(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116335017 A
(43)申请公布日 2023.06.27

(21)申请号 202310226633.3

(22)申请日 2023.03.10

(71)申请人 天津大学
地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72)发明人 苏俊省 娄策翔 李忠献

(74)专利代理机构 北京千慕专利代理事务所(普通合伙) 16032
专利代理师 赵芳蕾

(51)Int.Cl.
E01D 19/00(2006.01)
E01D 19/02(2006.01)
E02D 27/12(2006.01)
E02D 27/14(2006.01)

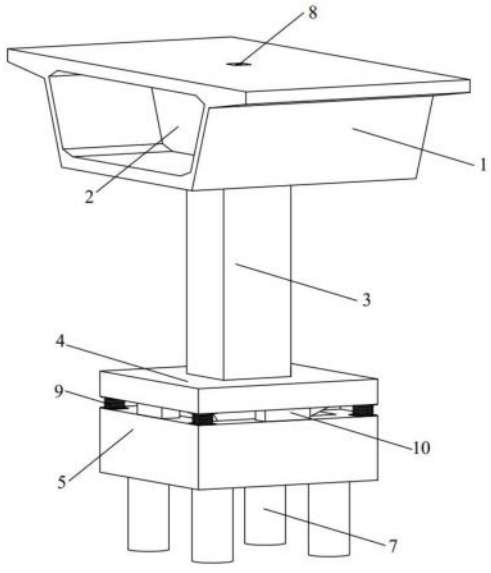
权利要求书1页 说明书6页 附图8页

(54)发明名称

一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系

(57)摘要

一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系，包括若干个预制桩基，若干预制桩基的顶面固接有同一预制下承台，预制下承台的顶面通过摇摆机构固定连接有预制上承台，预制上承台的顶面中部竖直固接有预制桥墩，预制桥墩的顶端安装有预制主梁，预制主梁呈中空结构且两端通透，预制主梁内腔中部布置有横隔梁；预制上承台和预制下承台均呈立方体结构；预制下承台、预制上承台、预制桥墩、预制主梁以及横隔梁的中部竖直穿设有同一预应力钢筋，本发明实现了桥梁的全预制装配施工，极大提高了桥梁施工速度，各构件之间连接可靠、传力明确；提高了装配式桥梁的抗震能力并实现震后快速修复。



CN 116335017 A

1.一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系,其特征在于,包括:若干个预制桩基(7),若干所述预制桩基(7)的顶面固接有同一预制下承台(5),所述预制下承台(5)的顶面通过摇摆机构固定连接有预制上承台(4),所述预制上承台(4)的顶面中部竖直固接有预制桥墩(3),所述预制桥墩(3)的顶端安装有预制主梁(1),所述预制主梁(1)呈中空结构且两端通透,所述预制主梁(1)内腔中部布置有横隔梁(2);所述预制上承台(4)和所述预制下承台(5)均呈立方体结构;所述预制下承台(5)、所述预制上承台(4)、所述预制桥墩(3)、所述预制主梁(1)以及所述横隔梁(2)的中部竖直穿设有同一预应力钢筋(8);

所述摇摆机构包括分别固接在所述预制下承台(5)顶面靠近四角位置的四个可更换耗能元件(9) ,所述可更换耗能元件(9)的顶端与所述预制上承台(4)的底面固定连接;所述预制下承台(5)的顶面靠近四边的位置分别固接有复位件(10),所述复位件(10)的顶端与所述预制上承台(4)的底面固定连接。

2.根据权利要求1所述的一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系,其特征在于:所述预制下承台(5)的顶面中部开设有凹槽,所述预制上承台(4)的底面中部形成有凸起,所述凸起与所述凹槽相适配且均呈倒立梯形台结构;所述凸起的底面固接有滚动板(6),所述滚动板(6)的底面为球弧面并与所述凹槽槽底抵接。

3.根据权利要求1所述的一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系,其特征在于:所述可更换耗能元件(9)包括金属阻尼器,所述金属阻尼器的顶端和底端均固接有连接钢板(91),所述预制上承台(4)的底面以及所述预制下承台(5)的顶面与所述可更换耗能元件(9)对应的位置预埋有第一钢板(451),所述第一钢板(451)与对应的所述连接钢板(91)通过锚栓固定连接。

4.根据权利要求1所述的一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系,其特征在于:所述预制上承台(4)的底面以及所述预制下承台(5)的顶面与所述复位件(10)对应的位置预埋有第二钢板(452),所述第二钢板(452)与所述复位件(10)通过锚栓固定连接。

5.根据权利要求1所述的一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系,其特征在于:所述预制下承台(5)的底面与所述预制桩基(7)对应的位置向上开设有承插槽(51),所述预制桩基(7)顶端插入到所述承插槽(51)内;所述预制下承台(5)内与所述承插槽(51)对应的位置预埋有U形抗冲切钢筋(52)。

6.根据权利要求1所述的一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系,其特征在于:所述预制桥墩(3)内预埋有若干个纵筋(31),所述纵筋(31)平行于所述预制桥墩(3)的轴线,所述预制上承台(4)的顶面与所述纵筋(31)对应的位置预埋有若干个灌浆波纹管(41),所述纵筋(31)的底端由内向外贯穿所述预制桥墩(3)的底端面并插入到对应的所述灌浆波纹管(41)内,所述灌浆波纹管(41)内填充有高强灌浆料(342)。

7.根据权利要求6所述的一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系,其特征在于:所述预制桥墩(3)底端面和所述预制上承台(4)的顶面之间铺设有垫层(341)。

一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系

技术领域

[0001] 本发明涉及桥梁工程与地震工程技术领域，特别是涉及一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系。

背景技术

[0002] 与传统桥梁相比，预制装配式桥梁具有缩短施工周期、能保证结构构件质量、减小对环境的影响等优势，符合我国建筑结构工业化和低碳化建设的发展要求，因而越来越受到桥梁建造者的青睐。目前，桥梁上部结构和桩基础的预制装配技术已经较为成熟且获得广泛应用，桥墩的预制装配技术近年来也得到长足发展；然而，由于承台重量过大吊装困难，预制桥梁中承台仍然以现浇为主，极大地限制了预制桥梁结构的建造速度。

[0003] 另一方面，近年来，国际上针对城市震后重建难度大、时间长、社会代价巨大等问题，提出了减小震后修复成本的城市抗震韧性概念。桥梁作为城市交通的重要节点，是城市抗震韧性的重要组成部分。因此，发展桥梁抗震韧性技术，提高城市桥梁的抗震韧性，对提高整个城市系统的抗震韧性至关重要。然而，装配式桥梁的抗震性能是制约其在强震区推广使用的关键。对此，有专家和学者提出了通过摇摆自复位实现桥梁震后低损伤和可快速修复的摇摆桥梁体系来提高装配式桥梁的抗震韧性。现有摇摆桥梁体系主要包括摇摆基础和摇摆桥墩两种形式，其中摇摆基础结构由于土体变形会导致桥梁结构的震后残余变形，影响桥梁震后可恢复性能；摇摆桥墩结构存在开合界面尺寸较小，影响耗能元件布置及变形，导致耗能效率较低的问题。

[0004] 综上所述，装配式桥梁建设中存在着承台重量过大不宜装配，以及现有摇摆桥梁体系的形式较难满足城市桥梁抗震韧性重大需求等问题。因此，亟需提出一种可实现全预制装配的、具有较高耗能能力和较好自复位性能的新型摇摆桥梁结构体系。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系，以解决上述现有技术中存在的问题。

[0006] 一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系，包括若干个预制桩基，若干所述预制桩基的顶面固接有同一预制下承台，所述预制下承台的顶面通过摇摆机构固定连接有预制上承台，所述预制上承台的顶面中部竖直固接有预制桥墩，所述预制桥墩的顶端安装有预制主梁，所述预制主梁呈中空结构且两端通透，所述预制主梁内腔中部布置有横隔梁；所述预制上承台和所述预制下承台均呈立方体结构；所述预制下承台、所述预制上承台、所述预制桥墩、所述预制主梁以及所述横隔梁的中部竖直穿设有同一预应力钢筋；

所述摇摆机构包括分别固接在所述预制下承台顶面靠近四角位置的四个可更换耗能元件，所述可更换耗能元件的顶端与所述预制上承台的底面固定连接；所述预制下承台的顶面靠近四边的位置分别固接有复位件，所述复位件的顶端与所述预制上承台的底面固定连接。

[0007] 优选的，所述预制下承台的顶面中部开设有凹槽，所述预制上承台的底面中部形成有凸起，所述凸起与所述凹槽相适配且均呈倒立梯形台结构；所述凸起的底面固接有滚动板，所述滚动板的底面为球弧面并与所述凹槽槽底抵接。

[0008] 优选的，所述可更换耗能元件包括金属阻尼器，所述金属阻尼器的顶端和底端均固接有连接钢板，所述预制上承台的底面以及所述预制下承台的顶面与所述可更换耗能元件对应的位置预埋有第一钢板，所述第一钢板与对应的所述连接钢板通过锚栓固定连接。

[0009] 优选的，所述预制上承台的底面以及所述预制下承台的顶面与所述复位件对应的位置预埋有第二钢板，所述第二钢板与所述复位件通过锚栓固定连接。

[0010] 优选的，所述预制下承台的底面与所述预制桩基对应的位置向上开设有承插槽，所述预制桩基顶端插入到所述承插槽内；所述预制下承台内与所述承插槽对应的位置预埋有U形抗冲切钢筋。

[0011] 优选的，所述预制桥墩内预埋有若干个纵筋，所述纵筋平行于所述预制桥墩的轴线，所述预制上承台的顶面与所述纵筋对应的位置预埋有若干个灌浆波纹管，所述纵筋的底端由内向外贯穿所述预制桥墩的底端面并插入到对应的所述灌浆波纹管内，所述灌浆波纹管内填充有高强灌浆料。

[0012] 优选的，所述预制桥墩底端面和所述预制上承台的顶面之间铺设有垫层。

[0013] 本发明公开了以下技术效果：

1.本发明提出的承台分块形式有可以减少承台重量，有助于实现桥梁建造的全预制装配施工，便于充分发挥出预制装配式桥梁的优势，符合建筑结构工业化和低碳化建设的发展趋势。

[0014] 2.本发明利用的预应力钢筋和复位件能为结构体系提供摇摆自复位能力，可降低桥墩的残余位移；利用的可更换耗能元件具有优异的拉压耗能能力，可满足摇摆结构的耗能需求；此类关键功能元件不仅保证了结构体系良好的自复位性能和较高的耗能能力，而且连接简单、有较好的可修复能力，可降低震后修复成本、缩短修复时间。

[0015] 3.本发明提出的滚动板为钢板或UHPC材料所制，其底面为球弧面，也是摇摆界面，既保证了摇摆的更好实现，又减小了墩底部摇摆碰撞造成的局部损伤；同时，球弧面的作用是可在震时释放节点弯矩，从而减小桥墩在震后的破坏。

[0016] 4.本发明的预制桥墩、预制桩基同预制分离式摇摆承台的节点连接形式分别为灌浆波纹管和承插式连接，使连接更加牢固可靠；此外，分离式摇摆承台的预制上、下承台分别设计为下凸和上凹形状，既加大了上承台的中间厚度及下承台边缘厚度，满足了相应的节点连接的需求，又形成了上下扣合式形式，为上部结构提供一定约束，提高了摇摆承台的稳定性。

[0017] 综合所述，本发明实现了桥梁的全预制装配施工，且各构件之间连接可靠、传力明确；提高了装配式桥梁的抗震能力并且易于震后修复，确保交通生命线不中断，社会经济效益良好：满足了城市桥梁建设中对“快速建造”和“抗震韧性”的重大需求，极具工程应用前景，值得推广使用。

附图说明

[0018] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例中所

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发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0019] 图1为本发明整体结构示意图；

图2为本发明内部结构示意图；

图3为本发明预制上承台和滚动板结构图；

图4为本发明预制下承台结构图；

图5为本发明可更换耗能元件结构图；

图6为本发明预制桩基与预制下承台连接示意图；

图7为本发明预制桥墩与预制上承台连接示意图；

图8为本发明摇摆状态示意图；

图9为本发明摇摆状态内部示意图；

图10为本发明多级破坏模式和韧性保障机制。

[0020] 其中：

1、预制主梁；2、横隔梁；3、预制桥墩；4、预制上承台；5、预制下承台；6、滚动板；7、预制桩基；8、预应力钢筋；9、可更换耗能元件；10、复位件；31、纵筋；41、灌浆波纹管；51、承插槽；52、U形抗冲切钢筋；91、连接钢板；341、垫层；342、高强灌浆料；451、第一钢板；452、第二钢板；571、UHPC灌浆料。

实施方式

[0021] 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，所描述的实施例仅仅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。

[0022] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0023] 参照附图1-10，一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系，包括若干个预制桩基7，若干预制桩基7的顶面固接有同一预制下承台5，预制下承台5的顶面通过摇摆机构固定连接有预制上承台4，预制上承台4的顶面中部竖直固接有预制桥墩3，预制桥墩3的顶端安装有预制主梁1，预制主梁1呈中空结构且两端通透，预制主梁1内腔中部布置有横隔梁2；预制上承台4和预制下承台5均呈立方体结构；预制下承台5、预制上承台4、预制桥墩3、预制主梁1以及横隔梁2的中部竖直穿设有同一预应力钢筋8；

摇摆机构包括分别固接在预制下承台5顶面靠近四角位置的四个可更换耗能元件9 ，可更换耗能元件9的顶端与预制上承台4的底面固定连接；预制下承台5的顶面靠近四边的位置分别固接有复位件10，复位件10的顶端与预制上承台4的底面固定连接。

[0024] 若干个预制桩基7竖直固定插接在地基上，预制下承台5、预制上承台4、预制桥墩3、预制主梁1均可以提前单独预制，然后依次进行组装固定，并且将承台分成了预制下承台5、预制上承台4，减少了承台重量，有助于实现桥梁建造的全预制装配施工；横隔梁2与预制主梁1一体浇筑而成；预制主梁1的两通透侧面的连线平行于预制主梁1的长度方向，横隔梁

2竖直设置且垂直于预制主梁1的长度方向，横隔梁2的边缘与预制主梁1的内腔侧壁以及顶面底面固定连接；预制下承台5、预制上承台4、预制桥墩3、预制主梁1以及横隔梁2在浇筑成形时，中部均预留有上下贯通的孔道，这些孔道轴线重合并且孔径相同，预应力钢筋8穿设在所有孔道中，预应力钢筋8底端锚固在预制下承台5底面下方，预应力钢筋8顶端锚固在预制主梁1顶面上方；预制上承台4和预制下承台5均采用高强混凝土材料浇筑；当地震来临时，整个桥体会出现摇摆，可更换耗能元件9可以耗散摇摆产生的能量，进而减少桥体摇摆的幅度，降低对桥体的破坏，复位件10可以为预制上承台4提供弹力，当预制上承台4摇摆倾斜时，较低的一侧对应的复位件10可以提供向上的弹力，较高一侧对应的复位件10可以提供向下的拉力，进而使预制上承台4能够尽快的复位，进一步加强桥体的抗震能力。

[0025] 进一步优化方案，预制下承台5的顶面中部开设有凹槽，预制上承台4的底面中部形成有凸起，凸起与凹槽相适配且均呈倒立梯形台结构；凸起的底面固接有滚动板6，滚动板6的底面为球弧面并与凹槽槽底抵接。

[0026] 凸起可以完全插入到凹槽中，采用上下扣合式形式，凸起和凹槽的具体尺寸可根据设计要求进行调整，且两者之间留有空隙，以防止摇摆时发生碰撞破坏；滚动板6的底面呈球弧面且顶面呈平面，球弧面为摇摆界面，滚动板6的顶面与凸起底面贴合并通过栓钉固定连接，滚动板6的材料为钢板或UHPC，从而防止滚动板6局部受压过大导致的局部破坏；预应力钢筋8贯穿滚动板6的中心。

[0027] 进一步优化方案，可更换耗能元件9包括金属阻尼器，金属阻尼器的顶端和底端均固接有连接钢板91，预制上承台4的底面以及预制下承台5的顶面与可更换耗能元件9对应的位置预埋有第一钢板451，第一钢板451与对应的连接钢板91通过锚栓固定连接。

[0028] 金属阻尼器采用具有优异的拉压耗能能力的阻尼器，可满足摇摆结构的耗能需求，如可采用手风琴式金属阻尼器(accordion metallic damper)。

[0029] 进一步优化方案，预制上承台4的底面以及预制下承台5的顶面与复位件10对应的位置预埋有第二钢板452，第二钢板452与复位件10通过锚栓固定连接。

[0030] 复位件10包括底板和顶板，底板和顶板之间固接有若干个弹簧、支撑杆以及橡胶垫层，顶板和预制上承台4上对应的第二钢板452固定连接，底板可与预制下承台5上对应的第二钢板452固定连接，在一定压力之内，支撑杆可以供支撑力，当压力超过限度，支撑杆会断裂，弹簧和橡胶垫层会提供自复位的弹力。

[0031] 进一步优化方案，预制下承台5的底面与预制桩基7对应的位置向上开设有承插槽51，预制桩基7顶端插入到承插槽51内；预制下承台5内与承插槽51对应的位置预埋有U形抗冲切钢筋52。

[0032] 承插槽51的形状与预制桩基7顶端的形状相适配，采用承插式连接，承插槽51尺寸较预制桩基7尺寸大10～30mm；承插槽51的槽壁以及预制桩基7的周壁顶部均为波纹状，承插槽51的槽壁与预制桩基7之间的缝隙中灌注有UHPC灌浆料571；U形抗冲切钢筋52的作用是使预制下承台5中承插槽51槽壁的部分以及承插槽51槽底部分共同受力以满足承插式节点的冲切性能；采用承插式连接的误差容许度大，能较好的考虑到预制桩基7安装过程中可能产生较大施工误差。

[0033] 进一步优化方案，预制桥墩3内预埋有若干个纵筋31，纵筋31平行于预制桥墩3的轴线，预制上承台4的顶面与纵筋31对应的位置预埋有若干个灌浆波纹管41，纵筋31的底端

由内向外贯穿预制桥墩3的底端面并插入到对应的灌浆波纹管41内，灌浆波纹管41内填充有高强灌浆料342。

[0034] 灌浆波纹管41的数量与纵筋31的数量相同且一一对应，纵筋31的底端可以伸入到灌浆波纹管41的内腔底部；纵筋31在满足粘结长度要求下，宜使用大直径高强钢筋，如HRB600或HRB700，减少灌浆波纹管41的数量，降低施工难度；同时，高强灌浆料342宜采用UHPC材料，提高粘结强度，降低纵筋31所需粘结长度。

[0035] 进一步优化方案，预制桥墩3底端面和预制上承台4的顶面之间铺设有垫层341。

[0036] 垫层341铺设在预制上承台4与预制桥墩3之间，从而实现减小预制桥墩3墩底的局部损伤，垫层341可以选用砂浆、钢板、ECC、UHPC中的一种。

[0037] 图8、图9是本发明的三维立体和立面结构摇摆示意图。在地震作用下，本发明有较强的减震和自复位能力，具体表现为：分离式摇摆承台与可更换耗能元件9协同工作耗散地震能量；预应力钢筋8和复位件10为结构体系提供自复位能力。此外，结合图10，本发明形成了摇摆桥梁体系的多级破坏模式和韧性保障机制：由于可更换耗能元件9和复位件10的连接方式简单，可实现一般地震后的快速更换；由于预制承台的分离式设计，在巨震下预制桥墩3和预制上承台4发生不可修复的塑性损伤时，可进行两者的整体更换，避免了整桥的重建。

[0038] 本实施例中，一种分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系的施工方法，包括以下步骤：

S01：在工厂完成预制主梁1、横隔梁2、预制桥墩3、预制上承台4、预制下承台5、滚动板6、预制桩基7、可更换耗能元件9和复位件10的制作，并运输至施工现场；其中横隔梁2与预制主梁1预制为整体。

[0039] S02：吊装预制桩基7，打入或压入地基中。

[0040] S03：吊装预制下承台5，将承插槽51与预制桩基7顶部对齐连接，灌注UHPC灌浆料571完成固定。

[0041] S04：将滚动板6与预制上承台4底面的凸起用栓钉连接后，吊装于预制下承台5上，保证预应力钢筋8的预留孔道对齐。

[0042] S05：用锚栓将可更换耗能元件9、复位件10分别与预埋的第一钢板451、第二钢板452连接，完成功能元件的安装。

[0043] S06：在预制上承台4上端面铺设垫层341后，吊装预制桥墩3，将纵筋31插入对应预制上承台4预埋的灌浆波纹管41内，再向灌浆波纹管41中灌注高强灌浆料342，完成预制上承台4与预制桥墩3的连接。

[0044] S07：吊装预制主梁1和横隔梁2的整体于预制桥墩3顶部，要求预留孔道对准，完成上部结构的连接。

[0045] S08：将预应力钢筋8穿过预留孔道进行张拉并固定，完成分离式摇摆承台全装配式桥梁结构体系的施工。

[0046] 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0047] 以上所述的实施例仅是对本发明的优选方式进行描述,并非对本发明的范围进行限定,在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域普通技术人员对本发明的技术方案做出的各种变形和改进,均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。

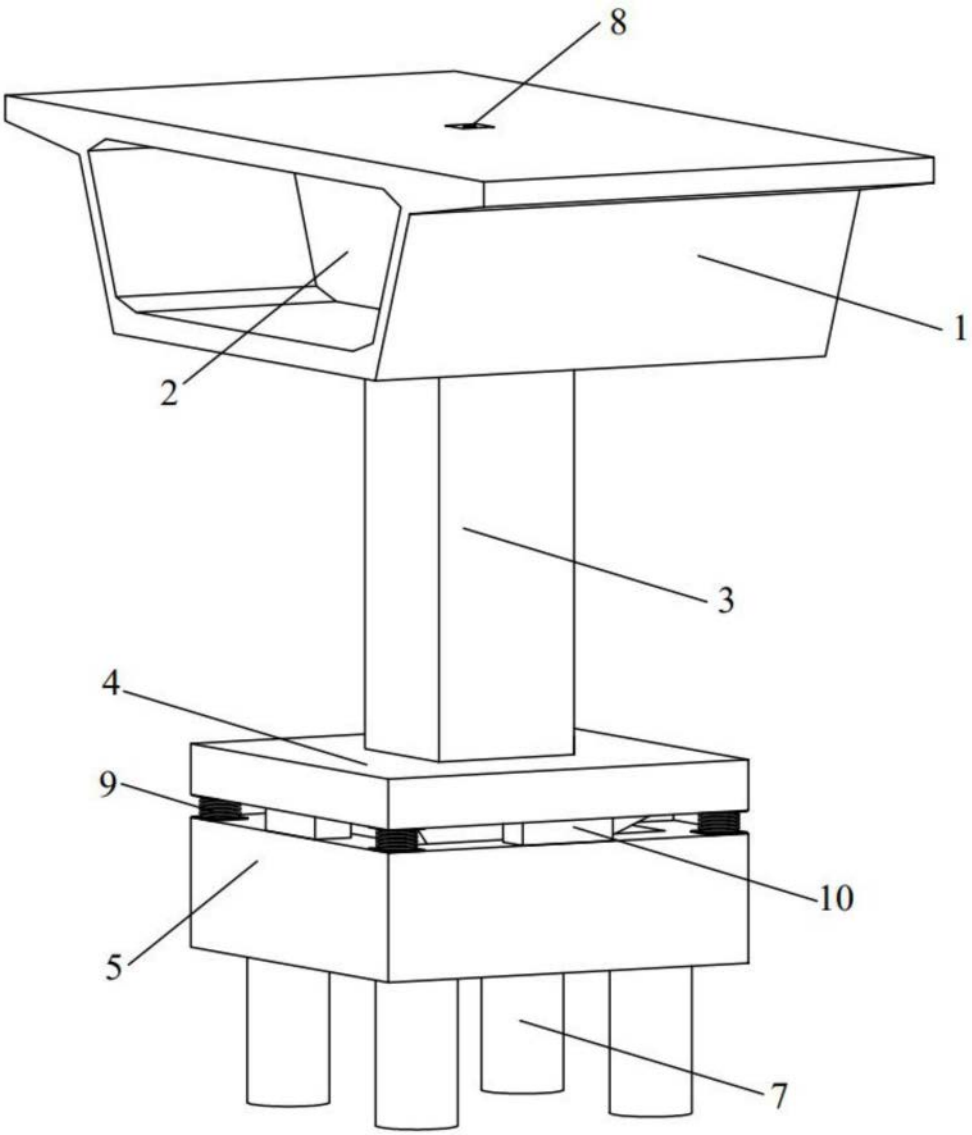


图1

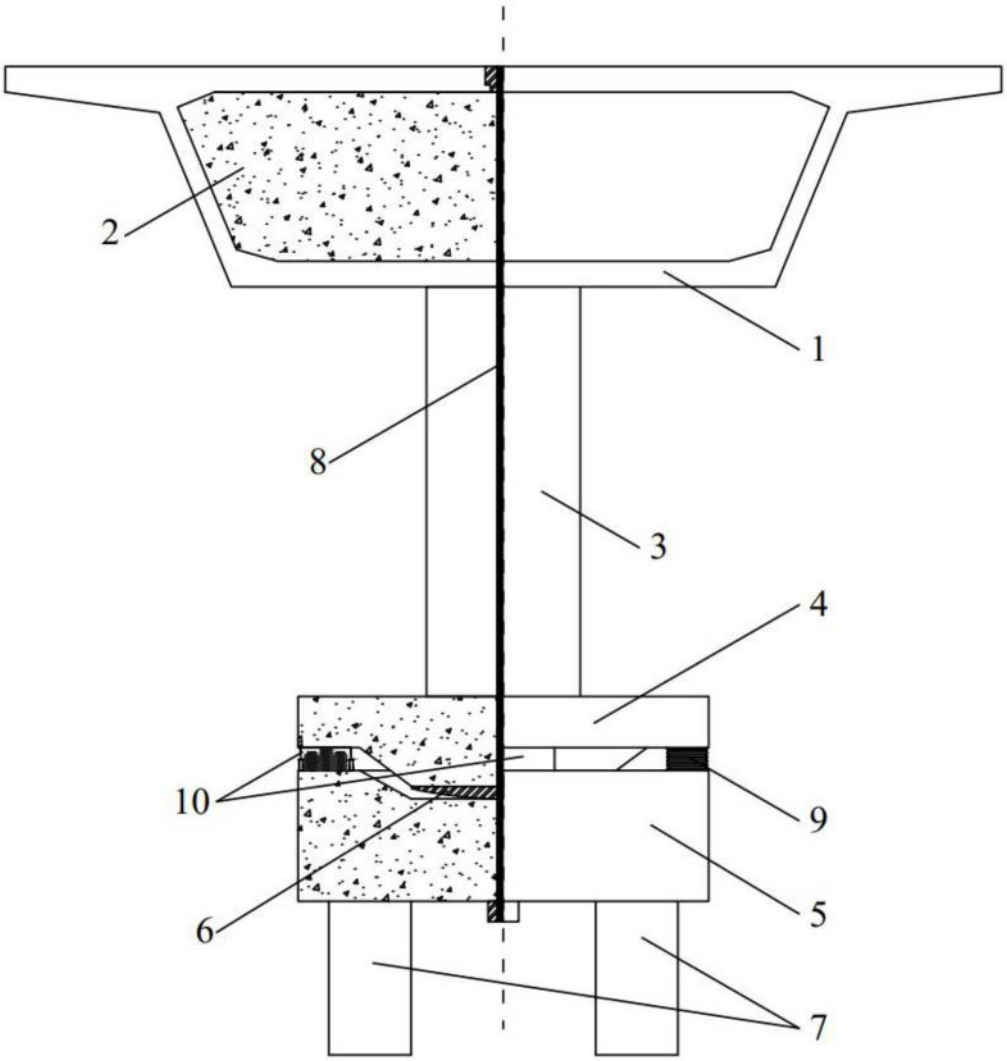


图2

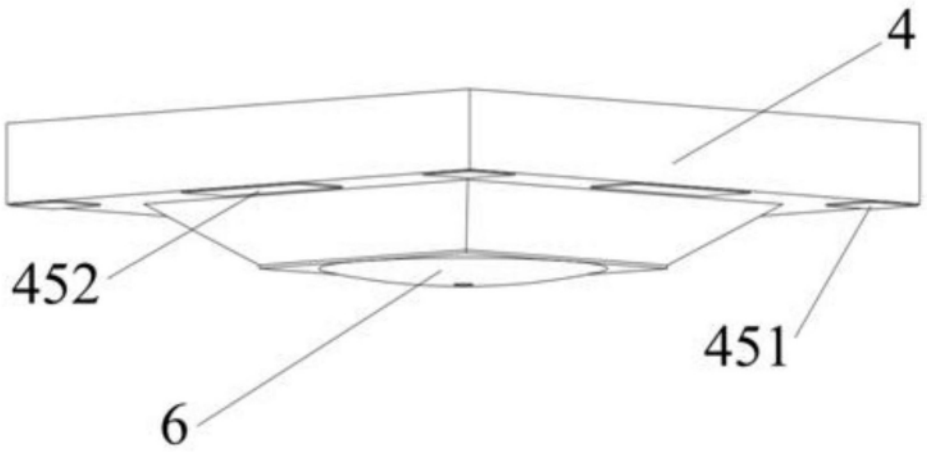


图3

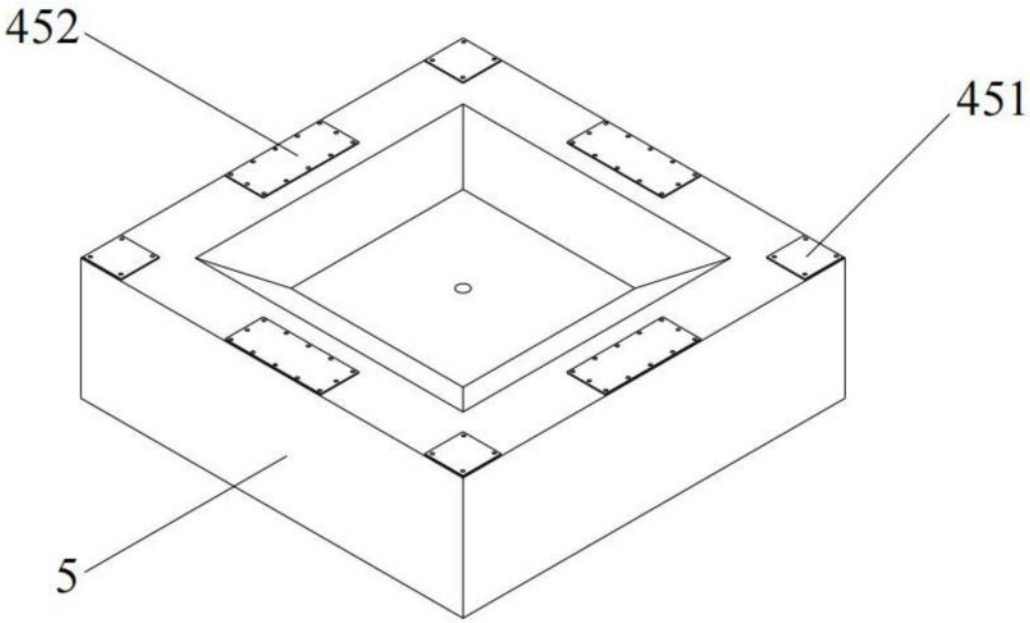


图4

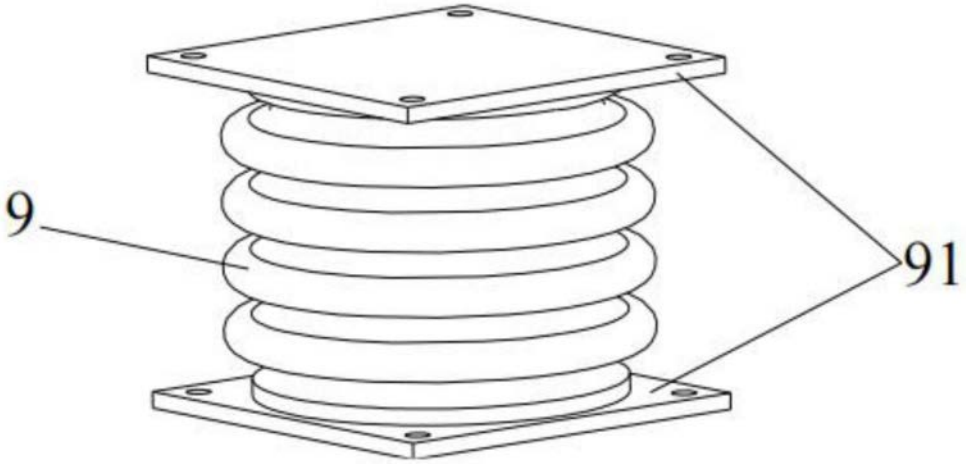


图5

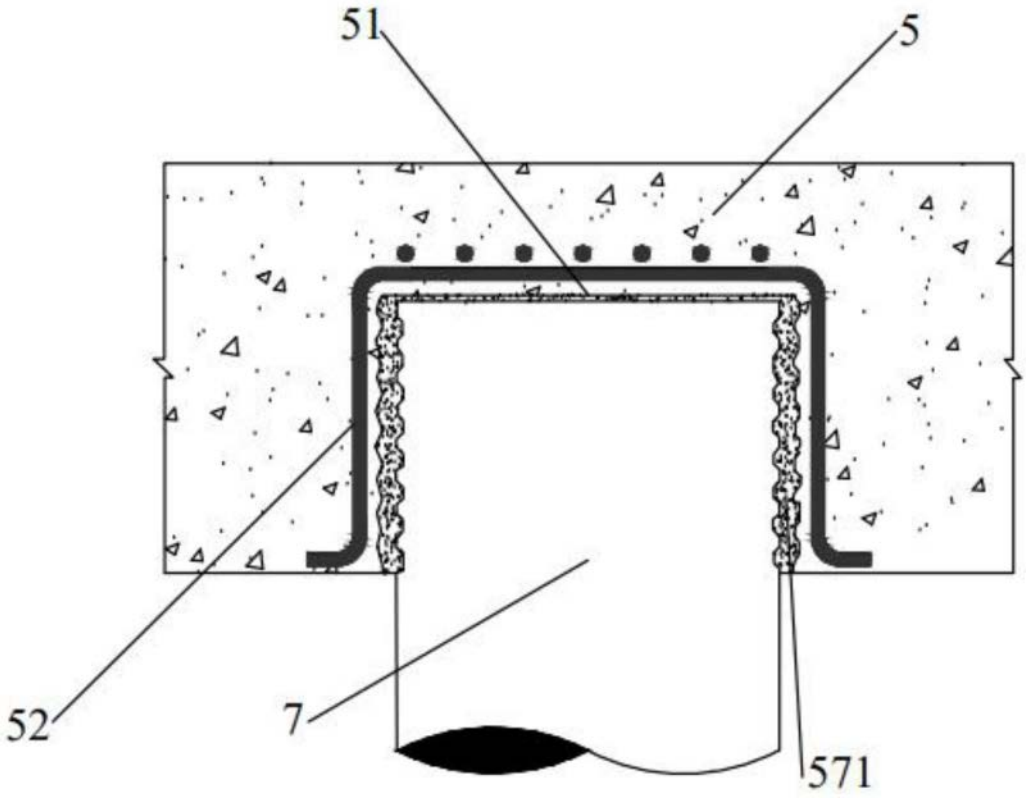


图6

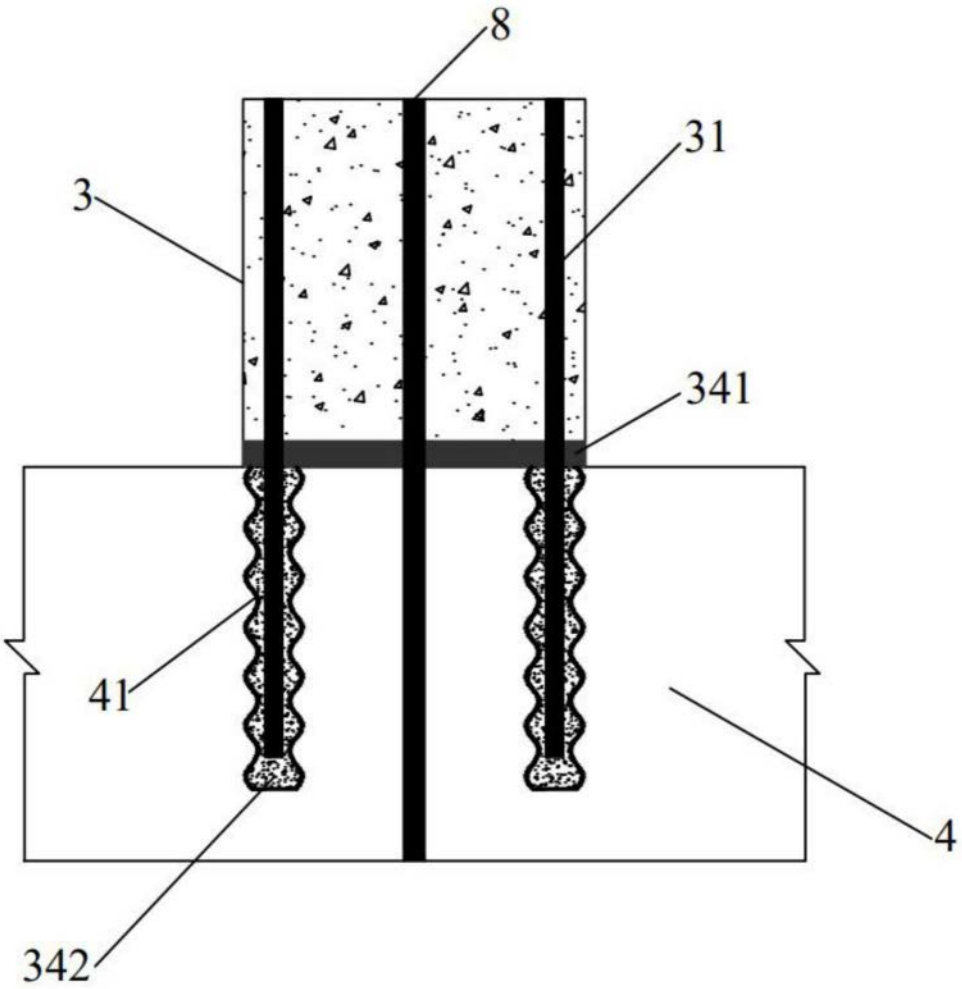


图7

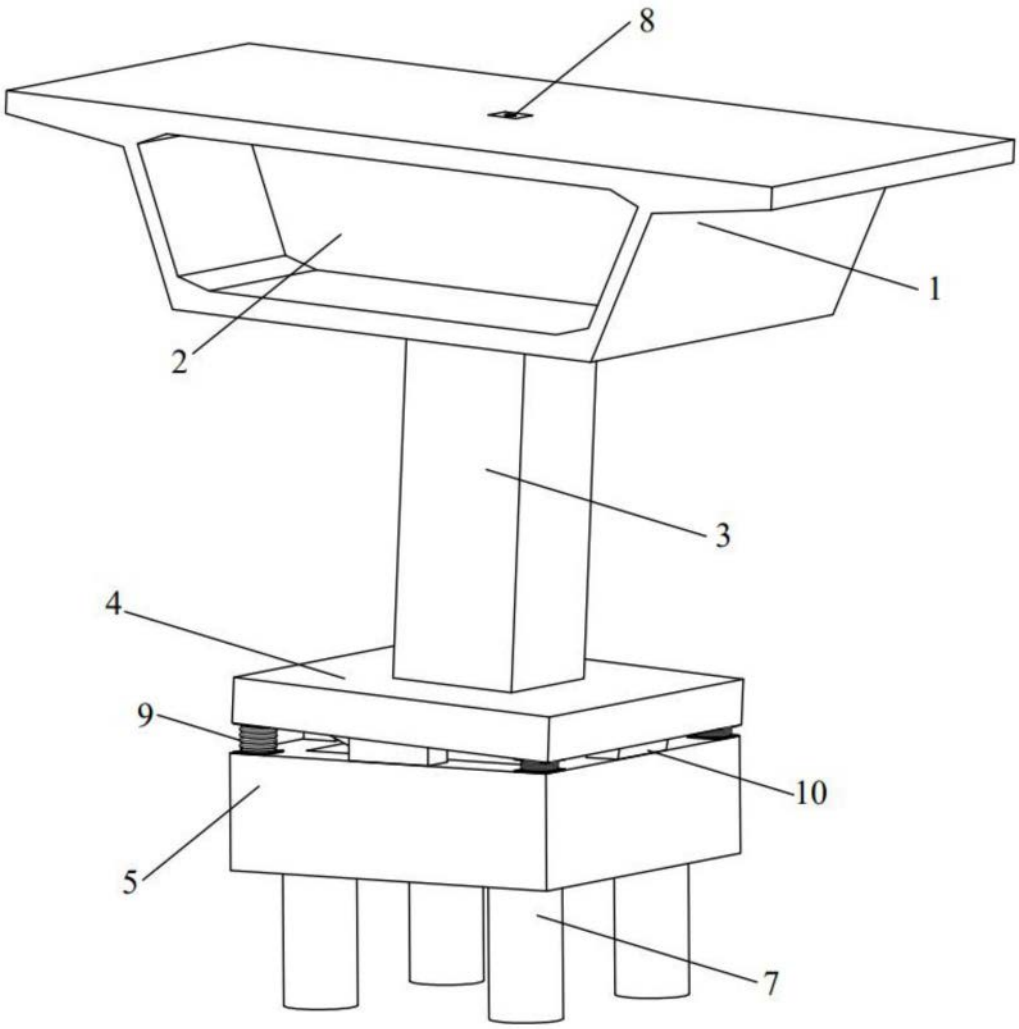


图8

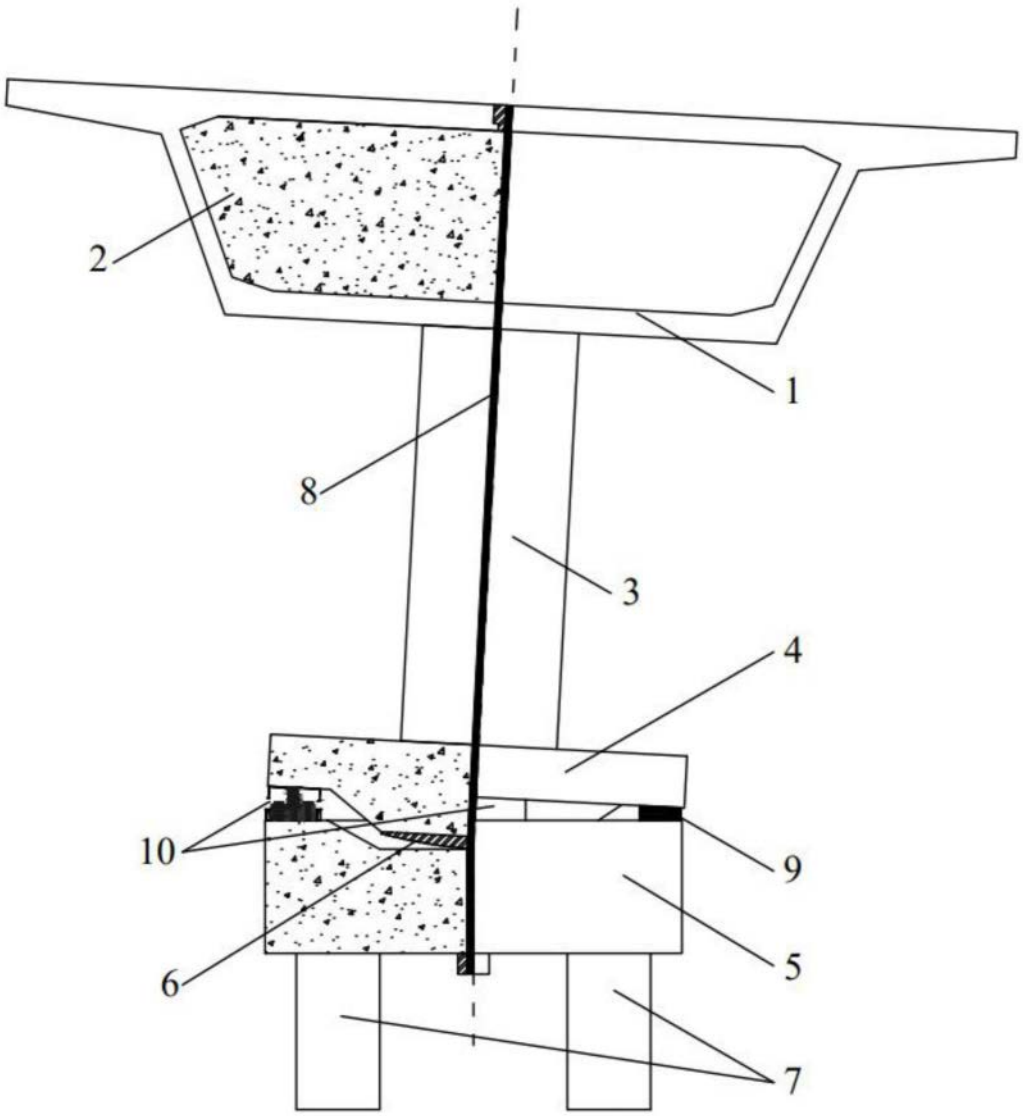


图9

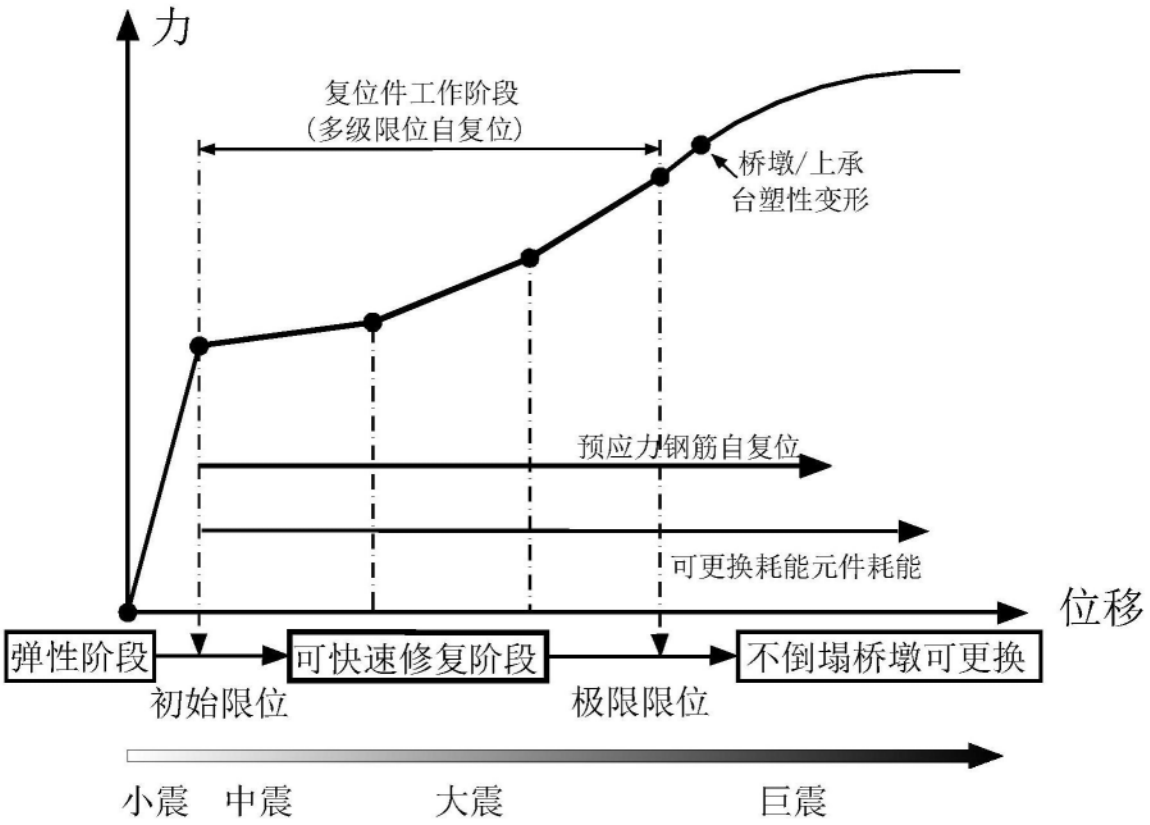

力
复位件工作阶段
（多级限位自复位）
桥墩/上承
台塑性变形
预应力钢筋自复位
可更换耗能元件耗能
位移
弹性阶段
可快速修复阶段
不倒塌桥墩可更换
初始限位
极限限位
小震
中震
大震
巨震

图10