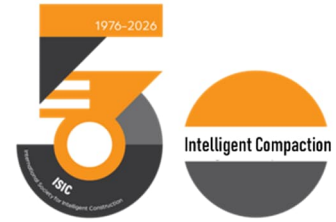


# IC-50 Articles – No. 05-02

## 解析智能压实之二：补充——填筑体的性能指标及内在联系（2）

作者：徐光辉



### 2. 如何获取这四个性能指标

刚度在这四个指标中是相对容易获取的。无论是回弹模量  $E$ ，二次变形模量  $E_{v2}$ ，还是地基反应模量  $K_{30}$ ，它们都是通过平板载荷试验获取的，只是加载方式和数据处理方式不同而已，但也是比较费时费力的。只有动模量  $E_{vd}$  采用轻型落锤弯沉仪（LWD）获取，检测速度比较快，但激发能量较小，仅仅用于过程控制。

另外需要注意的是，平板载荷实验对填料颗粒的粒径是有要求的：粒径不得大于承载板直径的  $1/4$ ，也就是不能大于  $7.5\text{cm}$ 。

强度和稳定性在现场都是不容易通过试验获取的，一般都是利用刚度的相关表达式来间接地表征这两个性能的，如  $E(t)$  的变化幅度代表了稳定性的高低。当然，也可以通过加速加载试验予以确定，但这种试验比较费时费力，其试验设备也非常昂贵，并且试验状态与真正的状态还是有差别的。

对于均匀性，需要获得线路纵向每一点的刚度，这样才能评价力学性能的分布状况。这就意味着要采用连续检测刚度的方法，但基于平板载荷实验的检测方法显然是做不到的，即使采用 FWD，也无法做到连续检测。而利用施工过程中的压路机可以做到连续检测填筑体的刚度，这就是智能压实中的感知技术。

### 3. 四个指标的内在联系

上面谈到的填筑体的四个性能指标，也可以从填筑体功能（或需求，也是设计的目标）的角度得出（所谓功能，就是填筑体所发挥的作用，是性能的外在表现，详见丛书《导论》分册第二章关于系统的论述）。在此基础上，经过分析，还可以发现这四个指标之间存在着内在的联系，联系的纽带就是“刚度”，如图 2 所示。

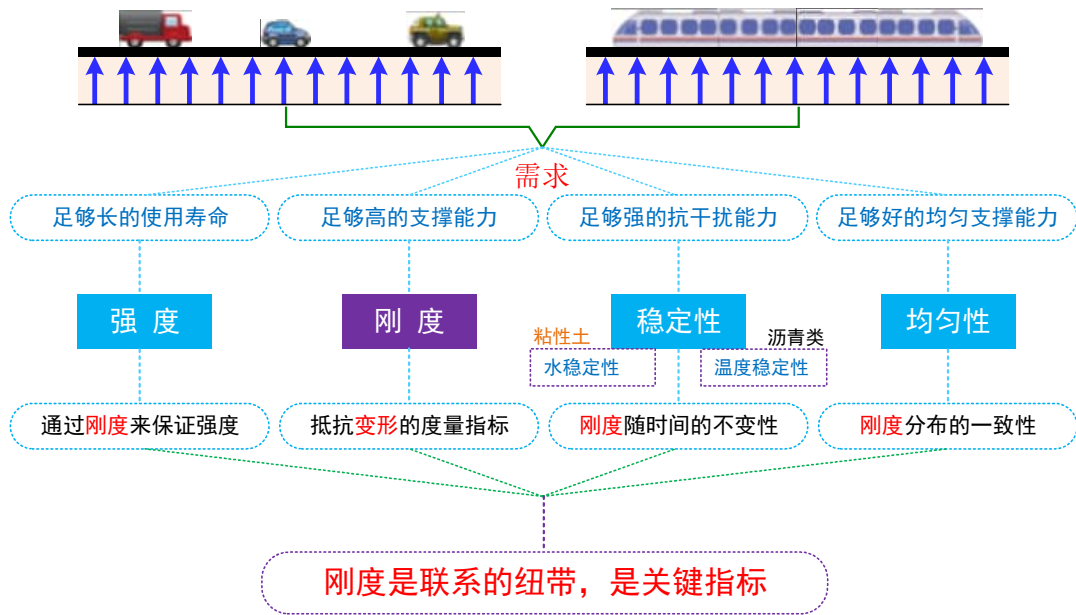


图2 刚度的纽带作用

在强度、刚度、稳定性和均匀性这四个指标中，刚度是保证填筑体支撑交通荷载作用的关键指标，是弹性力学中最重要的物性参数，是力学计算和分析所必须的参数。其它三个指标都可以直接或间接地用与刚度有关的表达式来表征，这是依据它们的物理意义给出的。图3以图示的形式列出了它们之间联系，更方便理解。

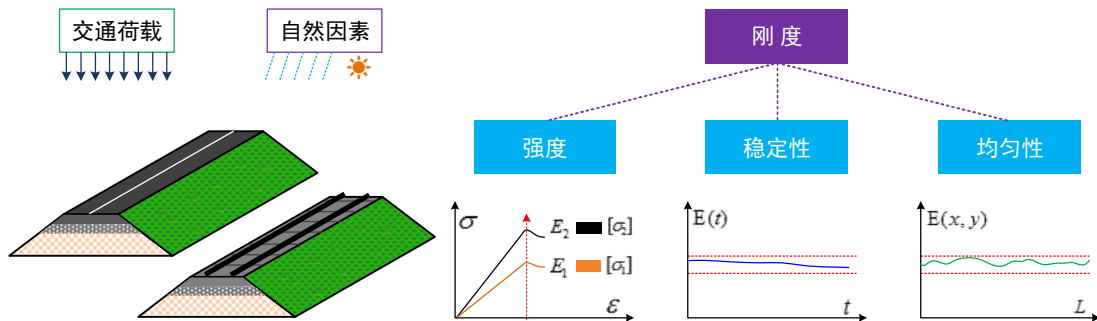


图3 填筑体性能指标之间联系的图示

对于强度，虽然不能直接利用刚度来表征，但实践证明，刚度大的结构体，其强度也高，二者之间大致具有正向关系。对于填筑型结构体，刚度越大，其使用寿命也就越长（对于早期损坏的区域，该处的刚度会变得很差，失去了支撑的能力）。

对于稳定性，其实质就是填筑体在交通荷载和自然环境作用下，其刚度保持不发生显著变化的能力，可以用  $E(t)$  的变化曲线来表征（具体如何表达，可参考丛书《工程控制技术》分册中关于李雅普诺夫稳定性的表述）。在遇到对水和温度敏感的材料时，要增加水稳定性和温度稳定性来保证刚度的稳定性。

对于均匀性，其含义是刚度在平面上分布的一致性，也就是  $E(x, y)$  的变化幅度要保持在一定范围内。原则上，这个刚度的变化范围，应该根据交通荷载对不均匀支撑的允许范围来确定。目前在中国的智能压实标准中，进行了简化处理。

#### 4. 刚度指标的核心地位

通过上述分析，可以看出刚度在填筑体性能指标中的地位。通过刚度的大小，可以间接评估使用寿命；通过刚度随时间的变化程度，可以了解稳定性的大小；通过刚度在平面上的分布信息，可以确定不均匀状况。

因此，只要掌握了填筑体各点的刚度数据以及它随时间的变化信息，便可以对填筑体的力学性能有了一个全面的了解。这也再次说明了刚度指标的重要性。如何全面获取填筑体各点的刚度便成为了一个重点要解决的问题。

#### 5. 如何得到满足需求的填筑体

根据图 2，填筑体要从强度、刚度、稳定性、均匀性四个方面满足（设计）需求，为安全行车提供保证。那么该如何才能让填筑体达到这个目标呢？答案只有一个，那就是选择合适的填料（设计的责任），按照技术要求将填料（散体）修建（碾压）成合格的填筑结构体（施工的责任）。可以概括为：精心设计，科学碾压，严把质量关。