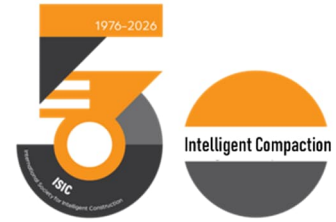


# IC-50 Articles – No. 07-02



## 解析智能压实之四： 补充——振动压实中的“共振学说”辨析（2）

作者：徐光辉



（接上文）

### 3. 填筑型结构体有固有频率吗？

如前所述，固有振动频率存在于能够发生振动的结构系统中，而这种结构系统的几何尺寸都是有限的，这是产生振动的先决条件。

如果结构体的几何尺寸是无限的，一般不会发生振动现象，只有波动现象（振动的传播，详见丛书的《工程中的一维动力学与应用》分册中关于波动的论述）。因此，在结构动力学中有固有频率概念，在弹性动力学（以研究弹性体的波动问题为主）中并没有固有频率的说法，但有波长、波速、波动频率的概念，这三个量都是用来描述振动的传播特征的。

填筑体属于无限长的连续体，并且向地下延伸也是无限的。这也就是意味着在某一处产生振动后（如振动压路机的振动碾压），动应力是向周围传播的，直至无限远处。虽然在其它位置也可以感受到振动，但这是传递过来的振动，而整个填筑体是不会产生振动效应的，自然也就不涉及固有频率的问题了。这是弹性动力学对这个问题的解释。

如果从结构动力学的角度看，可以认为填筑体的质量  $m$  是无限大的，这也就是意味着即使存在固有频率  $\omega_0$ ，其大小也是趋于零的（ $\omega_0 \rightarrow 0$ ）。图 3 为振动压路机振动碾压产生振动效应的示意图，可以帮助理解这个问题。

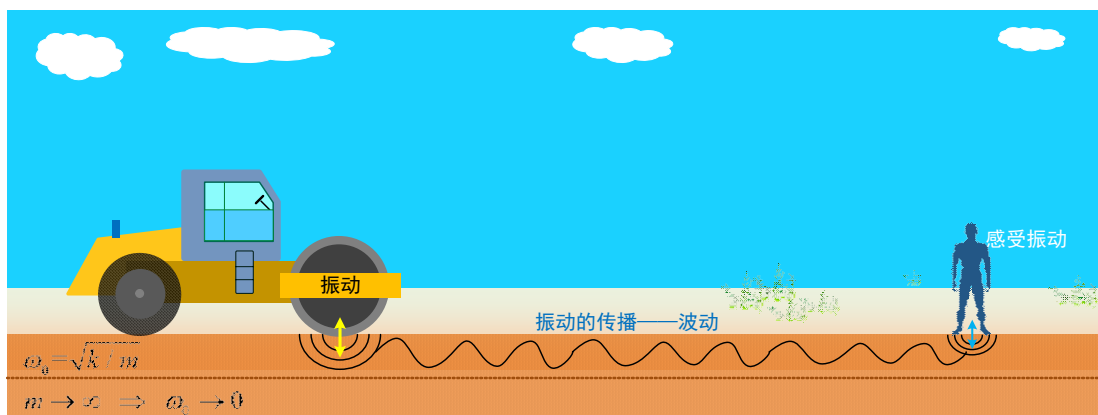


图3 振动碾压产生的波动现象

既然填筑型结构体不涉及固有频率问题，那么也就不存在所谓的“共振学说”了。振动压路机对填筑体的振动作用，只能将振动（动应力）传播至无限远，但不能让整个填筑体振动起来。这个与桥梁（组成为有限尺寸的梁、板）结构能够产生“共振”现象是不一样的（梁、板内也可以产生波动现象，但应力波会在端部反射回来，从而引起振动）。

振动压路机在碾压土石方时的工作频率大约在 25Hz~35Hz，碾压沥青混合料时的工作频率大约在 40Hz~70Hz。这种振动频率显然要高出一般结构体固有频率（如桥梁）很多，显然是不会发生共振现象的。

假设填筑体的长度是有限的（例如 100m），如果固有频率存在，它的值也应该是很低的，无论如何也是达不到 25Hz~35Hz 的，更别说达到 40Hz~70Hz 了。因此，振动压路机在进行振动碾压作业时，不会产生“共振”现象。也就是说，在 25Hz~35Hz 压实力的作用下，整个填筑体是不可能产生共振现象的。

需要注意的是，关于“共振学说”，可能还有一种解释——认为填料中的颗粒在振动压路机作用下会产生共振现象，从而提高了压实效果。从理论上讲，填料中的某些颗粒存在发生共振的可能性，这就要看这些颗粒的固有频率是否与压路机的振动频率一致了（还要看颗粒所处的位置有无自由运动的空间）。但如何让压路机的振动频率与各种颗粒的固有频率相一致，涉及到颗粒的振动问题。这是一个很复杂的问题，下面进行简单的讨论。

#### 4. 颗粒的固有频率

根据前面介绍的知识，决定颗粒固有频率的因素是质量和刚度，其中质量就是颗粒的大小，刚度则取决于它与周边颗粒的接触状态（与压实程度有关），还与颗粒形状、大小和所处位置都有关系。下面考察一个颗粒的运动情况。

在振动荷载作用下，颗粒的质量（ $m$ ）可以保持不变（在不被压碎的情况下），但它与周边颗粒之间的接触关系却时刻都在变化着，这也就意味着它的固有频率（ $\omega_0$ ）也是处于变化中的，如图 4 所示。

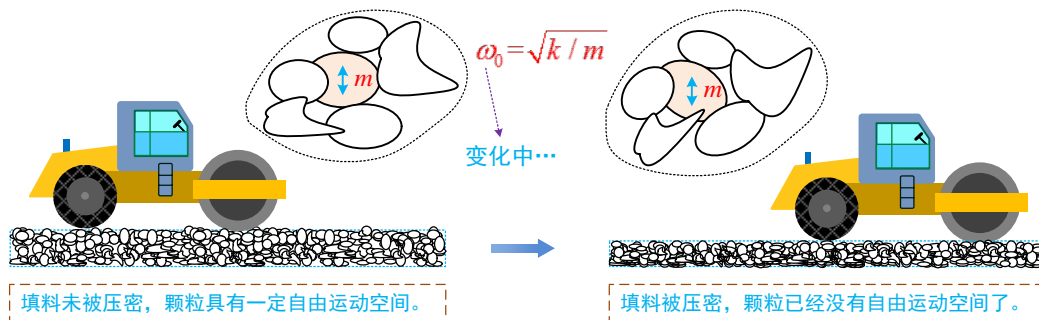


图4 变化中的颗粒固有频率

填筑体中颗粒的数量是巨大的，大小和形状是多变的，相互之间的接触关系是不固定的，运动状态是复杂的。这些条件决定了每一个颗粒的固有频率都有可能是不相同，并且还会随压实力的大小而发生变化。这种情况差不多出现在所有填料中。

因此，让压路机的振动频率与个别颗粒的固有频率相一致、发生共振是可能的（还要看压实状态，如果颗粒没有自由运动空间，即使发生共振，其效果也是很差的），但让压路机的振动频率与所有颗粒的固有频率相一致几乎是不可能的，这也就意味着基本上不存在所谓的颗粒共振问题了（对于粗粒料，如果其中的细

料具有一定的自由运动空间，其振幅可能会大一些，有利于进入到粗料形成的骨架中，具体还要看颗粒组成和级配)。

虽然振动压路机的压实效果并不是由于“共振”产生的，但振动压实的效果确实要比静力压实的效果好许多，如何解释这个问题，请看后续文章的分析。

题外话——实际上，对于填筑体的研究，都是基于统计力学方法的——只看所有颗粒相互作用的宏观统计结果。这种统计结果就是填筑体的性能指标，它们表征了内部颗粒之间相互作用的结果，[参见前面的文章](#)。

(全文完)