

Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Projecto de Engenharia

Obras de Estacas Injectadas de Alta Pressão (pelo Método MJS)

1. Generalidades e Campo de Aplicação

A presente secção aplica-se aos trabalhos do controlo de qualidade relativo a obras de estacas injectadas de alta pressão (pelo método MJS), materiais relativos, etc. As estacas injectadas de alta pressão (pelo método MJS) são consideradas estacas injectadas de grande diâmetro. O método MJS é baseado na execução de estacas tradicionais injectadas de alta pressão com o auxílio tubagem de várias aberturas e um dispositivo específico na extremidade dianteira para a drenagem forçada de calda e monitorização de pressão durante o processo de execução. Ao contrário do processo tradicional para a drenagem pressurizada da calda, esta drenagem forçada é benéfico para o controlo da deformação do solo e diminuir o impacto ao ambiente circundante.

A garantia da qualidade de estacas injectadas de alta pressão (pelo método MJS) deve incluir os seguintes requisitos básicos:

- ✓ Requisitos da inspecção para controlo de qualidade dos materiais de estacas;
- ✓ Requisitos da precisão geométrica da instalação, incluindo o desvio em relação ao centro (horizontalidade) e inclinação (verticalidade);
- ✓ Ensaio para verificação da integridade e capacidade de carga, incluindo ensaio de perfuração, sondagem CPT, ensaio dinâmico de carga e ensaio de carga estática, 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 injectadas de alta pressão 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 de equipamentos de execução, incluindo especificações para equipamento principal do método MJS, bomba de calda de cimento a alta pressão, bomba hidráulica de alta pressão e outros equipamentos de execução;
- ✓ Plano de construção, incluindo a construção, transporte, armazenamento, preparação e planeamento do estaleiro, equipamentos mecânicos, procedimento de construção, controlo de qualidade e de execução, controlo de segurança e medidas de contingência, etc;
- ✓ Informações técnicas e relativos relatórios de inspecção do material de estacas, incluindo material da calda de cimento, aditivo, etc;

- ✓ Verificação da posição da estaca, precisão e sensibilidade do manómetro e medidor de caudal, funções do equipamento da injeção de alta pressão, etc;
- ✓ Plano de inspeção das estacas injectadas de alta pressão no local, incluindo informações da terceira entidade independente da inspeção e recepção.

Durante o processo da construção ou durante a recepção

- ✓ Registos e relatórios de ensaios dos materiais das estacas;
- ✓ Os registos da execução de estacas na obra, incluem:
 - Registos para modelo do equipamento de execução e outros equipamentos complementares;
 - Registos de localização da estaca em planta e o seu número da referência;
 - Registos sobre a descrição das camadas do solo e água subterrânea e a quantidade do solo, quantidade da remoção de lama, etc;
 - Registos da pressão durante a execução;
 - Registos da proporção e quantidade da calda de cimento;
 - Registos da velocidade de aumento e de rotação durante a execução de estacas, etc;
 - Registos da localização das estacas adicionais, diâmetro, comprimento e números das estacas;
 - Registos do deslocamento da cabeça de estaca (horizontalidade, verticalidade e inclinação), etc.
- ✓ Relatórios dos ensaios no local (incluindo relatório da resistência da estaca, diâmetro, relatório do ensaio da perfuração de estacas e ensaio estático da estaca, etc);
- ✓ Plantas de telas finais.

Diâmetro efectivo (horizontal) (mm) da execução

Tipo de solo	Solo arenoso					Solo coesivo			
	N<15	15≤N<30	30≤N<50	50≤N<70	70≤N	C<10	10≤C<30	30≤N<50	50≤C
Diâmetro efectivo	Solo coesivo	2400	2200	2000	De Acordo com Projecto	2400	2200	2000	De Acordo com Projecto
Velocidade de recuperação	m/30mins 360°					m/30mins 360°			

Diâmetro efectivo (vertical) (mm) da execução

Tipo de solo	Solo arenoso					Solo coesivo			
	N<15	15≤N<30	30≤N<50	50≤N<70	70≤N	C<10	10≤C<30	30≤N<50	50≤C
Diâmetro efectivo	2800	2600	2400	2200	De Acordo com Projecto	2600	2400	2200	De Acordo com Projecto

Caso não estejam especificados, normalmente a profundidade ultrapassa 30m, o diâmetro efetivo é reduzido em 30mm.

3. Inspeção, Ensaio e Recepção

Os itens para a inspeção de obras de estacas injectadas de alta pressão representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Ensaio de Estacas Injectadas de Alta Pressão									
Itens para Inspeção	Objectivos			Desvio da Localização	Controlo de Execução	Controlo de Material	Frequência da Inspeção	Norma a Cumprir	Nota
	Nível	Elevação	Gradiente						
Controlo do Ponto de Referência	✓	✓		✓			100%	a, b, c	
Monitorização de Segurança da Obra e Edifícios Vizinhos ¹				✓			Se Necessário ●	a, b, c	
Número do Lote e Classe do Material					✓		100%	a, b, c	
Qualidade Visual					✓		100%	b, c	
Dimensão Normalizada					✓		100%	b, c	
Armazenamento e Transporte do Material					✓		100%	b, c	
Verificação de Equipamentos ²				✓			Antes da Construção	a, b, c, d	
Controlo da Precisão de Execução ³	✓	✓	✓	✓			100%	a, b, c, d	
Proporção da Calda de Cimento ⁴				✓			100%	b, d	
Qualidade do Cimento e Aditivo				✓			100%	b	
Quantidade do Cimento				✓			100%	b	
Pressão de Injecção da Calda do Cimento ⁵				✓			100%	c	
Caudal da Calda do Cimento ⁶				✓			100%	c	
Pressão do Ar ⁷				✓			100%	c	
Caudal do Ar ⁸				✓			100%	c	
Número da Rotação de Pulverização ⁹				✓			100%	c	
Tratamento da Cabeça da Estaca				✓			100%	b	

Nota: Método de Inspeção

1 – Monitorização de segurança do local da obra e vizinhança

Durante o processo de execução, deve garantir a monitorização de segurança dos edifícios da vizinhança do local da obra através de medidor de assentamento, inclinómetro, medidor de fendilhação, instrumento de medição do pico da velocidade da partícula (sismómetro) para a compreensão do comportamento da estrutura de vizinhança afectada devido a vibrações causadas pelos equipamentos da obra e monitorização da segurança.

2 – Verificação dos equipamentos

Deve incluir os equipamentos de cravação de estacas, máquina de instalação de mangas e todos os outros componentes e equipamentos de execução.

3 – Controlo da precisão de execução

O controlo da precisão de execução deve estar de acordo com os requisitos exigidos. De acordo com os requisitos do quadro 4.10.4 do GB50202 《建築地基基礎工程施工品質驗收規範》, DL/T 5200 《水電水利工程高壓噴射灌漿技術規範》 [2] e JGJ 79 《建築地基處理技術規範》 [3]7.4.8, a tolerância do desvio da precisão deve estar de acordo com o seguinte:

Ref.	Itens de Inspeção	Controlo da Tolerância		Método de Inspeção
		Un.	Parâmetro	
1	Localização da Abertura	mm	≤50	Medição pelo instrumento
2	Verticalidade da Abertura	%	≤0.5	Medição pelo teodolito
3	Profundidade da Abertura	mm	±200	Medição pelo instrumento
4	Profundidade Inserido no Maço Rochoso	--	De Acordo com Projecto	Medição pelo instrumento
5	Sobreposição da Estaca	mm	> 200	Medição pelo instrumento
6	Diâmetro da Estaca	mm	≤50	Medição pelo instrumento
7	Tolerância do Desvio do Centro da Estaca	--	≤0.2D	Medição com régua metálica a partir de 500mm. D como diâmetro da estaca

4 – Proporção da calda do cimento

De acordo com os requisitos estipulados no JGJ 79 《建築地基處理技術規範》 [3]7.4.8, a classe do cimento deve ser de 42.5;

De acordo com os requisitos estipulados o DL/T 5200 《水電水利工程高壓噴射灌漿技術規範》 [2]6.0.3 e 6.0.6, a proporção entre água e cimento deve ser entre 1.5:1~0.6:1, onde pode adicionar aditivo para casos específicos; a tolerância do desvio da mistura da calda não deve ser superior a 5%.

5 – Pressão de injeção da calda de cimento

Para caso de não especificar nas especificações técnicas, a pressão deve ser entre 20~50 MPa.

6 – Caudal da calda de cimento

Para caso de não especificar nas especificações técnicas, o caudal deve ser entre 55~150 L/Min.

7 – Pressão do ar

Para caso de não especificar nas especificações técnicas, a pressão deve ser entre 0~1.0 MPa.

8 – Caudal do ar

Para caso de não especificar nas especificações técnicas, o caudal deve ser entre 0~17 L/Min.

9 – Número da rotação de pulverização

Para caso de não especificar nas especificações técnicas, a rotação deve ser entre 1~15 rpm.

Frequência Recomendada da Inspeção

- ① – 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 em especial consideração.

Norma a Cumprir

- a – GB50202 《建築地基基礎工程施工品質驗收規範》 [1]
- b – DL/T 5200 《水電水利工程高壓噴射灌漿技術規範》 [2]
- c – Especificações Técnicas do Projecto / Cadernos de Encargos
- d – JGJ 79 《建築地基處理技術規範》 [3]

Os itens para o ensaio e recepção de estacas injectadas de alta pressão no local da obra representam-se no quadro seguinte:

Quadro dos Itens para Ensaio de Estacas Injectadas de Alta Pressão									
Itens para Inspeção	Objectivos	Análise do Solo	Materiais de Estaca	Integridade de Estaca	Capacidade de Estaca	Frequência Recomendada do Ensaio	Norma a Cumprir	Critério de Aceitação	Nota
Estudo Geológico		✓				Se Necessário ❶	a, b, c	-	
Verificação do Maciço Rochoso/Camada de Resistência da Base da Estaca		✓			✓	Se Necessário ❷	a, b, c		
Resistência do Núcleo da Estrutura ou Diâmetro da Estaca				✓	✓	1%~2% ❸	a, b	i	
Ensaio de Carga Estática da Fundação Composta e Estaca Individual ¹					✓	1% Cada elemento não inferior a 3 pontos	a, b	ii	

Nota: Método de Inspeção

- 1 – De acordo com os requisitos de JGJ 79, a recepção da fundação composta deve ser garantida com o ensaio de carga estática da fundação composta, onde para caso do reforço de resistência de aderência deve ser realizada ensaio de carga estática da estaca individual após 28 dias de execução.

Frequência Recomendada da Inspeção

- ❶ – Quando os requisitos do projecto ou execução exigem os dados de perfuração como referência principal para a execução, deve ser considerado a verificação. A perfuração até ao maciço rochoso deve ter uma profundidade não inferior a 5m com 3 vezes do diâmetro da estaca ou 1.5 vezes da profundidade do maciço rochoso (selecciona-se o maior).
- 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 – Caso não estejam especificados, a frequência do teste de testemunhagem não deve ser inferior a 1% a 2%, o teste deve ser realizado por mais de 28 dias. Para projetos com menos de 20 furos, pelo menos 1 furo deve ser inspecionado aleatoriamente.

Norma a Cumprir

a-JGJ 79 [3]

b-JGJ 106 [4]

c – Especificações Técnicas do Projecto / Cadernos de Encargos

Critério de Aceitação

- i – Tolerância do desvio da estaca individual: o desvio da fundação composta ao longo da direcção axial é de $\pm 1/4$ do diâmetro da estaca e desvio ao longo da sua verticalidade é de $\pm 1/6$ do diâmetro da estaca, e o desvio dos outros tipos de fundação ao longo da direcção axial é de $\pm 40\%$ do diâmetro da estaca e desvio ao longo da sua verticalidade é de $\pm 1\%$ do diâmetro da estaca. Caso não estejam especificados, a frequência do teste de testemunhagem não deve ser inferior a 1% a 2%, o teste deve ser realizado por mais de 28 dias. Para projetos com menos de 20 furos, pelo menos 1 furo deve ser inspecionado aleatoriamente.
- 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] GB50202 《建築地基基礎工程施工品質驗收規範》
- [2] DL/T 5200 《水電水利工程高壓噴射灌漿技術規範》
- [3] JGJ 79 《建築地基處理技術規範》
- [4] JGJ 106 《建築基樁檢測技術規範》
- [5] MJS 工法(全方位高壓噴射法)樁在老城廂區域深基坑圍護施工中的應用-吳秀強