

岩土勘察中地震效应问题的研究

史卫国 林志伟

中国能源建设集团山西省电力勘测设计院有限公司 山西 太原 030001

摘要: 本文对岩土勘察中地震效应问题的研究进行了综述和归纳。首先介绍了目前常用的地震监测技术,如地震计、加速度计和速度计等设备的应用,以及地震波传播的计算方法和模拟技术,如地震波传播计算、动力响应与结构分析等。介绍了地下水位观测与分析的重要性,以及地震波对地下水的影响和地下水的涌出、下降等现象。总结了岩土勘察中地震效应问题的未来发展方向,包括高精度地震监测技术、多物理场耦合研究、多尺度模拟与试验研究以及动力参数的精确测定等。

关键词: 岩土勘察; 地震效应;

1 岩土勘察中地震效应的分类与特点

1.1 岩土勘察中地震效应的分类

岩体震动效应,地震震动会引起岩体的振动,主要表现为岩石的位移、加速度和速度等参数的变化。这种效应会导致岩体的动力响应和损伤,如岩石的裂隙扩展、坡面滑移等。地基土动力效应:地震震动会引起地基土的振动,进而传递到建筑物或其他工程结构中。地基土动力效应的特点是振动频率相对较低,可能引起土体的液化、动摩擦增大、孔隙水压力增加等现象,从而对结构的稳定性产生影响。地下水位变化效应:地震震动会引起地下水位的变化,主要表现为水位的升降或波动。这种效应可能导致地下水的涌出、水位下降或井水混浊等现象,从而对井筒和地下工程的稳定性产生影响^[1]。斜坡和边坡效应:地震震动可能导致斜坡和边坡的稳定性变化,主要表现为边坡的裂隙扩展、滑坡、崩塌等现象。这种效应的特点是地震震动会引起土体体积的变化,进而导致边坡的变形与破坏。岩土勘察中的地震效应主要包括岩体震动效应、地基土动力效应、地下水位变化效应和斜坡、边坡效应。对于工程建设来说,合理评估和控制这些地震效应对结构安全的影响非常重要。

1.2 地震效应的特点

(1) 结束都非常迅速,通常只持续几秒到几分钟。这种特点使得地震效应往往是突然而剧烈的,对结构和地质环境造成的影响也很快出现。(2) 多源性:地震震源通常是地壳中岩石断裂面上的摩擦滑动引起的。由于地壳中存在众多构造断裂带,地震震源的位置和强度是多样的。不同地震的震源深度、规模、方向和传播路径等因素会导致地震效应的差异。(3) 频谱特性:地震震动具有宽频带特性,包含了各种频率的振动分量。不同频率的振动对结构和地质环境的影响效果不同。低频

地震震动对大型结构的稳定性和地下工程的液化影响较大,而高频地震震动对小型结构的破坏性较强。(4) 非线性性:地震因为其强烈的动力作用,会引起土体和岩体的非线性反应。这包括土体的液化、动摩擦增大、岩石的破碎和位移等现象。非线性效应使得地震震动对工程结构的破坏具有不确定性和复杂性。(5) 累积性:地震活动是一个持续的过程,地震事件之间是有一定时间间隔的。然而,地震震动的影响往往是累积的,长期以来积累的地震能量都有可能在一次地震中释放,导致更大的破坏。

2 地震效应对岩土勘察的影响

2.1 地震引起的地表震动参数分析

地震效应对岩土勘察具有重要影响,地震震动参数分析:地震震动的强度、频率和瞬态特性是岩土勘察中必须考虑的因素。通过对地震波资料的分析,可以获得地震震动的峰值加速度、峰值速度、峰值位移和频谱特性等参数,为工程设计提供重要的基础数据。岩体动力响应分析:地震震动会引起岩体的动力响应,影响岩体的稳定性和工程结构的安全性。通过对岩体的动力响应进行分析,可以评估岩体的震动响应特性,如最大位移、最大加速度等,进而预测岩体的破坏和变形情况。地基土液化评估:地震震动对地基土的液化影响是岩土勘察中的重点内容之一。地震引起的振动波导致地基土体的应力状态发生变化,会导致地下水压力的增加,从而引发土体的液化现象。通过对地基土的液化潜力和液化程度的评估,能够为土木工程的设计和施工提供重要的指导。斜坡与边坡稳定性分析:地震震动对斜坡和边坡的稳定性也有重要影响。地震引起的地表震动波能够诱发斜坡和边坡的滑动、崩塌等破坏现象。通过对斜坡和边坡的地震稳定性进行分析,可以得出地震引起的最

大滑动位移、最大动应力等参数，以评估斜坡和边坡的安全性。地震效应对岩土勘察的影响主要表现在地震震动参数分析、岩体动力响应分析、地基土液化评估和斜坡与边坡稳定性分析等方面。充分了解地震效应的影响，可以为土木工程设计和地震灾害防护提供科学依据。

2.2 地震动对岩土工程的影响分析

地震动对岩土工程具有重要的影响，地基土动力特性变化：地震动会引起地基土的振动，导致土体内部颗粒之间的相互作用发生变化。这种变化可能导致土体的动摩擦特性增加、剪切强度降低、孔隙水压力增大等，进而影响土体的力学性质和稳定性。土体液化现象：地震动会引发地基土的液化现象，即土体在震动作用下失去自身的结构强度，以液态方式流动。液化土壤的出现会导致土体的强度明显减小甚至完全丧失，给岩土工程的稳定性和安全性带来极大的威胁。建筑物的动力响应：地震动会引起建筑物的振动，对其结构安全性产生直接影响。地震动引起的振动会导致建筑物发生变形、裂缝扩展、结构局部破坏甚至全体破坏。因此，在岩土工程中设计和评估建筑物的抗震能力是非常重要的。斜坡和边坡的稳定性：地震动引起的地震震动会对斜坡和边坡的稳定性产生显著影响。地震动会导致边坡土体的动力变形和破坏，进而引发滑坡、崩塌等灾害。因此，对斜坡和边坡的抗震稳定性评估是岩土工程中的重要工作^[2]。

2.3 地震引起的土壤液化问题

地震引起的土壤液化是一种常见的地震灾害，特指在地震发生时，由于地震动的作用，本来固体的土壤变成液态，失去了承载能力，无法维持结构的稳定。这种现象主要发生在含有饱和水分的细粒土壤层或高含水量的砂土中。土壤液化是由于地震动引起的振动波能量传递至土壤中，使土层下部的地下水位上升，土壤颗粒间的各种力的平衡被破坏，土体的固结结构被破坏，导致土壤失去抗剪强度，表现出液态流动的特性。土壤液化在地震发生后会给工程结构带来严重的危害。当土壤发生液化时，地基的承载力会急剧降低，导致建筑物的沉降、倾斜甚至倒塌。此外，土壤液化还可能引发地面沉降、地面裂缝、地下管线破坏等问题。地震引起的土壤液化问题是岩土工程中需要关注的重要问题。合理评估土壤液化风险、采取相应的防护措施，能够有效提高工程的稳定性和抗震能力。

3 岩土勘察中的地震效应研究方法与技术

3.1 地震监测技术在勘察中的应用

岩土勘察中的地震效应研究需要采用一系列的方法与技术，以确保对地震效应的准确评估和有效控制。地

震监测与数据采集：通过地震监测设备，如地震计、加速度计和速度计等，对地震震动进行实时监测和数据采集。这些设备可以记录地震波的振幅、频率、持续时间等参数，为地震效应分析提供准确的数据支持。地震波传播计算：利用地震波传播理论和数值模拟方法，对地震波在不同介质中的传播路径、速度和衰减规律进行计算。这种方法可以模拟地震波在不同岩土体中的传播情况，揭示地震波传播对结构和地质环境的影响。动力响应与结构分析：通过动力响应与结构分析方法，研究地震动对建筑物和地下工程的影响。这包括采用地震反应谱分析、模态分析和有限元分析等方法，模拟建筑物在地震作用下的动力响应和变形，评估结构的抗震能力。地基土力学试验：通过地基土力学试验，研究地震动对地基土体的动力响应和变形特性。例如，进行动力三轴试验、动剪试验、液化试验等，获取土体的抗剪强度、剪切模量和液化特性等参数。地下水位观测与分析：地下水位变化是地震效应的重要表现之一。通过地下水位的监测和分析，可以评估地震对地下水位的影响和地下水的涌出、下降等现象，为工程设计和施工提供参考依据。岩土勘察中的地震效应研究需要借助地震监测、地震波传播计算、动力响应与结构分析、地基土力学试验以及地下水位观测与分析等一系列方法与技术。这些方法

3.2 应力波传播特性的研究

应力波传播特性的研究是岩土工程中的重要内容，对于了解地震波在岩土体中的传播规律、评估岩土体的动力响应以及预测地震灾害具有重要意义。波速与频率特性：应力波传播速度与波长、频率有关，不同岩土体对应力波具有不同的传播速度和频率特性。通过实验和数值模拟，可以研究不同岩土体的波速与频率特性，了解应力波在岩土体中的衰减和传播规律。应力波的反射与折射：当应力波遇到介质界面时，会发生反射与折射现象。研究应力波的反射与折射特性，可以预测在不同岩土体层间的能量分布和波动形态，对地下工程中的波动传播情况进行模拟和分析。散射与衍射：应力波在遇到介质非均匀性等障碍物时，会发生散射与衍射现象，引起其传播方向和波形的变化。通过研究散射与衍射特性，可以了解岩土体中的波动扩散程度和尺度，对应力波的传播路径和能量耗散进行分析^[3]。色散：应力波的频率与波速之间存在关系，不同频率的应力波在传播中会有不同的速度。这种现象被称为色散效应。研究色散特性可以了解应力波的频率成分对传播速度的影响，对频率分析和地震波动模拟有重要意义。能耗与衰减：应力波在岩土体中的传播过程中会发生能量耗散和衰减。

研究能耗与衰减特性可以评估应力波的能量损失情况,进一步了解岩土体的能耗性质和阻尼效应,在工程设计和地震灾害评估中起到重要作用。通过对应力波传播特性的研究,可以更好地理解地震波在岩土体中的传播规律,并对其影响下的地下工程结构、岩土体稳定性以及地震灾害进行预测和评估。同时,这些研究结果也为地震波传播模拟、地震地质调查和岩土工程设计提供重要的科学依据和技术支持。

3.3 地震效应下岩土模型试验研究

地震效应下的岩土模型试验研究是岩土工程中常用的手段,通过搭建缩小比例的岩土体模型,在受到地震动力激励时模拟真实工程的地震响应。这种试验研究可以更加直观地观察和分析岩土体在地震作用下的变形、破坏和液化等情况,为实际工程的设计和抗震能力评估提供重要依据。在地震模型试验中,首先需要根据实际工程的情况,设计并搭建合适的岩土体模型。通常采用缩小比例的模型,模拟真实工程的岩土体结构,包括地基土层、构筑物、地下水位等要素。模型的设计和制作须考虑岩土体的真实力学性质、几何尺寸比例以及材料选择等。常见的方法是利用振动台设备,在模型的基座上施加地震波动力,并控制地震波的频率、振幅和持续时间等参数。通过逐渐增加地震波动力的大小,观测和记录模型的动力响应,如位移、应力、变形等数据。在试验过程中,需要通过应变计、加速度计、压力计等传感器进行数据采集,并使用高速摄像技术记录模型的变形过程。通过对数据的分析和处理,可以评估和探究岩土体模型在地震效应下的动力行为、力学特性和耗能机制等。岩土模型试验研究有助于深入理解地震效应对工程的影响,并为岩土工程的设计和改进行提供可靠依据。

4 岩土勘察中地震效应问题的未来发展方向

岩土勘察中地震效应问题的未来发展方向将朝着几个方面发展:第一,高精度地震监测技术:随着科技的进步,地震监测技术将更加精确和高效。未来的发展方向包括开发更灵敏、更高分辨率的地震监测设备,提高地震波数据的采集速度和精度,以便更准确地了解地震波的传

播特性和对岩土体的作用。第二,多物理场耦合研究:岩土体在地震作用下受到多个物理场的耦合影响,例如地震波的传播、地下水的流动和土体的变形等^[4]。未来的研究将更加注重新多物理场的综合研究,探索各种物理场之间的相互作用和影响机制,以更好地理解地震效应问题。第三,多尺度模拟与试验研究:未来的研究将注重新多尺度的模拟和试验研究,从微观到宏观,从实验室尺度到场地规模,综合分析和研究地震效应问题。通过建立多层次的模型和试验平台,探索岩土体在不同尺度下地震作用下的响应规律。第四,岩土体动力参数的精确测定:岩土体的动力参数对于地震效应的分析和预测至关重要。未来的发展方向包括开发更精确、更便捷的测试方法和设备,以准确测定岩土体的动力参数。同时,也需要加强对动力参数与岩土体特性之间关系的研究,为地震效应分析提供更可靠的参数输入。

结束语

未来的发展方向包括高精度地震监测技术、多物理场耦合研究、多尺度模拟与试验研究以及动力参数的精确测定等。这些研究方向将为地震效应问题提供更深入、准确和可靠的研究基础,推动岩土工程在地震灾害防控方面的发展和进步。通过不断深化和完善岩土勘察中地震效应的研究,可以有效提升工程的抗震能力,保护人民生命财产安全,推动可持续发展的进程。

参考文献

- [1]张华磊.李永乐.岩土勘察中地震效应问题研究现状[J].地震工程学报.2021.43(3):650-656.
- [2]王建新.岩土勘察中地震效应问题的分析与应用[J].防灾减灾工程学报.2021.41(1):83-89.
- [3]杨新.岩土勘察中地震效应问题的研究进展与展望[J].地球物理学进展.2021.36(2):648-654.
- [4]王静.岩土勘察中地震效应的数值模拟方法研究[D].北京:中国地质大学.2021.
- [5]李鹏飞.岩土勘察中地震效应的影响因素与预测模型研究[J].岩石力学与工程学报.2021.40(增刊1):3586-3593.