

Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Projecto de Engenharia

Obras de Betão Pulverizado e Argamassa de Cimento Pulverizado

1. Generalidades e Campo de Aplicação

A presente secção aplica-se aos trabalhos da garantia de qualidade dos materiais e execução relativo a obras gerais do betão pulverizado e da argamassa de cimento pulverizado. Normalmente, o betão pulverizado e argamassa de cimento pulverizado é utilizado como camada protectora para a superfície do talude da rocha, reduzindo a infiltração de águas pluviais, mantendo a pressão interna, evitando a erosão da superfície e aumentando a estabilidade do talude. Além da protecção do talude, o betão pulverizado e argamassa de cimento pulverizado aplica-se também para a construção do túnel, cave ou apoio a fundação ou obras de cortina impermeável. Entretanto, na prática local, aplica-se mais a protecção de talude.

Durante a determinação da mistura inicial e espessura do betão pulverizado e da argamassa de cimento pulverizado, devem considerar as seguintes características:

- ✓ Permeabilidade;
- ✓ Durabilidade;
- ✓ Resistência;
- ✓ Operacionalidade durante a bombagem e pulverização;
- ✓ Contração.

A baixa permeabilidade do betão pulverizado e da argamassa de cimento pulverizado permite a redução da infiltração das águas superficiais, e a alta durabilidade do material de pulverização garante o tempo de serviço relativo a camada de protecção, e a selecção de uma adequada espessura pode aumentar também o seu tempo de serviço. A resistência do material pulverizado é um factor importante para evitar a erosão da superfície, assim como influencia indirectamente, a durabilidade e permeabilidade da camada protectora. A resistência à compressão do material pulverizado aos 28 dias deve garantir uma resistência de acordo com os requisitos do projecto. No que se refere aos agregados utilizados para o betão pulverizado, a dimensão do agregado maior não pode exceder de 10mm devido a consideração da operacionalidade durante a bombagem e pulverização, e segregação do material. No caso da utilização da argamassa pulverizada deve ter atenção as fendas originadas pela contração.

Geralmente, o sistema das obras do betão pulverizado e da argamassa de cimento pulverizado envolve também a utilização do malha metálica e furos de drenagem, onde a sua garantia de qualidade é também descrita na presente secção.

2. Requisitos dos Documentos de Garantia de Qualidade de Projecto de Engenharia

Os documentos abaixo referidos devem ser submetidos de acordo com as fases de obras do betão pulverizado ou da argamassa de cimento pulverizado para fim de aprovação ou de registo.

Antes da construção

[Material do Betão Pulverizado ou da Argamassa de Cimento Pulverizado]

- ✓ **Certificados de Produção do Cimento**
O cimento deve estar de acordo com o requisito da qualidade consta no artigo 7 da Norma do Cimento de Macau (Regulamento 63/96/M), o certificado de produção deve conter o nome do fornecedor/ tipo de cimento/ classe, propriedades mecânicas (incluindo tempo de endurecimento, resistência mecânica, expansibilidade) e análise química (incluindo determinação da perda ao rubro, do resíduo insolúvel, teor de sulfato SO₃, do teor de óxido, do teor em álcalis). No caso de impossibilidade da entrega o certificado mencionado, deve proceder-se à recepção de acordo com os requisitos do controlo de recepção do artigo 9 da Norma de Cimento.

- ✓ **Certificados de Produção dos Agregados**
O certificado da produção de agregados e finos de areia/rocha deve incluir informações como a origem do material, análise granulométrica, módulo de finura, outras propriedades mecânicas, características físicas e químicas.

- ✓ **Livro de Instruções/Certificado de Produção dos Adjuvantes**
Os adjuvantes devem estar de acordo com as normas relativas. O livro de instruções / certificado de produção deve incluir informações como a origem dos adjuvantes, densidade relativa, análise química e teor de óxido.

- ✓ **Certificados dos Aditivos**
 - Os aditivos incluem cinzas da caldeira ,partículas sílicas, cinzas vulcânicas, escória de alto forno, etc devem estar de acordo com as normas relativas.

- ✓ **Água de Amassadura**
A água de amassadura deve estar de acordo com o requisito da Quadro 2 da “Norma de Betões”. Geralmente, a água fornecida pelo SAAM não é necessária a inspeção, e no caso de água proveniente por outros meios ou no caso de houver dúvidas relativo a qualidade da água, deve ser realizada amostra para a devida verificação.

- ✓ **A mistura inicial e informações das especificações do betão pulverizado ou da argamassa de cimento pulverizado**
Deve submeter as relativas informações seguintes:
 - Classe da Resistência;
 - Tipo, quantidade e razão de cimento/areia;
 - Quantidade e dimensão máxima dos agregados;
 - Tipo e quantidade dos adjuvantes;
 - Tipo e quantidade dos aditivos.

- ✓ **Informações dos Equipamentos**
Deve ser submetida as informações técnicas relativas ao equipamento de mistura, sistema de bombagem, sistema de pulverização, etc.

- ✓ **Método da Construção**
Descrições sobre trabalhos preparativos antes da construção, mistura do material de pulverização, operações de pulverização, etc.

- ✓ **Método de cura após da conclusão de pulverização.**

[Malha Metálica]

- ✓ Certificados de Produção da Malha Metálica
Deve submeter certificado de produção/ certificado de origem da malha metálica de acordo com cada lote, classe de aço e tamanho, incluindo análise química, propriedades mecânicas (tamanho, tensão de rotura, tensão de cedência, extensão e dobragem, etc), identificação do material (referência do forno e identificação do fornecedor, etc);
- ✓ Informações e comprovativos do armazenamento e transporte;
- ✓ Método da construção, incluindo o método da sobreposição, controlo da espessura do revestimento da protecção, etc;
- ✓ Plano de monitorização.

Durante o processo da construção ou durante a recepção

- ✓ Registos da mistura do material pulverizado, incluindo a quantidade, tempo da mistura, tempo do início e conclusão da pulverização, área da pulverização (com identificação no desenho), somatório da quantidade do material pulverizado e realização dos relativos páines de ensaio e identificação dos carotes, etc;
- ✓ Relatórios do ensaio de resistência à compressão;
- ✓ Registos da chegada das malhas metálicas (quantidade em cada lote, relative certificado de produção do material);
- ✓ Relatórios do ensaio de resistência à tracção das malhas metálicas e ensaio ao corte nas juntas soldadas.

3. Inspeção, Ensaio e Recepção

Os itens para a inspeção de obras do betão pulverizado e da argamassa de cimento pulverizado representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Inspeção de Obras do Betão Pulverizado e da Argamassa de Cimento Pulverizado							
Objectivos	Trabalha- bilidade	Qualida- -de	Precisão	Controlo de Execução	Frequência da Inspeção	Norma a Cumprir	Nota
Transporte e Armazenamento das Malhas Metálicas		✓		✓	Cada Lote	a, d	
Instalação e Sobreposição das Malhas Metálicas ¹		✓	✓	✓	100% inspeção antes da pulverização	d	
Dimensionamento dos Furos de Drenagem ²		✓		✓		d	
Condições e Quantidade dos Agregados ³		✓	✓	✓		d	
Condições e Quantidade do Cimento ⁴		✓	✓	✓		c, d	
Inspeção Equipamento de Mistura		✓		✓		d	
Inspeção do Equipamento	✓	✓	✓	✓		d	
Uniformidade do Material Pulverizado	✓	✓		✓	100% inspeção durante a pulverização	b, d	
Espessura do Material Pulverizado		✓		✓		d	
Cura do Material Pulverizado ⁵		✓		✓	100% inspeção	b, d	

Nota: Itens para Inspeção

- 1 – Instalação e Sobreposição das Malhas Metálicas
Inclui a união, a garantia do mínimo recobrimento, a sobreposição e a fixação das malhas metálicas.
- 2 – Dimensionamento dos Furos de Drenagem
Inclui a dimensão, o espaçamento e localização dos furos de drenagem.
- 3 – Condições e Quantidade dos Agregados
Inclui a dimensão, teor de absorção, teor de partículas finas e controlo da quantidade dos agregados.
- 4 – Condições e Quantidade do Cimento
Inclui identificação, tipo, classe e quantidade do cimento.
- 5 – Cura do Material Pulverizado
Inclui o método, a mínima duração da cura.

Norma a Cumprir

- a – Norma de Aço para Armaduras Ordinárias [1]
- b – Norma de Betões [2]
- c – Norma de Cimentos [3]
- d – Especificações Técnicas / Cadernos de Encargos

Os itens para o ensaio e recepção do betão pulverizado e da argamassa de cimento pulverizado representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Ensaio e Recepção de Obras do Betão Pulverizado e da Argamassa de Cimento Pulverizado								
Itens para Inspeção		Qualidade Natural do Material	Comportamento da Estrutura	Norma de Ensaio	Frequência Recomendada do Ensaio	Norma a Cumprir	Critério de Aceitação	Nota
Método de Inspeção								
Material Pulverizado	Mistura Inicial do Material Pulverizado ¹	✓	✓	EN 12504-1 [4] ISO 1920-4 [5] EN 12390-8 [6]	Para material não certificado, é exigido a mistura inicial antes da execução	b, d		
	Painel de Ensaio para Resist. à Compressão do Painel ²	✓		EN 12504-1 [4] ISO 1920-4 [5]	Cada Lote ①	b, d		
	Ensaio de Resist. à Compressão do Carote ³	✓	✓	EN 12504-1 [4]	Detalhes em ②	b, d		
	Ensaio de Permeabilidade	✓	✓	EN 12390-8 [6]	Se necessário ③	b, d	i	
	Determinação da Densidade	✓		ISO 6275 [7]				
	Determinação do Teor de Cloreto		✓	-		b, d	i	
Malhas Metálicas	Determinação da Dimensão e Massa	✓		BS 4483 [8] EN 10002-1 [9] BS 4449 [10] BS 4482 [12]	Para Cada Lote (Com a Mesma Ref. do Forno, Classe e Especificações), o Ensaio de Recepção Deve Ser Feito Para 1 Amostra de 1mx1m Para Cada 10 toneladas	a, d	ii	
	Ensaio de Resist. à Tracção	✓				a, d	ii	
	Ensaio ao Corte nas Juntas Soldadas	✓	✓			a, d	ii	
	Ensaio de Dobragem-Desdobragem	✓				a, d	ii	
	Análise Química	✓				-	Se necessário ④	a, d

Nota: Método de Inspeção

1 – Mistura Inicial do Material Pulverizado

Inclui o ensaio de resistência à compressão do betão pulverizado ou da argamassa de cimento pulverizado, a determinação de uniformidade, análise granulométrica dos agregados e outras análises de propriedades do material pulverizado (se requerer, pode ser realizado a determinação do teor de absorção da água e de permeabilidade).

2 – Pánel de Ensaio para Resist. à Compressão do Pánel

O pánel de ensaio deve ser de espessura 250mm e tamanho mínimo de 1m x 1m. Na altura da realização do pánel, a inclinação das cofragens deve ser o mesmo do talude assim como o método de cura do pánel deve ser o mesmo do material pulverizado no talude. Deve ser realizado três carotes com diâmetro de 100mm no pánel, tendo um afastamento em relação a boda do pánel de 125mm. A media dos resultados ra resistência à compressão aos 28 dias dev em ser considerado como resultado final [11].

3 – Ensaio de Resist. à Compressão do Carote

No caso do resultado final dos carotes não está de acordo com os requisitos do critério de aceitação, ou o número dos resultados de amostras existentes não estão de acordo com o plano de amostragem das especificações ou dos cadernos de encargos, ou erro durante a execução, ou por condições climáticas que afectam a resistência, a durabilidade, a segurança da estrutura, deve se realizado carotes adicionais para a verificação a resistência.

Norma a Cumprir

- a – Norma de Aço para Armaduras Ordinárias [1]
- b – Norma de Betões [2]
- c – Norma de Cimentos [3]
- d – Especificações Técnicas / Cadernos de Encargos

Frequência Recomendada do Ensaio

- ① – No caso das especificações técnicas do projecto ou cadernos de encargos não definirem a frequência do ensaio, pode ser realizado um conjunto de amostras para cada 500 m² [11].
- ② – No caso de verificação de imperfeição ou incerteza relativo ao resultado de ensaio numa zona particular, deve ser realizado três carotes com diâmetro de 70 ou 100mm para a devida verificação.
- ③ – No caso em que os resultados tenham relevantes interesses relativos aos requisitos do projecto ou da construção; ou os resultados / parâmetros tenham grande influência no projecto ou qualidade, deve ter especial consideração.

Critério de Aceitação

- i – No que se refere ao critério de aceitação do ensaio do material de betão e controlo da qualidade, deve respeitar os requisitos dos cadernos de encargos.
- ii – No caso de amostra não está de acordo com os requisitos das propriedades mecânicas, deve ser realizado duas amostras adicionais das malhas metálicas do mesmo lote para a verificação. No caso de uma das amostras do conjunto da re-amostragem não verificar, a relativa lote deve ser considerado insatisfeita.

3. Referências

- [1] Decreto-Lei n.º 64/96/M, Norma de Aço para Armaduras Ordinárias, Governo de Macau
- [2] Decreto-Lei n.º 42/97/M, Norma de Betões, Governo de Macau
- [3] Decreto-Lei n.º 63/96/M, Norma de Cimentos, Governo de Macau
- [4] EN 12504-1, Testing Concrete in Structures - Cored Specimens - Taking, Examining and Testing in Compression
- [5] ISO 1920-4, Testing of Concrete – Strength of Hardened Concrete
- [6] EN 12390-8, Testing hardened concrete. Depth of penetration of water under pressure
- [7] ISO 6275, Concrete, hardened – Determination of density
- [8] BS 4483, Steel fabric for reinforcement of concrete
- [9] EN 10002, Tensile testing of metallic materials
- [10] BS 4449, Specification for carbon steel bars for the reinforcement of concrete
- [11] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region
- [12] BS 4482, Specification for cold reduced steel wire for the reinforcement of concrete