

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
E04C 3/34 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610151190.2

[43] 公开日 2007年6月27日

[11] 公开号 CN 1987013A

[22] 申请日 2006.12.22

[21] 申请号 200610151190.2

[71] 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街92号

[72] 发明人 张素梅 刘界鹏 王玉银 郭兰慧  
杨 华

[74] 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所  
代理人 毕志铭

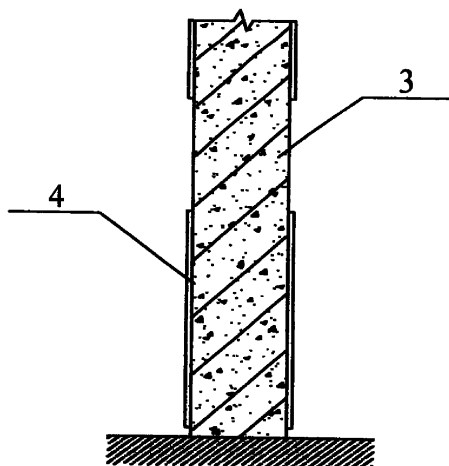
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

### [54] 发明名称

钢管约束钢筋高强混凝土柱

### [57] 摘要

钢管约束钢筋高强混凝土柱，它属于一种建筑结构构件，特别涉及一种高强混凝土柱，为了解决以往高强混凝土柱抗震性能差、防火性能差、震后不易修复、施工量大、混凝土震捣困难、用钢量大、轴压比限值低、钢管高强混凝土柱与钢筋混凝土梁连接麻烦的问题。本发明由纵筋、箍筋、混凝土和钢管组成，纵筋竖向排列，在纵筋的高度方向上套设有起架立纵筋作用的箍筋，箍筋外套设有钢管，钢管内浇筑有混凝土，钢管在两端的接近端末处断开。本发明提高了高强混凝土柱的抗震性能，使高强混凝土柱能够在高烈度地震区的高层建筑中应用；解决了钢筋高强混凝土柱中箍筋设置太多导致的施工量大等问题；解决了钢管高强混凝土柱用钢量大，与钢筋混凝土梁连接麻烦的问题。



1、钢管约束钢筋高强混凝土柱，其特征在于它由纵筋（1）、箍筋（2）、混凝土（3）和钢管（4）组成，纵筋（1）竖向排列，在纵筋（1）的高度方向上套设有起架立纵筋作用的箍筋（2），箍筋（2）外套设有钢管（4），钢管（4）内浇筑有混凝土（3），钢管（4）在两端的接近末端处断开。

2、根据权利要求1所述的钢管约束钢筋高强混凝土柱，其特征在于所述的钢管（4）为圆钢管。

3、根据权利要求1所述的钢管约束钢筋高强混凝土柱，其特征在于所述的钢管（4）为方钢管。

## 钢管约束钢筋高强混凝土柱

### 技术领域

本发明属于一种建筑结构构件，特别涉及一种高强混凝土柱。

### 背景技术

高强混凝土具有强度高、变形小和耐久性好等优点，能适应现代工程结构向大跨、重载、高耸发展和承受恶劣环境条件的需要，混凝土的高强化是现代混凝土结构发展的重要趋势。在高层结构中采用高强混凝土框架柱，可以有效的减小柱子截面，增加房屋的使用面积；同时，框架柱截面尺寸减小使得柱子的长细比增加，框架柱的破坏模式由剪切破坏逐渐转化为弯曲破坏，增加了柱子的变形能力和延性，从而提高了框架柱的抗震性能。

优越的性能使得高强混凝土的应用范围不断扩大；在国外，混凝土强度等级已经应用到 C100，最高达到 C130。但高强混凝土也有其致命的弱点，那就是高强混凝土的延性很差，容易产生脆性破坏，素混凝土的延性随混凝土强度的提高而显著降低。国外大量采用高强混凝土的结构都是在非地震区，而我国 80%的国土面积属于抗震设防区（6 度以上），特别是高层建筑集中的城市绝大多数处于抗震设防区，部分处于高烈度地区，不宜采用高强混凝土结构。我国的《混凝土结构设计规范 GB 50010—2002》规定：当设防烈度为 9 度时，混凝土强度等级不宜超过 C60，当设防烈度为 8 度时，混凝土强度等级不宜超过 C70。这些规定限制了高强混凝土在地震区高层建筑中的应用，因此研究防止高强混凝土脆性破坏的方法，充分利用高强混凝土的优点，具有重要的理论意义和实用价值。

目前工程中通常采用密排箍筋混凝土柱和钢管混凝土柱的结构形式以增加混凝土柱的抗震性能；但对于高强混凝土柱，这两种结构形式各有其缺点和不足。

密排箍筋混凝土柱的缺点和不足：

1. 轴压比限值低。对于密排箍筋高强混凝土柱，随着箍筋加密，抗震性能增加，轴压比限制值有所增大，但我国的抗震设计规范中给出了混凝土强度为 C60 以下时钢筋混凝土框架柱的轴压比限值：当结构的抗震等级为一级时，对

于框架结构和框架—剪力墙结构，钢筋混凝土框架柱的轴压比限值分别为 0.7 和 0.75。当混凝土强度高于 C60 时钢筋混凝土框架柱的轴压比限值将更低，但规范中还未给出混凝土强度高于 C60 时的混凝土框架柱的轴压比限值。轴压比限制较低导致混凝土柱的截面不能有效的减小，柱子长细比增大不明显，抗震性能的提高不显著。

2. 地震荷载作用下易产生保护层脱落和纵筋失稳，承载力降低，震后难修复。研究表明，对于箍筋约束混凝土柱，由于保护层混凝土无任何约束作用，因此在构件达到峰值承载力前保护层已经剥落，导致试件的截面削弱，承载力降低；峰值承载力后，箍筋屈服，纵筋失稳，导致试件抗震性能下降；在地震荷载作用下，框架柱的保护层脱落和纵筋失稳将导致试件的抗震性能下降，试件的最终破坏基本都是由于纵筋失稳造成。因此箍筋不能防止保护层脱落和纵筋失稳，对高强混凝土柱的抗震性能改善不理想。遭受强震荷载作用后，框架柱的保护层脱落，纵筋失稳并在柱端形成灯笼状外鼓，从而使得结构的层高降低，导致结构震后无法修复。

3. 抗剪承载力低，不能保证柱子的破坏模式为“强剪弱弯”。对于密排箍筋混凝土柱，当箍筋配筋率达到一定限值时，继续增加箍筋配筋率不能继续提高柱子的抗剪强度，因为当箍筋配置较多时，柱子在剪力作用下会发生“斜压破坏”，即在箍筋屈服前混凝土已被压碎，不能充分利用箍筋的强度。因此对于密排箍筋混凝土柱不能随意达到柱子的“强剪弱弯”要求。

4. 防火性能差。在火灾作用下，钢筋高强混凝土柱的混凝土受火爆落而伤人，易造成各种次生灾害；同时保护层脱落后，纵筋和箍筋直接与火接触，箍筋和纵筋的温度将急剧升高，从而导致纵筋和箍筋的弹性模量及屈服强度降低，箍筋对核心混凝土和纵筋的约束效果降低；且纵筋弹性模量的降低可能导致纵筋的失稳；这些都会加快结构的破坏。

5. 施工麻烦，模板用量大。普通密排箍筋混凝土柱在施工过程中的箍筋绑扎工作量很大；在混凝土的浇注过程中由于箍筋很密，混凝土的振捣难度很大；同时混凝土浇注前需安装设置模板，施工量较大。

钢管混凝土柱的缺点和不足：

1. 钢管易屈曲，震后修复困难。钢管混凝土柱在地震荷载作用下会发生钢管屈曲外鼓现象，同时由于钢管鼓曲，核心混凝土被压溃，导致柱子长度缩短，这为结构的震后修复带来了很大困难。

2. 用钢量大，造价高。在钢管混凝土柱中，由于钢管与混凝土同时承担纵向荷载，因此钢管对核心混凝土的约束效果不显著；同时由于高强混凝土的横向变形小，导致钢管对高强混凝土的约束效应进一步降低。因此要对高强混凝土产生有效的约束，必须增加钢管混凝土柱中的钢管厚度，从而提高了造价。

3. 防火性能差。钢管混凝土柱中钢管处于最外层，且钢管直接承担纵向荷载。在火灾作用下，钢管的强度和弹性模量急剧降低，导致柱子承载力迅速降低，防火性能差。为提高钢管混凝土柱的防火性能，需在钢管外面喷涂防火保护层，增加了造价。

4. 与钢筋混凝土梁连接复杂，施工难度大。钢管混凝土柱与钢筋混凝土梁的连接一般采用钢筋与钢管混凝土柱上设置的环板焊接或者将钢筋直接穿过钢管的方法；这两种连接方式都比较复杂，施工量大，施工难度大。因此钢管混凝土柱与钢筋混凝土梁的连接至今为止仍然是工程施工中的难题。

### 发明内容

为了克服现有高强混凝土柱的上述缺点和不足，解决以往高强混凝土柱抗震性能差、防火性能差、震后不易修复、施工量大、混凝土震捣困难、用钢量大、轴压比限值低、钢管高强混凝土柱与钢筋混凝土梁连接麻烦的问题，本发明提出了一种钢管约束钢筋高强混凝土柱。

本发明由纵筋、箍筋、混凝土和钢管组成，纵筋竖向排列，在纵筋的高度方向上套设有起架立纵筋作用的箍筋，箍筋外套设有钢管，钢管内浇筑有混凝土，钢管在两端的接近端末处断开。

本发明的核心是钢管约束钢筋高强混凝土柱外包钢管不承受竖向荷载，即不承受轴力和弯矩，只对核心钢筋高强混凝土柱提供横向的约束作用并承受水平剪力。

本发明的钢管约束钢筋高强混凝土柱所带来的效果是：

1. 提高高强混凝土柱的抗震性能，使高强混凝土柱能够在高烈度地震区的高层建筑中应用。

2. 提高钢筋高强混凝土柱的轴压比限值，使高强混凝土柱在应用中不限制

轴压比，即在高轴压比条件下钢筋高强混凝土柱仍然具有良好的抗震性能。

3. 提高钢筋高强混凝土柱的抗火性能，降低次生灾害。
4. 提高钢筋高强混凝土柱的抗剪性能，使钢筋高强混凝土柱能够随意达到“强剪弱弯”的要求。
5. 使钢筋高强混凝土柱震后容易修复。
6. 保护钢筋高强混凝土柱的保护层，防止高强混凝土受火崩落产生次生灾害。
7. 解决钢筋高强混凝土柱中箍筋设置太多导致的施工量大、混凝土震捣困难和模板用量大等问题。
8. 解决钢管高强混凝土柱用钢量大，抗火性能差，与钢筋混凝土梁连接麻烦的问题。

本发明与密排箍筋约束高强混凝土柱比有以下优点：

1. 钢管约束钢筋高强混凝土柱可不限轴压比。图 6 为普通密排箍筋约束高强混凝土柱的抗震反应曲线，图 7 为钢管约束钢筋高强混凝土柱的抗震反应曲线。试验结果表明，由于钢管对高强混凝土的有效约束作用，钢筋高强混凝土柱在高轴压比条件下的破坏模式发生了质的改变，由脆性破坏转化为延性破坏，显著提高了钢筋高强混凝土柱的抗震性能。研究表明，钢管约束钢筋高强混凝土柱即使在轴压比超过现有设计规范的情况下，柱子的延性仍然很好，具有优越的抗震性能，因此对于钢管约束钢筋高强混凝土柱在地震区应用时可不限轴压比。

2. 钢管的约束能够有效的防止混凝土保护层脱落和纵筋失稳，震后修复方便。

3. 抗剪承载力高。由于钢管在柱子的最外层连续布置，因此钢管可作为钢结构柱的腹板以抵抗水平剪力；因此当纵筋配筋率增大时，钢管可随意加厚以保证柱子“强剪弱弯”的要求，因此即使柱的纵筋配筋率已达到规范容许的最大配筋率，构件的抗剪设计也能得到满足。

4. 抗火性能好。对于钢管约束钢筋高强混凝土柱，由于外包钢管的存在，防止了保护层的崩裂，降低了次生灾害；同时由于混凝土保护层不会崩落，使得纵筋和箍筋的温度不会急剧升高，从而提高了结构的耐火极限。

5. 施工方便，降低模板用量。在钢管约束钢筋高强混凝土构件中，箍筋只

需要按照构造措施设立架立钢筋即可，降低了箍筋绑扎的现场工作量，箍筋的间距很大也利于混凝土的振捣。钢管同时可作为混凝土施工的永久模板，降低了模板的用量和施工量。

本发明与钢管高强混凝土柱比有以下优点：

1. 防止钢管屈曲，震后易修复。对于钢管约束钢筋高强混凝土构件，由于钢管不承受纵向荷载，避免了钢管的屈曲问题。钢管不发生屈曲，核心混凝土的压溃及外鼓现象就会相对较轻，而柱子的长度降低也会较轻，有利于结构的震后修复。

2. 防火性能好，降低造价。钢管约束钢筋高强混凝土柱相当于将钢管混凝土柱的钢管一部分变为纵筋置于混凝土中，而将剩余部分作为横向约束包在混凝土柱子外面。在火灾作用下，由于纵筋不直接与火接触，提高了构件的耐火极限，而外包钢管在火灾作用下不承担任何纵向荷载；因此如果设计合理，钢管约束钢筋高强混凝土柱不需要防火保护层，从而降低了造价。

3. 用钢量低，造价低。达到相同的抗震效果，钢管约束钢筋高强混凝土柱的用钢量低于钢管高强混凝土柱，因此钢管约束钢筋高强混凝土柱的用钢量更省，造价更低。

4. 与钢筋混凝土梁连接方便，降低施工难度。钢管约束钢筋高强混凝土柱仍可看作为钢筋混凝土结构，因此普通混凝土结构的连接节点的设计和施工方法不需进行明显的修改就可直接应用于钢管约束钢筋高强混凝土柱中，降低了施工难度，也有利于这一结构形式的推广。

### 附图说明

图1是本发明的结构示意图，图2是具体实施方式二的骨架的结构示意图，图3是具体实施方式二的结构示意图，图4是具体实施方式三的骨架的结构示意图，图5是具体实施方式三的结构示意图，图6是普通密排箍筋约束高强混凝土柱的抗震反应曲线，图7是钢管约束钢筋高强混凝土柱的抗震反应曲线。

### 具体实施方式

具体实施方式一：下面结合图1—图5具体说明本实施方式，本实施方式由纵筋1、箍筋2、混凝土3和钢管4组成，纵筋1竖向排列，在纵筋1的高度方向上套设有起架立纵筋作用的箍筋2，箍筋2外套设有钢管4，钢管4内浇筑有混凝土3，钢管4在两端的接近端末处断开。箍筋起架立纵筋的作用，因此

箍筋只需按构造配筋。钢管在两端的接近末端处断开，即在柱两端接近梁或基础的地方断开，因此钢管不承担竖向荷载，只能对核心高强混凝土起横向约束作用。

具体实施方式二：下面结合图 2 和图 3 具体说明本实施方式，本实施方式中所述的钢管 4 为圆钢管，其它组成及连接关系同具体实施方式一。

具体实施方式三：下面结合图 4 和图 5 具体说明本实施方式，本实施方式中所述的钢管 4 为方钢管，其它组成及连接关系同具体实施方式一。

本发明的钢管约束钢筋高强混凝土柱中的纵向受力钢筋可根据设计抗弯承载力配置，纵筋的配筋率在满足相关设计规范的要求范围内可随意变化；混凝土宜采用标号大于 C60 的高强混凝土；钢管可采用圆钢管、方钢管或其它多边形钢管，圆钢管的直径或方钢管的边长与钢管厚度之比宜大于 50。使用时为保证钢管端部焊缝不受拉开裂，应在钢管两端设置封闭的环向（圆钢管）或横向（方钢管）的钢加强环。钢加强环宜采用厚度为钢管厚度一倍以上的钢板；加强环与钢管可采用点焊连接或其它牢固可靠的连接方式；钢加强环的自身接头处应可靠焊接。钢加强环的高度应大于钢管厚度的 5 倍以上。在钢管端部可设置多道加强环，且加强环可采用其它形式，如封闭的钢筋、小角钢等。

本发明的工作原理是：由于钢管在两端端部断开，因此轴力和弯矩只作用在核心钢筋高强混凝土上，钢管不承担纵向力。在轴力和弯矩作用下，混凝土受压而产生横向的膨胀变形，而外包钢管会限制混凝土的横向膨胀，因此钢管中产生横向拉力，从而对横向膨胀的核心高强混凝土产生有效的约束，增加了高强混凝土的强度和延性，提高了核心高强混凝土的抗震性能。同时，在水平地震荷载作用下，柱子要抵抗水平剪力，因此外包钢管与核心高强混凝土柱共同承担水平剪力。钢管只承受横向拉力和剪力，不承受竖向力，这与传统的钢管混凝土不同；因为钢管混凝土中的钢管还承担竖向力，导致钢管的横向拉力减小，对核心混凝土的约束效果不明显。

本发明的钢管约束钢筋高强混凝土柱与钢筋混凝土梁或其它结构形式的梁的连接采用已有规范规定的连接方式。

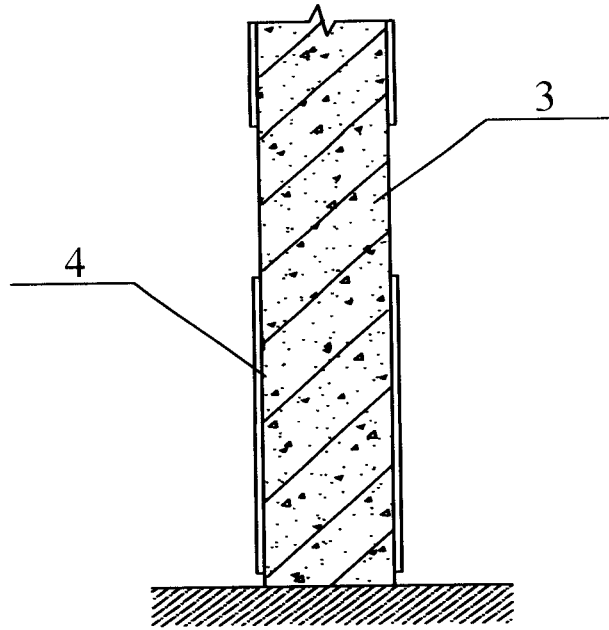


图 1

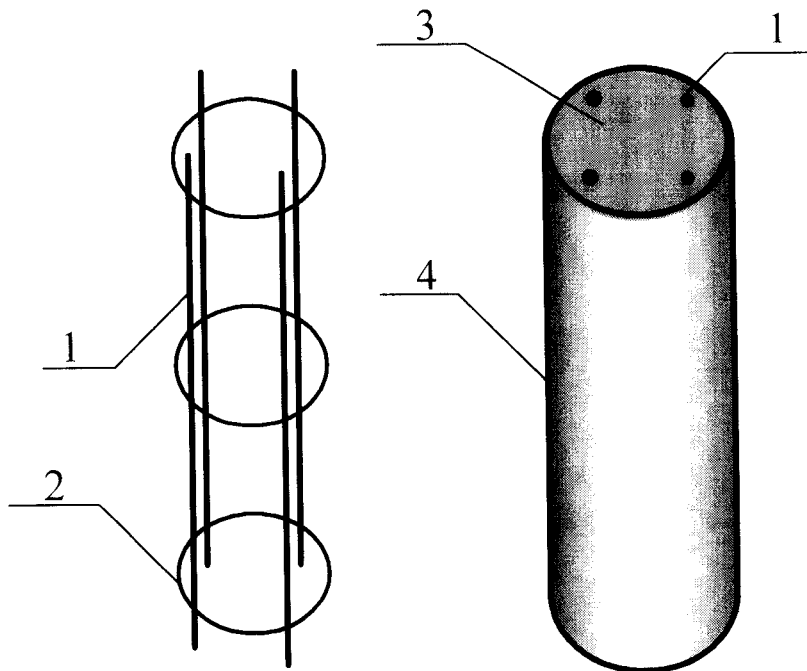


图2

图3

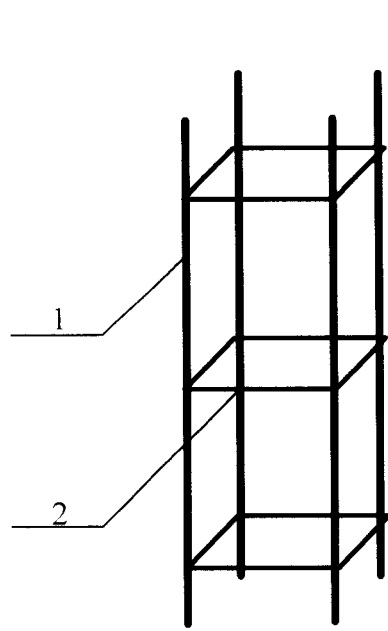


图4

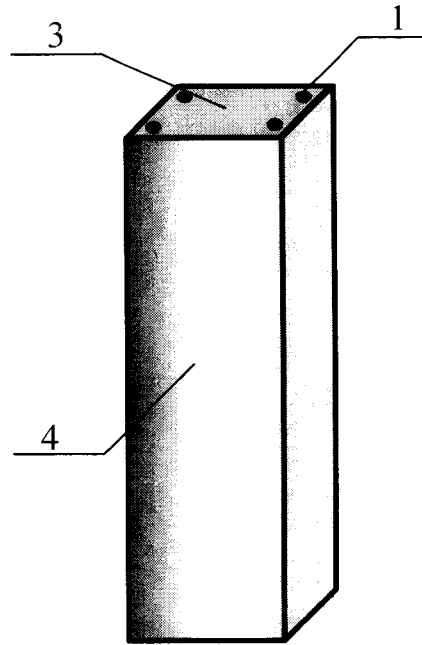


图5

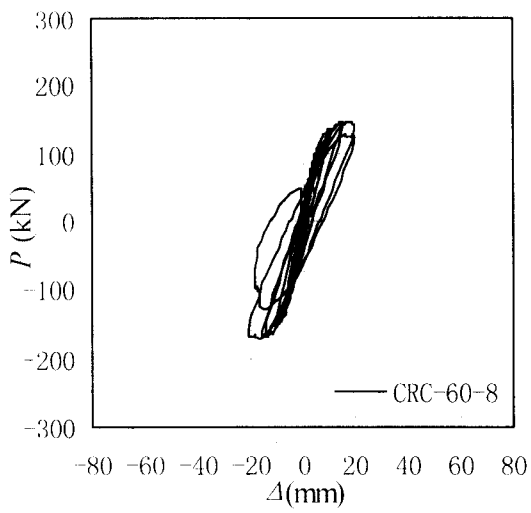


图6

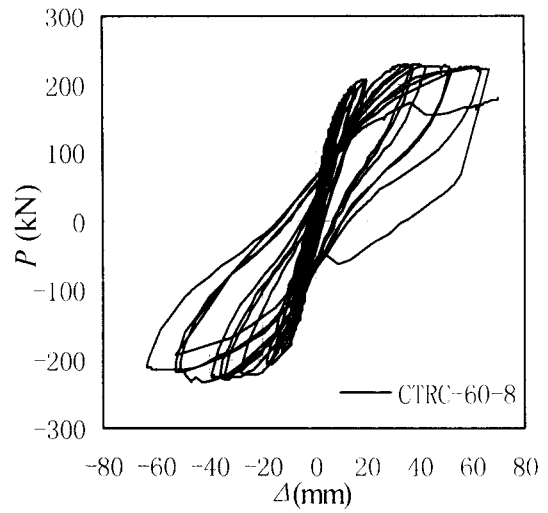


图7