

HOTEL MONTAIGNE EM CANNES - FRANÇA

1 - Características gerais da obra

Ano: 2010

Localização: Cannes, Côte d'Azur, França

Tipo: Contenção CSM escorada

Altura máxima: 9 m – Perímetro: 48 m

Terreno: Aterro, argilas arenosas e grés

Dono de Obra: Locavim ; Projetista: Geo-Rumo, S.A. ; Executante: Geo-Rumo, S.A.

2 - Principais objetivos

O hotel existente foi remodelado e ampliado, tendo ganho um piso adicional em altura e um novo bloco com sete pisos elevados e três pisos subterrâneos. A estrutura de contenção foi concebida para permitir as escavações necessárias à execução dos pisos subterrâneos do novo bloco do hotel. Procurou-se conceber uma solução de contenção que privilegiasse a minimização de interferências e perturbações na área envolvente da obra, garantindo o seu funcionamento em condições de segurança durante e após a execução dos trabalhos e, simultaneamente, permitisse limitar a afluência de água ao recinto de escavação. A solução preconizada consistiu numa parede contínua de painéis de solo-cimento realizados através da tecnologia de *Cutter Soil Mixing* (CSM), armados verticalmente com perfis em aço laminado, associada a dois níveis de escoramento metálico horizontal.

O recinto da escavação, com uma forma trapezoidal, apresenta uma área em planta de aproximadamente 290 m² e encontra-se delimitado por arruamentos e edifícios existentes.

O principal desafio encontrado consistiu na execução da escavação com uma profundidade média de 9 m numa zona densamente edificada, na presença de terrenos com características mecânicas muito variáveis, apresentando na generalidade reduzidos valores de resistência e deformabilidade elevada até profundidades abaixo da base de escavação, na presença de nível freático próximo da superfície.

3 - Condicionamentos de ordem geológica e geotécnica

O estudo geológico e geotécnico consistiu em duas fases, num total de três furos de sondagem com realização de ensaios pressiométricos (PMT – *Pressiometer Ménard Test*), instalação de dois piezómetros e a recolha de amostras intactas para ensaios laboratoriais, entre os quais, ensaios triaxiais.

Os resultados recolhidos nas campanhas de prospeção realizadas no terreno interessado pela obra colocaram em evidência a presença de três camadas distintas, nomeadamente, aterros heterogêneos de natureza argilosa e siltosa detetados desde a superfície até uma profundidade de cerca de 5 m, argilas arenosas detetadas até profundidades da ordem de 12 m e o substrato rochoso (grés) com passagens alteradas menos compactas. Relativamente ao nível freático, a sua ocorrência foi detetada a sensivelmente 3,5 m de profundidade.

4 - Descrição da solução adotada

Concebeu-se e construiu-se uma solução de contenção periférica constituída por uma cortina contínua de painéis de CSM, travada provisoriamente por dois níveis de escoramento metálico.

A estrutura de contenção foi executada sequencialmente por painéis de solo-cimento primários e secundários, com secção transversal retangular de dimensões 2,40 m x 0,55 m e um comprimento de sobreposição mínimo de 0,20 m entre painéis adjacentes de forma a garantir uma ligação eficaz entre si ao longo de toda a altura de escavação. A limitação da afluência de água ao interior da escavação foi uma das preocupações durante a conceção do projeto, tendo para tal sido definido um comprimento mínimo de encastramento de 3 m no substrato rochoso. Desta forma, os painéis de CSM foram executados com um comprimento médio de 15 m.

Para acomodar a totalidade dos impulsos provocados pelo terreno e pelas sobrecargas de utilização das áreas localizadas a tardoz da contenção, o impulso hidrostático e as cargas verticais transmitidas em fase definitiva, cada painel CSM foi armado verticalmente com dois perfis IPE 450 em aço S 275 JR. A colocação dos perfis no interior dos painéis CSM resulta numa proteção destes elementos contra eventuais fenómenos de encurvadura pelo confinamento conferido, permitindo adicionalmente minimizar fenómenos de corrosão com origem na agressividade do terreno envolvente. Realizou-se ainda, a partir

da base de escavação, uma parede de revestimento em betão armado com 0.15 m de espessura, ligada aos perfis IPE da estrutura de contenção através de perfis metálicos HEA horizontais.

A estrutura de contenção foi concebida para, em conjunto com as microestacas de fundação executadas abaixo da laje de fundo no interior da escavação, acomodar os esforços verticais transmitidos pela estrutura definitiva.

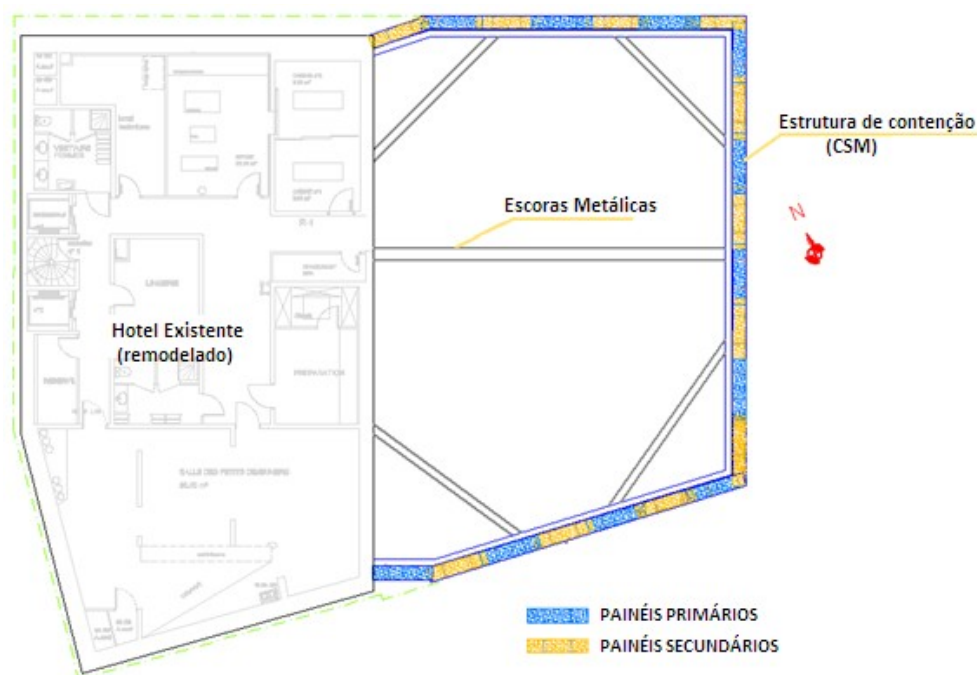


Figura 1 - Planta da Estrutura de Contenção e do Escoramento Horizontal

5 - Principais aspetos do projeto

A análise da estrutura de contenção foi realizada recorrendo a um modelo numérico de elementos finitos. Os terrenos foram modelados com o modelo de comportamento *Hardening Soil*. A análise realizada englobou o estudo das secções representativas de todos os alçados da estrutura de contenção.

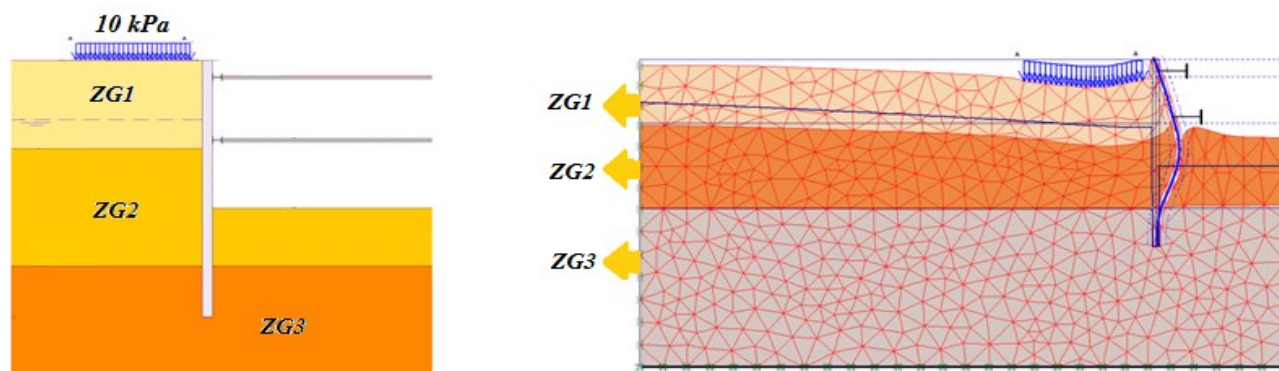


Figura 2 - Secção A (secção representativa do alçado norte): Corte-Tipo (à esquerda) e Modelo de Análise com a Deformada na Última Fase de Escavação (à direita)

Dadas as características da zona de intervenção e a respetiva envolvente, foram definidos os seguintes deslocamentos horizontais máximos aceitáveis: 5 mm no topo da cortina e 20 mm ao longo da altura da cortina. Na modelação numérica de todas as secções estudadas foram previstos valores inferiores a estes, tendo-se verificado durante a execução da obra que os valores de deslocamentos horizontais obtidos foram ainda ligeiramente inferiores aos valores previstos.

Os painéis de CSM foram dimensionados para uma tensão de compressão não superior a 2 MPa e para um valor do módulo de deformabilidade superior ou igual a 1 GPa. No caso da resistência à compressão, considerou-se um fator de segurança de 2, impondo-se assim que os provetes de solo-cimento recolhidos e submetidos a ensaios de resistência à compressão uniaxial em laboratório apresentassem um valor mínimo de tensão de rotura à compressão de 4 MPa.

6 - Principais aspetos da obra

Na fase de instalação do equipamento de CSM em obra, não tinham sido iniciados os trabalhos de demolição do edifício que confrontava diretamente com a obra no alçado este, o que dificultou as operações de instalação do equipamento.

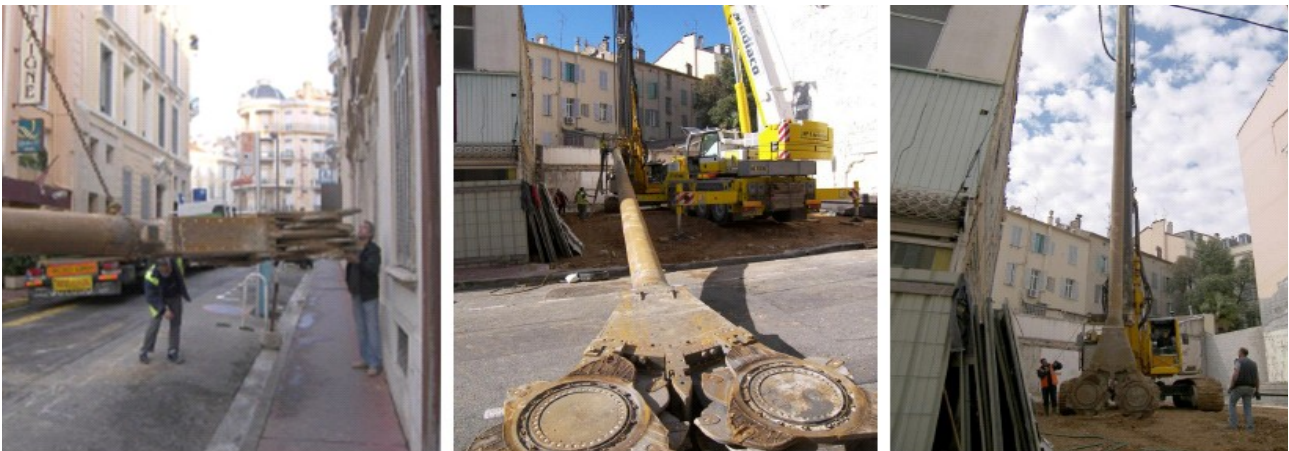


Figura 3 – Instalação do Equipamento



Figura 4 – Equipamento e ferramenta de corte (à esquerda) e execução de um painel de CSM (à direita)

A estrutura de contenção contínua foi obtida pela realização sequencial de painéis de CSM primários e secundários, com um comprimento de sobreposição entre si de 0,20 m. Os painéis secundários podem ser executados imediatamente após a execução dos painéis primários ou após o endurecimento dos painéis primários. Estas duas hipóteses são possíveis, dada a versatilidade da ferramenta de corte para realização dos painéis de CSM, permitindo a aplicação da tecnologia a todos os tipos de solo, embora não se consiga a mesma eficácia em todos os tipos de solo. De acordo com a experiência, pode afirmar-se que esta tecnologia apresenta melhores resultados quando aplicada em solos arenosos, obtendo-se em solos argilosos e siltosos resistências inferiores para as mesmas quantidades de cimento.

A fase seguinte consistiu na execução de uma pequena escavação para permitir a execução da viga de coroamento. Executada a viga de coroamento, procedeu-se à escavação até cerca de 0,50 m abaixo do 1º nível de escoramento, seguindo-se a execução da viga de distribuição metálica e a instalação do escoramento metálico. A escavação para o 2º nível de escoramento foi realizada de forma análoga.



Figura 5 - Pormenor da viga de distribuição metálica diretamente ligada aos perfis verticais da estrutura de contenção

Após ser atingida a profundidade máxima de escavação, foi executada a laje de fundo e a parede de revestimento em betão armado, acompanhada do processo de desativação do escoramento à medida que foram sendo executados sucessivos travamentos materializados pelas lajes da estrutura interior do edifício.

A variabilidade dos parâmetros de resistência e de deformabilidade do solo-cimento resultante da aplicação da tecnologia de CSM está diretamente relacionada com o grau de homogeneidade da mistura e é influenciada por diversos fatores como por exemplo, o tipo de solo envolvido, a presença de água, o modo como se processa a distribuição do ligante na massa de solo desagregado, a presença de ar como um componente, as reações químicas que se verificam durante o processo de mistura, entre outras. Por estas razões, é necessário ter cuidados especiais e efetuar um controlo eficaz, tanto durante a execução como posteriormente na avaliação da qualidade da mistura de acordo com as exigências de projeto. Uma das principais vantagens da aplicação da tecnologia de CSM relativamente a outras técnicas alternativas, além dos aspetos económicos e ambientais (utilização do solo *in situ* como material de construção), é a possibilidade de controlo em tempo real, por parte do manobrador do equipamento, dos parâmetros de execução. Durante a execução de um painel de CSM, o manobrador dispõe de um painel de instrumentos que lhe permite monitorizar e corrigir, em tempo real, parâmetros como a velocidade de avanço das rodas de corte, a quantidade de ligante adicionado, a densidade de fluídos envolvidos (relação A/C) e a verticalidade do painel, entre outros.

Além do controlo efetuado pelo manobrador do equipamento durante a execução dos painéis de CSM, o controlo é realizado também através de ensaios laboratoriais complementados com eventuais ensaios de campo, em painéis de teste executados para o efeito, que permitem calibrar os parâmetros de execução. Uma vez calibrados os parâmetros de execução inicia-se a realização dos painéis de CSM da estrutura de contenção, dos quais são também recolhidas amostras para a realização de ensaios laboratoriais.

O controlo durante a execução foi ainda efetuado através do Plano de Observação e Instrumentação implementado, que incluiu a implementação de alvos topográficos na estrutura de contenção e nas bandas de laje, inclinómetros no terreno localizado no tardo da estrutura de contenção e extensómetros instalados nas escoras metálicas. As leituras efetuadas nos aparelhos de monitorização ao longo da execução da escavação permitiram verificar que os deslocamentos ocorridos foram ligeiramente inferiores aos previstos, encontrando-se abaixo dos valores estabelecidos como limites de alerta para cada uma das fases de escavação.

REFERÊNCIAS

- Fiorotto, R., Schöpf, M. and Stötzer, E. (2005). Cutter Soil Mixing (CSM) An innovation in Soil mixing for creating Cut-off and Retaining walls. *16 ICSMGE: International Conference on soil mechanics and geotechnical engineering*, Osaka-Japan.
- Gerressen, F. W., Schopf, M. and Stotzer, E. (2009). CSM – Cutter Soil Mixing – Wordwide experiences of a young soil mixing method. *International Symposium on Deep Mixing & Admixture Stabilization*, Okinawa, Japan.
- Larsson, S., 2005. State of Practice Report – Execution, Monitoring, and Quality Control. *International Conference on Deep Mixing. Best Practice and Recent Advances. Deep Mixing '05*, Stockholm, Sweden.