



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103485796 B

(45) 授权公告日 2015.06.17

(21) 申请号 201310491821.5

(22) 申请日 2013.10.18

(73) 专利权人 四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院

地址 610041 四川省成都市武侯区武侯祠横街1号

(72) 发明人 王联 林国进 李玉文 郑金龙 郑建国 田尚志 李晓洪 高世军 朱长安 向龙

(74) 专利代理机构 成都希盛知识产权代理有限公司 51226

代理人 陈泽斌

(51) Int. Cl.

E21D 11/00(2006.01)

E21D 11/38(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101550831 A, 2009.10.07,

CN 202755980 U, 2013.02.27,

CN 202645584 U, 2013.01.02,

CN 203515598 U, 2014.04.02,

CN 201228553 Y, 2009.04.29,

CN 101737063 A, 2010.06.16,

CN 102562091 A, 2012.07.11,

CN 103195447 A, 2013.07.10,

CN 101603429 A, 2009.12.16,

DE 2912217 A1, 1980.10.09,

董勤银等. 乌鞘岭隧道F7活动断层设计与施工. 《中国铁路》. 2005, (第06期),

审查员 马攀

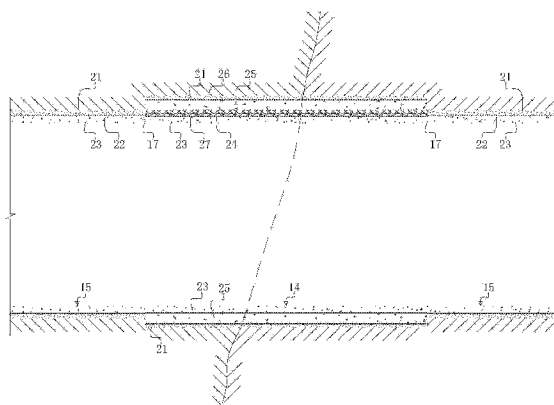
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

跨越活动断层的隧道支护结构

(57) 摘要

本发明涉及隧道支护结构,尤其是一种跨越活动断层的隧道支护结构,包括断层跨越段及与其两端相接的普通支护段,普通支护段采用复合式衬砌结构;沿隧道径向,所述断层跨越段由内到外依次设置有二次衬砌、泡沫混凝土层、一次衬砌、第一防水层和初期支护,由初期支护、第一防水层和一次衬砌构成复合式衬砌结构。其能够克服施作时间选择的问题,施工安全、方便。一次衬砌能够部分承受来自于断层蠕滑产生的应力;同时,通过泡沫混凝土层提供位移空间并吸收能量,最终通过二次衬砌构成结构的安全储备并保证净空不受断层错动影响,安全储备大,具有良好的抗震能力及抵抗断层蠕滑错动破坏的能力。适用于穿越各类活动断层。



1. 跨越活动断层的隧道支护结构,沿隧道环向包括拱顶(11)、仰拱(12)及两侧边墙(13),沿隧道纵向包括断层跨越段(14)以及分别与断层跨越段(14)轴向两端相接的普通支护段(15);所述普通支护段(15)采用复合式衬砌结构,包括径向外侧的初期支护(21)、径向内侧的二次衬砌(23)以及位于初期支护(21)和二次衬砌(23)之间的防水层(22);沿隧道径向,所述断层跨越段(14)由内到外分别设置有二次衬砌(23)、泡沫混凝土层(24)、初期支护(21);其特征在于:在所述断层跨越段(14)的二次衬砌(23)和初期支护(21)之间设置有全环向封闭的一次衬砌(25),在初期支护(21)和一次衬砌(25)之间设置有第一防水层(26),所述一次衬砌(25)采用钢筋混凝土结构,由初期支护(21)、第一防水层(26)和一次衬砌(25)构成复合式衬砌结构;所述泡沫混凝土层(24)位于二次衬砌(23)和一次衬砌(25)之间。

2. 如权利要求1所述的跨越活动断层的隧道支护结构,其特征在于:所述断层跨越段(14)的轴向两端与对应的普通支护段(15)柔性连接。

3. 如权利要求2所述的跨越活动断层的隧道支护结构,其特征在于:所述断层跨越段(14)的轴向两端与对应的普通支护段(15)之间分别设置有抗震缝(17)。

4. 如权利要求2所述的跨越活动断层的隧道支护结构,其特征在于:所述泡沫混凝土层(24)位于二次衬砌(23)和一次衬砌(25)之间且横断面呈C形,所述C形的泡沫混凝土层(24)位于拱顶(11)及两侧边墙(13)对应的二次衬砌(23)和一次衬砌(25)之间,所述C形的泡沫混凝土层(24)的开口与仰拱(12)相对应。

5. 如权利要求4所述的跨越活动断层的隧道支护结构,其特征在于:所述泡沫混凝土层(24)的两端呈楔形并插入仰拱(12)两端对应的二次衬砌(23)和一次衬砌(25)之间。

6. 如权利要求1、2、3、4或5所述的跨越活动断层的隧道支护结构,其特征在于:在泡沫混凝土层(24)和二次衬砌(23)之间设置有全环向封闭的第二防水层(27)。

跨越活动断层的隧道支护结构

技术领域

[0001] 本发明涉及隧道支护结构,尤其是一种跨越活动断层的隧道支护结构。

背景技术

[0002] 隧道是一种修建在地下的工程结构物,被广泛地应用于交通、矿山、水利及国防等领域。目前的隧道,通常采用新奥法施工,支护结构为复合式衬砌结构,沿隧道环向包括拱顶、仰拱及两侧边墙,沿隧道径向包括外侧的初期支护、内侧的二次衬砌以及位于初期支护和二次衬砌之间的防水层。

[0003] 随着我国交通行业的快速发展,修建隧道的地区范围越来越广。根据现有技术规范,在隧道工程中,若遇见断层,首先应采取避让绕行措施;若因路线方案限制必须穿越活动断层时,尽量保持与断层正交,以减小隧道受影响的范围。活动断层,即现今仍在活动或近代地质时期曾有过活动,将来还可能重新活动的断层,作为一种地质构造,其活动主要表现为上下盘随时间相对错动。活动断层的运动方式有粘滑和蠕滑两种,其中粘滑错动是地震时断层的快速破裂,蠕滑错动是断层不伴随地震的缓慢错动。跨越活动断层的隧道,沿纵向分别位于活动断层破裂面两侧的上盘和下盘内,因此在活动断层上盘和下盘的相对错动过程中,对隧道支护结构的安全性构成严重影响。

[0004] 以正断层为例,上盘在重力作用下沿破裂面向下滑移,作用在隧道衬砌上表现为断层裂缝处受剪应力,而在断层裂缝两侧位置受到远大于正常情况的轴向拉压应。地震时,断层粘滑错动,错动量显著增大,引起衬砌上所受的剪应力迅速增大,衬砌发生直接剪断破坏。而在非地震情况下,断层蠕滑错动,错动量随时间缓慢累积,对隧道产生的影响呈逐年递增的趋势,其破坏过程可看作衬砌结构在逐渐增大的静力作用下的渐进式破坏,而与粘滑错动的破坏形式相比,蠕滑错动比较常见的破坏形式为拉张 - 挤压与剪切结合的破坏形式。具体的讲,拉张 - 挤压与剪切结合的破坏形式,在变形初期,断层错动量较小,衬砌的顶部和底部在轴向方向上产生拉、压应力,当拉、压应力超过衬砌的强度,衬砌便产生拉张 - 挤压裂缝;随着错距量逐渐增加,拉张 - 挤压裂缝逐渐向整个衬砌环向扩展,当剪应力超过未破坏衬砌强度时,衬砌将发生剪断破坏。

[0005] 当前,国内外学者对穿越活动断层的隧道结构研究较少,且主要集中于隧道结构的抗剪断破坏,如专利号为 ZL200910058875.6、发明名称为跨活动断层隧道抗减震构造的发明专利。上述发明专利隧道抗减震构造的衬砌结构包括内衬和外衬,在岩体活动断层部位处设置有沿隧道纵向向活动断层两侧延伸的减震区,该减震区由填充在内衬、外衬之间的泡沫混凝土层构成;减震区的两端外各设置有沿隧道纵向延伸的加固区,加固区由填充在内衬、外衬之间的钢筋混凝土层构成。在地震发生时,减震区能有效地吸收地震能量,并允许活动断层有一定的位移量,从而减小活动断层对隧道的影响,有效地提高隧道的抗减震性能。但上述发明专利的隧道抗减震构造,存在以下两方面的问题:

[0006] 第一,其仅考虑有震情况,隧道结构的抗剪断破坏。在非地震情况下,断层蠕滑错动,在拉、压应力作用下,仅能通过二次衬砌进行抵抗,安全储备低;而其加固区的存在,可

能改变力的作用位置,在降低剪应力的同时增大轴向的拉、压应力,恶化对拉、压应力的抵抗。而蠕滑错动对隧道结构的破坏,会弱化其在有震时的抗剪断能力,甚至使之失效。

[0007] 第二,新奥法施工,也即采用复合式衬砌结构,其核心即充分发挥围岩的自承能力。进一步的讲,复合式衬砌结构的初期支护采用喷锚结构,在洞室开挖后及时进行,初期支护本身具有一定的柔性和变形特性,因而能在开挖后及时有效地控制和调整围岩应力的重分布,最大限度的保护岩体结构和力学特性,使得围岩与初期支护在共同变形的过程中取得自身稳定,充分利用围岩的自承能力;复合式衬砌结构的二次衬砌采用钢筋混凝土结构,承受后期围岩压力,过早施作二次衬砌,围岩的自承能力并未达到最佳状态,进而使得二次衬砌承受更大的围岩压力;拖后施作二次衬砌,则会影响初期支护的稳定性,因此对于复合式衬砌结构的二次衬砌的施作时间有着严格的要求,通常要求在初期支护稳定后及时施作。而上述发明专利,在初期支护和二次衬砌之间设置泡沫混凝土层,其在初期支护施工完成后、二次衬砌施作前需要进行泡沫混凝土层的施作,因此其无法在初期支护稳定后及时施作二次衬砌,无法充分发挥围岩的自承能力,进而对施工的安全性、衬砌的强度和稳定性造成影响。同时,若在二次衬砌和泡沫混凝土层之间设置防水层,则会进一步妨碍二次衬砌的施作;若在二次衬砌和泡沫混凝土层之间不设置防水层,由于泡沫混凝土透水性较好,会造成二次衬砌浇筑时混凝土中水分的流失,造成二次衬砌出现塑性收缩裂缝或麻面,影响衬砌的强度和稳定性。

发明内容

[0008] 本发明所要解决的技术问题是提供一种跨越活动断层的隧道支护结构,其施工安全、方便,且具有良好的抗震能力及抵抗断层蠕滑错动破坏的能力。

[0009] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:跨越活动断层的隧道支护结构,沿隧道环向包括拱顶、仰拱及两侧边墙,沿隧道纵向包括断层跨越段以及分别与断层跨越段轴向两端相接的普通支护段;所述普通支护段采用复合式衬砌结构,包括径向外侧的初期支护、径向内侧的二次衬砌以及位于初期支护和二次衬砌之间的防水层;沿隧道径向,所述断层跨越段由内到外分别设置有二次衬砌、泡沫混凝土层、初期支护;在所述断层跨越段的二次衬砌和初期支护之间设置有全环向封闭的一次衬砌,在初期支护和一次衬砌之间设置有第一防水层,所述一次衬砌采用钢筋混凝土结构,由初期支护、第一防水层和一次衬砌构成复合式衬砌结构;所述泡沫混凝土层位于二次衬砌和一次衬砌之间。

[0010] 进一步的,所述断层跨越段的轴向两端与对应的普通支护段柔性连接。具体的,所述断层跨越段的轴向两端与对应的普通支护段之间分别设置有抗震缝。

[0011] 进一步的,所述泡沫混凝土层位于二次衬砌和一次衬砌之间且横断面呈C形,所述C形的泡沫混凝土层位于拱顶及两侧边墙对应的二次衬砌和一次衬砌之间,所述C形的泡沫混凝土层的开口与仰拱相对应。

[0012] 进一步的,所述泡沫混凝土层的两端呈楔形并插入仰拱两端对应的二次衬砌和一次衬砌之间。

[0013] 进一步的,在泡沫混凝土层和二次衬砌之间设置有全环向封闭的第二防水层。

[0014] 本发明的有益效果是:由初期支护、第一防水层和一次衬砌构成复合式衬砌结构,因此能够克服施作时间选择的问题,施工安全、方便。一次衬砌能够部分承受来自于断层蠕

滑产生的应力；同时，通过泡沫混凝土层提供错动产生的位移空间并有效吸收能量，最终通过二次衬砌构成隧道支护结构的安全储备并保证隧道的净空不受断层错动的影响，安全储备大，具有良好的抗剪破坏能力和抗拉张 - 挤压破坏能力，也即具有良好的抗震能力及抵抗断层蠕滑错动破坏的能力。

附图说明

[0015] 图 1 是本发明跨越活动断层隧道支护结构的横向断面示意图；

[0016] 图 2 是本发明跨越活动断层隧道支护结构的纵向断面示意图。

具体实施方式

[0017] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0018] 如图 1、图 2 所示，本发明的跨越活动断层的隧道支护结构，沿隧道环向包括拱顶 11、仰拱 12 及两侧边墙 13，沿隧道纵向包括断层跨越段 14 以及分别与断层跨越段 14 轴向两端相接的普通支护段 15；所述普通支护段 15 采用复合式衬砌结构，包括径向外侧的初期支护 21、径向内侧的二次衬砌 23 以及位于初期支护 21 和二次衬砌 23 之间的防水层 22；沿隧道径向，所述断层跨越段 14 由内到外分别设置有二次衬砌 23、泡沫混凝土层 24、初期支护 21；在所述断层跨越段 14 的二次衬砌 23 和初期支护 21 之间设置有全环向封闭的一次衬砌 25，在初期支护 21 和一次衬砌 25 之间设置有第一防水层 26，所述一次衬砌 25 采用钢筋混凝土结构，由初期支护 21、第一防水层 26 和一次衬砌 25 构成复合式衬砌结构；所述泡沫混凝土层 24 位于二次衬砌 23 和一次衬砌 25 之间。

[0019] 本发明的跨越活动断层的隧道支护结构，在所述断层跨越段 14，由初期支护 21、第一防水层 26 和一次衬砌 25 构成复合式衬砌结构，其施工工艺同现有复合式衬砌结构的施工工艺相同，能够在洞室开挖后及时施作初期支护 21，在初期支护 21 稳定后及时施作一次衬砌 25。因此，能够克服现有技术施作时间选择上的问题，能够充分利用围岩的自承能力，在保证施工安全、方便的同时，通过由初期支护 21、第一防水层 26 和一次衬砌 25 构成复合式衬砌结构部分承受来自于断层蠕滑产生的应力。

[0020] 其次，泡沫混凝土层 24 位于一次衬砌 25 和二次衬砌 23 之间，由于泡沫混凝土具有高压缩比，使得由初期支护 21、第一防水层 26 和一次衬砌 25 构成的复合式衬砌结构和二次衬砌 23 之间构成柔性连接。在由初期支护 21、第一防水层 26 和一次衬砌 25 构成的复合式衬砌结构被破坏后，无论是被剪断破坏还是拉张 - 挤压破坏，均能通过泡沫混凝土层 24 提供错动产生的位移空间并有效吸收能量，降低作用于二次衬砌 23 的形变压力，并将形变压力均匀的传布至二次衬砌 23，最终通过二次衬砌 23 构成隧道支护结构的安全储备并保证隧道的净空不受断层错动的影响。

[0021] 因此，综上所述，本发明的跨越活动断层的隧道支护结构，施工安全、方便，安全储备大，具有良好的抗剪破坏能力和抗拉张 - 挤压破坏能力，也即具有良好的抗震能力及抵抗断层蠕滑错动破坏的能力。

[0022] 上述泡沫混凝土层 24 的径向厚度根据隧道使用年限内断层蠕滑变形总位移量及自身的可压缩空间确定。泡沫混凝土参数可根据现有标准进行设定，在如图所示的实例中为：干表观密度 $400\text{kg}/\text{m}^3 \sim 800\text{kg}/\text{m}^3$ ，抗压强度 $2.0 \sim 5.0\text{MPa}$ ，孔隙率不小于 50%，弹性模

量 0.3 ~ 1.2GPa。一次衬砌 25 和二次衬砌 23 的径向厚度则根据实际的强度需要进行确定,在如图所示的实例中,一次衬砌 25 的径向厚度为 50 ~ 70cm,二次衬砌 23 的径向厚度为 30 ~ 50cm。

[0023] 由于断层跨越段 14 与普通支护段 15 属于同一条隧道,因此断层跨越段 14 二次衬砌 23 与普通支护段 15 二次衬砌 23 的净空一致;但在断层跨越段 14,由于增加了一次衬砌 25 和泡沫混凝土层 24,因此,断层跨越段 14 的隧道横断面大于普通支护段 15 的隧道横断面。而由于断层跨越段 14 的隧道横断面大于普通支护段 15 的隧道横断面,因此断层跨越段 14 的初期支护 21 和普通支护段 15 的初期支护 21 为相互独立的结构,也因此断层跨越段 14 与普通支护段 15 的相接,实质上即断层跨越段 14 的二次衬砌 23 同普通支护段 15 的二次衬砌 23 的相接。断层跨越段 14 的轴向两端与对应的普通支护段 15 的相接,可以是刚性连接也可以是柔性连接,其具体的连接方式形式可以根据实际需要采用任意的现有连接方式。

[0024] 但相对于固结等刚性连接,柔性连接能避免地震能量的纵向传递、避免拉压应力的纵向传递,因此,最好的,所述断层跨越段 14 的轴向两端与对应的普通支护段 15 柔性连接。具体的,在如图所示的实例中,所述断层跨越段 14 的轴向两端与对应的普通支护段 15 之间分别设置有抗震缝 17。

[0025] 由于断层跨越段 14 的轴向两端与对应的普通支护段 15 柔性连接,因此,若泡沫混凝土层 24 采用全环向封闭的环形,则在二次衬砌 23 自重及交通荷载作用下,位于仰拱 12 位置的二次衬砌 23 和一次衬砌 25 之间的泡沫混凝土层 24 受压,易引起断层跨越段 14 二次衬砌 23 的沉降。因此,进一步的,所述泡沫混凝土层 24 位于二次衬砌 23 和一次衬砌 25 之间且横断面呈 C 形,所述 C 形的泡沫混凝土层 24 位于拱顶 11 及两侧边墙 13 对应的二次衬砌 23 和一次衬砌 25 之间,所述 C 形的泡沫混凝土层 24 的开口与仰拱 12 相对应,此时,仰拱 12 对应的二次衬砌 34 通过一次衬砌 32 进行支撑,能够避免上述可能出现的沉降。

[0026] 进一步的,所述泡沫混凝土层 24 的两端呈楔形并插入仰拱 12 两端对应的二次衬砌 23 和一次衬砌 25 之间。楔形设计,避免了形状突变可能造成的应力集中;同时,通过楔形插入仰拱 12 两端对应的二次衬砌 23 和一次衬砌 25 之间,能够增大仰拱 12 两端对应一次衬砌 25 的曲率,同时减小仰拱 12 两端对应二次衬砌 23 的曲率,从而增大二次衬砌 23 和一次衬砌 25 沿水平方向的相对位移量。

[0027] 进一步的,在泡沫混凝土层 24 和二次衬砌 23 之间设置有全环向封闭的第二防水层 27。通过第二防水层 27 的设置,防止断层跨越段 14 的二次衬砌 23 浇筑时混凝土中水分的流失,造成断层跨越段 14 二次衬砌 23 出现塑性收缩裂缝或麻面;同时,如上所述,隧道支护结构仰拱部分的二次衬砌 23 通过一次衬砌 25 进行支撑,通过第二防水层 27 的设置,使二次衬砌 23 和一次衬砌 25 相互独立,并构成缓冲。

[0028] 上述防水层 22、第一防水层 26、第二防水层 27 均采用合成高分子卷材,如聚氯乙烯卷材、热熔胶卷材、高密度聚乙烯卷材、低密度聚乙烯卷材等。在如图所示的实例中,防水层 22、第一防水层 26、第二防水层 27 均采用高密度聚乙烯卷材构成。

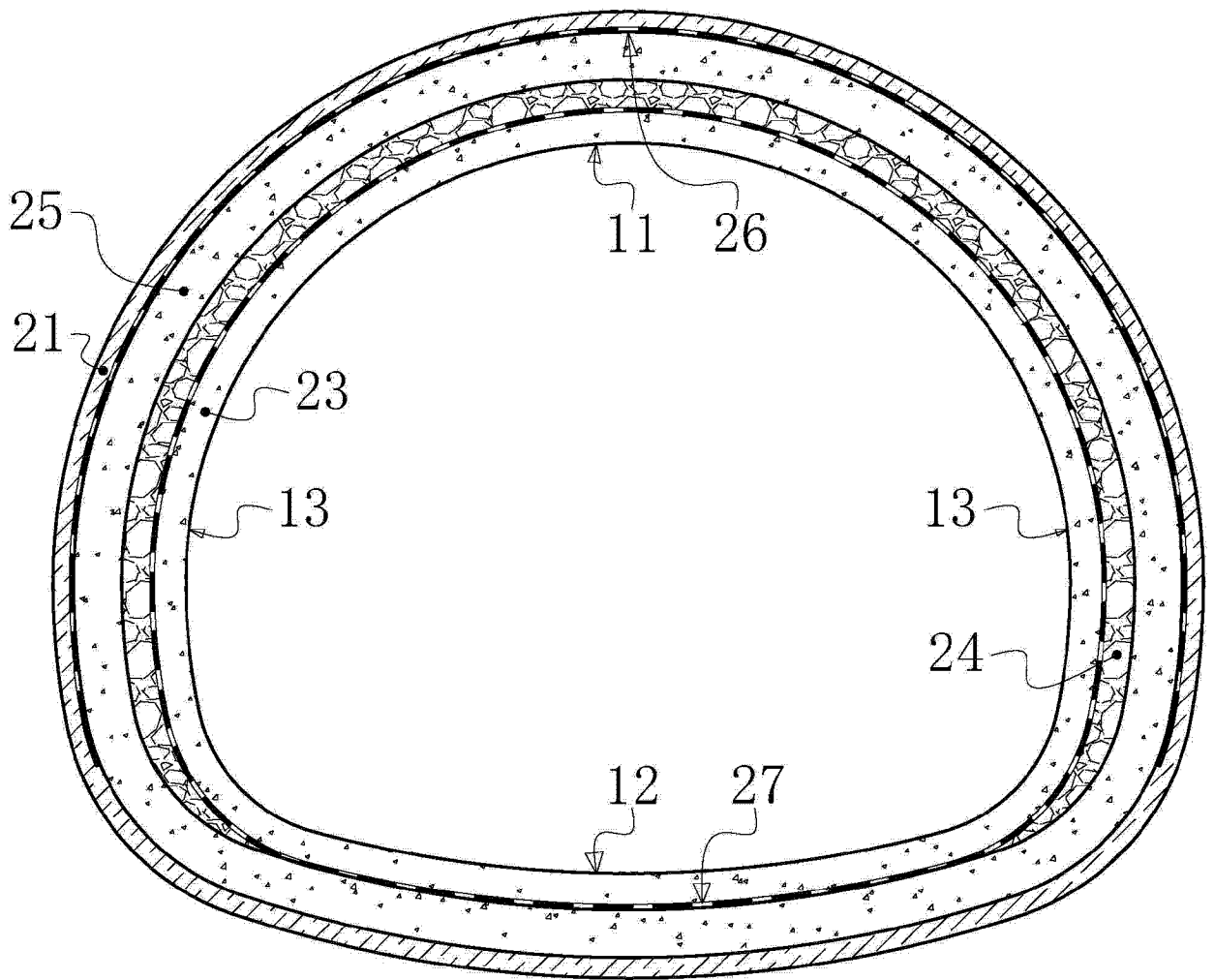


图 1

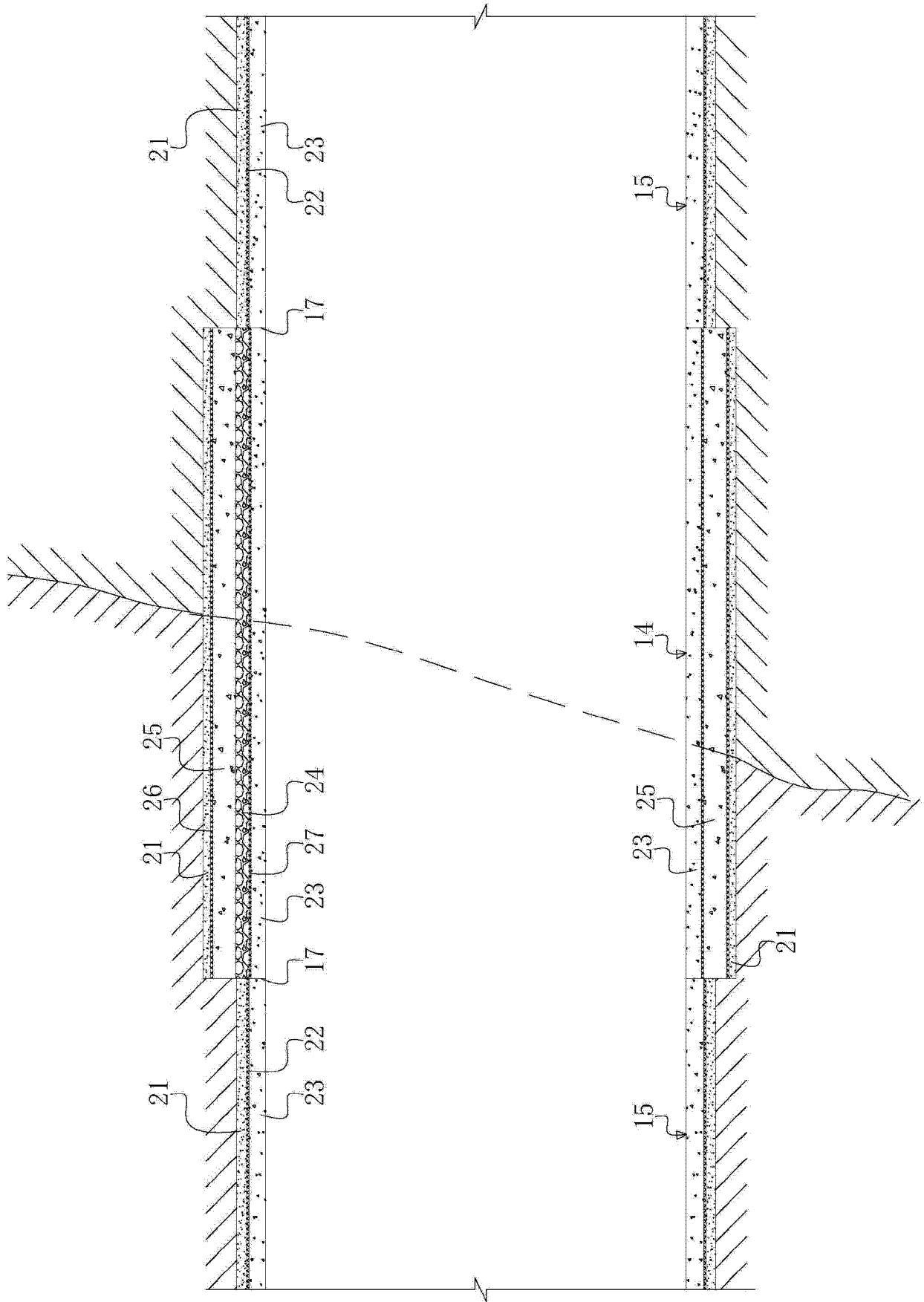


图 2