(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110442943 B
(45)授权公告日 2021.02.02

(21)申请号 201910687239.3
(22)申请日 2019.07.29
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110442943 A
(43)申请公布日 2019.11.12
(73)专利权人 中国科学院力学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号
(72)发明人 吴梦喜
(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理事务所(普通合伙) 11390
代理人 胡剑辉
(51)Int.Cl.
G06F 30/13(2020.01)
G06F 30/23(2020.01)
G06F 113/08(2020.01)
G06F 119/14(2020.01)

(56)对比文件
CN 109376429 A,2019.02.22
CN 109992900 A,2019.07.09
董存军.考虑渗流效应的大型土石围堰稳定性研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技Ⅱ辑》.2013,(第3期),第C037-42页.
Shun Wen Ji 等.Analysis of stress and deformation of rockfill and concrete face for high concrete face rockfill dam.《Applied Mechanics and Materials》.2014,第638-640卷第731-734页.

审查员 张蕾

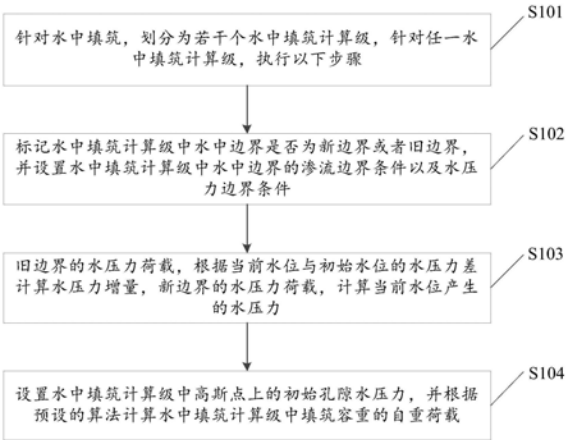
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

填筑体应力变形有限元计算中水中填筑仿真的方法、装置

(57)摘要

本发明实施例涉及一种填筑体应力变形有限元计算中水中填筑仿真的方法、装置,所述方法包括:针对水中填筑,划分为若干个水中填筑计算级,针对任一水中填筑计算级,执行以下步骤:标记水中填筑计算级中水下边界是否为新边界或者旧边界,并设置水中填筑计算级中水下边界的渗流边界条件以及水压力边界条件;旧边界的水压力荷载,根据当前水位与初始水位的水压力差计算水压力增量,新边界的水压力荷载,计算当前水位产生的水压力;设置水中填筑计算级中高斯点上的初始孔隙水压力,并根据预设的算法计算水中填筑计算级中填筑容重的自重荷载。



CN 110442943 B

1.一种填筑体应力变形有限元计算中水中填筑仿真的方法，其特征在于，所述方法包括：

针对水中填筑，划分为若干个水中填筑计算级，针对任一填筑计算级，执行以下步骤：

标记计算级中边界是否为新边界或者旧边界，并设置填筑计算级中水下边界的渗流边界条件以及水压力边界条件；

旧边界的水压力荷载，根据当前水位与初始水位的水压力差计算水压力增量，新边界的水压力荷载，计算当前水位产生的水压力；

设置计算级中填筑单元高斯点上的初始孔隙水压力，并根据预设的算法计算当前级填筑单元的自重荷载。

2.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

判断上一计算级中的水下边界，是否因本计算级的填筑而消失。

3.根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

针对因本计算级的填筑而消失的上一计算级的水下边界，在原边界上反向施加对作用于该边界上对应于当前计算级的初始上游或下游水位的水压力。

4.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，设置水中填筑计算级中水下边界的渗流边界条件以及水压力边界条件，包括：

根据水中填筑计算级中新的边界状况，设置水中填筑计算级中水下边界的渗流边界条件以及水压力边界条件。

5.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，设置水中填筑计算级中填筑形成单元的高斯点上的初始孔隙水压力，包括：

设置计算级中填筑形成单元的高斯点上的初始孔隙水压力为填筑饱和度所对应的吸力的负值。

6.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，根据预设的算法计算水中填筑计算级中填筑容重的自重荷载，包括：

根据湿容重计算水中填筑计算级中填筑容重的自重荷载。

7.一种填筑体应力变形有限元计算中水中填筑仿真的装置，其特征在于，所述装置包括：

计算级划分模块，用于针对水中填筑，划分为若干个水中填筑计算级；

边界标记模块，用于针对任一计算级，标记水下边界是否为新边界或者旧边界；

条件设置模块，用于针对任一水中填筑计算级，设置计算级中水下边界的渗流边界条件以及水压力边界条件；

第一计算模块，用于针对任一计算级，旧边界的水压力荷载，根据当前水位与初始水位的水压力差计算水压力增量，新边界的水压力荷载，计算当前水位产生的水压力；

压力设置模块，用于针对任一填筑计算级，设置水中填筑计算级中高斯点上的初始孔隙水压力；

第二计算模块，用于针对任一计算级，根据预设的算法计算计算级中填筑容重的自重荷载。

8.根据权利要求7所述的装置，其特征在于，所述装置还包括：

判断模块，用于针对任一计算级，判断上一计算级中的水下边界，是否因本级填筑而消

失。

9.根据权利要求8所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

边界处理模块,针对因本计算级填筑而消失的上一计算级的水下边界,在原边界上反向施加对应于当前水中填筑计算级初始上下游水位的水压力。

10.根据权利要求7所述的装置,其特征在于,所述条件设置模块具体用于:

根据水中填筑计算级中新的边界状况,设置水中填筑计算级中水下边界的渗流边界条件以及水压力边界条件。

填筑体应力变形有限元计算中水中填筑仿真的方法、装置

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及土木工程、岩土工程、水利水电工程中大坝与围堰等工程的技术领域，尤其涉及一种填筑体应力变形有限元计算中水中填筑仿真的方法、装置。

背景技术

[0002] 大坝、围堰等构筑物在设计阶段，通常需要进行应力变形仿真计算，以便论证设计的合理性。由于大坝、尤其是围堰存在水中填筑阶段，水中填筑体的边界在填筑过程中不断变化，且在填筑过程中由于水的流动填筑上下游水位可能还存在差异，水位也可能发生变化。而且，水中填筑作为大坝和围堰施工与运行完整过程中的一个环节，需要进行全过程的仿真模拟。

[0003] 相关技术中，一般对于水中填筑，水下采用浮容重计算，水上采用湿容重计算的办法来考虑填筑过程中水对填筑体应力变形的影响。但是填筑过程中填筑体的应力变形仿真难以模拟如此复杂的情况，要对填筑过程中填筑体的应力变形和填筑体中的孔隙水压力的变化过程进行仿真模拟，需要考虑水中的填筑过程及水位变化带来的影响的模拟。

发明内容

[0004] 鉴于此，为解决上述技术问题或部分技术问题，本发明实施例提供了一种填筑体应力变形有限元计算中水中填筑仿真的方法、装置。

[0005] 第一方面，本发明实施例提供了一种填筑体应力变形有限元计算中包含水中填筑过程仿真的方法，所述方法包括：

[0006] 针对包含水中填筑过程的大坝和围堰等构筑物施工和运用全过程，划分为若干个计算级，其中包含水中填筑计算级，针对任一计算级，执行以下步骤：

[0007] 标记每一计算级边界是否为本计算级填筑形成的新边界或者是上一级已经填筑形成旧边界，并设置每一计算级中边界的渗流边界条件以及水压力边界条件；

[0008] 在每一级的有限元计算时，旧边界的水压力荷载，根据该级当前水位与初始水位的水压力差计算水压力增量，新边界的水压力荷载，计算当前水位产生的水压力作为水压力增量；

[0009] 设置每一填筑计算级中高斯点上的初始孔隙水压力，并根据预设的算法计算水中填筑计算级中填筑容重的自重荷载。

[0010] 在一个可能的实施方式中，所述方法还包括：

[0011] 判断水中填筑计算级中上一计算级的水下边界，是否因本计算级的填筑而消失。

[0012] 在一个可能的实施方式中，所述方法还包括：

[0013] 针对在因本填筑计算级填筑而消失的水下边界，在原边界上反向施加对应于当前填筑计算级初始上游或下游水位的水压力。

[0014] 在一个可能的实施方式中，所述设置填筑计算级中边界的渗流边界条件以及水压力边界条件，包括：

[0015] 根据填筑计算级中新的边界状况，设置水中填筑计算级中边界的渗流边界条件以及水压力边界条件。

[0016] 在一个可能的实施方式中，所述设置水中填筑计算级中高斯点上的初始孔隙水压力，包括：

[0017] 设置填筑计算级中填筑单元的高斯点上的初始孔隙水压力为填筑饱和度所对应的吸力的负值，位于水下的高斯点的饱和度等于1，吸力为0。

[0018] 在一个可能的实施方式中，所述根据预设的算法计算水中填筑计算级中填筑容重的自重荷载，包括：

[0019] 根据湿容重(填筑体单位体积的土颗粒和水的总的重量)计算填筑计算级中填筑容重的自重荷载。

[0020] 第二方面，本发明实施例提供一种填筑体应力变形有限元计算中水中填筑仿真的装置，所述装置包括：

[0021] 计算级划分模块，用于针对水中填筑，划分为若干个水中填筑计算级；

[0022] 边界标记模块，用于针对任一水中填筑计算级，标记水中填筑计算级中边界是否为新边界或者旧边界；

[0023] 条件设置模块，用于针对任一水中填筑计算级，设置水中填筑计算级中边界的渗流边界条件以及水压力边界条件；

[0024] 第一计算模块，用于针对任一水中填筑计算级，旧边界的水压力荷载，根据当前水位与初始水位的水压力差计算水压力增量，新边界的水压力荷载，计算当前水位产生的水压力作为水压力增量荷载；

[0025] 初始孔隙水压力设置模块，用于针对任一填筑计算级，设置填筑计算级中高斯点上的初始孔隙水压力；

[0026] 第二计算模块，用于针对任一水中填筑计算级，根据预设的算法计算水中填筑计算级中填筑容重的自重荷载。

[0027] 在一个可能的实施方式中，所述装置还包括：

[0028] 判断模块，用于针对任一填筑计算级，判断填筑计算级中上一计算级的水下边界，是否在本填筑计算级因填筑而消失。

[0029] 在一个可能的实施方式中，所述装置还包括：

[0030] 边界处理模块，用于针对因本填筑计算级的填筑而消失的上一计算级的水下边界，在原边界上反向施加对应于当前填筑计算级初始上下游水位的水压力。

[0031] 在一个可能的实施方式中，所述条件设置模块具体用于：

[0032] 根据水中填筑计算级中新的边界状况，设置水中填筑计算级中水下边界的渗流边界条件以及水压力边界条件。

[0033] 本发明实施例提供的技术方案，根据填筑过程中水位和边界的变化，通过在任一填筑计算级计算时对填筑体边界的孔隙水压力和水压力增量的模拟和设置填筑体单元的初始孔隙水压力，而填筑土体的容重无需区分水上与水下，统一按照湿容重计算自重荷载，实现对水中填筑体复杂的填筑和水位变化过程的渗流与应力变形的仿真模拟。

附图说明

[0034] 为了更清楚地说明本说明书实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本说明书实施例中记载的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0035] 图1为本发明实施例的一种填筑体应力变形有限元计算中水中填筑仿真的方法的实施流程示意图；

[0036] 图2是本发明实施例的一种填筑体应力变形有限元计算中水中填筑仿真的装置的结构示意图。

具体实施方式

[0037] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0038] 为便于对本发明实施例的理解，下面将结合附图以具体实施例做进一步的解释说明，实施例并不构成对本发明实施例的限定。

[0039] 如图1所示，为本发明实施例提供的一种填筑体应力变形有限元计算中水中填筑仿真的方法的实施流程示意图，该方法具体可以包括以下步骤：

[0040] S101，针对水中填筑，划分为水中若干个填筑计算级，针对任一填筑计算级，执行以下步骤：

[0041] 在本发明实施例中，对于水中填筑仿真，划分为若干个水中填筑计算级，计算模拟填筑体的填筑过程和上下游水位变化过程中的渗流和应力变形情况，针对包含水中填筑计算级的任一计算级，执行下述步骤。

[0042] S102，标记水中填筑计算级中水下边界是否为新边界或者旧边界，并设置水中填筑计算级中水下边界的渗流边界条件以及水压力边界条件；

[0043] 针对任一水中填筑计算级，标记水中填筑计算级中水下边界是否为新边界或者旧边界；

[0044] 针对任一水中填筑计算级，判断上一计算级中水下边界，是否在本计算级因填筑而消失；

[0045] 针对任一水中填筑计算级，设置水中填筑计算级中水下边界的渗流边界条件以及水压力边界条件；

[0046] 其中，根据水中填筑计算级中新的边界状况，设置水中填筑计算级中水下边界的渗流边界条件以及水压力边界条件，即在每一级计算时，水下边界的渗流边界条件，水压力边界条件，依据每一级新的边界情况来给定渗流边界条件和计算水压力增量荷载。

[0047] S103，旧边界的水压力荷载，根据当前水位与初始水位的水压力差计算水压力增量，新边界的水压力荷载，计算当前水位产生的水压力作为增量水压力荷载；

[0048] 针对任一计算级，旧边界的水压力荷载，根据当前水位与初始水位的水压力差计算水压力增量，而新边界的水压力荷载，计算当前水位产生的水压力。

[0049] S104，设置水中填筑计算级中高斯点上的初始孔隙水压力，并根据预设的算法计算水中填筑计算级中填筑容重的自重荷载。

[0050] 针对任一水中填筑计算级，在每个水中填筑计算级的第一个计算时步，对每个计算级循环形成方程组的过程中，设置水中填筑计算级中高斯点上的初始孔隙水压力。其中，设置水中填筑计算级中高斯点上的初始孔隙水压力为填筑饱和度所对应的吸力的负值(水中填筑体因为填筑饱和度为1，吸力为0)。

[0051] 而对于水中填筑计算级中填筑容重的自重荷载，根据预设的算法计算。其中，根据湿容重计算水中填筑计算级中填筑容重的自重荷载，即水中填筑计算级中填筑容重采用湿容重(水中填筑体因饱和度为1而等于饱和容重)计算自重荷载。

[0052] 此外，在每个水中填筑计算级的第一个计算时步，对于因本级填筑而消失的上一计算级的水下边界，在原边界上反向施加对应于当前水中填筑计算级初始上下游水位的水压力，即每一计算级的第一个时步计算时，对于因本级填筑而消失的上一计算级的水下边界，在原边界面上反向施加对应于本级初始上下游水位的水压力，来抵消通过填筑界面传来的多于实际的压力增量荷载。

[0053] 通过上述对本发明实施例提供的技术方案的描述，根据填筑过程中水位和边界的变化，通过在任一水中填筑计算级计算时对填筑体边界的孔隙水压力和水压力增量的模拟和设置填筑体单元的初始孔隙水压力，而填筑土体的容重无需区分水上与水下，统一计算自重荷载，实现对水中填筑体复杂的填筑和水位变化过程的渗流与应力变形的仿真模拟。

[0054] 相对于方法实施例，本发明实施例还提供了一种填筑体应力变形有限元计算中水中填筑仿真的装置的实施例，如图2所示，该装置可以包括：计算级划分模块210、边界标记模块220、条件设置模块230、第一计算模块240、压力设置模块250、第二计算模块260。

[0055] 计算级划分模块210，用于针对水中填筑，划分为若干个水中填筑计算级；

[0056] 边界标记模块220，用于针对任一水中填筑计算级，标记水中填筑计算级中水下边界是否为新边界或者旧边界；

[0057] 条件设置模块230，用于针对任一水中填筑计算级，设置填筑计算级中边界的渗流边界条件以及水压力边界条件；

[0058] 第一计算模块240，用于针对任一计算级，旧边界的水压力荷载，根据当前水位与初始水位的水压力差计算水压力增量，新边界的水压力荷载，计算当前水位产生的水压力；

[0059] 初始孔隙水压力设置模块250，用于针对任一填筑计算级，设置高斯点上的初始孔隙水压力；

[0060] 第二计算模块260，用于针对任一填筑计算级，根据预设的算法计算填筑计算级中填筑容重的自重荷载。

[0061] 根据本发明提供的一种具体实施方式，所述装置还包括：

[0062] 判断模块270，用于针对任一水中填筑计算级，判断水中填筑计算级中上一计算级的水下边界，是否因本级填筑而消失。

[0063] 根据本发明提供的一种具体实施方式，所述装置还包括：

[0064] 边界处理模块280，用于针对因本计算级的填筑而消失的上一计算级的水下边界，在原边界上反向施加对应于当前计算级初始上游或下游水位的水压力。

[0065] 根据本发明提供的一种具体实施方式，所述条件设置模块230具体用于：

[0066] 根据任一计算级中新的边界状况，设置计算级的渗流边界条件以及水压力边界条件。

[0067] 专业人员应该还可以进一步意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现，为了清楚地说明硬件和软件的可互换性，在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0068] 结合本文中所公开的实施例描述的方法或算法的步骤可以用硬件、处理器执行的软件模块，或者二者的结合来实施。软件模块可以置于随机存储器(RAM)、内存、只读存储器(ROM)、电可编程ROM、电可擦除可编程ROM、寄存器、硬盘、可移动磁盘、CD-ROM、或技术领域内所公知的任意其它形式的存储介质中。

[0069] 以上所述的具体实施方式，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施方式而已，并不用于限定本发明的保护范围，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

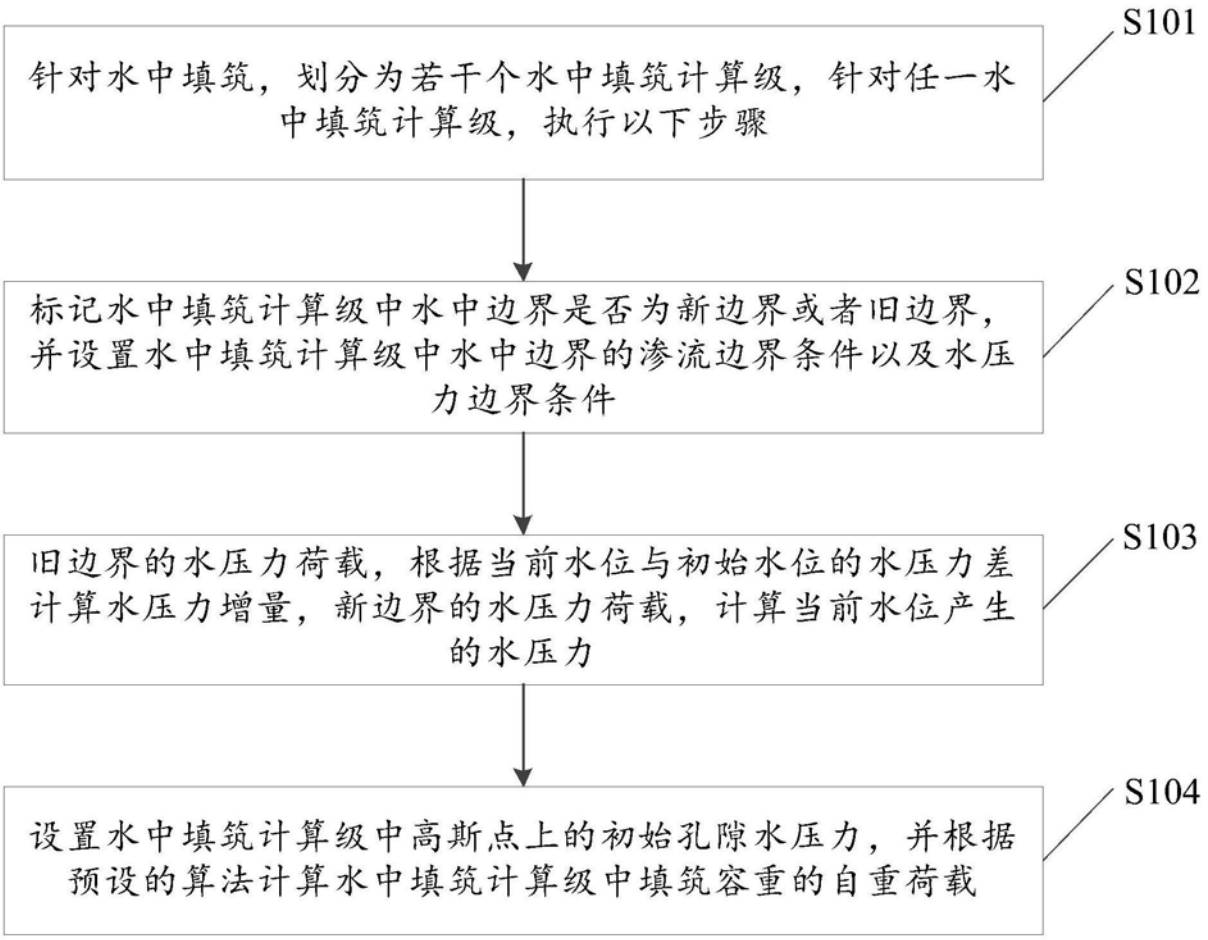

S101
针对水中填筑，划分为若干个水中填筑计算级，针对任一水中填筑计算级，执行以下步骤
S102
标记水中填筑计算级中水中边界是否为新边界或者旧边界，并设置水中填筑计算级中水中边界的渗流边界条件以及水压力边界条件
S103
旧边界的水压力荷载，根据当前水位与初始水位的水压力差计算水压力增量，新边界的水压力荷载，计算当前水位产生的水压力
S104
设置水中填筑计算级中高斯点上的初始孔隙水压力，并根据预设的算法计算水中填筑计算级中填筑容重的自重荷载

图1

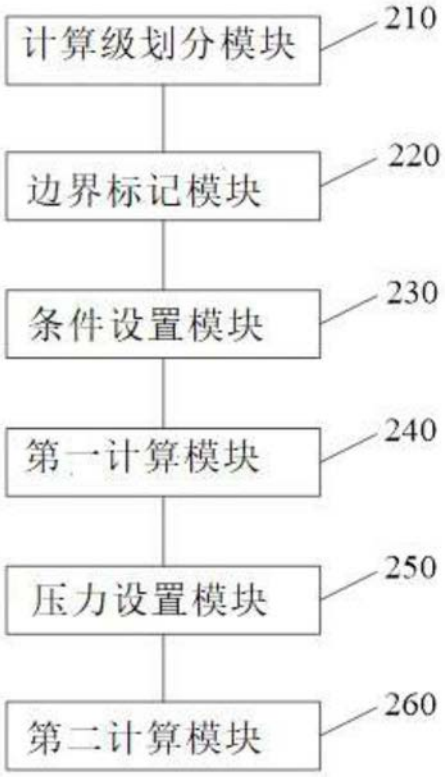

计算级划分模块
210
边界标记模块
220
条件设置模块
230
第一计算模块
240
压力设置模块
250
第二计算模块
260

图2