

依据结构强度安全度 确定安全监测必要精度^{*}

林文介

(桂林工学院国土开发与测绘系)

摘 要 运用结构强度理论在准确定义允许变形值基础上提出依据结构强度安全度确定安全监测必要精度的基本理论模式。将变形观测误差视作结构强度安全度所应容纳的荷载误差之一,按荷载效应组合理论建立各项荷载误差对结构强度影响的传播关系式,依据结构强度安全度反演观测误差限值。

关键词 结构强度;安全度;荷载误差;安全监测;必要精度

分类号 TU196.1; TU433; TU196.4

1 选取必要精度指标的原则

(1) 实际可靠。在所确定精度下测得的变形值是可靠的,表达式为

$$\Delta \geq m \cdot k \quad (1)$$

式中, Δ 为变形观测值, m 为观测精度指标, 当置信概率 $\alpha=0.05$ 或 0.01 时, 取值 $k=4 \sim 6$, 即

$$m \leq \left(\frac{1}{4} \sim \frac{1}{6}\right) \Delta \quad (2)$$

(2) 不影响对建筑物安危的判断。允许变形值是在保留一定安全度条件下的正常使用极限值,它对建筑物安危的判断是在本身含有一定允许偏差情况下作出的,取值观测误差的大小只能在该允许偏差的范围内才能保证依据变形观测值所作出的建筑物安危结论可靠,即

$$\sigma_{\text{adm}} + F = \sigma_{\text{cri}} \quad \text{且} \quad m \leq F/N \quad (3)$$

式中: σ_{adm} 为允许变形值; σ_{cri} 为临界变形值; F 称安全度; N 为大于1的系数,表示观测精度指标取值安全度的若干分之一。

安全监测必要精度的确定模式,只有建立在上述两条原则基础上才是科学的、完善的。

2 允许变形值与临界变形值的含义及安全度的设置

2.1 允许变形值与临界变形值的含义

1971年在国际测量师联合会(FIG)的第13次大会上,其变形观测研究小组的一个报告指出:“如果观测的目的是为了使变形值不超过某一允许的数值而确保建筑物的安全,则

1996年8月1日收稿,10月16日改回。

作者简介:林文介,男,1938年出生,副教授,工程测量专业。

^{*} 本文曾在香港召开的国际测量师联合会(FIG)第八届变形观测国际学术研讨会上宣读。
?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.

其观测的中误差应小于允许变形值的 $1/10 \sim 1/20$ ”。根据这一模式，所需的观测精度取决于允许变形值的大小，显然如何定义允许变形值是一个关键问题。

依据结构强度理论，建筑体在荷载的作用下会产生荷载效应，如应力、应变、位移和裂缝等，外力作用下的结构体，当其构件的工作应力超过极限应力时材料会产生较大的塑性变形或断裂而不能工作。因此从“不发生结构破坏”角度看，极限应力应是构件材料安全可靠工作的临界应力。与之对应，此时构件材料所产生的变形量称为临界变形值，是界定建筑物安危的临界值。为确保建筑物在荷载作用下能正常地工作，往往要按有关强度理论将计算得的构件最大工作应力限制在许用应力之内，同理，与许用应力相对应的变形量应是结构功能处于正常使用状态的极限值即允许变形值。例如，在美国曾有人对 95 座建筑物的破坏情况作过报道，当两点间差异沉降 $\delta L > 1/300$ 时墙体出现了裂缝；当 $\delta L > 1/150$ 时结构开始破坏；此时的 $\delta L = 1/300$ 为临界变形值，为安全，建议取 $\delta L = 1/500$ 为允许变形值。

2.2 安全度的设置

在允许变形值与临界变形值间或许用应力与极限应力间有一允许偏差，称为结构强度安全度（即强度储备）。安全度的设置主要为容纳下列因素的影响以保证构件材料安全可靠地工作：（1）构件材料不是各向同性均质；（2）计算公式近似欠严密；（3）荷载及其分布的估计不十分准确或发生变化，即荷载的随机性；（4）构件的制作及安装方面出现误差，即构件几何参数的不定性；（5）工作条件的随机变化。

目前，设计部门已广泛应用“概率极限状态设计法”，其基本模式是在一定可靠概率下针对各种结构性能要求（如强度、刚度和抗裂度等），建立包括各有关基本变量（例如各种荷载、材料性能、几何参数、计算模式等）在内的极限状态方程，最常用最简单的方程为

$$R - S = 0 \quad (4)$$

式中， R 为结构抗力（或强度）， S 为结构荷载效应（或应力），当 $R > S$ 时表示结构处于可靠状态，相反则结构处于失效状态。显然，要使结构处于可靠状态，由荷载误差引起的结构效应组合值应小于结构抗力总偏差

$$\Delta_S < \Delta_R \quad (5)$$

Δ_R 由材料性能、几何参数及计算模式等方面的不定性所引起，用应力—强度模式来描述即为安全度，其限值可用下式表示

$$\Delta_R = \left[\frac{K-1}{r_0 \cdot K} \right] R \quad \text{许的} \quad (6)$$

式中： K 为安全系数； r_0 为结构重要性系数。

对建筑结构来说，外加变形和约束变形（如地基沉陷、温度变形等）会如同荷载作用一样产生效应（应力），因此也应把变形误差视为一种荷载误差（这是从广义上理解，确切地说称为作用误差）而为结构强度安全度所容纳。否则，若不顾及变形误差与安全度关系而只取其限值为允许变形值之若干分之一则有可能使共同组合影响的强度总偏差超过安全度而影响到安危判断的准确性和可靠性。

3 依据结构强度安全度确定安全监测必要精度的构想

（1）将变形观测误差视作结构强度安全度所容纳的荷载误差之一，与其他荷载误差共同

列为影响结构强度的误差源;

(2) 依据荷载效应组合理论和结构强度验算时的荷载与荷载效应(或应力)间关系表达式组合成各项荷载误差与结构强度偏差间的传播关系式;

(3) 在取结构强度安全度为结构强度总偏差极限值条件下依非等影响原则反演变形观测误差限值。

4 实用模式

(1) 建筑物变形有基础变形与上部结构变形之分,但从整体安全来说关键在基础。基础承受着上部结构传来的荷载和地基的反作用力,其本身的强度和刚度对于保证上部结构的安全与正常使用并调节地基沉陷的影响至关重要,因而安全监测必要精度实用模式的建立应以地基与基础的强度验算为基准。

(2) 荷载效应组合是建立实用模式的基本问题。在运用概率极限状态设计法时,荷载效应组合的核心是寻求在设计基准期内多个荷载共同作用下各荷载效应叠加组合最大值

$$L = I \quad S_m = \max_{0 \leq t \leq T} \left\{ \sum_{i=1}^N S_i(t) \right\}$$

的概率分布, T 为设计基准期, 取为 50 年。

然而, 解其结果的过程依然是较为繁杂和困难的, 建筑结构专家们研究了许多种组合模式和组合规则, 国际“结构安全度联合委员会”(JCSS) 提供的一种以线性叠加为基本形式的荷载效应组合概率模型已纳入我国《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87) 中, 其荷载效应组合表达式可作为建立荷载误差与荷载效应偏差关系组合式的依据。

如对工业与民用建筑的一般排架和框架结构, 其承载能力极限状态基本荷载组合的荷载效应组合表达式为

$$S = r_G \cdot C_G \cdot G_K + \psi \sum_{i=1}^n r_{Qi} C_{Qi} Q_{ik} \quad (7)$$

式中, r_G 和 r_{Qi} 分别为永久荷载和第 i 个可变荷载的分项系数; G_K 和 Q_{ik} 分别为永久荷载和第 i 个可变荷载的标准值; C_G 和 C_{Qi} 分别为永久荷载和第 i 个可变荷载的荷载效应系数; ψ 为可变荷载的组合系数。

应用 (7) 式, 在 $\Delta_S \leq \Delta_R$ 条件下即可建立包括变形误差在内的荷载误差影响传播关系式进而以安全度为限值反演变形观测中必要精度指标。

参 考 文 献

- 1 林文介. 建筑物安全监测必要精度的确定方法. 桂林工学院学报 1995 (3): 286~292
- 2 林忠民. 工程结构可靠性设计与估计. 北京: 人民交通出版社, 1990: 31~33

DETERMINING THE NECESSARY ACCURACY OF SAFETY MONITORING IN ACCORDANCE WITH SAFETY DEGREE FOR STRUCTURAL STRENGTH

Lin Wenjie

(Department of Land Development and Surveying and Mapping, Guilin Institute of Technology)

Abstract In this paper, by using the structural strength theory, the basic theory model of determining the necessary accuracy of safety monitoring in accordance with degree of safety of structural strength is put forward on the basis of defining accurately the allowable deformation, that is, taking the errors of deformation observation as ones of loaded errors which should be included in the degree of safety for structure strength. According to the combination theory of load effects, the relative formula of propagation of the effects of load errors on structural strength has been set up, the limitation of errors of deformation can be inversed in accordance with the degree of safety for structural strength.

Key words structural strength; safety degree; loaded errors; safety monitoring; necessary accuracy

世界五大奇河

香河 位于西非的安哥拉境内, 原名勒尼达河, 河长 6km, 河水香味浓郁, 百里之外也能闻到扑鼻奇香。

甜河 在希腊半岛北部, 有一条奥尔马河, 全长 80 余公里。河水甘甜醇口, 其甜度可与甘蔗媲美。地质学家认为, 甜河的形成是因为河床的土层中含有很高的原糖晶体。

酸河 哥伦比亚东部的普莱斯火山地区, 有一条雷欧维力河, 全长 580 多公里, 河水含 8% 的硫酸和 5% 的盐酸, 成了名副其实的酸河。

墨水河 在非洲的阿尔及利亚有一条被称为“墨水河”的河流。这条河由两条分别含有墨水原料成分的小河汇集而成, 当两条河水汇流在一起后便成了墨水。人们可以用这不用花钱的墨水写字作画。

彩色河 位于西班牙境内的延托河, 河的上游流经一个含有绿色原料的矿区, 河水呈绿色。往下有几条支流经过一含硫化铁的地区, 水变成翠绿色。流入谷地后, 一种野生植物又把它染成棕色和玫瑰色。再往下, 流经一个沙地, 又变成了红色。该河亦称变色河。

龙 云