

建 筑 物

鉴定修复与改造

第四集

冶金部建筑研究总院技术情报研究室

深圳市工程质量监督检查站

前 言

目前，我国的建筑物达十几亿平方米，对这些建筑物的科学管理现已成为一个带有普遍性的社会问题。

在国民经济高速发展的今天，对现有建筑物的再利用程度增大，因此管理好现有建筑物，使其保持使用功能、延长使用寿命，防止出现危险建筑物和倒塌事故，便历史地落在了我们建筑业广大工作者的肩上。针对这种情况，我们编译了这部《建筑物的鉴定修复与改造》系列文集。

本文集《已有构筑物的检查鉴定方法和仪器设备》系第4集，其中分两编。第一编是构筑物检查鉴定方法，包括有混凝土裂缝、变位、变形、老化、钢筋腐蚀、预应力钢材腐蚀、预应力损失、结构承载力下降等方面的检查、判定方法。第二编是仪器设备，包括有判定混凝土表面及内部强度的回弹仪、取芯机，用共振法测定混凝土弹性模量的仪器，超声波探伤仪，放射线诊断仪，各种变形测定仪，各种变位测定仪，振动及冲击测定仪等，同时还介绍了仪器的测定方法及操作要领。

在本文集的翻译、编辑过程中，我们得到了建筑技术情报室柳春圃副主任，以及深圳市工程质量监督检查站刘有光副站长的指导和帮助，谨此致谢。

目 录

第一编 构筑物的检查与判定

第一章 构筑物混凝土裂缝的检查与判定

- 1.1 裂缝的检查
- 1.2 裂缝宽度的判定
- 1.3 裂缝扩展的判定
- 1.4 荷载引起裂缝开闭的判定
- 1.5 裂缝漏水的检查

第二章 构筑物变位、变形的检查与判定

- 2.1 变位与变形的检查
- 2.2 裂缝发生部位的检查
- 2.3 钢筋应力的判定

第三章 混凝土耐久性的检查与判定

- 3.1 混凝土碳化深度的测定
- 3.2 混凝土耐久性的判定
- 3.3 混凝土配合比的判定

第四章 钢筋腐蚀的检查与判定

- 4.1 概要
- 4.2 钢筋腐蚀后混凝土变色问题的检查
- 4.3 腐蚀程度的判定
- 4.4 钢筋应力的测定

第五章 预应力钢材腐蚀的判定

- 5.1 概要

5.2 用放射线对灌浆情况的检查

5.3 预应力钢材受热影响的判定

第六章 施加预应力不足的检查与判定

6.1 荷载试验

6.2 预应力钢筋拉应力的测定

第七章 构筑物承载力不足的检查与判定

7.1 混凝土有效断面测定

7.2 荷载试验

7.3 振动试验

第二编 测定方法及其仪器

第八章 混凝土构筑物的非破损测定

8.1 混凝土表面硬度测定法（回弹法）

8.1.1 回弹仪种类

8.1.2 使用回弹仪的注意事项

8.2 超声波测定法

第九章 预埋螺栓测定拉拔力的方法

第十章 混凝土取芯测定法

第十一章 共振频率测定法

11.1 测定原理

11.2 测定仪器

第十二章 冲击波速度测定法

第十三章 超声波脉冲速度测定法

13.1 测定原理

13.2 测定仪器

第十四章 构筑物内部缺陷测定法

14.1 放射线判定法

14.2 电磁判定法

14.2.1 测定仪器

第十五章 应变测定法

15.1 机械式应变仪

15.2 电阻应变仪

第十六章 挠度与变位测定法

16.1 挠度仪

16.2 变位仪

16.3 振动和冲击的测定

第一编 构筑物的检查与判定

第一章 构筑物混凝土裂缝的检查与判定

1.1 裂缝的检查

(1) 概要

混凝土是土木建筑的主要结构材料，一般来说混凝土的抗压强度大、抗拉强度和极限抗拉变形能力小，因此混凝土在施工时及施工后，由于受到约束和外力的作用，容易产生裂缝。钢筋混凝土结构在进行弯曲应力计算时，往往不考虑受拉区混凝土的拉应力，所以从理论上受拉区混凝土产生裂缝是必然的。这些裂缝宽度一般是很小的，不会直接影响构件的承载力，若裂缝过大，加上所处环境条件恶劣，将给构筑物的抗力和耐久性带来不利的影响，这时就需要根据构筑物的特点，进行修补和加固。

混凝土构筑物的变形几乎在所有的场合都伴随有裂缝的出现，往往是由于裂缝的出现而了解到构筑物的整体变形，为此必须弄清楚构筑物有无裂缝，以及形状、变化状态，以便分析产生的原因，采取相应措施和确定构筑物的现有承载能力。

(2) 检查项目

- a. 混凝土构筑物或构件的形状尺寸、断面尺寸、配筋。
- b. 使用荷载条件、地基和基础的条件、环境条件。
- c. 裂缝产生状态。

①裂缝产生的位置；

- ②裂缝产生的区域；
- ③裂缝的形状；
- ④裂缝的宽度、深度和长度；
- ⑤裂缝的扩展过程；
- ⑥裂缝的漏水。

d. 构筑物或构件整体的状态和混凝土的状态。

- ①构筑物的变位、变形状态，（不均匀沉降、偏压突出状态）；
- ②混凝土表面状态（混凝土剥落、侵蚀状态）；
- ③钢筋的露筋、腐蚀状态。

e. 构筑物的裂缝、变形产生及发现时间

f. 混凝土的施工情况。

- ①混凝土施工时间；
- ②使用材料（水泥、骨料、外加剂种类及配合比）；
- ③混凝土的运输、浇灌、振捣方法；
- ④模板的种类、脱模时间、支模情况；
- ⑤构筑物的历史（荷载变化、遭受地震等）。

（3）测定方法

a. 准备图纸和用具

- ①构筑物图纸（总图、平面图、侧面图、断面图、配筋图等）；
- ②长度量具（皮尺、折尺、卡尺等）；
- ③刻度放大镜（测定裂缝宽度的放大镜，放大7—10倍1/10mm的刻度）或裂缝卡；
- ④照像机；
- ⑤墨线斗；

⑥钢笔和粉笔,

⑦裂缝纪录座标纸。

b. 裂缝的测定

①构筑物的裂缝表面处划方格 为了检查结构表面上裂缝产生的方向和位置,用适宜的尺寸(20~50cm)划出方格,划线时使用墨线斗较为方便;

②裂缝位置、形状及分布的测定 用墨笔或粉笔沿着裂缝划线,标明裂缝的位置,这样测定时就方便了。如微细裂缝较多,或为特殊形状的裂缝最好拍下照片;

③裂缝长度的测定 在裂缝端头标好记号测定其长度,同时记上年、月、日,这对以后观察裂缝发展是必要的,

④裂缝宽度的测定 一般沿着与裂缝走向成直角的方向测定宽度,水平方向和垂直方向的裂缝宽度值要用裂缝走向的方向角度进行修正。在测定时除了测定最大裂缝宽度的部位外,还要测定其他2~3个部位。同时要求在测定的部位做好记号。以便于以后裂缝宽度扩展的测定。

⑤绘制裂缝分布图 裂缝分布图包括平面图和展开图等,为了用图方便,还应把记录构筑物的座标记入在分布图中。且在裂缝的端部写清年、月、日。在裂缝宽度测定部位做好标记,记好测定值,复杂的裂缝还要附加照片。

(4) 判定

1) 裂缝产生的原因

裂缝的产生是由混凝土体积变化和约束条件引起的，其原因很复杂，常常是几个因素同时存在。因此一旦裂缝出现，就应该从各个不同的角度来分析查明裂缝的产生原因。

一般从时间角度出发把裂缝的产生分为施工时和施工后两大类，现将其裂缝产生的重要原因阐述如下：

a. 施工时的裂缝

①初期干燥裂缝 此时混凝土虽然没有硬化，但已处于开始凝结状态，在混凝土表面急聚干燥的情况下其表面将产生收缩，致使裂缝发生。

②沉降裂缝 混凝土浇灌后、由于各种材料的比重不同，会出现离析现象，比重大的材料在离析过程中将产生很大的沉降，由于钢筋骨料和模板的阻碍导致了不均匀沉降。当超过混凝土粘结力一定程度时，在障碍物上面就出现了裂缝。

在不同高度的断面上同时浇注混凝土时，由于沉降不同也会产生裂缝（图1-1）。



图 1-1

③水化热产生的裂缝 水泥水化反应后发生硬化，此时将产生很大的热量，使混凝土内部温度上升，引起混凝土膨胀。随着混凝土硬化过程的进行，又将慢慢的冷却下来，混凝土即产生收缩裂缝。在旧混凝土上浇注新混凝土时，由于新混凝土的收缩受到旧混凝土的约束而接缝处也将出现裂缝。

④支模沉降产生的裂缝 在混凝土硬化过程中、由于支模松动、地基软弱等原因产生了沉降。通常这种裂缝宽而大，

会影响构筑物的强度和耐久性。

⑤其他裂缝 混凝土材料的体积变化也将引起裂缝。例如使用膨胀材料过多时会出现裂缝。

b. 施工后的裂缝

①干燥收缩, 温度变化、干湿变化等产生的裂缝 由于构件被固定或构件内部钢筋等原因、约束了构件的自由伸缩, 混凝土产生拉应力, 就会出现裂缝。

②结构裂缝 钢筋混凝土受拉区混凝土的裂缝从理论上讲必然会产生。但是当结构承受过大的荷载, 基础产生不均匀沉降、附近相邻施工产生外力时(超过设计荷载), 就会出现较大的裂缝。尽管在预应力结构物允许产生一些拉应力的前题下进行了部分预应力的设计。此外, 由于施工不良、施加预应力不足、锚固不良等原因也会出现裂缝。

在构件断面内, 主筋的位置移动及有效高度变小时也容易产生裂缝。混凝土中钢筋腐蚀时, 其体积膨胀, 混凝土也会出现裂缝, 特别是受电腐蚀时裂缝更为严重。

2) 裂缝种类

a. 钢筋混凝土梁 (图1—2)

①弯曲裂缝 发生跨中, 随着应力的加大, 在一次裂缝a中又出现二次裂缝b。

②剪切裂缝 发生在支座附近斜方向的裂缝(约 45°)。开始发生在梁的腹板处, 然后向下边和上边倾斜发展, 最后出现沿主筋的裂缝b,

③扭转裂缝 发生在腹板上下边的斜裂缝。

④干燥收缩裂缝 大多数都出现在腹板上, 腹板中间裂缝最大, 上下边裂缝较小;

⑤沉降裂缝 腹板和上翼缘在同时浇灌混凝土时，容易产生沉降裂缝；

⑥弯曲裂缝；

⑦水化热产生的裂缝 箱型梁下翼缘最初浇灌的混凝土硬化后，再浇灌腹板时，水化热将使混凝土腹板膨胀，冷却收缩时又受到下翼缘混凝土的控制，故在施工缝处产生裂缝。上翼缘突出部位易出现裂缝⑦'。此外，由于水化热膨胀，冷却收缩和干燥收缩也容易引起裂缝⑦"。

⑧沉降裂缝 在上翼缘发生规则的单方向裂缝，或者发生与上翼缘垂直的双向裂缝，这是由于板断面的上边钢筋沉降造成的。

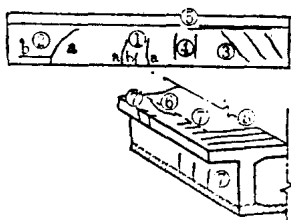


图 1-2



图 1-3

b. 板梁 (图1—3)

①纵向裂缝 分布筋配筋不足时，钢筋腐蚀后将产生纵向裂缝；

②横向裂缝 多数是由于板梁受到过大的振动（共振作用）所致；

c. 刚架式高架桥门形刚架梁 (图1—4)

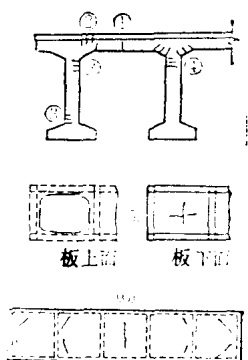


图 1-4

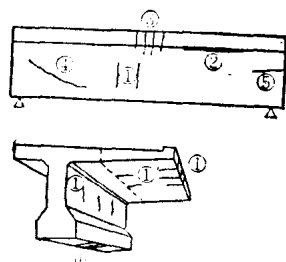


图 1-5

①上层梁跨中的裂缝 受过大荷载作用时，桥脚水平移动、旋转时容易产生弯曲裂缝；

②上层梁固定端(上下部)的裂缝 与①裂缝相同，特别是承受过大的水平力作用时，桥脚产生不均匀沉降的情况下更易产生；

③柱的上端和下端侧的裂缝 承受过大的水平力，桥脚水平移动、旋转时容易产生裂缝。

④上层梁腋、柱上端处的裂缝 发生在桥脚不均匀沉降时；

⑤上翼缘弯曲裂缝 发生在上翼缘的固定端周边和下翼缘中间；

⑥上翼缘的干燥收缩裂缝 边角产生斜裂缝时，在块体中间产生与长度方向相垂直的裂缝，中间裂缝宽度大，端部牵小；

d. 预应力钢筋混凝土梁 (图1-5)

①干燥收缩和在施工时产生的裂缝 包括有干燥收缩裂缝（水化热裂缝①沉降裂缝②）；施加预应力后，由于反翘产生的张拉裂缝③；施加预应力后沿着套管产生的裂缝④；张拉预应力裂缝，即由于上下翼缘的预应力钢材张拉，造成梁腹板处产生预应力而出现的裂缝⑤；下翼缘中间的下部裂缝（由于灌浆压力过大而产生的）。

②荷载作用下的裂缝（图1—6）包括有由于施加预应力不足，灌浆施工不好等原因引起钢筋腐蚀断裂及荷载过大而产生的跨中弯曲裂缝①；剪切裂缝②；由于支承应力过大，而产生了局部应力及支座摩擦阻力（补强钢筋不足）使连续梁支点发生不均匀沉降而造成的支座上边的裂缝③；由于施加预应力不足、钢筋断裂、不均匀沉降等情况而引起的支点上的弯曲裂缝④。

e. 桥台桥脚（图1—7）

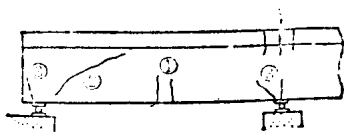


图 1-6

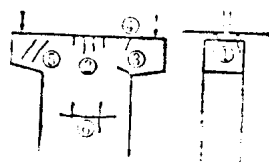


图 1-7

①梁支座面的裂缝 这种裂缝是由于承受过大的支座压应力而产生的局部应力和作用在支座上水平力等造成的，裂缝通常是沿着支座的边缘和锚固螺栓出现；

②上部中间的裂缝 在桥脚头部突出的最高部位，受较大支座荷载作用时，这种裂缝较多；

③沉降裂缝；

④弯曲裂缝 突出部分高跨比小，便形成悬臂，如果配筋不足，将产生弯曲裂缝；

⑤扭曲裂缝 由于突出部分支座上的水平作用，产生了扭曲，容易出现裂缝；

⑥水化热和干燥收缩裂缝。

3) 产生裂缝的原因

产生裂缝的原因有许多种，要想正确了解裂缝原因往往是很困难的。分析裂缝产生的原因，首先要了解裂缝的发生时间和分布状态。（见表1—1）。结构上的裂缝应进行断面应力计算，研究分析裂缝的大小和方向，找出其原因。

表1—1 裂缝发生时间和分布状态

		施工上	材料上	硬化热	干燥收缩	构造上
裂缝产生的时间	短龄期	○	○	○	○	
	短龄期后		○		○	○
裂缝分布状态	不规则	○	○			
	规则的	○		○	○	○

1.2 裂缝宽度的测定

(1) 概要

由于各种原因，混凝土构筑物在施工时和施工后会产生裂缝，空气中 CO_2 则沿着裂缝侵入进去，加快混凝土的碳化发展，特别是有水和氧气同时侵入时，钢筋更易腐蚀。在临海地区及工厂区的构筑物，由于受到盐分和有害气体的作用，钢筋腐蚀激烈。在寒冷地区，由于侵入裂缝中的水反复冻结，导致混凝土破坏。但是达到影响混凝土构筑物耐久性的程度，还要取决于裂缝状态，即由裂缝宽度、深度、数量等来决定。

其次，裂缝程度是随着应力增大而增大的，所以，根据这一点我们就可以判断构筑物受荷状态是否正常，同时也可判断构筑物承载力的大小，因此裂缝宽度的测定是判断构筑物可靠性的非常重要的条件。

(2) 方法和手段

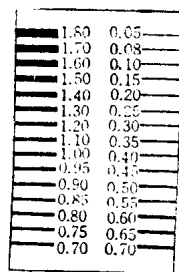
a. 准备

① 结构图（特别是配筋图）。

② 裂缝宽度的测定仪器

- 刻度放大镜（放大倍数10倍左右、1/10mm刻度）
- 裂缝卡（图1—8）；
- 钢卷尺、游标卡尺等。

③ 其他（钢筋探测仪等）。



注

图 1-8

注：透明赛璐珞

b. 测定

① 用肉眼观察裂缝整个长度上裂缝宽度的变化，选择裂缝宽度的测定位置。选择测定裂缝位置时，除了选择最大裂缝宽度外，还要通过裂缝的长度及裂缝宽度的变化适宜选取

2~3个点。

②在选定的裂缝宽度测定位置上，先做下记号，然后在记号处用刻度放大镜、裂缝卡等测定其宽度。用刻度放大镜测定的精度高，但速度不如裂缝卡快。可以根据构筑物的的重要性、测定的要求程度等酌情选用。

测定的裂缝宽度是与裂缝方向垂直的。若要测定应力方向上的裂缝宽度时，可在裂缝分布图上，测定出裂缝方向与应力方向的角度进行修正。

④应该注意对于垂直联接于旧裂缝边缘的新裂缝，有时这一点的裂缝宽度会显得大一些，

⑤保护层厚度的检查，保护层厚度通常可查设计图纸，但有时因施工造成误差，故在检查保护层厚度时，若不能凿开保护层时，可用钢筋探测仪，测出保护层的厚度。

(3) 判定

1) 从构筑物的耐久性判断允许裂缝宽度

构筑物产生裂缝后，由于透气透水而造成钢筋腐蚀、混凝土碳化，这些都是影响构筑物耐久性的因素。根据构筑物使用性能要求和环境条件不同，允许的裂缝宽度将有所不同。通常裂缝的允许宽度是在钢筋未腐蚀的假定条件下确定的。但实际上的裂缝宽度是与钢筋腐蚀有关系的。这种关系随气候条件、环境条件的不同而不同，按统一的标准确定是困难的，应该根据现场情况进行判断，对于钢筋没有害的裂缝宽度的允许值，请参照欧洲混凝土协会规定的表1—2所示的值。

裂缝处钢筋的腐蚀，发生在以裂缝为中心沿着钢筋与混凝土粘结松动部位。然而此腐蚀长度，与裂缝宽度成正比例，

表1—2 裂缝宽度的允许值

暴露条件	裂缝宽度允许值
受一定腐蚀作用的构筑物构件	0.1mm
没有装修层的普通构筑物构件	0.2mm
有装修层的普通构筑物构件	0.3mm

与保护层厚度成反比。若保护层很厚时，产生在混凝土表面的裂缝宽度就大，但是当保护层很薄时，在钢筋表面附近的裂缝宽度与混凝土表面裂缝宽度大小几乎没有多大差别。因此在保护层很厚的时候，裂缝宽度应比允许值略大一些。

2) 弯曲裂缝

一般钢筋混凝土梁中，钢筋的拉应力与裂缝密度有密切关系，见表1—3。

表1—3 钢筋拉应力与裂缝宽度

钢筋拉应力(kg/cm^2)	裂缝宽度(mm)
1000	0.05~0.1
2000	0.1~0.2
3000	0.2~0.3

从表1—3可见，通常应力裂缝不超过0.3mm，超过0.3mm就应认为是不正常的裂缝。

裂缝宽度的计算公式较多，其中主要的计算公式列于表1—4。