

超高强高性能混凝土研究与应用现状

万朝均 丁星

(重庆建筑大学材料科学与工程系 400045)

TU 528.31

13
49-51

摘要 根据大量试验结果,给出了配制超高强高性能混凝土的四条关键技术;总结了使用超高强高性能混凝土的主要优点;概括介绍了国际上超高强高性能混凝土的应用现状;分析讨论了超高强高性能混凝土在应用中的可泵性问题、脆性问题和体积稳定性问题。

关键词 超高强高性能混凝土;配合比;应用;泵送;脆性;收缩

中图分类号 TU 528.31

高强混凝土

1 超高强高性能混凝土研究

近年来,混凝土技术突飞猛进,日新月异。其中,以普通工艺配制超高强高性能混凝土,是混凝土技术最重大研究成果之一。

超高强高性能混凝土的配制,一般采用“高标号水泥+高效减水剂+高效掺合料”的原材料技术路线。高标号水泥一般要求标号在525*以上,高效减水剂一般要求减水率在25%以上,高效掺合料一般要求需水性不超过水泥,增强率在10%以上^{[1][2]}。

作者致力于超高强高性能混凝土的配制,已能用525*水泥配制塌落度达102mm,同时28d抗压强度达106MPa的流动性超高强混凝土;已能用625*水泥配制塌落度达233mm,同时28d抗压强度达119MPa的流态超高强混凝土;已能用725*水泥配制塌落度达185mm,同时28d抗压强度达128MPa的又一流态超高强混凝土。以上指标在国内属领先水平。三个混凝土的配合比及试验结果见表1。

表1 超高强高性能混凝土配制实例

水胶比	单方胶结材用量 (kg)	减水剂品种	水泥标号	掺合料品种及掺量	塌落度 (mm)	抗压强度(MPa)		
						3d	28d	180d
0.27	550	湛江FDN	525R	硅灰20%	102	64	106	130
0.25	630	市售蔡系减水剂	625	硅灰10%与X粉10%	233	67	119	132
0.22	600	市售蔡系减水剂	725	硅灰20%	185	75	128	149

表1中,水泥标号为胶砂试验实测标号,掺合料中的X粉为本文作者新近研制的新型高效掺合料。该掺合料价格低廉,处理过程简单,处理方法多样,其某些处理过程下获得的X粉可以在性能上超过硅灰。表2是硅灰与某些X粉的对比试验。

表2 X粉与硅灰的对比试验及结果

水胶比	单方胶结材料用量 kg	水泥标号	掺合料品种及掺量	塌落度 (mm)	抗压强度(MPa)			
					3d	28d	56d	180d
0.22	600	725	X粉(PX)20%	229	50	136	142	龄期未到
			Y粉(YX)20%	240	60	120	140	151
			硅灰20%	185	75	128	134	149

从包括表1、表2在内的作者的大量试验结果可知,超高强高性能混凝土的配制技术,关键有四条:第一、水泥的标号要在525*以上;第二、高效减水剂的减水效率越高,水胶比就可越低,配制

收稿日期:1999-01-04

万朝均,男,1970年生,博士生

出的混凝土强度就越高;第三、掺合料的品种不再限于硅灰,完全可以用新型掺合料部分甚至全部取代硅灰。硅灰的需水性较大,掺入合理的新型掺合料,混凝土可以获得比掺入硅灰更大的流动性,同时获得更好的力学性能,例如 γ 粉,这是本文作者的创新;第四、掺合料不仅可以单掺,而且可以复合,复合效果更佳。由此,本文作者在前人基础上,得出超高强高性能混凝土更为经济适用、合理有效的配制技术路线:高标号水泥+超高效减水剂+复合掺合料。

众所周知,混凝土材料的极限强度为665 MPa以上,而目前采用上述技术路线所能得到的混凝土强度多在100~200 MPa之间,可见超高强高性能混凝土的强度潜力还十分巨大,继续增强成为超高强高性能混凝土的一个重要发展方向。

2 超高强高性能混凝土应用

在各种混凝土材料中,超高强高性能混凝土与普通混凝土相比,具有如下优点:第一、强度更高,因而结构尺寸更小,这就带来①结构自重减轻;②占地面积更少,不但增加使用面积,而且节约用地;③材料用量减少,生产、运输和施工能耗降低,建筑成本减少;第二、弹性模量更高,因而结构变形更小,刚度更大,稳定性更好;第三、耐久性好,因而结构的维修和重建费用少;第四、抗渗性好,因而在化学腐蚀等恶劣条件下的工作寿命大幅度延长。由此可见,发展超高强高性能混凝土的优势是十分明显的,因而超高强高性能混凝土的应用与日俱增。主要应用于高层建筑、大跨度工程、海上采油平台等。目前,美国、加拿大、日本、挪威、前苏联各国、德国、澳大利亚等,成为应用超高强高性能混凝土最多的国家。我国几乎没有应用。美国的芝加哥、西雅图、纽约、休斯敦,加拿大的多伦多,德国的法兰克福等均有多幢超高强高性能混凝土建筑;日本不仅应用超高强高性能混凝土建造高层住宅,而且用其制造预应力混凝土桥梁、预应力混凝土桩、桁架、管、电杆等。目前应用超高强高性能混凝土最好的国家是挪威,其已有C105级超高强混凝土结构设计规范,此为目前世界上强度等级第二高的混凝土结构设计规范(德国现行的混凝土结构设计规范已达C110级,强度等级为当今世界之最)。挪威已在建造北海油田的钻井平台中使用超高强高性能混凝土,并将超高强高性能混凝土广泛用于道路工程,明显提高了混凝土路面的耐磨性,适应了挪威严寒地区汽车带钉轮胎对路面的强磨蚀作用。这种路面,用普通混凝土,其寿命短得难以接受^{[1][2]}。

我国超高强高性能混凝土的应用几乎还是空白,但混凝土的强度等级正在逐年接近,例如,在刚竣工不久的上海金茂大厦的施工中,就又一次使用了C60级的高强泵送混凝土。沈阳、重庆等个别城市已有C80高强泵送混凝土应用实例。

据预测,在不久的将来,应用中的混凝土的强度等级将高达C200,到那时,超高强高性能混凝土技术将实现新的突破。

3 研究与应用中的问题与讨论

在研究与应用超高强高性能混凝土中,人们遇到了下面的问题。

3.1 可泵性问题

超高强高性能混凝土的单方用水量极低,一般在150 kg以下,其流动性的产生主要依靠高效减水剂的强吸附分散作用,结果,混凝土拌合物的粘性极大,造成泵送压力大大超过现有设备所能达到的程度,而且,即使设备达到这样高的工作压力,泵送产量也十分有限,还会造成堵管、爆管等泵送事故。目前,超高强高性能混凝土的可泵性问题在我国显得尤为严重。这就使超高强高性能混凝土在现代化高效文明施工面前很难发挥其用武之地。不过,作者所在的科研组在实验室用超高强高性能混凝土浇注大型构件获得成功,构件中未出现大的气孔和孔洞,说明超高强高性能混凝土在密实成型性能上并不比普通混凝土差。另外,美国西雅图双联广场早于1988年就成功实现了超高强高性能混凝土的泵送施工,这雄辩地说明超高强高性能混凝土也是可以泵送施工的。超高强高

性能混凝土可泵性问题的根本解决,既可研制新型外加剂(例如调粘型减水剂);又可在施工技术上有大的进步;还可在泵送设备上突破,以获得能提供更高工作压力的泵送设备和能承受更高压力的输送管道。作为一个措施,使用超高效减水剂,使混凝土拌合物塌落度高达250mm以上,混凝土的可泵性将有明显改善。因为超高强高性能混凝土拌合物粘度大,所以,即使在如此高的塌落度下,也能找到混凝土不分层离析的适当配比。

3.2 脆性问题

混凝土材料,是天生的脆性材料,当混凝土强度达到超高强强度等级后,其固有的脆性问题就更加突出,因此,人们对超高强高性能混凝土作结构材料的担心也就不言而喻了。其实,作结构材料的混凝土,从来不是单一的混凝土,而总是以钢筋混凝土等结构复合材料的面目出现的。钢筋混凝土,虽然绝大部分仍然是混凝土,但已经不再象素混凝土的脆性那样大,其脆性是结构完全能够承受的。既然一百年来,人们从未因担心混凝土的脆性而拒绝使用钢筋混凝土作结构材料,那么,人们又有什么理由拒绝使用配筋超高强混凝土作结构材料呢?目前,作者所在实验室用钢管与超高强高性能混凝土复合产生的钢管超高强混凝土,不仅象钢筋混凝土一样克服了混凝土的脆性,而且使钢材与混凝土相互补充,相互加强,达到更加完美的组合,在更大程度上具有了延性,其性能之优越,是钢筋混凝土无可比拟的。^[1]超高强高性能混凝土在钢管约束或三维配筋后应用,其脆性已经得到有效的控制。

3.3 体积稳定性问题

当超高强高性能混凝土的单方水泥用量比普通混凝土高时,有可能导致最终收缩增大。因此在选好材料的基础上需采用合理的配比与工艺以获得体积稳定的超高强高性能混凝土。作者所在科研组制备的超高强高性能混凝土,其180天干缩值就小于 500×10^{-6} ,只是其化学收缩(自缩)在干缩中所占的份额由普通混凝土的10%~20%上升到50%~60%,而普通混凝土的干缩值为 $200 \times 10^{-6} \sim 1000 \times 10^{-6}$ ^[4],说明超高强高性能混凝土的最终收缩可以控制在一个较低的范围(与普通混凝土相当),能满足体积稳定性的要求。

参 考 文 献

- 1 蒲心诚. 超高强混凝土的研究与应用. 混凝土, 1993, (5): 8~17
- 2 万朝均, 李利. 现代高强混凝土技术状况及展望. 建筑技术开发, 1998, 25(1): 43~47
- 3 谭克峰, 蒲心诚. 钢管高强混凝土的力学性能研究. 中国土木工程学会混凝土与预应力混凝土分会高强与高性能混凝土委员会, "高强与高性能混凝土及其应用"第三届学术讨论会论文集. 济南: 1998: 368~373
- 4 严吴南, 蒲心诚, 王冲, 等. 超高强混凝土的化学收缩及干缩研究. 重庆硅酸盐学会, "西南地区四省(市)硅酸盐学会第八届学术年会"学术论文集, 重庆, 1998: 187~189

Recent Research and Application of Super High Strength High Performance Concrete

Wan Chaojun Ding Xing

(Department of Materials Science and Engineering, Chongqing Jianzhu University, 400045)

Abstract Based on author's many experimental results, giving four items of key technique for preparing super high strength high performance concrete (SHPC); summarizing main benefits of SHPC; introducing briefly the current situation of application of SHPC; the problems of pumpability, brittleness and volume stability of SHPC are analyzed and discussed.

Key Words super high strength high performance concrete; mixing ratio; application; pumping; brittleness; shrinkage