

工业房屋钢筋混凝土结构 简易补强法

[苏联] H. M. 欧努甫利也夫著

中国建筑工程工业出版社

工业房屋鋼筋混凝土結構 簡 易 补 强 法

〔苏联〕H.M. 欧努甫利也夫著

胡丕显 丘靖荣 宫黎奇 刘俊卿 王义礼合译

施永芳 胡丕显校

中国建筑工程工业出版社

本书叙述用预应力钢筋简易地补强钢筋混凝土梁和柱的方法。这种方法不用将原来梁柱表面的混凝土全部凿掉来补焊钢筋，而是用预制补强钢筋从构件外部补强，施工时只在其接头处凿出孔槽，将补强钢筋锚固即可。因此，本法取材方便，施工简单，可在不停止生产的条件下进行结构补强。

书中对梁柱分别详细地论述了按这种方法补强的计算原理及构造方案，并叙述了很多施工实例及其经济效果。但书中只讨论等截面梁柱的补强，并未涉及变截面的梁柱。

本书可供建筑结构设计及施工技术人员参考。

Н.М.Онуфриев

**ПРОСТЫЕ СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ**

ГОССТРОЙИЗДАТ

ЛЕНИНГРАД 1958 МОСКВА

* * *

工业房屋钢筋混凝土结构简易补强法

胡丕显 丘靖荣 宫黎奇 刘俊卿 王义礼合译

施永芳 胡丕显校

(根据原中国工业出版社纸型重印)

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西外向东路19号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京印刷六厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 6 1/16 插页: 1 字数: 123千字

1972年9月新一版 1972年9月第一次印刷

印数: 1-20,320册 定价: 0.54元

书号: 15040·3034

本书中采用的通用符号

- l —— 計算跨度或柱高;
- F —— 鋼筋混凝土构件橫截面面积;
- J —— 需补强的鋼筋混凝土构件的慣性矩;
- E —— 鋼筋混凝土构件受弯时的弹性模量;
- E_0 —— 鋼的弹性模量;
- F_0 —— 补强拉杆或补强撑杆的橫截面面积;
- δ —— 拉杆的线应变;
- Δ —— 鋼筋混凝土构件的线应变;
- X —— 拉杆內的未知水平內力;
- X' —— 拉杆傾斜部分的未知內力;
- P —— 計算集中外荷載;
- S —— 拉杆內的已知水平內力;
- S' —— 拉杆傾斜部分的已知內力;
- D —— 已知的垂直反力;
- D_x —— 未知的垂直反力;
- N —— 压力;
- M —— 弯矩;
- f —— 鋼筋混凝土构件的挠度;
- f_0 —— 摩擦系数;
- T —— 摩擦力;
- V —— 位能;
- F_σ —— 受压混凝土橫截面面积;
- F_a —— 受拉鋼筋橫截面面积;
- F'_a —— 受压鋼筋橫截面面积;
- f_x —— 箍筋一肢的橫截面面积;
- R_{np} —— 軸心受压时混凝土的計算强度;
- R_u —— 受弯时混凝土的計算抗压强度;

- R_a ——鋼的計算抗拉强度;
 φ ——纵向弯曲时的折减系数;
 l_0 ——柱的換算高度或淨跨度;
 h ——构件的截面高度;
 b ——构件的截面寬度;
 x ——受压区的截面高度;
 e_0 ——由橫截面几何軸线算起的計算压力偏心距;
 e ——由受拉鋼筋重心算起的計算压力偏心距;
 e' ——由受压鋼筋重心算起的計算压力偏心距;
 e'' ——由补强撐杆重心算起的計算压力偏心距;
 N_{np} ——压力极限值;
 N_0 ——传至撐杆的計算荷載;
 m ——結構的工作条件系数;
 m_a ——鋼筋的工作条件系数;
 m_0 ——补强拉杆或补强撐杆的工作条件系数;
 h_0 ——构件橫截面的有效高度;
 a ——从构件受拉邊緣到受拉鋼筋重心的距离;
 a' ——从构件受压邊緣到受压鋼筋重心的距离;
 a'' ——从构件受压邊緣到补强撐杆重心的距离;
 λ ——构件的細长比;
 上述符号的脚注表明受什么外力所产生或与什么外力有关。
 其它非通用符号在文中有注解。

目 录

第一章	1
第一节 钢筋混凝土结构的补强方法	1
第二章	5
第二节 预应力水平补强拉杆结构	5
第三节 预应力水平补强拉杆的设计	12
第四节 预应力水平补强拉杆的应用实例	24
第三章	29
第五节 预应力下撑式补强拉杆结构	29
第六节 预应力下撑式补强拉杆的设计	34
第七节 预应力下撑式补强拉杆的应用实例	57
第四章	61
第八节 预应力组合式补强拉杆结构	61
第九节 预应力组合式补强拉杆的设计	68
第十节 预应力组合式补强拉杆的应用实例	94
第五章	98
第十一节 用预应力拉杆补强超静定钢筋混凝土结 构的设计方法	98
第十二节 超静定结构补强拉杆设计实例	102
第六章	122
第十三节 柱子双侧及单侧预应力补强撑杆结构	122
第十四节 柱子预应力补强撑杆的设计	128
第十五节 用预应力撑杆补强柱的实例	144

第七章	150
第十六节 預应力补强拉杆的試驗研究	150
第十七节 工业厂房樓板补强的試驗	157
第十八节 超靜定鋼筋混凝土結構預应力补强拉杆 的試驗研究	158
第十九节 柱子的預应力补强撐杆的試驗研究	168
第八章	172
第二十节 应用預应力拉杆及撐杆补强鋼筋混凝土 結構的經濟效果	172
第九章	177
第二十一节 关于补强鋼筋混凝土結構构件的建議	177

第 一 章

第一节 鋼筋混凝土結構的补强方法

現有的和正在建造的鋼筋混凝土結構物的某一部分，在一定的時候可能要求提高它們的承載能力。因此，必須使它們的补强方法簡單而有效，补强時不很困難，無需停止生產，而又能提高構件原有的承載能力。

現就上面提出的要求，來討論一些實用的补强方法。這些方法可以分為兩大類。

第一類包括建造新的卸荷或替換結構。這些結構能夠部分或全部承受增大的荷載，並取消結構物或房屋現有構件的作用。

這些卸荷或替換的补强結構多半是金屬梁體系。這一體系的構造能夠將所承受的增大的荷載，通過它本身的支點傳送至結構物具有足夠承重能力的那些承重構件上。

改建的結構物中沒有足夠承載能力的構件時，替換的梁或板應支承在專門建造的支承結構和基礎上。

這是最簡單的，但也是最昂貴的和最不合理的方法，因為原有的結構僅部分被利用或完全沒有被利用，而以新的結構來代替；同時，新造的結構又占去了許多有效面積，並且大大地減少了房屋的淨空。

第二類是為了增大原有結構的承載能力而進行的一些改建工程，也就是對原有結構的补强。

任何整体式钢筋混凝土结构物、楼板或空间骨架多半是作为空间体系来工作的。但在进行这些结构以及与其类似的结构补强设计时，不得不把它们分成单独的平面体系。这些体系的补强，主要取决于杆件静力图形的应力变形状态。这种图形以后将称为结构图形。

增加钢筋混凝土结构的承载能力，可采用两个基本方法，即补强结构物的构件时不改变结构图形和改变结构图形。

首先我们来讨论保留原来结构图形的补强方法。这个方法在于增大需要补强的构件的横截面；达到这一目的的办法是加套层、加箍、加绑条和单侧加厚，并且同时补加钢筋，有时补加箍筋。

И.М.李特维诺夫工程师的加箍结构，特别是单侧加绑条体系是我国实践中广泛采用的补强方法。

采用这种结构，需要的材料并不多，但却能达到很大的效果。加箍可以增加构件的承载能力，也可以用来复原部分受到损坏的构件。

还应指出，采用加箍的办法所引起的房屋有效面积的减小是最小的，因为加箍要求增加的面积并不大。

尽管加箍结构有一系列在本质上是很重要的优点，但它也有缺点；那就是在施工中需要花费很大的劳动。

改建楼板和骨架柱的工作往往特别复杂。这时不得不将需要补强的构件四面的混凝土保护层敲掉，露出原来的钢筋，然后又要重新浇灌混凝土。当工厂正在开工时进行这种施工是十分困难的，有时甚至是不可能的。

虽然采用水泥喷枪可以在跳板上直接喷混凝土，而无须设置模板和搭脚手架，但是敲掉混凝土表层使钢筋露出和仰

焊新的附加粗鋼筋等最費工的工序仍全部保留，所以还是不方便和花費很多時間的。

由于加箍、加套层和加綁条的工作既費工又手續煩多，而且在正在开工的工厂中进行操作是极复杂的，因此这些补强方法不能算做补强結構的簡易方法。

現在我們討論改变鋼筋混凝土构件原有的結構图形来增加其承載能力的方法。

原有承載能力的增加取决于結構图形的改变，这种改变可能涉及到結構靜力图形的本身或它的应力变形状态。結構图形的改变可以通过增設附加支点、系杆或設置中間鉸来达到。而体系的应力变形状态同样可以采取各种有助于减少結構构件应力或变形的不同措施来改变。

实际上可行的，通过改变結構图形来达到补强結構物构件的方法，是設置刚性的和弹性的附加支座，以及在这些支座处采用調节装置，甚至装設各种調节卸荷的張拉和支撐結構。

上述的措施将改变原来的結構图形，使整个結構物或它的构件的承載能力有所提高。

改变体系的結構图形的补强方法，在建設实践中已經开始广泛地应用。这种方法的优点是：不需要在补强构件的周围进行大規模的工作以及操作簡單；在施工时只局限在几处不大的地段內，这对正在开工的工厂特別重要；同时，这种补强很可靠，并能在充分利用原来构件的情况下提高构件原有的承載能力，这是很經濟的。

通过改变結構图形的方法来补强結構的缺点是：用鋼材制成并安装在被补强的結構上的最有效和最經濟的卸荷調节張拉和支撐結構在防火方面未受到防护。

这里順便指出，在特別有火災危險或湿度特別大的車間

里可以在已安装好的金属补强结构上打上混凝土或先包金属网再抹水泥砂浆的办法来保护。这样做会略微提高这种装置的造价，但却能造成防火和防腐蚀的可靠的保护层。

采用新式预加应力的卸荷调节结构装置来改变结构图形以补强钢筋混凝土结构的特点，使我们认为这是最简单可行和最适合的补强钢筋混凝土结构的方法。

预加应力的补强拉杆和撑杆是新型的结构装置。为了补强受弯构件，采用预加应力的水平拉杆和下撑式拉杆以及上述两种预应力拉杆组成的组合拉杆。为了补强受压和偏心受压的构件，则采用专门预加压应力的补强撑杆。这种撑杆仅在应力变形状态部分改变原来的结构图形，而保持杆件的静力图形不变。

这些新的有效的补强形式并不使房屋的净空尺寸减小。这些补强形式在构造上很简单，因为它们是在改建工程的外部用轧制的圆钢和型钢制成，然后在正在开工的车间内很小的地段里，以极少量的劳动和进行一些改建工作，把它装配就位。

这些补强结构在安装后施加预应力的同时即参加受力；在施加预应力时，也无需采用专门的（复杂的）装置，因此，简化了结构的卸荷和补强过程。

新的补强方法的优点在于简单；在安装结构时由于给结构本身施加了预应力，因而结构能可靠地参加工作；原来房间的尺寸减小得很少；可以在其他地方制造，而安装已制好的结构；容易安装；在很有限的地段里进行少量的工作；可以在车间正在开工的条件下安装。由于这些新的补强方法具有上述优点，因而成为补强工业厂房和结构物钢筋混凝土结构的最简易可行的办法。

第二章

第二节 預应力水平补强拉杆結構

預应力水平拉杆（图 1），是最易于实现的补强結構，它能改变受弯构件原来的結構图形以增大其本身承載能力。

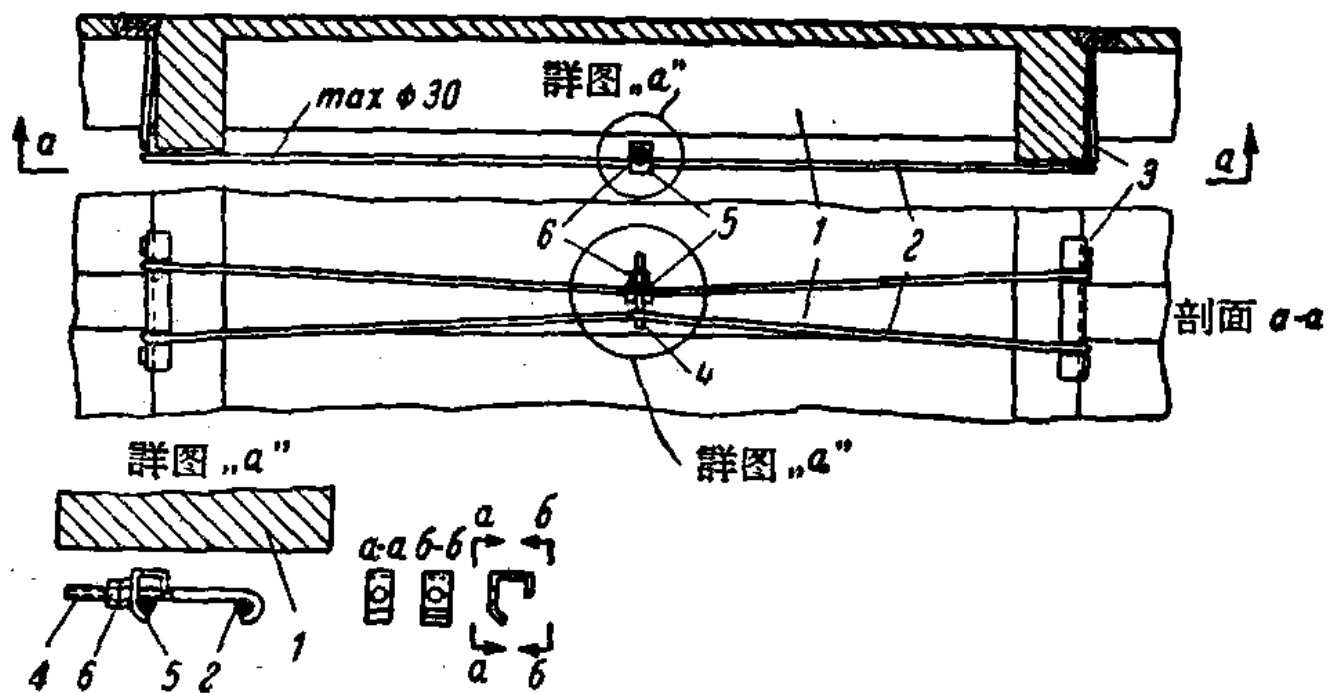


图 1 用圓鋼制成的預应力水平补强拉杆結構

1—需要补强的构件； 2—补强拉杆的拉条； 3—支点 錨固 裝置；
4—拉紧螺栓； 5—拉紧螺栓垫圈； 6—螺帽和防松螺帽

被补强的构件在設置水平拉杆后就变为复合体系，結構的图形因而改变。此时，原来的受弯构件变为 偏心 受 压 构件，在其支点处产生附加弯矩，同时也就减少了跨中弯矩。

采用这种方法，可以大大地提高被补强构件原来的承载力。

設置水平拉杆几乎并不减小房屋的淨空尺寸，只在高度上减低 $5 \sim 10\text{cm}$ 。

对拉杆預先張拉可以增加其刚性，并且保証它能可靠地参加工作。而預先張拉并不困难。

預应力水平拉杆用鋼制成，并且可以毫不困难地在改建工厂的外部制造。这种結構是作者在1947年初次提出，并且在一系列工业企业的改建中已被采用（見第四节）。

拉杆由三个主要部分組成：拉杆或拉条本身、支座錨固装置和拉紧装置。拉杆的拉条可以用圓鋼制作，也可以用軋制型鋼制作，这要根据其中所产生的內力大小决定。

水平拉杆通常有两根直径不大于 30mm 的拉条，但当內力很大时，也可以采用两根角鋼或一个水平設置的槽鋼作为拉杆。

在拉杆的两端設有錨固装置，以将拉杆可靠地固定在支座上，同时把拉杆中产生的內力传給它所固定住的鋼筋混凝土构件上。

在安装拉杆的錨固件以前，需要在有限的几个中心地段做一些准备工作。設計这些錨固結構时已考虑将上述工作縮减到最低限度。

在被加固构件支承在墙上的边支座处，錨固装置可以按图 24 所示来做。图中的錨固結構是由一段槽鋼和箍筋所組成，箍筋从上面伸下把梁或橫梁箍住。因此要在楼板上钻孔并凿出橫向槽口。

为了在被补强构件的下面安設槽鋼，必須敲掉混凝土保护层，露出构件內的鋼筋，并自兩側将槽鋼焊在两根邊緣鋼

筋上。而箍筋的两端则焊接到这段槽钢上，这就可以防止张拉拉杆时槽钢脱落。

安装锚固件之后，用混凝土将楼板上的穿孔及槽口填实；填孔的混凝土最好用膨胀水泥拌制。下部露出的钢筋应用水泥砂浆抹好。

上述锚固装置结构只在水平拉杆的拉条中内力很大时才适用，当内力较小时，这种结构可以简化（见图2B）。这种

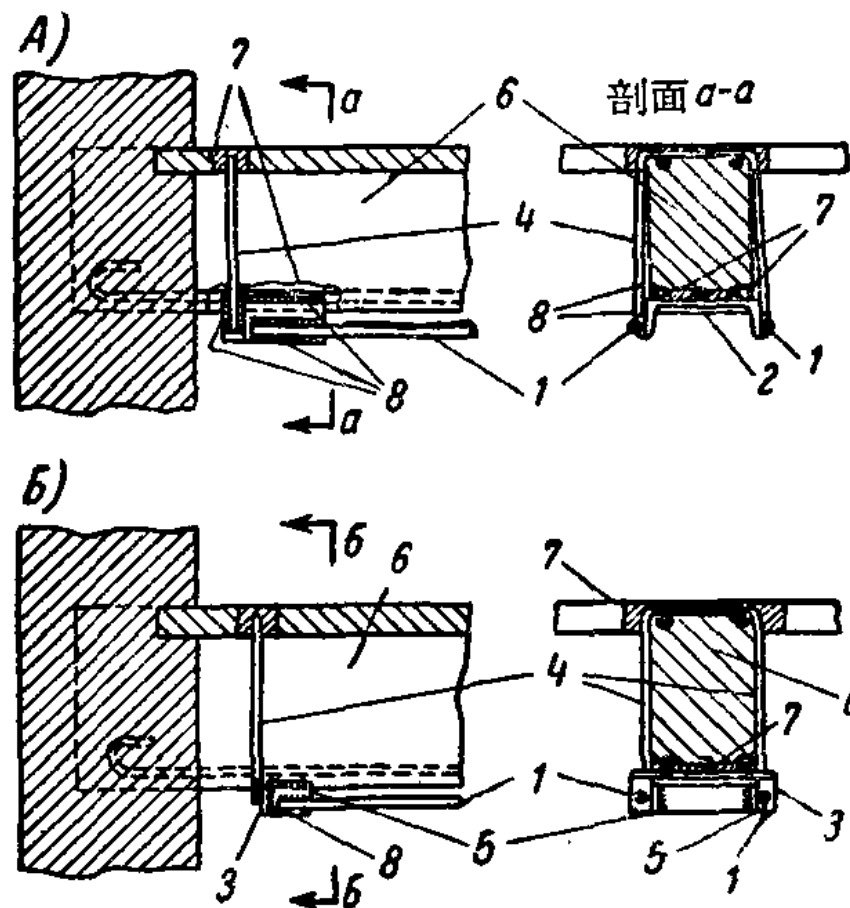


图 2 钢筋混凝土构件边支座上水平补强拉杆的锚固装置结构

- 1—补强拉杆的拉条； 2—用一段槽钢制成的锚固装置； 3—用角钢制成的托架式锚固装置挡板； 4—箍形锚固条； 5—将拉条固定在锚固件上的连接板； 6—被补强的构件； 7—安装后浇灌的混凝土； 8—结构焊缝

简化的结构与前面讲的不同之处，在于采用角钢来代替槽钢。角钢用类似的方法固定在需要补强的构件上。拉杆的拉条直接焊在垂直的连接板上，而连接板也是焊在锚固角钢上的。

在連續梁的中間支座上，拉杆的錨固裝置可按圖3所示方法製造。圖中表示的錨固裝置很簡單，因為不需要敲掉保護層露出鋼筋，也不需要

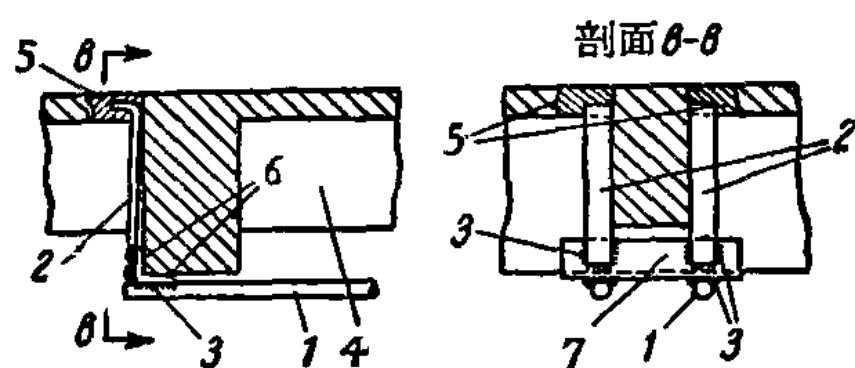


圖3 鋼筋混凝土構件中間
支座上水平補強拉杆的錨固
裝置結構

- 1—補強拉杆的拉條；2—擋板
的垂直錨固條；3—結構焊縫；
4—被補強的構件；5—安裝後
澆灌的混凝土；6—鑲入錨固件
前鋪水泥砂漿的表面；7—角鋼
錨固擋板

進行安裝焊接，而只需在樓板上打穿不大的洞，用來固定垂直錨固條。在這種錨固構造中，拉條焊接在用一段角鋼制成的特制擋板上。

已裝好的帶有錨固擋板的拉條，借助於用圓鋼或扁鋼條制成的垂直錨固條，固定在鋼筋混凝土構件上。垂直錨固條的一

端焊在錨固擋板上，另一端嵌固在樓板內。錨固擋板的角鋼應在鋪水泥砂漿後趁濕鑲入，以保證與鋼筋混凝土結構表面緊密接觸。

這種安裝拉杆和固定錨固件的方法最不費工，並且最易實現，故可以推薦廣泛採用。

在補強框架結構的橫梁，以及需要補強的梁式構件的支承結構為柱子時，可以採用其他方法來錨固水平拉杆（圖4）。在這些方法中，水平拉杆的拉條焊接在用角鋼制成的特制擋板上（圖4a）。當裝設角鋼拉杆時可用槽鋼作為錨固擋板（圖4b），因為這種拉杆中的應力很大，需要很長的焊縫。

將錨固擋板安裝在柱上較合理的方法，就是採用安裝焊接，把錨固擋板焊在柱子事先凿去混凝土露出的鋼筋上。

这就保证了在随后安装拉杆的拉条时有固定的锚固件位置。

安装锚固挡板处露出的钢筋，在安装拉杆之后，应重新用水泥砂浆填补。

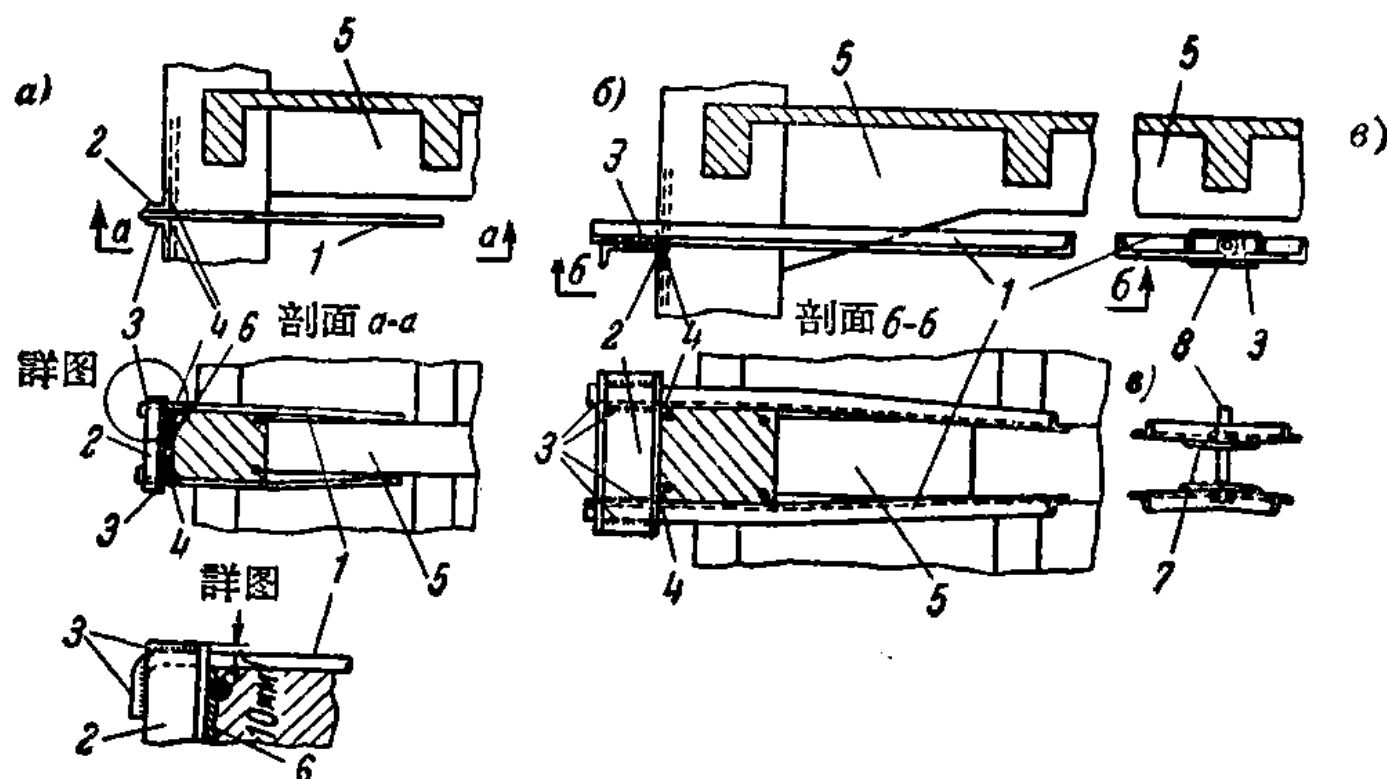


图 4 以柱子作为钢筋混凝土构件的支座时，柱上水平补强拉杆的锚固装置结构

- 1—补强拉杆的拉条；2—锚固装置；3—结构焊缝；4—安装焊接；
5—被补强的构件；6—凿去原有混凝土，安装后重新灌注混凝土；
7—补偿因穿孔造成削弱所加的加强板；8—拉紧螺栓

水平拉杆的张拉装置极其简单。它的作用是给拉杆的拉条施加必要的拉力。张拉的办法是使拉条在水平或垂直面内稍微倾斜；这样就足以使拉杆内具有很大的拉应力。

为了说明用这种方法所产生的拉应力的多少，可以举出这样一个例子：当拉杆的斜度为 0.035 时，拉应力约达到 1300 kg/cm^2 ，而在拉紧装置中的拉应力约为 100 kg/cm^2 （在拉条和螺栓横截面相同的情况下）。由于拉紧装置的应力不大，故可采用普通的螺栓作为拉紧装置。

当采用二肢拉杆时，张拉的方法是将两肢拉条互相拉近。如果拉条用圆钢制成，则拉紧螺栓的一端有弯钩，用来

鉤住拉杆的一根拉条；另一端上套有专门的夹紧垫圈，沿螺栓旋紧螺帽时夹紧垫圈亦沿螺栓移动，而将第二根拉条拉向第一根（见图1详图a）。

如拉杆由二根角钢拉条组成，则在角钢垂直翼缘上穿有普通拉紧螺栓，旋紧螺栓上的螺帽即将二拉条相互拉近（见图4b）。角钢拉条在钻螺栓孔处的减弱，用加焊扁钢加强板来补偿。

以单个槽钢作为拉杆装置时（见图5），必须使槽钢在其垂直平面内倾斜以施加拉力。这就得把拉紧螺栓的挡板置于被补强构件的下面。在拉杆槽钢的孔的上面焊上一个螺帽。拉紧螺栓即通过此螺帽张拉槽钢。

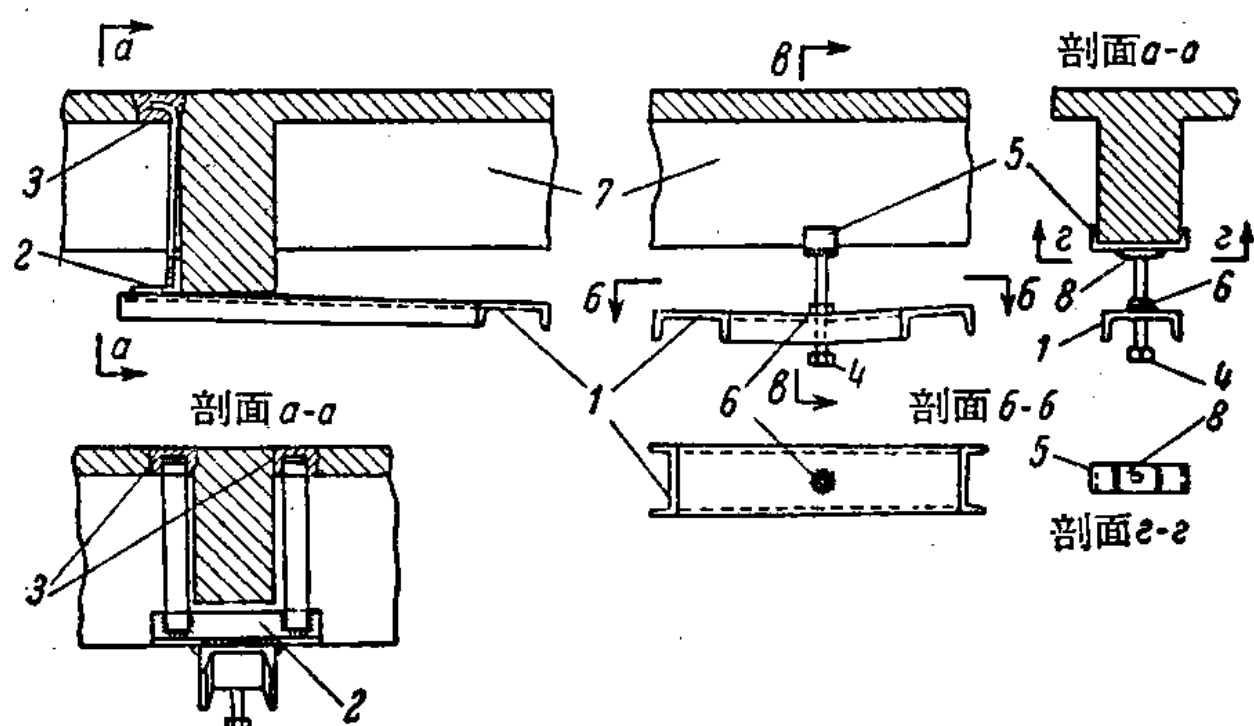


图5 用轧制型钢制成的预应力水平补强拉杆结构

1—槽钢拉杆； 2—锚固装置的挡板； 3—安装后浇灌的混凝土； 4—拉紧螺栓； 5—两端弯曲的垫板； 6—焊在槽钢上的螺帽； 7—需补强的构件； 8—有孔的垫板

在必要时，由于钻孔造成减弱的槽钢断面，可加焊补强板予以补偿。

在被补强构件的下缘，顶住拉紧螺栓的地方，应垫上用扁钢做的垫板。在垫板上焊上一个普通的垫圈作为限制圈，