

Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Projecto de Engenharia

Obras de Terraplenagens

1. Generalidades e Campo de Aplicação

A presente secção aplica-se a trabalhos gerais de terraplenagens, incluindo camada de suporte da estrutura, preenchimento do material na zona arredor, fundação da base e nivelamento da zona, etc, executados por camadas a partir dos equipamentos mecânicos (por rolamento, compactação ou vibração), aumentando o esforço transversal, a capacidade de resistência e estabilidade. Por isso, o nível da compactação pertence o mais importante processo para o controlo da qualidade das terraplenagens.

A garantia de qualidade da escavação deve consistir dois requisitos fundamentais:

- ✓ Requisito dos materiais para preenchimento;
- ✓ Requisito dos trabalhos de construção e o nível da compactação geral dos trabalhos construídos;

Os requisitos mencionados anteriormente devem estar de acordo com o projecto, relevantes normas e regulamentos.

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 de terraplenagens para fim de aprovação ou de registo.

Antes da construção

- ✓ Relatórios do estudo geológico (se necessário);
- ✓ Tipo e certificado de origem dos materiais para preenchimento;
- ✓ Relatórios dos ensaios relativos a materiais para preenchimento;
- ✓ Informações para equipamentos como rolo compressor/ equipamentos de compactação no local (incluindo a dimensão, peso, capacidade de compactação e frequência da vibração, etc);
- ✓ Inspeção e livro de instruções dos materiais para drenagem / membranas de filtro
- ✓ Plano de monitorização
- ✓ Método de construção (incluindo preparação da superfície / limpeza do local, método da compactação e procedimento da colocação do material, controlo de absorção da água durante o preenchimento do material, etc)
- ✓ Plano de inspeção

Durante o processo da construção ou durante a recepção

- ✓ Desenhos topográficos da escavação do talude (incluindo actual elevação e área);
- ✓ Relatórios dos ensaios de laboratório para cada tipo de material;
- ✓ Ensaios de recepção (i.e. ensaio de baridade, etc);
- ✓ Telas finais (incluindo topografia e cota após a terraplenagens, etc).

3. Inspeção, Ensaio e Recepção

Os itens para a inspeção de obras de terraplenagens representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Inspeção de Obras de Terraplenagens							
Itens para Inspeção	Objectivos	Desvio da Localização		Controlo de Execução	Frequência da Inspeção	Norma a Cumprir	Nota
		Nível	Elevação				
Controlo do Ponto de Referência		✓	✓	✓	Ininterrupto	--	
Registo Topográficos do Local		✓	✓	✓		--	
Protecção da Vegetação				✓		a, b	
Amostras do Solo no Local dos Materiais Importados / Área da Escavação				✓		b	
Transporte dos Materiais para Preenchimento				✓		b, c	
Materiais para Preenchimento				✓		b, c, d, e	
Procedimento para Preenchimento / Compactação				✓		b, c, d, e	
Controlo da Camada Compactada				✓		b, c, d, e	
Monitorização do Assentamento, Inclinação da Estrutura e Nível Freático				✓		b, c, d, e	
Protecção e Drenagem da Superfície da Zona Preenchida				✓		b, c, d, e	
Materiais de Drenos / Instalação das Membranas de Filtro				✓		b, c, d, e	
Inspeção do Equipamento				✓	Antes da Construção	--	

Nota: Norma a Cumprir

- a – Deliberação ou Regulamento Relevante
- b – Especificações Técnicas do Projecto / Cadernos de Encargos
- c – Regulamento de estruturas de suporte e obras de terra [1]
- d – Manuais Geotécnicas para Taludes [2]
- e – Especificações Gerais para Trabalhos de Engenharia Civil [3]

Inspeção, Ensaio e Recepção (Continuação)

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

Quadro dos Itens para Ensaio e Recepção de Obras de Terraplenagens						
Objectivos	Ensaio Laboratorial	Ensaio no Local	Frequência Recomendada do Ensaio	Norma a Cumprir	Critério de Aceitação	Nota
Análise Granulométrica	✓		Cada 5000M ³ ou quando a origem do material é modificada	a, b ASTM D422 [4]	-	
Ensaio de Limites Atterberg (Limite Líquido, Limite Plástico)	✓			a, b ASTM D4318 [5]	-	
Ensaio CBR do Laboratório	✓			a, b ASTM D1883 [6]	-	
Densidade Seca Máxima (Ensaio de Compactação)	✓			a, b ASTM D698 [7] ASTM D1557 [8]	-	
Ensaio de Cisalhamento Directo do Solo	✓		Se Necessário ¹	a, b ASTM D3080 [9]	-	
Equivalente de Areia	✓			a, b ASTM D2419 [10]	-	
Teor Orgânico	✓			a, b BS1377 [11]	-	
Teor de Sulfato	✓			a, b	-	
Absorção de Água do Solo Após Compactação ¹		✓	Cada 500M ² ²	a, b ASTM D4944 [12]	i	
Ensaio de Baridade ¹		✓	Cada 500M ² ²	a, b ASTM D1556 [13]	i	
Geotêxtil / Ensaio de Resistência dos Drenos Verticais ²	✓		Cada Lote	a, b ASTM D5261 [14] ASTM D4595 [15] ISO 12236 [16]		

Nota: Método da Inspeção

1 – Absorção de Água do Solo Após da Compactação / Ensaio de Baridade

Antes da realização do ensaio de baridade, deve coleccionar amostra do material para preenchimento no fim de proceder ensaio laboratorial, denominado por ensaio de compactação de Proctor modificado, obtendo a densidade seca máxima e teor de absorção da água otimizada. A relativa compactação do material para preenchimento é obtido a partir da comparação do ensaio de baridade e os resultados do ensaio laboratorial.

2 – Geotêxtil / Ensaio de Resistência dos Drenos Verticais

É recomendado a realização dos seguintes ensaios para o material do geotêxtil:

Ensaio do peso por unidade de área (gramagem); ensaio de tracção de faixa larga e ensaio de resistência à perfuração tipo CBR.

Frequência Recomendada do Ensaio

- ① – 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.
- ② – O ensaio da baridade deve ser realizado em camadas divididas em relação a área ensaiada. As camadas divididas devem respeitar os seguintes critérios:
 - ✎ 1.1m abaixo da superfície final do material preenchido;
 - ✎ 0.5m abaixo da superfície final do material preenchido;
 - ✎ Superfície final do material preenchido.

Norma a Cumprir

- a – Especificações Técnicas do Projecto / Cadernos de Encargos
- b – Regulamento de estruturas de suporte e obras de terra [1]

Critério de Aceitação

- i – Através do resultado do ensaio da baridade em comparação com o resultado da densidade seca máxima obtida no ensaio laboratorial consegue-se a compactação relativa. No caso em que o resultado da compactação não satisfaz os requisitos dos relativos regulamentos ou especificações técnicas / cadernos de encargos, é recomendado uma re-compactação ou re-rolamento da área preenchida até estar de acordo com os requisitos.

4. Referências

- [1] Decreto-Lei n.º 32/97/M, Regulamento de estruturas de suporte e obras de terra, Governo de Macau
- [2] 斜坡岩土工程手冊, 土力工程處, 土木工程署, 香港特別行政區政府
- [3] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region
- [4] ASTM D422, Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils
- [5] ASTM D4318, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
- [6] ASTM D1883, Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils
- [7] ASTM D698, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort
- [8] ASTM D1557, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
- [9] ASTM D3080, Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions
- [10] ASTM D2419, Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate
- [11] BS1377, Methods of test for soils for civil engineering purposes
- [12] ASTM D4944, Standard Test Method for Field Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Calcium Carbide Gas Pressure Tester Method
- [13] ASTM D1556, Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method
- [14] ASTM D5261, Standard Test Method for Measuring Mass per Unit Area of Geotextiles
- [15] ASTM D4595, Standard Test Method for Tensile Properties of Geotextiles by the Wide-Width Strip Method
- [16] ISO12236, Static Puncture Test (CBR Test)