

Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Projecto de Engenharia

Obras de Fundação Superficial

1. Generalidades e Campo de Aplicação

A fundação superficial é, geralmente, definido com a relação à profundidade de penetração inferior a 10. Sendo a fundação de sapata, um dos tipos de fundação superficial, caracteriza-se pela transferência da maior parte do peso/carga vindo do topo da superestrutura ou estrutura até a superfície do solo ou rocha mais próximo. Este tipo de fundação inclui fundação de sapata (pode ser de qualquer formato), de ensoleiramento e viga de fundação, etc. Dado ao facto que as características do solo ou da rocha são factores importantes para a concepção deste tipo de fundação, os valores característicos devem ser tão fiável e representativos quanto possível no fim de conseguir uma melhor segurança e benefícios económicos.

A garantia da qualidade de fundação superficial deve incluir os três requisitos básicos:

- ✓ Requisitos das propriedades (características) do solo ou da rocha para suporte da carga;
- ✓ Requisitos da qualidade quanto aos materiais constituintes de fundação (como betão, varões de aço e outros relativos materiais);
- ✓ Requisitos do factor local (como condições ambientais especiais, que podem também afectar a segurança de fundação, factores como terramotos ou declive, 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 execução de obras de fundação superficial (fundação de sapata) para fim de aprovação ou de registo.

Antes da construção

- ✓ Relatórios do estudo geológico;
- ✓ Relatórios da avaliação da capacidade de carga da superfície no local;
- ✓ Informações detalhadas dos materiais constituintes de fundação, incluindo certificado de produção dos materiais de aço, informações da mistura inicial e especificações do betão, cimento, agregados, adjuvantes, aditivos e outros materiais relativos, etc. Relativamente aos requisitos das especificações do betão e aço pode ser consultada no “Plano e Procedimento da Garantia e Qualidade para Obras do Betão Armado”;
- ✓ Método da construção;
- ✓ Plano de inspecção

Durante o processo da construção ou durante a recepção

- ✓ Desenhos topográficos de fundação;

- ✓ Telas finais (incluindo a deviação geométrica);
- ✓ Controlo de qualidade de execução (incluindo a fixação dos varões de aço, tratamento da superfície para suporte da carga e execução das cofragens, etc);
- ✓ Relatórios dos ensaios de materias.

3. Inspeção, Ensaio e Recepção

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

Quadro dos Itens para Inspeção de Obras de Fundação Superficial						
Itens para Inspeção	Objectivos		Desvio da Localização		Controlo de Execução	Frequência de Inspeção
			Planta	Elevação		
Controlo do Ponto de Referência	✓	✓	✓	✓	100% Inspeção	a, b
Monitorização da Segurança dos Edifícios Vizinhos			✓		Se necessário ❶	
Localização de Fundação	✓	✓	✓	✓	100% Inspeção	a, b
Geometria			✓		100% Inspeção	a, b, c
Tratamento da Superfície da Carga			✓		100% Inspeção	a, b, c
Nível Freático			✓		100% Inspeção	-
Registo da Escavação do Estrato do Solo			✓		100% Inspeção	-
Amostra do Solo ou Rocha para Suporte da Carga			✓		100% Inspeção	-
Medição do Assentamento da Fundação			✓		Se necessário ❶	a, b, c
Inspeção do Equipamento			✓		Antes da Construção	-

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. Pode ser consultada no “Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Monitorização da Segurança das Obras de Terra”.

Norma a Cumprir:

- a – Regulamento de Fundações [1]
b – Guia de Dimensionamento Fundações [2]
c – Especificações Técnicas do Projecto / Cadernos de Encargos

Inspeção, Ensaio e Recepção (Continuação)

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

Quadro dos Itens para Ensaio e Recepção de Obras de Fundação Superficial (Fundação de Sapata)						
Itens para Inspeção	Material da Fundação	Capacidade para Suporte da Carga	Frequência Recomendada do Ensaio	Norma a Cumprir	Critério de Aceitação	Nota
Ensaio de Resistência à Tensão de Aço ¹	✓		-	-	-	
Ensaio de Resistência à Compressão do Betão ¹	✓		-	-	-	
Ensaio de Resistência à Compressão Não Confinado do Carote de Rocha ²		✓	Se Necessário ❶	a, b, c ASTM D2938 [3]	i	
Ensaio de Índice Esclerométrico do Carotes de Rocha ³		✓	Se Necessário ❶	a, b, c ASTM D5731 [4]	i	
Designação da Qualidade de Rocha ("RQD") ⁴		✓	Se Necessário ❶	a, b, c	i	
Ensaio de Perfuração Pneumática ⁵		✓	Detalhes em ❷	a, b, c	i	
Ensaio de Placa ⁶		✓	Detalhes em ❷	a, b, c ASTM D1194 [5]	i	
Avaliação do Assentamento de Fundação ⁷		✓	Se Necessário ❶	a, b, c	i	
Determinação da Densidade do Solo no Local ⁸		✓	Se Necessário ❶	a, b, c ASTM D1556 [7] ASTM D1557 [10] ASTM D4253 [11]	ii	

Nota: Método de Inspeção

- 1 – Informações para a determinação da resistência do betão e varões de aço devem ser consultada ao plano e procedimento da garantia de qualidade dos materiais relativos.
- 2 – Ensaio de Resistência à Compressão Não Confinado do Carote de Rocha
O ensaio é aplicável na superfície da rocha para suporte de carga, de acordo com ASTM D2938 [3]. O diâmetro do carote de rocha não deve ser inferior a 60mm e a razão entre altura e diâmetro deve variar entre 2 a 2.5, no fim de obter a resistência do carote para a avaliação dos factores característicos no local de acordo com os requisitos do projecto e especificações[2].

3 – Ensaio de Índice Esclerométrico do Carotes de Rocha

O ensaio é aplicável na superfície da rocha para suporte de carga, de acordo com ASTM D5731 [4]. O diâmetro do carote de rocha não deve ser inferior a 60mm e a razão entre altura e diâmetro deve variar entre 1.0 a 1.5, no fim de obter a índice esclerométrico do carotes para a avaliação dos factores característicos no local de acordo com os requisitos do projecto e especificações[2].

4 – Designação da Qualidade de Rocha ("RQD")

A inspecção é aplicável na superfície da rocha para suporte de carga, onde o carote deve ser obtido a partir do 5m abaixo da superfície para suporte de carga (sendo o diâmetro não inferior a 60mm). Em geral, considera secção de carote com comprimento superior de 10cm, em comparação com o comprimento total do carote, no fim de avaliar a qualidade da rocha no local e confirmar a existência do solo mole para estrato abaixo a 5m de profundidade[2].

5 – Ensaio de Perfuração Pneumática

O ensaio é aplicável na superfície da rocha para suporte de carga. O ensaio é realizado por meio de máquina perfuradora, haste, cabeça da perfuração normalizada para a verificação de 4.5 m contínua de rocha para suporte de carga na base de pegões.

6 – Ensaio de Placa

O ensaio é aplicável ao a superfície para suporte de carga relative ao solo ou granito completamente decomposto, de acordo com ASTM D1194 [4]. O ensaio é, principalmente, realizado através de uma pequena placa simulando uma fundação para obter a capacidade para suporte de carga do solo e o relativo assentamento no local, no fim de avaliar a capacidade para suporte de carga de acordo com os requisitos do projecto e especificações[2] [13].

7 – Avaliação do Assentamento de Fundação

No caso da superfície para suporte de carga é solo (ex. terra argilosa), a avaliação deve ser realizada comparando o assentamento da fundação actual medido no local com o máximo assentamento total admissível e assentamento diferencial do projecto e verificar de acordo com os requisitos do artigo 4.4.6. da "Guia do Dimensionamento de Fundações" [2].

8 – Determinação da Densidade do Solo no Local (Método de Cone de Areia)

Antes da realização do ensaio da densidade no local, deve coleccionar amostra do relativo material para preenchimento no fim de determinar a densidade maxima seca e teor de água otimizada através do ensaio de compactação Proctor Modificado ou baridade (índice máximo) para obtenção a densidade maxima relative e teor de água otimizada. Segue-se a comparação do resultado da densidade local com do laboratório para a obtenção o grau da compactação no fim de avaliar de acordo com os requisitos do projecto ou especificações.

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 – Pelo menos um ponto em cada 300 m² da superfície para suporte de carga deve ser escolhido para o ensaio da recepção. A parcela que exceder 3000 m² não poderá ser inferior a 1 ponto por 500 m². No entanto, numa obra de construção deve ser escolhido para o ensaio da recepção não inferior a três pontos. 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 e

para cada fundação de sapata independente deve ser escolhido no mínimo um ponto para ensaio de recepção [12].

Norma a Cumprir

- a – Regulamento de Fundações [1]
- b – Guia de Dimensionamento Fundações [2]
- c – Especificações Técnicas

Critério de Aceitação

- i – No caso dos resultados não estarem de acordo com os requisitos dos regulamentos e especificações técnicas, devem ser submetidos proposta remediável ou seguir as instruções dadas pelo relativo projectista ou pela equipa de fiscalização.
- ii – A comparação do resultado da densidade local com do laboratório permite a obtenção o grau da compactação. No caso dos resultados não estarem de acordo com os requisitos dos regulamentos ou especificações técnicas / cadernos de encargos, recomenda-se pela re-compactação ou re-rolamento até alcançar os requisitos relativos.

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] ASTM D2938, Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens
- [4] ASTM D5731, Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock
- [5] ASTM D1194, Standard Test Method for Bearing Capacity of Soil for Static Load and Spread Footings
- [6] ASTM D2435, Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading
- [7] ASTM D1556, Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by Sand-Cone Method
- [8] Foundation Design: Principles and Practices, Donald P. Coduto
- [9] 基礎工程, 中國土木水利工程學會 出版委員會
- [10] ASTM D1557, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil using Modified Effort.
- [11] ASTM D4253, Standard Test Methods for Maximum Index Density and Unit Weight of Soils using a Vibrating Table.
- [12] GB 50202, 建築地基基礎工程施工質量驗收規範
- [13] Code of Practice for Foundations, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region