

第 一 部 分

混凝土结构试验方法标准讲义

沈 在 康 编著
潘 景 龙

1990年9月北 京

前 言

我国新编制的中华人民共和国国家标准《混凝土结构试验方法标准》即将颁布施行。

这本标准是建国四十年来编写出的第一本完整的钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构试验方法的国家标准，是今后进行混凝土结构试验（包括检验性试验）的统一的试验准则。

本讲义共十章和四个附录，除了按章节顺序逐条讲解新标准的内容外，对标准应用中的一些重要技术问题作了比较深入详细的讲述，并附有实例；对于需要配套使用的相关规范的一些内容也作了扼要介绍。编写讲义时特别注意了科学性和实用性。

新标准对混凝土结构试验（包括检验性试验）方法提出了很多新的要求。为使广大科研、设计、施工、管理部门的工程技术人员、高等院校的师生和质量监督和检测部门的质检人员熟悉、掌握、贯彻新标准，特编写了这本讲义。

由于这项工作是初次尝试，不一定能满足各方面的要求，对新标准的解释难免有不恰当之处，希望广大读者批评指正。

本讲义由中国建筑科学研究院沈在康和哈尔滨建筑工程学院潘景龙（第三章）执笔编著。

《混凝土结构试验方法标准》管理组

沈在康 1994年9月

目 录

第一部分	混凝土结构试验方法标准讲义	
第一章	标准编制概况·····	(1)
第二章	试验结构构件的制作及材料基本力学性能·····	(10)
第三章	量测仪表、加载设备及试验装置·····	(14)
第四章	试验荷载和加载方法·····	(47)
第五章	试验前的准备工作·····	(84)
第六章	变形的量测·····	(90)
第七章	抗裂试验与裂缝量测·····	(98)
第八章	承载力的确定·····	(106)
第九章	试验资料的整理分析·····	(123)
第十章	安全与防护措施·····	(160)
附录一	加载装置示意图·····	(163)
附录二	低周反复荷载作用下混凝土结构构件力学性能试验·····	(164)
附录三	混凝土受弯构件等幅疲劳试验·····	(177)
附录四	钢筋和混凝土粘结强度对比试验·····	(183)
第二部分	混凝土结构试验方法标准·····	(191)
	混凝土结构试验方法标准条文说明·····	(277)

第一章 标准编制概况

一、编制过程

(一) 任务来源

根据国家计委计标函〔1987〕第3号文的通知，中国建筑科学研究院负责，会同哈尔滨建筑工程学院、同济大学、清华大学、湖南大学和太原工业大学等单位组成编制组，共同完成本标准的制订任务。

(二) 编制工作概况

1987年4月正式成立编制组。《混凝土结构试验方法标准》的制订工作，经过了以下四个阶段。

第一阶段 准备阶段

在第一阶段编制过程中进行了广泛的调查研究，认真总结我国建国以来的科研成果和试验工作的实践经验，搜集、分析比较了国外有关标准规范，借鉴国外经验。在这些工作的基础上，于1987年4月召开了编制组第一次工作会议。会议着重讨论了编制内容，制定了编制工作大纲，明确了编制分工及工作进度要求。

由于我国编制《混凝土结构试验方法标准》是首次，在国外也没有可以借鉴的同类标准的“蓝本”，加上缺乏经验，这就增加了编制工作的难度。

第二阶段 初稿阶段

按照编制工作大纲，编制组采取统一领导下分工负责的

工作方法进行标准的编写工作。编制组于1987年8月提出《标准初稿》，并于1987年11月召开了编制组第二次工作会议。会议着重讨论了《标准初稿》的总体布局和各章、节、条的技术内容，并对技术内容的必要性和完整性进行了认真的自审。

在标准初稿的基础上，编制组又做了进一步修改，务求作到内容正确、层次分明、措词严谨、文字简明易懂。编制组于1988年3月提出了《征求意见一稿》，并于1988年5月召开了编制组第三次工作会议。会议主要目的是对《征求意见一稿》进行自审，对技术内容的正确性和必要性进行了讨论，对标准使用的术语、符号、代号和用词进行了统一。在会议后编制组又进行的修改补充，于1988年9月提出了《征求意见二稿》，随即分发成国各省市主要科研、设计、高等学校、施工单位广泛征求意见。

第三阶段 送审稿阶段

在两次征求意见稿的基础上，于1989年1月召开了编制组第四次工作会议。会议对各方面的意见逐条进行归纳整理和讨论，吸收了其中正确的合理的意见。编制组在仔细考虑各方面意见后，对章节的划分和安排顺序、名词符号的统一、文字的简练、措词的严谨等方面进行了修改补充，于1989年4月提出了《送审稿（一稿）》。

1989年7月召开了编制组第五次工作会议，会议用《工程建设编写的基本规定》（GBJ02-XX）作为标准，对《送审稿（一稿）》进行了逐章逐条的全面审议，以便使本标准能符合工程建设标准编写的要求，作到语言规范化，格式、标点符号规范化。会议后由编制组部分成员对《送审稿（一

稿)》进一步进行文字校对、统一协调。经过再一次加工、提高后,于1989年10月提出了《混凝土结构试验方法标准》(送审稿二稿),简称为《送审稿》。

1989年12月10日,受建设部标准定额司委托,由中国建筑科学研究院主持在北京召开了审查会议。出席会议的有全国有关部门的代表,各省市科研、设计、施工、高等院校的代表及相关规范的代表。

审查会议的审查结论是:《混凝土结构试验方法标准》是在总结了我国建国40年来混凝土结构试验的丰富的实践经验和借鉴了国际上现有的试验方法单项标准、规程、建议等有关内容的基础上,编写出的我国第一本混凝土结构试验方法标准,难度较大,填补了国内空白。标准送审稿编制依据充分,内容系统完整,既统一了量大面广的检验性试验方法,又对一般性科研试验方法提出了基本要求,对生产和科研有广泛的实用性,符合我国国情,具有中国特色。该标准提出的统一后的试验方法,使同类结构的试验结果有了可比性,有利于促进工程质量的提高,有利于保证结构试验的质量,并具有较好的经济效益和社会效益。

“该标准就总体来讲和国外同类标准相比达到了国际水平,在内容的综合性、完整性方面,达到了国际先进水平”。

第四阶段 报批稿阶段

在通过审查后,编制组对审查会议提出的意见进行了逐条讨论、修改、对名词、术语、符号、文字、内容又进行了全面的总校对;与相关规范、标准进行了协调统一工作。在以上工作的基础上,于1990年5月提出了《混凝土结构试验

方法标准》(报批稿一稿)。

1990年5月21日至5月23日,由中国建筑科学研究院和结构所的标准规范主管人员对《报批稿(一稿)》进行了逐章、逐节、逐条的审查。审查后由主编单位会同编制组部分成员又做了进一步修改、提高,于1990年6月提出了《混凝土结构试验方法标准》(报批稿二稿),简称为《报批稿》。

二、标准的主要内容

《混凝土结构试验方法标准》共有十章、七个附录,总共155条。

《标准》的主要内容是:

(一) 编制本标准的目的及本标准的适用范围。

(二) 对试验结构构件制作的要求;

对材料基本力学性能试验的要求。

(三) 量测仪表,加载设备及试验装置的规定或要求,内容包括:

1. 各种量测仪表的精度、误差等的要求;

2. 加载设备的要求;

3. 试验装置的规定或要求。

(四) 试验荷载和加载方法的规定或要求,内容包括:

1. 加载图式和加载方案的规定或要求;

2. 试验荷载的确定方法;

3. 加载程序的规定。

(五) 试验前的准备工作的要求,内容包括:

1. 试验计划内容的要求;
2. 试验构件气温的要求;
3. 结构构件试验时的混凝土强度的要求;
4. 试验对象的考察与检查内容的要求;
5. 其它要求等。

(六) 量测变形的规定或要求, 内容包括:

1. 量测试验结构构件的整体变形的要求;
2. 量测结构构件局部变形的要求;
3. 试验结构构件变形的量测时间的规定。

(七) 抗裂试验与裂缝量测的规定或要求, 内容包括:

1. 试验结构构件抗裂试验的规定, 包括: 确定开裂荷载实测值的方法及恒载时间等规定;
2. 试验结构构件裂缝量测的规定, 包括量测位置、量测时间等。

(八) 确定承载力实测值的规定, 内容包括:

1. 结构构件破坏时的标志的规定;
2. 如何确定结构构件破坏荷载实测值。

(九) 试验资料的整理和分析的规定或要求, 内容包括:

1. 试验原始资料整理的要求, 包括: 试验原始资料应包括的主要内容等;
2. 变形量测的试验结果整理的规定或要求;
3. 抗裂试验与裂缝量测的试验结果整理的规定或要求;
4. 承载力试验结果整理的规定或要求;
5. 试验结果的误差及统计分析的要求。

(十) 安全与防护措施的要求, 内容包括:

构件、设备等吊装、安装、拆除时的操作要求；
加载设备的安全要求；
大型结构构件试验时的安全要求；
仪表和人身安全要求等。

(十一) 加载装置和方法的规定或要求。

(十二) 低周反复荷载作用下的混凝土结构构件力学性能试验的规定或要求，内容包括：

1. 适用范围；
2. 加载设备和试验装置的要求；
3. 加载方法和加载程序的规定；
4. 量测的要求包括：
 仪器、仪表的要求；
 试验量测内容的要求；
5. 试验数据整理分析内容的要求等。

(十三) 混凝土受弯构件等幅疲劳试验的规定或要求，内容包括：

1. 适用范围；
2. 疲劳试验应包括的内容；
3. 疲劳试验的加载设备及量测仪器的要求；
4. 制定试验方案的要求；
5. 疲劳试验程序的规定；
6. 疲劳破坏标志的规定等。

(十四) 钢筋和混凝土粘结锚固强度对比试验的规定或要求，内容包括：

1. 适用范围；
2. 拔出试件的要求；

3. 试验装置的要求;
4. 试验机精度的要求;
5. 加载速度的要求;
6. 拔出试验量测项目的规定;
7. 粘结应力的计算方法等。

三、主要效益

(一) 我国已有《混凝土结构设计规范》、《混凝土结构工程施工及验收规范》及《预制混凝土构件质量检验评定标准》，但建国四十年来我还没有一本相应配套的混凝土结构试验方法的国家标准。在国外也只有单项的针对某一产品或针对构件检验的试验方法标准，没有综合性的、完整的标准。因此，本标准的编制，填补了国内空白，并使新标准进入了国际先进行列，从而可促进工程质量的提高和结构设计理论的发展。

(二) 新编的《混凝土结构试验方法标准》将在下面六个方面发挥重要作用：

有利于提高混凝土结构试验的水平，确保混凝土结构试验的质量；

有利于提高结构构件检验的水平，改进产品的质量；

有利于重要结构工程的试验、鉴定及对结构的质量和可靠性作出判断；

有利于正确判断结构的实际承载能力，为改建、扩建工程提供科学的数据，从而有效地利用旧结构；

有利于正确评定混凝土结构的性能，为工程事故的处理

和加固提供技术依据；

有利于混凝土结构设计理论的发展，为设计理论的改进和设计规范的编制提供系统的科学数据。

综上所述可以看出，本标准的编制具有明显的社会效益。

(三) 由于本标准规定了统一的混凝土结构试验方法，使各个部门或单位进行的同类试验结果可以相互比较、相互利用，从而可以在全国范围内避免大量的重复性劳动，可以减少做试验，少花费人力、物力、财力，因而可获得显著的经济效益。例如低周反复荷载作用下的混凝土结构构件力学性能试验是一种花费人力、物力、财力较多的试验，过去由于没有统一的试验方法标准，各个单位所进行的试验因加载方法和加载程序等不同，试验结果没有可比性；在编制规范时不能相互利用。在制定统一的试验方法后，就可做到试验数据统一分析、相互比较、综合利用，从而取得显著的经济效益。

四、标准的编制目的和适用范围

(一) 编制目的

混凝土结构（包括钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和素混凝土结构）在我国的建筑结构中是应用最广泛的结构。每年各单位进行的混凝土结构和构件的试验工作量很大，为确保混凝土结构试验的质量，正确评价混凝土结构的基本性能，统一混凝土结构的试验方法，使同类试验具有可比性，特制定本标准。

本标准主要针对工业与民用建筑和一般构筑物的混凝土结构的荷载试验，不属于上述范围的结构（如水工、港工、桥梁等结构），应由专门的标准解决。

（二）适用范围

由于一般的量测仪表、加载设备及试验装置在高温、负温和侵蚀性介质等环境条件下已不能正常工作，因此本标准对上述情况是不适用的。

混凝土结构试验根据不同的试验目的，可分为检验性试验和科研性试验。本标准既适用于量大面广的检验性试验，又适用于一般科研性试验。应当说明，由于这两种试验的目的不同，在试验荷载的确定、加载方法和试验资料整理分析时有差别，本标准在需要区别对待的地方特别予以说明。

具有特殊要求的科研性试验是指某些开拓性试验，这类试验具有探索性质，其试验结果不一定要和现行的混凝土结构规范进行比较；这类试验对于量测仪表、加载设备和试验装置及对加载方式、加载程序（包括加载速率、荷载持续时间等）往往有特殊要求。因此本标准对这种试验未加限制，允许发展。

轻混凝土结构、高强混凝土结构及其它特种混凝土结构，由于混凝土材料力学性能不同，在确定试验荷载和进行试验分析时不同于普通混凝土结构，应参照相应的规范确定。但所采用的量测仪表、加载设备及试验装置等仍应符合本标准的要求。

第二章 试验结构构件的制作及材料基本力学性能

一、试验结构构件的制作

试验结构构件制作时应严格保证构件制作的质量，各包括以下方面：

- (一) 钢筋、水泥、砂、石、水等材料的质量；
- (二) 钢筋工程的质量；
- (三) 混凝土工程的质量；
- (四) 模板工程的质量。

以上各项均应符合现行《混凝土结构工程施工及验收规范》、《预制混凝土构件质量检验评定标准》及有关标准的要求。

制作试验结构构件时，除了应保证构件施工质量外，还应当保证量测仪表用的预埋件和预留孔洞的正确位置，并应尽可能减少截面的削弱。在施工过程中预埋传感元件和引线容易受到损坏，应采取措施保护。

在构件承受较大集中荷载的部位可能产生比较大的局部应力，为了防止构件局部受压破坏，应采用钢筋网片或钢板等局部加强。

在本标准第2.0.4条中，对新材料的质量提出了要求。本标准规定，当采用新品种的钢筋或混凝土制作结构构

件时，材料的质量应符合有关技术规范、标准的要求。

当使用新品种钢筋或进口钢筋制作试验结构构件时，应对钢筋的力学性能进行试验，有焊接要求的应做可焊性试验。

当用新品种水泥或进口水泥制作试验结构构件时，水泥的抗压强度，抗折强度和安定性等指标，应符合相应的水泥标准。

不合格的材料不得用来制作试验结构构件。

二、材料基本力学性能

钢筋和混凝土的力学性能指标，对于正确估计和判断结构构件的承载力、刚度、抗裂性、裂缝宽度，正确选用加载设备和量测仪表具有重要意义；同时也是试验资料整理分析，评定试验结果的重要依据。因此，本标准对应进行的钢筋和混凝土力学性能试验作出了若干规定。

（一）钢筋的力学性能试验

试验结构构件的钢筋应取试件作力学性能试验，内容包括屈服强度、抗拉强度、伸长率、冷弯性能等。

钢筋试件的拉力试验应符合国家标准《金属拉力试验法》的要求。

当需要确定构件的钢筋应力时，应测定钢筋的弹性模量，并绘制应力—应变曲线。

测定钢筋力学性能时，应在同批钢筋中取样，最好在同一盘或同一根钢筋上取样。取样的部位不应在钢筋端部，否则会产生较大误差。

(二) 混凝土的力学性能试验

在制作试验结构构件时应注意留取混凝土材性试件，试件应能真正代表试验结构的材性。为此，本标准作了如下规定：

1. 在制作试验结构构件时应同时制作立方体试件，并与试验结构构件同条件养护，以确定试验时构件中混凝土的实际强度；

当确定混凝土强度等级（过去叫混凝土的标号）时，应采用标准养护方法，在龄期28天时试压；

2. 当需要测定混凝土的应力或轴心抗压强度时，应制作棱柱体试件，以确定混凝土的弹性模量和轴心抗压强度，并应绘制混凝土的应力—应变曲线；

3. 当进行抗裂性能试验时，应同时制作抗拉试件以测定混凝土的抗拉强度；测定方法宜用劈裂抗拉强度试验方法；

立方体试件和棱柱体试件的制作、养护和试验应符合国家标准《普通混凝土力学性能试验方法》GBJ81—85的规定；

对成批生产的预制构件的抽样检验，试验前应由送检单位提供对应于该批预制构件的材料力学性能的实验值。

(三) 从结构构件中取试件确定材料性能的方法

当试验结构构件没有材性试件时，或对材料强度有争议时，可在构件试验完成之后，从构件受力较小部位截取钢筋试件或钻取混凝土试件作材料力学性能试验，测定材料强度。

从构件中取试件时应注意：

1. 取试件的部位应选择在与受力较小部位，例如，受弯构

件应取支座附近，不应取跨中；取中和层不应取边缘层，因该处材料受力处于弹性阶段，其力学性能与原材料基本相同，有代表性；

2.取下的试件质量应保持不变，例如，用热割的方法取钢筋试件，在热影响区钢材要发生“蓝碎”；强烈的打击可能使混凝土试件开裂等。