

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01M 19/00 (2006.01)

G01L 5/00 (2006.01)



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200820223364.6

[45] 授权公告日 2009年11月25日

[11] 授权公告号 CN 201352179Y

[22] 申请日 2008.12.15

[21] 申请号 200820223364.6

[73] 专利权人 西南交通大学

地址 610031 四川省成都市二环路北一段111号

[72] 发明人 何川 张建刚 封坤 余健
兰宇 杨征

[74] 专利代理机构 成都博通专利事务所
代理人 陈树明

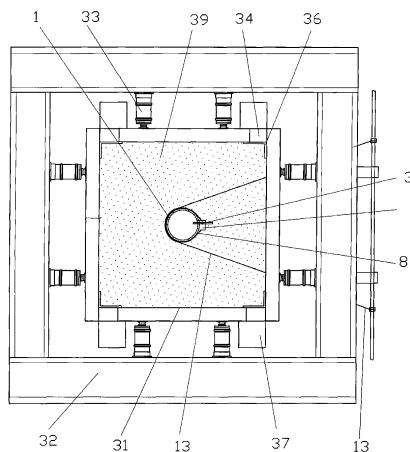
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

[54] 实用新型名称

一种盾构隧道结构模型综合试验装置

[57] 摘要

一种盾构隧道结构模型综合试验装置，其构成是：土层模拟及土压加载装置由钢板围成的模拟土体腔，土体腔的外侧设置水平反力框架，反力框架的每一边与土体腔之间连接有水平土压千斤顶；附带均匀水压加载装置及非均匀水压加载装置的隧道结构模型轴向垂直地置于土体腔中心；隧道结构模型与土体腔之间填充有模拟试验土，土体腔的上部覆盖钢盖板，土体腔上方还设有垂直反力龙门架，垂直反力龙门架的梁的下部与钢盖板之间连有垂向土压千斤顶。该系统可以模拟不同断面形式的隧道结构在不同地层条件、水文条件下与地层间的相互作用，更真实地模拟隧道结构的环境条件，测试数据更精确可靠，为盾构隧道施工提供更可靠的保障。



1、一种盾构隧道结构模型综合试验装置，其构成是：

上层模拟及土压加载装置：由四条钢板围成一正方形的模拟土体腔（31），土体腔（31）的外侧设置正方形的水平反力框架（32），反力框架（32）的每一边与土体腔（31）的对应边之间连接有水平土压千斤顶（33）；

附带均匀水压加载装置及非均匀水压加载装置的隧道结构模型（1）轴向垂直地置于土体腔（31）中心；隧道结构模型（1）表面上还安装应变片、位移计及测缝计；隧道结构模型（1）与土体腔（31）之间填充有模拟试验土，模拟试验土中放置有土压力盒；应变片、位移计、测缝计及土压力盒均与分析处理计算机相连；

土体腔（31）的上部覆盖钢盖板（35），钢盖板（35）上对应于隧道结构模型（1）的位置开孔，土体腔（31）上方还设有垂直反力龙门架（37），垂直反力龙门架（37）的梁的下部与钢盖板（35）之间连有垂向土压千斤顶（38）。

2、如权利要求1所述的一种盾构隧道结构模型综合试验装置，其特征在于：所述的隧道结构模型上附带的均匀水压加载装置的具体结构为：二条以上的环箍钢绞线（8）的一端固定在加力台座（2）的竖板（21）上，另一端绕盾构隧道的结构模型（1）外表面一周后，固定在加力转轴上（3）；该加力转轴（3）穿过加力台座（2）的顶板（22）和底板（23），加力转轴（3）的上端连接加力横梁（4），环箍钢绞线（8）上串接测力计（9）；

所述的隧道结构模型上附带的非均匀水压加载装置的具体结构为：两条绞线固定梁（5）之间连接二条以上的长度为结构模型（1）周长一半或接近一半的张拉钢绞线（6），再将两条绞线固定梁（5）及张拉钢绞线（6）全部贴放于结构模型（1）的表面的同一侧，结构模型（1）表面另一侧的二个加力装置（7）分别通过加力钢缆（13）与对应的绞线固定梁（5）相连，钢绞线（6）上串接测力计（9）。

一种盾构隧道结构模型综合试验装置

技术领域

本实用新型涉及一种盾构隧道结构模型综合试验装置。

背景技术

在盾构隧道的施工过程中，隧道结构受到周围地层的力及其与周围地层的相互作用关系是十分复杂的，因此需要研究隧道结构与地层土体之间的相互作用关系，为盾构隧道的安全、顺利施工进行提供保障。

现有的隧道结构与土体间关系的研究，如日本早稻田大学理工部土木工程系结构实验室、日本土木研究所进行的地铁单线区间盾构隧道-土层复合体的模拟试验，该试验将圆环状的盾构隧道模型竖直放置（模型隧道的中轴线与水平面平行）在一个密封的舱室中，并在舱室中充满模型试验土，最后在舱内加带压水，并用千斤顶对内部土体加压来实现加载。其测试数据为地铁盾构隧道模型的应变。但是在这一试验中，试验装置没有也不能对模型隧道的纵向（中轴线）方向进行约束，模型隧道在加载时不是平面应变状态，不能体现隧道的平面应变特性。另外，由于模型隧道垂直放置，加载舱为垂向的扁平状，装卸模型隧道时都需先将顶部土体挖出，更换隧道模型不方便；且密封舱造价昂贵，尺寸有限，模型隧道的大小受到限制，只能对小尺寸的隧道模型进行试验；同时由于舱内进出不便，在更换模型试验土时也很麻烦；并且由于带压水与模型试验土混合，导致实验材料只能一次性使用，造成浪费。此外，加带压水会影响模型土体材料的配比，使得土体材料的物理性质难以保证，而且实际作用在模型管片上的水压大小难以准确控制。由地下水文地质条件的影响，某些盾构隧道受到地下水的作用很大，而现有的模型试验系统均无法准确模拟出水荷载的影响。

实用新型内容

本实用新型的目的就是提供一种盾构隧道结构模型综合试验装置，该系统可以模拟隧道结构在不同地层条件、不同断面形式隧道及不同的地质水文条件下与地层间的相互作用，并测试出隧道结构的受力情况；能更真实地模拟隧道结构的环境条件，测试数据更精确可靠，且其操作方便，为盾构隧道施工的安全

顺利进行提供更加可靠的保障。

本实用新型实现其发明目的所采用的技术方案是：一种盾构隧道结构模型综合试验装置，其构成是：

土层模拟及土压加载装置：由四条钢板围成一正方形的模拟土体腔，土体腔的外侧设置正方形的水平反力框架，反力框架的每一边与土体腔的对应边之间连接有水平土压千斤顶；

附带均匀水压加载装置及非均匀水压加载装置的隧道结构模型轴向垂直地置于土体腔中心；隧道结构模型表面上还安装应变片、位移计及测缝计；隧道结构模型与土体腔之间填充有模拟试验土，模拟试验土中放置有土压力盒；应变片、位移计、测缝计及土压力盒均与分析处理计算机相连；

土体腔的上部覆盖钢盖板，钢盖板上对应于隧道结构模型的位置开孔，土体腔上方还设有垂直反力龙门架，垂直反力龙门架的梁的下部与钢盖板之间连有垂向土压千斤顶。

本实用新型的工作过程和工作原理是：隧道结构轴向垂直于地面，水平土压千斤顶从水平方向将荷载作用在四条钢板上，再通过钢板向土体传递载荷，以模拟土体将荷载传递给隧道结构，对隧道结构施加力作用；垂向土压千斤顶及钢盖板则限制其纵向变形，实现隧道结构卧式加载。通过改变千斤顶的作用力，可模拟不同土压对隧道结构的作用；更换土体腔中的土体，可以实现地层条件的变换，从而模拟出不同的地层条件下土体对隧道结构的作用；隧道结构模型上带有的均匀水压加载装置及非均匀水压加载装置可以模拟出在不同的地下水条件下，隧道结构所受的水压的作用；再通过安装的应变片、位移计测缝计、及土压力盒等各种测试仪，记录隧道结构所受力的作用。

与现有技术相比，本实用新型的有益效果是：

一、在隧道纵向（即垂直加载方向）设置钢盖板及垂向土压千斤顶，当隧道结构及周围土体受到水平土压千斤顶的作用而产生沿隧道纵向（即垂直地面方向）的变形时，通过垂向千斤顶作用在钢盖板上的压力限制其纵向变形，保持隧道和周围土体处于平面应变状态，并且由于通过土体受压将荷载传递给隧道结构模型，而不是直接向隧道结构加压，从而更真实模拟出隧道结构的所受地层压力的情况，使试验数据更准确、可靠。

二、由于采用卧式加载，土体腔呈扁平状态，较之立式加载的高薄土体腔，

其更换土体及加载操作均更加方便、简单。

三、将不同断面形式的隧道结构置于土体腔内，即可完成不同断面隧道结构的模拟试验，其应用范围广。

四、均匀、非均匀水压加载装置可模拟不同的地质水文环境下，水压对隧道结构的力的作用，从而使本试验系统对盾构隧道结构的模拟更加真实，尤其适用于地层湿润多水的环境的隧道结构的模拟试验。

总之，本实用新型的综合试验可以模拟隧道结构在不同地层条件、不同断面形式隧道及不同的地质水文条件下与地层间的相互作用，并测试出隧道结构的受力情况；能更真实地模拟隧道结构的环境条件，测试数据更精确可靠，且其操作方便，为盾构隧道施工的安全顺利进行提供更加可靠的保障。

上述的隧道结构模型上附带的均匀水压加载装置的具体结构为：二条以上的环箍钢绞线的一端固定在加力台座的竖板上，另一端绕盾构隧道的结构模型外表面一周后，固定在加力转轴上；该加力转轴穿过加力台座的顶板和底板，加力转轴的上端连接加力横梁，环箍钢绞线上串接测力计。

非均匀水压加载装置的具体结构为：非均匀水压加载装置 两条绞线固定梁之间连接二条以上的长度为结构模型周长一半或接近一半的张拉钢绞线，再将两条绞线固定梁及张拉钢绞线全部贴放于结构模型的表面的同一侧，结构模型表面另一侧的二个加力装置分别通过加力钢缆与对应的绞线固定梁相连，钢绞线上串接测力计。

沿隧道结构模型外表面布设多组环箍钢绞线，通过加力横梁的转动将环箍钢绞线拉紧，而对结构模型外表面施加接触压力。由于环箍钢绞线均匀地分布在结构外表面，因此对结构模型产生均匀分布的径向压力作用，并通过串接在环箍钢绞线上的测力计读出其量值，这样可模拟并测出隧道结构在水下所受到的均匀水压的作用。

沿盾构隧道的结构模型外表面一侧布设的半圆弧状的多组张拉钢绞线，当加力装置对张拉钢绞线从结构模型的另一侧施加拉力时，由张拉钢绞线的两端的拉力与该处的半径方向夹角最大，作用在结构模型半径方向上的径向压力最小；而从张拉钢绞线的端部向中间逐步靠近，则其对结构模型的径向压力逐步增大，在张拉钢绞线的中间部位，张拉钢绞线对结构模型的径向压力达到最大值。因此，由环箍钢绞线形成的对整个结构模型的均匀压力与张拉钢绞线形

成的半圆弧状张拉钢绞线中间向两端递减的压力的迭加，就在结构模型上产生了张拉钢绞线部分压力大，无张拉钢绞线部分压力小，呈灯泡形变化的压力分布，通过张拉钢绞线上串接的测力计可以读出施力的大小。这样较好地模拟并测出结构模型在水下所受上小下大的非均匀分布的压力。

通过均匀水压加载装置和非均匀水压加载装置所施加的均匀水压和非均匀水压的叠加，即模拟出盾构隧道结构在真实水环境随着深度（水位）增加所产生的上小下大的灯泡形水压的作用。这样，本实用新型的模拟试验系统能够逼真地模拟出隧道结构的水压环境。

调整环箍钢绞线的拉紧度、两加力钢缆的拉紧度及张开的夹角，从而调整均匀水压和非均匀水压的变化，进而对于结构模型的加载量值进行控制，模拟出在不同水位条件下的水压对于结构模型的作用及影响。

下面结合附图及实施方式对本实用新型进行进一步说明。

附图说明

图 1 是本实用新型实施例去掉钢盖板及垂直反力龙门架的梁后的俯视结构示意图。

图 2 是本实用新型实施例的正视剖视结构示意图。

图 3 是本实用新型实施例的均匀水压加载装置的放大立体结构示意图。

图 4 是本实用新型实施例的非均匀水压加载装置的放大立体结构示意图。（为观察方便，该图中的相应部件为图 1 中相应部件的位置反时针旋转 90 度后得到的立体图）

具体实施方式

实施例

图 1—2 示出，本实用新型的一种具体实施方式为：一种盾构隧道结构模型综合试验装置，其构成是：

土层模拟及土压加载装置：由四条钢板围成一正方形的模拟土体腔 31。土体腔 31 的外侧设置正方形的水平反力框架 32，反力框架 32 的每一边与土体腔 31 的对应边之间连接有水平土压千斤顶 33。

附带均匀水压加载装置及非均匀水压加载装置的隧道结构模型 1 轴向垂直地置于土体腔 31 中心；隧道结构模型 1 表面上还安装应变片、位移计及测缝计；

隧道结构模型 1 与土体腔 31 之间填充有模拟试验土，模拟试验土中放置有土压力盒；应变片、位移计、测缝计及土压力盒均与分析处理计算机相连；

土体腔 31 的上部覆盖钢盖板 35，钢盖板 35 上对应于隧道结构模型 1 的位置开孔，土体腔 31 上方还设有垂直反力龙门架 37，垂直反力龙门架 37 的梁的下部与钢盖板 35 之间连有垂向土压千斤顶 38。

图 3 及图 1、图 2 示出，隧道结构模型上附带的均匀水压加载装置的具体结构为：二条以上的环箍钢绞线 8 的一端固定在加力台座 2 的竖板 21 上，另一端绕盾构隧道的结构模型 1 外表面一周后，固定在加力转轴上 3；该加力转轴 3 穿过加力台座 2 的顶板 22 和底板 23，加力转轴 3 的上端连接加力横梁 4，环箍钢绞线 8 上串接测力计 9。

图 4 及图 1、图 2 示出，非均匀水压加载装置的具体结构为：两条绞线固定梁 5 之间连接二条以上的长度为结构模型 1 周长一半或接近一半的张拉钢绞线 6，再将两条绞线固定梁 5 及张拉钢绞线 6 全部贴放于结构模型 1 的表面的同一侧，结构模型 1 表面另一侧的二个加力装置 7 分别通过加力钢缆 13 与对应的绞线固定梁 5 相连，钢绞线 6 上串接测力计 9。

本实用新型在具体实施时，其四条钢板围成的土体腔 31 在四个角上留有间隙 34，同时在土体腔 31 四个内角处设有直角形挡板 36。这四条钢板可以顺着四个直角形挡板相互滑动。这样，既使四条钢板可以向内、向外移动，能很好的向土体传递载荷；同时土体腔内的模拟试验土 39 也不会从四个角处向外泄漏。

需要说明的是，为了图示的简明、清楚，图 3、图 4 分别绘出的是均匀加载和非均匀加载的装置。而实际上，均匀和非均匀加载同时进行，即图 3、4 中的结构模型为同一模型，均匀和非均匀水压加载装置则同时分布设置迭加在该模型上。并且在土层模拟及土压加载装置的土体腔上的一侧开有加力钢缆穿过的通孔。

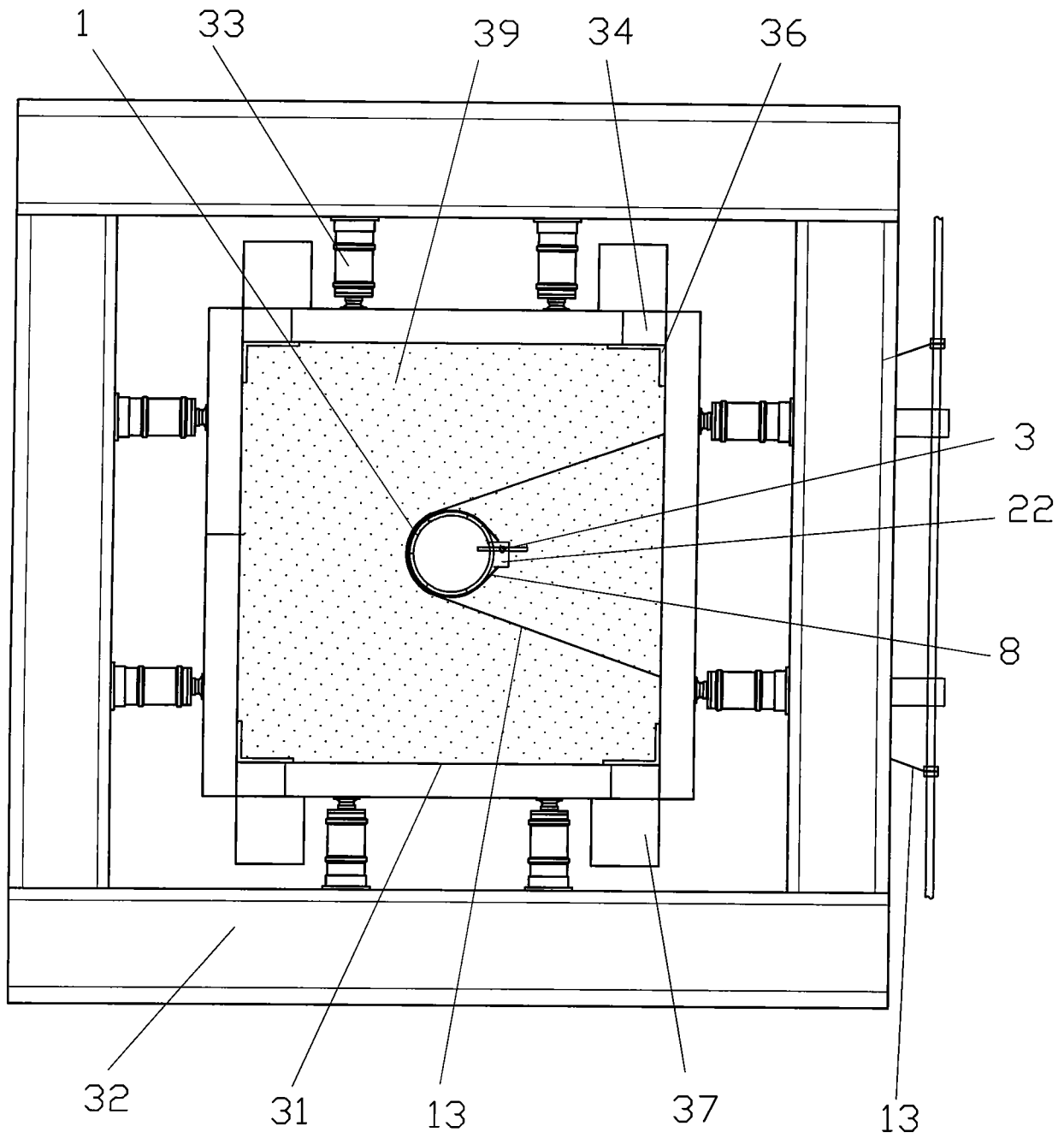


图 1

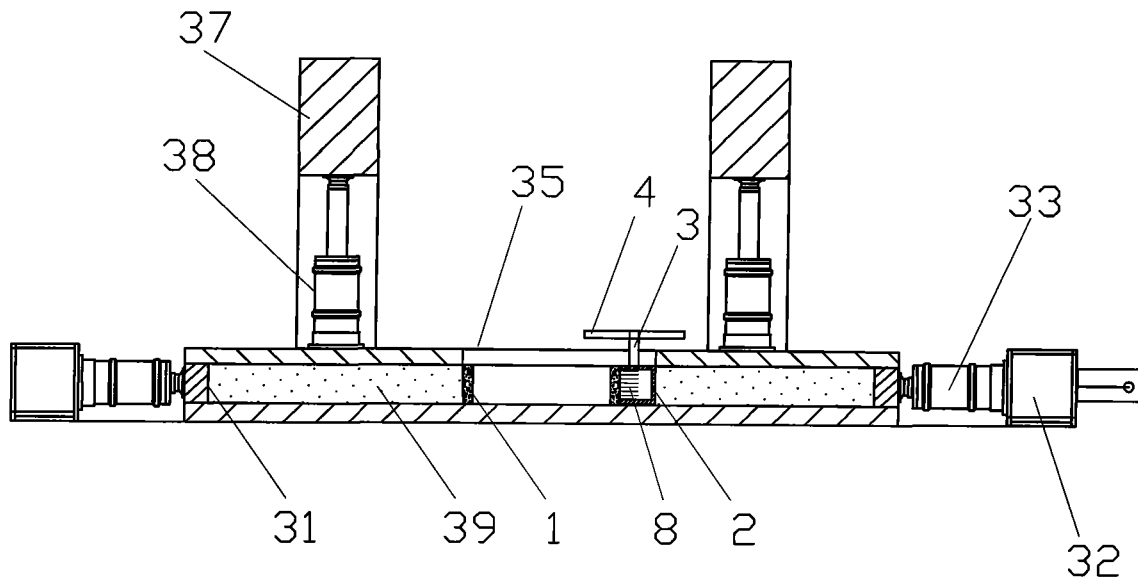


图 2

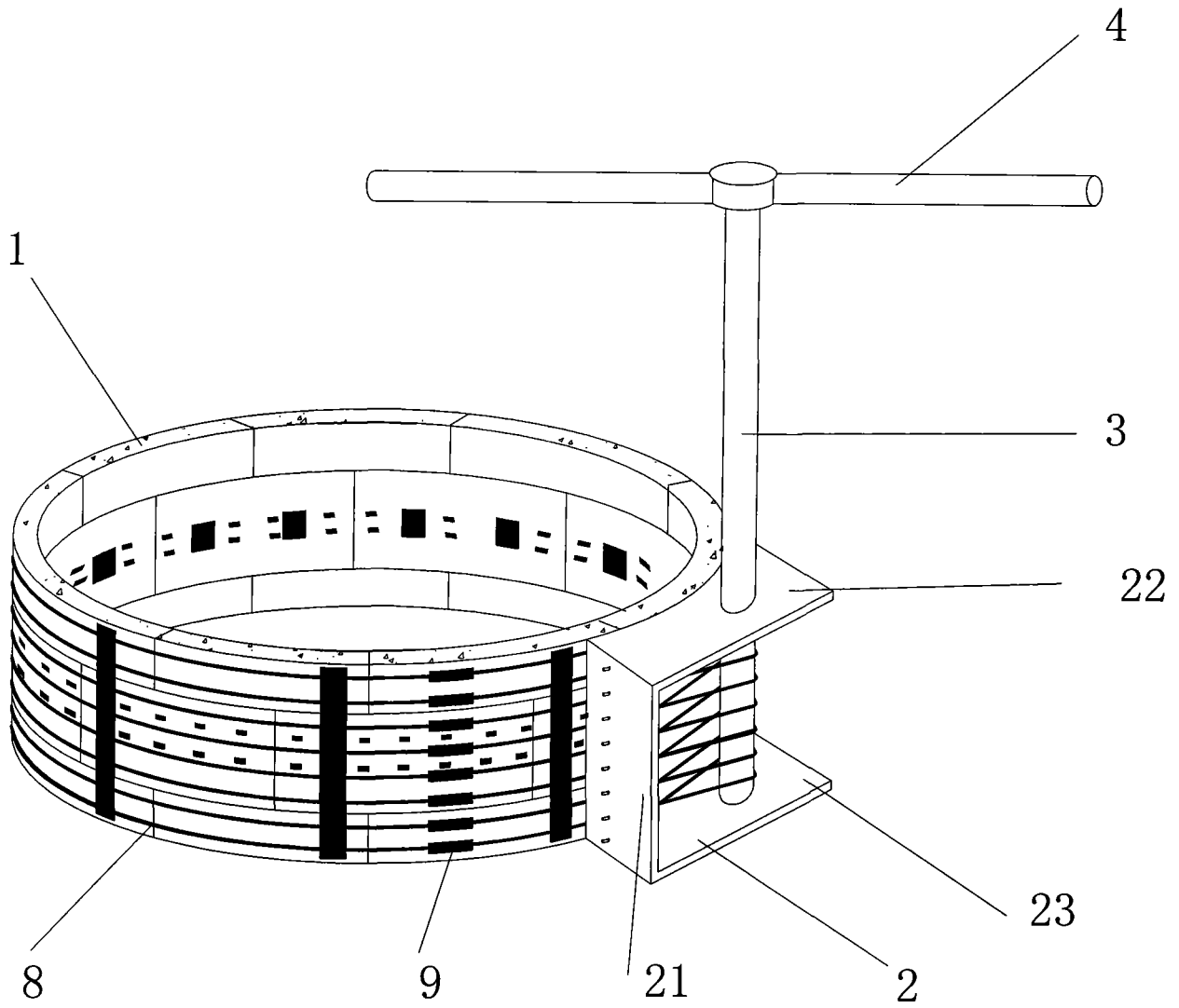


图 3

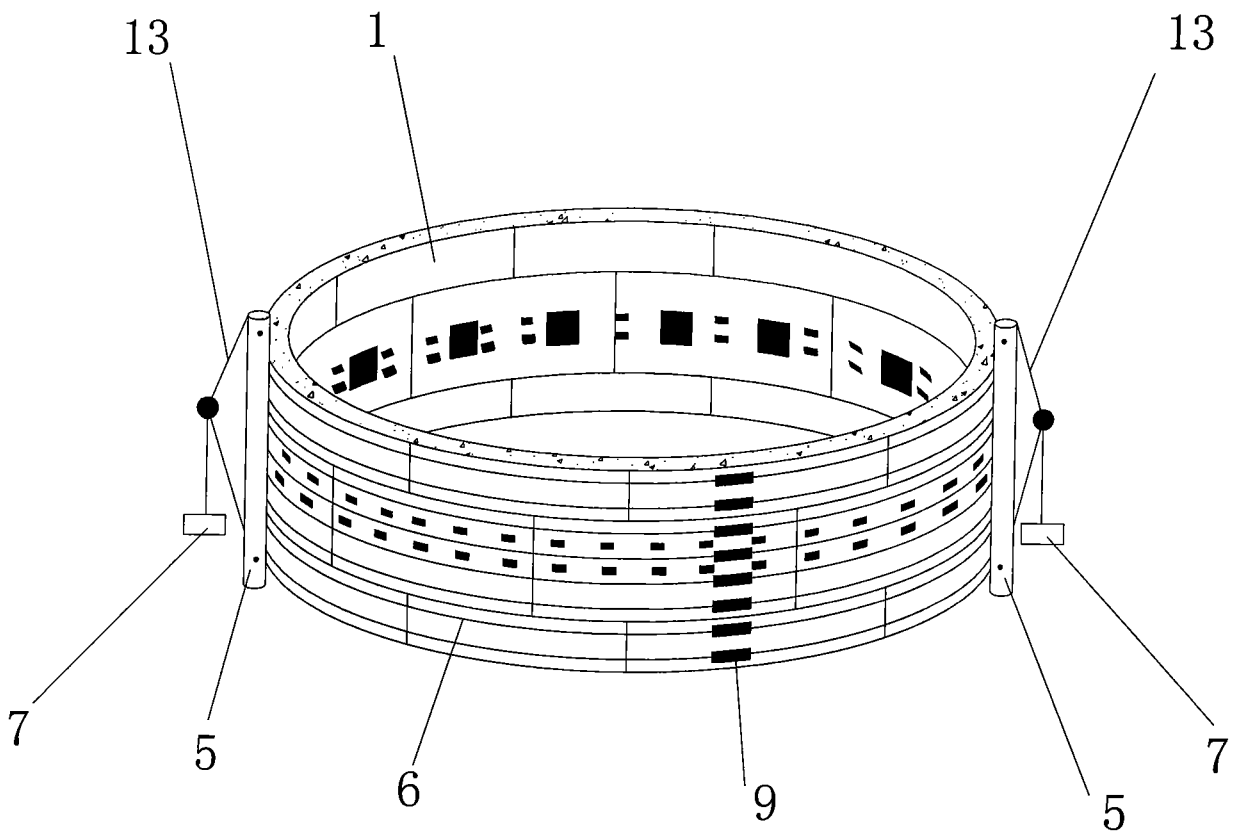


图 4