

地震波的影响及防护

郭锐娥

陕西戎熙天安工程项目管理有限公司 陕西 西安 710000

摘要: 地震波是指从震源产生向四周辐射的弹性波。地震波按传播方式分为三种类型:纵波、横波和面波。纵波是推进波,破坏性较弱;横波是剪切波,使地面发生前后、左右抖动,只能在固体中传播。面波是由纵波与横波在地表相遇后激发产生的混合波,是造成建筑物强烈破坏的主要因素。

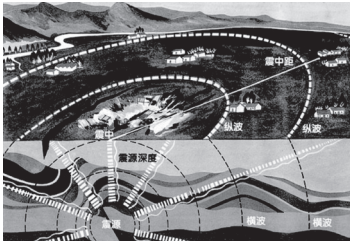
关键词: 地震波;传播方式;波动方程;防护措施

Abstract: The seismic wave is the elastic wave generated from the source to the surrounding radiation. Seismic waves are divided into three types according to the mode of transmission: longitudinal wave, transverse wave and surface wave. The longitudinal wave is the advancing wave and affect weak. The shear wave is the shear wave, and makes the ground shake left and right. It only can spread in the solid. The surface wave is a mixed wave generated by the excitation of the longitudinal wave and the transverse wave on the surface of the earth, which is the main factor to cause the building to be destroyed.

Key words: seismic wave transmission mode wave equation protective measures

一、前言

地震波是一种由地震震源发出的在地球内部传播的波,至今为止,人们对地球内部的认识主要来自地震学,因为人们不能直接到达地球内部,只能靠地震激发的地震波来研究它。当地震发生时,从震源辐射出各种类型的波,有些波通过地球内部传播,有些沿着表面传播,都对建筑物及人类带来了一定的破坏作用,必须采取必要的防护措施。



二、地震的发生原理及种类

(一) 地震发生的原理

地震波是由地震震源发出的在地球介质中传播的弹性波。地球内部存在着地震波速度突变的基干界面、莫霍面和古登堡面,将地球内部分为地壳、地幔和地核三个圈层。地震发生时,震源区的介质发生急速的破裂和运动,产生的巨大扰动构成一个波源,依靠地球介质的连续性,这种波动就向地球内部及表层各处传播开去,形成了连续介质中的弹性波,从而就发生了地震。

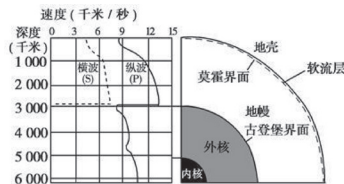
(二) 地震波的种类

地震波是质点振动在地质介质中的传播。地震波的种类很多,最基本的包括体波和面波,体波可以在无限介质体内传播,而面波只沿连续介质的界面传播。

1. 体波按传播方式分为两种类型:纵波(P波)、横波(S波)。

纵波是推进波,地壳中传播速度为5.5~7千米/秒,最先到达震中,又称P波(primary或pressure),它使地面发生上下振动,破坏性较弱。横波在地壳中的传播速度为3.2~4.0千米/秒,第二个到达震中,又称S波,它使地面发生前后、左右抖动,破坏性较强,但只能在固体中传播。震区的人们会先感到

轻微的上下摇晃,过一段时间后才能感到剧烈的左右摇晃。



地震波速度及地球内部构造

2. 面波又称L波,是由纵波与横波在地表相遇后激发产生的混合波,其波长长、振幅强,只能沿地表面传播,是造成建筑物强烈破坏的主要因素。

在没有边界的均匀无限介质中,只有P波和S波存在,它们可以在三维空间中向任何方向传播,所以又叫做体波。但地球是有限的,有边界的。在界面附近,体波衍生出另一种形式的波,它们只能沿着界面传播,只要离开界面即很快衰减,这种波称为面波。其特点与横波近似,但速度更慢,在地壳中波速为每秒3公里,振幅往往很大,振动周期较长,只能沿地表面传播。它实际上是体波在地表衍生而成的次生波,如果地震非常强烈,面波可能在震后围绕地球运行数日。而且面波的传播较为复杂,既可以引起地表上下的起伏,也可以对地表做横向的剪切,其中剪切运动对建筑物的破坏最为强烈。面波的振幅和频率都大于横波,所以破坏力比横波纵波都大,波速小于横波。

面波包括瑞雷波和乐甫波两种类型。瑞雷波传播时,质点在波的传播方向和自由面法向组成的平面内作椭圆运动,而与该平面垂直的水平方向没有震动,它也在地面上呈滚动形式。乐甫波只是在与传播方向相垂直的水平方向运动,即地面水平运动或者说在地面上呈蛇形运动形式。

综上所述,地震波的传播以纵波最快,横波次之,面波最慢。所以在地震记录图上,纵波最先到达,横波到达较迟,面波在体波之后到达。当横波或面波到达时地面震动才趋于猛烈。一般认为地震动在地表面引起的破坏力主要是S波和面波的水平 and 竖向震动。

三、地震波波动方程的推导

下面以P波为例推导其波动方程。P波又称纵波、压缩

波或无旋波等。P波的特点是介质的振动方向与波的传播方向平行，P波只产生拉伸和压缩，而不产生旋转。根据P波的这个特点，介质的位移场应满足以下关系

$$\left. \begin{aligned} \Omega_x &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) = 0 \\ \Omega_y &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \right) = 0 \\ \Omega_z &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (1.2.1)$$

式中 $\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z$ 分别为介质微元体绕 x, y, z 轴的旋转分量，根据这一条件介质的位移应取为

$$\left. \begin{aligned} u &= \frac{\partial \phi}{\partial x} \\ v &= \frac{\partial \phi}{\partial y} \\ w &= \frac{\partial \phi}{\partial z} \end{aligned} \right\} \quad (1.2.2)$$

式中 $\phi = \phi(x, y, z)$ 是位移函数。将式(1.2.2)代入(1.2.1)可以证明由此确定的位移场满足无旋条件。

由下式(1.1.3)、(1.1.4)和上式(1.2.2)进行推导

$$\Theta = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z \quad (1.1.3)$$

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y &= \frac{\partial v}{\partial y} \\ \varepsilon_z &= \frac{\partial w}{\partial z} \\ \gamma_x &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \\ \gamma_y &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \\ \gamma_z &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1.1.4)$$

可得到体积应变 Θ 与位移函数 ϕ 的关系

$$\Theta = \nabla^2 \phi \quad (1.2.3)$$

将式(1.2.2)和式(1.2.3)代入波动方程(1.1.5)

$$\left. \begin{aligned} \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= (\lambda + \mu) \frac{\partial \Theta}{\partial x} + \mu \nabla^2 u \\ \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} &= (\lambda + \mu) \frac{\partial \Theta}{\partial y} + \mu \nabla^2 v \\ \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} &= (\lambda + \mu) \frac{\partial \Theta}{\partial z} + \mu \nabla^2 w \end{aligned} \right\} \quad (1.1.5)$$

可以证明，如果位移函数 ϕ 满足方程

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = c_p^2 \nabla^2 \phi \quad (1.2.4)$$

则有位移函数 ϕ 确定的位移场 u, v, w 满足波动方程。上式(1.2.4)中

$$c_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad (1.2.5)$$

对式(1.5.4)的两边分别对坐标 x, y, z 求偏导，并考虑式(1.5.2)也可以得到P波的位移分量所满足的波动方程

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= c_p^2 \nabla^2 u \\ \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} &= c_p^2 \nabla^2 v \\ \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} &= c_p^2 \nabla^2 w \end{aligned} \right\} \quad (1.2.6)$$

以上分析表明，P波的三位波动方程仅由一个参数 c_p 控制， c_p 是P波的传播速度。下面给出简要的证明。假设波动是一维的，传播方向平行于 x 轴。由于质点的振动方向与P

波的传播方向平行，因此，位移分量为

$$\left. \begin{aligned} u &= u(x, t) \\ v &= 0 \\ w &= 0 \end{aligned} \right\}$$

上式代入式(1.2.6)，得到一维P波的波动方程

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c_p^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (1.2.7)$$

这是一位维标准波动方程。

四、地震时的防护措施

由地震波的性质特点我们可以得到很多在地震灾害中合理避震的启发，纵波先到达震区之后会对震区房屋造成竖直颠簸，对于抗震级数不够的建筑物，竖直颠簸会直接破坏建筑的内部结构，破坏性比横波强烈得多。虽然，震中之外的地方，横波比纵波来得慢，纵波震松了建筑结构，可能并没有造成坍塌。可是横波到来时，已经震松了的建筑结构，在水平晃动下就有极大的可能会倒塌，这就是余震比主震级数低，破坏力却更大的主要原因。通常主震到余震之间有一定的时间，如果能够抓紧这段时间，撤离建筑物，到空旷的地方去，才能更大可能的减少地震中的人员伤亡。

地震一旦发生，首先要保持清醒、冷静的头脑，及时判别震动状况，千万不可在慌乱中跳楼，这一点极为重要。其次，可躲避在坚实的家具下，或墙角处，亦可转移到承重墙较多、开间小的厨房、厕所去暂避一时。因为这些地方结合力强，尤其是管道经过处理，具有较好的支撑力，抗震系数较大。震时可根据建筑物布局和室内状况，审时度势，寻找安全空间和通道进行躲避，减少人员伤亡，维持生命。如果被埋在废墟下的时间比较长，救援人员未到，或者没有听到呼救信号，就要想尽一切办法维持自己的生命，等待救援。

地震发生时，高层建筑物的玻璃碎片和大楼外侧混凝土碎块、以及广告牌及霓虹灯架等，可能掉下伤人，因此在街上走时，最好将身边的皮包或柔软的物品顶在头上，无物品时也可用手护在头上，尽可能作好自我防御的准备，要镇静，应该迅速离开电线杆和围墙，跑向比较开阔的地区躲避。

五、结束语

地震波是一种由天然地震或通过人工激发的地震而产生的弹性振动波，在地球中由介质的质点依次向外围传播的形式。借助研究地震波我们得以了解到地壳一下的地形构造，也使得我们进一步地了解地震波，从而使人类在遭受地震袭击时把伤害减小到最少。

作者简介：郭锐娥(1981.1—)，女，汉，陕西省咸阳市，陕西戎熙天安工程项目管理有限公司，本科，工程师，研究方向：房屋建筑工程

参考文献：

- [1][美] Peter M. Sheater 著，陈章立译《地震学引论》，地震出版社 2008.2
- [2] 罗运先，赵宪生，吴雄英，郭大江；地震波速度的纵、横向变化分析[J]；成都理工大学学报(自然科学版)；2005年05期
- [3]《关于地震波的几点认识》作者：赵德庆
- [4]《工程抗震学》作者：沈聚敏