

证书号第 1387572 号



# 发明专利证书

发明名称：FRP-混凝土-钢双壁组合管梁及采用该梁的梁板式组合结构

发明人：滕锦光;余涛;黄玉龙

专利号：ZL 2010 1 0180716.6

专利申请日：2010年05月24日

专利权人：香港理工大学

授权公告日：2014年04月16日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年05月24日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨





(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102261164 B  
(45) 授权公告日 2014. 04. 16

(21) 申请号 201010180716. 6

(22) 申请日 2010. 05. 24

(73) 专利权人 香港理工大学  
地址 中国香港九龙红磡

(72) 发明人 滕锦光 余涛 黄玉龙

(74) 专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理有限公司 44217  
代理人 郭伟刚 李琴

KR 100748950 B1, 2007. 08. 13,

JP 4031539 A, 1992. 02. 03,

US 2003093965 A1, 2003. 05. 22,

CN 101177966 A, 2008. 05. 14,

滕锦光. FRP 管-混凝土-钢管组合柱力学性能的试验研究和理论分析. 《建筑钢结构进展》. 2006, 第 8 卷 (第 5 期),

审查员 王玮

(51) Int. Cl.

E04C 3/29 (2006. 01)

E04B 1/30 (2006. 01)

E01D 19/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

KR 100748950 B1, 2007. 08. 13,

CN 1426888 A, 2003. 07. 02,

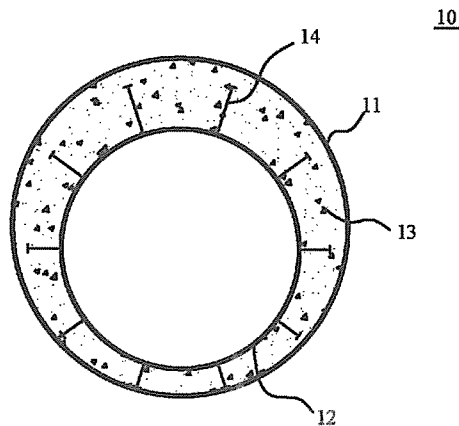
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

FRP-混凝土-钢双壁组合管梁及采用该梁的梁板式组合结构

(57) 摘要

本发明涉及一种新型的 FRP-混凝土-钢双壁组合管梁以及采用这种组合管梁的梁板式组合结构。该双壁组合管梁包括 FRP 外管、钢内管、以及填充在该 FRP 外管和钢内管之间的混凝土,且所述钢内管的固结混凝土一侧设有多个剪力连接件。所述钢内管可相对于 FRP 外管朝该组合管梁的受拉侧偏心设置。本发明的梁板式组合结构包括:(1) 上述双壁组合管梁和设置在其上的轻质、耐腐蚀性的面板(如 FRP 或铝面板)组合而成的梁板式结构;(2) 上述双壁组合管梁和 FRP 筋混凝土面板组合而成的梁板式结构,所述双壁组合管梁的上部结合到 FRP 筋混凝土面板的底层内形成一体。本发明的组合管梁具有非常好的耐腐蚀性,而且成本低、轻质且有很好的延性,易于建造和与其它构件连接。



1. 一种梁板式组合结构,其特征在于,包括双壁组合管梁和 FRP 筋混凝土面板,所述双壁组合管梁的上部结合到 FRP 筋混凝土面板的底层内形成一体,其中所述双壁组合管梁包括 FRP 外管、钢内管、以及填充在该 FRP 外管和钢内管之间的混凝土,且所述钢内管的固结混凝土一侧设有多个剪力连接件以保证其与混凝土共同工作;

所述双壁组合管梁的上部内嵌有加强筋,该加强筋穿透 FRP 外管并与 FRP 筋混凝土面板的底层 FRP 筋连接以将该双壁组合管梁与 FRP 筋混凝土面板结合成一体。

## FRP- 混凝土 - 钢双壁组合管梁及采用该梁的梁板式组合结构

### 技术领域

[0001] 本发明涉及桥梁、建筑等结构中的受力构件,更具体地说,涉及一种 FRP- 混凝土 - 钢双壁组合管梁以及采用这种组合管梁的梁板式组合结构。

### 背景技术

[0002] 目前在桥梁、建筑等工程结构领域中普遍使用的梁构件包括钢筋混凝土 (Reinforced concrete, RC) 梁和钢梁。这两种梁构件耐腐蚀性均较差,在野外、沿海或潮湿等恶劣环境中容易腐蚀和退化。

[0003] 为了解决全世界范围内建筑、桥梁结构的耐久性和退化问题,纤维增强聚合物 (fibre-reinforced polymer, FRP) 复合材料在近年来得到越来越广泛的应用。FRP 是一种由碳纤维、玻璃纤维和玄武岩纤维等高性能纤维与树脂基体混合,经过一定的加工工艺复合而成的新型非金属材料。FRP 具有很强的耐腐蚀能力,同时还具有轻质、高强、成型方便等优点。

[0004] 现有的各种采用 FRP 的梁构件包括:(a) 全 FRP 梁(以下称为第 I 型梁),该类型梁通常具有与钢梁类似的外形(例如工字型或箱型);(b) FRP 与混凝土的组合梁,包括 FRP 筋混凝土梁、由受拉 FRP 型材和浇筑于其上的受压混凝土层组合而成的组合梁、以及 FRP 管混凝土梁(以下分别称为第 II 型梁、第 III 型梁、和第 IV 型梁)。以上梁构件中 FRP 作为主要的纵向受力材料,用量通常较大,从而导致梁构件成本较高,同时还常因构件刚度不够导致其变形而非承载力成为设计的控制因素;另外,这些梁构件还因 FRP 材料的脆性而导致构件延性较差。

### 发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的上述缺陷,提供一种新型的 FRP- 混凝土 - 钢双壁组合管梁以及采用这种组合管梁的梁板式组合结构。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:提出一种双壁组合管梁,包括 FRP 外管、钢内管、以及填充在该 FRP 外管和钢内管之间的混凝土,且所述钢内管的固结混凝土一侧设有多个剪力连接件以保证其和混凝土共同工作。

[0007] 根据本发明的实施例中,所述多个剪力连接件沿钢内管的周向及长度方向分布。

[0008] 根据本发明的实施例中,所述钢内管相对于 FRP 外管朝该组合管梁的受拉侧偏心设置。

[0009] 根据本发明的实施例中,所述双壁组合管梁的横截面形状是圆形、方形、矩形或其它合适形状的 FRP 外管与圆形、方形、矩形或其它合适形状的钢内管之间的任意组合。一个实施例中,所述双壁组合管梁沿长度方向具有相同的横截面形状。或者,所述钢内管在长度方向上相对于 FRP 外管倾斜设置,在正弯矩区内靠近梁横截面的下部,在负弯矩区内靠近梁横截面的上部。

[0010] 根据本发明的实施例中,所述 FRP 外管可采用缠绕成型的工艺制作;FRP 外管中纤维的方向可根据结构需要进行设计,在多数应用中纤维主要布置在管环向或接近环向。

[0011] 本发明还提出一种梁板式组合结构,包括梁和设置在其上的面板,所述梁为双壁组合管梁,包括 FRP 外管、钢内管、以及填充在该 FRP 外管和钢内管之间的混凝土,且所述钢内管的固结混凝土一侧设有多个剪力连接件以保证其与混凝土共同工作。

[0012] 本发明进一步提出一种梁板式组合结构,包括双壁组合管梁和 FRP 筋混凝土面板,所述双壁组合管梁的上部结合到 FRP 筋混凝土面板的底层内形成一体,其中所述双壁组合管梁包括 FRP 外管、钢内管、以及填充在该 FRP 外管和钢内管之间的混凝土,且所述钢内管的固结混凝土一侧设有多个剪力连接件以保证其与混凝土共同工作。

[0013] 根据本发明的实施例中,所述双壁组合管梁的上部内嵌有加强筋,该加强筋穿透 FRP 外管并与 FRP 筋混凝土面板的底层 FRP 筋连接以将该双壁组合管梁与 FRP 筋混凝土面板结合成一体。

[0014] 本发明具有以下有益效果:与钢筋混凝土梁和钢梁相比,本发明的双壁组合管梁的最大优点在于具有非常好的耐腐蚀性。与第 I 到 IV 型梁相比,本发明的双壁组合管梁的优点在于:(1) 由于使用了较少的 FRP 材料(仅需要一个薄 FRP 外管),这种梁节省成本;(2) 采用延性较好的钢内管作为纵向受拉材料,从而使该组合管梁具有很好的延性。除了以上这两个优点之外,该双壁组合管梁因为采用了钢内管和混凝土而比第 I 型梁更易于与其它构件连接;同时该双壁组合管梁的 FRP 外管为受压混凝土提供了很好的约束,这是第 II 和 III 型梁所不具有的优势;并且,该双壁组合管梁因去除了多余的受拉混凝土而比第 II 和 IV 型梁更轻。

## 附图说明

[0015] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0016] 图 1 是本发明双壁组合管梁第一实施例的截面结构示意图;

[0017] 图 2 是本发明双壁组合管梁第二实施例的截面结构示意图;

[0018] 图 3 是本发明双壁组合管梁第三实施例的截面结构示意图;

[0019] 图 4 是本发明梁板式组合结构第一实施例的截面结构示意图;

[0020] 图 5 是本发明梁板式组合结构第二实施例的截面结构示意图。

## 具体实施方式

[0021] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0022] 图 1 所示是根据本发明第一实施例的双壁组合管梁 10 的截面结构示意图。如图 1 所示,该双壁组合管梁 10 为中空圆柱状梁构件,包括由 FRP 制成的圆形外管 11、由钢制成的圆形内管 12、以及填充在该外管 11 和内管 12 之间的混凝土 13。其中,FRP 外管 11 和钢内管 12 之间并非同心设置,钢内管 12 朝着该组合管梁 10 的受拉侧偏心一定距离,以更好的发挥钢管作为延性较好的纵向受拉材料的作用。并且,所述钢内管 12 的固结混凝土一侧设有多个剪力连接件 14,用于确保钢内管 12 和混凝土 13 之间的组合作用,在浇筑混凝土时

还可作为 FRP 外管 11 和钢内管 12 之间的间隔件以固定两管的相对位置。如图 1 所示的实施例中,剪力连接件 14 沿内管 12 的周向和长度方向(图中未示出)均匀分布。剪力连接件 14 可以采用 T 型肋、栓钉或其他合适的形式,焊接或通过其它方式固定在钢内管 12 的侧面上,其嵌入混凝土 13 内的深度取决于相应位置处的混凝土 13 的厚度以及构件的受力要求。显然,本发明并不仅限于此,在各种不同实施例中,剪力连接件的形状和分布可以根据实际应用场合而采用不同的设置。

[0023] 图 2 所示是根据本发明第二实施例的双壁组合管梁 20 的截面结构示意图。该双壁组合管梁 20 为中空矩形柱状梁构件,具有与图 1 所示的组合管梁 10 相似的结构。具体如图 2 所示,该双壁组合管梁 20 包括矩形 FRP 外管 21、圆形钢内管 22、以及填充在该外管 21 和内管 22 之间的混凝土 23。同样,钢内管 22 相对于 FRP 外管 21 朝着该组合管梁 20 的受拉侧偏心一定距离,以更好的发挥钢管作为延性较好的纵向受拉材料的作用。并且,钢内管 22 的固结混凝土一侧沿周向设有多个剪力连接件 24,用于确保钢内管 22 和混凝土 23 之间的组合作用,在浇筑混凝土时还可作为 FRP 外管 11 和钢内管 12 之间的间隔件以固定两管的相对位置。

[0024] 图 3 所示是根据本发明第三实施例的双壁组合管梁 30 的截面结构示意图。该双壁组合管梁 30 为中空矩形柱状梁构件,具有与图 1 所示的组合管梁 10 和图 2 所示的组合管梁 20 相似的结构。具体如图 3 所示,该双壁组合管梁 30 包括矩形 FRP 外管 31、矩形钢内管 32、以及填充在该外管 31 和内管 32 之间的混凝土 33。同样,钢内管 32 相对于 FRP 外管 31 朝着该组合管梁 30 的受拉侧偏心一定距离,以更好的发挥钢管作为延性较好的纵向受拉材料的作用。并且,钢内管 32 的固结混凝土一侧沿周向设有多个剪力连接件 34,用于确保钢内管 32 和混凝土 33 之间的组合作用,在浇筑混凝土时还可作为 FRP 外管 11 和钢内管 12 之间的间隔件以固定两管的相对位置。

[0025] 以上结合图 1-3 给出了具有不同截面形状的双壁组合管梁的不同实施例,但是显然,本发明并不仅限于此。例如,在各种应用中,该双壁组合管梁的截面形状可以是圆形、方形、矩形或其它合适形状的 FRP 外管与圆形、方形、矩形或其它合适形状的钢内管之间的任意组合。

[0026] 本发明的双壁组合管梁中,FRP 外管主要承受周向应力,它的功能主要是约束混凝土并增强该组合管梁的抗剪能力。FRP 外管纵向仅需要有很低的承载力,用于在现场浇筑时支撑湿的混凝土,以及在工作负载下避免产生拉伸裂缝。该组合管梁的这一特征使其具有两个优点:(1)FRP 管可以很薄,从而降低材料成本;(2)混凝土得到约束,梁的延性被加强。这样的 FRP 外管可以通过纤维缠绕成型技术来制成,并使纤维沿着接近周向的方向(例如, $\pm 80^\circ$ )缠绕,以提高该组合管梁的抗剪能力并保证对混凝土的约束作用。

[0027] 本发明的双壁组合管梁的一个最大优点是具有极佳的耐腐蚀性,因为 FRP 外管是高度抗腐蚀的,而钢内管被 FRP 外管和混凝土所保护,不会受到腐蚀。必要的情况下,还可以在钢内管的两端部焊接钢板以将该组合管梁内部密封。本发明的双壁组合管梁的其它主要优点包括:(1)由于使用了延性较好的钢内管来作为纵向受拉材料,并且混凝土被内、外管很好地约束,因而该组合管梁具有极好的延性;(2)中空的截面形式省去了大量多余的受拉混凝土,因而该组合管梁很轻;(3)内、外管可用作浇筑混凝土的永久模板,因而该组合管梁非常容易施工,而且钢内管和混凝土的存在使得该组合管梁易于与其它构件连



接。此外,钢内管的采用确保了该组合管梁具有较大的弯曲刚度,这消除了现有的玻璃纤维 FRP 筋混凝土梁的一个主要缺陷,即因玻璃纤维 FRP 的相对较低的弹性模量,使得过大的挠度而非强度成为了设计控制因素。

[0028] 本发明的双壁组合管梁即使从初始建造成本考虑也是非常经济的梁构件。由于 FRP 外管主要用作抗腐蚀的保护层、浇筑混凝土的永久模板、以及增强抗剪能力和延性的外壳,FRP 外管中的纤维主要受拉,因而相对较薄的 FRP 管便足以实现这些功能。这样的薄 FRP 外管和钢内管的成本,完全可以因去除了多余的受拉混凝土、以及节省掉临时模板和钢筋的劳动力 / 材料成本而抵消。因此,本发明的双壁组合管梁与现有的钢筋混凝土梁具有大致相同的初始建造成本。此外,由于前者重量较轻,进一步节省了支撑构件所需的成本。最后,本发明双壁组合管梁的极佳耐腐蚀性还大大节省了后期维护的成本。

[0029] 本发明以上结合图 1-3 所示的实施例介绍了沿梁的长度方向具有相同横截面的双壁组合管梁,这种组合管梁特别适于用作简支梁。在本发明的其它实施例中,可将该组合管梁的钢内管沿长度方向倾斜放置,即将钢内管在正弯矩区内靠近横截面的下部设置,在负弯矩区内靠近横截面的上部设置,这样的双壁组合管梁便可用作连续梁。

[0030] 本发明的双壁组合管梁可用于大桥的主梁、大桥的梁 / 板结构、或腐蚀 / 恶劣环境中的其它结构的受弯构件(例如梁和面板)。以下结合图 4 和图 5 介绍本发明的双壁组合管梁用于梁板式组合结构的两种应用。

[0031] 图 4 所示是本发明梁板式组合结构的第一实施例的截面结构示意图。如图 4 所示,该梁板式组合结构 40 由根据本发明实施例的双壁组合管梁 41 和设置在其上的面板 42 组成以形成梁-板式桥面系统。其中,双壁组合管梁 41 是中空矩形柱状梁构件,具有前述图 2 所示的截面形式。具体如图 4 中所示,双壁组合管梁 41 包括矩形 FRP 外管 411、圆形钢内管 412 和填充在二者之间的混凝土 413,且在钢内管 412 的固结混凝土一侧设有多个剪力连接件 414 以加强钢内管 412 和混凝土 413 的组合作用。面板 42 可由 FRP 复合材料、铝、或其它轻质且耐腐蚀的合适材料制成。面板 42 也可以是 FRP-混凝土组合面板,例如在 FRP 型材上浇筑一层混凝土得到的组合面板。面板 42 可通过胶粘层 43 粘结固定在双壁组合管梁 41 上,或者,也可以使用连接件(例如剪力键)将组合管梁 41 与面板 42 连接。

[0032] 图 5 是本发明梁板式组合结构第二实施例的截面结构示意图。如图 5 所示,该梁板式组合结构 50 由根据本发明实施例的双壁组合管梁 51 和 FRP 筋混凝土面板 52 组成,以形成桥面或楼板系统。其中,FRP 筋混凝土面板 52 内设置有许多 FRP 筋,例如图中所示的 FRP 筋 521 和 522,面板 52 底部用于控制裂纹的纵向 FRP 筋为清楚起见而没有示出。双壁组合管梁 51 是中空圆柱状梁构件,具有与前述图 1 所示实施例相似的截面形式,包括圆形 FRP 外管 511、圆形钢内管 512 和填充在二者之间的混凝土 513,且在钢内管 512 的固结混凝土一侧设有多个第一剪力连接件 514 以加强钢内管 512 和混凝土 513 的组合作用。此外,该组合管梁 51 的上部还预先内嵌有加强筋 515。加强筋 515 穿透 FRP 外管 511 的管壁伸出,并与混凝土面板 52 的底层 FRP 筋 521 通过机械连接头 523 连接,从而将组合管梁 51 与混凝土面板 52 结合成一体。此外,必要的情况下,组合管梁 51 还可设有其它合适形式的第二剪力连接件 516 穿透 FRP 外管 511 嵌入混凝土面板 52 内,以确保组合管梁 51 和混凝土面板 52 之间的组合作用。该加强筋 515 和第二剪力连接件 516 可以由不锈钢、带聚合物涂层的钢、或其它具有极佳耐腐蚀性的材料制成。由于 FRP 外管 511 的纤维都是接近周向缠绕

的,加强筋 515 和第二剪力连接件 516 穿透 FRP 外管 511 并不会对该外管的整体性能造成明显影响。因而,这种梁板式组合结构 50 保留了前面所介绍的双壁组合管梁的全部优点。

[0033] 根据本发明的双壁组合管梁和采用这种组合管梁的梁板式组合结构是现有梁构件和桥面 / 楼板系统的非常具有竞争优势的替代品。本发明为克服全世界范围内基建设施的腐蚀和退化问题提供了一种了耐久性好、延性佳、且造价经济的解决方案。

[0034] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。



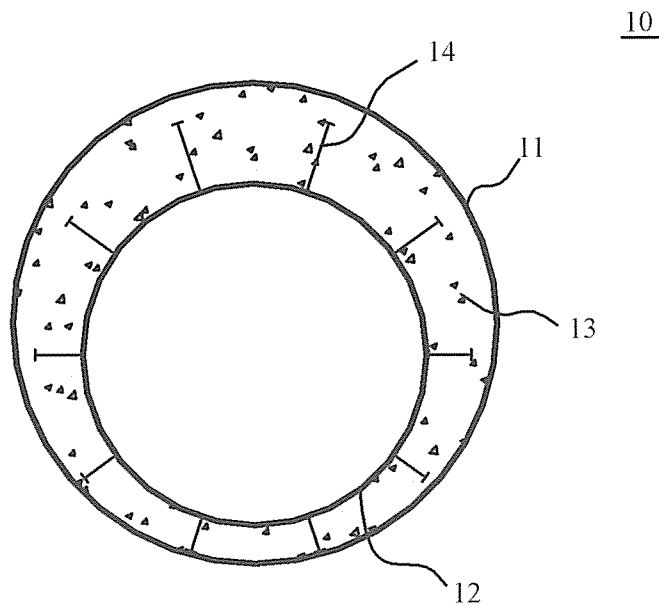


图 1

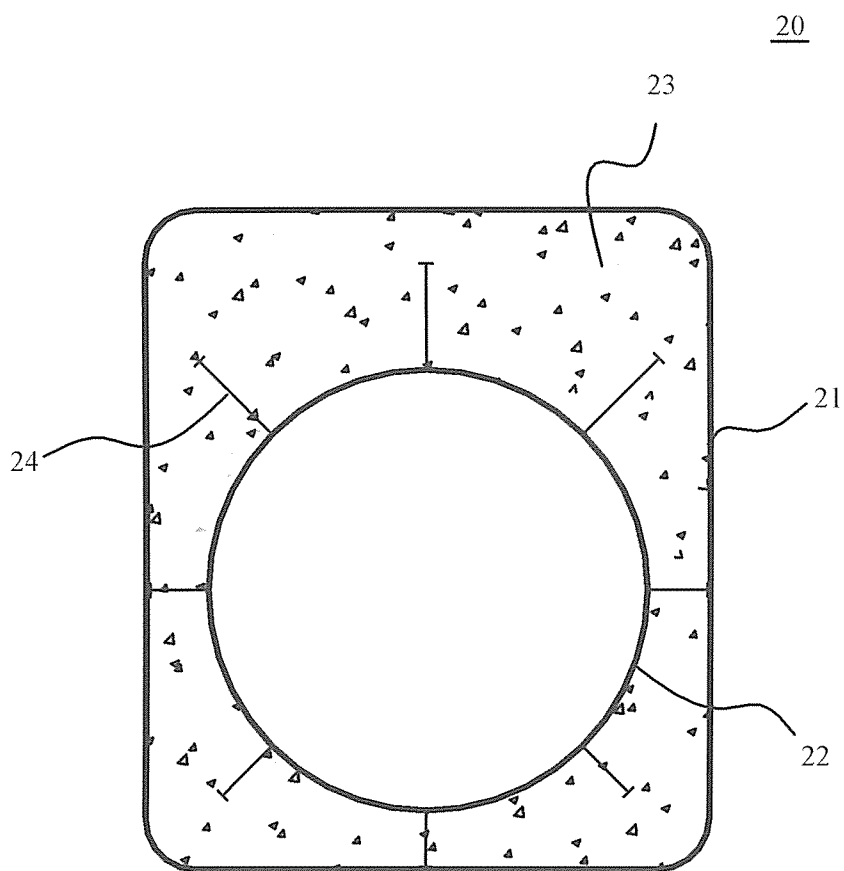


图 2

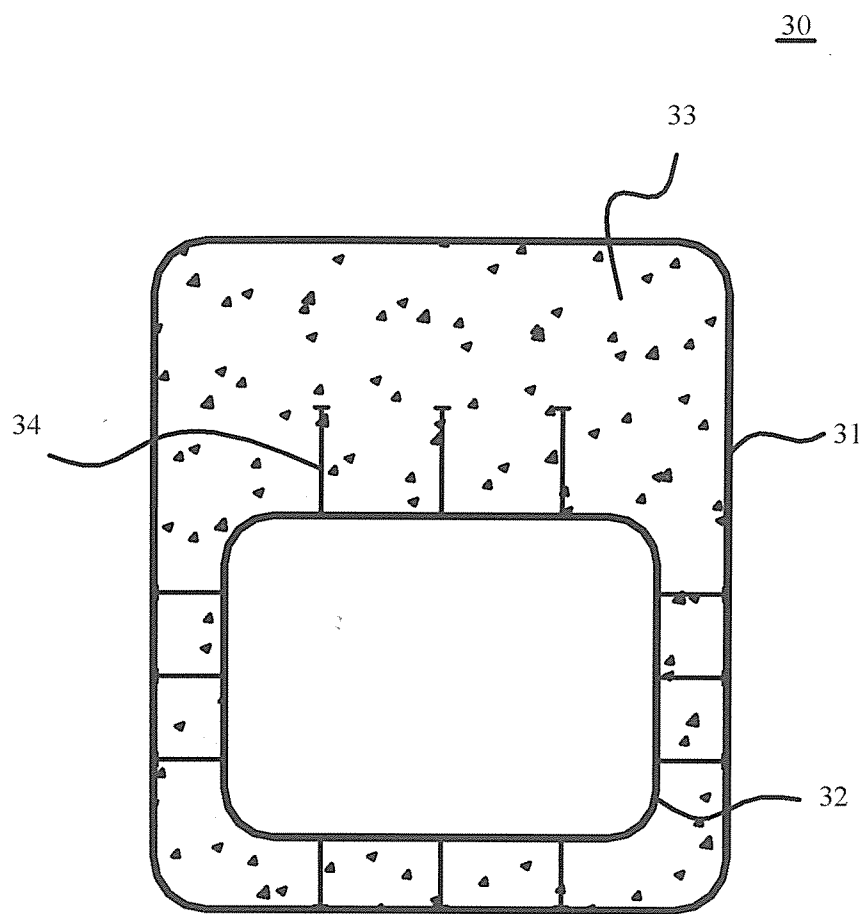


图 3

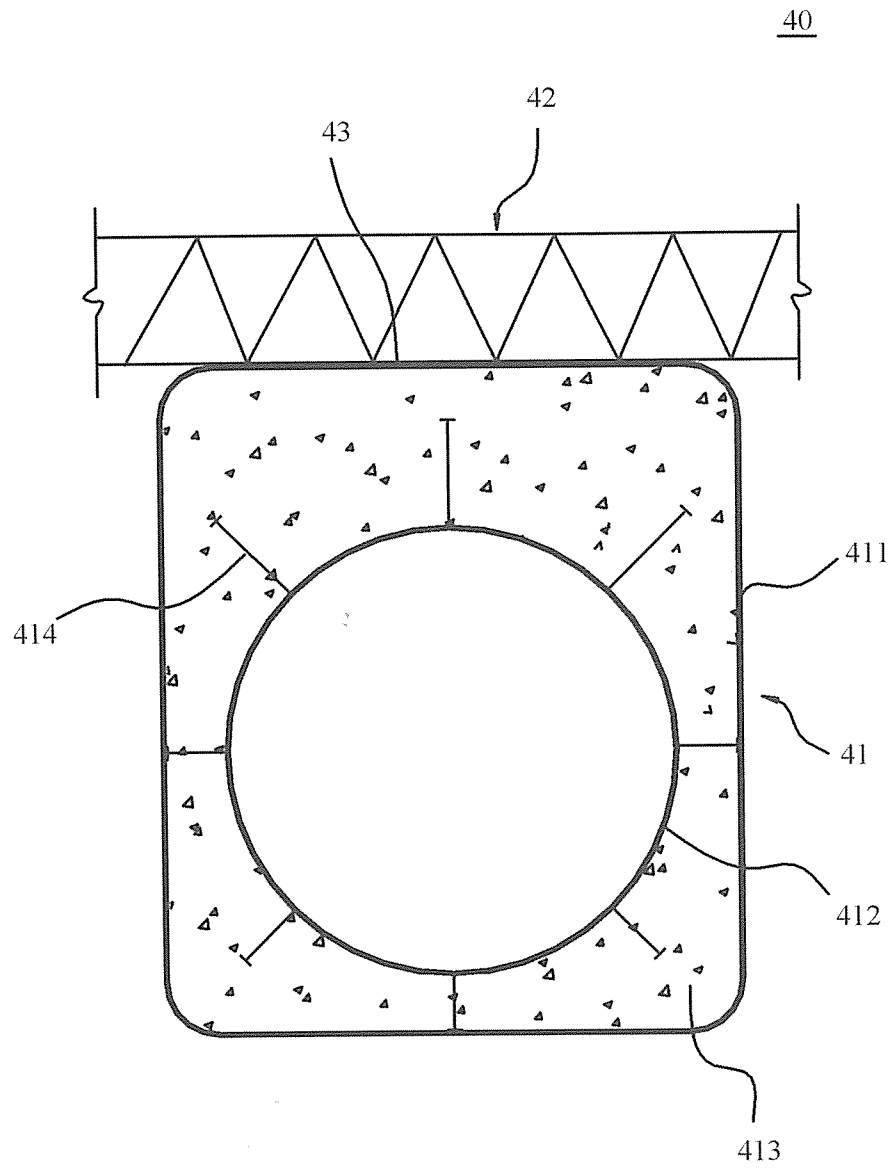


图 4

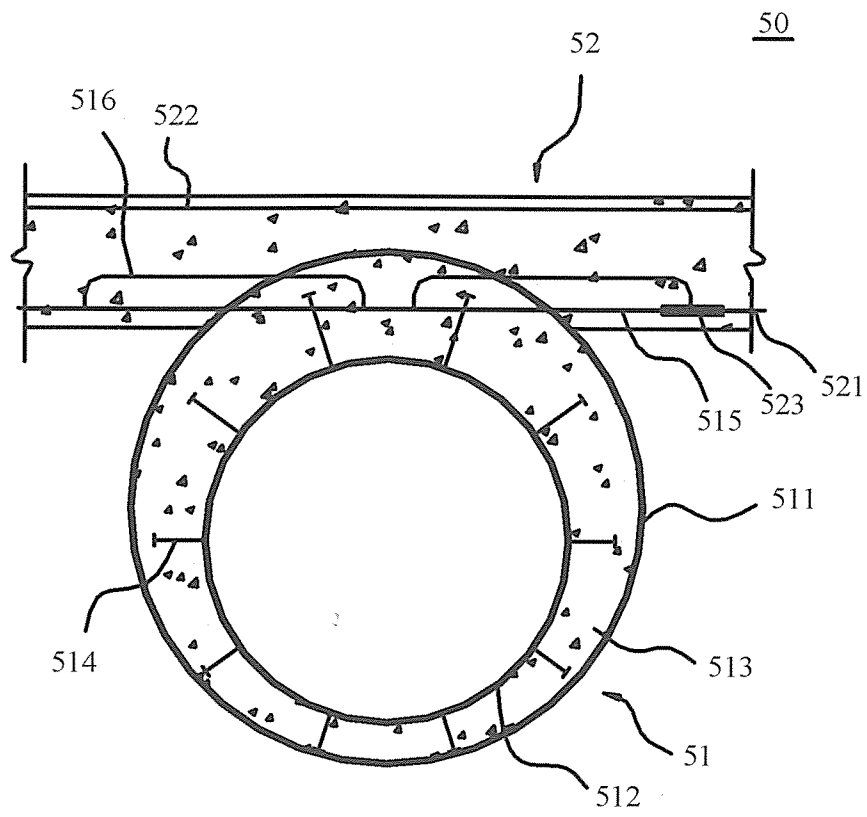


图 5