



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101250040 B

(45) 授权公告日 2010.12.08

(21) 申请号 200710199119.6

(22) 申请日 2006.03.22

(62) 分案原申请数据

200610041959.5 2006.03.22

(73) 专利权人 西安建筑科技大学

地址 710055 陕西省西安市雁塔路13号

(72) 发明人 郑山锁 曾磊 车顺利 邓国专  
张亮

(74) 专利代理机构 西安西达专利代理有限责任  
公司 61202

代理人 第五思军

(56) 对比文件

CN 1192987 C, 2005.03.16,

CN 1192987 C, 2005.03.16,

CN 1109004 C, 2003.05.21,

审查员 米春艳

(51) Int. Cl.

C04B 28/00 (2006.01)

C04B 14/04 (2006.01)

C04B 18/08 (2006.01)

C04B 24/24 (2006.01)

权利要求书 1 页 说明书 6 页

(54) 发明名称

用于型钢混凝土组合结构强度等级为 C100  
的混凝土

(57) 摘要

本发明公开了一种用于型钢混凝土组合结构强度等级为 C100 的混凝土, 该混凝土的配合比是水泥: 粗骨料: 细骨料: 水: 高效减水剂: 硅灰: 粉煤灰为: 450: 510: 1190: 144: 12: 60: 90, 单位:  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。该混凝土力学性能(包括强度、塑性以及与型钢之间的粘结性能)好、工作性能优异、耐久性能好、成本相对较低, 并适用于型钢混凝土组合结构。使用该混凝土减少了施工工序, 节约了钢材, 提高了施工效率, 具有显著的经济效益。

1. 一种用于型钢混凝土组合结构强度等级为 C100 的混凝土,其特征是:该混凝土的配合比是按照水泥:粗骨料:细骨料:水:聚羧酸系高效减水剂:硅灰:粉煤灰=450:510:1190:144:12:60:90 配制,组分单位为:kg/m<sup>3</sup>;

所述的细骨料为满足建筑用砂标准中规定的优质砂,其细度模数为 2.5~3.4 之间,含泥量控制在 1.0% 以下;

所述的粗骨料采用石灰岩、花岗岩或辉绿岩碎石,其骨料母体岩石的立方体抗压强度应比所配制的混凝土强度高 20% 以上,最大粒径应控制在 10~20mm 之间,含泥量控制在 0.5% 以下,针片状颗粒含量不大于 5%,且不得混入风化颗粒;

所述的粉煤灰选用烧失量不宜大于 5%,SO<sub>3</sub> 含量不大于 3%,需水量比不大于 105%,比表面积应大于 600m<sup>2</sup>/kg;

所述的硅灰中的二氧化硅含量不应小于 85%,平均粒径 0.1~0.2μm,含水率小于 3%,烧失量小于 6%,火山灰活性指数大于 90%,比表面积不小于 15000m<sup>2</sup>/kg。

2. 根据权利要求 1 所述的用于型钢混凝土组合结构强度等级为 C100 的混凝土,其特征是:所述聚羧酸系高效减水剂的减水率大于 25%。

## 用于型钢混凝土组合结构强度等级为 C100 的混凝土

[0001] 本发明是申请日为：2006 年 3 月 22 日，申请号为：200610041959.5，发明名称为：一种用于型钢混凝土组合结构的混凝土的分案申请

### 技术领域

[0002] 本发明涉及一种混凝土，特别涉及一种用于型钢混凝土组合结构强度等级为 C100 的混凝土。

### 背景技术

[0003] 型钢高强高性能混凝土组合结构是新型高技术混凝土在型钢混凝土 (SRC) 组合结构中的应用。其中，型钢混凝土组合结构 (简称 SRC 结构) 是钢—混凝土组合结构的一种主要形式，由于其承载能力高、刚度大及抗震性能好等优点，已越来越多地应用于大跨、重型结构和地震区的高层和超高层建筑。SRC 结构比钢结构可节省大量钢材，增大截面刚度，克服了钢结构耐火性和耐久性差及易屈曲失稳等缺点，使钢材的能力得以充分的发挥，一般可比纯钢结构节约钢材 50% 左右。与普通钢筋混凝土 (RC) 结构相比，型钢混凝土结构中的配钢率可比钢筋混凝土结构中的配筋率大很多，因此可以在有限的截面面积中配置较多的钢材，所以型钢混凝土构件的承载能力高于同样外形的钢筋混凝土构件的承载能力一倍以上，从而可以有效地减小构件的截面尺寸，避免钢筋混凝土结构中常出现的肥梁胖柱现象，增加建筑结构的使用面积和净空并减少建筑的造价，取得显著的经济效益。在施工上，型钢混凝土结构的钢骨架可作为承受全部施工荷载 (包括挂模与所浇混凝土) 的支承体系，大大简化了支模工程。由于 SRC 结构具有整体性强，延性性能好等优点，能大大改善钢筋混凝土受剪破坏的脆性性质，使结构抗震性能得到明显的改善，强度及延性均比 RC 结构有较大的提高，因此即使在高层钢结构中，底部若干层也往往为 SRC 结构型式，如上海金茂大厦、深圳的帝王大厦、香港的九龙大厦和国际财政中心等。据日本 1978 年宫城县冲地震的统计显示，在调查的 95 幢层数为 7 ~ 17 层的 SRC 建筑中，仅有 13% (12 幢) 发生主体轻微损坏。因此在日本和欧美等发达国家，SRC 结构与钢结构、木结构、钢筋混凝土结构并称为四大结构。日本抗震规范规定：高度超过 45 米的建筑物不得使用钢筋混凝土结构，而型钢混凝土结构则不受此限制。我国也是一个多地震国家，绝大多数地区为地震区，部分地区位于高烈度区，因此在我国，特别是经济欠发达而且受地震影响较大的西部地区推广 SRC 结构就具有非常重要的现实意义。到目前为止，我国采用 SRC 结构的建筑面积约为建筑总面积的千分之一，而日本在六层以上的建筑物中采用 SRC 结构的建筑物占总建筑面积的 62.8%。因此，SRC 结构在我国有非常广阔的应用前景，尤其随着我国经济实力的不断增强及高强钢材和高强高性能混凝土 (他们是被公认的 21 世纪材料) 的成功研制与应用，将促进这种结构体系的推广应用。

[0004] 型钢与混凝土之间良好的粘结作用是保证型钢混凝土构件中型钢与混凝土协调工作的基础，型钢、钢筋和混凝土三种材料元件协同工作，以抵抗各种外部作用效应，才能够充分发挥型钢混凝土组合结构的优点。但型钢混凝土结构与钢筋混凝土结构的显著区别

在于型钢与混凝土之间的粘结力远远小于钢筋与混凝土之间的粘结力,型钢与普通混凝土的粘结力大约只相当于光面钢筋粘结力的 45%。国内外诸多试验研究结果表明,型钢与混凝土之间存在着粘结滑移现象,且对 SRC 构件的受力性能有显著影响。因此,如何保证型钢与混凝土有效地协同工作成为型钢混凝土组合结构研究的重点之一。目前工程设计中对型钢与混凝土之间粘结滑移问题的处理方法一般有两种:其一是在构件表面加设剪切连接件,这样势必造成施工中的不便并提高造价;其二是降低构件的承载能力,以考虑粘结滑移的影响,这样必然存在不经济的因素。另一方面,在工程结构设计中普遍存在着重强度而轻耐久性的现象,国内外已出现过诸多混凝土结构在使用过程中的安全性和耐久性方面的问题。一些混凝土结构在使用不足设计年限一半即由于碱骨料反应、氯离子侵蚀等原因而完全丧失使用功能乃至承载能力,个别工程甚至出现局部坍塌或整体倒塌,造成人员伤亡或建筑设施破坏。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是克服现有技术的不足,提供一种用于型钢混凝土组合结构的混凝土。该混凝土能改进型钢与混凝土之间的粘结性能,并能提高结构的耐久性,而且具有良好的工作性能、高体积稳定性和经济性。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明是这样实现的:

[0007] 该混凝土的配合比是按照水泥:粗骨料:细骨料:水:聚羧酸系高效减水剂:硅灰:粉煤灰=450:510:1190:144:12:60:90 配制,组分单位为  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

[0008] 所述的细骨料为满足建筑用砂标准中规定的优质砂,其细度模数为 2.5~3.4 之间,含泥量控制在 1.0% 以下;

[0009] 所述的粗骨料采用石灰岩、花岗岩或辉绿岩碎石,其骨料母体岩石的立方体抗压强度应比所配制的混凝土强度高 20% 以上,最大粒径应控制在 10~20mm 之间,含泥量控制在 0.5% 以下,针片状颗粒含量不大于 5%,且不得混入风化颗粒;

[0010] 所述的粉煤灰选用烧失量不宜大于 5%, $\text{SO}_3$  含量不大于 3%,需水量比不大于 105%,比表面积应大于  $600\text{m}^2/\text{kg}$ ;

[0011] 所述的硅灰中的二氧化硅含量不应小于 85%,平均粒径 0.1~0.2 $\mu\text{m}$ ,含水率小于 3%,烧失量小于 6%,火山灰活性指数大于 90%,比表面积不小于  $15000\text{m}^2/\text{kg}$ 。

[0012] 所述聚羧酸系高效减水剂的减水率大于 25%。

[0013] 本发明的有益效果是:

[0014] 1. 本发明生产的混凝土是一种适用于型钢混凝土组合结构的高强高性能混凝土。它在能确保其所应具备的力学(即强度和塑性)性能以及具有高耐久性、高工作性、高体积稳定性和经济性的基础上,大幅度地改进了混凝土与型钢之间的粘结性能,使在型钢混凝土结构设计中无需(或仅需少许地)在构件表面加设剪切连接件,即可保证型钢与混凝土的有效协同工作,从而减少了施工工序,节约了钢材,提高了施工效率,具有显著的经济效益。

[0015] 2. 本发明中使用的高效减水剂相比其它类型的减水剂,其中不含有  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,能进一步提高混凝土的耐久性。

[0016] 3. 本发明生产的高强高性能混凝土是在普通混凝土生产工艺条件下实现的,生产

原料均为当地可得的,便于大规模推广应用,具有较好的社会效益。

[0017] 4. 本发明生产的高强高性能混凝土原料中含有大量的工业废料,符合可持续发展的要求,是一种绿色混凝土。

[0018] 5. 本发明是在不改变常规生产工艺的条件下生产的用于型钢混凝土组合结构的高强高性能混凝土。

#### 具体实施方式:

[0019] 本发明是以改进型钢与混凝土之间的粘结性能,并提高结构的耐久性为宗旨,来研究用于型钢混凝土组合结构的高强高性能混凝土的制备技术。由于制作高强高性能混凝土所用的水泥品种质量高,并对活性矿物掺合料的加工要求高,加之高效减水剂、超塑化剂等基本原材料的研究与应用目前国内外均已取得了较大的进展,从而为上述研究宗旨的实现鉴定了基础。同时,高强高性能混凝土要求的水泥用量较少,而生产水泥意味着二氧化碳的大量排放,从而一定程度地减轻了对地球造成的温室效应;它要求有足够数量的粉煤灰、矿渣等掺合料,意味着工业废料的合理处置利用,将有利于形成良好的生产循环和环境保护,而这些条件正是改善混凝土材料自身性能所需要的。应用高强高性能混凝土可以节约原材料、延长工程使用年限,并最终保护生态环境和自然资源。综上所述,用于型钢混凝土组合结构的高强高性能混凝土的研究与开发将为更好地使用混凝土走出了一条可持续发展的道路。

[0020] 本发明研制的高强高性能混凝土除了与普通混凝土采用类似的材料—水泥、砂、石、水外,还加入了其不可缺少的组分:高效减水剂和矿物掺合料。高强高性能混凝土与普通混凝土不同,其强度和性能均较普通混凝土有较大的提高。高强高性能混凝土的水灰比一般都小于 0.38,而普通混凝土的水灰比一般在 0.45 以上,高强高性能混凝土的骨料最大粒径亦小于普通混凝土。上述各项差异导致了高强高性能混凝土与普通混凝土在性能上有着很大的差别,通过加入矿物超细粉,高强高性能混凝土中骨料与水泥石之间的界面结构以及水泥石的孔结构均得到了改善,典型的致密结构能扩展到骨料表面,从而使混凝土更加密实坚硬,混凝土的力学性能(包括与型钢之间的粘结性能)和耐久性能均有很大的提高。

[0021] 与光圆钢筋和混凝土的粘结相似,型钢与混凝土的粘结力主要由化学胶结力、摩擦阻力和机械咬合力三部分组成。粘结力的每一构成部分都与混凝土的性能密切相关。

[0022] 化学胶结力是混凝土中的水泥凝胶体在型钢表面产生的化学粘着力或吸附力,其(抗剪)极限值取决于水泥的性质和钢筋表面的粗糙程度。浇筑混凝土时,水泥浆体在钢材的表面上产生表面张力,在表面张力的作用下,钢材表面上的水泥浆体将形成自平衡;浇注混凝土一般要进行振捣,振捣力(扰动)能够加强并加快水泥浆体向钢材表面氧化层的渗透;在养护过程中水泥浆体结晶,进而晶体硬化形成化学胶结力。化学胶结力只在构件的原始形成状态下存在,一旦发生连接面上的粘结滑移,水泥晶体就被剪断并挤压破碎,化学胶结力则丧失。影响化学胶结力的主要因数有混凝土强度、型钢表面状况、试件浇筑方式与振捣程度以及后期的养护和混凝土的收缩情况。

[0023] 化学胶结力丧失后,由于钢材表面的粗糙不平以及其它原因所引起的钢材表面状况变化(凹凸不平),使其与接触面上混凝土晶体颗粒咬合在一起,这样就形成了机械咬合

力。对于工厂生产并经后期处理的轧制工字钢,一旦粘结滑移发展加大,钢与混凝土接触面上的混凝土晶体被压碎整合,这时机械咬合力也基本上丧失。影响机械咬合力的主要因素为钢材表面的粗糙程度与表面状况、混凝土级配、混凝土强度以及试件的受力方式。

[0024] 型钢周围混凝土对型钢的摩阻力亦是在混凝土的粘着力丧失后形成,且主要是在机械咬合力基本丧失后才发挥作用。当化学胶着力,尤其是机械咬合力丧失后,由于与型钢接触面上的混凝土晶体被剪断压碎且膨胀,加之保护层和箍筋等横向约束,将在型钢与混凝土的连接面上产生正压力,加上连接面上摩擦系数较大,从而形成了摩擦阻力。摩擦阻力在化学胶结力丧失以后一直都存在,是型钢与混凝土之间后期粘结力的主要部分。影响摩擦阻力的因素有型钢的表面特征、受力方式、混凝土级配以及影响横向约束的因素(保护层厚度、配箍率、混凝土收缩)。

[0025] 本发明所要解决的关键技术问题是,在确保高强高性能混凝土所应具备的力学(即强度和塑性)性能以及具有高耐久性、高工作性、高体积稳定性和经济性的基础上,大幅度地改进混凝土与型钢之间的粘结性能,使在型钢混凝土结构设计中无需(或仅需少许地)在构件表面加设剪切连接件,即可保证型钢与混凝土的有效协同工作。

[0026] 本发明从原理和设计原则上,打破“饱罗米”公式的限制,通过对比实验法,同时考虑高效减水剂与水泥的相容性、骨料粒径对材料强度及性能的影响以及矿物外加剂的火山灰活性等性能因素,选用优质粗细骨料并控制粒径和级配,在材料中掺入一定量的高效减水剂和复合矿物超细粉,降低水灰比,立足于现有的地方材料,不改变常规生产工艺,充分利用矿物掺合料的填充效应和流化效应、高效减水剂与复合掺合料的超叠加效应,配制出力学性能(包括与型钢之间的粘结性能)好、工作性能优异、耐久性能好、成本相对较低的适用于在型钢混凝土结构中大量应用的高强高性能混凝土。

[0027] 矿物掺合料颗粒粒径比水泥颗粒粒径细小,能填充水泥颗粒之间的空隙。外部劣化因子对混凝土的侵蚀性很大程度上取决于混凝土的孔隙构造,而这正是造成混凝土耐久性问题的主要原因。当水泥石中大于 $0.1\mu\text{m}$ 的大孔含量低时,将有利于混凝土的各项性能的改善,否则,对混凝土的强度、抗渗性能和耐久性能均不利。硅酸盐水泥粒子粒径为 $10.4\mu\text{m}$ ,硅灰的粒径小于 $1\mu\text{m}$ ,平均粒径为 $0.1\mu\text{m}$ ,一级粉煤灰的粒径小于 $1\mu\text{m}$ 。当水泥与粉煤灰和硅灰按一定比例复合时,胶凝材料的孔隙率有很大的下降,水泥石的孔结构得到了改善,相应地混凝土材料的密实度提高。

[0028] 以矿物掺合料取代部分水泥后,还可以使水泥颗粒空隙中的一部分水分被填充其内的矿物掺合料挤出,随之水泥净浆的流动度增大。但也并不是所有的矿物掺合料都具有这种流化效应,主要是由于有的矿物掺合料的比表面积太大或者其本身具有多孔结构,虽然其取代水泥后能排出水泥净浆中的部分水分,但由于其本身吸水或润湿表面需要较多自由水,导致水泥净浆的流动性并不增大。为了保证所研制混凝土的高工作性能,本发明采用高效减水剂和矿物掺合料双掺的方法,当掺入了高效减水剂后,矿物掺合料颗粒吸附了高效减水剂分子,其表面形成的双电层电位所产生的静电斥力大于粉体粒子之间的万有引力,促使粉体颗粒分散,并进一步加剧水泥颗粒的分散,使水泥净浆的流动性增加,从而较好地改善了水泥浆体的流动性。

[0029] 对于普通混凝土,通常水泥浆体孔液中含有大量的碱,其PH值可达到13,且骨料也具有碱活性,因此当处于潮湿环境中时,其孔液中的氢氧根离子将与骨料中一定种类的

硅发生碱骨料反应,从而引起混凝土结构的膨胀和开裂。另外,氯盐是一种最有害的侵蚀性化合物,当氯离子侵蚀到混凝土微结构中,将向析出的水泥水化相移动,并最终导致混凝土被侵蚀损坏。因此,改进混凝土的孔结构和抗渗透性能是提高其抵御氯离子侵蚀能力的有效途径。本发明采用低碱水泥、活性硅含量小的骨料,并掺入矿物掺合料等措施来抑制碱骨料反应和氯离子侵蚀。试验结果表明,以掺入的硅灰取代一部分水泥后,可以有效地缓解甚至完全消除碱骨料反应引起的膨胀。其作用机理是:在混凝土强度发展之前,硅灰会迅速消耗掉孔液中的钾碱和钠碱,以使氢氧根离子浓度达到较低的水平;硅灰还会消耗掉由水泥水化释放的氢氧化钙。本发明的混凝土中加入矿物超细粉后,混凝土的导电量明显下降,将氯离子渗透控制在很低的水平,从而实现了优良的耐久性。

[0030] 用于混凝土材料的骨料应具有较高的固有强度、韧度和稳定性,以能够抵御各种静态和动态应力、冲击及磨蚀作用,而不会导致混凝土性能的下降。由于不同骨料的表面状态不同,导致水泥浆体与骨料之间的粘结强度也不相同,通常情况下碎石较卵石有较高的粘结强度;另一方面,水泥浆体中含与不含硅灰时的粘结强度相差亦很大,掺硅灰时,水泥浆体与骨料之间的粘结强度比不掺时高得多。普通混凝土在破坏时,裂缝是沿着水泥浆体与骨料的界面出现的,骨料一般不会破坏,而高强高性能混凝土的破坏大多是由于骨料的破坏而导致的,因此骨料的性能对高强高性能混凝土的性能有较大的影响。本研究中选用的粗骨料为表面粗糙,级配良好的碎石。细骨料采用颗粒圆滑、质地坚硬、集配良好、含泥量小的中粗河砂。

[0031] 在型钢与高强高性能混凝土的粘结性能试验中,当型钢与混凝土发生滑移后,型钢表面与混凝土之间的化学胶着力丧失,当滑移较大时,型钢与混凝土之间的机械咬合力也基本消失,其后的荷载主要由型钢与混凝土之间的摩阻力承受,即依靠混凝土与型钢接触面上的混凝土晶体的抗剪来抵抗荷载。本发明研制的高强高性能混凝土中,随着骨料强度的提高,混凝土强度也得到了较大增长,其抵抗剪切作用的能力也相应加强。所以,采用质地优良的碎石,可以提高型钢与混凝土粘结力中的摩阻力部分。

[0032] 实施例:

[0033] (一) 原材料:

[0034] 1. 水泥

[0035] 选择质量性能稳定的 P. O 52.5R 水泥,使用前需与高效减水剂进行流动性试验,从而选择与高效减水剂相容性好的水泥品种。所选水泥性能指标(包括细度、 $\text{SO}_3$  含量、 $\text{MgO}$  含量、初凝时间、终凝时间、3 天强度、28 天强度)必须达到国家相关标准的要求。

[0036] 2. 骨料

[0037] 细骨料采用颗粒圆滑、质地坚硬、集配良好的中粗河砂,砂的品质应达到 GB/T14684-93 建筑用砂标准中规定的优质砂标准。其细度模数为 2.5 ~ 3.4 之间(配制的混凝土标号越高,砂的细度模数应尽量采取上限),含泥量控制在 1.0% 以下。

[0038] 粗骨料采用质量致密坚硬、强度高、表面粗糙、针片状含量小、级配良好的石灰岩、花岗岩、辉绿岩等碎石。骨料母体岩石的立方体抗压强度应比所配制的混凝土强度高 20% 以上。最大粒径应控制在 10 ~ 20mm 之间,含泥量控制在 0.5% 以下,针片状颗粒含量不宜大于 5%,且不得混入风化颗粒。

[0039] 3. 粉煤灰

[0040] 采用燃煤工艺先进的电厂生产的 I 级粉煤灰。其烧失量不宜大于 5%，SO<sub>3</sub> 含量不大于 3%，需水量比宜不大于 105%，比表面积应大于 600m<sup>2</sup>/Kg。

[0041] 4. 硅灰

[0042] 硅灰中的二氧化硅含量不应小于 85%，平均粒径 0.1 ~ 0.2 μm，含水率小于 3%，烧失量小于 6%，火山灰活性指数大于 90%，比表面积不小于 15000m<sup>2</sup>/kg。

[0043] 5. 高效减水剂

[0044] 高效减水剂选择聚羧酸系高效减水剂，减水率应大于 25%。高效减水剂的掺量为全部胶凝材料总量的 2%，采用同掺法，且使用前须与所选择的水泥品种进行流动性试验。

[0045] 6. 拌合水

[0046] 选用自来水为拌合水。其质量应符合混凝土拌合用水标准 JGJ63-89 的规定。

[0047] (二) 配合比：

[0048] 本发明对于将会在型钢混凝土结构中大量应用的强度等级为 C60 ~ C100 的高强高性能混凝土提供的配合比如表 1 所示。

[0049] 表 1 用于型钢混凝土组合结构的高强高性能混凝土配合比 (单位 :Kg)

[0050]

混凝土 强度等级	水泥品种	水泥	砂	石	水	减水剂	硅灰	粉煤 灰
C60	P. O 52. 5R	350	700	1150	150	8	0	150
C70	P. O 52. 5R	400	576	1224	148	8	30	120
C80	P. O 52. 5R	450	544	1156	156	12	30	120
C90	P. O 52. 5R	450	493	1207	150	12	60	90
C100	P. O 52. 5R	450	510	1190	144	12	60	90

[0051] (三) 对比试验结果：

[0052] 按照上述配合比所配制的适用于型钢混凝土组合结构的高强高性能混凝土与普通混凝土对比试验的结果如表 2 所示 (表中 C30、C40、C50 等级为普通混凝土)：

[0053] 表 2 混凝土对比试验结果

[0054]

混凝土 强度等级	坍落度 /mm	立方体抗压强度 /MPa	劈拉强度 /MPa	与型钢 粘接强度 /MPa	混凝土渗透性等 级 (NEL 方法)
C30	100	34. 37	2. 75	1. 09	III
C40	120	39. 73	3. 03	1. 52	III
C50	80	48. 54	3. 46	1. 89	III
C60	120	70. 9	5. 9	3. 51	IV
C70	140	88. 3	6. 8	3. 74	IV
C80	130	93. 0	6. 5	3. 45	IV
C90	120	103. 4	7. 0	3. 67	IV
C100	120	115. 3	7. 2	3. 82	V

[0055] 上述试验结果表明，按该技术制备的高强高性能混凝土，在能确保其所应具备的力学 (即强度和塑性) 性能以及具有高耐久性、高工作性、高体积稳定性和经济性的基础上，大幅度地改进了混凝土与型钢之间的粘结性能，使在型钢混凝土结构设计中无需 (或仅需少许地) 在构件表面加设剪切连接件，即可保证型钢与混凝土的有效协同工作。