

文章编号: 1000 - 7598 - (2005) 09 1502 - 06

# 土工膜应变计的研制及其应用( ) : 研制

龚履华<sup>1</sup>, 李青云<sup>2</sup>, 包承纲<sup>2</sup>

(1. 中国科学院武汉岩土力学研究所, 武汉 430071; 2. 水利部岩土力学与工程重点试验室, 武汉 430010)

**摘 要:** 土工膜应变计作为监测软土地基的一种加固材料——土工织物(土工膜)变形的新型测试手段, 经过国家“七五”、“八五”科技攻关研究, 解决了将该应变计应用于监测土工织物这类低弹模柔性材料大应变的一系列特殊技术难题; 克服长标距特种大应变计的粘贴难点, 探讨合理的粘贴方法, 使其在土工膜上的粘贴达到最佳效果; 寻求合适的低弹模应变胶, 要求其固化后的力学特性与被测土工膜材料的力学特性相接近; 采用特殊的率定方法对粘贴上特种应变计的土工膜材料进行率定, 以求得特种应变计的灵敏系数  $k$  和土工膜材料特性  $A$  这两项重要参数; 以及解决现场实测埋设中的安装、防护等难题。经过攻关研究, 使得单薄、脆弱的特种大应变计能够成为可靠、耐用的新型测试手段, 应用于三峡工程二期围堰监测防渗土工膜的变形, 取得了满意的监测成果。

**关键词:** 土工膜应变计; 应变胶; 率定; 防渗土工膜

**中图分类号:** TV 41

**文献标识码:** A

## Development of geomembrane strain gauge and its application ( ): gauges

GONG Lv-hua<sup>1</sup>, LI Qing-yun<sup>2</sup>, BAO Cheng-gang<sup>2</sup>

(1. Institute of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China;

2. Key Laboratory of Geotechnical Mechanics and Engineering of Ministry of Water Resources, wuhan 430010, China)

**Abstract:** Geomembrane strain gauge is a new kind of instrument used to measure strain of geomembrane. The key techniques in measuring large strain for the materials with low elastic modulus such as geotextiles and geomembranes were solved in the Chinese National 7th and 8th Five-Year Key Science and Technology Research Project. These techniques involved developing special method to achieve best sticking effect, seeking appropriate glue with the same lower modulus after being solidified to be compatible with geomembrane; developing new method in calibrating the gauge to get the two key parameters ( sensitivity coefficient  $k$ , and property index of geomembrane  $A$ ) and solving problems in installation and protection. The gauge is reliable and durable in rigorous environment. It was used in-situ with good performance to monitor the strain of geomembrane in the 2nd-stage upstream cofferdam for Three Georges Project in May 1998.

**Key words:** geomembrane strain gauge; glue; calibration; waterproof geomembrane

## 1 引 言

土工织物和防渗土工膜早在 20 世纪 60 年代就已经在工业发达国家的基础工程中得到应用。对于这类材料的各项性能指标的研究以及测试技术的研究在国外开展得比较深入。如荷兰公路研究所和德尔福特大学在 20 世纪 70~80 年代对土工织物的变形监测, 联合进行了长达数年的室内和野外试验研究, 所获得的研究结果在土工织物变形监测方面最具代表性<sup>[1]</sup>。

直到 20 世纪 80 年代, 土工织物和防渗土工膜

这类土工材料在我国土建工程领域才开始有少量试验性应用<sup>[2]</sup>; 到 90 年代中后期已有较多的工程应用实例, 但对于这些材料的变形性能的研究进展却落后于这些材料的生产和应用, 尤其关于土工织物在工程应用中产生的变形监测技术的研究, 那时国内尚无人涉足此领域。由于三峡工程前期攻关立项计划的启动, 1988 年~1995 年, “土工织物的变形监测技术”被列为“七五”, “八五”国家科技攻关内容之一。在“七五”, “八五”两期攻关研究中, 笔者对多种土工织物的变形性能及其监测手段(测试传感器)进行了比较深入的探讨。首先对能够适合于

收稿日期: 2004-11-22

修改稿收到日期: 2005-01-10

作者简介: 龚履华, 女, 1943 年生, 1968 年毕业于上海同济大学机电系, 高级工程师, 主要从事测量仪器和传感器研制工作。

E-mail: lhgong2002@yahoo.com

现场监测土工织物这类低弹模柔性材料的传感器进行选型研究<sup>[3]</sup>，所选的传感器必须满足如下两个基本条件：(1) 其敏感元件必须能跟随土工织物变形而变形(即变形跟随性好)；(2) 埋设于施工现场时，不会被施工设备压坏。根据国际上已有研究成果的启示<sup>[1]</sup>以及大量室内试验经验的积累，最终确定选用特种应变计 TA120-60AA 为主要测试元件，加以特殊的技术处理形成土工膜应变计来监测土工织物(土工膜)的大应变。特种应变计的特殊之处在于：(1) 应变量程大，其应变量程可高达 15%~18%，远大于普通应变计量程(微应变范围)；(2) 标距长，其长度为 60 mm(国外产品可达 100 mm<sup>[1]</sup>)，比普通应变计的标距长好几倍。特种应变计的这两个主要特点，也是制作和应用技术上的关键难点。如何克服这些难点则成为攻关课题的研究重心。经过一系列探索，终于使特种应变计的应变量程达到 15%~18%；再对其应变胶(粘结剂)进行反复筛选和率定试验，掌握了适用应变胶必须具备的多种特殊指标要求以及对其力学性能的检验方法，即：通过严格的、多组样品的率定试验确定土工膜应变计灵敏系数  $k$  值和土工膜材料的特性参数  $A$  值，从而获得土工膜的应变精确测值；最后对特种应变计加以一系列特殊的防护措施，使十分单薄、脆弱的特种应变计成为结实可靠，耐力强，能够适应野外严酷条件下监测土工膜应变的新型测试手段——土工膜应变计。

本文仅论及土工膜应变计的研制，其应用实测成果将另文发表。

## 2 测试原理及其应用关键技术

### 2.1 特种大应变计

土工膜应变计的核心元件是特种大应变计。其测试机理与普通应变计相同，即应变计的变形量(应变)与其电阻的变化成正比关系<sup>[4]</sup>：

$$\frac{\Delta R}{R} = k\varepsilon \quad (1)$$

式中  $\Delta R$  为电阻增量； $R$  为应变计初始电阻值； $k$  为灵敏系数； $\varepsilon$  为应变。

特种大应变计不同于普通应变计的主要特点表现在：当其受到拉力作用产生大应变时的变形通常是塑性变形，应变量级可高达 15%~18%，(普通应变计正常受力后则产生弹性变形，为微应变量级的变形)；另一个特点是标距长达 60 mm(普通应变计标距只有几毫米长)。选择长标距的原因是因为土工织物这类由无纺布和高分子合成材料膜组成的复

合材料，比较疏松柔软，均匀性差，完全不同于材质致密的刚性材料，因此作为应变计测试元件，必须具有足够的长度才能够包含一定长度内疏密度不均的许多小单元的变形，从而使测试段范围内材料的变形值与其整体变形平均值的误差缩小；而选择大应变量程的原因，则是为了适合监测土工膜延伸率大的特点。三峡工程二期围堰大规模使用的二布一膜复合型防渗土工膜的延伸率大于 30%<sup>[4]</sup>。在正常使用情况下，施工构筑会使土工膜留有足够的安全拉伸余量，变形量不会太大。即现场铺设时，使土工膜适当松弛，并在某些关键位置留有绉褶，以免因拉伸过度导致损坏(根据围堰拆除时的调查<sup>[5,6]</sup>，围堰的某些位置变形大的情况确有发生)。因此，把应变计的量程选定在 15%左右(约为土工膜延伸率的 1/2)较为合适。

20 世纪 80 年代，国内应变计制造厂家只能生产应变量程低于 8%的大应变计，到 90 年代，由于本项目攻关任务需要，笔者与制造厂家协作研制了标距为 60 mm、应变量程达到 15%~18%的特种大应变计(限于原材料缺乏，量程未能做得更大)。该应变计经过严格的专业鉴定，形成了特种大应变计 TA120-60AA 产品，其大应变量程和灵敏系数是由制造厂家按规范比例抽检，经过严格的率定试验确定的。抽检到的一批样品中，如果其中只有 1 支的最大应变为 15%，其余的应变均大于 15%，按“就低不就高”的原则，取低端结果为该产品的应变量程，而事实上，其中大部分特种大应变计的量程是超过 15%的，大多可达 18%。制造厂对 TA120-60AA 特种大应变计在软铜棒上的率定结果见图 1。

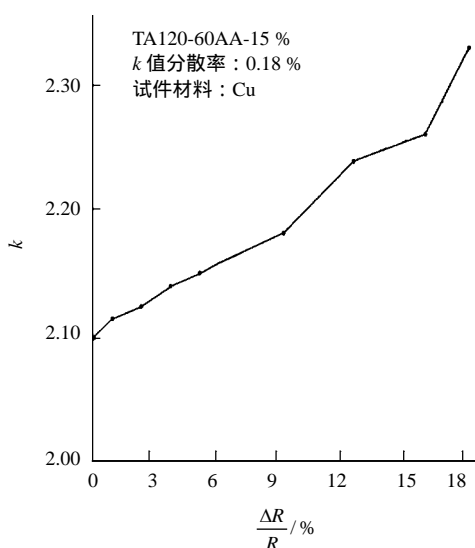


图 1  $k-\Delta R/R$  平均曲线图  
Fig. 1 Curve of the average  $k-\Delta R/R$

在通常情况下,特种应变计 TA120-60AA 的大应变量程为 15%~18%,对于延伸率较大的土工膜的变形测试,已能够满足要求。另外,关于温度引起的微应变量级的影响,对于大应变量程的特种应变计而言,可以忽略不计。再说埋设于围堰土层深处的土工膜应变计受到外界温度变化的影响极其微弱,因此,不必考虑温度影响。

## 2.2 土工膜应变计的应用关键技术

特种应变计是电阻应变计的一个特殊品种,但仍属物理型传感器,无任何附加构件,因此,将其粘贴于土工膜上,经过特殊防护处理后形成的土工膜应变计,具有变形跟随性好,而且不怕施工设备碾压的突出优点;但是特种应变计本身作为敏感元件,其结构具有单薄、脆弱的缺点,若处置不慎,极易损坏,尤其是埋设于环境恶劣的施工现场。最终能否将其成功应用于现场监测土工膜的变形,取决于以下 3 个重要的关键技术:(1) 采取有效的防护措施;(2) 选用合适的应变胶作为粘结剂;(3) 对被测土工膜材料进行多组样品率定,通过对率定数据的回归拟合,来确定土工膜应变计的  $k$  值以及土工膜材料的特性参数  $A$ ,据此,才能进一步获得精确的土工膜应变值。

### 2.2.1 应变胶的性能对应变计灵敏系数的影响

应变胶作为粘贴特种大应变计的粘结剂,对其性能要求近乎苛刻,它必须满足以下多方面的性能要求,方可使用。

(1) 固化后不溶解于水;(2) 应变胶与应变计本身的基底膜层和土工膜二者之间应该同时具有较强的化学亲和性,即粘结强度高、抗剥离性能好;(3) 涂刷性能好(即流动性好),便于操作,并且固化时间短;(4) 固化时应变胶层收缩率小;(5) 固化后的应变胶层之弹性模量应接近于被测土工膜的弹性模量(通过率定确定)。应变胶的弹性模量若高于土工膜弹性模量,将会局部影响土工膜性能,导致测试误差偏大;同样,若胶层弹性模量过低(胶层太软),当被测材料受拉时,拉力将会大多消耗在胶层上,难以传递到应变计上,导致应变计响应偏低,即灵敏系数  $k$  值偏小。

总之,应变胶是决定土工膜应变计性能的关键性介质。

### 2.2.2 土工膜应变计灵敏系数 $k$ 值的率定<sup>[1,7]</sup>

由于土工膜材料的弹模远低于软铜棒的弹性模量,因此,制造厂给出的特种应变计的灵敏系数  $k$  值(在软铜棒上率定)不适用于土工膜应变计。为此,必须针对实际使用的土工膜材料样品粘贴应变计后

重新率定其  $k$  值。土工膜由加载产生的应变与土工膜应变计灵敏系数之间的关系式如下<sup>[1]</sup>:

$$\varepsilon_i = A + B\varepsilon_s \quad (2)$$

式中  $\varepsilon_i$  为土工膜的实际应变; $B$  为土工膜应变计的灵敏系数  $k$  的倒数,即  $k=1/B$ ;  $\varepsilon_s$  为土工膜应变计的测试应变; $A$  为表征土工膜性能的参数,土工膜的弹性模量越低(疏松柔软),则  $A$  值越大,反之越小。即当土工膜初始受拉力作用时,拉力首先消耗在将无纺布卷曲、松弛的纤维拉直这一过程,然后才传递到应变计上,此时土工膜实际上已经产生了一部分变形,即  $A$  值,此后继续加载,应变计才开始变形,其总的应变值应为  $A+B\varepsilon_s$ 。因此,当应变计受到拉力作用,并且其应变达到 15%~18% 的应变量程极限时,土工膜的实际应变应为  $A+(15\% \sim 18\%)$ ,也就是土工膜的应变会大于 15%~18%。

率定土工膜应变计的目的,首先是要考查应变胶的力学性能,即用该胶粘剂粘结的土工膜应变计的灵敏系数  $k$  值是否足够大(应该达到  $k>1$ ),也就是考查其弹性模量性能。在率定试验中,对同一种材料必须进行 5~8 组样品的加载拉伸率定重复试验,然后取  $k$  的平均值。另一方面,通过多组样品的率定试验,可考查试验数据回归拟合处理得到的相关系数  $r$  是否能达到 0.998 以上,也就是考查多组土工膜应变计  $k$  值的一致性。如果相关系数  $r$  值偏低,即表明多组样品率定的土工膜应变计  $k$  值离散性偏大。这是由于贴片操作手法一致性差造成的,如每个特种大应变计的应变胶涂刷厚薄不均匀,或者粘贴后,气泡未除尽等原因会导致  $k$  值的差异,应尽量缩小这种差异。因此贴片时应十分小心,涂刷粘胶层应尽量薄,气泡要除尽,以减少误差,从而可减少  $k$  值的离散性。粘贴技巧是土工膜应变计应用技术中最为关键的操作程序。

三峡工程二期围堰所使用的防渗土工膜(PVC 200/0.5/200) 6 组样品粘贴土工膜应变计后的率定结果见表 1。率定样品的尺寸为 220 mm×180 mm。

表 1 土工膜应变计粘贴于防渗土工膜样品(200/0.5/200)的率定结果

Table 1 Calibration result of the strain gauges stucked on the samples of geomembrane composite (200/0.5/200)			
试样组号	$A$	$B$ (灵敏系数 $k=1/B$ )	相关系数 $r$
1	0.94	0.86	0.999 6
2	0.97	0.75	0.998 5
3	1.01	0.81	0.998 0
4	1.07	0.82	0.998 6
5	1.03	0.80	0.999 6
6	1.12	0.80	0.998 6
平均	1.02	0.84	0.998 8

对贴有土工膜应变计的土工膜样品进行率定试验时,应注意以下几个重要的技术环节,以确保样品的率定获得最佳结果。

(1) 每级加载量级大小应适宜(经多次实验确定),总荷载约分10级为宜;

(2) 加载速率不宜过快,否则会使应变计尚未达到最大量程即过早被拉断;

(3) 需使用体积小而轻的高精度无阻尼位移传感器来量测土工膜的实际应变  $\varepsilon_i$ ,  $\varepsilon_i = \frac{\Delta l}{l_0}$ 。其中,

$\Delta l$  为每级荷载产生的变形增量,  $\Delta l = l - l_0$ ;  $l$  为每级加载变形后的测试段总长度;  $l_0$  为位移传感器测试段(与应变计平行、且紧邻)的土工膜初始长度;将  $\varepsilon_i$  代入式(2),并对率定数据予以回归拟合处理,即可得到该样品土工膜应变计的灵敏系数  $k$  值 ( $k = 1/B$ ),土工膜的特性参数  $A$  以及相关系数  $r$ 。安装有位移传感器和土工膜应变计的防渗土工膜试样见图2。

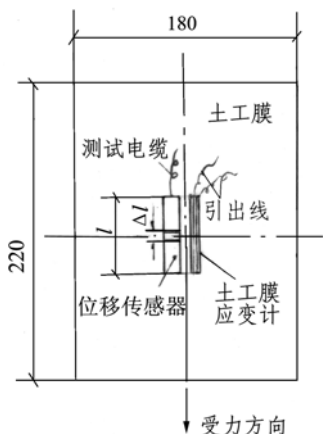


图2 粘贴应变计的土工膜率定试样示意图(单位: mm)

Fig.2 Sketch of the geomembrane for sample calibrating strain gauges stuck on the sample (unit: mm)

### 2.3 监测数据的处理

土工膜应变计的数据监测是采用数字电桥直接测读其电阻值的变化。将所测电阻值  $R_i$  代入下式:

$$\varepsilon_s = B \frac{\Delta R}{R_0} 100 = B \frac{R_i - R_0}{R_0} 100 \quad (3)$$

式中  $\varepsilon_s$  为测试应变;  $\Delta R$  为应变计的电阻值增量;  $R_i$  为应变计的每次测读数;  $R_0$  为土工膜应变计的初始值。

再将式(3)代入式(2)即可求得土工膜的实际应变  $\varepsilon_i$ 。

## 3 土工膜应变计的现场安装与埋设

### 3.1 埋设前的准备工作

由于特种大应变计的结构十分单薄、脆弱,容

易损坏,同时对粘贴精度要求很高,因此,粘贴时对环境要求比较严格。为了避免或减少由外因所导致的误差,必须在土工膜应变计埋设于现场之前事先进行妥善的安装处理。作为实例,现将准备埋设于三峡工程二期上游围堰的土工膜应变计的前期处理方法介绍如下:(1)需选择一块干燥、平整、清洁的场地。(2)根据测试点的数量,分别截取3块长度不等的防渗土工膜(长度为15~20m)。(3)将3块土工膜在场地上平展铺开,(也可在宽敞的室内地面操作),再在其上进行安装操作,见图3。(4)待土工膜应变计安装妥当后,再将这3块土工膜分别卷好,并送往现场埋设位置与其他土工膜粘结连成一体(图4),最后由现场施工设备往土工膜上填土碾压。

### 3.2 土工膜应变计的安装操作方法

土工膜应变计的安装(粘贴、焊接、引出线及电缆的固定等)操作中每一个环节都需十分严格地操作到位,否则难以保证其误差精度和可靠性。可按如下步骤进行安装操作:



图3 土工膜应变计的安装

Fig.3 Installation of the geomembrane strain gauges



图4 安装好土工膜应变计的防渗土工膜与现场土工膜连结  
Fig.4 Connecting the geomembrane with strain gauges to the field waterproof geomembrane

(1) 划出定位框线：在展开的一块土工膜上，按照测试布点设计图划好测试点定位框线，应变计布点示意图如图 5。图中每个测点布设 2 支互相垂直的应变计，以便测得土工膜在水流向和与其垂直方向的应变。在土工膜的每个测点上画一个 120 mm × 120 mm 的方框，并在方框处的土工膜与地面之间垫一块大于方框的玻璃板。

(2) 制作应变计粘贴“窗口”：沿定位方框线的其中 3 条边线剪开无纺布(不可伤及 PVC 膜)，将剪开的无纺布，小心地从 PVC 膜上剥离(可略加溶剂，便于剥离)，并往未剪开的一边翻起，在露出“窗口”内的 PVC 膜层上，再用细砂布将其轻轻打磨平滑，用酒精擦拭干净。

(3) 划出粘贴应变计的定位框线：在处理好的

PVC 膜“窗口”上，用铅笔划出比应变计面积略大的长方形定位框线，再在其  $x, y$  向划出中心线。

(4) 粘贴：再次以酒精擦净 PVC 膜的待贴定位框以及应变计的待粘贴面。稍待干燥后，在这两处涂上均匀的薄层应变胶(粘结剂)，然后将应变计的  $x, y$  向的中心线标记(应变计产品的基底膜片上都有此标记)对准定位框内的中心线迅速压合到 PVC 膜上，接着用一手指面小心地从应变计的一端往另一端垂直按压，以驱除气泡，确保粘贴牢固。接下来在粘贴好的应变计上覆盖一块无粘性的聚四氟乙烯薄膜，再在其上压一块玻璃板(与事先垫在土工膜底下的玻璃板上下对应)，再压上数公斤重物，放置 24 h，即固化可靠。注意粘贴时环境要保持干燥；涂胶时，每片的涂胶量尽可能少、且均匀一致。

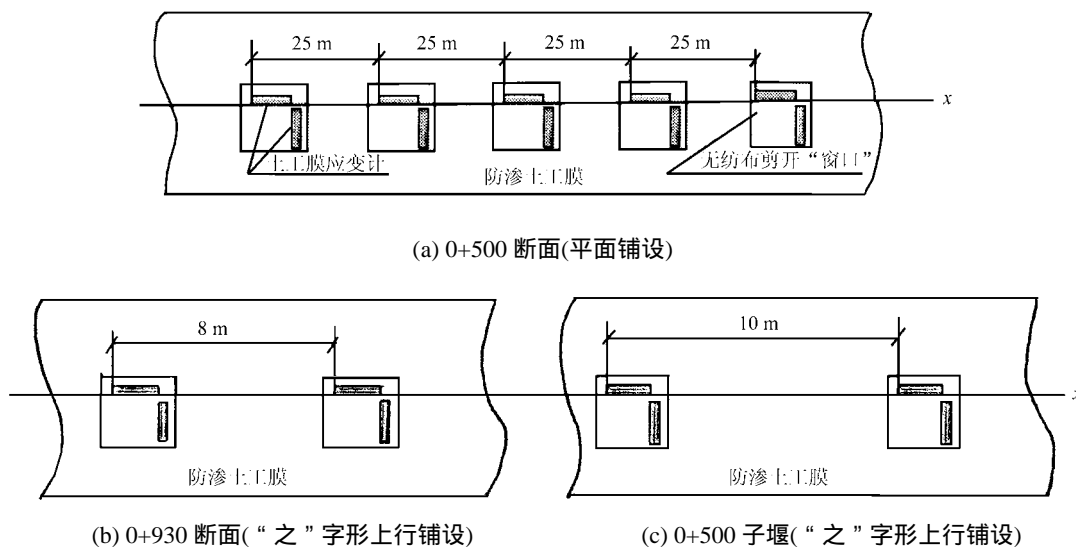


图 5 三峡工程二期上游围堰防渗土工膜应变计埋设布点示意图

Fig.5 Sketch of embedded positions of the strain gauges on geomembrane

(5) 防潮处理：拿掉覆盖在粘贴固化后的应变计上无粘性的聚四氟乙烯稀薄膜，用 703 硅胶涂覆土工膜应变计表面，先涂一薄层，待 24 h 基本固化后，再涂一层，视情况可涂 3 层。待应变计的防护胶层固化后，再进一步处理其细弱的引出线，将引出线弯曲压成平面弹簧状，使之紧贴 PVC 膜上，分两次往上涂覆硅胶，只保留约 3 mm 长引出线头不涂胶，留待与测试电缆焊接。

(6) 连结测试电缆：由于测试大电缆很粗硬，不宜与极细的应变计引出线( $\phi = 0.1$  mm)直接焊接。因此，必须采用一段长度约 20 cm 的柔软细电缆作为缓冲连接，其一头先与应变计引出线焊接，焊点处套上多层热塑套管再涂硅胶防水，并将之也弯曲

压成平面弹簧状(以便留有足够的伸展余量)固定于土工膜的无纺层上。

(7) 缝合剪开的土工膜无纺布“窗口”：最后将软电缆的另一头与测试大电缆焊接，接头处套上多层热塑套管再涂覆硅胶防护层。最后，在靠近软电缆 1 m 以远范围内，需将大电缆略加弯曲固定于土工膜表面的无纺布上。

(8) 在处理好的土工膜应变计上再覆盖一块 300 mm × 300 mm 无纺布，略加固定。至此，即安装处理完毕。总之，从应变计的引出线 软电缆大电缆的连接点处的防水处理和固定措施十分重要，这些措施可以确保应变计安装的可靠性和耐久性。这几步措施一方面可防止水的入渗造成应变计

和电缆的腐蚀、短路、开路等损坏现象；另一方面，弹簧状弯曲固定方式可避免应变计本身受拉损伤，同时还可避免细弱的引出线以及较细的缓冲连接软电缆被拉断。这些环节若处理不慎往往会导致全功尽弃。

#### 4 结 语

(1) “土工织物(土工膜)的应变现场原位监测”这一课题在 20 世纪 80 年代被列入国家科技三峡工程项目“七五”，“八五”攻关内容之一，此举促成了土工膜应变计这一新型测试手段的成功研制。

(2) 土工膜应变计作为一种新型监测手段，应用于三峡工程二期上游围堰的防渗土工膜应变原位监测，成功测得了较长时段内防渗土工膜的大应变变化规律。监测结果与文献[5, 6]所述围堰变形情况相吻合。

(3) 防渗土工膜的大应变监测成果说明：结构十分单薄、脆弱的特种大应变计，经过特殊的技术处理后形成的土工膜应变计，能够胜任工程现场粗犷的填土施工碾压操作以及雨水浸泡等诸多环节的严峻考验。埋设于上游围堰的土工膜应变计全部成功测得大应变值，没有一支意外损坏。0+500 断面因填土加载速率过快而且加载土方量大，致使埋设于此断面的 10 支应变计较早超量程损坏，其工作寿命为 3 个月左右；其余的应变计寿命大多长达 3 年多(直到围堰拆除前不久，终止监测)。土工膜应变

计的工作寿命之长证明其具有足够的可靠性和耐久性。

#### 参 考 文 献

- [1] Slumen G. A strain-gauge technique for measuring deformation in geotextiles[A]. In: Proceedings of Second International Conference on Geotextiles[C]. Las Vegas: [s. n.], 1982. 836 - 838.
- [2] 马时冬. 赤湾防波堤工程中土工织物应用情况简介[A]. 湖北省第一届土工织物应用交流会[C]. 武汉: [s. n.], 1988.
- [3] 龚履华. 围堰监测技术研究——测试土工织物变形的特种大应变计的研制[R]. 武汉: 长江科学院主持的“七五”国家科技攻关项目(No. 16-4-1), 1990.
- [4] 天津大学材料力学教研室电测组. 电阻应变仪测试技术[M]. 北京: 科学出版社, 1980. 4 - 30.
- [5] 李青云, 程展林, 孙厚才, 等. 三峡二期围堰拆除过程中围堰工程性状的调查验证[R]. 武汉: 长江科学院, 2002.
- [6] 包承纲, 戴会超, 程展林, 等. 三峡工程深水高土石围堰的研究与实施[R]. 武汉: 中国长江三峡工程开发公司, 长江水利委员会, 长江科学院, 2002. 45 - 47.
- [7] 孟尔熹, 曹尔弟. 实验误差与数据处理[M]. [s. l.]: [s. n.], 1982.

### 全国高速公路地基处理学术研讨会征文通知

为了总结、交流高速公路地基处理工程勘察、设计计算、施工技术、施工监理、现场监测、施工机械以及理论研究方面的新鲜经验，中国土木工程学会土力学及岩土工程分会地基处理学术委员会、中国公路学会道路工程学会、广东省交通厅、广东省交通集团有限公司、广东省公路学会、江苏省公路学会和浙江省公路学会联合主办全国高速公路地基处理学术研讨会。会议将于 2005 年 11 月在广州举办，会议由广东省航盛工程有限公司承办。现将会议论文征集工作有关事项通知如下：

征文范围：(1) 地基处理勘察、设计、施工等。(2) 地基处理试验、监测(包括工后监测)、检测等。(3) 地基处理理论研究、数值分析等。(4) 地基处理施工工艺、施工机具等方面的新发展。(5) 涉及地基处理的其他方面。

征文要求：应征论文应未在国内刊物或论文集上发表。论文字数请控制在 6 000 ~ 10 000 字。论文格式请参考《岩土工程学报》杂志，来稿请自留底稿，并提供电子文档。论文要求图表齐全，并注明作者详细通讯地址及联系电话。

征文时间安排：征文截止时间：2005 年 8 月 1 日；录用通知时间：2005 年 8 月 15 日；修改稿截止时间：2005 年 9 月 15 日；应征论文将由论文编审委员会决定是否录用。入选论文将正式出版论文集。

应征论文请寄：310027 杭州浙江大学玉泉校区土木工程系地基处理编辑部 黄鼎群, E-mail: yulan20@163.com, 联系电话：0571-87952077；

或寄：511442 广州番禺南村南大路塘东省航盛公司 2 号楼 6 楼广东省航盛工程有限公司魏金霞；E-mail: jinxiawei@tom.com；联系电话：020-84567366；传真：020-84564033

(中国土木工程学会土力学及岩土工程学会)