

# 桥隧施工水泥砼全覆盖配合比设计研究

欧代军

(浙江鼎盛交通建设有限公司, 浙江 绍兴 312000)

**摘要:** 桥隧施工水泥砼可施工性、质量、原材料的变化、施工配合比的经济性, 已是每个桥隧项目重点关注对象。评价施工配合比的好坏首先是可施工、质量符合要求, 其次是经济性和外观质量。本文特提出全覆盖、经济配合比设计、施工理念。

**关键词:** 桥隧施工; 全覆盖配合比; 设计研究

**中图分类号:** U445      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 (2021) 11—0152—03

## 1 前言

桥隧施工水泥混凝土一般是具有高工作性、高强度、高耐久性的综合性能优良的高性能混凝土。

其特点是:

(1) 拌合料呈高塑或流态、可泵送、不离析, 便于浇筑密实。

(2) 在凝结硬化过程中和硬化后的体积稳定, 水化热低, 不产生微细裂缝, 徐变小。

(3) 有很高的抗渗性。其中高工作性是高性能混凝土必须具备的首要条件, 即高流动性、高抗离析性、高间隙通过性、高填充性、高密实性、高稳定性; 并同时具备低成本的技术经济合理性。

在一般的项目中砼的标号跨度在 C25-C50 之间, 砼的水胶比在 0.3-0.5 之间, 每方砼胶凝材料用量在 300-500 之间, 砂率在 32-42% 之间。

目前桥隧项目的砼施工和易性的现状: 坍落度基本在 180-240mm、扩展度在 400-700mm, 才能符合现在工人对施工的要求。基本施工条件为集中搅拌, 砼运输车送到施工现场, 砼从输送车中倒出需 120mm 以上坍落度, 运输过程砼需保坍, 如果 1h 小于 20mm, 则初始坍落度至少在 180mm 以上。受这些条件的限制, 砼初始坍落度设计一般在 180-240mm。

## 2 全覆盖配合比设计的定义

原材料变化引起的变量, 及时调整施工配合比是施工过程质量控制的关键: 砂子细度模数、含泥量、级配的变化, 石子级配、含泥量、形状变化。水泥一般来说相对是稳定的材料, 但有些水泥使用时温度仍很高也会引起一些变化, 粉煤灰的细度需水量比的变化, 矿粉的比表面积、需水量比的变化, 外加剂对不同材料、环境

变化引起的适应性调整。全覆盖配合比设计理念就是找出工地上的一些常变量, 通过预先系统的配合比设计、试验, 得到项目实施过程中需要实时调整的相关参数, 确保工程质量及比例的经济性, 这样才能解决当前项目部材料变异性大, 地方性材料有时吃“百家饭”现象。充分做好相关预变设计, 既能解决一些不稳定因素引起的工程质量问题, 又能保证工程施工的连续性, 且对经济配合比的充分利用提供技术支撑。

## 3 全覆盖配合比设计的基本思路

设计基本思路包括强度全覆盖思路, 预设材料变化全覆盖思路, 经济性全覆盖思路, 施工适应性全覆盖思路。

### 3.1 强度全覆盖基本思路

固定一个用水量, 改变不同的水泥用量, 通过外加剂调整保持基本相同的坍落度, 适当调整砂率保证砼和易性, 以表 1 为例:

表 1 强度全覆盖基本思路

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
用水量	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155
水泥用量	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500

这样可以得出在基本施工性能不变的情况下, 不同的水泥基水灰比强度发展的全况, 基本能了解 C25-C55 的强度全图, 如果数据异常可加密复合, 如果两端还不能覆盖可增加点。绘制胶凝材料用量、水胶比的强度关系曲线图。

### 3.2 经济性全覆盖基本思路

其经济性主要体现在胶凝材料总用量, 粗集料级配及形状, 外加剂用量, 胶凝材料比例, 用水量, 天然砂、机制砂及级配, 以表 2 为例:

表2 经济性全覆盖基本思路

材料	水泥	矿粉	粉煤灰	复合减水剂	砂	砂	碎石	备注
材料价格	PO42.5, 市场价每吨约500元	S95, 市场价每吨约400元	2级, 市场价每吨约200元	高性能, 市场价每吨约3000元	天然中粗砂, 市场价每吨约200元	机制砂, 市场价每吨约160元	5-31.5, 市场价每吨约160元	/
材料用量	每立方用量约在0.1-0.5吨, 50-250元	每立方用量约在0-0.35吨, 0-140元	每立方用量约在0-0.30吨, 0-60元	每立方用量约在3-7kg, 9-27元	每立方用量约在0.6-0.9吨, 120-180元	每立方用量约在0.6-0.9吨, 96-144元	每立方用量约在0.8-1.1吨, 128-176元	/

经济配合比，就是在满足施工性、力学、耐久性 & 施工图、规范标准的前提下，通过不同的材料组合找出最佳组合，使材料得到充分利用下，经济效益最大化，满足材料变化引起的施工性能、力学性能、耐久性等变化。通过前期配合比试验预设相关易变性材料及变化的程度对上述性能的影响，调整相关参数使其达到原理想配合比的要求，保证施工过程不受材料变化而影响其可施工性、经济性及其他相关性能。

### 3.3 建立不同粉煤灰掺量配合比数据库

粉煤灰掺量数据库，因为胶凝材料中粉煤灰价格最低且能有效改善砂和易性。

定用水量，定坍落度下，相同粉煤灰掺量，不同水胶比与强度的关系。

定用水量，定坍落度下，相同水胶比不同粉煤灰掺量与强度的关系及与水化温升的关系。

上述二者的集合汇总分析，定用水量，定坍落度，不同的粉煤灰掺量及不同的水胶比，强度的关系，以上详见表3，图1为例。

### 3.4 建立同等级、同等施工要求情况下，配合比数据库

同等级、同等施工工艺要求下不同掺合料掺量数据库，用以选择最优方案。

定用水量，定水胶比，定坍落度下，不同掺合料掺量同龄期下的强度关系 - 配合比优选的主要参考值。

定用水量，定水胶比，定坍落度下，不同掺合料掺量，不同养护温度下同龄期的强度关系，以真实反映砼构件的强度发展情况，用以指导施工 - 采用温度同温匹配养护技术获得真实的构件砼强度增长情况。

定用水量，定水胶比，定坍落度下，相同水胶比，不同掺合料掺量与标准温湿度下，养护龄期的关系 - 采用标准温湿度养护下，获得试件评定强度增长情况，以上详见表4，图2为例。

### 3.5 全覆盖配合比的试验及分析

相同施工性能要求，不同水胶比下的力学性能的汇

总分析，找出强度与水胶比的关系。

相同施工性能要求，相同水胶比，不同掺合料掺量比例下，强度与龄期的关系、强度与养护温度的关系，找出最佳经济配合比，及温升与掺合料的关系，对指导有温升要求砼配合比设计及施工提供参考依据。

预设材料变化时（特别是粗细骨料），用相同的施工性能要求，不同水胶比下，对砼施工性能、力学性能的影响，找出需要调整的因子，如水泥、粉煤灰、矿粉、外加剂，使其施工性与力学性能满足项目要求。

表3 混凝土抗压强度与水胶比，水泥用量检测结果

序号	用水量	胶凝总量	水泥 PO42.5	标养 7天	标养 28天	标养 60天	粉煤灰 II
1	150	300	300	25	34	36	0
2	150	320	320	26	39	40	0
3	150	340	340	32	45	45	0
4	150	360	360	38	51	53	0
5	150	380	380	42	58	59	0
6	150	400	400	45	63	62	0
7	150	420	420	52	64	62	0
8	150	440	440	54	65	63	0
9	150	460	460	59	68	66	0
10	150	480	480	59	66	67	0
11	150	500	500	62	63	63	0
12	150	520	520	65	69	64	0

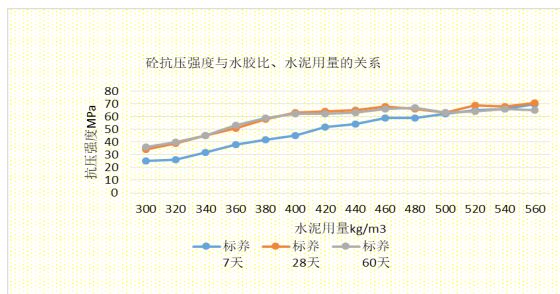


图1 混凝土抗压强度与水胶比，水泥用量关系图

表4 相同施工性能要求，不同水胶比下的力学性能的汇总结果

序号	用水量	胶凝总量	水泥 PO42.5	粉煤灰 II	矿粉 S95	标养 7天	标养 28天	标养 60天
1	150	300	180	60	60	20	34	42
2	150	320	192	64	64	22	39	45
3	150	340	204	68	68	25	45	50
4	150	360	216	72	72	30	51	58
5	150	380	228	76	76	34	58	60
6	150	400	240	80	80	36	63	64
7	150	420	252	84	84	40	64	64
8	150	440	264	88	88	48	65	69
9	150	460	276	92	92	53	68	73
10	150	480	288	96	96	55	66	75
11	150	500	300	100	100	57	63	74
12	150	520	312	104	104	59	69	75

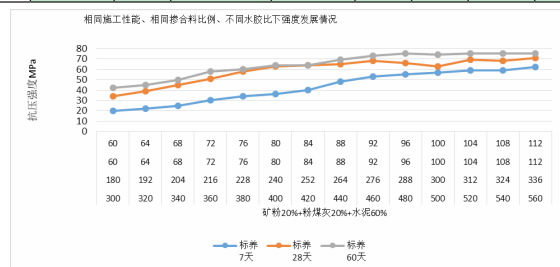


图2 相同施工性能要求，不同水胶比下的力学性能的汇总图

#### 4 单个配合比的优化试验

根据项目的施工要求,如果采用不同粒径的粗骨料或不同的胶凝材,也可根据具体的设计,上下做五个水胶比了解这一级别的强度,新拌砼性能,减少以全项目强度覆盖为目的的试验次数,但比现有规范多了二个水胶比,这样可减少工作量,又能了解强度与材料关系的宽度。

某项目 C50 基准海工砼配合比,其详见表 5,表 6,表 7。

表 5 墩身 C50 混凝土原始配合比

水	水泥	粉煤灰	矿粉	细集料	5-10mm	10-25mm	阻锈剂	减水剂
140	219	131	88	718	316	738	13	4.82

表 6 墩身 C50 混凝土原始配比指标

容重	水胶比	砂率	掺合料	凝胶总量	粉煤灰	矿粉	外加剂
2350	0.32	40.5%	0.5	438	30%	20%	1.1%

表 7 不同试验方案对应粉煤灰和矿粉取代率

方案编号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#
水泥矿粉	C30	C30	C30	C30	C20	C20	C20	C20
粉煤灰	S0F70	S10F60	S20F50	S30F40	S10F70	S20F60	S30F50	S40F40

表中 C30 指水泥保留总量的 30%,S10 指的是矿粉取代总量的 10%,F70 指粉煤灰取代总量的 70%,其他以此类推。

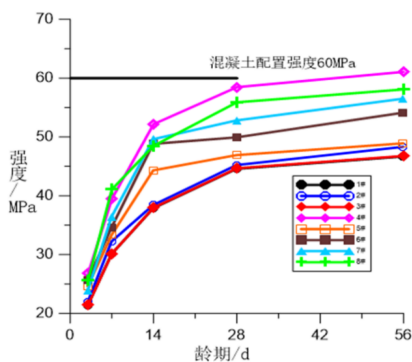


图 3 混凝土强度增长龄期关系图

在水胶比为 0.32 的情况下,比较方案 1#、2#、3#、4# 可以得到,在保证水泥 30% 不变的前提下,随着矿粉取代比例的提高,混凝土强度逐渐上升。到矿粉取代至 20% 至 30% 时,强度不再提高。同样在比较方案 5#、6#、7#、8# 可以得到,保证水泥 20% 不变的前提下,随着矿粉取代比例的提高,混凝土强度同样逐渐上升。产生这种状况的主要原因在于矿粉受到水泥激发后,在 28 天的活性可达到 115%,超过了水泥和粉煤灰,详见图 3。

各方案中水胶比为 0.32 情况下,仅方案 4#、7#、8# 的 28 天强度超过了 50MPa,但考虑到施工因素,混凝土配制强度强度应达到 60MPa,所有的 8 个方案均无

法满足要求,需要增加水泥比例。在确定水泥 50%,粉煤灰取代率 30%,矿粉取代率 20% 的基础上针对不同水胶比进行试验,所得结果如下表 8。

表 8 9# 方案混凝土性能

水胶比	7 天强度 /MPa	28 天强度 /MPa	坍落度 /mm
0.30	66	75.1	185
0.32	62.7	71	195
0.34	59.8	67.9	200

比较上述方案,其强度均满足需求,但水胶比 0.34 状况下坍落度较大,和易性差,易离析。考虑成本因素,水胶比为 0.32 的最为适合。因此,采用水胶比 0.32,水泥 50%,粉煤灰取代率 30%,矿粉取代率 20% 的方案。

表 9 优化后 C50 混凝土配合比

水泥	粉煤灰	矿粉	水	细集料	5-10mm	10-25mm	减水剂	阻锈剂
219	131	80	140	718	316	738	4.82	13

表 10 优化后 C50 混凝土配比指标

容重	水胶比	砂率	掺合料	凝胶总量	粉煤灰	矿粉	外加剂
2350	0.32	40.5%	0.5	438	30%	20%	1.1%

优化后与原始配合比相同,说明原始配合比已经是最优方案,详见表 9,表 10。

#### 5 结语

高性能混凝土外观质量通病种类多,造成的原因也不尽相同。因此,在解决这类问题时要根据现场的具体情况做具体分析,进行反复试验,找出其中的主要因素,采取相应的措施,才能收到最佳防治效果。混凝土施工工程是一项多部门、多工种联合作业的施工过程,各部门各工种之间的联合协作对施工管理提出了很高的要求,建议采用全员质量管理的管理模式,一种自上而下的全员质量管理模式。各所属部门和人员进行多层次,多梯队的层层把关制度。领导必须重视和关注,提出明确的质量管理目标并安排落实,跟踪检查,明确奖惩,达到质量管理的目标。

#### 参考文献:

- [1] 金树理. 高性能混凝土施工质量控制措施 [J]. 基层建设, 2016-03-18T10:28:20.057Z.
- [2] 赵世峰. 浅谈高性能海工混凝土配合比设计及施工注意事项 [J]. 四川水泥, 2016(11).