

手算超静定结构力法、位移法的对比研究

朱涛¹ 邱嘉怡¹ 刘波²

(1. 河南大学 河南开封 475004 ; 2. 贵州理工学院 贵州贵阳 550003)

摘要: 在超静定结构中, 对结构中内力的分析方法有两种, 一种是力法, 另一种就是位移法。将两种方法进行比较, 并且根据两种方法的概念、原理以及计算准确度等方面进行分析后得出, 两种方法都是通过确定基本体系和基本结构建立基本方程, 求解基本未知量, 并根据求解的结果来确定原结构支座的反力和内力, 与此同时, 两种方法的计算准确度很相似。本文对手算超静定结构中力法和位移法之间的对比进行了研究, 以供参考。

关键词: 手算; 超静定结构; 力法; 位移法

超静定结构是结构内力中的一种, 超静定结构无法直接的对结构内力进行分析, 只能列出静力平衡方程, 如果超静定结构想要对结构内力进行分析, 就需要结合结构变形协调条件。而超静定结构分析在进行内力分析时, 最基本的方式就是力法和位移法。因此当超静定结构中节点位移比较多时, 可以采用力法进行计算, 如果超静定结构中多余约束比较多, 就需要使用位移法来进行计算。无论是哪种方法, 都能够降低结构内力的求解难度, 从而发挥出手算超静定结构的优势。

一、力法和位移法的概述

力法是指超静定结构将多余的约束去掉, 然后再将多余的未知力施加到结构上, 从而形成基本的未知量, 最后力法通过未知力的数目来决定超静定结构的次数^[1]。位移法是指节点在发生位移之后, 会形成基本的未知量, 然后位移法就通过这些基本的未知量来对超静定结构进行计算和分析, 位移法的计算出来的结果和超静定结构的次数无直接关系, 但是位移法能够保证超静定结构分析的准确性, 同时还能够保证分析过程比较简单。

将超静定结构中多余的约束替换成基本未知力之后形成的体系就是力法的基本体系, 而位移法的基本体系则是在超静定结构中发生角位移处增加刚臂, 在线位移的固定位置上增添链杆。

二、力法和位移法之间的对比

虽然力法和位移法对于超静定结构的计算准确度比较相似, 但是在实际应用上, 两种方法之间还存在着不同。

(一) 力法和位移法的发展史对比

工程力学最开始的发展是静定结构, 但是随着有关人员的不断创新和研究, 在静定结构的基础之上, 又发现了超静定结构。最初在对超静定结构进行计算时, 采用的就是力法, 其主要的计算方式就是将超静定结构的杆件进行切断, 以此来计算切口处的对应变位, 然而超静定结构上的切口对其本身来说, 是不存在的, 与此同时, 在构建力法方程组时, 会将超静定结构中的切口恢复成原本的样子。之后力法被应用到了钢筋混凝土中, 但是由于钢筋混凝土的结构比较刚强,

所以力法无法再使用切口的方式来对钢筋混凝土进行计算。受到这一问题的影响, 有关人员开始追寻其它的计算方法, 因此他们研究出了位移法, 位移法能够将节点进行固定, 然后将各个杆件进行位移, 不需要再对杆件进行切口, 并且很容易就能够将其进行复原^[2]。但是由于超静定结构的内部比较复杂, 而且结构比较庞大, 所以仅凭着手算会出现很多问题, 并且无法保证数据的准确性。但是随着信息技术的不断发展, 在计算超静定结构时, 就可以借助计算机进行计算, 以此来弥补手算会出现错误的问题, 从而保证计算的准确性。

(二) 力法和位移法的思想策略对比

力法的思想策略就是将超静定结构进行局部削弱, 然后再进行修复, 这样做的目的就是为了能够简便计算, 将复杂的结构进行简化的同时, 计算方法和计算步骤也得到了简化, 而且对原有结构内部约束力的计算也会相对准确。位移法的思想策略就是将超静定结构进行局部强化, 然后再进行修复, 这样做的目的就是将超静定内部结构的内部组成改变成相互之间没有关联的固定构件, 将内部原有的约束力进行解除, 并通过协调使内部结构趋于平衡。

(三) 力法和位移法的计算过程对比

力法和位移法之间最基本的区别就是计算过程的不同。首先就是两种方法的基本未知量的区别。力法的基本未知量是通过多余未知力形成的, 而位移法的基础未知量是通过将节点进行位移后形成的。其次就是两种方法的基础方程式的区别。力法的方程式是将超静定结构中多余联系的部分去掉, 然后将基本结构位移与多余的未知力进行结合, 并且在计算时将结构进行复原, 从而组成为力法计算方程式。位移法的方程式是将构件进行独立, 然后各个构件中的节点线进行位移, 从而形成力, 并且要使这种力达到平衡, 进而形成位移法计算方程式。力法的计算方程式为: $\delta_{n1}X_1 + \delta_{n2}X_2 + \dots + \delta_{ni}X_i + \dots + \delta_{nn}X_n + \Delta_{np} = 0$; 而位移法的计算方程式为: $k_{n1}\Delta_1 + k_{n2}\Delta_2 + \dots + k_{ni}\Delta_i + \dots + k_{nn}\Delta_n + F_{np} = 0$ 。其中 X_1 为力法中的基本未知量, δ_{ni} 和 Δ_{np} 都代表力法中基本结构的位移, k_{ni} 为单位位移单独作用时相应的约束力, Δ_i 是指位

移法中的基本未知量, F_{mp} 是指由于荷载单独作用而引起的相应约束力。

(四) 力法和位移法的基础体系对比

力法是以静定为主的基础体系, 其主要是将超静定内部结构进行切口, 使内部结构处于切口的状态, 这样能够更好的对超静定结构进行分析和计算, 而位移法的基础体系则需要依靠将构件进行平移, 从而形成平衡力。

三、力法和位移法进行联合使用

当超静定结构中的基本未知量存在多余的约束, 并且节点也发生了位移的时候, 就需要将力法和位移法进行联合使用, 从而提高计算速度和计算效率^[3]。一些超静定结构中, 会同时存在节点和约束, 因此无论利用哪一种方法都无法对超静定结构进行正确的计算和分析, 所以就需要将两种方法结合, 以此来解决问题。在对超静定结构进行分析时, 可以将结构内部多余的约束进行去除, 并且在在结构内部增加节点, 然后将多余的未知反力和节点发生位移之后产生的反力作为基本未知量, 以此来构建方程组, 这样就能够同时利用力法和位移法进行解题。将力法和位移法结合后的基本方程组为

$$\begin{cases} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}\Delta_2 + \Delta_{1p} = 0 \\ k_{21}X_1 + k_{22}\Delta_2 + F_{2p} = 0 \end{cases}$$

结束语:

综上所述, 力法和位移法在解题方式等方面有很大的相

似性, 但是由于基本未知量的不同, 导致方程的选择也不同。当超静定结构中的为多余约束时, 就可以采用力法进行解题和分析, 相反当超静定结构中节点较多时, 就可以使用位移法进行解决。此外, 将力法和位移法进行对比之后, 会对它们之间的区别进行清楚的了解, 并且在深入分析之后, 以后再遇到超静定结构问题时, 就能够准确的选择计算方法, 从而提高计算速度。

参考文献:

- [1]张雪敏.超静定结构常用解法的比较与合理选用[J].智库时代,2018,140(24):232.
- [2]李炜明,蔡利.同一超静定结构计算多种解题方法的教学思考[J].武汉工业学院学报,2018,37(005):113-118.
- [3]杨青,杨国兵.解算某二次超静定梁弯矩内力方法探究[J].山西建筑,2020,046(007):65-68.

作者简介: 1.朱涛; 1999.03.18; 男; 贵州水城; 河南大学; 本科;

2.邱嘉怡; 2000.2; 女; 广东揭西; 河南大学; 本科;
3.刘波; 1998.05.25; 男; 贵州水城; 贵州理工学院; 本科;