

Plano e Procedimento de Garantia de Qualidade para Projecto de Engenharia

Obras de Pavimento de Betão

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 de pavimento de betão. A superfície do pavimento de betão é rígido, a tensão à flexão resulta da carga automóvel na superfície da estrada. Ao mesmo tempo a diferença de temperatura na laje de betão e Sub-base induz à tensão de torsão. Na carga repetida dos automóveis no pavimento de betão, traduzirá no desgaste e fadiga do pavimento. Por isso, se deverá tomar medidas apropriadas de controlo de qualidade de material e mão de obra do pavimento de betão.

A estrutura do pavimento de betão, desde da camada inferior ao superior, inclui normalmente as seguintes camadas:

- ✓ Sub-base, uma espessura pré-definida estabelecida na fundação, a camada compactada por baixo da camada de base, providencia um estável suporte à superfície do pavimento. Os materiais granulométricos utilizados têm um graduado apropriado, e no topo da Base é normalmente aplicado uma manta de polietileno.
- ✓ Laje de betão, betão B40 como material corrente cumpre com “Norma de Betões” [1]. Os varões de aço ou malhas metálicas podem ser adicionados de acordo com os requisitos do projecto. E para aliviar a tensão nas lajes de betão e no sentido de evitar roturas provocadas pela diferença de temperatura, será necessário adicionar juntas nas lajes de betão.

Para além das várias camadas constituintes do pavimento, certos projectos de pavimento podem incluir outros componentes relevantes, por exemplo:

- ✓ Bermas (lancis);
- ✓ Passeio pedonal;
- ✓ Barreiras, etc.

O plano e procedimento da garantia de qualidade para bermas de betão pré-fabricado é incluído neste capítulo. Quanto à fundação de betão das bermas, passeio pedonal de betão e barreiras de betão, etc., o plano e procedimento da garantia de qualidade para o betão reforçado pode ser referido. E para o controlo de qualidade das barreiras metálicas, pode servir de referência o plano e procedimento da garantia de qualidade para materiais metálicas de construção.

O trabalho da garantia de qualidade do pavimento betuminoso consiste em assegurar que o sistema possua as seguintes propriedades:

- ✓ Segurança — Os materiais e a mão de obra têm de ser controlada no sentido de evitar que o pavimento construído tenha deficiências de assentamento e desnivelamento do mesmo, diminuindo os risco por parte dos condutores;
- ✓ Aplicabilidade — A superfície do pavimento deve ser plana e lisa, permitindo um condução confortável;
- ✓ Durabilidade — A superfície acabada deve resistir ao desgaste, alto grau de impermeabilização, resistente às mudanças climáticas.

Os requisitos básicos em todos os aspectos devem seguir de acordo com a proposta de projecto e os requisitos estipulados nos standards e Normas.

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

Antes da construção do pavimento de betão, no processo de construção, finalização e as etapas várias, os seguintes documentos devem ser entregues para aprovação e/ou registo:

Antes da construção

- ✓ Relatório do ensaio geológico do local de construção (se necessário);
- ✓ Registo do nivelamento do local de construção (se necessário);
- ✓ Registo de avaliação do local de construção, incluindo a altura;
- ✓ Registo do ensaio de compactação da fundação;
- ✓ Registo do ensaio da camada geotextil/drenagem da fundação;
- ✓ Proposta e plano de compactação para a Sub-base da camada construída, camada da região;
- ✓ Proposta e plano para construção da região da laje de betão;
- ✓ Plano para as juntas;
- ✓ Plano para as amostras e plano para a inspeção.
- ✓ Para diferentes materiais, devem ser submetidos os seguintes documentos:

Materiais tipo para pavimento de betão

- Relatório do ensaio da sub-base e análise granulométrica da fundação;
- Manual do produto e/ou amostras de manta de polietileno;
- Informações das barras reforço ou rede de reforço (Plano e procedimentos de garantia de qualidade para betão reforçado pode ser referido);
- Percentagem do betão, relatório de ensaio do material cru, relatório do ensaio da mistura do betão (Plano e procedimentos de garantia de qualidade para betão reforçado pode ser referido).

Berma de Estrada de Betão Pré-fabricado

- Catálogos do manual da fábrica de pré-fabricação;
- Registo do ensaio da compressão do betão dos últimos seis meses.

Durante o processo da construção ou durante a recepção

- ✓ Registo e relatório do ensaio do local de construção de várias camadas e regiões da Sub-base;
- ✓ Registo de chegada e relatório do ensaio para as barras de reforço e rede de reforço.
- ✓ Registo e relatório de ensaio do pulverização do betão;
- ✓ Registo de chegada e relatórios de ensaio das bermas de betão pré-fabricado.

3. Inspeção, Ensaio e Recepção

Os itens para a inspeção das obras de pavimento de betão, representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Inspeção das Obras de Pavimento de Betão						
Objectivos	Controlo de Material	Controlo de Execução	Frequência da Inspeção	Norma a Cumprir	Nota	
Itens de Inspeção						
Análise do Terreno No local		✓	Antes da Construção	a		
Sub-base	Características Granulométricas	✓		Cada Lote	a	
	Transportação e Armazenagem para os Materiais Granulométricas		✓	Ininterrupto	a	
	Equipamento de espalhamento		✓	Antes da Construção	a	
	Métodos e Procedimentos para Espalhamento de Camadas		✓	Ininterrupto	a	
	Equipamento de Compactação		✓	Antes da Construção	a	
	Métodos e Procedimentos para Compactação de Camadas		✓	Ininterrupto	a	
	Inspeção Visual		✓	Ininterrupto	a	
	Verificação de Altura		✓	Ininterrupto	a	
	Amostra de Campo e Ensaio		✓	Cada Lote	a	
Laje de Betão	Propriedades do Material Cru e da Mistura de Betão	✓		Cada Tipo	a, c	Plano e Procedimentos para betão de aço reforçado pode ser referido
	Propiedades do Produto da Manta de Polietileno	✓		Antes da Construção	a, b	
	Propiedades dos Varões de Aço e Malhas Metálicas, Seu Transporte e Armazenagem	✓		Cada Lote	a, d, e	
	Características do Material de Enchimento para as Juntas	✓		Antes da Construção	a	
	Aplicação da Manta de Polietileno		✓	100% Inspeção	a, b	
	Distribuição e Ligação das Barras de Reforço e Rede de Reforço		✓	Antes da pulverização será totalmente inspeccionado	a, d, e	Plano e Procedimentos para betão de aço reforçado pode ser referido
	Cofragens e Escoramento		✓		a, e	
Transporte do Betão		✓		a, c, e		

	Uniformidade do Betão		✓	Durante a pulverização será totalmente inspeccionado	a, c, e	
	Pulverização do Betão		✓		a, c, e	
	Cura do Betão		✓	100% Inspeção	a, c, e	
	Método de Instalação e Procedimentos do Material de Enchimento das Juntas		✓	Ininterrupto	a	
Bermas	Amostra e Ensaio das Bermas	✓		Cada Lote	a, b	
	Método de Instalação e Procedimentos das Bermas		✓	Ininterrupto	a	

Norma a Cumprir

- a – Especificações Técnicas / Cadernos de Encargos
- b – Fornecedor do Produto / Guia das Especificações do Fornecedor
- c – Norma de Betões [1]
- d – Norma de Aços para Armaduras Ordinárias [2]
- e – Norma de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado [3]

Inspeção, Ensaio e Recepção (Cont.)

Os itens para o ensaio e recepção das obras de pavimento de betão representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Ensaio e Recepção das Obras de Pavimento de Betão								
Itens de Ensaio		Ensaio do Material	Ensaio de Qualidade de Execução	Norma do Ensaio	Frequência Recomendada do Ensaio	Norma a Cumprir	Critério de Aceitação	Nota
Métodos de Ensaio								
Material da Sub-base	Análise Granulométrica	✓		ASTM C 136 [4]	Cada Lote ①	a	-	
	Peso Específico	✓		ASTM C 127 [5] ASTM C 128 [6]		a	-	
	Ensaio de Abrasão na Máquina de Los Angeles	✓		ASTM C 131 [7] ASTM C 535 [8]		a	-	
	Valor Equivalente de Areia	✓		ASTM D 2419 [9]	Em caso de Necessidade ②	a	-	
	Teor de Absorção no Local		✓	ASTM D 4944 [10]	Cada 500m ²	a	-	
	Densidade e limite do material passado em Campo		✓	ASTM D 1556 [11]		a	i	
Laje de Betão	Betão	Mistura de Betão	✓		Plano de Garantia de Qualidade e Procedimentos para betão de aço reforçado pode ser referido	a, c	ii	
		Ensaio de Viscosidade / Abaixamento	✓			a, c	ii	
		Ensaio de Compressão Cúbica	✓			a, c	ii	
		Amostra do Carote	✓			a, c	ii	
		Ensaio de Permeabilidade	✓			a, c	ii	
		Teor em Cloretos	✓			a, c	ii	
	Barras de Reforço	Medição da Dimensão e Peso	✓		Plano de Garantia de Qualidade e Procedimentos para betão de aço reforçado pode ser referido	a, d	ii	
		Ensaio de Ductilidade	✓			a, d	ii	
		Ligação dos Varões de Aço	✓			a, d, e	ii	

Quadro dos Itens para Ensaio e Recepção das Obras de Pavimento de Betão									
Itens de Ensaio		Ensaio do Material	Ensaio de Qualidade de Execução	Norma do Ensaio	Frequência Recomendada do Ensaio	Norma a Cumprir	Critério de Aceitação	Nota	
Métodos de Ensaio									
	Análise da Composição Química	✓				a, d	ii		
	Ensaio de Flexão	✓				a, d	ii		
	Ensaio de Fadiga	✓				a, d	ii		
	Malhas Metálicas	Ensaio de Alongamento	✓		BS 4482 [12]	Cada 10 Toneladas ^③	a, b	iii	
		Corte Directo	✓		BS 4483 [13]		a, b	iii	
Bermas	Amostra do Carote	✓		EN 12504-1 [14]	Cada 1000 Itens ^④	a, b	iv		
	Ensaio de Resist. à Compressão do Carote	✓		EN 12504-1 [14]		a, b	iv		

Nota: Frequência Recomendada de Ensaio

- ① – Um lote de material granulométrica corresponde ao mesmo tipo, tamanho e produzido pelo mesmo fornecedor.
- ② – No caso em que o resultado do ensaio seja requisitado por parte do projecto ou da construção, servindo de referência para a execução da obra de construção; ou que os resultados de ensaio/qualidade de construção tenha uma pertinente implicação, os ensaios devem ser considerados.
- ③ – Uma amostra de dimensão 1m x 1m deverá ser escolhido em cada 10 toneladas de rede reforçada para ensaio.
- ④ – Três amostra devem ser escolhidos apartir de 1000 bermas de betão pré-fabricado para ensaio.

Norma a Cumprir

- a – Especificações Técnicas / Cadernos de Encargos
- b – Fornecedor do Produto / Guia das Especificações do Fornecedor
- c – Norma de Betões [1]
- d – Norma de Aços para Armaduras Ordinárias [2]
- e – Norma de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado [3]

Critério de Aceitação

- i – A densidade do material passado pode ser obtido através dos resultados do ensaio de densidade em campo e através do ensaio de laboratório específico de gravidade. O grau de compactação da Sub-base e da Base pode ser justificado através da densidade do material passado. No caso em que os resultados não correspondam aos requisitos, deverá proceder à posterior compactação da camada dos agregados da área de amostra, e proceder ao novo ensaio da quantidade de água e de densidade em campo.
- ii – No que diz respeito aos requisitos de ensaio do betão e barras de reforço, o plano de garantia de qualidade e procedimentos para betão e barras de reforço pode ser referido.
- iii – Quando o resultado do ensaio não corresponde aos requisitos, deverá ser retirado uma amostra do mesmo lote de recepção para ensaio. No caso em que o resultado não corresponda aos requisitos, todo o lote de recepção é considerado insatisfatório.
- iv – Quando o resultado do ensaio não corresponde aos requisitos, outras três amostras de berma devem ser retiradas do mesmo lote para ensaio. No caso em que os resultados do segundo ensaio não correspondam aos requisitos, todo o lote é considerado insatisfatório.

4. Referências

- [1] Decreto-Lei n.º 42/97/M, Norma de Betões, Governo de Macau
- [2] Decreto-Lei n.º 64/96/M, Norma de Aços para Armaduras Ordinárias, Governo de Macau
- [3] Decreto-Lei n.º 60/96/M, Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, Governo de Macau
- [4] ASTM C 136, Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
- [5] ASTM C 127, Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate
- [6] ASTM C 128, Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate
- [7] ASTM C 131, Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
- [8] ASTM C 535, Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
- [9] ASTM D 2419, Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate
- [10] ASTM D 4944, Standard Test Method for Field Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Calcium Carbide Gas Pressure Tester Method
- [11] ASTM D 1556, Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method
- [12] BS 4482, Specification for cold reduced steel wire for the reinforcement of concrete
- [13] BS 4483, Specification for steel fabric for the reinforcement of concrete
- [14] EN 12504-1, Testing Concrete in Structures - Cored Specimens - Taking, Examining and Testing in Compression