<br>我孙子研究所  | 后藤 贞雄  | 东京天然气株式会社生产技术部  |
| ○小野 定  | 清水建设株式会社土木本部           | 佐伯 升   | 北海道大学工学部        |
| 小野 纮一  | 株式会社鸿池组土木本部            | ○佐藤 良一 | 宇都宫大学工学部        |
| 大内 久夫  | 运输省港湾局                 | ○阪田 宪次 | 冈山大学工学部         |
| 大盐 明   | 秩父小野田株式会社中央研究所         | ○阪本 好史 | 九州大学工学部         |
| 大城 武   | 琉球大学工学部                | 杉本 贡   | 竹本油脂株式会社第三事业部   |
| ○大即 信明 | 东京工业大学工学部              | ○铃木 素彦 | Oriental 建设株式会社 |
| 太田 利隆  | 财团法人北海道商品混凝土技术研究所      | ○关 博   | 早稻田大学理工学部       |
| ○冈村 甫  | 东京大学工学部                | ○田泽 荣一 | 广岛大学工学部         |
| ○角田与史雄 | 北海道大学工学部               | ○田边 忠显 | 名古屋大学工学部        |
| ○川路健一郎 | 株式会社千代田工程咨询            | 高木 让一  | 通产省工业技术院        |
|        |                        | 高樋坚太郎  | 水资源开发公团中部支社     |
|        |                        | 武山 信   | 全国商品混凝土工业组合     |

- |     |       |                   |        |                    |
|-----|-------|-------------------|--------|--------------------|
|     |       | 联合会               | 丸山 武彦  | 日本混凝土工业株式会社<br>研究所 |
| ○辻  | 幸和    | 群馬大学工学部           |        |                    |
| ○富田 | 六郎    | 日本水泥株式会社中央研<br>究所 | ○丸山 久一 | 长冈技术科学大学工学部        |
| ○丰福 | 俊泰    | 日本道路公团试验研究所       | ○三浦 尚  | 东北大学工学部            |
| ○内藤 | 隆史    | 大成建设株式会社技术研<br>究所 | ○宫川 丰章 | 京都大学工学部            |
|     |       |                   | 宫崎 修辅  | 日本铁道建设公团           |
|     |       |                   | ○宫本 征夫 | 铁建建设株式会社工程<br>本部   |
|     | 西林 新藏 | 鸟取大学工学部           |        |                    |
| ○沼田 | 晋一    | 西日本工业大学工学部        | 山县 敬二  | 日本道路公团技术部          |
| ○野尻 | 阳一    | 鹿岛建设株式会社技术研<br>究所 | ○山崎 淳  | 日本大学理工学部           |
|     |       |                   | 山田 一字  | 前田建设工业株式会社技<br>术本部 |
|     | 早川 知夫 | 关西电力株式会社土木建<br>筑室 | ○山本 泰彦 | 筑波大学结构工学系          |
| ○桧贝 | 勇     | 山梨大学工学部           | 大和 竹史  | 福岡大学工学部            |
|     | 平泽 征夫 | 中部大学工学部           | 吉冈 保彦  | 株式会社竹中工务店技术<br>研究所 |
| ○福手 | 勤     | 运输省港湾技术研究所        |        |                    |
| ○藤井 | 学     | 京都大学工学部           | 吉田 弥智  | 名古屋工业大学            |
| ○町田 | 笃彦    | 埼玉大学工学部           | ○六乡 惠哲 | 岐阜大学工学部            |
|     | 松下 博通 | 九州共立大学工学部         | 渡边 明   | 九州共立大学工学部          |

(按日语发音排序,“○”指常任委员会委员)



# 日本土木学会混凝土委员会

## 混凝土标准规范改编委员会 (按日语发音排序)

**委员长** 长泷 重义 东京工业大学

### 委员

池田 尚治	横滨国立大学	篠原 修	东京大学
出光 隆	九州工业大学	关 博	早稻田大学
鱼本 健人	东京大学生产技术研究所	田泽 荣一	广岛大学
远藤 孝夫	东北学院大学	田边 忠显	名古屋大学
冈村 甫	东京大学	辻 幸和	群馬大学
角田与史雄	北海道大学	野尻 阳一	鹿岛建设株式会社技术 研究所
笠原 笃	北海道工业大学	桧贝 勇	山梨大学
小林 和夫	大阪工业大学	藤井 学	京都大学
小林 茂敏	土木研究中心	町田 笃彦	埼玉大学
小柳 洽	岐阜大学	三浦 尚	东北大学
国府 胜郎	东京都立大学	宫本 征夫	铁建建设株式会社
儿岛 孝之	立命馆大学	山崎 淳	日本大学
阪田 宪次	冈山大学	山本 泰彦	筑波大学
佐藤 良一	宇都宫大学		

### 委员兼干事

大即 信明	东京工业大学	宫川 丰章	京都大学
丸山 久一	长冈技术科学大学	六乡 惠哲	岐阜大学

## 耐久性・耐久设计部会构成 (1992年度・1993年度)

主 审 ○辻 幸和 (群馬大学)

干 事 ※二羽淳一郎 (名古屋大学)

委 员

○尼崎 省二 (立命馆大学)

○齐藤 勉 (大成建设株式会社)

○池田 博之 (日本道路公团)

○庄谷 征美 (八戸工业大学)

○牛岛 荣 (株式会社青木建设)

※武若 耕司 (鹿儿岛大学)

※远藤 达已 (财团法人电力中央研究所)

※出头 圭三 (前田建设工业株式会社)

○金子 雄一 (东电设计株式会社)

※前田 诏一 (西松建设株式会社)

○河野 广隆 (建设省土木研究所)

※增井 直树 (株式会社大林组)

※北后 征雄 (JR 西日本工程咨询株式会社)

○安田 登 (东京电力株式会社)

○黑井登起雄 (足利工业大学)

○万木 正弘 (鹿岛建设株式会社)

○印: 草案工作组 (主审: 辻 幸和)

※印: 意见工作组 (主审: 二羽淳一郎)

## 耐久性・耐久设计部会构成 (1994年度・1995年度)

主 审 辻 幸和 (群馬大学)

干 事 黑井登起雄 (足利工业大学)

委 员

木曾 茂 (日本道路公团实验研究所)

齐藤 勉 (大成建设株式会社)

牛岛 荣 (株式会社青木建设)

庄谷 征美 (八戸工业大学)

远藤 达已 (财团法人电力中央研究所)

杉山 隆文 (群馬大学)

金子 雄一 (东电设计株式会社)

安田 登 (东京电力株式会社)

河野 广隆 (建设省土木研究所)

万木 正弘 (鹿岛建设株式会社)

北后 征雄 (JR 西日本工程咨询株式会社)

横田 弘 (运输省港湾技术研究所)

# 混凝土结构耐久性设计指南及算例

## 目 录

第1章 总 则 .....	11
1.1 适用范围 .....	11
1.2 用语定义 .....	11
1.3 符号 .....	12
第2章 耐久性分析 .....	13
第3章 环境指数 .....	15
3.1 综述 .....	15
3.2 环境指数增量 .....	15
第4章 耐久指数 .....	19
第5章 耐久指数特征值 .....	22
5.1 与设计工作、构件的形状、受力钢筋的种类、钢筋的详细设计、 施工图有关的耐久指数特征值 .....	22
5.2 与设计裂缝有关的耐久指数特征值 .....	25
5.3 与特殊模板、构件表面的防护有关的耐久指数特征值 .....	26
5.4 与混凝土材料有关的耐久指数特征值 .....	27
5.5 与混凝土有关的耐久指数特征值 .....	29
5.6 与混凝土施工有关的耐久指数特征值 .....	31
5.7 与钢筋施工、模板施工、支撑系统施工有关的耐久指数特征值 .....	35
5.8 与预应力混凝土施工补充事项有关的耐久指数特征值 .....	36

## 附 录

附录-1 混凝土结构耐久性设计算例 .....	41
附录-2 混凝土结构耐久指数计算的试算例 .....	50
附录-3 各种混凝土结构耐久性设计算例 .....	70
附录-4 用电脑程序对钢筋混凝土结构耐久性进行评价 .....	78
附录-5 耐久指数特征值及其相互间的地位 .....	87
附录-6 根据耐久极限期间进行混凝土结构耐久性设计 .....	90
译者注释 .....	111

# 第1章 总 则

## 1.1 适用范围

本书可作为在对耐久性要求较高的混凝土结构进行设计时及在恶劣环境条件下对混凝土结构的耐久性进行分析时的一般设计标准。

**【解说】**在对混凝土结构进行设计时，除了需要保证结构满足通常使用要求外，还必须保证结构在承受施工期间和使用期间的荷载时具有足够的安全性，以及保证结构在使用期间具有足够的耐久性，即必须进行所谓的耐久性设计。其中，关于使用性及安全性的分析，土木学会出版的《混凝土标准规范（设计篇）》有详尽的规定。但是，关于耐久性的分析，目前的状况是在《混凝土标准规范（设计篇）》及《混凝土标准规范（施工篇）》中都没有系统的说明。为此，本书可作为对有特别要求而进行较高耐久性设计的混凝土结构及在高盐分、受严寒冻融影响较大等恶劣环境条件下建造的结构进行耐久性设计时的一般性指南。

本书是针对新建造的混凝土结构的耐久性设计标准。所以，本书不针对现有结构进行加固时的耐久性分析或对结构进行残余使用寿命的分析。

本书以钢筋混凝土和预应力混凝土结构为主要研究对象，阐述了其耐久性设计的基本考虑方法。对于型钢混凝土结构，型钢可采用与钢筋同样的方法进行分析。另外，对于不同的结构，仅仅采用本书可能还解决不了问题。而且，在特殊情况下，本书的某些条文看起来适用，其实未必适用的可能性也存在。但是，不管是以上哪种情况，都可以以本书作为基础，根据实际状况，灵活运用各条文。

## 1.2 用语定义

本书按如下所述定义术语。

环境指数——评价结构的环境条件或结构免维修期的指数。

耐久指数——根据结构的详细设计、使用材料以及施工条件等具体内容，在设计或施工规划阶段所计算的一种指数。

耐久指数特征值——在计算耐久指数时，对影响结构耐久性的各个因素进行评价的数值。

免维修 (maintenance free) ——通过目视等观察手段判断结构具有耐久性, 结构可免于维修或加固。

### 1.3 符 号

$S_p$ : 环境指数

$S_0$ : 标准环境条件下的环境指数特征值

$\Delta S_p$ : 恶劣环境条件下环境指数增量

$T_p$ : 耐久指数

$T_p(I, J)$ : 耐久指数特征值

## 第2章 耐久性分析

在对混凝土结构的耐久性进行分析时，对于结构的各个部分，必须保证耐久指数  $T_p$  大于或等于环境指数  $S_p$ 。

$$T_p \geq S_p \quad (2.1)$$

**【解说】** 以下所述即为耐久性设计的目标。

(1) 如何使混凝土结构具有耐久性乃当务之急，各地为此进行了不懈地开发和研究。鉴于此，我们须把握耐久性设计的基本方法，以便一旦在今后的开发和研究工作中获得了更好的成果或更进一步的认识，就可立即将新成果纳入基本方法中，从而整体上体现耐久性设计的进步。

(2) 允许应力设计法也好，极限状态设计法也好，只要采用的方法能保证结构的使用性和安全性，就有可能在广泛的范围内得到推广。

(3) 耐久性设计须能够综合地、定量地评价结构的设计、混凝土的质量状况以及施工方法对混凝土结构耐久性的影响。

式 (2.1) 将耐久指数  $T_p$  与环境指数  $S_p$  的大小进行比较，从而对结构各个部分的耐久性能进行评价。所谓的耐久性能评价，与使用性或安全性的分析一样，即对耐久性能可能最差的各个断面的耐久性进行分析，如果所有分析部位的耐久性能都合格的话，则结构的耐久性可判定合格。另外，如果很明显某些部位的耐久性比其他部位好的话，可省略分析。

本书对于耐久性的分析首先在结构的设计阶段，根据假定的材料及施工状况进行耐久性分析。如果此阶段不能满足式 (2.1)，则在施工开始前，对设计、材料及施工进行再分析，直到满足式 (2.1) 为止。

耐久指数  $T_p$  在第4章及第5章里有详细具体的规定。方法是将影响结构耐久性能的各个因素按设计、材料和施工等阶段的各个专业进行详细分类，并对各个因素定量评价后得出的耐久指数特征值进行综合计算后得到。根据此原则，耐久性研究开发所取得的新成果，只需对各个因素的影响度进行定量地评价，就能立即在耐久指数上反映出来。另外，式 (2.1) 没有涉及对使用性或安全性进行分析的方法的影响。对耐久性的影响因素进行定量地分析，实际上是非常困难的，尽管如此，本书在现有的业绩及研究成果的基础上，进行了定量地规定。今后，随着研究的深入，有必要对此进行改善。

式 (2.1) 所展示的考虑方法, 显示了全新的概念, 是日本独自提出的考虑方法。虽然如此, 我们也可认为这本质上与结构进行使用性或安全性分析时的考虑方法没有两样。如表 2.1 所示, 在进行结构各部分耐久性分析时, 可以认为: 环境指数的计算相当于内力的计算; 耐久指数的计算相当于结构抗力的计算; 耐久性评价相当于安全性评价。

**表 2.1 耐久性的评价方法**  
(与安全性评价方法进行对比)

耐久性分析	安全性分析
环境指数的计算	内力的计算
耐久指数的计算	抗力的计算
耐久性评价	安全性评价

## 第3章 环境指数

### 3.1 综 述

(1) 环境指数  $S_p$  由结构所处的环境条件及所要求的免维修期而定。

(2) 环境指数一般由式 (3.1) 而定。

$$S_p = S_0 + \sum(\Delta S_p) \quad (3.1)$$

式中,  $S_0$  表示标准环境条件下的环境指数特征值。另外,  $\Delta S_p$  表示高盐分、严寒冻融等恶劣环境条件下环境指数增量, 增量根据 3.2 条的规定取值。

(3) 对于免维修期为 50 年目标的混凝土结构,  $S_0$  一般取 100, 但是, 对于免维修期特别长或特别短的情况,  $S_0$  的值须相应增减。

**【解说】** 虽然有时因为使用功能的原因, 必须拆除仍然完好的结构, 但是具有耐久性能的混凝土结构, 一直以来要求拥有 50 年免维修期。于是, 在此将具有耐久性能的混凝土结构的标准定为: 在标准环境条件下, 结构拥有 95% 的可靠度并且免维修期为 50 年。在这样的标准下, 可认为日后的维护费用不会很大。这里所说的免维修, 指通过目视等观察手段判断结构具有耐久性, 结构可免于维修或加固。

本书规定: 在标准环境条件下, 对应于 50 年免维修期的环境指数特征值  $S_0$  为 100。如果发现设定环境指数特征值  $S_0$  为 100 的情况下明显不经济, 或者设定环境指数特征值  $S_0$  大于 100 的情况下, 总的来说较经济时, 免维修期可相应缩短或延长。在标准环境条件下, 可认为免维修期在 10~15 年之间时, 环境指数特征值  $S_0$  等于 0; 免维修期为 100 年时, 环境指数特征值  $S_0$  可达 150。

### 3.2 环境指数增量

(1) 受高盐分或严寒冻融显著影响的结构, 相比标准环境, 其环境条件更加恶劣。此时, 建造拥有 50 年免维修期的混凝土结构时, 须考虑表 3.1 所示的环境指数增量  $\Delta S_p$ , 并在此基础上确定环境指数  $S_p$ 。但是, 对于免维修期特别长或特别短的情况, 对应不同的免维修期,  $\Delta S_p$  的值须相应增减。



(2) 既受高盐分影响又受严寒冻融影响时, 必须累计两者的增量  $\Delta S_p$ 。

表 3.1 环境指数增量  $\Delta S_p$

环境条件	$\Delta S_p$
盐分的影响显著	10 ~ 70
严寒冻融的影响显著	10 ~ 50

【解说】与标准环境条件不一样, 当盐分和严寒冻融的影响显著时, 有必要考虑这种影响, 并增加环境指数。另外, 对混凝土结构的耐久性有损害的环境条件, 除了表 3.1 所列出的以外, 还有特殊土壤或温泉地带这种腐蚀性条件更加恶劣的环境。像这种极其恶劣并且很特殊的环境下, 就有必要根据各个具体的状况进行单独详细的讨论研究, 对此, 本书没有给出具体的措施。

表 3.1 中所列出的环境指数增量  $\Delta S_p$  是不确定的, 这里只给出了一定的范围。原因是, 盐分的影响随结构所在的地区、地形、离开海岸线的距离、气象条件的不同而变化; 严寒冻融作用的影响除了随地区的差异而显著变化以外, 与日照条件和湿润程度还有关系。不管是盐分的影响还是严寒冻融的影响, 要简单地规定是很困难的。因此, 对于各个不同的结构, 有必要根据所处地区环境条件的特性而决定环境指数增量。

对于“盐分的影响显著”这种情况, 可以参考日本道路协会出版的《道路桥的盐分危害对策指南(草案)·同解说》。在这本指南中, 根据地区的不同和离开海岸线的距离, 列出了相应的对策<sup>①</sup>。例如, 建造“50 年免维修期”的混凝土结构时, 当对策划分为 I 时,  $\Delta S_p$  定为 70; 当对策划分为 II 时,  $\Delta S_p$  定为 40; 当对策划分为 III 时,  $\Delta S_p$  定为 10。

另外, 在海岸环境条件下, 对于海湾地区混凝土结构的环境指数增量需要考虑浪溅的影响。此时, 建造“50 年免维修期”的混凝土结构时, 环境条件恶劣的情况下,  $\Delta S_p$  取 70; 环境条件稳定的情况下,  $\Delta S_p$  取 40。另外, 在寒冷地区建造混凝土结构时, 如果使用了防冻剂, 并且对防冻剂的使用没有采取相应的施工措施的情况下, 应根据防冻剂的种类和使用量, 对环境指数增量  $\Delta S_p$  进行合理的确定。

在寒冷地区, 当混凝土受到的冻融影响程度很大时, 即属于“严寒冻融的影响显著”一类。本书在这种情况下, 对冻害危险度的计算公式进行了简略, 用式(解 3.1)反映冻害周期  $N_d$ 。建造“50 年免维修期”的混凝土结构的情况下, 当  $N_d > 100$  时,  $\Delta S_p$  取 50; 当  $90 < N_d \leq 100$  时,  $\Delta S_p$  取 40; 当  $80 < N_d \leq 90$  时,  $\Delta S_p$  取 30; 当  $70 < N_d \leq 80$  时,  $\Delta S_p$  取 20; 当  $40 < N_d \leq 70$  时,  $\Delta S_p$  取 10; 当  $N_d \leq 40$  时,  $\Delta S_p$  取 0。

$$N_d = (F_t + F \times u) \times C \quad (\text{解 3.1})$$

① 请见书后译者注释, 下同。