

Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Projecto de Engenharia

Obras de Estacas Moldadas no Local

1. Generalidades e Campo de Aplicação

A presente secção aplica-se a trabalhos do controlo de qualidade relativo aos materiais e execução de estacas moldadas no local. As estacas moldadas no local englobam estacas tipo tubadas, estacas moldadas e estacas tipo Franki. A presente secção vai focar na descrição detalhada das estacas moldadas (Bored Piles). Estas são instaladas de acordo com o diâmetro definido no projecto, por equipamentos de perfuração até a profundidade pré-definida, seguindo a colocação de aço, instalação de tubos de ensaio e preenchimento de betão ou de argamassa sem retracção. De acordo com as condições geológicas, pode optar-se pelo tubo tipo “casing” ou lamas de estabilização para a protecção de escavação. Para diferentes métodos de execução e material de estaca, o plano e procedimento da garantia de qualidade também será diferente.

A garantia da qualidade de estacas moldadas 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);
- ✓ Ensaio para verificação da integridade e capacidade de carga, incluindo ensaio sónico transversal ao longo de estacas (CSL), ensaio de carotagem contínua (incluindo carotagem contínua e carotagem contínua de interface de camada betão/rocha), ensaio dinâmico de carga (DLT) e 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 estacas moldadas 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 de estacas e relativos relatórios de ensaio do material, incluindo o material de betão, de aço, conector, lamas de estabilização, 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”.

- ✓ Plano de inspecção para estacas moldadas no local, incluindo informações da terceira entidade responsável para testes de inspecção e ensaio.

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;
 - Material das lamas de estabilização e o seu traço, etc;
 - Registos de propriedades das lamas de estabilização na altura fresca e antes da betonagem, incluindo densidade, teor de areia, coesão, valor PH, etc;
 - Quantidade de betão utilizado, diâmetro do tubo de betonagem, seu comprimento, etc;
 - 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. Inspeção, Ensaio e Recepção

Os itens para a inspeção de obras de estacas moldadas no local representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Inspeção de Obras de Estacas Moldadas no Local									
Itens para Inspeção	Objectivos	Desvio da Localização			Controlo de Execução	Controlo de Material	Frequência da Inspeção	Norma a Cumprir	Nota
		Horiz.	Vert.	Inclinação					
Controlo do Ponto de Referência		✓	✓		✓		100% Inspeção	a, b, c, d	
Monitorização de Segurança da Obra e Edifícios Vizinhos ¹					✓		Se necessário ①	a, b, c	
Número do Lote e Classe dos Materiais						✓	100% Inspeção	c, e	
Qualidade Visual						✓	100% Inspeção	c	
Dimensão Normalizada						✓	100% Inspeção	c, e	
Armazenamento e Transporte dos Materiais						✓	100% Inspeção	c, e	
Inspeção do Equipamento ²					✓		Antes da Construção	-	
Controlo da Precisão de Execução ³		✓	✓	✓	✓		100% Inspeção	a, b, c, d	
Instalação e Recuperação do Tubo de Protecção Tipo "Casing" ⁴					✓		100% Inspeção	c	
Juntas do do Tubo de Protecção Tipo "Casing" ⁵					✓		100% Inspeção	c	
Perfuração ⁶					✓		100% Inspeção	a, b, c	
Ensaio das Lamas de Estabilização ⁷					✓		Cada Lote e Cada Estaca ②	f	
Limpeza e Inspeção da Base de Estaca ⁸					✓		100% Inspeção	c, d	
Execução, Instalação e Ligação da Gaiola de Aço					✓		100% Inspeção	c, d	
Betonagem / Colocação de Argamassa ⁹					✓		100% Inspeção	c, d	
Tratamento da Cabeça de Estaca					✓		100% Inspeção	a, b, c	

Nota: Itens para Inspeção

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 edifícios 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 – Inspeção 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 acordo 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 – Instalação e Recuperação do Tubo de Protecção Tipo “Casing”

Em geral, o tubo de protecção tipo “casing” pode ser dividido em tubo de protecção curto para protecção da cabeça de estaca e tubo de protecção ao longo da estaca para protecção do corpo da estaca. O tubo de protecção deve encontrar-se liso e direito, com marcas visíveis para a consulta de profundidade. Durante a instalação do tubo deve evitar estragos de estacas vizinhas, estrutura, e no caso de os tubos são instalados por secção, a junta deve ser protegida no fim de evitar infiltração da água subterrânea ou qualquer sujidade para dentro do tubo. Durante a recuperação do tubo de protecção, deve ser recuperado de acordo com a subida do nível do betão antes da sua cura inicial e evitar perturbação a gaiola de aço.

5 – Juntas do Tubo de Protecção Tipo “Casing”

Quando o corpo de estaca é protegido pelo tubo de protecção, onde a junta do tubo é ligada por soldadura, a inspeção 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 profundidade pré-definida, deve prosseguir-se a inspeção 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 ou lamas de estabilização para a protecção da escavação. No caso é utilizado as lamas de estabilização para a protecção ao colapso da escavação, deve ser garantido apropriada altura das lamas.

7 – Ensaio ao Material das Lamas de Estabilização

Geralmente, deve incluir o ensaio da mistura de ensaio inicial, sua densidade, viscosidade Marsh, teor pH, teor de areia. Deve ser coleccionado as lamas de estabilização a partir da base de estaca antes da betonagem para cada estaca.

8 – Limpeza e Inspeção da Base de Estaca

Quando a base de estaca é alcançada, deve prosseguir-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 inspeção da base deve ser executada no fim de garantir de acordo com os requisitos do projecto.

9 – Betonagem

Antes da betonagem ou colocação de argamassa, deve ser utilizado o tubo de betonagem para retirar lamas e lixo, o tubo deve ser mantida no mínimo 1 m abaixo do nível da superfície do betão. A betonagem deve ser feito ininterrupta até alcançar no mínimo 1 m abaixo do nível da fundação ou até ao nível do projecto, onde a parte do betão sobressaído deve ser removida após da escavação.

Frequência de Inspeção

- 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 – Para os requisitos das características das lamas de estabilização em relação a sua utilização, re-utilização e antes da sua betonagem, deve ser seguido relativas especificações técnicas ou cadernos de encargos. Caso os requisitos não forem especificados no projecto, devem ser seguido EN1536 [2].

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 – EN 1536, Execution of Special Geotechnical Work – Bored Piles [10]

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

Quadro dos Itens para Ensaio de Obras de Estacas Moldadas no Local								
Itens para Inspeção	Estudo Geológico	Material	Integridade	Capacidade	Frequência Recomendada do Ensaio	Norma a Cumprir	Critério de Recepção	Nota
Estudo Geológico	✓				Se Necessário ❶	a, b, c, d	-	
Material de Estacas Moldadas no Local	Ensaio de Recepção de Aço ¹	✓			Cada Lote	c	-	
	Ensaio do Conector de Aço ¹	✓			Cada Lote	c	-	
	Ensaio do Material de Betão ¹	✓			Cada Lote	c	-	
Inspeção do Estrato do Maciço Rochoso / Estrato do Suporte de Carga (prospecção com pré-perfuração) ²				✓	100%	c, e, f, g, h	i	
Ensaio de Lamas de Estabilização ³		✓			Nova utilização, durante ou antes da execução	c, j EN 1536 [10]	-	
Ensaio de Kodén ⁴			✓		100% ❷	c, g	-	
Ensaio Sónico Transversal ao Longo da Estaca (CSL) ⁵			✓		100%	a, b, c ASTM D6760 [13]	-	
Ensaio de Carotagem de Betão ⁶			✓		5%	a, b, c EN 12504-1 [14]	ii, iii	
Ensaio de Carotagem Contínua de Interface de Camada de Betão / Rocha ⁷			✓		100%	a, b, c EN 12504-1 [14]	-	
Ensaio Dinâmico de Carga em Estacas Quanto a sua Integridade (DLT) ⁸				✓	Se Necessário ❸	a, b, c ASTM D4945 [15]	ii	
Ensaio Dinâmico de Carga em Estacas Quanto a seu Suporte (DLT) ⁹				✓	Se Necessário ❹	a, b, c ASTM D4945 [15]	ii	
Ensaio de Carga Estática de Estacas (SLT) ¹⁰ (Incluindo Ensaio de Carga Axial de Tração, de Carga Axial de Compressão e de Carga Transversal)				✓	Mín. 1% ❺	a, b, c ASTM D1143 [16] ASTM D3689 [17] ASTM D3966 [18]	ii	

Nota: Método de Inspeção

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

Os requisitos de recepção de aço, conector e material do betão devem ser seguidos de acordo com o “Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Betão Armado”.

2 – Inspeção do Estrato do Maciço Rochoso / Estrato 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 inspeção:

- 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 carotagem contínua de acordo com os cadernos de encargos e requisitos do projecto, incluindo a inspeção 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 de estacas com suporte de carga na base ou ao longo da estaca, é dimensionada para assentar-se no estrato de areia ou de cascalho, os parâmetros considerados no projecto podem ser verificados através de Inspeção da qualidade do solo no local ou ensaio da amostra do solo, nomeadamente ensaio de penetração dinâmica (SPT) [6].
- c. Para estacas de grande diâmetro (diâmetro da estaca ≤ 2.5 m), é necessário 1 furo de pré-perfuração em cada estaca; Para estacas de grande diâmetro (diâmetro da estaca > 2.5 m), são necessários 2 furos de pré-perfuração em cada estaca [4].
- 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.

3 – Ensaio de Lamas de Estabilização

Geralmente, deve incluir o ensaio da mistura de ensaio inicial, sua densidade, viscosidade Marsh, teor pH, teor de areia. Deve ser coleccionado as lamas de estabilização a partir da base de estaca antes da betonagem para cada estaca.

4 – Ensaio de Kodan

Para verificar a verticalidade e dimensão ao longo da estaca e sua base, deve ser utilizado medidor ultra-sónico do ensaio Kodan. Mais, antes da betonagem também deve ser utilizado o ensaio para verificação a estabilidade da parede de lamas.

5 - Ensaio Sónico Transversal ao Longo da Estaca (“Cross-hole Sonic Logging test”, CSL)

O equipamento do ensaio (incluindo dispositivo do ensaio, emissor, receptor, etc) permite a verificação da integridade e qualidade do betão através do envio dos sinais ultra-sónicos entre os tubos de acesso devidamente instalados no interior de estacas para a verificação da integridade e qualidade.

Antes da colocação da gaiola do aço, devem ser instalado os tubos de acesso no lateral interior da gaiola por meio de soldadura ou de amarração. A distância entre pontos de fixação do tubo de acesso não pode exceder 1.0 m, e os tubos de acessos devem estar equidistantes e verticais, devendo erguer 1.5 m acima da superfície do terreno para a execução do ensaio;

Geralmente, é sugerido a adopção de tubos de acesso com diâmetro mínimo de 50 a 60 mm, em ferro ou aço fundido. A forma de conexão entre tubos é sugerida ser executada de forma mecânica;

O número dos tubos de acesso é, geralmente, determinado pelo projectista. Caso contrário, é sugerido determinar a partir de acordo com o diâmetro de estacas, sendo um par de tubos se criam 1 secção de ensaio; devem ser utilizado no mínimo 3 pares de tubos de acesso para diâmetro 0.75 ~ 0.90 m, formando 3 secções de ensaio; caso o diâmetro for superior a 0.90 m devem ser utilizado no mínimo 4 pares de tubos de acesso, criando 6 secções de ensaio;

Para resultados que requerem re-verificação, devem ser feito ensaio adicional de carotagem de betão ou devida reparação.

Após a aceitação do resultado do ensaio, deve ser preenchido com argamassa sem contracção, devidamente aprovada, no orifício perfurado.

6 – Ensaio de Carotagem de Betão

O ensaio é realizado através equipamento mecânico perfurador, permitindo a verificação da integridade e a resistência à compressão do betão de estacas. A carotagem é feita ao longo da estaca e abaixo da base do estrato do suporte da carga/maciço rochoso. O comprimento da carotagem deve ser metade do diâmetro ou 1m (o que for maior);

O diâmetro da carotagem deve ser no mínimo 3 vezes do maior diâmetro dos grãos, tendo no mínimo 70mm no geral [24].

Para o ensaio de carotagem de compressão uniaxial ao longo da estaca com comprimento menor que 10m, é sugerido retirar 2 conjuntos de amostra (3 carotagens por conjunto); para estaca cujo comprimento entre 10 e 30m, é sugerido retirar 3 conjuntos de amostra (3 carotagens por conjunto); para estaca cujo comprimento superior a 30m, é sugerido retirar 4 conjuntos de amostra (3 carotagens por conjunto) ;

A carotagem executada na parte superior da estaca não deve ser superior ao seu diâmetro ou 2m, o mesmo se aplica para a carotagem na base. A carotagem no meio da estaca deve ser equidistante em relação a parte superior e inferior;

Para caso de estaca que tenha carotagem em diferente profundidade, onde uma delas apresenta defeituosa, deve ser feito uma carotagem adicional na mesma profundidade para o ensaio de carotagem de betão;

Após a aceitação do resultado do ensaio, deve ser preenchido com argamassa sem contracção, devidamente aprovada, no orifício perfurado.

7 – Ensaio de Carotagem Contínua de Interface de Camada de Betão/Rocha

O ensaio é realizado através equipamento mecânico perfurador, permitindo a verificação da integridade e a resistência da à compressão do betão de estacas. A carotagem é feita ao longo da estaca e abaixo da base do estrato do suporte da carga/maciço rochoso. O comprimento da carotagem deve ser metade do diâmetro ou 1m (o que for maior);

Geralmente, é sugerido a adopção de tubos de acesso com diâmetro mínimo de 150 mm, em ferro ou aço fundido, com uma distância mínima a 1m em relação a base da estaca. A forma de conexão entre tubos é sugerida ser executada de forma mecânica. O diâmetro mínimo da carotagem não deve ser inferior a 60mm;

Após a aceitação do resultado do ensaio, deve ser preenchido com argamassa sem contracção, devidamente aprovada, no orifício perfurado.

8 – Ensaio Dinâmico de Carga em Estacas Quanto a sua Integridade (“Pile Dynamic Loading Test”, DLT)

Para caso de estaca com menor diâmetro onde não se encontra possível realizar ensaio sónico transversal ao

longo da estaca (CSL) ou ensaio de carotagem de betão, pode considerar substituir por ensaio dinâmico de carga em estacas (DLT).

O ensaio dinâmico de carga em estacas é um método de quantificação e análise dinâmica de estacas, onde é instalado acelerómetros e transdutores na transversal do topo de estacas para medição velocidade de vibração e força (ou tensão) no topo de estacas para obtenção da curva calculada característica no fim de analisar a qualidade da estaca. A verificação da integridade é feito, de forma não destrutiva, através do envio de sinais e a sua verificação de sinais inconsistentes. O ensaio não se aplica para caso com tubo de protecção tipo “casing” permanente.

9 – Ensaio Dinâmico de Carga em Estacas Quanto a seu Suporte (“Pile Dynamic Loading Test”, DLT)

O ensaio dinâmico de carga em estacas é um método de quantificação e análise dinâmica de estacas, onde é instalado acelerómetros e transdutores na transversal do topo de estacas para medição velocidade de vibração e força (ou tensão) no topo de estacas para obtenção da curva calculada característica no fim de analisar a resistência da carga.

O equipamento do ensaio, principalmente, é formado pelo equipamento de impacto e dispositivos de medidores, onde o equipamento de impacto deve seleccionar adequado peso de impacto, no fim de garantir a mobilização de estaca para obtenção da capacidade de resistência de atrito e de ponta.

O ensaio não se aplica para caso com tubo de protecção tipo “casing” permanente.

10 – 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. Demais, no caso de estacas com grande diâmetro pode ser considerado o ensaio de célula Osterberg ou ensaios relativos, aumentando a carga na base ou no corpo de estacas no fim de medir o assentamento relativo a cabeça de estaca e a outros pontos. O ensaio de carga axial de compressão deve estar de acordo com os requisitos Regulamento de Fundações [1], Guia de Dimensionamento Fundações [2] and ASTM D1143 [16] para a obtenção do assentamento final e assentamento residual. Além disso, ainda engloba o ensaio de carga axial de tracção (ASTM D3689 [17]) e ensaio de carga transversal (ASTM D3966 [18]).

Frequência Recomendada de Inspeção

- ① – 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 investigação 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].
- ② – Para a protecção da parede da escavação das obras moldadas no local é feito pelas lamas de estabilização através da formação de uma película à volta da parede (devido a pressão superior a água subterrânea). Deve ter em consideração durante a execução das estacas, as seguintes três fases de controlo nas lamas de estabilização: nova utilização, durante ou antes da execução.
- ③ – Deve ser utilizada uma terceira entidade para a verificação da verticalidade e dimensão ao longo do corpo da estaca e a sua base após da execução da estaca.
- ④ – Para caso de estaca com menor diâmetro onde não se encontra possível realizar ensaio sónico transversal ao longo da estaca (CSL) ou ensaio de carotagem de betão, pode considerar substituir por ensaio dinâmico de carga em estacas quanto a sua integridade. A sua frequência de inspeção deve ser discutida ou substituir 1 ensaio dinâmico de carga em estacas quanto a sua integridade por 1 ensaio sónico transversal ao longo da estaca ou 1 ensaio de carotagem de betão.

- 5 – 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.
- 6 – 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 Fundações [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 – Particular Specification for Large Diameter Bored Piles with Bell-outs [19]
- h – Particular Specification for Large Diameter Bored Piles Socketed into Bedrock [20]
- j – EN 1536 [10]

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.
- iii – A resistência da compressão do ensaio de carotagem deve estar de acordo com os requisitos das especificações técnicas/cadernos de encargos.

4. Referências

- [1] Decreto-Lei n.º 47/96/M, Regulamento de Fundações, Governo de Macau
- [2] Guia de Dimensionamento Fundações, Direcção dos Serviços 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] EN 1536, Execution of Special Geotechnical Work – Bored Piles
- [11] EN 10002, Tensile testing of metallic materials
- [12] ISO 1920-4, Testing of Concrete – Strength of Hardened Concrete
- [13] ASTM D6760, Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing
- [14] EN 12504-1, Testing Concrete in Structures - Cored Specimens - Taking, Examining and Testing in Compression
- [15] ASTM D4945, Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Piles
- [16] ASTM D1143, Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load
- [17] ASTM D3689, Standard Test Method for Individual Piles Under Static Axial Tensile Load
- [18] ASTM D3966, Standard Test Method for Piles Under Lateral Loads
- [19] Particular Specification for Large Diameter Bored Piles with Bell-outs, Architectural Services Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region
- [20] Particular Specification for Large Diameter Bored Piles Socketed into Bedrock, Architectural Services Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region
- [21] 樁基檢驗手冊，中國水利水電出版社
- [22] 基礎工程施工規範與解說，科技圖書
- [23] 土力學地基與基礎，中國建築工業出版社
- [24] JGJ 106, 建築基樁檢測技術規範