

生态自密实混凝土在公路工程中的应用

赵 勇

恩施州华泰交通建设有限公司

摘 要：随着社会经济的不断发展，混凝土施工技术人员和熟练操作工人日趋缺乏，而混凝土工程的质量跟施工人员的操作水平息息相关。恩施州近年来交通基础设施建设的规模和标准日渐提高，一些配筋密集、结构复杂的混凝土结构日渐普遍，给我公司混凝土配合比设计和施工带来了诸多挑战，熟练技术工人的缺乏严重影响公司工程项目混凝土工程的施工效率和质量水平，施工管理不当还会给工程质量埋下隐患。

关键词：生态自密实混凝土；公路工程；应用

由恩施州公路管理局和武汉理工大学共同承担，以恩施州公路管理局承建省道 S325（鸦来公路）鹤峰县城关至当阳坪段改扩建工程为依托进行了《生态自密实混凝土材料设计与工程应用研究》课题研究，研制一种新型的生态自密实混凝土。生态自密实混凝土由于工作性卓越，更好保证了施工质量，减少了施工质量缺陷的发生，不需要在施工过程中提高胶凝材料用量，有效降低了混凝土的施工成本。生态自密实混凝土施工操作简单，大量节约人力成本。生态自密实混凝土减少了胶凝材料水泥用量，而每生产 1 吨的水泥要产生 0.6-1 吨的二氧化碳排放，因此每使用 1m³ 的生态自密实混凝土可以节省碳排放 0.04-0.06 吨，生态环境效益显著。

我公司结合生态自密实混凝土材料设计与工程应用研究成果，先后在鹤峰县南漳公路复建工程青猴城隧道的二次衬砌，G351 芭蕉至谢家土段 01 标的预制 T 梁，2020 年恩施州危桥改造 01、02 标的套拱砼及建始县汪家寨大桥加固工程拱肋加固砼等工程中应用了该技术。使用机制砂生态自密实混凝土代替普通混凝土进行现浇和预制构件的生产，不仅能够加快施工进度而且也能减少混凝土

浇筑工人的数量，因而能够显著减低混凝土浇筑费用节约工程成本。该工艺的施工工艺与质量控制和常规工艺接近，施工操作简单，大量节约人力成本，使用方便。特别是在危桥加固工程套拱砼不便振捣的砼施工中较为方便，缩短了浇筑时间。具体的应用情况如下：

1.工程项目应用情况

1）鹤峰县南漳公路复建工程青猴城隧道工程为鹤峰县江坪河水电站移民复建工程，该隧道工程工期紧，质量要求高。施工中由于二次衬砌施工周期较长，二衬施工速度跟不上掌子面施工速度，安全步距超标，影响隧道施工的总体进度。项目部为了加快二衬的施工速度，结合自密实混凝土在省道 S325（鸦来公路）鹤峰县城关至当阳坪段改扩建工程预制 T 梁中的应用，大胆决定在隧道二衬砼浇筑时采用自密实混凝土。

C30 机制砂自密实混凝土配合比（单位：Kg）

水泥	粉煤灰	中石	小石	机制砂	水	减水剂
375	31.2	652	298	790	154	4.8

C30 机制砂自密实混凝土性能表

胶材用量 (kg/m ³)	坍落度 /mm	坍落扩展度 /mm	J 环扩展度 /mm	L 型仪 /mm	自密实性能级别	抗离析性	7 天强度 (MPa)	28 天强度 (MPa)
406.2	215	620	600	流平	SF2、VS1、PA2	良好	34	38.5

由于施工中不需要中间停顿进行人工振捣，加快了砼的浇筑时间，从而加快了隧道二衬的施工进度。自密实混凝土浇筑的二衬强度满足设计要求，表面气泡比普通砼少，外观较完美，同时也节约了施工成本。在本隧道二衬混凝土施工中，运用生态自密实混凝土 120 米，共计浇筑混凝土 1260 立方米，经核算每立方米生态自密实混凝土比普通混凝土节约成本 10.5 元，共计节约成本 13230 元。



施工过程中的坍落度检测



二衬砼试拌及拆模后外观

2) G351 恩施芭蕉至谢家土段改扩建 01 标有桥梁 4 座, 30 米 T 梁 16 片, 20 米 T 梁 40 片。在 20 米 T 梁的预制施工时, 采用了自密实混凝土浇筑预制 T 梁。自密实混凝土配合比设计表如下:

C50 机制砂自密实混凝土配合比 (单位: Kg)

水泥	粉煤灰	中石	小石	机制砂	水	减水剂
492	50	674	280	788	168	8.4

C30 机制砂自密实混凝土性能表

胶材用量 (kg/m ³)	坍落度 /mm	坍落扩展度 /mm	J 环扩展度 /mm	L 型仪 /mm	自密实性能级别	抗离析性	7 天强度 (MPa)	28 天强度 (MPa)
542	205	620	600	流平	SF2、VS1、PA2	良好	51.2	59.7



采用自密实混凝土浇筑预制 T 梁更好保证了施工质量, 减少了施工质量缺陷的发生, 提高了龙门吊、拌合站、模板等设备的使用效率, 有效降低了混凝土的造价, 加快了 T 梁的预制速度。

该项目 20 米 T 梁均采用了生态自密实混凝土, 共计 40 片。综合成本分析, 每立方米节约材料成本 28.63 元, 节约人工 24 元。40 片 T 梁共计节约成本为: $40 \times 17.5 \times (28.62 + 24) = 36834$ 元。

3) 2020 年恩施州危桥改造项目包括 2 个项目包, 01 项目包共包含 20 座桥梁, 分布利川市、巴东县和鹤峰县的各个乡镇。02 项目包共包含 49 座桥梁, 分布恩施市、建始县、宣恩县、咸丰县、来凤县的各个乡镇。两个项目包是交通部“三年消危”的重点项目, 施工时不能中断交通, 要求尽量缩短施工时间。且在施工过程中绝大部分桥梁加固方式为套拱增加原拱圈断尺寸, 新增套拱部分厚度较小 (一般 30--40 厘米), 钢筋布置密集, 砼浇筑时振捣困难, 施工极不方便。为了保证施工进度, 确保套拱砼的施工质量, 方便现场施工, 公司决定新增套拱砼采用生态自密实混凝土。

C40 机制砂自密实混凝土配合比 (单位: Kg)

水泥	粉煤灰	中石	小石	机制砂	水	减水剂
397	65	776	312	710	159	6



G351 项目 20 米 T 梁预制现场及成品

C40 机制砂自密实混凝土性能表

胶材用量 (kg/m ³)	坍落度 /mm	坍落扩展度 /mm	J 环扩展度 /mm	L 型仪 /mm	自密实性能级别	抗离析性	7 天强度 (MPa)	28 天强度 (MPa)
462	220	630	590	流平	SF2、VS1、PA2	良好	41.2	49.5



恩施州 2020 年“三年消危”施工现场

通过成本核算, 自密实混凝土成本低于普通混凝土。2020 年恩

施州危桥加固 01、02 标的套拱混凝土全部采用了生态自密实混凝土, 共计 2800 立方米, 每立方米节约材料成本 18 元, 节约人工 20 元, 该项目混凝土节约成本 $2800 \times (18 + 20) = 106400$ 元。

4) 建始县汪家寨大桥是建始县城连接沪渝高速的重要通道,

也是建始县红岩寺、高坪、花坪、景阳河、官店等乡镇进县城的必经之路。大桥原设计为刚架拱桥，建于上世纪 90 年代，原设计拱肋断面尺寸较小，且混凝土强度等级偏低，经过近 30 年的使用，已不能满足现阶段的通行要求。该桥采用加大原拱肋断面尺寸的方式加固桥梁，提高大桥的承载力和延长使用寿命。加固拱肋时在原拱肋上下侧各加厚 40 厘米钢筋混凝土，左右侧各加厚 30 厘米钢筋混凝土。加固增加部分的厚度很小，设计钢筋间距小，布置密集。

C45 机制砂自密实混凝土性能表

胶材用量 (kg/m)	坍落度 /mm	坍落扩展度 /mm	J 环扩展度 /mm	L 型仪 /mm	自密实性能级别	抗离析性	7 天强度 (MPa)	28 天强度 (MPa)
532	220	590	550	流平	SF2、VS1、PA2	良好	43.1	54.7

该大桥拱肋加固完成后，经检测，拱肋加固混凝土的强度合格、表面美观，各项指标均优于普通混凝土。



汪家寨大桥加固工程施工

大桥下部结构加固共计混凝土 774 立方米，对比成本分析，每立方米节约材料成本 28 元，节约人工 10 元，共计节约成本 $774 \times (28+10) = 29412$ 元。

2.应用效益

1) 节约成本

经过成本分析，生态自密实混凝土在以上四个项目的应用，比普通混凝土节约施工成本 $13230+36834+106400+29412=185876$ 元。

2) 环境效益

生态自密实混凝土由于减少了胶凝材料水泥用量，而每生产 1 吨的水泥要产生 0.6-1 吨的二氧化碳排放，因此每使用 1m^3 的生态自密实混凝土可以节省碳排放 0.04-0.06 吨，环境效益显著；生态自密实混凝土不用振捣，可以减少噪音扰民和改善施工环境；

3) 社会效益

生态自密实混凝土不用振捣，可以节省振捣能耗，它还可以减少混凝土内部质量缺陷，改善混凝土外观质量。生态自密实混凝土浇筑方便，可以解决一些施工现场不具备振捣条件的特殊部位混凝土的浇筑。且有望通过提升混凝土质量，减少工程质量隐患，进一步提高混凝土的服役性能和服役寿命。

吊架施工浇筑混凝土振捣困难，施工极不方便。为了保证混凝土浇筑质量，方便施工人员现场实际操作，确保施工安全。项目部决定加固拱肋时采用生态自密实混凝土。

C45 机制砂自密实混凝土配合比 (单位: Kg)

水泥	粉煤灰	中石	小石	机制砂	水	减水剂
479	53	685	294	768	157	8.5

3.应用体会

生态自密实砼在以上几个工程项目的成功应用，为我公司工程建设节约成本、生态保护和提高技术水平等方面起到了积极的推动作用。综合应用过程和施工中的实际情况，总结施工应用体会如下：

1) 生态自密实混凝土由于工作性卓越，更好满足了施工质量保证的要求，不需要在施工过程中提高胶凝材料用量，有效降低了混凝土的施工成本。

2) 工程实验表明生态自密实混凝土代替普通混凝土进行施工能够明显提高工程的施工效率，解放劳动力，从而降低工程成本，加快工程进度，混凝土整体外观和内在质量都达到工程设计的要求。

3) 机制砂生态自密实混凝土的优势在于施工操作简单，大量节约人力成本。

4) 生态自密实混凝土减少了胶凝材料水泥用量，而每生产 1 吨的水泥要产生 0.6-1 吨的二氧化碳排放，因此每使用 1m^3 的生态自密实混凝土可以节省碳排放 0.04-0.06 吨，生态环境效益显著。

5) 生态自密实混凝土浇筑方便，在一些施工条件差的特殊部位有普通振捣混凝土不可比拟的优越性。

6) 生态自密实混凝土不用振捣，在节省振捣能耗的同时，可以减少噪音扰民和改善施工的环境。

参考文献:

- [1]谢丹丹.自密实混凝土在公路工程施工中的应用分析[J].建筑技术开发, 2020 (16): 2.
- [2]崔建军, 何彦琪, 蒋震, 等. 四掺法配制 C60 高抛自密实混凝土在矿坑修复工程中的应用[J]. 混凝土, 2021 (5): 4.
- [3]刘孟超.自密实混凝土在公路工程施工中的应用分析[J].2021.
- [4]成珂. 浅谈自密实混凝土技术在工程中的应用[C]// 2020 万知科学发展论坛论文集 (智慧工程二). 2020.