

微膨胀自密实钢纤维水泥混凝土的应用

陈少春

广西世诚工程检测有限公司

DOI:10.32629/btr.v2i3.1916

[摘要] 自密实混凝土技术的发展已有 20 年的历史,在国内也已应用 10 多年。近几年自密实混凝土在我国发展应用速度加快,应用领域也进一步的拓展。自密实混凝土,是具有高流动度、不离析、良好的均匀性和稳定性,浇筑时依靠其自重流动,无需振捣而达到密实的混凝土。所谓的自密实性能,即混凝土浇筑时,不加振捣施工也能依靠其自重均匀地填充到模板各处的性能。因具有许多优点,自密实混凝土技术在近几年得到了积极的研究和全面的发展,也被越来越多的工程所采用。

[关键词] 自密实混凝土; 钢纤维; 配合比设计

钢纤维混凝土是将短的、不连续的钢纤维随机乱向地分布于混凝土中形成的复合材料。与普通混凝土相比,加入一定量的钢纤维后,不仅可以提高混凝土的抗压强度、抗折强度和韧性,而且能够明显地提高混凝土的抗裂性能、抗收缩性能和极限拉应变,因此受到国内外学术界和工程界的极大重视。目前,钢纤维混凝土的应用领域涉及道路桥梁工程、建筑工程、水利工程、港口工程、铁路工程、矿山工程和军事工程等。在使用过程中,钢纤维混凝土因为能够充分满足工程所要求的高拉应力、复杂受力、抗裂、增强和增韧等普通混凝土难以达到的受力性能要求,而具有良好的社会效益、经济效益和广阔的应用前景。

钢纤维自密实混凝土则是集两种混凝土的优点于一身,即在混凝土施工浇筑过程中利用自密实混凝土拌和物的易浇筑密实特点,在混凝土硬化后利用钢纤维混凝土独有的力学与变形性能。

1 工程概况

柳州市柳江区兴柳路三期道路工程。西接兴柳路二期工程终点,往东跨越三千河后于现状石油管道北侧行走,过琼林村后线位右偏沿柳南高速公路北侧布线,避让柳州白莲机场设施后,利用现状恒业路进行拼宽改造,终点接迎宾路。路线全长 10.764Km,道路等级为城市主干道路,设计时速 60Km/h,双向六快两慢,道路实施宽度 50m。其中 K0+625.311 ~ K0+687.276、K1+248.762 ~ K1+287.522、K2+068.727 ~ K2+120.644、K2+716.770 ~ K2+760.515 和 K5+948.262 ~ K6+017.273 为五座钢结构叠合梁+水泥混凝土桥面板+沥青混凝土路面结构钢架桥。水泥混凝土桥面板采用自密实微膨胀钢纤维 C40 水泥混凝土连接。

2 钢纤维自密实混凝土

在自密实混凝土中使用钢纤维,提供了一种实现混凝土生产工业化、提高生产率的方法,并兼有免振及减少钢筋配置所带来的正面效应,钢纤维增强自密实混凝土(简称 SFRSCC)可用于楼房中的墙及楼板。钢纤维自密实混凝土试验研究的重点是,在 SCC 中掺加钢纤维对于新拌混凝土和易性以及硬化混凝土韧性(韧性决定了总体的承载能力以及裂

缝的分布特性)的影响。

另外,和经过振捣的普通混凝土相比,钢纤维自密实混凝土的韧性并不低,测出的韧性相当于或者好于普通的纤维增强混凝土。纤维的方位受混凝土流向以及纤维是否较好地分布的影响。决定钢纤维混凝土力学性能的最重要参数是它的韧性。对于使用有限的纤维数量的钢纤维混凝土而言,用来表示材料特征的其他性能,比如抗压强度、抗弯拉强度、弹性模量、收缩率、徐变等等,几乎是与素混凝土差不多的。钢纤维混凝土的设计规则是以前韧性为基础的。它的韧性作为定义材料的一个性能指标,也用来计算承载力或者裂纹分布。从设计准则来看,钢纤维自密实混凝土与钢纤维混凝土在韧性方面并没有很大的不同,所以用于设计钢纤维混凝土结构的设计方法对于钢纤维自密实混凝土同样适用。当然,和钢纤维混凝土一样,钢纤维自密实混凝土的韧性仍是需要进行试验的。

还有很多方面需要更进一步的研究,比如寻找一种对钢纤维自密实混凝土最优的配合比设计模型,混凝土早期的一些性能如徐变、收缩及温度发展,交界面的粘结性能,各种填充剂及外加剂的影响等等。

3 自密实微膨胀水泥混凝土配合比设计

高强自密实微膨胀水泥混凝土的配制一般通过复合掺入活性矿物掺料和化学外加剂来降低水胶比,提高混凝土的流动性并达到缓凝、保塑的施工要求。活性矿物掺料除了取代一部分水泥,减小收缩的作用外,还可以取代一部分细集料通过发挥其微集料效应,更好地填充混凝土内部的空隙,起到改善混凝土的和易性和可泵性。提高混凝土的密度和耐久性,减少泵送时对管壁的摩擦阻力的作用。高强度自密实微膨胀水泥混凝土所用胶凝材料总量一般在 500~550Kg/m³ 之间(≥350Kg/m³)。砂率较大,粗骨料用量和粒径均较小,容易产生较大收缩,引起内应力裂缝。从而导致混凝土强度和性能降低,一般通过加入膨胀剂来保证混凝土的无收缩或微膨胀。

自密实混凝土配合比的确定配合比的设计依据自密实混凝土的规定指标要求,并参照相关国家标准规程进行。在试验室进行配合比优化设计和试配工作,确认合格后方能使用。在进行自密实混凝土的配合比设计调整时应注意,水胶

比的改变会影响自密实混凝土的设计强度,水粉比的改变则影响自密实混凝土的黏度特性。

自密实性能包括:流动性、抗离析性和自填充性,分别通过坍落扩展度试验、V漏斗试验、梯形环试验和U型箱试验检测自密实性能指标。自密实性能根据结构物的结构形状、尺寸、配筋状态等进行设定,分为三个等级。当钢筋最小净间距为35mm~60mm时,为一级,此时,要求坍落扩展度为700mm±50mm、V漏斗通过时间为10s~25s、U型箱试验填充高度300mm以上,梯形环试验中心无骨料堆积、边缘无泌浆、目测环内外无高差。参照标准所述方法进行配比设计,具体过程如下:

①确定单位粗骨料体积用量(V_g)

根据自密实混凝土等级选取0.30,单位粗骨料体积用量为300L,因单一品种石子的空隙率(>40%)大于标准[3]要求,故同时掺加两种品种的石子(最佳比例是当两者混合后达到最小空隙率时的比例),表观密度平均值为2840kg/m³,质量为852.0kg。

②确定单位用水量(V_w)、水粉比(w/p)和粉体体积(V_p)

考虑到掺入粉煤灰配制C40等级的自密实混凝土,而且粗骨料粒型级配良好,选择较低的单位用水量170L和水粉比0.80,通过 $V_p = V_w / (w/p) = 170 / 0.80 = 212.5L$,计算得到粉体体积用量,粉体体积比为0.2125,介于推荐值0.16~0.23之间。

③确定含气量(V_a)

根据经验以及所使用外加剂的性能设定自密实混凝土的含气量为1.5%,即15L。

④计算单位细骨料量(V_s)

因为天然砂中含有9.0%的粉体,所以根据 $V_g + V_p + V_w + V_a + (1 - 9.0\%)V_s = 1000L$,可以计算出单位细骨料体积用量 $V_s = (1000 - 300 - 212.5 - 170 - 15) / 91.0\% = 332.4L$,质量为844.3kg。

⑤计算单位胶凝材料体积用量(V_{ce})

因为未使用其它惰性掺合料,所以单位胶凝材料体积用量通过 $V_{ce} = V_p - 9\% \times V_s = 212.5 - 9\% \times 332.4 = 182.6L$ 。

⑥计算水泥比(W/C)与理论水泥用量(M_{co})

按照《普通混凝土配合比设计规程》进行水泥比的设计计算,选定σ=7,则可计算出w/c=0.345。已知用水量为170kg,所以水泥用量为492.7kg,即159.0L。

⑦计算单位掺合料量和实际水泥用量(M_c)

通过计算可知单位水泥体积为159.0L,不能满足通过自密实性能计算出的182.6L的要求,综合考虑强度要求和粉煤灰性能,采用超量取代的方法,超量取代系数为1.3,设取代水泥率为X,可根据下式计算出取代水泥质量和粉煤灰掺入量:

材料名称	水泥	掺和料	天然砂	5-10mm石子	5-20mm石子	水	外加剂
用量/(kg/m ³)	380	150	840	350	500	170	7.4
抗压强度/MPa		坍落度	坍落扩展度	V型漏斗通过时间	U型箱填充高度	梯形环实验	
3d	7d	28d	60d			无骨料堆积、边缘无泌浆、环内外无高差	
40.9	52.1	72.3	80.3	265mm	720mm	18s	350mm

式中,M_{fa}、ρ_c、ρ_{fa}分别为实际粉煤灰用量、水泥表观密度(3.1kg/cm³)和粉煤灰表观密度(2.44kg/cm³)。

通过上述计算得到水泥的实际用量和掺合料用量。

⑧通过试验确定聚羧酸高性能减水剂用量为胶凝材料用量的1.4%,即7.4kg。

⑨试验验证与调整。依据标准进行试验,得到自密实混凝土基准配合比。

4 自密实微膨胀水泥混凝土施工控制

钢纤维混凝土在生产时,除钢纤维与砂石一起加入搅拌机外,其它材料的投料、搅拌与普通混凝土相同,搅拌时间延长50%。在现场制作与结构形状相同的模具,并采用振捣和不振捣两种方式进行对比试验模拟,模拟生产时仅对混凝土的凝结时间进行了调整。通过现场泵送试验,得到了较好的效果。在模拟泵送时也发现,钢纤维混凝土在泵送过程中,除按常规泵送操作外,还应注意以下几点:①泵送过程中宜保持混凝土供应的连续性,如较长时间不能泵送混凝土,则会出现钢纤维混凝土粘管现象,尤其是在泵管的接口处,而且增大了再次泵送阻力且很难清洗干净。②尽量减少泵管弯头,以减少泵送阻力和钢纤维混凝土在管内的淤积。如确实需要弯头,应尽量采用135°弯管。而且,泵管的接口处要对接紧密,不能留有缝隙。

5 结论与体会

在钢纤维品种选择试验中发现,混凝土的强度等级和石子粒径要与纤维强度、长度等纤维特性(长径比、长度、抗拉强度等)相协调,否则可能出现掺加优质钢纤维的混凝土其性能并不比掺加普通钢纤维混凝土的性能明显。

聚羧酸系高效外加剂减水率较高,保塑时间长,经过微调就能满足自密实混凝土的要求。因此,使用经优化外加剂成份比例和掺量的聚羧酸外加剂可以配制满足施工工艺要求和高强度要求的自密实混凝土,尤其适宜配制长距离泵送的高强混凝土,而且混凝土的生产质量也比较稳定。

为保证高强度的钢纤维混凝土的高层长距离泵送,应控制石子粒径和级配。当泵送高度大于100m时最大粒径不宜超过16mm;当泵送高度超过200m时,最大粒径宜控制在10mm左右。

在配制自密实混凝土时,若混凝土拌和物的和易性尤其是黏度不能满足,需通过调整配合比中的粉体比例来实现,而利用机制砂中所含的石粉是一种较为方便的方法,但应充分掌握其比例含量和机制砂的适宜掺量。

【参考文献】

[1]刘数华.自密实混凝土综述[J].建筑技术开发,2016,31(7):118-120.
 [2]杨家惠.自密实混凝土的试配及其在工程中的应用[J].工程质量,2015,(12):45-47.
 [3]罗素蓉.自密实高性能混凝土力学性能的研究与应用[J].工程力学,2015,22(1):164-169.