



T/CECS G: ××××××

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

公路工程块片石机制砂自密实混凝土应用技术规程

Technical Specification for Application of Rubble-filled Self-compacting
Concrete with Manufactured Sand in Highway Engineering

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

中国工程建设标准化协会标准

公路工程块片石机制砂自密实混凝土应用技术规程

Technical Specification for Application of Rubble-filled Self-compacting
Concrete with Manufactured Sand in Highway Engineering

T/CECS G: ××××××

主编单位：同济大学

贵州省公路工程集团有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：××年××月××日

人民交通出版社股份有限公司

目 录

1 总 则	- 1 -
2 术语和符号	- 2 -
2.1 术 语.....	- 2 -
2.2 符 号.....	- 3 -
3 块片石堆积结构设计	- 4 -
3.1 一般规定.....	- 4 -
3.2 块片石技术要求.....	- 4 -
3.3 块片石堆积结构设计.....	- 5 -
3.4 块片石机制砂自密实混凝土性能设计指标.....	- 6 -
4 超流态机制砂自密实混凝土性能、配制、生产和运输	- 7 -
4.1 一般规定.....	- 7 -
4.2 原材料要求.....	- 7 -
4.3 混凝土拌合物性能、检测方法及其指标.....	- 11 -
4.4 硬化混凝土的性能、检测方法及其指标.....	- 12 -
4.5 配合比设计.....	- 12 -
4.6 生产.....	- 14 -
4.7 运 输.....	- 17 -
5 块片石机制砂自密实混凝土的施工	- 20 -
5.1 一般规定.....	- 20 -
5.2 模板和支架工艺.....	- 20 -
5.3 块片石的堆码工艺.....	- 21 -
5.4 超流态机制砂自密实混凝土的浇筑.....	- 22 -
5.5 养 生.....	- 24 -
6 块片石机制砂自密实混凝土质量检验与验收	- 27 -
6.1 质量检验与验收.....	- 27 -
6.2 工程验收.....	- 27 -
附录 A 块片石表面含泥量试验	- 29 -
附录 B 橡胶抽拔棒法	- 30 -
本技术规程用词用语说明	- 31 -

1 总 则

1.0.1 为促进和规范块片石机制砂自密实混凝土在公路工程中的应用，做到技术先进、安全可靠、经济合理、保证质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于公路工程中挡土墙、基础、涵墙身及桥台等大体积混凝土结构用块片石机制砂自密实混凝土。

条文说明

块片石机制砂自密实混凝土以块片石为主体骨架结构，采用大掺量矿物掺合、高效减水剂以及其它特种外加剂料等原材料复配出满足设计要求的超流态机制砂自密实混凝土作为填充料，快速充填块片石堆积结构内空隙。该混凝土可显著减少水泥用量，降低水化热，从而减少温室气体排放和能量消耗，是一种环保型混凝土。在其施工过程中，可采用机械快速堆码块片石，混凝土无需振捣，最大限度地减少人工、降低工人技术水平和质量管理水平对工程质量的影响，在提高施工质量的基础上，明显缩短工期，提高工效。因此，块片石机制砂自密实混凝土在公路工程中有着重大应用意义。

1.0.3 块片石机制砂自密实混凝土的设计、施工与验收除应符合本规程的规定外，尚应符合现行国家和行业标准相关规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 块片石 rubble

指堆放在施工仓中粒径满足一定要求的块石或片石料。

2.1.2 块片石堆积结构 rubble-filled structure

利用机械作业将满足要求的块片石料在施工仓中逐层堆码出具有一定空隙率的整体结构。

2.1.3 块片石的堆积率 rubble-filled ratio

单位体积块片石堆积结构中块片石所占的体积比例（%）。

2.1.4 超流态机制砂自密实混凝土 super-fluidity and self-compacting concrete with manufactured sand

采用机制砂为细集料配制得到具有高流动性、低粘度与优异粘聚性，仅依靠混凝土自重作用无需振捣便能快速、均匀、填充、密实块片石堆积结构的高性能机制砂自密实混凝土。

2.1.5 块片石机制砂自密实混凝土 rubble-filled self-compacting concrete with manufactured sand

利用超流态机制砂自密实混凝土作为填充料，依靠其自重能完全充填块片石堆积结构间空隙，形成完整、密实、低水化热的混凝土。

2.1.6 填充性 filling ability

超流态机制砂自密实混凝土拌合物在免振情况下，完全、自行、密实填充块片石堆积结构的性能。

2.1.7 间隙通过性 passing ability

超流态机制砂自密实混凝土拌合物均匀通过块片石堆积结构内部狭窄间隙的性能。

2.1.8 抗离析性 segregation resistance

超流态机制砂自密实混凝土拌合物中各组分保持均匀分散的性能。

2.1.9 倒置坍落度筒排空时间 evacuation time of inverted slump cone

衡量超流态机制砂自密实混凝土流动性的指标,通过倒置坍落度筒试验测定。

2.2 符号

d — 块片石的粒径 (m);

SF — 坍落扩展度 (mm);

SL — 坍落度 (mm);

T_d — 倒置坍落度筒排空时间 (s);

T_{500} — 混凝土拌合物坍落扩展度达到 500 mm 时所需的时间 (s);

V_r — 块片石的堆积率 (%)。

3 块片石堆积结构设计

3.1 一般规定

3.1.1 块片石的技术指标应符合现行国家标准或行业标准的规定，当结构有特殊性能要求时，应对其性能和质量进行检验，只有确定符合工程要求时方可使用。

3.2 块片石技术要求

3.2.1 块片石应完整、洁净、质地坚硬、质量稳定，不得有剥落层和裂纹。

3.2.2 块片石不得为软质岩或风化岩，块片石的饱和抗压强度不应低于混凝土设计强度的两倍。

条文说明

块片石强度宜采用饱和状态下的岩石立方体或圆柱体试件的抗压强度来评定，测试方法应按《公路工程岩石试验规程》(JTG E41) 的规定执行。

3.2.3 块片石粒径应根据施工结构的尺寸进行合理选择，最小粒径不应小于 300 mm；最大粒径不应超过施工仓最小截面尺寸的 2/3，且不应超过 1.5 m，宜在 1.0 m~1.2 m。

条文说明

块片石最大粒径过大，不仅导致其运输困难，而且在大体积结构中还会使得堆积结构不均匀性增强，导致结构局部可能出现缺陷和界面薄弱区。因此，块片石最大粒径不应超过 1.5 m。块片石最小粒径过小则容易导致大部分大粒径块片石形成的空隙易被小粒径块片石填充，影响超流态机制砂自密实混凝土填充的密实性。一般超流态机制砂自密实混凝土中采用的粗骨料最大粒径为 10.0 mm，因此块片石最小粒径不应小于 300 mm。

3.2.4 块片石含泥量不应超过 0.2%，不得含有泥块。块片石表面含泥量测试方法参照附录 A 的规定执行。

3.2.5 块片石应进行碱活性检验，不得使用具有碱-碳酸盐反应活性的岩石；当块片石存在潜在碱-硅酸反应危害时，必须采取抑制措施并通过试验验证合格后方可使用。检验方法和抑制措施应按《公路机制砂高性能混凝土技术规程》(T/CECS G: K50-30) 的规定执行。

3.2.6 对于常年处于温差较大或寒冷地区，还应对块片石进行冻融试验，其抗冻性合格后方可使用。

3.3 块片石堆积结构设计

3.2.1 块片石在施工仓中体积堆积率 (V_r) 宜控制在 45%~60% 之间。实际施工中，应根据施工仓的尺寸确定块片石的最大粒径与最小粒径，并应选择合理的堆码工艺，确定块片石的堆积率。

条文说明

运用计算机模拟块片石体在大体积结构中的堆放过程，并计算空隙率。结构尺寸为 2m×2m×5m，选择块片石最大粒径为 1.0m，最小粒径为 300mm，改变块片石的结构参数，可以模拟得到空隙率为 30.6%~47.8%。考虑到实际块片石堆积和超流态机制砂自密实混凝土浇筑过程中，超流态机制砂自密实混凝土不仅需要填充块片石堆积结构间的空隙，还要尽量包裹块片石体的表面，避免块片石体之间形成面面接触。因此，块片石在施工仓中体积堆积率 V_r 宜在 45%~60% 之间。

3.2.2 施工仓最小截面尺寸不大于 2m 时，块片石最大粒径不宜超过 1.2m，块片石堆积率宜在 50%~55% 之间。施工仓最小截面尺寸大于 2m 时，块片石最大粒径不宜超过 1.5m，块片石堆积率宜在 55%~60% 之间。

条文说明

根据计算机模拟结果显示,随着施工仓最小截面尺寸的增大,块片石体空隙率增大,表面块片石自然堆积过程中越易形成较为密实的结构,这不利于超流态机制砂自密实混凝土充分填充块片石堆积结构内的空隙并包裹块片石体的表面。

3.2.3 块片石在施工仓中应进行分层堆积设计,单层分层厚度宜为 1.5m ~ 2m,经研究论证后可适当增加分层厚度。

3.4 块片石机制砂自密实混凝土性能设计指标

3.4.1 块片石机制砂自密实混凝土强度等级宜采用超流态机制砂混凝土强度等级为代表。

条文说明

在实际工程中,块片石机制砂自密实混凝土一般采用 C10、C15、C20、C25、C30、C35 强度等级,对于 C35 以上强度等级的块片石机制砂自密实混凝土也应与超流态机制砂混凝土强度等级一致。

3.4.2 块片石机制砂自密实混凝土的容重可按照超流态机制砂自密实混凝土体积比 40%~55%、块片石堆积结构体积比 45%~60%,根据其各自容重通过加权计算得到;无试验资料时,块片石机制砂自密实混凝土的容重设计标准值可取 2450 kg/m³,泊松比可取 0.20。

4 超流态机制砂自密实混凝土性能、配制、生产和运输

4.1 一般规定

4.1.1 超流态机制砂自密实混凝土拌合物必须满足工作性能评价指标要求，力学性能和耐久性能必须满足工程设计要求，确保工程质量且达到经济合理。

4.1.2 超流态机制砂自密实混凝土配合比设计应根据原材料性能和块片石机制砂自密实混凝土技术要求，并考虑实际工程结构的构造尺寸和形状、块片石尺寸和填充程度，进行初始配合比的计算，经过试验室试配、调整后确定。

条文说明

原材料性能直接影响超流态机制砂自密实混凝土配合比设计参数的确定，例如水泥品种和强度等级等，机制砂的细度模数、石粉含量、级配特征、含泥量及泥块含量，碎石的粒形、级配及粒径等，矿物掺合料的品种、细度、需水量及活性等，外加剂的品种及减水率等。这些因素对于混凝土的工作性能、力学性能及耐久性能都会产生影响。原材料选择适宜，则可以获得综合性能良好的超流态机制砂自密实混凝土。否则，配制的混凝土则可能不具备超流态自密实施工性能或高性能混凝土的特点。此外，由于结构的构造尺寸和形状、块片石的粒径和填充程度不同，对混凝土拌合物的工作性能也会有不同的指标要求。

4.1.3 超流态机制砂自密实混凝土生产所需原材料应符合《公路机制砂高性能混凝土技术规程》（T/CECS G: K50-30）的规定。

4.2 原材料要求

4.2.1 水泥

宜采用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥，强度等级不宜低于 42.5，并应符合现行《通用硅酸盐水泥》（GB 175）的规定。当采用其它水泥品种时，其性能指标应符合国家现行相关标准的规定。

4.2.2 粗骨料

粗骨料表面应洁净，无碱活性，宜采用连续级配的卵石、碎石或碎卵石，最大粒径不应大于 10 mm。粗骨料的技术要求应符合表 4.4.2 的规定，其它技术指标应符合现行《建筑用卵石、碎石》(GB/T 14685)和《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)的规定。

表 4.4.2 粗骨料的技术要求

项 目		技术指标	试验方法
压碎指标 (%)		≤ 12	GB/T 14685
含泥量 (%)		≤ 1	JTG E42 (T 0310)
泥块含量 (%)		不允许	JTG E42 (T 0310)
坚固性 (%)	有抗冻要求的混凝土	≤ 5	JTG E42 (T 0314)
	无抗冻要求的混凝土	≤ 12	
表观密度 (kg/m ³)		≥ 2600	JTG E42 (T 0304)
硫化物及硫酸盐含量 (%)		≤ 1	JGJ 52
有机物含量		合格	JTG E42 (T 0313)
吸水率 (%)		≤ 2	JTG E42 (T 0308)
针片状颗粒含量 (%)		≤ 5	JTG E42 (T 0312)
空隙率 (%)		≤ 47	JTG E42 (T 0309)

4.2.3 机制砂

机制砂宜选用质地坚硬、洁净、级配良好的中砂。机制砂技术指标除应符合表 4.2.3 要求外，还应符合现行《建筑用砂》(GB/T 14684)、《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)和《公路机制砂高性能混凝土技术规程》(T/CECS G: K50-30)等标准的规定。

表 4.2.3 机制砂的技术要求

项 目		技术指标			试验方法
混凝土强度等级		I 类	II 类	III 类	
石粉含量 (%)	MB 值≤1.4 或快速法试验合格	≤7	≤10	≤12	JTG E42 (T0333、T 0349)
	MB 值>1.4 或快速法试验不合格	≤4	≤5	≤7	
泥块含量 (%)		≤0	≤0.5	≤1.0	JTG E42 (T 0335)
坚固性 (%)		≤6	≤8	≤10	JTG E42 (T 0340)
压碎指标 (%)		≤20	≤25	≤30	JTG E42 (T 0350)
有害物质限量	云母含量 (%)	≤1	≤2		JTG E42 (T 0337)
	轻物质含量 (%)	≤1			JTG E42 (T 0338)
	硫化物及硫酸盐含量 (折算成 SO ₃ , %)	≤0.5			JTG E42 (T 0341)
	有机物含量 (%)	合格			JTG E42 (T 0336)
	氯化物含量 (%)	≤0.01	≤0.02	≤0.06	GB/T 14684
表观密度 (kg/m ³)		≥2500			JTG E42 (T 0328)
松散堆积密度 (kg/m ³)		≥1400			JTG E42 (T 0331)
空隙率 (%)		≤45			JTG E42 (T 0331)
碱集料反应		不应具有碱活性	不应具有碱-碳酸盐反应活性		JTG E42 (T 0324、T 0325)、JGJ 52

注：

1. I 类机制砂宜用于强度等级大于或等于 C60 的混凝土，II 类机制砂宜用于强度等级大于 C30、小于 C60 的混凝土，I 类、II 类机制砂均宜用于有抗冻抗渗要求的混凝土，III 类机制砂宜用于强度等级小于或等于 C30 的混凝土；
2. 机制砂的石粉含量超过 12% 则应在混凝土配合比设计中作为惰性矿物掺合料使用。
3. 有抗冻、抗渗、高强度要求的混凝土，机制砂中云母含量不应大于 1.0%；
4. 机制砂中如发现含有颗粒状的硫化物或硫酸盐杂质时，应进行专门检验，确认能满足混凝土耐久性要求时，方能使用。

4.2.4 水

拌合用水和养生用水应符合现行《混凝土拌合用水标准》(JGJ 63) 的规定，严禁使用海水作为混凝土拌合和养生用水。

4.2.5 外加剂

外加剂应与胶凝材料及石粉相适应，其种类和掺量应根据使用要求、施工条件、原材料变化等通过试验确定。所用外加剂应符合现行《混凝土外加剂》（GB 8076）和《混凝土外加剂应用技术规范》（GB 50119）的规定。

条文说明

高效减水剂能大大降低用水量，增加混凝土的流变性能，宜选用聚羧酸高性能减水剂，其 28d 收缩率比宜不大于 110%。为改善自密实混凝土拌合物工作性，还应加入其他外加剂如消泡剂、引气剂、增粘剂、早强剂等。为了增加混凝土流动性，国内外均掺入少量的引气剂，在混凝土内部形成均匀、不连通的小气泡，由于其滚珠效果，而大大增加混凝土的流动性能。由于强度及耐久性的要求，引气量要求小于 5%。为了保证体系具有足够的粘度及内聚力以保证混凝土不离析、不泌水，需加入稳定剂或增调剂，如纤维素醚类、聚磷酸盐等等。该类材料的引入还可降低体系原材料变化如砂的细度模数、含水量等对混凝土流变性能所引起的变化，使得混凝土的质量更易于控制。

4.2.6 矿物掺合料

矿物掺合料的分类、最大掺量及性能指标宜符合表 4.2.6 的规定，适宜掺量应经试验验证后确定，且应注明主要组分。

表 4.2.6 矿物掺合料分类、最大掺量及性能指标

分类		最大掺量 * (%)	使用规定	性能指标应符合标准的规定
活性 掺合 料	粉煤灰	30	宜采用I级粉煤灰，可允许细度、需水量比和烧失量三项指标中有一项为II级粉煤灰指标。	现行《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》（GB/T 1596）
	粒化高炉矿渣粉	40	宜与粉煤灰复合使用	现行《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》（GB/T 18046）
	粒化电炉磷渣粉	30	宜与粉煤灰复合使用	现行《混凝土用粒化电炉磷渣粉》（JG/T 317）
	硅灰	10	-	现行《矿物掺合料应用技术规范》（GB/T
惰性	石灰石粉	20	-	

掺合料	硅灰石粉和其它惰性硅质或钙质细粉掺合料			51003)、现行《高强高性能混凝土用矿物外加剂》(GB/T 18736)
	复合掺合料	-	比表面积宜大于400m ² /kg	

注：*表中掺量均为等质量取代水泥的百分比。

条文说明

超流态机制砂自密实混凝土可掺入适量、符合质量要求的矿物掺合料，有利于改善混凝土的技术性能和经济性。粉煤灰和粒化高炉矿渣粉已有相应的产品标准；磨细粉煤灰可按《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596)和《粉煤灰混凝土应用技术规程》(GB/T 50146)的规定执行，也可按《高强高性能混凝土矿物外加剂》(GB/T 18736)的规定执行，后者对磨细粉煤灰有专门规定，并增加了氯离子含量、活性指数等规定，有进一步指导意义，但两本标准并不矛盾。对于超流态机制砂自密实混凝土来说，使用的矿物掺合料范围更广，不仅可使用活性矿物掺合料，而且也可使用惰性矿物掺合料。粉煤灰宜采用I级粉煤灰，并允许细度、需水量比和烧失量三项指标中有一项为II级粉煤灰指标。单掺矿渣粉的混凝土性能不及与粉煤灰复合使用的性能，尤其是施工性能，造价也略高。复合掺合料一般含有惰性掺和料，控制一定细度，有利于混凝土工作性与长期耐久性，但应明确主要成分。

4.3 混凝土拌合物性能、检测方法及指标

4.3.1 混凝土拌合物的性能除应满足混凝土对凝结时间、流动性、粘聚性和保水性等要求外，还应满足自密实性能相关要求。

4.3.2 混凝土拌合物性能的技术指标和试验方法应按表 4.3.2 的规定执行。

表 4.3.2 拌合物性能技术指标

序号	性能指标	设计配合比试验合格指标	施工入仓控制合格指标	检测性能	试验方法
1	坍落度 SL (mm)	250 ~ 290		流动性	GB/T 50080、JTG 3420
2	倒置坍落度筒排空时间 T _d (s)	2 ~ 6	3 ~ 7		

3	坍落扩展度 SF (mm)	650 ~ 850	630 ~ 870	填充性	
4	扩展时间 T ₅₀₀ (s)	≤ 2			
5	坍落扩展度与 J 环扩展度差值 (mm)	0 ~ 25	0~27	间隙通过性	

注：1. 超流态机制砂自密实混凝土的拌合物工作性能受结构尺寸、块片石填充程度、浇筑方式、混凝土生产与施工地点距离影响，应以入仓时性能指标为控制标准。

2. 超流态机制砂自密实混凝土的性能稳定性在实际工程中可根据施工条件提出更高的要求。

4.4 硬化混凝土的性能、检测方法及指标

4.4.1 硬化混凝土的力学性能检测应按现行《普通混凝土力学性能试验方法》（GB/T 50081）和《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG 3420）执行，并按现行《混凝土强度检验评定标准》（GB/T 50107）进行合格评定。

4.4.2 超流态机制砂自密实混凝土的强度等级应按 150 mm×150 mm×150 mm 立方体试件 28d 抗压强度值确定。当混凝土中矿物掺合料掺量大于 30%时，宜采用 56d 龄期的试验结果对其进行强度评定。

4.4.3 硬化混凝土的长期性能和耐久性能的检测应按现行《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》（GB/T 50082）执行，并满足工程设计要求。

4.5 配合比设计

4.5.1 超流态机制砂自密实混凝土配合比应根据现场原材料特性以及混凝土设计强度、耐久性和施工性能等要求优选试验确定。

4.5.2 超流态机制砂自密实混凝土配合比设计宜采用绝对体积法，合理设计各种成分的体积比例。

4.5.3 超流态机制砂自密实混凝土配合比设计方法应参照《公路机制砂高性能混凝土技术规程》(T/CECS G:K50-30)的规定执行,每立方米混凝土胶凝材料总用量范围宜为 $400 \text{ kg/m}^3 \sim 550 \text{ kg/m}^3$,其中矿物掺合料掺量不宜低于 40%。

4.3.4 超流态机制砂自密实混凝土外加剂的品种和掺量,应根据混凝土的性能设计要求进行配合比试验后确定。

4.3.5 超流态机制砂自密实混凝土的初凝时间应根据生产浇筑能力、运输时间和仓面大小等因素确定。

4.3.6 当超流态机制砂自密实混凝土的原材料发生以下变化时,应及时调整配合比,经试验验证后方可使用:

- 1 水泥和掺合料的生产厂家、品牌、种类、型号、等级或品质发生变化;
- 2 机制砂种类、产地、品质发生变化,或者细度模数变化大于允许偏差 ± 0.2 ;
- 3 粗骨料的岩性、产地、品质等发生变化;
- 4 外加剂的厂家或品牌发生变化。

4.5.7 试拌、调整与确定

- 1 按照本规程第 4.5.1 条~4.5.6 条计算出初步配合比。
- 2 按照表 4.3.2 的要求对初始配合比进行试配和调整。
- 3 超流态机制砂自密实混凝土配合比试配和试拌时,每盘混凝土的最小搅拌量不宜低于 30 L,且应检测拌合物的工作性是否达到表 4.3.2 中的相应技术要求,并校核混凝土强度是否达到配制强度要求,如有必要,还应检测相应的耐久性指标。

- 4 选择拌合物工作性满足要求的 3 个基准配合比,制作混凝土强度试件,每种配合比至少应制作一组试件,标准养生到 28d 时试压。

- 5 如有必要,可在混凝土搅拌站或施工现场对确定的配合比进行足尺试验,以检验所设计的配合比是否满足工程应用条件。

- 6 根据试配、调整、混凝土强度检验结果和足尺试验结果,确定符合设计

要求的合适配合比。

条文说明

在计算出初步配合比以后,在试拌、调整和确定的过程中应该注意以下几点:

(1) 选择合适的原材料,尤其是粗骨料和机制砂的质量要保证;(2) 选择合适的胶凝材料用量,采用大掺量矿物掺合料技术,同时采用专用聚羧酸外加剂,使得混凝土具有较好的流动性;(3) 采用特种外加剂使得混凝土在具有较高流动性的同时,保持较好的粘聚性,不离析、不泌水;(4) 在满足混凝土拌合物工作性的条件下,尽量降低水胶比进而保证混凝土的强度、耐久性等。

4.6 生产

4.6.1 超流态机制砂自密实混凝土的生产宜采用集中搅拌的方式生产。当采用预拌混凝土生产方式或采用现场搅拌楼生产方式时,搅拌机应符合《混凝土搅拌机技术条件》(GB 9142)的规定。当采用工地现场拌制时,搅拌机应采用强制式搅拌机,禁止使用人工搅拌。

条文说明

施工现场附近无预拌混凝土生产企业或混凝土用量较少时,可采用施工现场搅拌楼,或在符合有关规定的情况下可采用现场搅拌的方式生产。

4.6.2 混凝土配料时宜采用电子计量系统进行原材料计量,其精度应符合要求,计量应准确。除水和液体外加剂可按体积计量外,其它固体原材料应按质量计量。原材料计量允许偏差应符合表 4.6.2 的规定。

表 4.6.2 原材料计量允许偏差

序号	原材料品种	水泥	骨料	水	外加剂	掺合料
1	每盘计量允许偏差 (%)	±2	±3	±1	±1	±2
2	累计计量允许偏差 (%)	±1	±2	±1	±1	±1

4.6.3 混凝土拌制前应及时测定砂、石中的含水量，并根据含水率变化情况调整施工配合比中的用水量和砂、石用量。

条文规定

由于超流态机制砂自密实混凝土的水胶比低，高效减水剂用量较大，用水量的少量变化就会对其强度和工作性产生显著影响。因此，在生产过程中应对骨料含水率进行严格监控。当骨料露天堆放时，应根据外界气候的变化，及时测定骨料的含水率，并调整施工配合比。

4.6.4 超流态机制砂自密实混凝土的搅拌时间应比普通混凝土适当延长，搅拌时间宜控制在 60 s ~ 120 s，强度等级较高或流动性较高的混凝土搅拌时间可根据现场情况再延长 0 ~ 30 s。具体时间应根据现场试拌试验确定。

条文规定

超流态机制砂自密实混凝土中掺入的外加剂和粉煤灰等活性矿物掺合料在混凝土材料中的均匀性，对保证超流态机制砂自密实混凝土强度和工作性等具有重要作用，因此在生产中应控制好混凝土搅拌时间。

4.6.5 当超流态机制砂自密实混凝土在现场拌制时，必须对搅拌机加水装置进行校核。

条文说明

在超流态机制砂自密实混凝土搅拌时，即使搅拌设备上装有先进的含水率测定及控制设施，操作人员仍应通过搅拌机观测口目测混凝土和易性情况，在其稠度发生可见波动时，及时加以调整。同时，搅拌第一盘超流态机制砂自密实混凝土时，可以留 10%左右的水，根据在搅拌机观测口目测的混凝土和易性情况，决定最后的用水量，但用水量不应超过配合比的设计值。必要时可适当添加高效减水剂，严禁在拌合物出机后加水。

4.6.6 正式生产前必须对超流态机制砂自密实混凝土进行开盘鉴定,对其工作性、表观密度、泌水率及含气量等混凝土拌合物的技术指标进行检测。

条文说明

超流态机制砂自密实混凝土质量对各种因素的影响较为敏感,因此应特别重视超流态机制砂自密实混凝土生产中的开盘鉴定,并根据开盘鉴定结果及时调整配合比。开盘鉴定中尤其应注意的是超流态机制砂自密实混凝土的抗离析能力,只有具有经时稳定性的混凝土拌合物才是具有超流态、自密实性能,能够填充块片石堆积结构空隙的混凝土。

4.6.7 超流态机制砂自密实混凝土生产过程中必须进行严格管理,控制混凝土的质量。

条文说明

混凝土的拌制在混凝土搅拌站集中进行拌合,每个搅拌站设置站长 1 人进行管理,下设试验员、机械操作手、机修工、电工等。

结构物混凝土浇筑前由主管技术员填写混凝土浇筑通知单交给试验员,填写项为:拌合站名称、分项工程名称及具体施工桩号、设计混凝土标号及数量、计划浇筑日期及时间、备注。备注栏必须认真填写施工真实情况及混凝土超设计方量的原因。

现场试验员接到通知单后,提前作好砂石的含水量测定试验,检查砂石、水泥、粉煤灰、外加剂等材料存储量是否满足,施工过程中必须根据实际材料情况控制施工配合比。填写项为:实际浇筑混凝土数量及设计数量栏各种材料用量、实际浇筑日期及时间段、设计配合比、施工配合比。

现场试验员在混凝土开盘时、混凝土浇筑过程中,分别在搅拌站和浇筑地点对混凝土搅拌的均匀性、混凝土坍落度、坍落扩展度进行取样检测,每一工作班或每一单元结构物不少于两次,并作好混凝土试件的制取。

搅拌站操作人员必须根据试验员提供的施工配合比进行拌制,严格控制配料数量允许偏差、混凝土最短搅拌时间,如实记录实际浇筑混凝土的总盘数。

4.6.8 在超流态机制砂自密实混凝土生产和运输过程中，应做好有关天气记录、生产记录和检验记录。

条文说明

超流态机制砂自密实混凝土坍落度和坍落扩展度都很大，因此对材料的含水量比较敏感，如果砂石的含水率较高，而配合比没有相应的调整的话，容易导致拌合物泌水、离析等。因此，要及时记录天气等相关信息，便于配合比调整以及后期的查阅。

4.7 运输

4.7.1 长距离运输超流态机制砂自密实混凝土拌合物应使用混凝土搅拌车，短距离运输可采用混凝土运送泵或利用现场的一般运送设备。装料前装料口应保持清洁，筒体内保证其干净潮湿不得有积水、积浆。根据天气情况宜对搅拌运输车采取一定的防晒、防冻措施。

条文说明

混凝土的运输采用混凝土运送泵或混凝土搅拌运输车进行运输，根据混凝土运送泵的泵送能力，在泵送距离范围内的采用混凝土运送泵进行泵送；在泵送距离之外的采用混凝土搅拌运输车进行运输后泵送。采用搅拌车长距离运送超流态机制砂自密实混凝土拌合物，是为了防止其在运输过程中发生分层离析现象，确保混凝土的质量。另外，搅拌车筒内积水、积浆不仅使超流态机制砂自密实混凝土强度降低，还会影响其工作性。为防止混凝土在运输过程中分层离析，必须保持运输车滚筒慢速转动。

4.7.2 应根据待浇筑结构物及施工准备情况，对超流态机制砂自密实混凝土的生产速度、运输时间及浇筑速度进行协调，制订合理的运输计划，确保机制砂超流态机制砂自密实混凝土的运输与浇筑在其工作性保持期内完成。

4.7.4 混凝土出机至浇筑入模之间的间隔时间不宜大于 90 min，具体运输时间应符合表 4.7.4 的规定。

表 4.7.4 混凝土拌合物运输时间限制

气温 (°C)	有搅拌设施运输 (min)
20~30	60
10~19	75
5~9	90

条文说明

由于超流态机制砂自密实混凝土在浇筑的过程中无需振捣，仅靠自重填充块片石堆积形成的空隙，因此必须保证其在入模之前，仍具有优异的工作性，否则将影响混凝土工程质量，甚至造成严重的工程事故。缩短超流态机制砂自密实混凝土从出机到入模的时间非常必要，在施工中务必作好施工组织工作，保证生产、运输、施工过程的连续。

混凝土在运输过程或现场停置时间太长，将引起超流态机制砂自密实混凝土的坍落度损失，使其工作性不满足工程要求。因此，当发生交通阻塞等意外情况时，可以根据设计在现场掺加部分外加剂来调整其工作性，但必须根据试验结果确定其掺量，并保证混凝土拌合物搅拌均匀。

4.7.5 采用搅拌运输车运输混凝土时，途中滚筒应以 2 r/min~4 r/min 的速率慢速间歇搅动，卸料时应快速旋转搅拌罐不少于 30 s，混凝土的装载量约为搅拌筒几何容量的 2/3。

4.7.6 混凝土运输过程中应避免发生离析和泌水，严禁向搅拌运输车内加水。

条文说明

混凝土运输至浇筑地点应满足不发生离析、泌水、工作性不损失等要求方可浇筑，否则应进行第二次搅拌。二次搅拌时应保持原水胶比不变，不得直接加水，

可适当掺入减水剂进行调节。若二次仍不符合要求时，该批料不得使用。

4.7.6 泵送超流态机制砂自密实混凝土泵送施工时应符合下列规定：

1 混凝土的泵送和浇筑应保持其连续性，停泵时间过长不得过长。当因停泵时间过长，混凝土不能达到要求的工作性时，应及时清除泵车及泵管中的混凝土，重新浇筑。

2 输送管线宜直，转弯宜缓，接头应严密，如管道向下倾斜，应防止混入空气，产生阻塞。

3 泵送前应先用适量的、与混凝土内成分相同的水泥浆润滑输送管内壁，混凝土出现离析现象时，应立即用压力水或其他方法冲洗管内残留的混凝土，泵送间歇时间不宜超过 15 min。

4 在泵送过程中，输送泵料斗内应具有足够的混凝土，以防吸入空气产生阻塞。

征求意见稿

5 块片石机制砂自密实混凝土的施工

5.1 一般规定

5.1.1 块片石机制砂自密实混凝土的施工包括模板支立、块片石入仓、超流态机制砂自密实混凝土的浇筑和养生。

5.1.2 在块片石机制砂自密实混凝土正式施工之前，应在工程现场对其工作性进行检验，确保合格后方可使用。

5.1.3 块片石机制砂自密实混凝土的施工工艺应按图 5.1.3 执行。

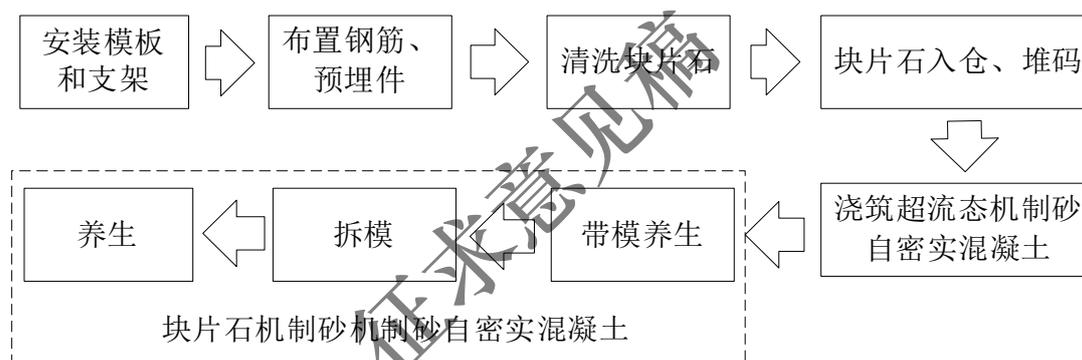


图 5.1.3 块片石机制砂自密实混凝土施工工艺

5.2 模板和支架工艺

5.2.1 模板可采用钢模板、木模板、砌石墙或预制混凝土块；支架宜采用钢材或常备式定型钢构件。

5.2.2 模板及其支护部件应根据工程结构形式、荷载大小、地基土类别、施工程序、施工机具和材料供应等条件进行选择。

5.2.3 模板的板面应平整，接缝处应严密且不漏浆，应具有足够的强度、刚度和稳定性，应能承受施工过程中所产生的各种荷载。模板与混凝土的接触面应涂刷

隔离剂,但不得采用废机油等油料。模板安装的允许误差应符合表 5.2.3 的规定。

表 5.2.3 模板安装的允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)
模板标高	± 10
模板内部尺寸	± 20
模板相邻两板表面高低差	± 2
模板表面平整	± 5
预留孔洞中心线位置	± 10

条文说明

安装完毕后的模板应构造紧密、不漏浆,不影响自密实混凝土均匀性及强度发展,能保证结构的形状正确、规整。

5.2.4 支架应具有足够的刚度、强度和稳定性,防止支撑沉陷或引起模板变形。上下层模板的支架应对准。

5.2.5 支架的地基与基础设计应符合现行《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363)的规定。

5.3 块片石的堆码工艺

5.3.1 块片石宜采用自卸车运输直接入仓,应在入仓道路上设置冲洗台,对车轮进行冲洗,避免车轮带入泥土。

5.3.2 块片石仓面应避免二次污染,不得在仓面冲洗块片石。

5.3.3 在块片石入仓过程中,块片石体外露面所含有的粒径小于 300mm 的石块数量不得超过 10 块/m²。

5.3.4 在块片石入仓过程中，应避免块片石撞击模板及拉杆导致模板发生变形或移位。

5.3.5 块片石宜采用挖掘机平仓，靠近模板和预埋件部位的块片石宜采用机械或人工辅助堆放。

5.3.6 块片石应从下至上逐层堆码。块片石分层厚度宜 1.5m ~ 2m，经研究论证后可适当增加。

5.3.7 块片石仓内堆码时应避免块片石截面接触，应与模板间保留 5cm 以上的保护层厚度，不得接触构造钢筋和预埋件。

5.3.8 块片石堆码后应对模板进行校正。

5.4 超流态机制砂自密实混凝土的浇筑

5.4.1 为保证块片石机制砂自密实混凝土的质量，浇筑时应考虑结构物的浇筑区域、范围、施工条件及超流态机制砂自密实混凝土拌合物的性能，并选用适当机具与浇筑方法。

5.4.2 浇筑前，根据浇筑仓面情况合理布置超流态机制砂自密实混凝土浇筑点，浇筑点应均匀布置，间距宜为 3 m ~ 5m。

5.4.3 超流态机制砂自密实混凝土浇筑之前必须检查模板、支架和预埋件的位置，确认无误后方可浇筑。

5.4.4 生产的超流态机制砂自密实混凝土应满足条文 4.2~4.4 的要求后，方可进行浇筑。

条文说明

对现场浇筑的超流态机制砂自密实混凝土要进行检测，工作性不满足设计要求时不得施工，采取经试验确认的可靠方法调整后方可浇筑。

5.4.5 浇筑过程可敲击模板，防止浇筑不均匀或气泡排除不及时。

5.4.6 超流态机制砂自密实混凝土的自由倾落高度不宜大于 2m。当自由倾落高度大于 2m 时，应通过串筒、溜管（槽）等设施下落。

条文说明

块片石机制砂自密实混凝土模板承受的侧压力大，模板支撑难度大，且为防止超流态机制砂自密实混凝土在垂直浇筑中因高度过大产生离析现象，或被堆积的碎石打散使混凝土不连续，应对超流态机制砂自密实混凝土的自由下落高度进行限制。当超流态机制砂自密实混凝土的垂直浇筑高度过大时，可采用导管法，即用直通到底部的竖管浇筑超流态机制砂自密实混凝土，在向上提管的过程中，管口始终埋在已经浇筑的机制砂超流态机制砂自密实混凝土内部，也可采用串筒、溜管（槽）等施工方法。

5.4.7 在浇筑过程中，当浇筑点混凝土溢出方可移动至下一浇筑点，浇筑点不应重复使用。

5.4.8 超流态机制砂自密实混凝土的的浇筑宜连续进行，因故中断间歇时，其间歇时间应小于下层混凝土的初凝时间。

条文说明

超流态机制砂自密实混凝土的泵送和浇筑应保持其连续性，当因停泵时间过长，混凝土不能达到要求的工作性时，应及时清除泵及泵管中的混凝土。施工过程中，要避免施工冷缝的出现，应在下一层混凝土初凝浇筑上一层混凝土。

5.4.9 超流态机制砂自密实混凝土的浇筑应采取防雨措施。小雨时，可采取措施

继续浇筑；中雨及以上时，应停止施工，并对仓面采取防雨措施和排水措施，并不得新开块片石机制砂自密实混凝土浇筑仓面。

5.4.10 高温施工时，混凝土入模温度不宜超过 30 °C；冬季期间施工时，混凝土入模温度不宜低于 5 °C。在降雨、降雪期间，不宜在露天浇筑混凝土。

5.4.11 在相对湿度较小、风速较大的环境下浇筑混凝土时，应采取适当挡风措施。

条文说明

高温、大风对混凝土凝结硬化都不利，混凝土入模前，模板和钢筋的温度过高会使混凝土内部温度升高，从而产生较大的温度应力，对混凝土结构不利；大风容易使混凝土水分挥发，不利于水泥的进一步水化。因此，条文 5.4.10 和 5.4.11 规定了高温、低温时混凝土入模温度以及大风时浇筑混凝土的相应防护措施。

5.4.12 块片石机制砂自密实混凝土收仓时，若达到结构物设计顶面，应使超流态机制砂自密实混凝土全部覆盖块片石，外观应无块片石外露，平整度应符合设计要求；除结构物顶部外，混凝土收仓时，宜使适量块片石高出浇筑面 50 mm~150mm，且不宜超过块片石自身高度的 1/3。

5.4.13 块片石机制砂自密实混凝土抗压强度达到 2.5 MPa 以前，不得进行下一仓面的准备工作。

5.4.14 对有防渗要求的块片石机制砂自密实混凝土，施工水平缝宜采用 25 MPa~50 MPa 高压水冲毛机，也可采用低压水、风砂枪、刷毛机或人工凿毛等方法对浇筑完毕的超流态机制砂自密实混凝土表面进行处理，并应排干水分后进行后续浇筑。

5.5 养生

5.5.1 块片石机制砂自密实混凝土应加强早期养生，及时覆盖或喷洒养生剂，并

在终凝后进行洒水养生。

条文说明

混凝土浇筑成型后，由于水泥的水化作用，逐渐开始凝结硬化。当空气中相对湿度较小时，混凝土中的水分就会不断地蒸发，造成混凝土由表到里逐渐脱水（失水），极易产生干燥收缩裂缝。同时，失水过多还会阻滞混凝土的继续硬化甚至停止硬化。为使混凝土有适宜的硬化条件，使强度不断增长，避免发生干燥收缩裂缝，应采取一定措施对混凝土进行养生。

5.5.2 块片石机制砂自密实混凝土采用喷涂养生剂养生时，采用的养生剂及其工艺应符合现行《水泥混凝土养护剂》（JC 901）的规定。

5.5.3 拆模之前，暴露面宜采取覆盖、浇水、喷淋洒水等措施进行保湿养生。

条文说明

块片石机制砂自密实混凝土的养生方式可根据实际情况进行选择，但需保证混凝土处于有利于硬化的湿度环境中。

5.5.4 当气温低于 5℃时，应采取保温养生的措施，不得向混凝土表面洒水。

5.5.5 严禁采用海水或含有有害物质的水进行养生。

5.5.6 处于冲沟地段的基础，应在混凝土浇筑前做好临时排水系统，确保混凝土浇筑后 7d 内不得受流水冲刷。

5.5.7 混凝土强度未达到 2.5 MPa 前，严禁其承受行人、运输工具、模板、支架及脚手架等荷载，确保混凝土不被损坏。

条文说明

超流态机制砂自密实混凝土浇筑完毕，混凝土抗压强度达到 2.5 MPa 后，必要时可松动模板，离缝约 3 mm~5 mm，在顶部架设淋水管，喷淋养生。拆除模板后，应在表面覆挂麻袋或草帘等覆盖物，避免阳光直照块片石超流态机制砂自密实混凝土表面，连续喷水养生时间应根据工程环境条件确定。

征求意见稿

6 块片石机制砂自密实混凝土质量检验与验收

6.1 质量检验与验收

6.1.1 机制砂的质量检验与验收应符合现行《公路机制砂高性能混凝土技术规程》（T/CECS G:K50-30）的规定。

6.1.2 块片石的质量检验与验收应符合条文 3.2 的规定。

6.1.3 超流态机制砂自密实混凝土的工作性检验与验收应符合条文 4.3 的规定。

6.1.4 超流态机制砂自密实混凝土的强度检验评定应按《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTGF80/1）执行，并应符合本规程条文 4.4 的规定。

条文说明

大量试验表明，块片石机制砂自密实混凝土的强度主要取决于超流态机制砂自密实混凝土的强度。本规程通过对超流态机制砂自密实混凝土的强度进行规定进而确保块片石机制砂自密实混凝土的强度设计和相关标准的要求。

6.1.6 块片石机制砂自密实混凝土的密实度评定应按附录 B《橡胶抽拔棒法》的规定执行，对结果有异议时，可按现行《公路工程基桩动测技术规程》（JTGF81-01）的超声波法进行检验。

6.1.7 块片石机制砂自密实混凝土的外观质量检验与验收应符合现行《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB 50204）的规定。

6.2 工程验收

6.2.1 块片石机制砂自密实混凝土工程验收应按现行国家标准《混凝土结构工程

施工质量验收规范》（GB 50204）的规定执行。

征求意见稿

附录 A 块片石表面含泥量试验

A.1 目的和适用范围

本试验方法可用于检测块片石的表面含泥量。

A.2 仪器要求

A.2.1 电子天平的最大量程不应小于 100 kg，感量不应大于 5 g。

A.2.2 毛刷宜选用洗石毛刷，并具有一定的硬度。

A.3 试验步骤

1 在堆料场或仓面中随机取样，每块块片石样品质量不应小于 40 kg，每组取样不应少于 3 块。

2 将块片石样品晾至表面干燥，也可用风机等工具将块片石表面吹干，然后称量块片石的质量。

3 用毛刷刷洗称重完毕的块片石表面，然后用水冲洗，直至出水清澈为止。

4 将清洗完毕后的块片石按照本条第 2 款的方式处理至表面干燥，然后称量块片石的质量。

A.4 结果计算

块片石表面含泥量可按下式进行计算确定，结果应取三个试样测值的平均值。

$$\theta_0 = \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} \times \frac{\sqrt[3]{3m_2/(4\pi\rho)}}{0.3} \times 100\% \quad (\text{A.4-1})$$

式中： θ_0 ——块片石表面含泥量（%）；

m_1 ——表面含泥的块片石质量（kg）；

m_2 ——表面冲洗干净后的块片石质量（kg）；

ρ ——块片石的密度（kg/m³）。

附录 B 橡胶抽拔棒法

B.1 目的和适用范围

本方法是一种适合工程现场快速检测块片石机制砂自密实混凝土密实度的简易方法。

B.2 仪器要求

B.2.1 橡胶抽拔棒：直径宜为 100 mm。

B.2.2 测长仪器应精确到毫米。

B.3 试验步骤

1 在块片石入仓之前，应在浇筑体中预埋竖向橡胶抽拔棒，橡胶抽拔棒预埋深度不应小于每次浇筑高度的一半。

2 预埋橡胶棒的数量不得少于 3 个。间距每 3 米 1 个，对浇筑尺寸小的结构，预埋孔间距宜适当减小，但数量不应少于 3 个。在浇筑的超流态机制砂自密实混凝土终凝前拔出抽拔棒。

3 在预埋孔拔出后灌满水，观察并记录拔出孔中渗水情况，观察完注意保持孔口覆盖密封，防止水分受外界环境影响蒸发。

B.4 试验记录

记录 1h、2h、4h、8h、24h 的水位下降高度。

B.5 合格性判定

当 24h 水位下降高度小于 50mm 时，判定块片石机制砂自密实混凝土密实度良好。

本技术规程用词用语说明

1 为便于在执行本技术规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样作的用词：

正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指定必须按其它有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定（或要求）”或“应按……执行”。非必须按所指定的标准、规范或其它规定执行时，写法为“可参照……”。

引用标准名录

- 《公路工程岩石试验规程》(JTG E41)
- 《公路工程集料试验规程》(JTG E42)
- 《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650)
- 《普通混凝土力学性能试验方法》(GB/T 50081)
- 《混凝土强度检验评定标准》(GB/T 50107)
- 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082)
- 《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG 3420)
- 《通用硅酸盐水泥》(GB 175)
- 《建筑用卵石、碎石》(GB/T 14685)
- 《建筑用砂》(GB/T 14684)
- 《混凝土拌合用水标准》(JCJ 63)
- 《混凝土外加剂》(GB 8076)
- 《混凝土外加剂应用技术规范》(GB 50119)
- 《高强高性能混凝土矿物外加剂》(GB/T 18736)
- 《矿物掺合料应用技术规范》(GB/T 51003)
- 《粉煤灰混凝土应用技术规程》(GB/T 50146)
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596)
- 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046)
- 《混凝土用粒化电炉磷渣粉》(JG/T 317)
- 《混凝土搅拌机技术条件》(GB 9142)
- 《水泥混凝土养护剂》(JC 901)
- 《钻芯法检测混凝土强度技术规程》(JGJ/T 384)
- 《公路工程基桩动测技术规程》(JTG/T F81-01)
- 《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T 23)
- 《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363) 0
- 《公路桥涵用耐久混凝土》(JT/T 985)
- 《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1)
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204)
- 《公路机制砂高性能混凝土技术规程》(T/CECS G: K50-30)
- 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》(GB/T 50080)