

杠杆卧拉式徐变装置测定混凝土早期徐变试验研究

刘宏伟¹, 马 龙²

(1. 盐城工学院 基建处, 江苏 盐城 224051; 2. 江苏省送变电公司, 江苏 南京 210028)

摘要:设计杠杆卧拉式混凝土徐变测定装置, 并利用该装置测定早龄期混凝土在不同龄期的拉伸弹性模量、徐变以及拉伸强度, 验证装置在测定混凝土早龄期徐变、弹性模量等参数的可行性。试验研究表明, 采用该装置不仅可以测定混凝土的早龄期徐变、弹性模量, 还具有不需要稳压装置保持测定荷载恒定不变的优点。研究表明, 在相同条件下, 进行了徐变测定的混凝土极限抗拉强度低于非徐变混凝土试件, 加载龄期越早, 极限抗拉强度降低幅度越大, 证明了徐变对于混凝土的承载强度有一定的削弱作用。

关键词:混凝土; 早龄期; 徐变; 试验

中图分类号: TU502.6

文献标识码: A

文章编号: 1671-5322(2012)03-0011-05

徐变是混凝土材料本身固有的时变特性, 对混凝土结构的受力和变形性能有着显著的影响。对于徐变问题的研究, 主要是基于成熟的理论和数学统计评估方法, 建立通用预测模型或者针对某一特定结构或某一特定环境所用混凝土材料, 运用现有的徐变试验技术方法进行试验研究, 并建立相应的经验预测模型^[1-5]。现有研究表明, 当底板厚度大于1.5~2.0 m后, 混凝土内部温度在2~3 d内达到70~80℃的工程实例非常普遍^[6,7], 而当前建设工程不断向大型化发展, 大体积混凝土的建(构)筑物应用日趋普遍, 由于结构的几何尺寸较大, 加上施工时通常采用连续一次浇筑做法, 硬化时水化热引起的温升明显加剧, 温度峰值明显提高, 导致混凝土结构内部应力增大, 对混凝土结构早期的裂缝控制产生重要影响。本文通过试验方法的改进, 测定混凝土早龄期的徐变, 对研究混凝土早龄期力学性能具有重要的实际意义。

1 国内外混凝土徐变试验方法分析

混凝土徐变试验的主要目的是测定恒温恒湿的环境条件下, 混凝土试件在恒定的受压或受拉荷载作用下, 随时间增长的变形。而混凝土早期徐变主要表现为拉徐变特征, 但由于早龄期混

凝土材料本身的复杂性, 理论分析模型更是处于探索之中。目前对于混凝土早期阶段拉伸徐变特性的研究主要是通过早期约束试验方法^[8,9]进行定性的研究, 对于徐变试验的标准、方法, 各个国家或者学术协会都有其相应的规定^[8-12]。国内高校及相关科研单位徐变加载装置大多采用30 t~50 t的弹簧式受压徐变仪^[13,14]。但混凝土徐变测定的理想方法是重物加载, 其优点是能够始终维持作用在试件上荷载大小不变, 但是其耗费的重物材料较多, 试验占用的空间面积较大, 若采用杠杆原理, 就能避免这些缺点。本文作者通过自行设计, 研制杠杆卧拉式徐变测定装置来测定混凝土早龄期拉伸徐变及其他力学参数, 对研究混凝土早期力学性能具有一定的适用价值。

2 杠杆卧拉式徐变试验装置的设计原理

2.1 试验装置的设计思路

杠杆卧拉式徐变试验装置主要是依据力学原理进行设计, 如图1通过AC杆将C端的作用力放大10倍, 进而二力杆AD受力为10P, 再通过DEF杆将二力杆AD的作用力放大3倍, 进而二力杆FG杆受力为30P。

2.2 加载量测体系

杠杆卧拉式徐变试验装置的加载量测体系包

收稿日期: 2012-08-19

作者简介: 刘宏伟(1975-), 男, 江苏阜宁县人, 工程师, 博士生, 主要研究方向为混凝土材料。

括:杠杆、拉杆、扩力板、荷载传感器、左右立柱、横梁、底梁、球铰及加载配重砝码等,详细见图 2。该装置可以进行多种尺寸规格混凝土试件的拉伸徐变试验,最大加载力为 70 kN。

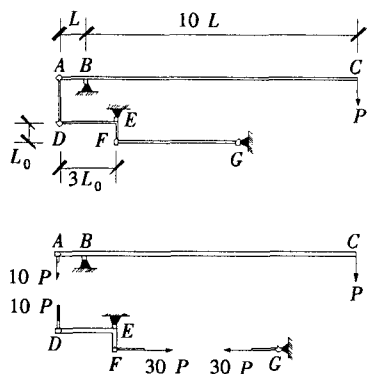


图 1 试验加载装置设计的理论分析图
Fig. 1 Theoretical analysis of test design

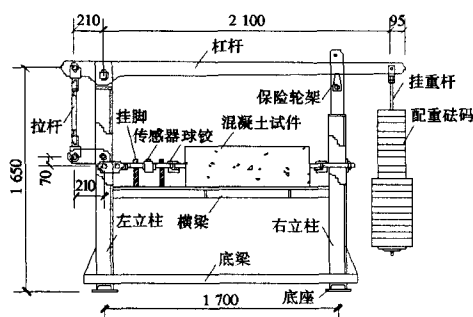


图 2 杠杆式拉伸徐变试验装置示意图
Fig. 2 Lever creep test device design

3 杠杆卧拉式徐变装置测定混凝土早期徐变试验

3.1 试验目的和试验内容

本研究试验目的主要是为了验证杠杆卧拉式徐变装置在测量早期弹性模量、徐变等参数的可行性。试验主要对龄期分别为 1 d、2 d、3 d、4 d、5 d、7 d、14 d、28 d 的混凝土进行早期拉伸弹性模量试验并对龄期分别为 1 d、3 d、7 d 的密封混凝土早期徐变特性进行试验研究。

3.2 试验材料及混凝土配合比

本试验水泥采用江苏双龙集团有限公司生产的双猴牌 P032.5 水泥,砂为中砂,混凝土配合比为 1:1.09:2.43:0.41。

3.3 试验设备及试件规格

本试验立方体抗压强度、轴心抗拉强度及受

压弹性模量采用 YE-2000 液压式电子万能试验机;拉伸弹性模量、拉伸徐变采用杠杆卧拉式徐变试验装置;应变测量装置采用千分表。混凝土搅拌采用南京斯贝科测试仪器有限公司生产的 HJW-60 单卧轴试验室专用搅拌机。试验采用的混凝土试件尺寸规格如表 1 所示。试件浇筑 1 天后拆模,塑料薄膜和自粘式铝箔胶带密封密封养护,到试验龄期时进行相关试验。立方体抗压强度、受压弹性模量、轴心抗拉强度按照《水工混凝土试验规程 DL/T 5150-2001》规定的试验步骤进行。

表 1 各种试验混凝土试件尺寸规格

Table 1 Concrete sample sizes mm

试验类型	尺寸规格
立方体抗压强度	150 × 150 × 150
拉伸弹性模量	100 × 100 × 550
拉伸徐变试验	100 × 100 × 550
收缩补偿试验	100 × 100 × 550
轴心抗拉强度	100 × 100 × 550

3.4 试验结果分析

本文采用杠杆卧拉式徐变试验装置对混凝土早期拉伸弹性模量和徐变进行了测试,徐变荷载取各龄期极限抗拉强度的 40%。为了最大限度的降低试验时混凝土试件水平卧放所带来的摩阻力,本文采用了如图 3 所示的减摩措施。密封试件早期徐变试验所量测得到的总变形包含了各种非荷载变形,为了从总的变形中剔除后两种变形,本文制作了两个补偿试件用于测量混凝土自生体积变形、自收缩变形,从而分离得到试件的徐变变形。

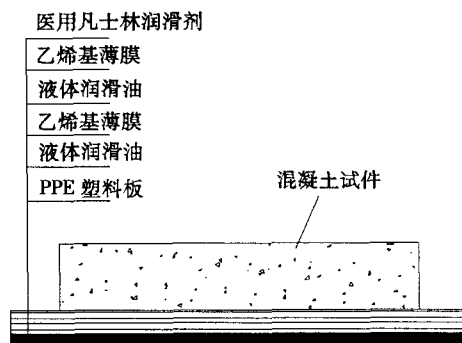


图 3 混凝土试件减摩示意

Fig. 3 Reduce friction design of concrete

混凝土各龄期的力学参数测试结果如表 2 所示。图 4 为早龄期混凝土极限抗拉强度的历时变化曲线。图 5 为弹性模量历时变化曲线。研究表明,对于早期弹性模量而言,同一龄期拉伸弹性模量的测试结果要比受压弹性模量大,各个

龄期拉伸弹性模量的提高幅度并不相等,龄期越早,提高的幅度越大,拉伸弹性模量的提高幅度随龄期变化的总体趋势是越来越小。拉伸弹性模量的提高幅度随龄期的变化规律如图 6 所示。

表 2 混凝土早期力学参数测试结果
Table 2 The results of concrete early age mechanical parameters MPa

龄期/d	立方体抗压强度	轴心抗压强度	轴心抗拉强度	受压弹性模量	拉伸弹性模量
1 d	1.600	1.244	0.191	6 054	7 936
2 d	4.800	3.467	0.630	10 297	13 270
3 d	7.578	7.467	0.960	13 578	16 098
4 d	9.864	9.111	1.234	17 583	20 492
5 d	12.891	11.778	1.306	19 263	22 624
7 d	16.924	13.467	2.006	22 444	25 791
14 d	27.949	23.956	2.213	26 240	28 740
28 d	33.082	25.448	2.316	30 832	31 945

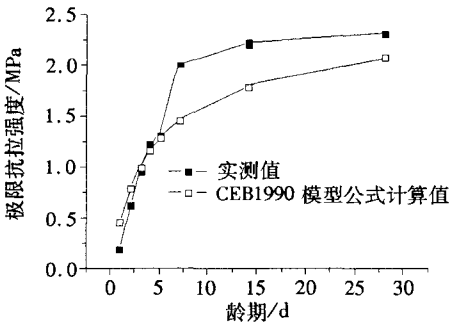


图 4 极限抗拉强度历时变化曲线

Fig. 4 Ultimate tensile strength duration curve

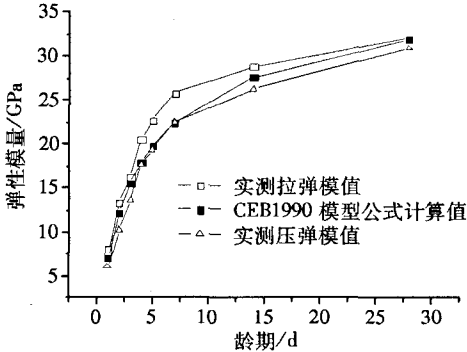


图 5 弹性模量历时变化曲线

Fig. 5 Duration curve of elastic modulus

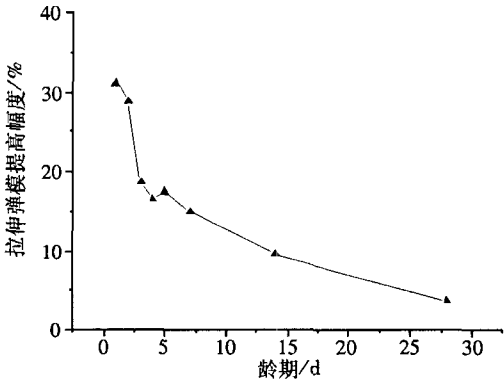


图 6 拉伸弹性模量的提高幅度随龄期的变化
Fig. 6 Tensile elastic modulus of amplitude changes with age

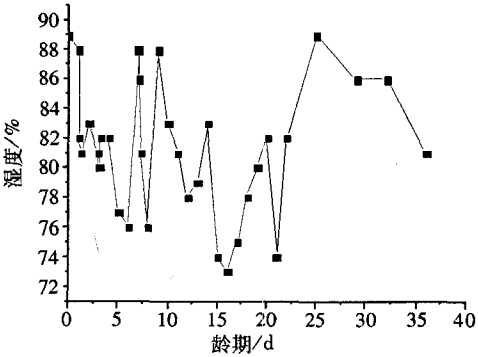


图 7 相对湿度历时变化曲线

Fig. 7 Duration curve of the relative humidity

本文所进行的密封混凝土试件早期徐变特性试验是在自然环境下进行的,环境的温度和相对湿度必然对徐变的发展产生影响,试验过程中测得的环境相对湿度变化和温度历时变化分别如图 7、图 8 所示,徐变度和徐变变形的历时变化分别如图 9、图 10 所示。

万方数据

通过本文的试验研究,并对试验数据同 CEB1990 模型公式计算结果进行比较,由于受环境温度、相对湿度以及量测手段的影响,试验中个

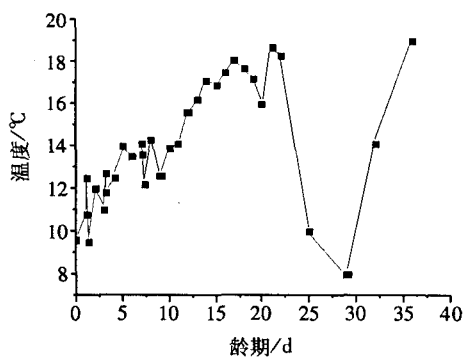


图 8 温度历时变化曲线

Fig. 8 Temperature duration curve

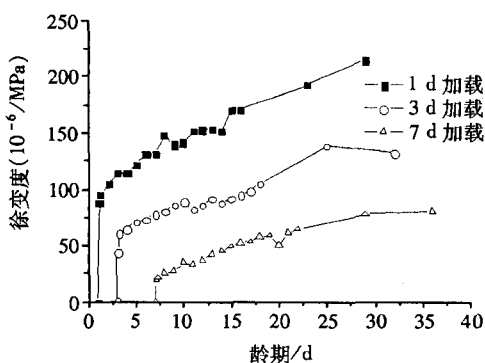


图 9 密封试件徐变度历时变化曲线

Fig. 9 Creep curve of Seal specimens

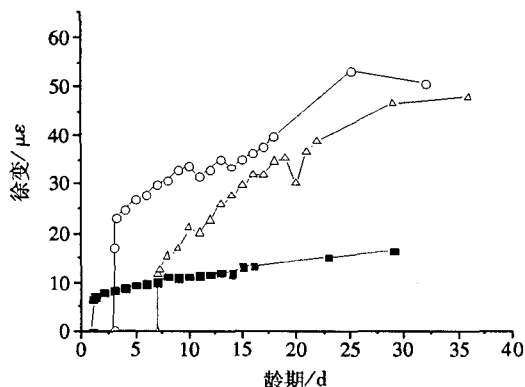


图 10 密封试件徐变变形历时变化曲线

Fig. 10 Creep deformation of the specimen seal duration curve

别点的徐变值反而比前期有所下降。此外,拉伸徐变度随加载龄期的增大而减小。从图 10 可以看到,加载龄期为 1 d 时的拉伸徐变变形反而比加载龄期为 3 d、7 d 时的变形值小,出现这种现

象可能是因为在确定 1 d 极限抗拉强度时采用了杠杆卧拉式徐变装置进行测定,而 1 d 龄期混凝土的抗拉强度测定难度较大,离散性较高,导致测定的 1 d 龄期混凝土的变形值相对较小。

为研究徐变对混凝土极限破坏强度的影响,在进行完加载龄期分别为 1 d、3 d、7 d 时密封混凝土早期徐变特性试验后(试验的持续时间为 28 d),本文进行了徐变混凝土试件和非徐变混凝土试件的极限抗拉强度的比较试验,徐变试件和非徐变试件同为一天浇筑,同样的条件下养护,研究结果表明,各加载龄期下的混凝土徐变试件在进行完 28 d 徐变试验后,其极限抗拉强度都有不同程度的降低,加载龄期越早,极限抗拉强度降低的幅度越大,说明徐变对于混凝土的极限抗拉强度有一定的削弱作用(图 11)。

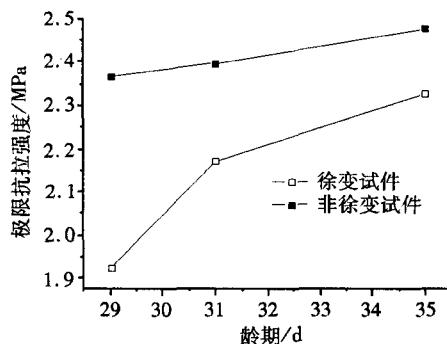


图 11 徐变对混凝土的极限抗拉强度的削弱

Fig. 11 Creep to the weakening of ultimate tensile strength of concrete

4 结 论

通过本文的试验研究表明,可以依据力学原理,设计杠杆卧拉式徐变装置对不同混凝土在不同龄期的拉伸弹模、拉伸徐变等力学参数进行测定。采用该套装置,在进行徐变试验期间,可以保证徐变荷载的恒定不变,这一优点是其他利用稳压装置的设备所不具备的。为完善这套加载量测体系,建议在进行混凝土徐变试验时可以对试验环境进行完善,如建设人工环境实验室来控制相应的温度、湿度。若需对自然条件下的混凝土进行徐变试验,需配备相应的温湿度传感器,用于监测温度、湿度的历时变化。

参考文献:

- [1] Bazant Z P. Prediction of concrete creep and shrinkage: past, present and future[J]. Nuclear Engineering and Design, 2001, 203: 27 - 38.
- [2] 惠荣炎, 黄国兴, 易冰若. 混凝土的徐变[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1988.
- [3] 中国建筑科学研究院. 混凝土收缩与徐变的试验研究[R]. 北京: 1987.
- [4] 唐崇钊. 混凝土的徐变力学与试验技术[M]. 北京: 水利电力出版社, 1982.
- [5] Bazant Z P, Wittmann F H. Creep, shrinkage and durability mechanics of concrete and other quasi - brittle materials[C]. Proceedings of the sixth international conference, 2001, Cambridge, USA.
- [6] 吴义明, 何永嵩, 卢衍庆, 等. 大体积高强混凝土转换层板温度裂缝控制[J]. 混凝土, 2005(5): 48 - 50.
- [7] 徐兵, 孙路, 林立祥. 夏季大体积混凝土泵房底板早期温度监测及分析[J]. 混凝土, 2005(8): 54 - 61.
- [8] 侯景鹏, 袁勇, 柳献. 混凝土早期收缩试验方法评价[J]. 混凝土与水泥制品, 2003(5): 1 - 4.
- [9] Kovler K. Testing System for Determining the Mechanical Behavior of Early Age Concrete under Restrained and Free Uniaxial Shrinkage[J]. Materials and Structure, 1994, 27: 324 - 330.
- [10] Kovler K, Igarashi S, Benture A. Tensile creep behavior of high strength concretes at early age[J]. Materials and Structures, 1999, 32: 383 - 387.
- [11] Lennart Ostergaard, David A Lange. Lange. Tensile basic creep of early - age concrete under constant load[J]. Cement and Concrete Research. 2001, 31: 1 895 - 1 899.
- [12] 中华人民共和国水利部. 水工混凝土试验规程 DL/T 5150 - 2001[S]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [13] 马龙. 现代混凝土徐变的几个问题探讨[D]. 南京: 河海大学, 2006.
- [14] 惠荣炎, 黄国兴, 易冰若. 混凝土的徐变[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1988.

Experimental Research of Concrete Early Creep by Using the Lever Device

LIU Hong-wei¹, MA Long²

(1. Infrastructure Department, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China;
2. Transmission and Distribution Company of Jiangsu Province, Nanjing Jiangsu 210028, China)

Abstract: The lever concrete creep device was designed and was used to measure the tensile elastic modulus of the early age concrete creep and tensile strength. Meanwhile, the using of the device to test the parameters has been authenticated. Experiment shows that the usage of the device not only can determine the early age of concrete creep, elastic modulus, but also can maintain constant loads without stabilized device. Research shows that under the same conditions, the ultimate tensile strength of the concrete which were measured creep should be lower than that of non - creep of concrete. The earlier the loaded age, the greater decreased of ultimate tensile strength. It indicates that the creep of concrete has a certain weakening effect on concrete bearing strength.

Keywords: concrete; early age; creep; experiment

(责任编辑: 沈建新)