Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Projecto de Engenharia

Obras de Mini-estacas

1. Generalidades e Campo de Aplicação

A presente secção aplica-se a trabalhos do controlo de qualidade relativo aos materiais e execução de mini-estacas / micro-estacas. O corpo da estaca é formado a partir de tubo de protecção permanente , armadura de aço e argamassa. Geralmente, o diâmetro de estaca é de 400mm, com 219mm e 273mm de diâmetro exterior para tubo de protecção em aço. Esta secção tem como objectivo de conduzir uma descrição detalhada sobre a execução de mini-estacas, onde é executada através de perfurador até a profundidade pré-definida, colocando o tubo de protecção e armadura e de seguida betonada por argamassa dentro do tubo de betonagem até a altura definido no projecto.

A garantia da qualidade de mini-estacas deve incluir os seguintes requisitos básicos:

- ✓ Requisitos de inspecção da qualidade do material de estacas;
- ✓ Requisitos da precisão geométrica da instalação, incluindo o desvio em relação ao centro (precisão de horizontalidade) e inclinação da estaca (precisão de verticalidade);
- ✓ Ensaios para verificação da capacidade de carga, incluindo ensaio de carga estática (SLT), etc.

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 da instalação de obras de mini-estacas para fim de aprovação ou de registo.

Antes da construção

- ✓ Relatórios do estudo geológico;
- ✓ Monitorização dos edifícios vizinhos e medidas de protecção incluindo plano de monitorização de segurança;
- ✓ Informações dos equipamentos de execução, incluindo equipamentos de perfuração, bate-estacas do tubo de protecção tipo “casing” e todas as especificações dos equipamentos da construção;
- ✓ Plano de construção, incluindo o transporte, armazenamento, plano logístico, equipamentos mecânicos, procedimento de construção, controlo de qualidade e de execução, controlo de segurança e medidas de contingência para casos de emergência, etc;
- ✓ Informações técnicas detalhadas e relativos relatórios de ensaio do material, incluindo o material de betão, de aço, conector, tubo de protecção, etc. Relativamente aos requisitos das informações técnicas do betão e aço referidos, podem ser consultados no “Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade dos Trabalhos de Betão Armado”.
- ✓ Caso seja necessário a utilização de tubo de proteção parcial ou total para a sua protecção da cabeça ou corpo de estaca, onde a ligação entre tubos é feito através de soldadura, deve ser submetido o certificado válido da qualificação do soldador. Os relativos requisitos podem ser consultados no “Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade das Obras de Estrutura de

Aço".

- ✓ Caso o tubo de protecção seja embutido de forma permanente, onde vai ser suportado carga após da execução de estacas, deve ser submetido os seguintes documentos:
  - ✓ Certificado de origem do material de aço, incluindo a sua origem, dimensão, peso, propriedades físicas e químicas, etc;
  - ✓ Requisitos sobre a camada de revestimento/camada de protecção do aço. Os relativos requisitos podem ser consultados no "Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade do Revestimento/Pintura";
  - ✓ Plano de amostra e inspecção para soldadura e camada de protecção, incluindo informações da terceira entidade responsável para testes de inspecção e ensaio;
  - ✓ Especificações de procedimento para a execução de soldadura ("WPS") e registo de procedimento da execução da soldadura ("PQR"), etc.
- ✓ Plano geral de inspecção para mini-estacas, incluindo informações da terceira entidade responsável para testes de inspecção e ensaio do material de estaca e trabalhos de recepção.

Durante o processo da construção ou durante a recepção

- ✓ Registos e relatórios de ensaios de estacas;
- ✓ Os registos da instalação de estacas na obra, incluem:
  - ➢ Método de escavação e equipamentos relativos;
  - ➢ Plano de localização de estacas e número de referência;
  - ➢ Comprimento do tubo de protecção tipo "casing", instalação e a sua recuperação;
  - ➢ Descrição da situação real relativo o estrato subterrânea e nível freático, etc;
  - ➢ Caso especial ocorrido durante a execução, incluindo a execução da gaiola de aço e betonagem de argamassa;
  - ➢ Quantidade de argamassa utilizada;
  - ➢ Localização da substituição de estacas, seu diâmetro, comprimento e número de estacas;
  - ➢ Registos do desvio da cabeça de estaca (horizontal, vertical e ângulo de inclinação), etc.
- ✓ Relatórios dos ensaios no local (incluindo relatório da inspecção visual da ligação de soldadura, inspecção não-destrutiva de soldadura, ensaio de integridade e capacidade de carga, etc).
- ✓ Plantas de telas finais.

3. Inspecção, Ensaio e Recepção

Os itens para a inspecção de obras de mini-estacas representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Inspecção de Obras de Mini-Estacas

Itens para Inspecção \ Objectivos	Desvio da Localização			Controlo de Execução	Controlo de Material	Frequência da Inspecção	Norma a Cumprir	Nota
	Horiz.	Vert.	Inclinação					
Controlo do Ponto de Referência	✔	✔		✔		100% Inspecção	a, b, c, d	
Monitorização de Segurança da Obra e Edifícios Vizinhos [1]				✔		Se necessário❶	a, b, c	
Número do Lote e Classe dos Materiais					✔	100% Inspecção	c, e	
Qualidade Visual					✔	100% Inspecção	c	
Dimensão Normalizada					✔	100% Inspecção	c, e	
Armazenamento e Transporte dos Materiais					✔	100% Inspecção	c, e	
Inspecção do Equipamento[2]				✔		Antes da Construção	-	
Controlo da Precisão de Execução[3]	✔	✔	✔	✔		100% Inspecção	a, b, c, d	
Tubo de Protecção Embutido[4]				✔		100% Inspecção	c	
Ligação do Tubo de Protecção[5]				✔		100% Inspecção	c	
Perfuração[6]				✔		100% Inspecção	c	
Profundidade da Base de Estaca				✔		100% Inspecção	c	
Limpeza e Inspecção da Base de Estaca[7]				✔		100% Inspecção	c, d	
Execução, Instalação e Ligação da Gaiola de Aço				✔		100% Inspecção	c, d	
Betonagem / Colocação de Argamassa[8]				✔		100% Inspecção	c, d	
Tratamento da Cabeça de Estaca				✔		100% Inspecção	a, b, c	
Condições do Ambiente de Execução para Revestimento				✔		100% Inspecção	a, b, c	
Qualidade Visual da Camada de Pintura/Camada de Protecção Anti-Corrosiva[9]				✔		100% Inspecção	c, e	

Nota: Itens para Inspecção

1– Monitorização de Segurança da Obra e Edifícios Vizinhos
A monitorização de segurança aos edifícios vizinhos pode ser realizada através do medidor de assentamento, de inclinação, de fissuras e geofone, etc no fim de estudar as vibrações causadas pelos equipamentos de execução em relação aos edíficios e analisá-los em termos da segurança. Os detalhes

podem ser consultados no “Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Monitorização da Segurança Geotécnica”.

2 – Inspecção dos Equipamentos de Cravação

Geralmente, inclui máquina de perfuração, bate-estacas para tubo de protecção tipo “casing” e outros ferramentas e equipamentos de execução.

3 – Controlo da Precisão de Execução

Como a precisão de cravação afecta a capacidade de carga, o desvio em relação ao centro, a fundação em geral e ligação entre estacas, deve ser controlada dentro dos requisitos exigidos. A tolerância de aceitação deve ser de acordoo com os requisitos das especificações técnicas/cadernos de encargos, e também de acordo com os requisitos do artigo 5.7.3. do “Guia de Dimensionamento de Fundações [1]”, as tolerâncias de aceitação são:

- Desvio na vertical para estacas em terra, 1/75 e para estacas no mar, 1/25
- Desvio de estacas inclinadas do valor especificado da inclinação, 1/25
- Desvio da cota de corte, 25mm.

4 – Tubo de Protecção Embutido

O tubo de protecção deve ser liso e direito onde possa ser medido facilmente a sua profundidade. Na altura de execução deve garantir o bom estado de estacas e estrutura previamente instaladas. Caso a instalação é feito com tubos ligados, deve ser garantido a sua estanqueidade a água subterrânea ou entrada de detritos no interior do tubo.

5 – Ligação do Tubo de Protecção

Quando o corpo de estaca é protegido pelo tubo de protecção, onde a junta do tubo é ligada por soldadura, a inspecção dos trabalhos de soldadura pode ser consultado no “Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Estruturas de Aço”.

6 – Perfuração

Antes da perfuração, de acordo com as características dos equipamentos, deve ser elaborado critério de avaliação relativo a precisão da perfuração no fim de garantir que o trabalho é executado dentro dos limites. Quando a perfuração alcança na profundida pré-definida, deve prosseguir-se a inspecção quanto ao colapso do solo, profundidade, verticalidade, e no caso não estar de acordo com os requisitos do projecto, deve tomar medidas de recuperação ou alteração. No que se refere aos trabalhos de perfuração, geralmente, é adoptado pelo método de tubo de protecção para a protecção da escavação.

7 – Limpeza e Inspecção da Base de Estaca

Quando a base de estaca é alcançada, deve proseguir-se a limpeza da base de estaca no fim de garantir a isenção das lamas ou lixo; no caso da estaca for dimensionado para ser embutida em rocha, relativo inspecção da base deve ser executada no fim de garantir de acordo com os requisitos do projecto.

8 – Betonagem / Colocação de Argamassa

O material de argamassa deve ser do tipo sem retracção, onde a betonagem é feita através da bomba de betonagem, betonando de forma contínua a argamassa (feita in situ) em alta pressão no tubo de injecção previamente, a partir da base de estaca até toda a água que se encontra no interior do tubo se descarrega para exterior.

9 – Qualidade Visual da Camada de Pintura / Camada de Protecção Anti-Corrosiva

Para tubo de protecção seja embutido de forma permanente, onde vai ser suportado carga após da execução de estacas, deve ser preparado com protecção anti-corrosiva. O trabalho de inspecção pode ser consultado “Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Camada de Pintura / Camada de Protecção Anti-Corrosiva”.

Frequência de Inspecção

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.

Norma a Cumprir:

a – Regulamento de Fundações [1]
b – Guia de Dimensionamento Fundações [2]
c – Especificações Técnicas do Projecto / Cadernos de Encargos
d – General Specification for Civil Engineering Works [3]
e – Especificações Técnicas de Produtos do Fabricante
f – General Specification for Building [3]

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

Quadro dos Itens para Ensaio de Obras de Mini-Estacas

Itens para Inspecção / Método de Inspecção		Estudo Geológico	Material	Integridade	Capacidade	Frequência Recomendada do Ensaio	Norma a Cumprir	Critério de Recepção	Nota
Estudo Geológico		✔				Se Necessário❶	a, b, c, d	-	
Material de Mini-Estacas	**Ensaio de Recepção do Tubo de Protecção em Aço[1]**		✔			Cada Lote	c		
	Ensaio da Camada de Protecção Anti-Corrosiva[2]		✔			Se Necessário❷	c		
	Ensaio do Material de Aço[3]		✔			Cada Lote	c	-	
	Ensaio do Conector de Armadura[3]		✔			Cada Lote	c	-	
	Ensaio do Material de Argamassa[4]		✔			Cada Betonagem	c ASTM C939 [13]	-	
Inspecção do Estrato do Maciço Rochoso / Estrato do Suporte de Carga (prospecção com pré-perfuração)[5]					✔	Cada Lote	c, e, f, g	i	
Ligação do Tubo de Protecção: Ensaio de Soldadura Não Destrutiva[6]				✔		Se Necessário❷	c	-	
Ensaio de Carga Estática de Estacas (SLT)[7] **(Incluindo Ensaio de Carga Axial de Tracção, de Carga Axial de Compressão e de Carga Transversal)**					✔	Mín. 1%❸	a, b, c ASTM D1143 [16] ASTM D3689 [17] ASTM D3966 [18]	ii	

Nota: Método de Inspecção

1 – Ensaio de Recepção do Tubo de Protecção em Aço

O ensaio de tracção e método de recepção da amostra do tubo de protecção deve ser de acordo com os requisitos de EN10002[10]. Para caso em que o certificado de qualidade não contém informações sobre as propriedades químicas e capacidade de resistência ao impacto deve ser feito teste de Charpy. O método do ensaio deve estar de acordo com os requisitos EN10045 [11].

2 – Ensaio da Camada de Protecção Anti-Corrosiva

Geralmente, deve ser feito teste a espessura seca nominal da película, teste espessura húmida nominal da película e teste de aderência, etc. O teste de espessura deve ser de acordo com os requisitos de ISO 2808[12], onde pode ser consultado “Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Camada de Pintura / Camada de Proteccção Anti-Corrosiva”.

3 – Ensaio de Recepção de Aço, Conector e Material do Betão

Geralmente, deve incluir ensaio sobre propriedades dimensionais e peso, propriedades de tracção e ligação de armadura, etc, onde pode ser consultado no "Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Betão Armado".

4 – Ensaio do Material e Argamassa

Geralmente, o ensaio deve incluir a análise da mistura, teste de fluxo de argamassa, teste de filtração de água, teste de compressão das amostras em cubo. A amostra para teste de compressão deve ter uma dimensão de 100mm, constituído no mínimo 9 cubos por conjuntos, testado para cura de 3, 7 e 28 dias.

5 – Inspecção do Estrato do Maciço Rochoso / Estrado do Suporte de Carga (prospecção com pré-perfuração)

No caso da estaca é dimensionada para assentar-se no estrato do maciço rochoso ou embutido no maciço rochoso, a fim de assegurar fim de garantir a qualidade na essa pré-perfuração na camada de fundação deve ser feita até pelo menos 5m abaixo da cota de fundação prevista para a estaca [6], pode ser utilizado os seguintes métodos de inspecção:

a. Antes do trabalho da perfuração, pode ser realizada a pré-perfuração no fim de garantir a localização do estrato do maciço rochoso / estrato do suporte de carga. O método consiste em utilizar um perfurador com diâmetro não inferior a 60mm para efectuar a carrotagem contínua de acordo com os cadernos de encargos e requisitos do projecto, incluindo a inspecção de continuidade, de visual, de carga uniaxial no fim de assegurar fim de garantir a qualidade na essa pré-perfuração na camada de fundação deve ser feita até pelo menos 5m abaixo da cota de fundação prevista para a estaca [6].
b. No caso tiver informações suficientes sobre o estudo geológico na vizinhança (num raio de 5m), pode ser utilizado para a análise das condições do estrato do maciço rochoso / estrato do suporte da carga;
c. Além da verificação mencionada na alínea acima a) e b) sobre o estrato do maciço rochoso / estrato do suporte da carga, pode ser também analisada através das rochas extraía na execução para cada mini-estaca. Os requisitos podem ser consultados "Guide to Rock and Soil Descriptions" [8].
d. O trabalho de recepção e elaboração de relatórios da pré-perfuração deve ser realizado por uma 3ª entidade independente, qualificada no campo da prospecção geotécnica. As entidades devem ser experientes e reconhecidas no campo da prospecção geotécnica em Macau. O registo e o relatório da recepção devem ser assinados pelo engenheiro civil / engenheiro geotécnico dessas entidades qualificado para o efeito.

6 – Ensaio de Soldadura Não Destrutiva

Para ligação do tubo de protecção feito através de soldadura, pode ser realizada ensaio de soldadura não destrutiva para soldadura de ligação e soldadura de corte de acordo com os requisitos do "Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Estruturas de Aço".

7 – Ensaio de Carga Estática de Estacas ("Pile Static compression Loading Test", SLT)

No que se refere a fundação realizada por cravação, pode ser realizado o ensaio de carga estática, aumentando a carga no topo de estacas, por escalões, para a avaliação do assentamento e confirmação da capacidade de resistência à compressão axial de estaca singular. O equipamento do ensaio é formado por equipamento do aumento de carga e medidores de assentamento, onde o equipamento de carga é executado através do aparelho de tracção instalado no topo de estaca. O ensaio de carga axial de compressão deve estar de acordo com os requisitos Regulamento de Fundaçaões [1], Guia de Dimensionamento Fundações [2] e ASTM D1143 [15] para a obtenção do assentamento final e assentamento residual. Além disso, ainda engloba o ensaio de carga axial de tracção (ASTM D3689 [16]) e ensaio de carga transversal (ASTM D3966 [17]).

Frequência Recomendada de Inspecção

❶ – No caso em que os resultados do estudo geológico tenham relevantes interesses relativos aos requisitos do projecto ou da construção devem ter especial consideração. Para a investigacão de profundidade, a

profundidade em estrato do fim de assegurar fim de garantir a qualidade na essa pré-perfuração na camada de fundação deve ser feita até pelo menos 5m abaixo da cota de fundação prevista para a estaca [6].

❷ – 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.

❸ – A realização do ensaio de carga axial de tracção / ensaio de carga transversal fica sujeito aos requisitos das especificações técnicas/ cadernos de encargos, e condições de projecto e de execução.

Norma a Cumprir

a – Regulamento de Fundaçaões [1]
b – Guia de Dimensionamento Fundações [2]
c – Especificações Técnicas do Projecto / Cadernos de Encargos
d – Guide to Site Investigation [7]
e – Foundation Design and Construction [5]
f – Code of Practice for Foundations [6]
g – General Specification for Building [4]

Critério de Aceitação

i – No caso dos resultados não estarem de acordo com os requisitos dos regulamentos e especificações técnicas, deve ser aumentada a profundidade de estaca até alcançar o estrato do suporte de carga/maciço rochoso de acordo com as especificações.

ii – No caso dos resultados não estarem de acordo com os requisitos dos regulamentos ou relativas especificações técnicas, recomenda-se a verificação para dois elementos de estacas vizinhas adicionais. No caso em que os resultados não estão de acordo com os requisitos do ensaio, devem ser submetidos proposta remediável para o adequado trabalho de reforço.

4. Referências

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

[2] Guia de Dimensionamento Fundações, Direcção dos Serviçoes de Solos Obras Públicas e Transportes, Governo de Macau

[3] General Specification for Civil Engineering Works, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[4] General Specification for Building, Architectural Services Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[5] GEO Publication No. 1/2006, Foundation Design and Construction, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering and Development Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[6] Code of Practice for Foundations, Buildings Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[7] GEOGUIDE 2, Guide to Site Investigation, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Development Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[8] GEOGUIDE 3, Guide to Rock and Soil Descriptions, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

[9] Canadian Foundation Engineering Manual, Canadian Geotechnical Society
[10] EN10002, Tensile testing of metallic materials
[11] EN10045, Charpy impact test on metallic materials. Test method (V- and U-notches)
[12] ISO 2808, Paints and varnishes. Determination of film thickness
[13] ASTM C939 Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method)
[14] ISO 1920-4, Testing of Concrete – Strength of Hardened Concrete
[15] ASTM D1143, Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load
[16] ASTM D3689, Standard Test Method for Individual Piles under Static Axial Tensile Load
[17] ASTM D3966, Standard Test Method for Piles under Lateral Loads
[18] 樁基檢驗手冊，中國水利水電出版社
[19] 基礎工程施工規範與解說，科技圖書
[20] 土力學地基與基礎，中國建築工業出版社
[21] JGJ 106，建築基樁檢測技術規範，中華人民共和國行業標準