Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Projecto de Engenharia

Obras de Escavação Escorada

1. Generalidades e Campo de Aplicação

A presente secção aplica-se a obras de escavação com contenção de terra e sistema de suporte (incluindo escoramento temporário ou permanente), nomeadamente como escavação da cave, escavação para muro de suporte, escavação para talude especial, escavação para tubagens, etc. A secção tem como objectivo de garantir a estabilidade, a segurança, a conveniência e cumprimento dos requisitos dos relativos regulamentos e especificações técnicas relativo a estrutura de contenção de terra durante e após da escavação. Em geral, a escavação para contenção de terra inicia após a execução da estrutura da contenção, onde a escavação é reforçada pelo escoramento e só após da inspecção se prossegue para outra camada de escavação. Sendo o facto da estrutura metálica (vigas de aço com secção H e estacas-prancha de aço) e estrutura de betão armado, soluções mais adoptadas em Macau, a presente secção focaliza principalmente nos requisitos dos referidos materiais de contenção da terra e de escoramento.

Estruturas temporárias ou permanentes de contenção de terra, geralmente, utilizadas são:

- ✓ Estacas-prancha de aço
- ✓ Cortinas de Estacas (ex. Estacas Perfuradas tipo *"Auger"*)
- ✓ Estacas moldadas no local
- ✓ Estacas de betão pré-fabricadas
- ✓ Cortinas de estacas (contenção lateral)
- ✓ Paredes de diafragma

Sistemas de escoramentos temporários ou permanentes, geralmente, utilizados são:

- ✓ Estruturas de escoramentos metálicos;
- ✓ Sistemas de ancoragens pré-esforçadas;
- ✓ Paredes de contenção de terra.

A garantia da qualidade da escavação escorada deve incluir os seguintes requisitos básicos:

- ✓ Requisito do material da estrutura de contenção de terra e a integridade da estrutura antes de escavação;
- ✓ Requisitos da conformidade e segurança durante a escavação, incluindo o procedimento/método da escavação apropriada, sistema de escoramento, controlo da superfície da escavação, controlo do nível freático / controlo da pressão do solo, protecção da vegetação existente, monitorização das construções vizinhas ou taludes, etc.
- ✓ Requisito da estabilidade da superfície escavada, sistema de escoramento, etc (ex. monitorização a longo / curto prazo e verificação da consistência entre o projecto e a actual situação).

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 escavação para fim de aprovação ou de registo.

Antes da construção

- ✓ Monitorização dos edifícios vizinhos e medidas de protecção;
- ✓ Registo da vegetação existente (se aplicável);
- ✓ Relatórios do estudo geológico;
- ✓ Plano de monitorização (incluindo a longo e curto prazo);
- ✓ Tipos e descrições das instalações para contenção de terra e sistema de escoramento;
- ✓ Informações detalhadas dos materiais das instalações para contenção de terra, incluindo certificado de produção dos materiais dos produtos de aço, informações da mistura inicial e especificações do betão, cimento, agregados, adjuvantes e aditivos, etc);
- ✓ Bilhetes de identificação dos trabalhadores (ex. Certificado de qualificação da soldadura, do procedimento de soldadura, etc);
- ✓ Método de construção (incluindo projecto do sistema do escoramento temporário/permanente, procedimento da construção, método da escavação, medidas de contingência e desenhos de construção, etc);
- ✓ Medidas de protecção temporária durante a escavação e após a escavação;
- ✓ Plano de inspecção.

Durante o processo da construção ou durante a recepção

- ✓ Desenhos topográficos da escavação (incluindo a actual elevação e área);
- ✓ Relatórios de ensaios das amostras do solo e rocha (se necessário);
- ✓ Relatórios de análise da monitorização regular das instalações para contenção de terra e sistema de escoramento;
- ✓ Registos da construção e instalação;
- ✓ No caso da estrutura permanente para contenção de terra, deve submeter registos de ensaios e relatórios;
- ✓ Telas finais (incluindo desenhos de elevação / mapas do contorno da área aós da escavação, e No caso de estrutura permanente para contenção de terra, deve submeter relativas telas finais).

3. Inspecção, Ensaio e Recepção

Os itens para a inspecção de obras de escavação escorada representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Inspecção de Obras Escavação Escorada

Objectivos / Itens para Inspecção	Desvio da Localização			Controlo de Contrução	Frequência da Inspecção	Norma de Referência	Nota
	Nível	Elevação	Gradiente				
Controlo do Ponto de Referência	✔	✔	✔	✔	Ininterrupto	b	
Registo das Condições da Obra Inicial	✔	✔	✔	✔		a, b	
Monitorização da Segurança da Escavação e Edifícios Vizinhos [4]				✔		a, c, e	
Registo da Escavação do Solo / Rocha				✔		a, b	
Nível Freático / Bombagem da Água [1]				✔		a, b	
Monitorização da Área Afectada das Construções Vizinhas ou Taludes				✔		a, b, c	
Controlo da Profunidade da Escavação				✔		b	
Volume da Escavação				✔		b	
Execução, Inspecção e Monitorização das Instalações para Contenção de Terra e Sistema de Escoramento[2]				✔		b, c	
Monitorização dos Trabalhos do Preenchimento do Extradorso da Parede [3]				✔		a, b	
Protecção e Drenagem da Superfície da Escavação				✔		a, b	
Protecção da Vegetação				✔	Se Necessário	d	
Inspecção do Equipamento				✔	Antes da Construção	--	

Nota: Itens para Inspecção

1 – Nível Freático / Bombagem de Água

Bombagem de água / Redução de pressão são utilizados em alguns projectos de escavação profunda no fim de rebaixar o nível freático de acordo com as necessidades do projecto. Todavia, demasiada bombagem de água pode causar assentamento da fundação, afectando as construções vizinhas e instalações públicas, por isso, o nível freático deve manter numa profundidade segura. No entanto, para alguns casos, onde a probabilidade da ocorrência de erosão interna *("piping")* é grande, sugere-se o aumento da profundidade doas estacas-pranchas.

2 – Execução, Inspecção e Monitorização das Instalações para Contenção de Terra e Sistema de Escoramento

Relativamente a execução, inspecção e monitorização das instalações para contenção de terra e sistema de escoramento, para estrutura de contenção de terra pertencente a categoria 2 e 3 do Regulamento de Fundações [4] ou estrutura permanente para contenção de terra, os trabalhos de inspecção relativa devem ser realizada de acordo com as características do material da estrutura:

- Os requisitos da inspecção relativo a estruturas de aço podem consultar ao "Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Estruturas de Aço";
- A profundidade das estacas-pranchas de aço deve estar de acordo com o requisito da profundidade;
- A precisão da instalação da escora horizontal, diagonal e coluna do aço em secção H.

Estrutura do betão armado

- Os requisitos da inspecção relativo a estruturas de aço podem ser consultados no "Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Estrutura de Betão Armado" e "Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Estacas Moldadas no Local"

3 – Monitorização dos Trabalhos do Preenchimento do Extradorso da Parede

Os requisitos da inspecção e monitorização dos trabalhos do preenchimento do extradorso da parede podem ser consultados no "Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Estruturas de Terraplenagens";

4 – Monitorização da Segurança da Escavação e Edifícios Vizinhos

Durante a escavação, a monitorização permite estudar a segurança dos edifícios vizinhos, superfície do solo e área escavada, analisando o efeito causado pelo assentamento, inclinação dos edifícios vizinhos, assentamento da superfície do solo, deslocamento lateral máximo, esforço axial da escora, compressão do solo, assentamento da coluna e levantamento do solo, etc. Podem-se consultar no "Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Fundações". Devem sempre satisfazer os requisitos relativos dos Cadernos de Encargos ou especificações do projecto; Para casos da indisponibilidade dos referidos condições, devem respeitar os requisitos do DBJ/T 15-20[13] para a monitorização.

Norma a Cumprir

a – Regulamento de Estruturas de Suporte e Obras de Terra [1]
b – Manuais Geotécnicas para Taludes [2]
c – Especificações Técnicas do Projecto / Cadernos de Encargos
d – Deliberação ou Regulamento Relevante
e – Guia de Dimensionamento Fundacoes [3]

Inspecção, Ensaio e Recepção (Continuação)

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

Quadro do Itens para Ensaio de Obras de Escavação Escorada

Objectivos / Itens para Inspecção	Análise do Solo	Estabilidade da Escavação	Sistema do Escoramento	Frequência Recomendada do Ensaio	Norma a Cumprir	Critério de Aceitação	Nota
Análise Granulométrica	✔			Se Necessário ❶	a, f, g	i	Antes da escavação
Ensaio de Limites Atterberg	✔				b, f, g	i	Antes da escavação
Ensiao Triaxial	✔				c, f, g	i	Antes da escavação
Absorção de Água no Local	✔	✔			d, f, g	i	Antes / Após da escavação
Peso Específico	✔				e, f, g	i	Antes da escavação
Ensaio de Recepção do Produto de Aço [1]			✔	Se Necessário ❷	-	-	
Ensaio Não-destrutivo da Junta Soldada[1]			✔	Se Necessário ❷	-	-	
Ensaio do Material de Betão Armado [2]			✔	Se Necessário ❷	-	-	
Ensaio do Revestimento para Protecção de Corrosão [3]			✔	Se Necessário ❸	-	-	
Ensaio da Resistência da Membrana do Filtro / Geotêxtil [4]			✔	Se Necessário ❸	-	-	

Nota: Método da Inspecção

1– Para ensaio da recepção do produto de aço e ensaio não-destrutivo da junta soldada pode ser consultado no "Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Estruturas de Aço";

2 – Para ensaio do material de betão armado pode ser consultado no "Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Estruturas de Betão Armado".

3 – Para ensaio do revestimento para Protecção de Corrosão pode ser consutlado no "Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Trabalhos de Pintura".

4 – Para ensaio da resistência da membrana do filtro / geotêxtil pode consultar ao "Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Terraplenagens".

Frequência Recomendada do Ensaio

❶ – 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.

❷ – No caso em que a estrutura para contenção de terra pertencente a a categoria 2 e 3 do Regulamento de Fundações [4] ou estrutura permanente para contenção de terra, os trabalhos de inspecção relativa devem ser realizada de acordo com as características do material da estrutura, frequência recomendada do ensaio para cada material, norma de referência e critério de aceitação, etc. Estes podem ser consultadas no relativo plano e procedimento da garantia de qualidade.

❸ – No caso referidos em ponto ❷ onde a estrutura para contenção de terra necessita a aplicação da pintura anti-corrosiva ou materias como geotêxtil / membrana do filtro, os trabalhos de inspecção relativa devem ser realizada de acordo com as características do material da estrutura, frequência recomendada do ensaio para cada material, norma de referência e critério de aceitação, etc. Estes podem ser consultadas no relativo plano e procedimento da garantia de qualidade.

Norma a Cumprir

a – ASTM D422 [5]
b – ASTM D4318/D427 [6]
c – ASTM D2850/D4767 [7]
d – ASTM D4944 [8]
e – ASTM D854 [9]
f – Manuais Geotécnicas para Taludes [2]
g – Especificações Técnicas do Projecto / Cadernos de Encargos

Critério de Aceitação

i - No caso em que os resultados não estão de acordo com os requisitos do ensaio, recomenda-se a modificação do método de construção, como diminur taludes temporários, aumentar o escoramento temporário, etc.

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] Guia de Dimensionamento Fundações, Direcção dos Serviços de Solos, Obras Públicas e Transportes

[4] Decreto-Lei n.º 47/96/M, Regulamento de Fundações, Governo de Macau

[5] ASTM D422, Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils

[6] ASTM D4318, Standard Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
ASTM D427, Test Method for Shrinkage Factors of Soil by the Mercury Method

[7] ASTM D2850, Standard Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils
ASTM D4767, Standard Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils

[8] ASTM D4944, Standard Method for Field Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Calcium Carbide Gas Pressure Tester Method

[9] ASTM D854, Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer

[10] 基礎工程施工規範與解說，科技圖書

[11] 土壤力學理論與應用，科技用書，游啟亨
[12] GB50202，建築地基基礎工程施工質量驗收規範
[13] DBJ/T 15-20，建築基坑工程技術規程