

# 基于试验数据库下钢筋混凝土桥梁 板构件冲切强度破坏机理的研究

杨秋宁

著

JYUSHIYANSHUJUKU XIAGANGJINHUNNINGTU  
QIAOLIANGBANGOUJIANCHONGQIEQIANGDU  
POHUJILIDEYANJIU



黄河出版传媒集团  
宁夏人民出版社

杨秋宁 

# 基于试验数据库下钢筋混凝土桥梁 板构件冲切强度破坏机理的研究



黄河水利出版社  
中国水利水电出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

基于试验数据库下钢筋混凝土桥梁板构件冲切强度破坏机理的研究/杨秋宁著. —银川:宁夏人民出版社, 2014.11

ISBN 978-7-227-05886-1

I. ①基… II. ①杨… III. ①钢筋混凝土桥—桥梁构件—冲切—破坏机理—研究 IV. ①U448.34

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 272712 号

## 基于试验数据库下钢筋混凝土 桥梁板构件冲切强度破坏机理的研究

杨秋宁 著

责任编辑 丁 佳

封面设计 水 沐

责任印制 肖 艳

**黄河出版传媒集团** 出版发行  
**宁夏人民出版社**

地 址 银川市北京东路 139 号出版大厦(750001)

网 址 <http://www.yrpubm.com>

网上书店 <http://www.hh-book.com>

电子信箱 [renminshe@yrpubm.com](mailto:renminshe@yrpubm.com)

邮购电话 0951-5052104

经 销 全国新华书店

印刷装订 宁夏精捷彩色印务有限公司

印刷委托书号 (宁)0000118

开 本 787 mm×1092 mm 1/32

印 张 5

字 数 190 千字

印 数 500 册

版 次 2014 年 12 月第 1 版

印 次 2014 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-227-05886-1/U·4

定 价 27.00 元

版权所有 翻印必究

# 前 言

过去的二十年里,中国进行了全球规模最大的交通基础设施建设,建成了一大批结构新颖、技术复杂、设计和施工难度大、科技含量高的桥梁。但材料的自然老化、车辆荷载的不断增加、日益恶化的环境影响以及养护维修缺乏,相当一部分桥梁不可避免地出现各种损伤和缺陷,安全储备不足,近年来桥梁服役过程中垮塌事故时有发生。按照 2012 年 9 月《国务院关于宁夏内陆开放型经济试验区规划的批复》,国家将加大对宁夏道路桥梁等基础设施建设的投资力度。据统计宁夏境内总共有 1000 多座桥梁,危桥已超过  $1/10$ 。有关部门一直在修路修桥,但维修的速度往往没有损坏的速度快。

钢筋混凝土桥面板构件作为桥梁的重要组成构件,关键截面应力影响线较短,直接承受着来往车辆轮载、雨水、除冰盐等不利因素的作用,每一次轴重荷载都会引起一次应力循环。因此钢筋混凝土(RC)桥面板的疲劳损伤事例屡见不鲜,损伤严重的板甚至会发生冲切破坏,导致混凝土与板分离而剥落。

当前是全国交通建设转变经济发展方式、提升发展质量的重要时期。因此本著作的研究内容对准确地识别出钢筋混凝土桥梁板构件破坏形态,确定破坏的位置和程度,揭示其破坏影响

参数,预测其疲劳寿命,防止桥梁突然坍塌,避免今后维护可能带来更高的成本投入,保证社会稳定团结有非常重要的作用。具体内容如下所示:

第一,RC 桥面板因受多种因素的影响,破坏机理十分复杂。使用时,各影响因素间的相互作用,使得钢筋混凝土板的破坏机理更加复杂。到现在为止,虽然存在诸多相关研究结果,但仍有大量内容需要进一步探讨。

第二,在自然侵蚀、严重超载运营和其他不可预见因素损害下,中国许多桥梁的结构性能发生了巨大变化。国际方面,以美国为首的研究者进入了大范围内的实验研究阶段,并初步得出了冲切破坏的降伏线理论。ACI-ASCE 联合委员会报告,以及 Criswell 和 Hawkins 等的报告总结了详细的研究内容、研究结果。其中,最具代表性的是 Kinnunen 和 Nylander 的研究成果。日本涌现了诸多关于 RC 桥面板的研究,研究者们解明了 RC 桥面板的破坏机理并提出了冲切强度的计算公式。

第三,本书收集了国内外 50 多篇桥面板冲切强度的相关文献,通过这些文献获取实验数据合计 427 个,建成 RC 桥面板实验数据数据库,实验数据根据研究者的不同而各不相同,该数据库将为今后桥面板构件方面的研究者提供最全面的试验数据基础。

第四,本书使用了前述的 13 个计算公式分别对收集的试验数据进行了计算,计算结果显示 BS 公式、Yitzhaki 公式、Gardner 公式、角田公式及山口大学简易公式的强度比的平均值都接近 1.0,较其他公式精度更高。ACI 公式、CEB-FIP 公式、中国规范公式、日本土木学会公式及 Moe 公式的强度比平均值都在 1.2

以上,显示为偏于安全的数值。EC2 公式以及日本建筑学会公式的强度比平均值都在 2.0 以上,显示为过度安全的数值。另外,松井公式,修正松井公式的强度比平均值均低于 1.0,若以此计算,将导致偏于危险的结果。除骨料尺寸的影响外,认为载荷板尺寸和板厚的比也可能是重要的影响因素。

第五,探讨了抗压侧配筋量及粗骨料最大粒径的变化对 RC 板冲切强度的影响。并使用试验结果对以往的计算公式及山口大学简易式的计算精度进行了分析。结果表明,保护层厚度,抗压侧配筋量及粗骨料最大粒径都对 RC 板的冲切强度有所影响。

第六,以前的研究中,保护层厚度、抗拉侧钢筋量和粗骨料最大粒径都没有作为影响参数。但是,冲切的破坏机理的相关因素有混凝土的压应力,钢筋的尺寸效应,可以认为保护层厚度及骨料粒径对混凝土的压应力有一定影响。从实验数据结果中,推导出新的公式。

# 目 录

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 第 1 章 绪 论 .....                             | 1  |
| 第 2 章 RC 桥面板冲切强度研究现状 .....                  | 15 |
| 2.1 国内外研究现状 .....                           | 15 |
| 2.2 RC 桥面板的破坏过程 .....                       | 16 |
| 2.3 板冲切强度的影响因素 .....                        | 19 |
| 2.4 冲切强度公式 .....                            | 24 |
| 2.5 各计算公式的参数与特点 .....                       | 35 |
| 第 3 章 RC 桥面板数据库 .....                       | 40 |
| 3.1 建立 RC 桥面板实验结果数据库的重要性 .....              | 40 |
| 3.2 RC 桥面板数据库里的实验数据 .....                   | 41 |
| 3.3 小 结 .....                               | 76 |
| 第 4 章 RC 桥面板冲切强度的影响因素及其计算公式 .....           | 80 |
| 4.1 以往研究中 RC 桥面板强度计算公式主要参数<br>的评价 .....     | 80 |
| 4.2 利用 RC 桥面板数据库及其参数对各计算公式计算<br>精度的考察 ..... | 82 |
| 4.3 对 RC 桥面板尺寸的考察 .....                     | 83 |
| 4.4 针对高精度计算公式的探讨 .....                      | 85 |
| 4.5 山口大学简易公式的主要参数 .....                     | 88 |
| 4.6 小 结 .....                               | 93 |
| 第 5 章 保护层、骨料尺寸及抗压侧配筋量对<br>RC 桥面板的影响 .....   | 96 |

|              |                                |            |
|--------------|--------------------------------|------------|
| 5.1          | RC 桥面板冲切强度的影响因素 .....          | 96         |
| 5.2          | 保护层对 RC 桥面板的影响 .....           | 96         |
| 5.3          | 试件概况及试验方法 .....                | 98         |
| 5.4          | 试验结果与分析 .....                  | 101        |
| 5.5          | 对于不同保护层的试件的探讨 .....            | 107        |
| 5.6          | 考虑抗拉侧保护层厚度影响的适合系数 .....        | 110        |
| 5.7          | 针对不同板的骨料尺寸及抗压侧配筋量的<br>探讨 ..... | 111        |
| 5.8          | 试件及试验方法 .....                  | 112        |
| 5.9          | 试验结果与分析 .....                  | 115        |
| 5.10         | 抗压侧配筋量的影响 .....                | 122        |
| 5.11         | 粗骨料最大粒径的影响 .....               | 122        |
| 5.12         | 小 结 .....                      | 123        |
| <b>第 6 章</b> | <b>新 RC 桥面板冲切强度公式的推导 .....</b> | <b>127</b> |
| 6.1          | 新 RC 桥面板冲切强度公式的推导 .....        | 127        |
| 6.2          | 新 RC 桥面板冲切强度公式的适用性 .....       | 128        |
| 6.3          | 根据误差对主要影响参数的探讨 .....           | 131        |
| 6.4          | 根据分布系数讨论安全系数 .....             | 133        |
| 6.5          | 小 结 .....                      | 135        |
| <b>第 7 章</b> | <b>结 论 .....</b>               | <b>137</b> |
| 7.1          | 研究结论 .....                     | 137        |
| 7.2          | 今后的研究和展望 .....                 | 141        |
|              | <b>参考文献 .....</b>              | <b>147</b> |
|              | <b>后 记 .....</b>               | <b>153</b> |

# 第 1 章 绪 论

19 世纪 30 年代水泥问世以来,钢筋混凝土结构逐渐在各类工程中得到广泛应用。经过长时间的发展和改进,钢筋和混凝土已成为现代工程结构所使用的主要材料。据有关统计,仅在中国,每年的混凝土用量就达到 10 亿立方米,钢筋的用量达 2000 万吨,每年工程建设中混凝土结构的耗资达 2000 亿元以上,由此可见钢筋混凝土结构使用的广泛性。

1867 年英国建成世界上第一座素混凝土铁路拱桥以来,在 130 多年的发展历程中,混凝土桥梁经历了从素混凝土桥、钢筋混凝土桥、部分预应力混凝土桥到全预应力混凝土桥四个发展阶段。在目前所有使用的桥梁中,有数据表明混凝土桥梁的数目占到桥梁总数的 50% 以上,尤其在中国,这个比例甚至占到 90% 以上。<sup>[1]</sup>在桥梁的使用中,旧桥承载力不足、老化、破损是世界范围的难题。这是由于桥梁在运营过程中除了承受恒载作用外,还要越来越多的承受交通车辆重复荷载的作用,现在随着车辆总数的不断增加,荷载水平越来越高,加之桥梁养护方面的疏漏,桥梁的破坏问题也越来越突出。

美国 20 世纪 80 年代初的调查显示,当时全美共有 566000 座公路桥梁,通过对其中 514000 座桥梁进行调查,发现有 40% 以上的桥梁都有不同程度的损坏,98000 座桥梁结构强

度降低,只能停止或限载通行,102000座桥梁行车道过窄,桥下净空不够或承载力不足。由于桥梁陈旧老化、失修,塌桥事故不断发生。<sup>[2]</sup>

德国曾于20世纪70年代末对一个州的1500座钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土公路桥梁做了全面检查,结果发现:钢筋混凝土桥龄在50~60年的,有27%的桥梁至少有一处严重损伤,64%至少有一处重要损伤,77%至少有一处中等损伤;桥龄在30~35年的,有13%的桥梁上部结构至少有一处严重损伤,37%至少有一处重要损伤,53%至少有一处中等损伤;桥龄在20~30年的,有8%的上部结构至少有一处严重损伤,24%至少有一处重要损伤,46%至少有一处中等程度损伤。预应力混凝土桥梁的损伤情况比钢筋混凝土桥梁更严重,20~30年桥龄的预应力混凝土桥梁,有将近50%的桥梁上部构造至少有一处重要损伤,其中2/3至少有一处中等损伤。<sup>[3]</sup>

欧洲的道路结构同样趋于老化,交通的超负荷和恶化的环境引起桥梁结构退化,且这种退化会由于高频率的维修和承载能力的减少而显著加剧。欧洲大多数国家主要高速公路的建造现已告一段落,他们正将精力转向对现有设施的维修。把道路网络维修到令人满意的程度,其工程造价是很高的。在欧洲的一些国家中桥梁维修的工程造价评估为:法国120亿欧元,英国230亿欧元,西班牙41亿欧元,德国30亿欧元。它们一般占道路网长度的2%,造价的30%(以1996年的价格水平为准。为节省政府财政开支,英国只在桥梁被评估为不安全时才进行详细评定和修复、加固或置换桥梁退化的构件。即使如此,英国用于国有桥梁的养护和维修的年开支也达到1.8亿欧元,法国为0.5亿欧

元,挪威为 0.3 亿欧元,西班牙为 0.13 亿欧元。而且国有桥梁仅仅占桥梁总数的一小部分(法国约占 10%,挪威约占 50%)。若大量建于 20 世纪 60~70 年代的桥梁开始退化后,这些花费还要增加。<sup>[4]</sup>

随着日本 20 世纪 50 年代至 70 年代初的高速经济增长,其社会基础设施建设也得到了急速的发展。其中,在公路桥梁的建设方面,普遍采用了易于设计和施工的钢筋混凝土桥面板(以下简称 RC 桥面板)。但是,随着近年来日本交通量及车辆载重的不断增加,有关桥面板损伤、劣化的报告也不断涌现。

日本 RC 桥面板损伤的桥梁,大多是依据 1956 年和 1964 年颁布的《钢公路桥设计规范》设计建造的。<sup>[5]</sup>当时,正是日本汽车交通量激增以及汽车自身重量增大的时期,上面所提到的规范在负筋的配筋、板厚度、支撑板的横梁刚性以及板的施工等方面都存在需要改进之处。基于此,1967 年开始实施的《钢公路桥钢筋混凝土单向板的负筋设计要领》中<sup>[6]</sup>,将负筋的数量提高到了主筋的 70% 以上。接着,1968 年颁布的《关于钢公路板设计的暂定指针(试行)以及施工注意事项》中<sup>[7]</sup>,将设计中一直沿用的板最小厚度作了修订。在随后的 20~30 年中,日本主要针对 RC 桥面板的设计弯矩作了数次修订。1971 年实施的《钢公路桥钢筋混凝土板的设计》规定,板设计中要考虑主筋方向对于构造钢筋方向的设计弯矩。<sup>[8]</sup>并且以每天单方向通过 1000 台大型车辆作为假定进行设计,将设计弯矩提高了 20%。到了 1978 年,《公路桥钢筋混凝土板的设计施工指针》开始得以发行。<sup>[9]</sup>1993 年修订的《公路桥规范〈I 共通篇〉》中将 T 荷载加以修订<sup>[10]</sup>,《II 钢桥篇》中规定板的设计弯矩以 10tf 的轮荷载为依据进行计算。

经过上述一系列指针、规范等的修订,20 世纪 80 年代中期以后建造的 RC 桥面板所发生的损伤事故较以前有了明显地减少。

很长一段时间以来,日本 RC 构造物的设计一直沿用 1931 年日本土木学会制定的许容应力度设计法。到了 20 世纪 50 年代中后期,以美国为首的欧洲各国开始采用极限强度设计法,这一方法在全世界得到了广泛应用。经过这一系列的变迁,日本于 1986 年实施的混凝土标准规范中,又提出了新的设计方法——限界状态设计法。时至现在,仍有很多设计采用限界状态设计法。1969 年,日本土木学会成立了极限强度设计小委员会<sup>[11]</sup>,开始了对这一设计方法的调查研究。1995 年,着手准备将混凝土标准规范由原来的“式样书规定型”向“性能检查型”转变。之后,在 2002 年修订的混凝土标准规范中<sup>[12]</sup>,全部实现了“性能检查型”的设计方法。目前,日本 RC 构造物的设计在立足于许容应力度设计法的同时,也在验证上述方法的实用性,另外还从耐震的观点出发研究在设计中考虑极限耐力的影响。

日本现役桥梁的 4% 都建于其经济高速增长期,在未来的 20 年内,其中大部分桥梁的使用年限将达到 50 年,即一般桥梁的设计使用寿命。由此,考虑构筑物使用后期的维护管理及 LCC (生命周期成本)的设计与施工备受关注。日本国土交通省(相当于各国的交通部)更是把“道路资产管理”定义为“在道路管理中将桥梁、隧道、铺装等视为道路资产,包括治理其使用阶段的损伤、劣化在内的最佳费用效果的维护管理”,并且极力构建道路管理系统。日本桥梁设计人员非常注重桥梁的实用性和简洁美,以结构为主辅助适当的修饰,在设计上成为与自然和谐统一的景观,重视桥梁设计建设中自然环境和社会环境影响的评估

与论证,运用全生命周期效益分析方法,力争使每座桥梁都能做到功能适用性、环境协调性和结构安全性的高度统一。

针对台风、地震等恶劣环境因素,日本桥梁设计人员采用先进的抗风、抗震设计方法,通过充分的模型实验和工艺研究,保证大桥抵御自然灾害的能力。目前,日本高架桥中的多层桥多(一般3~4层,有的5层以上)、高桥多(高度有的达50米以上)。日本人非常注重知识积累和成果共享,并在很大程度上实现了资源和成果的全国性共享,使得研究工作的效率和效益得到极大提高,有利于技术的进步和发展。很多有代表性的桥梁都运用先进的声光与数字电子技术建立了“桥梁博物馆”,集工程经验总结与推广、技术交流、科普教育、旅游观光等多项功能于一体,将宏伟而高深的桥梁建筑技术生动形象地展示给普通民众。

过去的20年中,中国开展了全球规模最大的交通基础设施建设,建成一大批结构新颖、技术复杂、设计和施工难度大、科技含量高的现代化桥梁。但材料的自然老化、车辆荷载的不断增长、日益恶化的环境的影响以及养护维修缺乏,相当一部分桥梁不可避免地出现各种损伤和缺陷,安全储备不足,近年来桥梁服役过程中垮塌事故时有发生。<sup>[13]</sup>

中国在桥梁设计过程中,存在着考虑强度多而考虑耐久性少;重视强度极限状态不重视使用极限状态;重视桥梁结构的建造而忽视其检测和维护,使结构安全性存在不同程度的隐患和缺陷。<sup>[14]</sup>风懋润教授在2012武汉国际桥梁科技论坛上指出,中国的建桥理念,要从“尽快建成”转为“尽量建好”,更注重桥梁质量。混凝土结构中,刚度、强度、疲劳寿命是结构使用的三个基本要求。

中国幅员辽阔,山地众多,因此桥梁在基础设施建设中的应用也十分普遍。随着使用时间的推移,目前大量桥梁已经存在性能的疲劳损伤,如不加以控制和改善,在未来的一段时间内,将有大量桥梁提前达到使用寿命。据广东省相关部门统计,至2000年,广东省内共有1.87万座公路桥,由于各类损伤的发生而造成三四类不良状况的桥梁有4244座,占总数的22.7%。<sup>[15]</sup>随着桥梁的逐渐老化,再加上有些桥梁的设计、施工、运营、养护管理措施不力,这将进一步加速缩短桥梁的使用寿命。

自1999年9月22日国家实施西部大开发战略以来,截至2013年年底宁夏公路通车里程达2.85万公里,新增2032公里,同时随着桥梁技术的不断发展,黄河作为“天堑”的时代已然终结。全区先后建成银川黄河辅道大桥、吴忠黄河公路大桥等4座横跨黄河的公路大桥,公路大桥数量达到10座,桥梁密度居黄河、长江流经的省份之冠。目前黄河流经宁夏境内397公里的河道上,平均不到40公里就能看到一座飞架于黄河之上的大桥。“十二五”期间宁夏回族自治区交通投资立足满足经济社会发展的要求,将以每年25%的速度增长。按照这个投资规模计算,“十二五”期间全区交通投资确保完成540亿元,力争完成800亿元,由此可预见全区桥梁保有量将持续增加。按照2012年9月《国务院关于宁夏内陆开放型经济试验区规划的批复》,国家将加大对宁夏道路桥梁等基础设施建设的投资力度。

桥梁是连接现代交通建设的咽喉,既要保证桥上交通的顺利运行,也要保证桥下水流的宣泄、船只的通航。据统计宁夏境内总共有1000多座桥梁,危桥已超过1/10。有关部门一直在修路修桥,但维修的速度往往没有损坏的速度快。究其原因:一是

受宁夏寒旱区盐碱地质环境的影响,宁夏混凝土损伤劣化速度明显高于中国其他地区,干燥的气候环境也对混凝土桥梁后期材料性能的发展带来较大的影响。二是宁夏境内很多桥梁设计标准低,加之近几年重型车辆频繁碾压,桥梁不堪重负,导致很多桥梁钢筋混凝土桥梁板构件出现裂缝,并且有继续扩张趋势,局部地方钢筋外露,存在很大的安全隐患,进而引起桥梁突然坍塌事件。然而桥梁倒塌事故会造成恶劣的社会和经济影响,造成生命财产损失,且修复也需要巨大的经济投入;影响交通的正常运行和人民群众的正常生活;影响全区与其他地区的经济发展,从而影响全区经济发展和社会安定团结。

桥面板作为桥梁的上部结构,直接承受着来往的车辆荷载,而且桥面板与桥梁其他构件十分不同的一点就是桥面板内并不施加预应力。因此,桥面板更容易在车辆荷载的作用下发生疲劳破坏。桥面板的疲劳破坏形式多为裂缝和在板上产生漏洞,这些都对来往的车辆的安全行驶带来不利影响。例如较大较深的裂缝会造成车辆在行驶时的“跳车”现象,导致车辆的翻转。山东省101省道上的禹城王桥桥面板断面型式为矩形空心板<sup>[16]</sup>,板高65 cm,由于长期承受车辆荷载,加之养护不利,板的侧面多有裂缝、露筋现象,混凝土的保护层磨损严重,不得不进行翻修维护;2002年1月中旬,成渝高速公路的濑溪河大桥右幅桥面板产生严重裂缝,积水渗漏严重。桥面横置板间裂缝达53条(占全桥35%),最大裂缝发生横置板的跨中挠度最大处达3 cm以上,桥面变形及振动异常明显;浙江省仙居县县道大战大桥桥面板长期承受来往荷载作用下破坏严重,隆起达50 cm。

为了实现上述的维护管理,设计、施工及管理中正确把握

RC 桥面板的强度及耐用年限十分必要。因交通荷载引起公路桥 RC 桥面板的疲劳损伤事例屡见不鲜,损伤严重的板甚至会发生冲切破坏,导致混凝土与板分离而剥落。鉴于 RC 桥面板的实际受力情况,可通过反复移动荷载作用下的疲劳试验来考察其受力及耐久性能。但是,考虑移动荷载和疲劳荷载等模拟实际交通荷载之前,明确桥面板在静荷载作用下的破坏机理十分必要。

RC 桥面板发生损伤时,首先表现为板下方沿主筋长度方向发生裂缝,然后沿与主筋垂直方向继续开裂。水分沿裂缝浸入混凝土内部后与钢筋接触,将会加速板的破坏,最终导致部分路面混凝土剥落。导致其损伤的原因除了汽车交通量及汽车重量的增加外,还包括主要受力钢筋配筋不足、板厚度不足、主梁间距过大、支撑主梁及纵梁的挠曲变形等的影响,以及板厚度及钢筋位置的误差、混凝土养护不足等施工管理上的因素。

关于 RC 桥面板的冲切破坏机理的研究,除包含 RC 梁的相关问题外,还包括其复杂的弯矩分布、力的平衡条件受多种因素制约、因弹性约束引发的板面内力不明确等因素,直至现在仍缺乏完整的认识。其中,斜裂缝的进展趋势、板面内力的发生状况及效果、钢筋抗剪效果的影响,板屈服域进展的量化等急需在今后的研究中予以探讨。所谓钢筋抗剪效果,指的是虽然在设计时板中的钢筋按线材考虑只承受轴向荷载拉力,但因钢筋具有抗剪刚度,板发生裂缝时钢筋弯曲同时抗剪刚度会抵消部分裂缝的进展。另外,在过去的研究中,混凝土强度、荷载领域尺寸、板厚、钢筋及钢筋强度、柱的形状尺寸及对板的约束效应等对板的冲切破坏强度的影响已经得以明确;但实际板的破坏过程中,这些因素不是单纯的互相叠加,而是相互关联、相互影响的。为

了进一步探讨 RC 桥面板的冲切破坏机理,有必要通过深入研究提出综合考虑其各种影响因素的冲切强度计算公式。在集中荷载作用下,作为公路桥主要构成部分的 RC 桥面板一般会发生部分区域的冲切破坏,其设计强度由最终承载力决定,这一点与楼板等结构相类似。基于此,通过恰当的方式推定 RC 桥面板的冲切强度十分必要。西方研究者很早就开始了有关 RC 桥面板冲切强度的研究,截至目前,已经有诸多研究成果发表。目前,各国研究者在大范围内探讨影响 RC 桥面板强度的因素的同时,提出了不同的 RC 桥面板的破坏机理及承载力计算公式。

但是,与 RC 梁的破坏机理相比,RC 桥面板因受更多因素的影响,其破坏机理十分复杂。当钢筋混凝土构造物受拉区混凝土出现裂缝时,因钢筋与混凝土之间存在摩擦抵抗,仍可以保证钢筋与混凝土发挥其材料性能。<sup>[17]</sup>因此,相对于其他构造材料,有关 RC 构造物承载力的研究更为复杂。特别是受三次元外力的钢筋混凝土板,因其受到复杂内在与外在因素的影响,理论推导其结构承载力十分困难。在使用阶段,加之各影响因素间的相互作用,钢筋混凝土板的破坏机理更为复杂。由以上分析可见,虽然诸多相关研究结果已问世,但其中仍有大量内容需要进一步探讨。

综上所述,对承受荷载作用的混凝土桥梁结构保证其具有足够的寿命,在使用期间不发生突然破坏,对结构的整体安全性的探讨具有十分重要的意义。桥梁的关键构件,如桥面板的破坏是桥梁破坏问题的一个重要方面。因此,重点对桥面板进行材料性能和承载能力的评估,确定损伤的位置和程度,预测其疲劳寿命,必要时采取相应的加固措施,是确保桥梁安全和正常使用,