

Aprovação & Procedimento de Recepção

| CA – Coordenação e Assessoria | |
|---|--------------------------------|
| Controlo de Qualidade do Levantamento Topográfico Actividades do Empreiteiro no Túnel por NATM (Ka-Hó) | Documento No. ARP/CA/03 |
| | Rev. No. A |
| | Data : 2013-08-28 |
| | Página No. 1 of 8 |

A monitorização do comportamento do túnel durante a sua construção é parte integrante do NATM (New Austrian Tunneling Method). O NATM pode ser descrito como "projecte à medida que monitoriza" com base nas convergências e divergências monitorizadas e na avaliação das condições geotécnicas predominantes.

A monitorização deverá ser realizada pelo Empreiteiro, de acordo com as especificações do projecto, as quais devem prevalecer em caso de conflito.

Este documento especifica as actividades que devem ser realizadas pelo Empreiteiro sobre a monitorização topográfica, nomeadamente, a:

1. construção de três marcos topográficos em cada extremidade do túnel
2. determinação das coordenadas dos 6 marcos acima referidos
3. instalação e observação dos pontos de monitorização
4. actividades do varrimento laser
5. relatórios com a interpretação de avaliação geológica

Sistema de referência

Deverá ser utilizado o Sistema Cartográfico de Macau, incluindo o nível médio do mar (MSL) para as altitudes. Pelo menos, três Pontos de Controle Principais (MCP) devem ser materializados por pilares e localizados perto de cada extremidade do túnel para definir um sistema único de referência do projecto (PRS). O sistema de referência de projecto (PRS) deverá ser transportado para o interior do túnel a partir exclusivamente dos MCPs. Após calculadas as coordenadas dos MCPs, nenhum outro ponto, para além destes, deve ser utilizado para calcular pontos novos.

Localização e materialização dos Pontos de Controlo Principais

A configuração e a materialização dos Pontos de Controle Principais destinam-se a ser usadas tanto na implantação como na monitorização do túnel. A monitorização exige precisão milimétrica e deve ser realizada durante a construção e também durante a exploração do túnel, durante muitos anos, embora a frequência possa variar.

Os MCPs deverão ter pelo menos um taco de nivelamento onde a altitude (MSL) é determinada. Tanto o nome do marco como do taco de nivelamento devem estar devidamente pintados no próprio marco.

A localização dos Pontos de Controlo Principais (MCP) deve ser escolhida pelo Empreiteiro obedecendo às seguintes regras:

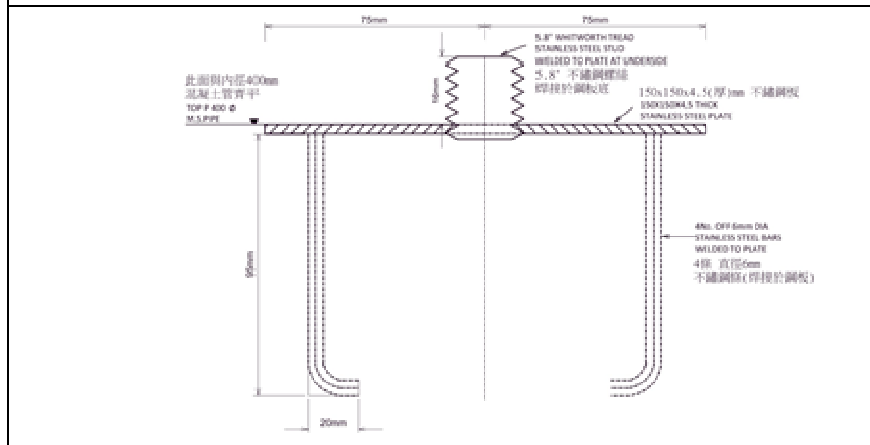
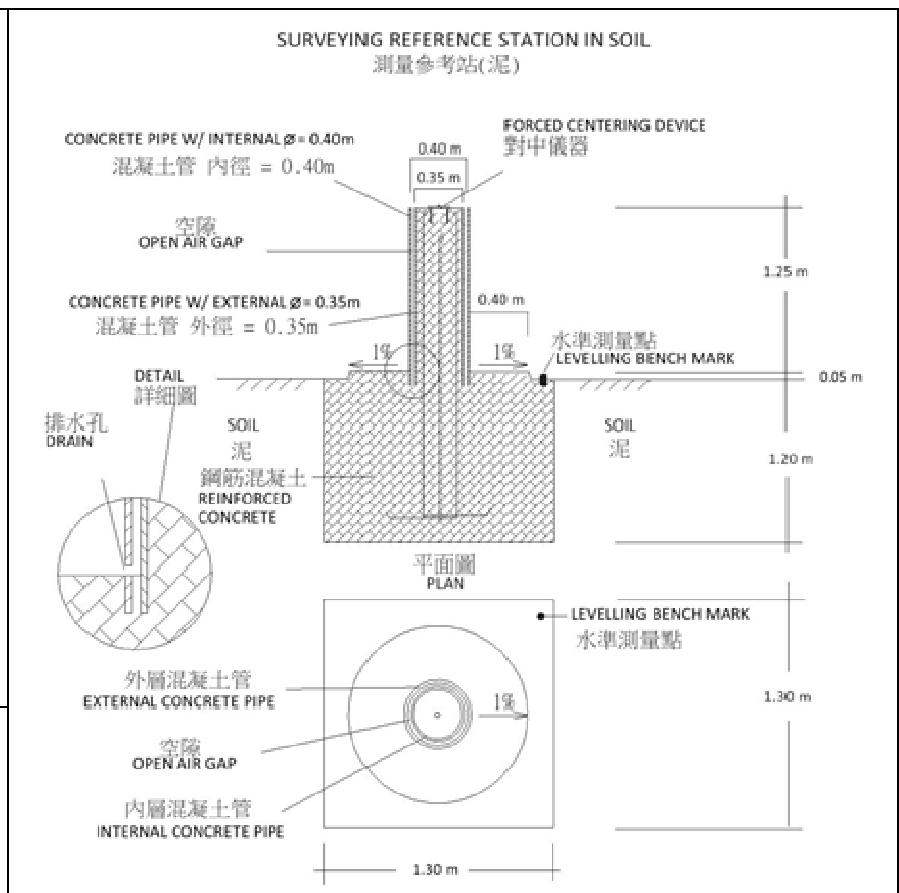
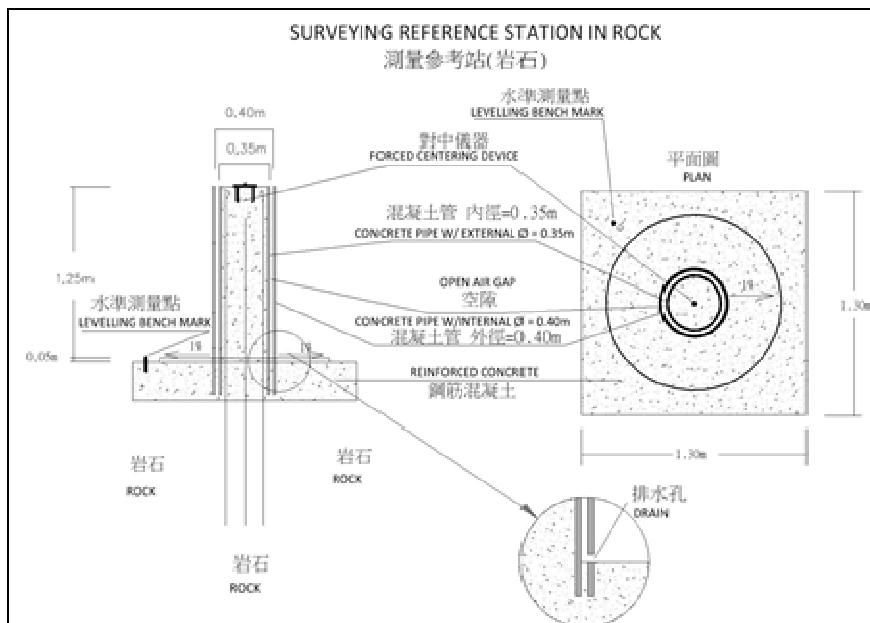
Aprovação & Procedimento de Recepção

| CA – Coordenação e Assessoria | |
|---|--------------------------------|
| Controlo de Qualidade do Levantamento Topográfico Actividades do Empreiteiro no Túnel por NATM (Ka-Hó) | Documento No. ARP/CA/03 |
| | Rev. No. A |
| | Data : 2013-08-28 |
| | Página No. 2 of 8 |

1. em áreas estáveis
2. não afectando nem sendo afectados pelas obras de construção

Os Pontos de Controlo Principais devem ser instalados pelo Empreiteiro:

1. antes de qualquer outra actividade
2. de acordo com a figura 1 a) e b) para os pilares e com a Figura 2 para interface entre a marco e os diferentes instrumentos ou acessórios.



Aprovação & Procedimento de Recepção

| CA – Coordenação e Assessoria | |
|---|--------------------------------|
| Controlo de Qualidade do Levantamento Topográfico Actividades do Empreiteiro no Túnel por NATM (Ka-Hó) | Documento No. ARP/CA/03 |
| | Rev. No. A |
| | Data : 2013-08-28 |
| | Página No. 4 of 8 |

As coordenadas M, P e N dos MCPs devem ser determinadas pelo Empreiteiro em 3 fases:

1. Fase I - Observações GNSS para M e P:

- Utilizar o sistema MosRef da DSCC, estando as estações de referência listadas na Tabela I
- Uma sessão de uma hora de manhã, e uma sessão de uma hora de tarde
- Para os cálculos devem ser usadas três bases, não sendo permitida a rejeição de qualquer base

2. Fase II - Observações terrestres de alta precisão para M e P:

- Usar Estação Total com precisão de 5" e 1mm +1 ppm
- Ligar todos os MCPs incluindo os MCPs localizados nos dois lados do túnel
- Cálculos: fixar as coordenadas M e P fornecidas pela Fase I (GNSS) dos dois MCPs mais distantes e considerar os restantes MCPs como novos pontos.

3. Fase III – Nivelamento para determinação de N:

- Determinar a altitude de pontos de referência na sapata do pilar
- Utilizar instrumento de precisão 0.3mm/Km, nivelamento e contranivelamento, e miras de invar
- Miras de invar
- Nivelamento e contranivelamento
- Ligar os marcos nas duas extremidades do túnel

Este sistema, materializado e calculado pelo Empreiteiro para este projecto específico, será designado Sistema de Referência do Projecto (PRS) e as coordenadas serão designadas XYZ. Após as coordenadas dos MCPs terem sido calculadas, nenhum outro ponto deve ser utilizado para quaisquer pontos novos.

Aprovação & Procedimento de Recepção

| CA – Coordenação e Assessoria | |
|---|--------------------------------|
| Controlo de Qualidade do Levantamento Topográfico Actividades do Empreiteiro no Túnel por NATM (Ka-Hó) | Documento No. ARP/CA/03 |
| | Rev. No. A |
| | Data : 2013-08-28 |
| | Página No. 5 of 8 |

| TABELA I – ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA GNSS do sistema MosRef (DSCC) | | | |
|---|---------------------|---------------------|--------------------------|
| | FOMO | COAL | DSMG |
| Tipo de Satélite | GPS, GLONASS | GPS, GLONASS | GPS, GLONASS |
| Tipo de Receptor | Leica GRX1200+ GNSS | Leica GRX1200+ GNSS | Leica GPS GRX1200 GG Pro |
| Tipo de Antena | Leica AR25 R3 | Leica AR25 R3 | Leica AT504 GG |
| Formato dos Dados | RINEX | RINEX | RINEX |

Extensão do sistema de referência de projecto

À medida do prosseguimento do processo de construção, este sistema de referência deverá ser transportado pelo empreiteiro para o interior do túnel através de pontos de controlo temporários. No entanto, assim que as secções do túnel forem revestidas definitivamente, deverão ser implantados alguns pontos de controlo novos, definitivos, materializadas pelo Empreiteiro como mostra a figura 3, para:

1. A transmissão precisa do sistema de referência para as frentes de trabalho que se encontram longe dos MCPs, fora do túnel
2. A monitorização da segurança estrutural
3. O levantamento rápido por varrimento a laser
4. Todos os levantamentos e actividades de monitorização relacionadas com a construção

Estes pontos de controlo definitivos serão chamados de Pontos de Controlo do Túnel (TCP) e deverão ter o seu nome claramente pintado sobre a plataforma ou parede.



Aprovação & Procedimento de Recepção

| CA – Coordenação e Assessoria | |
|---|--------------------------------|
| Controlo de Qualidade do Levantamento Topográfico Actividades do Empreiteiro no Túnel por NATM (Ka-Hó) | Documento No. ARP/CA/03 |
| | Rev. No. A |
| | Data : 2013-08-28 |
| | Página No. 6 of 8 |

Fig.3 –Dois tipos de suportes de parede

Os MCPs e os TCPs devem ser observados e calculados a cada três meses com observações terrestres. Esta verificação deve usar apenas os MCPs e os TCPs. Os tacos de nivelamento devem ser também verificados cada três meses. A menos que seja detectada uma situação anormal, não há necessidade de reavaliar as ligações entre as extremidades Norte e Sul do túnel.

A determinação das coordenadas dos MCPs, TCPs bem como as suas verificações devem ser documentadas através de relatórios.

Pontos de monitorização

Os pontos de monitorização devem ser localizados de acordo com o projecto e devem ser:

1. Embutidos na rocha com um varão
 - a. varão que deve estar à superfície do revestimento final, OU
 - b. o varão tem que ser substituído após cada camada de revestimento, perdendo, assim, a sua história.
2. Os alvos devem ser
 - a. aceites pelo Dono da Obra ou consultor do Dono da Obra
 - b. observáveis de ambos os lados
 - c. observáveis tanto pelo laser scanner como pelas estações totais
 - d. removíveis dos varões

Os pontos de monitorização devem ser observados pela primeira vez com a estação total. Nas outras épocas de medição, podem ser observados por varrimento a laser.

Tanto o laser scanner como a estação total devem usar as plataformas dos TCPs sempre que estas estejam disponíveis.

Frequência de monitorização e elaboração de relatórios

A frequência de monitorização está estabelecida nos documentos de projecto. A monitorização dos pontos de monitorização materializados pode ser realizada por estação total ou por varrimento a laser.

Entregas

Os resultados fornecidos pelo Empreiteiro devem ser:

Aprovação & Procedimento de Recepção

| CA – Coordenação e Assessoria | |
|---|--------------------------------|
| Controlo de Qualidade do Levantamento Topográfico Actividades do Empreiteiro no Túnel por NATM (Ka-Hó) | Documento No. ARP/CA/03 |
| | Rev. No. A |
| | Data : 2013-08-28 |
| | Página No. 7 of 8 |

1. por secção transversal
2. relacionados à época da medição inicial, desde que o ponto de monitorização não tenha sido intencionalmente movido ou mudado
3. mostrando os deslocamentos das várias épocas de observação, o último deslocamento por comparação com a medição anterior e o deslocamento total acumulado (em relação à medição inicial)

e incluir:

1. as três componentes bem como a magnitude do vector de deslocamento em forma numérica para cada ponto de monitorização e TCP ou MCP
2. as três componentes do vector de deslocamento em forma gráfica para cada ponto de monitorização e TCP ou MCP
3. os valores de convergência em forma numérica
4. convergência em forma gráfica.

Varrimento a laser

O Empreiteiro deverá fornecer ao Dono da Obra e antes do início dos trabalhos, o modelo 3D do projecto do túnel com a geometria das superfícies do túnel em formato CAD, extensão DXF, DWG ou DGN, e uma mesh em formato OBJ ou STL .

O varrimento a laser deve ser feito pelo Empreiteiro para:

1. Quantificar a sobre-escavação e a sub-escavação
2. Monitorizar por ponto materializado (com menos precisão do que a estação total)
3. Monitorizar a deformação da superfície do túnel
4. Localizar e avaliar as condições geológicas e geotécnicas.
5. Localizar infiltrações
6. Avaliar a espessura do betão projectado ou de qualquer outro tipo de revestimento
7. Fazer o modelo geral 3D após a conclusão do túnel (pavimento da estrada, instalações, etc)

Densidade de pontos e vazios

A densidade média dos pontos deve ser mais do que um ponto por centímetro cúbico. Os vazios devem ser inferiores a 10% da superfície varrida por laser.

Aprovação & Procedimento de Recepção

| CA – Coordenação e Assessoria | |
|---|--------------------------------|
| Controlo de Qualidade do Levantamento Topográfico Actividades do Empreiteiro no Túnel por NATM (Ka-Hó) | Documento No. ARP/CA/03 |
| | Rev. No. A |
| | Data : 2013-08-28 |
| | Página No. 8 of 8 |

Entregas

O empreiteiro deverá fornecer a seguinte informação à medida que a escavação do túnel avança:

1. Relatório gráfico e numérico sobre a sobre-escavação e a sub-escavação após escavação mecânica ou explosão
2. Espessura do betão projectado ou de qualquer outro tipo de revestimento
3. Distância entre as ancoragens
4. Análise geotécnica da superfície escavada antes de qualquer tratamento de superfície
5. Cartografia das infiltrações baseada no mapa de intensidade dos raios laser reflectidos
6. Curva de convergência após a escavação em diferentes épocas
7. Análise inversa de esforço do solo
8. Análise de potenciais linhas de fracturação
9. Componentes vectoriais de deslocamentos dos pontos monitorizados
10. Mapa de deformações
11. Comparação da geometria final de todas as grandes superfícies com o projecto