

## Plano e Procedimentos da Garantia para Projeto de Engenharia

### Obras de Aterramento Marítimo

#### 1. Generalidades e Campo de Aplicação

Aplica-se aos trabalhos de aterramento marítimo em geral, incluindo a aterramento de terras frescas, a aterramento de caminhos marítimos/fluviiais/aterros de pontes e a aterramento para outros trabalhos marítimos. Nesta região, o fundo do mar é frequentemente intercalado por uma camada de lama marinha incompletamente consolidada e, quando não é possível remover esta camada, as cargas geradas pelo solo e rocha aterrados resultarão na compressão e consolidação da camada de lama marinha, resultando na subsidência da superfície do solo, que pode ser minimizada por técnicas de aterramento adequado. Além disso, procedimentos de aterramento inadequados podem causar o deslocamento lateral do lodo do fundo do mar por compressão do fundo do mar para a área circundante, o que pode afetar as fundações de edifícios próximos ou pontes existentes. Por conseguinte, o controlo dos materiais de enchimento, a monitorização do processo de enchimento, a aceitação e a monitorização a longo/curto prazo devem ser cuidadosamente realizados para garantir que a qualidade global do aterramento marítimo cumpre os requisitos dos regulamentos e normas relevantes.

A garantia de qualidades de aterramento marítimo deve consistir quatro requisitos fundamentais:

- ✓ Requisitos para materiais de enchimento;
- ✓ Requisitos para o controlo faseado da construção do processo de aterramento marítimo/pavimentação;
- ✓ Requisitos para o controlo da qualidade do tratamento da base macia do aterramento marítimo (se aplicável);
- ✓ Requisitos para a compactação/consolidação geral, resistência ao cisalhamento e aceitação do aterramento marítimo.

Os requisitos fundamentais referidos devem estar de acordo com o projecto, relevantes normas e regulamentos.

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

O projecto de aterramento marítimo e o seu período de execução, devem seguir os requisitos da obra, submetendo os seguintes documentos para aprovação ou registo:

Antes de construção

- ✓ Relatório de sondagem geológica do sítio;
- ✓ Prova do tipo e da origem do material de aterramento marítimo (com data não superior a 6 meses).
- ✓ Relatório de ensaio dos materiais de aterramento marítimo (com data não superior a 6 meses).
- ✓ Informações sobre o equipamento de rolamento, compactação e melhoramento de solos moles no local (incluindo dimensão, peso, energia de compactação, frequência de vibração ou potência de bombagem do equipamento);
- ✓ Inspeção e especificação da qualidade do material de drenagem/filtro/membrana de

selagem (com data não superior a 6 meses);

- ✓ Programa de construção (incluindo método de aterramento marítimo, preparação da base/desobstrução do local, planícies de maré, procedimentos de compactação/colocação, controlo do teor de humidade no local durante o aterramento marítimo, etc.);
- ✓ Programa de monitorização (incluindo informações sobre o equipamento de monitorização relevante);
- ✓ Programa de inspeção e aceitação;
- ✓ Programa de monitorização a longo prazo.

Durante o processo da construção ou durante a recepção

- ✓ Desenhos topográficos da escavação do talude (incluindo actual elevação e área);
- ✓ Relatórios de progresso e registos de construção;
- ✓ Relatórios de ensaio;
- ✓ Relatórios de controlo;
- ✓ Ensaio de recepção (por exemplo, ensaio de densidade do local para cada camada de enchimento);
- ✓ Telas finais (incluindo topografia e cota após a terraplenagens, etc).

### 3. Inspeção, Ensaio e Recepção

Os itens para a inspeção das obras de aterramento marítimo representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para a Inspeção de Obras de Aterramento Marítimo							
Oobjectivos Itens para Inspeção	Desvio da Localização		Controlo de Execução	Frequência da Inspeção	Norma a Cumprir	Nota	
	Horizontal	Vertical					
Controlo do Ponto de Referência	✓	✓	✓	ininterrupto	b		
Registo Topográficos do Local	✓	✓	✓		b		
Proteção da Vegetação			✓		a, b		
Amostras do Solo no Local dos Materiais Importados/Área da Escavação <sup>1</sup>			✓		b		
Transporte dos Materiais para Aterramento Marítimo <sup>2</sup>			✓		b,c		
Materiais para Aterramento Marítimo			✓		b, c, d,		
Monitorização da Substituição do solo in situ <sup>3</sup>	✓	✓	✓		d	Se aplicável	
Procedimento para Preenchimento/compactação			✓		b, c, d		
Controlo da Camada Compactada			✓		b, c, d		
Monitorização do Assentamento, Inclinação e do Nível/Pressão da Água			✓		b, c, d, e		
Materiais de Drenos/Instalação das Membranas de Filtro <sup>4,5</sup>	✓	✓	✓	Cada Lote	b, c, d, g		
Diques de ensacamento cheios <sup>6</sup>	✓	✓	✓	Se necessário	g		
Protecção e Drenagem da Superfície da Zona Preenchida			✓	Se necessário	b, c, d,		
Inspeção do Equipamento			✓	Antes da Construção	--		
(Método de pré-pressão por vácuo) Tratamento de solos moles	Secções por divisão <sup>7</sup>	✓	✓	✓	ininterrupto	e	
	Parede de selagem/filme de selagem <sup>8</sup>	✓	✓	✓		e, f	
	Espessura/material da camada filtrante <sup>9,10,11</sup>	✓	✓	✓		e, g	
	Vácuo/Pressão sob a membrana <sup>12</sup>			✓		e	
	Procedimento de descarga <sup>13</sup>			✓	Cada secções por divisão	e	

Nota: Norma a cumprir

- a – Regulamento de Estruturas de suporte/Cadernos de Encargos
- b – Especificações Técnicas do Projecto
- c – Portaria relativa aos serviços municipais n.º2/CMI/92
- d – General Specification For Civil Engineering Works - 2006
- e – JTS 147-2 [17]
- f – JGJ 79 [21]
- g - JTS/T 148 [19]

Itens de inspeção

- 1 - Por exemplo, a licença legal de extração da pedreira.
- 2 - Incluindo todos os tipos de licenças para embarcações de transporte, registos de número de embarcações, registos de quantidade de areia, etc.
- 3 - Se o projeto envolver a substituição/escavação de solo (“lodo”) na sua localização original, a profundidade e a área de escavação devem ser monitorizadas de acordo com as especificações técnicas ou orientações relevantes.
- 4 - Salvo indicação em contrário na especificação técnica, o material do painel de drenagem deve ter uma função de sondagem de profundidade que pode ser obtida por meio de um fio de cobre interno.
- 5 - Salvo indicação em contrário nas especificações técnicas do projeto, os painéis de drenagem de plástico a cravar nas fundações devem ser painéis inteiros e, quando forem necessárias juntas sobrepostas, cada painel de drenagem de plástico não deve ter mais do que uma junta e o número de painéis de drenagem de plástico com juntas não deve exceder 10% do número total, não devendo os painéis de drenagem de plástico vizinhos ter juntas à mesma profundidade. O comprimento da volta do quadro de drenagem de plástico não deve ser inferior a 200 mm, além disso, o desvio de posicionamento do quadro de drenagem de plástico deve ser inferior a 30 mm em terra, e o desvio entre a boca do tubo e a marcação da posição do quadro não deve ser superior a 50 mm, enquanto o desvio de posicionamento não deve ser superior a 50 mm quando a construção é feita no mar, e o desvio entre a posição plana do invólucro e a posição do quadro determinada pelo navio não deve ser superior a 50 mm.
- 6 - Salvo indicação em contrário nas especificações técnicas do projeto, os desvios admissíveis para o enchimento de aterros com sacos são indicados no quadro seguinte.: (JTS/T 148[19] Quadro10.3.14)

Nº	Itens	Desvio admissível (mm)
1	Comprimento do saco	±500
2	Largura máxima da junta local entre sacos adjacentes	20
3	Elevação do topo do aterro	Terra±100
		Subaquático±150
4	Desvio do eixo do topo do aterro	Terra±500
		Subaquático±1500

- 7 - A menos que indicado na especificação técnica do projeto, quando a gama de pré-pressão de vácuo é maior, a área da divisória é adequada para ser de 20.000 a 40.000 metros quadrados.
- 8 - A parede de vedação tem geralmente a forma de pilha de mistura de cimento ou pilha de pulverização rotativa de alta pressão, etc., que pode ser efectuada de acordo com a especificação da JGJ 79 “Especificação técnica para o tratamento de fundações de edifícios” [21].
- 9 - Material e espessura da camada filtrante, salvo especificação técnica do projeto, o material granular é geralmente com teor de lama não superior a 5%, a espessura da camada filtrante não deve ser inferior a 0,4m, o coeficiente de permeabilidade do material filtrante não deve ser inferior a 5x10<sup>-3</sup>cm/s, e a densidade a seco não deve ser inferior a 15kN/m<sup>2</sup>.

- 10 - A menos que indicado nas especificações técnicas do projeto, quando houver pedras lançadas sobre a camada de geotêxtil, deve ser colocada uma camada protetora de gravilha ou cascalho sobre o geotêxtil, devendo a espessura da camada protetora ser de 200mm~300mm.
- 11 - Para além das especificações técnicas do projeto, o comprimento de sobreposição da camada filtrante de geotêxtil colocada adjacente ao talude da margem não deve ser inferior a 1000mm para construção subaquática (com um desvio admissível de  $\pm L/5$ , L é o comprimento de sobreposição), e não inferior a 500mm para construção a seco/terra (com um desvio admissível de  $\pm L/10$ , L é o comprimento de sobreposição).
- 12 - Salvo indicação em contrário nas especificações técnicas, o nível de vácuo sob a membrana não deve ser inferior a 80 kPa; se este valor não puder ser atingido no prazo de 10 dias, a bomba ou a membrana de vácuo devem ser verificadas quanto a danos.
- 13 - Salvo indicação em contrário nas especificações técnicas, o procedimento de descarga deve ser efectuado em 3 fases, com 1/3 do número total de bombas paradas de cada vez, e 2 dias entre cada fase; os critérios de descarga devem ser o tempo de carga constante especificado, a taxa de assentamento, o grau de consolidação, o assentamento após o trabalho e os valores característicos da carga da fundação.

### Inspeção, Ensaio e Recepção (Continuação)

Os itens para o ensaio e recepção das obras de aterramento marítimo são representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Ensaio e Recepção de Obras de Aterramento Marítimo						
Objectivos Itens para Inspeção	Ensaios de Materiais	Ensaio no Local	Frequência Recomendada do Ensaio	Norma a Cumprir	Critério de Aceitação	Nota
Análise Granulométrica	✓		Cada 5000M <sup>3</sup> ou quando a origem do material é modificada	a,b ASTM D422 [4]	ii	
Ensaio de Limites Atterberg (Limite Líquido, Limite Plástico)	✓			a,b ASTM D4318 [5]	iii	
Ensaio CBR do Laboratório	✓			a,b ASTM D1883 [6]		
Ensaio de Densidade máxima do solo (método da mesa agitadora)	✓			a,b ASTM D4253 [7]		
Densidade Seca Máxima (Ensaio de Compactação Modificado)	✓			a,b ASTM D1557 [8]		
Ensaio de Cisalhamento Directos do Solo	✓		Se necessário ①	a,b ASTM D3080 [9]		
Equivalente de Areia	✓			a,b ASTM D2419 [10]		
Teor Orgânico	✓			a,b BS1377 [11]	iii	
Teor de Sulfato	✓			a, b	iii	
Absorção de Água do Solo Após Compactação		✓	Cada 500m <sup>2</sup>	a,b ASTM D4944 [12]	i	
Ensaio de Baridade		✓	Cada 500m <sup>2</sup>	a,b ASTM D1556 [13]	i	

Quadro dos Itens para Ensaio e Recepção de Obras de Aterramento Marítimo							
Objectivos	Ensaios de Materiais	Ensaio no Local	Frequência Recomendada do Ensaio	Norma a Cumprir	Critério de Aceitação	Nota	
Itens para Inspeção							
Geotêxtil/Ensaio de Resistência dos Drenos Verticais <sup>1</sup>	✓		Cada Lote	a,b ASTM D5261 [14] ASTM D4595 [15] ISO 12236 [16] JTS 206-1 [18] JTS/T 148 [19] GB/T 17641 [20]			
(Método de pré-pressão por vácuo) Tratamento de solos moles	Ensaio de desempenho do painel de drenagem <sup>1</sup>	✓		Cada Lote	a JTS 206-1 [18] JTS/T 148 [19]		
	Ensaio de tecido/geotêxtil <sup>1</sup>	✓		Cada Lote	a JTS/T 148 [19] GB/T 17641 [20]		
	Ensaio de desempenho de membrana de vedação <sup>1</sup>	✓		Cada Lote	a JTS 147-2 [17]		
	Ensaio de placa cruzada/penetração padrão/teste de sonda eléctrica		✓	Cada secções por divisão	a GB5007 [22]	iv	
	Ensaio de carga da fundação composto		✓	Se necessário ❶	a JGJ 79 [21]		

Nota: Método de Inspeção

- 1 - Os conteúdos de ensaio relevantes dos geossintéticos/geotêxteis, com exceção dos indicados nas especificações técnicas, podem referir-se aos requisitos relevantes do Quadro 12.2.1 e do Quadro 12.2.9 da norma JTS/T 148 [19].

Frequência Recomendada do Ensaio

- ❶ - Os resultados dos ensaios devem ser tidos em conta quando os requisitos de concepção ou construção das obras exigirem uma consideração específica dos resultados dos ensaios como indicador das obras, ou quando os resultados/parâmetros dos ensaios tiverem um impacto significativo na construção ou na qualidade das obras.

Norma a Cumprir

- a – Especificações Técnicas/Cadernos de Encargos  
b – Regulamento de Estruturas de Suporte e Obras de Terra [1]

Critério de Aceitação

- i – A comparação dos resultados dos ensaios de densidade no terreno com os resultados da densidade máxima seca do solo no laboratório dará um grau relativo de compactação no terreno. Sempre que o grau de compactação não satisfaça os requisitos dos estatutos ou das normas técnicas/contratuais aplicáveis, recomenda-se uma compactação ou rolagem adicional para obter resultados óptimos e satisfazer os requisitos da especificação, o que pode ser feito através de um ensaio de compactação no terreno ou de uma análise de campo.
- ii – Os critérios de Aceitação estão de acordo com Especificações Técnicas/Cadernos de Encargos, salvo indicação em contrário, consultar General Specification For Civil Engineering Works, table 21.1 [3].
- iii – Os critérios de Aceitação estão de acordo com Especificações Técnicas/Cadernos de Encargos, salvo

indicação em contrário, consultar General Specification For Civil Engineering Works, clause 6.09 [3]

iv – O objetivo do ensaio de placa transversal/penetração normalizada/penetração dinâmica é principalmente derivar os valores próprios da capacidade de suporte da fundação, que não devem ser inferiores a 80kPa, exceto se especificado na Especificação Técnica do projeto.

#### 4. Referências

- [1] 擋土結構與土方工程規章, Regulamento de estruturas de suporte e obras de terra
- [2] 斜坡岩土工程手冊 – 香港土木工程署
- [3] General Specification For Civil Engineering Works – The Government of 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 D4253, Maximum Index Density and Unit Weight of Soils Using a Vibratory Table
- [8] ASTM D1557, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort
- [9] ASTM D3080, Standard Test Method for Direct Shear Test of Soil under Consolidated Drainage Conditions
- [10] ASTM D2419, Standard Test method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate
- [11] BS1377, Methods for Test for Soil for Civil Engineering Purpose
- [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 for Density and Unit Weight of Soil in Place by 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)
- [17] JTS 147-2, 真空預壓加固軟土地基技術規程
- [18] JTS 206-1, 水運工程塑料排水板應用技術規程
- [19] JTS/T 148, 水運工程土工合成材料應用技術規程
- [20] GB/T 17641, 土工合成材料裂膜絲機織土工布
- [21] JGJ 79, 建築地基處理技術規範
- [22] GB5007, 建築地基基礎設計規範
- [23] JTS 257, 水運工程質量驗收標準