



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105714968 A

(43)申请公布日 2016.06.29

(21)申请号 201610101925.4

(22)申请日 2016.02.24

(71)申请人 郭猛

地址 100013 北京市朝阳区北三环东路30号中国建筑科学研究院主楼2109室

(72)发明人 郭猛

(51)Int.Cl.

E04B 5/43(2006.01)

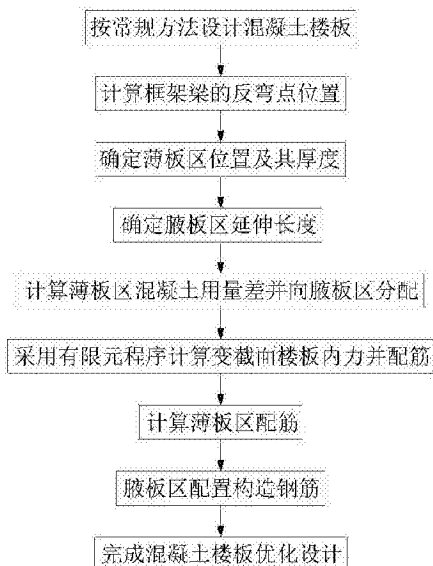
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

## (54)发明名称

减轻强梁弱柱震害的混凝土楼板优化设计方法

## (57)摘要

本发明公开了一种减轻强梁弱柱震害的混凝土楼板优化设计方法,主要步骤包括:按常规设计方法计算楼板厚度,计算框架梁反弯点所在位置,确定薄板区范围、薄板区板厚及腋板区范围,计算薄板区范围内混凝土用量差并向腋板区分配,形成变截面楼板,进行变截面楼板配筋设计及薄板区配筋设计,完成减轻强梁弱柱震害的混凝土楼板优化设计。本发明的设计方法降低了框架梁负弯矩区相邻楼板的截面高度及配筋量,减少了楼板钢筋参与框架梁负弯矩受力程度,有效减轻或基本避免了因楼板加强作用而导致的强梁弱柱震害现象,实现强柱弱梁的抗震设计要求。



1. 一种减轻强梁弱柱震害的混凝土楼板优化设计方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1,根据楼板跨度、材料强度、荷载情况等参数,按常规设计方法初步确定楼板厚度 $h_0$ ;

步骤2,根据框架梁端部负弯矩折减系数、跨度等参数,绘制梁弯矩曲线,计算一个方向框架梁的反弯点位置 $x_1$ 、 $x_2$ ,计算另一个方向框架梁的反弯点位置 $y_1$ 、 $y_2$ ;

步骤3,根据相邻框架梁反弯点位置,确定薄板区3的范围,薄板区3位于楼板四角位置,按单向板或双向板计算薄板区3的厚度 $h_1$ ,并满足混凝土结构设计规范对于现浇混凝土单向板或双向板的最小厚度要求;

步骤4,确定腋板区1向板内的延伸长度,腋板区1由支座延伸至相邻框架梁反弯点位置;

步骤5,根据步骤3确定的薄板区范围及厚度 $h_1$ ,计算薄板区混凝土用量;根据步骤1确定的楼板厚度 $h_0$ 及薄板区范围,计算两种参数下混凝土用量差 $w$ ;

步骤6,计算 $\alpha = x_1/y_1$ ,将该混凝土用量差 $w$ 向腋板区1分配,长跨框架梁相连腋板区混凝土分配量与短跨框架梁相连腋板区混凝土分配量比值为 $\alpha$ ,该区域楼板截面高度在支座位置较高,按坡形或阶梯形减小楼板截面高度至平板区2,形成变截面楼板;

步骤7,采用有限元分析程序计算腋板区1、平板区2所组成的变截面楼板各部位的内力,根据内力计算结果进行楼板截面校核及配筋设计;

步骤8,根据薄板区3的厚度 $h_1$ 、平面尺寸 $x_1$ 、 $y_1$ 及荷载、混凝土强度等参数,计算薄板区3配筋,所述薄板区3与腋板区1交界的边界按固结边界考虑,该边界配筋满足混凝土结构设计规范的构造配筋要求,所述薄板区3与框架梁交界的边界按铰接边界考虑,并满足混凝土结构设计规范对板配筋的构造要求。

步骤9,腋板区1底面的坡形区域或阶梯形区域增配构造钢筋,完成混凝土楼板优化设计。

2. 如权利要求1所述的设计方法,其特征在于,所述步骤2中框架梁反弯点计算公式为: $x_1 = 0.211\beta l$ 、 $x_2 = (1 - 0.211\beta)l$ , $\beta$ 为框架梁端部负弯矩折减系数, $l$ 为框架梁跨度。

## 减轻强梁弱柱震害的混凝土楼板优化设计方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种减轻强梁弱柱震害的混凝土楼板优化设计方法,属于建筑结构技术领域。

### 背景技术

[0002] 框架结构是由框架梁、框架柱以刚结形式连接而成的承重结构体系。为保证框架结构的抗震安全,避免竖向构件先于水平构件发生破坏,结构设计时需对框架梁、框架柱的内力分配进行调整,遵循强柱弱梁、强剪弱弯、强节点弱杆件的设计原则,强柱弱梁的含义为地震作用下保证框架结构的破坏首先出现在梁端,即首先在梁端部形成塑性铰,梁端先于柱端发生破坏,对此我国《建筑抗震设计规范》给出了具体内力调整系数。由于传统现浇楼板对框架梁的加强作用,楼板纵筋参与框架梁负弯矩受力,使得框架梁负弯矩承载力往往较设计值大的多,框架结构主要在柱端部出现破坏而非框架梁端部,也即强梁弱柱震害,这在历次大震后的框架震害调研已得到证实。

[0003] 为了增加室内空间高度,在不改变结构层高的前提下,通常采用增加楼板厚度而不设置次梁的方法。对于不设置次梁、楼板厚度较大的框架结构,楼板纵筋配筋量较大,参与框架梁负弯矩承载力的程度更大,地震作用下也更容易出现强梁弱柱破坏情况,因此,如何保证实现强柱弱梁的设计概念,最大程度减轻强梁弱柱震害,是工程技术人员亟待解决的问题。

[0004] 针对混凝土板对框架梁的加强问题,有文献提出在楼板角部与框架梁交界的界面设置缝隙的方法,虽然可以解决板对梁的加强问题,但在实践中是否可行存在疑问,主要在于不论通过设置缝将混凝土板与框架梁完全分开,还是设置隔震装置隔开二者,都不可避免的存在缝隙,加重产生楼板开裂问题,影响人们正常使用。对于普通混凝土楼板,由于其开裂引发的房屋质量问题及投诉纠纷并不少见。为了避免楼板开裂,混凝土结构设计规范等现行规范对混凝土板的最小配筋率有着严格的规定,且随着规范更新,最小配筋率在不同程度提高,显示出对混凝土楼板开裂问题的重视。

[0005] 因此,需要本领域技术人员迫切解决的一个技术问题就是:如何能够提出一种混凝土楼板设计方法,保证框架梁端部首先形成塑性铰,减轻或避免地震作用下强梁弱柱震害,同时又能保证楼板连续性,减轻或避免因设置缝隙或隔震装置而导致的楼板开裂,方便人们使用。

### 发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是:在基本不改变混凝土用量的前提下,从设计角度出发对传统等截面厚度平板式混凝土楼板做出革新,保证框架梁端部首先形成塑性铰,减轻或避免地震作用下强梁弱柱震害,同时又能保证楼板的连续性,减轻或避免因设置缝隙或隔震装置而导致的楼板开裂。

[0007] 本发明提出一种减轻强梁弱柱震害的混凝土楼板优化设计方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤1,根据楼板跨度、材料强度、荷载情况等参数,按常规设计方法初步确定楼板厚度 $h_0$ ;

[0009] 步骤2,根据框架梁端部负弯矩折减系数、跨度等参数,计算一个方向框架梁的反弯点位置 $x_1$ 、 $x_2$ ,计算另一个方向框架梁的反弯点位置 $y_1$ 、 $y_2$ ;

[0010] 步骤3,根据相邻框架梁反弯点位置,确定薄板区3的范围,薄板区3位于楼板四角位置,按单向板或双向板计算薄板区3的厚度 $h_1$ ,并满足混凝土结构设计规范对于现浇混凝土单向板或双向板的最小厚度要求;

[0011] 步骤4,确定腋板区1向板内的延伸长度,腋板区1由支座延伸至相邻框架梁反弯点位置;

[0012] 步骤5,根据步骤3确定的薄板区范围及厚度 $h_1$ ,计算薄板区混凝土用量;根据步骤1确定的楼板厚度 $h_0$ 及薄板区范围,计算两种参数下混凝土用量差 $w$ ;

[0013] 步骤6,计算 $\alpha = x_1/y_1$ ,将该混凝土用量差 $w$ 向支座加腋区1分配,短跨框架梁相连腋板区混凝土分配量与长跨框架梁相连腋板区混凝土分配量比值为 $\alpha$ ,该区域楼板截面高度在支座位置较高,按坡形或阶梯形减小楼板截面高度至平板区2,形成变截面楼板;

[0014] 步骤7,采用有限元分析程序计算腋板区1、平板区2所组成的变截面楼板各部位的内力,根据内力计算结果进行楼板截面校核及配筋设计;

[0015] 步骤8,根据薄板区3的厚度 $h_1$ 、平面尺寸 $x_1$ 、 $y_1$ 及荷载、混凝土强度等参数,计算薄板区3配筋,所述薄板区3与腋板区1交界的边界按固结边界考虑,所述薄板区3与框架梁交界的边界按铰接边界考虑,并满足混凝土结构设计规范对板配筋的构造要求。

[0016] 步骤9,腋板区1底面的坡形区域或阶梯形区域增配构造钢筋,完成混凝土楼板优化设计。

[0017] 所述步骤2中框架梁反弯点计算公式为: $x_1 = 0.211\beta l$ 、 $x_2 = (1 - 0.211\beta)l$ , $\beta$ 为框架梁端部负弯矩折减系数, $l$ 为框架梁跨度。

[0018] 本发明的设计理念是:根据框架梁自身的弯矩分布规律,确定楼板减薄的范围及跨中楼板加腋长度,即在梁支座位置的负弯矩区,将相连楼板截面降低,该区域楼板截面高度及配筋仅按自身范围内的荷载及边界条件确定,不参与楼板的整体承载;同时,将跨中梁受压区域对应的楼板截面增大,增大部分的楼板区域沿梁轴线取竖向荷载下梁跨中正弯矩长度,提高该位置楼板承载力,弥补楼板四个角部不受力所引起的楼板承载力削弱,而框架梁跨中区域相连楼板对梁的抗震影响很小,不影响强柱弱梁的抗震设计要求。

[0019] 与现有技术相比,本发明提出的减轻强梁弱柱震害的混凝土楼板优化设计方法有着较大的创新性,其创新性及有益效果在于:与传统等截面厚板式楼板相比,本发明的设计方法能够大大降低框架梁负弯矩区相邻楼板的截面高度及配筋量,减少了楼板钢筋参与框架梁负弯矩受力程度,控制塑性铰在梁端出现,从而有效减轻或基本避免了因楼板加强作用而导致的强梁弱柱震害现象,实现强柱弱梁的抗震设计要求;与楼板角部设置缝隙的方法相比,本发明的设计方法通过设置薄板区及薄板区边界支撑条件减轻混凝土板对框架梁的加强作用,不改变混凝土板的连续性,从而避免了楼板的开裂,保证了结构的正常使用。

## 附图说明

[0020] 图1为本发明的减轻强梁弱柱震害的混凝土楼板优化设计方法流程图;

- [0021] 图2为本发明的减轻强梁弱柱震害的混凝土楼板优化设计方法实施例一；
- [0022] 图3为实施例一剖面I-I示意图；
- [0023] 图4为实施例一剖面II-II示意图。
- [0024] 1-腋板区、2-平板区、3-薄板区； $x_1$ 、 $x_2$ -X向框架梁反弯点至梁左端轴线距离； $y_1$ 、 $y_2$ -Y向框架梁反弯点至梁下端轴线距离。

### 具体实施方式

[0025] 本发明提供了一种减轻强梁弱柱震害的混凝土楼板优化设计方法，下面通过附图说明和具体实施方式对本发明做进一步说明。

[0026] 参照图1~图4，示出了本发明的混凝土楼板及其设计方法的一个具体实施例。

[0027] 框架结构柱网尺寸 $8.5 \times 7.2\text{m}$ ，X向 $8.5\text{m}$ ，Y向 $7.2\text{m}$ ，框架柱截面 $800 \times 800\text{mm}$ ，框架梁截面 $400 \times 800\text{mm}$ ，楼板跨度 $8100 \times 6800\text{mm}$ ，活荷载标准值 $2.0\text{kN/m}^2$ ，附加恒载标准值 $2.0\text{kN/m}^2$ ，混凝土强度C30，纵筋HRB335，纵筋保护层厚度 $15\text{mm}$ ，框架梁支座配筋 $8 \phi 25$ 。

[0028] 步骤1，根据楼板跨度、材料强度、荷载情况等参数，按常规设计方法初步确定楼板厚度 $h_0$ 。楼板最小跨度 $6800\text{mm}$ ，按三十五分之一板跨确定楼板截面高度并取整数，取 $h_0$ 为 $190 \sim 200\text{mm}$ ，本例按 $190\text{mm}$ 考虑，计算楼板配筋得支座处受力钢筋 $\phi 16$ 间距 $200$ ，跨中板底受力钢筋双向 $\phi 16$ 间距 $200$ 。

[0029] 步骤2，根据框架梁端部负弯矩折减系数、跨度等参数，计算一个方向框架梁的反弯点位置 $x_1$ 、 $x_2$ ，计算另一个方向框架梁的反弯点位置 $y_1$ 、 $y_2$ 。框架梁跨度按轴线跨度考虑，端部负弯矩折减系数取 $1.0$ ，X向框架梁反弯点位置距离左侧轴线①分别为 $x_1 = 1794\text{mm}$ 、 $x_2 = 6706\text{mm}$ ，Y向框架梁反弯点位置距离轴线②分别为 $y_1 = 1520\text{mm}$ 、 $y_2 = 5680\text{mm}$ ，见图2。若梁端部负弯矩折减系数取小于 $1.0$ 的数值，需相应调整反弯点的位置。

[0030] 步骤3，根据相邻框架梁反弯点位置，确定薄板区3的范围，薄板区自框架柱边开始，沿着框架梁向跨中方向延伸长度为 $x_1$ 、 $y_1$ 大小，即薄板区尺寸为 $1520 \times 1794\text{mm}$ ，四个薄板区分别位于楼板四个角部，大小相同。按单向板或双向板计算薄板区的厚度 $h_1$ ，并满足混凝土结构设计规范对于现浇混凝土单向板或双向板的最小厚度要求，薄板区短向跨度 $1520\text{mm}$ ，长向跨度 $1794\text{mm}$ ，双向板受力，按三十五分之一板跨确定楼板截面高度并取整数为 $h_1 = 50\text{mm}$ ，现行混凝土结构设计规范对于双向板的最小厚度要求为 $80\text{mm}$ ，则薄板区板厚取 $h_1 = 80\text{mm}$ 。

[0031] 步骤4，确定腋板区1向板内的延伸长度，腋板区1由支座延伸至相邻框架梁反弯点位置，左侧腋板区由框架梁边向楼板跨中延伸至距左侧轴线 $1594\text{mm}$ ，右侧腋板区由框架梁边向楼板跨中延伸至距右侧轴线 $1594\text{mm}$ ，上边的腋板区由框架梁边向楼板跨中延伸至距上边轴线 $1320\text{mm}$ ，下边的腋板区由框架梁边向楼板跨中延伸至距下边轴线 $1320\text{mm}$ 。

[0032] 步骤5，根据步骤3确定的薄板区范围及厚度 $h_1$ ，计算薄板区混凝土用量为 $0.168\text{m}^3$ ，根据步骤1确定的楼板厚度 $h_0$ 及薄板区范围，计算两种参数下每个薄板区混凝土用量差均为 $w = 0.23\text{m}^3$ ，合计 $0.92\text{m}^3$ 。

[0033] 步骤6，计算 $\alpha = x_1/y_1 = 1.18$ ，将该混凝土用量差 $w$ 向四个支座加腋区分配，长跨框架梁相连腋板区混凝土分配量与短跨框架梁相连腋板区混凝土分配量比值为 $1.18$ ，计算得到与框架梁1-2-A、1-2-B相连的腋板区所分配混凝土均为 $0.249\text{m}^3$ ，腋板区按坡形过渡至平

板区,则腋板区端部截面高度增量为76mm,腋板区端部截面总高度取整为 $h_2=260\text{mm}$ ;与框架梁1-A-B、2-A-B相连的腋板区所分配混凝土均为 $0.211\text{m}^3$ ,腋板区端部截面高度增量为63mm,腋板区端部截面总高度取整为 $h_2=250\text{mm}$ ,形成变截面楼板,楼板剖面见图3、图4。

[0034] 步骤7,采用有限元分析程序SAP2000计算腋板区1、平板区2所组成的变截面楼板各部位的内力,根据内力计算结果进行楼板截面校核及配筋设计,计算得到支座上部纵筋配筋量为 $\phi 16$ 间距150,板底跨中下部纵筋配筋量为 $\phi 16$ 间距200;

[0035] 步骤8,根据薄板区3的厚度 $h_1$ 、平面尺寸 $x_1$ 、 $y_1$ 及荷载、混凝土强度等参数,计算薄板区3配筋,所述薄板区3与腋板区1交界的边界按固结边界考虑,所述薄板区3与框架梁交界的边界按铰接边界考虑,且该边界配筋满足混凝土结构设计规范的构造配筋要求。经计算,薄板区固结边配筋量 $170\text{mm}^2/\text{m}$ ,实际配筋取 $\phi 8$ 间距200,薄板区铰接边按现行混凝土结构设计规范应配置 $\phi 8$ 间距200。

[0036] 步骤9,腋板区1底面的坡形区域增配构造钢筋,根据现行混凝土结构设计规范,构造钢筋取双向 $\phi 6$ 间距250,布置于腋板区下表面,至此,完成混凝土楼板优化设计,形成具有减轻强梁弱柱震害功能的变截面混凝土楼板,设计流程图见图1。上述步骤的先后顺序可以进行适当调整。

[0037] 传统楼板设计方法和本发明的楼板设计方法对框架梁的加强作用对比如下:对于传统楼板设计方法,楼板配筋为支座处受力钢筋 $\phi 16$ 间距200,按4倍板厚度考虑楼板纵筋对框架梁负弯矩的加强作用,则框架梁两侧760mm范围内的楼板上部纵筋参与框架梁负弯矩作用,原框架梁支座上部配筋 $8\phi 25$ ,考虑楼板加强作用的实际钢筋配置为 $8\phi 25+6\phi 16$ ,配筋量相对原框架配筋增加了30.7%,大大提高了框架梁的受弯承载力,容易导致地震作用下形成强梁弱柱震害。对于本发明的楼板设计方法,薄板区配筋为 $\phi 8-200$ ,同样,按4倍板厚度考虑楼板纵筋对框架梁负弯矩的加强作用,则框架梁两侧320mm范围内的楼板上部纵筋参与框架梁负弯矩作用,考虑楼板加强作用的实际钢筋配置为 $8\phi 25+2\phi 8$ ,配筋量相对原框架配筋增加了2.6%,对原框架梁负弯矩承载力影响可忽略不计。一般来说,楼板对梁加强作用的有效区域最大为6倍板厚,若按6倍板厚计算,传统楼板设计方法下参与框架梁负弯矩的单侧楼板区域达到1140mm,配筋量相对原框架配筋增加了51.2%,而本发明的楼板设计方法下参与框架梁负弯矩的单侧楼板区域为480mm,配筋量相对原框架配筋仅增加5.1%。

[0038] 由以上分析可见,本发明的楼板设计方法根据框架梁的弯矩分布规律及楼板对梁加强作用的有效区域分布规律,首先减小框架梁负弯矩区相连楼板的厚度,使得地震作用下参与框架梁负弯矩作用的楼板范围降低至最少,其次将薄板区与框架梁交界的边界按铰接设计,从而按构造配筋量配置该区域楼板钢筋,最终使得参与框架梁负弯矩作用的楼板钢筋量达到最少。本发明的混凝土楼板优化设计方法不设缝,也不设置其他隔震装置,基本不增加造价及施工难度,楼板施工工艺与传统楼板相同,在保证楼板连续性、完整性的前提下,最大程度地减轻了因楼板影响而导致强梁弱柱震害情况,同时减轻了正常使用状态下的楼板开裂问题。

[0039] 以上通过实施例对本发明进行了详细介绍,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明

的限制。

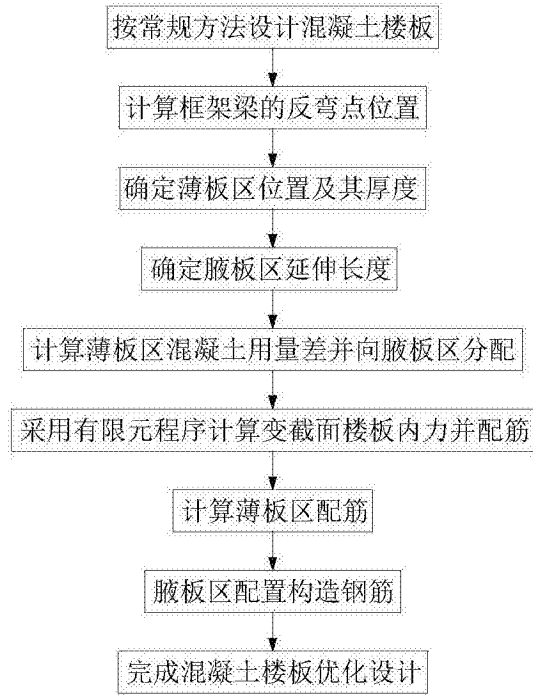


图1

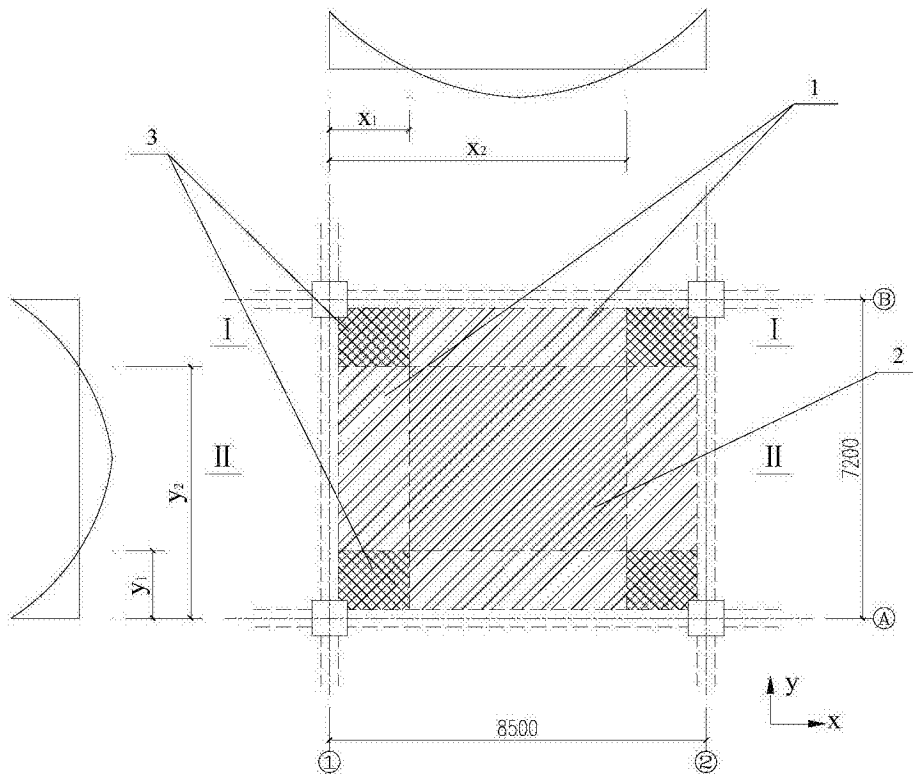


图2



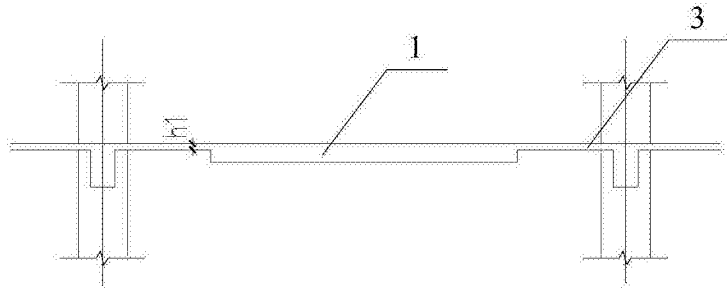


图3

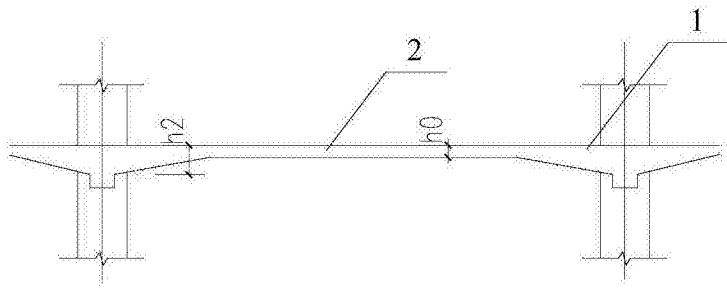


图4