

Plano e Procedimento da Garantia de Qualidade para Projecto de Engenharia

Monitorização da segurança da obra

1. Generalidades e Campo de Aplicação

A presente secção aplica-se a obras de terra gerais como escavação da cave dos edifícios, contenção de terra, escavação de talude, reparação de talude, etc. O principal objectivo é utilizar equipamentos de monitorização com diferentes funções formando assim, um sistema de monitorização, com informações detalhadas e específicas para o plano de monitorização, no fim de observar no local da obra, coleccionar informações para que os projectistas possam melhorar gradualmente a sua concepção e análise durante o período da construção, e minimizar o impacto criado a instalações arredores; permite também a entidade de execução melhorar a qualidade do trabalho, controlo de segurança relativo a escavação na zona de existência das instalações públicas, monumentos, ou outros edifícios importantes. Portanto, a monitorização da segurança geotécnica tem como funções principais controlar a execução do trabalho, controlo de segurança e qualidade, alteração e verificação do projecto.

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 monitorização da segurança da obra para fim de aprovação ou de registo.

Antes da instalação dos instrumentos de monitorização

- ✓ Plano de monitorização (incluindo o objectivo da monitorização, itens de monitorização, valores limites de monitorização, método de monitorização e requisitos de precisão, localização dos pontos de monitorização, período de monitorização, gestão de procedimentos e sistema do registo, etc);
- ✓ Informações dos instrumentos (incluindo especificações, testes, calibração, instruções de manual e pormenores do fornecedor);
- ✓ Qualificação do pessoal (submissão de pessoas qualificadas para utilizar os dispositivos e trabalhos de monitorização);
- ✓ Amostra do relatório dos trabalhos de monitorização feitos pelo cada instrumento.

Fases da monitorização da obra

- ✓ Após a conclusão da instalação dos instrumentos, ou após a recuperação do dano, deve elaborar a descrição e relatório dos trabalhos de instalação ou recuperação;
- ✓ Durante o processo da monitorização, deve submeter relatório periódico dos trabalhos de monitorização de acordo com os requisitos do projecto e relatório da monitorização completa após a conclusão da obra, e o conteúdo deste deve incluir:
 - Descrição geral da obra;
 - Desenhos da planta e de elevação dos itens e pontos de localização da monitorização ;
 - Uso dos instrumentos e método de monitorização;
 - Método do tratamento dos dados de monitorização e diagrama esquemática de

- monitorização em linhas;
- Avaliação dos resultados de monitorização.

3. Conteúdo dos Trabalhos de Monitorização

Os itens de monitorização e relativos instrumentos adoptados, geralmente, para sistema de monitorização da segurança geral podem ser classificados no quadro seguinte:

Quadro dos Itens de Monitorização da Segurança Geral			
Itens de monitorização da segurança		Instrumentos de monitorização	Nota
Estabilidade do solo da fundação	Observação do deslocamento do solo da fundação ¹	Inclinómetro	
	Observação no levantamento do fundo da superfície da escavação ²	Medidor do levantamento do solo	
Observação da deformação e tensão da estrutura de contenção de terra	Observação da deformação da estrutura de contenção de terra ³	Inclinómetro	
	Observação do deslocamento da estrutura de contenção de terra / topo da talude ⁴	Nívelómetro, taqueómetro	
	Observação da tensão da estrutura de contenção de terra ⁵	Medidor da tensão nos varões de aço	
Observação da compressão do solo e tensão no escoramento	Observação da tensão do solo ⁶	Medidor da pressão do solo	
	Observação da tensão no sistema do escoramento ⁷	Medidor de tensão por fio vibratório	
	Observação do deslocamento de colunas do sistema do suporte ⁸	Nívelómetro, taqueómetro	
Observação do nível freático e pressão da água ⁹		Piezómetro standpipe	
		Piezómetro electrónico	
		Câmara de observação do nível freático	
Observação do assentamento e de estruturas vizinhas ¹⁰	Assentamento nas zonas arredores, deslocamento dos edifícios vizinhos e assentamento da fundação dos edifícios	Pregos para monitorização do assentamento	
	Inclinação dos edifícios vizinhos	Inclinómetro	
	Observação das fendas dos edifícios vizinhos	Medidor de fendas	
	Monitorização das vibrações arredores da obra	Geofone	
Instalações subterrâneas circundantes	Observação de deformação de tubagens circundantes ¹¹	Nível topográfico	

Nota :

- 1 – Observação do deslocamento do solo da fundação
O objectivo consiste em medir o solo da fundação quanto ao deslocamento lateral, direcção e localização do maior deslocamento lateral, no fim de determinar a estabilidade do solo, assim como, controlar a segurança da execução. Os instrumentos de observação incluem inclinómetro (tubo de observação em duas direcções, acoplador, protecção da tampa superior e inferior), instrumentos de medição (sensor biaxial, “data logger” para inclinação, cabos eléctricos, carretel do cabo, etc).
A planta da distribuição dos pontos de monitorização e a sua frequência devem atender aos requisitos das especificações técnicas / caderno de encargos / projecto. Se não houver uma base de referência, é recomendável seguir os requisitos do GB 50497 [6]. Os pontos de monitorização para o deslocamento da camada de solo da fundação devem ser dispostos no meio, nos cantos positivos e nos locais representativos ao redor do poço da fundação. O espaçamento horizontal dos pontos de monitorização deve ser de 20 a 50 metros, e o número de pontos de monitorização em cada lado não deve ser menor que 1. Na ausência de dados anormais, a frequência de monitorização recomendada pode ser realizada de acordo com os requisitos do GB 50497 [6].

- 2 – Observação no levantamento do fundo da superfície da escavação
Na altura da escavação, onde a pressão do solo é aliviado, conduzindo o levantamento do solo na base da escavação, especialmente, para solo argiloso ou solo à base da lama, afectando assim a segurança do sistema do escoramento e assentamento das zonas vizinhas. A observação regular do levantamento do solo na base da escavação pode avaliar o grau da estabilidade da escavação e controlar a execução dentro dos parâmetros da segurança. Os equipamentos de observação incluem medidor para levantamento do solo (chapa metálica em forma de cruz, tubo de alumínio, tubo de protecção), instrumentos de medição (nivelómetro, fita métrica de aço, etc).
A planta da distribuição dos pontos de monitorização e a sua frequência devem atender aos requisitos das especificações técnicas / caderno de encargos / projecto. Se não houver uma base de referência, é recomendável seguir os requisitos do GB 50497 [6]. Os pontos de monitorização devem ser dispostos de acordo com a secção longitudinal ou transversal, e devem ser selecionados, em perfil, no centro do poço da fundação e em outros locais que possam refletir as características da deformação com o número de pontos de monitorização não deve ser menor que 2.
O espaçamento horizontal dos pontos de monitorização deve ser de 10 a 30 metros, e o número de pontos de monitorização em cada lado não deve ser menor que 3. Na ausência de dados anormais, a frequência de monitorização recomendada pode ser realizada de acordo com os requisitos do GB 50497 [6].

- 3 – Observação da deformação da estrutura de contenção de terra
O objectivo consiste em avaliar a inclinação e a deformação da estrutura de contenção de terra em virtude da sua segurança. Os instrumentos utilizados de medição e de observação são os mesmos de solo da fundação. A planta da distribuição dos pontos de monitorização e a sua frequência devem atender aos requisitos das especificações técnicas / caderno de encargos / projecto. Se não houver uma base de referência, é recomendável seguir os requisitos do GB 50497 [6]. Os pontos de monitorização para a deformação da estrutura de contenção de terra devem ser dispostos no meio, nos cantos positivos e nos locais representativos ao redor do poço da fundação. O espaçamento horizontal dos pontos de monitorização deve ser de 20 a 50 metros, e o número de pontos de monitorização em cada lado não deve ser menor que 1. Na ausência de dados anormais, a frequência de monitorização recomendada pode ser realizada de acordo com os requisitos do GB 50497 [6].

- 4 – Observação do deslocamento da estrutura de contenção de terra / topo da talude
O objectivo consiste em avaliar o deslocamento da estrutura de contenção de terra / topo da talude em virtude da sua segurança. Os instrumentos de observação incluem mas não limitado a pregos para monitorização do assentamento, nivelómetro, taqueómetro, etc. A planta da distribuição dos pontos de monitorização e a sua frequência devem atender aos requisitos das especificações técnicas / caderno de encargos / projecto. Se não houver uma base de referência, é recomendável seguir os requisitos do GB 50497 [6]. Os pontos de monitorização para o assentamento da zona vizinhança devem ser dispostos no meio, nos cantos positivos e nos locais representativos ao redor do poço da fundação. O espaçamento

horizontal dos pontos de monitorização deve ser de 20 metros, e o número de pontos de monitorização em cada lado não deve ser menor que 3. Os pontos de monitorização de deslocamento horizontal e vertical devem ser pontos comuns e devem ser definidos no topo da estrutura de contenção ou no topo do talude da fossa da fundação.

Na ausência de dados anormais, a frequência de monitorização recomendada pode ser realizada de acordo com os requisitos do GB 50497 [6].

5 – Observação da tensão da estrutura de contenção de terra

O objectivo consiste em medição da tensão da estrutura de contenção de terra para a avaliação do grau da segurança da estrutura. Os equipamentos de observação incluem medidor da tensão dos varões de aço (o medidor em si, cabos eléctricos), instrumentos de medição (indicador de tensão). A planta da distribuição dos pontos de monitorização e a sua frequência devem atender aos requisitos das especificações técnicas / caderno de encargos / projecto. Se não houver uma base de referência, é recomendável seguir os requisitos do GB 50497 [6]. Os pontos de monitorização devem ser localizados no local representativo onde possa apresentar relevante tensão e deformação. O número de pontos de monitorização e o espaçamento horizontal dependem da situação específica. Os pontos de monitorização na direcção vertical devem ser localizados no local com maior deflexão com uma distância vertical entre 2 a 4 metros. Na ausência de dados anormais, a frequência de monitorização recomendada pode ser realizada de acordo com os requisitos do GB 50497 [6].

6 – Observação da tensão do solo

O objectivo consiste em medição da tensão total e tensão efectiva da estrutura de contenção de terra, obtendo informações importantes para avaliação da segurança da estrutura de contenção durante a execução da cave. Os instrumentos de observação incluem medidor da pressão do solo (o medidor em si, chapa anti-carga, macaco hidráulico, cabo de controlo, tubo hidráulico, etc), instrumentos de medição (indicador da tensão). A planta da distribuição dos pontos de monitorização e a sua frequência devem atender aos requisitos das especificações técnicas / caderno de encargos / projecto. Se não houver uma base de referência, é recomendável seguir os requisitos do GB 50497 [6].

Os pontos de monitorização devem ser localizados no local representativo onde possa apresentar relevante tensão e deformação no solo. Deve haver pelo menos 2 pontos de monitorização em cada lado do poço da fundação na planta. Os pontos de monitorização na direcção vertical devem ser ter uma distância vertical entre 2 a 5 metros, e menos distanciados de acordo com a profundidade. Deve ter pelo menos um ponto de monitorização para cada camada de solo e deve ser localizado no meio. Na ausência de dados anormais, a frequência de monitorização recomendada pode ser realizada de acordo com os requisitos do GB 50497 [6].

7 – Observação da tensão no sistema do escoramento

O objectivo consiste em obter informações sobre a carga suportada pelo sistema de escoramento e distribuição de tensão em qualquer altura, de modo que permite a avaliação do grau de estabilidade e de segurança no fim de controlar a segurança da execução. Os instrumentos de observação (medidor de pressão por fio vibratório, medidor de pressão com resistência eléctrica, tampa de protecção, prego de aço fixo, cabo de controlo isolador, etc), instrumentos de medição (indicador da frequência). A planta da distribuição dos pontos de monitorização e a sua frequência devem atender aos requisitos das especificações técnicas / caderno de encargos / projecto. Se não houver uma base de referência, é recomendável seguir os requisitos do GB 50497 [6]. Os pontos de monitorização devem ser localizados na haste de controlo do suporte com maior carga ou sistema de escoramento. A monitorização da força interna de cada camada de suporte não deve ser inferior a 3, e mantido consistente na sua direcção vertical. A secção monitorizada no suporte de aço deve ser 1/3 dos 2 pontos de apoio ou no final do suporte; a secção monitorizada no suporte do betão deve ser 1/3 dos 2 pontos de suporte e evitar a posição do nó; o número e a disposição dos sensores na secção transversal de cada ponto de monitorização devem atender a diferentes requisitos de teste do sensor. Na ausência de dados anormais, a frequência de monitorização recomendada pode ser realizada de acordo com os requisitos do GB 50497 [6].

8 – Observação do deslocamento de colunas do sistema do suporte

O objectivo consiste medir o deslocamento horizontal e vertical de colunas do sistema do suporte durante

o possível levantamento ou assentamento durante altura de escavação; sendo o deslocamento vertical de colunas tem um grande efeito sobre a força axial do suporte, a monitorização da deformação de colunas pode impedir a instabilidade do suporte. Os instrumentos de observação incluem mas não limitados a nivelómetro, taqueómetro, etc. A planta da distribuição dos pontos de monitorização e a sua frequência devem atender aos requisitos das especificações técnicas / caderno de encargos / projecto. Se não houver uma base de referência, é recomendável seguir os requisitos do GB 50497 [6]. Os pontos de monitorização devem ser localizados nas colunas situadas no meio do poço da fundação, intersecção de elementos suportes e em condições geológicas complexas. Os pontos de monitorização não devem ser inferiores a 5% do número total de colunas, e poços de fundações realizado pelo método reverso não devem ser menores que 10% nem menores que 3. Os pontos de monitorização para força interna dos pilares devem ser localizados nas colunas com maior carga e a sua localização deve ser no 1/3 abaixo da coluna em cada camada acima da fundação. Na ausência de dados anormais, a frequência de monitorização recomendada pode ser realizada de acordo com os requisitos do GB 50497 [6].

9 – Observação do nível freático e pressão da água

O objectivo consiste em entender as condições de distribuição e de alterações relativo ao nível freático e pressão da água para diferente profundidade, diferente estrato do solo durante a escavação, permitindo assim, a análise à estabilidade do solo, e servir como importantes parâmetros de referência para o método, processo e período da escavação. Os instrumentos de observação incluem piezómetro (eléctrico, standpipe), câmara de observação do nível freático (tubo PVC multi-perfurados ou furados, rede de nylon, etc), instrumentos de medição (medidor de pressão, ficha de três usos, indicador do nível freático, etc). A planta da distribuição dos pontos de monitorização e a sua frequência devem atender aos requisitos das especificações técnicas / caderno de encargos / projecto. Se não houver uma base de referência, é recomendável seguir os requisitos do GB 50497 [6]. Quando é utilizado método de extracção de água subterrânea em profundidade, os pontos de monitorização devem ser localizados no centro do poço da fundação e no meio de dois poços de água adjacentes;

Quando é utilizado método de redução artificial do nível de água subterrânea e método de jacto, os pontos de monitorização devem ser localizados no centro do poço da fundação e nos cantos circundantes. O número de pontos de monitorização deve ser determinado de acordo com condições específicas. Os pontos de monitorização do nível das águas subterrâneas fora do poço da fundação devem ser localizados ao longo do poço da fundação, na periferia do objecto protegido ou entre o poço da fundação e o objecto protegido. A distância entre os pontos de monitorização deve ser de 20 a 50 metros. Os pontos de monitorização do nível de água devem ser localizados nos edifícios adjacentes, nas zonas importantes de tubagens ou nas zonas densas de tubagens; para caso de cortina de água, os pontos de monitorização devem ser localizados a cerca de 2 metros do lado de fora. A profundidade do fundo de tubagens para pontos de monitorização do nível de água deve ser de 3 a 5 metros abaixo do nível mínimo de água do projecto ou do nível mínimo permitido de água subterrânea. O tubo do filtro de tubagens de monitorização do nível de água deve ser instalado em aquífero confinado. A caixa de monitorização do ponto de extracção deve ser instalado entre ponto de extracção e elemento protegido.

Na ausência de dados anormais, a frequência de monitorização recomendada pode ser realizada de acordo com os requisitos do GB 50497 [6].

10– Observação do assentamento e de estruturas vizinhas

O objectivo consiste em observar o assentamento das estruturas vizinhas devido a obras de escavação e de bombagem da água e de vibrações causados pelos equipamentos de construção, etc. Também permite a observação das condições do assentamento da fundação devido ao aumento da carga da nova estrutura, entender o efeito causado pela excentricidade da carga relativa a fundação no fim de avaliar a segurança do edifício. Os instrumentos de observação incluem pregos para monitorização do assentamento, medidor de inclinação, medidor de fendas; equipamentos de medição incluem (nivelómetro, fita métrica, leitura para medidor de inclinação, geofone, etc). A planta da distribuição dos pontos de monitorização e a sua frequência devem atender aos requisitos das especificações técnicas / caderno de encargos / projecto. Se não houver uma base de referência, é recomendável seguir os requisitos do GB 50497 [6]. O ambiente circundante que precisa ser protegido dentro da faixa de 1 a 3 vezes a profundidade da escavação a partir da borda do poço da fundação deve ser usado como objeto de monitorização, e caso necessário, deve expandir o âmbito de monitorização. A planta de distribuição dos pontos de monitorização na zona de protecção de segurança de importantes objectos protegidos

deve atender aos requisitos técnicos dos departamentos relevantes. Os pontos de monitorização do assentamento do edifício devem ser organizados em: a) nos 4 cantos do edifício, a cada 10 a 15 metros ao longo da parede externa ou localizado com espaçamento de 2 a 3 colunas, e não inferior a 3 pontos de monitorização em cada lado; b) o limite entre diferentes fundações ou sub-estrutura; c) o limite entre estruturas diferentes; d) os lados de juntas de deformação, juntas sísmicas ou grandes fendais; e) os lados de edifícios novos ou antigos ou a junção de edifícios altos e baixos; f) a posição simétrica do eixo de fundação da estrutura não deve ser inferior a 4 pontos de monitorização por estrutura. Os pontos de monitorização para deslocamento horizontal do edifício devem ser dispostos no canto da parede externa do edifício, na parede ou coluna no meio da parede externa, nos dois lados da fissura e em outras partes representativas, onde a distância entre os pontos de monitorização depende da situação específica. Os pontos de monitorização do lado da parede não devem ser inferiores a 3 pontos. Os pontos de monitorização da inclinação do edifício devem ser dispostos em: a) os pontos de monitorização nos cantos, colunas ou paredes estruturais em ambos os lados das juntas de deformação; b) os pontos de monitorização devem ser dispostos ao longo da parte superior e inferior da estrutura principal, e estes devem ser dispostos na mesma linha vertical; c) quando a inclinação do edifício é estimada a partir do assentamento diferencial da fundação, a planta da distribuição dos pontos de monitorização deve estar em conformidade com os requisitos dos pontos de monitorização do assentamento. Os pontos de monitorização do deslocamento vertical ao redor do poço da fundação devem estar localizados no meio da borda do poço ou em outras partes representativas de acordo com o perfil de monitorização. O perfil de monitorização deve ser perpendicular ao bordo do poço, e a quantidade dos pontos de monitorização devem ser determinada de acordo com condições específicas.

O número dos pontos de monitorização em cada perfil não ser menor que 5. Os pontos de monitorização devem ser localizadas nos locais representativos de fissuras, fendas superficiais e devem ser aumentados a frequência caso a situação piorar. Devem ter pelo menos 2 pontos de monitorização para cada fissura e devem ser localizadas na parte mais larga e no final da fissura.

Na ausência de dados anormais, a frequência de monitorização recomendada pode ser realizada de acordo com os requisitos do GB 50497 [6]

11- Observação de deformação de tubagens circundantes

O objectivo consiste em observar a deformação (levantamento ou assentamento) de tubagens circundantes, a fim de avaliar o seu nível de impacto. A haste de medição deve ser instalada no anel específico (denominado por aro), e este instalado na tubagem de modo conectando a haste de medição e a tubagem como um todo. Esta não deve exceder o nível do solo e uma câmara correspondente deve ser instalado; ou utilizar um tubo rígido em plástico ou metal para coloca-lo ou enterra-lo entre a face superior da tubagem e nível do solo, onde a haste é colocado dentro de tubagem na altura da medição, instalando uma régua na parte superior da haste. Desde a posição de tubagens não alterar, é conseguido o resultado medindo a alteração da deformação. Os instrumentos de observação devem incluir mas não limitado a nívelómetro, etc. A planta da distribuição dos pontos de monitorização e a sua frequência devem atender aos requisitos das especificações técnicas / caderno de encargos / projecto. Se não houver uma base de referência, é recomendável seguir os requisitos do GB 50497 [6]. A configuração dos pontos de monitorização deve ter em consideração com o ano de reparação de tubagens, tipo material, tamanho e estado que se encontram. Os pontos de monitorização devem ser dispostos nos nós de tubagens, cantos e partes com grande curvatura de deformação, com um espaçamento entre os pontos de monitorização entre 15 a 25 metros e 1 a 3 vezes da profundidade da fossa da fundação para escavação. Os pontos de monitorização devem ser localizados directamente nas zonas relevantes de tubagens em pressão na disciplina de distribuição de águas, gás, ventilação, etc. Caso seja impossível de instalar, os pontos de monitorização devem ser localizados de forma indirecta. Na ausência de dados anormais, a frequência de monitorização recomendada pode ser realizada de acordo com os requisitos do GB 50497 [6].

Nota

- i - No caso de serem contratadas entidades de monitorização de segurança geotécnica que não se encontrem oficialmente reconhecidas pelas autoridades da Região Administrativa Especial de Macau, mas que detenham qualificações profissionais relevantes, os trabalhos de monitorização realizados em obra devem ser objecto de verificação por uma entidade profissional oficialmente reconhecida em Macau. A entidade reconhecida deve, tendo em consideração a evolução das condições de obra, o estado exterior das áreas envolventes ao estaleiro e os resultados das análises de monitorização

apresentados, proceder à verificação de 5% dos dados de monitorização relevantes, seleccionados a partir dos dados recolhidos manualmente pela entidade terceira no âmbito do respectivo plano de monitorização.

4. Referências

- [1] 法令第 32/97/M 號, 擋土結構與土方工程規章, 澳門政府
- [2] 基礎設計指引, 土地工務運輸司, 澳門政府
- [3] 法令第 47/96/M 號, 地工技術規章, 澳門政府
- [4] GB 50202, 建築地基基礎工程施工質量驗收規範
- [5] GB 50330, 建築邊坡工程技術規範
- [6] GB 50497, 建築基坑工程監測技術規範
- [7] JGJ 120, 建築基坑支護技術規程
- [8] 基礎工程施工規範與解說, 科技圖書
- [9] Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance, John Dunnycliff, Wiley Interscience